

Tendenzen in der Automobiltechnik

W. K. Lemmenmeyer

Zusammenfassung

Es werden verschiedene technische Lösungen und Konstruktionen im gegenwärtigen Automobilbau behandelt.

Deren Auswirkungen auf das Abgasproblem werden aufgezeigt und besprochen.

Die mögliche Entwicklung im Motorenbau, insbesondere Gemischbildung bei Vergasermotoren und der Auspuffanlage, wird angedeutet, die gegenwärtige Situation anhand bereits bestehender oder bald kommender Lösungen dargestellt.

Andere Antriebsarten als die heute gebräuchlichen werden kurz charakterisiert.

Das Schwergewicht der Darstellungen, welche infolge beschränkter Zeit nicht vollständig sein können, liegt bei der Darlegung der Probleme von Vergasermotoren bzw. Motoren mit äußerer Gemischbildung.

Résumé

L'auteur développe les différentes solutions techniques existant actuellement dans la construction automobile et leurs effets sur les gaz d'échappement.

Se basant sur la situation actuelle, il esquisse le développement futur dans la construction des moteurs, traitant en particulier de la formation du mélange dans les moteurs à explosion et du système d'échappement.

De nouveaux systèmes (autres que celui du moteur à pistons) sont brièvement caractérisés dans cet exposé.

En raison du temps limité, l'auteur se limite essentiellement aux problèmes des moteurs à explosion.

Es sollen lediglich jene Tendenzen und Entwicklungen sowie Konstruktionen behandelt werden, welche im Zusammenhang mit dem Problem der Luftverunreinigung stehen.

Die Zusammensetzung der Abgase von Otto- und Dieselmotoren soll nicht näher angegeben werden, da dies durch andere Herren bereits erfolgte.

Es sind grundsätzlich zwei unterschiedliche Konstruktionstendenzen feststellbar:

USA: Großvolumiger Motor mit meistens 6 bis 8 Zylindern und entsprechend hohen Leistungen. Hubvolumen etwa 4000 bis 7000 ccm. Diese Entwicklung wird insbesondere durch ein Steuerungssystem, welches nicht auf das Hubvolumen, sondern auf andere Faktoren abstellt, gefördert.

Europa: Klein- bis mittelvolumiger Motor, hohe Drehzahlen, meistens 4 bis 6 Zylinder, nur vereinzelt V8, Hubvolumen etwa 1000 bis 2500 ccm. Hohe spezifische Leistungen. – Es zeigt sich in der Gegenwart eine deutliche Tendenz der Steigerung des Hubvolumens wie auch der stetigen Leistungssteigerung durch Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses wie der Drehzahl.

Als entsprechende Auswirkungen in bezug auf die Abgasmenge ist festzustellen, daß großes Hubvolumen eine entsprechend große Menge Abgas ergibt, wobei natürlich die Drehzahl und andere Faktoren sich ebenfalls noch auswirken. Da diese Motoren oft im Teillastbereich gefahren werden können, reduziert sich jedoch insbesondere der Anteil an unerwünschten Bestandteilen im Abgas.

In bezug auf eine Weiterentwicklung sind Motoren mit großem Hubvolumen insofern im Vorteil, als deren Leistungsreserve entsprechend größer ist; auch erreichen sie nicht die bei kleinvolumigen Motoren üblichen Hubraumleistungen.

Die Motoren der meisten europäischen Wagen werden meistens bei höheren Drehzahlen betrieben; die Anpassung an die Fahrwiderstände verlangt häufiges Schalten. Daraus ergibt sich, daß nicht im Teillastgebiet gefahren wird; es treten Systeme im Vergaser in Funktion, welche eine Gemischanreicherung bewirken, eine Folge unverbrannter Kohlenwasserstoffe und CO im Abgas.

Die Gemischaufbereitung

In der überwiegenden Anzahl Ottomotoren findet die Gemischaufbereitung durch einen Vergaser (bzw. Vernebler) statt.

Dessen Hauptaufgabe ist es, dem Motor für alle Belastungszustände und bei allen Drehzahlen ein theoretisch richtig zusammengesetztes Benzin-Luft-Gemisch zu liefern. Dies ist eine sehr schwierige Aufgabe, und sie läßt sich nicht mit mathematischer Genauigkeit lösen; zudem bedingen gewisse Fahrzustände bzw. Motorhöchstleistung ein fetteres Gemisch als das theoretisch richtige. Größte Maschinenleistung wird etwa mit 10 bis 20% Kraftstoffüberschuß, also einer Luftzahl 0,9 bis 0,8, erreicht.

Um die geforderten Aufgaben erfüllen zu können, ist ein moderner Vergaser mit verschiedenen Einrichtungen (Funktionssystemen) ausgerüstet. Es sollen die wichtigsten beschrieben werden:

Das Start-System

Aufgabe desselben ist es, das zum Starten eines kalten Motors erforderliche kraftstoffreiche Gemisch zu liefern.

Es wird entweder die Luftzufuhr gedrosselt oder in einem besonderen Hilfsvergasen ein entsprechendes Gemisch erzeugt.

Das Einschalten der entsprechenden Startvorrichtung erfolgt entweder von Hand mittels Kabelzug, oder aber es erfolgt selbsttätig durch einen temperaturabhängigen Mechanismus, sogenannte automatische Startvorrichtung. Solange das Startsystem arbeitet, entsteht infolge Gemischüberfettung, aber auch infolge oftmals mangelhafter Verbrennung, entsprechend viel CO wie auch Anteile unverbrannter Kohlenwasserstoffe.

Das Leerlaufsystem

Dieses liefert das Gemisch, solange die Luftgeschwindigkeit im Lufttrichter noch klein ist; also kleine Drehzahlen. Die Gemischbildung erfolgt unter Umgehung des Hauptsystems; das Gemisch tritt nach der Drosselklappe in das Ansaugrohr ein.

Die Zusammensetzung des Gemisches ergibt sich aus der Dimensionierung Leerlaufbrennstoffdüse und Luftdüse.

Auch dieses System ergibt ein verhältnismäßig fettes Gemisch, insbesondere wenn dessen Einstellung nicht fachgemäß erfolgte, was sich insofern noch ungünstig auswirkt, als dieses System je nach Vergaser- und Fahrzeugtyp bis gegen 60 km/h Fahrgeschwindigkeit mitarbeitet, was sich besonders im Stadtverkehr auswirkt.

Das Hauptsystem

Dieses liefert im Teil- und auch Vollastbereich, also während eines weiten Bereiches das Gemisch. Die Zusammensetzung desselben wird durch die Dimensionen der Hauptdüse und des Lufttrichters bestimmt. Deren Abstimmung ist so, daß ein theoretisch richtiges Gemischverhältnis erreicht wird.

Eine stets vorhandene Korrekturereinrichtung sorgt dafür, daß bei allen Drehzahlen dieses Gemischverhältnis aufrechterhalten werden kann. Dies ist deshalb notwendig, weil die Liefermenge der Hauptdüse in Abhängigkeit zum Unterdruck im Lufttrichter steht. Da aber der Unterdruck im Quadrat der Luftgeschwindigkeit zunimmt, würde auch die Brennstoffmenge so zunehmen. Als Folge ergäbe sich eine Gemischüberfettung.

Die angewandten Korrektursysteme ergeben eine mehr oder weniger genaue Anpassung der Brennstoffliefermenge. Allgemein darf aber gesagt werden, daß insbesondere bei Teillast die Abstimmung sehr genau ist, also eine fast vollkommene Verbrennung erfolgt.

Das Beschleunigungssystem

Dieses tritt bei raschem Gasgeben, also Durchtreten des Gaspedals, zum Beispiel Anfahren und Beschleunigen, in Funktion. Es wird eine zusätzliche Menge Kraftstoff in die Gemischbildungskammer eingespritzt. Das Gemisch wird fett, und eine entsprechende Menge CO im Auspuffgas ist die Folge.

Das Anreicher- oder Vollastsystem

Die meisten Vergaser sind auch mit dieser Einrichtung ausgerüstet. Es wird dabei ab einer bestimmten Stellung der Drosselklappe, nämlich dann, wenn die größte Leistung des Motors gefordert wird, unter Umgehung der Hauptdüse eine zusätzliche Kraftstoffmenge geliefert. Die Folge ist ebenfalls ein reicheres

als das theoretisch richtige Gemisch. Man bezweckt damit eine bessere Leistung infolge rascherer Verbrennung und höherer Temperatur.

Folgerung: Alle modernen Automobilvergaser besitzen Funktionseinrichtungen, welche bei bestimmten Fahr- und Betriebszuständen die Bildung eines brennstoffreichen Gemisches ermöglichen. Infolge des Benzinüberschusses bildet sich ein mehr oder weniger großer Anteil CO im Auspuffgas.

Die Gemischzusammensetzung ändert sich auch in Abhängigkeit der Höhe über Meer (abnehmender Luftdruck). Es ergibt sich somit bei Fahrzeugen, welche in größerer Höhe betrieben werden, ein entsprechend hoher CO-Ausstoß. Zunahme etwa 1% pro 600 m Höhenunterschied.

Als Abhilfe kann ein Höhenkorrektor (barometrische Dose) eingebaut werden. Dieser reguliert den Querschnitt der Hauptdüse in Abhängigkeit der Höhe und wirkt somit der Gemischüberfettung entgegen.

An Fahrzeugen, welche ständig in größerer Höhe betrieben werden, kann durch entsprechende Wahl von Lufttrichter und Hauptdüse den Verhältnissen Rechnung getragen werden.

Der Gemischanreicherung in der Höhe ist insbesondere in Straßentunnels, im Gebirge, aber auch in der Straßenführung durch Ortschaften Rechnung zu tragen. Auch beim Anlegen von Parkplätzen ist insbesondere auch bei ungünstiger Lage entsprechend zu disponieren.

Man versucht allgemein die Probleme der Gemischbildung sowie die Belieferung der einzelnen Zylinder durch Anordnung von Mehrfach- und Registervergäsern zu verbessern. Insbesondere zielt die Entwicklung darauf hin, ein Gemisch zu liefern, welches bei allen Belastungs- und Drehzahlzuständen weitgehend dem theoretisch richtigen entspricht. Erschwerend wirkt sich aber der Umstand aus, daß das richtige Gemischverhältnis nicht ein Optimum an Leistung ergibt. Doch dieser Umstand kann durch andere Maßnahmen weitgehend kompensiert werden, und man ist auch hier stets an der Arbeit.

In diesem Zusammenhang ist die Benzineinspritzung zu erwähnen. Diese Anlage, welche technisch wohl sehr kompliziert und daher entsprechend kostspielig ist, läßt eine wesentlich günstigere Gemischbildung und Verteilung zu. Es können auch andere Faktoren, wie Kaltstart und Höhenausgleich, einwandfrei berücksichtigt werden. Solche Anlagen werden gegenwärtig serienmäßig von *Daimler-Benz*, *Peugeot* und *Maserati* in bestimmte Fahrzeugtypen eingebaut. Es gelangt dabei stets das System der indirekten Einspritzung, also Kraftstoffstrahl, vor das Ansaugventil zur Anwendung. Mehrfach- wie auch Registervergaser sind in ihrer Ausführung verhältnismäßig kompliziert; insbesondere aber ist ihre korrekte Einregulierung nicht einfach.

Es stellen sich dabei neben Fragen der Fahrweise vor allem solche der Wartung. Welches sind die erforderlichen Arbeiten, welche im Interesse der Verminderung der Luftverunreinigung durch unerwünschte und giftige Gase dringend notwendig sind?

Periodischer Ersatz des Luftfiltereinsatzes (Papier) oder Reinigen desselben. Richtige Einstellung der Startanlage, insbesondere wenn automatische Starteinrichtungen vorhanden sind.

Korrekte Einstellung der Leerlaufeinrichtung unter Verwendung entsprechender Testgeräte, insbesondere Abgastester, Drehzahlmeßgerät und eventuell Unterdruckmeßgerät.

Kontrolle des Beschleunigungspumpenhubes mittels Lehre.

Aber auch die richtige Einstellung des Zündzeitpunktes wie auch der entsprechenden Verstellkurven (drehzahlabhängige Fliehkraftverstellung und unterdruckabhängige Verstelleinrichtung) ist für eine einwandfreie Verbrennung wichtig.

Ebenso übt der gesamte mechanische Zustand des Motors einen gewissen Einfluß auf die Abgaszusammensetzung aus. Eine Kontrolle des Kompressionsdruckes gibt über den inneren mechanischen Zustand Auskunft und ist periodisch, besonders bei älteren Fahrzeugen, durchzuführen.

Werden diese Wartungsarbeiten periodisch und mit der nötigen Sachkenntnis durchgeführt, so kann schon ein nicht geringer Anteil der schädlichen und lästigen Gase vermieden werden.

Das Problem der Wartung der Motoren und Fahrzeuge wirft natürlich auch Fragen der Ausbildung sowie der Anzahl der notwendigen Fachkräfte auf.

Auch das Vermeiden der eher lästigen als giftigen *Abgase von Dieselmotoren* ist weitgehend eine Frage der Wartung und Einstellung. Auch hier ist eine periodische Kontrolle des Luftfilters sowie eine solche der Einspritzdüsen und der Pumpe notwendig. Richtige Einstellung der Einspritzmenge ist nur auf einem besonderen Prüfstand möglich. Die Kontrolle des Einspritzzeitpunktes hat einen wesentlichen Einfluß auf die Rauchgasbildung wie die Fördermenge der Pumpe. Zur Kontrolle sind ebenfalls Kontrollgeräte anzuwenden, da eine subjektive Beurteilung nicht genügt.

Es zeigt sich eine allgemeine Tendenz, die Wartungsarbeiten zu verringern bzw. die notwendigen Arbeiten innerhalb größerer Intervalle ausführen zu lassen. Gewisse Arbeiten, wie zum Beispiel Schmieren, fallen sogar vollständig weg. Diese Entwicklung bringt es mit sich, daß auch andere notwendige Arbeiten nicht oder nur mangelhaft durchgeführt werden.

Aber auch das Halten von Fahrzeugen durch Personen, welche nur über sehr beschränkte Mittel verfügen, erweist sich als ungünstig, indem oftmals notwendige Unterhaltsarbeiten vernachlässigt werden. In diesem Zusammenhang ist auch die immer mehr sich abzeichnende «Do it yourself»-Bewegung zu erwähnen. Wenn dieser auch eine gewisse Berechtigung nicht abzustreiten ist, so ist doch zu bemerken, daß sie auf dem Sektor der Einstellarbeiten nicht geeignet ist.

Die angegebenen Arbeiten müssen von Fachleuten, welche auch über die erforderlichen Meßgeräte verfügen, ausgeführt werden. Wenn auch der damit

geleistete Beitrag gering ist, so erscheint mir doch, daß er wertvoll ist, insbesondere wenn man an die Masse der damit erfaßbaren Fahrzeuge denkt.

Bei Dieselfahrzeugen wäre eine periodische Überprüfung der Anlage und entsprechende Messungen der Rauchgasdichte anzustreben, denn nur so kann einem Verstellen der Pumpen durch die Fahrer begegnet werden.

Eine Verringerung des Rauches läßt sich auch durch Zusätze zum Treibstoff erreichen. Es ist bekannt, daß verschiedene Firmen seit längerer Zeit Versuche durchführen; doch läßt sich weder über Wirksamkeit noch andere Auswirkungen der Zusätze heute schon etwas aussagen.

Als mögliche **Abhilfemaßnahmen** kommen in Betracht:

Bei Benzinmotoren die Verhinderung des Ausstoßes unverbrannter Kohlenwasserstoffe sowie die Entgiftung des Abgases entweder mittels chemischer Katalysatoren oder durch Nachverbrenner.

Die Zwangsentlüftung des Kurbelgehäuses.

Die entweichenden Gase werden nicht mehr, wie bisher üblich, durch ein Entlüftungsrohr ins Freie geleitet, sondern werden mittels entsprechender Leitungen wieder in den Luftfilter zurückgeführt und gelangen somit wieder über den Vergaser in den Verbrennungsraum, wo sie wiederum in den Verbrennungsprozeß miteinbezogen werden.

Diese Maßnahme reduziert den Anteil der unverbrannten Kohlenwasserstoffe im Auspuffgas um 20 bis 40%.

Eine periodische Kontrolle und Wartung der eventuell notwendigen Ventile ist erforderlich. Bei einfacheren Anlagen entfallen solche Zwischenventile. Die beschriebene Kurbelgehäuseentlüftung ist im Staate Kalifornien bekanntlich Vorschrift. In Deutschland werden seit 1. Januar 1964 sämtliche Fahrzeugmotoren mit einer Zwangsentlüftungseinrichtung ausgerüstet.

Die Verminderung des CO-Anteils kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten erfolgen: entweder durch konstruktive Maßnahmen am Motor, im Zusammenhang mit der Gemischbildung und Zuführung, Vergasung, Vorwärmung, Einspritzung sowie denjenigen, welche den Ablauf und die Charakteristik des Verbrennungsvorganges beeinflussen, wie Verbrennungsraumform, Steuerzeiten, Zündungseinstellung und Verstellung sowie Zusatzluftzuführung am Auslaßventil.

Alle diese Maßnahmen versuchen das Übel am Ort der Entstehung zu verhindern; sie sind teilweise recht kostspielig (Benzineinspritzung) und teilweise auch kompliziert im Aufbau. Es scheint aber doch, daß hier ein wichtiger Ansatzpunkt ist, und viele Motorenhersteller widmen diesen Fragen ihre volle Aufmerksamkeit.

Im weiteren sind vor allem konstruktive **Maßnahmen an der Abgasanlage** zu erwähnen, mit welchen versucht werden soll, die Gase von ihren giftigen Anteilen zu befreien. Es sind vor allem zwei verschiedene Arten der Ausführung, welche in der Vergangenheit ausprobiert wurden:

Das Nachverbrennverfahren mit direkter Flamme.

Die Anlagen mit chemischen Katalysatoren.

Die Nachverbrenner konnten sich bisher in keiner Weise durchsetzen; sie versprechen auch für die Zukunft auf Grund der bisherigen keine besonders positiven Resultate. In den USA existiert zurzeit lediglich ein einziges betriebsfähiges Modell, nämlich dasjenige der *Firma American Machine and Foundry-Chromalloy Corp.* Um ein Modell aus der europäischen Produktion, Fabrikat *Dr. Leistritz*, ist es still geworden. Es sind insbesondere die typischen Eigenschaften des Verbrennungsmotors im Automobil, also große Belastungs- und Drehzahlschwankungen, dann aber auch Unterbringungs- und auch thermische Probleme, welche auf diesem Weg nur sehr schwer einer Lösung zuzuführen sind.

Recht bekannt sind hingegen die Ausführungen, welche mit einem chemischen Katalysator ausgerüstet sind. In den USA wurden eine ganze Reihe solcher Anlagen hergestellt und gegen zwanzig Geräte der zuständigen Behörde zur Begutachtung vorgelegt. Die Ausführungen von *Arvin Industrie, Walker Manufacturing & American Cyanamid Corp.* sowie *W. R. Grace Co.* mit *Norris Therman Corp.* haben darauf die Herstellungsgenehmigung erhalten. Auch alle wichtigen Automobilhersteller befassen sich mit der Entwicklung solcher Anlagen; die meisten genügen aber den sehr strengen Vorschriften noch nicht.

Es ist insbesondere die Wirksamkeit der Katalysatoren sehr begrenzt; dies nicht zuletzt infolge der Einwirkung des im Kraftstoff enthaltenen Bleis. Während der Anwärmpériode haben die Aggregate einen sehr schlechten Wirkungsgrad (Arbeitstemperatur 550 bis 750 °C), und die verlangte Lebensdauer von 12 000 Meilen (etwa 22 000 km) erreichen die meisten nicht oder dann nur bei sehr begrenzter Wirksamkeit. Die vorgeschriebenen Werte, 1,5 Vol. % CO und 275 PPM Kohlenwasserstoffe, werden meistens nur kurzzeitig eingehalten. Alle Ausführungen sind verhältnismäßig kompliziert, sie weisen zudem störungsanfällige Bauteile wie Klappen und Umgehungsleitungen auf und bedingen eine Luftzusatzpumpe. Gegenüber der herkömmlichen Auspuffanlage sind sie zudem wesentlich schwerer und besitzen größere Dimensionen. Da auch ihr Preis stark über demjenigen einer konventionellen Anlage liegt und sie zudem in bezug auf die Lebensdauer noch nicht recht befriedigen, ist es nahe liegend, daß sich die Automobilhersteller auch mit anderen Lösungen beschäftigen. Es sind dabei zwei Ausführungen in neuester Zeit stark in den Vordergrund getreten, das *Man-Air-Ox-System* von *General-Motors, Ford* sowie *American Motors*. Es handelt sich dabei um eine Anlage, bei welcher unmittelbar am Auslaßventil Luft in den Abgasstrahl geführt wird, was eine augenblickliche Oxydation der unverbrannten Anteile sowie des CO ergeben soll.

Chrysler verwendet an seinen Motoren eine besonders ausgelegte Anlage, bei welcher einerseits die Brennstoffdüsen des Vergasers und die Zündverstell-

einrichtung ein besonders mageres Gemisch und Spätzündung vor allem im Leerlaufbetrieb ergeben.

Es wird von beiden Verfahren gesagt, daß sie in die Modelle des Jahrganges 1967 eingebaut werden sollen.

Es zeichnen sich also auch in den USA deutlich jene Lösungen ab, welche ebenfalls das Übel am Ort des Entstehens zu beseitigen versuchen. Daneben werden aber auch die Katalysatoren ständig verbessert. Es zeigt sich bei den Motoren amerikanischer Herkunft insofern eine gewisse Vereinfachung des Problems, als eine gewisse Leistungseinbuße infolge entsprechender Maßnahmen keine großen Auswirkungen auf die Fahrleistungen der Wagen hat.

Maßnahmen bei Dieselmotoren

Die Zusammensetzung der Dieselmotorenabgase ist bereits eingehend geschildert worden. Es geht hier vornehmlich um die Beseitigung des lästigen Rauches. Von seiten der Motorenhersteller wurde auch in dieser Hinsicht bereits einiges getan. So wurden die bestehenden Verbrennungsverfahren, insbesondere das System der direkten Einspritzung, wesentlich verbessert. Die genaue Kenntnis des Verbrennungsablaufes hat wesentlich dazu beigetragen, diese vollkommener zu gestalten durch günstige Drallformen und entsprechende Luftwirbelung. Auch die Einregulierung der Einspritzpumpe wie auch deren exakte Arbeitsweise trägt zur Verminderung des Rauches bei.

Viel kann im Dieselmotorensektor die fachmännische Wartung der gesamten Anlage, insbesondere aber der Düsen und der Pumpe, wie auch die korrekte Einstellung der letzteren zur weitgehend rauchfreien Verbrennung beitragen. Über gewisse Zusätze zum Dieseltreibstoff habe ich mich bereits geäußert. Als einfache und in gewissen Fällen sicher sehr begrüßenswerte Maßnahme, welche zudem keine besonderen Kosten verursacht, würde ich das Hinaufführen des Auspuffrohres bis über die Dachkante bezeichnen. Es ist bekannt, daß sich eine bessere Verwirbelung des Abgases mit der Luft ergibt, wenn andererseits dies bei höheren Geschwindigkeiten zugegebenermaßen nicht mehr so stark wirksam ist, so wäre es trotzdem eine nützliche Maßnahme.

Die Gasturbine im Automobil

Als Verbrennungskraftmaschine bietet die Gasturbine allgemein keine besonderen Probleme mehr. Ihre Anwendung im Straßenfahrzeug hingegen ist vom Einsatz als stationäre Maschine oder als Triebwerk für Flugzeuge wesentlich verschieden. Vor allem sind es Belastungsschwankungen, der Verbrauch, das Geräusch und die geringe Bremswirkung sowie das Ansprechen beim Beschleunigen, welche noch weitgehend einer Lösung bedürfen.

Als Pionierfirmen im Automobil-Gasturbinenbau zeichneten sich vor allem

Rover und *Chrysler* aus; aber auch andere Firmen, wie General-Motors, Ford, Fiat, Volvo, Renault und Boeing, haben solche Aggregate gebaut.

Gegenwärtig zirkulieren in den USA 50 Wagen von Chrysler in den Händen einer ausgewählten Kundschaft im praktischen täglichen Fahrbetrieb. Rover setzte bereits zweimal Rennfahrzeuge mit Gasturbinenantrieb am 24-Stunden-Rennen in Le Mans erfolgreich ein.

Es befinden sich auch verschiedene Großlastwagen im praktischen Fahrversuch. Ein Einsatz von Fahrzeugen mit Gasturbinenantrieb ist aber bestimmt noch in weiter Sicht.

In bezug auf die Abgase weist die Gasturbine einige günstige Momente auf. So ist das Abgas infolge des sehr hohen Luftüberschusses praktisch CO-frei, während des Startvorganges werden teilweise unverbrannte Kohlenwasserstoffe ausgestoßen. Günstig ist auch die Verwendungsmöglichkeit bleifreier Treibstoffe.

Der Wankelmotor

Dieser ist nicht unbedingt neu; denn seit dem Bestehen der Hubkolbenmaschine wurde versucht, die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens durch eine *reine Drehbewegung* zu ersetzen. Es ist aber Felix Wankel zusammen mit der Firma NSU erstmals 1957 gelungen, eine betriebsfähige Lösung zu bauen.

Es stellen sich bei dieser Bauweise noch zahlreiche Probleme, wobei das Abgasproblem mit ein wichtiges ist. Der Verbrennungsraum weist eine eher ungünstige Form auf; er kann nicht geändert werden. Die Verbrennung ist so, daß der Anteil an CO mindestens gleich hoch wie beim Kolbenmotor oder eher höher liegt, während die Menge der unverbrannten C-H-Anteile gegenwärtig noch etwas höher sein dürfte.

Auch die Kraftübertragungsorgane, insbesondere das *Getriebe*, aber auch die *Bremsanlage* haben gewisse Auswirkungen auf das Abgas. Das *automatische Getriebe* ergibt eine wesentlich andere Schaltcharakteristik als das Handschaltgetriebe. Es wird oft mit Vollgas angefahren und beim Fahren infolge «Kick-Down» das Beschleunigungssystem in Funktion gesetzt, was eine erhöhte Menge CO im Auspuff bewirkt. Andererseits ist aber festzuhalten, daß das Getriebe stets den günstigen Gang wählt, daß also eher im günstigen Teillastbetrieb des Motors gefahren wird, was sich wiederum positiv auswirkt.

Bei den Lastwagen mit Auspuffstaudruckbremsen wirkt sich der Ausstoß einer großen Menge Gas mit entsprechendem Rußanteil oftmals als belästigend aus, insbesondere auf schmalen Straßen mit Fußgängerverkehr.

Als verschleißfreie und auch kein Rauchgas bildende Bremsanlage hat sich im Lastwagenbau vor allem in Frankreich die Wirbelstrombremse, System *Telma*, weitgehend durchgesetzt.

Schlußfolgerungen

Es wurde versucht aufzuzeigen, was von seiten der Automobiltechnik getan wird und was erwartet werden kann. Es wurde und wird in dieser Hinsicht viel geleistet. Es kann aber bestimmt noch mehr getan werden, ja es muß noch mehr getan werden.

Es ist aber ebenso deutlich ein gewisses Unbehagen festzustellen. Es herrschen widersprüchliche Ansichten, und es werden widersprüchliche Angaben gemacht und auch solche Vorschriften erlassen.

Gewisse Lösungen sind sehr teuer und werden wohl kaum zum Einbau gelangen, weil sie nicht bezahlt würden.

Es erscheint dennoch zweckmäßig und richtig, wenn auch in Zukunft versucht wird, das Übel am Ort des Entstehens zu verhindern oder aber es zumindest zu mildern, denn ganz läßt es sich wohl nie beseitigen, denn eine vollkommene Verbrennungskraftmaschine wird es ebensowenig geben wie irgendeine andere vollkommene Lösung; man wird sich mit Kompromissen begnügen müssen.

Was allerdings die Zukunft bringen wird, ist schwer vorauszusagen bzw. man kann es überhaupt nicht. Vielleicht wird eines Tages eine Datenverarbeitungsanlage im Kofferraum alle die erforderlichen Komponenten verarbeiten und auswerten, um so eine fast ideale Gemischbildung und Verbrennung sicherzustellen.

Bei der Beurteilung der Lage komme ich zur Feststellung, daß das sehr wichtige und vielschichtige Problem der Luftverunreinigung durch die Abgase der Motorfahrzeuge stets kritisch beachtet und wenn irgendwie möglich einer Lösung zugeführt werden muß. Es darf aber nicht als einziges Problem, welches das Automobil noch bietet, betrachtet werden.

Literaturverzeichnis

- [1] *Haagen-Smit A. J.*: Chemistry and Physiology of Los Angeles Smog. Industrial and Engineering Chemistry, p. 1342, June 1952.
- [2] Department of Public Health, State of California. Technical Report of California Standards for Ambient Air Quality and Motor Exhaust 1960.
- [3] *Magill P. L., Hutchison D. H. and Stormes J. M.*: Hydrocarbon Constituents of Automobile Exhaust Gases. Proceedings, Second National Air Pollution Symposium, May 1952.
- [4] *Viets F. H., Fischer G. I. and Fudurich A. P.*: Hydrocarbon Pollution From Automobile Exhaust Gases. Report of Test 668, Air Pollution Control District, County of Los Angeles, September 1952.
- [5] *Rounds F. G., Benett P. A. and Nebel G. J.*: Some Effects of Engine-Fuel Variables on Exhaust-Gas Hydrocarbon Content. SAE Transactions, Vol. 63 (1955).
- [6] *Dietrich H. H.* et al. (AMA Induction System Task Group): Automotive Exhaust Hydrocarbon Reduction During Deceleration by Induction System Devices: Presented at SAE National West Coast Meeting, Seattle, Washington, August 1957, Paper No. 170.
- [7] *Chandler J. M., Cannon W. A., Neermann J. C. and Rudolph A.*: Engine Variables and

- Their Effects on Exhaust Gas Composition. *Journal of Air Pollution Control Association*, Vol. 5, No. 2.
- [8] *Wentworth J. T.* and *Daniel W. A.*: Flame Photographs of Light Load Combustion Point the Way to Reduction of Hydrocarbons in Exhaust Gas. *SAE Transactions*, Vol. 63 (1955).
 - [9] *Lobdell W. A.* and *Templin R. J.*: Anti-Smog Carburetor Device. U.S. Patent No. 2988074, June 13, 1961.
 - [10] *Jackson M. W.*, *Wiese W. M.* and *Wentworth J. T.*: The Influence of Air-Fuel Ratio, Spark Timing, and Combustion Chamber Deposits on Exhaust Hydrocarbon Emissions. Presented at SAE Annual Automobile Week, Detroit, Michigan, March 1962.
 - [11] *Nebel G. J.* and *Bishop R. W.*: Catalytic Oxidation of Automobile Exhaust Gases – Evaluation of Houdry Catalyst. Presented at SAE National Meeting, Detroit, Michigan, January 1959, Paper No. 29 R.
 - [12] *Van Derveer R. T.* and *Chandler J. M.*: Development of Catalytic Converter for Oxidation of Exhaust Hydrocarbons. Presented at SAE National Meeting, Detroit, Michigan, January 1959, Paper No. 29 S.
 - [13] *Homfeld M. F.*, *Johnson R. S.* and *Kolbe W. H.*: The General Motors Catalytic Converter Presented at SAE Annual Automobile Week, Detroit, Michigan, March 1962.
 - [14] *Marterstock R.* und *Reuter A.*: Untersuchungen der Abgase eines Vorkammer-Dieselmotors auf krebsfördernde Stoffe. *Erdöl und Kohle* 10, 377 (1957), *Motortechn. Z.* 18, 132 (1957).
 - [15] *Pichler H.* und *Deschner E.*: Zur Frage des Auftretens von 3,4-Benzopyren im Abgas eines Dieselmotors. *Brennst. Chem.* 41, 276 (1960).
 - [16] *Luther H.*: Ergebnisse und Probleme bei Untersuchungen der Abgase von Verbrennungskraftmaschinen. *Motortechn. Z.* 20, 460 (1959). *Luther H.* Vortrags-Tagung VDI-Kommission: Reinhaltung der Luft: Über die Messung von Kraftfahrzeug-Emissionen. Wiesbaden, 23. 9. 1960.
 - [17] *Kröger C.*: Motorenabgase und ihre Reinigung, Versuche zur Erzielung voll ausgebrannter Dieselabgase. *Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen*, Nr. 842 (1960).
 - [18] *Ihrig H.*, Dissertation Clausthal: Untersuchungen zur Abgasanalyse an Verbrennungskraftmaschinen. Unveröffentlichte Messungen.
 - [19] *Drawin H. W.*: Massenspektrometrische Analyse von Automobil-Auspuffgasen und Luftverunreinigungen. *ATZ* 62, 104 (1960).
 - [20] *Essig R.*, *Kaiser A.* und *Reuter A.*: Versuche zur Entwicklung bleifester Katalysatoren für die katalytische Nachverbrennung der Abgase von Ottomotoren. Bericht Bundesverkehrsministerium, 1959.

Adresse des Autors: Ing. *W. Lemmenmeyer*, Wallisellerstraße 3, Kloten.