



Rudolf PISCHINGER, o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn., Jahrgang 1935, 1953 - 1959 Studium - Fachrichtung Maschinenbau - an der TH Graz, 1961 Promotion zum Dr. der techn. Wissenschaften, seit September 1970 o.Univ.-Prof. für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik an der TH Graz, 1977-1979 Dekan der Fakultät für Maschinenbau; wissenschaftliche Arbeitsgebiete: Arbeitsprozeß in Verbrennungsmotoren, Thermodynamik, Tunnellüftung und Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre; Mitglied der Österr. CO₂-Kommission; Leiter des Arbeitskreises III „Verkehr- und Transportwesen“ zur Ausarbeitung eines Nationalen Umwelplanes (NUP) für Österreich.

Das Kraftfahrzeug zu Beginn des nächsten Jahrhunderts

Das Kraftfahrzeug hat in seiner über 100jährigen Geschichte eine große Bedeutung für die Gesellschaft und für die Wirtschaft erlangt, aber auch große Probleme für die Umwelt gebracht (Abb. 1). In seinen ersten Jahren war das Automobil nur wenigen begüterten Personen vorbehalten. Durch die zunehmende Verbreitung hat es eine ungeahnte individuelle Freiheit der Bewegung gebracht, ist für viele Berufe unentbehrlich geworden und hat unser Leben nachhaltig beeinflusst.

1. Einleitung

Das Automobil ist nicht nur ein wichtiges Transportmittel, sondern auch ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Nicht zuletzt sichert die Automobil- und Zulieferindustrie weltweit Millionen von Arbeitsplätzen.

Zu den negativen sozialen Auswirkungen ist vor allem die Gefährdung der Menschen zu zählen. Durch die weite Verbreitung, die das Automobil erreicht hat, sind außerdem schwerwiegende Umweltkonsequenzen entstanden. Diese beziehen sich zunächst auf den Einsatz der vorhandenen Ressourcen,

vor allem auf den Verbrauch fossiler Energieträger. Damit sind auch zwangsläufig Emissionen des Treibhausgases Kohlendioxid verbunden. Die eigentlichen Schadstoffe machen im Abgas zwar nur einen geringen Prozentsatz aus, sie haben aber trotzdem, insbesondere in Ballungsräumen, zu kritischen Situationen geführt. Deshalb wurden ab den 60er Jahren, ausgehend von den USA, zunehmend schärfere Abgasgesetze erlassen, welche auch zu entscheidenden Reduktionen der Schadstoffemissionen geführt haben. Die Lärmemission der Kraftfahrzeuge stellt ebenfalls eine sehr hohe Belastung in der Umgebung der Straßen dar. Der zunehmende Kraftfahrzeugverkehr führt zu einem Flächenverbrauch, der insbesondere in Ballungszentren nicht mehr befriedigt werden kann. Nicht zuletzt ist auch das Abfallproblem zu lösen. Anzustreben ist dabei ein weitgehendes Recycling, wodurch auch der Rohstoffbedarf gesenkt wird.



Abb. 1: Zusammenhänge rund um das Kraftfahrzeug

2. Gegenwärtige und zukünftige Randbedingungen

Die Entwicklung des Kraftfahrzeuges wird sehr wesentlich durch die gesetzlichen, gesellschaftlichen und techni-

schen Randbedingungen beeinflußt. Zu den gesetzlichen Randbedingungen gehören vor allem die Emissions- und Lärmgrenzwerte sowie die Sicherheitsauflagen.

Die Abgasgesetze werden in der Zukunft vor allem in den USA, aber auch in Europa, noch wesentlich verschärft werden. Ebenso sind auch strengere Geräuschlimitierungen zu erwarten. Bei den gesetzlichen Auflagen für den Treibstoffverbrauch zeichnet sich vorläufig noch kein klarer Weg ab. Es ist aber zu erwarten, daß die derzeit niedrigen Treibstoffpreise durch eine höhere Besteuerung ansteigen werden. Damit besteht auch ein erhöhter Anreiz für einen niedrigen Kraftstoffverbrauch. Diese Forderungen dürfen aber keine Einschränkung bei der Fahrzeugsicherheit zur Folge haben, und außerdem sind die Kundenwünsche nach entsprechendem Komfort und Platzangebot bestmöglich zu befriedigen.

3. Zukünftige Entwicklung bei Personenkraftwagen

Die Eigenschaften eines Fahrzeuges werden durch den Antriebsstrang, bestehend aus Motor und Getriebe, sowie durch das Fahrzeug selbst beeinflußt. Bei den Antriebsmotoren wird die Verbrennungskraftmaschine innerhalb der nächsten 10 bis 20 Jahre dominant bleiben. Sie hat hinsichtlich Kosten, Kompaktheit und Reichweite entscheidende Vorteile und die Umweltprobleme konnten zu einem erheblichen Teil reduziert werden. Trotz der dominanten Rolle der Verbrennungskraftmaschine wird es einzelne Bereiche geben, in denen der Elektroantrieb eingesetzt werden wird. Die kalifornische Gesetzgebung schreibt ab dem Jahr 1997 einen zunehmenden Prozentsatz von sogenannten „Zero-Emission-Vehicles“, also von Elektrofahrzeugen vor. Diese Entwicklung ist auch deshalb zu begrüßen, weil Antriebssysteme entwickelt werden müssen, welche nach dem Zündegehen der begrenzten Erdölreserven eingesetzt werden können.

Die Reduktion des Kraftstoffverbrauches ist wegen der damit verbundenen Emissionen des Treibhausgases CO₂ und wegen der Schonung der Erdölvorräte von besonderer Bedeutung. Während bei Schadstoffemissionen Verminderungen auf etwa 1/10 des Standes von 1960 erreicht werden konnten, sind ähnliche Reduktionen des Kraftstoffverbrauches schon aus physikalischen Gründen nicht möglich.

Bei den Ottomotoren zeichnen sich folgende Entwicklungen ab: der Energieverbrauch muß zunächst durch eine Senkung der Reibungsverluste vermindert werden. Hier bieten sich unter anderem niedrige Zylinderzahlen, moderate Motordrehzahlen und Absenkung der Kolbenreibung an. Eine langhubige Bauweise ermöglicht außerdem eine günstige Brennraumform und vermindert die Wärmeverluste. Die Abgasturboaufladung ermöglicht kleinere Motoren bei einer gegebenen Leistung und kann damit die Reibungsverluste ebenfalls vermindern. Sie hat allerdings beim Ottomotor auch negative Konsequenzen hinsichtlich des Klopfverhaltens. Der Ottomotor hat besonders im Teillastbereich durch die Drosselregelung sehr hohe Verluste, die entweder durch eine Abgasrückführung oder durch das Magerkonzept und durch variable Ventilsteuerung vermindert werden können. Die direkte Einspritzung in den Zylinder könnte die Drosselregelung überflüssig machen, ist aber weit von einer Serienlösung entfernt.

Für die Senkung der Schadstoffemissionen hat sich der geregelte 3-Wege-Katalysator bewährt und stellt auch für die nächste Zukunft die wirksamste Methode zur Senkung der Abgasemissionen dar. Für die Erfüllung zukünftiger Abgasgesetze müssen vor allem die Kohlenwasserstoffemissionen weiter gesenkt werden, wobei vor allem das Kaltstartverhalten verbessert werden muß. Die beheizte Lambdasonde ist bereits Stand der Technik. Die Vorheizung des Katalysators stellt allerdings wegen des dafür benötigten Energieaufwandes noch Probleme dar. Weitere Verbesserungen sind vor allem während der Instationärphasen notwendig. Das Magerkonzept bringt zwar Vorteile beim Kraftstoffverbrauch, hat aber nicht das gleiche Potential zur Schadstoffminderung wie der geregelte 3-Wege-Katalysator.

Die elektronische Regelung und Steuerung von Zündung, Kraftstoffeinspritzung, Abgasrückführung usw. ist bereits heute ein unerläßliches Instrument zur Optimierung im gesamten Kennfeld und wird in Zukunft noch verstärkt eingesetzt werden.

Das Geräuschverhalten des Ottomotors ist bereits so optimiert, daß eine Kapselung nicht notwendig erscheint.

Dieselmotoren haben einen wesentlich niedrigeren Kraftstoffverbrauch. Besonders bei Teillast haben sie Vorteile gegenüber dem Ottomotor, weil keine Drosselverluste auftreten. Für die Pkw-

Anwendung werden vorwiegend Kammermotoren (Vorkammer oder Wirbelkammer) eingesetzt. Der Direkteinspritzer bietet gegenüber den Kammermotoren zusätzliche Vorteile beim Kraftstoffverbrauch. Die Nachteile hinsichtlich Abgas und Geräusch konnten inzwischen gelöst werden, sodaß nunmehr der Direkteinspritzer auch vermehrt für Pkw zur Anwendung kommt. Die Abgase von Dieselmotoren enthalten im Vergleich zu Ottomotoren mit 3-Wege-Katalysator sehr wenig Kohlenmonoxid. Die Stickoxidemissionen sind etwas höher, können aber die derzeitigen gesetzlichen Auflagen erfüllen. Für die Einhaltung zukünftiger strenger Abgasgesetze ist noch Entwicklungsarbeit zu leisten. Das besondere Problem des Dieselmotors sind die Partikelemissionen. Dieselpartikel bestehen aus Ruß, an den schwesiedende Kohlenwasserstoffe, Sulfat und andere Substanzen angelagert sind. Bei der Beurteilung der gesundheitsschädigenden Wirkung muß berücksichtigt werden, daß die Partikelemissionen moderner Dieselmotoren um mehr als eine Zehnerpotenz gegenüber dem Stand 1960 abgesenkt wurden.

Zur Verbesserung der Abgasemissionen werden vorwiegend innermotorische Maßnahmen angewendet. Dazu sind u.a. verbesserte Einspritzsysteme notwendig, welche hohe Einspritzdrücke und eine freie Steuerung des Einspritzbeginnes und -verlaufes im gesamten Kennfeld ermöglichen. Hier werden zunehmend elektronische Steuerungen zum Einsatz kommen. Die Aufladung bringt kombiniert mit der Ladeluftkühlung entscheidende Vorteile. Die Abgasrückführung kann vor allem die Stickoxidemissionen senken. Die Anwendung des Katalysators bringt beim Dieselmotor nicht dieselben entscheidenden Vorteile wie beim Ottomotor, weil sie nicht die Stickoxidemissionen sondern nur die Kohlenmonoxidemissionen, welche ohnehin sehr niedrig sind, und die Kohlenwasserstoffemissionen senken kann. Trotzdem wird der Oxidationskatalysator beim Dieselmotor zunehmend angewendet, weil durch die Senkung der Kohlenwasserstoffemissionen deren Anlagerung an den Rußpartikeln und damit die Gesamtpartikelemission herabgesetzt und außerdem der unangenehme Dieseleruch gemildert wird. Die Anstrengungen bei der Entwicklung von Diesel-Katalysatoren konzentrieren sich vor allem auf Denox-Katalysatoren, welche auch bei Luftüberschuß eine Absenkung der Stickoxidemissionen ermöglichen wür-

den. Damit würde man einen größeren Spielraum zur weiteren Absenkung des Kraftstoffverbrauches und der Partikelemissionen gewinnen.

Ein Nachteil des Dieselmotors sind seine höheren Geräuschemissionen. Neben innermotorischen Maßnahmen (z.B. entsprechende Einspritzsteuerung) ist eine Motorkapselung (Teil- oder Vollkapselung) für die Erreichung niedriger Innen- und Außengeräusche notwendig.

Die beiden konkurrierenden Motortypen Otto- und Dieselmotor werden weiterhin nebeneinander bestehen bleiben, nicht nur wegen ihrer unterschiedlichen Vor- und Nachteile, sondern vor allem weil in den Raffinerien beide Kraftstoffe anfallen und sich ihr Verhältnis nicht beliebig verschieben läßt.

Das Getriebe kann einen nicht unbeachtlichen Beitrag zur Verbrauchs- und Emissionsminderung leisten. Dabei sollte eine durch den jeweiligen Fahrzustand vorgegebene Leistung jeweils mit geringst möglichem Verbrauch und Abgasemissionen bereitgestellt werden. In der Regel gilt dabei, daß eher mit niedrigen Motordrehzahlen bei gleichzeitig höherem Drehmoment gefahren werden sollte. Die derzeitigen Schaltgetriebe haben einen günstigen Getriebewirkungsgrad, ermöglichen aber nur ein stufenweises Schalten, wobei die Gangwahl dem Fahrer frei gestellt wird. Die automatischen Getriebe ermöglichen zwar eine bessere Anpassung an den jeweiligen Lastpunkt, haben aber höhere Verluste. Die beste Anpassung ermöglichen die CVT-Getriebe, welche aber einen schlechten Getriebewirkungsgrad aufweisen. Ein günstiger Kompromiß könnte ein Schaltgetriebe mit einer automatisierten Gangwahl darstellen. Ein Abschalten des Motors in den Leerlaufphasen und ein rasches Wiederstarten mit Hilfe eines Schwungrads („Schwungnutzautomatik“) kann Kraftstoff und Emissionen vor allem im Stadtverkehr sparen.

Die vom Fahrzeug benötigte Leistung wird von den Fahrwiderständen und der Fahrzeuggeschwindigkeit bestimmt. Die Fahrwiderstände setzen sich aus dem Roll-, Luft- und Beschleunigungswiderstand zusammen. Der Rollwiderstand wird einerseits durch das Fahrzeuggewicht und andererseits durch den Rollwiderstandsbeiwert bestimmt. Das Fahrzeuggewicht bestimmt außerdem noch den Beschleunigungswiderstand. Folgerichtig werden erhebliche Anstrengungen unternommen, um leichtere Fahrzeuge zu bauen. Da die Konstruk-

tionen derzeit schon weitgehend optimiert sind, lassen sich wesentliche Einsparungen nur durch neue Werkstoffe erzielen. Hochwertige Kunststoffwerkstoffe werfen Probleme bei der Wiederverwertung auf, sodaß eher Aluminium als leichter Werkstoff für die Automobilkarosserie in Frage kommt. Ein erstes Fahrzeug mit Aluminiumkarosserie befindet sich bereits auf dem Markt. Eine leichtere Karosserie ermöglicht auch in der Folge ein leichteres Fahrwerk und leistungsschwächere und damit leichtere Motoren. Der Rollwiderstandsbeiwert der Reifen läßt sich nur mehr begrenzt reduzieren, weil das Reifenprofil Sicherheitsanforderungen erfüllen muß und die Entwicklungsreserven bereits weitgehend ausgenützt sind.

Der Luftwiderstand des Fahrzeuges hängt einerseits von seiner Querschnittsfläche und andererseits vom Luftwiderstandsbeiwert (cW-Wert) ab. Da die Querschnittsfläche des Fahrzeuges kaum reduziert werden kann, müssen sich die Anstrengungen auf den cW-Wert konzentrieren, wobei aber nur mehr geringfügige Verbesserungen zu erwarten sind, wenn die Sicherheits- und Funktionserfordernisse des Fahrzeuges nicht eingeschränkt werden sollen.

Im folgenden wird das Konzept eines zukünftigen Personenkraftwagens etwa um das Jahr 2000 folgendermaßen zusammengefaßt: Das Fahrzeug wird möglichst leicht sein, wobei neue Werkstoffe zur Anwendung kommen. Der Antriebsmotor wird entweder ein langhubiger Ottomotor mit eher niedrigen Zylinderzahlen sein. Er wird mit einem geregelterm 3-Wege-Katalysator, mit Abgasrückführung und mit einer teil- oder vollvariablen Ventilsteuerung ausgestattet sein. Als Alternative wird der verbrauchsgünstige Dieselmotor mit direkter Einspritzung mit Aufladung und Ladeluftkühlung und einem Oxidationskatalysator zur Verfügung stehen. Beide Motortypen werden mit viel Elektronik ausgestattet sein.

4. Zukünftige Entwicklung bei Nutzfahrzeugen

Die bei den Personenkraftwagen angestellten grundsätzlichen Betrachtungen gelten weitgehend auch für die Nutzfahrzeuge. Allerdings ist das Verbesserungspotential wesentlich niedriger, weil die Nutzfahrzeugmotoren bereits jetzt hinsichtlich Kraftstoffverbrauch optimiert sind. Bei schweren Nutzfahrzeugen werden fast ausschließlich di-

rekteinspritzende Dieselmotoren mit Abgasurboaufladung und Ladeluftkühlung angewendet. Verbrauchssenkungen werden auch deshalb erschwert, weil zukünftige Dieselmotoren strengere Stickoxidgrenzwerte erfüllen müssen. Bei den Partikelemissionen wurden bereits durch innermotorische Maßnahmen erhebliche Fortschritte erzielt. Auf diese Weise ist es möglich geworden, die sehr strengen USA-Abgasgrenzwerte 1994 durch innermotorische Maßnahmen, ohne die Anwendung von Rußfiltern, zu erfüllen. Die vor einigen Jahren sehr stark diskutierten Rußfilter haben den Nachteil, daß sie sich nach relativ kurzer Zeit mit den Dieselpartikeln zulegen, sodaß der Widerstand im Abgasstrang erhöht wird. Zur Regeneration müssen die Dieselpartikel abgebrannt werden, wofür hohe Temperaturen erforderlich sind, welche nur bei Vollast oder durch eine zusätzliche Zündenergie erreicht werden können. Anstelle der problematischen Rußfilter werden heute eher Oxidationskatalysatoren eingesetzt, welche, wie bereits beschrieben, die Kohlenwasserstoffemissionen und in einem geringen Maße auch die Partikelemissionen, verringern können.

Die strengen Geräuschgrenzwerte für Lkw können nur durch eine entsprechende Motorkapselung erfüllt werden. Dazu ist anzumerken, daß die derzeitige Geräuschgesetzgebung, welche eine Messung bei beschleunigter Vorbeifahrt vorsieht, das Motorgeräusch überbewertet und die Fahrgeräusche unterbewertet.

Die derzeit üblichen Lkw-Getriebe sind meist vielstufige Schaltgetriebe und die Fahrer sind gut geschult, sodaß hier nur geringe Verbesserungen möglich sind. Die Fahrzeugaufbauten sind dem Zweck angepaßt und Einsparungen beim Fahrzeuggewicht oder beim Luftwiderstandsbeiwert sind nur im begrenzten Maße möglich. Beim Rollwiderstand der Reifen sind geringfügige Verbesserungen bei gleichbleibender Sicherheit möglich.

5. Schlußbemerkung

Trotz seiner Umweltproblematik wird das Kraftfahrzeug auch in Zukunft eine wesentliche Rolle im Verkehr und in unserem wirtschaftlichen und sozialen Leben spielen. Verlagerungen vom motorisierten Individualverkehr zum öffentlichen Verkehr und zum nicht motorisierten Verkehr sind zwar wünschenswert, aber nur begrenzt möglich.

Bei den Schadstoffemissionen wurden bereits entscheidende Reduktionen



erreicht. Die Abgasgesetzgebung innerhalb der Europäischen Union hat nach einem anfänglichen Zögern nunmehr eine progressive Linie eingeschlagen, sodaß bis zum Jahr 2000 weitere entscheidende Absenkungen notwendig sind. Damit dürfte die Abgasproblematik weitgehend entschärft sein. Bei den Geräuschemissionen sind weitere Verbesserungen notwendig, wobei sich diese weniger auf das Motorgeräusch, als vielmehr auf das Fahrgeräusch konzentrieren müssen. Vor allem müssen aber einzelne Fahrzeuge, welche die zulässigen Geräuschemissionen weit überschreiten, aus dem Verkehr gezogen werden. Ein entscheidendes Problem ist der Platzbedarf des Kfz-Verkehrs, der vor allem in den Ballungszentren eine Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr notwendig macht. Die Verkehrssicherheit wird immer ein wichtiges Anliegen bleiben, wobei eher die Verkehrsvorschriften, die Verkehrsüberwachung und vor allem die Öffentlichkeitsarbeit eine Senkung der Unfallzahlen bewirken müssen.

Als wichtigstes Anliegen für die Zukunft erscheint mir die Senkung des Kraftstoffverbrauches, um die weltweiten Erdölreserven zu schonen und die CO₂-Emissionen zu senken, welche langfristig zum Treibhauseffekt beitragen. Außerdem müssen alternative Antriebe auf nicht fossiler Basis entwickelt werden.

Die in diesem Beitrag genannten technischen Konzepte kosten natürlich Geld. Die derzeitigen Treibstoffpreise sind so niedrig, daß sich die erhöhten Kosten für kraftstoffsparende Fahrzeuge in der Regel nicht lohnen. Höhere Treibstoffpreise wären daher ein wichtiger Anreiz für den Kauf energiesparender Fahrzeuge, aber auch für einen sparsamen Umgang mit unseren Energiereserven.



IWB

BWL

Stellenausschreibung

Wir sind ein innovatives Institut an der Technischen Universität Graz. Zur Unterstützung unseres kreativen, dynamischen Teams der Abteilung für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie suchen wir ab September 1994:

1 Universitätsassistenten/in

Ihr Aufgabengebiet umfaßt die Mitarbeit in den Lehrveranstaltungen **Betriebswirtschaftslehre, Buchhaltung und Bilanzierung, Kosten- und Erfolgsrechnung und Quantitative Planungsmethoden**, des weiteren die Akquisition und Betreuung praxisorientierter Diplomarbeiten und die **Forschung** auf dem Gebiet der Allgemeinen Betriebswirtschaftslehre, mit dem Ziel, eine **Dissertation** innerhalb von 4 Jahren abzuschließen.

Teamgeist, Kontaktfreude und Eigeninitiative sollten die fachliche Kompetenz ergänzen.

Voraussetzung: Absolvent/in der Studienrichtung Wirtschaftsingenieurwesen/Maschinenbau oder der Studienrichtung Wirtschaftsingenieurwesen/Bauwesen.

Weiters suchen wir ab September 1994:

2 halbbeschäftigte Studienassistenten/innen

Voraussetzung: Abschluß der ersten Diplomprüfung

Sollten Sie an weiteren Informationen interessiert sein, wenden Sie sich persönlich oder telefonisch an einen der Assistenten der Abteilung für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie oder direkt an o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Walter Veit (Tel. 0316/ 873-7281).

EMS – Der weltweite Kurierdienst der schnellen Post

Die Vorteile von EMS

- International (weltweites Logistiksystem)
- Sicherheitsgarantie
- Zuverlässigkeit der Post
- Flächendeckend (2300 EMS-Servicestellen in Österreich)
- Preis-Leistungs-Verhältnis
- Schnelligkeit der Beförderung

In drei steirischen Postämtern gibt es das EMS-Service rund um die Uhr (8010 Graz-Neutorgasse, 8020 Graz-Hauptbahnhof und 8600 Bruck an der Mur).

Auskünfte erteilt jedes Postamt.

Über 366 Postämter in der Steiermark nehmen EMS-Sendungen entgegen.

Auch in Ihrer Nähe befindet sich eines dieser Postämter.