

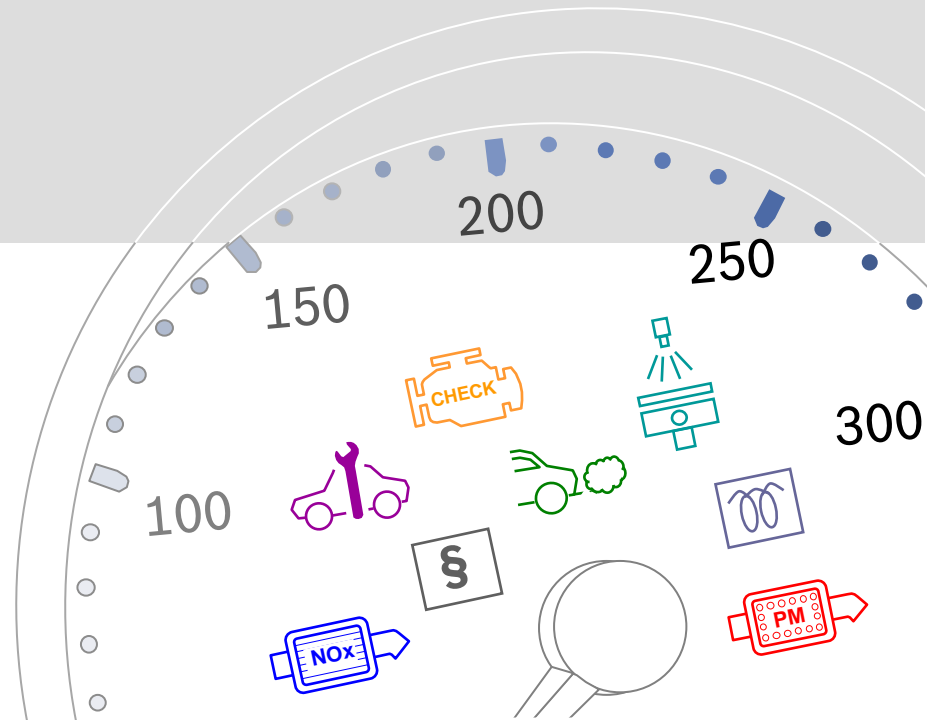
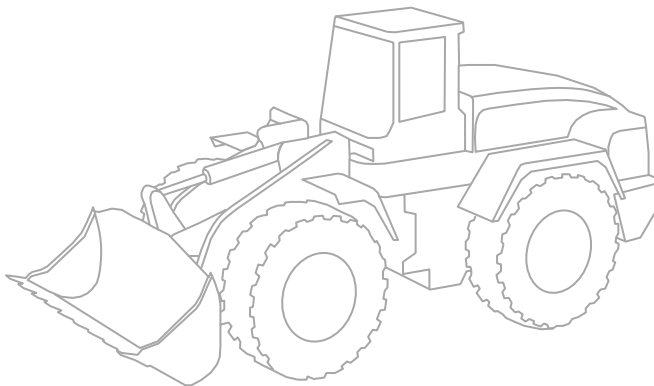
# TIER 4 Motoren – Sauber aber schlapp? BEG-DP/EAD

Mobile 2009

08. Oktober 2009

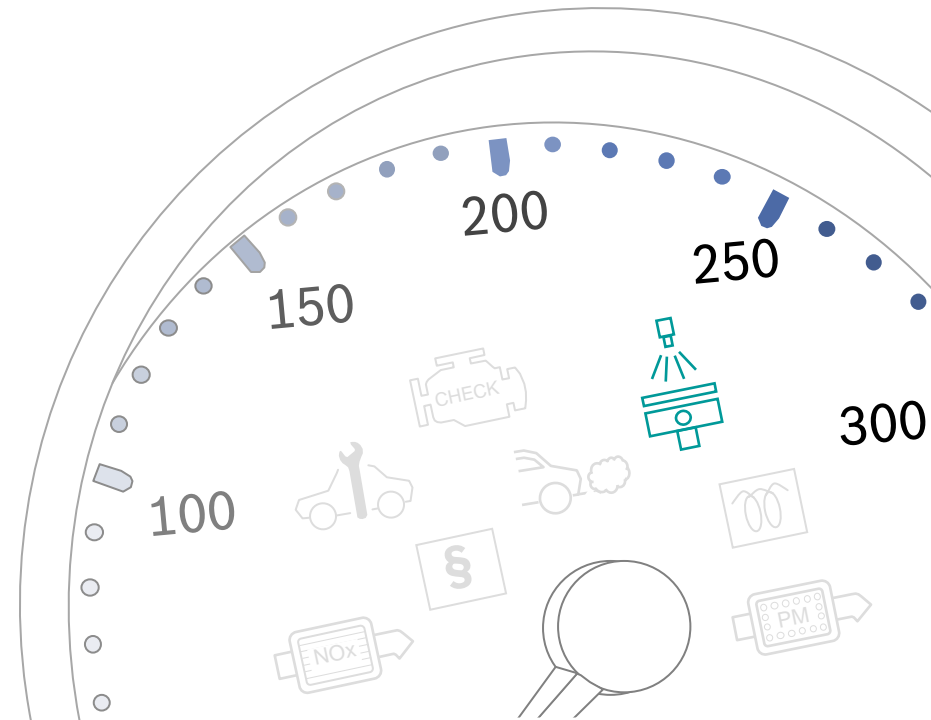
Henning Methe

Helmut Hartlief

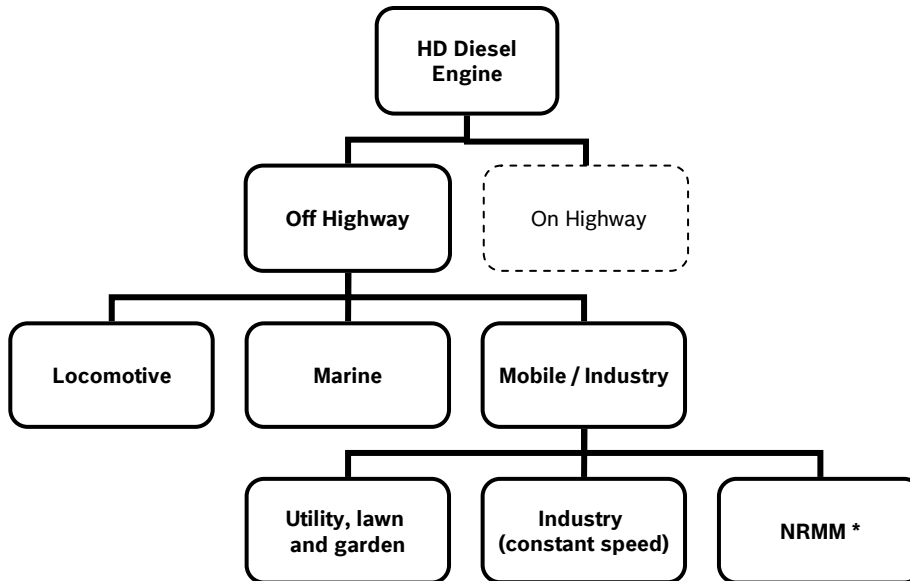
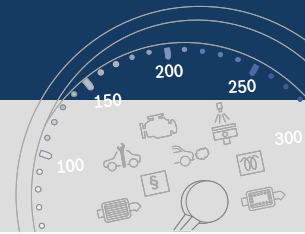


## Agenda

- Derzeitiger Stand bei Off Highway Motoren
- Testzyklus für Off Highway Motoren
- Potentiale motorischer Maßnahmen
- Zusammenfassung und Ausblick



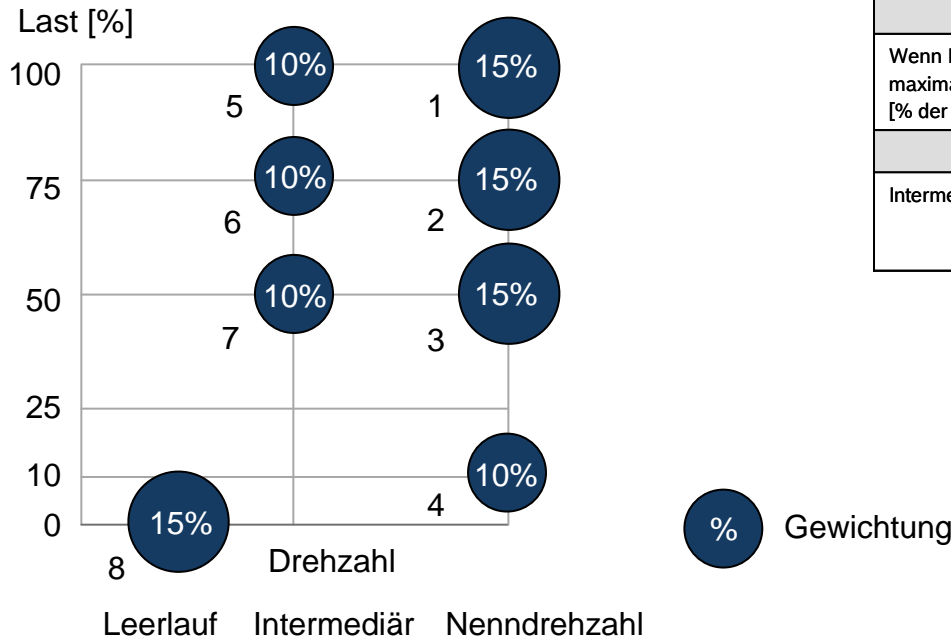
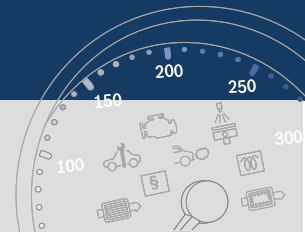
## Derzeitiger Stand bei Off Highway Motoren



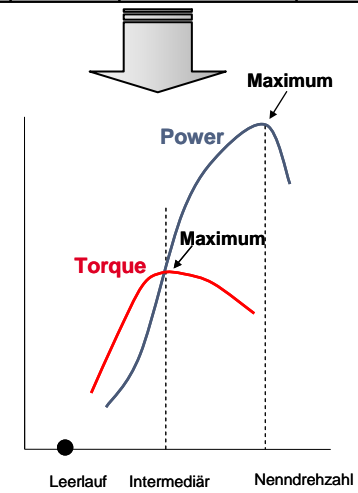
- Sehr weite Fächerung bei Off Highway (Ohw) Anwendungen
- Neben speziell für den Ohw Einsatz entwickelten Motoren finden im mittleren Leistungsbereich angepasste Motoren aus Pkw- und Lkw-Anwendungen Verwendung
- Aktuell sind die Motoren häufig mit mechanischem Einspritzsystem, ohne Turboaufladung sowie ohne Abgasrückführung ausgerüstet
- Die Motoren sind hinsichtlich Verbrauch stark optimiert

\* Non Road Mobile Machinery

## NRSC Non-Road Steady State Cycle (ISO 8178-C1)

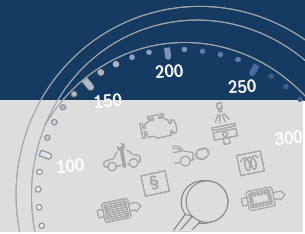


Definition der intermediären Drehzahl			
Wenn Drehzahl bei maximalem Moment [% der Nenndrehzahl]	< 60 %	zwischen 60 und 75 %	> 75 %
	Dann		
Intermediäre Drehzahl	60%	Drehzahl bei maximalem Moment	75%

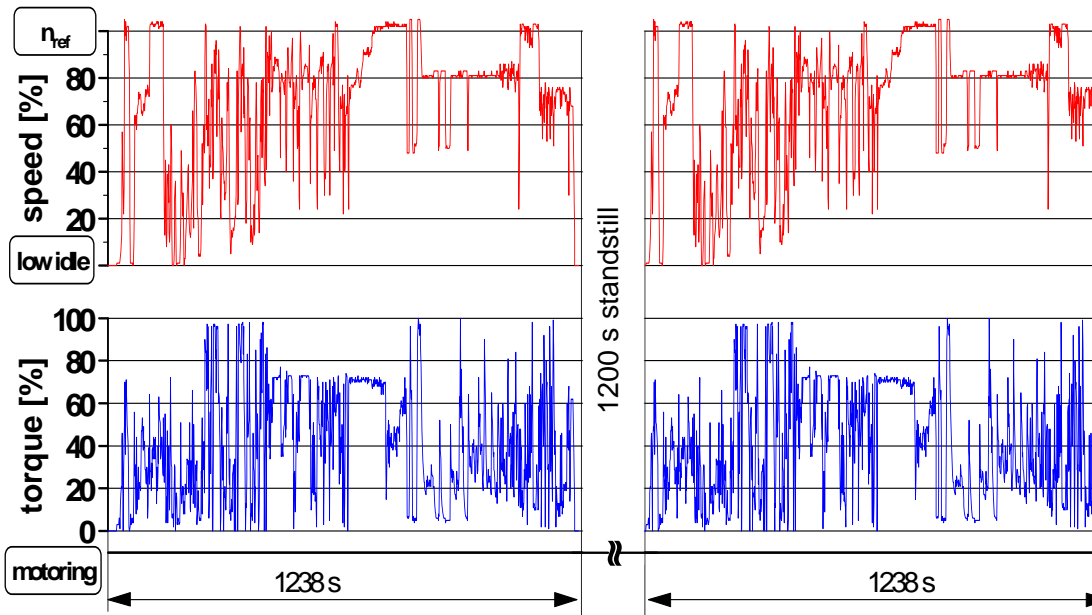


- ➔ Jeder Punkt wird mindestens 10 min angefahren
- ➔ Die Messung erfolgt in den letzten drei Minuten
- ➔ Warmgefahren wird der Motor mit Nenndrehzahl und Volllast (Punkt 1)

## Non-Road Transient Cycle (NRTC)



→ NRTC wird verwendet ab Stage 3B (EU) bzw. TIER 4 final (USA, Japan)

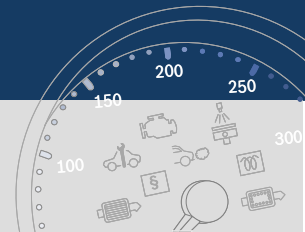


- mean engine speed<sup>1,4</sup>: 70 %
- mean engine torque<sup>2,4</sup>: 36 %
- mean engine speed<sup>2,4</sup>: 37 %
- low idle rate<sup>3</sup>: 4 %
- rate w/o power output<sup>3</sup>: 5 %

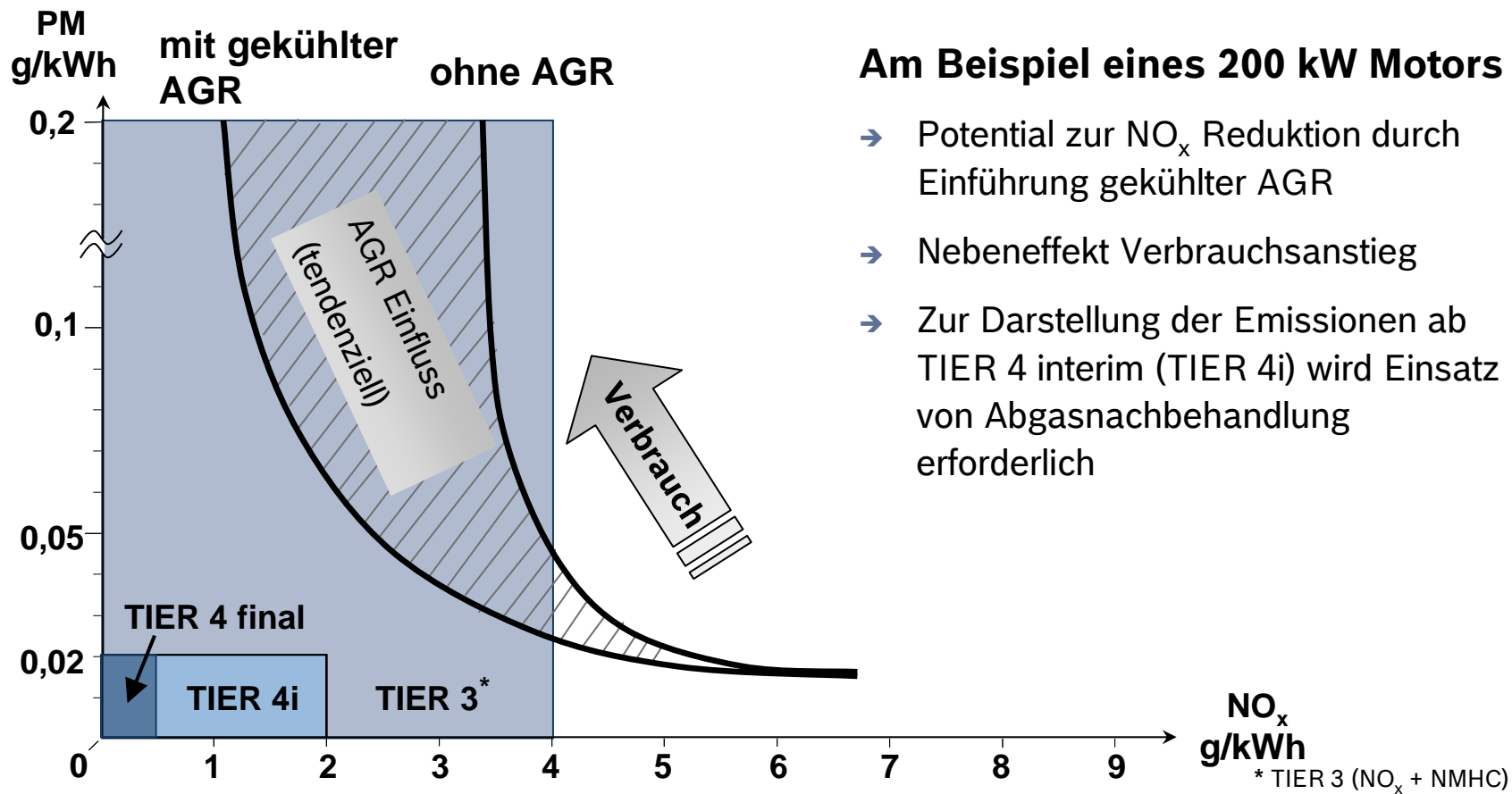
- 1) without consideration of low idle
- 2) without consideration of low idle and motoring
- 3) only operation points with power increase
- 4) per cent of whole test

Gewichtung Testergebnis EU: 10 % Kaltstarttest – 90 % Heißstarttest

Gewichtung Testergebnis USA: 5 % Kaltstarttest – 95 % Heißstarttest



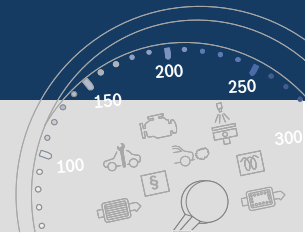
## Potential durch Abgasrückführung (AGR)



### Am Beispiel eines 200 kW Motors

- Potential zur NO<sub>x</sub> Reduktion durch Einführung gekühlter AGR
- Nebeneffekt Verbrauchsanstieg
- Zur Darstellung der Emissionen ab TIER 4 interim (TIER 4i) wird Einsatz von Abgasnachbehandlung erforderlich

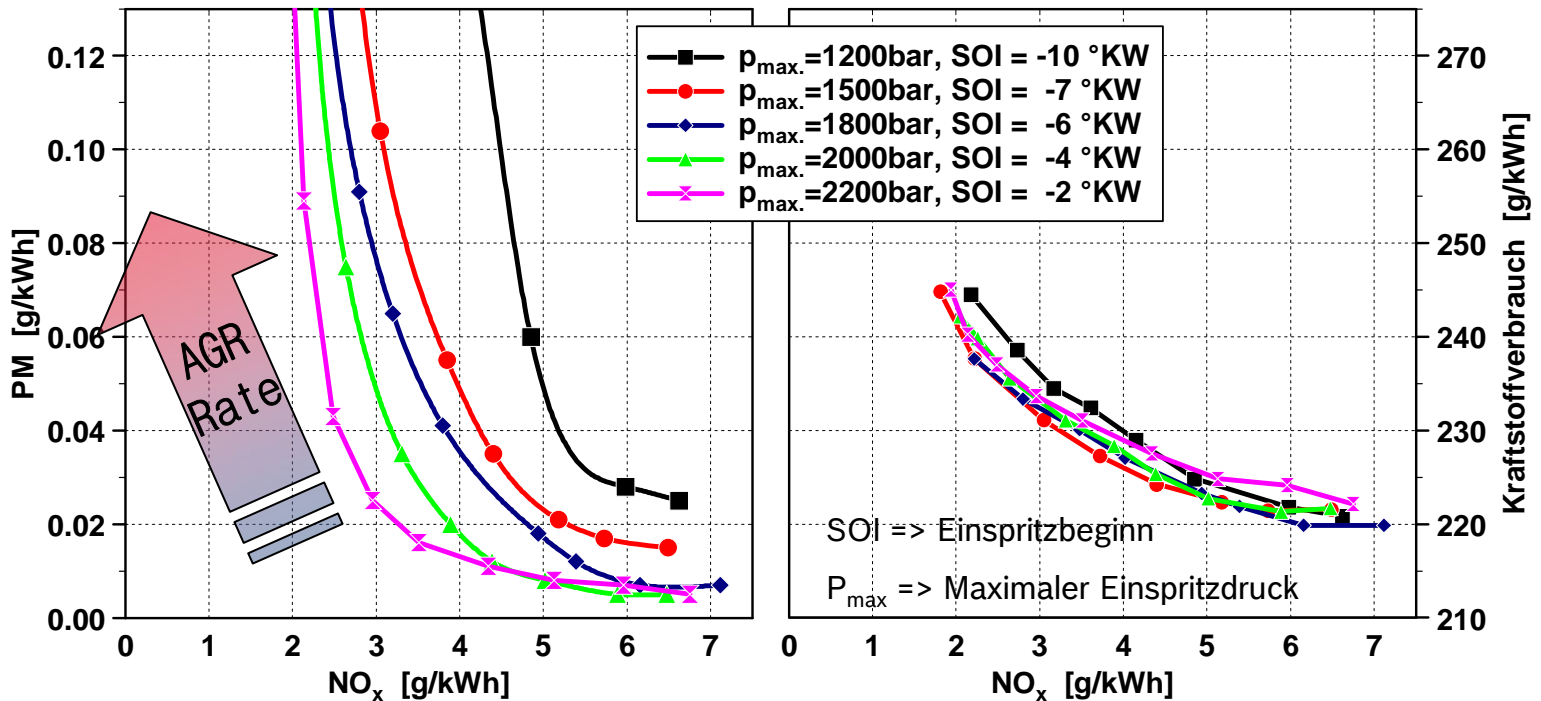




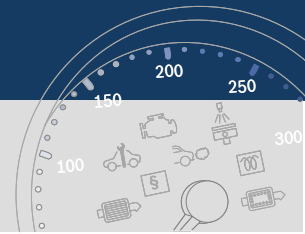
# Potential Anhebung Einspritzdruck

➔ Verschiebung Ruß / NO<sub>x</sub> trade off auf Grund von Raildruck, AGR und Einspritzbeginn

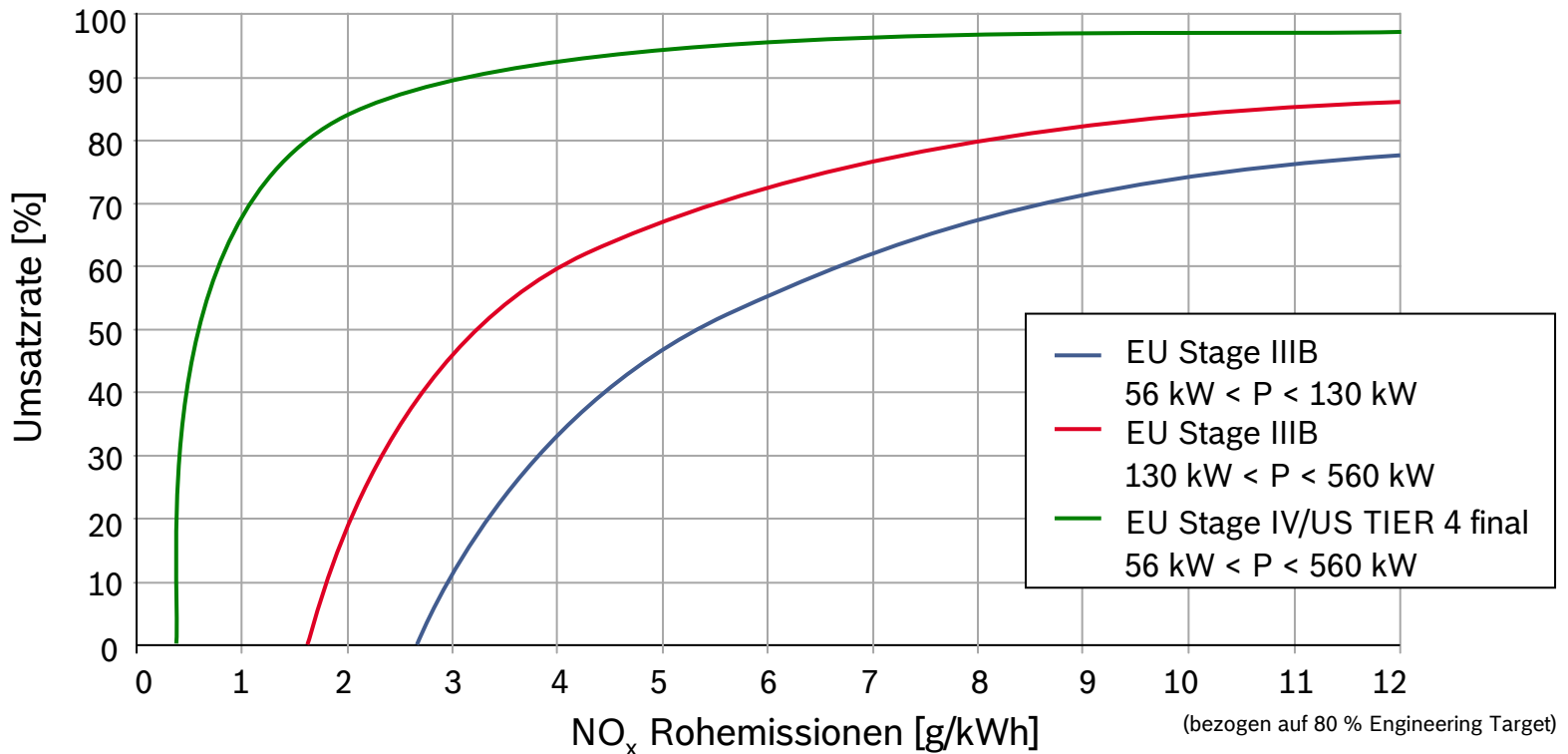
Medium Duty Motor ( $V_d \approx 1l/\text{Zyl.}$ ), Vollast bei Nenndrehzahl



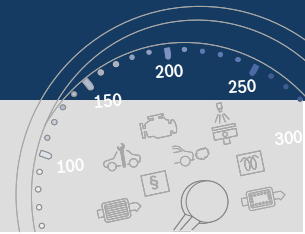
## Benötigte NO<sub>x</sub>-Umsatzraten



Unter Verwendung eines Abgasnachbehandlungssystems



## Mögliche motorische Maßnahmen

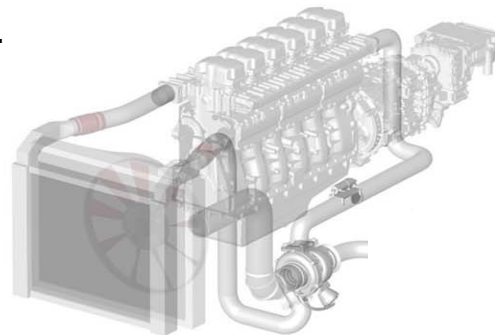


### → Verbrennungsmaßnahmen

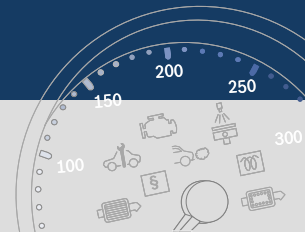
- Einsatz Common Rail
- Einspritzdruck > 2000 bar (in Abhängigkeit der AGR Rate)
- Anhebung Verbrennungsspitzendruck

### → Optimierung Luftsystem

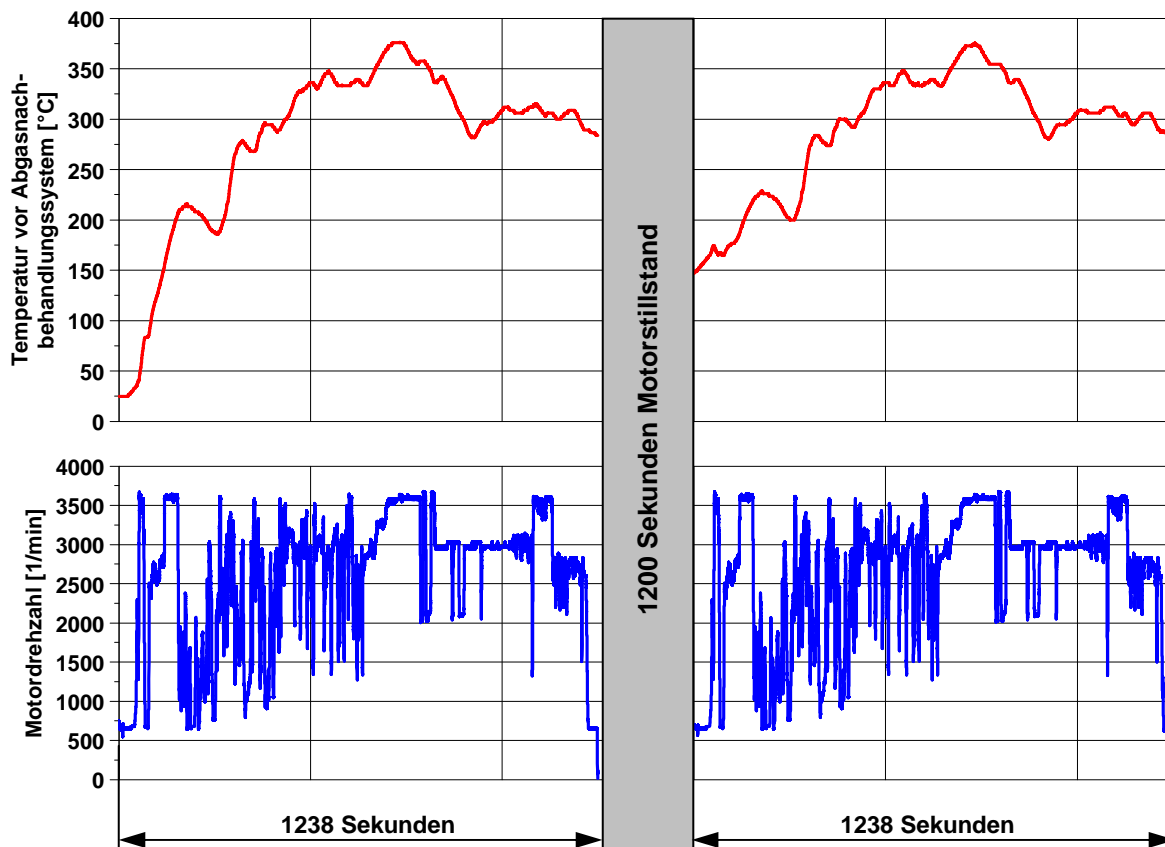
- Variable Turboaufladung
- Ggf. 2-stufige Aufladung
- Einsatz gekühlter AGR



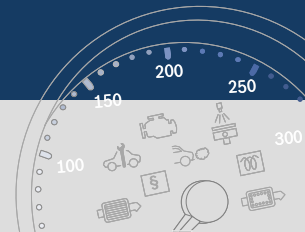
- **Für TIER 4 Applikationen besteht eine starke Abhängigkeit zwischen Motor und Abgasnachbehandlungssystem**
- **Die Strategien müssen aufeinander abgestimmt sein**



## Temperaturniveau im NRTC

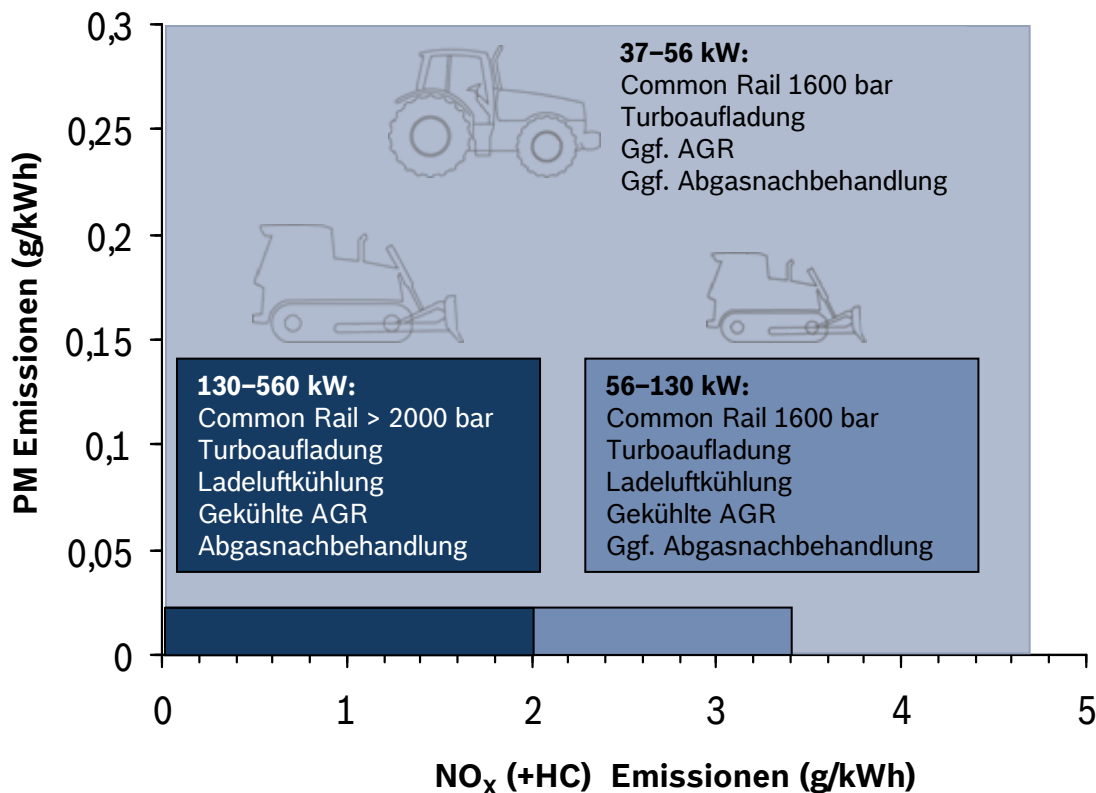


- Im Gegensatz zum Stationärzyklus dauert es ca. 300 Sekunden bis die Temperatur vor dem Abgasnachbehandlungssystem 250°C (entspricht dem Light Off gängiger Katalysatoren) erreicht.
- Eventuell müssen Maßnahmen zum schnelleren Erreichen des Light Off ergriffen werden (Rapid Heat Up)

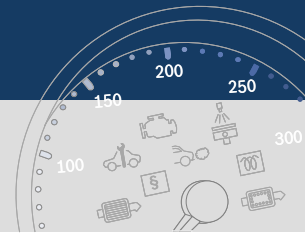


## Einfluss der Motorleistung

Emissionsgrenzwerte für unterschiedliche Leistungsklassen am Beispiel US EPA TIER 4 interim



- Für Motoren bis 56 kW gelten weniger strenge Grenzwerte
- Je nach Anwendung kann die Reduktion der Motorleistung den Zugang zu günstigeren Motorenkonzepten eröffnen
- Aufteilung in Fahr- und Arbeitsmotor sowie Lastaufschaltung bieten Ansatzmöglichkeiten

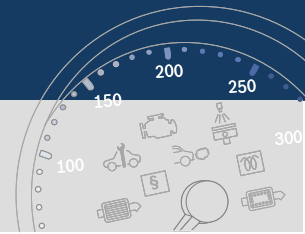


## TIER 4 Szenarien

P <sub>Rated</sub> - kW	Year											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Europe</b>	Emission Limits - NO <sub>x</sub> +HC(*NO <sub>x</sub> )/PM [g/kWh]											
19 - 37	8.0*/0.8			<b>Stage 3A</b>				7.5/0.6				
37 - 56	7.0/0.4			4.7/0.4				4.7/0.025				
56 - 75	6.0*/0.3			4.0/0.3				<b>Stage 3B</b>		3.3*/0.025		0.4*/0.025
75 - 130	6.4/0.2			4.0/0.2				2.0*/0.025		0.4*/0.025		
130 - 560	9.2/0.54			6.4/0.2				3.5*/0.1		3.5*/0.04		
<b>USA</b>	Emission Limits - NO <sub>x</sub> +HC(*NO <sub>x</sub> )/PM [g/kWh]											
< 19	9.5/0.8			7.5/0.8				<b>TIER 4 final</b>				7.5/0.4
19 - 37	<b>TIER 2</b>			7.5/0.6				7.5/0.3				4.7/0.03
37 - 56	7.5/0.4			<b>TIER 4 interim</b>				4.7/0.3				
56 - 75	6.6/0.3			4.0/0.3				3.4*/0.02		0.4*/0.02		
75 - 130	6.4/0.2			4.0/0.2				2.0*/0.02		0.4*/0.02		
130 - 560	9.2/0.54			<b>TIER 3</b>				4.0/0.2		3.5*/0.1		3.5*/0.04
> 560	9.2/0.54			6.4/0.2				3.5*/0.1		3.5*/0.04		
Strategies:	no EGR, no EGT			EGR, no EGT			no EGR, DPF			EGR, DPF		EGR, DPF, DeNO <sub>x</sub>
										or DeNO <sub>x</sub> only		



## Zusammenfassung und Ausblick



- Die Komplexität der Systeme wird auf Grund der gesetzlichen Anforderungen ansteigen
- Der Einsatz von Abgasnachbehandlungstechnologien ist zur Erreichung der TIER 4 Emissionsstufen für Motoren > 56 kW erforderlich
- Durch motorischem Maßnahmen wie gekühlte AGR, Aufladung und der Einsatz von Common Rail Systemen mit hohem Einspritzdruck werden TIER 4 Motoren hohe Leistungsdichte mit niedrigen Rohemissionen vereinen
- Die Abstimmung von innermotorischen Maßnahmen und Abgasnachbehandlung aufeinander ist ein wesentlicher Schlüssel zum Erreichen der TIER 4 Emissionsstufen
- Neben den Verbrennungsthemen stellt der gestiegene Kühlungsbedarf eine weitere Herausforderung für den Einsatz der TIER 4 Motoren im Off Highway Bereich dar

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

