

# viadonau

via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH

## **Cleanest Ship: Theoretische Grundlagen, Praxisbeispiele**

**2. Symposium Schifffahrt und Wirtschaft - Technische Innovationen in der  
Binnenschifffahrt**

**St. Pölten, 19. Oktober 2010**

Dr. Juha Schweighofer

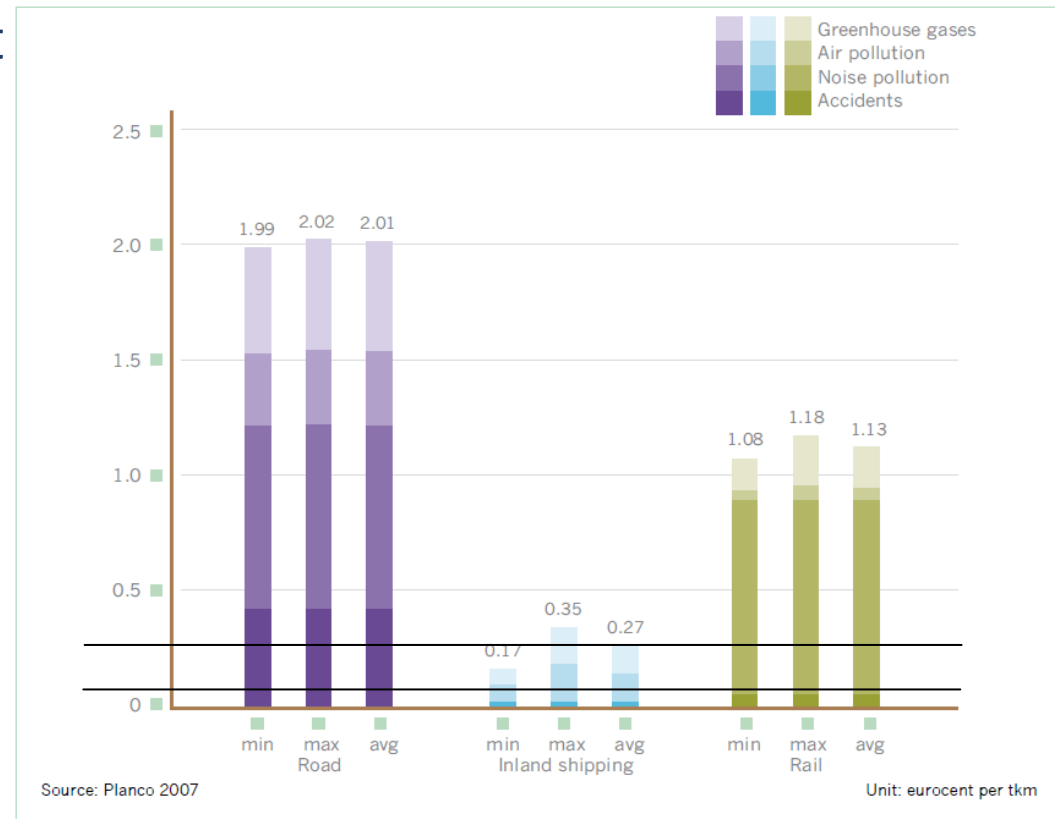
# Inhalt

- Warum „grüne“ Binnenschifffahrt?
- Vorschriften – Abgasemissionen
- Maßnahmen zur Reduktion von Abgasemissionen
- Praktische Beispiele
- Alternativen zum Gasöl?

# Einleitung (1)

- Die Binnenschifffahrt ist
  - **sicher**
  - **leise**
  - **umweltfreundlich**
  - **energieeffizient**
- Externe Kosten:  
**fast nicht vorhanden**,  
wenn Treibhausgase  
und Abgasemissionen  
verringert werden

External costs of modalities



The Power of Inland Navigation 2010-2011

viadonau/

# Einleitung (2)

- **Vergleich Binnenschifffahrt mit Straßentransport:**
  - Im Durchschnitt ca. 3-mal geringerer Energieverbrauch  
=> ca. 1/3 **CO2** Emissionen (per tkm)
  - **HC, CO** Emissionen beträchtlich geringer
  - **SOX** Emissionen hoch wegen hohen Schwefelgehalts des Kraftstoffs
  - Hohes Emissionsreduktionspotential hinsichtlich **NOX** und **PM** gegeben
  - **Motorenalter** und **Lebensdauer** höher; Austauschrate geringer (Schiff: ~ 15 J., Straße: ~ 5 J.)

viadonau

# Warum “grüne” Binnenschifffahrt? (1)

- **Schwerpunkt der EU Transportpolitik:** “Greening” des Oberflächentransports
- **Vorschriften** werden strenger
- **Gesellschaft:** gesteigertes Umweltbewußtsein => erhöhte Bereitschaft zum Kauf von umweltfreundlichen Produkten
- **Politische Unterstützung und Förderungen** für “grüne” Transportlösungen

# Warum “grüne” Binnenschifffahrt? (2)

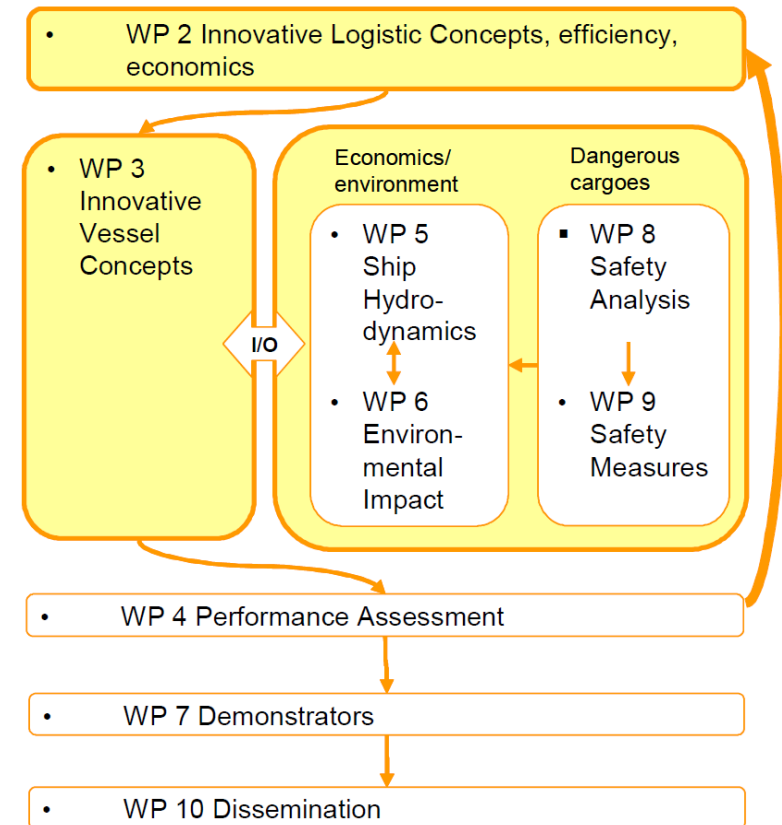
- Erste Trends in Richtung “labelling” of green transport
- Binnenschifffahrt in Wettbewerb mit Straße und Schiene, wobei die **Straße umweltfreundlicher in Bezug auf NOX und PM Emissionen** werden kann (EURO V, EURO VI Standard)
- **Umweltfreundlichkeit** ist ein **Schlüsselargument** für die Nutzung und Förderung der Binnenschifffahrt
- Die Binnenschifffahrt läuft Gefahr dieses Argument zu verlieren  
=> Notwendigkeit von unmittelbaren Maßnahmen zur Hebung der Umweltfreundlichkeit der Binnenschifffahrt.

viadonau

# Welche Möglichkeiten gibt es, um “grüner” zu werden?

EU Projekt **CREATING** (FP6)

- Bezüglich **SOX, PM und NOX**:
  - **Vorschriften und finanzielle Anreize**
  - **Kraftstoff**
  - **Maßnahmen an der Maschinenanlage**:
    - **Interne**
    - **Abgasvor- und Nachbehandlung**
- **Demonstrator**:  
“Cleanest Ship”



viadonau

# Vorschriften Kraftstoffe

- **Direktive 1999/32/EG:**

Max. Schwefelgehalt von Gasöl für die Binnenschifffahrt: 1000 ppm (= 0.1%) seit 1. Jänner 2008

- **Direktive 2005/33/EG:**

Max Schwefelgehalt von allen Kraftstoffen für die Binnenschifffahrt: 1000 ppm (=0.1%) seit Jänner 2010

- **Direktive 2009/30/EG:**

Ab 2011 maximaler Schwefelgehalt aller Kraftstoffe für die Binnenschifffahrt: 10mg/kg fuel (=10 ppm)

=> Reduktion der SOX Emissionen ca. 100 %!

viadonau

# Vorschriften Abgasemissionen

- Vorschriften der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR):  
**Stufe II** in Kraft seit 1. Juli 2007
- **Direktive 2004/26/EG:**  
**Stufe IIIA** (V1:1 – V1:3) seit 1.1.2007,  
höhere Motorenkategorien seit 1.1.2009

# Vorschriften Abgasemissionen

Tafel:  
**ZKR Stufe II**

PN [kW]	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO <sub>x</sub> [g/kWh]	PT [g/kWh]
18 ≤ PN < 37	5,5	1,5	8,0	0,8
37 ≤ PN < 75	5,0	1,3	7,0	0,4
75 ≤ PN < 130	5,0	1,0	6,0	0,3
130 ≤ PN < 560	3,5	1,0	6,0	0,2
PN ≥ 560	3,5	1,0	n ≥ 3150 min <sup>-1</sup> = 6,0 343 ≤ n < 3150 min <sup>-1</sup> = 45 · n(-0,2) - 3 n < 343 min <sup>-1</sup> = 11,0	0,2

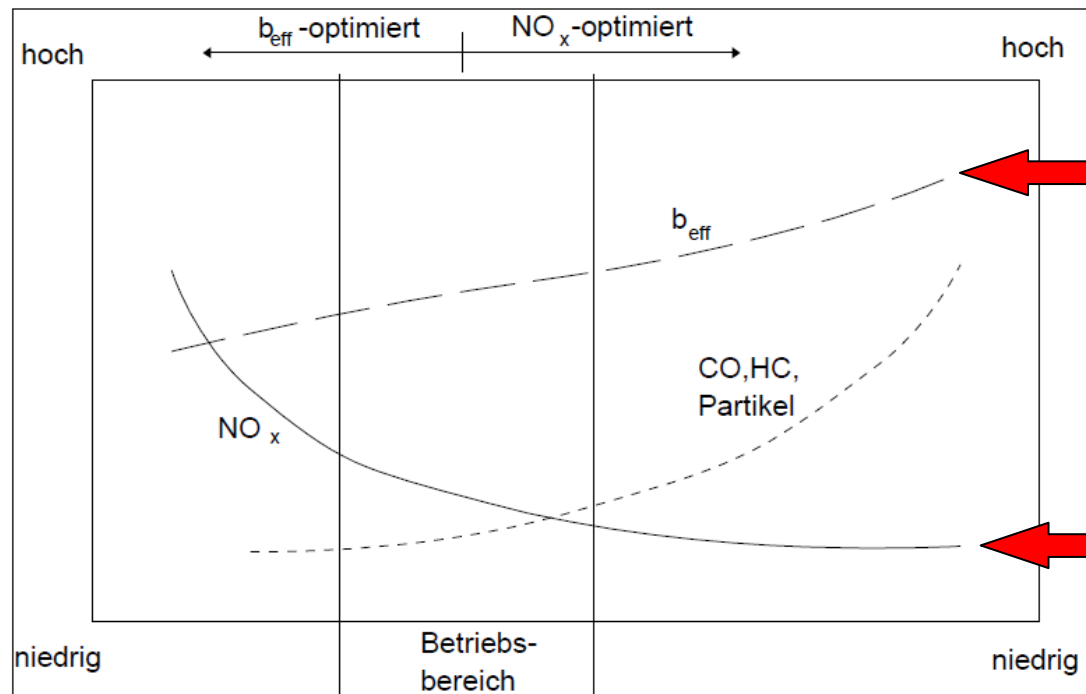
Tafel:  
**Direktive 2004/26/EG**  
**Stufe IIIA**

SV/P [Liter pro Zylinder/kW]	CO [g/kWh]	HC + NO <sub>x</sub> [g/kWh]	PT [g/kWh]
V1:1 SV < 0,9 & P ≥ 37 kW	5,0	7,5	0,40
V1:2 0,9 ≤ SV < 1,2	5,0	7,2	0,30
V1:3 1,2 ≤ SV < 2,5	5,0	7,2	0,20
V1:4 2,5 ≤ SV < 5	5,0	7,2	0,20
V2:1 5 ≤ SV < 15	5,0	7,8	0,27
V2:2 15 ≤ SV < 20 & P < 3300 kW	5,0	8,7	0,50
V2:3 15 ≤ SV < 20 & P ≥ 3300kW	5,0	9,8	0,50
V2:4 20 ≤ SV < 25	5,0	9,8	0,50
V2:5 25 ≤ SV < 30	5,0	11,0	0,50

Quelle: Zeitschrift für Binnenschifffahrt Nr. 9/2008 (Pauli, Schweighofer)  
PT = Partikel, SV = Zylindervolumen

# NO<sub>x</sub> Reduktion: Ein Dilemma!

Hoher Kraftstoffverbrauch und hohe PM Emissionen

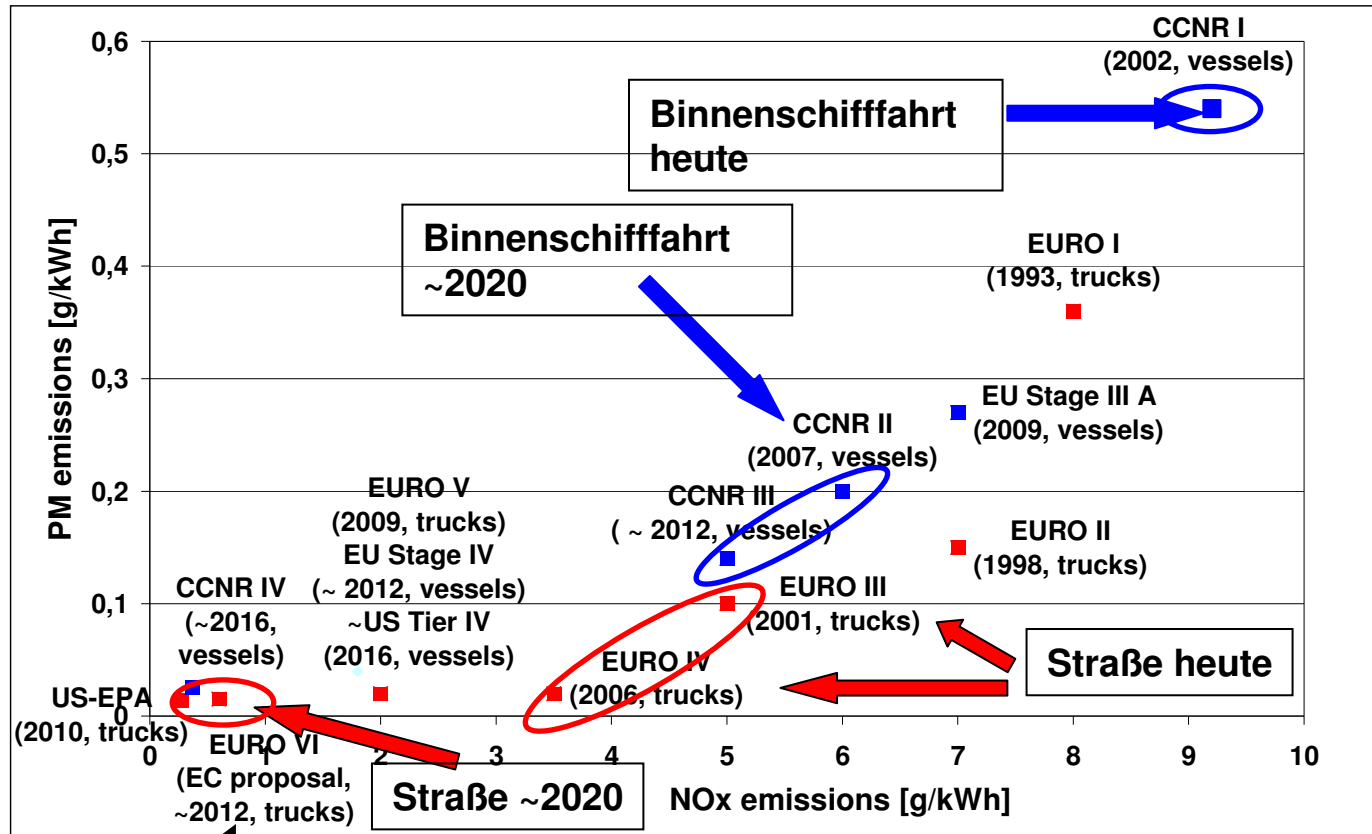


Niedrige NO<sub>x</sub> Emissionen

Quelle: Germanischer Lloyd Hamburg, Entwicklungspotenzial von Binnenschiffsmotoren zur Reduktion von Schadstoffen, 1998.

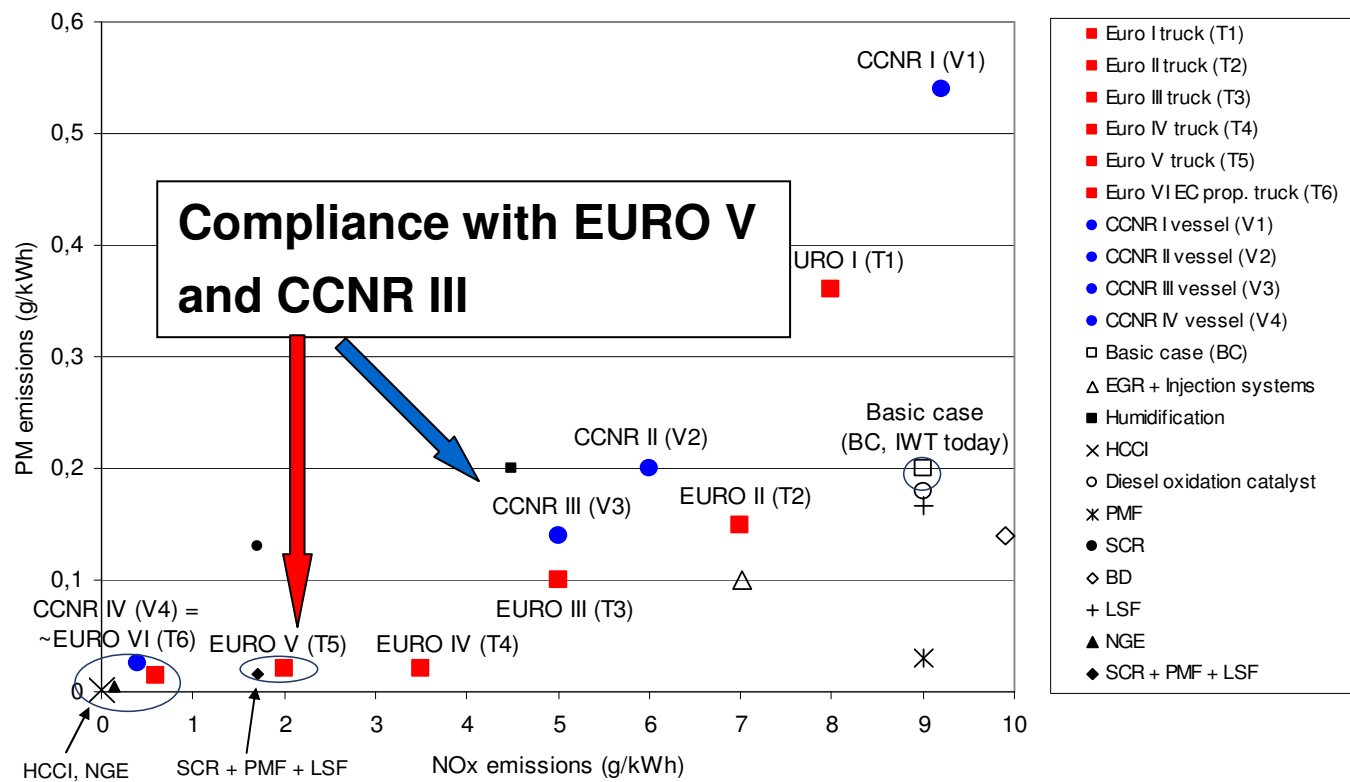
viadonau

# Vergleich: Binnenschifffahrt/Straße

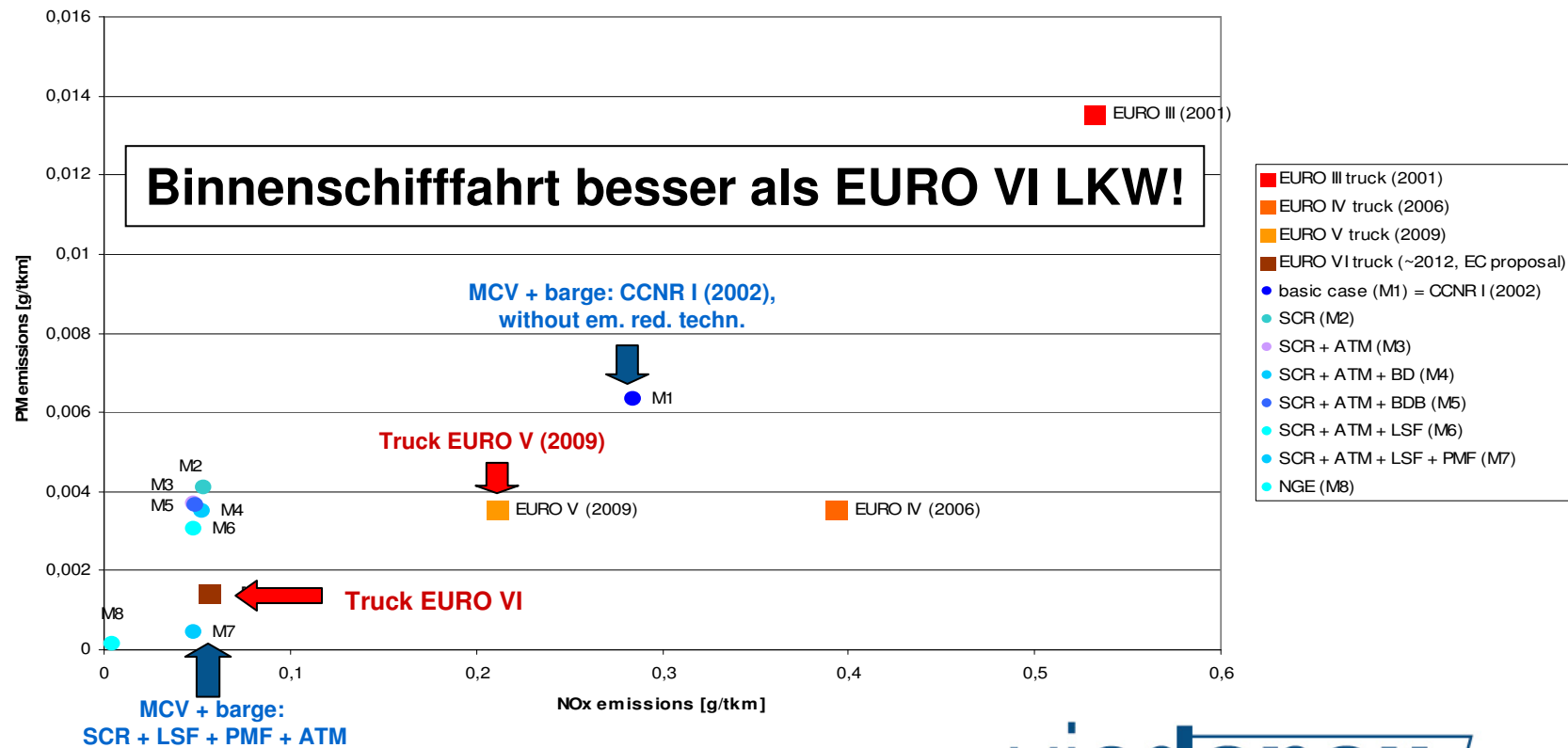


Average of 3 alternatives proposed

# Reduktion von Abgasemissionen CREATING



# Vergleich: Binnenschifffahrt/Straße Abgasemissionen in g/tkm



# Das Cleanest Ship Projekt



- Teil von FP6 EU Projekt CREATING in Kooperation mit BP
- Praktisch umsetzbare und effizienteste Maßnahmen zur Reduktion von Abgasemissionen:
  - SCR – Selective katalytische Reduktion
  - LSF – Schwefelarmer Kraftstoff
  - PMF – Partikelfilter
  - ATM - Tempomat
- Umsetzung im Schmieröltanker MV Victoria
- Messung und Aufzeichnung von: Kraftstoffverbrauch (FC), CO<sub>2</sub>, SOX, PM, NOX
- Offizieller Start der Demonstration: Rotterdam, 20. November 2007
- Endbericht: <http://naiades.info/page.php?id=664&path=80>

# Das Cleanest Ship

- **Schmieröltanker MV Victoria**
- **Besitzer:**  
**BP Shipping**
- **Betreiber:**  
**Verenigde Tankrederij (VT)**
- **Operativ:**  
**Gebiet um Rotterdam und Antwerpen**
- **Hauptabmessungen:**
  - **L = 69.9 m**
  - **B = 11.4 m**
  - **T = 2.96 m**
  - **dwt = 1377 t**



Bild: MV Victoria

viadonau

# Installationen



Figure 3.2: Main engine with complete installation.

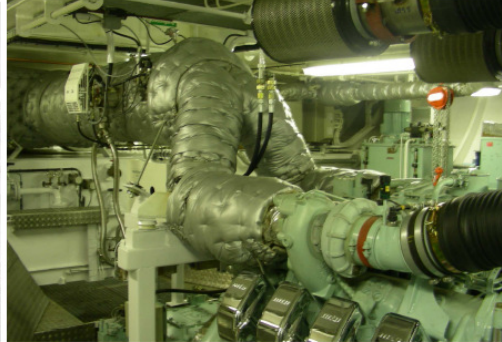


Figure 3.3: Exhaust output section.

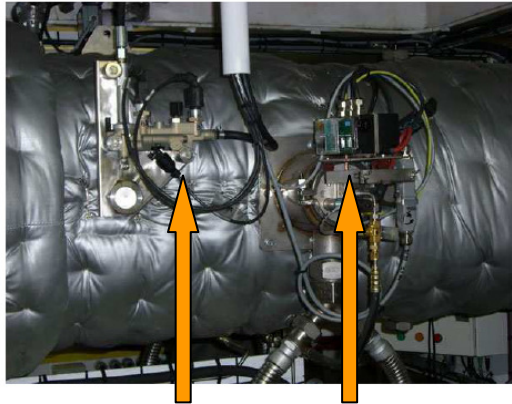


Figure 3.4: Urea injection and PM filter burner.



Figure 3.5: Urea tank in the aft ship.

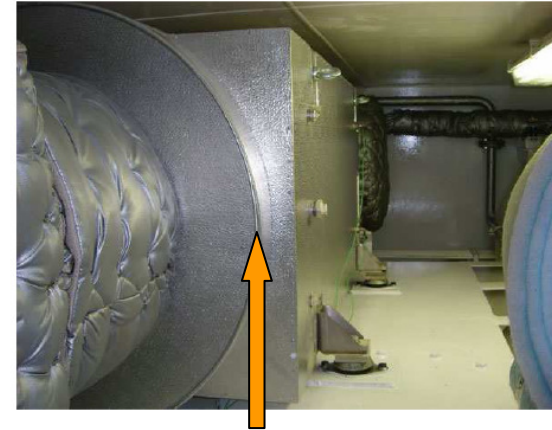


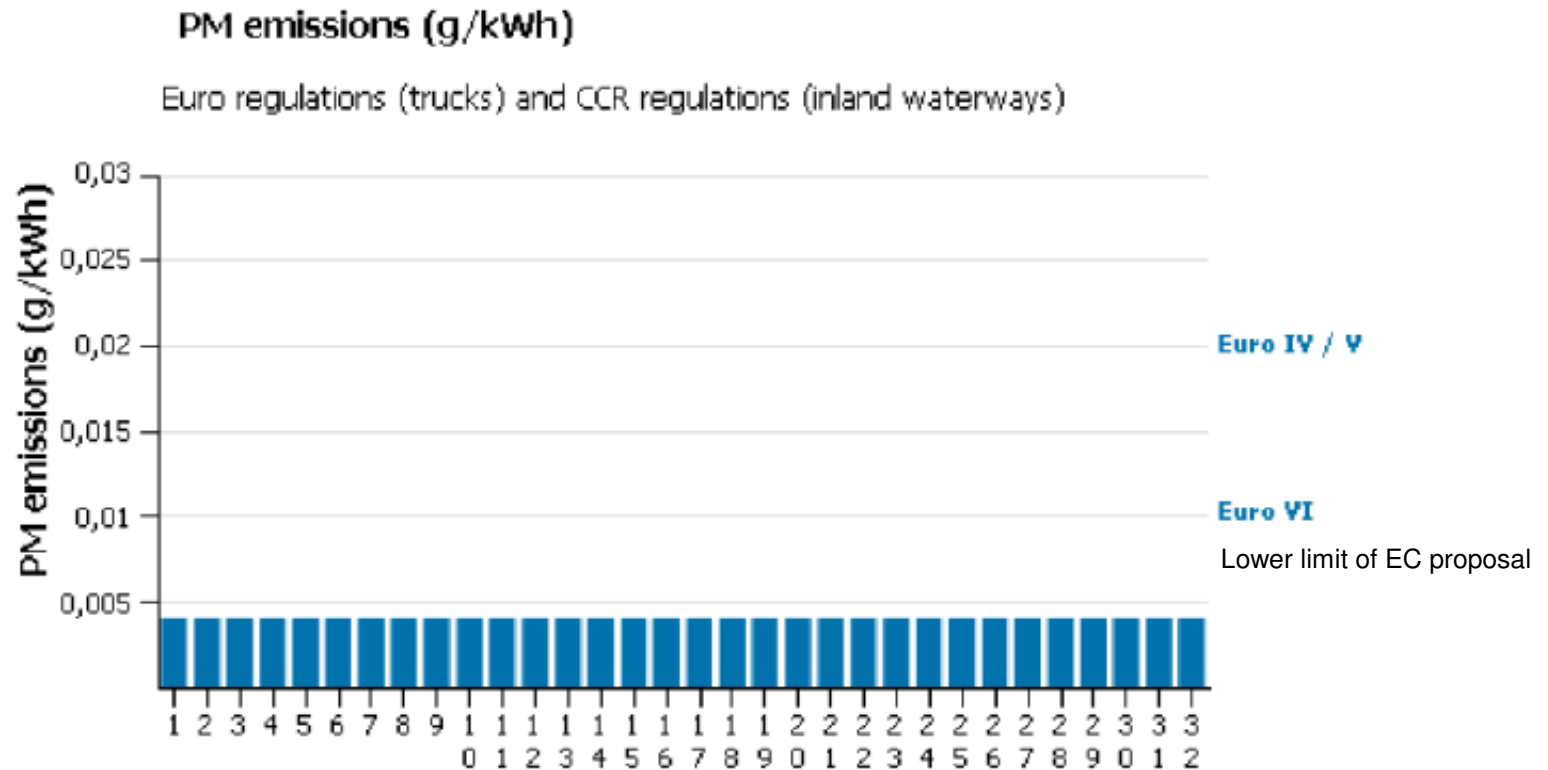
Figure 3.6: PM filter in the aft ship.

# Das Cleanest Ship - Ergebnisse

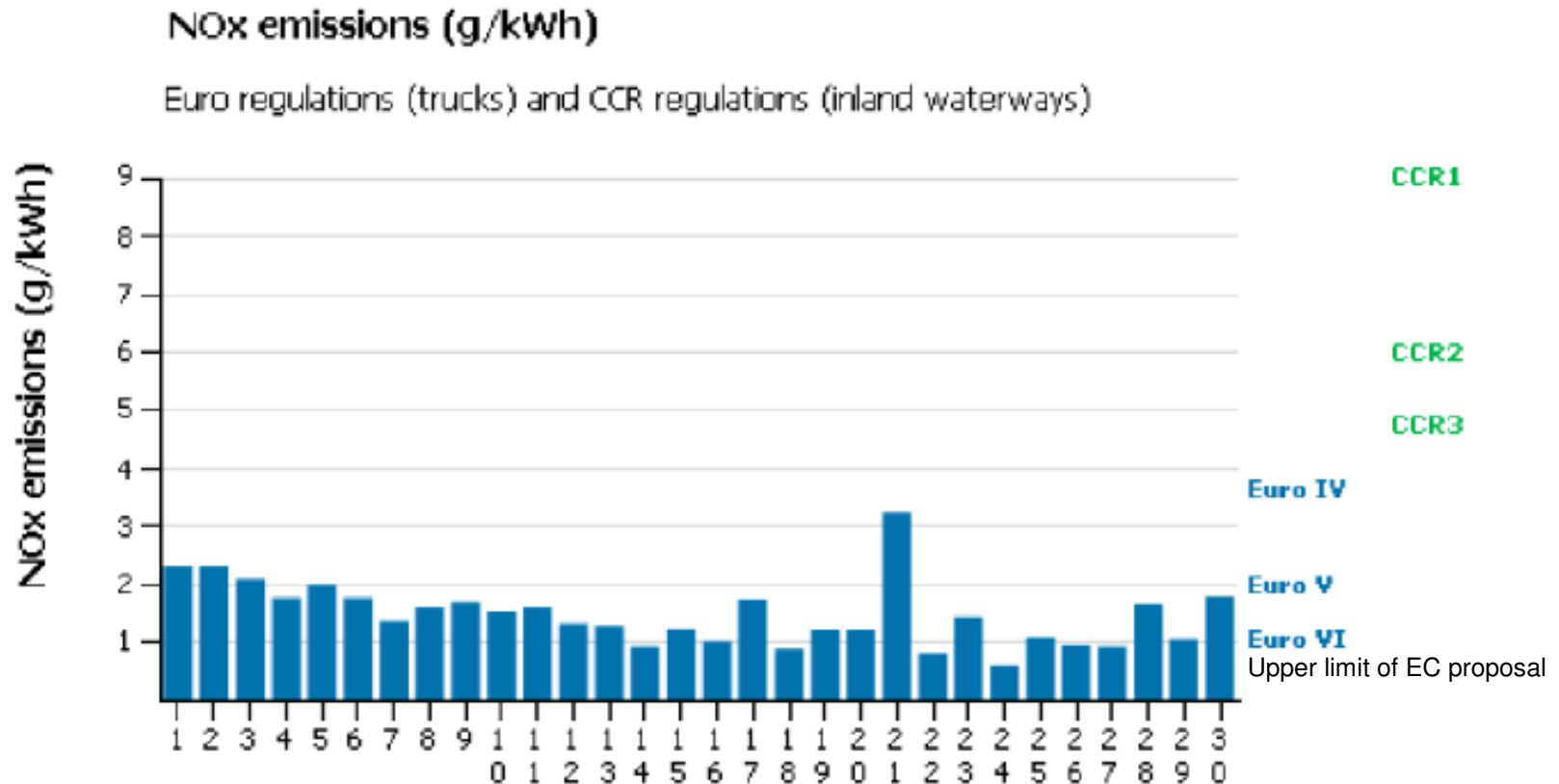
Tafel: Erreichte und erwartete Reduktion von Abgasemissionen

	NO <sub>x</sub>	PM	FC	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>
<b>Emissions without emission reduction techniques [g/kWh]</b>	8	0.15	203	644	0.81
<b>Emissions with emission reduction techniques [g/kWh]</b>	2.2 – 0.8	0.004	203	644	0.004
<b>Total emission reduction [g/kWh]</b>	5.8 – 7.2	0.146			0.806
<b>Total emission reduction [%]</b>	72.5 – 90.0	97			99.5
<b>Total emission reduction expected [%]</b>	86	96	5	5	99.5

# Beispiel für Ergebnisse (PM) auf [www.cleanestship.eu](http://www.cleanestship.eu)



# Beispiel für Ergebnisse (NOX) auf [www.cleanestship.eu](http://www.cleanestship.eu)



viadonau/

# Erfahrungen im Betrieb

- **Keine speziellen Probleme**
- **NOX:**
  - Unerwartet hohe NOX Emissionen (2g/kWh) im Leerlauf, da die Abgastemperaturen nicht passend für effiziente Reduktion von NOX und NOX Emissionen an sich höher im Teillastbereich sind.
- **PM:**
  - Sehr schwer zu messen, nicht sinnvoll im Betrieb
  - Kein Verstopfen der Filter, da automatische Regenerierung => zuverlässiger Betrieb
  - Asche sammelt sich in Filter => Entfernung einmal innerhalb von 1 bis 2 Jahren Betrieb
- **Messung von Kraftstoffverbrauch** ungenau (ca. 10%), da Wechselwirkung zwischen Messeinrichtung und Maschinenrauminstallationen

# Beispiele: Futura Carrier und MTU

- **MS Futura Carrier** und **MTS Till Deymann:**
  - Beträchtliche Reduktion von PM und NOX Emissionen: ZKR Stufe III (2012) erreicht
  - Probleme: Druck am Motor, Additive zur Verhinderung der Aschebildung (bei 2000 ppm)
- MTU - DPF in **Lokomotiven:**
  - Reduktionsrate >90 %
  - Passive Regeneration
- MTU – DPF in **MS Willi Raab:**
  - Reduktionsrate >90%
  - Aktive Regenration mit eigenem Brenner, da die T nicht hoch genug für passive Regeneration
- MTU - **RORO Fähre Meersburg** am Bodensee:
  - DPF: >90 % weniger Partikelemissionen erwartet
- MTU – **Allgemeine Erfahrungen** (Schiffe, Lokomotiven, Kraftwerke): **guter und zuverlässiger Betrieb** der Systeme zur NOX- und PM-Reduktion

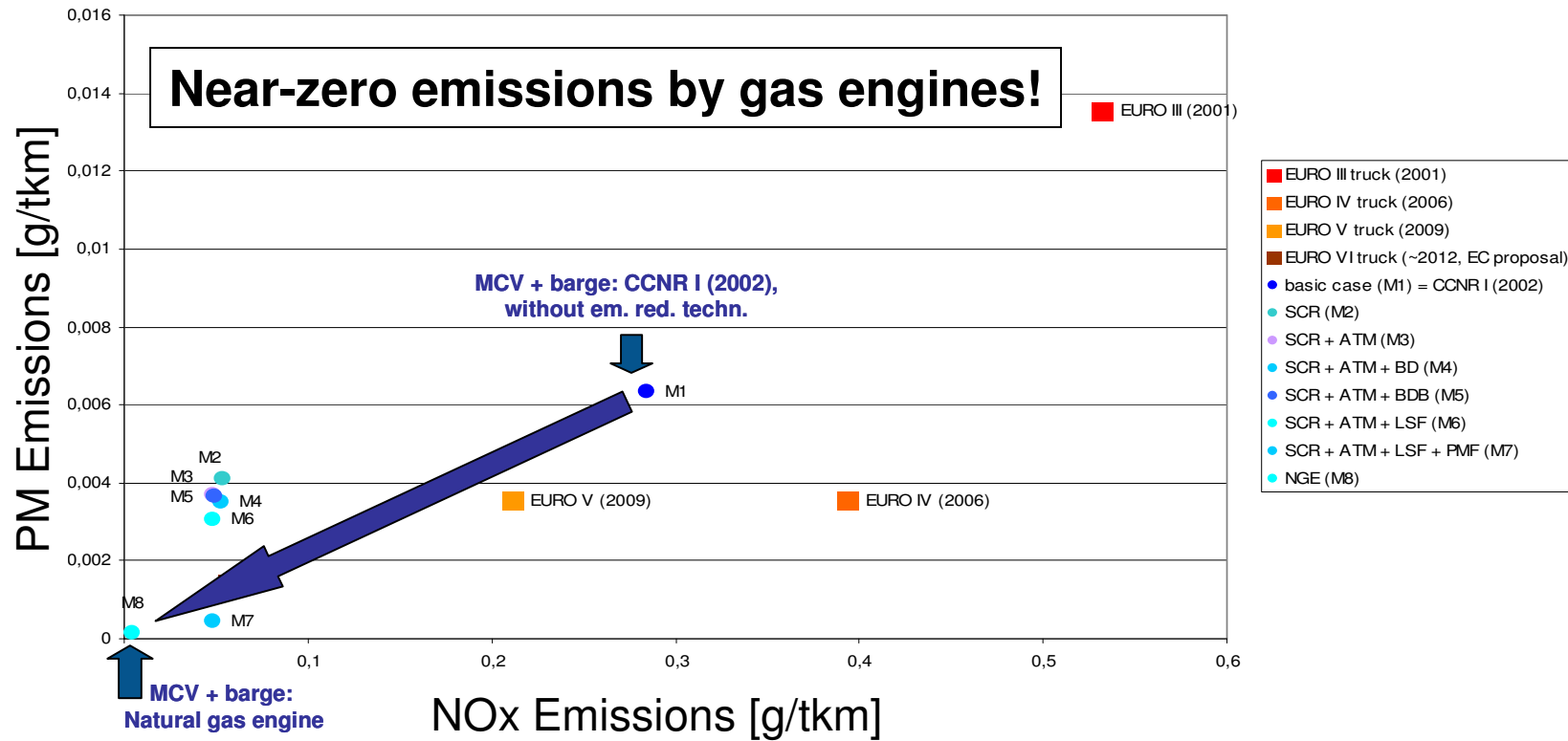
viadonau

# Alternative Kraftstoffe – Erdgas

- **Verfügbar als:**
  - CNG – komprimiertes Erdgas
  - LNG – verflüssigtes Erdgas
- **Es funktioniert:**
  - Fähren, Kanalboote, Versorgungsschiffe, LNG Tanker
  - Germanischer Lloyd: in 5 Jahren erste kommerzielle Frachtschiffe in Küstenfahrt
- **Erste Studien bezüglich Binnenschifffahrt:**
  - Niederlande
  - Österreich: LDS Projekt gefördert vom Klimafonds (Neue Energien 2020, Konsortium: TU Wien, Salzburg AG, via donau)

viadonau

# Reduktion von Emissionen

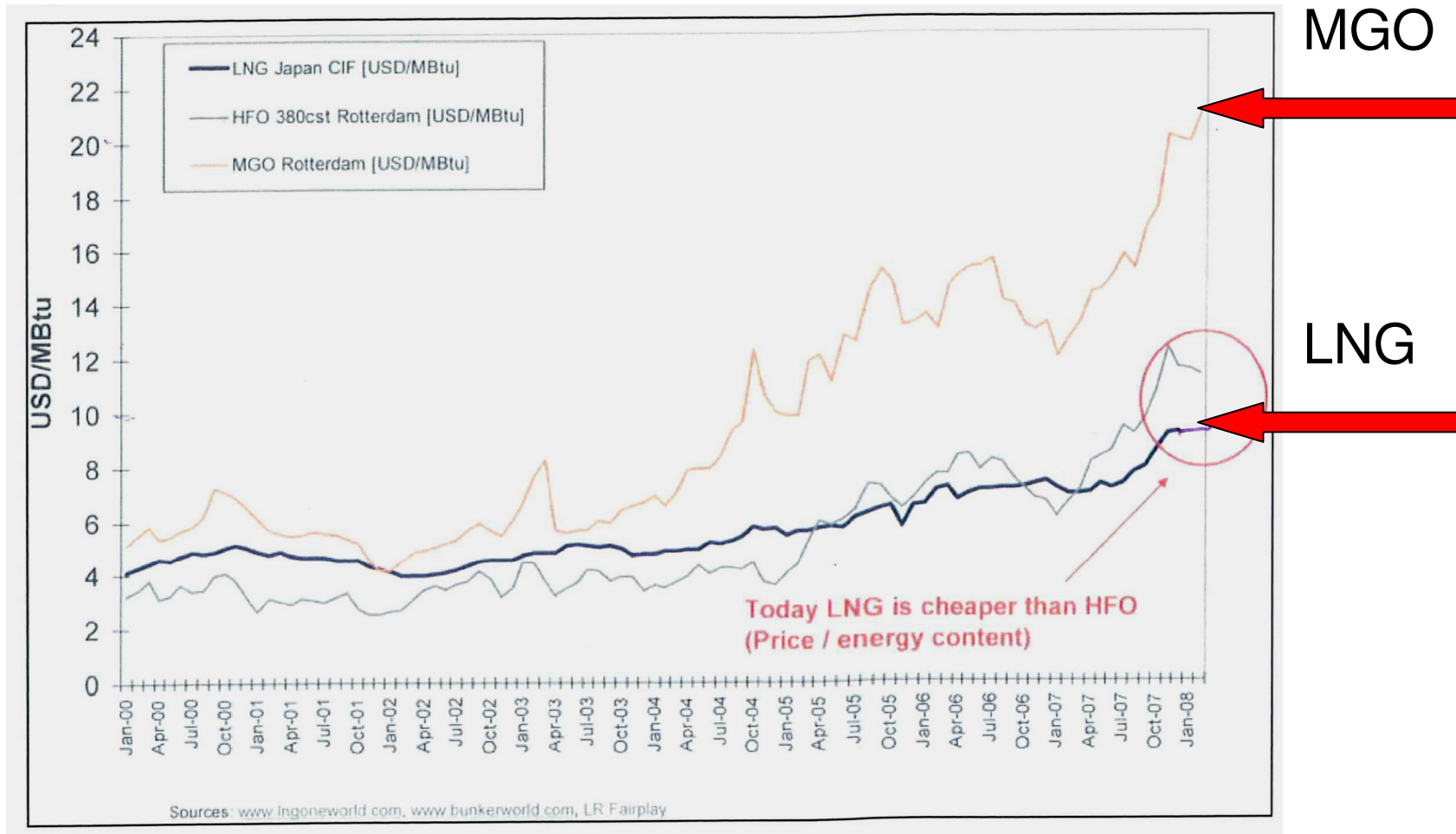


CO<sub>2</sub>: - 10 bis - 25%

SO<sub>x</sub>: - 100 %

viadonau

# Reduktion der Kraftstoffkosten



Jährliche Kraftstoffkosten mit MGO: 400 000 EUR =>  
Jährliche Einsparungen: 200 000 EUR!

viadonau

# Zusammenfassung

- **Hohe Energieeffizienz der Binnenschifffahrt** nicht mehr ausreichend für Überlegenheit hinsichtlich aller Abgasemissionen (NOX, PM)
- **Hocheffektive Technologien** sind erhältlich (SCR, PM Filter, schwefelarmer Kraftstoff, Tempomat)
- **Alternative Kraftstoffe:** Erste Entwicklungen viel versprechend
- **Anwendung in Binnenschifffahrt:**
  - => **beträchtliche Reduktion der Abgasemissionen**
  - => **Erfüllung** von **ZKR III** und **EURO V**
  - => **Überlegenheit zum Straßentransport** in Bezug auf **alle relevanten Abgasemissionen** (in tkm, sogar EURO VI)
- **Grundvoraussetzung: Verfügbarkeit von finanziellen Mitteln** durch **Förderungen** und **ausreichende Fahrwasserverhältnisse**

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

**Juha Schweighofer**  
D.Sc., Mitglied der Royal Institution of Naval Architects

**via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH**

**A-1220 Wien, Donau-City-Strasse 1**

**Tel +43 (0)50 4321 1624, Fax +43 (0)50 4321 1050,**

**juha.schweighofer@via-donau.org, [www.via-donau.org](http://www.via-donau.org)**

**Referenzen:** <http://www.via-donau.org/wissen/publikationen/fachartikel/>  
[www.cleanestship.eu](http://www.cleanestship.eu)  
[www.creating.nu](http://www.creating.nu)

**viadonau**