



UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN

LEHRSTUHL FÜR KRAFT- UND ARBEITSMASCHINEN

o. Prof. Dr.-Ing. habil. Hans May

Amtlich anerkannte Prüfstelle für Abgase von Kraftfahrzeugen

Prof. Dr.-Ing. habil. U. Hattingen, Oberingenieur

Universität Kaiserslautern · Postfach 3049 · 67653 Kaiserslautern

Firma

Gesellschaft für Abgasentgiftungsanlagen mbH

GfA

Wörthstraße 58

65343 Eltville am Rhein

Hausadresse:

Gottlieb-Daimler-Straße

67663 Kaiserslautern

Gebäude 44

Telefon (06 31) 20 51 - Durchwahl 205 - 23 08

Telefax (06 31) 205 - 37 86

Telex 45 627 unikt d

Ihre Zeichen

Ihre Nachricht vom

Unsere Nachricht vom

Unsere Zeichen

Kaiserslautern

Ha/ha

15. März 1995

Einfluß eines Kraftstoff-Additivs auf den Kraftstoff-Verbrauch und die Abgas-Emissionen eines Nutzfahrzeug-Dieselmotors mit direkter Kraftstoff-Einspritzung

Abschlußbericht

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen des erteilten Auftrages sollte ein Ferrocen-haltiges, darüber hinaus aber nicht näher spezifiziertes Kraftstoff-Additiv (**GfA KAT 2000**) auf einem Motorprüfstand auf seinen Einfluß auf den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen untersucht werden.

Für die Untersuchungen wurde ein moderner Nutzfahrzeug-Dieselmotor mit direkter Kraftstoff-Einspritzung (**MWM TD 226 B-3**) ausgewählt, der wahlweise mit einem ebenfalls nicht näher spezifizierten und für diese Untersuchungen bereitgestellten **Oxidations-Katalysator**, bzw. ohne diesen, betrieben werden sollte. Hierfür wurde von dem Auftraggeber, der Firma

Gesellschaft für Abgasentgiftungsanlagen mbH (GfA), Heidesheim,
ein **schwefelfreier** Dieselmotorkraftstoff (Green Diesel, Schwefelgehalt < 10 ppm) bereitgestellt.

2. Versuchsprogramm

Bei den Versuchen sollte durch Vergleich mit nicht-additiviertem Kraftstoff der Einfluß des o.a. Additivs ermittelt werden, wobei zur Eliminierung von hang-up-Effekten bei Wechsel des Kraftstoffs jeweils eine clean-up-Phase von vier Stunden bei Motor-Nennleistung eingeplant wurde.

Wegen des übergeordneten allgemeinen Interesses sollte auch das Potential eines Oxidations-Katalysators zur Verminderung der Schadstoffemissionen in einem gleich angelegten Versuchspaket ermittelt und quantifiziert werden.

Zur Reduzierung des Versuchsaufwandes sollten zunächst die o.a. Meßwerte in einem drei-Punkte-Test (Nenn-Leistung, Vollast bei mittlerer Drehzahl und Halblast bei mittlerer Drehzahl) aufgenommen werden. Erst nach Sichtung der hier gewonnenen Ergebnisse soll

entschieden werden, ob die Aussagen auf breitere Basis (z.B. auf den international anerkannten 13-Punkte-Test, entsprechend 88/77/EWG in der Version 91/542/EWG) gestellt werden sollten.

Zur Absicherung der Versuchsergebnisse wurde zu jedem Versuchspunkt ein Wiederhol-Versuch vereinbart.

3. Prüfstandsbeschreibung

Bei dem Versuchsträger handelt es sich um den o.a. 3-Zylinder Dieselmotor der Motorenwerke Mannheim AG. Der Motor wird als 3-, 4- und 6-Zylinder angeboten und repräsentiert mit seinem Hub/Bohrungs-Verhältnis (120 mm/105 mm) und seinem Zylinder-Hubvolumen von gut einem Liter einen modernen Vertreter für den Anwendungsfall LKW. In der hier vorliegenden 3-Zylinderversion leistet er 52 kW bei 2200 U/min. Sein maximales Drehmoment liegt bei 1500 U/min an und beträgt 285 Nm. Aus diesem Grunde wurde dieser Wert für die Untersuchungen als mittlere Drehzahl ausgewählt.

Dieser Versuchsträger wurde auf einem für die anstehenden Untersuchungen ausgerüsteten Prüfstand mit einer Wirbelstrombremse des Herstellers Zöllner, vom Typ B-300, abgebremst. Die zur Analyse benötigte Abgasprobe wurde über eine beheizte ($T = 190^{\circ}\text{C}$) Probengasleitung zu der zentralen Abgasmeßanlage geleitet und hier auf den Gehalt an Kohlenmonoxid CO , Kohlendioxid CO_2 , unverbrannte Kohlenwasserstoffe HC und Stickoxide NO_x untersucht. Zur Bestimmung der Partikel-Emission wurde der gesamte Abgasstrom einem Verdünnungstunnel zugeleitet und hier zunächst, entsprechend den Bestimmungen der 91/542/EWG, mit etwa der 10-fachen Luftmenge verdünnt. Die Massenbestimmung selbst geschieht hierbei durch gravimetrische Auswertung der auf Filterplättchen abgeschiedenen Partikelmasse.

4. V Versuchsergebnisse

Tabelle 1 auf Seite 5 enthält alle im Rahmen des o.a. Versuchsprogramms ermittelten Ergebnisse, wobei alle Zahlenwerte Mittelwerte aus den insgesamt zwei Versuchen pro Meßpunkt darstellen. Zum Vergleich wurden zusätzlich zu dem o.a. Versuchsprogramm auch Ergebnisse eingetragen, die an diesem (identischen) Motor in einem anderen Versuchsprogramm mit Kraftstoff der Euro-Spezifikation '96 (Schwefelgehalt < 500 ppm) ermittelt wurden (Extrakt aus Ergebnissen im 13-Stufen-Test!!).

Zur besseren Übersichtlichkeit sind alle Ergebnisse zusätzlich in Form von Balkendiagrammen auf den Seiten 6 bis 10 dargestellt.

4.1 Kraftstoffverbrauch

Seite 6 zeigt den Kraftstoffverbrauch bei den drei ausgewählten Betriebspunkten für die vier unterschiedlichen Betriebsmodi.

Unter Berücksichtigung des unterdrückten Ordinaten-Nullpunktes kann von einem signifikanten Unterschied zwischen den vier Betriebsmodi nicht gesprochen werden. Immerhin läßt sich feststellen, daß bei allen drei Betriebspunkten der als GFK KAT 2000 ausgezeichnete Kraftstoff tendenziell den höchsten Wirkungsgrad zeigt (Abweichungen gegenüber Euro '96 zwischen 1 und 2 %). Innerhalb der Versuche mit Green-Diesel reduziert sich diese Aussage auf Abweichungen im Bereich der Meßgenauigkeit, beträgt aber auch hier für den Vollast-Betriebspunkt bei mittlerer Drehzahl noch fast 2 %.

Die Ursachen für diese Tendenz wurden nicht näher untersucht, obwohl die Unterschiede zwischen den einzelnen Betriebspunkten nahelegen, die Untersuchung auf das gesamte Lastkollektiv des 13-Stufen-Tests auszudehnen.

Ferrocen ist von seiner Struktur her ein Additiv, welches in den Zündmechanismus eingreifen könnte und auf diese Weise naturgemäß den Kraftstoffumsatz während des Arbeitsprozesses tangieren würde. Ein solcher Eingriff, der praktisch einer Veränderung der Cetan-Zahl nahekommt, wirkt sich naturgemäß auf den Prozeß-Wirkungsgrad aus und könnte durchaus die gemessenen Unterschiede im Kraftstoffverbrauch verursachen.

4.2 Schadstoff-Emissionen

Die auf den Seiten 7 bis 10 zusammengestellten Bilder zeigen die Emissionen, ebenfalls im Vergleich, für die vier Kraftstoff/Katalysator-Modifikationen, wobei wieder die drei ausgewählten Betriebspunkte auf der Abszisse aufgetragen wurden.

4.2.1 Kohlenmonoxid-Emission

Zunächst springt der außerordentlich starke Effekt des Oxidationskatalysators ins Auge, was jedoch nicht überraschend ist, da aus diesem Grunde diese Technik heute bereits verbreitet angewendet wird.

Die Differenzen zwischen den Kraftstoffen Euro '96 und Green sind zunächst nicht einheitlich und bewegen sich zum Teil (1500/Halblast) im Bereich von über 30 %. Obwohl dieser Punkt nicht Gegenstand dieser Untersuchung war, soll hier kurz auf einige Gesichtspunkte hingewiesen werden, die diese Diskrepanz erklären können:

- Hier ist zunächst die Tatsache von Bedeutung, daß die Ergebnisse aus einem anderen Versuchspaket entnommen wurden, welches auf andere Randbedingungen gestellt war zu einem weiter zurückliegenden Versuchsdatum durchgeführt wurde (z.B. andere Charge Kalibriergas etc.)
- Die Daten sind aus einem Ergebnis für einen 13-Stufen-Test extrahiert worden, der nach einer speziell für diesen Fall formulierten Prozedur abgewickelt werden muß (91/542/EWG). Dies tangiert vor allem den zeitlichen Ablauf der Versuchsdurchführung.
- Sollten die Unterschiede tatsächlich auftreten, so müßte durch eine breitere Basis die Tendenz (z.B. Abhängigkeit von der Motorbelastung) herausgearbeitet werden.

Im Sinne der Themenstellung kann jedoch eindeutig festgehalten werden, daß der additierte Kraftstoff die CO-Emission nicht beeinflusst.

4.2.2 Emission unverbrannter Kohlenwasserstoffe

Im Prinzip gilt für die HC-Emission die gleiche Aussage wie für die CO-Emission, Kapitel 2.2.1. Auch hier läßt sich kein Einfluß auf die Emission durch das Additiv feststellen. Die Wirksamkeit des Oxidations-Katalysators ist ebenfalls hervorzuheben, stellt aber, wie schon bei CO festgestellt, keine Überraschung dar. Der große Unterschied zwischen den Kraftstoffen Euro '96 und Green ist hier eindeutig auf die eingesetzte Meßtechnik zurückzuführen, die seinerzeit ein anderes Meßprinzip verwendete.

4.2.3 Stickoxid-Emission

Die bildliche Darstellung der Stickoxid-Emissionen zeigt keine herausragenden Strukturen, so daß sich auch hier feststellen läßt, daß der Einsatz des Additivs KAT 2000 keinen Einfluß auf die Emissionen ausübt.

4.2.4 Partikel-Emission

Bei der Darstellung der Partikel-Emission zeigt sich (erwartungsgemäß) wieder der positive Einfluß des Oxidations-Katalysators. Die Effektivität in bezug auf diese Emission nimmt

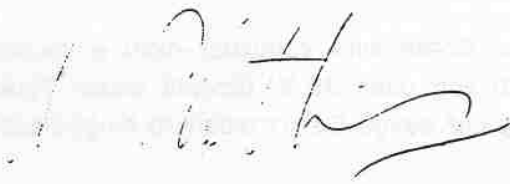
naturgemäß mit steigender Abgastemperatur zu, erreicht aber bekanntermaßen nicht die Größenordnung der bei den gasförmigen Komponenten (HC und CO) zu beobachtenden Konvertierungsraten.

Ein Einfluß des Additivs KAT 2000 auf die Partikel-Emission ist auch hier nicht festzustellen.

5. Zusammenfassung

Die im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß das angelieferte Kraftstoff-Additiv **KAT 2000** keinen signifikanten Einfluß (positiv oder negativ) auf das allgemeine Betriebsverhalten moderner Nutzfahrzeug-Dieselmotoren mit direkter Kraftstoff-Einspritzung hat. Dies gilt absolut für die Emissionen der limitierten Schadstoffe Kohlenmonoxid, unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Stickoxide und Partikel.

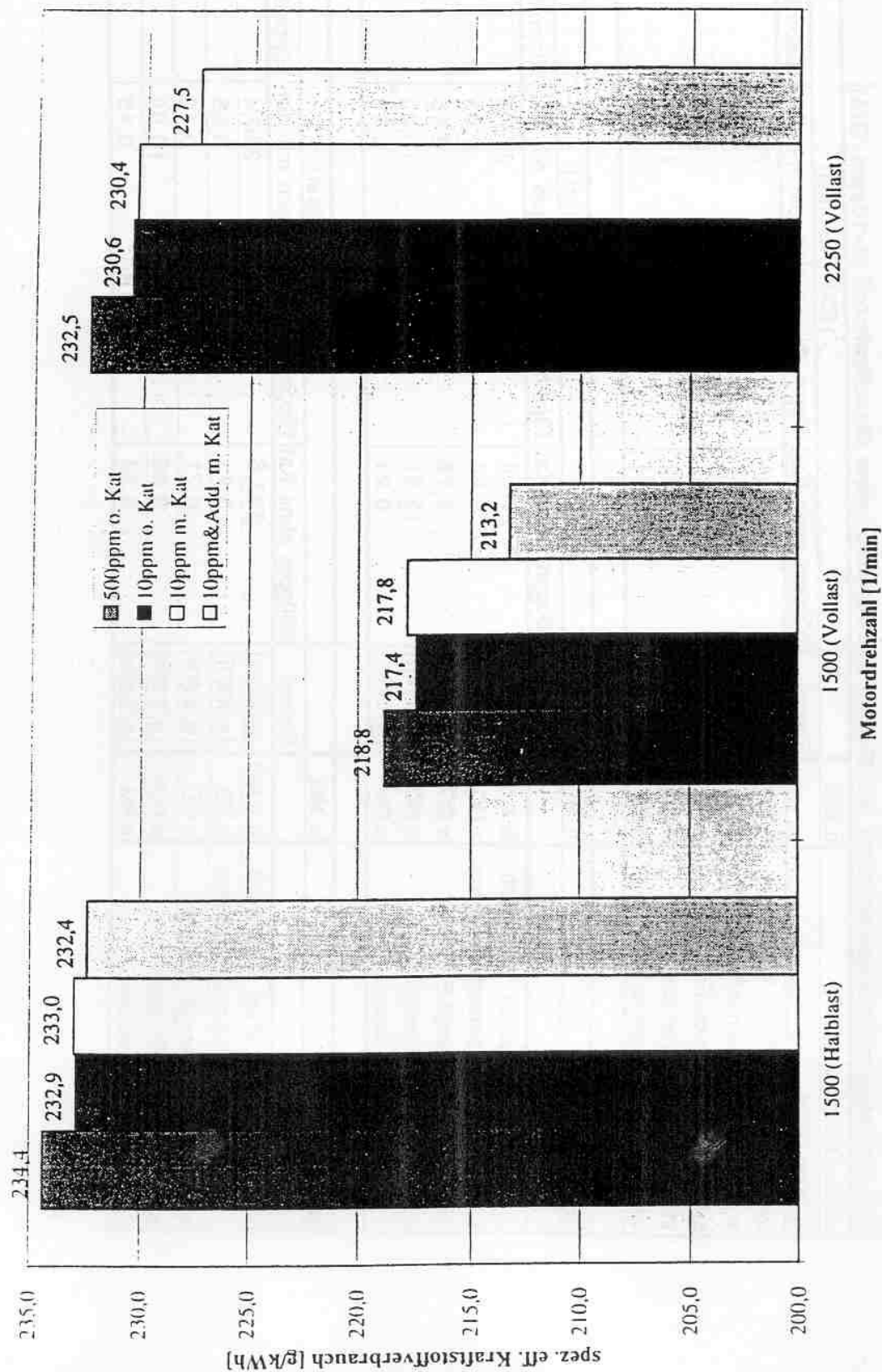
Bezüglich des Kraftstoffverbrauchs wurde ein marginales Positiv-Potential erkannt, dessen Quantifizierung jedoch ausgedehntere Untersuchungen erfordern würde.



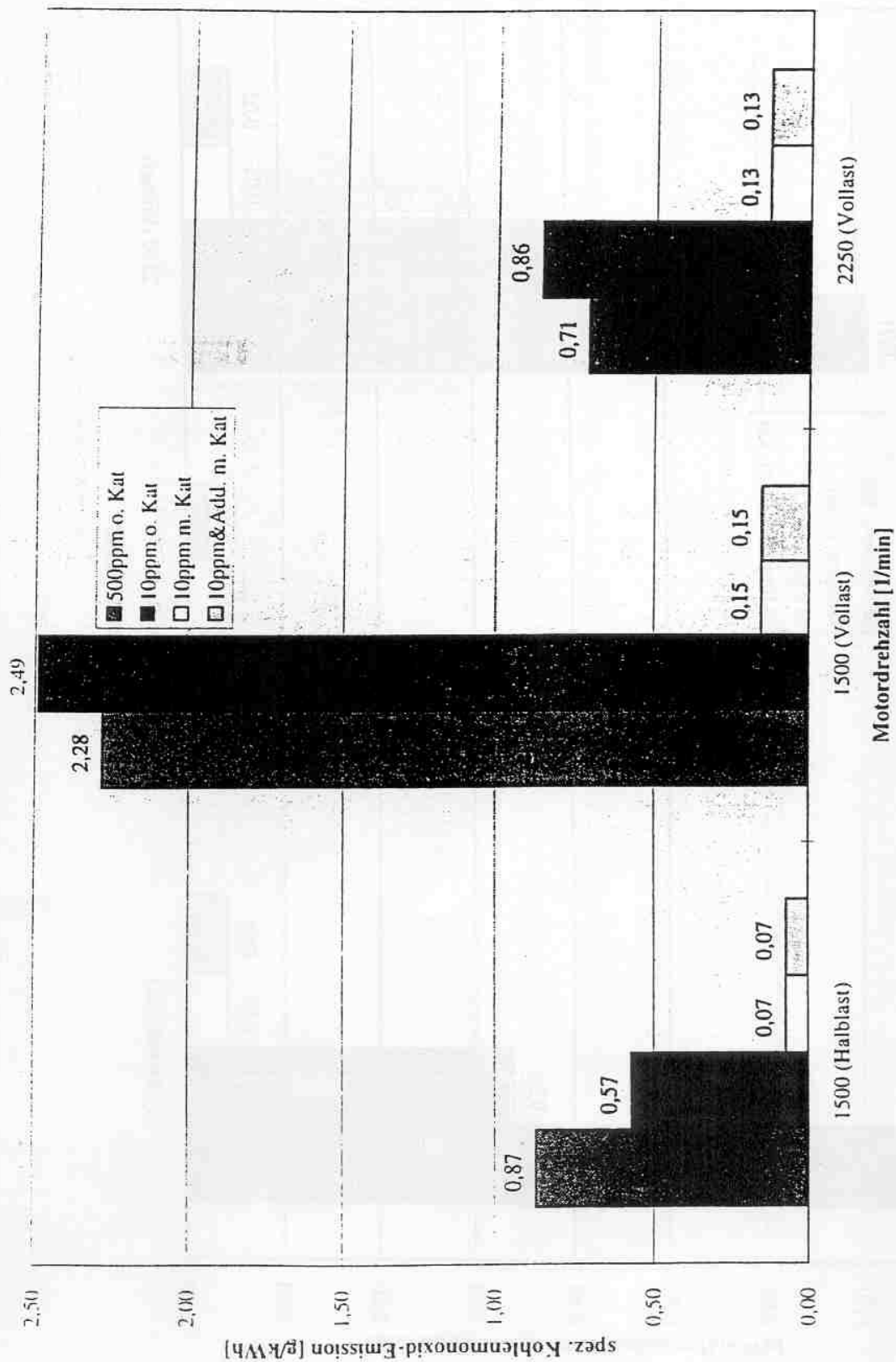
Zusammenstellung der Kraftstoffverbräuche und Schadstoffemissionen

End-Ergebnisse der Prüfstandsversuche MWM TD 226B-3 mit schwefelarmem Diesellopfstoff (s<500ppm) und schwefelfreiem Diesellopfstoff (s<10ppm, GfA)									
Motor-Drehzahl		n Mot	Einheit	1500 (Halblast)					
Kraftstoffart				500ppm ohne Kat	10ppm ohne Kat	10ppm mit Kat	10ppm&Add. mit Kat		
spezifischer effektiver Verbrauch		b e,red	[g/kWh]	234,4	232,9	233,0	232,4		
spez. Kohlenwasserstoff-Emission		e HC	[g/kWh]	0,77	0,34	0,04	0,04		
spez. Kohlenmonoxid-Emission		e CO	[g/kWh]	0,87	0,57	0,07	0,07		
spez. Stickoxid-Emission		e NOx	[g/kWh]	11,22	11,11	11,10	11,39		
spez. Partikel-Emission		e PM	[g/kWh]	0,14	0,07	0,07	0,06		
Motor-Drehzahl		n Mot	Einheit	1500 (Vollast)					
Kraftstoffart				500ppm ohne Kat	10ppm ohne Kat	10ppm mit Kat	10ppm&Add. mit Kat		
spezifischer effektiver Verbrauch		b e,red	[g/kWh]	218,8	217,4	217,8	213,2		
spez. Kohlenwasserstoff-Emission		e HC	[g/kWh]	0,56	0,20	0,03	0,02		
spez. Kohlenmonoxid-Emission		e CO	[g/kWh]	2,28	2,49	0,15	0,15		
spez. Stickoxid-Emission		e NOx	[g/kWh]	12,56	12,35	12,22	12,30		
spez. Partikel-Emission		e PM	[g/kWh]	0,24	0,20	0,18	0,18		
Motor-Drehzahl		n Mot	Einheit	2250 (Vollast)					
Kraftstoffart				500ppm ohne Kat	10ppm ohne Kat	10ppm mit Kat	10ppm&Add. mit Kat		
spezifischer effektiver Verbrauch		b e,red	[g/kWh]	232,5	230,6	230,4	227,5		
spez. Kohlenwasserstoff-Emission		e HC	[g/kWh]	0,71	0,43	0,05	0,05		
spez. Kohlenmonoxid-Emission		e CO	[g/kWh]	0,71	0,86	0,13	0,13		
spez. Stickoxid-Emission		e NOx	[g/kWh]	9,93	10,16	10,09	9,94		
spez. Partikel-Emission		e PM	[g/kWh]	0,24	0,19	0,15	0,16		

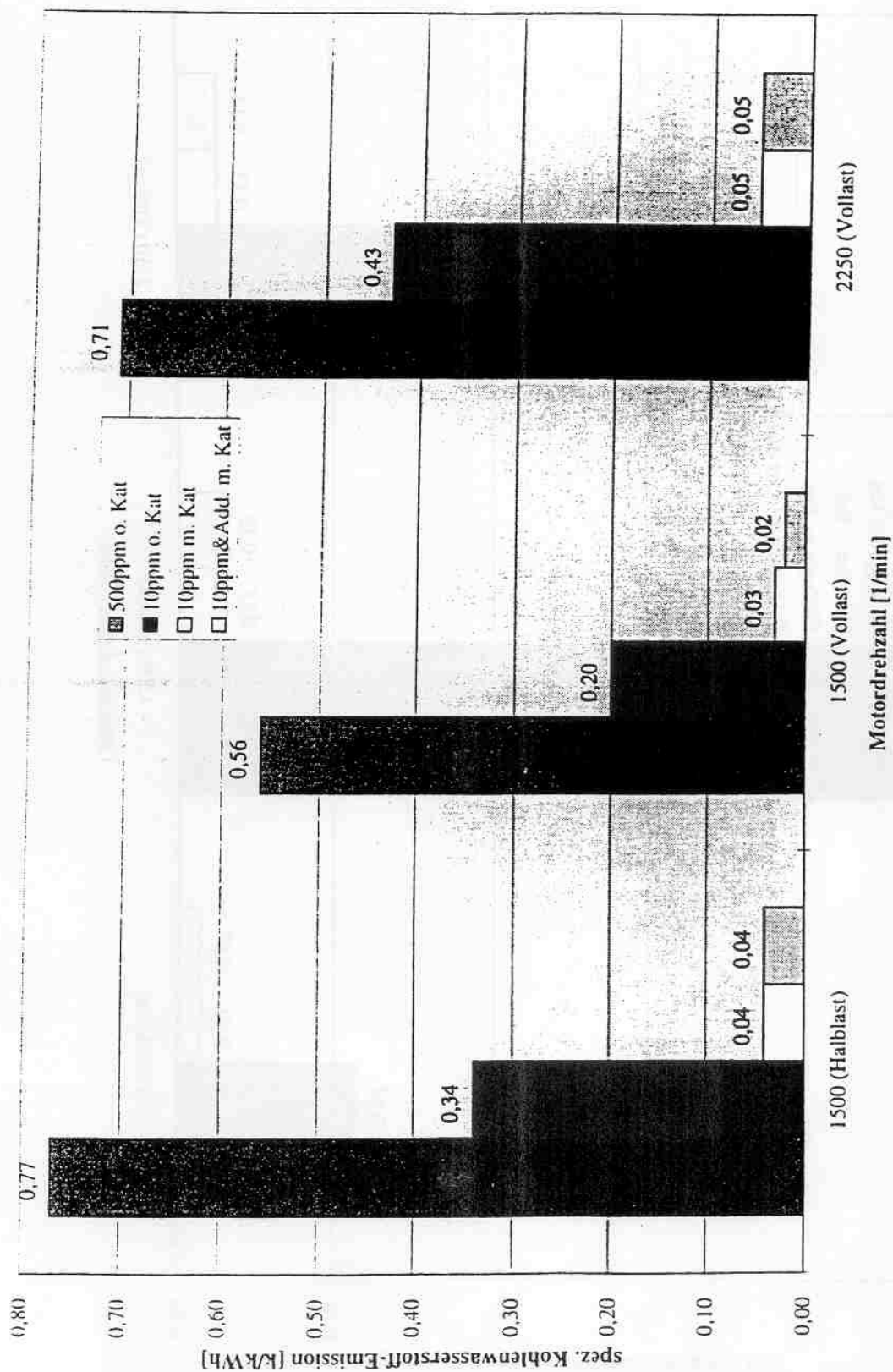
Kraftstoffverbräuche im Vergleich



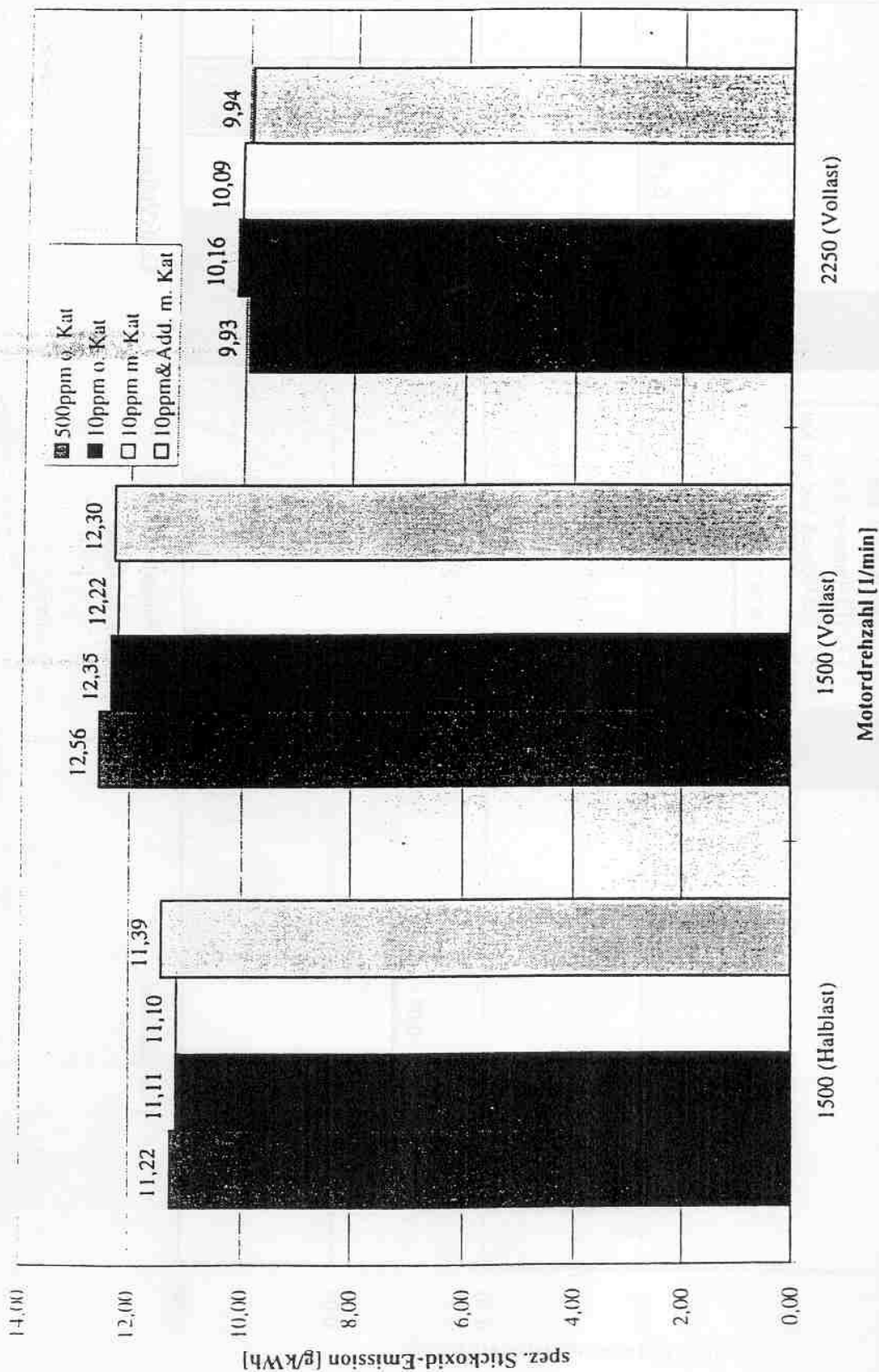
Kohlenmonoxid-Emissionen im Vergleich



Kohlenwasserstoff-Emissionen im Vergleich



Stickoxid-Emissionen im Vergleich



Partikel-Emissionen im Vergleich

