

B E R I C H T

über

die am 12. und 13.03.1991 vorgenommenen Abgasuntersuchungen
am Gabelstapler-Dieselmotor, ausgerüstet mit und ohne Rußfilter,
mit integriertem Oxidations-Katalysator

Auftraggeber: Jetschke Industriefahrzeuge GmbH & Co.
Harburger Chaussee 125
2000 Hamburg 26

Technischer Überwachungs-Verein Norddeutschland e. V.
Große Bahnstraße 31, 2000 Hamburg 54

Abteilung: Umweltschutz

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Spardel

Telefon: 040/8557-386

Berichtsumfang: 11 Seiten
5 Beilagen

Hamburg, den 08.04.1991
123UE04010/pop

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. Aufgabenstellung	3
2. Technische Daten der eingesetzten Anlagenteile	3
3. Beschreibung der Probenahmestelle	4
4. Meß- und Analyseverfahren, Meßgeräte	4
4.1 Ermittlung der Abgasrandbedingungen	4
4.2 Kontinuierliche Ermittlung der gasförmigen Emissionen	6
4.3 Partikelförmige Emissionen	8
4.3.1 Gesamtstaub	8
4.3.2 Eisen (Fe)-Anteil	9
4.4 Rußzahl	9
5. Meßplanung und Betriebsdaten	9
6. Meß- und Analysenergebnisse	10
7. Beurteilung	10
7.1 30%-Leistung	10
7.2 40%-Leistung	10
7.3 100%-Leistung	11
8. Zusammenfassung	11
Beilagen	

1. Aufgabenstellung

Abgasuntersuchung hinsichtlich

- Gesamtfeststoffausstoß mit Bestimmung des Eisenanteiles,
 - Rußzahl,
 - Kohlenmonoxid- und Stickstoffdioxidgehalt, sowie
 - Gesamtkohlenwasser- und Sauerstoffkonzentration
- an einem mit und ohne Abgasfilter ausgerüsteten Gabelstapler-Dieselmotor bei 30-, 40- und 100%-iger Auslastung.

2. Technische Daten der eingesetzten Anlagenteile

Für die Prüfung wurde der Dieselmotor auf den mit einer Wirbelstrombremse ausgerüsteten Prüfstand der Firma IBH, Norderstedt aufgestellt und an das vorhandene Abgasrohrsystem angeschlossen.

Motordaten:

Hersteller:	KHD
Typ:	F3L913G
Motor-Nr.:	7678007
Bohrung/Hub:	102 / 125mm
Hubvolumen:	3064cm ³
Nennleistung:	36kW / 2100min ⁻¹
Betriebsstunden:	2002 (vor Beginn der Prüfung)

Abgasfilterdaten:

Typ:	Dieselpartikelfilter mit Oxidationsbeschichtung (DPF/KAT.)
Hersteller:	Gesellschaft für Abgasentgiftungsanlagen mbH, Eltville
Monolith-Hersteller:	Fa. Corning
Produktbezeichnung:	EX66
Material:	Cordierit Keramik
Durchmesser/Länge:	5,66 x 6,0inch
Anzahl der Zellen:	100/inch ²
Porengröße:	01 - 0,5µm
Beschichtung:	Platin + Palladium (Fa. Heraeus)
Betriebsstunden:	0 (vor Beginn der Prüfung)

...

Additivdaten:

Bezeichnung: Satacen (SAT-Chemie)

Mischungsverhältnis: 1 : 1000

Einzelheiten siehe DIN-Sicherheitsdatenblatt, Beilage 5

3. Beschreibung der Probenahmestelle

Die Probenahme erfolgte gemäß Nr. 3.2.2.3 TA Luft 1986 bzw. nach den Grundsätzen der VDI-Richtlinie 2066, Blatt 1, "- Messen von Partikeln - Staubmessungen in strömenden Gasen, gravimetrische Bestimmung der Staubbeladung - Übersicht - Oktober 1975".

- Lage des Meßquerschnittes: Die Meßstellen befanden sich im Abgasrohr mit VDI-gerechter Ein- und Auslaufstrecke.
- Abmessungen des Meßquerschnittes: Der Durchmesser des Abgasrohres beträgt 7,5cm.
- Anzahl der Meßachsen: 1
- Anzahl der Meßpunkte über den Meßquerschnitt: 1

4. Meß- und Analyseverfahren, Meßgeräte**4.1 Ermittlung der Abgasrandbedingungen**

Für die Ermittlung der Abgasrandbedingungen wurden folgende Meßgeräte eingesetzt:

- Strömungsgeschwindigkeit: Prandtl'sches Staurohr in Verbindung mit einem Schrägrohr-Mikromanometer, Fa. R. Fuess.

- Statischer Druck im Abgaskanal:

Wie oben beschrieben unter Berücksichtigung der entsprechenden Meßanschlüsse.

...

- Luftdruck i.H. der Meßstelle: Dosenbarometer
- Abgastemperatur: Fe-CuNi Thermoelement nach DIN 43710 in Verbindung mit elektronischer / elektrostatischer Vergleichsstelle und Digital-Anzeigegerät.
- Wasserdampfanteil im Abgas: Adsorption an Silikagel und nachfolgende gravimetrische Bestimmung
- Abgasdichte: Berechnet unter Berücksichtigung der Abgasanteile: O₂, CO₂, N₂, Abgasfeuchte sowie der Abgastemperatur und der Druckverhältnisse im Kanal.
- Sauerstoff (O₂)-Gehalt: Servomex OA540, Bühler Meß- und Regeltechnik GmbH, Ratingen. Das Meßgerät wurde für die kontinuierliche Messung von Bezug-O₂ durch den BMU bekanntgegeben - RdSchr. d. BMU v. 01.03.90 -; wählbare Meßbereiche: 0 ÷ 10 und 0 ÷ 25 Vol.-%.

...

4.2 Kontinuierliche Ermittlung der gasförmigen Emissionen- Stickstoffoxide:

Der Gehalt an Stickoxide-Emissionen wurde nach dem Chemolumineszenz-Verfahren ermittelt (VDI-Richtlinie 2456, Blatt 6, Mai 1978).

Hersteller: Rosemount GmbH & Co., München
Typ: Beckman 951 A
Chemolumineszenz-Analysator
Eignung: RdSchr. d. BMU v. 01.03.1990
Eignungsprüfung: TÜV-Bayern v. 22.02.1977
eingestellter
Meßbereich: 0 ÷ 1000ppm

- Kohlenmonoxid:

Die Messung der Kohlenmonoxid-Konzentration erfolgte nach der nichtdispersiven Infrarot-(NDIR)-Absorptionsmethode (VDI-Richtlinie 2459, Blatt 6, November 1980).

Hersteller: Maihak AG, Hamburg
Typ: UNOR 6 N
Eignung: RdSchr. d. BMU v. 01.03.1990
Eignungsprüfung: RW TÜV v. 03.01.1984
eingestellter
Meßbereich: 0 ÷ 300mg/m³

- Gesamtkohlenwasserstoff:

Die Bestimmung organischer Verbindung (Gesamt-C) erfolgte mit einem Flammenionisationsdetektor; VDI-Richtlinie 3481, Blatt 1, August 1975.

Hersteller: Bernath Atomic, Wennigsen
Typ: BA 3005
Eignung: RdSchr. d. BMU v. 01.03.1990
Eignungsprüfung: TÜV-Norddeutschland vom 08.08.1988
eingestellter
Meßbereich: 0 ÷ 100ppm

...

- Meßplatzaufbau und Meßgasaufbereitung:

Die Abgase wurden von der Entnahmestelle durch die Probenahmesonde über einen ca. 3m langen beheizten Schlauch entnommen und zu dem Meßkühler/-trockner geleitet. Im Anschluß daran wurden die trockenen Rauchgase über einen mit Gefälle verlegten unbeheizten Schlauch den Abgasmeßgeräten zugeleitet.

Entnahmesonde:	beheizt auf ca. 160°C
Staubfilter:	beheizt auf ca. 160°C
Probegasleitung nach	
Kühler/Trockner:	unbeheizt, Länge ca. 1 m
Werkstoffe der	
gasführenden Teile:	PTFE-Schläuche, V2A-Sonde
Meßgasaufbereitung:	Elektro-Gaskühler mit Peltier-Element und Permeationstrockner
	Hersteller: Gröger & Obst, Berg
	Typ: GOT 300 WR
	Kühltemperatur geregelt auf 5°C

Die Handaufzeichnungen umfaßten den Meßbeginn und das Meßende, die gewählten Meßbereiche der Gasanalysegeräte und im zeitlichen Abstand von 3 bis 5min die von den Gasanalysegeräten direkt zur Anzeige gebrachten Meßwerte.

...

4.3 Partikelförmige Emissionen

4.3.1 Gesamtstaub:

Der spezifische Staubgehalt des Abgases wurde nach dem isokinetischen Teilstromprinzip bestimmt. Dem zu untersuchenden Gasstrom wurde über eine Meßsonde aus Titan geschwindigkeitsgleich ein Teilstrom entnommen. Die in dem Teilstrom mitgeführten Staubpartikel wurden auf einem Filter abgeschieden und gewogen. Gleichzeitig wurde das abgesaugte Gasvolumen mit einem Gasvolumenzähler gemessen und hiermit die Staubkonzentration des Abgasstromes bestimmt. Die verwendete Meßanordnung entspricht weitgehend den Grundsätzen der VDI-Richtlinie 2066, Blatt 1, Oktober 1975.

Probenahmegeräte: Modifiziertes 4m³/h Filterkopf-Staubsammelgerät mit Titan-Hülse und Quarzwollefüllung.

Abscheidemedium: ca. 2g Quarzwolle je Filterhülse mit einer Packungsdichte von ca. 0,1g/cm³.
Mittl. Faserdurchmesser: 10µm
Hersteller: Heraeus, Quarzschmelze GmbH

Aufarbeitung und
Auswertung des

Abscheidemediums:

- Trocknungstemperatur/-zeit des Abscheidemediums vor und nach der Beaufschlagung: 130°C/mind. 8h
- Die Wägung des Probematerials vor und nach der Beaufschlagung erfolgte im klimatisierten Wägeraum.
Waage: Hersteller Sartorius, Typ 2006

...

4.3.2 Eisen (Fe)-Anteil:

Zur Staubinhaltsstoffbestimmung wird der Filterinhalt mit einem Säuregemisch (5ml HClO_4 , 10ml HNO_3 , 10ml HF) in einem Teflongefäß mittels Temperaturprogramm (max. 250°C) vollständig gelöst. Die Absorptionslösungen werden zur Gehaltsabstimmung gegen Standard- und Blindlösung vermessen.

Konzentrationsbestimmung:

Die Konzentration der Einzelstoffe wurde mittels Atomabsorptionsspektroskopie-Graphitrohrtechnik aus den Probelösungen bestimmt.

4.4 Rußzahl:

Mit einem Bosch-Rauchgastester für Dieselqualm vom Typ EAFW 65/68 einschließlich dem dazugehörigen Auswertegerät.

5. Meßplanung und Betriebsdaten

12.03.1991	ohne DPF/KAT. (mit Schalldämpfer)			
Versuch Nr.	Uhrzeit	Leistung	Drehzahl	Meßdauer
I	08 ³⁰	29%	1600	2 x 30 min
II	09 ⁴⁵	40%	2100	2 x 30 min
III	12 ¹⁰	100%	2100	2 x 24 min

13.03.1991	mit DPF/KAT. und Diesel-Additiv			
Versuch Nr.	Uhrzeit	Leistung	Drehzahl	Meßdauer
IV	08 ⁰⁵	28%	1600	2 x 30 min
V	09 ¹⁵	37%	2100	2 x 30 min
VI	10 ³⁰	100%	2100	2 x 30 min
VII	11 ⁴⁰	93%	2100	1 x 30 min

...

6. Meß- und Analysenergebnisse

Alle Angaben beziehen sich auf trockene Gase im Normzustand.

- Die Beilage 1, Blatt 1 bis 3, enthält die Berechnung der Abgasmenge und des Gesamtfeststoffausstoßes ohne Abgasfilter
- Die Beilage 2, Blatt 1 bis 4, enthält die Berechnung der Abgasmenge und des Gesamtfeststoffausstoßes mit Abgasfilter
- Die Beilage 3 enthält eine Zusammenstellung der Mittelwerte aller Einzelergebnisse.
- Die Beilage 4, Blatt 1 und 2, enthält die Zusammenstellung aller vor Ort aufgenommenen Anzeigen der Analysegeräte.

7. Beurteilung

7.1 30%-Leistung / 1600min⁻¹:

		mit Serien- Schall- dämpfer	mit DPF/KAT.	Wirkungs- grad
Rußzahl	Nr.	0,2	0,1	50%
Gesamtfeststoff	mg/m ³	36,3	1,3	96%
Fe-Anteil	mg/m ³	0,093	0,037	60%
CO-Konzentration	mg/m ³	286	184	36%
ΣC-Konzentration	mg/m ³	98	34	65%
NO _x -Konzentration	mg/m ³	767	957	--

7.2 40%-Leistung / 2100min⁻¹:

		mit Serien- Schall- dämpfer	mit DPF/KAT.	Wirkungs- grad
Rußzahl	Nr.	0,7	0,1	86%
Gesamtfeststoff	mg/m ³	65	1,4	98%
Fe-Anteil	mg/m ³	4,093	0,078	98%
CO-Konzentration	mg/m ³	176	14	92%
ΣC-Konzentration	mg/m ³	93	10	89%
NO _x -Konzentration	mg/m ³	789	916	--

7.3 100%-Leistung / 2100min⁻¹:

		mit Serien- Schall- dämpfer	mit DPF/KAT.	Wirkungs- grad
Rußzahl	Nr.	1,7	0,3	82%
Gesamtfeststoff	mg/m ³	89,9	7,7	91%
Fe-Anteil	mg/m ³	16,947	1,227	93%
CO-Konzentration	mg/m ³	169	< 5	> 97%
ΣC-Konzentration	mg/m ³	118	<10	> 91%
NO _x -Konzentration	mg/m ³	1675	2013	--

 8. Zusammenfassung

Im Auftrag der Firma Jetschke Industriefahrzeuge GmbH & Co. waren Abgasuntersuchungen an einem Gabelstapler-Dieselmotor mit und ohne Abgasfilter (neu) vorzunehmen.

Die Messungen fanden am 12. und 13.03.1991 auf einem Prüfstand statt.

Über die Dauer einer ausreichenden Reduktionsfähigkeit des Abgasfilters kann keine Aussage gemacht werden.


 Dipl.-Ing. Spardel

Sachverständiger des
 Technischen Überwachungs-
 Vereins Norddeutschland e.V.