



1. AUSGANGSLAGE

Im Projekt „*BioE - Emissionen bei der motorischen Verbrennung von Biokraftstoffen und Kraftstoffmischungen*“ wurden neben den gesetzlich limitierten Emissionskomponenten auch gesetzlich nicht limitierte Emissionskomponenten untersucht. Dabei handelte es sich um Partikelanzahl und Partikelgrößenverteilung, Aldehyde, Ketone und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Weiteres wurde besonderes Augenmerk auf die Untersuchung der mutagenen Wirkung von Abgasen gelegt.

Neben fossilem Diesel, welcher als Referenztreibstoff diente, wurden unterschiedliche Biodieselblends sowie reiner Biodiesel (FAME gemäß EN 14214) und reines Pflanzenöl (Rapsölkraftstoff gemäß DIN 51605) untersucht.

Die Versuchsträger waren bei den dieselmotorischen Anwendungen ein Euro 5 PKW, ein EURO V Nutzfahrzeug und ein STEP III A Schleppermotor. Diese Versuchsträger wurden mit den Testtreibstoffen in unterschiedlichen dynamischen und stationären Testzyklen untersucht. Eine detaillierte Beschreibung aller Ergebnisse findet sich im Endbericht zum Projekt wieder (Blassneger et. al. 2009¹).

Gemeinsame Untersuchungen des Instituts für Agrartechnologie - Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), des Technologietransferzentrums Automotive Coburg (TAC) der Hochschule Coburg und der Universität Göttingen - Zentrum für Arbeits- und Sozialmedizin, ergaben an einem Mercedes Benz OM 906 LA Motor der Emissionsklasse EURO III für Rapsöl eine deutliche Zunahme der Mutagenität (mit und ohne Bioaktivierung, Teststamm TA98) der partikulären Phase für Rapsöl gegenüber Dieselmotor (Munack et al. 2005).

Im Projekt BioE konnte keine so deutliche Zunahme der Mutagenität von Abgas aus Pflanzenölbetrieb festgestellt werden. Eine Aktivität von Direktmutagenen konnte im Projekt BioE mit dem eingesetzten EURO V LKW-Motor nicht ermittelt werden.

Bei den Prämutagenen wurden leichte Zunahmen im Pflanzenölbetrieb für die verwendeten Teststämme TA98 und TA100 gefunden.

Ein Grund für diese Unterschiede kann der Einsatz verschiedener Entnahmesysteme bei den Untersuchungen im Projekt der Arbeitsgruppe TUM (AG TUM) und bei den Untersuchungen der Arbeitsgruppe TI, HS Coburg und Uni Göttingen (AG TI) sein.

Um die Unterschiede genauer interpretieren zu können, wurde im hier vorliegenden Projekt die Durchführung von zwei Messreihen mit einem bereits eingesetzten Versuchsträger der AG TI und einem Versuchsträger aus dem Projekt BioE geplant. Bei diesen Messungen kamen beide Entnahmesysteme zur Probensammlung für die Bestimmung der Mutagenität zum Einsatz. Jede der generierten Proben wurde geteilt, und von den Projektpartnern kreuzweise ausgewertet. Die Messung der limitierten Schadstoffemissionen erfolgte gemäß der von der EU für die Typprüfung vorgeschriebenen Richtlinien.

2. METHODIK

2.1. Testkraftstoffe

Als Referenzkraftstoff wurde wie schon beim Vorprojekt CEC Diesel (Schwefelanteil <10 ppm, kein Biotreibstoffanteil) eingesetzt. Der Rapsölkraftstoff entsprach der Norm DIN 51605. Die Analyseblätter zu beiden Testkraftstoffen sind im Anhang ersichtlich.

¹ Report Nr. I-17/2009 JBlass-Em Nr/28/06 vom 17.12.2009

2.2. Versuchsträger

Tier III / EU 3A Traktormotor

Bei den vorliegenden Untersuchungen kamen die Versuchsträger aus den Vorprojekten zum Einsatz. Am transienten Motorprüfstand am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik an der TU-Graz wurde dabei ein Tier III / EU 3A Traktormotor vermessen. Die wichtigsten technischen Daten dieses Versuchsträgers sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Technische Daten John Deere Tier III / EU 3A Traktormotor 6068 HL 481 (Herstellerangaben)

Hersteller	John Deere
Motorbeschreibung	6068 HL 481 6 Zylinder Turbodieselmotor 4 Ventiltechnologie Common Rail Direkteinspritzung Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie gekühlte Abgasrückführung
Hubraum	6788 cm ³
max. Leistung	126 kW bei 1900 U/Min
Abgasklasse	Tier III / EU 3A

EURO III NFZ - Motor

Die Messungen am TI Braunschweig wurden mit dem Mercedes-Benz-Motor OM 906 LA durchgeführt. In der am Emissionsprüfstand montierten Ausführung entspricht der Motor den nach EURO III geltenden Emissionsgrenzwerten. Daimler verbaute diesen Motor unter anderem in der LKW-Reihe ATEGO, in Linienbussen für den Stadtverkehr und im UNIMOG. Die wesentlichen Daten sind in Tabelle 2 zu finden.

Tabelle 2: Technische Daten des Prüfmotors OM 906 LA

Bezeichnung	OM 906 LA LKW-Motor
Motorbeschreibung	6 Zylinder Dieselmotor, Pumpe-Leitung-Düse Einspritzsystem, Turbolader mit Ladeluftkühlung
Hubraum	6370 cm ³
Nennleistung	205 kW
Nenn Drehzahl	2300 min ⁻¹
Kraftstoff	Dieselmotorkraftstoff nach EN 590
Abgasklasse	Euro III

2.3. Messprogramm Tier III / EU 3A Traktormotor

Der Tier III / EU 3A Traktormotor wurde am transienten Motorprüfstand der TU-Graz im Testzyklus NRTC (Non Road Transient Cycle) vermessen. Der instationäre Prüfzyklus wird jeweils nach Warmstart gefahren, wobei die Durchführung gemäß 97/68/EEC erfolgte.

Bei den Messungen wurden die Sammelsysteme beider Arbeitsgruppen gleichzeitig eingesetzt. Die Probenahmen erfolgten parallel aus dem unverdünnten Abgas. Mit dem Entnahmesystem der AG TUM wurden 5 Dieselabgasproben und 9 Rapsölabgasproben gezogen. Jede dieser Proben wurde aus dem Durchfahren von jeweils 9 NRTC Zyklen generiert. Parallel dazu wurden mit dem Entnahmesystem der AG TI während der 9 NRTC Zyklen, 5 TI Proben generiert. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der am transienten Motorprüfstand an der TU Graz gezogenen Abgasproben und der gefahrenen Messzyklen.

Tabelle 3: Übersicht Messprogramm Tier III / EU 3A Traktormotor

<u>Messzyklen</u>	<u>Probenahmesystem TUM</u>	<u>Probenahmesystem TI</u>
Messzyklen Nr. Diesel NRTC Diesel 01 bis NRTC Diesel 09 NRTC Diesel 10 bis NRTC Diesel 18 NRTC Diesel 19 bis NRTC Diesel 27 NRTC Diesel 28 bis NRTC Diesel 36 NRTC Diesel 37 bis NRTC Diesel 45	5 Dieselproben JD 01 DK 160311 JD 02 DK 170311 JD 03 DK 17/180311 JD 04 DK 210311 JD 05 DK 220311	5x5 Dieselproben JD 01 DK 01 160311 JD 01 DK 02 160311 JD 01 DK 03 160311 JD 01 DK 04 160311 JD 01 DK 05 160311 JD 02 DK 01 170311 JD 02 DK 02 170311 usw.
Messzyklen Nr. Rapsöl NRTC Rapsöl 01 bis NRTC Rapsöl 09 NRTC Rapsöl 10 bis NRTC Rapsöl 18 NRTC Rapsöl 19 bis NRTC Rapsöl 27 NRTC Rapsöl 28 bis NRTC Rapsöl 36 NRTC Rapsöl 37 bis NRTC Rapsöl 45 NRTC Rapsöl 46 bis NRTC Rapsöl 54 NRTC Rapsöl 55 bis NRTC Rapsöl 63 NRTC Rapsöl 64 bis NRTC Rapsöl 72 NRTC Rapsöl 73 bis NRTC Rapsöl 81	9 Rapsölproben JD 06 RÖ 23/240311 JD 07 RÖ 24/250311 JD 08 RÖ 280311 JD 09 RÖ 290311 JD 10 RÖ 300311 JD 11 RÖ 310311 JD 12 RÖ 3103/010411 JD 13 RÖ 040411 JD 14 RÖ 050411	5x9 Rapsölproben JD 06 RÖ 01 23/240311 JD 06 RÖ 02 23/240311 JD 06 RÖ 03 23/240311 JD 06 RÖ 04 23/240311 JD 06 RÖ 05 23/240311 JD 07 RÖ 01 24/250311 JD 07 RÖ 02 24/250311 usw.

Zusätzlich werden pro Treibstoffkampagne bei den Mutagenitätsproben 2 Leerwerte mit jeder Sammeleinrichtung erzeugt, um Rückschlüsse auf Hintergrundwerte zu erhalten.

Die Messungen fanden am transienten Motorprüfstand des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik statt. Während aller Messzyklen wurden die gasförmigen Emissionskomponenten CO₂, CO, HC und NO_x erfasst. Die Partikelmasse wurde von den jeweils 9 NRTC Wiederholungen immer bei der ersten und neunten Vermessung ermittelt.

2.4. Messprogramm EURO III NFZ Motor

Der Motor OM 906 LA wurde am Motorprüfstand des TI in Braunschweig mit dem ESC (European Stationary Cycle) Testzyklus vermessen. Der Testzyklus wurde gemäß EG 595/2009 (2009) durchgeführt. Nach einer vierminütigen Leerlaufphase werden die weiteren Betriebspunkte jeweils für zwei Minuten angefahren.

Für die Analyse des mutagenen Potenzials erfolgte die Probenahme zwischen der zweiten und der 28. Minute des ESC-Tests kontinuierlich mit einem konstanten Volumenstrom. Wegen des konstanten Volumenstroms verschiebt sich die Gewichtung der Betriebspunkte zugunsten von Leerlauf und Schwachlastpunkten. Durch diese Art der Probenahme sind transiente Anteile in der Probe vorhanden. Beide Messapparaturen wurden parallel betreiben und aus dem unverdünnten Abgasstrom beladen. Mit den Entnahmesystemen wurden 5 Diesel- und 10 Rapsöl-Abgasproben erzeugt. Eine Probe der AG TUM setzt sich insgesamt aus 7 ESC Zyklen zusammen, was einer Messzeit von 3 Stunden und 2 Minuten entspricht. Im gleichen Zeitraum wurden von der AG TI aus den 7 ESC 7 Proben generiert und zu einer Probe vereinigt.

Während des ESC Testzyklus wurden die limitierten Abgaskomponenten, sowie die Partikelgrößenverteilung mit gemessen. Die Probenahme dafür erfolgte dabei immer in der letzten Minute des jeweiligen Betriebspunkts (Abbildung 1).

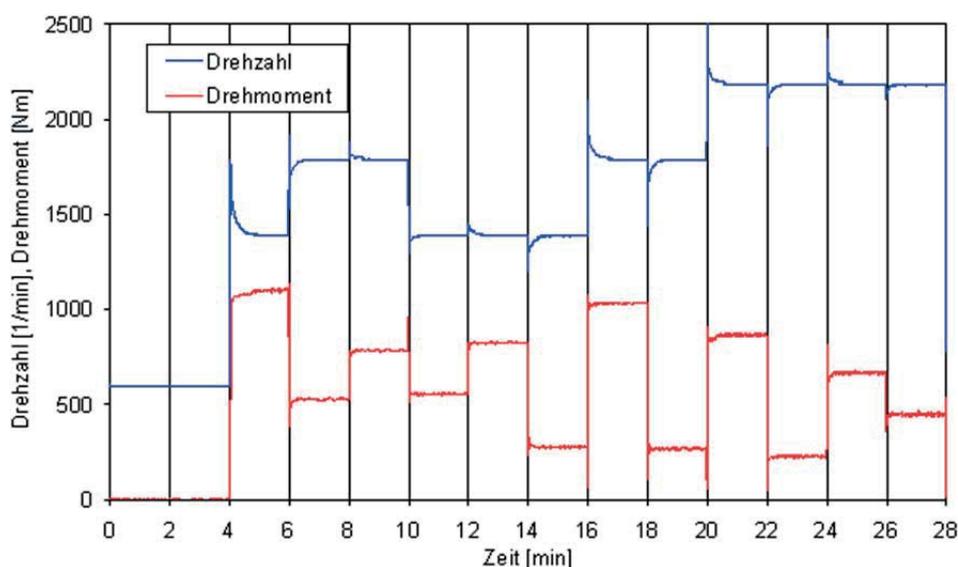


Abbildung 1: Drehzahl- und Drehmomentverläufe (ESC-Test).

Tabelle 4: Übersicht Messprogramm Euro III NFZ-Motor

	Probenahmesystem TUM	Probenahmesystem TI
Messzyklen Nr. Diesel OM 701 DK bis OM 707 DK OM 708 DK bis OM 714 DK OM 715 DK bis OM 721 DK OM 722 DK bis OM 728 DK OM 729 DK bis OM 735 DK	5 Dieselproben OM 01 DK XAD OM 02 DK XAD OM 03 DK XAD OM 04 DK XAD OM 05 DK XAD	7 x 5 Dieselproben OM 01 DK FK 01 OM 01 DK FK 02 OM 01 DK FK 03 OM 01 DK FK 04 OM 01 DK FK 05 OM 01 DK FK 06 OM 01 DK FK 07 OM 02 DK FK 01 OM 02 DK FK 02 usw...
Messzyklen Nr. Rapsöl OM 736 RÖ bis OM 742 RÖ OM 743 RÖ bis OM 750 RÖ OM 751 RÖ bis OM 757 RÖ OM 758 RÖ bis OM 764 RÖ OM 765 RÖ bis OM 772 RÖ OM 773 RÖ bis OM 779 RÖ OM 780 RÖ bis OM 786 RÖ OM 787 RÖ bis OM 793 RÖ OM 794 RÖ bis OM 800 RÖ OM 801 RÖ bis OM 807 RÖ	10 Rapsölproben OM 06 RÖ XAD OM 07 RÖ XAD OM 08 RÖ XAD OM 09 RÖ XAD OM 10 RÖ XAD OM 11 RÖ XAD OM 12 RÖ XAD OM 13 RÖ XAD OM 14 RÖ XAD OM 15 RÖ XAD	7 x 10 Rapsölproben OM 06 RÖ FK 01 OM 06 RÖ FK 02 OM 06 RÖ FK 03 OM 06 RÖ FK 04 OM 06 RÖ FK 05 OM 06 RÖ FK 06 OM 06 RÖ FK 07 OM 07 RÖ FK 01 OM 07 RÖ FK 02 usw...

2.5. Beschreibung des Entnahmesystems der Arbeitsgruppe TUM

Die Probennahme erfolgte mittels eines Probenahmesystems nach VDI-DIN 3499 Blatt 3. Diese Apparatur wurde um eine Kühlfalle ergänzt, um die leichtflüchtigen Komponenten der PAK erfassen zu können. Somit wurde ein aus Gasphase und Partikeln bestehender definierter Teilstrom des gesamten Abgases erfasst. Im Mittel lag das gezogene Probenahmevolumen bei 30 m³.

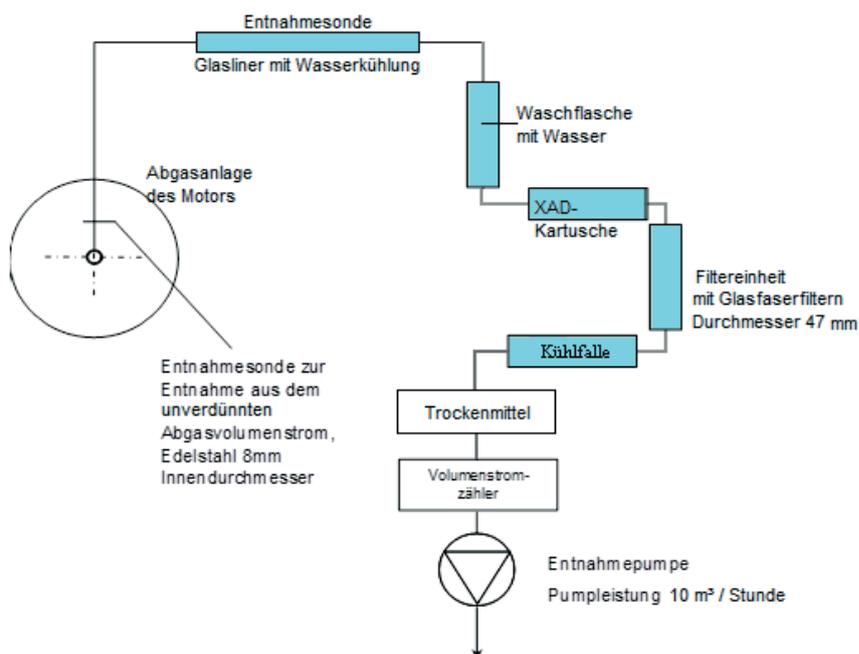


Abbildung 2: Schema der Probensammeleinrichtung zur Mutagenitätsprobenahme