



Dieselautobus und Umweltschutz

Die beinahe täglichen Mahnrufe, die teils realistischen, meist aber wenig lebensnahen Diskussionen in Radio und Presse zeigen, dass der zweifellos notwendige Umweltschutz, der Kampf um die Reinhaltung der Luft, zu einer imperativen Notwendigkeit geworden ist.

Die Verschmutzung tritt in den verschiedensten Formen auf und die daraus resultierenden Belästigungen, ja sogar Gefahren, müssen mit allen Mitteln bekämpft werden. Soweit herrscht auf der ganzen Welt Einigkeit, jedoch nicht über das Programm.

Bei dieser Aktion spielt das Auto mit Verbrennungsmotor eine wichtige Rolle, weil seine Abgase giftige Bestandteile enthalten, die mit zunehmender Fahrzeugdichte zu einer Gefahr für die Bevölkerung werden könnten.

Sämtliche Hersteller von Verbrennungsmotoren sind sich dieser Situation bewusst. Kaum ein anderes Problem wird in der Zukunft die Automobilindustrie so sehr beschäftigen wie die Abgasemissionen.

Die Forschungsabteilung der AG Franz Brozincevic & Co., Wetzikon, als Herstellerin von Dieselmotoren für Nutzfahrzeuge und Autobusse, befasst sich intensiv mit diesen Aufgaben.

Der vorliegende Beitrag will auf keine Alternativlösungen und deren Realisierungsmöglichkeiten hinweisen, sondern befasst sich nur mit einem Mitglied der Luftverschmutzer, dem Dieselmotor, seinen Abgasproblemen und Verbesserungsmöglichkeiten, die man etwa in Sofortmassnahmen und langfristig gezielte Entwicklungen einteilen könnte.

1. Standortbestimmung für den Dieselmotor unter den Luftverschmutzern

Die Verschmutzung der Luft ist eine Folge der steigenden Technisierung und Industrialisierung. Das schnelle Anwachsen der Erdbevölkerung führt zu immer höherem Energiebedarf, speziell in den Ballungszentren. Luftverbrauch und Verunreinigungen sind seit eh und je Begleiterscheinungen des Verbrennungsvorganges gewesen und stellen ein örtliches Häufigkeitsproblem dar. Sie streuen und sind stark mit den klimatischen Verhältnissen verknüpft.

Die Abgasemission des Dieselmotors ist also nur ein kleines Teilproblem der Lufthygiene und muss auch in diesem Rahmen betrachtet werden. Ein Mass für die objektive Beurteilung der Luftverschmutzung durch Automobile ist der Energieverbrauch, seine zeitliche Veränderung, die Verteilung auf Dieselfahrzeuge und die absoluten Abgasmengen.

Nach ATZ 73 (1971) 6, Seite 211, wächst der Energiebedarf der Welt für wärme- und kraftpendende Verbrennungsprozesse pro Jahr um 4 % und hat sich in den letzten 25 Jahren verdreifacht.

Die Verteilung auf die wichtigsten Energiequellen war:

1970	Feste Brennstoffe	$17,2 \cdot 10^{15}$ kcal	35,2 %
	Erdöl	$20,0 \cdot 10^{15}$	40,8 %
	Erdgas	$9,0 \cdot 10^{15}$	18,3 %
	Wasserkraft	$2,5 \cdot 10^{15}$	5,1 %
	Atom	$0,3 \cdot 10^{15}$	0,6 %
		$49,0 \cdot 10^{15}$	100 %

Für die Luftverschmutzung sind die ersten 3 Komponenten verantwortlich (94,3 %). Gemäss Amt für Energiewirtschaft beträgt für die Schweiz diese Grösse in der Periode 1970/1980 85 %.

Die folgende Tafel zeigt z.B. die Absolutwerte der Emissionen in Millionen Tonnen pro Jahr für USA 1966 (National Research Council).

	Festkörper	SO ₂	NO _x	CO	HC	total	%
Transport	1,8	0,5	3,1	59,6	9,7	74,7	60,7
Industrie	6,0	8,7	1,6	1,8	3,7	21,8	17,7
Kraftwerke	2,4	10,2	2,4	0,5	0,1	15,6	12,7
Raumheizung	1,2	3,4	0,8	1,8	0,5	7,7	6,3
Müllverbrennung	0,6	0,2	0,1	1,3	1,0	3,2	2,6

Daraus ergeben sich die auf die Schädlichkeitsgrenze bezogenen Prozente der Luftverunreinigungen.

	Festkörper	SO ₂	NO _x	CO	HC	%
Transport	6	1	7	2	3	19
Industrie	22	11	4	0	1	38
Kraftwerke	11	12	6	0	0	29
Raumheizung	5	4	2	0	1	12
Müllverbrennung	2	0	0	0	0	2

Daraus folgt, dass der Transport, d.h. die Automobile in USA 19 % ausmachen, während die Industrie und Kraftwerke mit 67 % beteiligt sind. Der Transport lässt sich wiederum in Benzin- und Diesel-Fahrzeuge aufteilen.

Von den 60,7 % der Totalemission pro Jahr entfallen

0,8 % (0,984 Millionen t) auf Dieselfahrzeuge
59,9 % (73,50 Millionen t) auf Benzinfahrzeuge

Daraus dürfte der verschwindend kleine Anteil der Dieselmotoren an der Umweltverschmutzung in USA sichtbar werden. Natürlich ist USA nicht Europa.

Wird der Energieverbrauch in erster Annäherung als Mass für die Luftverschmutzung herangezogen, so zeigt sich ebenfalls, dass in Deutschland der Anteil des Dieselkraftstoffes am gesamten Mineralöl-Inlandsverbrauch 1969 mit 8,5 % sowie seine absolute Zunahme von 1964 - 1969 mit 24 % am kleinsten war.

Produkt	Zunahme in % 1964 bis 1969	Anteil am totalen Mineralölverbrauch
Benzin	50,5	13,7 %
Dieselöl	24	8,5 %
leichtes Heizöl	99	38,2 %
mittelschweres und schweres Heizöl	48,5	22,5 %

Noch viel günstiger liegen die Verhältnisse in der Schweiz. Die 56'000 Dieselfahrzeuge verbrauchten 1969 nur 6,4 % von 9 Millionen Tonnen totalen flüssigem Brennstoff (Diesel & Benzin). Da sich unter den erwähnten Dieselfahrzeugen nur etwa 9 % Autobusse befinden, liegt ihr Anteil an der Luftverschmutzung bei $\sim 0,57 \%$.

Unglücklicherweise konzentriert sich der Verkehr auf Ballungszentren, insbesondere auf Städte mit meist schlecht belüfteter Umgebung und grossen Menschenansammlungen. Die Ueberlastung dieser neuralgischen Punkte ist weitgehend durch den individuellen Personenwagenverkehr bedingt. In Zürich fällt bereits auf 3,5 Einwohner ein Fahrzeug (USA: 1 Fahrzeug auf 2,5 Einwohner). Bis 1974 rechnet man mit einer Zunahme von 30 %. Will man diesen sich anbahnenden chaotischen Zuständen vorbeugen, drängt sich eine Einschränkung und Verlagerung des Individualverkehrs bei gleichzeitigem Ausbau der öffentlichen Transportmittel auf (bewegliche und leistungsfähige Autobusse). Eine geringere Luftbelastung durch Schadstoffe wird die Folge sein.

2. Dieselabgase

Ausgerechnet der Diesel-Autobus ist in letzter Zeit zum Prügelknaben geworden (vergl. " Die Selbstmord-Gesellschaft ", Der Bund vom 7.3.71), obwohl dieses Transportmittel in absehbarer Zukunft auf keinen Fall aus den Ballungszentren zu verdrängen ist. Das Vorurteil geht unverkennbar aus den dem Dieselabgas anhaftenden psychologischen Nachteilen hervor, wie sichtbaren Rauch, Geruch und Lärm. Sein Anteil an der Luftverschmutzung ist undiskutabel klein. Als Dieselmotoren-Hersteller sind wir bestrebt, die erwähnten Nachteile zu beseitigen und die unerwünschten Schadstoffe des Dieselabgases zu reduzieren, ja sogar zu eliminieren.

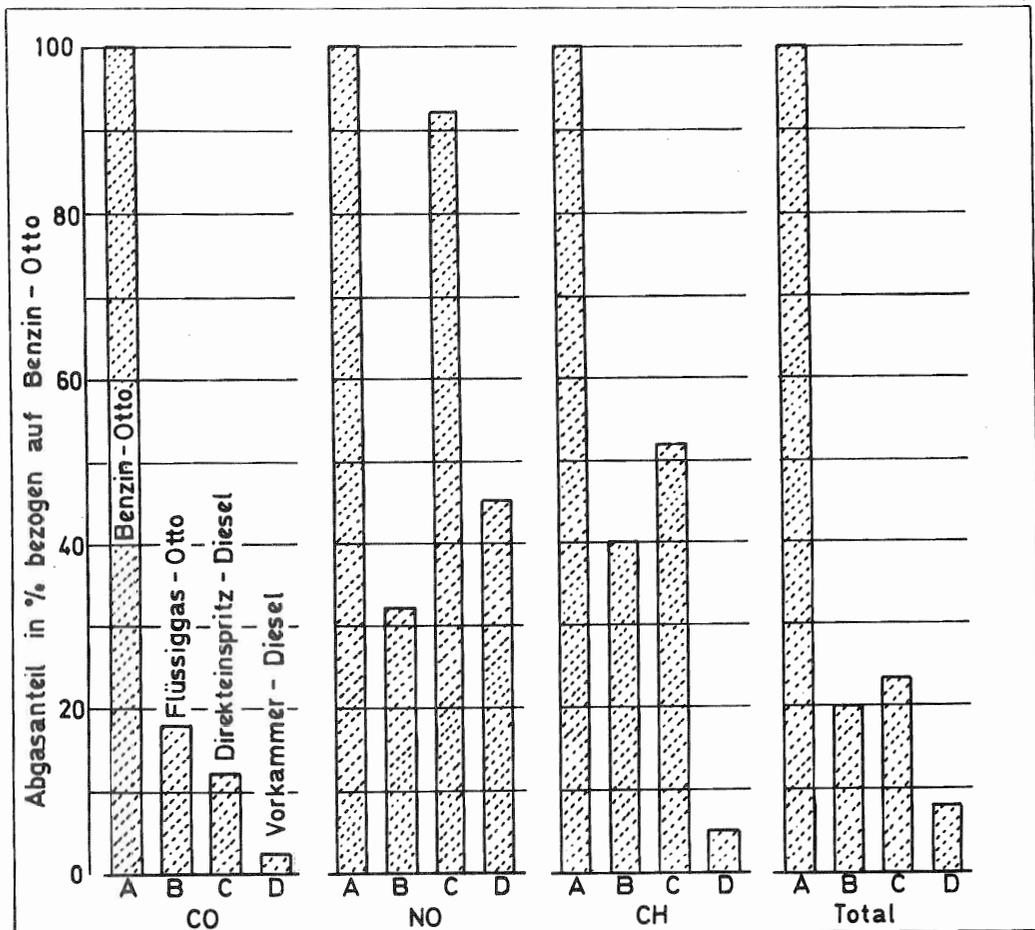
Komponenten der Dieselabgase

Verbrennung	vollkommen				unvollkommen			Nebenreaktionen
Komponente	CO ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂	Russ	CO	HC-Verbindung	NOx
stärkste Emission bei (Volumenteile)	Vollast		Leerlauf		hohe Last meist tiefe Drehzahl	hohe Last	<u>kaltem Motor:</u> Weissrauch z.B. Aldehyde <u>Heisser Motor:</u> geringe Emission	hohe Last (Direkteinspritzer) mittlere Last (Kammermotor)
Wirkung	unschädlich				lästig	kaum schädlich	Nasen- & Augenreiz Weissrauch	gesundheitsschädlich

Maximalwerte der Schadstoffemissionen von Otto-und Dieselmotoren

Komponente	Otto ppm (cm ³ /m ³)	Diesel ppm
CO	6 % Vol.	0,2 % Vol.
NOx	3000 bis (5000)	bis 3000
HC	bis 1000	bis 850
Aldehyde	bis 300	bis 50
Pb (Blei)	0,4 g/l	kein

Vergleich der Gasemissionen verschiedener Maschinentypen
in % der Benzinmotorenemission (Diesel and Gas-Turbine Progress
Januar 1971)



Obwohl schon sehr viel über vorstehende Abgaskomponenten geschrieben wurde, seien hier nur kurz einige Bemerkungen angeführt.

CO Kohlenmonoxyd MAK = 50 ppm (MAK = max. Arbeitsplatzkonzentration während 8 Stunden)

Dieselmotoren werden mit Luftüberschuss betrieben. Ihr CO-Gehalt beträgt gegenüber Otto-Motoren max. 1/10 und ist am bestehenden Gesetz (im Leerlauf 4,5 Vol. %) gemessen unbedeutend. CO ist geruchlos und in der Atmosphäre beständig.

HC Kohlenwasserstoffe

Unter diesem Sammelbegriff verbirgt sich eine Vielzahl organisch chemischer Verbindungen, die recht unterschiedliche Eigenschaften haben. Die vorwiegend im Abgas von Dieselmotoren auftretenden Geruchstoffe sind Aldehyde (teilverbrannte HC) und Mischungen anderer Kohlenwasserstoffe. Sie gehören neben dem Russ zu den lästigen Abgasbestandteilen, da sie unmittelbar wahrgenommen werden. (Dieselgeruch und Schleimhautreizung).

Stickoxyde NOx

MAK NO	25 ppm
NO ₂	5 ppm

Zum Glück entstehen diese Oxyde erst bei hohen Verbrennungstemperaturen. Im Stadtverkehr treten sie normalerweise höchstens kurzzeitig bei Beschleunigung in hohen Konzentrationen auf. Bei direkteingespritzten Motoren liegt der max. NOx-Gehalt nach eigenen Messungen zwischen 1200 und 3000 ppm, je nachdem es sich um Saug- oder Auflademotoren handelt. (ppm = parts per million). NO ist nicht stabil, sondern oxidiert zum sehr giftigen NO₂, welches schon in geringer Konzentration als starkes Blutgift wirkt. NO₂ bildet mit Wasser Salpetersäure, wodurch bei gewissen Konzentrationen Reizungen der Augen und Atemwege erfolgen.

Russ

Dieselmotorabgas enthält z.B. bei Ueberlastung, bei zu grosser Brennstoffmenge, kleine Kohlenstoffteile. Die Russbildung ist last- und drehzahlabhängig. Dazu kommt die Temperatur- und Barometerabhängigkeit (Höhenabhängigkeit 1,4 % Bosch pro 100 m ΔH). Gesundheitsschädigend ist nach heutiger Kenntnis der Russ nicht. Man fand allerdings bei sehr stark rauchenden Motoren das kanzerogene 3,4-Benzpyren dem Russ angelagert. Messungen an einem Saugmotor ergaben die kaum definierbare Menge von 1/100 ppm. Die krebserzeugende Wirkung dieser Menge im Dieselabgas, die im Zigarettenrauch in grösseren Konzentrationen vorhanden sein soll ist umstritten.

Schwefeldioxyd SO₂ MAK = 5 ppm

Schwefel als giftiger Bestandteil der Luft wirkt belästigend (Geruch, Smog).

Der Gehalt an Schwefel im Abgas ist weitgehend eine Funktion des Schwefelgehaltes des Brennstoffes. Das handelsübliche Dieselöl enthält etwa 0,3 - 0,35 Gewichtsprozent (DIN lässt bis 0,7 % zu), währenddem im Heizöl 0,35 - 0,5 % enthalten sind. Eine weitere Reduzierung des Schwefelgehaltes im Brennstoff durch eine gesetzliche Limitierung wäre ein grosser Beitrag. Bei den Fahrzeugen tritt nur ein Teil des Schwefels durch den Auspuff in die Atmosphäre und trägt zur Luftverunreinigung bei. Berücksichtigt man zusätzlich, dass etwa 6 Millionen Tonnen Heizöl zu 570'000 Tonnen Dieselöl ins Verhältnis gesetzt werden müssen, wovon nur 10 % auf Autobusse fallen, und dass in den Städten Bern, Lausanne und Genf im Winter ein bis dreifacher SO₂-Wert der Luft gegenüber im Sommer gemessen wurde, dann lässt sich leicht ausrechnen, dass der Autobus ein vernachlässigbarer Faktor im Gegensatz zu den Industrie- und Hausfeuerungen im Schwefelmissionswert der Luft darstellt. (Vergl. Seite 4).

3. Massnahmen zur Verbesserung des Dieselmotors

Aufgrund unserer laufenden Versuche möchten wir die möglichen Massnahmen zur Verbesserung des Dieselmotors, insbesondere dessen Abgase, aufzeigen. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen:

- a) Der Beeinflussung des motorischen Prozesses, indem man versucht, die Schadstoffbildung in ihrer Entstehung zu verhindern.
- b) Der Reduktion schädlicher Komponenten durch nachgeschaltete Anlagen, mit dem Zweck der Umwandlung der Schadstoffe in unschädlichere Verbindungen.

Zu a)

Die Aufzählung und Beschreibung aller Massnahmen zur Reduktion der erwähnten Schadstoffe durch direkte Beeinflussung des Verbrennungsablaufes würde den Rahmen dieses Orientierungsbeitrages weit überschreiten. Vielfältige Möglichkeiten stehen offen und sind Gegenstand intensiver Entwicklungsarbeiten (teilweise Abgasrückführung "Ladeluftkühlung" u.a.m.). Mit einiger Sicherheit lässt sich nach dem heutigen Stand der Technik voraussagen, dass in der nächsten Zeit keine Riesenerfolge zu erwarten sind, da die reaktionskinetischen Vorgänge in den Zylindern von Dieselmotoren noch weitgehend erforscht werden müssen. Aber trotzdem werden auf lange Sicht diese Erkenntnisse neue Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen können. Gesetzliche Vorschriften über zulässige Abgaskomponenten werden folgen, welche bis heute nur für den Russgehalt existieren (vergl. Verordnung über Bau und Ausrüstung der Strassenfahrzeuge, August 1969). Die zukünftigen Gesetze sollten europäischen Charakter haben mit wirtschaftlich tragbaren Forderungen, welche weder Hersteller noch Fahrzeugbesitzer zu unbefriedigenden Zwischenlösungen zwingen. Das vorzuschreibende Abgasprüfverfahren muss die Komponenten Fahrzyklus, Probenentnahme und Messanalytik enthalten, denn die bis heute zur mengenmässigen Bestimmung der schädlichen Abgaskomponenten eingesetzten Messverfahren sind teils noch umstritten. Die USA-Normen dürfen nicht stur übernommen werden, da sie speziell auf kalifornische Verhältnisse zugeschnitten sind. Die klimatischen Bedingungen, die Verkehrsverhältnisse und Fahrgewohnheiten sind bei uns einfach anders.

Eine Untersuchung unserer Motoren zeigt, dass bezüglich CO sowohl die Saug- wie die Auflademotoren die vorgeschriebene USA-Norm für 1975 sogar unterschreiten, während die Stickoxydlimite, inkl. die unverbrannten Kohlenwasserstoffe von den Turboladernmotoren, etwa der USA-Norm für 1973 entsprechen.

USA-Vorschrift	CO (gr/PSh)		NOx + HC (gr/PSh)		
	Norm	Messwert	Norm	Messwert	
1973	40		16		
		12 7		8	14
1975	25		5		
Aufladung		nein ja		nein	ja

P.S.: Der angegebene Messwert ist der höchste stationäre Vollastwert.

Zu b)

Mit den nachstehend beschriebenen Verbesserungen, die man zur Gruppe der Sofortmassnahmen zählen kann, ist kurz- und mittelfristig ein Beitrag zur Aktion "Saubere Luft" möglich.

Es können z.B. Katalysatoren angebaut werden, mit denen, richtige Anpassung an den betreffenden Motoren vorausgesetzt, eine positive Beeinflussung des CO-Gehaltes und der unverbrannten Kohlenwasserstoffe erreicht wird. Um die volle Wirkung des Katalysators zu erzielen, sind bei Autobussen mit intermittierendem Betrieb besondere Massnahmen erforderlich, da der Reinigungsgrad temperaturabhängig ist.

Für die heutigen FBW-Dieselmotoren

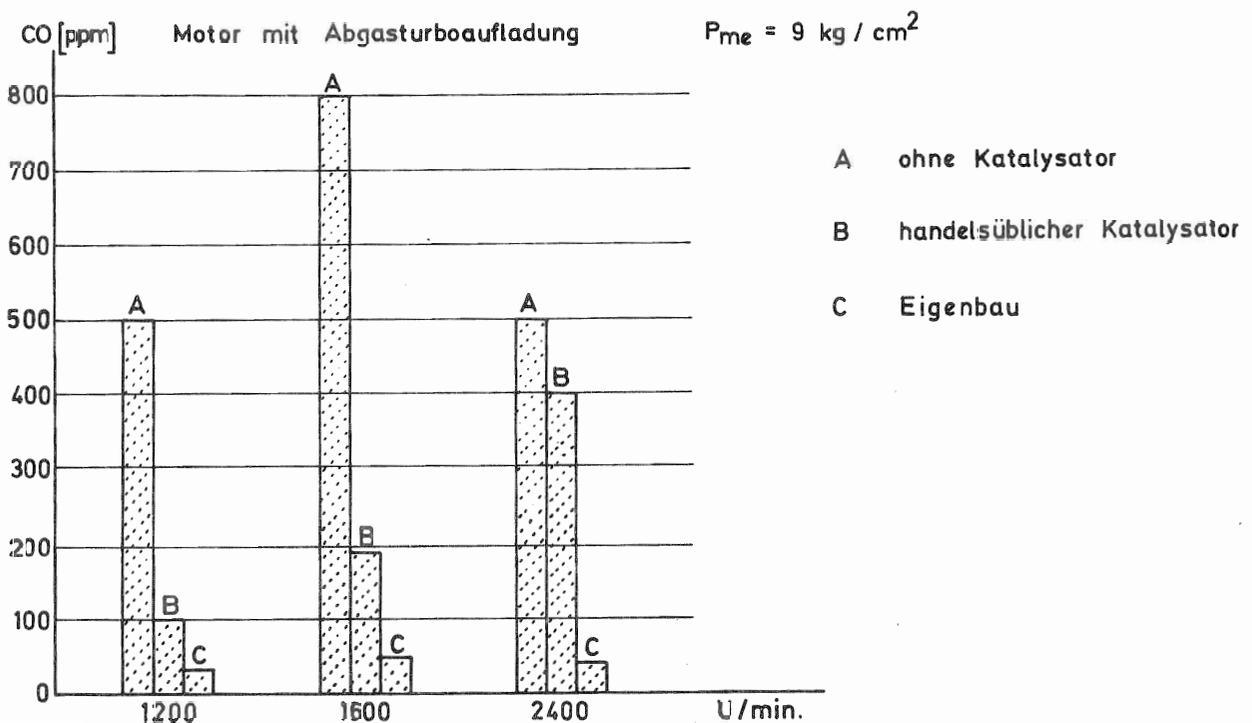
- CU/CUA-Typen mit 120 - 170 PS und
- EU/EU3A-Typen mit 170 - 270 PS

stehen genau abgestimmte Katalysatoren bereit, die das gesamte Autobusprogramm der laufenden und bestehenden Produktion einschliessen. Es handelt sich dabei um eine FBW-Eigenentwicklung mit Keramikwabenrohrelementen sowie einem handelsüblichen Produkt mit platinierter Tonerden-Granulat.

Die sich durch Anbau von Katalysatoren ergebenden Betriebskosten werden die bereits im Einsatz stehenden Autobusse zeigen.

Nachstehend sind die mit Katalysatoren zu erreichenden Verbesserungen aufgeführt.

Der Kohlenmonoxydgehalt, der im Dieselmotor um Zehnerpotenzen kleiner ist als beim Benzinmotor, wird fast vollständig eliminiert. Ein Emissionswert mit Katalysator von 40 bis 50 ppm, gemessen an der bestehenden Abgasvorschrift für Otto-Motoren (45'000 ppm), ist sicher unbedeutend.



Dieselgeruch

Der brenzlige, reizende und stechende Dieselgeruch, der besonders bei Stadtautobussen an den Haltestellen zu Beanstandungen führt, wird bereits im Leerlauf weitgehend eliminiert. Die folgende Tabelle zeigt seinen sehr grossen Einfluss auf die Geruch- und Reizstoffe in Abhängigkeit der Motorbelastung.

Komponente	MAK ppm	Last	Katalysator	
			ohne % (Emission)	mit % (Emission)
Acrolein 100 % (0.06 ppm)	0,1	1/3 2/3 3/3	100	33
Formaldehyd 100 % (45 ppm)	5	1/3 2/3 3/3	16 53 100	11 7 3
Gesamt- aldehyde 100 % (49 ppm)	2	1/3 2/3 3/3 Leerlauf	22 100 63 26	14 15 12 10

Auf den Rauch und die Stickoxydverminderung haben beide Katalysatoren nur einen geringen Einfluss. Um über längere Zeit einen hohen Katalysatorwirkungsgrad zu halten, ist eine ausgezeichnete Motorwartung Voraussetzung. Oeliger, rauchender Abgasstrom ist zu vermeiden. Durch Anbau dieser Katalysatoranlagen kann in den meisten Fällen auf einen Auspufftopf verzichtet werden, ohne die gesetzlichen Lärmnormen zu überschreiten.

Als weitere Möglichkeit kann das Auspuffgas durch Waschanlagen geleitet werden. Solche Anlagen sind sehr voluminös und verlangen tägliche Wartung. Russ und Oelpartikel werden darin ausgeschieden. Durch Zusätze von Chemikalien könnte auch NO_x zum Teil abgebunden werden. Auf keinen Fall darf uns aber das Auswechseln des Scrubberwassers mit der Gewässerverschmutzung in Konflikt bringen.

Dieselrauch

Der Rauch, ein weiterer Punkt, welcher den Dieselmotor vor den Richter ruft, ist sicher lästig. Durch die in den letzten Jahren erzielten Fortschritte in der Entwicklung der Verbrennungssysteme lässt er sich weitgehend eliminieren. Die Verbesserungen können selbstverständlich an bereits in Betrieb stehenden FBW-Motoren realisiert werden. Durch spezielle Auslegung der Aufladung mit Rauchbegrenzern und Modifikation am Einspritzsystem, werden die störenden Rauchstöße beim Start und Gangwechsel stark reduziert.

Eine gute Wartung und Pflege der Ansaug- und Einspritzanlagen ist jedoch unter allen Umständen unerlässlich.

Ejektor

Auspuff-Strahldüsen dienen zur Verminderung der Abgastrübung sowie zur Absenkung der Gastemperatur am Austritt aus der Auspuffanlage. Die Temperatur lässt sich bei Vollast um 100 - 120 ° (20 %) erniedrigen.

Die Ejektoren müssen ebenfalls genau angepasst werden und stehen für alle FBW-Typen, auch zum nachträglichen Einbau, zur Verfügung.

Wenn diese Ausführungen zeigen konnten, dass der Dieselmotor trotz den leichtfertigen und oberflächlichen Urteilen der breiten Masse ein umweltfreundlicher Motor ist, dann hat er seinen Zweck erfüllt.

Alle Massnahmen im Kampf gegen die Verschmutzung der Umwelt verursachen zusätzliche Kosten. Der Erfolg ist deshalb in erster Linie von der Beschaffungsmöglichkeit der notwendigen Geldmittel abhängig.

FBW freut sich ganz besonders, seinen Autobus-Kunden zusätzliche Ausrüstungen anbieten zu können, womit insbesondere die unter Beschuss geratenen Verkehrsbetriebe sofort einen Beitrag zur Verminderung der Verschmutzung unserer Umwelt leisten können. Dies um so mehr, als auch bereits im Betrieb stehende FBW-Busse umgebaut werden können. Durch die Anwendung der bis heute bekannten Verbesserungsmöglichkeiten und der Erkenntnisse aus der laufenden Motorenentwicklung, durch eine einwandfreie Motorenwartung, Fahrweise und Verwendung besserer Brennstoffe wird der Stadt-autobus mit Dieselmotor auch in Zukunft die ihm zukommenden Aufgaben als öffentliches Transportmittel weiterhin mit Erfolg lösen können, ohne als Umwelt-Feind gelten zu müssen.

Die beinahe täglichen Mahnrufe, die teils realistischen, meist aber wenig lebensnahen Diskussionen in Radio und Presse zeigen, dass der zweifellos notwendige Umweltschutz, der Kampf um die Reinhaltung der Luft, zu einer imperativen Notwendigkeit geworden ist.

Die Verschmutzung tritt in den verschiedensten Formen auf und die daraus resultierenden Belästigungen, ja sogar Gefahren, müssen mit allen Mitteln bekämpft werden. Soweit herrscht auf der ganzen Welt Einigkeit, jedoch nicht über das Programm.

Bei dieser Aktion spielt das Auto mit Verbrennungsmotor eine wichtige Rolle, weil seine Abgase giftige Bestandteile enthalten, die mit zunehmender Fahrzeugdichte zu einer Gefahr für die Bevölkerung werden könnten.

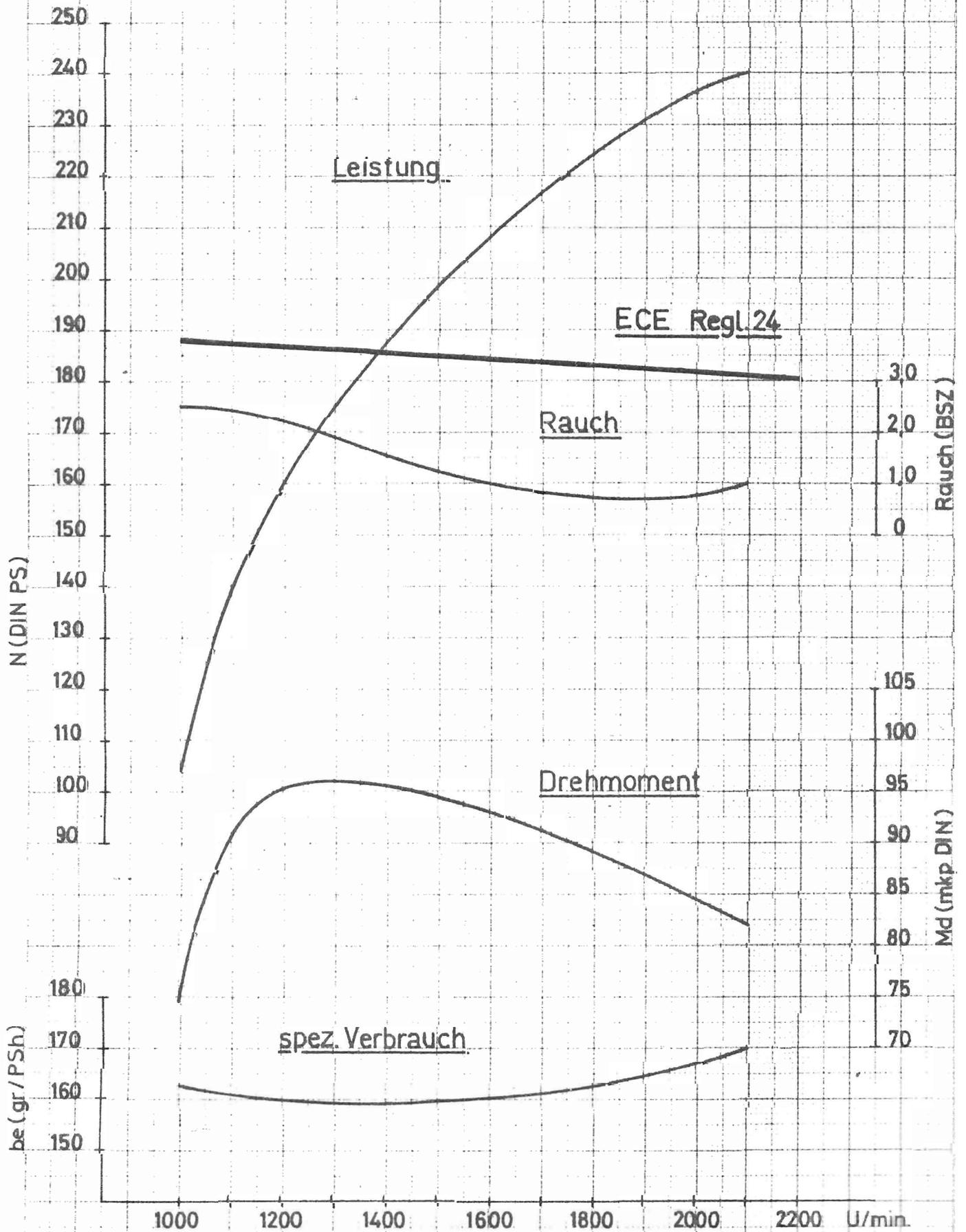
Sämtliche Hersteller von Verbrennungsmotoren sind sich dieser Situation bewusst. Kaum ein anderes Problem wird in der Zukunft die Automobilindustrie so sehr beschäftigen wie die Abgasemissionen.

Die Forschungsabteilung der AG Franz Brozincevic & Co., Wetzikon, als Herstellerin von Dieselmotoren für Nutzfahrzeuge und Autobusse, befasst sich intensiv mit diesen Aufgaben.

Einen grossen Fortschritt hat FBW auf dem Gebiet der abgasfreundlichen Motorenkonstruktion erzielt. Der für die Dieselfahrzeuge bestimmte EU4AK-Sechszylinder-Diesel mit 11,58 Liter Inhalt, der mit Turboaufladung eine Maximalleistung von 255 PS bei 2000 U/min und ein Drehmoment von 104 mkg bei 1400 U/min erreicht, wurde im Detail so überarbeitet, dass er zu den umweltfreundlichsten Dieselmotoren gezählt werden kann. Gemäss dem nachfolgenden EMPA-Versuchsbericht setzt sich das Abgas beim Durchfahren des US-Federal-13-Stufen-Tests (Summenwerte) in Gramm pro PSh aus 1,1 CO, 9,2 NO_x, 0,7 HC und 9,9 NO_x+HC zusammen. Die Rauchwerte liegen (gemäss Bosch-Schwärzungszahl) zwischen 0,55 und 2,0 als Mittelwerte zwischen steigender und fallender Motordrehzahl. Diese Messergebnisse liegen weit unter den heutigen und - noch sehr ungewissen - zukünftig zulässigen Emissionswerten.

EU3AR - E3AR

240 DIN PS bei 2100 U/min
DIN 70020



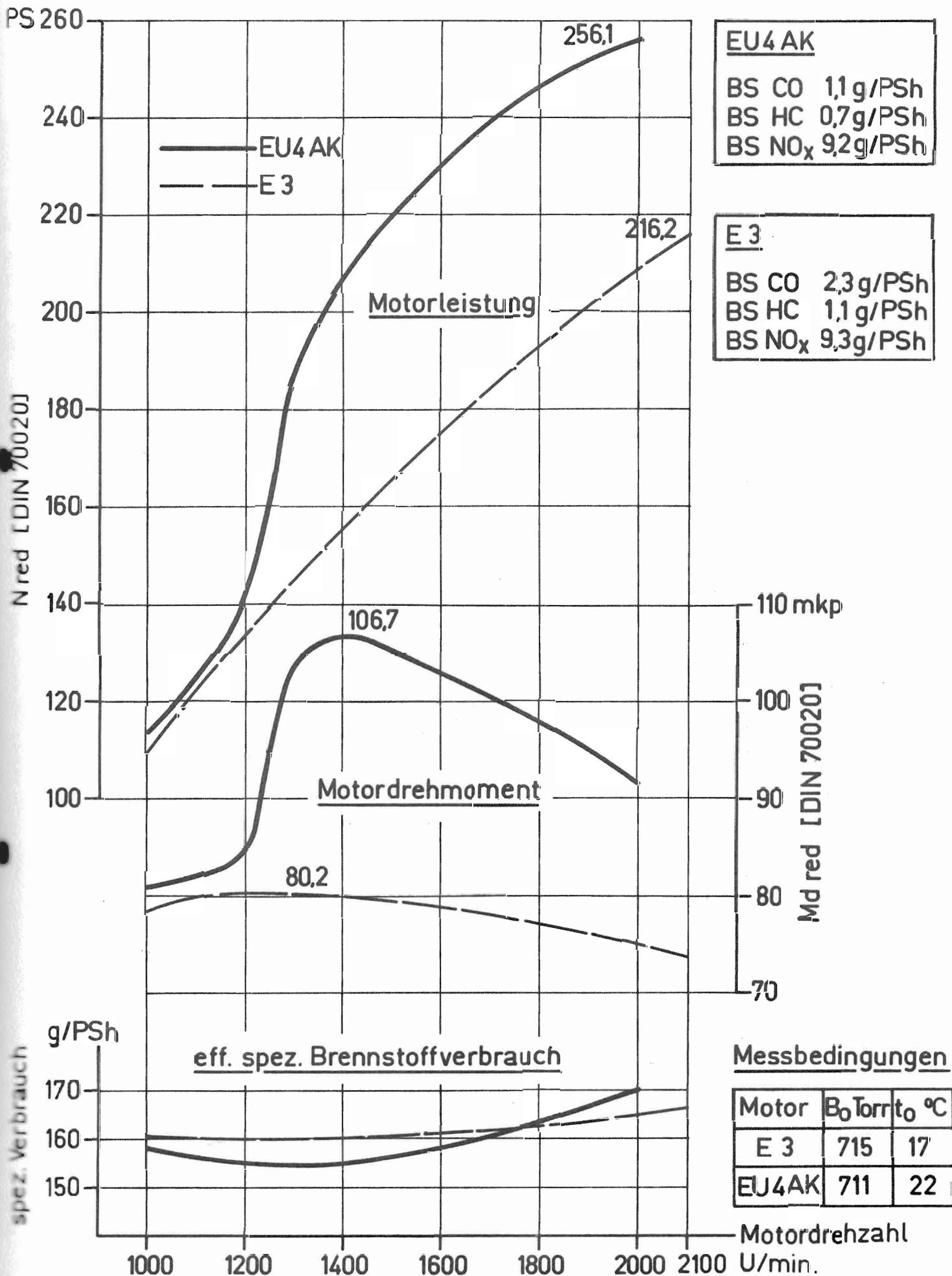
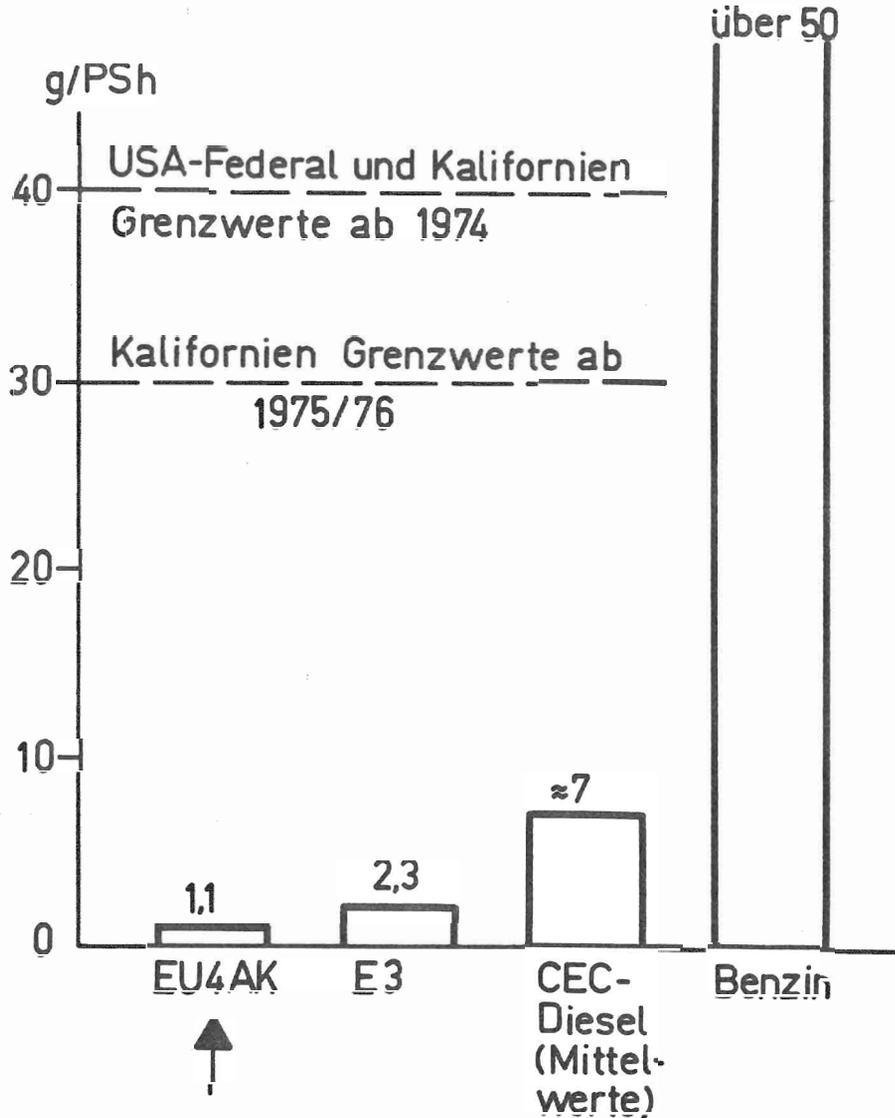


Bild 1 : Vollastkurven EU4AK und E3 Motor gem. EMPA-Test 31271/32431

Bild 2: Nach USA-Federal 13-Stufentest gewichtete Emissionswerte des FBW E3- resp. EU4AK-Motors im Vergleich zu den bisherigen amerikanischen Vorschriften.
 (EMPA-Test 31271/32431)

BS CO-Emissionen



BS (HC+NOx)-Emissionen

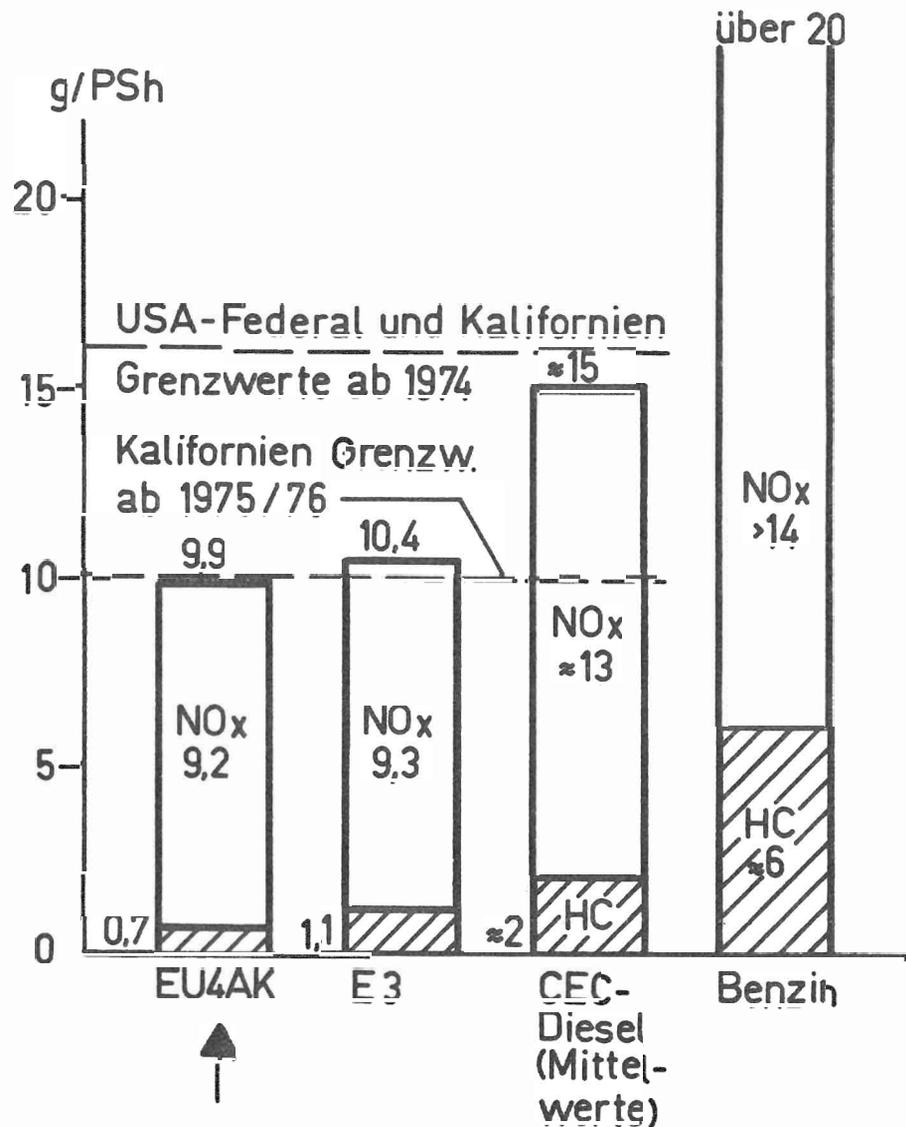
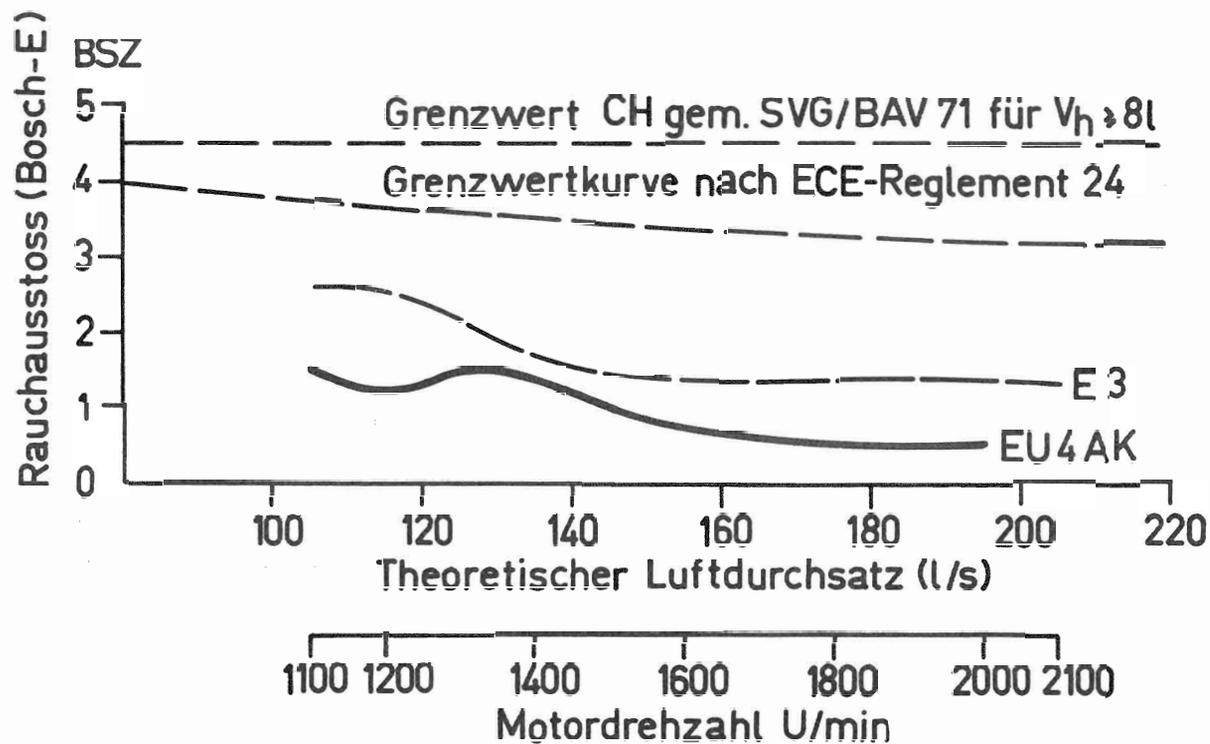
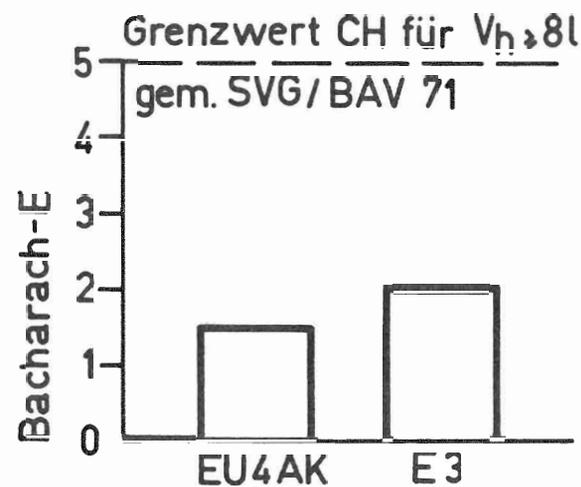


Bild 3: Vollast- und Beschleunigungsrauchmessung (EMPA-Test 31271/32431)

Vollastrauchmessung



Rauchstoss bei freier Motorbeschleunigung



Messbedingungen

Motor	B_0 Torr	t_0 °C
E 3	715	17
EU4AK	711	22



Kleiner Auszug aus unserer umfangreichen Referenz-
liste

<u>Kunde</u>	<u>Tel.-Nr.</u>	<u>FBW-Typ</u>
Zugerland Verkehrsbetriebe AG Hr. Dir. Bietenholz	042 21 02 95	91 U-EU4A 71 U-EU3AR
Verkehrsbetriebe Zürcher Oberland Hr. Dir. Jordi	01 935 14 17	50 U
Autoverkehr Thun-Goldiwil-Heiligen- schwendi Hr. Bürki, Betriebsleiter	033 43 16 23	50 U-EU3AR
Autobus Zürich-Zollikon-Küsnacht Hr. Baumgartner (Inhaber)	01 65 83 69	50 U-EU3AR
Automobilverkehr Frutigen-Adelboden AG Hr. Roesti, Betriebsleiter	033 73 22 71	50 U-EU3A
Autoverkehr Thun-Stocken-Gürbenthal AG Hr. Tschanz, Betriebsleiter	033 41 11 12	50 U-EU3AR
Waldmeier Garage AG Wädenswil	01 780 33 33	50 U-EU3AR
R. Bucheli, Kriens, Postautokurse Hr. Frei	041 41 60 60	50 U-EU3AR
W. Lienert, Einsiedeln, Verkehrsunter- nehmungen, Hr. Lienert	055 6 16 24	50 U-EU3AR
Hans Lengacher, Postauthalter Mühleturnen	031 81 62 02	50 U-EU3AR
Otto Stutz, Postautohalter Oberlunkhofen	057 7 52 88 057 7 51 35	50 U-EU3A
Robert Lötscher Postautohalter, Neuheim LU	042 56 11 70	50 U-EU3A
Gebr. Gut, Autobusbetriebe Binz	01 980 05 85	55 UH-EU3AR
Biel-Meinisberg AG, Orpund Hr. Kuhn, Sekretär	032 7 56 51	55 UH-EU3AR