



FESTVERANSTALTUNG

ERFOLGREICHE MOTORENFORSCHUNG IN GRAZ

RUDOLF PISCHINGER

Donnerstag, 1. 7. 2010, 17:00 Uhr s.t.
Technische Universität Graz, Aula
Rechbauerstraße 12, 1.OG

Nachhaltige Entwicklungen an der TU Graz und ihre Initiatoren

Inhalt

3 Rudolf Pischinger

em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz

Forschung am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik – ein Rückblick

21 Helmut Eichlseder

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., Vorstand des Institutes für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz

Motorenforschung an der TU Graz – heute und morgen

25 Peter Sturm

Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz

Verkehr & Umwelt – Aktuelle Forschungsaktivitäten zu diesem Thema

28 Helmut List

Prof. Dipl.-Ing. Dr.h.c., Vorsitzender der Geschäftsführung der AVL List GmbH

Nachhaltige Forschungsaktivitäten als Grundlage zukünftiger Antriebssysteme

Rudolf Pischinger

em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.,
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz

**Forschung am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik –
ein Rückblick**

Rudolf Pischinger

em. Univ. Prof. Dipl.Ing. Dr.

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz

Forschung am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik – ein Rückblick

Vorwort

Als ich gefragt wurde, ob ich bereit wäre im Rahmen der Vortragsreihe „Nachhaltige Entwicklungen an der TU Graz und ihre Initiatoren“ mitzuwirken, habe ich zugesagt, obwohl ich mich nicht als Initiator von nachhaltigen Entwicklungen empfinde. Ich habe deshalb zugesagt, weil sich damit die Möglichkeit bietet, die Leistungen, die am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik erbracht wurden und werden, und meinen Anteil daran darzustellen. Dabei konnte ich auf der Arbeit meiner Vorgänger aufbauen und ich hatte die Unterstützung von hervorragenden Mitarbeitern. Ich freue mich, dass mein Nachfolger das Institut sehr erfolgreich weiterführt.

Wenn ich über die Forschungsarbeiten an unserem Institut spreche, dann werde ich nach einer kurzen Einleitung über die Bedeutung des Verbrennungsmotors die Leistungen meiner Vorgänger darstellen. Anschließend werde ich über die Entwicklungen sprechen, die während meiner Zeit als Institutsvorstand erfolgten. Anschließend wird mein Nachfolger Prof. Eichseder über aktuelle Forschungsarbeiten im Motorenbereich und Prof. Sturm über die durch den Verkehr verursachten Umweltbelastungen berichten. Ich danke Herrn Prof. Helmut List, dass er sich bereit erklärt hat, über Forschungsaktivitäten als Grundlage zukünftiger Antriebssysteme zu sprechen.

1. Einleitung

Der Verbrennungsmotor hat in seiner über 100-jährigen Geschichte die industrielle Entwicklung und unser tägliches Leben entscheidend geprägt. Er ist heute als Kraftfahrzeugantrieb nicht mehr wegzudenken, ist aber auch als Schiffsantrieb und Stationärmotor von großer Bedeutung. Nur beim Flugzeugantrieb wurde der Kolben-Verbrennungsmotor von der noch kompakteren Gasturbine, die im weiteren Sinne übrigens auch eine Verbrennungskraftmaschine darstellt, weitgehend verdrängt.

Den ersten Viertakt-Verbrennungsmotor entwickelte **Nikolaus August Otto** (1832 – 1891) in Köln im Jahre 1876. Dieser Motor sollte als Industriemotor die Dampfmaschine ersetzen. Er wog etwa 1500 kg und lieferte 3 PS, hatte somit ein Leistungsgewicht von 500 kg/PS und einen Wirkungsgrad von 17 % (Folie 1).

Aufbauend auf einem hervorragenden thermodynamischen Grundlagenwissen entwickelte **Rudolf Diesel** (1858 – 1913) das Konzept eines Selbstzündungsmotors mit hoher Verdichtung. Nach mehreren Fehlschlägen lief im Jahr 1897 in Augsburg der erste Dieselmotor (Folie 2). Er wog etwa 4500 kg und lieferte 20 PS, was ein Leistungsgewicht von 225 kg/PS ergab. Sein Wirkungsgrad betrug 26 %. Gegenüber dem ersten Ottomotor stellte dies eine merkbliche Verbesserung beim Leistungsgewicht und vor allem beim Wirkungsgrad dar.

Während diese ersten Motoren als Stationärmotoren konzipiert waren, erfolgte die Weiterentwicklung vor allem als Fahrzeugantrieb, was eine Absenkung des Leistungsgewichts erforderlich machte.

Die enorme Zunahme des Straßenverkehrs führte im Lauf der Zeit zu einer steigenden Umweltbelastung durch Abgase und Lärm, weshalb sich die Entwicklung seit Mitte des 20. Jahrhunderts auch auf eine Senkung der Schadstoff- und Geräuschemissionen konzentrieren musste. Angesichts der begrenzten Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe sowie des Treibhauseffekts stehen überdies die Senkung des Treibstoffverbrauchs und damit die Steigerung des Wirkungsgrads im Mittelpunkt des Entwicklungsinteresses.

Das Beispiel eines modernen PKW-Dieselmotors soll aufzeigen, welche Fortschritte in den über 100 Jahren seit dem ersten Ottomotor bzw. dem ersten Dieselmotor erzielt wurden. Der Sechs-Zylinder-Motor von BMW (Folie 3) leistet 305 PS (225 kW) bei einem Gewicht von ca. 194 kg, verfügt also über ein Leistungsgewicht von 0,63 kg/PS, das ist 1/800 des ersten Ottomotors und 1/360 des ersten Dieselmotors. Der Wirkungsgrad beträgt 42,5 %, was gegenüber dem ersten Ottomotor eine Steigerung von 25 Prozentpunkten und gegenüber dem ersten Dieselmotor von 16 Prozentpunkten bedeutet. Die Senkung der Schadstoffemissionen lässt sich nicht quantifizieren, da keine Messungen der ersten Motoren vorliegen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Emissionen jedenfalls unter 1 % des ursprünglichen Wertes liegen.

Auch wenn heute die Elektrifizierung des Antriebsstranges angestrebt wird, wird der Verbrennungsmotor noch lange Zeit, auch bei Hybridantrieben, eine wichtige Rolle spielen.

Der Beitrag, den das Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik zu dieser eindrucksvollen Entwicklung des Verbrennungsmotors geleistet hat, soll im Folgenden dargestellt werden.

2. **Julius Magg (1884 – 1931) – Begründer der Grazer Schule des Motorenbaues**

Julius Magg (Folie 4) wurde am 25. November 1884 in Wilten in Tirol als Sohn einer altösterreichischen Beamtenfamilie geboren. Er studierte an der Technischen Hochschule in

Graz Maschinenbau, legte alle Prüfungen mit Auszeichnung ab und promovierte mit nur 23 Jahren zum Doktor der technischen Wissenschaften. Anschließend war er in der österreichischen und deutschen Industrie tätig, bevor er an die Technische Hochschule Graz zurückkehrte, wo er sich 1910 habilitierte. 1911 erhielt er vertretungsweise die Professur für Thermodynamik. Während des 1. Weltkrieges wurde er mit dem Bau eines großen Stahlwerkes beauftragt.

1920 wurde Magg zum Professor für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik an die Technische Hochschule Graz berufen. In seiner vielbeachteten Antrittsvorlesung „Geist der Technik“ wies er auf die kulturelle Bedeutung der Technik hin. Er konnte sich nun verstärkt seinen wissenschaftlichen Arbeiten widmen, welche immer einen engen Praxisbezug aufwiesen. Neben mehreren Beiträgen in Fachzeitschriften veröffentlichte er die beiden Bücher „Die Steuerungen der Verbrennungskraftmaschinen“ (1914) und „Dieselmaschinen“ (1928) (Folie 5). Er wirkte entscheidend an der Planung des Neubaus der Fakultät für Maschinenbau in der Kopernikusgasse mit und richtete darin ein modernes Laboratorium für Verbrennungskraftmaschinen ein.

In großartiger Weise ist es Julius Magg gelungen, Lehre, Wissenschaft und Praxis zu vereinen. Die Studenten schätzten seinen klaren Vortrag und die Mitarbeiter wurden mit interessanten und zukunftsweisenden Forschungsarbeiten betraut. Charakteristisch für Maggs Arbeitsweise ist die Verbindung von theoretischen Betrachtungen und praktischen Versuchen. Dazu schreibt er im Vorwort zu seinem Buch „Dieselmaschinen“:

„In der Behandlung des Stoffes habe ich der thermodynamischen Betrachtung wesentlich größeren Raum eingeräumt, als es sonst in der Literatur über Verbrennungskraftmaschinen allgemein üblich ist. Die Absicht hiervon ist eine ökonomische. Theoretische Vorarbeit ist noch stets billiger gewesen, als der Versuch, zumal als der durch keinen theoretischen Untergrund gestützte Versuch.“

Als hervorragender akademischer Lehrer hat er diese Arbeitsweise auch an seine Schüler und Mitarbeiter weitergegeben. Magg kann damit als Begründer der Grazer Schule des Motorenbaues angesehen werden. Viel zu früh wurde Julius Magg am 5. Mai 1931 im 47. Lebensjahr aus seinem arbeitsreichen Leben gerissen.

3. Hans List (1896 – 1996) – Forscher und Unternehmer

Durch seine Forschungsarbeiten, die von ihm herausgegebene Buchreihe und seine unternehmerische Leistung beim Aufbau der AVL zählt Hans List wohl zu den international bekanntesten Persönlichkeiten im Bereich der Motorenforschung und -entwicklung.

Hans List (Folie 6) wurde am 30. April 1896 in Graz geboren. 1914 legte er die Matura an der Landesoberrealschule mit Auszeichnung ab und inskribierte anschließend Maschinenbau an der Technischen Hochschule Graz. 1915 rückte er zum Kriegsdienst ein, den er zunächst in Galizien und später an der Dolomitenfront ableistete. Nach Kriegsende setzte er 1918 sein Studium fort und schloss es bereits 1920 mit Auszeichnung ab. Anschließend trat er als Konstrukteur in die Dieselmotorenabteilung der Grazer Waggon- und Maschinenfabrik ein. Diese Firma stellte Großmotoren für Stationäranlagen und Schiffsantriebe her. Diese Motoren arbeiteten zunächst nach dem Einblaseverfahren, bei dem die Zerstäubung des Kraftstoffs durch Druckluft erfolgte. Hans List arbeitete an der Umstellung dieses Verfahrens auf die direkte Hochdruckeinspritzung mit, wie sie heute noch üblich ist. Neben dieser Entwicklungstätigkeit befasste er sich mit verschiedenen Forschungsarbeiten. 1924 reichte er eine selbständig ausgeführte Arbeit mit dem Titel „Die Regulierung von Dieselmotoren“ als Dissertation bei Prof. Magg ein (Folie 7). Diese wurde unter Beiziehung des Mathematikers Prof. Baule mit Auszeichnung beurteilt.

1926 bewarb sich Hans List um eine Professur für Verbrennungskraftmaschinen an der Tongji Universität bei Shanghai in China, die er auch erhielt. Diese Universität war aus einer deutsch-chinesischen Zusammenarbeit hervorgegangen, die bereits vor dem 1. Weltkrieg eingeleitet und nach dem Krieg fortgesetzt wurde. Hans List konnte die Vorlesungen in deutscher Sprache halten und hatte ein Laboratorium mit bescheidenen Messeinrichtungen zur Verfügung. Er begann mit Forschungsarbeiten, die in der Folge die Grazer Schule des Motorenbaues prägen sollten: Zur Berechnung des Ladungswechsels führte er die beschreibenden Differentialgleichungen in Differenzgleichungen über, die er schrittweise löste. Dieses Verfahren gestaltete sich ohne elektronische Datenverarbeitung damals äußerst mühselig und stellt die Basis für die heute übliche rechnergestützte Ladungswechselrechnung dar. Die Berechnungen wurden stets durch entsprechende Versuche überprüft. List veröffentlichte seine Forschungsarbeiten in drei Heften der „Mitteilungen aus den Instituten der staatlichen Tongji Universität“.

Die Situation in China wurde durch die kriegerischen Ereignisse immer schwieriger und so traf es sich gut, dass Hans List 1932 eine Berufung nach Graz als Nachfolger von Prof. Magg erhielt. Am Grazer Lehrstuhl waren bei der Übernahme durch Hans List die Assistenten Egon Niedermayer und Anton Pischinger beschäftigt. Mit ihrer Unterstützung konnte Hans List die in China begonnenen Arbeiten fortsetzen. Zu den in Graz durchgeführten Forschungsarbeiten zählen insbesondere: Ladungswechseluntersuchungen an Zweitakt- und Viertakt-Motoren, Untersuchung der Dieseleinspritzung, Schwingungsuntersuchungen und Untersuchungen über die Holz- und Kohlevergasung.

In dieser Zeit begann Hans List auch mit der Herausgabe der Buchreihe „Die Verbrennungskraftmaschine“, die zu einem Standardwerk der Motorenforschung und -entwicklung werden sollte. In der ersten Auflage erschienen insgesamt 14 Bände, von denen Hans List vier Bände selbst verfasste (Folie 8).

1941 erhielt Hans List einen Ruf an die Technische Universität Dresden als Nachfolger von Prof. Nägel. Inzwischen war der 2. Weltkrieg ausgebrochen und so bearbeitete List in Dresden vor allem kriegsrelevante Projekte: Leistungssteigerung bei Flugmotoren, vorbereitende Arbeiten für die Entwicklung von Flugzeuggasturbinen, Einsatz von Wasserstoff in Verbrennungsmotoren usw. Den verheerenden Luftangriff auf Dresden am 13. Februar 1945 überlebte Hans List mit viel Glück. Gegen Kriegsende wurde ein Teil des Dresdener Institutes nach Vilsbiburg in Bayern verlagert. Dort befand sich Hans List auch, als die amerikanischen Truppen den Ort besetzten. Die Amerikaner beauftragten ihn, die Ergebnisse seiner Forschungsarbeiten niederzuschreiben. Diese Arbeit dauerte fast ein Jahr und es entstanden 42 Hefte.

Anschließend kehrte Hans List nach Graz zurück. Dort setzte er zunächst seine Arbeiten für die Herausgabe der List-Reihe fort und gründete ein Ingenieurbüro zur Entwicklung von Verbrennungskraftmaschinen. In weiterer Folge schloss er sich mit seinen ehemaligen Assistenten Anton Pischinger und Egon Niedermayer, welche inzwischen Professoren an der Technischen Hochschule Graz geworden waren, zu einer Arbeitsgemeinschaft zusammen (Folie 9). In den Räumen der Technischen Hochschule wurde 1948 ein liegender Einzylinder-Dieselmotor mit Verdampfungskühlung für die Jenbacher Werke entwickelt. Der robuste Motor wurde als Kompressorantrieb und für ähnliche Zwecke eingesetzt und erwies sich als großer wirtschaftlicher Erfolg. Es folgten weitere Entwicklungen für die Jenbacher Werke, z.B. eine Kombination mit einem aufgesetzten Kompressorzylinder, welche die Basis für den bis heute erfolgreichen Motorenbau der Firma (heute: GE Jenbacher) darstellten. Der Erfolg dieser Arbeiten war auch der Ausgangspunkt für die Gründung der „Anstalt für Verbrennungsmotoren Prof. Dr. Hans List (AVL)“ im Jahre 1952.

Die Arbeiten weiteten sich derart aus, dass es nicht mehr möglich war, sie an der Technischen Hochschule Graz durchzuführen. Mit Hilfe eines Darlehens aus der Marshallplanhilfe wurden

in der Kleiststraße 48 Prüfstände, Werkstätten und Büroräumlichkeiten errichtet (Folie 10). An dieser Stelle befindet sich auch heute noch die AVL, deren Baubestand ständig erweitert wird. Die Adresse wurde inzwischen in „Hans-List-Platz“ umbenannt.

Hans List verfügte von früher über viele internationale Kontakte, auch durch die „List-Reihe“ hatte er zusätzliche Bekanntheit erreicht. Er nutzte diese Beziehungen und erweiterte sie ständig, um Aufträge für Motorenentwicklungen zu bekommen. Bald wickelte die AVL Projekte mit einer Vielfalt und Vielzahl von Motoren für Kunden aus der ganzen Welt ab.

Die für die Entwicklungsarbeiten notwendige Messtechnik stand damals nicht oder mit nicht ausreichender Qualität zur Verfügung und die AVL baute daher eine eigene Sparte für Motorenmesstechnik auf, die bis heute sehr erfolgreich arbeitet.

1979 übergab Hans List den Vorsitz der Geschäftsführung der AVL an seinen Sohn Helmut, arbeitete aber weiterhin aktiv in der von ihm gegründeten Firma mit (Folie 11).

Hans List erhielt für sein Lebenswerk zahlreiche Auszeichnungen und Ehrungen,

Hans List konnte noch im Rahmen einer eindrucksvollen Feier seinen 100. Geburtstag feiern. Kurze Zeit darauf verstarb er am 10.9.1996. Hans List hat die Entwicklung des Verbrennungsmotors durch seine Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ganz wesentlich beeinflusst. Mit der AVL gründete er ein Institut, das wichtige Beiträge zur Motorenentwicklung und Messtechnik liefert.

Die AVL wird bis heute von seinem Sohn Helmut List geleitet. Unter seiner Leitung ist die AVL zur größten privaten und unabhängigen Firma für Motorenentwicklung und Messtechnik mit weltweit derzeit 4500 Mitarbeitern angewachsen. Am Standort Graz werden 2500 meist hoch qualifizierte Mitarbeiter beschäftigt.

Helmut List ist seit 2003 Vorsitzender des Universitätsrates der Technischen Universität Graz. Wir freuen uns auf seinen Vortrag bei dieser Veranstaltung.

4. Anton Pischinger (1907 – 2003) – Forscher und Lehrer

Mein Onkel Anton Pischinger (Folie 12) wurde am 21. April 1907 in Linz a. d. Donau geboren, legte 1926 an der Höheren Bundeslehranstalt für Maschinenbau in seinem Heimatort die Reifeprüfung und 1930 in Graz die II. Staatsprüfung für Maschinenbau ab, beide mit Auszeichnung. Er verfasste in seiner Zeit als Assistent an der Lehrkanzel für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik an der Technischen Hochschule in Graz von 1930 bis 1935 unter Prof. Magg seine Dissertation über Schwingungsprobleme mit dem Titel „Lagenschwingungen“ und in weiterer Folge unter Prof. Hans List, der diesem 1932 nachgefolgt war, seine Habilitation mit dem Titel „Die Mechanik der Druckeinspritzung“.

Anton Pischinger beschäftigte sich weit über den Rahmen der Habilitation hinaus auch mit anderen wichtigen Themen des Arbeitsprozesses, insbesondere auch mit den instationären Strömungsvorgängen während des Ladungswechsels. Für diese Aufgabenstellungen entwickelte er Rechenverfahren, die im Wesentlichen noch heute angewendet werden, wobei durch den Einsatz von Computern die Rechenzeit entscheidend verkürzt wird. In allen Fällen erfolgte die Kontrolle der Rechenergebnisse durch Messung, teilweise mit selbstgebaute Einrichtungen und Indikatoren.

Den Assistentenjahren an der Hochschule folgte eine mehrjährige Industrietätigkeit bei der Klöckner-Humboldt-Deutz AG in Köln mit Versuchs- und Entwicklungsarbeiten für Fahrzeug-, Schiff- und Stationärantriebe. In dieser Zeit verfasste Anton Pischinger auch den im Rahmen der List-Reihe erschienenen vielbeachteten Band „Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor“ (1939).

Anton Pischinger wurde 1942 nach Graz an die Lehrkanzel für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik als Nachfolger von Prof. List berufen. Seine ausgezeichneten didaktischen Fähigkeiten und die Gabe, anzuregen, zu beraten, aber auch zu kritisieren, machten ihn bei seinen Mitarbeitern und Hörern zum hochgeschätzten Lehrer. Es entstanden grundlegende Forschungsarbeiten, zum Beispiel über die Zerstäubung des Kraftstoffes, den Einfluss der Luftbewegung auf die Gemischbildung und Verbrennung, Untersuchungen über die Dieselverbrennung in Versuchseinrichtungen und im realen Motor, den Wärmeübergang, die Kavitation in Einspritzsystemen, sowie den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen durch den Straßenverkehr in Siedlungsgebieten.

Um das im Rahmen dieser Arbeiten erworbene Wissen auch einer breiten Leserschaft zugänglich zu machen, verfasste Anton Pischinger zahlreiche Veröffentlichungen, von denen neben dem Buch „Technische Thermodynamik“ (1951) noch zwei weitere Bände für die List-Reihe: „Steuerung der Verbrennungskraftmaschine“ (1948) und die 2. Auflage „Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor“ (1957, Mitautor Franz Pischinger) hervorzuheben sind (Folie 13). Bei der Neuauflage der List-Reihe übernahm Anton Pischinger die Mitherausgeberschaft. Seiner redaktionellen Tätigkeit ist es vor allem zu verdanken, dass in dieser Reihe insgesamt neun Bände erscheinen konnten. Dieses Sammelwerk wird heute durch die Reihe „Der Fahrzeugantrieb“ weitergeführt.

Die Erkenntnis, dass Theorie und Praxis besonders in der Motorenforschung eng zusammengehören, veranlasste bald nach Kriegsende die Professoren List, Pischinger und Niedermayer, für die Entwicklung von Dieselmotoren ein Ingenieurbüro zu gründen, aus dem später die „Anstalt für Verbrennungsmotoren Prof. Dr. Hans List“ und in weiterer Folge das Weltunternehmen AVL List GmbH hervorging. Wie erwähnt entstammten dieser Arbeitsgemeinschaft die ersten, vielseitig eingesetzten Motoren der Jenbacher Werke.

Fast zur gleichen Zeit entwickelte Anton Pischinger für das Halleiner Werk der Friedmann und Meier AG (heute Robert Bosch AG) die erste österreichische Reiheneinspritzpumpe, und er trug als Berater über Jahrzehnte maßgeblich zum Erfolg dieses Unternehmens bei (Folie 14). In beratender Funktion war er auch über viele Jahre bei der Steyr-Daimler-Puch AG tätig und wurde dort in den Arbeitskreis „Entwicklung des Steyer-Daimler-Puch-Werkes“ gewählt. Durch diese Kooperationen leistete Pischinger einen wichtigen Beitrag zum Wiederaufbau der österreichischen Motoren- und Fahrzeugindustrie nach dem 2. Weltkrieg. Zahlreiche Patente tragen seinen Namen als Erfinder oder Miterfinder.

Anton Pischinger wirkte 35 Jahre als Hochschullehrer. 1948/49 war er Dekan der Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik und 1968/69 Rektor der Technischen Hochschule Graz. Seine wissenschaftlichen Leistungen und seine großen Verdienste um Hochschule, Industrie und Wirtschaft fanden mehrfache Anerkennung, unter anderem durch das Ehrendoktorat der Technischen Universität Wien, durch das Österreichische Ehrenkreuz für Wissenschaft und Kunst I. Klasse, durch das große goldene Ehrenzeichen mit dem Stern des Landes Steiermark und durch die Ehrenringe des Landes Steiermark und der Stadt Graz. Er war auswärtiges Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften. 1971 wurde er zum korrespondierenden Mitglied und 1972 zum wirklichen Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften gewählt.

1977 emeritierte Anton Pischinger. Er verfolgte aber weiter die Entwicklungen der Technik, insbesondere der Verbrennungskraftmaschinen, mit großem Interesse. Sein Wirken hat das Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik ganz wesentlich geprägt, und die Technische Universität Graz hat ihm viel zu verdanken. Am 19. Juli 2003 verstarb Anton Pischinger im 97. Lebensjahr.

5. Weitere Persönlichkeiten der Grazer Schule

An der Technischen Universität Graz ausgebildete Persönlichkeiten haben auch außerhalb von Österreich wichtige Beiträge zur Weiterentwicklung des modernen Verbrennungsmotors geliefert. Im Folgenden sollen hier die Universitätsprofessoren genannt werden, die aus der Grazer Schule hervorgegangen sind.

Eugen W. Huber (1913 – 1976)

Eugen W. Huber (Folie 15) wurde am 5.8.1913 in Zürich geboren. Nach der Absolvierung einer Mechanikerlehre und einer Ingenieurschule in München studierte er als Werkstudent an der Technische Hochschule München. Von 1941 bis 1945 war er Assistent an der Technischen Hochschule Graz bei Hans List und Anton Pischinger und promovierte während dieser Zeit. Nach einer kurzen Zeit bei BMW in München gründete er 1946 das Institut für Motorenbau Prof. Huber (IMH) in München. Einige Schwerpunkte seiner Arbeit waren der Wankelmotor, die Motorenmesstechnik, die Verbrennungsanalyse mit optischen Methoden und die Geräuschanalyse. 1966 wurde er zum Professor an die Technische Universität Berlin berufen und 1970 an die Technische Universität Stuttgart. Er verstarb viel zu früh am 7.3.1976.

Franz Pischinger (geb. 1930)

Mein Bruder Franz Pischinger (Folie 16) wurde am 18.7.1930 in Waidhofen an der Thaya (Niederösterreich) geboren. Das Maschinenbau-Studium an der Technischen Universität Graz schloss er mit Auszeichnung ab. 1953 – 1958 war er Assistent am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik. 1954 promovierte er „Sub Auspiciis Praesidentis“ mit der Dissertation „Über ein Verfahren zur Untersuchung von Dieseleinspritzstrahlen“. Seine Habilitation 1958 befasste sich mit dem Thema „Untersuchungen über den Zündverzug bei der Dieselerbrennung“. 1958 übernahm er bei der AVL die Leitung der Forschung. In dieser Funktion führte er unter anderem Forschungsarbeiten über die Wirbelbildung im Motor durch und er leitete die Entwicklung von piezoelektrischen Quarzdruckaufnehmern zur instationären Messung des Zylinderdruckes ein. 1962 wechselte er zur Klöckner-Humboldt-Deutz AG nach Köln, wo er die Leitung der Entwicklung von Nutzfahrzeugmotoren und später von Großmotoren übernahm.

1970 wurde er an die Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen berufen. Viele grundlegende Forschungsarbeiten über die Gemischbildung und Verbrennung in Motoren, über alternative Kraftstoffe, über mechanische Probleme und über Geräuschemissionen wurden von ihm durchgeführt. Unter anderem leitete er einen großen Forschungsschwerpunkt an der RWTH Aachen über die motorische Verbrennung. In der Fachwelt ist das von ihm entwickelte Diagramm bekannt, das den Einfluss des lokalen Luftverhältnisses auf die Ruß- und Stickoxidbildung darstellt.

1978 gründete Franz Pischinger die FEV Motorentchnik Ges.m.b.H., welche mit heute über 1800 Mitarbeitern ein weltweit tätiges Motorenforschungs- und Entwicklungsinstitut ist (Folie 17). Von den Entwicklungen, die unter seiner Leitung durchgeführt wurden, seien hier nur zwei herausgegriffen:

- Ein luftgeführtes Brennverfahren für direkteinspritzende Ottomotoren mit dem Potenzial für eine Verbesserung des Kraftstoffverbrauches
- Piezoinjektoren für Dieselmotoren, die eine hohe Flexibilität der Einspritzung ermöglichen.

Franz Pischinger erhielt viele Auszeichnungen, u.a. wurde ihm das Ehrendoktorat der Technischen Universität Graz verliehen. Den Vorsitz der Geschäftsführung der FEV hat Franz Pischinger 2003 an seinen Sohn und Nachfolger als Professor an der RWTH Aachen, Stefan Pischinger, übergeben, er ist aber weiterhin als Vorsitzender des Beirates tätig.

Günter Hohenberg (geb. 1943)

Günter Hohenberg (Folie 18) wurde am 24.11.1943 in Innsbruck geboren. 1969 schloss er sein Maschinenbau-Studium an der Technischen Hochschule Graz ab und trat anschließend bei der Daimler Benz AG in Stuttgart ein. 1974 promovierte er bei den Professoren Huber und Essers an der Technischen Universität Stuttgart über die Gemischbildung im Wankelmotor. 1980 habilitierte er an der Technischen Universität Graz über den Wärmeübergang im Motor. 1981 übernahm er bei der AVL die Leitung der Messtechnikentwicklung. 1984 wurde Hohenberg als Professor für das Fachgebiet Verbrennungskraftmaschinen an die Technische Hochschule Darmstadt berufen. Von seinen Forschungsarbeiten seien hier drei Themenbereiche angeführt: der Wärmeübergang im Verbrennungsmotor, die hochdynamische Prüfstandstechnik und in letzter Zeit der Hybridantrieb.

2009 emeritierte Günter Hohenberg. Zu seinem Nachfolger wurde **Christian Beidl** berufen, ebenfalls ein Absolvent der TU Graz und ehemaliger Mitarbeiter unseres Institutes.

6. Mein Beitrag zu Forschung und Lehre und zum Ausbau des Institutes

Ich wurde am 27.5.1935 in Waidhofen an der Thaya (Niederösterreich) geboren. Mein Vater war Mittelschulprofessor für Englisch und Deutsch. Meine Mutter hatte ebenfalls Englisch und Deutsch studiert. Mein Vater musste 1942 einrücken und kam im Herbst 1945 aus der russischen Kriegsgefangenschaft zurück. Wir waren vier Kinder und die Kriegs- und Nachkriegszeit war sehr entbehrungsreich, aber unsere Eltern sorgten für „geistige Nahrung“, die auch eine wichtige Basis für mein späteres Leben darstellte. In der Mittelschule hatte ich größtenteils gute Lehrer. Nach der Matura im Jahr 1953 begann ich mit dem Maschinenbaustudium an der Technischen Hochschule Graz. Meinen Professoren habe ich viel zu verdanken. Mein Studium verdiente ich mir teilweise durch Nachhilfestunden und später durch eine halbtägige Anstellung am Institut. Nach Abschluss meines Studiums im Jahr 1959 wurde ich Assistent am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik bei meinem Onkel Anton Pischinger. Dieser beauftragte mich eine Zeitlupenkamera zu konstruieren, mit der man die äußerst rasch ablaufende Verbrennung in Motoren filmen konnte. Mit dieser Kamera macht ich Filmaufnahmen von der Dieselerverbrennung in einer Verbrennungsbombe mit verschiedenen Kraftstoffen. 1961 promovierte ich mit der Dissertation „Gemischbildungsfragen im Dieselmotor unter besonderer Berücksichtigung des Vielstoffproblems“. Anschließend erweiterte ich die Untersuchungen auf die Verbrennung von Gasen. Meine Habilitation mit dem Titel „Bombenversuche über Gasverbrennungen“ schloss ich 1968 ab.

1969 trat ich in die AVL ein. In dieser Zeit wurden die Schadstoffemissionen im Straßenverkehr zu einem ersten Problem und ich begann mit Unterstützung von Prof. Hans List die Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet aufzubauen.

1970 wurde das *Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik* in die Bereiche *Verbrennungskraftmaschinen* und *Thermodynamik* geteilt und ich wurde zum Professor für Thermodynamik berufen (Folie 19). Zwischen dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und dem Institut für Thermodynamik gab es ab 1970 weiterhin eine enge Zusammenarbeit vor allem auf dem Gebiet des motorischen Arbeitsprozesses. Die rasche Entwicklung der Elektronik ermöglichte die digitale Erfassung der Zylinderdruckverläufe mit einer bis dahin nicht gekannten Genauigkeit. Damit wurden aber auch die Unzulänglichkeiten der damaligen piezoelektrischen Drucksensoren offenbar und eine entsprechende Weiterentwicklung eingeleitet (Folie 20). Prof. Günter Kraßnig leistete dazu einen wichtigen Beitrag. Auch die am Institut für Thermodynamik durchgeführten Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Schadstoffemissionen, der Schadstoffausbreitung und der Belüftung von Straßentunneln, die

für Österreich als Gebirgsland eine besondere Bedeutung hat, fanden international Beachtung (Folie 21). Karl Pucher, der vom Institut für Strömungslehre kam und zum ao. Professor ernannt wurde, leistete auf diesem Gebiet wertvolle Forschungsarbeit. Heute wird dieser Bereich von Peter Sturm geleitet, der darüber auch berichten wird.

In den Studienjahren 1977/78 und 1978/79 war ich Dekan der Fakultät für Maschinenbau. In dieser Zeit musste das Universitätsgesetz 1975, das eine weitgehende Mitbestimmung des Mittelbaues und der Studenten brachte, umgesetzt werden. Es gelang, diese Umstrukturierung ohne größere Brüche durchzuführen.

Das neue Universitätsgesetz 1975 forderte größere Institute und nach der Emeritierung von Anton Pischinger wurden 1977 die beiden Institute wieder zusammengelegt. Damit entstand ein sehr leistungsfähiges Institut, das bis 2002 von mir geleitet wurde. Die bewährte Kopplung von Theorie und Anwendung wurde effektiv fortgeführt.

Diese Arbeiten fanden ihren Niederschlag in dem Band „Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine“ in der neuen List-Reihe 1989 (Autoren Rudolf Pischinger, Günter Kraßnig, Theodor Sams und Gerhart Taucar) und in dessen Neuauflagen 2002 und 2009 (Autoren Rudolf Pischinger, Manfred Klell und Theodor Sams) (Folie 22).

Der Ausbau der maschinentechnischen Institute auf den Inffeldgründen ermöglichte die Erweiterung des Instituts und die Errichtung von weiteren Prüfeinrichtungen, die auch mit modernen Abgasmesseinrichtungen ausgestattet waren (Folie 23). Dazu gehörten ein LKW-Rollenprüfstand, ein LKW-Motorenprüfstand für transiente Versuchsläufe, ein Zweirad-Rollenprüfstand und ein Motorenprüfstand für Kleinmotoren. Damit wurde das Institut zu einem der bestausgestatteten Universitätsinstitute auf diesem Gebiet. Ein großer Teil dieser Einrichtungen wurde mit Drittmittel finanziert.

Mein Interesse lag vor allem in den Fragen des effizienten Energieeinsatzes, und damit des Kraftstoffverbrauches sowie der Schadstoffemissionen von Motoren. Die Fragen des drohenden Klimawandels und der begrenzten Erdölvorräte beschäftigten mich sehr. Ich nahm daher gerne die Einladung an, am *Nationalen Umweltplan* (NUP) der Österreichischen Bundesregierung mitzuarbeiten. Leider ist dieses Konzept, das viele auch heute noch gültige Ansätze enthielt, heute in der Versenkung verschwunden. Erfolgreicher war die Mitarbeit beim *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Für diesen Bericht erhielt das IPCC den Friedensnobelpreis 2007 (Folie 24). Bei beiden Aufgaben unterstützte mich Stefan Hausberger sehr effektiv.

Die hervorragenden Versuchseinrichtungen für Nutzfahrzeuge und Nutzfahrzeugmotoren (Folie 25) ermöglichten Forschungsarbeiten, die teilweise in Kooperation mit der AVL und teilweise in internationaler Zusammenarbeit durchgeführt wurden und ihren Niederschlag in mehreren Dissertationen und Veröffentlichungen fanden. Dieser Arbeitsbereich wurde von Theodor Sams geleitet.

Ein weiterer Arbeitsbereich Zweiradfahrzeuge und Kleinmotoren wurde von Franz Laimböck aufgebaut und wird heute von Roland Kirchberger geleitet. Dabei gelang es, wesentliche Verbesserungen im Betriebs- und Abgasverhalten dieser bis dahin viel zu wenig beachteten Motoren- und Fahrzeugkategorie zu erreichen. Auf diesem Gebiet entstanden weltweite Kontakte und Kooperationen.

Die Erfahrungen auf dem Gebiet der Großmotoren fanden durch die Kooperation mit den Jenbacher Werken (heute GE Jenbacher) eine wesentliche Erweiterung und Vertiefung (Folie 26). Die Arbeiten wurden auf Seite der Jenbacher Werke von Günther Herdin, auf Seite des Institutes von Theodor Sams und später von Andreas Wimmer geleitet. Die Forschungsarbeiten wurden auf einem in der Kopernikusgasse neu eingerichteten Motorenprüfstand mit einem Einzylinder-Versuchsmotor durchgeführt. Sie lieferten einen

wichtigen Beitrag zu der heutigen führenden Position von GE Jenbacher in der Gasmotorenentwicklung.

Das Institut wurde auch durch die Veranstaltung von folgenden Tagungen international bekannt (Folie 27):

- Zweiradtagungen (seit 1984: 5 Tagungen)
- Tagungsreihe „Abgasemissionen und Immissionen des Straßenverkehrs“ (seit 1985: 7 Tagungen)
- Tagungsreihe „Der Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors“ (seit 1987: 12 Tagungen)
- Tagungsreihe „Sicherheit und Belüftung von Straßentunneln“ (seit 2002: 5 Tagungen)

Die Durchführung dieser vielen Projekte erforderte einen entsprechenden Mitarbeiterstab. Im Jahre 2003 waren am Institut 80 Mitarbeiter beschäftigt, von denen 55 durch eigene Einnahmen finanziert wurden. Die Größe des Instituts und die Vielzahl an Aufgaben erforderte eine entsprechende Organisationsstruktur, das Institut war das erste österreichische Universitätsinstitut mit Zertifizierung nach ISO 2001.

Die erfolgreiche Arbeit des Institutes führte auch zur Gründung einer Reihe von Kompetenzzentren. Diese sind von der öffentlichen Hand gefördert und als Ges.m.b.H. mit Industriebeteiligung organisiert. An der Gründung folgender Kompetenzzentren war das Institut beteiligt (Folie 28):

- Akustikkompetenzzentrum Graz (ACC), Geschäftsführer: Josef Affenzeller (2008 in das VIF eingegliedert)
- Kompetenzzentrum für umweltfreundliche Stationärmotoren (LEC), Geschäftsführer: Andreas Wimmer (2010 von der TU Graz, Inst.für VKM und THD übernommen)
- Kompetenzzentrum für das virtuelle Fahrzeug (VIF), Geschäftsführer: Jost Bernasch
- Fahrzeugsicherheitszentrum (VSC), Geschäftsführer: Wilhelm Breitenhuber (2007 von Magna übernommen)

In den Jahren 2000 bis 2003 gingen alle damaligen Professoren des Instituts in den Ruhestand (Karl Pucher 2000, Günter Kraßnig 2001, Gerhart Taucar 2002, Rudolf Pischinger 2003). Die Fakultät genehmigte, dass die Stelle Pucher dem Fach „Verbrennungskraftmaschinen“ gewidmet wurde. Damit wurde eine zweijährige Überlappung bei der Leitung dieses großen Institutes ermöglicht.

Mit **Helmut Eichseder** konnte eine Persönlichkeit berufen werden, die hervorragend geeignet ist, das Institut in die Zukunft zu führen. Er wurde am 26.11.1958 in Steyr geboren. Nach Abschluss des Maschinenbau-Studiums an der Technischen Universität Graz trat er 1984 in die AVL ein. Von 1985 – 1990 war er Assistent am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik. Seine Dissertation über den Wärmeübergang und die Bauteilbeanspruchung von Zweitaktmotoren schloss er 1990 mit Auszeichnung ab. Anschließend trat er bei der Firma BMW in Steyr ein, wo er wesentlichen Anteil an der Entwicklung der neuen Dieselmotorenbaureihe mit Direkteinspritzung hatte. 1997 wechselte er zu BMW München, wo er mit der Entwicklung neuer Brennverfahren und der Benzin-Direkteinspritzung betraut wurde. 2001 wurde er als Professor für Verbrennungskraftmaschinen an die Technische Universität Graz berufen. 2002 übernahm er die Leitung des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik. .

Das Institut betreute auch das Aufgabengebiet **Fahrzeugtechnik**, ohne dass dieses in der Namensgebung des Institutes aufschien. Da für dieses Fach keine ausreichenden Ressourcen zur Verfügung standen, bestand der Wunsch, eine eigene Professur für Fahrzeugtechnik einzurichten. Diese wurde in der Nachfolge von Günter Kraßnig auch genehmigt und **Wolfgang Hirschberg** wurde mit Februar 2003 dazu berufen. Er wurde gleichzeitig zum wissenschaftlichen Leiter des Kompetenzzentrums für das Virtuelle Fahrzeug bestellt. Durch

die von der Firma MAGNA unterstützte Einrichtung des „Frank Stronach Institutes“ wurden auch adäquate Versuchseinrichtungen für die Fahrzeugtechnik geschaffen.

Im Jänner 2008 wurde das Laboratorium des Institutes in der Kopernikusgasse abgerissen. Der historische Großmotor, an dem so viele bahnbrechende Forschungsarbeiten durchgeführt wurden, fand eine neue Heimstätte in einem Technikmuseum in Ferlach in Kärnten. Es war ein bewegender Anblick, als der Großmotor von einem Kran durch das geöffnete Dach hinausgehoben wurde (Folie 29). Wenig später wurden auch die Büroräume in der Kopernikusgasse geräumt.

Die **Lehre** gehört zu den wichtigsten und für mich auch schönsten Aufgaben eines Universitätsprofessors. Ich betreute vor allem die Bereiche Thermodynamik und Kolbenmaschinen / Verbrennungskraftmaschinen. Besonders am Herzen lag mir die Vorlesung aus Thermodynamik obwohl es nicht einfach ist, dieses anspruchsvolle Fach in einem Hörsaal ohne Lautsprechereinrichtung an über 200 Hörer zu vermitteln. Dabei legte ich immer auf den Praxisbezug besonderen Wert. Die Assistenten vertieften die Anwendung in den Übungen, teilweise auch in Kleingruppen. Es war für mich ein besonders bewegender Moment, als mir im Anschluss an meine letzte Thermodynamik-Vorlesung eine Studentin zum Dank einen großen Blumenstrauß überreichte (Folie 30). Ich hielt diese Vorlesung trotz einer Erkältung mit über 38° Fieber und büßte das mit einer Lungenentzündung.

7. Schlussworte

Die Professoren Julius Magg, Hans List und Anton Pischinger haben das Institut in einer schwierigen Zeit zu einer bedeutenden Forschungsstätte ausgebaut. Ich konnte auf diesem Fundament in einer besseren Zeit aufbauen und mit Hilfe hervorragender Mitarbeiter die Einrichtungen und Forschungsarbeiten an die heutigen Erfordernisse anpassen. Den Studenten wurde und wird eine fundierte Grundlagenausbildung geboten und viele von ihnen können ihr Wissen und ihre Fähigkeiten in Diplomarbeiten und Dissertationen weiter vertiefen.

Ich danke der Universitätsleitung für das Verständnis für unsere Anliegen, meinen Kollegen danke ich für die gute Zusammenarbeit, meinen ehemaligen Mitarbeitern danke ich für ihre engagierte und sachkundige Arbeit und unseren Forschungspartnern und Auftragsgebern danke ich für die Unterstützung unserer Projekte.

Rudolf Pischinger

geboren am 27. Mai 1935 in Waidhofen an der Thaya

Volksschule und Realgymnasium in Waidhofen an der Thaya

1953 – 1959 Studium an der Technischen Hochschule Graz, Fachrichtung Maschinenbau

1959 Dipl.-Ing.

1961 Dr.techn.

1958 – 1961 Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für
Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik

1961 – 1969 Hochschulassistent am selben Institut

1968 Habilitation

1969 – 1970 Mitarbeiter der Anstalt für Verbrennungsmotoren (AVL).
Entwicklung von Verbrennungsverfahren und Leitung der
Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Abgasentgiftung

1970 Univ.-Prof. für Thermodynamik an der Technischen Universität Graz

1977 Erweiterung der Lehrverpflichtung auf
Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik

1976/1977 Prädekan der Fakultät für Maschinenbau

1977-1979 Dekan der Fakultät für Maschinenbau

1979/1980 Prodekan der Fakultät für Maschinenbau

2003 Emeritierung

1997 wirkliches Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften
Mitglied der Kommission Reinhaltung der Luft der ÖAW

2003 großes Ehrenzeichen des Landes Steiermark

2005 Universitätsforschungspreis der steirischen Industrie,
Ehrenpreis 2005

Wissenschaftliche Arbeitsgebiete:

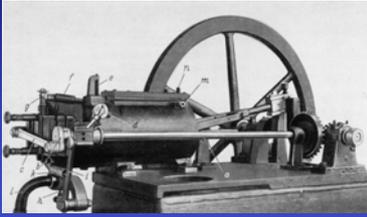
Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors, Thermodynamik, Tunnellüftung ,

Schadstoffausbreitung, Mitarbeit beim International Panel on Climate Change (IPCC) – Das
IPCC erhielt den Friedensnobelpreis 2007.

Nikolaus August Otto (1832-1891)

Erster Viertaktmotor, Köln 1876

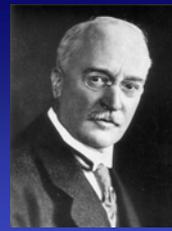
180 min⁻¹, 6.1 dm³, 3 PS, ca. 1500 kg
 $\eta = 17\%$, 500 kg/PS



Folie 1

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Rudolf Diesel (1858-1913)



Erster Dieselmotor, Augsburg 1897

172 min⁻¹, 19.6 dm³, 20 PS, ca. 4500 kg
 $\eta = 26\%$, 225 kg/PS



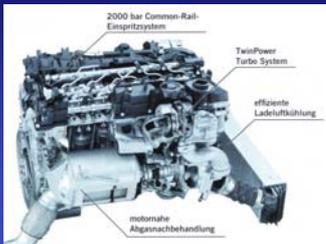
Folie 2

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Moderner Verbrennungsmotor

Sechszylinder PKW Dieselmotor BMW 2010

5600 min⁻¹, 3 dm³, 225 kW (305 PS), ca. 194 kg, $\eta = 42,5\%$, 0,63 kg/PS



Folie 3

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Julius Magg (1884-1931)

25. 11. 1884 in Tirol geboren

1907 Promotion an der Technischen Hochschule Graz

Konstrukteur bei Haniel und Lueg Düsseldorf

1910 Habilitation für theoretische Maschinenlehre an der TH Graz

1911 Professur für Thermodynamik an der TH Graz

1920 Erster Vorstand des neu gegründeten Instituts für Brennkraftmaschinenbau und Thermodynamik an der TH Graz

5. 5. 1931 in Graz verstorben



Folie 4

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Julius Magg (1884-1931)



Folie 5

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Hans List (1896-1996)

30. 4. 1896 in Graz geboren

1920 Abschluss des Studiums an der TH Graz

1921 Konstrukteur in der Grazer Waggon- und Maschinenfabrik

1924 Promotion mit der Dissertation „Regulierung von Dieselmotoren“

1926-1932 Professur an der Tongji Universität in China (Shanghai)

1932-1941 Professur an der TH Graz

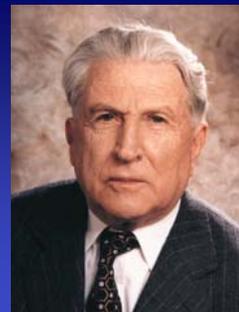
1941-1945 Professur an der TU Dresden

1948 Gründung der Ingenieurgesellschaft List/Pischinger/Niedermayer in Graz

1951 Anstalt für Verbrennungsmotoren List (AVL)

1979 Übergabe der Leitung der AVL an Helmut List

10. 9. 1996 in Graz verstorben



Folie 6

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Hans List (1896-1996)

Dissertation Graz 1924

1926 - 1932 Professur an der
Tongji Universität (Shanghai)



Folie 7

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Hans List (1896-1996)

1932 - 1941 Professur an der Technischen Hochschule Graz



14-bändige Buchreihe
„Die Verbrennungskraftmaschine“

Band 2: Thermodynamik und Verlustanalyse der Kolbenverbrennungskraftmaschine. Von Prof. Dr. Hans List, Graz 1939

Band 4/Teil 1: Der Ladungswechsel der Verbrennungskraftmaschine. Von Prof. Dr. Hans List, Graz und Dr. G. Reyl, Graz 1949

Teil 2: Der Zweitakt, Von Prof. Dr. H. List, Graz 1950

Teil 3: Der Ladungswechsel der Verbrennungskraftmaschine. Der Viertaktmotor. Von Prof. Dr. Hans List, Graz 1952



Folie 8

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Hans List (1896-1996)



Erster Dieselmotor für die
Jenbacher Werke 1948



1948 Gründung der
Ingenieurgesellschaft
List/Pischinger/Niedermayer



Folie 9

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Hans List (1896-1996)

Anstalt für Verbrennungsmotoren Prof. Dr. Hans List



1952

1970



Folie 10

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

AVL List GmbH

Firmenübergabe 1979

100. Geburtstag



Folie 11

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Anton Pischinger (1907-2003)

21. 4. 1907 in Linz geboren

1930 Abschluss des Maschinenbaustudiums
an der TH Graz

1930-1935 Assistent an der Lehrkanzel für
Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
der TH Graz bei Prof. Megg und Prof. List.
In dieser Zeit Dissertation und Habilitation

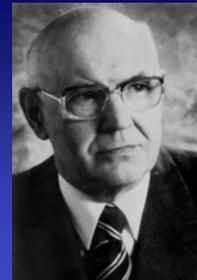
1936-1942 Klöckner-Humboldt-Deutz AG, Köln

1942 Professur für Verbrennungskraftmaschinen und
Thermodynamik an der TH Graz

1968/69 Rektor der TH Graz

1977 Emeritierung

19. 6. 2003 in Graz verstorben



Folie 12

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Anton Pischinger (1907-2003)



Folie 13

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Anton Pischinger (1907-2003)



Folie 14

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Eugen W. Huber (1913-1976)

- 5. 8. 1913 in Zürich geboren
- 1941 Abschluss des Studiums an der TH München
- 1939-1945 Assistent an der TH Graz bei Prof. H. List und Prof. A. Pischinger
- Mitarbeiter der BMW AG München
- 1946 Gründung des Instituts für Motorenbau Prof. Huber (IMH) in München (Schwerpunkte: Wankelmotor, Motormesstechnik, Verbrennungsanalyse mit optischen Methoden, Geräuschanalyse)
- 1966 Professur an der TU Berlin
- 1970 Professur an der TU Stuttgart
- 7. 3. 1976 verstorben

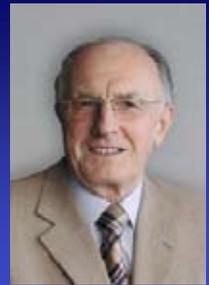


Folie 15

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Franz Pischinger

- 18. 6. 1930 in Waidhofen/Thaya geboren
- 1952 Abschluss des Maschinenbaustudiums an der TU Graz
- 1953-1958 Assistent am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TH Graz unter Prof. Anton Pischinger, Dissertation und Habilitation
- 1958 Mitarbeiter der AVL List GmbH
- 1962 Klöckner-Humboldt-Deutz AG, Köln
- 1970-1997 Professur für Angewandte Thermodynamik an der RWTH Aachen
- 1978 Gründung und Leitung der FEV Motorentechnik GmbH, Aachen
- 2003 Übergabe der Firmenleitung an Stefan Pischinger



Folie 16

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Franz Pischinger

FEV: weltweit tätiges, unabhängiges Unternehmen mit über 1800 Mitarbeitern

- Engineering Motor und Powertrain
- Fahrzeugapplikation und Elektronik
- Mess - und Prüftechnik



Folie 17

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Günther Hohenberg

- 24. 11. 1943 in Innsbruck geboren
- 1969 Abschluss des Maschinenbaustudiums an der TH Graz
- 1970 Mitarbeiter der Daimler-Benz A.G. Stuttgart
- 1974 Promotion bei Prof. E. Huber und U. Essers an der TU Stuttgart über die Gemischbildung im Wankelmotor
- 1980 Habilitation an der TU Graz über den Wärmeübergang im Dieselmotor
- 1981 AVL List GmbH Graz
- 1984 Professur für das Fachgebiet Verbrennungskraftmaschinen der TU Darmstadt
- 2009 Emeritierung



Folie 18

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Institut für VKM und Thd

1920-1931 Julius Magg
 1932-1941 Hans List
 1942-1977 Anton Pischinger
 1970-2003 Rudolf Pischinger
 ab 2001 Helmut Eichlseder



Studienjahr 2002/3:

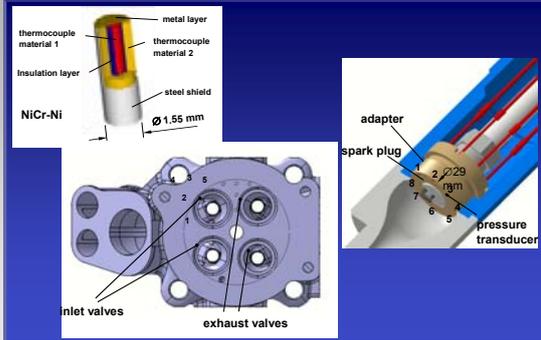
80 Mitarbeiter, 2550 Prüfungen,
 37 x Veröffentlichungen, 11 EB-Ejekt/-Ibcjn*
 130 Veröffentlichungen, 2 Tagungen



Folie 19

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Messtechnik



Folie 20

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Schadstoffausbreitung und Tunnellüftung

Brandversuch im Selzthaltunnel 1999



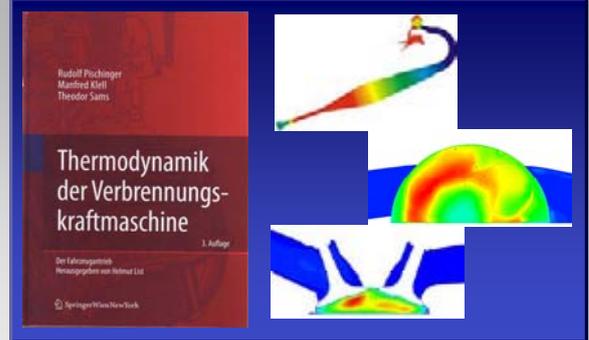
Berechnung der örtlichen Verteilung
 der NOx-Emissionen in Graz an einem Wintertag 1995 um 8 Uhr



Folie 21

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine



Folie 22

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

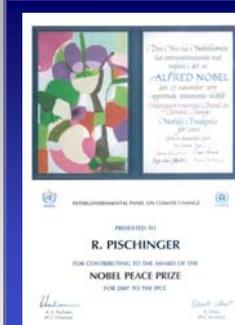
Inffeldgasse ab 1984



Folie 23

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

IPCC



Beitrag:

Pischinger, R.; Hausberger, St.;
 Sammer, G.; Thaller, O.;
 Wernsperger, F.:

„Scenarios for transport demand,
 energy consumption and CO2
 emissions for global traffic up to
 the year 2100

Wien, 1998



Folie 24

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
 Technische Universität Graz

Abgasnachbehandlung an Grazer Stadtbussen

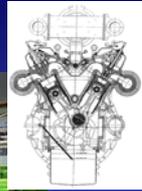


Folie 25

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Jenbacher Gasmotoren

Gasmotor Reihe 6 (2003)
20-Zylinder, 125 dm³ Hubraum, 27700 kg,
3000 kW, 1500 min⁻¹, $\eta = 44\%$



Folie 26

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Tagungen

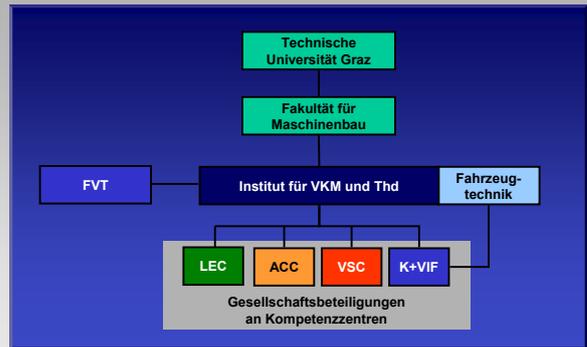
Der Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors (seit 1987: 12 Tagungen)
Abgasemissionen und Immissionen durch den Straßenverkehr
(seit 1985: 7 Tagungen)
Sicherheit und Belüftung von Straßentunneln (seit 2002: 5 Tagungen)
Zweiradtagung (seit 1984: 5 Tagungen)



Folie 27

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Instit. für VKM und Thd / Stand 2003



Folie 28

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Abbau Großmotor 2008



Folie 29

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Schlussvorlesung 2004



Folie 30

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Technische Universität Graz

Helmut Eichlseder

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., Vorstand des Institutes für
Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz

Motorenforschung an der TU Graz – heute und morgen

Motorenforschung an der TU Graz – heute und morgen

Helmut Eichlseder

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik

Bei jeder Nachbesetzung eines Institutes stellt sich die Frage nach dem grundsätzlichen Bedarf und der zukünftigen Ausrichtung. Vor dem Hintergrund der bedeutenden Geschichte, einer mehr als dreißigjährigen und höchst erfolgreichen Leitung durch Professor Rudolf Pischinger, der hervorragenden Reputation sowie Größe des Institutes für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik wurde der Übergang der Institutsleitung mit Aufmerksamkeit, an mancher Stelle vielleicht auch mit Skepsis und Sorge verfolgt. Dieser Übergang fiel zudem mit dem fast gleichzeitigen Übertritt aller damaligen Professoren und mehrerer langjähriger Mitarbeiter in den Ruhestand zusammen.

Immerhin waren ja nicht nur 25 Mitarbeiter auf Planstellen, sondern auch über 50 drittmittelfinanzierte Mitarbeiter davon betroffen. Dank der vorausschauenden Vorbereitung und vor allem der angenehmen und zuvorkommenden Art von Prof. Pischinger sowie einer Überlappungszeit ist diese Phase recht gut abgelaufen, aus meiner Sicht ein Musterbeispiel für eine Übergabe der Institutsleitung, die sonst häufig von Auseinandersetzungen und Schwierigkeiten begleitet wird.

Diese kontinuierliche und gut vorbereitete Entwicklung der organisatorischen Rahmenbedingungen, in deren Zeit auch noch der Übergang von der Teil- zur Vollrechtsfähigkeit der österreichischen Universitäten zu berücksichtigen war, erlaubte auch eine ununterbrochene und stetige Fortführung unserer Kernaufgabe der Lehr- und Forschungstätigkeit.

Die heutigen Forschungsschwerpunkte des Institutes liegen weitgehend auf den bereits von Prof. Pischinger und seinen Mitarbeitern bearbeiteten Gebieten wie Effizienzsteigerung durch Analyse und Optimierung des thermodynamischen Arbeitsprozesses, Schadstoffminderung, die durch den Verkehr bedingten Umwelteinflüsse, Messtechnik,...etc. Auch die noch von Prof. Pischinger initiierten Kompetenzzentren bzw. deren Nachfolgeeinrichtungen spiegeln dies in Form von Zusammenarbeit (Virtuelles Fahrzeug incl. Motor- und Fahrzeugakustik) bzw. Zusammenführung (LEC) mit dem Institut nach deren Auslauf wider.

Nach wie vor bildet die Kombination von Theorie und Praxis, Thermodynamik als Grundlage und Verbrennungskraftmaschine als Anwendung eine hervorragende Basis für die Forschungsschwerpunkte und in einigen Fällen auch einzigartigen Spezialanwendungen.

Wesentliche Anpassungen sind natürlich entsprechend den im Laufe der Zeit gestiegenen Anforderungen durch verschärfte Abgasvorschriften, Leistungs-, Lebensdauer- und Effizienzsteigerung bzw. CO₂-Minderung sowie der heutigen Möglichkeiten elektronischer Regelung von Motor und Antriebsstrang, verbesserter Gemischbildungs- und Aufladesystemen sowie der wesentlich verbesserten Simulations- und Diagnostikverfahren erfolgt. Als exemplarische Beispiele für die heutigen Forschungsschwerpunkte seien hier Laseroptische Verfahren zur Verbrennungsdiagnostik bis zur zeit- und raum aufgelösten Detektion von Verbrennungsprodukten (Bild 1), Wärme- und Energiemanagement von Antrieben, Abwärmenutzung, Elektrifizierung von Antrieben und deren Betriebsstrategien, Brennverfahren für gasförmige und flüssige alternative Kraftstoffe sowie zugehörige Antriebskonzepte (Bild 2) und Abgasnachbehandlungssysteme genannt. Darüber hinaus bilden die thermodynamische Modellierung und Weiterentwicklung von Kolbenkompressoren sowie die im nächsten Beitrag von Prof. Sturm behandelten umweltrelevanten Fragestellungen zum Verkehr einen wesentlichen Schwerpunkt. Neben der Anwendung und Entwicklung von Simulationsprogrammen für motorische Fragestellungen bilden Messtechnik für thermodynamische

Fragestellungen im Motor und zur Bestimmung der Emissionen eine wichtige Aufgabenstellung.

Die Anwendung erstreckt sich dabei von kleinen Hochleistungsmotoren, die für handgehaltene Arbeitsgeräte, Schneeschlitten, Motorräder etc. eingesetzt werden und für die gerade ein kooperatives Forschungsprojekt mit den Motorherstellern Stihl, Rotax, BMW Motorrad u.a. gestartet werden konnte, bis zu großen Forschungsmotoren für Diesel- und Gasbetrieb mit Zylinderhubvolumina bis zu etwa 30 dm³. Eine Besonderheit stellt die vor 5 Jahren gegründete kompetenzzentrumsähnliche Einrichtung, das Hydrogen Center Austria, dar: Dieses beschäftigt sich mit der Speicherung, Sicherheit, Komponentenentwicklung und Anwendung von Wasserstoff.

Die Frage nach der „Motorenforschung morgen“ ist hinsichtlich der Entwicklungszielsetzung leicht zu beantworten: Die Effizienz kann und muss weiter gesteigert werden, die CO₂-Emission ist zu mindern und die Schadstoffemission ist weiter zu senken bis auf ein Niveau, das einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Umwelt hat. Natürlich muss das unter Beibehaltung oder Ausbau der Tugenden gelingen, die wir von der Verbrennungskraftmaschine gewohnt sind: kostengünstig, zuverlässig, robust, komfortabel und mit hoher Reichweite und Dynamik.

Einige technische Ansätze dazu sind: Downsizing durch verfeinerte Aufladetechnik, Elektrifizierung, erweiterte Variabilitäten in Ladungswechsel und Gemischbildung, Abwärmenutzung und Energiemanagement, Alternative Kraftstoffe, weiterentwickelte Abgasnachbehandlungskonzepte.

Dementsprechend werden die Forschungsschwerpunkte am Institut ausgerichtet, beispielsweise wird die Simulation innermotorischer Vorgänge verstärkt auf thermodynamische Gesamtsystembetrachtung erweitert. Ehrgeiziges Ziel ist das „Virtuelle Antriebssystem“, wenn auch die vollständige Simulation des Verbrennungsmotors, der Abgasnachbehandlung und des gesamten Antriebssystems auf absehbare Zeit nicht darstellbar ist und experimentelle Untersuchungen weiterhin eine ganz wesentliche Rolle spielen werden. Daher wird auch die Weiterentwicklung der Diagnostik und Prüftechnik, die mit neuen Brennverfahren und einer Elektrifizierung neue Anforderungen erfüllen muss, ein großes Aufgabengebiet bilden.

Der Vollständigkeit halber und einer bereits mehrmals gestellten Frage zuvorkommend sei erwähnt, dass eine Art der Motorenforschung allerdings keinen Kernumfang bilden, sondern vielmehr in Form der Einbeziehung in das Energie- und Thermomanagement eine Rolle spielen wird: der Elektromotor und die Batterie.

Das über drei Jahrzehnte unter der Leitung von Prof. Pischinger aufgebaute Wissensfundament bildet jedenfalls eine hervorragende Basis für die Zukunft und eine nachhaltige Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors. Diese Entwicklung ist notwendig, da der Verbrennungsmotor noch über lange Zeit die dominante Antriebsquelle bleiben wird, und er entgegen der Meinung Einzelner, die in der Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors nur noch eine „Nachlassverwaltung von Otto und Diesel“ sehen- noch hohes Potenzial für eine nachhaltige Weiterentwicklung hat.

Mit der nun vorhandenen Expertise der mittlerweile 118 Mitarbeiter des Institutes wird in Verbindung mit der ausgezeichneten experimentellen Ausstattung auch in den nächsten Jahrzehnten Forschung und Lehre auf hohem Niveau möglich sein.

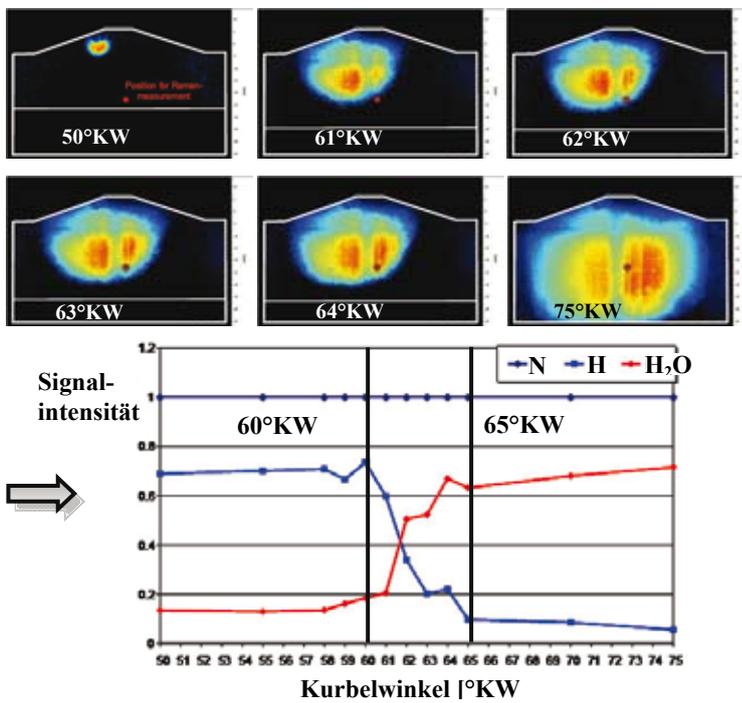
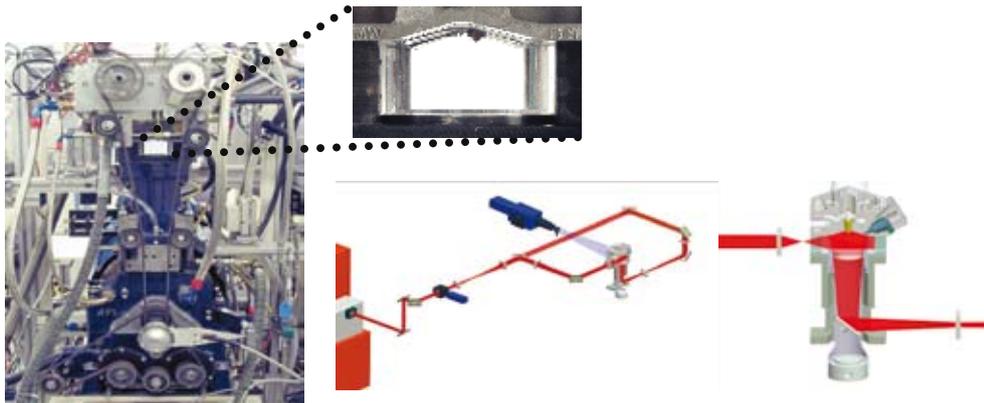


Bild 1: Verbrennungsdiagnostik am optisch zugänglichen Motor zur Bestimmung der Gaszusammensetzung während der Verbrennung



Bild 2: Eigenforschungsprojekt „Multivalentes Fahrzeug“ für Wasserstoff/ Erdgas/Benzinbetrieb (Kooperation mit HyCentA)

Peter Sturm

Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., Institut für Verbrennungskraftmaschinen
und Thermodynamik der TU Graz

Verkehr & Umwelt – Aktuelle Forschungsaktivitäten zu diesem Thema

Verkehr & Umwelt – Aktuelle Forschungsaktivitäten zu diesem Thema

AUniv.-Prof Dr. Peter Sturm

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik

Am Forschungsbereich Verkehr & Umwelt zeigt sich stark, welche Möglichkeiten sich durch die Forschungsarbeiten des Institutes für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik eröffnet haben. Es liegt auf der Hand, dass der Straßenverkehr durch sein bevorzugtes Antriebsaggregat – den Verbrennungsmotor – einen merklichen Beitrag zur Umweltbelastung durch Luftschadstoffe im urbanen Bereich beisteuert. Während die Kollegen der anderen Forschungsbereiche am Institut intensiv an der Reduktion der Schadstoffemissionen der Einzelfahrzeuge arbeiten, versucht der Forschungsbereich Verkehr & Umwelt die Emissionen an Luftschadstoffen gesamthaft zu betrachten und die Ausbreitung dieser in antropogen beeinflussten Bereichen zu erforschen.

Unter Univ.-Prof. Dr. Rudolf Pischinger wurde erstmals eine Methode entwickelt aus Emissionskennfeldern von Einzelfahrzeugen das Emissionsverhalten gesamter Fahrzeugflotten zu berechnen. Dieses Verfahren ist als Digitales Grazer Verfahren (DGV) in die Fachwelt eingegangen. Es wurde permanent weiterentwickelt und ist heute als PHEM, NEMO oder Handbuch unter A.Univ.-Prof. Dr. Hausberger zum Standard der Emissionsberechnung des Straßenverkehrs in vielen europäischen Ländern geworden. Wo früher ein bis zwei Personen geforscht haben, hat sich heute eine Forschungsgruppe etabliert.

Die Emissionsberechnung ist aber „nur“ Ausgangspunkt der Beurteilung der Immissionsbelastung. Unter Bezugnahme der meteorologischen Bedingungen ist es notwendig die Ausbreitungssituation der Schadstoffe zu berechnen und somit die Belastungen durch Luftschadstoffe örtlich und zeitlich zugeordnet anzugeben. Basierend auf Arbeiten zur kleinräumigen Schadstoffausbreitung wurde im Grazer „Smogwinter 88/89“ erstmals die Schadstoffbelastung in einem gesamten Stadtgebiet betrachtet. Diese Forschungsarbeiten wurden im Rahmen von national und international geförderten Projekten konstant weiterentwickelt. Heute ist das Institut aufgrund der wissenschaftlichen Ausrichtung, des Fachpersonals und der messtechnischen Ausstattung erster Ansprechpartner für Ministerien, Landesämter und Kommunen, wenn es darum geht die Luftgüte in Großräumen zu betrachten und Luftgütesanierungspläne zu entwickeln oder zu evaluieren.

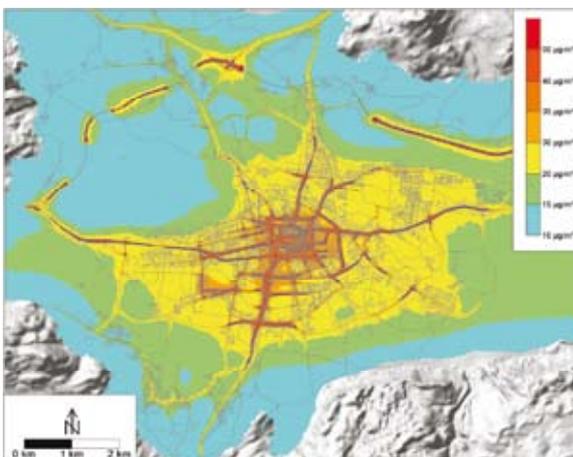


Abbildung 1: Jahresmittelwert der NO₂ Belastung 2010 in Klagenfurt (links); Messung atmosphärischer Spurengase und Aerosole im Raum Feldbach (rechts)

Zum Bereich Verkehr & Umwelt gehört aber auch noch eine gänzlich andere Forschungsaktivität, die man an diesem Institut nicht vermuten würde. Es ist dies die Gruppe Tunnellüftung/-sicherheit. Diese Gruppe ist aus der intensiven Zusammenarbeit zwischen Prof. Pischinger als Experte bei emissions- und thermodynamischen Fragen und Prof. Pucher als Strömungstechniker entstanden. Es gibt nur wenige der großen Straßentunnel in Österreich, bei denen die beiden bei der Dimensionierung der Lüftung nicht ihren Beitrag geleistet hätten. Auch diese Arbeiten fielen auf fruchtbaren Boden. So wurde Ende der 90er Jahre die Steuerung einer Lüftungsanlage durch eine Regelung mit der Leitgröße der Längsgeschwindigkeit der Luft ersetzt. Der Plabutschunnel – fast das interne Forschungslabor des Institutes – ist weltweit der erste Tunnel, bei dem eine vollständige Regelung der Lüftung im Brandfall unter Einbeziehung aller 9 zur Verfügung stehenden Axialventilatoren der vom Brand betroffenen Röhre verwirklicht wurde. Die Idee zu einem derartigen System und die erfolgreiche Umsetzung sind auf die Mitarbeiter des Institutes zurückzuführen. Als Weiterentwicklung wurde die richtungsorientierte Einblasung von Frischluft quasi wiedererfunden und in das komplexe Regelungsverhalten quergelüfteter Tunnel eingebunden. Auch dieses System hat sich vom Institut ausgehend in Österreich und nun auch weit über unsere Grenzen hinaus als wirkungsvolles Mittel zur Verbesserung der Lüftungsergebnisse im Brandfall etabliert. In Zusammenarbeit mit Betreibern von Straßen- und Eisenbahntunneln ist es immer wieder möglich umfangreiche messtechnische Untersuchungen in den Tunnelanlagen durchzuführen. Somit können die strömungs- und thermodynamischen Modellansätze validiert und zur Simulation von komplexen Strömungsvorgängen und großen Brandereignissen in Tunneln eingesetzt werden. Die sehr praxisbezogene Tätigkeit im Bereich der Lüftung und der Brandsicherheit von Tunnelanlagen hat dazu geführt, dass auch dieser Forschungsbereich personell stark zugelegt hat.

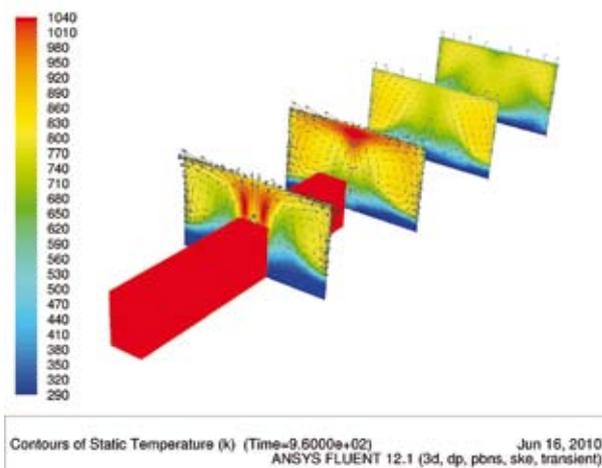


Abbildung 2: Temperatur und Strömungsverhältnisse bei einem 50 MW Brand in einem Tunnel (links), Brandversuch zur Ermittlung des Lüftungsverhaltens in einem Straßentunnel bei einer Brandlast von 3 MW (rechts)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die von Prof. Pischinger mit Unterstützung durch Prof. Pucher initiierten Forschungsarbeiten zum Thema Emissionen, Luftschadstoffbelastungen durch den Verkehr sowie Lüftung und Sicherheit von Tunnelanlagen auf einen sehr fruchtbaren Boden gefallen sind, und sich sehr positiv weiterentwickelt haben. Zur Initiierung von Forschungsarbeiten durch Prof. Pischinger kommt noch dazu, dass er seine Mitarbeiter immer mit dem notwendigen Vertrauen und Rückhalt ausgestattet hat. Dadurch war ein kontinuierliches Wachsen der Aktivitäten auf hohem wissenschaftlichem Niveau überhaupt erst möglich. Dafür gebührt im die Hochachtung und der Dank aller Mitarbeiter des Institutes.

Helmut List

Prof. Dipl.-Ing. Dr.h.c., Vorsitzender der Geschäftsführung der AVL List GmbH

Nachhaltige Forschungsaktivitäten als Grundlage zukünftiger Antriebssysteme

Nachhaltige Forschungsaktivitäten als Grundlage zukünftiger Antriebssysteme

Was bedeutet Nachhaltigkeit?

Wenn im Titel der Veranstaltungsreihe von „Nachhaltigen Entwicklungen“ die Rede ist, fordert das heraus, sich die mehrfache Bedeutung des Begriffs Nachhaltigkeit in Erinnerung zu rufen. Die der Reihe zugrundeliegende Duden-Definition spricht von einer „längere Zeit anhaltenden Wirkung“.

Es gibt aber natürlich auch den „anderen“ Begriff der Nachhaltigkeit, als Übersetzung der „Sustainable Development“. Der 1987 veröffentlichte „Brundtlandt-Bericht“ der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung beinhaltet eine Definition der „Nachhaltigen Entwicklung“:

„Bedürfnisse einer Generation zu befriedigen, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen. Eine zukunftsfähige Entwicklung ist ein Prozess der Veränderung, in dem die Nutzung der Ressourcen, die Struktur der Investitionen, die Orientierung des technischen Fortschrittes und die institutionellen Strukturen konsistent gemacht werden mit den künftigen und den gegenwärtigen Bedürfnissen.“

Als AVL haben wir uns der nachhaltigen Mobilität im Sinne des Brundtlandt-Berichts verschrieben. Für die im Folgenden zu erörternden Forschungsaktivitäten gilt, dass diese wesentlich dazu beitragen sollten, Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten, insbesondere aber auch die wirtschaftlichen Ressourcen vor Ausbeutung zu schützen oder zumindest zu schonen.

Daraus ergeben sich selbstredend die Hauptzielrichtungen der Forschung, die in den vergangenen 40 Jahren auf dem automotiven Sektor in der AVL, aber auch weltweit, verfolgt wurden und die auch in Zukunft relevant sein werden, nämlich:

- Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs zur Schonung der fossilen Energieressourcen und zur Verminderung der klimarelevanten CO₂-Emission
- Reduzierung der Abgasemissionen zur Erhaltung der Luftqualität für künftige Generationen
- Reduzierung der Geräuschemission von Motoren und Fahrzeugen

Nachhaltigkeit, Prof. Pischinger und die AVL

Beide Definitionen haben in Verbindung mit Prof. Pischinger, Antriebstechnik und AVL ihre Berechtigung.

Viele der aktuellen Forschungsthemen der AVL gehen unmittelbar oder mittelbar auf Prof. Pischinger zurück und haben damit ihre lange andauernde Wirkung bereits heute bestätigt.

Seine Arbeiten lieferten und liefern wichtige Erkenntnisse zur Reduktion von Schadstoffemissionen und zur aktuellen CO₂-Ausstossverringern.

Besonders treffend im Zusammenhang mit Prof. Pischingers akademischem Engagement ist ein Sprichwort, das sinngemäß lautet: „Planst Du für ein Jahr, dann säe Korn, planst Du für ein Jahrzehnt, dann pflanze Bäume, planst Du für ein Leben, dann bilde junge Menschen aus.“

Prof. Pischinger war in den Jahren 1969 und 1970 Mitarbeiter der AVL. Er war mit der Entwicklung von Verbrennungsverfahren beschäftigt und baute den Forschungsbereich Abgasentgiftung auf.

Anfang der 70-er Jahre des vorigen Jahrhunderts wurde beim Nutzfahrzeugdieselmotor erstmals die Frage aufgeworfen, ob die damals schon fest etablierte direkte Einspritzung geeignet ist, das erstmals in Kalifornien geforderte NO_x-Emissionslimit von 5 g/HP-hr zu erreichen, oder ob diese Motoren hierfür wieder auf die bereits eher veralteten Kammerverfahren umgestellt oder rückgebaut werden müssen. Die damals unter Rudi Pischinger in der AVL durchgeführten Untersuchungen an vier von der Firma Steyr-Daimler-Puch zur Verfügung gestellten Nutzfahrzeugmotoren mit direkter Einspritzung bzw. mit Vorkammer haben schon damals eindeutig ergeben, dass der Dieselmotor mit Direkteinspritzung, Aufladung und Ladeluftkühlung die am besten geeignete Lösung war, um dieses erste Kalifornien-NO_x-Limit (das dann allerdings erst 1978 in Kraft trat) bei bestem Verbrauch zu erreichen.

1973 folgte die erste Energiekrise, die zu einer drastischen Verteuerung der Kraftstoffe führte und bei AVL zur Folge hatte, im Rahmen eines nachhaltigen, über mehrere Jahre dauernden und vom FFF geförderten Projektes zum Leichtdieselmotor die Machbarkeit der direkten Einspritzung auch für PKW-Motoren zu erforschen. In diesem Forschungsprojekt entstand neben verschiedenen Versuchsmotoren der Prototyp des effizienten AVL-Leichtdieselmotors mit Pumpe-Düse-Einspritzsystem und spezieller geräuscharmer Konstruktion. Das dabei verwendete Mehrstrahl-Brennverfahren mit Luftdrall-Unterstützung erwies sich im Vergleich zu den von Wettbewerbern entwickelten

Einstrahl-Verfahren eindeutig als das überlegene und ist heute in weiter verfeinerter Form weltweit in allen am Markt befindlichen Pkw-Dieselfahrzeugen in Verwendung.

Wesentliche Elemente, die zum Erfolg dieser Kraftstoff sparenden Technologie führten, sind die Einführung elektronisch geregelter und daher voll flexibler Hochdruck-Einspritzsysteme, gekühlte und geregelte Abgasrückführung, an die Hochdruckeinspritzung und die Vierventil-technik angepasste Brennverfahren, sowie neue Turbolader mit Abblase-Ventil oder variabler Turbinengeometrie. In ihrer vielfachen Flexibilität der Einstellparameter haben diese Motoren die besten Voraussetzungen zur Applikation verschiedenster Abgasnachbehandlungssysteme, wie Partikel-Filter und SCR-Systeme zur Erfüllung der schärfsten Abgaslimits in Europa und USA, die nahe Nullemission angesiedelt sind.

Hand in Hand mit diesen Forschungsaktivitäten an Pkw- und Nutzfahrzeugmotoren befassten sich jahrelange – auch von der deutschen FVV geförderte – Forschungsprogramme mit der Geräuschemissionsminderung an Dieselmotoren, sowohl auf dem konstruktiven Sektor der Motorstruktur bezüglich Schallweiterleitung und Schallabstrahlung, der Rolle des Verbrennungsgeräusches als anregende Größe, als auch den Möglichkeiten der Motorkapselung. Diese Aktivitäten waren sowohl experimenteller als auch theoretischer Natur, indem neuartige Messverfahren in speziell eingerichteten Akustiklabors zum Einsatz kamen, und neue Berechnungsverfahren mittels Finiter Elemente Methoden (FEM) zur Vorausberechnung der Schallabstrahlung von Motoren erarbeitet wurden.

Nachhaltige Methodik in Entwicklungsprozessen

Die erwähnten Fortschritte nachhaltiger Forschungsprojekte sind als das Ergebnis vieler kleiner Schritte anzusehen, die im Lauf der Jahre allmählich zu einem konkreten Ganzen zusammengewachsen sind und weiter wachsen werden.

Die wesentliche Grundlage für das konkrete Ganze bildet die ständig in Bewegung befindliche Methodik auf allen Fachgebieten der Antriebstechnik, die in den verschiedenen Phasen des Entwicklungsprozesses heutiger und auch zukünftiger Antriebssysteme zur Anwendung kommen werden.

Die Struktur des auf Nachhaltigkeit konzipierten und bei AVL etablierten Motor-Entwicklungsprozesses stellt bewusst die Methodik an die Spitze, indem Ressourcen schonend von allem Anfang an mittels verschiedener Methoden in der Konstruktion, Festigkeitsberechnung, Motor-Elektronik und Motor-Regelung, Einspritzung, Ladungswechsel, Thermodynamik

und Verbrennung, Abgasrückführung und Abgas-Gleichverteilung, Abgasnachbehandlung etc., der virtuelle Motor frühzeitig vollständig dargestellt werden kann, sodass in der anschließenden Testphase der realen Motoren der energieintensive Prüfstandsbetrieb entscheidend verkürzt wird, ohne Einbußen am Entwicklungsergebnis in Kauf nehmen zu müssen.

Auch für die Felderprobung der Motoren im Fahrzeug wurden im Rahmen von nachhaltigen Forschungsprojekten neue Methoden zur Absicherung der Zuverlässigkeit im realen Betrieb etabliert, sodass auch hier Ressourcen schonend und zielsicher vorgegangen werden kann.

Diese Entwicklungen wurden in hohem Maße auch von Prof. Pischinger begleitet. So wurde an seinem Institut bereits in den 80er Jahren ein Nutzfahrzeugprüfstand installiert, mit dem man erstmals in Österreich in der Lage war, gesetzeskonform den amerikanischen Transient-Testzyklus durchzuführen. Damit wurden entscheidende Entwicklungen zur Emissionsreduzierung von Nutzfahrzeug-Dieselmotoren durchgeführt.

Mit seiner Berufung an die damalige Technische Hochschule Graz zum Ordinarius für Thermodynamik und der Ausweitung der Lehrverpflichtung auf Verbrennungskraftmaschinen im Jahre 1977 trat eine weitere Stärke von Prof. Pischinger besonders in den Vordergrund, nämlich die bestmögliche Ausbildung engagierter Studenten.

Er förderte mit großem Einsatz und teilweise auch persönlichem finanziellen Risiko junge Ingenieure, indem er ihnen sehr frühzeitig die Chance bot, an Industrieprojekten mitzuarbeiten. Für Unternehmen wie Jenbacher, Steyr Daimler Puch und AVL wurden wertvolle Projekte durchgeführt. Die österreichische Motoren- und Automobilindustrie verdankt ihm eine sehr große Zahl erfolgreicher Wissenschaftler und Ingenieure, die mit einem soliden, industrienahen Background schnell und erfolgreich Entwicklungs- wie auch Führungsaufgaben übernehmen konnten.

Prof. Pischinger hat aber auch rechtzeitig und mit großem Weitblick das Institut für die Zukunft vorbereitet. Dazu zählen die Einrichtung von Christian Doppler Labors und der Aufbau und die Einrichtung von Kompetenzzentren gemeinsam mit der Industrie, die derzeit methodisch und technisch die Motoren- und Antriebsstrangentwicklung mitbestimmen. Im Einzelnen sind dies:

- Das Akustik-Kompetenzzentrum (ACC), welches vor 2 Jahren mit dem Kompetenzzentrum „Das virtuelle Fahrzeug“ zusammen-

gelegt wurde. Im ACC wurde eine ganze Reihe von zukunftsweisenden Methoden zur Geräuschreduktion entwickelt.

- Im Large Engine Competence-Zentrum (LEC) wurden die Voraussetzungen für die Emissionsreduktion bei gleichzeitiger Steigerung des Motorwirkungsgrades von Großmotoren geschaffen. Das LEC wurde mit Beginn 2010 an die TU Graz übergeführt und wird künftig auch gemeinsam von AVL und der TU Graz betrieben.
- Das Virtuelle Fahrzeug wird nach der ersten 7jährigen Periode im Rahmen des COMET Förderprogrammes um zumindest 5 Jahre – voraussichtlich aber sogar um 10 Jahre – verlängert. Es befasst sich sehr vorausschauend neben methodischen Themen auch schwerpunktmäßig mit allen Aspekten der Elektromobilität. Unter Elektromobilität verstehe ich in diesem Zusammenhang die Hybridisierung des Antriebsstrangs bis hin zu reinen Elektrofahrzeugen.

Bei all diesen Forschungseinrichtungen war Prof. Pischinger maßgeblich nicht nur bei der Errichtung sondern in weiterer Folge in den Führungsgremien unermüdlich tätig und hat so dazu beigetragen, dass neben seinem Institut bleibende und nachhaltige Forschungsstrukturen geschaffen wurden, die den Technologiestandort Graz weltweit sichtbar machen.

Für die AVL kann ich sagen, Prof. Pischinger war und ist mit unserem Unternehmen auf vielfältige Weise eng verbunden. Einen Ausschnitt aus diesen Verbindungen durfte ich kurz darstellen. Für sein großes – in mehrfacher Hinsicht – nachhaltiges Engagement gilt ihm mein aufrichtiger herzlicher Dank!

Zur Reihe „Nachhaltige Entwicklungen an der TUGraz und ihre Initiatoren“

Die Technische Universität Graz ist aus dem 1811 gestarteten Unterricht am Joanneum hervorgegangen, dessen Ziel es von Beginn an war, das Wissen der Gegenwart durch Anwendung in der Praxis in besonderer Weise für das Wohl der Menschen nutzbar zu machen. In dieser Veranstaltungsreihe aus Anlass des 200-jährigen Bestandes des eigenständigen technischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes in Graz werden ausgewählte Persönlichkeiten vorgestellt, die der Verwirklichung dieses Gründungsgedankens in herausragender Weise entsprochen haben.

Kontakt: Josef Affenzeller, Kurt Friedrich, Wolfgang Wallner
EINTRITT FREI ANMELDUNG unter: forumTUG@tugraz.at

Forum Technik und Gesellschaft
an der Technischen Universität Graz
Schlögelgasse 9/1, A-8010 Graz
<http://TUG2.TUGraz.at>

eine Kooperation von:

alumniTUGraz 1887



gefördert von:

