

**Tamás Lajos:**

## **Der Lehrstuhl für Strömungslehre der Budapester Universität für Technik und Wirtschaftswissenschaften**

### **Geschichte**

Der Lehrstuhl für Strömungslehre wurde im Jahre 1934 als Aerodynamisches Institut gegründet. Der damaligen universitären Struktur entsprechend wurden den Studenten des Maschinenbaus die notwendigen Kenntnisse der Strömungslehre im davorliegenden Zeitraum von Personen vermittelt, die nicht dem Universitätskörper angehörten. Unter ihnen befanden sich Tódor Kármán, Kornél Fényes, Géza Sasváry und Elöd Abody-Anderlik, der später erster Inhaber des gegründeten Lehrstuhls war. Von Anbeginn wurde dem Institut eine Doppelrolle zugedacht: neben dem Unterricht im Bereich der sich immer mehr ausdehnenden Strömungslehre sollte es auch den Forschungshintergrund der sich in den 30-er Jahren dynamisch entfaltenden ungarischen Flugzeugindustrie darstellen. Deshalb begann man auch im Jahre 1935 mit der Planung des neuen Gebäudes und der Versuchseinrichtungen für den Lehrstuhl. Das Gebäude wurde nach erfolgreichem Abschluß der Bautätigkeiten im Jahre 1941 übergeben, gleichzeitig damit wurde einer der größten Windkanäle Europas in Betrieb genommen, in dem bis zum heutigen Tag Messungen vorgenommen werden.

In den Jahren nach dem II. Weltkrieg wurde der Lehrstuhl von József Gruber übernommen, dessen Interesse sich auf Strömungsmaschinen richtete. Die unter seiner Leitung getätigte Forschung und Entwicklung bei Radial- und Axialventilatoren, sowie die damit zusammenhängende theoretische und experimentelle Arbeit führte zur Herausbildung einer Schule auf dem Gebiet der Auslegung von radialen Laufrädern, die internationalen Rang hatte. Die hier entwickelte Methode ermöglichte es, daß der Wirkungsgrad der von der ungarischen Industrie in großer Serie produzierten Radialventilatoren und Gebläse das Weltniveau erreichte.

Nach dem Tod von József Gruber wurde im Jahre 1971 Tibor Szentmártony Inhaber des Lehrstuhls. In diesem Zeitraum wurde an der Fakultät für Maschinenbau das Fach Technische Akustik eingeführt. Damals wurden auch die Voraussetzungen dafür geschaffen, daß die Studenten ihre Labormessungen in kleinen Gruppen ausführen können. Auch in dieser Zeit begannen die Forschungen über Staubabscheidung und über die Messung der Staubkonzentration, sowie die auf der Windkanal-Meßtechnik basierenden Untersuchungen über die Umströmung von Autobussen.

Im Jahre 1991 übernahm der Autor den Lehrstuhl. Durch die breiten Anwendungsmöglichkeiten der Computertechnik nahm am Lehrstuhl die numerische Simulation der Strömungen eine stürmische Entwicklung. Die sich im Zusammenhang mit dem Umweltschutz stellenden Probleme ließen neue Bereiche in Forschung und Ausbildung entstehen. Zur dieser Zeit begannen auch die Untersuchungen über die Verbreitung der Verunreinigungen in der Atmosphäre mittels Windkanalmodellierung. Auf Vorschlag des Lehrstuhls für Strömungslehre wurde im Jahre 2000 das Windkanallabor "Tódor Kármán" gegründet, das die in den drei großen Windkanälen Ungarns (zwei befinden sich am Lehrstuhl für Strömungslehre, einer bei der Qualitätskontrolle und Innovation im Bauwesen, AG") laufenden Arbeiten koordiniert.

### **Mitarbeiter**

Am Lehrstuhl für Strömungslehre arbeiten zwei Universitätsprofessoren, vier Oberassistenten (von ihnen haben drei den Grad eines Ph. D.), zwei Assistenten und sieben Doktoranden. Das Durchschnittsalter der Lehrkräfte beträgt 38 Jahre. Die Arbeit wird durch einen Professor emeritus und zwei pensionierte Universitätsdozenten unterstützt. Zwei Mitarbeiter beschäftigen sich mit der

Administration der Lehrtätigkeit und den Finanzen des Lehrstuhls, in der Werkstatt des Lehrstuhls ist ein Facharbeiter tätig.

## **Lehrtätigkeit**

Die Lehrstuhl bietet Veranstaltungen im Rahmen der Hochschul- und Universitätsausbildung, der Promotionsverfahren und der Ingenieurweiterbildung an. Die entsprechenden Fächer sind hauptsächlich an das Grundstudium auf Hochschul- und Universitätsebene an der Fakultät für Maschinenbau, an die Module "Umwelttechnik" und "Strömungsmaschinenbau" des universitären Hauptstudiums, sowie an die Hochschulfachrichtung "Umwelttechnik" angegliedert. Im Rahmen der Ausbildungsreform an der Fakultät für Maschinenbau wurde der Lehrstuhl für Strömungslehre mit den Aufgaben eines Gestors betraut.

Die vom Lehrstuhl angebotenen wichtigsten Fächer sind, ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

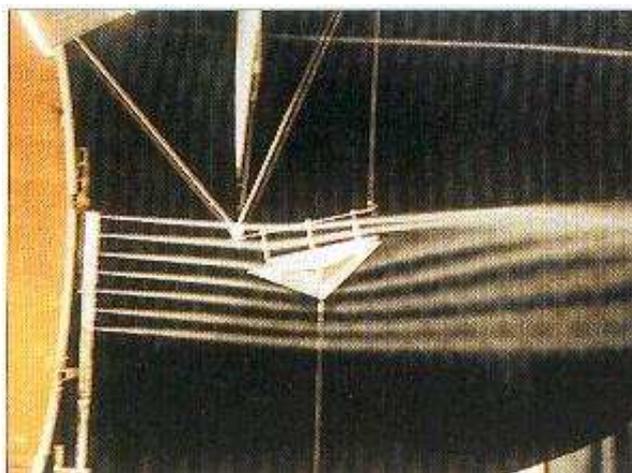
Strömungslehre, Angewandte Strömungslehre, Numerische Strömungslehre, Technische Akustik, Gasdynamik, Fahrzeugaerodynamik, Meteorologie, Strömungstechnische Messungen, Industrielle Lüftungstechnik, Ventilatoren und Gebläse, Luftreinhaltung, Wasserreinhaltung, Geräuschverminderung, Staubabscheidung aus Gasen, Messungen in der Umwelttechnik, Membrantechnik, Chemische Reaktoren, Modellieren von industriellen Prozessen.

## **Forschung**

Als Lehrstuhl einer technischen Universität sind wir bestrebt, technische Probleme aus der Praxis als Ausgangspunkt zu wählen und diese mittels anspruchsvoller theoretischer Herangehensweisen auf hohem Niveau zu lösen. Durch die Anwendung dieser Lösungen bei der Technikentwicklung wird direkt, durch die Ausbildung unserer Studenten wird indirekt Einfluß auf die Entwicklung der Industrie und der Wirtschaft genommen.

Im weiteren sollen kurz einige Beispiele der Arbeit des Lehrstuhls in Forschung und Entwicklung aufgezeigt werden.

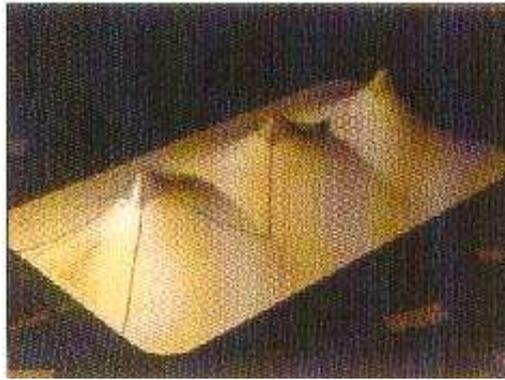
Die Meßstrecke des Windkanals mit einem Durchmesser von 2,6 m, in dem ein Luftstrahl mit einer Geschwindigkeit von bis zu 200 km/h erzeugt werden kann, ist ein Ort, an dem viele interessante Aufgaben gelöst werden. Auf Abb. 1 ist das Ergebnis der im Rahmen der Untersuchung der Windlast auf die für die Beleuchtung der Lágymányoser Brücke notwendigen Spiegel mittels Ölnebel erfolgten Sichtbarmachung der Strömung zu sehen.



*Abb. 1. Modelle des Spiegelsystems der Lágymányos Brücke im Windkanal*

Auf Abb. 2 ist das Zeltdach eines Eisstadions in Deutschland zu sehen, dessen zu erwartende Windbelastung durch die Messung der Druckverteilung an der inneren und äußeren Oberfläche

bestimmt wurde.



*Abb. 2. Modell eines Eisstation-Zeildaches*

Abb. 3 zeigt ein Modell im Maßstab von 1:500 von der Umgebung des Széna Platzes in Budapest, wo die zu erwartende Entwicklung der Abgaskonzentration infolge von baulichen Veränderungen und durch Verkehrsveränderungen zu untersuchen war.



*Abb. 3. Windkanal MOdelluntersuchungen für Bestimmung des Einflusses von Mammut Einkaufszentren auf Fahrzeugabgas-Transport*

Die sich um das Gebäude des Atomreaktors des Zentralen Physikalischen Forschungsinstituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften als Folge eines angenommenen Unfalls entwickelnden Strahlungsverhältnisse sind in Abb. 4 gezeigt.



*Abb. 4. Verteilung der Verunreinigung um ein Gebäude*

Die aus den das Gebäudemodell begrenzenden Mauern austretenden Strahlungen wurden mit Hilfe von Ölnebel modelliert, der durch eine senkrechte Laserebene beleuchtet wurde. Die Intensität des von den Tropfen des Ölnebels zurückgeworfenen Lichtes ist proportional zur Konzentration der Tropfen (also der simulierten Strahlung). Auf dem Gebiet der Untersuchungen über die Verbreitung der Verunreinigungen in der Atmosphäre hat sich eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Universität Dresden herausgebildet.

Ein Ergebnis von zur Verleihung des Ph. D. Grades führenden experimentellen Untersuchungen über die Verbreitung von Verunreinigungen und Strömungen um Gebäuden ist auf Abb. 5 zu sehen.

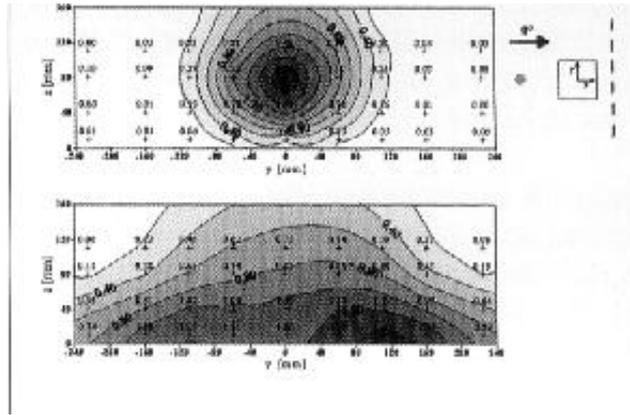


Abb. 5. Die Konzentrationsverteilung ohne und mit einem Gebäude-Modell

Vor dem auf der rechten Seite in der Draufsicht dargestellten Gebäude wurden in dessen halber Höhe an einem Punkt Verunreinigungen in die Luftströmung eingeführt, die Konzentrationsverteilung wurde dann in der durch die gestrichelte Linie bezeichneten Ebene gemessen. Die obere Zeichnung zeigt die Verhältnisse ohne Gebäude: der Boden wird nur von einer kleinen Menge der Verunreinigungen betroffen. Auf der unteren Abbildung ist deutlich ersichtlich, daß die Strömung um das Gebäude die Verunreinigungen auf den Boden herunterzieht"; hier wurde die größte Konzentration gemessen. Diese Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit der Universität Karlsruhe durchgeführt.

Entsprechend den Traditionen des Lehrstuhls für Strömungslehre wurde die Forschung und Entwicklung von Strömungsmaschinen fortgesetzt. Auf der rechten Seite von Abbildung 6 ist der Prüfstand für die Untersuchung von Axialventilatoren zu sehen: die Verteilung der Geschwindigkeit der aus dem Ventilator austretenden Luft wurde mit einer modernen optischen Meßeinrichtung, dem Laser Doppler Anemometer (LDA) gemessen.

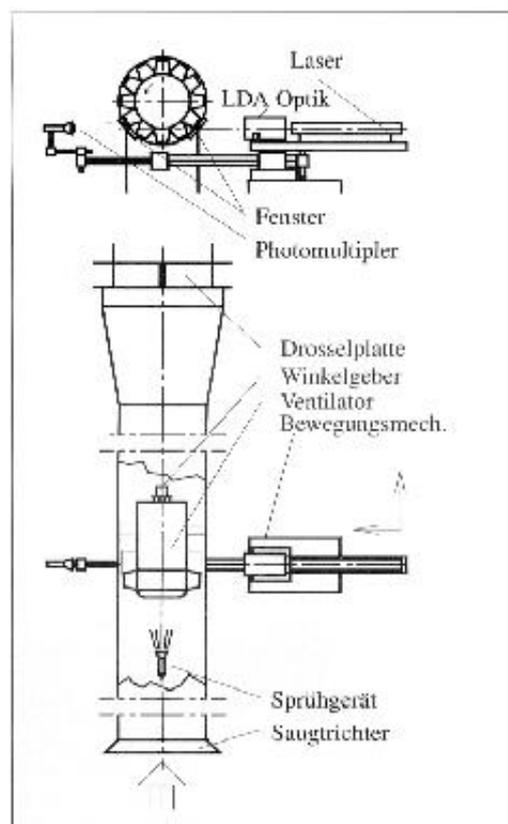


Abb. 6. Prüfstand für LDA Messungen eines Axialventilators

Das im Rahmen einer ebenfalls zu einem Ph. D. Grad führenden Untersuchung entstandene Abb. 7.a zeigt die im Austrittsquerschnitt gemessene Geschwindigkeitsverteilung hinter einem Schaufelkanal eines rotierenden Laufrades. Darunter ist das durch numerische Simulation der Strömung bestimmte, sich mit den Messungen in guter Übereinstimmung befindende Ergebnis zu sehen, das die an der Forschung teilnehmenden Mitarbeiter der La Sapienza Universität Rom erzielten (Abb 7.b).

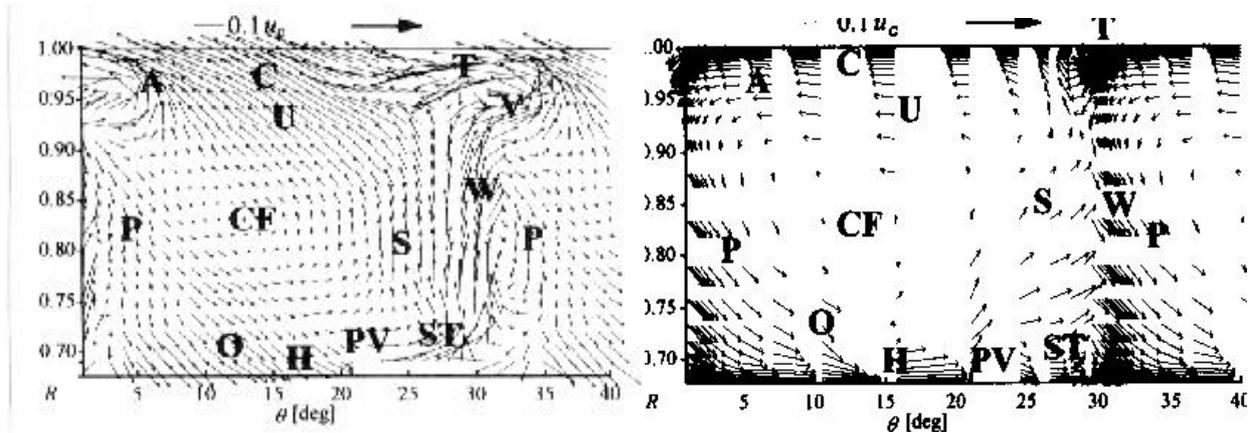


Abb. 7. Gemessene und berechnete Geschwindigkeitsverteilung im Schaufelkanal eines Axialventilator

Die dritte, vor kurzem auch mit der Verleihung eines Ph. D. Grades zumindest teilweise abgeschlossene, sich auf die Energiegewinnung durch Fusion richtende Forschung wurde durch einen Mitarbeiter des Lehrstuhl am Max-Planck-Institut in Garching durchgeführt. In das Innere eines Plasmaringes mit einer Temperatur von 107 K kann das Heizmaterial" aus Wasserstoff gekühlt, in festem Aggregatzustand gebracht werden. Die Lösung der mittels Computer bearbeitete komplizierte strömungstechnischen und magnetohydrodynamischen Aufgabe sind Daten, die in völligem Einklang mit den experimentellen Untersuchungen stehen. (Abb. 8)

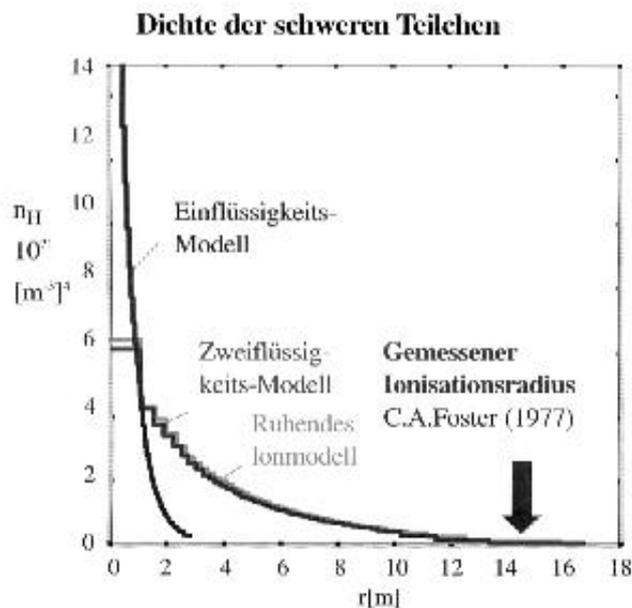
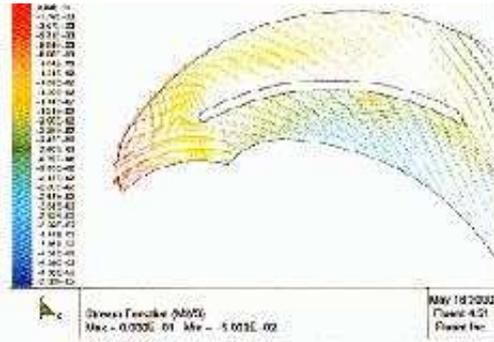


Abb. 8. Die berechnete Dichteverteilung und das Messergebnis stimmen gut überein

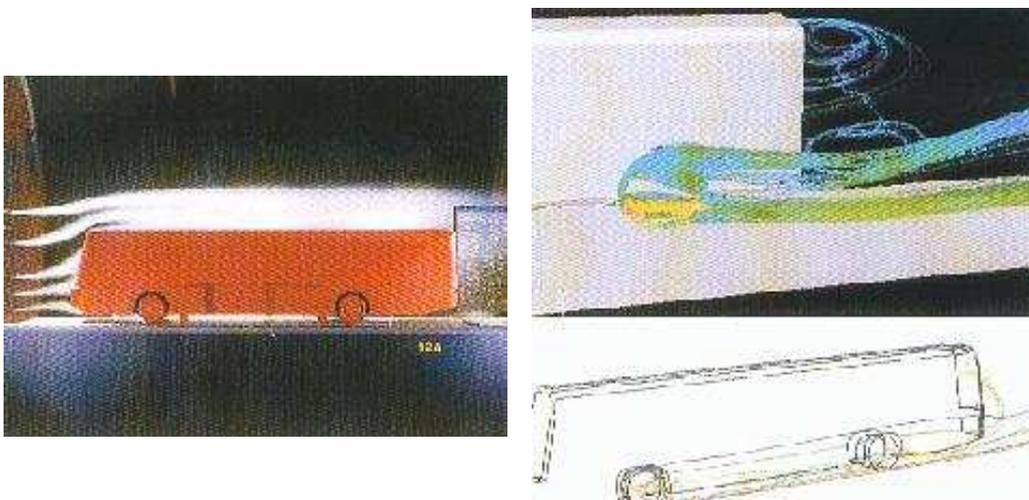
Unter den Aktivitäten des Lehrstuhls auf den Gebieten Forschung und Entwicklung spielen die Berechnungen des Strömungsfeldes und die numerische Simulation der Strömungen eine immer größere Rolle. Auf Abb. 9 ist Geschwindigkeitsverteilung im rotierenden Laufrad einer radialen Kreiselpumpe ersichtlich, einmal errechnet mit Hilfe der Fluent Software, zum anderen gemessen an

der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mittels der PIV (Particle Image Velocimetry) Methode im Rahmen der wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit dem dortigen Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik.



*Abb. 9. Berechnete Geschwindigkeitsverteilung um eine Schaufel einer Radialpumpe*

Seit Jahrzehnten beschäftigt sich der Lehrstuhl mit der Fahrzeugaerodynamik, besonders mit Untersuchungen hinsichtlich der Umströmung von Autobussen mittels Windkanal. Die Entwicklung der numerischen Simulation von turbulenten Strömungen ermöglichte es, solche komplizierte Fragen wie z. B. die Karosserieverschmutzung von Autobussen rechnerisch nachzuvollziehen. Auf Abb. 10.a ist die mit Ölnebel und Wollfäden realisierte Sichtbarmachung der Umströmung eines in der Meßstrecke des Windkanals platzierten maßstabgerechten Autobusmodells (Modellmaßstab 1:5) zu sehen. Auf Abb. 10.b werden die für die Bewegung der Schmutzteilchen errechneten Ergebnisse vorgestellt, die mit den experimentellen Resultaten eine qualitativ gute Übereinstimmung zeigen.



*Abb. 10. Windkanal Modelluntersuchung und Berechnung der Strömung um einen Autobus*

Die Forschungen über die Anwendung von numerischen Simulation auf die Fahrzeugaerodynamik werden gemeinsam mit der Universität Siegen durchgeführt.

Neben der rechnerischen Bestimmung von räumlichen Strömungen stellt die numerische Simulation von pneumatischen und hydraulischen Systemen ebenfalls ein sich schnell entwickelndes Gebiet von Forschung und Entwicklung dar.

Auf der Abb. 11 soll schließlich die Lösung eines aus dem Entstehen der Kármánschen Wirbelstraße folgenden Problems dargestellt werden.



*Abb. 11. Die Einstellung der schwingungserregende Wirbelablösungen mittel Spiralrippe*

An einer ungarischen Grenzübergangsstelle konnten bei den 30 m hohen Leuchttürmen auch bei niedrigen Windgeschwindigkeiten Schwingungen von großer Amplitude beobachtet werden. Zu deren Beseitigung schlugen wir die auf dem Bild sichtbaren spiralförmigen Streifen vor, die die periodischen Wirbelablösungen und damit das "Tanzen" der Türme verhindern.

Weitere Informationen über die Arbeit an unserem Lehrstuhl sind auf der home page <http://simba.ara.bme.hu> und auf der Webseite des Forums für Strömungslehre <http://www.aramalsta.hu> zu finden.

*Tamás Lajos*

*Universitätsprofessor, Budapester Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität, Lehrstuhl für Strömungslehre*