

Kreuzschiffahrten – sicher und öko?



Zusammenspiel von Motor, Kraftstoff und
Abgasnachbehandlungstechnik

Robert Brendel



Marine-Märkte



Fähren



Offshore-Versorger



Schnellfähren



Schüttgutfrachter



LNG Tanker



Containerschiffe



Baggerschiffe



Tanker



Kreuzfahrer



Bohrschiffe



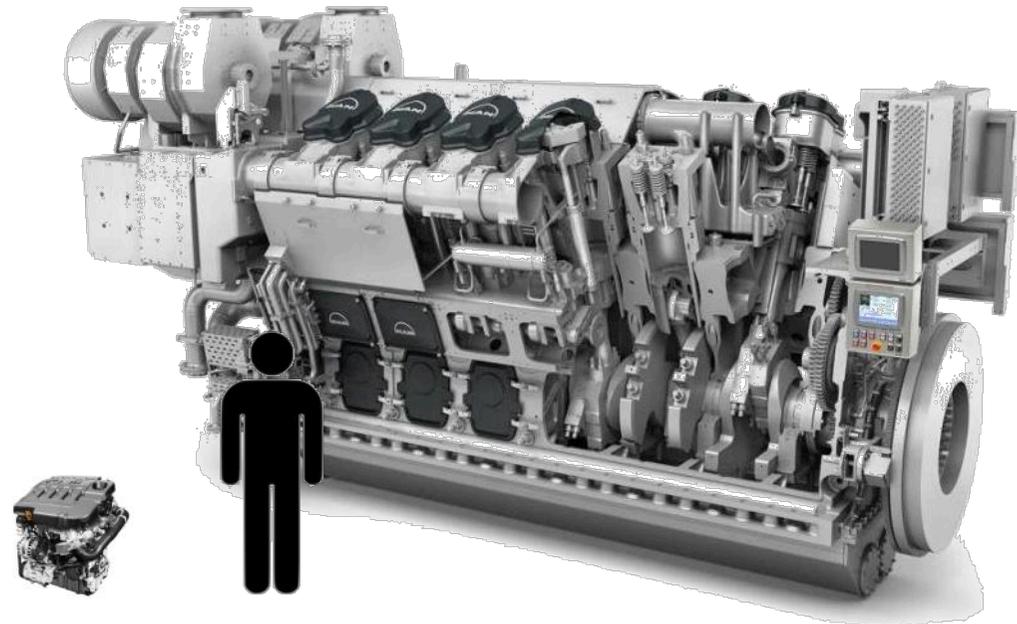
Yachten



Marine-Schiffe

MAN bedient alle Marine-Märkte

Größenvergleich Viertaktmotoren



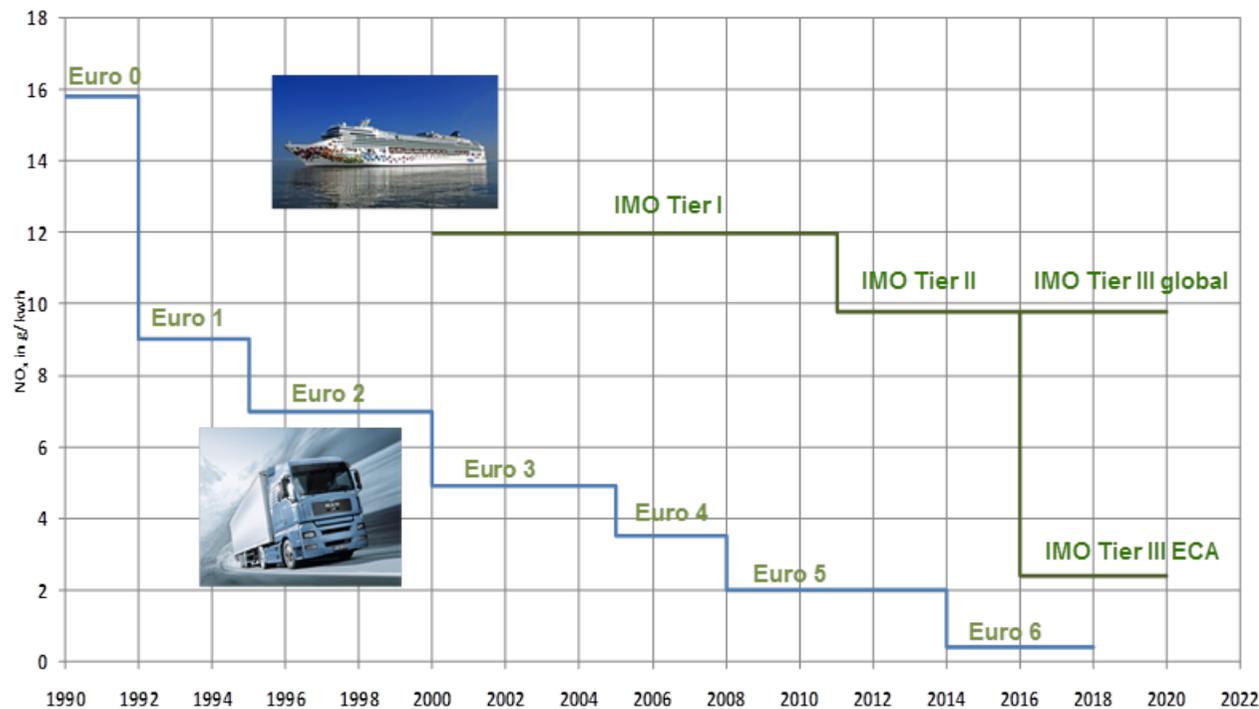
VW 2.0 TDI

MAN 12V32/44CR

Leistung	103 kW	7.200 kW
Kraftstoffverbrauch pro Tag (24h, 85% load)	490 kg	25.500 kg
Effizienz	$\eta = 36\%$ 233 g/kWh	$\eta = 50\%$ 174 g/kWh
Gewicht	150 kg	70.000 kg

Übersicht Emissionsstandards

NO_x



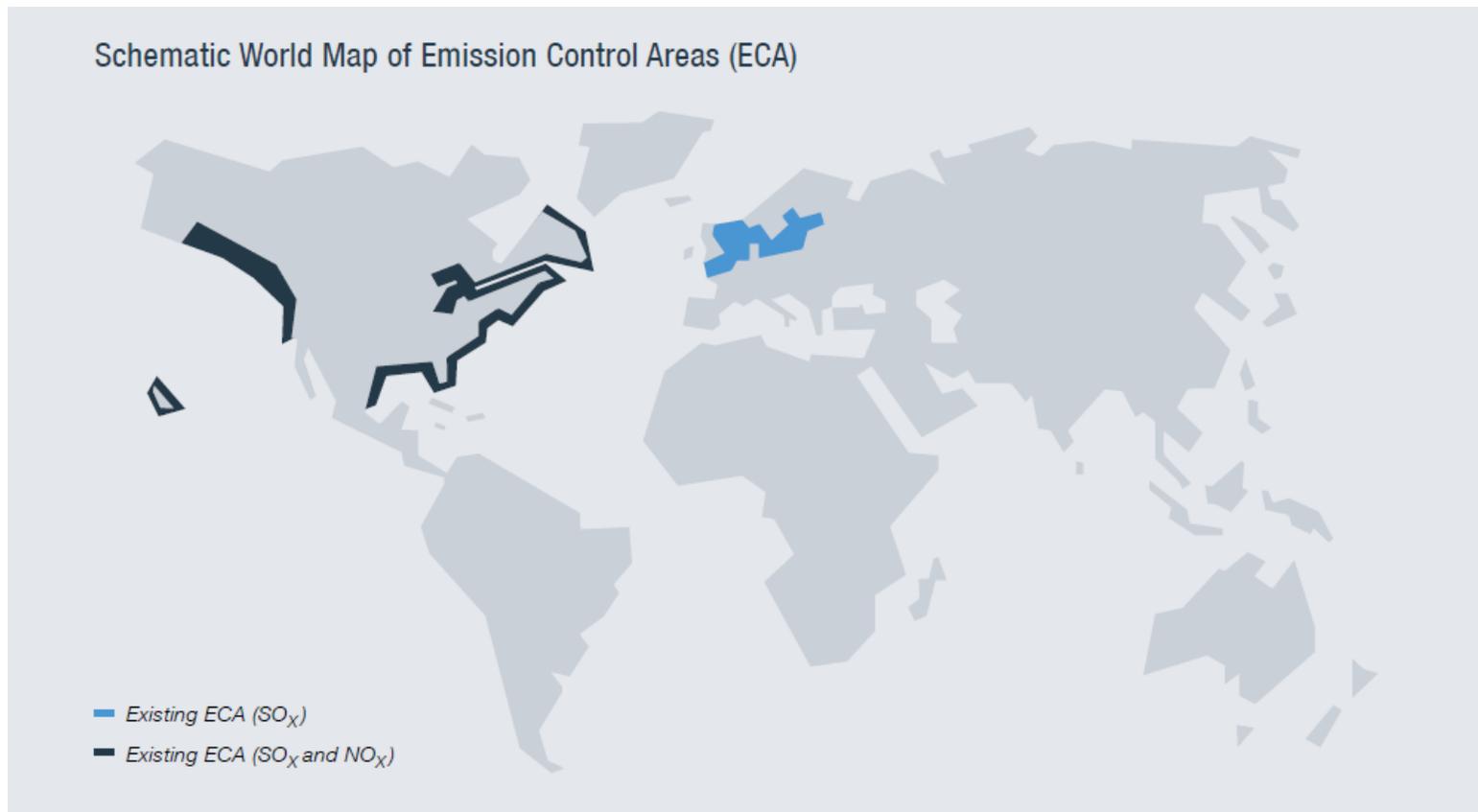
Ähnlich den Euro-Normen für den Landverkehr müssen ab 2016 gebaute Schiffe ihren NO_x-Austoß in bestimmten Kontrollzonen (ECAs) um 75% senken.

Übersicht Emissionsstandards

Weltkarte



Schematic World Map of Emission Control Areas (ECA)



SO_x ECAs:

US Küste + Karibik teilw. + Ostsee
+ Nordsee + Ärmelkanal

NO_x ECAs:

US Küste + Karibik teilw.

Technische Lösungen



Lösungen für

NO_x

SO_x

CO_2

Abgasrück-
führung (AGR)

Schwefelarmer
Kraftstoff
(MGO)

Effizientere
Propulsions-
anlagen

Katalysatoren
(SCR)

Abgaswäscher
(Wet Scrubber)

Gas als Kraftstoff



6L35/44DF

Gas als Kraftstoff kann
alle drei Aufgaben lösen

Technische Lösungen

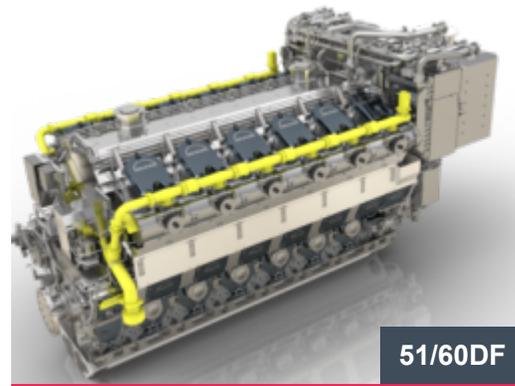
Gas als Kraftstoff: 4-Takt- und 2-Takt-DF-Motoren



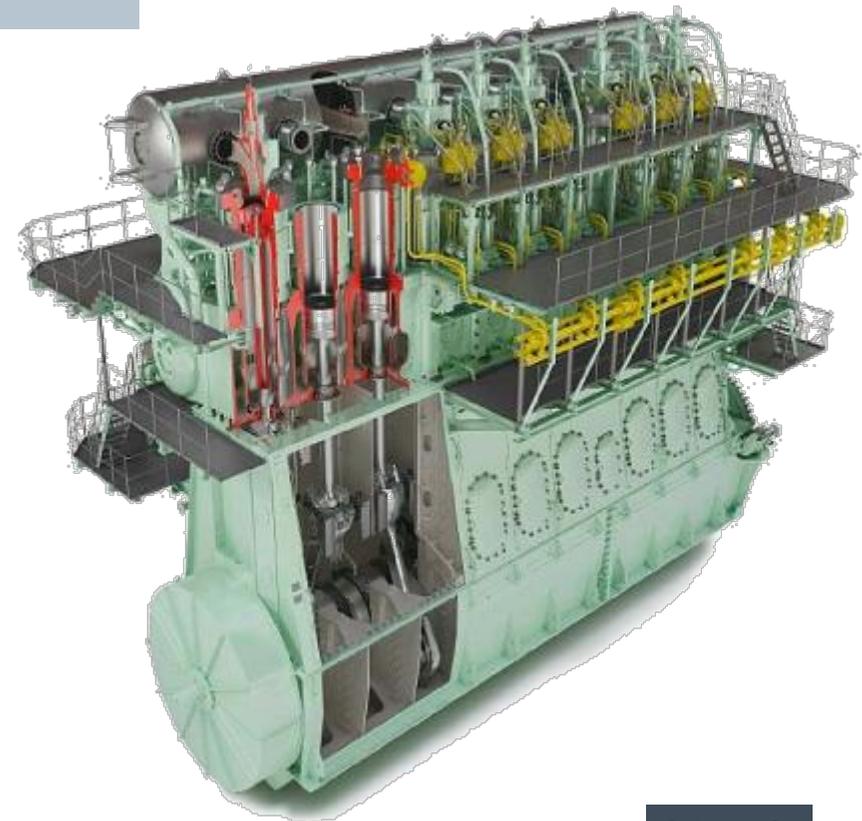
MAN bietet Zweistoffmotoren (Gas und Flüssigkraftstoff) für alle Schiffstypen an.



35/44DF



51/60DF



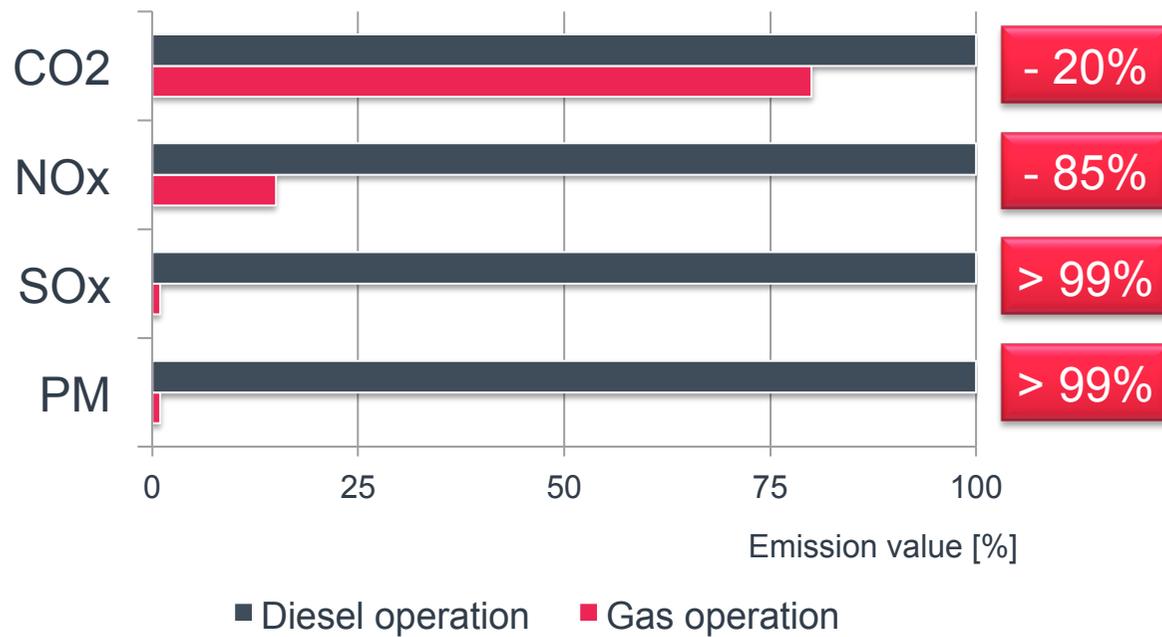
S90ME-GI

Technische Lösungen

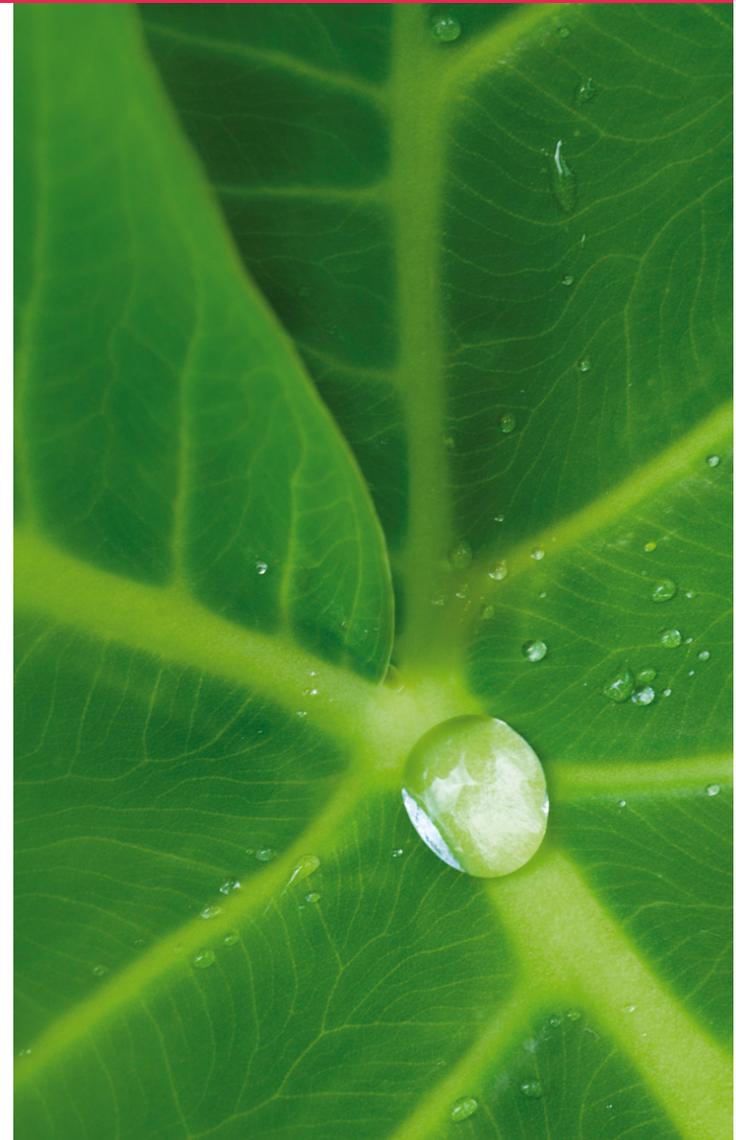
Emissionsreduktion durch Gas



Gas vs. Diesel



MAN 4-Takt DF Motoren erreichen die IMO Tier III Grenzwerte im Gasmodus ohne Abgasnachbehandlung



Gasmotorreferenzen für den 51/60DF



600,000

Mittlerweile haben MAN Dual-fuel Motoren etwa 600,000 Betriebsstunden in kommerziellen Anwendungen (6.000h => ein Jahr)

140

Motoren sind bisher für LNG Tanker und für die dezentrale Stromerzeugung bestellt worden.

15

Aktuell befinden sich weitere fünfzehn LNG Tanker im Bau.



Picture: EN Elcano SA

Technische Lösungen



Lösungen für

NO_x

SO_x

CO₂

Abgasrück-
führung (AGR)

Schwefelarmer
Kraftstoff
(MGO)

Effizientere
Propulsions-
anlagen

Katalysatoren
(SCR)

Abgaswäscher
(Wet Scrubber)

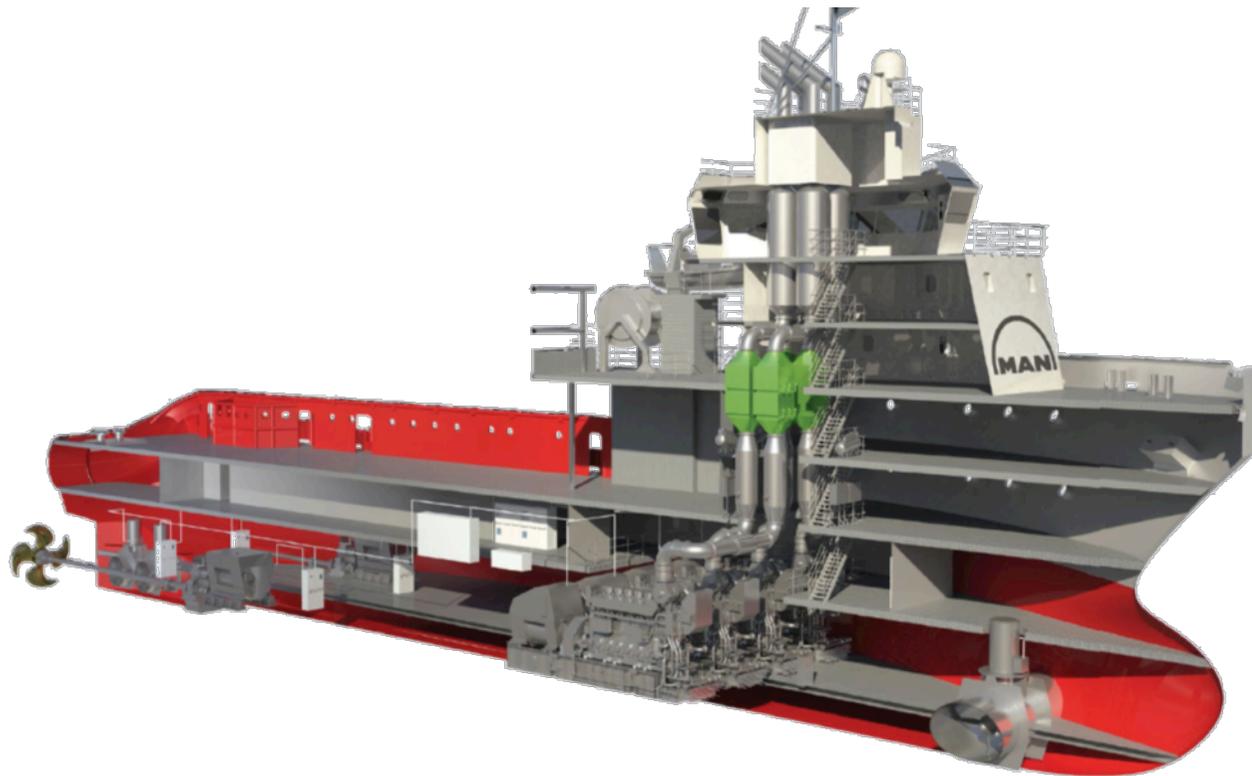
Gas als Kraftstoff



6L35/44DF

Technische Lösungen

NOx Reduktion durch SCR



**MAN bietet komplette SCR-Anlagen zur Reduktion von NO_x an.
Eine 10 MW-Anlage verbraucht ca. 110 kg Urea /h (Kraftstoffverbrauch ca. 1,5 t/h)**

MDT-SCR Entwicklung

Drei Schritte zum Erfolg



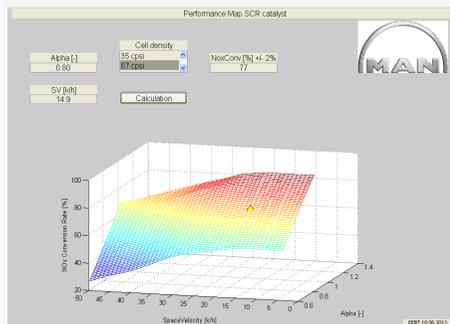
1st step



Synthesegas-Prüfstand



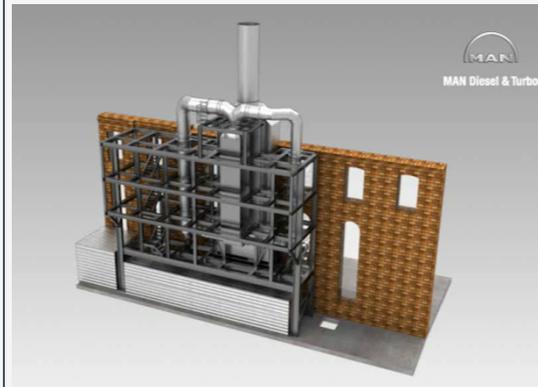
Auslegungsmodell SCR



2nd step



Komplettsystem-Prüfstand



CentAur

Komplettsystemtest am Vollmotorprüfstand bei MAN Diesel & Turbo SE am Standort in Augsburg

3rd step



Feldtest auf der Petunia Seayways



> 15.000 Stunden stabiler und zuverlässiger Betrieb unter IMO Tier III Bedingungen

Zuverlässige Betriebsweise mit allen typischen Marine-Kraftstoffen nachgewiesen

SCR – Felderfahrung bei MAN

Wir wissen wie das geht!



MAN Truck & Bus – über 220.000 Einheiten mit über 50 Milliarden km SCR Erfahrung



MAN Diesel & Turbo – über 850 MW und über 200.000 Betriebsstunden SCR Erfahrung



MAN Diesel & Turbo

Robert Brendel



Abgasnachbehandlung bei MAN

Technische Lösungen



Lösungen für

NO_x

SO_x

CO₂

Abgasrück-
führung (AGR)

Schwefelarmer
Kraftstoff
(MGO)

Effizientere
Propulsions-
anlagen

Katalysatoren
(SCR)

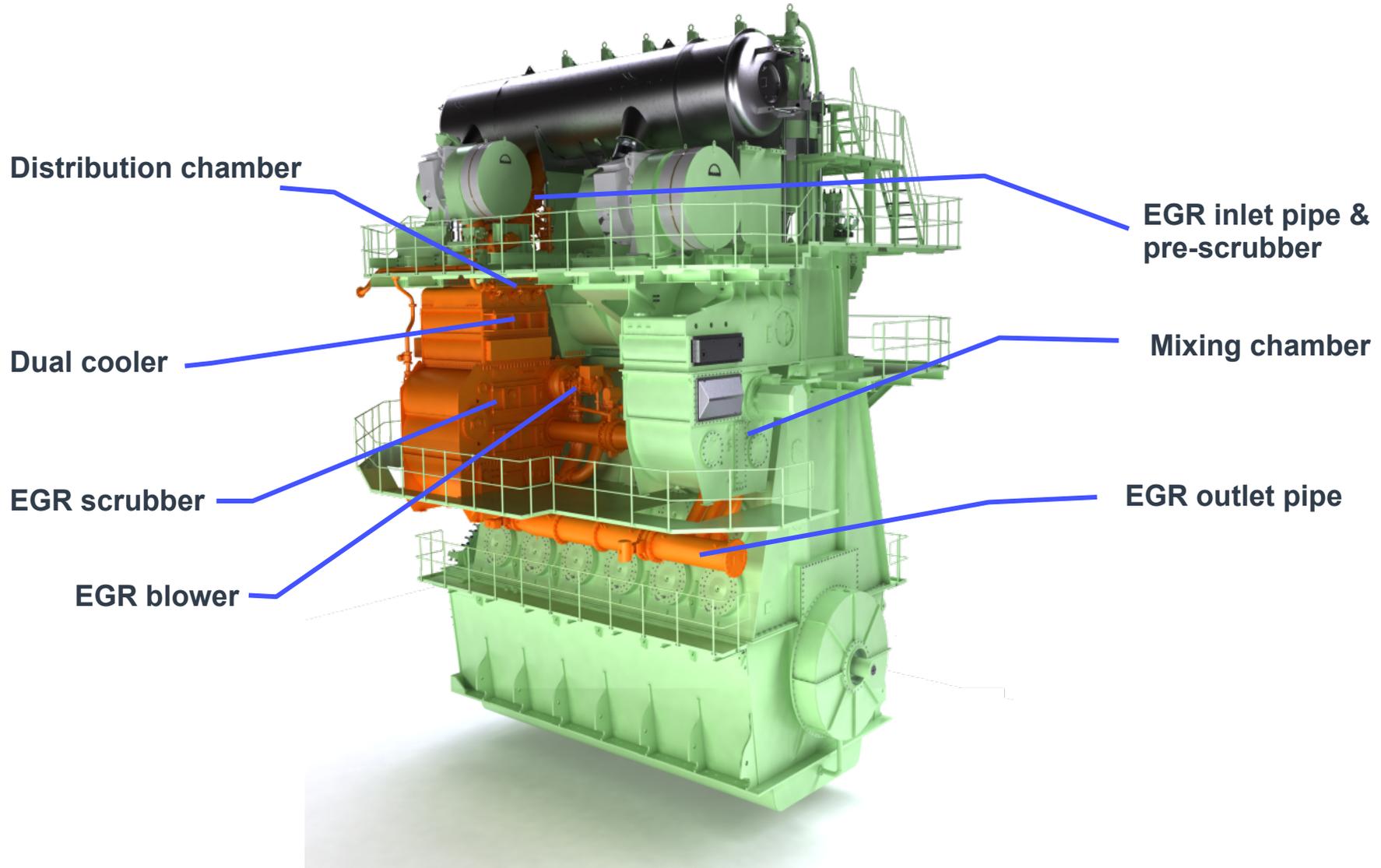
Abgaswäscher
(Wet Scrubber)

Gas als Kraftstoff



6L35/44DF

Abgasrückführung bei MAN 2-Takt Motoren

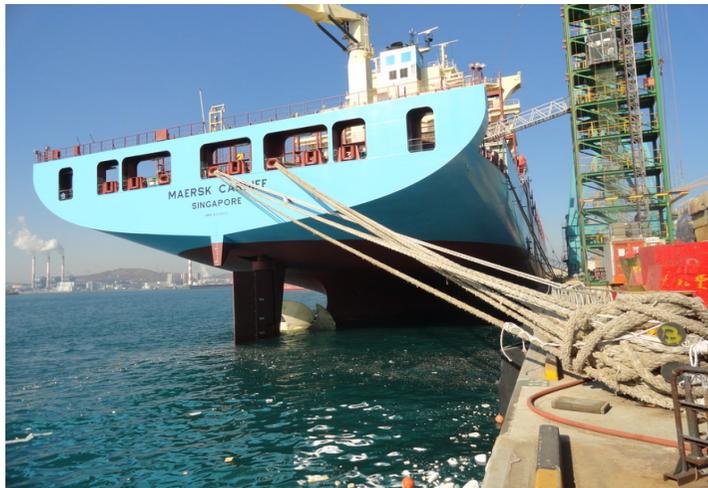


Abgasrückführung Felderfahrung



Alexander Maersk – getestet zw. 2010-2014

- >2400 h mit Schweröl bei 3% Schwefel
- “First of its kind”
- System wird von der Crew eigenständig betrieben



Maersk Cardiff – in Betrieb seit Februar 2013

- >2000 h mit Schweröl bei 3% Schwefel
- System wird von der Crew eigenständig betrieben

Technische Lösungen



Lösungen für

NO_x

SO_x

CO₂

Abgasrück-
führung (AGR)

Schwefelarmer
Kraftstoff
(MGO)

Effizientere
Propulsions-
anlagen

Katalysatoren
(SCR)

Abgaswäscher
(Wet Scrubber)

Gas als Kraftstoff

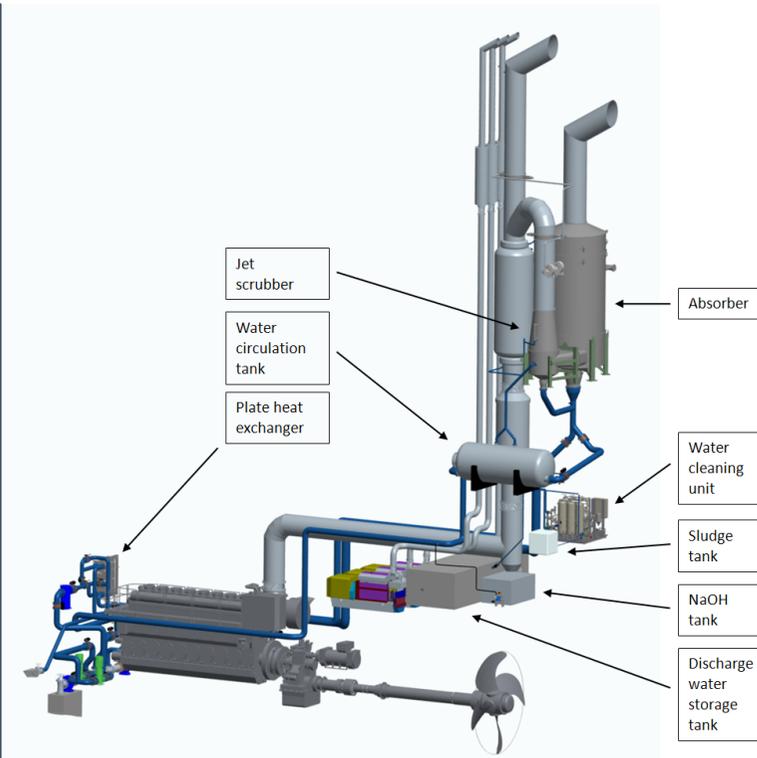


6L35/44DF

Entschwefelung von Schiffsabgasen



- Hybrid Systeme:
Seewasser (offen) & Frischwasser mit Natronlauge (geschlossen)
- Seewasser Betrieb
→ niedrigste Betriebskosten und etabliert mit vielen Betriebsstunden
- Sehr komplexe und kostenintensive Installationen
- Schweröl kann weiterhin verwendet werden
- Teils starker Einfluss auf Schiffsdesign
- Kombination mit SCR möglich





Ficaria Seaways – seit 2010

- >16.000 h mit Schweröl bei 3% Schwefel
- MAN 20.000 kW Antriebsmotor
- System wird von der Crew eigenständig betrieben
- Hybrid Installation



Viking Star – in Betrieb ab Januar 2015

- Geschlossenes System → kein Seewasser
- Vier MAN Motoren 32/44CR Diesel-Elektrisch

Entschwefelung von Schiffsabgasen



- MAN entwickelt keine Nasswäscher für den Hauptabgasstrom
- Nasswäscher sind bis dato neben **Marine Diesel** die begehrteste Technologie um den IMO SO_x Regularien beizukommen
- Es sind bisher etwa 200 Anlagen von etwa sechs unterschiedlichen Herstellern ausgerüstet oder bestellt worden.

Technische Lösungen



Lösungen für

NO_x

SO_x

CO₂

**Black
Carbon**

Abgasrück-
führung (AGR)

Schwefelarmer
Kraftstoff
(MGO)

Effizientere
Propulsions-
anlagen

Diesel
Particulate Filter
(DPF)

Katalysatoren
(SCR)

Abgaswäscher
(Wet Scrubber)

Gas als Kraftstoff

Gas als Kraftstoff kann
alle **vier** Aufgaben lösen

Partikelreduktion



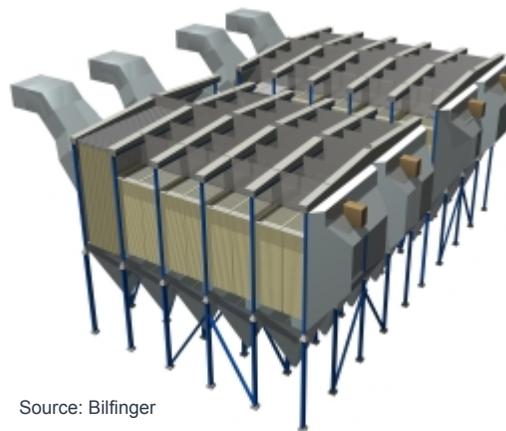
- Durch die Einhaltung der IMO Regularien wird bereits ein großer Beitrag zur Partikelreduktion geleistet
- Verschiedene Technologien sind grundsätzlich denkbar

Schlauchfilter



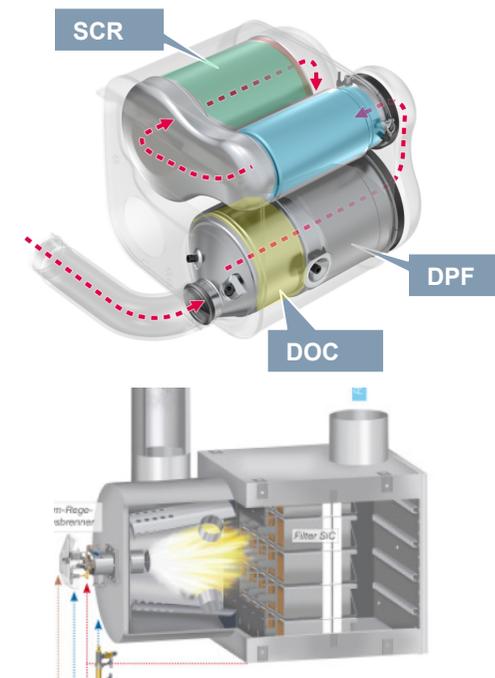
Source: Balcke Dürr

Elektrofilter



Source: Bilfinger

Diesel Particulate Filter



Landanlagen → ungeeignet für ein Schiff

Felderfahrung bei MAN zu DPF



- Schiff: Bro Deliverer
- Chemietanker
- DWT: 14,750 t, Länge: 147 m, Breite: 22 m, Tiefgang: 8.2 m
- Baujahr: 2006 Jinling shipyard, China
- Trockendock April 2011: DPF Installation & Start Feldtest

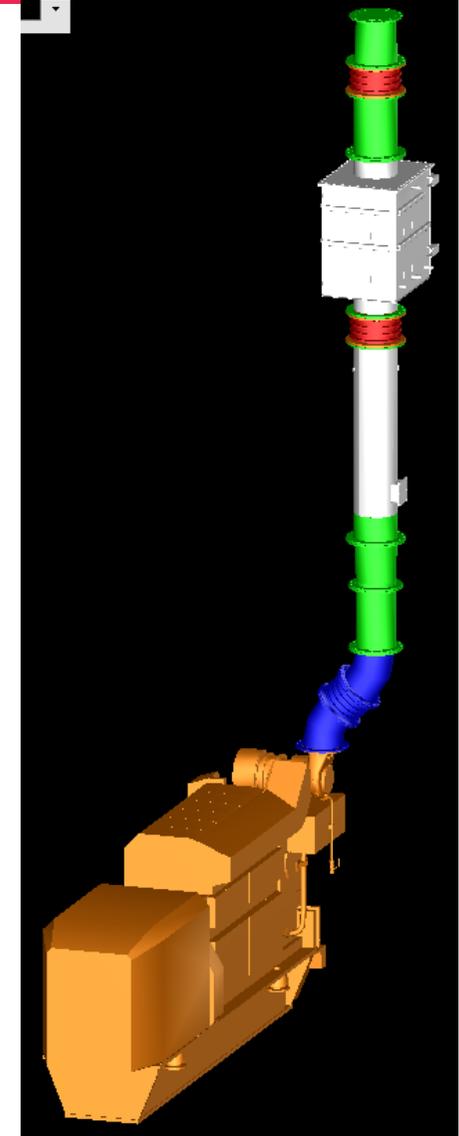
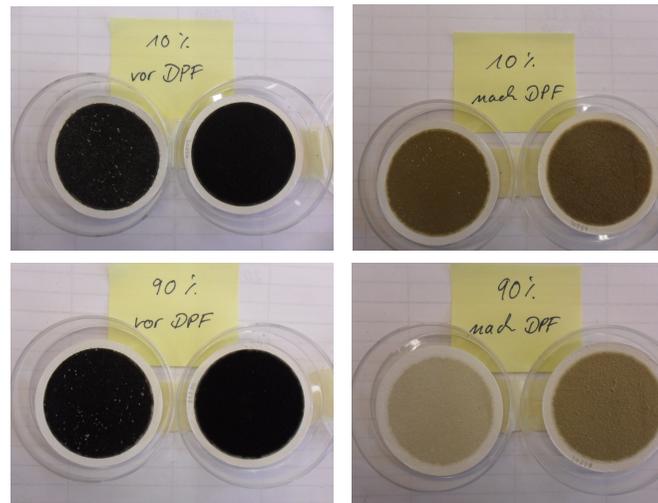


Felderfahrung bei MAN zu DPF



Ergebnisse

- Verblockung nach 700 h
- Partikelabscheidung von etwa 55%
- US-EPA Tier 4 PM Grenzwerte nicht erreicht



Partikelreduktion

Schlussfolgerung



- DPF nicht anwendbar für die **typischen Marine Kraftstoffe** (IFO, DMA, etc.)
- Hoher **Abgasgegendruck** → erhöhte CO₂ Emissionen
- **Sicherheit:** Verblockung kann zu Antriebsverlust führen
- Erhöhte **Betriebskosten** durch:
 - a. Abgasgegendruck (~80mbar) führt zu erhöhtem Kraftstoffverbrauch (CO₂)
 - b. zusätzliche Wartung
 - c. hochwertige Kraftstoffe und Schmierstoffe als Grundvoraussetzung
- **Eingeschränkter Leistungsbereich** <2.000 kW für den Einsatz an schnelllaufenden Dieselmotoren



Randbedingungen bisher nicht ausreichend für einen sicheren Einsatz von
DPF Systemen für die Hochseeschifffahrt

Zusammenfassung



- Die strengen Emissionsregularien bieten die Chance zu Wettbewerbsvorteilen durch Innovation für die deutsche maritime Industrie.
- MAN ist ein führender Hersteller bei der Entwicklung von effizienten und umweltfreundlichen Schiffsantrieben
- MAN fördert für Schiffsanwendungen die folgenden Technologien:
 - Gasmotoren mit Diesel-Fähigkeit
 - Katalysatoren (SCR) für alle Kraftstoffsorten
 - Wirkungsgradoptimierung des Gesamtsystems



Welche Voraussetzungen sind notwendig:

- Einheitliche internationale Regelungen
- Transparente Standards
- Langfristig planbare Perspektive
- Durchsetzung und Überprüfung der Vorschriften
- Sicherheit für Investitionen in Innovationen



Disclaimer



All data provided in this document is non-binding.

This data serves informational purposes only and is especially not guaranteed in any way. Depending on the subsequent specific individual projects, the relevant data may be subject to changes and will be assessed and determined individually for each project. This will depend on the particular characteristics of each individual project, especially specific site and operational conditions.

Gern beantworte ich jetzt Ihre Fragen



Robert Brendel

Section Manager

Head of Gas & Emission Technologies

Robert.Brendel@man.eu

Tel.: +49 (0)821 322 4189