

Schiffsturbinenantrieb

**Denkschrift an die Direktion des Stettiner Vulcan
Dezember 1906**

von
Hermann Föttinger, Stettin

Übertragen aus der handschriftlichen „Urschrift“
von Achim Leutz

Februar 2012

Der jetzige Dampfmaschinen - Antrieb

ist ein ziemlich unmerkliches Kompromiß zwischen
 der sehr guten Formung des Dampfmaschinen
 (d. h.) in der niederen $\frac{2}{3}$ des Propellers, ein
 Kompromiß, bei dem Leistung abnimmt, in
 günstigen Leistungen verbleibt.

Die Hauptmängel des üblichen Antriebs sind:

I. der sehr schlechte Nutzeffekt, der viel
 zu kleinen & flachen Propeller, der nur ca. 0,80-0,87
 des Nutzeffekts normaler Propeller beträgt.
 (Der einzige Unterschied des sog. „Turbinnen-
 Propellers.“) Diese Gasten ergeben sich aus
 dem Mangel an P.S.E. der Turbinenpfeife,
 aus den Propeller-Haupten von Tagel und
 aus den Übertragungen vom Kesselbock.

II. die geringe Ökonomie der langsam-
 laufenden Dampfmaschinen, ^{2/3}
 verglichen mit der bei sehr Formung
 erzielbaren Ökonomie. Die Formung
 der Dampfmaschinen betragen selbst bei
 Maximalgeschwindigkeit nur ca. $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ des
 für die gleichstarke formökonomische Turbinen-
 Ökonomie erzielbaren ^{2/3} Formung. Die Folge
 ist ein ungenügend schneller Dampfmaschinen

-----Seite 1¹

Der jetzige Dampfturbinen-Antrieb ist ein ziemlich unnatürlicher Kompromiß zwischen der sehr hohen Tourenzahl der Dampfturbine (D.T.) u. der niederen Tourenzahl des Propellers, ein Kompromiß, bei dem beide unter abnormen, ungünstigen Bedingungen arbeiten.

Die Hauptnachteile des üblichen Antriebs sind:

- I. der sehr schlechte Nutzeffekt der viel zu kleinen und flachen Propeller, der nur ca. 0,80 – 0,87 des Nutzeffektes normaler Propeller beträgt. (Der einzige Unterschied des sog. „Turbinen“-Propellers!). Diese Zahlen ergeben sich aus dem Mehrbedarf an PSe der Turbinenschiffe, aus den Propeller-Versuchen von Taylor und der Beobachtungen am Versuchsboot.
- II. die geringe Ökonomie der langsam laufenden Dampfturbinen, verglichen mit der bei hoher Tourenzahl erzielbaren Ökonomie. Die Tourenzahlen der Schiffsturbinen betragen selbst bei Maximalgeschwindigkeit nur ca. 1/2 - 1/3 der für die gleichstarke hochökonomische Turbodynamo geeigneten Tourenzahlen. Die Folge ist ein entsprechend schlechterer Dampfverbrauch

-----Seite 2

- III. die ungeheuren Gewichte und Herstellungskosten, die sich aus der niederen Tourenzahl für die Turbine ergeben. Unter sonst gleichen Verhältnissen steigt das Gewicht einer Turbine auf das Vierfache, Neunfache, wenn sie für 1/2, 1/3 ihrer Drehzahl gebaut werden soll. Fast im gleichen Verhältnis wachsen die Kosten. Zu diesen Nachteilen kommt beim Parsons-System noch ein sehr hoher Platzbedarf, speziell an der für Schiffe so wichtigen Grundfläche.

Die Vorteile geringeren Gewichts und Raumbedarfs der normalen Turbinen erscheinen bei Schiffsturbinen durch die niederen Drehzahlen ins Gegenteil verkehrt

- IV. die sehr beträchtlichen Schwungmassen, die jeder langsam laufenden Turbine mit vielen Stufen, besonders aber den mit stark partieller Beaufschlagung arbeitenden Scheibenturbinen (Rateau, Löilly, Curtis) zu eigen sind. Die in den Schwungmassen der „Kaiser“ Turbinen aufgespeicherte Energie pro Pferdestärke ist z.B. ca. 39 mal größer als die bei voller Tourenzahl bei dem fast doppelt so starken Kreuzer „Hamburg“ aufgespeicherte Energie.

Die Folge ist, daß bei derartigen Turbinen alle Manöver, sowohl vor- wie rückwärts um die Zeitdauer, die zur vollen Beschleunigung der Schwungmassen nötig ist, verspätet werden.

-----Seite 3

Besonders schlimm ist dies, weil ja auch noch die Massen der Rückwärts Turbine mitgeschleppt werden müssen und weil die sehr kleinen Propeller erst bei den hohen Touren überhaupt wirksam sind, während vor Erreichung derselben das Schiff nahezu sich selbst überlassen ist.

Es ist zu befürchten, daß man unter Umständen zu solchen Schwungmassen

¹ Red. Anmerkung: Die Seitenzahlen des Originals stimmen nicht mit diesem Text überein. Um aber den im Text erwähnten Seitenbezug nachvollziehen zu können, wurde der Beginn einer neuen Originalseite gekennzeichnet

gelangt, daß die Schiffe nahezu unbrauchbar sind, weil alle Maschinen-Manöver erst nach Ablauf einer halben Minute in Wirkung treten.

- V. die Nicht-Reversierbarkeit, eine prinzipielle Eigenschaft jeder Turbine, die den Einbau besonderer Rückwärtsturbinen bedingt. Alle anderen Vorschläge zum Reversieren mit Ausnahme der besonderen Rückwärtsdampfturbinen sind technisch unbrauchbar. Die sehr schlechten Wirkungsgrade der Rückwärtsdampfturbinen sind zur Genüge bekannt, sie lassen sich schon nach der Länge der Turbinengehäuse roh abschätzen! Rückwärtsleistungen von höchstens 30, meist nur 20%, wie sie wohl allen Turbinenschiffen zu eigen sind, bedeuten eine ernstliche Gefahr für Schiff und Passagier; im Falle dringender Kollisionsgefahr ist das Turbinenschiff jetzigen Systems, beinahe hilflos. Die Reaktion auf das Renommé aller Turbinenschiffe wird im Fall eines Unglücks nicht ausbleiben.

-----Seite 4

Besonders ungünstig wirkt auch hier die ungenügende Größe der Propeller, die einen viel zu geringen Widerstand bieten, während der normale schwere Propeller schon infolge einer geringen Kompression in den Zylindern eine sehr starke Bremswirkung ergibt, auch wenn kein Gegendampf gegeben wird.

Die geringe Rückwärtsleistung ist besonders dann doppelt unangenehm, wenn die Turbine große Schwungmassen besitzt, weil zu dem an sich schlechten Manövrieren dann noch die Verspätung durch die Schwungrad-Wirkung sich addiert.

- VI. die Abhängigkeit der 3 od. 4 Wellen von einander beim Parsons-System, überhaupt das Vorhandensein von mehr als 2 Wellenleitungen, Stevenrohren, Wellen, Wellenhosen und Schraubenböcken, Propellern u.s.w.
Im Falle einer Havarie der Hochdruck Turbine ist die Leistung der Parsonsanlagen sehr niedrig
- VII. die schlechtere Propellerwirkung bei Drei- u. Vierschraubenschiffen, die den Antriebseffekt noch mehr reduziert, im Verein mit weniger leichtem Kurshalten infolge der weit außen liegenden Propeller.
Man braucht nur an die Überlegenheit unserer Zweischraubenschiffe über die Dreischraubenschiffe zu erinnern.

-----Seite 5

- VIII. die Gefahren, die das plötzliche Einlassen von 200° Dampf in die in 30° Vakuum liegenden Rückwärtsturbinen mit sich bringt.
Derartige Manöver, noch dazu an so hoch beanspruchten Maschinenteilen, wie sie die aufgeschnittenen Parsons-Trommeln darstellen, sind bisher im Maschinenbau unbekannt gewesen. Ein Springen solcher Stahlgußzylinder ist nicht ausgeschlossen.
- IX. die geringe Ökonomie bei kleinen Leistungen u. Geschwindigkeiten, die ihren Grund einestheils in der Verminderung der Ökonomie bei verminderter Dampfmenge, anderenteils in der Abnahme der Turbinenwirkungsgrades bei nicht genügender Schaufelgeschwindigkeit hat. Der zweite Grund ist speziell der Schiffsturbine zu eigen.
Diese Schwierigkeit ist nicht etwa nur den bisherigen Ausführungen zu eigen, vielmehr liegt sie, ähnlich wie die Nichtreversierbarkeit, prinzipiell im Wesen jeder Turbine begründet. Auf die ungeheure Überlegenheit der Schiffsmaschinen in diesem Punkt habe ich in meiner kleinen Arbeit über

kombinierte Anlagen eingehender hingewiesen. In Erkenntnis der schlechten Aussichten, die obengenannte Schwierigkeit wirksam zu beseitigen, hat das R.M.A ja auch die Kostengarantie für die erhöhte Marschgeschwindigkeit von 16 Knoten neuerdings festgesetzt.

-----Seite 6

Die vorstehenden Ausführungen gelten für das heutige Schiffsturbinensystem, das bereits auf eine 6jährige Entwicklung zurückblicken kann. Abgesehen von der „Kaiser“-Turbine, die eine ziemlich niedere Drehzahl durch nicht sehr günstige Ökonomie und sehr hohe Schwungmassen erkaufte, ist diese Entwicklung eine rein quantitative, nach „Schema F“ gewesen. Neue Gedanken sind seit dem Parsons'schen Patent 99108 (Turbinen auf mehrere Stellen verteilt) vom Jahr 1896 nicht mehr eingeführt worden, lediglich Geschwindigkeit und Leistung variierten.

- X. Allenthalben taucht die Frage auf, welche kleine oder große Mittel gibt es, um diese schweren Nachteile zu verringern od. zu beseitigen?

Ziemlich aussichtslos sind die kleinen Mittel. Erniedrigt man z.B. die Kompromißtourenzahl, so wird der Propeller (ad I) besser, die Turbine aber quadratisch schlechter (ad II) und größer, schwerer u. teurer (ad III) die Schwungmasse größer (ad IV), der Betrieb der Turbine wegen deren Größe unsicherer. Nimmt man statt 2-kränziger Curtis-Räder (1 Umkehrung) dreikkränzige, so geht die Drehzahl allerdings im Verhältnis 2:3 herunter, die Ökonomie sinkt aber wesentlich, schon weil der Anbau einer ökonomischen Niederdrucktrommel dann schwierig wird (wegen der sehr kleinen Umfangsgeschwindigkeit).

-----Seite 7

Das besonders von Laien und technisch Halbgebildeten erhoffte Mittel sind die „Patentpropeller“ mit ihren speziell für die Reklame geeigneten, in Wirklichkeit aber nicht ganz unwesentlichen Abänderungen der normalen Schrauben. Jeder Yachtbesitzer fühlt sich berufen, durch irgend eine Verbesserung, die fast immer schon längst vorgeschlagen od. ausprobiert war, das aus der Welt zu schaffen, was nach den elementarsten Regeln der Mechanik und des gesunden Menschenverstandes eintreten muß: eine wesentlich schlechtere Wirkung der flachgängigen Mechanismen (gewöhnliche Schraubenspindeln für Pressen, Schneckengetriebe, Schiffsschraube) gegenüber steilgängiger Ausführung. Der Wirkungsgrad von Propellern mit H:D = 0,8 ist unter allen Umständen schlechter als der von Propellern mit H:D = 1,2 oder gar 1,5; daran kann keine Variation irgendwelcher Flügelverhältnisse etwas Erhebliches ändern, und jedes Schiff, das Propeller mit H:D < 1 hat, würde bei anderer (niedrigerer) Drehzahl der Geringstmöglichen d.h. größerem H:D mehr laufen können.

In diesen einfachen Tatsachen liegt es auch begründet, daß Turbinenschiffe mit weniger als ca. 18-20 Knoten mit den z.Z. bekannten Hilfsmitteln gegenüber modernen Kolbenmaschinenschiffen so ziemlich aussichtslos sind, zumal wenn man sich dem Betrag von 15 Kn. nähert.

In dieser Beziehung hat das bekannte Taylor'sche Rechnungsverfahren mit

-----Seite 8

seinen unrichtigen Angaben über günstige Werte von H:D sehr irreführend gewirkt. Wie wenig überhaupt mit allen Patentpropellern, selbst mit Leitapparaten, jemals zu erreichen sein wird, geht daraus hervor, daß die sorgfältigst

konstruierten Axialturbinen (Henschel-Jonval), die dem Propeller am nächsten stehen, nur maximal ca. 80%, meistens aber 76% ergaben, während an unserem Vorführboot mit Berücksichtigung der Reibung im Stevenrohr 75-76%, von Taylor am Schleppwagen, also im ungestörten Wasser bis 79% Wirkungsgrad bei dreiflügeligen, über 80% bei zweiflügeligen Propellern zuverlässig bestimmt worden sind.

Es wird kaum eine Maschine sonst geben, die mit so einfachen, fast primitiven Mitteln, wie die normale Schiffsschraube, ähnlich ausgezeichnete Wirkungen ergibt, vorausgesetzt allerdings, daß ihre Hauptdimensionen richtig gewählt sind. Und hierin allein liegt die große Schwierigkeit: Es ist leicht, kleine Abänderungen anzugeben, die nicht viel schaden oder nützen können, aber es ist schwer, aus dem Chaos der sich widersprechenden, unvollständigen und zum Teil irrümlichen Erfahrungen die leitenden Gesichtspunkte herauszufinden, die in jedem Fall bei Festlegung eines Propellers ausschlaggebend sein müssen.

Auch über die zweite Schwierigkeit der hohen Umdrehungszahlen kann keine Patentkonstruktion hinweg helfen:

-----Seite 9

die kleine Steigung bedingt, um nicht eine reine Wasserbremse zu haben, einen kleinen Durchmesser und dieser ergibt einen anormal hohen Slip, der weit über dem für guten Wirkungsgrad passenden Slip liegt. Daraus resultiert eine weitere, und zwar nicht zu vermeidende Verlustquelle. Je geringer die vom Propeller beschleunigte Wassermenge ist, desto größer muß die Geschwindigkeit sein, die der Propeller dieser Wassermenge erteilt, wenn ein bestimmter, vorgeschriebener Druck (der Propellerschub) erzeugt werden soll. Dem Quadrat dieser Austrittsgeschwindigkeit ist aber der Verlust proportional, der sich aus der verloren gehenden, sich hinter dem Schiff in Wirbeln verzehrenden lebendigen Kraft dieses Schraubenstrahls ergibt.

Auch hieran können die Patentpropeller nichts ändern, einfache physikalische Tatsachen lassen sich mit solch kleinen Mitteln nicht umstoßen.

Dazu kommt, daß viele dieser Verbesserungen die Propellerwirkung bei Rückwärtsgang verschlechtern. Und eine möglichst gute Ausnützung der geringen Rückwärtskraft wäre gerade hier so dringend geboten.

Die Erfahrungen mit den Turbinenschiffen haben ferner in Übereinstimmung mit sonstigen Beobachtungen (Vergleich zwischen „Amerika“ und „Kaiserin Auguste“) gezeigt, daß Schiffe mit kleinen Propellern d.h. hohem Slip zwar an der Meile ganz gut laufen, aber im Seegang außerordentlich viel an Geschwindigkeit verlieren.

-----Seite 10

Bei richtig dimensionierten Propellern – und nur bei solchen – ist dies viel weniger der Fall („Kais. Auguste“). Jenseits des Maximums fällt aber der Prop. Wirkungsgrad rapid ab.

Eben diese Einflüsse lassen es nun auch ziemlich zwecklos erscheinen, wesentlich stärkere Rückwärtsdampfturbinen einzubauen. Der beabsichtigte Zweck, das Schiff rascher zum Stoppen zu bringen, wird solange unvollkommen erreicht werden, als die Rückwärtskraft auf solch kleine Propeller übertragen wird, wie bisher. Denn besonders beim beginnenden Rückwärtsfahren zeigen auch Propeller, die sonst frei von Cavitation sind, dieselbe sehr stark. Stärker, als wenn der ganze Propellerkreis auf der einen Seite Vakuum hat, kann die Bremskraft

dieses Kreises in diesem Fall nicht werden, ähnlich wie der Druck der Bremsklötze gleichgültig ist, wenn die Räder auf der Schiene gleiten.

Die dem zu kleinen Propeller zugeführte Marschleistung wird daher der Hauptsache nach zum Schaum schlagen verwendet. Die verhängnisvollste Eigenschaft des Turbinenschiffs, seine Hilflosigkeit beim raschen Stoppen, die beim Kriegsschiff, wie beim Passagierschiff (confer. Kaiser Wilhelm der Große!) die gleiche Rolle spielt, kann durch Einbau stärkerer Rückwärtsturbinen allein nicht wesentlich verbessert werden, ganz abgesehen von der Verringerung der Vorwärtsturbinenökonomie und der Vergrößerung der Schwungmasse, des Gewichts und Preises.

Besonders zwecklos ist es, eine erhöhte Rückwärtsleistung auf einen Teil der Wellen und Propeller (wie bei den Dreipropellerschiffen von Parsons

-----Seite 11

und besonders bei den Cunardern) zu konzentrieren. Die Propellerfläche der letzteren beträgt bei Rückwärtsfahrt gar nur die Hälfte der an sich kleinen Fläche für Vorwärtsfahrt! Daß die Cunarder auch in dieser Richtung keinen wesentlichen Fortschritt bedeuten werden, kann man schon jetzt mit absoluter Sicherheit voraussagen: Wo sollte derselbe auch herkommen, nachdem irgend eine wesentliche Verbesserung nicht gefunden ist und der ganze Witz auch in diesem Fall darin besteht, das Kesselwasser mit heranzuziehen. Welche Erfahrungen gemacht wurden, wenn die mächtigen, im Vakuum abgekühlten gußeisernen Gehäuse der Rückwärtsturbinen plötzlich mit dem heißen Dampf von 12 at abgepreßt werden, ist noch eine andere Sache! Und dabei stellen die Cunarder das gemeinsame Meisterwerk der größten Autoritäten Englands, nicht etwa nur ein bereits überholtes, unmodernes Ausführungsbeispiel dar.

Die Curtis-Turbine kommt allerdings mit der Tourenzahl weiter herunter, erreicht aber nur eine wesentlich geringere Ökonomie als die Parsons-Turbinen. Wie mit 3 kränzigen Rädern (2 Umkehrungen) auf einmal Dampfverbräuche von weniger als 6 kg/PSe erzielt werden sollen, ist nach den bisherigen Erfahrungen schwer verständlich. Die höhere Ökonomie soll dabei durch die Trommel herausgeholt werden.

Dazu müssen aber die Spielräume an dieser wieder klein gewählt werden, wodurch ein Hauptvorzug der Curtisturbine, die viel höhere Betriebssicherheit infolge der anwendbarengroßen Spielräume, aufgegeben wird.

-----Seite 12

Trotz alledem ist die bei Curtisturbinen erreichbare Mindesttourenzahl immer noch 2-3 mal so hoch wie bei Kolbenmaschinen, es ist also auch hier nicht möglich, einen günstigen Propellerwirkungsgrad zu erreichen. Mindestens 10 - 15% der Leistung müssen für hohen Slip und Wasserbremsen-Wirkung geopfert werden.

Daß derartige langsamlaufende und dabei betriebssicher gebaute Schiffsturbinen neuerdings guten modernen Schiffskolbenmaschinen soweit überlegen, wie wegen des Mehrbedarfs an PSe erforderlich, und zwar im Dauerbetrieb (auch bei Seegang!) sein sollen, ist mindestens bisher noch nicht bewiesen. Bezüglich der Rückwärtsleistung ist die Curtis-Turbine nicht besser daran als die Parsons- und jede andere Turbine.

Zum Vergnügen nur baut man die lange Vorwärtsturbinen nicht, sie sind eben notwendig zur Erzielung der Ökonomie. Zum Vergnügen baut man auch die großen Propeller für Kolbenmaschinen nicht, und solange man nicht solche von

normaler Größe anwenden kann, wird man auch mit vergrößerter Rückwärtsleistung und Auspumpen der Kessel keine annähernd gleiche Stoppwirkung erzielen.

Hinsichtlich des Manövrierens hat die Curtis-Turbine in besonders hohem Maße den Nachteil, einer sehr großen Schwungmasse.

Hierauf ist oben (s. S. 2-3) ausführlicher hingewiesen.

Zieht man nun das Fazit aus den obigen Überlegungen, so gelangt man zu folgenden unanfechtbaren Tatsachen:

-----Seite 13

- a) Es ist praktisch ganz unmöglich, Dampfturbinen für ebenso niedrige Tourenzahlen zu bauen, wie die den jetzigen guten Kolbenmaschinen zu eigen sind und wie sie für Propeller hohen Wirkungsgrades unbedingt erforderlich sind.
- b) Die mit annehmbarer Turbinen-Ökonomie erreichbaren Mindesttounenzahlen liegen 2-4 mal so hoch als die Touren der entsprechenden Kolbenmaschinen. Es ist nun physikalisch ganz unmöglich, für diese hohen Touren ebenso ökonomische Propeller zu bauen, wie für niedere Touren: Aus den Resultaten der Turbinenschiffe, wie aus wirklich zuverlässigen Propellerversuchen folgt, daß 10-20 oder mehr % Pferde gegenüber Kolbenmaschinenantrieb mehr gebraucht werden.
- c) Dieses Mehr an PS muß nun die Schiffsturbine aus dem gleichen Dampf erzeugen, wenn die gleiche Antriebswirkung auf das Schiff ausgeübt werden soll. Der raschlaufenden normalen Landturbine könnte dies - unter Umständen leicht, unter Umständen nicht ganz - gelingen; denn manche Turbinensysteme sind jeder Dampfmaschine, speziell aber der Schiffsmaschine überlegen. Den langsam laufenden Schiffsturbinen aber, die noch die Ventilationsarbeit kräftiger Rückwärtsturbinen dazu bestreiten müssen, ist dies, wenn ökonomische Kolbenmaschinen in Vergleich standen, bisher nie gelungen.

-----Seite 14

- d) Ein wesentlich günstigeres Manövrieren (Fahrtaufnahmen, Stoppen u.s.w.) kann auch durch Vergrößerung der Rückwärtsturbinen nicht erreicht werden. Nur ein Mittel gibt es hierfür: große Propeller, die aber mit Turbinenantrieb unvereinbar sind.
- e) Auch die Eigenschaft der Turbinenschiffe, bei erhöhtem Widerstand (Wind, Seegang) also auf wirklichen Seereisen, mehrere Knoten einzubüßen, bleibt solange, als nicht große Propeller verwendbar sind.

Diese Fundamental-Tatsachen gelten für den jetzigen Schiffsturbinenantrieb; auch die Curtis-Turbine wird daran nicht viel ändern können, denn d) und e) bleibt sicher bestehen; durch die großen Schwungmassen, die gebraucht und reversiert werden müssen, ist sie in bezug auf d) sogar besonders schlecht gestellt.

Auf die Dauer, auch wenn Zusammenstöße und ernstliche Havarien auf Ozeandampfern stattgefunden haben werden, wird das jetzige System sich nach meiner Ansicht nach nicht behaupten können. Man baut nicht umsonst eine Unmenge Schotten, Doppelböden, automatische Schottenschließvorrichtungen, Unterwassersignale u.s.w. zum Schutz der Schiffe ein, man weiß genau, welchen

Wert im Fall der Not jedes einzelne dieser Elemente haben kann. Und trotzdem sollte man auf die Dauer die andere Errungenschaft des modernen Seeschiffs, die

-----Seite 15

Fähigkeit, im Notfalle mit den großen Propellern rasch, d.h. auf kurze Entfernung zu stoppen, preisgeben und einen 1,5-2,5-fachen Stoppweg in Kauf nehmen?

Hierin würde ein ungesunder, auf längere Zeit nicht zu verbergender Widerspruch liegen. Gerade an diesem Punkt werden später auch die Aufsichts- und Klassifikationsgesellschaften einsetzen, wahrscheinlich allerdings erst, wenn ihnen durch irgend einen Unglücksfall die Nase darauf gestoßen worden ist.

-----Seite 16

Vorschlag zu einem Neuen System des Schiffsturbinen- Antriebs

In über zweijähriger Arbeit habe ich in meinen Mußestunden ein solches ausgedacht, bis zu einem gewissen Grad ausgearbeitet und in Deutschland, Frankreich, England und Amerika zum Patent angemeldet.

Dieses System ergibt mindestens die gleiche Gesamtökonomie, wie die jetzigen Schiffsturbinenantriebe, ist aber dadurch wesentlich überlegen, daß die Fähigkeit zu stoppen und rückwärts zu fahren und auch bei Wind und Seegang die Geschwindigkeit zu halten, ebenso groß ist, wie bei modernen Kolbenmaschinen und daß ferner ganz wesentlich kleinere, d.h. leichtere und billigere Vorwärtsdampfturbinen Verwendung finden, während solche für Rückwärtsgang überhaupt entbehrlich sind.

Von der Tatsache ausgehend, daß zwischen Propeller- und Dampfturbinentourenzahl ein außerordentlich scharfer physikalisch begründeter Gegensatz herrscht, der unter allen Umständen eine empfindliche Einbuße hüben oder drüben zur Folge hat,

-----Seite 17

(15-25% P.S.e nach bisheriger Erfahrung!) und daß beim jetzigen System diese Mehrleistung durch die schlechten, sog. „Turbinen“-propeller aufgezehrt wird, gelangt man zu der Überlegung, daß die Gesamtökonomie doch auch dadurch erzielt werden müsste, daß normale langsamlaufende große Propeller, normale schnelllaufende Dampfturbinen und zwischen beiden eine Übersetzung verwendet wird, die im schlimmsten Fall $1/1,15 = 0,87$ bis $1/1,25 = 0,80$, d.h. 80-87-% Nutzeffekt haben darf. Dabei ist nur gleiche Ökonomie der schnelllaufenden Dampfturbine wie bei der üblichen langsamlaufenden Schiffsturbine erforderlich. In Wahrheit ist aber der Dampfverbrauch der ersteren ganz wesentlich geringer, geringer sogar als der der besten modernen Kolbenmaschinen, geringer auch deshalb, weil dann die Rückwärtsdampfturbine wegfällt und die Umsteuerung ebenfalls mit der Übersetzung zu vereinigen wäre.

Unter der für Alles folgende geltende Voraussetzung, daß ein solches Zwischengetriebe mit 80-87% Gesamtnutzeffekt² konstruierbar wäre, würde eine Gesamtantriebsökonomie resultieren, die im selben Verhältnis besser als das jetzige System wäre, wie die raschlaufende Turbine ökonomischer als die jetzigen Schiffsturbine ist.

² Dieser Gesamtnutzeffekt ist natürlich in der des Getriebes selbst, nicht auch der des Propellers, der ja höchstens 75% betragen kann.

Braucht dagegen die Ökonomie der bisherigen Schiffsturbinen-Antriebe nicht übertroffen, sondern nur erreicht werden, so darf der Wirkungsgrad des Getriebes sogar entsprechend geringer als 80-87% sein.

-----Seite 18

Unabhängig von der Frage der Gesamtökonomie hätte man aber den gewaltigen Vorzug, daß ohne Auspumpen der Kessel dieselbe Rückwärtsleistung, wie bei der Kolbenmaschine (ca. 80%) an großen normalen Propellern zur Verfügung stünde.

Bevor ich auf die weiteren Vorzüge des Systems und auf seine Nachteile eingehe, muß ich den Kernpunkt derselben, da Zwischengetriebe für beliebige Leistungen näher behandeln.

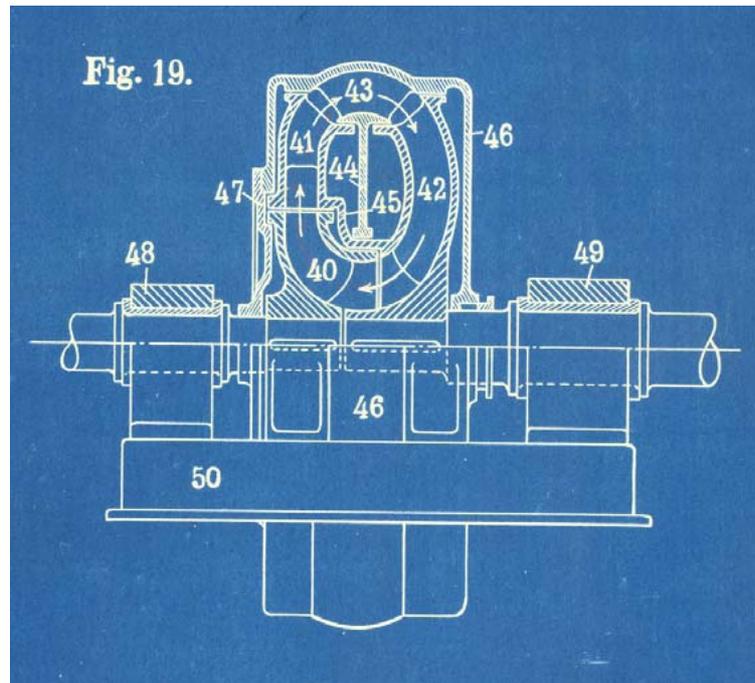
Die üblichen mechanischen Getriebe versagen bei höheren Umdrehungen und Kräften vollständig. An die elektrische Kraftübertragung dachte ich zuerst, wegen ihres ziemlich hohen Nutzeffektes. Indessen machen der Raumbedarf, das Gewicht und die Kosten der Primär- und Sekundär Dynamo und vermutlich auch die sehr komplizierten Schalteinrichtungen einen Strich durch die Rechnung, ganz abgesehen davon, daß unsere Werften sich wohl kaum in den Dynamo- und Schalterbau einlassen würden. Auf dem Umwege über eine kombinierte Primär- und Sekundärdynamo (Differentialdynamo) gelangte ich zur Hydraulischen Kraftübertragung mithilfe von Turbopumpen und Turbinenrädern.

Daß die einfache Aneinanderreihung von Zentrifugalpumpe, Rohrleitung und Turbine

-----Seite 19

mit Maximalwirkungsgraden von 82% - 100% - 86%, wie sie z.B. Felix Langen vorschlägt, hier nicht zum Ziel führen kann, ist selbstverständlich, da nur ein Gesamtnutzeffekt der Übertragung von $0,82:1,0 \cdot 0,86 = 75\%$ herauskäme. Von vornherein ausgeschlossen sind ferner die bekannten sogen. Flüssigkeitskupplungen, die eine niedrigere Tourenzahl mithilfe von Slip, ähnlich wie eine nicht ganz eingerückte Reibungskupplung, erzielen und bei einer Tourenerniedrigung von 1:4 z.B. höchstens 25% Wirkungsgrad ergeben können, weil 75% durch Slip verloren gehen!

Die Lösung der schwierigen Aufgabe ist vielmehr einzig und allein durch organische Vereinigung einer Turbopumpe mit einer Turbine zu einem neuen einheitlichen, konstruktivem Ganzen, der Transformator-Turbine möglich.



Transformator-Turbine Fig. 19 aus „Urpapent“

Dieselbe besteht zunächst aus einem auf der rasch laufenden Primärwelle sitzenden Zentrifugalpumpenrad (40), das einer Flüssigkeit Pressung und Geschwindigkeit erteilt. Während nun aber bei allen modernen Zentrifugalpumpen diese Geschwindigkeit durch den sogen. „Effusor“ oder „Leitapparat“, ein System von sich allmählich erweiternden Kanälen, unter Verlusten in Pressung verwandelt wird (weil ja Preßwasser und nicht ein Feuerspritzenstrahl fortgeleitet werden soll!) wird bei der Transformator Turbine diese Geschwindigkeit unmittelbar, ohne Zwischenverwandlung in Pressung durch ein auf der sekundären Welle sitzendes

-----Seite 20

Turbinenrad (41) für deren Antrieb ausgenützt.

Die der Flüssigkeit nach dem Austritt aus diesem Rad alsdann noch immer wohnende Pressungsenergie (Druckhöhe) wird, je nach der verlangten Übersetzung, in der gewöhnlichen Weise durch 1 oder 2 Leit- (43) und Laufräder (42) auf die Sekundärwelle übertragen. Aus dem letzten Sekundärlaufrad (42) tritt die Flüssigkeit zurück in das primäre Zentrifugalrad; die sämtlichen Räder sind so angeordnet, daß ein ganz eng geschlossener Kreislauf der Flüssigkeit, ähnlich einem Wirbelring (Rauchring) entsteht, dessen Achse mit dem Wellenmittel zusammenfällt.

Vor der einfachen Kombination von Zentrifugalpumpe und Turbine hat die „Transformator-turbine“ nach Fig. 19 folgendes voraus:

- 1.) Die außerordentlich gedrängte, einfache Anordnung
- 2.) Den Fortfall der Leitungsrohre, Saugrohre, Sammelspiralen der Z.Pumpen und Spiralgehäuse der Turbine selbst samt den Reibungs- und Stoßverlusten, die sonst in diesen voluminösen Gefäßen stattfinden.
- 3.) Den Fortfall des „Leitapparats“ oder „Effusors“ der Zentrifugalpumpen und damit den Fortfall der Reibungs- und Wirbelverluste, die sonst in diesem infolge der Umsetzung einer hohen Geschwindigkeit in Pressung stattfinden.

- 4.) Den Fortfall des Leitapparats für das sekundäre Laufrad 41 und damit den Fortfall der sonst im Leitapparat stattfindenden Reibungsverluste. Dieser Leitapparat für 41 wird diese durch das primäre Rad 40 vertreten.

-----Seite 21

- 5.) Der sog. „Austrittsverlust“ der Turbopumpe und der Turbine, der davon herrührt, daß das Wasser diese mit einer oft unerwünscht hohen Geschwindigkeit verläßt, die nicht ausnützbar ist, existiert hier überhaupt nicht, da diese Austrittsgeschwindigkeit wegen des engen Kreislaufs im folgenden Rad sofort weiterverwendet wird.

Als Hauptresultat dieser Vorzüge ergibt sich ein ganz wesentlich höherer Nutzeffekt der Kraftübertragung, aller bisher bei bloßer Aneinanderreihung von Pumpe und Turbine denkbar war. Selbstverständlich kann die Cardinalfrage nach dem erzielbaren Nutzeffekt nur auf dem Wege des Versuchs gelöst werden.

Bei der ungeheueren Wichtigkeit gerade dieses Punktes habe ich mich letzten Sommer mit dem Schöpfer des modernen Francisturbinenbaues, dem langjährigen Oberingenieur der Firma Voith in Heidenheim a/Brenz, Herrn Geheimrat Pfarr, seit 5 Jahren Professor in Darmstadt in Verbindung gesetzt und ihn um ein Urteil über meine Sache, soweit sie den hydraulischen Teil betrifft, gebeten.

Nachdem ich Herrn Pfarr während meines letzten Sommerurlaubs auch persönlich in Darmstadt besucht und ein Meinungs austausch stattgefunden hatte, teilte derselbe mir nach Amerika mit,

-----Seite 22

daß er einen Weg zur Beurteilung der Sache gefunden und ca. 90% Wirkungsgrad für erreichbar halte.

Auf Grund meiner eigenen Rechnung und Schätzungen halte ich diese Ziffer für zu hoch, dagegen 80-82% für erreichbar, sorgfältigste Durchkonstruktion und Herstellung und nicht zu kleine Leistung vorausgesetzt. Unter günstigen Umständen mag auch noch mehr, vielleicht bis 83% herauskommen, für die ersten Ausführungen glaube ich aber nicht daran. Besser ist es ja, skeptisch zu sein.

Die Frage nach dem Wirkungsgrad hängt auf innigste zusammen mit der fast ebenso wichtigen Frage der erreichbaren Übersetzung

Aus Studien über Dampfturbinen einerseits und günstige Propeller-Antrieb andererseits habe ich gefunden, daß es sich nicht lohnt, ein solches hydraulisches Zwischengetriebe einzubauen, wenn die Übersetzung nicht mindestens 4:1 beträgt; je höher dieselbe, desto günstiger für Propeller und Turbine, desto leichter und ökonomischer wird letztere, desto schwieriger werden aber die Verhältnisse für die Transformatorturbine, desto schwerere ist der notwendige hohe Nutzeffekt zu erzielen.

Übersetzungen über 4,5:1 halte ich daher mit 2 sekundären Stufen (Rad 41 u. 42) für nicht mehr erreichbar, dagegen mit 3 sek. Stufen, die aber eine komplizierte Anordnung ergeben.

-----Seite 23

Die Frage der Umsteuerung wird beim vorliegenden System durch Anordnung besonderer hydraulischer Rückwärtsturbinenräder gelöst. Die Dampfturbine selbst läuft im gleichen Sinn weiter, Rückwärtsdampfturbinen fallen weg.

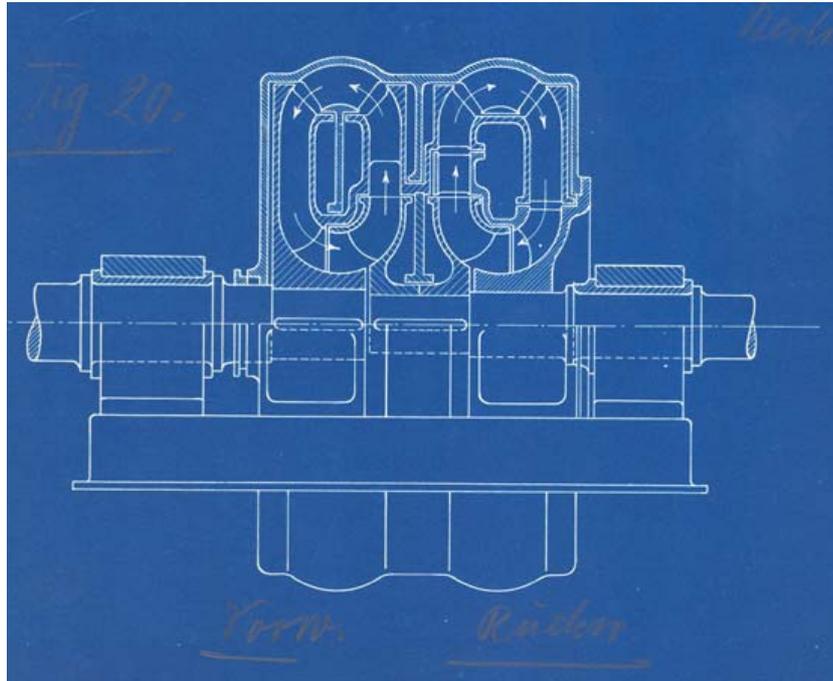


Fig. 20 aus „Urpatent“

Ich habe zwar Anordnungen ausgedacht, wo das gleiche Primär-(Zentrifugal-)Rad sowohl für Vorwärts- als auch für Rückwärtsgang dient und lediglich die Sekundär-Räder doppelt vorhanden sind; unverbindlich möchte ich aber eine Anordnung nach Fig. 20 mit vollständig getrenntem Vorwärtskreislauf 53-67-54-55-56-53 und Rückwärtskreislauf 57-58-59-60-61-62-57 zunächst für besser erklären.

Der letztere ist etwas komplizierter als der Vorwärtskreislauf, er enthält den Umkehrkranz 58 und den Leitkranz 62 mehr. Daher ist auch der Wirkungsgrad desselben geringer.

Immerhin aber sind 75% der Vorwärtsleistung sicher zu erreichen, also derselbe wie bei guten Kolbenmaschinen, und dies an großen, normalen Propellern.

Fig. 20 stellt eine Ausführungsform mit Umsteuerung dar, sei der die Sekundärräder 54 und 56 für Vorwärts, 59 und 61 für Rückwärts auf der Sekundärwelle fliegend angeordnet sind. Dies gibt eine ziemlich einfache, gedrungene Bauart, die bei kleineren und mittleren Einheiten (Torpedoboote, Kreuzer) ausführbar ist, bei ganz großen aber jedenfalls dahin verbessert werden muß, daß zur Aufnahme des Gewichts der Sekundärräder eine weitere Lagerstelle,

-----Seite 24

zum Beispiel in der Mitte zwischen 53 und 57 angebracht wird. Hier ist eine konstruktive Detailfrage, deren Wichtigkeit ich aber durchaus nicht unterschätzen möchte.

Damit der unbenutzte Kreislauf nicht dauernd durch Waten der Räder im Wasser Energie verschlingt, wird derselbe entleert, sodaß die unbenutzten Räder in Luft laufen.

Das Manövrieren selbst kann zunächst dadurch erfolgen, daß der gerade arbeitende unter Druck stehende Kreislauf irgendwo durch eine Absperrvorrichtung geöffnet und die Flüssigkeit in den anderen Kreislauf, der den gewünschten Drehsinn ergibt, eingelassen wird. Daß dies in wenigen Sekunden möglich ist, geht ja daraus hervor, daß zu dieser Horizontalverschiebung eines Volumens von mehreren Kubikmetern die durch die volle Maschinenleistung betriebene primäre Zentrifugalpumpe zur Verfügung steht. Man könnte auch an das Auffüllen des gewünschten Kreislaufs durch ein höherliegendes Gefäß u.s.w. denken. Solange beide Kreisläufe nicht ganz gefüllt, bzw. entleert sind, wirken dieselben als einstufige Wasserbremse, was für den Übergang der Drehrichtung erwünscht ist.

Die Dampfturbine läuft dabei konstant weiter.

Das Umsteuern erfolgt also bei eben geschilderter Methode durch Öffnen bzw. Schließen von geeigneten Überströmkanälen zum Auffüllen der entspr. Kreisläufe.

-----Seite 25

Für schwierige Reviere, wo rasch hintereinander Voraus und Zurück gedreht werden muß, habe ich noch eine andere Art des Manövrierens ausgedacht, darin bestehend, daß im Revier beide Kreisläufe gefüllt werden und der jeweilig unbenutzte durch Einschieben einer Absperr- oder Drosselvorrichtung in den Kreislauf selbst unwirksam gemacht wird. Die konstruktiv schönste Lösung dieser Aufgabe ergibt sich durch Verwendung der drehbaren Leitschaufeln, die bei allen modernen Wasserturbinen mit größtem Erfolge üblich sind und eine Regulierung der Wassermenge von „Voll“ – „Geschlossen“ ermöglichen. Im vorl. Fall müßten an irgend einer Stelle, z.B. statt der festen Leitschaufeln 55 und 60 drehbare eingebaut werden, die ähnlich wie bei Francisturbinen durch einen gemeinsamen Regulerring geöffnet und geschlossen werden. zum Manövrieren ist dann nur nötig, die Leitschaufeln für den gewünschten Drehsinn auf und für den andern zuzudrehen, während die mittlere Stop-Stellung auch hier wieder eine starke Bremswirkung der Propellerwelle ergibt.

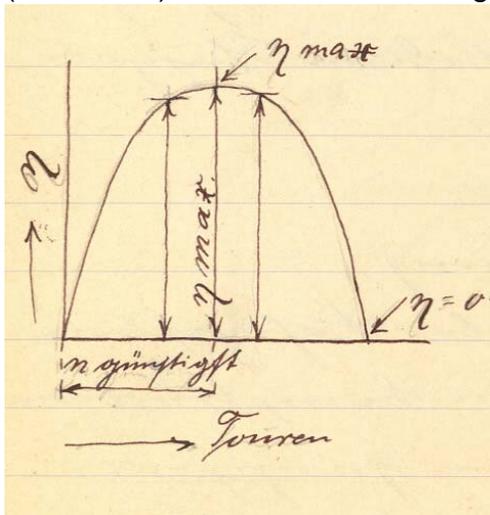
Die drehbaren Leitschaufeln ermöglichen auch noch die Lösung einer anderen Aufgabe, die von großer Bedeutung ist, die **Leistungsregulierung**, d.h. beim Schiff die Regelung der Fahrgeschwindigkeit. In diesem Punkt ist die Dampfturbine gleichfalls der Kolbenmaschine prinzipiell unterlegen, weil sie an eine bestimmte Drehzahl gebunden ist, letztere aber nicht. Über den Einbau

-----Seite 26

von Marschstufen in die Dampfturbine wird man für starke Geschwindigkeitsverringern nie hinweg kommen. Wie die sehr große Überlegenheit der Kolbenmaschinen bei verringerter Geschwindigkeit begründet ist, habe ich in der kleinen Arbeit über kombinierte Anlage S. ausführlicher dargelegt.

Das vorliegende System bringt auch hier gegenüber den bisher Bekannten durch die Zwischenschaltung eines elastischen Bindeglieds zwischen Turbine und Propeller Vorteile: Die Drehzahl der ersteren braucht nicht ebenso rasch sinken wie die der letzteren. Man muß erst dann durch Regulierung der Transformator-turbine (am besten mit drehbaren Leitschaufeln, überhaupt durch Querschnittsveränderung) für verringerte Fahrt die Übersetzung vergrößern damit

die Dampfturbine angenähert ihre Drehzahl behält, bei gleichzeitiger Verminderung der übertragenen Leistung. Sehr zu statten kommt dabei die Eigenschaft aller turbinenartiger Vorrichtungen, daß nach der günstigsten (stoßfreien) Drehzahl der Wirkungsgrad bei einer Veränderung dieser Drehzahl



nach oben od. unten fast derselbe bleibt; die Kurve, die die Größe des Wirkungsgrades abhängig von der Drehzahl darstellt, ist eine Parabel oder einer solchen sehr ähnlich. Erst bei größeren Abweichungen von der günstigsten Drehzahl fällt η dann rascher ab.

In Anwendung auf die Transformatorturbine heißt dies, daß diese auch bei größerer oder kleinerer Übersetzung, als der für stoßfreien Gang gerechneten, noch fast denselben Nutzeffekt ergibt.

-----Seite 27

Unter Umständen ist aber noch ein zweiter Vorteil mit dem neuen System zu erreichen.

Auch die Dampfturbine selbst hat ja die Eigenschaft, bei einer bestimmten, von der jetzigen langsam laufenden Schiffsturbine allerdings nie erreichbaren Tourenzahl ihren besten Wirkungsgrad zu geben. Darüber und drunter ist er schlechter.

Es kann nun möglich sein – erst die Durchrechnung konkreter Fälle kann dies zeigen – daß bei vorliegendem System noch Dampfturbinen konstruierbar sind, die gerade mit ihrer besten Drehzahl od. noch etwas darüber laufen, die aber bei verringertes Geschwindigkeit ihre beste oder wenigstens fast noch die beste Wärmeausnutzung ergeben.

Für die verschiedenen Geschwindigkeiten würden sich dann die folgenden Kombinationen ergeben:

- Höchstgeschwindigkeit: D.T. mit ihrer höchsten Drehzahl über (n günstigst) laufend; Tr.Turb. mit größter Füllung, kleiner Übersetzung
- Mittlere Geschwindigkeit: D.T. mit etwas niedrigerem n , bei ungefähr bestem η laufend, Tr.T. mit mittlerer günstigster Übersetzung
- Marschgeschwindigkeit: D.T. durch einige Marschstufen mit erniedrigter Drehzahl laufend, Tr.T. mit der höchst möglichen Übersetzung.

Der Vorteil würde darin bestehen, daß hier die Drehzahl der Dampfturbine nur weit weniger durch die Marschstufen verringert werden muß, als bisher, wo
-----Seite 28
die D.T. Drehzahl im gleichen Verhältnis wie die Schiffsgeschwindigkeit heruntergeht.

Ich bemerke, daß auch hier die Regulierung eines der schwierigsten Detailprobleme bildet.

Es ist noch eine besondere Eigenschaft vorl. Systems zu besprechen.

Durch das hydraulische Getriebe werden ca. 15-20% der von der Dampfturbine gelieferten P.Se in

Wärme

verwandelt. Beim jetzigen Turbinenantrieb besorgt dies der Propeller, die betr. Wärme geht in die See, ist also verloren. Da hier aber die Verwandlung im Schiff, im Transformatorturbinen-Gehäuse, vor sich geht, so kann sie nahezu vollständig wieder gewonnen und am besten zum Speisewasservorwärmen benützt werden. Eine Kühlung müßte doch stattfinden, daher ist es das Einfachste, das Speisewasser vom Tank durch die Transformatorturbine. zu pumpen.

Dieser Rückgewinn von 15-20% der von der Turbine gelieferten Energie ergibt eine Vorwärmung des Speisewassers von ca. 20-25els., was einer Erhöhung der Verdampfungsziffer der Kessel um 3-4% entspricht.

Dieser Betrag ist an sich gering, aber es ist zu bedenken, daß dadurch, ohne Mehrverbrauch an Kohle oder Heißdampf, eine Transformatorturbine von 80% bzw. 82% Nutzeffekt einer solchen mit 83 bzw. 85% äquivalent an Kohlenverbrauch wird.

Man kann bei vorl. System 3-4% der Gesamtwärme (=15-20% der in mechan. Arbeit verwandelbaren Wärme) zurückgewinnen, während beim jetzigen System dieselbe in die See geht.

-----Seite 29

Während des Umsteuerns und Stoppens müssen natürlich besondere Maßregeln gegen allzu hohe Erwärmung – wie zum Teil schon jetzt – getroffen werden.

Es bleibt noch die Frage zu erörtern:

Was läßt sich hinsichtlich Übersetzung und Ökonomie mit dem neuen System überhaupt erreichen?

Meine ausführlichen Berechnungen haben ergeben, daß eine möglichst hohe Übersetzung die für Dampfturbine und Propeller erwünscht sind und ein unter allen Umständen unumgänglicher hoher Wirkungsgrad Forderungen an die Transformatorturbinen-Konstruktion stellen, die sich bis zu gewissem Grade gegenseitig widersprechen.

Immerhin aber läßt sich, wenn die Transformatorturbine mit 1 Primär- und 2 Sekundärrädern nach Fig. 20 ausgeführt wird, eine fünffache Übersetzung sicher erreichen, bei 3 stufiger Sek. Turbine mindestens eine sechsfache Übersetzung.

Dem dabei erreichbaren Wirkungsgrad schätze ich anhand der Resultate bester modernster Turbinen (87-90%) und Turbopumpen (Nutzw. bis 84%) und aufgrund von meinen Detailrechnungen auf 80 – 82 %, sodaß eine solche Transformatorturbine bei Anwendung der oben beschriebenen Speisewasser-Vorwärmung mit einem ideellen Wirkungsgrad von 83 – 85% arbeiten würde.

Ich gebe diese Zahlen absichtlich niedriger an, als ich für erreichbar halte, um zu zeigen, daß schon hiermit das neue System mit dem bisherigen Dampfturbinen Antrieb bezüglich Ökonomie konkurrieren kann.

-----Seite 30

Für den Fall eines Schnelldampfers z.B. könnte man, ohne merklich schlechteren Propeller zu erhalten, die Tourenzahl von 80-82 auf ca. 100 – 105 erhöhen.

Unter Verwendung einer Transformator turbine mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:4,75 (zweistufig) bzw. 1:6 (dreistufig) müsste die antreibende Dampfturbine 475 – 500 bzw. 600 – 630 Touren machen. Die Effektivleistung derselben müsste (bei K.Wilh.II) ca. $20.000 \text{ PSe} : 0,82 = 24.400 \text{ PSe}$ betragen, wenn 2 Wellen vorhanden.

Große moderne Turbodynamos von 5000 Kilowatt = 7000 PSe (Curtis, Parsons, Westinghouse) laufen mit 750 – 900 Touren. Solche von der dreifachen Leistung (24.4000 PSe) müssten mit entsprechend geringerer Drehzahl laufen.

Man sieht daraus, daß man mit vorl. System ungezwungen in das Gebiet wirklich rasch laufender Dampfturbinen, nämlich in die Tourenzahlen moderner Turbodynamos gelangt. Noch ein anderes Beispiel mag dies erläutern.

Im Falle der Torpedoboote S. 174-79 betrage die Propellertourenzahl 350. Die Übersetzung sei, um bei verringerter Geschwindigkeit wesentlich gesteigert werden zu können, absichtlich für forcierte Fahrt zu nur 4,3 gewählt. Dann muß die Dampfturbine $4,3 * 350 = 1.500 \text{ Touren}$ machen und eine Leistung von ca. $5150 : 0,82 = 6.300 \text{ PS}$ entwickeln. Die Drehzahl der A.E.G. 3000 K.W.-Marschturbine der B.E.W. (= 4.350 PSe) beträgt demnach bei rd. 2/3 der Leistung von 6.300 PS ebensoviel wie für die Schiffsturbine oben gerechnet. Dabei

-----Seite 31
verwendet die A.E.G. unter allen Firmen die höchsten Umlaufzahlen.

Ähnliche Umdrehungszahlen ergeben sich auch bei Kreuzern u.s.w.

Mit solch raschlaufenden Dampfturbinen ist es nun möglich, dieselben niedrigen Dampfverbrauchsziffern zu erzielen, wie mit Turbodynamos; nämlich 5,3 – 5,4 kg/PSe/Std. bei gesättigtem Dampf und großen Einheiten, bei überhitztem Dampf sogar noch entsprechend weniger, nämlich bis zu 60° Überhitzung auf je 5° 1% Dampfersparnis. (Bei 250° Dampftemperatur ergäbe sich also ca.

$$\frac{250 - 200^\circ}{5} = \frac{50^\circ}{5^\circ} = 10\% \text{ Dampfersparnis gegenüber Sattedampf)}$$

Die oben genannten Ziffern von 5,3 – 5,4 kg/PSe/Std. werden von keiner Schiffsmaschine erreicht, denn diese müsste $(5,3 - 5,4) : 0,94 = 4,97 - 5,07 \text{ kg/PSi}$ mit Sattedampf erzielen, während tatsächlich z.B. bei einer Schnelldampfermaschine mit 0,65kg Kohle/PSi/Std. und ca. 8,5-facher Verdampfung ohne, mindestens 9,8-facher Verdampfung mit Vorwärmung auf 100° und 10% Dampfverbrauch der maschinellen Hilfsmaschinen sich ein Dampfverbrauch der Hauptmaschine allein von $0,65 * 9,8 * 0,9 = 5,74 \text{ kg/PSi/Std.}$ ergibt, d.h. von $5,74 * 0,94 = 6,11 \text{ kg/PSe/Std.}$

Ich bemerke, daß 5,3 – 5,4 kg/PSe/Std. noch lange nicht die günstigsten Werte für große, raschlaufende und vollbelastete Turbinen darstellt.

Man erkennt aus dieser Gegenüberstellung, daß selbst ohne Überhitzung eine solche raschlaufende Schiffsturbine (mit 5,4 kg/PSe/Std.) gegenüber einer Schnelldampfermaschine (mit 6,11 kg/PSe/Std.) im Verhältnis $6,11 : 5,4 = 1,13$ d.h. um 13% mehr PSe aus dem gleichen Dampf herausschaffen kann.

-----Seite 32

Eine Transformator turbine von 82% absolutem und (mit Speisewasservorwärmung) 85% ideellem Wirkungsgrad würde nun allerdings $1 : 0,83 = 1,175$, d.h. um 17,5% mehr PSe erfordern.

Es wären daher im Verhältnis $1,175 : 1,13 = 1,04$ also um 4% mehr Kohlen als beim Kolbenmaschinenschiff aufzuwenden.

Ob es überhaupt möglich ist, mit Dampfturbinen auf Schiffen den gleichen Kohlenverbrauch, wie mit hochmodernen Vierfachexplosionsmaschinen, zu erzielen, erscheint mir nicht nur zweifelhaft, sondern sogar ausgeschlossen.

Diese Ansicht stützt sich auf die Resultate von Turbinenschiffen, die mit wirklich ökonomischen Kolbenmaschinen-Schiffen („Hamburg“, „Coronia“ etc.) und nicht mit veralteten Radmaschinen (Canaldampfer) oder Torpedobootmaschinen (Topas, Saphir mit 250 Umdr.) konkurrieren mußten und auf die einfache Überlegungen über die Schwierigkeiten des Schiffsturbinen-Antriebs Seite 7 – 11.

Es ist ziemlich sicher, daß eine Turbinen-Anlage jetzigen Systems gegenüber wirklich ökonom. modernen Kolbenmaschinen um 8 – 20% mehr Kohlen bei gleichem Schiffsrumpf und Geschwindigkeit aufzehrt.

Unter der in dieser ganzen Abhandlung festgehaltenen Voraussetzung, daß Trans. Turbinen von mindestens 80 – 82% Wirkungsgrad konstruierbar und herstellbar sind, wäre es schon bei gesättigtem Dampf möglich, mit einem

-----Seite 33

Kohlenmehraufwand von 5 – 8% denselben Gesamtantriebseffekt zu erzielen, wie mit den allerbesten, existierenden Kolbenmaschinen. Jedenfalls wäre dann der Mehraufwand an Kohle höchstens ebenso groß wie bei den jetzigen Schiffsturbinen, wahrscheinlich jedoch ganz wesentlich geringer. Man geht also unbedingt sicher, wenn man zunächst annimmt, der Kohlenverbrauch des jetzigen und des neuen Systems sei derselbe.

Anders stellt sich die Sache, wenn Überhitzung verwendet wird. Ob es je möglich sein wird, die großen Parsons – Schiffsturbinen mit nennenswerter Überhitzung wirklich betriebssicher zu betreiben, ist mehr als zweifelhaft, nachdem man schon bei den stationären Turbinen Schwierigkeiten genug hat. Aber selbst wenn man Turbinen wie für „Carmania“ od. „Lusitania“ nach dem Curtis – System für gleiche Tourenzahl bauen würde, kann man zu so großen Rad- und Gehäusedurchmessern kommen, daß eine hohe Überhitzung gefahrvoll wäre. Daß bei raschlaufenden Räderturbinen mit großen Spielräumen auch die höchsten Überhitzungstemperaturen anstandslos verwendbar sind, ist durch die Erfahrung bewiesen. Es hätte also hinsichtlich Anwendbarkeit solcher Überhitzung das neue System ganz andere Chancen als das bisherige.

Man könnte einwenden, daß ja auch die Schiffsmaschinen durch Anwendung der Überhitzung zu noch niedrigerem Dampfverbrauch gelangen

-----Seite 34

würde als bisher schon erreicht. Nun, der Versuch auf „Bremen“ hat gezeigt, daß bei einer Vierfachexplosionsmaschine und hoher Spannung (14at) die mäßige Überhitzung fast nichts mehr bringt.

Ob jemand den Versuch wagen wird, die großen Schiffsmaschinen mit hoher Überhitzung zu betreiben, muß stark bezweifelt werden; jedenfalls würde man an den Schiebern, Stopfbuchsen, Kolbensicherungen und dem vielen in die Maschine zu pumpenden Öl, das Condensatoren und Kessel verschmutzt, wenig Freude erleben!

Aber schon für geringe Überhitzung ist die Turbine sehr dankbar: 50° Überhitzung ergibt, wie erwähnt (S.) ca. 10% Dampfersparnis.

Dafür müssen im Kessel ca. 4% mehr Kohle verfeuert werden, sodaß die resultierende Kohlensparnis = $1,04 * 0,9 = 0,936$ entspricht, also 6,4% beträgt.

Bevor wir die Vorzüge und Nachteile des Systems im Zusammenhang besprechen, muß die wichtige Frage nach dem Raum- und Gewichtsbedarf erörtert werden.

Zunächst der der Transformorturbine selbst. Die beifolgende Zeichnung zeigt eine Transformorturbine für:

300 PSe zugeführt bei $n_1 = 1.500$ p. Min.

ca. $300 * 0,82 = 246$ PSe abgegeben (falls 0,82 Wirkungsgrad erreichbar) bei $n_2 = 335$ p. Min.

Übersetzung $1.500 : 335 = 4,5$ – fach

Stündliche Wassermenge = 0,5 cbm

Maximaler Wasserdruck = 3,3 at.

Man erkennt daraus, wie außerordentlich kompensiös sich eine solche

-----Seite 35

Turbine baut. Das Primärrad, welches die 300 PSe auf das Wasser überträgt, hat fast nur 368 mm Durchmesser. Die dargestellte Transformorturbine würde sich für ein Versuchsmodell unter Umständen eignen.

Die Dimensionen einer Transformorturbine für ähnliche Übersetzung, aber andere Leistung und Tourenzahl können aus der vorliegenden nach dem Gesetz gerechnet werden, daß die aufgezehrte Leistung proportional der dritten Potenz der Touren und der fünffachen Potenz des Durchmessers (z.B. des lichten Gehäusedurchmessers od. des Primärraddurchmessers) ist.

Für das auf S. 30-31 erwähnte Beispiel eines Schnelldampfers mit 20.000 PSe, abgeg. bei $n_2 = 100$, 24.400 PSe zugef. bei $n_1 = 475$, entsprechend einer Übersetzung von $4,75 : 1$ berechnet sich z.B.

Vergl. Zeichnung:

der Primärrad \varnothing = 1.760 mm

der max. inner Gehäuse \varnothing = 3.550 mm

die Gehäusebreite = 1.180 mm

(f. den Vorwärts Tr.T.)

die sekundliche Wassermenge = 17,6 cbm

die maximale Wasserpressung = 7,5 at

Für das gleichfalls S. 31 erwähnte Beispiel der Torpedoboote S 274-79 ergibt sich ferner bei 5.150 PSe = 4.800 PSe abgegeben und $480 : 0,82 = 5.840$ PSe zugeführter Leistung,

$n_1 = 1.500$ $n_2 = 335$

$n_1 : n_2 = 1.500 : 335 = 4,5$ -fache Übersetzung

ein Primärrad \varnothing = 670 mm

max. inn. Gehäuse \varnothing = 1.340 mm

äußere Gehäusebreite = 460 mm

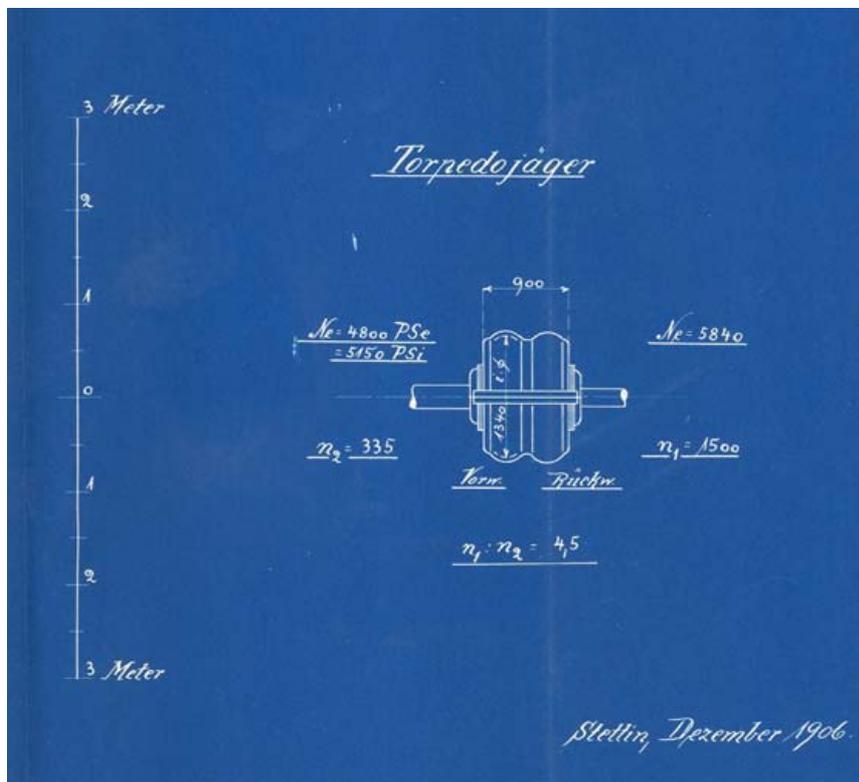
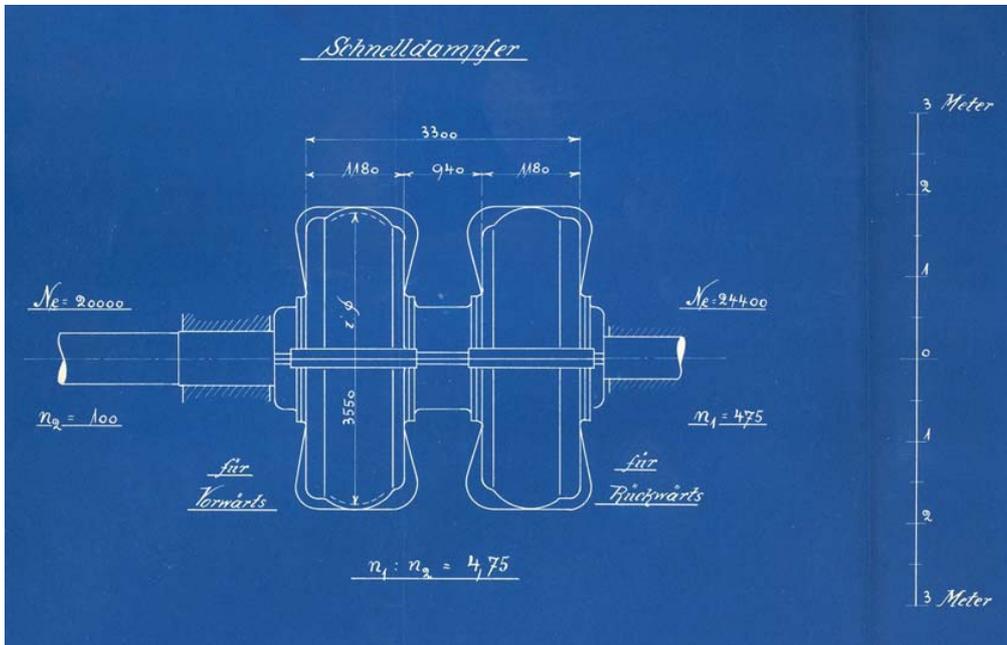
(f. d. Vorw. Tr.T.)

desgl. f. Vorw. * Rückw. = 900 mm

bei eingehäusiger Bauart,

sekundliche Wassermenge = cbm^3
 Max. Wasserpressung = 10,7 at.

Man erkennt daraus, wie außerordentlich kompensiös sich die Transformatorturbinen in allen Fällen bauen. Als Vergleich füge ich die Zeichnung der Hauptmaschine des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm II.“ bei. Der Maßstab ist der gleiche (1:50) Die Figuren sprechen für sich selbst.



³ Red. Anmerkung: im Original ist hier kein Zahlenwert angegeben

Ich bemerke ausdrücklich, daß diese Größenverhältnisse nicht etwa wie der zunächst geschätzte Wirkungsgrad = 0,80 – 0,82, auf einer Hypothese beruhen, sondern auf den längst feststehenden Rechnungen des Wasserturbinenbaus.

Selbstverständlich können sich die Dimensionen bei Detailbearbeitung, Verw. anderer oder variabler Übersetzung um 20 – 20% eventuell vergrößern.

Bezüglich des Gewichtes läßt sich schon aus dem kompendiösen Aufbau der Schluß ziehen, daß dasselbe sehr gering ist. Zu einer angenäherten Schätzung gelangt man, indem man sich den Körper der Transformator turbine als massigen Metallklotz denkt, voll von Turbinenrädern und Wänden und etwa 1/3 – 0,4 des so erhaltenen Volumens aus Metall (Stahl, Gußeisen und Bronze) bestehend annimmt, während der Rest, die Kanäle für das Wasser, mit diesem ausgefüllt sind. Man kommt so z.B. bei der Torpedoboots Transf.T. auf ein Gewicht von ca. 4t = 4.000 kg.

Propeller-Wellenleitung und Propeller fallen nahezu ebenso schwer, als mit Kolbenmaschinen aus; in der niederen Propellertourenzahl und dem großen Propeller beruht ja die Stärke des neuen Systems. Wegen des sehr geringen

-----Seite 37

Raumbedarfs der Transformator turbine ist man aber in der Lage, diese möglichst weit nach hinten zu schieben, so daß der vordere Teil der Wellenleitung wegen der 4 – 5 mal höheren Tourenzahl leichter ausfällt.

Eine ganz wesentliche Gewichtsparsnis gegenüber der bisherigen Schiffsturbine ergibt aber die Dampfturbine des neuen Systems infolge ihrer hohen, im Bereich moderner Turbodynamos liegenden Drehzahl. Die Gewichte verschiedener Dampfturbinen gleichen Systems und gl. Leistung verhalten sich (ganz roh!) wie die umgekehrten Quadrate der Touren. Eine für selbe Drehzahl gebaute Turbine wiegt 4 mal soviel.

Lager, Stopfbuchsen und anderes Beiwerk verändern dieses Gesetz etwas, für Gehäuse und Läufer gibt es aber einen gewissen konstruktiv begründeten Anhalt.

Da bei vorl. System die verwendbare Tourenzahl mindestens doppelt so groß als die bei Zweiwellenanordnung jetzigen Systems möglich ist, da ferner die Rückwärtsdampfturbine überhaupt wegfällt, so würde sich nach der angegebenen Regel ein Viertel des jetzigen Dampfturbinen-Gewichts für Zweiwellenschiffe ergeben.

Selbstverständlich wird dieser niedrige Betrag sich kaum verwirklichen lassen, weil kleinere Gußstücke mit relativ größeren Wandstärken ausgeführt werden und eine höhere Ökonomie hier erzielt werden muß.

Soviel läßt sich aber mit ziemlicher Sicherheit aus Vorstehendem folgern,

-----Seite 38

daß gegenüber dem jetzigen Dampfturbinen-System die Summen aus Transformator- und Dampfturbinen eine wesentliche Gewichtsparsnis ergeben kann. Wieviel, kann erst die Durchrechnung kompletter Anlagen zeigen.

Ähnliches gilt hinsichtlich des Preises, der für raschlaufende Turbinen selbstverständlich entsprechend dem viel geringeren Materialaufwand wesentlich kleiner ist, als für die unnatürlich langsam laufenden Schiffsturbinen-Ungetüme jetziger Bauart.

In den vorstehenden Ausführungen sind die zunächst inbetracht kommenden Vorzüge des neuen Systems bereits zum großen Teil klargelegt, auch die Nachteile angedeutet. Dieselben sollen im Folgenden der besseren Übersicht über die maßgeblichen Gesichtspunkte nochmals zusammengestellt und weitere Konsequenzen daraus gezogen werden.

Die Vorteile des neuen Systems beruhen hauptsächlich darin, dass

-----Seite 39

- a) das gesamte Schiffshinterteil, außen und innen, dasselbe bleibt, wie bisher bei der Kolbenmaschine
- b) darin, daß speziell normale, große langsam laufende Propeller verwendet werden, wie bisher bei Kolbenmaschinen.
- c) in der Benützung derselben hochökonomischen Dampfturbine für Vor- und Rückwärtsgang und den Fortfall der unökonomischen Rückwärts-Dampfturbinen
- d) in der Verwendung raschlaufender Dampfturbinen.
- e) in geschäftlicher Beziehung darin, daß das System durch ziemlich umfassende Patente geschützt werden kann.

Daraus ergeben sich im Detail die nachstehenden Folgerungen:

ad a):

- 1) Es können die altbewährten Zweiwellenanlagen beibehalten werden. Die lästige und überflüssige 3. und 4. Welle, welche die Lade- oder Munitionsräume immer zerschneidet und eine sehr komplizierte Stevenausbildung ergibt, fällt weg. Der Notbehelf mit dem Parsons-Patent 99108, das die Kluft zwischen der Turbinen- und Propellertourenzahl bisher notdürftig überbrücken half dessen große Bedeutung neuerdings sogar deutsche Turbinenbauer 10-jährigem Bestehen eingesehen, wird überflüssig.
Die Propellerwirkung wird wieder die des überlegenen Zweischraubenschiffs.
- 2) Es können daher die gesamten bisherigen Schiffbau-Erfahrungen in rechner. und konstruktiver Hinsicht sofort weiterbenützt werden, ohne Korrektion od. Unsicherheiten.
- 3) Der radikal geänderte u. daher zunächst unsichere schwierig vorauszubestimmende Teil liegt hier lediglich im Schiff u. zwar im Maschinenraum, beim jetzigen System auch im Wasser. Die Auswechselung oder Änderung dieses Teils geht daher hier viel leichter, namentlich ohne Docken des ganzen Schiffs vor sich.

-----Seite 40

- 4) Wegen der geringen Turbinendurchmesser können eventuell alte vorhandene Kolbenmaschinenschiffe ohne Änderung des Hinterschiffes, der Wellenleitung und des Drucklagers für das neue System umgebaut werden. Es würden also hier lediglich Änderungen im Maschinenraum vor sich gehen. Die Möglichkeit des Umbaus alter Schiffe bedeutet aber Zeitgewinn und ein geringeres Risiko, weil nicht erst ein Schiffsneubau hinsichtlich Bestellung und Ausführung abgewartet werden muß. Dies ist für Ausprobung eines neuen Systems sehr wichtig.

- 5) Umgekehrt kann, wenn die Sache sich gar nicht bewährt, eine Kolbenmaschine, eventuell die alte wieder eingebaut werden.
- 6) Während der unsicher, prekäre Teil des jetzigen Antriebs, der Propeller, erst am fertigen Schiff durch Probefahrten ausprobiert werden kann, ist dies hier bei der Transformator-Turbine schon in der Werkstatt sowohl an einem Modell, wie an der wirkl. Ausführung möglich, bei letzterer allerdings unter Reduktion der Touren.
Unter Aufwand von 3.000 PSe kann aber sogar eine Transformatorturbineneinheit von 24.000 PSe bei selber Drehzahl probiert werden, weil alsdann der Kraftbedarf nur $(1/2)^3 = 1/8$ ist. Wichtig ist dabei, daß bei Wasserturbinen die Bedingungen der mechanischen Ähnlichkeit, die den Schluß auf die Betriebsverhältnisse zulassen, sich leicht verwirklichen lassen. (Bei Propellern bekanntlich nicht!)

ad b) Verwendung großer, langsamlaufender Propeller

- 7) Dadurch, daß der Propeller ungefähr wie bisher bleibt, können die -----Seite 41
Erfahrungen mit guten modernen Propellern unverändert verwendet werden, das Herumtasten mit dem „Turbinen“-Propeller fällt weg.
- 8) Der Propellernutzeffekt ist der hohe bisher erreichte und zwar unter allen Betriebsverhältnissen. der abnorme Geschwindigkeitsverlust im Seegang fällt fort, der große Propeller ermöglicht allein die Ausnutzung einer starken Rückwärtsleistung zur Erzielung einer raschen Stopwirkung und hohen Rückwärtsgeschwindigkeit.
- 9) Wegen der niederen Prop. Drehzahl äußern diese ihre Antriebswirkung auf das Schiff sofort, drehen sich nicht erst lange Zeit mit unwirksamer Tourenzahl.
Daher ist hier das Manövrieren viel zuverlässiger und rascher als bisher.
- 10) Das plötzliche Umsteuern mit voller Kraft ist hier sogar viel weniger gefährlich, als bei einer Kolbenmaschine, jedenfalls ist der große Propeller die unumgängliche Vorbedingung für eine rationelle Lösung der Manövrierfrage.
- 11) Der normale große Propeller ist gegen mechanische Beschädigung viel weniger empfindlich als der dünne, kleinere Turbinenpropeller.

(ad c.) Benutzung derselben Dampfturbine für Vor- u. Rückwärtsfahrt

- 12) Die bisherigen unökonomischen Rückwärts-Dampfturbinen fallen weg und werden durch kompensierte Rückwärts Transformatorturbinen ersetzt.
- 13) Die Rückwärtsleistung ist ebenso hoch wie bei Kolbenmaschinen, ca. 75% der Vorwärtsleistung. Dies ermöglicht die unter Punkt 8-10 ad b näher hervorgehobene gute Manövrierfähigkeit.
- 14) Das gefährliche Einlassen von 200° Dampf in die 30° warmen geteilten Stahlgußgehäuse der Rückwärtsdampfturbine fällt fort.

-----Seite 42

14a) Ebenso fällt die Schwungmassenwirkung der an sich viel kleineren Dampfturbine vollständig heraus. Rasches Anfahren u. rasche Geschwindigkeitsänderung

ad d) Verwendung raschlaufender Dampfturbinen

- 15) Dadurch werden wirklich hochökonomische Turbinen von 5,4 kg/PSe/Std. Dampfverbrauch (und darunter) für Schiffsbetrieb ermöglicht. Es können daher die gesamten bisherigen Erfahrungen mit Turbodynamos sofort verwendet werden und scharfe Garantien für diesen Teil übernommen werden.
- 16) Es ist viel leichter und sicherer möglich, den unumgänglichen Mehrbedarf von 15 – 20% PSe aus der verfügbaren Dampfmenge zu erzeugen als mit der bisherigen unökonomischen Schiffsturbine.
- 17) Die raschlaufende, ökon. Turbine kann viel leichter durch Zufügung von Marschstufen für günstigen Marschbetrieb eingerichtet werden als die unnatürlich langsamlaufende jetzige Schiffsturbine. Von besonderer Bedeutung ist außerdem noch, daß die durch Regulierung des Übersetzungsverhältnisses die Tourenzahl der Dampfturbine nicht ebenso rasch zurückzugehen braucht, wie bei direkter Kupplung. Es liegen hier also die Verhältnisse für Marschfahrt in doppelter Hinsicht günstiger als beim heutigen System.
- Seite 43
- 18) Die raschlaufende Turbine fällt viel kleiner, leichter und billiger aus, als die heutige Schiffsturbine. Die Ersparnis an Grundfläche, Höhe, Gewicht und Kosten der Turbine ist sehr bedeutend, jedenfalls größer als der Mehrbedarf durch die neu hinzukommende Transformatorturbine.
- 19) Es wird dadurch die in vieler Hinsicht vorteilhaftere eingehäusige Bauart noch bei sehr großen Einheiten ermöglicht und an Baulänge wesentlich gespart.
- 20) Die Gußstücke und Trommeln fallen viel kleiner und leichter aus; das im Guß und in der Bearbeitung liegende Risiko wird viel geringer, die kleineren Werkzeugmaschinen und Werkstatteinrichtungen überhaupt erfordern die Investierung von weniger Kapital.
- 21) Die kleinen Turbinen können mit höchster Überhitzung betrieben werden und damit diejenige Verbesserung in den Schiffsbetrieb eingeführt werden, welche bei modernen Zentralen für die übliche und notwendige Ökonomie unentbehrlich geworden ist. Bei Schiffsmaschinen und den jetzigen Schiffsturbinen ist jedenfalls nur geringe Überhitzung möglich.
- 22) Andererseits kann der Vorteil ausgenutzt werden, daß die Dampfturbine dafür mit niederem Druck (10-12 at) ebenso ökonomisch arbeitet. An Maschinen- u. Kesselanlagen kann dadurch eventl. viel an Gewicht gespart od. eine entspr. höhere Sicherheit erzielt werden.

-----Seite 44

- 23) Die kleinen Turbinen sind selbstverständlich wesentlich betriebssicherer, auch bei Heißdampf als die großen Ungetüme.
- 24) Die kleinen Turbinen geben eine geringere Neigung der Wellen, besonders Curtis-Turbinen gegenüber und damit einen günstigeren Propeller-Antrieb
- 25) Die kleinen Turbinen können viel leichter transportiert und mit Bordmitteln demontiert, revidiert und ausgebessert werden.

26) Die kleinen Dampfturbinen können leichter für jede Bordseite in 1 Raum untergebracht werden, während die zugesch. Transformator turbine. eventuell in einem anderen Raum, nachdem dann keine Dampfleitung führt, Platz finden und unter Umständen überflutet noch betrieben werden kann.

Außerdem besitzen raschlaufende Turbinen natürlich in besonderem Maße alle Vorzüge der Turbine überhaupt die ja jetzt schon für Ansehen der neuen Motoren maßgebend sind, wie z.B. die veränderte Stellungnahme des Reichsmarineamts beweist.

Dazu kommt hier z.B. die

27) kostenlose Rückgewinnung von ca. 15 - 20% der abgegebenen Energie in Form von Wärme zum Speisewasservorwärmen.

ad e) Über den möglichen Patentschutz für die Erfindung und über schon bekannte, ähnliche Ideen soll in einem später folgenden Anhang berichtet werden;

-----Seite 45

Es sind ähnliche, aber primitive, unbrauchbare Vorrichtungen bekannt. Mein urspr. sehr weiter Anspruch muß daher stark eingeschränkt werden. Immerhin ist nach den derzeit. Stand der Prüfung in Deutschland, England und Amerika ein geschäftlich brauchbarer Schutz zu erhoffen.

Das einzige, wirklich gute (in techn. und patentrechtl. Beziehung) Dampf- und speziell Schiffsturbinenpatent ist Parsons 99108.

Die vorliegende Idee steht in techn. Beziehung mindestens in Parallelen mit der von 99108.

Sie will es nicht nur anders machen und es umgehen, sondern besser machen. Die A.E.G. d.h. auch Herr Curtis besitzt z.Zt. kein Patent, das irgend jemand hindern könnte, genau ihr Turbinensystem nachzubauen.

Jedenfalls könnte das Vorhandensein eines halbwegs wirksamen Patentschutzes in kaufmännisch geschäftl. Beziehung zu unter Umständen wichtigen Kombinationen Anlass und Basis abgeben. Wer selbst wenig hat, kann nicht viel von anderen verlangen.

Von besonderer Bedeutung ist dabei, daß das von mir vorgeschlagene System für jeden Turbinenfabrikanten, jedes denkbaren Dampfturbinensystems gleich wichtig ist, weil es ähnl. wie Pat. 99108, für jedes System die Anwendbarkeit gegenüber direktem Antrieb gleichermaßen erleichtert.

Durch Übernahme des Systems würde so ziemlich jeder Turbinenfabrikant imstande sein, noch sehr große, mit der Bahn transportierbare Schiffsturbinen im

-----Seite 46

Lande (nicht an der See!) zu fabrizieren, one sich Werkstatteinrichtungen für Turbinen, wie die der Cunarder anzuschaffen.

Von ganz besonderem Nutzen wäre die Sache für das an sich sehr ökonomische Parsons-System, weil dann die unbequeme Anordnung von 3 u. 4 Wellen überflüssig wäre.

Um streng sachlich und skeptisch zu bleiben, will ich es hier vermeiden, die Consequenzen aus obigen Darlegungen an dieser Stelle niederzuschreiben Sie sind ja einfach genug, besonders wenn man berücksichtigt, welch scharfer und

endloser Patentkampf gerade von der Parsons-Gruppe im Falle eines Erfolgs gegen das vorliegende System (im Falle einer Mongolisierung) entriert würde.

Um eine sachliche, nicht einseitige Beurteilung meiner Vorschläge zu ermöglichen, müssen auch die

Schwierigkeiten und Nachteile des neuen Systems

erörtert werden. Von ersteren ist die wichtigste die sichere

Erzielung hoher Nutzeffekte von 80 – 82% bei der Tr.T. Gelingt dies nach energetischen und technisch richtig angelegten, mehrmaligen Versuchen und Studien nicht, so sind alle meine Deduktionen zwar nicht unrichtig, aber nur beschränkt gültig. Eventuell ist die Sache dann sogar für Dampfturbinenantrieb auf Schiffen aussichtslos, wenn nicht die sonstigen, sich bei näherem Eingehen zwingenden Vorteile die schlechtere Ökonomie überwiegen. Denn die Sache wäre ja auch für

-----Seite 47

andere Zwecke, (Gasturbinen, Walzwerkantrieb mit Turbinen, Umsteuerung von Gasmaschinenwellen, ohne Stillsetzen der Gasmaschine selbst) von Bedeutung.

Eine zweite, mir besonders für große Einheiten bedenklich erscheinende Schwierigkeit ist die zuverlässige Lagerung der Sekundärräder, wenn man Doppel Transf.T. (zum Umsteuern) ausgeführt wird. Siehe Patentzeichnung Fig. 20 Seite 20 dieser Abhandlung. Hier ist zu erkennen, daß die Sekundärräder fliegend auf der Sek. Welle sitzen. Bei entsprechend kräftig dimensionierter Welle ist dies für kleinere und mittlere Einheiten möglich, für ganz große wird aber m.E. das Eigengewicht dieser Räder zu groß. Es ist nicht leicht, eine einwandfreie, zweite Auflagerung (rechts) anzugeben; jedenfalls aber ist diese Schwierigkeit schon jetzt genau bekannt; auch kenne ich Mittel zur Abhilfe.

Ferner können Schwierigkeiten mit dem Axialdruck der Transformator turbine entstehen, der von einseitigen Wasserdrücken auf die primären u. sekundären Turbinenräder herrührt.

Von wirklichen Nachteilen erwähne ich

- a) die Complication gegenüber direkter Kupplung. Dieser Vorwurf gilt eingehäusigen Curtis-Turbinen (auf Zweiwellenschiffen) gegenüber bei Drei- u. Vierwellenschiffen, wie besonders bei Parsons mit seinen 10 Turbinen im Schiff gilt er nicht mehr. Aus den 10 Turbinen mancher Schiffe kann man entnehmen was der Turbine zuliebe alles in Kauf genommen wird.

-----Seite 48

- b) die schlechtere Ökonomie (5 – 8% mehr Kohlenverbrauch) gegenüber guten Vierfachexplosionsmaschinen. Schlechter als der bisherige Turbinenantrieb ist das neue System aber sicher nicht, wofern 80 – 82% Wirkungsgrad d. Tr.T. erzielt werden können, steht also mit ihm mindestens für Vorw. Gang in Parallele, während es für Rückwärtsgang weit überlegen ist.
- c) Es ist ein Drucklager wie bei Kolbenmaschinen für die Prop. Welle nötig. Es kann aber evtl. Entlastung durch Achsialdruck d.Tr.T. erzielt werden.
- d) Die Prop. Wellenleitung samt Propeller, Stevenrohr und Wellenbock etc. wird schwerer als beim jetzigen Turb.System, aber allerhöchstens so schwer wie bei Kolbenmaschinen.

- e) Viele Nachteile oder wenigstens Schwierigkeiten werden sich erst im Betrieb od. bei weiterer konstr. Durcharbeitung zeigen.
- f) Ein Nachteil für die Einführung der Sache ist natürlich, daß sie für den Schiffsbetrieb, die Schiffspraxis ganz neu, ungewohnt ist und daher der Trägheitswiderstand der verschiedensten Personen u.s.w. nur langsam zu überwinden sein mag. Aber eben in dieser Anwendung neuer, anderer Gedanken kann auch die Stärke des Systems ruhen, weil es die jetzigen Schablonen, das verhängnisvolle, den Fortschritt hinderliche „Schema F“ namentlich der Mehrwellenanlagen u. Rückwärtsturbinen abschüttelt u.

-----Seite 49

durch neue vielleicht rationellere Mittel ersetzt. Denn auch die Grundidee des bisherigen, die Hintereinanderschaltung verschiedener Antriebsturbinen erscheint ja auf den ersten Blick unerhört.

Mein Urteil über die Idee möchte ich dahin zusammenfassen, daß auch bei diesem System mit Wasser gekocht wird, daß auch hier die Bäume nicht in den Himmel wachsen werden, daß ich aber manche der jetzt bestehenden großen Schwierigkeiten des Turbinenbetriebs für Schiffe durch die neue Sache für überwindbar halte, wenn meine Erwartungen hinsichtlich Wirkungsgrad u. Lösung der konstruktiven Schwierigkeiten sich als erfüllbar erweisen sollten.

Stettin, Dezember 06

gez. H. Föttinger