

OME – Ein Kraftstoff für den Dieselmotor der Zukunft?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Kraftstoffe für die Mobilität von morgen
3. Tagung der Fuels Joint Research Group, Braunschweig, 21.09.2018

Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Beidl
Markus Münz, M. Sc.
Alexander Mokros, M. Sc.

Institut für Verbrennungskraftmaschinen
und Fahrzeugantriebe
Technische Universität Darmstadt



CO₂-neutral

nicht fossil

synthetisch

Aktuelle Diskussion

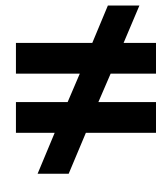
Zwei Themen bestimmen die aktuelle Diskussion um den Verbrennungsmotor:

Luftqualität

Schadstoffemissionen



[tagesschau.de, Auto Zeitung, Focus]



Klimawandel

CO₂-Emission



[Designed by Freepik, Auto Motor Sport]

Batterie- elektrische Fahrzeuge

- Batteriekosten werden deutlich sinken
- Reichweiten aber prinzipiell physikalisch begrenzt

Hauptanwendung auf der Kurzstrecke, SubUrban, Pendler

Sonstige

- Gasfahrzeuge
- Brennstoffzelle
- Konventionelle Antriebe

Hybridisierte Fahrzeuge

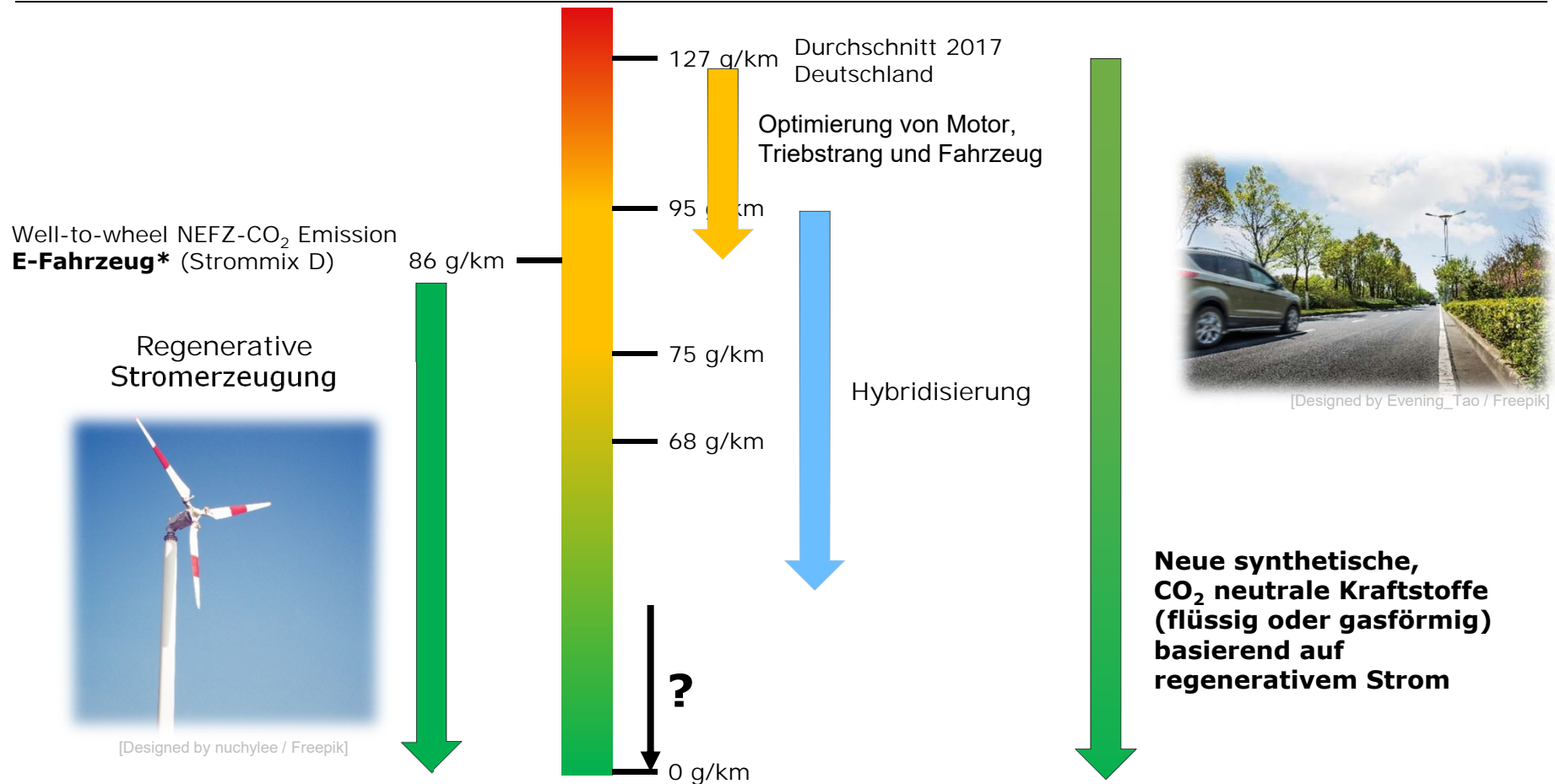
- Werden den Großteil des Fahrzeugmarktes bilden
 - Große Variantenvielfalt, je nach Einsatzgebiet:
 - 48 V Mild-Hybrid bis Hochvolt Full-Hybrid
 - P0/P1 bis P4 Topologie
 - Serielle / parallele Antriebsstrangstruktur
 - Plug-In Hybrid / Non-off-vehicle-charging (NOVC)



+



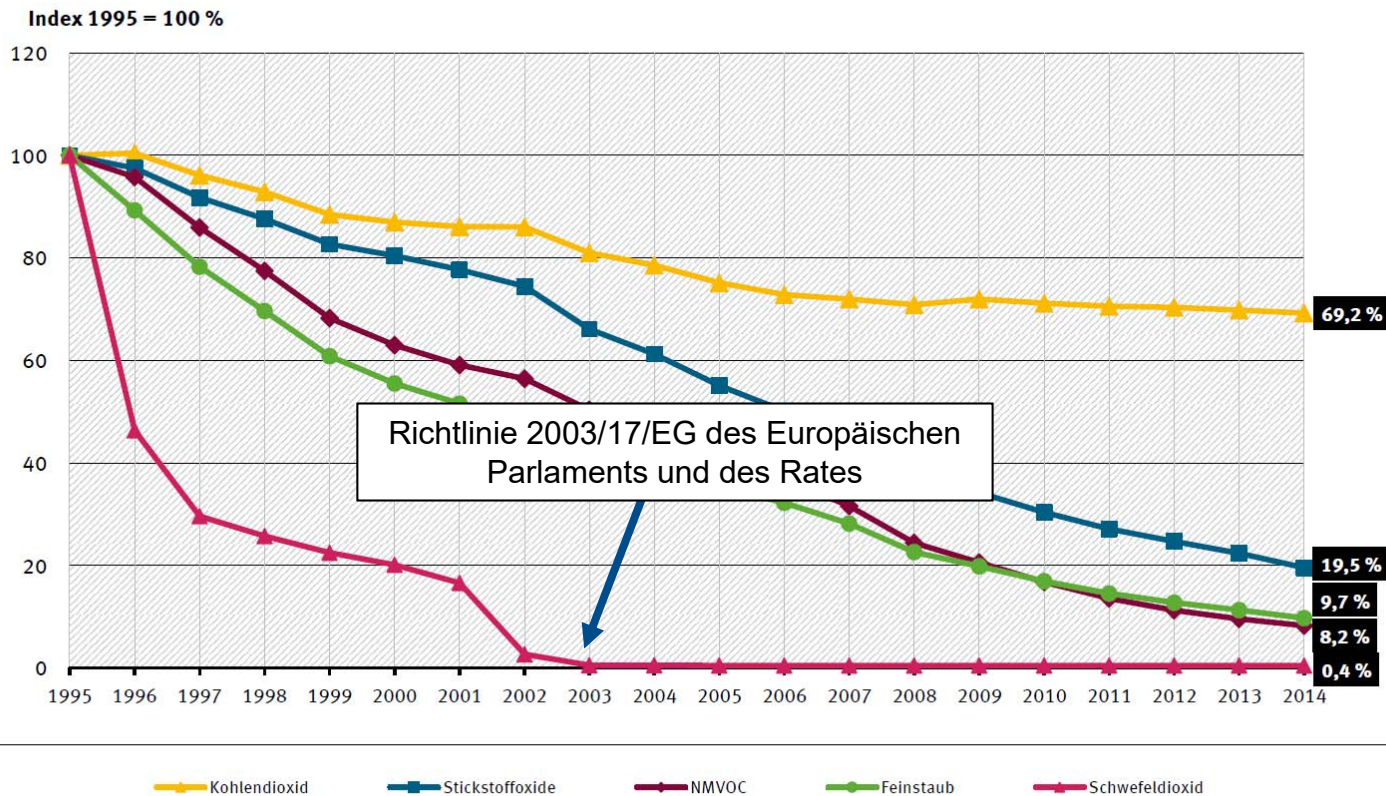
Reduktion von CO₂ Emissionen



*berechnet auf Basis von Herstellerdaten und CO₂ Emissionsdaten des Umweltbundesamt

Beispiel: Schwefeldreier Kraftstoff seit 2003

Spezifische Emissionen Lkw (direkte Emissionen Lkw / Verkehrsaufwand Lkw)



Quelle: Umweltbundesamt, Daten- und Rechenmodell TREMOD - Transport Emission Model, Version 5.63 (01/2016)

Große Anwendungsvielfalt und weltweiter Einsatz



**Fokus
Dieselmotor**







[www.deutz-fahr.com]



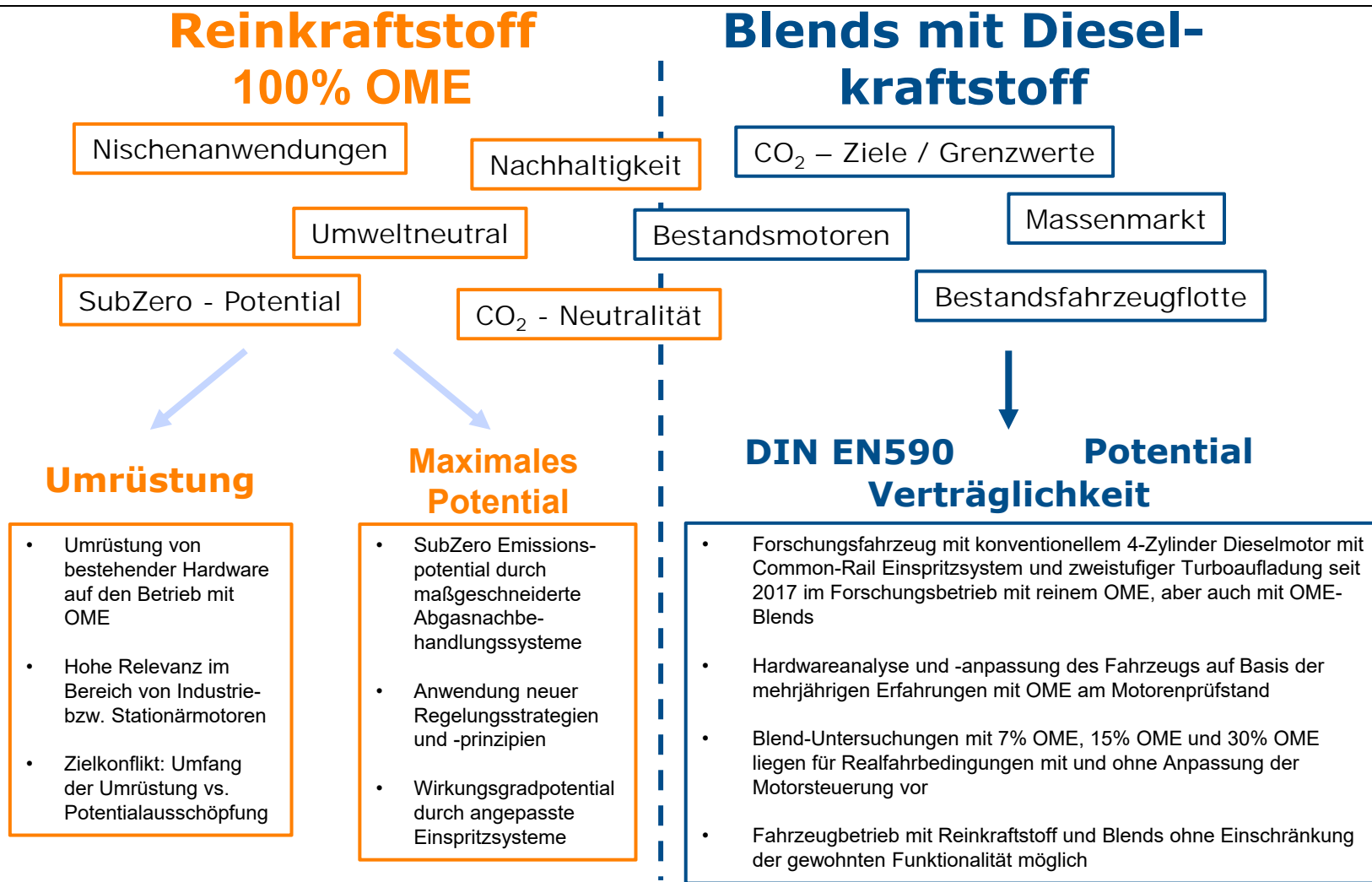
Kraftstoffeigenschaften für OME1 und OME3/4/5 im Vergleich zu konventionellem Diesel

- OME 1 ist problematisch für eine Anwendung im Massenmarkt wegen der niedrigen Siedetemperatur
- OME Gemische mit OME 3 – 5 haben dieselähnliche Siedetemperaturen aber deutliche höhere Cetanzahlen
- Der Heizwert von OMEs ist niedriger im Vgl. zu Diesel wegen des hohen Sauerstoffgehalts

Parameter	Einheit	Diesel B0 / B7	OME1b (Additiv b)	OME _{3/4/5} ***	OME _{3/4/5} ****
Heizwert	MJ/kg	42.7 / 42.56	22.5* (23.3**)	19.4	19.44
Dichte bei 15 °C	kg/m ³	830 / 835	873	1046	1070
Siedetemperatur	°C	170-370	42	156 / 202	155-242
Cetanzahl (CZ)	-	56.1 / 51.3	50	?	72
Sauerstoffgehalt	M.-%	- / 0.8	42.1	47.9	48.8
GHS Gefahrenkennzeichnung	-				

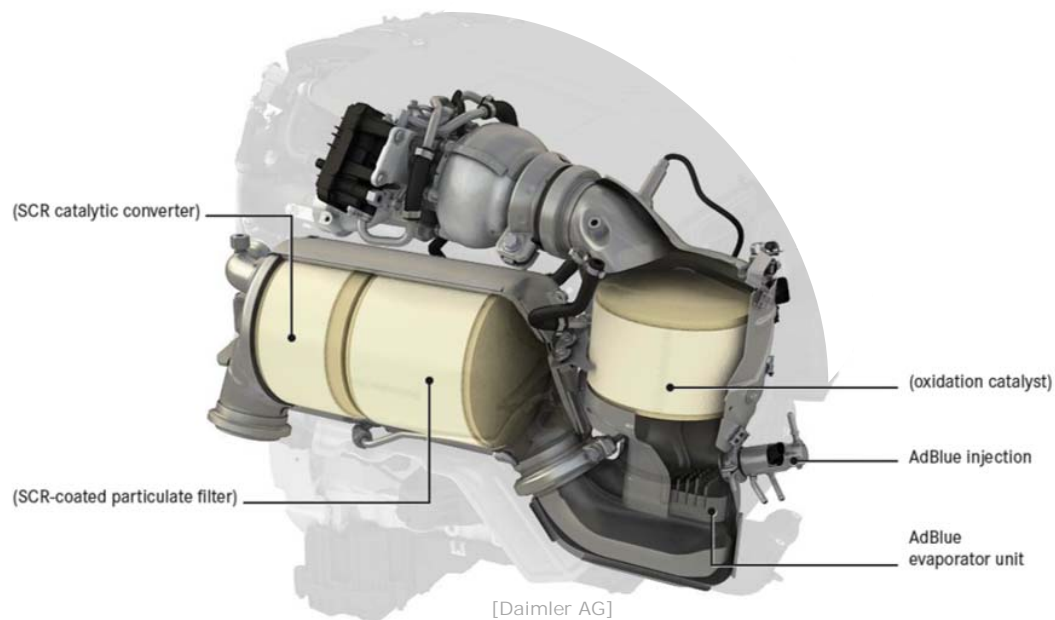
* [Zhu, Ren] ** [Vertin, Song, Kocis] *** [ASG Analytik] **** [Pellegrini]

Potentielle Markteinführungszzenarien



Technologiestatus: Euro 6d erfolgreich umgesetzt

Mit der Einführung der **Real Driving Emission (RDE)** Gesetzgebung wurde eine tiefgreifende Weiterentwicklung der Abgasnachbehandlungssysteme erforderlich:



- Technologien für die aktuellen Anforderungen an Realfahremissionen sind nun verfügbar und in der Markteinführung
- Damit können die Immissionsgrenzwerte sicher eingehalten werden



Für zukünftige Fahrzeuge: Zero-Impact Emissions auch bei NO_x!

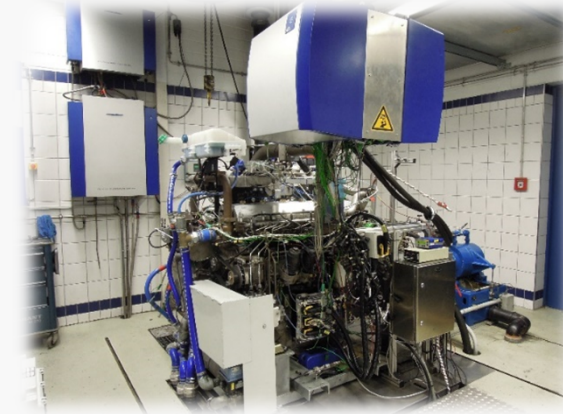
- **CO2 Neutralität**
- **Vereinfachung Motor/Abgasnachbehandlung**
- **Subzero-Potenzial**

Prüfstände am VKM zur Untersuchung von alternativen Kraftstoffen

Light-Duty Mehrzylinder- motoren

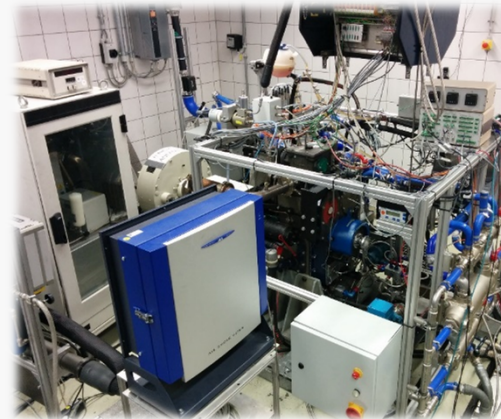
- Verbrennungsanalyse
- Emissionsbewertung
- Bewertung von Abgasnachbehandlungssystemen
- Potential von alternativen Kraftstoffen auf verschiedenen Mehrzylindermotoren untersucht

Heavy-Duty Forschungsmotor



Light-Duty Forschungs- motor

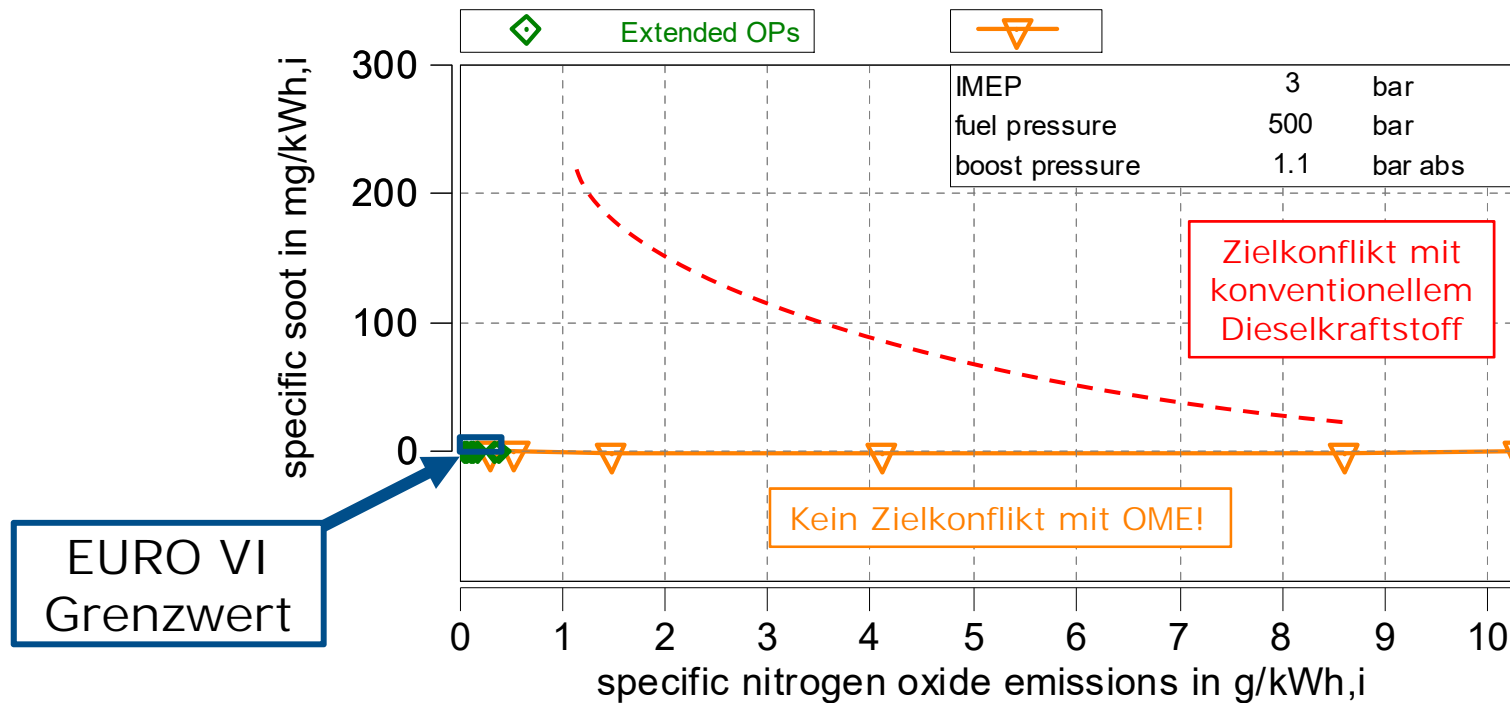
AVL Single Cylinder Research Engine	
Zylinderanzahl	1
Hubraum in dm ³	0,533
Motordrehzahl (max.) in 1/min	4800
Raildruck CR (max.) in bar	1800
Aufladung	electric boost
Motorsteuerung	Schaeffler PROtronic



- Grundlagenuntersuchungen (z.B. Hoch-EGR,...)
- Verbrennungsanalyse
- Emissionsbewertung
- Bewertung von alternativen Lastregelungskonzepten

Zielkonflikt zwischen Stickoxid- und Partikelemission ist durch OME eliminiert!

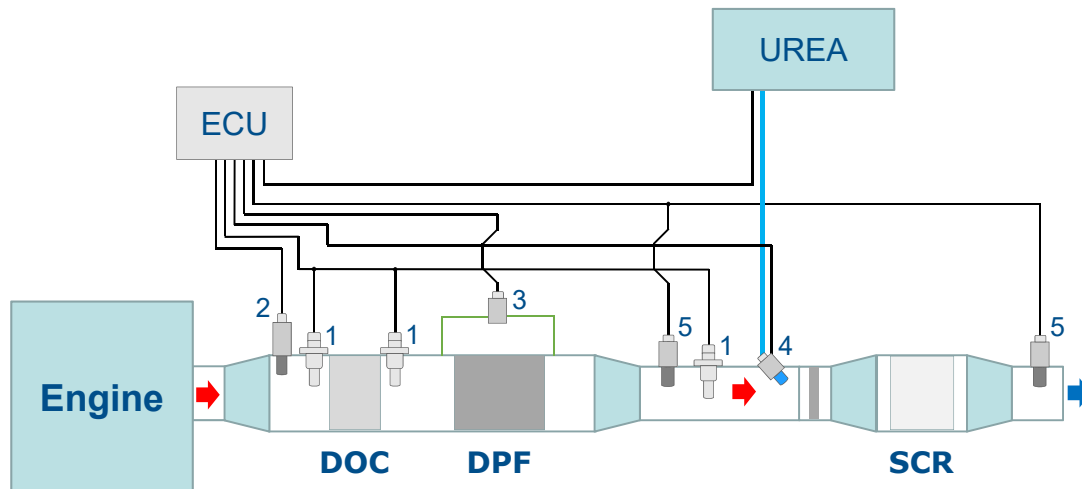
Emissionen sind Rohemissionen!



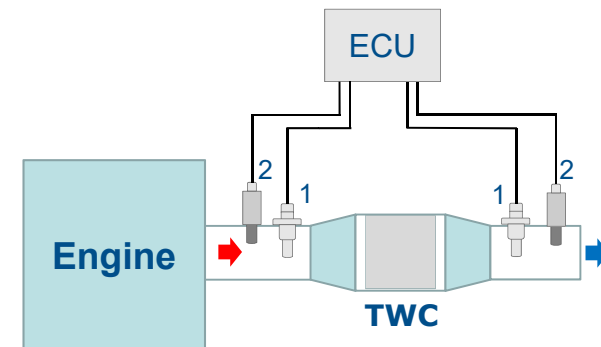
- **EURO VI** Grenzwerte für **NO_x** und **PM** können in bestimmten Betriebspunkten **ohne Abgasnachbehandlung** eingehalten werden
- Signifikante **Vereinfachung** des Abgasnachbehandlungssystems möglich

Mögliche Vereinfachung der Abgasnachbehandlung durch den Einsatz von OME

Moderne Diesel-AGN

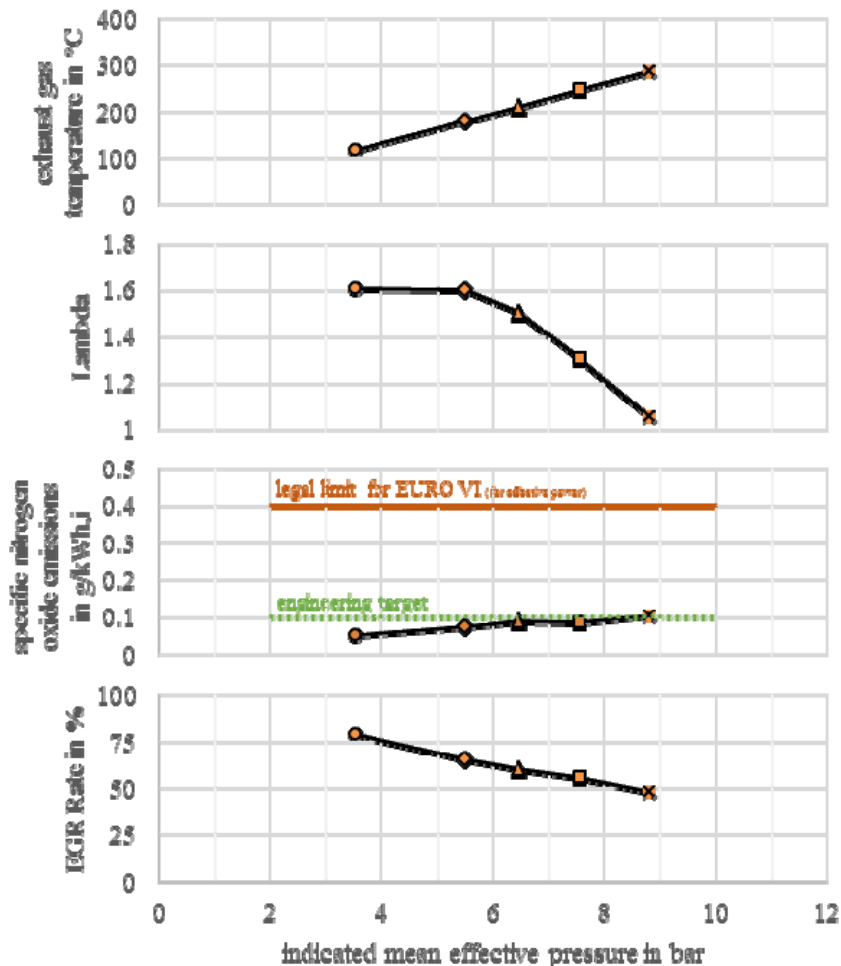


Mögliche OME-AGN



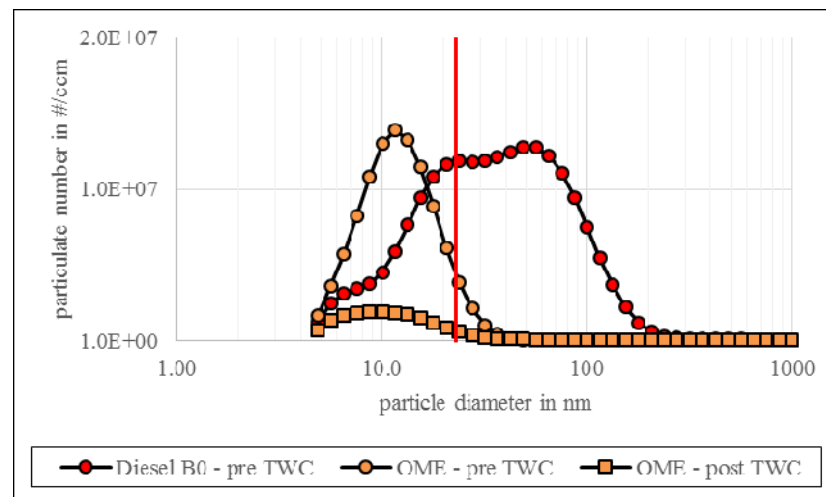
- 1: Temperatursensor
- 2: O₂ – Sensor
- 3: Differenzdrucksensor
- 4: UREA Dosiermodul
- 5: NO_x – Sensor

Ergebnisse #1: Überblick



- **Lastschnitt** bei **konstanter Motordrehzahl** mit $n_{\text{Motor}} = 1500 \text{ 1/min}$
- **ISNOx – Entwicklungsziel** ist bei **0.1 g/kWh_i** für **Rohemissionen** gesetzt
- **Lambda** und **AGR-Rate** werden durch das **ISNOx-Ziel** als Teil der Lastregelungsstrategie definiert
- **ISNOx – Entwicklungsziel** wird ohne Abgasnachbehandlungssystem **erreicht!**
 - AGR-Raten bis zu 80%
 - Insgesamt mageres Gemisch in meisten Punkten
 - Erreichen des ISNOx-Ziels bei höherer Last mittels Dreiwegekatalysator (Lambda = 1)

Ergebnisse #2: Vergleich von PN vor und nach TWC



- **Vergleich** der **PN-Konzentration** für **Diesel B0** und **OME** (vor TWC)
 - **Durchschnittlicher Partikeldurchmesser** ist **kleiner** mit **OME**
 - **Fast keine PN** für **OME oberhalb** von **23 nm**
- **Signifikante Oxidation** von **feinen Partikeln** über den **TWC!**
 - **PN-Konzentration** für **OME** nach **TWC** in der **Größenordnung** von heutigen **Umgebungskonzentrationen** in **Ballungsgebieten** für alle Partikeldurchmesser

Überblick Forschungsfahrzeug

Forschungsfahrzeug (SUV)	
Zylinderzahl	4
Hubraum in l	1.969
Antriebstrang	FWD
Getriebe	MT
Max. Raildruck in bar	2500
Aufladung	Zweistufig Turbocharging
ECU-AddOn	HEICO SPORTIV e.Motion

Messausrüstung

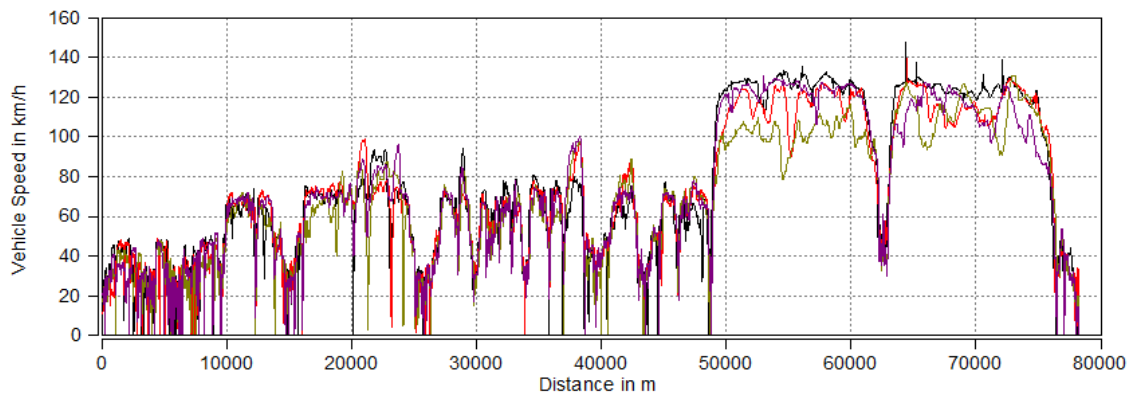
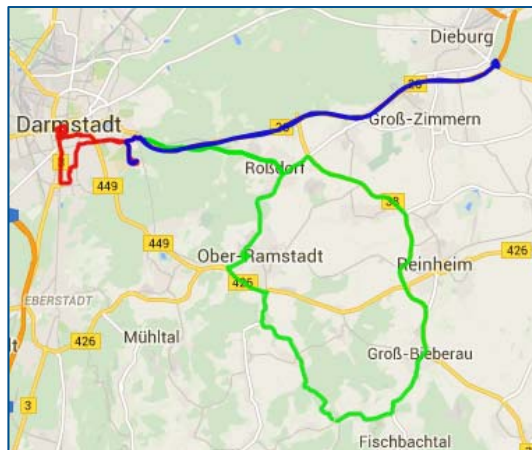
- Indiziersystem
 - Optische Auflösung: 1 °CA
 - Messung des Zylinderdrucks und des Injektorstroms in Zylinder 2
- OBD-Aufzeichnung
- Verschiedene analoge Messgrößen sowie Temperaturen

Abgasmesssysteme

- PEMS (Portable emissions measuring system)
 - Messung von CO, CO₂, NO, NO₂ und PN unter Realfahrbedingungen
- Zusätzlicher O₂ sensor
- Zusätzlicher NO_x sensor



Überblick über RDE-Fahrten auf aggressiver Route



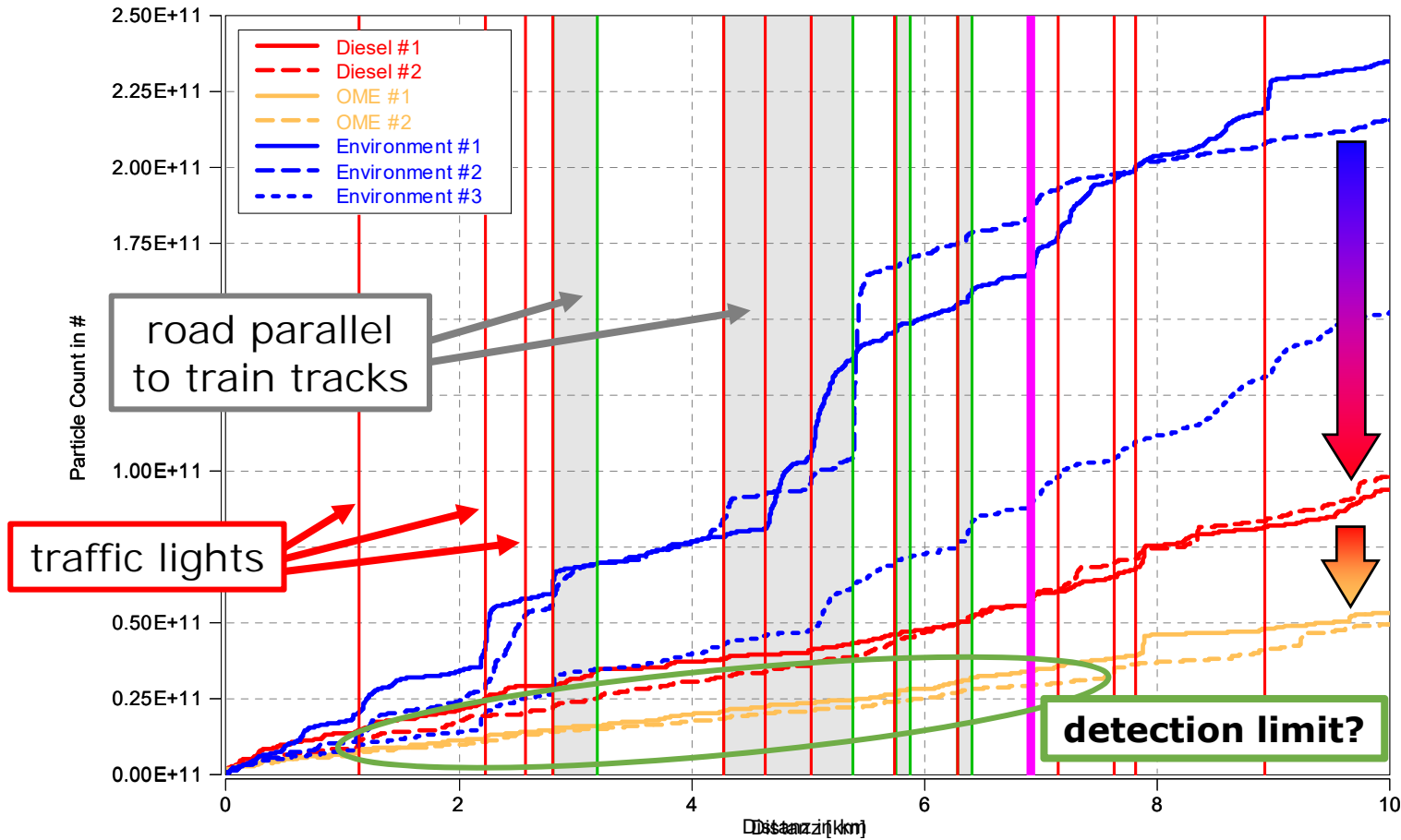
- Verschiedene Fahrten mit Diesel, OME und Blends durchgeführt
- Partikelemissionen für alle Fahrten deutlich unter Grenzwert (CF PN ~ 0.01)
- 60 % Reduktion der PN durch OME im Vergleich zu Diesel in diesen Messungen (Gesamtstrecke)

Vergleich der Partikelemissionen – RDE urban

(Darmstadt Urban Part)

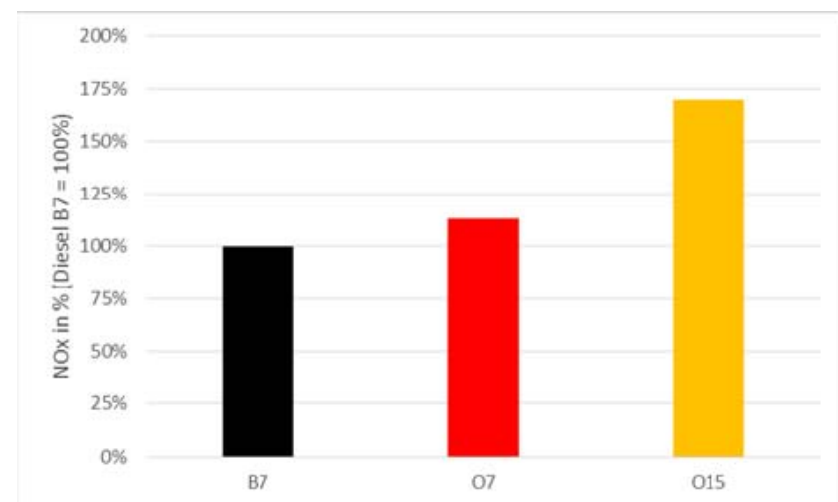
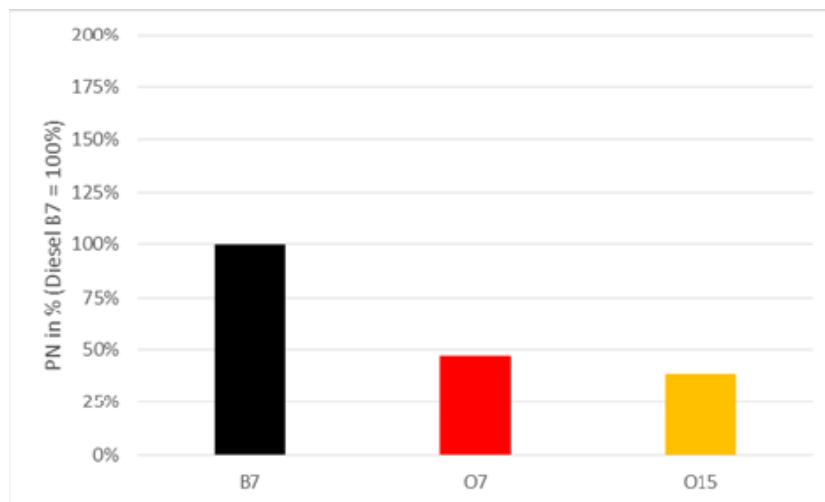


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Aktuelle Untersuchungen mit Blends

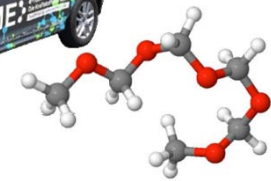
- Untersuchungen mit Forschungsfahrzeug unter **Realfahrtbedingungen** (RDE)
- **Mehrere Fahrten** je Blend durchgeführt
- Hier dargestellt: Messfahrten mit **Kaltstart ohne Anpassung der Motorsteuerung**
- Signifikante Reduktion der Partikelanzahl mit steigendem OME-Gehalt
- Anstieg der NO_x-Emissionen kann durch Anpassung der Motorapplikation kompensiert werden



Starker Fokus auf Energieträger

Zukünftige Marktentwicklung:

**"Kein Wettbewerb der Motoren,
sondern ein Wettbewerb der Energieträger,,**



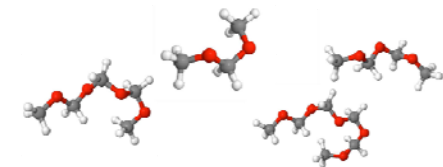
Energieträger ist unverzichtbarer Bestandteil von CO2 Strategien,
wenn heutiger Level von Mobilität und Transport erhalten bleiben soll

Kurzfristiger Hebel:

Gas/Biogas/e-Gas

Langfristig und nachhaltig:

CO2 neutrale Flüssigkraftstoffe (im Fokus Dieseleratzkraftstoff **OME**)



➔ Anpassung der Motorentechnologie, intelligente Flexfueltechnologien

Zusammenfassung

- **Synthetische Kraftstoffe** auf **regenerativer** Basis können einen **signifikanten** Beitrag zur **Reduktion** von **CO₂**-Emissionen leisten
- Kraftstoffe mit **hohem Sauerstoffgehalt** und **ohne direkten Kohlenstoffbindungen** können **rußfrei** verbrennen
- Unterschiedliche Entwicklungsrichtungen von OME sind abhängig von **mögliche Markteinführungsszenarien**, der **zu erwartenden Produktionskapazität** sowie den **notwendigen Änderungen** an Motoren und Fahrzeugen
- **Positive Verbrennungseigenschaften** können zu einer **Vereinfachung** des **Abgasnachbehandlungssystems** führen
- **Subzero-Potenzial: Partikelanzahlkonzentration** im Bereich heutiger **Umgebungskonzentrationen** in Ballungsgebieten möglich
- Betrieb des **Versuchsfahrzeuges** seit 1,5 Jahren ohne Auffälligkeiten
- Nächste Schritte:
Optimierung Brennverfahren/Emissionierung/Control, **Materialverträglichkeiten**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Der zukünftige Mix von Antriebssystemen ist keine Frage der Motoren, sondern des Energiesystems!



Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe

Otto-Berndt-Straße 2

64287 Darmstadt

www.new-energy-vehicles.com

www.verbrennungskraftmaschinen.de

www.real-driving-emissions.com

www.vkm-ome.de

www.automotive-clean-air.com