

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

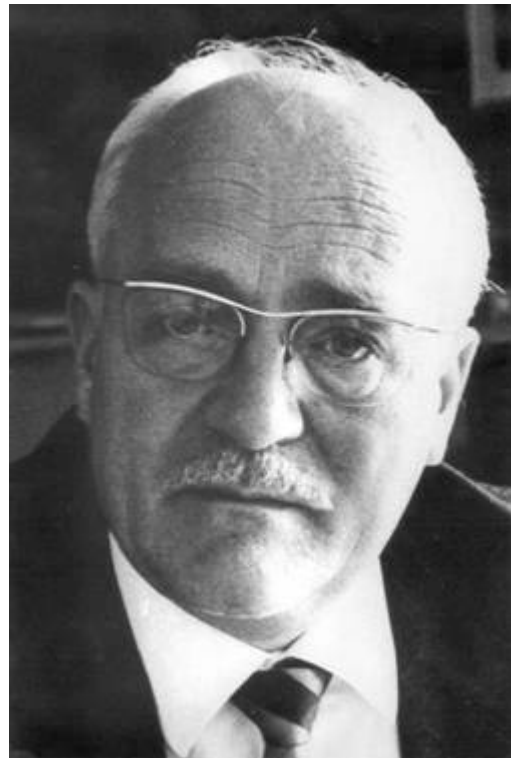


Bild 2: Prof. Dr.-Ing. Rudolf Wille

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: Libreria Editrice Universitaria Levretho & 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.