



Jahresbericht 2000

BFE-Projekt-Nr: 33744
Verfügungsnummer: 73622

Titel des Projektes: Common-Rail Brennverfahren für EURO-III und EURO-IV taugliche Nutzfahrzeugdieselmotoren

Zusammenfassung:

Nachdem im Rahmen des Vorgängerprojektes „Swiss Common Rail“ am LVV / ETHZ bewiesen wurde, dass die EURO-III Normen prinzipiell ohne AGR und Abgasnachbehandlung mittels Hochdruck Common-Rail-Einspritzung erfüllt werden können, kommt die Motivation zum vorliegenden Projekt aus der Herausforderung, noch schärfere Emissionsgrenzwerte (Niveau EURO-IV) zu erfüllen.

Es hat sich gezeigt, dass durch Additivierung von Butylal zu herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff die Partikelemissionen stark gesenkt werden. Mit einem Kraftstoffgemisch aus 25% Butylal und 75% Diesel wurde eine Reduktion in der Abgasopazität um 40% gemessen. Der Motor konnte problemlos selbst mit reinem Butylal betrieben werden, in diesem Fall waren die Partikelemissionen so tief, dass diese mit dem Opacimeter beinahe nicht mehr gemessen werden konnten. Für beliebige Diesel-Butylalgemische und bei gleicher Einspritzrate wie beim Motorbetrieb mit Dieselmotorkraftstoff, blieben NO_x-Emissionen unverändert. Durch detaillierte Wärmeentwicklungsanalysen wurde die Wirkung von Butylal auf dem Verbrennungsprozess untersucht.

Im Rahmen des KTI-Projektes „Partikel aus der motorischen Verbrennung“ konnten u.a. die Partikelgrößenverteilungen verschiedener reinen Brennstoffen sowie auch von Diesel-Butylalgemischen charakterisiert werden. Dabei hat es sich gezeigt, dass der Brennstoff und das Brennverfahren (Einspritzsystem und Einspritzparameter, Abgasrückführung) einen sehr grossen Einfluss auf die Anzahl und Grösse der vom Dieselmotor emittierten Russpartikel haben.

Um die im Jahre 2005 kommenden EURO-IV Normen zu erfüllen, werden verschiedene emissionsmindernde Massnahmen wie Hochdruckeinspritzung, Abgasrückführung, Partikelfilter, u.s.w. am Einzylinder- und an einem Vierzylindermotor erprobt.

Dauer des Projektes: 1. August 1999 – 31. Juli 2002

Beitragsempfänger: Labor für Verbrennungsmotoren und Verbrennungstechnik der ETH
Berichterstatter: A. Bertola, K. Boulouchos
Adresse: ETH Zentrum, 8092 Zürich
Telephon: 01'632'24'75 (A. Bertola), 01'632'56'48 (K. Boulouchos)

Einleitung

Um die im Jahre 2005 geltende EURO-IV Gesetzgebung für Nutzfahrzeugdieselmotoren zu erfüllen, wurde zu Beginn eine ausgedehnte Literaturstudie über sauerstoffhaltige Brennstoffe erstellt, und aufgrund physikalischer und chemischer Eigenschaften der reinen Substanzen entschieden, mit Brennstoffgemischen aus Diesel und Butylal fortzufahren. Der Einzylindermotor wurde so angepasst, dass Versuche mit Diesel-Butylalgemischen gefahren werden konnten. Der Versuchsträger wurde auch mit einem Abgasrückführungssystem bestückt.

Der Russminderungspotential, der Einfluss von Butylal auf die Schadstoffemissionen (NO_x, HC, CO) und auf den Verbrennungsprozess wurden in Detail untersucht:

- Angewendet wurden Diesel-Butylalgemischen mit 15%, 25%, 50%, 75% und 100% Butylal.
- Variationen in den Einspritzparameter sowie in Last, Drehzahl, Abgasrückführungsrate wurden durchgeführt.
- Verglichen zum Motorbetrieb mit 100% Dieseldieselfkraftstoff, wurde mit Butylal die Einspritzrate konstant gehalten und nur die Einspritzzeit variiert.
- Die Partikelgrößenverteilung wurde für ausgewählte Parameterkombinationen gemessen.
- Durch detaillierte Wärmeentwicklungsanalysen wurde die Auswirkung der Parametervariationen auf dem Verbrennungsprozess untersucht.

Ab Frühling 2001 wird ein Vierzylindermotor der Firma Liebherr Machines Bulle SA am LVV in Betrieb genommen, Massnahmen wie Common-Rail Einspritzung, AGR und Partikelfilter werden am Vollmotor evaluiert.

Ergebnisse

Sauerstoffhaltige Brennstoffe – Butylal

Der Einfluss von Butylal auf den Verbrennungsprozess und die Schadstoffemissionen wurde am Einzylindermotor während mehreren Monaten ausführlich untersucht. Die ersten Ergebnissen wurden an der SAE-Konferenz „Fall Fuels&Lubricants“ im Paper „Oxygenated Fuels for Particulate Emissions Reduction in Heavy-Duty DI-Diesel Engines with Common-Rail Fuel Injection“ publiziert. Durch Additivierung von Butylal zu herkömmlichem Dieseldieselfkraftstoff konnten die Partikelemissionen stark gesenkt werden. Die Abhängigkeit zwischen Partikelemissionen und Butylalanteil ist bei niedriger Einspritzdruck linear, bei hoher Einspritzdruck und max. 25% Butylal ist dagegen die Reduktion überproportional. Mit einem Kraftstoffgemisch aus 25% Butylal und 75% Diesel wurde eine Reduktion in der Abgasopazität um 40% gemessen. Dieser Sachverhalt ist in Abb.1 dargestellt.

Der Motor konnte problemlos selbst mit reinem Butylal betrieben werden, in diesem Fall waren die Partikelemissionen so tief, dass diese mit dem Opacimeter beinahe nicht mehr gemessen werden konnten. Für beliebige Diesel-Butylalgemische und bei gleicher Einspritzrate wie beim Motorbetrieb mit Dieseldieselfkraftstoff, blieben NO_x-Emissionen unverändert (Abb.2).

Detaillierte Wärmeentwicklungsanalysen des Verbrennungsprozesses zeigen eine Absenkung im Vormischanteil der Verbrennung beim Motorbetrieb mit Butylalgemische (Abb.3).

Abgasrückführung

Die gekühlte Abgasrückführung wurde am Einzylindermotor angewendet, die gewonnenen Erkenntnisse werden in einer zweiten Phase am Vollmotor erprobt um die EURO-IV Grenzwerte zu erfüllen. Die Kombination von Opazität und NO_x Emissionen in Abb.4, gemessen mit 50ppmS-haltigen Dieseldieselloil bei einem Einspritzdruck von 600 bar, ermöglicht die Erfüllung der Grenzwerte EURO-III. Wird der Einspritzdruck erhöht, können die Partikelemissionen und der Brennstoffverbrauch reduziert werden, die NO_x Emissionen nehmen aber gleichzeitig zu. Wird zudem die Rückführung der Abgase eingeführt, können auch die NO_x Emissionen gesenkt werden. Mit Abgasrückführung kann z.B. der Brennstoffverbrauch bei gleichen Schadstoffemissionen verbessert werden, oder bei konstanter Verbrauch die Emissionen vermindert werden.

Partikelgrößenverteilungsmessungen

Im Rahmen des KTI-Projektes „Partikel aus der motorischen Verbrennung“ (Nr. 4207.2 KTS) konnten u.a. die Partikelgrößenverteilungen verschiedener reinen Brennstoffen sowie auch von Diesel-Butylalgemischen charakterisiert werden. Dabei hat es sich gezeigt, dass der Brennstoff und das Brennver-

fahren (Einspritzsystem und Einspritzparameter, Abgasrückführung) einen sehr grossen Einfluss auf die Anzahl und Grösse der vom Dieselmotor emittierten Russpartikel haben (Abb.5).

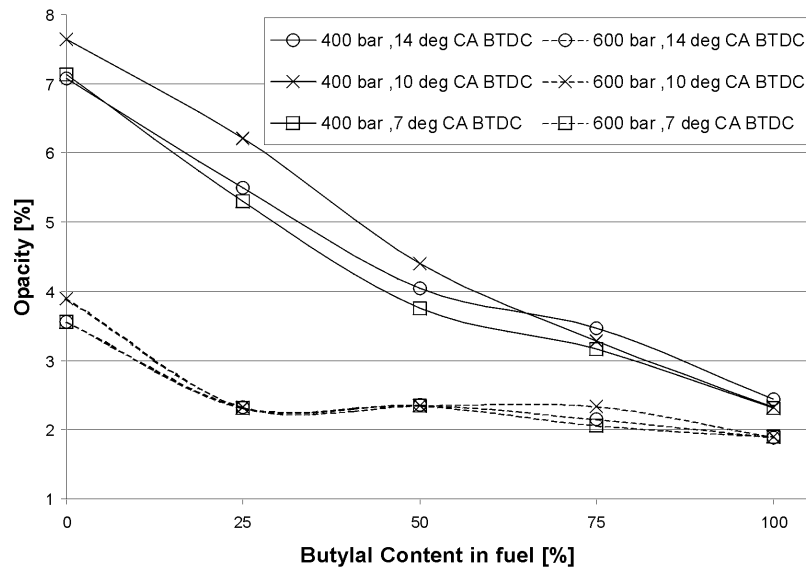


Abb.1: Abhängigkeit der Partikelemissionen vom Butylalanteil im Kraftstoff. 1460 U/Min, 25% Last, Einspritzdruck- und Einspritzbeginnvariation.

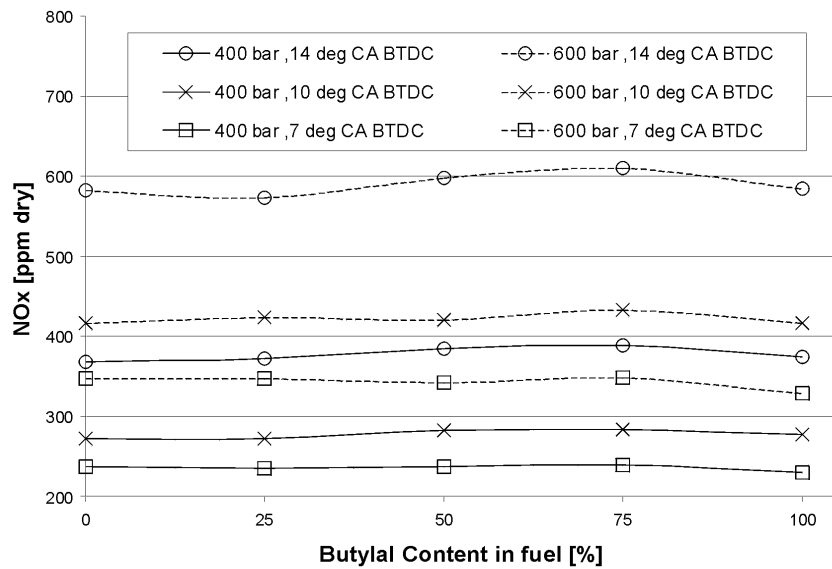


Abb.2: Abhängigkeit der Stickoxydemissionen vom Butylalanteil im Kraftstoff. 1460 U/Min, 25% Last, Einspritzdruck- und Einspritzbeginnvariation.

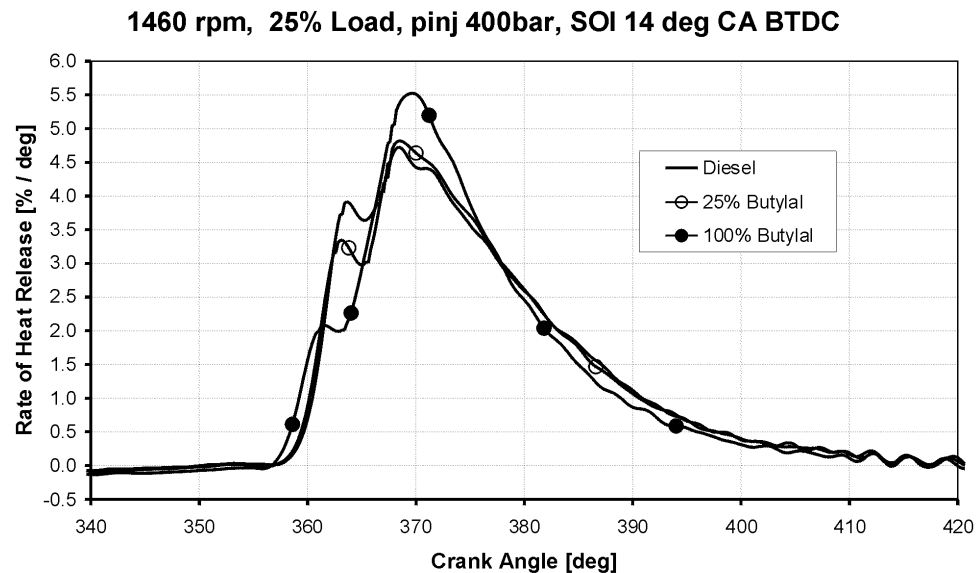


Abb.3: Wärmeentwicklung des Verbrennungsprozesses.
1460 U/Min, 25% Last, Variation Butylalanteil im Kraftstoff.

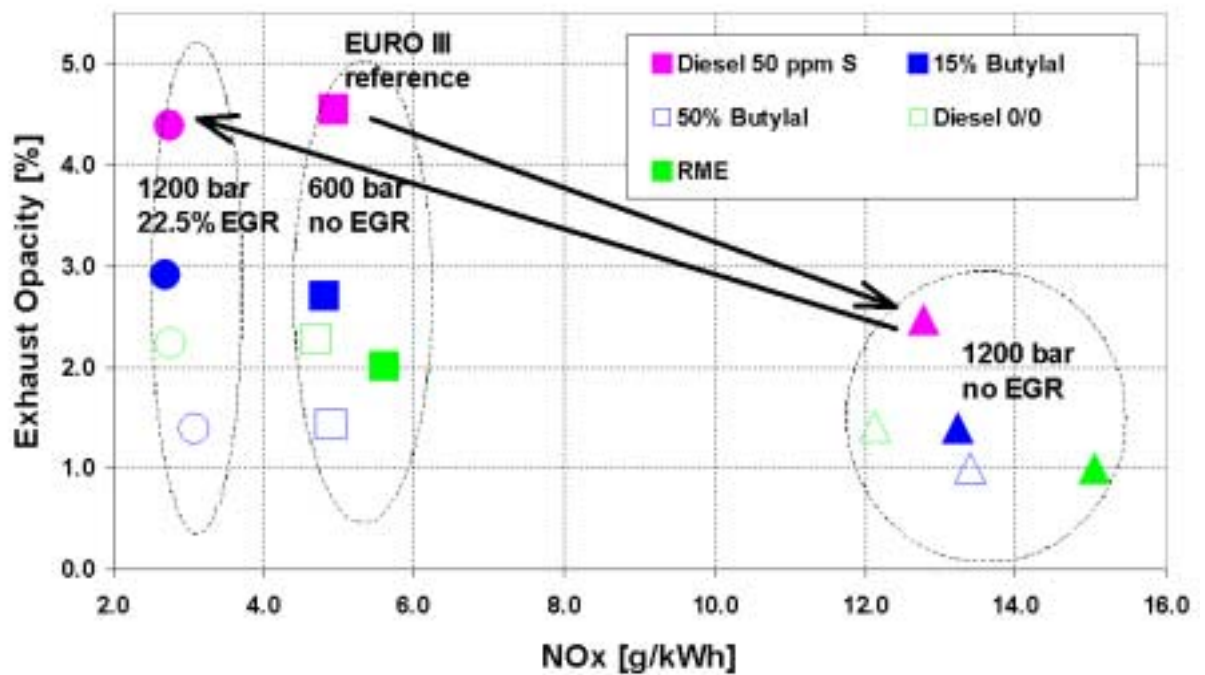


Abb.4a: Tradeoff NOx-Partikelemissionen.
1460 U/Min, 50% Last, Variation Einspritzdruck, AGR- Rate, Kraftstoff.

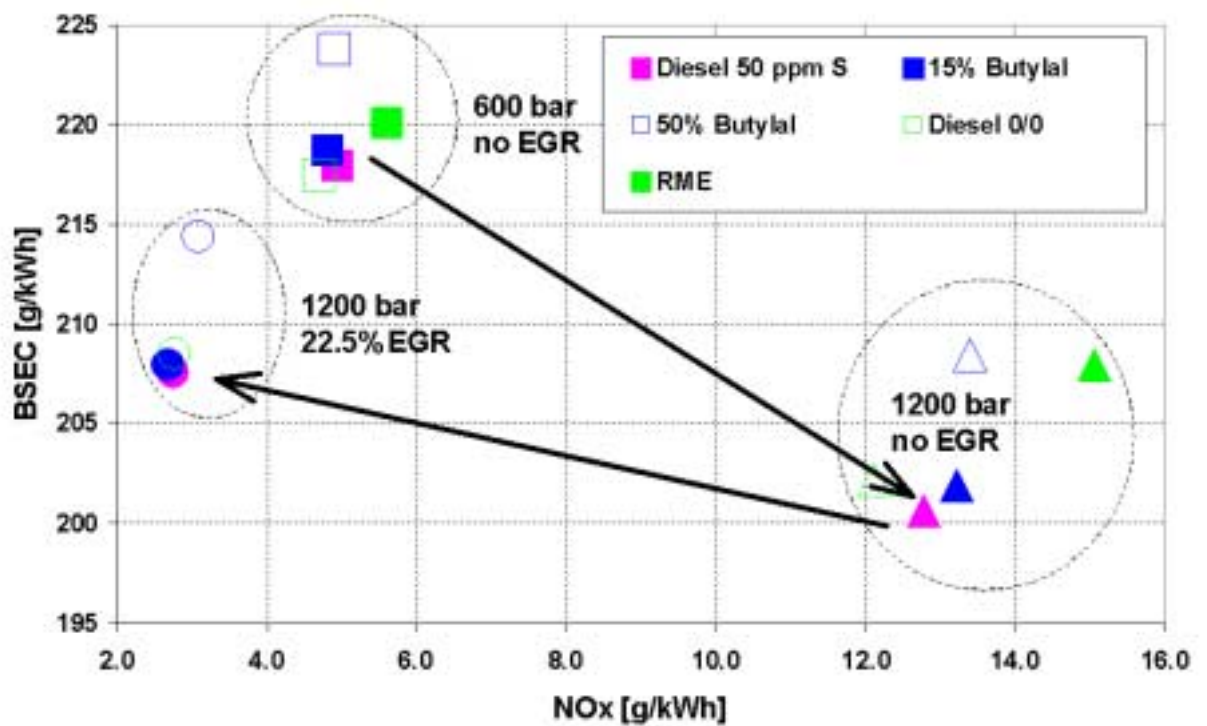


Abb.4b: Tradeoff NOx- Brennstoffverbrauch.
1460 U/Min, 50% Last, Variation Einspritzdruck, AGR- Rate, Kraftstoff.

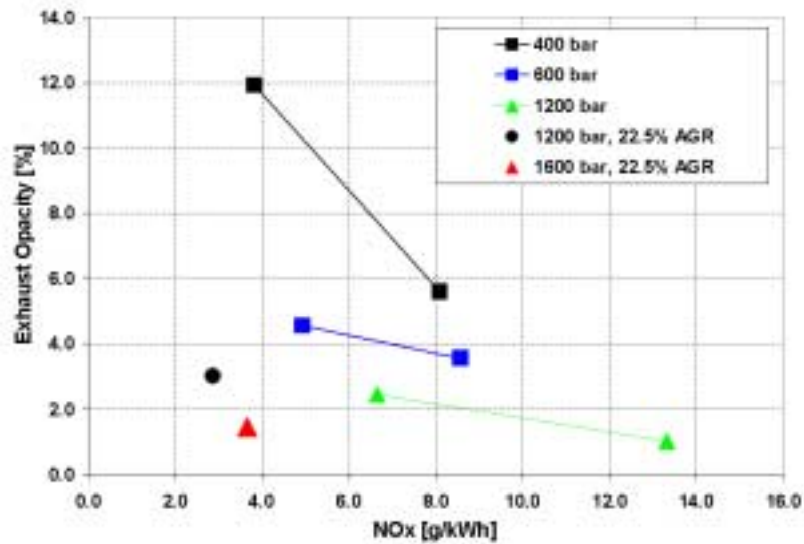


Abb.5a: Tradeoff NOx- Partikelemissionen.
1460 U/Min, 50% Last, Variation Einspritzdruck, AGR-Rate.

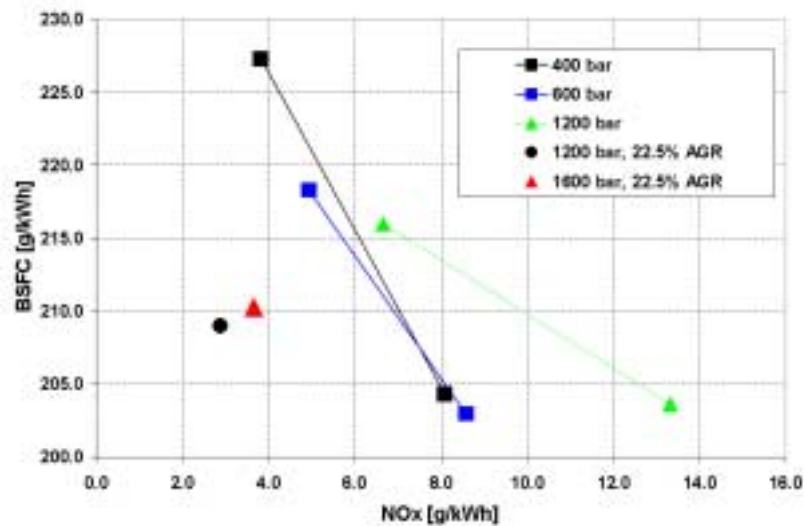


Abb.5b: Tradeoff NOx- Brennstoffverbrauch.
1460 U/Min, 50% Last, Variation Einspritzdruck, AGR-Rate.

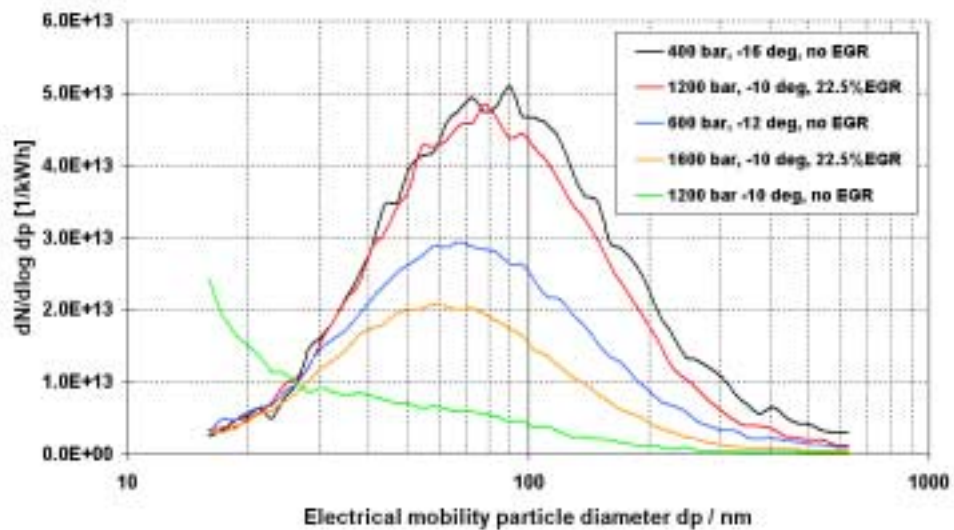


Abb.5c: artikelgrößenverteilung gemessen mit SMPS .
1460 U/Min, 50% Last, Variation Einspritzdruck, AGR- Rate, Kraftstoff.

Ausblick

Alle der gezeigten Resultate sind in Zusammenarbeit mit der Industrie entstanden und weisen ein hohes Mass an Praxisnähe auf. Insbesondere die Firma LIEBHERR Machines Bulle S.A. ist mitverantwortlich für das Messprogramm und profitiert direkt von den gezeigten Resultaten.

In einem nächsten Schritt wird versucht mit folgenden Möglichkeiten die EURO IV Grenzwerte zu erfüllen:

- 1.) Hochdruck-Einspritzung, Common-Rail System
- 2.) Gekühlte Abgasrückführung
- 3.) Partikelfilter (Continuously Regenerating Trap)
- 4.) Nutzung von sauerstoffhaltigen Brennstoffen

Um diese Punkte abzudecken ist vorgesehen, einen Vollmotor mit CR-System der Firma Liebherr Machines Bulle am LVV aufzustellen und einige der oben besprochenen Massnahmen am Vollmotor zu evaluieren.

Veröffentlichungen und Präsentationen

- Publikation und Präsentation:
SAE 2000 Fall Fuels & Lubricants Meeting & Exposition, Baltimore, Otober 16-19 2000.
Oxygenated Fuels for Particulate Emissions Reduction in Heavy-Duty DI-Diesel Engines with Common-Rail Fuel Injection
Andrea Bertola and Konstantinos Boulouchos
SAE 2000-01-2885
- Präsentation:
ERCOFTAC, Joint Annual Meeting, Paul Scherrer Institut, Mai 22 2000
Oxygenated Fuels for EURO IV Heavy-Duty Diesel Engines with Common-Rail Fuel Injection
Andrea Bertola
- Präsentation:
SVV, Jahrestagung, ETH Zürich, October 13 2000
Common-Rail Brennverfahren für EURO-IV und EURO-V taugliche Nutzfahrzeugdieselmotoren: Sauerstoffhaltige Dieseladditive
Andrea Bertola