



# Möglichkeiten zur Partikelreduktion in der Binnenschifffahrt

Düsseldorf, 12.12.2011, Dr. Dirk Bergmann





# Agenda

1. Produktportfolio
  - Tognum Group /MTU Friedrichshafen GmbH
  - Fokus Marine
2. Emissionsgrenzwerte Off-Highway / SOx-Grenzwerte Kraftstoffe
3. Technologien zur Emissionsminimierung
  - Überblick
  - Dieselpartikelfilter (DPF) und Regenerationsmaßnahmen
4. Felderfahrung – Partikelreduktion
5. Ausblick & Zusammenfassung



# Produktportfolio



# Tognum

## Starke Marken vereint unter einem Dach

# Tognum

HOME OF POWER BRANDS

Business Units	Engines	Onsite Energy	Components
Marken			
			
Produkte			
			
<p><b>Dieselmotoren und komplette Antriebssysteme</b></p>		<p><b>Gasbetriebene Energiesysteme</b></p>	<p><b>Diesetriebene Energiesysteme</b></p>
			
			<p><b>Einspritzsysteme</b></p>

# Tognum Produktportfolio

## Business Unit Engines

### Marine

- Yachts
- Commercial
- Naval



### Industrial

- Rail
- C&I
- Agric.
- Mining



### Defense

- Light and Medium Vehicles
- Heavy Vehicles



### Oil & Gas

- Onshore
- Offshore



## Business Unit Onsite Energy & Components

### Diesel Systems

- Emergency Power
- Prime Power
- Continuous Power



### Gas Systems

- Continuous Power



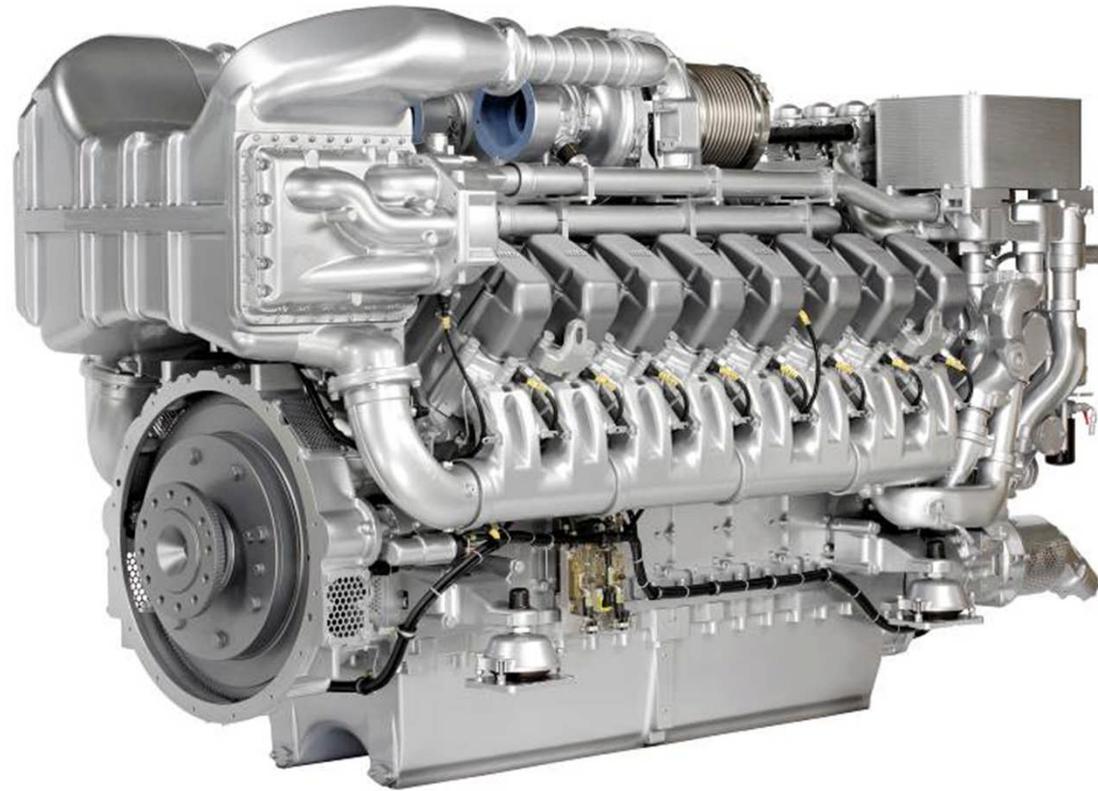
### Injection Systems

- Highspeed Engines
- Medium Speed Engines



# Motoren und Systeme

BR 4000 Bahn, C&I, Marine, GenDrive, O&G



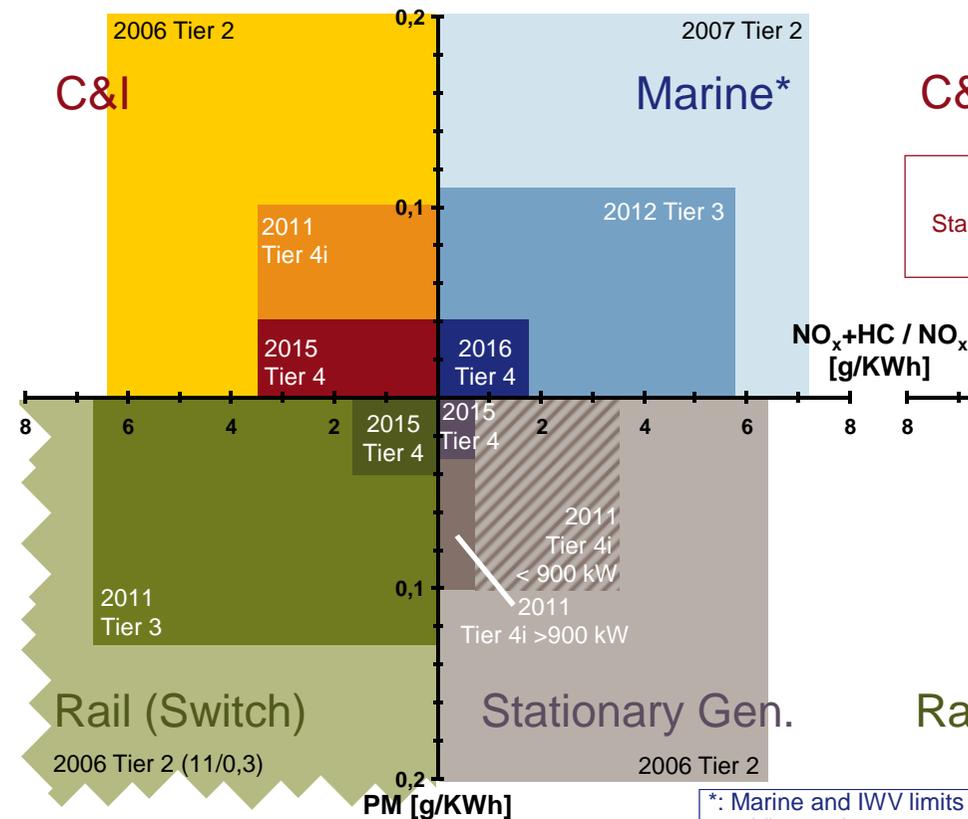


# Emissionsgrenzwerte

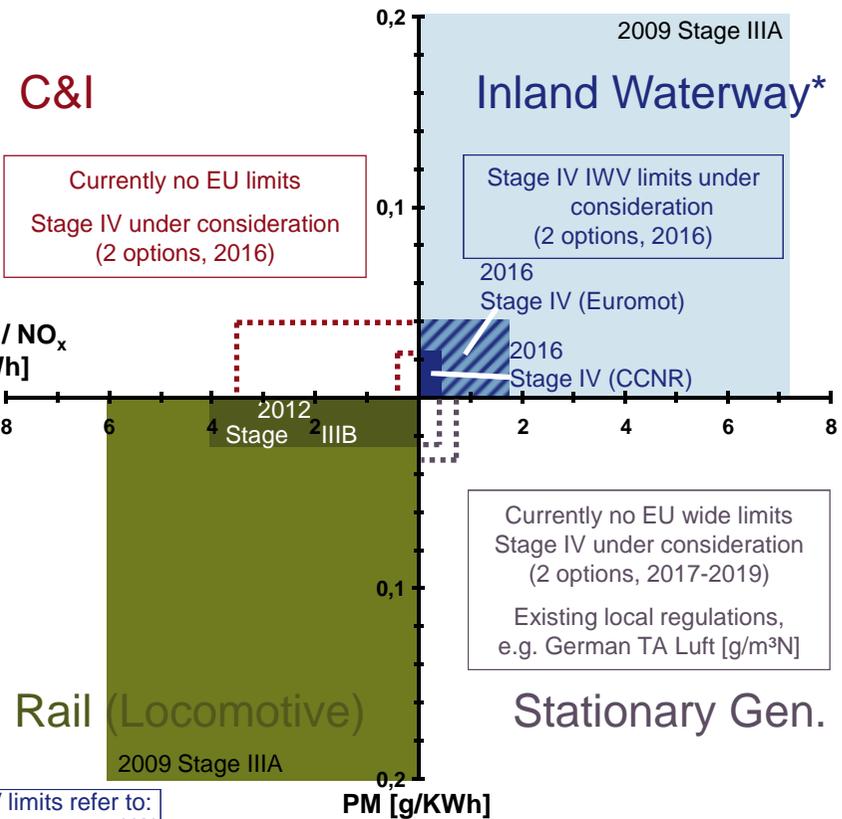


# Nonroad Gesetzgebung für Dieselmotoren >560 kW US EPA und EU

## EPA



## EU



\*: Marine and IWV limits refer to: 2,5 < V<sub>hz</sub> < 5,0 L ; 1400 < p < 2000 kW



# Entwicklung Schwefelgrenzwerte Kraftstoffe

## US Non-Road

Who	Covered Fuel	Unit	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014
Large Refiners & Importers	NON-ROAD	ppm	500+	500	500	500	15	15	15	15
	LOCOMOTIVE & MARINE		500+	500	500	500	500	500	15	15
Small Refiners & Other Exceptions	NON-ROAD, LOCOMOTIVE & MARINE		500+	500+	500+	500+	500	500	500	15

## EU Non-Road

**ab 01.01.2011:** max. Schwefelanteil im Kraftstoff **10mg/kg** (in Anfangsphase 20mg/kg zulässig)  
auch gültig für „Non-Gas-Oil“ Kraftstoffqualitäten im Bereich Binnenschifffahrt und Sportboote

## IMO SOx-Grenzwerte

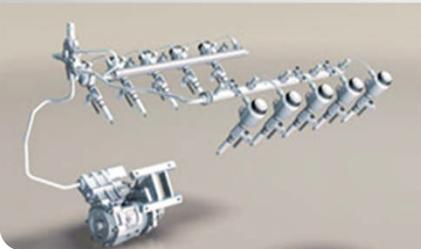
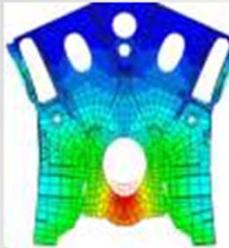
### Globale Obergrenze Schwefelanteil im Kraftstoff

bis 2012: 4,50 % (45.000 ppm)  
 ab 2012: 3,50 % (35.000 ppm)  
 ab 2020: 0,50 % (5.000 ppm)  
 in 2018: Review zu Einföhrungstermin 0,5% Grenzwert

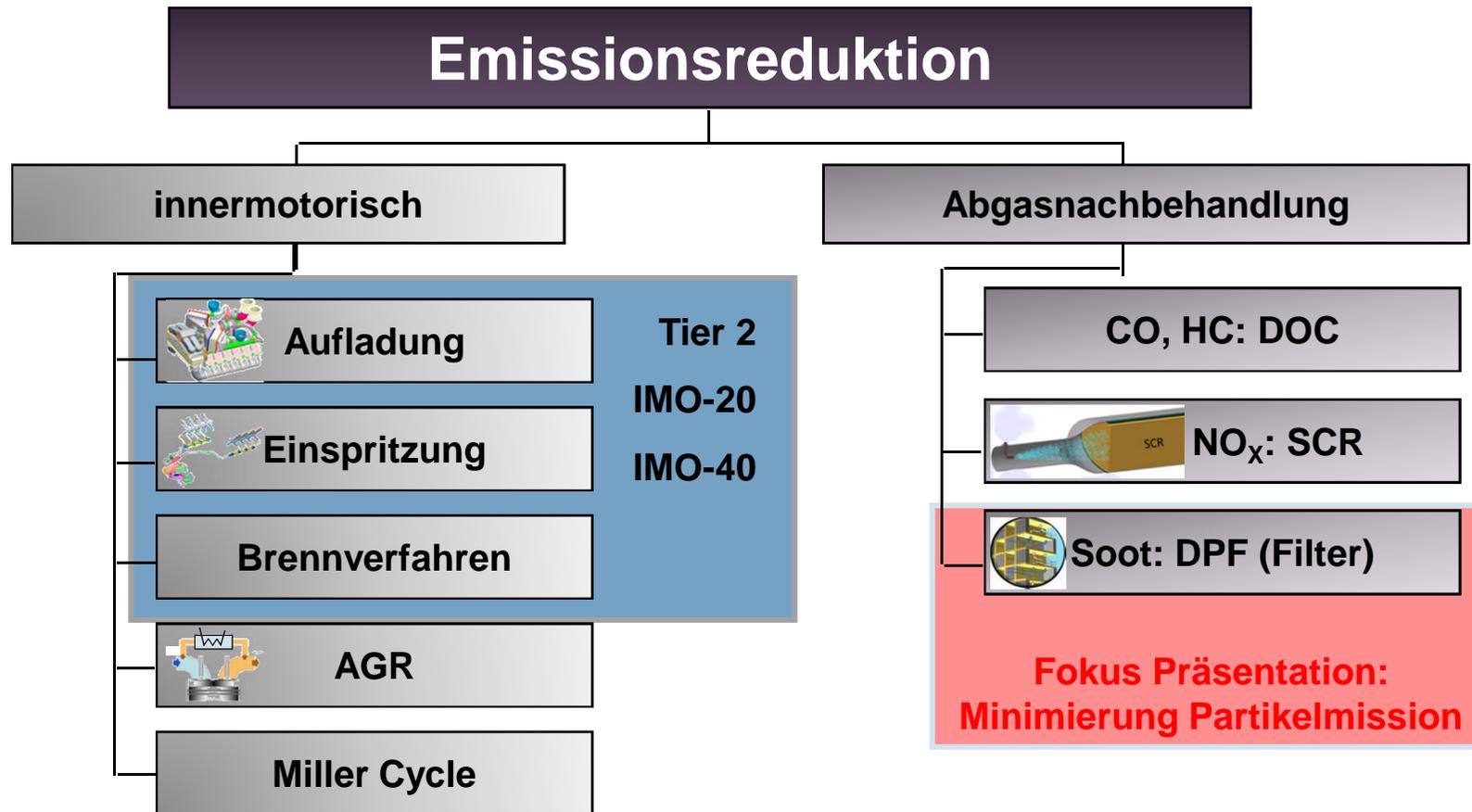
### Emission-Control-Areas

vor 01.03.2010: 1,50 % (15.000 ppm)  
 ab 01.03.2010: 1,00 % (10.000 ppm)  
 ab 2015: 0,10 % (1.000 ppm)

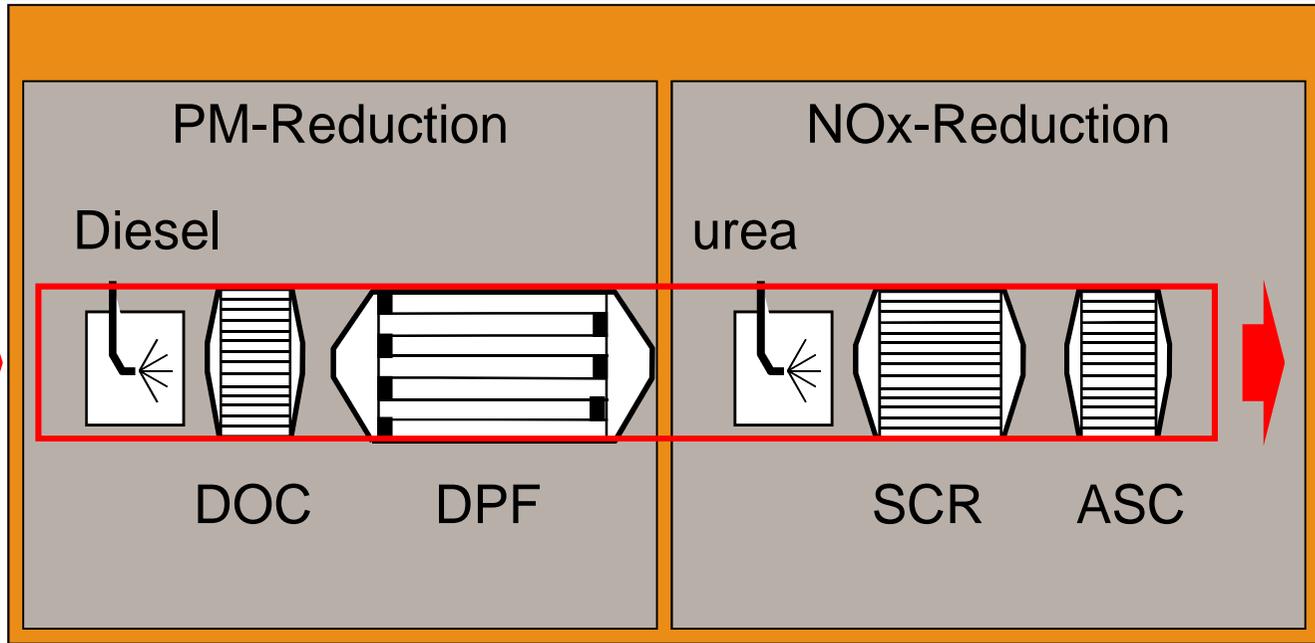
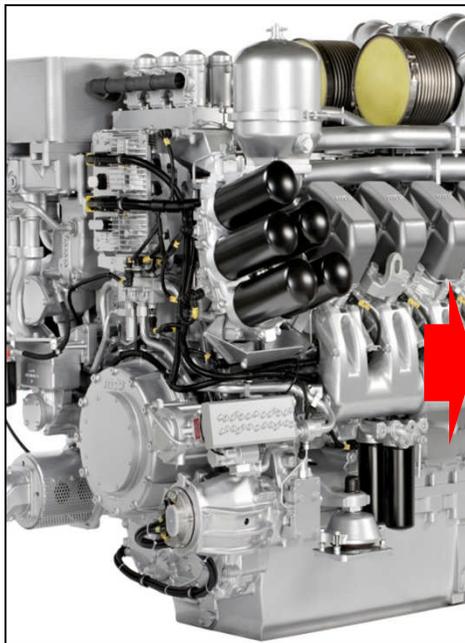
# Emissionsminimierung



# Technische Möglichkeiten zur Emissionsminderung



# Abgasnachbehandlung Überblick



→ different arrangements, depending on application

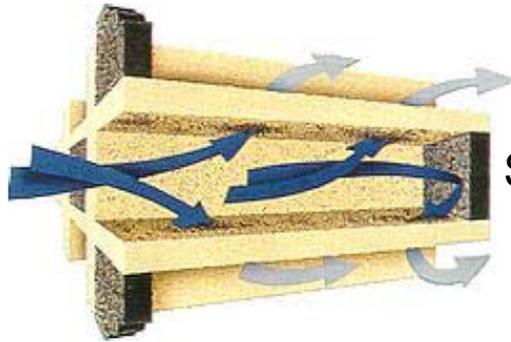
DOC: Diesel Oxidation Catalyst  
DPF: Diesel-Particulate-Filter

SCR: Selective catalytic Red.  
urea: DEF / AdBlue...  
ASC: Ammonia Slip Catalyst

# Abgasnachbehandlung Überblick: DPF Technologien

## Closed Systems

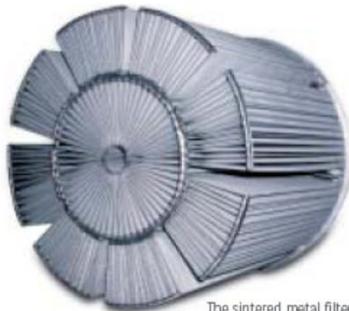
### Ceramic Wall Flow Filter



SiC, Cordierit

$\eta_{PM} > 90\%$

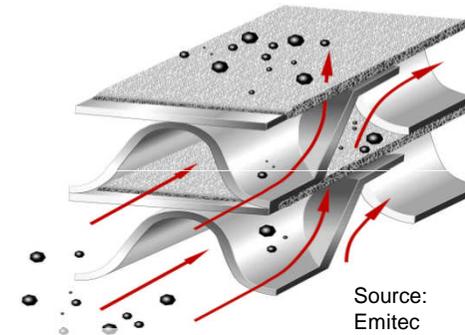
### Sinter Metal



The sintered metal filter (SMF\*)

## Open Systems

### Partial Flow Filter/ PM-Cat



Source:  
Emitec

$\eta_{PM} \ll 90\%$

# Abgasnachbehandlung

## Überblick: DPF Regenerationsmaßnahmen

- soot oxidation starts around 600°C,
- temperature can be lowered by catalyst
- overall goal @ DPF regeneration: increase of exhaust temperature

	Active		Passive	
HC dosing			continuously regenerating trap (CRT)	
burner			Thermal management	E.g. engine throttling, BOI variation, post injection etc. <b>T↑, HC/ CO burnt @ DOC</b>
el. heating			fuel borne catalyst (FBC)	catalytic additive to the fuel <b>decrease in soot oxidation temperature</b>

# Felderfahrung



# Felderfahrung - Partikelreduktion Bodenseefähre FS "Meersburg"

Grenzwerte BSO:  
NOx 10g/kWh  
CO 20g/kWh  
HC 1,1g/kWh  
FSN 2,5 bei Vollast

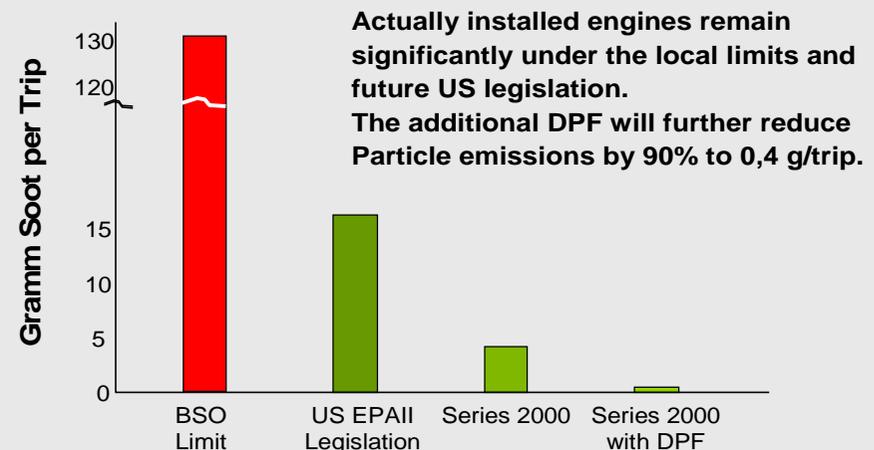


Nur geringfügige  
Modifikation an  
Abgasanlage  
erfordl.

- Motor **12V 2000 M60** (565kW@1800rpm) unterschreitet deutlich geforderte Emissionsgrenzwerte der **BSO**
- zusätzl. Partikelreduktion durch DPF-System **>90%**

**> 6400h störungsfreier Betrieb**

## Particle Emissions



# Felderfahrung - Partikelreduktion DPF-Erprobung MS "Willi Raab"

## F&E-Vorhaben BMVBS → DPF-Erprobung in der Binnenschifffahrt



Einsatz: Elbe-Seitenkanal

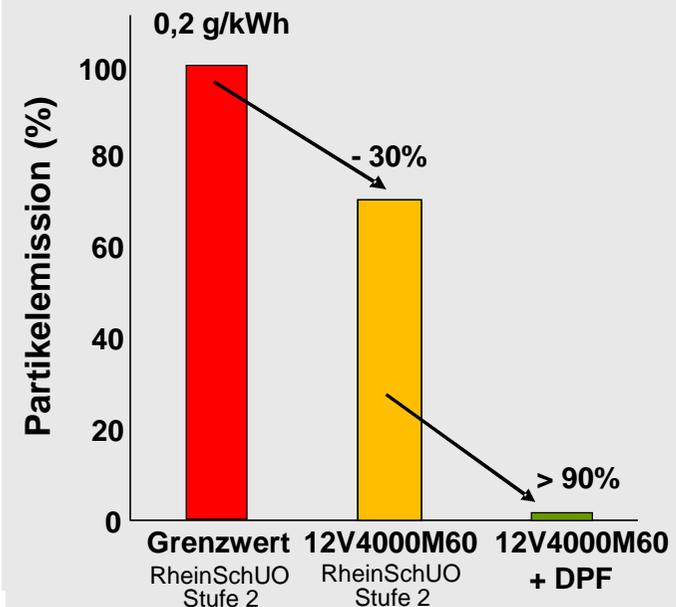
- Remotorisierung "Willi Raab" mit **12V4000M60 + DPF mit Vollstrombrenner**

- Emissionsabstimmung Motor:  
**RheinSchUO Stufe II bzw. ZKR II** (ab 2007)

Emissionen		ZKR II	12V4000M60
NOx	g/kWh	7,0	6,13
PM		0,2	0,14

- zusätzl. Partikelreduktion durch DPF-System **>90%**

## Reduzierung der Partikelemissionen

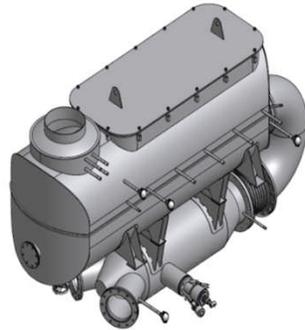


# Felderfahrung - Partikelreduktion DPF-Erprobung MS "Willi Raab"

## Motor- und DPF-Einbau in MS „Willi Raab“



**Engine Series 4000**



**DPF**



**MS Willi Raab**

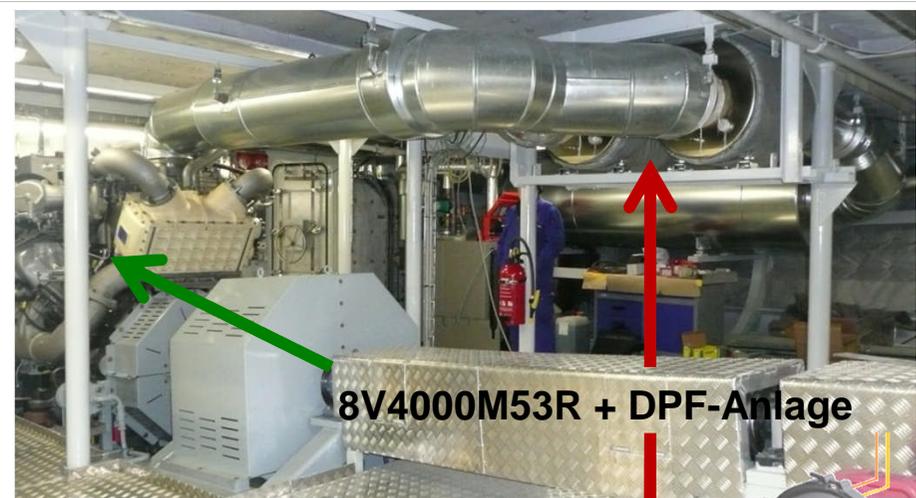
## Herausforderungen im Feld

- Probleme mit Bordspannungsstabilität  
→ Einbau USV-Anlage
- hoher Wärmeeintrag in Schiffsbereich bedingt durch DPF  
→ Nachrüstung Lüfteranlage

**→ Felderprobung erfolgreich beendet, Laufzeit > 10.000h**

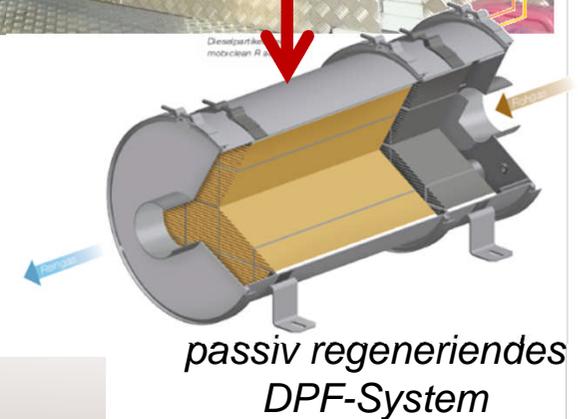


# Felderfahrgeschwindigkeit - Partikelreduktion Bodenseefähre „Lodi“



- Der Motor **8V4000M53R** (hier 2x 746kW@1600rpm) unterschreitet deutlich die geforderten Emissionsgrenzwerte der **BSO / ZRK II**
- zusätzl. Partikelreduktion durch DPF-System **>90%**

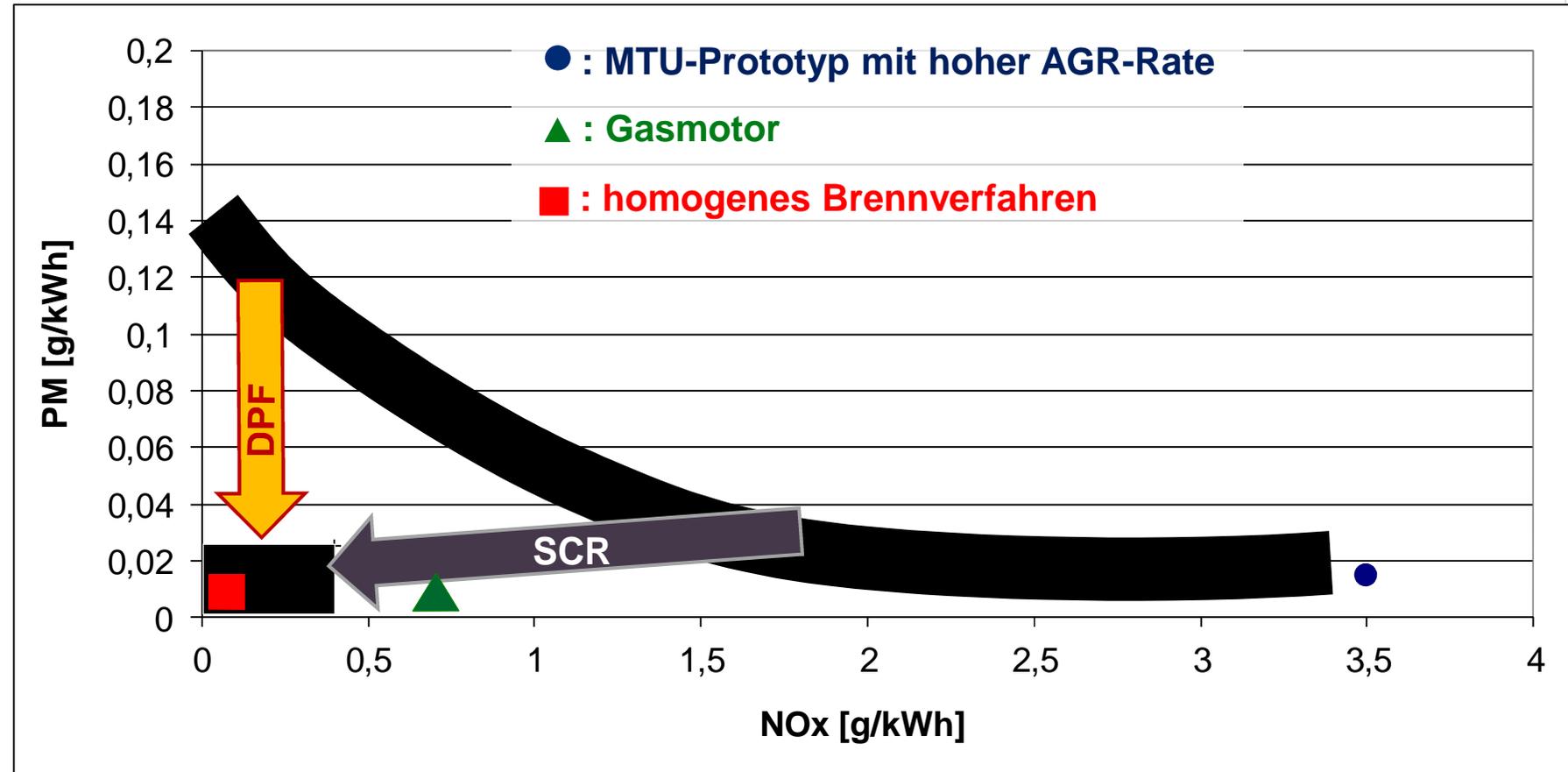
➤ **aktuelle Laufzeit 5400h, ca. 3500h Betrieb pro Jahr**



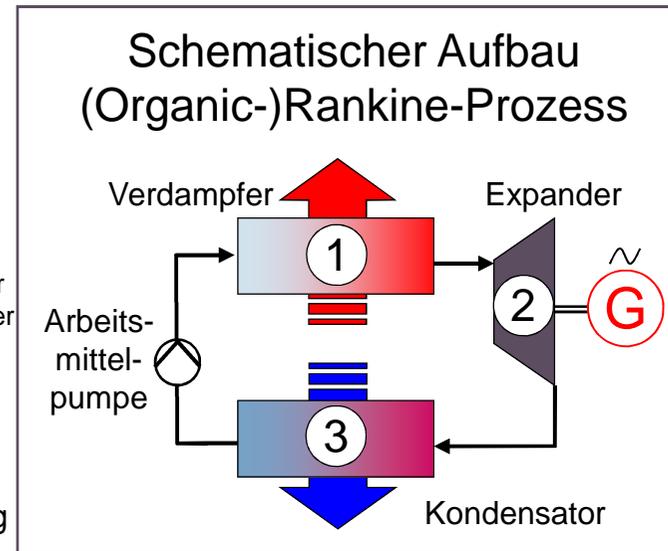
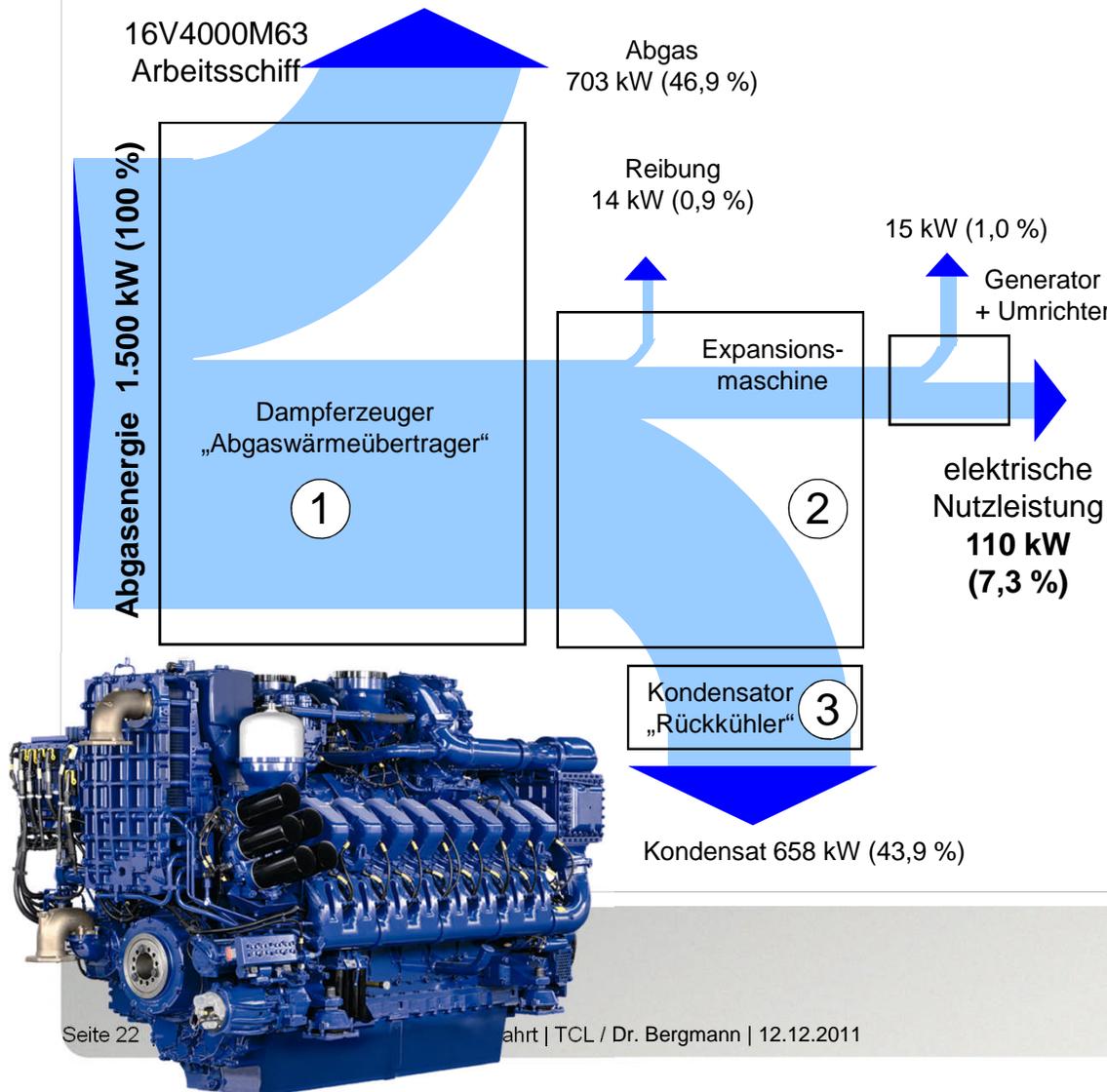
# Ausblick & Zusammenfassung



# Wege zur Darstellung der zukünftigen Emissionsgesetzgebung



# Erhöhung der Brennstoffausnutzung durch Umwandlung der Abwärme in elektrische Energie



- 5% effektiver Kraftstoffvorteil bezogen auf Motornutzleistung
  - Elektrische Zusatzenergie
  - Weitere Wärmequellen neben Abgas möglich

Quelle:  
MTU-Studie



# Potenzial CO<sub>2</sub>-Einsparung Beispielrechnung Abwärmenutzung (EHR) auf Schiff

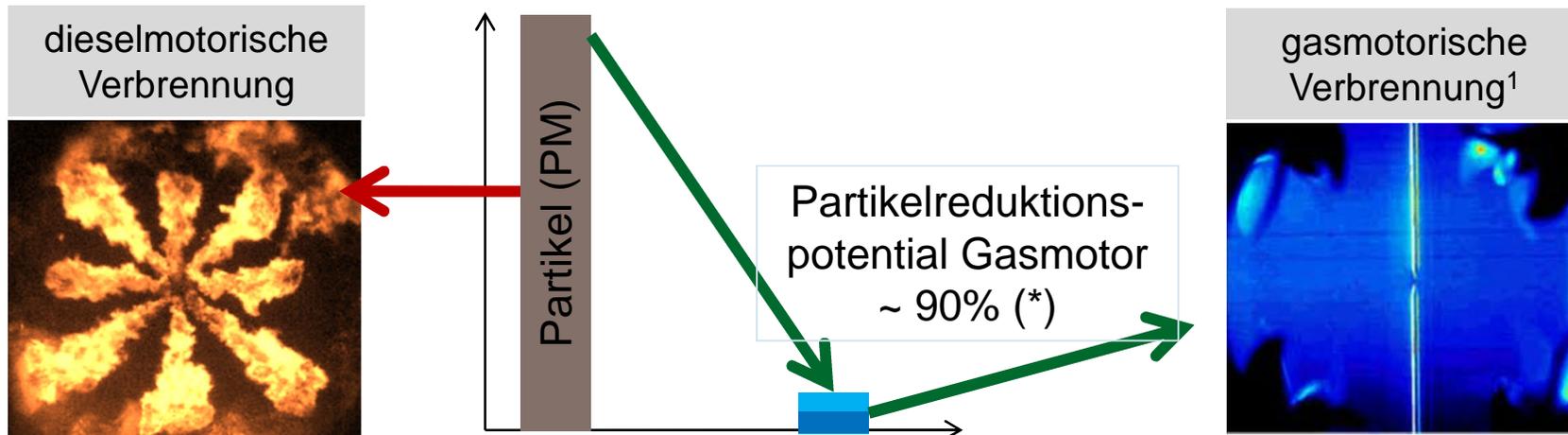


- ▶ 2x 16V4000M63 à  $P_{\text{eff}} = 2.000 \text{ kW}$  ( $n_{\text{Mot}} = 1.800 \text{ min}^{-1}$ )
- ▶ Abgaswärme zusammen ca.  $3.000 \text{ kW}$  (max.  $420 \text{ °C}$ )
- ▶ Annahmen:                      3.000 EHR-wirksame Betriebsstunden im Jahr  
    5% Kraftstoffvorteil durch EHR

**→ jährliches CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial von >400 Tonnen pro Schiff  
bzw. 130 Tonnen Kraftstoff!**

# Zukunftstechnologien Gasmotor

## Vergleich diesel- und gasmotorische Verbrennung



**Gasmotor → niedrigste PM-Emissionen bei deutlich geringeren NOx-Emissionen**

## Herausforderungen an Einsatz Gasmotor in der Binnenschifffahrt

- Kraftstoffversorgung / Volumenbedarf Kraftstofftank
- Sicherheitskonzept Maschinenraum
- ....

<sup>1</sup> Bildquelle: KIT

\* abhängig vom Motorkonzept. Zündstrahlmotoren höher. Bei Motoren mit Zündkerze kommen die Partikelemissionen zum überwiegenden Teil aus dem Öl

Quelle TSTV-Kunkel



# Conclusion

- Reduktion der Partikelemissionen in der Binnenschifffahrt ist möglich
- Dieselpartikelfilter als technische Lösung einsetzbar
- zusätzliche Potenzial sind durch neue Antriebskonzepte gegeben
- Finanzierung der Umgestaltungen für neue Antriebskonzepte (Entwicklung, Umbau, Infrastruktur) ist eine größere Herausforderung, als die technische Machbarkeit



Thank you for your attention.

