

Gedenkschrift

zum Wirken und zu den Verdiensten von

Prof. Dr.-Ing. Hermann Föttinger

Ingenieur, Erfinder, Strömungsmechaniker, Hochschullehrer,

geb. am 09.02.1877, verstorben am 28.04.1945

aus Anlass der Übergabe und Einweihung einer Gedenktafel,

gewidmet von der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring,

übergeben an die Technische Universität Berlin

im Rahmen einer akademischen Gedenkfeier

am 5. Mai 2008 an der Technischen Universität Berlin

Herausgeber:

Prof. em. Dr.-Ing Horst Nowacki

Prof. em. Dr.-Ing. Helmut Siekmann

Berlin, im Juni 2008

Herausgegeben im Auftrag
des Präsidenten der Technischen Universität Berlin,
Prof. Dr. Kurt Kutzler,
von Prof. em. Dr.-Ing. Horst Nowacki
und Prof. em. Dr.-Ing. Helmut Siekmann,
© Berlin, im Juni 2008.

Partner der Gedenkveranstaltung am 5. Mai 2008:
Technische Universität Berlin und
Stiftung Werner-von-Siemens-Ring

Der Druck dieser Gedenkschrift wurde in Anerkennung des Wirkens
von Prof. Dr.-Ing. Hermann Föttinger mit Unterstützung der Voith
Turbo GmbH, Crailsheim ermöglicht.

Inhalt

Vorwort	1
----------------------	----------

Begrüßungsansprache

Prof. Dr.-Ing. Jörg Steinbach, Erster Vizepräsident der Technischen Universität Berlin	3
-------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Zur Einweihung der Föttinger-Gedenktafel an der Technischen Universität Berlin am Montag, den 5. Mai 2008

Prof. Dr. Ernst O. Göbel, Vorsitzender des Stiftungsrates der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring, Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig	7
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Laudatio: Zur Würdigung des Wirkens von Hermann Föttinger

Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. Horst Nowacki, Emeritus des Schiffsentwurfs an der TU Berlin	11
---------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Föttinger und die Schiffbautechnische Gesellschaft

Prof. em. Dr.-Ing. Dr. E.h. mult. Eike Lehmann, ehemaliger Vorsitzender des STG-Vorstands und des VDI-Präsidiums	35
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Das Föttinger-Prinzip: Die Wurzel für 100 Jahre ungebrochene Innovationskraft

Dr. Volker Middelman, Voith Turbo, Crailsheim, Leiter Zentrale Technik	49
---------------------------------------------------------------------------------	----

Von Hermann Föttinger zum Hermann-Föttinger-Institut

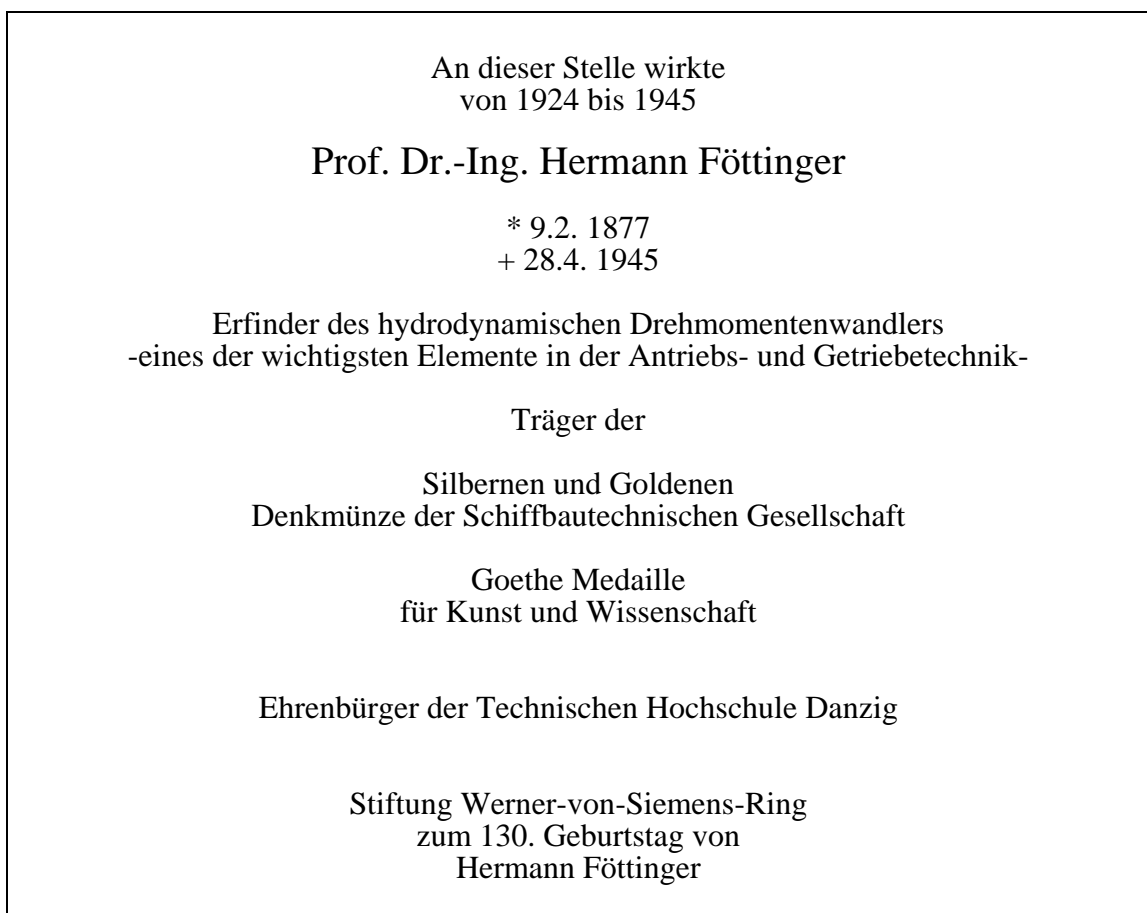
Prof. Dr.-Ing. Hans Hermann Fernholz und Dipl.-Ing. Achim Leutz, ehemalige Mitarbeiter des Hermann-Föttinger-Institutes	61
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Vorwort

Am 5. Mai 2008 wurde an der Technischen Universität Berlin in Anwesenheit zahlreicher Hochschulangehöriger, Gäste und Freunde der Universität sowie einer Verwandten Hermann Föttingers, Frau Monika Pilz, eine ihm gewidmete Gedenktafel von der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring an die Technische Universität übergeben und feierlich eingeweiht.

Auf Anregung der Professoren Horst Nowacki und Helmut Siekmann sowie auf Initiative des Stiftungsrates der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring Anfang 2007 hatte sich in Abstimmung mit dem Präsidenten der Technischen Universität Berlin diese Form einer Ehrung ergeben. Sie war nicht zuletzt durch den Gedenktag des 130. Geburtstages von Hermann Föttinger am 9. Februar 2007 veranlasst und wurde durch Anbringung einer Gedenktafel in der Nähe der ehemaligen Diensträume und des Wirkungsbereichs von Föttinger realisiert. Inzwischen waren alle Vorbereitungen für die Anfertigung der Tafel abgeschlossen, und der Präsident konnte einen größeren Kreis von Personen aus der Hochschule und aus der wissenschaftlichen Öffentlichkeit, die mit dem Wirken Föttingers vertraut waren, zu der Einweihungsveranstaltung einladen. Die Tafel wurde am 5. Mai vom Vorsitzenden des Stiftungsrates der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring, Prof. Ernst O. Göbel, an den Ersten Vizepräsidenten der TU Berlin, Prof. Jörg Steinbach, übergeben. Sie ist nun im östlichen Treppenaufgang des Erweiterungsbaus angebracht.

Die Tafel trägt die Inschrift:



Die vorliegende Gedenkschrift würdigt die Verdienste und Leistungen Föttingers, wie sie in den Vorträgen der Einweihungsfeier ausführlich dargestellt wurden, ergänzt um einen Artikel

von Fernholz und Leutz aus der Perspektive des ehemaligen Hermann-Föttinger-Instituts. Damit wird auch die bedeutende Rolle Föttingers in der historischen Entwicklung der Angewandten Strömungsmechanik aus heutiger Sicht eingehend beschrieben.

Den Herausgebern ist es auch ein besonderes Anliegen, dem großen Ingenieur, Naturwissenschaftler und akademischen Lehrer Hermann Föttinger mit dieser Gedenkschrift ihre persönliche Reverenz zu erweisen.

Wir danken allen Beteiligten, insbesondere dem Stiftungsrat der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring, auch im Namen der Technischen Universität Berlin für ihre Beiträge zum Gelingen der denkwürdigen Veranstaltung zu Ehren von Hermann Föttinger.

Berlin, im Juni 2008

Horst Nowacki
Helmut Siekmann

Begrüßungsansprache

**Prof. Dr.-Ing. Jörg Steinbach,
Erster Vizepräsident der Technischen Universität Berlin**

Sehr geehrter Prof. Göbel,
sehr geehrter Prof. Lehmann,
sehr geehrter Dr. Middelman,
sehr geehrter Prof. Nowacki,
sehr geehrter Prof. Siekmann,
sehr geehrte Mitglieder der TU Berlin,
sehr geehrte Gäste des Festaktes,

wir sind heute zusammengekommen, um Herrmann Föttinger zu ehren, einen herausragenden Lehrer an unserer Vorgängerinstitution, der TH zu Berlin. Warum tun wir dies und welchen Stellenwert hat eine solche Ehrung für die TU Berlin?

Nach dem 2. Weltkrieg, als Folge einer durch nichts zu rechtfertigenden Politik im 3. Reich sowie einer gesellschaftlichen Entwicklung am Ende der sechziger bis Anfang der siebziger Jahre, wurde das Wort Tradition an deutschen Universitäten klein geschrieben. Die Folge war unter anderem, dass eine Identifizierung Studierender und Lehrender mit ihrer Hochschule kaum noch stattfand. Seit ca. 10 Jahren findet ein vorsichtiger Wandel statt.

Beginnen wir mit den Studierenden. Es wird in immer größerem Maße beobachtet, dass die Zahl derer, die die Universität als ihren Lebensmittelpunkt während ihres Studiums ansehen, abnimmt. Damit korreliert die abnehmende Anzahl derer, die bei Befragungen Spaß am Studium attestieren. Und wen verwundert es, dass damit die zunehmende Zahl an Studienabbrechern einhergeht? Dieses kann in niemandes Interesse liegen. So beginnt man verstärkt, mit Erstsemesterveranstaltungen, Absolventenfeiern und vergleichbaren Aktivitäten wieder eine Identifizierung mit der alma mater zu erreichen. Dabei spielt ein renommierter Institutsname auch eine Rolle. Das Hermann-Föttinger-Institut steht an dieser Universität als Synonym für Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Strömungsmechanik auf höchstem

wissenschaftlichem Niveau. Verschiedenste Strukturmaßnahmen führen aber an dieser Universität dazu, dass solche Namensinstitute immer öfter verschwinden. Als weitere Beispiele seien die Namen Herrmann Rietschel und Rudolf Drawe genannt. Es gilt also, intelligente Wege zu finden, renommierte Namen nutzbar für die Universität zu erhalten.

Bei Berufungen spielen solche Traditionen ebenfalls eine große Rolle. Auf einen Lehrstuhl eines solchen Instituts berufen zu werden, gilt in der wissenschaftlichen Gemeinde als persönliche Auszeichnung. Bei der Einwerbung von Drittmitteln stehen solche Namen oftmals als Qualitätsgarantie für das zu erwartende Ergebnis. So wird auch von vielen bedauert, dass ständige kürzungsbedingte Umstrukturierungen dafür sorgen, dass diese Vorteile scheinbar leichtfertig aufgeben werden. Die Benennung von Gebäuden oder das Ehren durch entsprechende Gedenktafeln kann hier helfen. Neben der heutigen Ehrung von Hermann Föttinger seien hier Ernst Ruska und Eugene Paul Wigner genannt.

Das Leben und Werk von Hermann Föttinger ist schon zu verschiedenen Jahrestagen gewürdigt worden. Heute werden die Kollegen Lehmann und Nowacki für uns die wissenschaftliche Leistung in Erinnerung rufen. Dennoch, und das soll hier auch offen angesprochen werden, stellt seine Ehrung immer wieder eine gewisse Herausforderung dar. Das liegt an der Zeit, in die sein Wirken fällt. 1877 geboren ist er ein Kind der Kaiserzeit. Es gibt Historiker, die ihn explizit als kaisertreu bezeichnen. Seine ersten wissenschaftlichen Erfolge und Auszeichnungen fallen in diese Zeit. Schließlich erlebt er den Untergang des Kaiserreichs, die Weimarer Republik und den anschließenden Aufstieg des Nationalsozialismus. So schaut jeder mit kritischen Augen auf das Tun und Handeln eines zu Ehrenden, insbesondere hinsichtlich der zuletzt genannten Epoche.

Außer Zweifel steht der hervorragende Einfluss Föttingers durch sein wissenschaftliches und erfinderisches Handeln auf die Vervollkommnung technischer Antriebe und Getriebe. Ebenso zweifellos steht fest, dass Föttinger als Zeitgenosse eingebunden war in die Aktivitäten einer in vielen Funktionen gleichgeschalteten Hochschule im politischen Umfeld des Dritten Reichs. Daher bedarf seine Rolle in dieser Zeit im Kontext einer Ehrung gründlicher Prüfung. Nach allem, was uns die Quellen hierzu bei sorgfältiger Recherche heute noch hergeben, hat sich Föttinger in jenen Jahren weder als Oppositioneller, noch als ideologischer Anhänger des Regimes besonders hervorgetan. Die Annahme der Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft, die ihm im Namen des Führers anlässlich seines 65. Geburtstages 1942

verliehen wurde, stellt allerdings ein ambivalentes Ereignis in seinem Leben dar, über das man nachdenken kann, worauf Professor Nowacki in seinem Beitrag noch näher eingehen wird.

Es gibt unstrittig Grenzen im Handeln während der Zeit von 1933 bis 1945 unserer Geschichte, deren Überschreiten bei der Beurteilung einer Person nicht tolerierbar wäre. Sorgfältige Recherchen verschiedener ausgewiesener Experten haben die Leitung der TU Berlin davon überzeugt, dass Föttinger diese Grenzen nicht überschritten hat. Wir meinen daher, verantworten zu können, die wissenschaftliche und technische Leistung Föttingers bei dem heutigen Festakt unser Handeln leiten zu lassen, insbesondere nachdem die hiermit verbundenen Fragen offen angesprochen und nicht beschönigt worden sind.

So mögen zukünftigen Generationen sein Erfindergeist, seine begnadeten Fähigkeiten als Konstrukteur und seine unbestrittenen Meriten als Lehrer Inspiration und Motivation sein.

Zur Einweihung der Föttinger-Gedenktafel an der Technischen Universität Berlin am Montag, den 5. Mai 2008

**Prof. Dr. Ernst O. Göbel,
Vorsitzender der Stiftungsrates der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring**

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

auch ich darf Sie nun im Namen der „Stiftung Werner-von-Siemens-Ring“ zu dieser Gedenkfeier aus Anlass der Einweihung der Gedenktafel für Hermann Föttinger begrüßen. Die „Stiftung Werner-von-Siemens-Ring“ ist Stifter der Gedenktafel, die wir heute an die Technische Universität Berlin übergeben.

Das Wirken von Hermann Föttinger als herausragendem Wissenschaftler und Erfinder wird in den nachfolgenden Beiträgen von kompetenten Rednern gewürdigt, so dass ich dem hier nicht vorgreifen möchte. Stattdessen erlauben Sie mir, dass ich Ihnen die „Stiftung Werner-von-Siemens-Ring“ kurz vorstelle:

Die „Stiftung Werner-von-Siemens-Ring“ wurde 1916 aus Anlass der 100jährigen Wiederkehr des Geburtstages von Werner von Siemens gegründet auf Initiative von über 40 hoch angesehenen Persönlichkeiten aus Naturwissenschaft, Technik, Industrie, Politik und Verwaltung. Ziel war es, durch Ehrung von Personen, welche sich Verdienste um die Technik in Verbindung mit der Wissenschaft erworben haben, die Erinnerung an Werner von Siemens als großen Techniker, Wissenschaftler und Industriellen zu wahren. Die Ehrung lebender Personen sollte in Form eines Ehrenringes, einem Goldring, der in stilisierter Nachbildung der Blätter und Früchte des Lorbeers mit Smaragden und Rubinen besetzt ist, erfolgen. Die Verleihung des „Werner-von-Siemens-Ringes“ findet heute alle drei Jahre statt, Schirmherr der Stiftung ist der Bundespräsident der Bundesrepublik Deutschland. Die Stiftung finanziert sich ausschließlich durch Spenden.

Zu den mit dem „Werner-von-Siemens-Ring“ geehrten Technikpionieren gehören z. B. Carl von Linde, der Begründer der Kältetechnik, Walter Schottky, einer der Wegbereiter der Mikroelektronik, Konrad Zuse, der Vater der programmgesteuerten Rechenanlagen, die

Chemienobelpreisträger Carl Bosch und Karl Ziegler oder auch die Pioniere des Luftverkehrs und der Raumfahrt, Hugo Junkers und Wernher von Braun, der visionäre Erfinder, Ingenieur und Unternehmer Ludwig Bölkow, der große Konstrukteur und Entwickler im Automobilbau Hans Scherenberg, die Bauingenieure Fritz Leonhardt und Jörg Schlaich, Fritz Peter Schäfer, Erfinder des Farbstofflasers, Artur Fischer, der große Erfinder und erfolgreiche Unternehmer (Fischer-Dübel, Fischer-Technik), Eveline Gottzein, die den Ring 1993 für ihre wegweisenden Arbeiten über Regelungssysteme für Hochgeschwindigkeits-Magnetbahnen, Satelliten und andere Weltraumfahrzeuge erhielt.

Ich will es hierbei bewenden lassen, obwohl auch die hier jetzt nicht genannten Ringträger sich gleichwertig einreihen ließen und insgesamt dazu beigetragen haben, dass der „Werner-von-Siemens-Ring“ einer der höchsten Wissenschafts- und Technikpreise in unserem Land ist. Der 32. und letzte Ringträger ist Berthold Leibinger, Vorsitzender der Aufsichtsgremien der TRUMPF GmbH & Co. KG.

Die Auswahl der Ringträger erfolgt durch den Stiftungsrat, dem laut Satzung angehören: die Träger des „Werner-von-Siemens-Ringes“, die Vertreter der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Vereine, die Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Fraunhofer Gesellschaft, des Bundesverbandes der Deutschen Industrie, der Vorsitzende des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft, ein Mitglied der Familie von Siemens sowie zwei vom Stiftungsrat für jeweils fünf Jahre zu wählende Professoren der Natur- oder Ingenieurwissenschaften, von denen einer der Technischen Universität Berlin angehören soll. Vorsitzender des Stiftungsrates ist ex officio der Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.

Zu den weiteren satzungsgemäßen Zwecken der Stiftung neben der Auszeichnung lebender Wissenschafts- und Technikpioniere gehört die Ehrung Verstorbener, um die Erinnerung an ihre besonderen Leistungen wach zu halten. Dies geschieht durch die Erstellung von Denkmälern und Gedenktafeln, wobei in den letzten Jahrzehnten die Erstellung von Gedenktafeln an den Wirkungsstätten großer Naturforscher und Techniker überwiegt.

Die Gedenktafel für Hermann Föttinger ist nicht die erste an der TU Berlin; eine weitere wurde für Konrad Zuse errichtet und angebracht. Weitere Gedenktafeln findet man in Berlin am Bahnhof Lichterfelde Ost zur Erinnerung an die erste elektrische Eisenbahn der Welt,

hergestellt und betrieben durch die Firma Siemens und Halske, für Walter Schottky am Gymnasium Steglitz, Franz Stolze, Begründer der Gasturbine heutiger Bauform, am Haus Uhlandstr. 175 in Berlin-Charlottenburg und Hermann von Helmholtz, Vollender der klassischen Physik und Wegbereiter des wissenschaftlich technischen Zeitalters - so sagt es die Inschrift - zudem erster Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Angebracht ist diese Tafel am Observatorium der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, hier gleich um die Ecke.

Hermann Föttinger, meine Damen und Herren, hat sich ohne Zweifel große Verdienste um die Technik in Verbindung mit der Wissenschaft erworben. Die Stiftung „Werner-von-Siemens-Ring“ ist stolz, ihn nun zu den von ihr Geehrten zu zählen.

Ich danke Ihnen, dass Sie mir zugehört haben.

Zur Würdigung des Wirkens von Hermann Föttinger

Horst Nowacki

1. Einleitung



Abb. 1: Hermann Föttinger
(1877-1945)

Wir sind hier zusammengekommen, um das Andenken an *Hermann Föttinger* zu ehren, das Andenken an einen bedeutenden Ingenieur, einen genialen Erfinder, einen kreativen Wissenschaftler und einen inspirierenden Hochschullehrer. Äußerer Anlaß für dieses Treffen ist die Einweihung einer Gedenktafel, welche die Stiftung Werner-von-Siemens-Ring zur Verfügung stellt und heute der TU Berlin übergibt, um damit an Hermann Föttinger ehrenvoll zu erinnern und dieser Erinnerung ein bleibendes Symbol in der Nähe von Föttingers ehemaliger Wirkungsstätte an der damaligen Technischen Hochschule Berlin zu widmen.

Auch ohne einen solchen Anlass hat Hermann Föttinger es verdient, dass die Technische Universität die Erinnerung an sein Wirken, an die Verdienste und Leistungen ihres berühmten Sohnes stets wach und in Ehren hält. Dies gilt umso mehr aus aktuellem Anlass, denn nachdem das Hermann-Föttinger-Institut an der TU Berlin seit 1946 viele Jahrzehnte lang das Profil von Föttingers Tradition vertreten hatte, ist dieser Institutsname vor kurzem organisatorischen Veränderungen zum Opfer gefallen. Die Tradition Föttingers bleibt jedoch in unserer Erinnerung bestehen und wird durch die heutige Ehrung erneut sichtbar.

Die Aufgabe, Hermann Föttingers Wirken und seine Nachwirkungen zu würdigen, beginnt mit der Schwierigkeit, dass sein Wirkenszeitraum schon lange zurückliegt, er ist 1945 in den letzten Kriegstagen verstorben; Zeitzeugen sind nicht mehr am Leben, das biographische Material ist weit verstreut und unvollständig. Dennoch habe ich mich dieser Aufgabe gern gestellt, denn es lohnt sich, Föttingers Gedankenwelt zu studieren, seine Arbeiten in dem Szenario seiner Zeit zu betrachten und seine Leistungen einzuordnen, seine weitsichtigen Ideen zu verfolgen, die oft noch heute aktuell sind. Damit soll gleichzeitig Material

zusammengetragen werden, das Föttingers Verdienste auch etwas außenstehenden und jüngeren Personen erschließt. Ich habe bei diesen Bemühungen zum Glück die Hilfe vieler kompetenter Kollegen und Gesprächspartner erhalten können, die Föttingers Werk in seinen Facetten genauer kennen und mir wertvolle Hinweise und Informationen beschaffen konnten. Ihnen gilt auch hier mein Dank.

Mein Beitrag kann natürlich nur eine knappe Synopse von Föttingers Wirken sein. Den mündlichen Vorträgen vom 5. Mai folgt hier eine schriftliche Ausarbeitung des Beitrags für eine Gedenkschrift, die etwas ausführlicher ist. Meine Absicht hier ist es, einige wichtige Ergebnisse von Föttingers Arbeiten hervorzuheben, aber auch gewisse Zusammenhänge zu beleuchten, die ihn in seiner Zeit und in seinem Kontext zu bestimmten neuen Einsichten und Erfindungen geführt haben. Die Frage lautet also: Welche Ideen hatte Föttinger wann und warum?

2. Lebenslauf

Hermann Föttinger wurde am 9. Februar 1877 in Nürnberg als Sohn von Karl und Marie Föttinger geboren.

Er legte das Abitur am 13. Juli 1895 am Kgl. Realgymnasium in Nürnberg ab. Damit erwarb er die Hochschulreife für ein technisches Studienfach.

Er studierte von 1895 bis 1899 an der Kgl. Bayerischen Technischen Hochschule München Elektrotechnik als Hauptfach und erwarb ein Diplom als Elektroingenieur. Im Nebenfach belegte er Maschinenbau und hörte insbesondere bei August Föppl, der Technische Mechanik und auch Elektrodynamik lehrte. Föppl-Schüler war übrigens auch Ludwig Prandtl, der von 1894 bis 1900 in München studierte und promovierte.

Nach dem Diplom wurde Föttinger 1899 eine Stelle beim Stettiner Vulkan, einer führenden Schiffswerft und Schiffsmaschinenfabrik, angeboten, wo er als Konstrukteur im Schiffsmaschinenbau zum Einsatz kam. Eine Hauptaufgabe bestand in dieser Phase in der Einführung von Dampfturbinen als Antriebssystemen an Bord von Schiffen. Er bewährte sich gut und erhielt bald verantwortungsvolle Aufgaben als Konstrukteur und Versuchsingenieur sowie bei der Entwicklung von Versuchsfeldern und Versuchsbooten. In diese Zeit fallen

auch seine ersten wichtigen Erfindungen und Patente, der Torsionsindikator (1904) zur Messung von Drehmomenten an Antriebswellen und der hydrodynamische Wandler (1905), durch den Föttinger später berühmt wurde.

Föttinger promovierte während dieser Industriezeit 1904 bei August Föppl und Moritz Schröter in München mit der Dissertation „Effektive Maschinenleistung und effektives Drehmoment und deren experimentelle Bestimmung“.

Föttinger hatte sich mit Vorträgen ([1], [2]) vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft, in denen seine Erfindungen mit ihren Grundlagen geschildert wurden, bereits früh einen guten Namen gemacht. Die STG verlieh ihm 1906 als erstem Empfänger die Silberne Medaille, gestiftet von Kaiser Wilhelm II, für hervorragende Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Schiffsmaschinenbaus [3]. Föttinger blieb bis 1909 beim Stettiner Vulkan tätig, zuletzt als Leiter des Konstruktionsbüros. Er berichtete über seine Ergebnisse zum hydrodynamischen Drehmomentenwandler vor der STG auf der Hauptversammlung 1909 [4].



Abb. 2: Silberne Medaille der STG, verliehen an Hermann Föttinger für hervorragende Forschungsarbeiten im Schiffsmaschinenbau, 1906 [3]

Föttinger nahm dann einen Ruf auf eine Professur für Schiffsmaschinenbau an der KTH Danzig an, wo er von 1909 bis 1924 lehrte. Er wirkte an der noch jungen Hochschule tatkräftig mit am Aufbau experimenteller Einrichtungen in seinem Institut für Strömungstechnik. Er forschte weiter an Turbomaschinen, Schiffsantriebssystemen und Propellern. Die Danziger Hochschule ehrte Föttinger 1924, d.h. am Ende seiner Tätigkeit dort, mit der Ehrenbürgerschaft.

Im Jahre 1924 wechselte Föttinger an die Technische Hochschule Berlin und trat hier eine Professur für Strömungsphysik, später umbenannt in Allgemeine Strömungslehre und

Turbomaschinen, an, den ersten Lehrstuhl dieser Art in Deutschland. Es wurde damit eine Entwicklung eingeleitet, welche die Strömungsmechanik als selbstständiges Fach von der Allgemeinen Mechanik trennte. Föttinger spielte auch hier an der TH Berlin in Lehre und Forschung eine herausragende Rolle, intensivierte die strömungsmechanischen Grundlagen und verbreiterte das Anwendungsspektrum bei den Strömungsmaschinen. Später gehörte er auch zu den Begründern einer Forschungs- und Prüfanstalt für Windkraftanlagen an der Berliner TH. Er wirkte an unserer Hochschule bis 1945.

Föttingers Leben endete tragisch am 28. April 1945, also wenige Tage vor dem Ende der Kämpfe um Berlin und dem Ende des Krieges, als er in der Nähe seiner Wohnung in Wilmersdorf während des Beschusses der Stadt der Verletzung durch einen Granatsplitter erlag.

3. Leistungen und Verdienste

Erfindungen und Patente

Zu den wichtigsten Erfindungen Föttingers, auf die er auch Patente erhielt, zählen u.a. folgende:

- 8.11.1904: Der Torsionsindikator
- 24.6.1905: Das Flüssigkeitsgetriebe (Hydrodynamischer Drehmomentenwandler)
- 2.5.1924: Der Vektorintegrator
- 9.1.1929: Leitflächenanordnung für offene und geschlossene Kanäle
- 6.5.1954 (postum): Betrieb von Brennkammern für Strahltriebwerke

Insgesamt erhielt Föttinger mehr als 100 Patente.

Der Torsionsindikator

Abb. 3 zeigt den Torsionsindikator, wie er Föttingers Patent von 1904 zugrundeliegt. Das Gerät dient zur Messung von Torsionswinkeln zwischen zwei Querschnitten einer Drehleistung übertragenden Welle und damit indirekt des Drehmoments. Es beruht auf dem Prinzip, dass die Welle unter Drehmomentenlast auf einer genügend großen axialen Messlänge eine spürbare Verdrehung durch Torsion erfährt, die proportional zum

Drehmoment ist. Am Umfang der Welle entsteht durch die Torsion zwischen Querschnitt I und Querschnitt II eine tangentielle Verschiebung. Beim Föttinger-Indikator ist am rechten Querschnitt eine steifes, unbelastetes und daher unverformtes Rohr befestigt, dessen linkes Ende (I) eine Scheibe trägt, die einer zweiten, mit der Welle tordierten, mitrotierenden Scheibe II gegenüberliegt. Die Verschiebung zwischen den Umfangspunkten a und c wird abgegriffen und durch ein Hebelwerk so vergrößert, dass ein Stift auf einer nicht mitrotierenden Schreibtrommel einen gut messbaren Ausschlag erzeugt. Die Beziehung zwischen Verdrehungsbogen und Drehmoment kann über das Torsionsgleichgewicht analytisch bestimmt werden.

Damit war eine Messmethode verfügbar, um z.B. bei Turbinenantrieben – auch bei hohen Antriebsleistungen – das effektiv auf die Welle wirkende Drehmoment und über die ebenfalls gemessene Drehzahl auch die effektive Leistung zu ermitteln. Für Schiffsturbinen wurde es dadurch möglich, die abgegebene effektive Leistung und damit auch den effektiven Wirkungsgrad der Maschine zu bestimmen. Diese Kontrolle ist für den Konstrukteur zur wissenschaftlichen Überprüfung der Entwurfsmethodik von maßgeblicher praktischer Bedeutung und dient auch dem Reeder und der Werft zur Verifizierung der Einhaltung der Vertragsbedingungen.

Torsionsindikatoren nach dem Föttinger-Patent sind daher in der Einführungsphase des Turbinenantriebs auf vielen Schiffen eingebaut worden und haben zu dessen Erprobung und Durchsetzung wesentlich beigetragen. Aber auch die experimentelle Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Wellenanlagen bei Drehschwingungen war hiermit gleichzeitig ermöglicht worden.

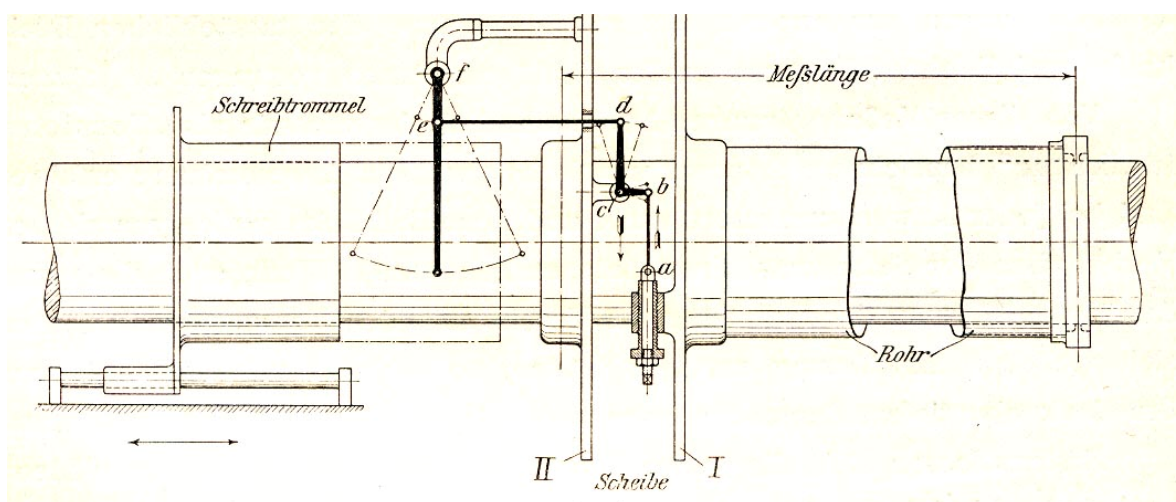


Abb. 3: Torsionsindikator nach Föttinger, STG 1905 [2]

Das Flüssigkeitsgetriebe

Die Ära der Dampfturbine als Schiffsantrieb begann 1896 mit den ersten Versuchen von *Charles Parsons*, der sein Versuchsschiff, die 30,5 m-Yacht *Turbinia* (Abb. 4), mit einer Dampfturbine von max. 2000 HP ausstattete und diese Leistung zunächst auf eine Propellerwelle wirken ließ. Dieser direkte Antrieb des Propellers mit der hohen Drehzahl der Turbine erwies sich schnell als unzulänglich, denn der Propeller litt stark unter Kavitation und erzeugte nur einen ungenügenden Schub. Das Schiff lief nur ca. 20 Knoten. Daher baute Parsons 1896 das Schiff um und teilte die Leistung auf drei Turbinen und drei Propellerwellen auf, die bei etwas niedrigerer Drehzahl betrieben werden konnten. Das bewährte sich so gut, dass Parsons 1897 bei einer Flottenparade bei Spithead zu Queen Victorias sechzigstem Krönungsjubiläum mit der *Turbinia* 34,5 Knoten lief und alle anderen schnellen Schiffe im Flottenverband der Royal Navy überholen konnte. Das gab dem Grundgedanken des Schiffsturbinenantriebs sofort eine große Akzeptanz, denn die Vorteile gegenüber der Kolbendampfmaschine nach Gewicht und Leistung waren offenkundig. Aber damit war das grundsätzliche Problem noch nicht gelöst.

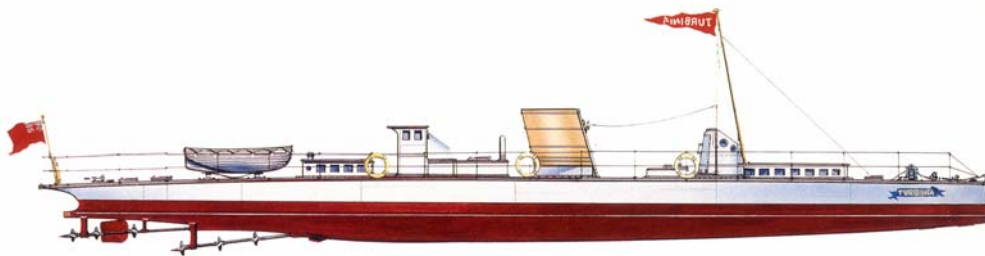


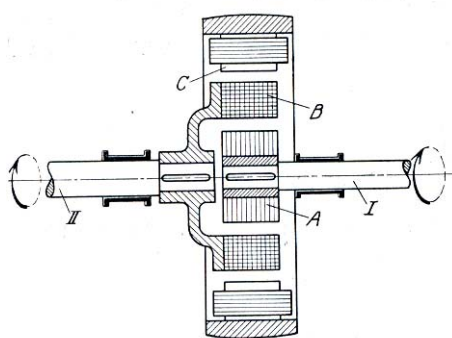
Abb. 4: Die *Turbinia* von *Charles Parsons*, 30,5 m -Yacht, 1894 abgeliefert, 1896 umgebaut, 1897 bei Spithead demonstriert. Erstes Schiff mit Dampfturbinenantrieb. $\Delta = 44,5$ tons, drei Wellen, max. 2000 HP, 34,5 Knoten [5].

Das Dilemma lag hauptsächlich darin, dass die Turbine für günstige Wirkungsgrade recht hohe, der Propeller dagegen niedrige Drehzahlen erforderte. Die günstigsten Betriebsdrehzahlen für Turbinen und Propeller liegen aus physikalischen Gründen um den Faktor 5 bis 15 auseinander. Das ließ sich auch nicht durch eine mittlere Kompromissdrehzahl sinnvoll überbrücken. Sondern anstelle des Direktantriebs war eine Getriebeuntersetzung geboten, da sich auch nur so für die angestrebten Leistungen kavitationsfreie Propeller realisieren ließen. Dieses Dilemma nannte Föttinger, der um 1902 beim Stettiner Vulkan die Aufgabe erhielt, Schiffsturbinenantriebe zu konstruieren, das „Schiffsturbinenproblem“. Installationen von Dampfturbinen auf Schiffen, die sich in

England in Form des Mehrwellenantriebs nach Parsons bald verbreiteten, gab es in Deutschland bis 1907 noch nicht [6], [7]. Es gab auch 1903 noch keine Zahnradgetriebe für die erforderlichen Leistungen und Übersetzungsverhältnisse [4]. Daher musste Föttinger, als er 1902 diese Aufgabe gestellt bekam, nach anderen Lösungen suchen.

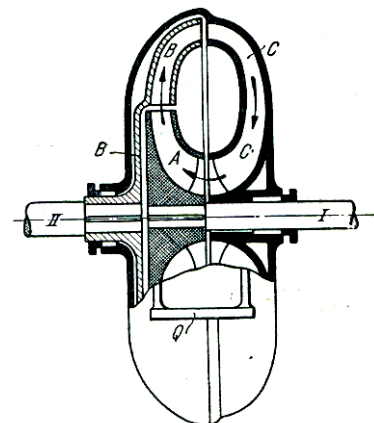
Außerdem litt die direkte Kopplung von Turbine und Propeller nach Parsons darunter, dass ein Umsteuern der Drehrichtung des Propellers für Rückwärtsmanöver nicht ohne weiteres möglich war, sondern eine zusätzliche Rückwärtsturbine auf der gleichen Welle notwendig machte, deren Aktivierung Zeit kostete und, auch weil die Rückwärtsleistung praktisch meist niedriger bemessen wurde, auch zu Einschränkungen des Bremsvermögens des Schiffes führte.

Föttinger untersuchte zunächst die Möglichkeit der elektrischen Leistungsübertragung nach dem Prinzip eines „Differentialdynamos“, also einer Maschine in einem Gehäuse, in der die Primärwelle I einen Dynamoanker A treibt, der den Motoranker B der Sekundärwelle II unter Einwirkung des Feldes des feststehenden Magnetankers (Gestell C) mitnimmt, Abb. 5. So überträgt sich das Drehmoment bei regelbarem Drehzahlunterschied. Der Nachteil dieser technisch realisierbaren Lösung ist der hohe Aufwand an Material, Gewicht und Baugröße, wie Föttinger bei seinen Voruntersuchungen feststellte.



Differentialdynamo:

- A = Dynamoanker
- B = Motoranker
- C = festes Magnetgestell



Turbotransformator:

- A = Pumpenrad
- B = Turbinenrad
- C = fester Leitapparat

Abb. 5: Differentialdynamo und Turbotransformator nach Föttinger [9]

Er kam daher noch 1903, beeindruckt von den sehr kompakten Bauweisen von Strömungsmaschinen, auf die Idee eines *hydrodynamischen Drehmomentenwandlers* (alias Föttinger-Getriebe, alias Turbotransformator), der die Aufgabe des Getriebes in der Leistungsübertragung von der Turbine zum Propeller lösen sollte. Die Grundidee seiner Erfindung ist dabei, völlig analog zum Differentialdynamo, eine Bauweise in einem Gehäuse, in dem ein Pumpenrad A und ein Turbinenrad B eng gekoppelt sind, und zwar so, daß Primärwelle I und Sekundärwelle II mit der gewünschten Drehzahluntersetzung umlaufen (Abb. 5).

Bemerkenswert ist an diesem Gedankengang besonders Föttingers Denkweise, die aus einer physikalischen Analogie zwischen elektromagnetischem Feld und potentialtheoretischem Stömungsfeld heraus die Einsicht herleitete, wie man die Bauweise von „Differentialdynamo“ und „Differential-Flüssigkeitsantrieb“, um dieses Wort anstelle von Getriebe zu benutzen, gestalten musste, wenn man in beiden Fällen eine enge Kopplung von Antriebs- und Arbeitssystem (in einem Gehäuse) erreichen wollte. Eine brillante Anwendung physikalischer Analogiebetrachtungen als Grundlage für konstruktives Handeln!

Föttinger war von Beginn an klar, dass eine nur indirekte, lose Kopplung von getrennter Pumpe und Turbine keine geeignete, leistungsfähige Lösung liefern würde, obwohl sich auch so ein Getriebeeffekt herstellen läßt (Abb. 6). Aber es entstehen in den Maschinen und den Übertragungsleitungen unnötige Verluste an Strömungsenergie durch Druck- und Geschwindigkeitsumsetzungen, so dass nur mäßige Wirkungsgrade erzielbar sind. Stodola, der bekannte Konstrukteur von Strömungsmaschinen, hatte Föttinger gewarnt, dass sich so, zieht man die besten Wirkungsgrade von Pumpe und Turbine in Betracht, kaum ein Wirkungsgrad von 70 % erzielen ließe. Aber Föttinger wollte diesen Weg auch keineswegs beschreiten.

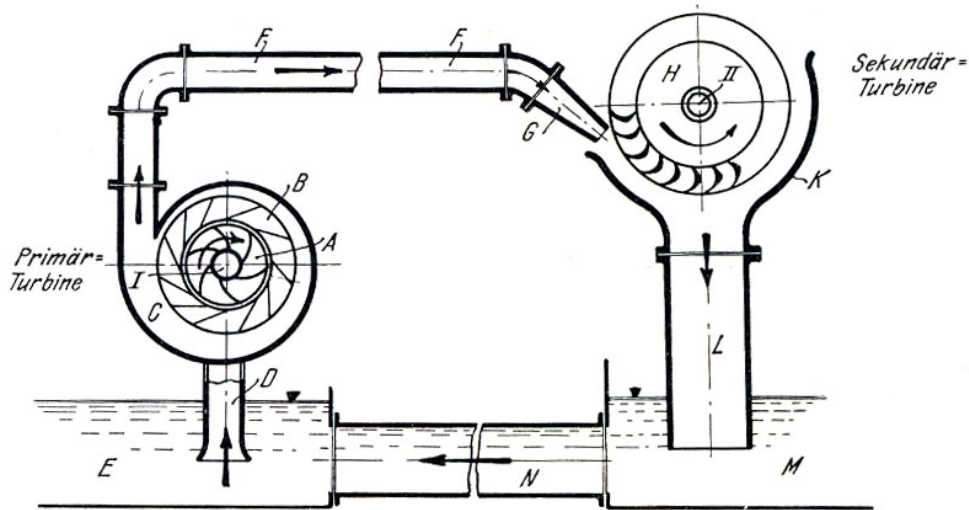
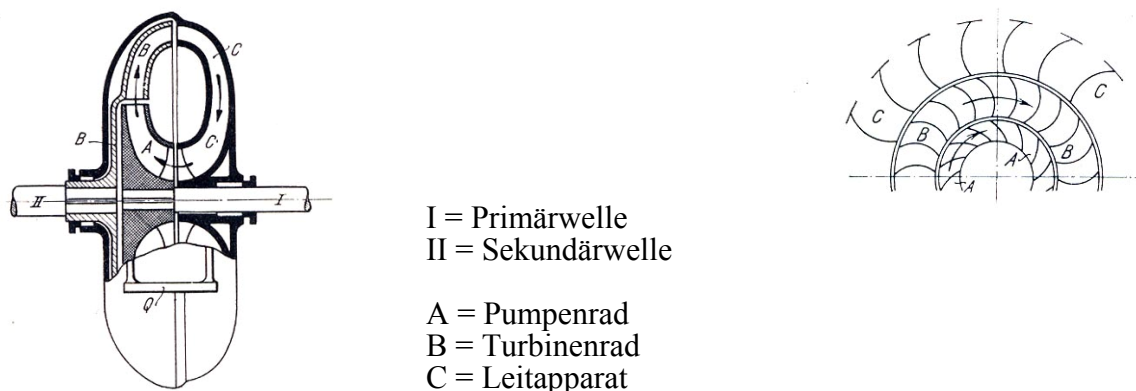


Abb. 6: Kopplung von getrennter Pumpe („Primärturbine“) und Turbine („Sekundärturbine“) über externe Leitung [9]

Vielmehr entwickelte er seit etwa 1902 zielstrebig das Grundschema seines hydrodynamischen Drehmomentenwandlers als Flüssigkeitsgetriebe, für den er 1905 das Urpatent erhielt. Man erkennt in Abb. 7 die grundsätzliche Wirkungsweise. Die Strömungskanäle A, B und C der Maschine sind mit einer stetig umlaufenden Flüssigkeit (anfangs mit Wasser, später mit Öl) gefüllt. Das Pumpenrad A auf der Primärwelle führt der Flüssigkeit während seiner Umdrehung Druck- und Geschwindigkeitshöhe zu. Die Flüssigkeit treibt damit das Turbinenrad B auf der Sekundärwelle an, dieses entnimmt dabei Leistung, und zwar bei der Drehzahl, die dem angestrebten Drehmoment der Sekundärwelle entspricht. Der Leitapparat C steht im Gehäuse fest und sorgt für die Rückführung der Flüssigkeit im Kreislauf nach A. Die Beschaukelung der Stufen A, B und C, die man rechts in Abb. 7 erkennt, ist hier so geformt bzw. gekrümmt, dass die Drehrichtungen von Pumpen- und Turbinenrad gleichsinnig gerichtet sind.



I = Primärwelle
II = Sekundärwelle

A = Pumpenrad
B = Turbinenrad
C = Leitapparat

Abb. 7: Das Grundschema: Direkte Kopplung von Pumpen- und Turbinenrad [4, S.170]

Dabei ist nach Föttingers Patent weder die Stufenreihenfolge noch die Drehrichtung der Sekundärwelle von vornherein fest vorgegeben. Abb. 8 zeigt vielmehr erstens, dass man auch die Reihenfolge Pumpenrad-Leitapparat-Turbinenrad wählen kann, wenn man deren Schaufeln auf entsprechenden Radien anordnet. Zweitens kann man durch Änderung der Krümmungsrichtung der Turbinenschaufeln dafür sorgen, dass die Sekundärwelle in der umgekehrten Drehrichtung wie die Primärwelle läuft. Man kann also einen Föttinger-Wandler für den Rückwärtsbetrieb des Propellers realisieren.

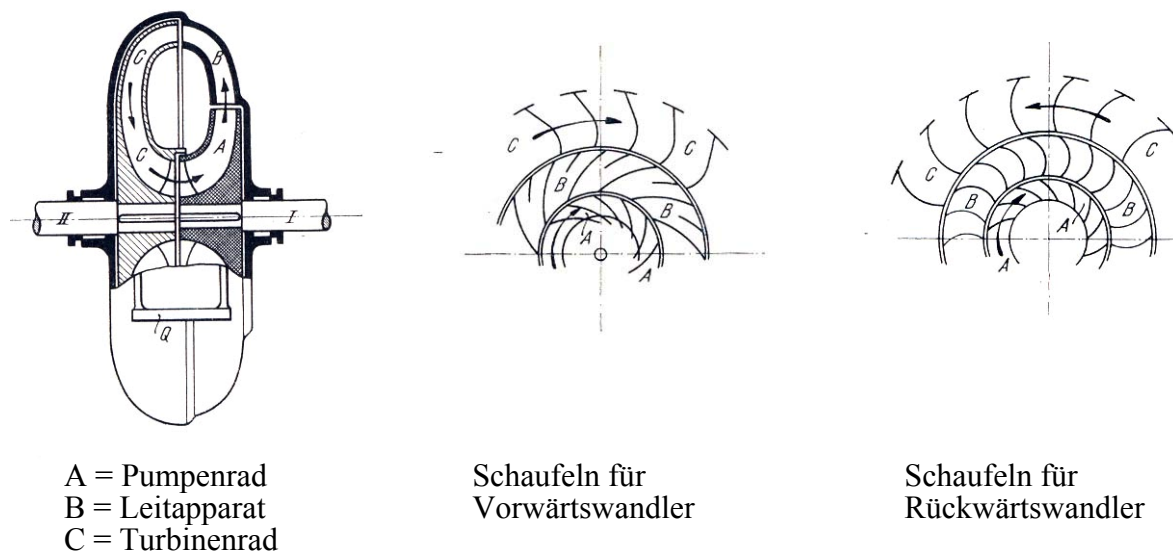


Abb. 8: Alternatives Schema [4], Vorwärts- und Rückwärtsübertragung

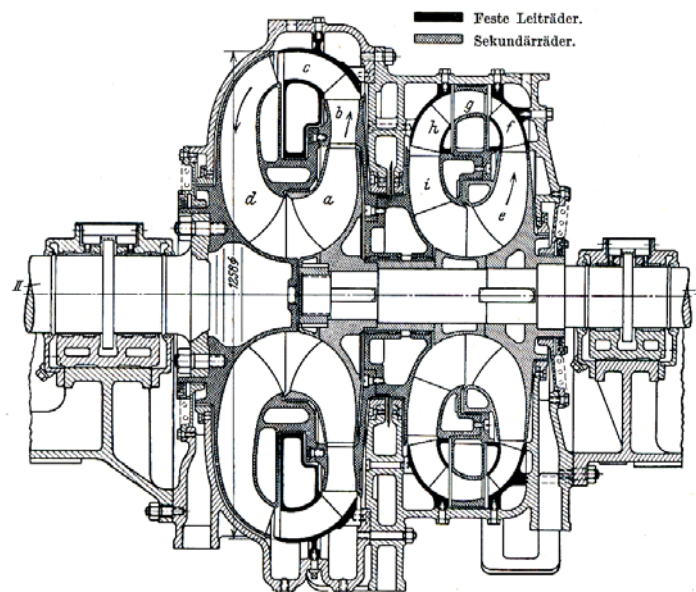


Abb. 9: Mehrstufiger, umsteuerbarer Föttinger-Wandler[4]

Abb. 9 zeigt zwei weitere Varianten des Föttinger-Wandlers. Zum einen ist der Wandler hier mehrstufig ausgeführt, d.h. er besitzt im Kreislauf der Flüssigkeit mehrere (hier zwei) Turbinenräder (im Vorwärtsteil hier b und d). Zum anderen sind die Teile des Rückwärtswandlers auf derselben Welle montiert, also VW-Teil und RW-Teil in einem Aggregat vereint. Das Umsteuern erfolgt dann so, z.B. von VW auf RW, dass der VW-Teil entleert, der RW-Teil mit Flüssigkeit gefüllt wird, was relativ schnell geht, dann wirkt das Drehmoment auf die Sekundärwelle rückwärtsdrehend. Diese Art von Aggregaten ist im Schiffsbetrieb vorwiegend zum Einsatz gekommen.

Abb. 10 zeigt die Hardware eines geöffneten Wandlers mit der Sekundärwelle bei der Montage oder Demontage, der kleinere Teil mit RW-Beschaufelung links außen, der VW-Teil rechts daneben.

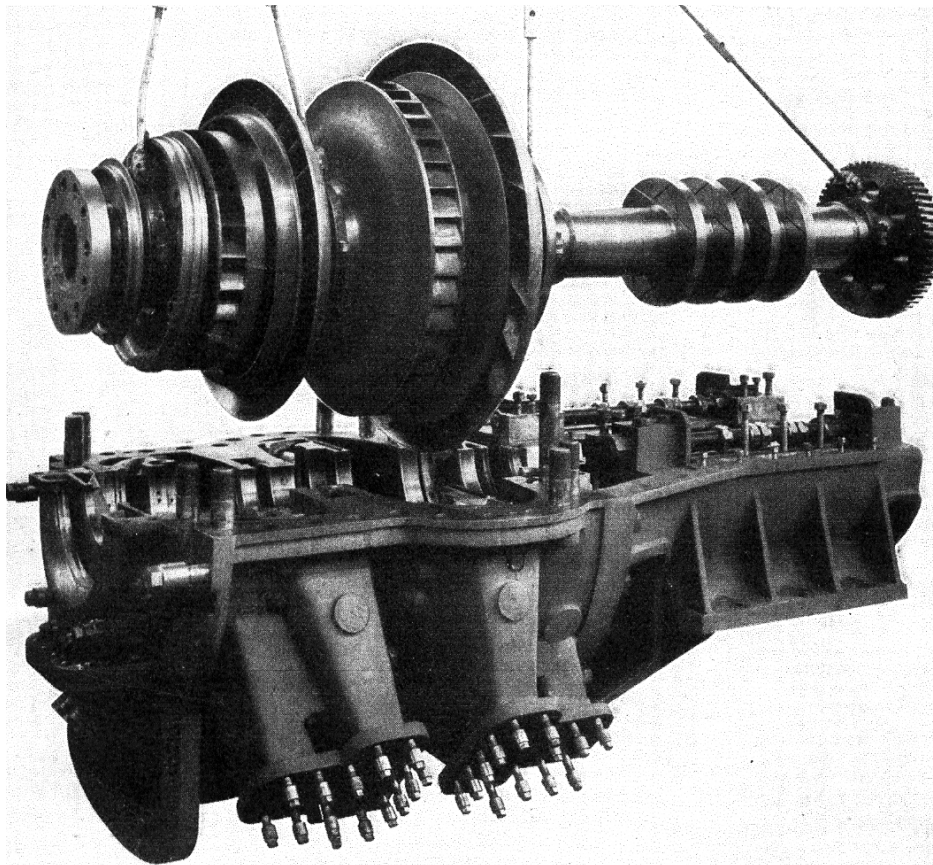


Abb. 10: Geöffneter Drehmomentenwandler mit VW- und RW-Teil auf Sekundärwelle [10]

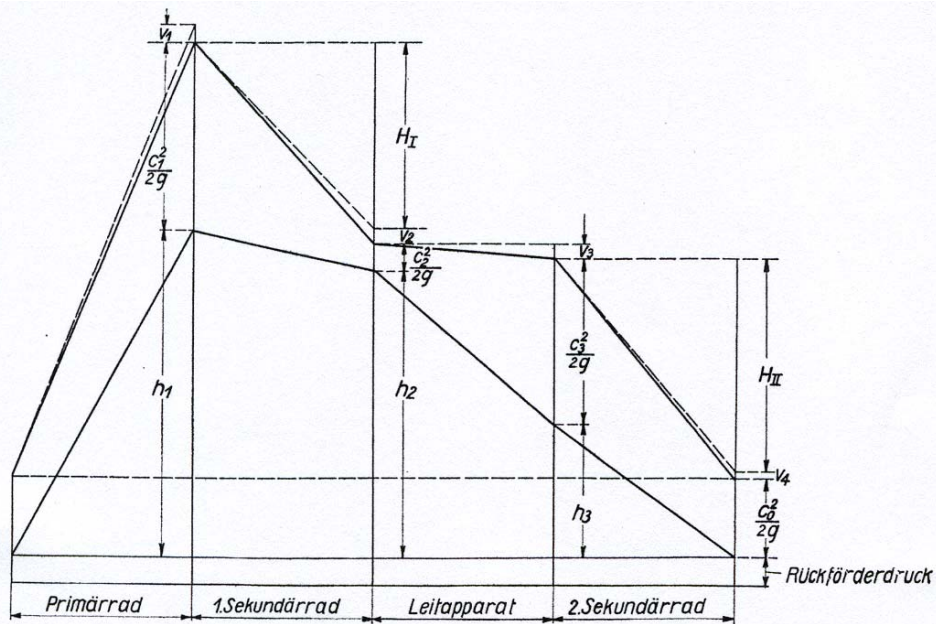


Abb. 11: Druckverlauf im zweistufigen Föttinger-Wandler [10]. h_1 , h_2 , h_3 = statische Druckhöhen, $c_0^2/(2g)$ etc. = Geschwindigkeitshöhen, H_I , H_{II} = verbrauchte Gesamtdruckhöhen

Zur Zusammenfassung zeigt Abb. 11 eine Übersicht über den Verlauf der Druck- und Geschwindigkeitshöhen für das zweistufige System. Das Pumpenrad fördert den Gesamtdruck vom Basisniveau (Grundgeschwindigkeit c_0 , Förderdruckhöhe $c_0^2/(2g)$) auf das Niveau $h_1 + c_1^2/(2g)$. Die Arbeitsstufen der beiden Turbinenräder verbrauchen jeweils einen Teil dieser Gesamtdruckhöhe (H_I , H_{II}), außerdem hat jede Stufe i gewisse, geringe Verlusthöhen v_i , auch der Leitapparat. Dabei werden die Schaufelkanäle nach Föttingers Prinzip der „absolut konvergenten Strömung“ gestaltet, d.h. möglichst so, dass in allen Stufen eine auf sich verjüngenden Querschnitten beruhende Strömung vorherrscht, um Druckverluste gering zu halten. Kleine Leckverluste an Flüssigkeitsmenge werden durch eine Förderpumpe stetig wettgemacht. Mit Druckverläufen dieser Art hat der Föttinger-Wandler Wirkungsgrade über 80 % erreichen können.

Abb. 12 zeigt das Betriebsverhalten eines Föttinger-Wandlers bei konstanter Primärdrehzahl von 1100 U/min und variabler Sekundärdrehzahl. In einem breiten Bereich von Übersetzungen zwischen etwa 3 und 7 ist der Wirkungsgrad sehr hoch und ziemlich konstant bei 80 %. Die Übersetzung läßt sich also stufenlos über größere Bereiche variieren.

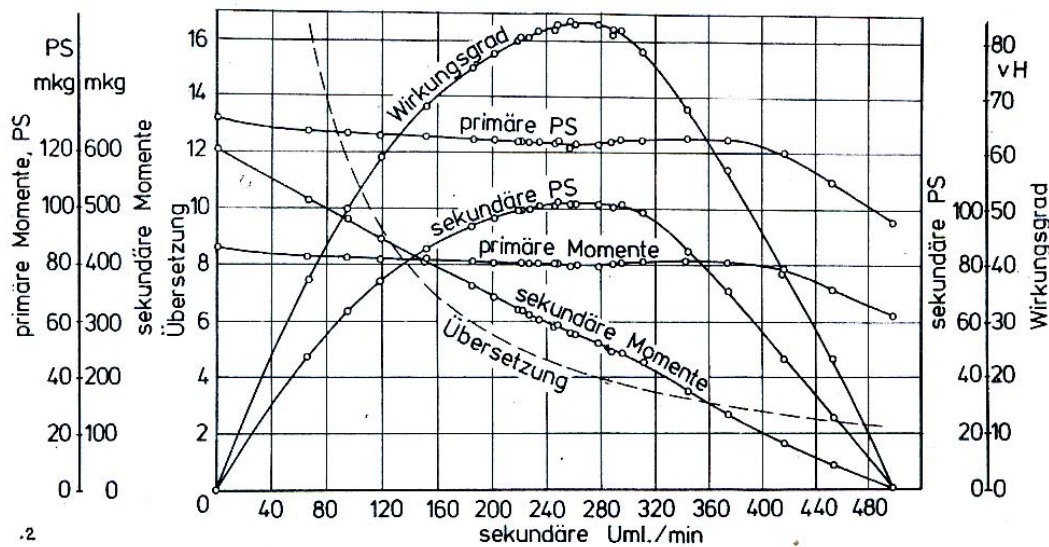


Abb. 12: Übertragung von Drehmoment und Leistung bei konstanter Primärdrehzahl von 1100 U/min sowie Wirkungsgrad bei verschiedenen Übersetzungen (nach Föttinger [9], zitiert von Fernholz [11])

Die Vorteile des hydrodynamischen Wandlers nach Föttinger lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen:

- Die direkte Kopplung von Pumpe und Turbine vermeidet Leitungsverluste, doppelte Übersetzungen Druck-Geschwindigkeit-Druck sowie Austrittsverluste. Dadurch entsteht ein guter Wirkungsgrad (über 80 %).
- Die Kopplung von Turbine mit Propeller über Föttinger-Wandler mit Übersetzungen bis zu ca. 5:1 erlaubt günstige Drehzahlen von Turbine und Propeller. Normal große, langsam laufende Propeller sind damit möglich.
- Drehzahl und Leistung lassen sich im Entwurf praktisch beliebig wählen. Der Wandler war das erste funktionsfähige Hochleistungsgetriebe für den Schiffsantrieb.
- Der Wandler bietet eine leichte Umsteuerbarkeit und eine gute Regelbarkeit von Drehzahl und Drehmoment.
- Im Wandler kann ein genügend hohes Druckniveau realisiert werden, um Kavitation zu vermeiden, dadurch entsteht nur ein geringer Verschleiß.

- Die Dynamik des Wandlers hat eine drehschwingungsfilternde Wirkung und ermöglicht einen stoßfreien Betrieb sowie sanftes Anfahren.

Trotz dieser offenkundigen Vorzüge war dem Föttinger-Getriebe an Bord von Schiffen leider nur eine kurze Anwendungsära beschieden. Das lag nicht an technischen Mängeln, sondern zuerst unterbrach der Erste Weltkrieg die Entwicklung, dann hatte die Konkurrenz von Zahnradgetrieben aufgeholt und konnte ab etwa 1918 Systeme mit hohen Leistungen und viel höheren Übersetzungsverhältnissen anbieten (z. B. durch Pionierentwicklungen von Blohm +Voss, s. Frahm [12]). Wegen seines überlegenen Wirkungsgrades setzte sich dieser Getriebetyp für Turbinenantriebe schnell durch. Föttingers Idee kam erst später wieder auf anderem Weg zur Blüte.

Betrachten wir nun zunächst die *gebauten Schiffe* mit Föttinger-Wandler [10]:

- „Föttinger-Transformator“, Versuchsschiff der Vulcan-Werft, 1909. Ca. 500 PS, 1750 U/min, Übers. 5,6:1.
- „Königin Luise“, Seebädderdampfer, Vulcan-Werft, 1914. 2 Wellen mit je 3050 PS, 1800 U/min, Übers. 4:1. 1914 als Hilfskreuzer eingesetzt und versenkt.
- „Wiesbaden“, Kl. Kreuzer, Vulcan-Werft, 1915. 2 Wellen mit je 16500 PS, 1100 U/min, Übers. 3,3:1. 1916 im Skagerrak versenkt.
- „Tirpitz“, Passagierdampfer, Vulcan-Werft, 1921, dann „Empress of China“. Zwei Wellen mit je 14500 PS, 800 U/min, Übers. 5:1.

Mögen diese Beispiele genügen, um Föttingers erfinderische und konstruktive Leistungen zu illustrieren. Ich möchte im Folgenden ein knappes Profil von Föttingers wissenschaftlichen Beiträgen danebenstellen, die in Gesamtdarstellungen oft zu kurz kommen.

Der Wissenschaftler: Grundlagen

Wie man in Abb. 13 erkennt, hat Föttinger im Laufe seines Lebens viele wissenschaftliche Themen der Strömungsmechanik bearbeitet und zu den meisten davon auch eigene, originelle

Beiträge geleistet. Das Spektrum umfaßt eine bunte Palette von wichtigen, anwendungsorientierten Grundlagen. Vielleicht kann man es als sein Hauptanliegen bezeichnen, ein einheitliches Weltbild der Strömungsmechanik herzustellen und dabei die Kluft zwischen theoretischer Hydrodynamik und praktischer Hydraulik zu überwinden, die sich in den zwei Jahrhunderten seit Newton gebildet hatte. Für Föttinger gab es nur eine Physik. Der Anwender musste sowohl Theorie als auch Praxis beherrschen, Widersprüche durfte es nicht geben. Das ist vielleicht seine wichtigste wissenschaftliche Aussage. Darin wusste er sich auch mit Prandtl einig, seinem großen Zeitgenossen.

- Potentialtheorie (Singularitäten, Strömungsfelder),
- Wirbeltheorie,
- Propellertheorie (Wirbeltheorie des Propellers),
- Kavitation und Korrosion,
- Zähre Medien, Zähigkeitswiderstand,
- Wechselwirkung Schiff/Propeller (Nachstrom und Sog),
- Schiffswiderstand: Doppelkörper (Eliminierung des Wellenwiderstands im Versuch).

Abb.13: Arbeitsgebiete Föttingers, strömungsmechanische Grundlagen

Ich greife aus dieser Liste ein *erstes Beispiel* heraus, um Föttingers Beiträge zur praxisnahen Theorie der Strömungsmechanik zu charakterisieren, die Wirbelthorie des Propellers. Diese Beiträge fügen sich ein in den folgenden knappen Gesamtüberblick (Abb. 14):

- Rankine (1865): Strahltheorie,
- W. Froude (1878): Flügelblatttheorie,
- Greenhill (1888): Erweiterte Strahltheorie (tangentialer Austrittsverlust),
- Kutta (1902): Gebundener Wirbel am Profil. Zirkulation,
- Lanchester (1907): Zirkulationstheorie des Auftriebs am Tragflügel,
- Föttinger (1911): Zirkulation an Profilen, Randbedingungen,
- Reissner (1911-12), Gumbel (1913), Grammel (1916): Beiträge, um Strahl- und Flügelblatttheorie zu vereinigen,
- Prandtl (1918, 1920): Tragflügeltheorie,
- Föttinger (1918): „Schraubenwirbeltheorie“,
- Betz (1919): Propeller geringsten Energieverlusts,
- Betz und Prandtl (1920, 1921): Propeller nach Tragflügeltheorie,
- Bienen-v.Karman (1924): Einfluss endlicher Flügelzahl,
- Föttinger (1924): Kavitation,
- Glauert (1926 ff.): Flugzeugpropeller,
- Horn (1927, 1929): Propellerentwurfsverfahren nach Wirbeltheorie.

Abb. 14: Entwicklungsschritte der Propellertheorie

Im 19. Jh. näherte man sich der Propellerströmung mit Rankines Strahltheorie und William Froudes Flügelblatttheorie, zwei anschaulichen Näherungen, die aber qualitativ und

unvollständig blieben, denn sie klärten den Zusammenhang zwischen Strömung und Kräften am Propeller nicht kausal auf und waren daher zur Dimensionierung der Propellergeometrie ungeeignet. Auch Greenhills erweiterte Strahltheorie, welche die Drehung im Propellernachstrom näherungsweise berücksichtigte, änderte daran nichts.

Die moderne Entwicklung begann mit Kuttas Arbeiten [13] (1902, zugänglicher erst ab 1910, 1912) sowie Joukowskis ähnlichen Ansätzen (publiziert ab 1906), worin die Wirkung von Auftriebskräften mit der Ersatzvorstellung eines gebundenen Wirbels am Profil in Verbindung gebracht wird, der eine zirkulatorische Strömungskomponente um das Profil hervorruft und so – in idealer Flüssigkeit – einen Auftrieb erzeugt. Lanchester [14] dehnte 1907 die Vorstellung von gebundenen Wirbeln auf Tragflügel endlicher Spannweite aus und erklärte so, aufbauend auf den Helmholtzschen Wirbelsätzen, qualitativ richtig den Auftrieb von Tragflügeln. Er erwähnte auch bereits die Möglichkeit, Propellerflügel mit dem Ersatzsystem gebundener Wirbel zu modellieren. Föttinger ging schon 1911 [15] von ähnlichen Vorstellungen aus und erklärte die Kräfte an Turbinenschaufelgittern und im Propellerverband mit zirkulatorischen Strömungsanteilen, wobei er auf gebundene und freie Wirbelsysteme am Propeller hinwies. Dies waren erste Vorboten einer Wirbeltheorie des Propellers.

Nachdem es trotz intensiver Bemühungen (Reissner, Gümbel, Grammel) zwischen 1910 und 1918 nicht gelungen war, Strahltheorie und Flügelblatttheorie konsequent zu vereinigen, kam der Durchbruch ab 1918 mit Prandtls Tragflügeltheorie [16] und fast gleichzeitig mit Föttingers Schraubenwirbeltheorie [17]. Prandtl war in der Lage, die Kräfte am Tragflügel mit Hilfe des gebundenen Wirbels und eines freien Wirbelsystems in der Nachstromschleppe auch quantitativ richtig vorherzusagen und damit unter Verwendung von Profildaten Tragflügel zu dimensionieren. Föttinger benutzte äquivalente Vorstellungen für den Propellerverband, um dessen Strömungsfeld und Kräftegleichgewicht zu analysieren. Von Prandtl und Betz [18] wurde diese wirbeltheoretische Propellertheorie bald weiter ausgebaut und vervollständigt. Föttinger fasste diesen Stand 1924 noch einmal zusammen [8] und wies auch nachdrücklich darauf hin, wie sich die Kavitationsentstehung allein auf hydrodynamische Ursachen zurückführen und damit vorhersagen bzw. vermeiden lässt. Horn [19], aufbauend auf allen diesen Vorstellungen und auf der Profiltheorie, war es schließlich, der hieraus ein wirbeltheoretisches Propellerentwurfsverfahren entwickelte, das bis heute Gültigkeit hat.

Fasst man Föttingers Beiträge zu diesem Thema knapp zusammen, so war es sein erfolgreiches Bemühen, Theoriebereiche zu integrieren, um ein ganzheitliches Bild der Strömungsmechanik des Propellers zu entwickeln und dadurch die physikalischen Grundlagen für das Entwurfsverfahren von Propellern abzusichern.

Ein *zweites Beispiel* betrifft Föttingers Idee, den Zähigkeitswiderstand von Schiffen durch Verwendung von Doppelmodellen experimentell im Schlepptank zu bestimmen und dabei den Wellenwiderstand auszuschalten:

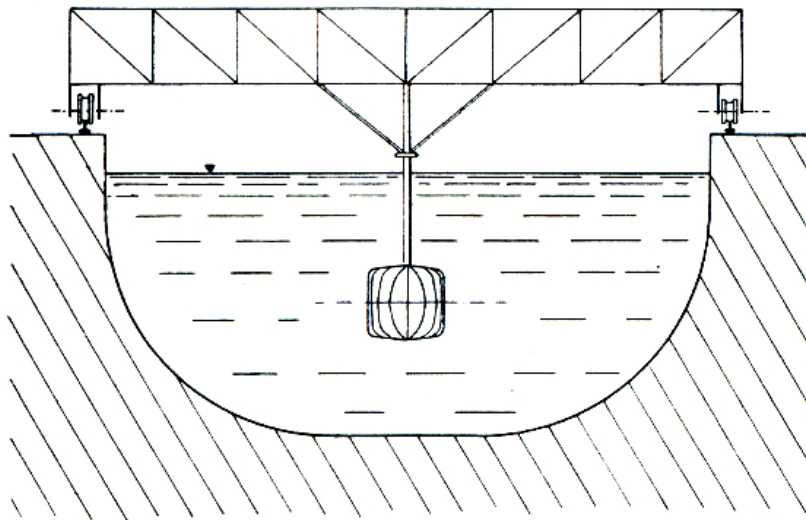


Abb. 15: Das Doppelmodell zur Bestimmung des Zähigkeitswiderstands von Schiffen

Föttingers Idee beruht auf folgendem Prinzip: Durch Spiegelung der Unterwasserschiffsform an der Schwimmwasserlinie wird ein Doppelmodell definiert, das dann tiefgetaucht geschleppt wird. Dabei fällt der Wellenwiderstand der Schiffsform weg, so dass der reine Zähigkeitswiderstand gemessen werden kann. Dies Verfahren fand Anwendung bei der Entwicklung von Zähigkeitswiderstandslinien im Modellversuchswesen.

Will man Föttingers Wirken in der wissenschaftlichen Vertiefung der Strömungsmechanik unter ein Motto stellen, so zitiert man am besten Föttinger selbst [8]:

„Der Kern des Fortschritts liegt in der starken Betonung der *physikalischen Denkungsweise*, die dem Ingenieur das Allerwichtigste, eine *gesunde reale Vorstellung*, und die daraus folgende *Erklärung* und Voraussage der *tatsächlichen Vorgänge*, die richtige Folge von

Ursache und Wirkung und eine quantitative Abschätzung der Entstehung und Fortbildung von Strömungen auch in verwickelten Fällen vermittelt“.

Der Wissenschaftler: Anwendungen

Das *Anwendungsspektrum* von Föttingers strömungsmechanischen Arbeitsgebieten zeigt ebenfalls ein große Vielfalt von Themen, z.B.:

- Strömungsmaschinen, Turbomaschinen,
- Propellerentwurf,
- Fahrzeugwiderstand,
- Fahrzeuggetriebe (schaltungs- und kupplungslos),
- Schnelltriebwagen mit Turboübertragung (1932/33),
- Luftwiderstand von Gebäuden und Schiffsaufbauten,
- Spülverfahren für Zweitaktmotoren,
- Tunnellüftung,
- Magnus-Effekt/ Flettner-Rotor,
- Windkraftanlagen (seit ca. 1939).

Abb. 16: Arbeitsgebiete Föttingers in den Anwendungen

Auch hierzu nur ein kleines Beispiel:

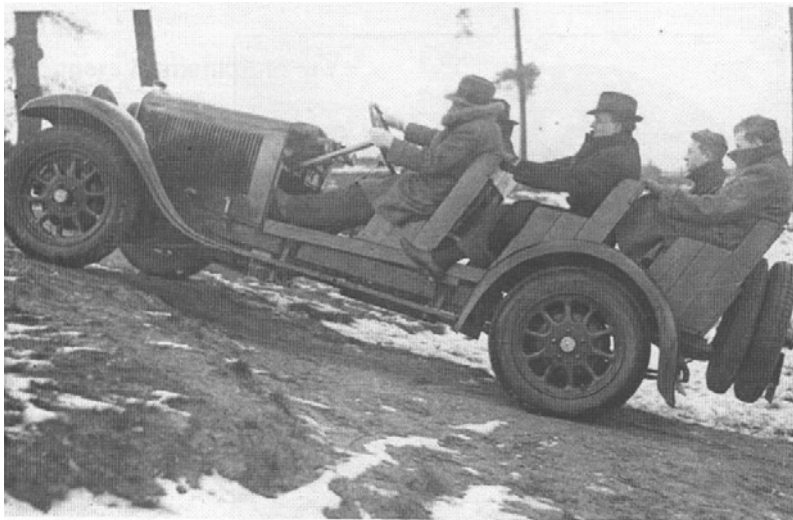


Abb. 17: Das Föttinger-Prinzip im PKW: Föttingers Versuchswagen Mercedes 8/35 (nach Leutz [20])

Föttinger hatte in diesem Fahrzeug im Eigenbau einen Föttinger-Wandler installiert und war so in der Lage, die Motorleistung auszunutzen und stets bei geeigneter Motordrehzahl ein möglichst hohes Drehmoment auszuüben.

4. Nachwirkungen

Der Grundgedanke des Föttinger-Prinzips kam nach dem Zweiten Weltkrieg nochmals zu einer zweiten Blüte und, man kann sagen, zu seiner vollen Reife, und zwar auf anderen technischen Anwendungsgebieten als von Föttinger ursprünglich vorhergesehen, jedenfalls weit über die Schiffsantriebstechnik hinausgehend, wenn auch von ihm schon erahnt. In den Entwicklungen, die besonders vielfältig von der Fa. Voith Turbo GmbH vorangetrieben worden sind, kann man außer dem Wandler zwei weitere Fälle von Anwendungen unterscheiden:

- Die Föttinger-Kupplung:

Die Hydrodynamische Kupplung mit Leistungsübertragung arbeitet bei konstantem Moment (1:1-Wandler), und mit gewandelter Drehzahl. Der Leitapparat ist hierbei entbehrlich. Die Kupplung wirkt stoß- und drehschwingungsdämpfend. Sie erlaubt ein sanftes Anfahren. Sie ist seit etwa 1919 patentiert. Heute wird sie vorwiegend in Fahrzeugen und industrieller Antriebstechnik eingesetzt.

- Die Strömungsbremse (Retarder):

Ein feststehender Sekundärteil verzehrt Strömungsenergie und verwandelt sie in Wärme. Der Retarder wird in Sicherheitsbremssystemen bei Bahn, Bus und LKW angewendet.

Ich verweise hierzu auf das folgende Referat von Volker Middelman und auf das ausgezeichnete Buch [21], das Hermann Schweickert im Auftrage der Voith Turbo GmbH herausgegeben hat.

5. Verbandsarbeit

Föttinger hat vielfältig in Verbänden mitgearbeitet und sich dabei hervorragend engagiert. Hervorgehoben seien:

- Seine Mitgliedschaft und aktive Mitarbeit in der Schiffbautechnischen Gesellschaft (seit etwa 1902). Er hielt allein acht Vorträge auf Hauptversammlungen.

- Seine Mitgliedschaft im VDI seit 1900, im Berliner Bezirksverein seit 1924. Er war Vorsitzender des Berliner Bezirksvereins 1930/31. Er tat sich besonders hervor durch sein Engagement in der Weiterbildung von Ingenieuren und in der Unterstützung notleidender Berufskollegen.
- Er wirkte in viele Fachausschüssen mit. Er war von 1930 bis 1941 auch im Vorstand der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt tätig.
- Er war auch Mitbegründer der Reichsarbeitsgemeinschaft „Windkraft“ (seit 1939).

6. Ehrungen

Von den zahlreichen Ehrungen, die Föttinger erhielt, seien besonders genannt:

- Silberne Medaille der STG für hervorragende Forschungsarbeiten (1906),
- Ehrenbürgerschaft der TH Danzig (1924),
- Ehrenmitgliedschaft des Berliner Bezirksvereins des VDI (1939),
- Goldene Denkmünze der STG (1942),
- Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft (1942).

Zur Goethe-Medaille sind ein paar besondere Worte geboten. Die Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft wurde 1932 von Reichspräsident Hindenburg gestiftet und für besondere Verdienste, vor allem in Würdigung eines Lebenswerkes, verliehen, d.h. meist zum 65., 70. oder 75. Geburtstag usw. Ab 1934 übernahm Hitler als Staatsoberhaupt die Verleihung dieser Medaille, ähnlich wie bei anderen staatlichen Orden und Ehrenzeichen. Zwischen 1934 und 1945 wurden etwa an 600 Personen solche Medaillen verliehen. Darunter waren durchaus auch manche Personen, die Hitlers Staat und der nazistischen Ideologie sehr nahe standen. Man kann kritisch fragen, ob eine solche Verleihung, insbesondere in Föttingers Fall, noch heute als Ehrung zu betrachten ist. Für mich war dies Anlass genug, dieser Frage genauer nachzugehen. Im Bundesarchiv in Berlin befinden sich die Akten zur Verleihung der Goethe-Medaille. Föttingers Name erscheint hier 1942 anlässlich seines 65. Geburtstags ebenso wie Prandtls 1940. Leider ist Föttingers persönliche Akte sehr unvollständig und gibt keine Auskunft zu seiner Nominierung, zur Begutachtung oder zur Verleihung selbst. Man sieht höchstens aus anderen vergleichbaren Fällen, wie insgesamt verfahren wurde. Die nominierende Institution, z.B. Hochschule, richtete aus gegebenem Anlaß, meist aufgrund eines abschließenden Meilensteins im Lebenswerk, eine Nominierung an den zuständigen

Minister. Von diesem wurde eine Begutachtung veranlasst, die in den von mir eingesehenen Fällen das Lebenswerk des Kandidaten betrafen. Politische Töne oder Untertöne habe ich bei meinen Stichproben in diesen Gutachten nicht festgestellt. Ob außerdem noch eine politische Bewertung des Kandidaten eingeholt wurde, kann ich nicht beurteilen, sie war für mich nicht aktenkundig, ist aber auch nicht auszuschließen. Beurteilt man Föttingers Lebenswerk aus heutiger Sicht, so bedurfte diese Ehrung für ihn jedenfalls einer politischen Unterstützung nicht. Er selbst dürfte diese Anerkennung, die er z.B. mit Prandtl teilte, durchaus als eine aufrichtig verdiente Ehrung empfunden haben.

7. Menschliche Eigenschaften

Föttingers Eigenschaften, sein Charakter als Mensch, sein Auftreten, sein Wesen gehen aus den mir zugänglichen Unterlagen nicht mehr mit sehr genauen Konturen hervor. Belegt sind für mich folgende Aussagen:

- Von Zeitzeugen wird Föttinger als stets freundlich und liebenswürdig geschildert.
- Er war fröhlich und feierfreudig im Umgang mit Studenten.
- Aber er galt auch als elitär und anspruchsvoll in wissenschaftlichen Fragen.
- Er war sozial besonders engagiert und aktiv tätig, wie auch sein Einsatz für notleidende Kollegen bestätigt.
- Ein Zeitzeuge beschreibt ihn als „Wahr, treu und hilfsbereit“ (J.Jahn, STG 1952 [24]).
- Föttinger widmete sein Leben der Ingenieurpraxis und der Wissenschaft in Lehre und in Forschung.

8. Föttinger als brückenbauende Persönlichkeit

Föttinger wirkte fachlich und persönlich integrierend, ganzheitlich denkend und brückenschlagend als

- Ingenieur und Naturwissenschaftler,
- Erfinder und Anwender,
- Praktiker und Wissenschaftler,
- Experimentator und Analytiker,
- Maschinenbauer und Elektrotechniker,
- Genialer Konstrukteur und großartiger Lehrer.

Dies sind stark kontrastierende, nicht leicht zu verbindende Charakteristika. Dass ein Mensch wie Föttinger alle diese Eigenschaften in sich vereinigen konnte, das ist für mich das Bemerkenswerte, das Überragende und das zu Bewundernde an der Gestalt von Hermann Föttinger.

Dankwort

Ich schließe mit meinem herzlichen Dank an alle, die mir bei meinen Vorbereitungen und bei der Organisation der Veranstaltung geholfen haben. Einige davon sind auch in der folgenden Literaturlauswahl genannt.

Literatur

1. Hermann Föttinger: „Effektive Maschinenleistung und effektives Drehmoment und deren experimentelle Bestimmung“, Jahrb. der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Bd. 4, 1903, S. 441 ff.
2. Hermann Föttinger: „Die neuesten Konstruktionen und Versuchsergebnisse von Torsionsindikatoren“, Jahrb. der STG, Bd. 6, 1905, S. 135 ff.
3. „Bericht über das achte Geschäftsjahr“, Jahrb. der STG, Bd. 8, 1907, S. 51.
4. Hermann Föttinger: „Eine neue Lösung des Schiffsturbinenproblems“, Jahrb. der STG, Bd. 11, 1910, S. 157 ff.
5. Gerald James: „TURBINIA - The experiment which transformed the world's navies“, The Rolls-Royce Magazine, No. 48, März 1991.
6. Alois Riedler: „Über Dampfturbinen“, Jahrb. der STG, Bd. 5, 1904, S. 249 ff.
7. Walter Boveri: „Die Verwendung der Parsons-Turbine als Schiffsmaschine“, Jahrb. der STG. Bd. 8, 1907, S. 85 ff.
8. Hermann Föttinger: „Fortschritte der Strömungslehre im Maschinenbau und Schiffbau“, Jahrb. der STG, Bd. 25, 1924, S. 295 ff.
9. Hermann Föttinger: „Die hydrodynamische Arbeitsübertragung besonders durch Transformatoren, ein Rückblick und Ausblick“, Jahrb. der STG, Bd. 31, 1930, S. 171 ff.

10. Gustav Bauer: „Der Schiffsmaschinenbau“, zweiter Band, Abschnitt III, „Der Föttinger-Transformator“, R. Oldenbourg-Verlag, München und Berlin, 1927, S. 345 ff.
11. Hans Hermann Fernholz: „Föttinger-Getriebe“, Vortrag zum Föttinger-Festkolloquium am 9.2. 1977, VDI-Z 119 (1977), Nr. 22.
12. Hermann Frahm: „Zahnradgetriebe für Turbinen- und Motorschiffe der Werft Blohm & Voss“, Jahrb. der STG, Bd. 25, 1924, S. 81 ff.
13. Wilhelm Kutta: „Auftriebskräfte in strömenden Flüssigkeiten“, Illustrierte Aëronautische Mittheilungen, 6. Jahrg., 1902, S. 133-135.
14. Frederick William Lanchester: „Aerodynamics, constituting the first volume of a complete work on Aerial Flight“, Archibald Constable Co., London, 1907. Deutsche Übersetzung von C. und A. Runge, B.G. Teubner Verlag, Leipzig und Berlin, 1909.
15. Hermann Föttinger: „Über die physikalischen Grundlagen der Turbinen- und Propellerwirkung“, Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, R. Oldenbourg Verlag, München und Berlin, 1911, S. 1-5.
16. Ludwig Prandtl: „Tragflügeltheorie“, Teile I und II, Nachr. Ges. Wiss., Göttingen, 1918, S. 151 und 1919, S. 107.
17. Hermann Föttinger: „Neue Grundlagen für die theoretische und experimentelle Behandlung des Propellerproblems“, Jahrb. der STG, Bd. 19, 1918, S. 385 ff.
18. Albert Betz: „Schraubenpropeller mit geringstem Energieverlust“, mit einem Zusatz von Ludwig Prandtl, Nachr. Ges. Wiss., Göttingen, math.-phys. Klasse, 1919, S. 193 ff.
19. Fritz Horn: „Theorie des Schiffes“, in Auerbach u. Hort, Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik, Bd. V, Barth, Leipzig, 1929.
20. Achim Leutz: „Hermann Föttinger (1877-1945)“, Seminarvortrag und HFI-Institutsbericht 01/2006, TU Berlin, 2006.
21. Hermann Schweickert (Hrsgb.): „Voith Antriebstechnik – 100 Jahre Föttinger-Prinzip“, Springer, Berlin Heidelberg New York, 2005.
22. Andreas Dillmann, Horst Nowacki, Helmut Siekmann: „Hermann Föttinger und die Strömungstechnik“, in Schwarz, K. (Hrsgb.): „1799-1990 – Von der Bauakademie zur Technischen Universität Berlin, Geschichte und Zukunft“, Ernst&Sohn, Berlin, 2000.
23. Eike Lehmann: „Biografien zur Geschichte des Schiffbaus“, verfasst zum Anlaß des hundertjährigen Bestehens der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York usw., 1999.

24. Walter Brose: „Die Entwicklung des Föttinger-Getriebes in der Weltindustrie und im Weltverkehr“, Jahrb. der STG, Bd. 46, 1952, S. 155-173. Diskussionbeitrag von J. Jahn, S. 174.

Föttinger und die Schiffbautechnische Gesellschaft

Eike Lehmann

Mein Vorredner hat in ausführlicher Art und Weise Leben und Wirken Hermann Föttingers gewürdigt, sodass ich mich auf das Wirken Föttingers innerhalb der Schiffbautechnischen Gesellschaft (STG) und des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) beschränken möchte. Was ich aber dennoch gerne zunächst kurz skizzieren möchte, ist das Motiv, weshalb es Sinn macht, in der akademischen Welt sich bedeutender Ingenieure zu erinnern.

In einer Zeit, in der die meisten von uns kaum noch Zeit finden, sich auf sich selbst zu besinnen, erhebt sich die Frage, warum man sich anderer erinnern soll. Gerade heute erscheint es mir von besonderem Wert, sich bedeutender Berufskollegen zu erinnern. Bringt man sich doch unbewusst in die geistige Nähe von Menschen, die nachweislich Großartiges geleistet haben, und mit dieser Nähe wächst auch das Gefühl, selbst mit seinen bescheidenen Fähigkeiten möglicherweise Beachtenswertes, ja Bedeutungsvolles beigetragen zu haben. Bedeutendes ist hier gemeint, im Selbstverständnis eines rechten Ingenieurs und Wissenschaftlers dazu einen Beitrag geleistet zu haben, dass die Menschen in Wohlstand, Frieden und Sicherheit leben können, mit einem Wort, dem Fortschritt gedient zu haben.

Föttinger ist der erste Träger der silbernen Denkmünze der Schiffbautechnischen Gesellschaft, die er aus den Händen Kaiser Wilhelms II 1906 erhalten hat. Das Besondere daran ist, dass man einem jungen Ingenieur diese Ehrung zu Teil werden ließ, was im kaiserlichen Deutschland eigentlich nur Persönlichkeiten vorbehalten war, die auf ein überaus erfolgreiches Berufsleben zurückschauen durften.

Diejenigen, die bis heute diese Auszeichnung erhalten haben, und von ihnen sind heute gleich mehrere Persönlichkeiten anwesend, können sich so mit als Mitglieder eines Kreises rühmen, dem auch Föttinger angehörte. Das meine ich mit geistiger Nähe.

Wie sehr die Schiffstechnik im Kaiserreich gerade hier in Berlin eine herausragende Stellung besaß, zeigt sich darin, dass der Kaiser höchst persönlich hier in der TH Berlin-Charlottenburg vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft mehrfach zugegen war und auch

zu den Mitgliedern gesprochen hat. Föttinger wird daher die Verleihung der Denkmünze der Gesellschaft mit großer Freude und Genugtuung empfunden haben.

Es gibt aber noch mehr Gründe, an Föttinger zu erinnern, nämlich sich die Möglichkeiten der Zeit, in der Hermann Föttinger gelebt und geforscht hat, zu vergegenwärtigen, einer Zeit, in der es weder elektronische Rechner noch hoch entwickelte Messtechnik gab, einer Zeit, in der es ein festes theoretisches Gebäude der technischen Strömungslehre nur in Ansätzen gab, einer Zeit, in der die äußeren Umstände durch Krieg und Inflation geprägt waren, einer Zeit, in der in viel größerem Maße als heute der finanzielle Mangel der Forschungsförderung tägliches Erleben war. Dann hilft das alles über manche Trostlosigkeit unserer Tage hinweg. Ich darf daran erinnern, dass die Deutsche Forschungsgemeinschaft als Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft 1920 von Fritz Haber und anderen gegründet wurde. Die Wortwahl sagt doch wohl alles aus. Es war aber auch eine Zeit, in der es möglich war, viele neuartige Forschungen zu beginnen, und auch eine Zeit akademischer Freiheit, die sich doch sehr von den heutigen und zukünftigen Verhältnissen in unseren Universitäten unterschied.



Abb. 1: Kaiser Wilhelm spricht in der Aula der TH - Berlin-Charlottenburg zu den Mitgliedern der Schiffbautechnischen Gesellschaft 1901. Gemälde von Franz Skarbina. Auf dem Podium in Uniform sein Vetter, der Großherzog von Oldenburg als Ehrenvorsitzender. Neben ihm links der Vorsitzende der Gesellschaft, Geheimrat Prof. Carl Busley. Weiter links der Präsident des Norddeutschen Lloyd Friedrich Archelius, der technische Direktor des Germanischen Lloyd Friedrich Middendorf, der Reeder Eduard Woermann sowie der Direktor des Stettiner Vulcans Robert Zimmermann. Auf der rechten Seite erkennt man neben dem Großherzog den stellvertretenden Vorsitzenden der Gesellschaft, Geheimen Admiraltätsrat Georg Langer, den Chefkonstrukteur der Kaiserlichen Marine, Johann Rudloff, sowie den Werftbesitzer Gotthard Sachsenberg¹.

Da ich mich sowohl der STG als ihr ehemaliger Vorsitzender als auch dem VDI als dessen ehemaliger Präsident sehr verbunden fühle, erlauben Sie mir, dass ich Föttingers Wirken in der STG und für den VDI versuche zu würdigen.

Föttinger hat Zeit seines Lebens sich besonders der STG und dem VDI verbunden gefühlt. So war er seit 1902 Mitglied der STG und Mitglied im Fachausschuss zur „Herbeischaffung von erstrebenswerten Vorträgen für die Hauptversammlungen“, dem heutigen „Technisch-Wissenschaftlichem Beirat“. Neben der erwähnten ersten silbernen Denkmünze erhielt er 1942 auch die Goldene Denkmünze der STG. Föttinger ist in seiner Stettiner Zeit Mitglied des Pommerschen², als Danziger Professor des Westpreußischen und nach seinem Wechsel an die TH Berlin-Charlottenburg des Berliner Bezirksvereins des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) gewesen. Diese unterschiedlichen Mitgliedschaften in den verschiedenen Bezirksvereinen erklären sich durch die Struktur des VDI, der seit seiner Gründung in selbstständigen Bezirksvereinen mit einem Hauptverein bis heute organisiert ist. STG und VDI haben bekanntlich Berliner Wurzeln, um nicht preußische Wurzeln zu sagen. Während die STG 1899, also im Deutschen Reich, als zentral organisierte Gesellschaft gegründet wurde, gab es ja bei der Gründung des VDI 1856 kein geeintes Reich. Daher wurden in den einzelnen Deutschen Staaten und Industrieregionen eigene Vereine gegründet, oder existierende an den VDI angeschlossen. Das ging wiederum nur durch den Erhalt einer gewissen Eigenständigkeit der Regionalvereine. Das erklärt, weshalb Föttinger als Vorsitzender des Bezirksvereins die Ehrenmitgliedschaft des Berliner Bezirksvereins verliehen wurde. Der Grund war der Dank für die Übernahme dieses Amtes, aber besonders auch für seine umfangreiche Berliner Vortragstätigkeit.

Seine Vortragstätigkeit innerhalb des VDI bezog sich nicht so sehr auf seine schiffbautechnischen Arbeiten, sondern mehr auf die allgemeine technische Strömungslehre. Föttinger war ja eigentlich der Erste, der die theoretische Hydrodynamik, die damals im Wesentlichen auf der klassischen Potenzialtheorie, also der reibungsfreien Strömung beruhte, mit der experimentellen Hydraulik zu einer wissenschaftlich klar fundierten technischen Strömungslehre – mit breiter Anwendung in den unterschiedlichsten Bereichen – zusammengeführt hat, die es galt, bei den im Berufsleben stehenden Ingenieuren publik zu machen.

¹ Broelmann, J.: Deutsches Museum, Panorama der Seefahrt, Verlag H. M. Hauschild, Bremen 2006

² Der Pommersche Bezirksverein (BV) des VDI war 1869 aus dem Stettiner BV entstanden, der wiederum 1861 eine Gründung des Stettiner Schiffbaugewerbes gewesen ist. In Stettin-Grabow ist 1841 die erste Schiffbauschule in Deutschland (Preußen) und 1856 der Stettiner Vulcan gegründet worden.

Föttinger hat die meisten seiner wissenschaftlichen Arbeiten durch Vorträge den Mitgliedern der STG in zum Teil sehr umfangreichen Beiträgen zur Kenntnis gebracht. Seine schiffstechnischen Arbeiten machten ihn schon in jungen Jahren in Schiffbauerkreisen sehr bekannt, daher erlauben Sie mir kurz, auf diese inhaltlich einzugehen.

Das Messen der Leistung einer Schiffsantriebsanlage war zu Zeiten des Kolben-Dampfmaschinenantriebes nur durch die Messung des Dampfdruckes in den Zylindern während einer Umdrehung, durch das sog. Indizieren, möglich. Um die Leistung, die letztlich an den Propeller abgegeben werden kann, festzustellen, war es nur möglich, die mechanischen Verluste der Anlage abzuschätzen. Die Leistung mit Hilfe eines Pronyschen Zaums zu messen, verbot sich bei den großen Leistungen der Schiffsantriebe. Auch die sehr geistreichen Lösungen mit Wirbelstrom- und Hydraulikbremsen waren aus dem gleichen Grund nicht geeignet. Selbst Froude hat schon ein hydraulisches Dynamometer, allerdings auch nur für Leistungen bis etwa 1000 PS, gebaut und ist dann an größeren Leistungen gescheitert.

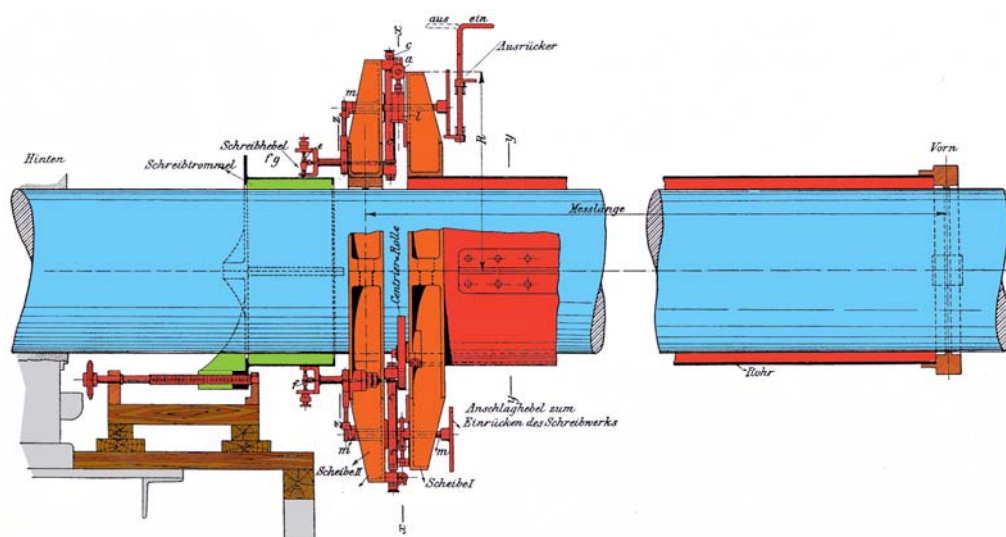


Abb. 2: Ursprünglicher Torsionsindikator von Hermann Föttinger, entwickelt um 1900 in Stettin.

Föttinger griff daher – auf Anregung seines Ziehvaters Dr. Bauer beim Stettiner Vulcan – die an sich schon sehr lange bekannte Methode der Bestimmung des Drehmomentes aus der Torsion der Welle auf. Vor ihm hatten sich schon so berühmte Ingenieure wie Hermann Frahm bei Blohm & Voss und andere daran versucht, ein entsprechendes Gerät zu bauen. Während Frahm große Messlängen von 20-30 m benötigte, kam Föttinger mit Messlängen von wenigen Metern aus. Föttinger war 26 Jahre alt, als er 1903 seinen Torsionsindikator der

STG vorstellte³. Schon zwei Jahre später hat Föttinger wiederum auf der Hauptversammlung der STG die Messungen mit dem weiterentwickelten Indikator an dem damals sehr berühmten Schnelldampfer KAISER WILHELM II und dem ersten Dampfturbinenschiff der Kaiserlichen Marine, dem kleinen Kreuzer LÜBECK, vorgetragen⁴. Damit war es erstmalig auf Schiffen möglich, insbesondere mit Dampfturbinenantrieben, eine sichere Messung der Antriebsleistung durchzuführen, was im Zeichen der Einführung der Dampfturbine in die Schifffahrt von besonderer Bedeutung war.

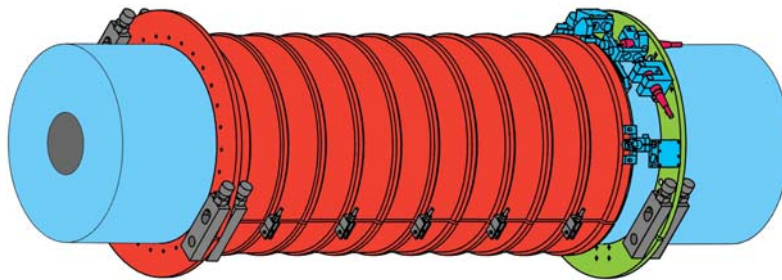


Abb.3: Moderne Messeinrichtung der Torsion von Schiffswellen, entwickelt am Institut für Schiffbau in Hamburg um 2000⁵.

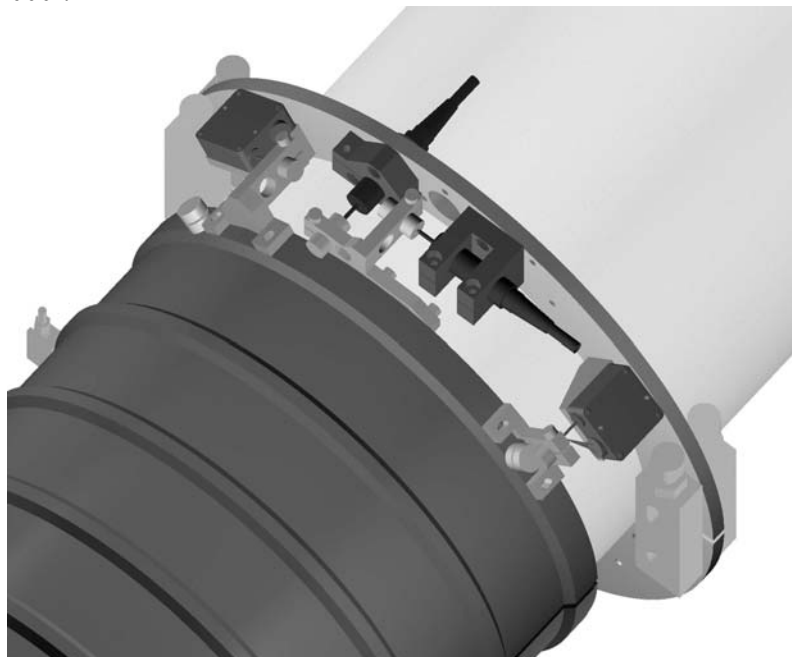


Abb. 4: Die geistvolle mechanische Messvorrichtung von Föttinger ist nach 100 Jahren eigentlich nur durch einfache Laser - Elektronik - Technik ersetzt worden. Das Prinzip ist dasselbe geblieben.

³ Effektive Maschinenleistung und effektives Drehmoment und deren experimentelle Bestimmung ,J. STG, 4. Bd., 1903, Verlag von Julius Springer, Berlin.

⁴ Die neuesten Konstruktionen und Versuchsergebnisse von Torsionsindikatoren, J. STG, 6. Bd., 1905, Verlag von Julius Springer, Berlin.

⁵ Lehmann, E.: Schiffbautechnische Forschung in Deutschland, Konstruktion und Berechnung, Edition Schiff und Hafen , Bd. 7, Hamburg 2004.

Föttingers bedeutendstes Werk ist der Transformator, den er schon in jungen Jahren beim Stettiner Vulcan entwickelt hat, wie wir wissen. Über die Entstehung hat Föttinger 1909 vor der Hauptversammlung der STG vorgetragen⁶. Durch die physikalischen Gegensätze in den Dichte- und Beschleunigungsverhältnissen des Wassers und des Wasserdampfes ergeben sich für die Dampfturbine im Verhältnis zum Propeller unüberbrückbare Unterschiede in der wirtschaftlichen Drehzahl. Zwar kannte man solche Probleme auch schon bei den ersten Dampftrieben, die eine Übersetzung der geringen Hubzahlen der Dampfmaschine zu den schneller drehenden Propellern erforderte. Da die Leistungen aber klein waren, war das z. B. durch Riementriebe möglich gewesen. Nunmehr, in der Erwartung von zu übertragenden Leistungen von vielen tausend PS, war eine geeignete Untersetzung der Antriebsdrehzahl der Turbine gewissermaßen die Schicksalsfrage für die Dampfturbinenanlage. Föttinger hat daher in den Jahren 1903 bis 1906, zunächst auch nur in seinen Mußbestunden, sich mit einem neuen Schiffsturbinenantrieb beschäftigt und dann der Direktion des Vulcan Ende 1906 eine entsprechende Denkschrift zur Lösung dieses Problems vorgelegt. Da der Vulcan bereits seit 1905 durch 30 Patente einen umfangreichen Patentschutz erlangt hatte, entschloss dieser sich zur sofortigen Projektierung einer Versuchsanlage. Mit nicht geringem Stolz schreibt Föttinger⁶, dass diese Versuchsanlage in vollem Umfang seine Denkschrift bestätigte.

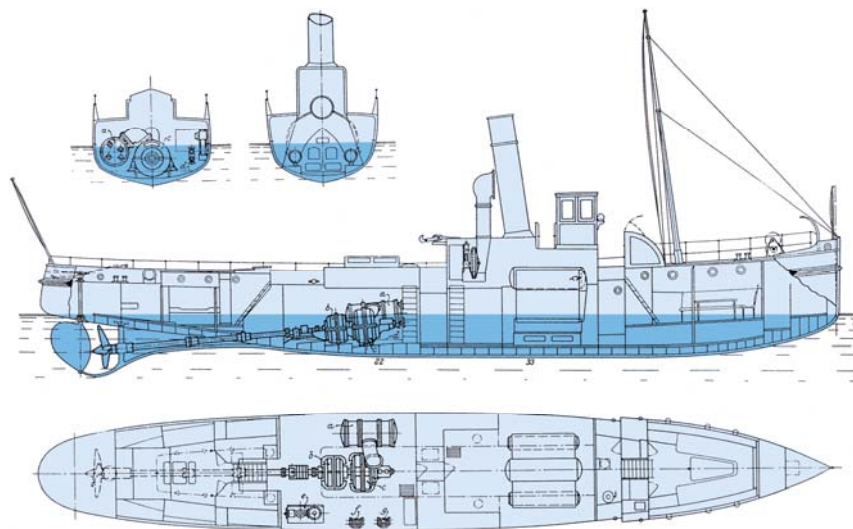


Abb. 5: Versuchsschiff FÖTTINGER TRANSFORMATOR, gebaut vom Stettiner Vulcan 1905.

Mit der Aufgabe betraute man Dipl.-Ing. Wilhelm Spannhake, der selbst später ein bekannter Strömungswissenschaftler und Ordinarius der TH Karlsruhe wurde. Er schildert seine

⁶ H. Föttinger: Eine neue Lösung des Schiffsturbinenproblems, J. STG, 11. Bd., 1910, Verlag von Julius Springer, Berlin.

Tätigkeit im Zusammenhang mit der Erfindung von Föttinger in seinen Erinnerungen anlässlich seines 65. Geburtstages.

„Nach Ablegung des Diplomexamens erweiterte ich noch ein paar Monate lang meine mathematischen und physikalischen Kenntnisse in Sondervorlesungen. Dann aber griff ich sofort zu, als sich mir durch Vermittlung meines Lehrers Geheimrat Schröter eine Stelle an den Vulcanwerken Stettin, einer der größten Schiffs- und Maschinenbauanstalten des Kontinents, bot. Am 9ten Januar 1905 trat ich dort ein und bin dann 16 Jahre lang, bis zum März 1921 zuerst als Konstrukteur, dann nacheinander als Büro- und Abteilungschef und schließlich als Oberingenieur in den Diensten der Firma geblieben. Die sich mir bietende Arbeit war außerordentlich vielseitig und geradezu eine umfassende praktische Schulung für den Konstrukteur. Zunächst wegen der vielseitigen Aufgaben, die der Schiffsmaschinenbau an und für sich bietet, dann aber ganz besonders, weil gerade damals eine außerordentlich lebhafte Entwicklung in den Fragen des Schiffsantriebs einsetzte. Es war die Zeit des Übergangs vom Kolbenmaschinen- zum Dampfturbinenantrieb im Kriegs- und Handelsschiffsbau und des Anfangs der Dieselmotoren für den Schiffsantrieb. Ich hatte das große Glück, mit Dr. Föttinger, dem bekannten Erfinder des nach ihm benannten „Turbowandlers“ zusammen zu kommen, seine Wertschätzung zu gewinnen und sehr bald sein Freund zu werden. Unter seiner Leitung, bald aber, d.h. nach seinem Ausscheiden aus den Diensten des „Vulcan“ und seinem Übergang in die Hochschullaufbahn, arbeitete ich als selbständiger Büro- und Abteilungschef an der Entwicklung des Föttinger Wandlers zu einem brauchbaren Untersetzungs- und Umsteuergetriebe, in erster Linie zur Zwischenschaltung zwischen schnelllaufenden Dampfturbinen und langsamlaufenden Schiffsschrauben. Diese Entwicklung führte zum Bau von 20 000-pferdigen Aggregaten für den leichten Kreuzer „Wiesbaden“, die sich auf diesem Schiff so gut bewährten, dass die deutsche Marine 12 Stück 30 000-pferdige Anlagen für drei Schlachtkreuzer bestellte und damit von der schwerfälligen Hintereinanderschaltung einer direkt antreibenden Turbinenanlage auf 2 x 2 Wellen zum wesentlich beweglicheren, leichteren und weniger Platz beanspruchenden 4-Wellen-Einzelantrieb überging. Die Anlagen waren fertig, als das Kriegsende 1918 ihren Einbau verhinderte.“

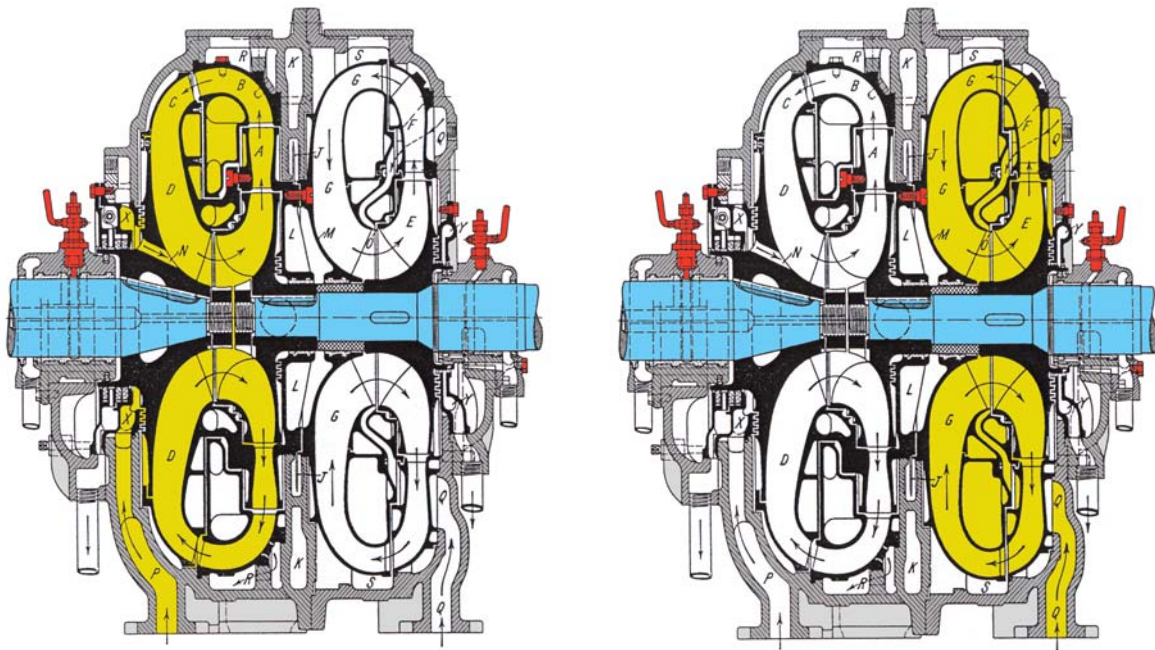


Abb. 6: Ursprünglicher Föttinger-Transformator für Vor- und Rückwärtsfahrt

Das Föttinger-Prinzip ist heute weit über die Anwendung im Schiffbau hinaus in den unterschiedlichsten technischen Anwendungen nicht mehr wegzudenken. Wir werden ja aus berufenem Mund noch einiges heute hören können. Eine wichtige Anwendung besitzt das Prinzip bei den Windenergieanlagen, die in naher Zukunft in sehr großer Zahl als Offshore-Anlagen gebaut werden. So findet das Föttinger-Prinzip wieder den Weg auf das Meer, zwar nicht in größerem Umfang auf mobilen, so doch stationären Plattformen.

Föttingers Begabung blieb der akademischen Welt nicht verborgen, dazu hat sicher auch die Verleihung der ersten Denkmünze an ihn durch den Deutschen Kaiser beigetragen. Daher, wie wir gehört haben, wurde er 1910 an die neue Technische Hochschule Danzig berufen. Dort widmete er sich intensiv der Propellertheorie, über die er 1918 in einem sehr beachteten Vortrag vor der STG vortrug. Wenn auch diese theoretischen Betrachtungen heute wohl keine Bedeutung mehr haben, so sind doch die Kommentare zu diesem Vortrag interessant. Walter Kucharski, Kollege und Mitarbeiter aus Stettiner und Danziger Zeiten und späterer Professor für Mechanik hier in Berlin, der 1946, nachdem der kommissarische Rektor Prof. Schnadel Berlin verlassen musste, erster gewählter Rektor der Hochschule nach dem Zweiten Weltkrieg wurde, diskutierte Föttingers Vortrag ausgiebig⁷. Der Vortrag wurde offensichtlich

⁷ Walter Kucharski hat 1931 vor der STG einen auch heute noch sehr lesenswerten Vortrag über „Neue Gesichtspunkte für den Entwurf von Schiffsrudern“ gehalten. JSTG 31.Bd., 1931.

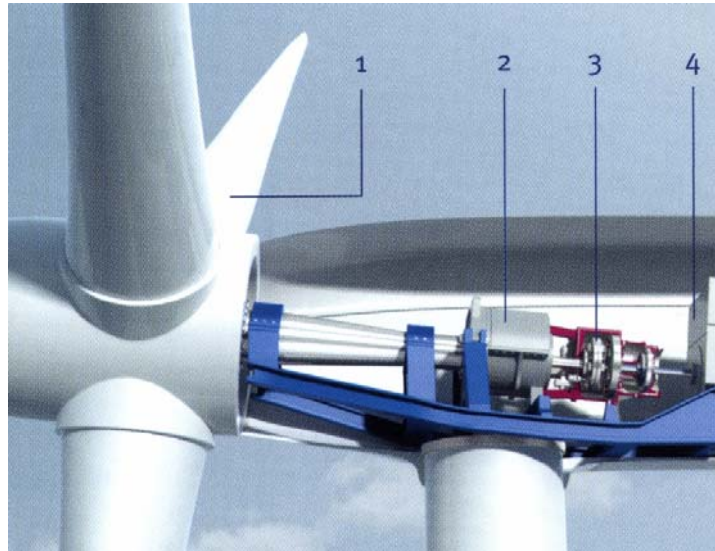


Abb. 7: Moderne Windenergieanlage. 1 Rotor, 2 Hauptgetriebe, 3 regelbares Überlagerungsgetriebe WinDrive der Firma Voith⁸ mit einem Föttingergetriebe, das die wechselnden Drehzahlen des Rotors mit dem Synchrongenerator 4, der mit einer festen Drehzahl betrieben wird, koppelt.

als der Beginn einer neuen Ära der Propellertheorie angesehen, denn Prof. Bendemann, Prof. der TH Berlin-Charlottenburg für Flugtechnik, bemerkt: „Wir können unzweifelhaft feststellen, dass wir hier einer Grundsteinlegung beiwohnen, der Grundsteinlegung der Propellertheorie, die wir bisher nicht haben“. Auch der Berliner Prof. Weber, der mit seinen Beiträgen zur Ähnlichkeitsmechanik einen wichtigen Platz im Buch der Geschichte der Mechanik sich erworben hat, sowie der bekannte Gymnasialprofessor Ahlborn aus Hamburg diskutierten Föttingers Vortrag mit besonderer Anerkennung.

Die enge Verbundenheit der STG mit der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg und ihren Professoren empfand man damals als etwas ganz Normales, sodass Föttinger seine Antrittsvorlesung 1923, anlässlich seiner Umsiedlung von Danzig nach Berlin, auf der Hauptversammlung der STG hielt⁹. Die in seinem Danziger Institut entwickelten Apparate zur Darstellung von Strömungsvorgängen aus beliebigen Quellen-Senkenverteilungen, sog. Vektor-Integratoren, muten heute in der Zeit der rechnergestützten Visualisierung von Strömungsvorgängen (Abb. 8) etwas vorsintflutartig an, entlocken aber dem Betrachter auch eine große Bewunderung über die wirklich geniale Mechanik solcher Geräte und für die Erfinder, die diese Geräte entwickelt haben.

Nach zwanzig Jahren hat Föttinger vor der STG ein Resümee zu seinen Erfindungen, die in der Zwischenzeit als zweistufiges Übersetzungsgetriebe sowie als Wendegetriebe, aber auch

⁸ Schweickert, H. (Hrsg.): Voith Antriebstechnik, 100 Jahre Föttinger - Prinzip, Springer, Berlin 2005.

⁹ Föttinger, H.: Fortschritte der Strömungslehre im Maschinenbau und Schiffbau, J. STG, 25. Bd., 1924, Verlag von Julius Springer, Berlin.

als Kupplung breite Anwendung gefunden hatte, gegeben¹⁰. Hier gibt Föttinger eine strömungstechnische Erklärung für den außerordentlich hohen Wirkungsgrad seiner Transformatoren als intern eng gekoppelter Systeme von Pumpenrad und Turbinenrad, der von Experten bei der Vorstellung der Idee 1904 für extern gekoppelte Pumpe und Turbine als völlig unmöglich angesehen worden war.

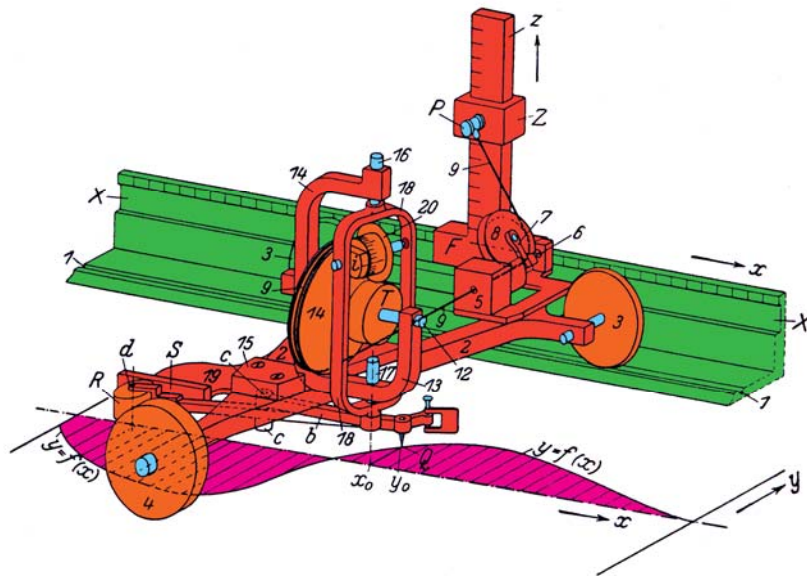


Abb. 8: Von Föttinger entwickelter Vektorintegrator zur Darstellung von Strömungen aus beliebigen Quellen-Senkenverteilungen. Zweifellos hat dabei der allen älteren Schiffbauern bekannte Integrator, entwickelt von dem Schweizer Prof. Amsler-Laffon (1823-1911), zur Ermittlung der Stabilitätsquerkurven, der sog. Pantokarenen, Pate gestanden.

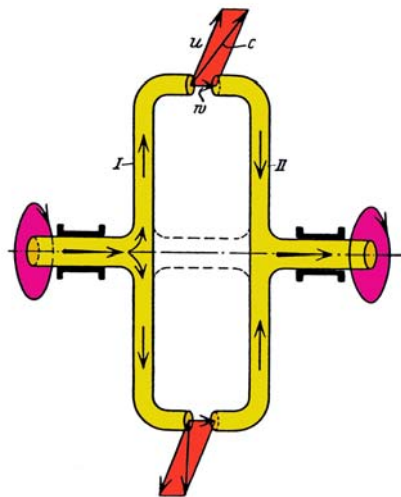


Abb. 9: Föttingers Erklärung für den hohen Wirkungsgrad seines Transformators bei niedrigem Schlupf ($w \ll u$)¹¹.

¹⁰ Föttinger, H.: Die hydrodynamische Arbeitsübertragung, insbesondere durch Transformatoren, ein Rückblick und Ausblick. J. STG, 31. Bd., 1930, Verlag von Julius Springer, Berlin.

¹¹ Föttinger zeigt an diesem Gedankenmodell zweier rotierender Rohre, die der hydrodynamischen Kraftübertragung von Rohrsystem I auf Rohrsystem II dienen, dass bei relativ hoher Umfangsgeschwindigkeit u und relativ niedriger Rohrströmungsgeschwindigkeit w ($w \ll u$) ein günstiger Wirkungsgrad erzielbar ist. Denn die in nutzbare Drehleistung umsetzbare Druckhöhe ist u^2 proportional, die Verlustdruckhöhe im Rohrsystem

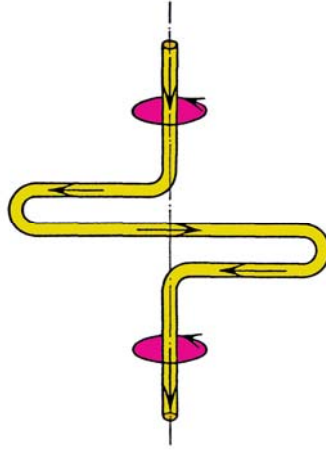


Abb. 10: Versuchseinrichtung zum experimentellen Nachweis des von Föttinger und Kucharski als „Überburbulenz“ bezeichneten Phänomens. Wenn der Rohrmäander rotiert, erhöht sich der Strömungswiderstand um das Mehrfache, was durch besagte Überburbulenz erklärt wurde. Heute würde man diese Effekte als schädliche Sekundärströmungen durch Umlenkung in engen Krümmern, die bei Rotation stark zunehmen, bezeichnen. Föttinger hat daher diese Widerstandsvermehrung durch geeignete Formgebung der Kanalquerschnitte im Wandler wirksam eingeschränkt.

Föttinger führt noch weitere Gründe für den günstigen Wirkungsgrad aus, die hier nicht im Einzelnen erläutert werden können, aber auch noch nach fast 80 Jahren anschaulich das Phänomen des sehr hohen Wirkungsgrades des Transformators erklären.

Schon 1910 hatte Föttinger an einer Transformatorakupplung einen Wirkungsgrad von 95 - 98%, allerdings bei einer erheblich kleineren Leistungsaufnahme als vorausgerechnet, nachgewiesen. Offensichtlich trat bei der Übertragung eine unbekannte Strömungserscheinung auf, die von Walter Kucharski, bereits 1918 analytisch erklärt worden war. Dieses von ihm als Überburbulenz bezeichnete störende Phänomen hat dann Föttinger in einem sinnreichen Versuch in seinem Berliner Institut mit Hilfe eines mäanderförmigen, rotierenden Rohr auch quantitativ von Seelig¹² untersuchen lassen (Abb. 10).

Der Einsatz als Untersetzungsgetriebe großer Leistungen war durch die Zahnradgetriebe, da diese wesentlich größere Übersetzungsverhältnisse ermöglichen als die Föttinger-Transformatoren und die besonders von Blohm & Voss in höchster Präzision schon bald

dagegen ζw^2 , wobei man den Reibungsbeiwert ζ durch geeignete Gestaltung des Rohrquerschnittsverlaufs klein ($\zeta \ll 1$) gestalten kann. Davon profitiert das „geschlossene Kanalsystem“ des Föttingerwandlers im Vergleich zu anderen Strömungsmaschinen mit hohen Austrittsverlusten mit dem damit verbundenen viel größeren Reibungsbeiwert ζ im Diffusorteil.

¹² Seelig, W.: Über das Phänomen der „Rotationsturbulenz“ in rotierenden Rohren und Kanälen, Proc. 3rd Int. Congress of Applied Mechanics, Stockholm, 1930.

gebaut werden konnten¹³, überholt. Als Kupplungen aber, z. B. auf den ersten Großkampfschiffen der Deutschlandklasse mit Dieselmotorantrieb, bewährten sie sich. Nicht zu vergessen ist der Einsatz in den sog. Bauer - Wach Anlagen, die damals sehr populär wurden¹⁴.

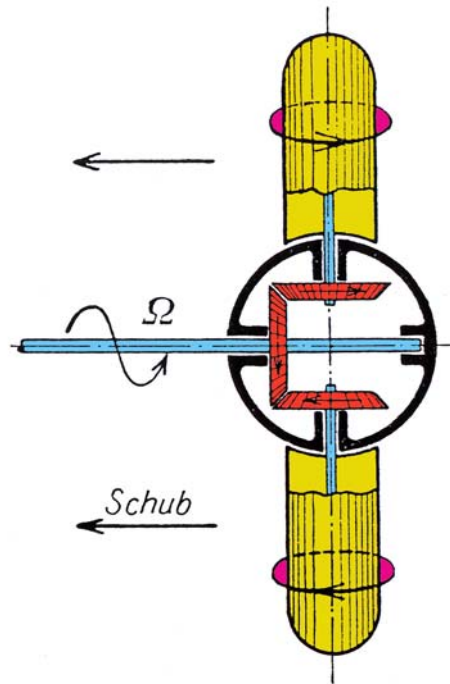


Abb. 11: Föttingers Idee eines Propellers mit Magnus - Rotoren.

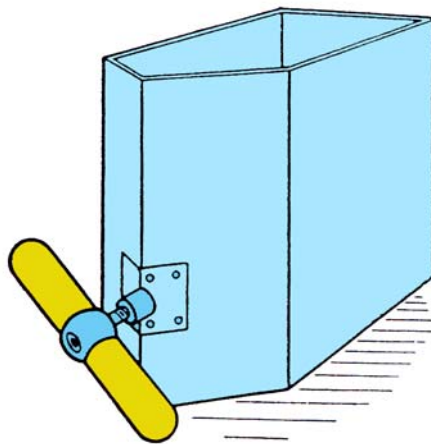


Abb. 12: Föttingers Demonstrationsmodell eines Propellerantriebes mit Rotoren statt der üblichen Flügel

¹³ Blohm & Voss begann bereits 1914 mit der Fertigung von Zahnradgetrieben, sodass das erste Getriebe für den Schlachtkreuzer Mackensen gebaut und erprobt werden konnte, der dann aber durch das Ende des Ersten Weltkrieges bedingt, nicht fertig gebaut werden konnte und 1919 verschrottet wurde. Direkt nach dem Krieg konnte Blohm & Voss zwei Frachter für die HAPAG mit Zahnradgetrieben und entsprechend hergerichteten U-Bootsdieselmotoren der MAN ausrüsten.

¹⁴ Erfindung von Dr. Gustav Bauer und Dr.-Ing. Hans Wach. Um den Wirkungsgrad von Dampfantriebsmaschinen insbesondere durch Ausnutzung des weitestgehend entspannten Dampfes zu verbessern, wurde dieser in eine nachgeschaltete Turbine geleitet. Mit Hilfe eines Getriebes und einer Föttingerkupplung wurde dann diese zusätzliche Leistung an die Propellerwelle abgegeben.

Föttinger war ein fantasievoller Ingenieur und Wissenschaftler. So hat er schon Ende der dreißiger Jahre den Vorschlag einer Kohlenstaubturbine gemacht und den Mitgliedern der STG vorgetragen¹⁵. Über seine Forschungen auf dem Gebiet der Strömungslehre und ihrer Anwendungen hat er dann letztmalig auf der Hauptversammlung der STG 1937 vorgetragen¹⁶. Obwohl die meisten seiner späten Forschungen außerhalb der eigentlichen Schiffstechnik lagen, hat Föttinger in alter Treue zur STG hierüber vor der Gesellschaft berichtet. Die Gesellschaft wiederum hat in gleicher Verbundenheit Föttinger immer wieder darum gebeten.

1952, sieben Jahre nach seinem unglücklichen Tod in Berlin, die STG war dank Prof. Schnadels und Prof. Horns wieder erstanden, wurde Föttingers Wirken durch eine Gedenkrede des damaligen Vorsitzenden der STG, Prof. Schnadel, sowie durch zwei Fachvorträge von der Gesellschaft besonders geehrt.

Daher werden sie verstehen, meine Damen und Herren, dass die STG auch heute noch Hermann Föttinger als einen der Ihren, ja als einen der Besten auch heute noch ansieht und dass damit die Präsenz der STG auf der heutigen Veranstaltung wohl begründet ist.

¹⁵ Die Kohlenstaubturbine auf Grundlage der hydrodynamischen Arbeitsübertragung (Turbo-Übertragung), J. STG, 38. Bd., 1937, Deutsche Verlagswerke Strauß, Vetter & Co., Berlin.

¹⁶ Über einige Forschungsarbeiten aus dem Gebiet der Strömungslehre und ihre Anwendungen, J. STG, 39. Bd., 1938, Deutsche Verlagswerke Strauß, Vetter & Co., Berlin.

Das Föttinger-Prinzip

Die Wurzel für 100 Jahre ungebrochene Innovationskraft

Volker Middelman

Voith Turbo, Crailsheim

Seit mehr als 75 Jahren nutzt man im Hause Voith die Erfindungen Hermann Föttingers. Man lebt mit ihnen, und sie leben mit uns. Ständig werden sie weiter entwickelt. Viele Anwendungen und Produkte sind seit jeher aus ihnen hervorgegangen, auf der Straße ebenso wie auf der Schiene, zu Wasser und sogar in der Luft, produziert in Serien oder als Einzelexemplar. Aus einer kleinen Gruppe von Ingenieuren aus dem Turbinenbau unseres Werkes in Heidenheim, die vor mehr als 75 Jahren begeistert einen neuen Weg der Antriebstechnik gegangen sind, ist ein international tätiger Unternehmensbereich geworden, die Voith Turbo. Generationen von Ingenieuren haben seit damals ihre berufliche Lebensaufgabe in der Hydrodynamik gefunden. Die Wurzeln hierzu legte vor mehr als 100 Jahren Hermann Föttinger. Deshalb bot uns das Jahr 2005 eine willkommene Gelegenheit, das Doppeljubiläum „100 Jahre Föttinger-Prinzip“¹ und „75 Jahre Voith Antriebstechnik“ zu feiern und ein gleichnamiges Buch zu veröffentlichen. Im Vorwort dieses Buches heißt es, „... ohne Föttinger-Prinzip gäbe es Voith Turbo heute wohl kaum..., ... ohne Voith Turbo wäre die geniale Vision Föttingers aber ohne Zukunft geblieben...“. Und im weiteren Verlauf, „... eine Zukunft, die keineswegs abgeschlossen ist, sondern in den großen Herausforderungen unserer Zeit, dem nachhaltig sparsamen Umgang mit unseren Energie-Ressourcen, ihre Fortsetzung finden wird...“. Wie ideenreich und voller Herausforderungen diese Zukunft ist, soll mit diesem Beitrag gezeigt werden.

¹ Schweickert, H. (Hrsgb.): Voith Antriebstechnik. 100 Jahre Föttinger-Prinzip. Springer-Verlag 2005.

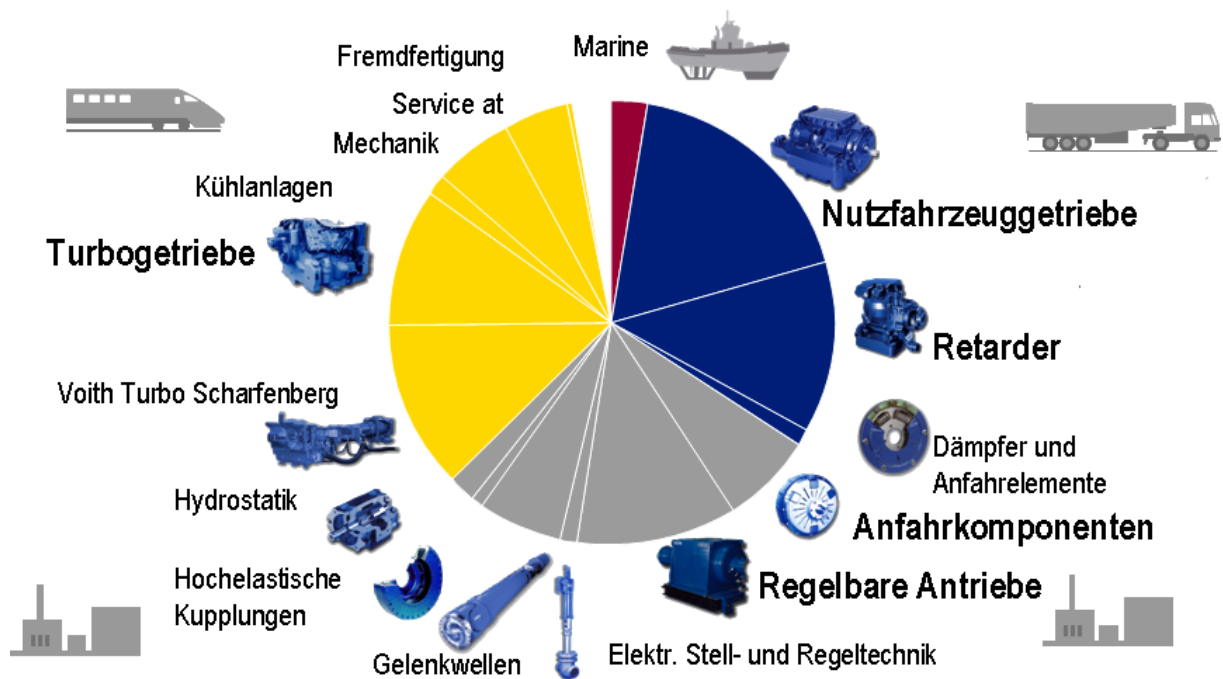


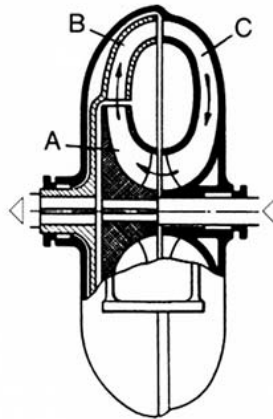
Abbildung 1: Umsatzverteilung Voith Turbo nach Produktgruppen

Die Bedeutung der Hydrodynamischen Antriebstechnik nach dem Föttinger-Prinzip für Voith Turbo verdeutlicht die Umsatzverteilung nach Produkten. Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, sind im Geschäftsjahr 2006-07 ca. zwei Drittel des Umsatzes mit Produkten erzielt worden, dessen Herz eine hydrodynamische Kernkomponente ist (fett unterlegte Produkte).

Wir unterscheiden drei Bauformen der Föttinger-Aggregate (vgl. Abbildung 2), den Wandler, die Kupplung und die Bremse. Der hydrodynamische Drehmomentwandler mit mindestens einer Pumpe, einer Turbine und einem Leitrad ist sicher das bekannteste und am weitesten verbreitete Föttinger-Aggregat. Man findet ihn heute millionenfach in fast jedem Automatikgetriebe eines Pkws als hydrodynamisches Anfahrerelement. Die Grundform dieses Wandlertyps wurde bereits 1928 an der Universität Karlsruhe von den Herren Spannhake, einem früheren Mitarbeiter Föttingers, Kluge und von Sanden entwickelt. Die drei Ingenieure suchten nach einem geeigneten Wandler für Lokomotiven, weshalb der von ihnen geschaffene Wandler auch TRILOK Wandler genannt wird.



*Ur-Patentschrift
Nr. 221 422
vom 24.06.1905*



*Grundschemata des
Föttinger-
Transformators*



Bauformen der Föttinger-Aggregate

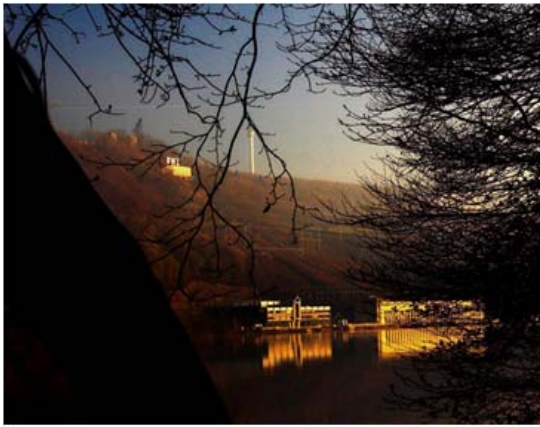
Abbildung 2: Bauformen der Föttinger-Aggregate

Die besondere Bedeutung der Hydrodynamischen Leistungsübertragung für Voith Turbo spiegelt sich nicht nur in der Umsatzverteilung wider, sondern auch in der großen Produktvielfalt. Von 1929 an breitete sich die Hydrodynamische Leistungsübertragung in allen Unternehmensbereichen mit großem Erfolg aus. Dieser Vortrag spannt einen Bogen zwischen den ersten intensiven Kontakten Föttingers mit Voith im Rahmen der Entwicklung des Pumpspeicherkraftwerkes Herdecke über einige Meilensteine der Produktentwicklung bis hin zu den jüngsten Innovationen. Hierzu gehören sowohl unsere Differentialwandler-Getriebe für Busse, das Voith DIWAbus Getriebe, unsere Wasserretarder für LKWs und Busse, das TurboSplit Getriebe für sehr leistungsstarke Diesellokomotiven als auch unser stufenlos verstellbares Überlagerungsgetriebe, der Voith VoreCon, oder unser hochdynamisch regelndes Getriebe für Windkraftanlagen, der Voith WinDrive.

Projekt Pumpspeicherkraftwerk Herdecke, 1927-1930

Föttinger und Voith kommen zusammen

Föttinger hatte bereits 1906 mit Voith in Heidenheim Kontakt aufgenommen und sich nach dem Stand der Technik von Wasserturbinen erkundigt. Aber erst 1927 kam es zu einer gemeinsamen Projektarbeit im Rahmen der Entwicklung des Pumpspeicherkraftwerkes in Herdecke, für das Voith einen Auftrag für die komplette Lieferung der hydraulischen



Altes und neues Maschinenhaus des Köppchenkraftwerkes in Herdecke



Die alte Turbinenhalle, heute ein Museum

Abbildung 3: Projekt Pumpspeicherkraftwerk Herdecke, 1927-1930.

Ausrüstung erhalten hatte. In Abbildung 3 sieht man auf dem linken Foto das alte Maschinenhaus und auf dem rechten Foto die alte Turbinenhalle mit der komplett von Voith gelieferten hydraulischen Ausrüstung. Das Pumpspeicherkraftwerk Herdecke war das erste und lange Zeit modernste Pumpspeicherkraftwerk Deutschlands. Erst 1994 wurde die Anlage stillgelegt und durch eine 150 MW Anlage ersetzt (vgl. Abbildung 3 linkes Foto rechts).

Die große technische Herausforderung war die Gestaltung und Ausführung der Anfahr- und Schaltkupplung für den Speicherbetrieb (vgl. Abbildung 4).

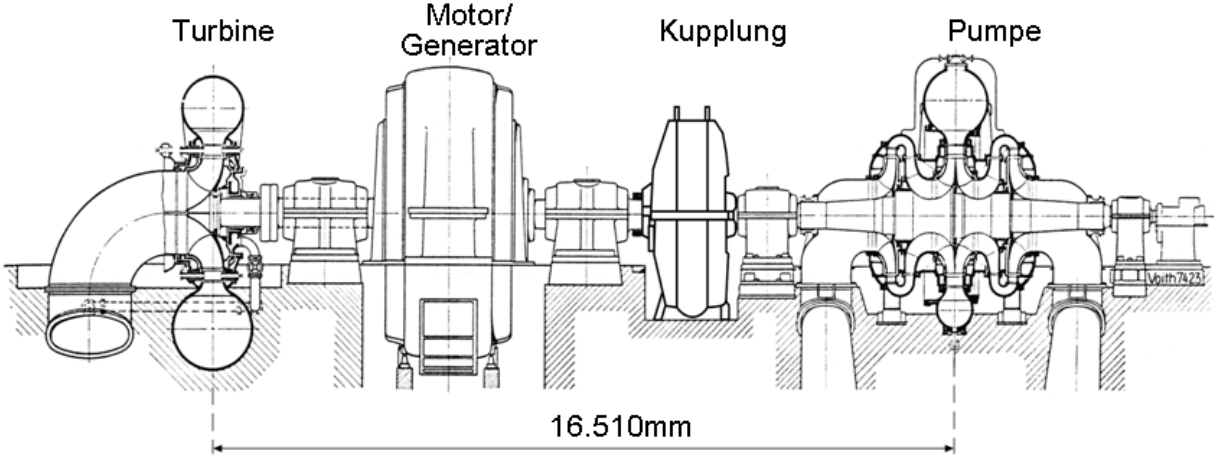
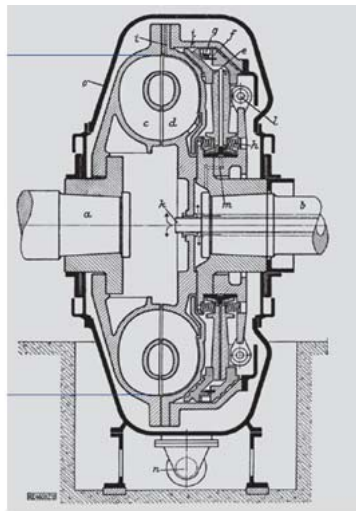


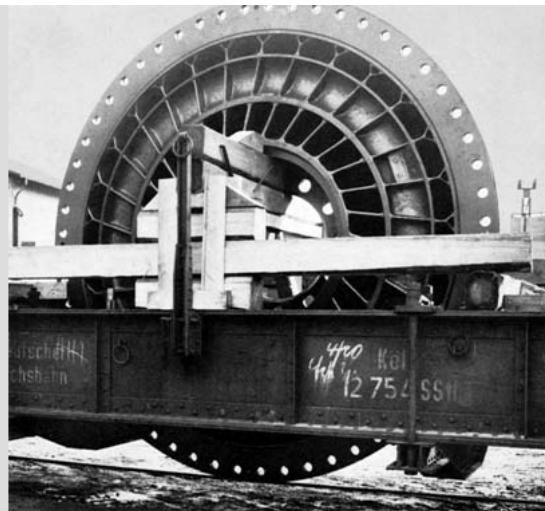
Abbildung 4: Maschinensatz des Pumpspeicherkraftwerk Herdecke

Handwritten meeting minutes in German, dated April 1949, discussing technical details of a coupling and pump system. The text includes technical specifications and references to various components and drawings.

Original eines Sitzungsprotokolls zwischen Föttinger und Voith



Schnittbild der Herdecke Anfahrkupplung



Primärschaufelrad (Pumpe) der Herdecke Anfahrkupplung

Abbildung 5: Entwicklung der Föttinger-Voith Anfahrkupplung für das Pumpspeicherkraftwerk Herdecke

Die für das Pumpspeicherkraftwerk zu entwickelnde Schaltkupplung sollte bei voller Motordrehzahl die voll mit Wasser gefüllte Pumpe mit einer Leistung von 22,5 MW hoch beschleunigen und danach synchronisieren. Kupplungen für derartige Leistungen gab es damals noch nicht.

Föttinger und Voith entschieden sich für den Einsatz einer hydrodynamischen Kupplung. Abbildung 5 zeigt zum einen das Original eines Sitzungsprotokolls zwischen Voith und den damals beteiligten Projektengineeringen und zum anderen in der Mitte die Kupplung im Schnitt mit dem hydrodynamischen Kreislauf links und der mechanischen Überbrückungskupplung rechts. Rechts ist das Primärschaufelrad (Pumpe) abgebildet, auf dem Weg von Heidenheim nach Herdecke.

Voith DIWA Getriebe für Straßenfahrzeuge

Im Jahr 1949 wurde das erste vollautomatische Omnibusgetriebe unter dem Namen DIWAbus vorgestellt. Der Name steht für Differential-Wandler und deutet auf die in Abbildung 6 mittels der Diagramme erläuterte Funktionsweise hin. Die mechanische Eingangsleistung wird mittels eines Verteilgetriebes auf die Pumpe eines Drehmomentwandlers geleitet oder direkt mechanisch weiter geleitet. Die Leistungsteilung erfolgt in Abhängigkeit von der

Ausgangsdrehzahl n_2 . Ist diese 0, so wird die Eingangsleistung zu 100% hydrodynamisch übertragen. Mit steigender Sekundärdrehzahl steigt auch der mechanisch übertragene Leistungsanteil bis schließlich der Wandler mechanisch mit Hilfe der Bremse überbrückt wird.

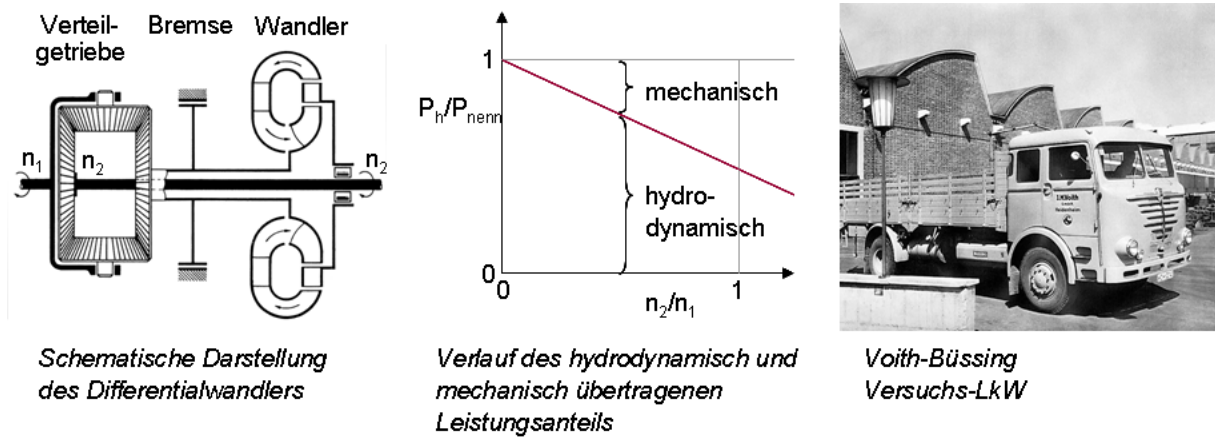


Abbildung 6: Hydrodynamisches Getriebe mit Differentialwandler, Voith DIWAbus Getriebe

Das moderne DIWA.₅ Getriebe, das 2004 vorgestellt wurde, ist ein moderner 4-Gang Automat mit integrierter Retarderfunktion. Die max. Eingangsleistung beträgt 290 kW bei einem max. Eingangsmoment von 1600 Nm (vgl. Abbildung 7).



*MAN Doppeldeckerbus
MAN Lion's City 2005
mit DIWA.₅*

*DIWA.₅
4 Gang Automatikgetriebe
inklusive Retarder*

Abbildung 7: DIWA.₅ Getriebe, ab 2004

Voith Strömungsbremsen (Retarder) für Busse und Lkw

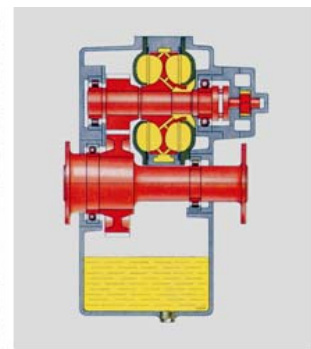
Anfang der 60er Jahre hatte Otto Kässbohrer, der Fabrikant der berühmten Setra-Busse, ein Problem mit der Standfestigkeit seiner mechanischen Bremsen für seine Busse. Als er zufällig, auf einem Bahnhof stehend, die Zügeinfahrt beobachtete, wunderte er sich darüber, dass er keine Quietsch- und Kreischgeräusche der Bremsen hörte. Es gab sie auch nicht mehr. Er erkundigte sich und erfuhr, dass Voith Erfahrungen mit Strömungsbremsen hatte und diese auf Güterzug-Lokomotiven in den Rocky-Mountains einsetzte. Er wandte sich direkt an die Getriebeentwicklung mit folgender Bitte: „... im Omnibusbau ist eine hydraulische Dauerbremse als verschleißlose 3. Bremse ein dringendes Bedürfnis ... die heutigen Radbremsen reichen zwar gerade noch aus, ... sie werden aber bei Dauerbremsungen stark überlastet. ... ich wäre Ihnen dankbar, wenn Sie prüfen würden, ob Sie eine Möglichkeit zur Schaffung einer solchen Vorrichtung sehen ...“



Otto Kässbohrer



Setra Typ S12 mit Retarder B 180
Automobil Ausstellung 1965



Retarder B 180M

Abbildung 8: Voith Strömungsbremsen (Retarder), ab 1965

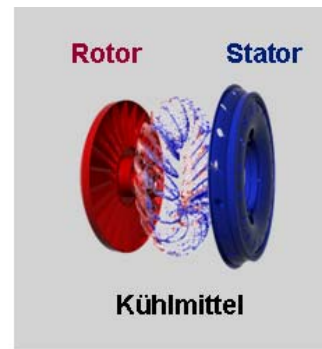
Die Voith Ingenieure prüften und überlegten nicht lange sondern stellten Herrn Kässbohrer einen Prototyp vor, der in einem Setra Typ S12 1965 auf der Automobilausstellung vorgestellt wurde (vgl. Abbildung 8). Bis heute hat Voith ca. eine halbe Million Retarder verkauft. Die modernsten Entwicklungen sind Aquatarde, die mit der Kühlflüssigkeit des Motors arbeiten. Die anfallende Bremswärme wird sofort über das Kühlsystem des Fahrzeugs abgeführt (vgl. Abbildung 9).



*MAN Nutzfahrzeug
mit Voith Aquatarder*



Aquatarder



*Funktionsweise
Aquatarder*

Abbildung 9: Voith Aquatarder, ab 2004

Obwohl Spannhake als Mitarbeiter Föttingers in seinem Prüffeld bereits 1910 einen Retarder benutzte, dauerte es bis in die 60er Jahre, ehe der Retarder sich industriell durchsetzen konnte.

Voith Maxima mit TurboSplit Getriebe

Wie aus verschiedenen Presseberichten bekannt, hat Voith die stärkste Diesellok der Welt entwickelt, die Voith Maxima. Die Motorleistung beträgt bis 4 MW und die mögliche Höchstgeschwindigkeit beträgt 160 km/h. Zur Übertragung derart großer Leistungen und Drehmomente sind sechs angetriebene Achsen notwendig. Nach bisherigem Stand der Technik müsste man zwei Motoren und zwei Getriebe einsetzen. Mit dem Voith Konzept kommt man mit einem Motor und einem Getriebe aus. Das hierzu neu entwickelte TurboSplit Getriebe verteilt die Leistung auf die zwei Drehgestelle der Lok mit den jeweils drei getriebenen Achsen (vgl. Abbildung 10).



Voith Maxima



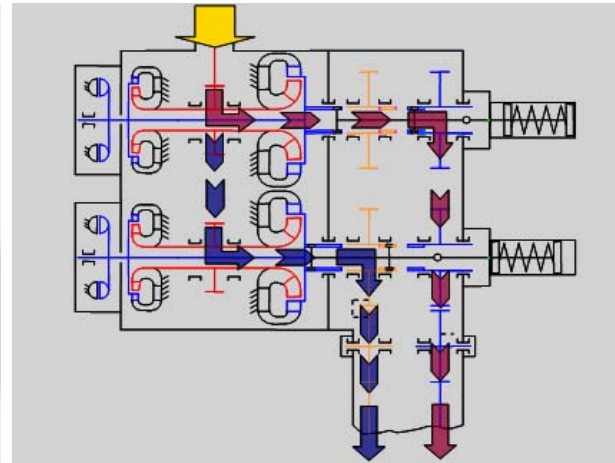
*Voith TurboSplit Getriebe
LS 460 reU2 und KBD 385*

Abbildung 10: Lokfamilie Voith Maxima mit TurboSplit Getriebe

Die gleichmäßige Verteilung der Leistung ist nur mit einem beliebig elastischen Bindeglied möglich, wozu sich ein integrierter hydrodynamischer Wandler besonders gut eignet. Im Falle des TurboSplit Getriebes werden sogar zwei Wandler eingesetzt. Während des Anfahrens erfolgt die Leistungsübertragung mittels eines auf diesen Betriebszustand ausgelegten Anfahrwandlers. Ein zweiter Wandler übernimmt den Fahrbetrieb (vgl. Abbildung 11). Die Umschaltung erfolgt durch Befüllung und Entleerung der Wandler. Überhaupt werden bei diesem Getriebekonzept keine Zahnräder geschaltet.



Voith TurboSplit Getriebe
LS 460 reU2 und KBD 385



Voith TurboSplit Getriebe
Getriebeschema

Abbildung 11: Voith TurboSplit Getriebe

Überlagerungsgetriebe, Voith VoreCon®

Die hydrodynamische Leistungsübertragung ermöglicht einen weiteren Superlativ in der modernen Antriebstechnik.

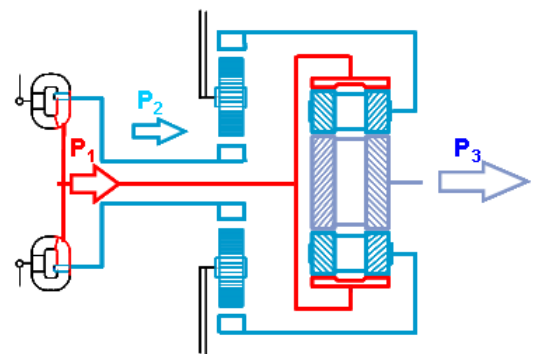
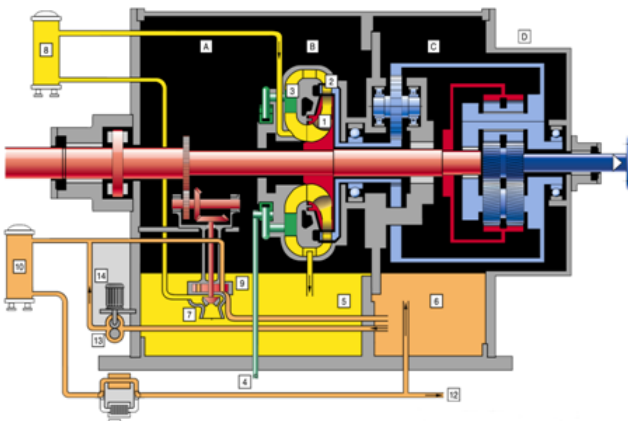


Abbildung 12: Voith Überlagerungsgetriebe (Vorecon®), ab 1985

Mit Hilfe des Prinzips der Leistungsüberlagerung können stufenlos verstellbare Getriebe bis 30 MW und mehr realisiert werden. Das ist weltweit einmalig. Mittels eines hydrodynamischen Drehmomentwandlers mit verstellbaren Leitschaufeln wird ein Teil der mechanischen Eingangsleistung abgezweigt und in einem Umlaufgetriebe wieder überlagert. Somit ist in weiten Betriebsbereichen eine stufenlose Drehzahlwandlung möglich (vgl. Abbildung 12). Benötigt werden derartige Getriebe überall dort, wo zur Förderung großer Stoffströme die Aggregate im optimalen Drehzahlbereich betrieben werden müssen, wie zum Beispiel bei Kesselspeisepumpen im Kraftwerk oder bei Kompressoren und Gebläsen in der Öl- und Gas-Industrie (vgl. Abbildung 13).



Abbildung 13: Überlagerungsgetriebe Voith Vorecon® - Einsatzbeispiele

Getriebe für Windkraftanlagen, Voith WinDrive®

In jüngster Zeit hat sich dieses Getriebekonzept ein völlig neues Einsatzfeld erobert. In Windkraftanlagen drehen die Rotoren mit einer an die Windgeschwindigkeit angepassten Drehzahl. Nur so ist eine optimale Ausnutzung der Windenergie möglich (vgl. Abbildung 14 mittleres Diagramm). Die aus dieser variablen Drehzahl erzeugte elektrische Leistung wird mit Frequenzumrichtertechnik auf die konstante Netzfrequenz gewandelt. Die hierzu erforderlichen Komponenten sind teuer, relativ schwer und im Vergleich zu der hier vorgestellten Technologie störungsanfällig. Zudem, und das ist der wesentliche Punkt, ist die erzielbare Stromqualität mit den nicht zu vermeidenden Oberwellen unbefriedigend. Die Netzbetreiber wünschen sich zur Stromerzeugung einfache und robuste Synchrongeneratoren, wie sie auch in konventionellen Kraftwerken eingesetzt werden. Voraussetzung hierzu ist, dass die variable Rotordrehzahl in eine konstante Generatordrehzahl gewandelt wird. Hierzu

ist ein sehr schnell verstellbares Getriebe notwendig.



Aufbau der ersten Windkraftanlage mit Voith Windrive® im Dezember 2006

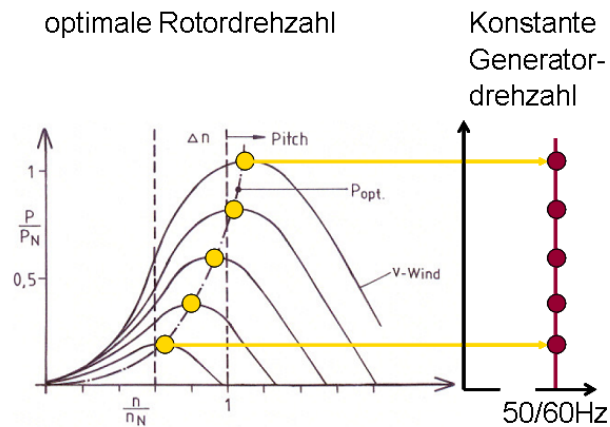


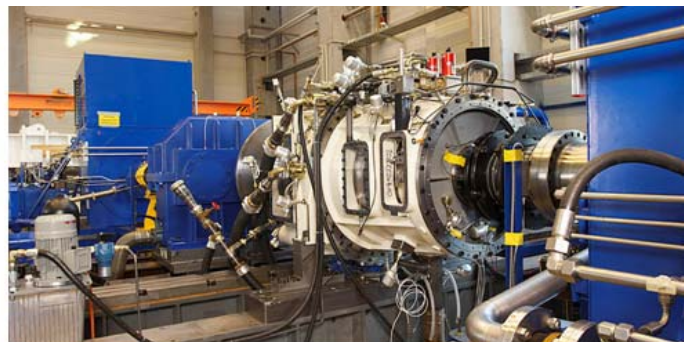
Diagramm zur Bestimmung der optimalen Rotordrehzahl als Funktion der Windgeschwindigkeit

Abbildung 14: Grundidee für den WinDrive®

Der WinDrive, der sich das oben beschriebene Funktionsprinzip der Leistungsüberlagerung zu Nutze macht, erfüllt diese Anforderungen in idealer Weise. Erste Windkraftanlagen sind mit dieser neuen Technologie ausgerüstet und befinden sich in der Erprobungsphase (vgl. Abbildung 15).



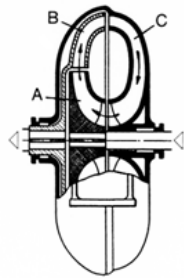
Montage des ersten WINDRIVE® Prototyp in der Gondel im Dezember 2006



Erster WINDRIVE® auf dem 6,3MW Getriebeprüfstand in Crailsheim

Abbildung 15: Getriebe für Windkraftanlagen

Die Entwicklung der hydrodynamischen Antriebstechnik bei Voith war stets und wird auch in Zukunft gekennzeichnet sein durch ein kreatives Spannungsfeld zwischen Markt und Technologie.



Die Herkunft:
*Ur-Patent mit Entwurfszeichnung
 Motorschiff „Föttinger Transformator
 1909 von Stettin nach Hamburg*



**WinDrive;
 Getriebe für
 Windkraftanlagen**



**TurboSplit;
 Getriebe für Loks
 mit hoher Leistung**

**Diwa.5 Automatik-
 getriebe und
 Retarder für
 Lkw und Busse**



Die Zukunft
*Moderne und innovative Produkte nach
 dem Föttinger Prinzip*

Abbildung 16: Zukunft hat Herkunft

Nur so können wir sicher sein, dass immer wieder neue Produkte entstehen, die alte und neue Probleme noch ein bisschen besser lösen. So entstanden, auch 100 Jahre nach der Patentanmeldung Hermann Föttingers, gerade auch in jüngster Zeit so innovative Produkte wie der hoch dynamisch regelnde Windrive für Windkraftanlagen, das Turbosplit Getriebe für die stärkste Diesellokomotive der Welt oder das moderne DIWA.5 Getriebe für Busse oder der Aquatarder für Busse und Lkw.

Unsere Zukunft hat Herkunft. Hierüber sind wir stolz und Hermann Föttinger zu Dank verpflichtet.

Von Hermann Föttinger zum Hermann-Föttinger-Institut

H.H. Fernholz und A. Leutz

Die Entwicklung der Strömungsforschung an der Technischen Hochschule bzw. der Technischen Universität Berlin wurde über ein halbes Jahrhundert vor allem von zwei Persönlichkeiten geprägt, von 1924 bis 1945 von Hermann Föttinger (Bild 1) und ab April 1946 bis Dezember 1973 von Rudolf Wille (Bild 2), Föttingers letztem Oberingenieur.



Bild 1: Prof. Dr.-Ing. Hermann Föttinger¹

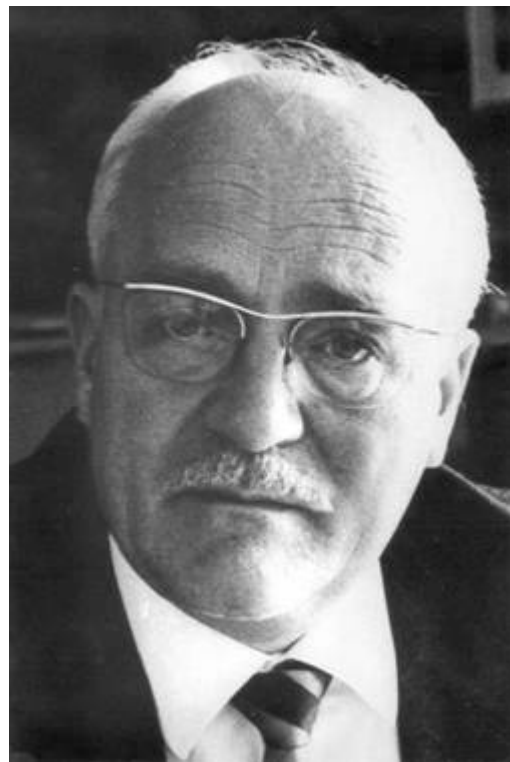


Bild 2: Prof. Dr.-Ing. Rudolf Wille

Der kurze geschichtliche Abriss, den Wille über das Hermann-Föttinger-Institut für Strömungstechnik (HFI) 1951 anlässlich der Gedenkfeier zum 75. Geburtstag Föttingers gab, schloss mit den folgenden Worten:

„Beim Tode Hermann Föttingers am 28. April 1945 waren seine Wirkungsstätten an der damaligen Technischen Hochschule Charlottenburg bereits durch Kriegseinwirkung zerstört: die Versuchsanstalt für Strömungsmaschinen auf der Schleuseninsel im Tiergarten und der Windkanal auf dem Hochschulgelände an der Hardenbergstraße ...“.

¹ Bild von A. Braatz, mit freundlicher Genehmigung der Familie von Gerhard Lentz, einem wissenschaftlichen Mitarbeiter Föttingers der Jahre 1934/35.

Nach der Wiedereröffnung der Hochschule im Jahre 1946 verlieh der Senat der Technischen Universität der Forschungsstätte auf dem Gebiet der Strömungslehre den Namen „Hermann-Föttinger-Institut für Strömungstechnik“. Durch diese Namensgebung sollte in Erinnerung bleiben, dass der große Ingenieur und Lehrer, der Schöpfer des hydrodynamischen Drehmomentwandlers, die Strömungstechnik als selbständige Unterrichts- und Forschungsdisziplin an einer Technischen Hochschule einführte“.

Wille, der seit 1935 mit Hermann Föttinger zusammengearbeitet und über die „Mechanik der Flüssigkeiten“ an der TUB seit 1946 gelehrt hatte, wurde 1954 Föttingers Nachfolger auf dem Lehrstuhl für Strömungslehre und Direktor des Hermann-Föttinger-Instituts. Unter seiner Leitung ist das heutige Institutsgebäude in den Jahren 1954 bis 1956 am Gartenufer 8 (heute: Müller-Breslau-Str. 8) errichtet worden.

1956 gründete die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) das Institut für Turbulenzforschung und bestellte R. Wille zum Institutsdirektor. Die Symbiose beider Institute bestand, zwar in modifizierter Form, bis nach der Jahrtausendwende.

Hermann Föttinger nahm zum 1. Oktober 1924 den Ruf zum ordentlichen Professor für Strömungsphysik an der Technischen Hochschule Berlin an (Fachabteilung Maschineningenieurwesen und ab 1925 Fachabteilung Schiff-, Schiffsmaschinen- und Luftfahrzeugbau). Für das Wintersemester 1924/25 kündigte er zwei Vorlesungen an: Einführung in die allgemeine Strömungslehre (Technische Hydro- und Aerodynamik [4-std.] und Sondergebiete der technischen Strömungslehre [3-std.]. Über die Ausstattung mit Personal (1 Assistent) und Sachmitteln sowie über Laborraum geben die Berufungsverhandlungen keine definitive Auskunft, aber 1927 werden im Vorlesungsverzeichnis folgende Einrichtungen erwähnt, denen Hermann Föttinger vorstand:

- der Lehrstuhl für Strömungslehre und Turbomaschinen,
- die Versuchsanstalt für Strömungsmaschinen (auf der Schleuseninsel),
- das Institut für Technische Strömungsforschung und
- die Forschungs- und Prüfungsanstalt für Windkraftanlagen.

Föttinger war nach dem 1. Weltkrieg 1919 aus der Industrie an die TH Danzig zurückgekehrt, und seine Forschungsthemen aus der Strömungsphysik, die er nach Berlin mitbrachte, spiegeln sich in den Titeln seiner wissenschaftlichen Vorträge wider:

- Fortschritte der Strömungslehre im Maschinenbau und Schiffbau (Antrittsvorlesung, TH Berlin 1924) mit den Themen: Abweichen des Strömungsverhaltens von Potentialströmungen (Ablösungen); Darstellung von Strömungen durch Quellen- und Senkenverteilungen, Vektorintegratoren; Vergleichsversuche über den Luftwiderstand von Schiffmodellen; Der Magnuseffekt und seine Anwendung zur Propulsion.
- Hydraulische Probleme (Göttingen 1924): Untersuchungen über Kavitation und Korrosion bei Turbinen, Turbopumpen und Propellern.
- Über allgemeine Stabilitätseigenschaften der Potentialströmungen mit und ohne Zirkulation (ICTAM, No. 2, Zürich 1926).

1936 berichtet Föttinger über Arbeiten des Instituts für Technische Strömungsforschung an der TH Berlin mit den folgenden Themen (in Auswahl):

- Über die Flüssigkeitsreibung umlaufender Scheiben, Zylinder und Rollkörper (Zumbusch et al., 1937).
- Der Einfluss der endlichen Schaufelzahl und der Wirbel mit Radienübertreibung (vgl. Weinig, 1935).
- Berechnung von Kaplan-turbinen und Kreiselpumpen (Pantell, 1933 u. 1934).
- Bauelemente einer nassen Gasturbine (Eicke).
- Entwicklung eines Windmotors hoher Schnellläufigkeit mit gutem Anlaufvermögen (Conrad).
- Turbogetriebe für Triebwagen und Schienenomnibusse.
- Erforschung der räumlichen Spülströmungen verschiedenster Zweitakt-Bauarten (Eicke, Conrad, Wille).
- Luftwiderstand der Borsig-Stromlinienlokomotive und bei unterschiedlichen Schnellzugwagen im Zugverband (Vogelpohl, 1934 u. 1935).
- Rauchgasführung unter Verwendung von Leitflächen (Conrad).

Diese und weitere Forschungsarbeiten wurden beispielhaft als Dissertationen von Föttingers Mitarbeitern veröffentlicht:

- Fritz Weinig: Über die graphische Berechnung der Strömungsverhältnisse und der Leistungsaufnahme in einem gegebenen Turbinenrad (1929).
Weinig, später selbst Professor, war Föttingers Theoretiker und – heute würden wir sagen – „Numeriker“.

- Fritz Gutsche: Versuche über die Profileigenschaften der Blattschnitte von Schiffsschrauben und Einfluss auf deren Entwurf und Auswertung (1933).
- Georg Vogelpohl: Beiträge zur Kenntnis der Gleitlagerreibung (1936).
- Ulrich Noetzelin: Beiträge zur Frage der Windmessung am Boden unter besonderer Berücksichtigung der Böenmessung (1939).
- Rudolf Wille: Die Anwendung des Modellverfahrens zur Klärung des nichtstationären Spülstromverlaufs im Zylinder einer Zweitakt-Verbrennungskraftmaschine (1942).
- Mintscho Popoff: Ähnlichkeitsuntersuchungen über die Zerstäubung von Flüssigkeiten (1943).

Popoff hat noch nach dem Krieg mit Wille zusammengearbeitet, und Eugen Klein hat experimentelle Arbeiten über die Zerstäubung von Flüssigkeiten von 1954 bis 1979 weitergeführt.

Zum Forschungsprogramm und zur Finanzierung der Arbeiten bemerkte Föttinger in einer Sitzung des Fachausschusses für Strömungsforschung (19.10.1938 in Göttingen):

„Das Forschungsprogramm unseres kleinen Instituts will der wissenschaftlichen Bearbeitung und Vertiefung technischer Strömungsprobleme dienen und besonders die Erkenntnis verwandter, aber einander fremder Gebiete wechselseitig austauschen.

Unser stilles Ziel ist es, den Weg von der Differential- oder Integralgleichung über die Integrationsmaschine bis zur Schaffung neuer Bauformen zu Ende zu gehen.

Ein stillschweigender Wunsch ist es auch zu zeigen, wie – im Gegensatz zu der oft himmelschreienden Verschwendung – oft mit einfachem u. billigem Aufwand materieller u. personeller Art grundlegende Erkenntnisse u. Bauformen geschaffen werden können.

Bei der schlechten staatlichen Bezahlung leidet das Institut empfindlich unter Mangel an Arbeitskräften und Handwerkern, Hilfskräfte, Laboranten und Techniker fehlen ganz. So wird der einzelne Forscher dauernd von seinem eigenen Thema weggeholt, zum Kameraden, oder an die Drehbank und den Schraubstock.

Infolge der häufigen und langen Unterbrechungen wird das Vorankommen der Arbeiten äußerst behindert.“

Neben seinen vielseitigen Forschungsaktivitäten beschäftigte sich Föttinger immer wieder mit den Anwendungsmöglichkeiten seines Turbomechanischen Getriebes, was u. a. auch zum Bau eines Prototyps für die Anwendung im Automobil führte. 1934/35 fanden Fahrten mit

dem in Bild 3 gezeigten Fahrzeug statt, das eigentlich nur aus einem Mercedes-Chassis mit aufgesetzten Holzbänken bestand.



Bild 3: Gerhard Lentz am Steuer des Föttingerschen Versuchswagen²

In der zweiten Hälfte der dreißiger Jahre begann am Institut die Forschung über die räumliche Spülströmung bei verschiedenen Zweitaktmotoren und Viertaktmotoren. Die Arbeiten erfolgten in Zusammenarbeit mit der Humboldt-Deutz Motoren AG, bei der Wille nach seinem Diplom bei Föttinger von 1936 bis 1939 tätig war. Bei Kriegsausbruch wurde Wille Föttingers Assistent und 1942 Oberingenieur am Institut für Technische Strömungsforschung als Nachfolger von Georg Vogelpohl. In dieser Zeit gehörten zu Willes Aufgaben die Forschung an Einlasskanälen von Flugmotoren, Windkanaluntersuchungen von Triebwerkseinläufen für Daimler-Benz und die Entwicklung von Düsen zur Flüssigkeitszerstäubung.

Unter Föttingers Leitung stand auch die Versuchsanstalt für Strömungsmaschinen mit dem Oberingenieur Dozent Dr.-Ing. Kurt Pantell. Hier beschäftigte man sich mit dem Entwurf von Wasserkraftmaschinen und Turboarbeitsmaschinen

Für das Pumpspeicherwerk Herdecke wurden auf der Grundlage eines Föttinger-Patents in Zusammenarbeit mit VOITH (Heidenheim) zwei Voith-Föttinger-Schaltkupplungen mit einer Leistung von je 35.000 PS gebaut, und Föttinger hat in Zusammenarbeit mit der AEG weitere Flüssigkeitsgetriebe entwickelt, so z.B. das Getriebe für einen Kruckenbergischen

² Bild von A. Braatz, mit freundlicher Genehmigung der Familie von Gerhard Lentz, einem wissenschaftlichen Mitarbeiter Föttingers der Jahre 1934/35, der damals als einziger Mitarbeiter Föttingers einen Führerschein besaß und so den Versuchswagen fahren konnte.

Schnelltriebwagen mit einem 600-PS-Maybach-Motor. Das Originalgetriebe ist heute im Verkehrsmuseum Dresden zu sehen.

Das Vorlesungsverzeichnis der TH Berlin weist bezüglich der Lehre für das Wintersemester 1944/45 folgende Vorlesungen aus, die unter dem Namen Föttingers und eines Assistenten, Hermann, aufgeführt waren:

Turboarbeitsmaschinen I und II, Entwerfen von Wasserkraftmaschinen und Turboarbeitsmaschinen sowie Technische Strömungslehre I bis III.

Mit dem Kriegsende und Föttingers Tod durch einen Granatsplitter am 28.4.1945 enden Forschungs- und Lehrtätigkeit auf dem Gebiet der Strömungsforschung, da alle bestehenden Arbeitsverhältnisse – auch die der beamteten Hochschulangehörigen – am 8.5.1945 aufgehoben worden waren. Wertvolle Messgeräte, Werkstatteinrichtungen und Gebläseanlagen (Messstände) waren bei der Überführung nach Braunschweig auf dem Mittellandkanal festgehalten worden und gingen in den Wirren der ersten Monate nach Kriegsende verloren (Wille 1951).

Wille gehörte als Mitglied des Mittelbaus dem vorbereitenden Ausschuss zur Wiedereröffnung der Technischen Hochschule Berlin an (Mai 1945 bis April 1946).

Dem mit der Eröffnung der Technischen Universität Berlin neu gegründeten Hermann-Föttinger-Institut für Strömungstechnik wurden die „koordinierten Lehrstühle“

Mechanik der Flüssigkeiten (a. o. Prof. Dr.-Ing. R. Wille) und

Wasserkraftmaschinen und Turboarbeitsmaschinen (a. o. Prof. Dr.-Ing. K. Pantell) zugeordnet.

Damit wurden zwei der drei Forschungseinrichtungen des alten Föttingerschen Instituts fortgeführt. Die Forschungs- und Prüfungsanstalt für Windkraftanlagen wurde offenbar aufgegeben, denn ihr letzter Verwalter, Dipl.-Ing. E. Fitz, nahm im Jahre 1948 eine Stelle in Lille an.

1948/49 ist Wille als British Council Fellow am Trinity College der Universität Cambridge tätig, hält eine Gastvorlesung am Department of Engineering und lernt G.K. Batchelor (ebenfalls Trinity College) kennen, der sein Interesse an der Erforschung der Turbulenz weckt. Dies führt in Berlin zur Entwicklung eines Konstant-Temperatur-Hitzdrahtgerätes (O.

Wehrmann, 1955 1958) zur Untersuchung von Freistrahlen. Dies sind zusammen mit experimentellen Untersuchungen von nicht-newtonschen Flüssigkeiten (elasto-viskosen Fluiden) Probleme der Grundlagenforschung. In den Jahren 1946 bis 1949 musste die Forschung laut einem Bericht von Wille (1951) zurücktreten hinter Lehre, Aufbau von Vorlesungsexperimenten und Fachbibliothek sowie der Anschaffung von Messgeräten für experimentelle Studien- und Diplomarbeiten an einer Rohrmessstrecke.

Wille stellt ferner fest: „Die Not hat das HFI auf die ausschließliche Grundlagenforschung gewiesen; doch diese Not enthält auch eine Tugend, denn das Baconsche ‚dissecare naturam‘ ist stets das fruchtbarste Motto der Wissenschaft geblieben“.

Im Jahr 1954 wird R. Wille zum Ordinarius für Strömungslehre und Direktor des Hermann-Föttinger-Instituts für Strömungstechnik ernannt. Im Dezember 1956 gründet die DVL ihr Institut für Turbulenzforschung an der TU Berlin und ernennt R. Wille zum wissenschaftlichen Leiter. So findet die unter Föttinger schon bestehende Zusammenarbeit zwischen den beiden Institutionen (Föttinger gehörte lange Jahre dem DVL-Vorstand an) ihre praktische Fortsetzung. Beide Einrichtungen befinden sich seit dem 20. August 1956 in einem Instituts-neubau am Gartenufer 8 (heute: Müller-Breslau-Str. 8), dem heutigen Hermann-Föttinger-Gebäude.



Bild 4: Ansichten des Hermann-Föttinger-Gebäudes

Wichtige Forschungsthemen dieser Jahre sind Transitionsphänomene in Freistrahlen (Wille, Wehrmann und Fabian, 1956) und Hitzdrahtmessungen in freien Grenzschichten (Kármánschen Wirbelstraßen von Wille und Wehrmann, 1957). Wille behandelt das Thema Wirbelstraßen in zwei Übersichtsartikeln (1960 u. 1961) und Berger vertiefend in seiner Dissertation (1963).

Mit der Entwicklung der Transistortechnik Ende der 50er Jahre ließen sich erstmals einfache und zuverlässige Schaltungen für die CT(constant temperature)-Hitzdrahtmesstechnik zur Regelung des Hitzdrahtes auf konstante Integraltemperatur realisieren. Die Gerätegrundlagen legten Wehrmann (1955, 1958) und Froebel (1964) und die zugehörige elektronische Regelungstechnik wurde von Berger, Freymuth und Froebel (1963) und Freymuth (1966) entwickelt. Diese Entwicklung wurde durch Zusammenarbeit der beiden „Zwillingsinstitute“ unter R. Wille Leitung möglich, wobei in diesem Zeitraum am DVL-Institut vorwiegend Grundlagenforschung und am HFI mehr praxisorientierte Forschung betrieben wurde. Zu den Themen, welche besonders die Praxis interessierten, gehörten die Kühlung von Formen für Glasflaschenbearbeitungsmaschinen (Wille 1955 u. 1959) und die Strömungsvorgänge an Schiffsschornsteinen (Wille, 1960).

1959 erfolgte die Zuordnung des Fachgebietes von K. Pantell unter dem Titel Hydromechanische Turbomaschinen an R. Wille. Die Vorlesungen wurden von 1961 bis 1970 von PD Dr.-Ing. C. Schreck gehalten. Die Forschung auf diesem Gebiet ist dokumentiert durch Veröffentlichungen von Wille (1955 u. 1956) sowie beispielhaft in Dissertationen von Protič (1961), Hönnmann (1961) und der Habilitationsschrift von Schreck (1961). Ein Schwerpunkt in diesem Bereich ist die Entwicklung von geräuscharmen Ventilatoren mit hohem Wirkungsgrad, vgl. Wille (1961) und Wikström (1964).

Stabilitätseigenschaften von laminaren Strömungen und der laminar-turbulente Übergang waren zwei wichtige Themenkreise von Wille und seinen Mitarbeitern. Mit der gerade entwickelten Hitzdrahtmesstechnik war es möglich, den laminar-turbulenten Übergang zu untersuchen (z. B. Domm et al., 1956, Wille und Wehrmann (1957) und Wille (1963, 1966) sowie etwas später Michalke und Wille (1964) und Freymuth (1966).

Wichtige theoretische Untersuchungen zur Stabilität von freien Scherschichten veröffentlichten Schade (1962), Michalke (1963), Michalke und Schade (1963), Michalke (1965, 1965), Freymuth (1966) und Michalke und Timme (1967).

Aus der Erforschung von Stabilität und Umschlag laminarer Strömungen ergaben sich Untersuchungen zur Beeinflussung von Strömungen wie z. B. zur Unterdrückung der periodischen Wirbelströmung der Kármánschen Wirbelstraße (Berger, 1964), zur Reduktion der Ausbreitung eines gekrümmtem Wandstrahls normal zur Wand (Fernholz, 1966) oder zur

Steuerung eines ebenen turbulenten Freistrahls durch Schall (Bechert, 1969) bzw. durch eine seitliche Strömung oder Schneide (Bechert, 1969).

Wille gehörte zu den Gründungsmitgliedern der European Mechanics Colloquia 1964 und veranstaltete das erste Kolloquium 1965 mit dem Thema „Grenzschichten und Wandstrahlen an stark gekrümmten Wänden“ (Wille und Fernholz, 1965).

Es muss an dieser Stelle dankbar darauf hingewiesen werden, wie stark Wille auch die Zukunft der von ihm geleiteten Institute bestimmt hat, indem er seinen Mitarbeitern Arbeits- und Entwicklungsmöglichkeiten geboten hat, die weit über das zu dieser Zeit Übliche hinausgingen.

Von den sechs Habilitanden Willes sind folgende Lehr- und Forschungsgebiete vertreten worden:

C. Schreck (Strömungsmaschinen),

H. Schade (Strömungslehre und Stabilitätstheorie),

H. Fernholz (Grenzschichttheorie),

H. Fiedler (Freie turbulente Strömungen),

E. Berger (Magnetohydrodynamik und strömungserregte Schwingungen) und

A. Michalke (Gasdynamik und Aeroakustik).

Dadurch wurde der Ordinarius von manchen Aufgaben entlastet, war aber in die Organisation der Forschung und die Verwaltung als Direktor der zwei Institute bis zu seinem Tod voll eingebunden.

In den Jahren 1964 bis 1973 konnte R. Wille ehrenvolle Einladungen als Gastprofessor an der Universität Cairo, am MIT in Cambridge, Mass., am Engineering Laboratory der Universität Cambridge, England und am Indian Institute of Technology in Madras wahrnehmen. Hierdurch wurden viele Auslandskontakte für das HFI und die Technische Universität Berlin geknüpft (z. B. das langjährige Austauschprogramm mit dem MIT).

Seine Fähigkeiten als Administrator und die Originalität seines Denkens für die Technische Universität hat er zu Beginn und am Ende seiner akademischen Laufbahn besonders unter Beweis gestellt: Als Assistent des Rektors W. Kucharski (mit dem Föttinger noch aus der

Stettiner Zeit eng verbunden war) im August 1945 in der Gründungsphase der Technischen Universität Berlin und als Prorektor und erster Vizepräsident der TU Berlin von Oktober 1968 bis Mai 1970, in einer Zeit, als der Gegensatz zwischen Studenten und Assistenten und der Mehrheit der Hochschullehrer besonders groß war.

Eine Übersicht über die Lehr- und Forschungstätigkeit und die Entwicklung des HFI nach Willes Tod enthalten die von 1973 bis 1996 in zweijährigem Turnus erschienenen Institutsberichte.

Literatur

Die Publikationsliste Föttingers ist im Internet zu finden unter:

<http://www.hfi.tu-berlin.de/Foettinger/docs/publikationen.pdf>

Im Folgenden ist eine Literaturlauswahl aus den Jahren 1951 bis 1969 angegeben:

Bechert, D.:

Zweidimensionale Strahlsteuerung. Teile I, II und III: Ein ebener Freistrahle in einer stationären seitlichen Strömung, Theorie. DLR-FB 69-11, 69-12 und 69-13, 1969.

Berger, E.

Die Bestimmung der hydrodynamischen Größen einer Kármánschen Wirbelstraße aus Hitzdrahtmessungen bei kleinen Reynoldsschen Zahlen. Dissertation, TU Berlin (D 83), 1963

Berger, E., Freymuth, P., Froebel, E.:

Anwendung der Regeltechnik bei der Entwicklung eines Konstant-Temperatur-Hitzdrahtanemometers. Teile I und II. DVL-Bericht Nr. 282 und 283, 1963.

Berger, E.:

Unterdrückung der laminaren Wirbelströmung und des Turbulenzeinsatzes der Kármánschen Wirbelstraße im Nachlauf eines schwingenden Zylinders bei kleinen Reynoldszahlen. Jahrb. Wiss. Ges. Luft- u. Raumf., 164-172, 1964.

Domm, U., Fabian, H., Wehrmann, O., Wille, R.:

Contributions on the mechanics of laminar-turbulent transition of flow. Air Force Office of Scientific Research Technical Report (AFOSR TR) 56-9, Armed Services Technical Information Agency (ASTIA) Document AD 82004. 1956.

Fernholz, H.:

Zur Umlenkung von Freistrahlen an konvex gekrümmten Wänden (Coanda-Effekt).
DLR-FB 66-21, 1966.

Freytmuth, P.:

Über die Anfachung von Strömungen in abgelösten laminaren Grenzschichten, Diss.
TU Berlin, 1965, DLR-FB 66-02, 1966.

Freytmuth, P.:

Über einige spezielle Probleme der Hitzdrahtmeßtechnik. DLR-FB 66-03, 1966.

Freytmuth, P.:

On transition in a separated laminar boundary layer. *J. Fluid Mech.* **25**, 683-704,
DVL-Bericht 538, 1966.

Froebel, E.:

Konstruktion eines neuen CT-Hitzdrahtanemometers. DLR-Mitteilungen 64-04, 52-
64, 1964.

Hönmann, W.:

Untersuchung der Grenzschichtablösung im Saugraum eines Radialventilators. Diss.
TU-Berlin, 1961, *Heiz.-Lüft.-Haustechnik* **13**, 113-119, 155-157, 176-181, 260-266,
1962.

Michalke, A.:

On the instability and non-linear development of a disturbed shear layer. *Technical
Note 2*. Office of Aerospace Res. United States Air Force, 1963.

Michalke, A., Schade, H.:

Zur Stabilität von freien Grenzschichten. *Ing.-Arch.* **33**, 1-23, 1963.

Michalke, A., Wille, R.:

Strömungsvorgänge im laminar-turbulenten Übergangsbereich von
Freistrahlgrenzschichten. Proc. 11th Intern. Congr. Applied Mechanics, Munich,
1964.

Michalke, A.:

Vortex formation in a free boundary layer according to stability theory. *J. Fluid Mech.*
22, 371 – 383, 1965, 1965.

Michalke, A.:

On spatially growing disturbances in an inviscid shear layer. *J. Fluid. Mech* **23**, 521-
544, 1965, 1965.

Michalke, A., Timme, A.:

On the inviscid instability of certain two-dimensional vortex-type flows. *J. Fluid Mech.* **29**, 647-666, 1967.

Protič, Z.:

Beitrag zur optimalen Auslegung freiausblasender, leitradloser Axialventilatoren. Diss. TU Berlin (D 81), 1961.

Schade, H.:

Zur Stabilitätstheorie axialsymmetrischer Parallelströmungen. Diss. TU Berlin, 1961, *Ing.-Arch.* **31**, 301-316, 1962.

Schreck, C.:

Grundlagen der hydodynamischen Maschinen – Entwurf einer Vorlesung. Habil.Schrift, TU Berlin, 1961.

Wehrmann, O.:

Die Messung von instationären Geschwindigkeitsverläufen in Flüssigkeiten und Gasen mittels der Hitzdrahtmethode. *VDI-Berichte* **3**, 105f, 1955.

Wehrmann, O.:

Methoden und Anwendungen der Hitzdraht-Meßtechnik für Strömungsvorgänge. *Konstruktion* **10**, 299-307, 1958.

Wikström, B.:

Beitrag zur zweckmäßigen Bestimmung und Darstellung des Ventilatorgeräusches als Grundlage für akustische Berechnung von Lüftungsanlagen. Diss. TU Berlin (D 81), 1964.

Wille, R.:

Das Hermann-Föttinger-Institut für Strömungstechnik an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg. *HANSA* 88, Nr. 23/24, 1951.

Wille, R.:

Methoden der Formenkühlung an Glasverarbeitungsmaschinen. *Glastechn. Ber.* **28**, 351-359, 1955.

Wille, R.:

Gebälse für Dampfkesselanlagen. *Das Echo der Deutschen Industrie*, 16-19, Okt. 1955.

Wille R.:

Neuzeitliche Ventilatorenentwicklung. *Heiz.-Lüft.-Haustechnik* **7**, 75-79, 1956.

- Wille, R.:
Luftkühlung von Glasformen. *Glastechn. Ber.* **32K**, II/26-II/32, 1959.
- Wille, R.:
Strömungsvorgänge an Schiffsschornsteinen. *Jahrb. Schiffbautechn. Ges.* **54**, 153-174, 1960.
- Wille, R.:
Hermann-Föttinger-Institut für Strömungstechnik. Verfahrenstechnik im In- und Ausland. Herausg. Verfahrenstechnische Gesellschaft im VDI Frankfurt, 1961.
- Wille, R.:
Kármán vortex streets. *Adv. Appl. Mech.* **6**, 273-287, Acad. Press, New York, 1960.
- Wille, R.:
Kármánsche Wirbelstraßen, *ZfW* **9**, 150-155, 1961.
- Wille, R.:
Growth of velocity fluctuations leading to turbulence in free shear flow. STG TR Off. Aerospace Res. USAF, 1963.
- Wille, R.:
On unsteady flows and transient motions. *Progr. Aero. Sci.* **7**, 195-207, 1966.
- Wille, R., Wehrmann, O., Fabian, H.:
Further investigations of the laminar-turbulent transition in a free jet (annular nozzle). AFOSR TR 57-31, 1-22. ASTIA Doc. AD 126494, 1956.
- Wille, R., Wehrmann, O.:
Hitzdrahtmessungen in freien Grenzschichten (Kármánsche Wirbelstraße und Freistrahle). Torino: Liberia Editrice Universitaria Levrero & Bella, 135-168, 1957.
- Wille, R., Fernholz, H.:
Report on the first European Mechanics Colloquium on the Coanda Effect. *J. Fluid Mech.* **23**, 801-819, 1965.