

# Schiffsemissionsmessungen

## vor und nach dem 01.01.2015



**\*EXZELLENT.**

**Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht**  
Zentrum für Material- und Küstenforschung



BUNDESAMT FÜR  
SEESCHIFFFAHRT  
UND  
HYDROGRAPHIE



Messung des Einflusses von Schiffsemissionen  
auf die marine Troposphäre über Nord- und Ostsee

*Forschungsprojekt*

*des Instituts für Umweltphysik der Universität Bremen,  
gefördert durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*

[www.mesmart.de](http://www.mesmart.de)

Vortrag von Dr. Barbara Mathieu-Üffing (IUP/Universität Bremen, BSH-Labor Hamburg-Sülldorf)  
beim Meeresumweltsymposium Hamburg, 28.05.2015

# Schiffsemissionen und deren mögliche Auswirkungen

(Fern-)Transport von Partikeln und Stoffen, **Deposition**

Bildung von **Kondensationskeimen, heterogene Reaktionen**  
(-> Eyring et al., 2007)

**Gasförmige Emissionen** (u.a.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , CO, leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe VOCs)

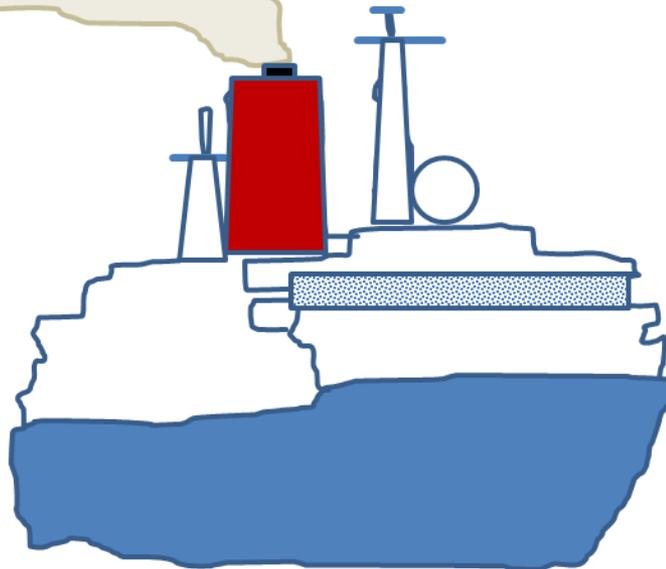
**Feinstaub-Partikel** (insbes. Ruß, organische Schadstoffe, Schwermetalle)

**Gesundheitsgefährdung:** Herz-Kreislauf- und Lungenprobleme, z.T. toxische und kanzerogene Wirkung  
(-> Corbett et al., 2007)

**Einfluss auf**

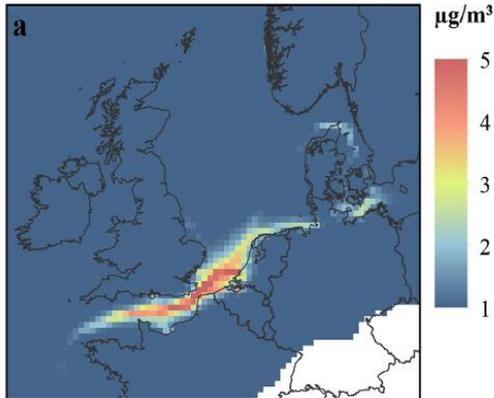
- **Bewölkung**
- **Niederschlag**
- **Albedo**

- **Saurer Regen**
- **Eutrophierung**
- **Smogbildung**
- **Einfluss auf das Klima**



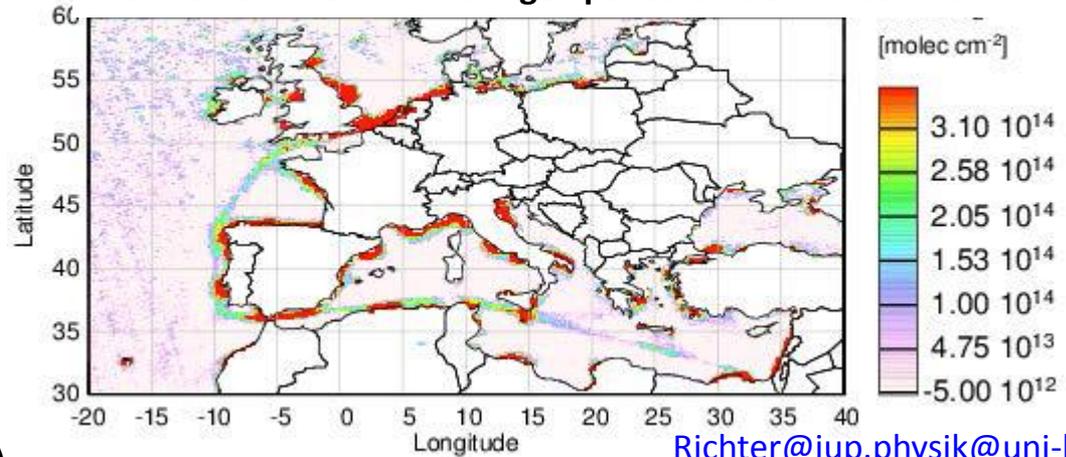
# NO<sub>2</sub>-Belastung durch Schiffsemissionen und Szenario bis 2030 – mit und ohne NECA

Modell-Ergebnis:



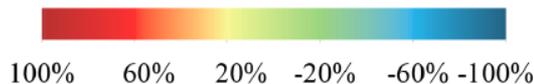
Referenz (Belastung 2011)

NO<sub>2</sub> von Schiffen – Messungen per Satellit OMI 2004-2011

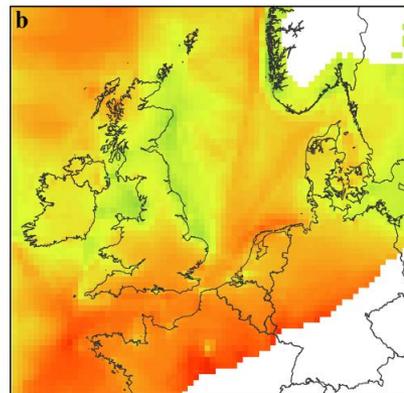


[Richter@iup.physik.uni-bremen.de](mailto:Richter@iup.physik.uni-bremen.de)

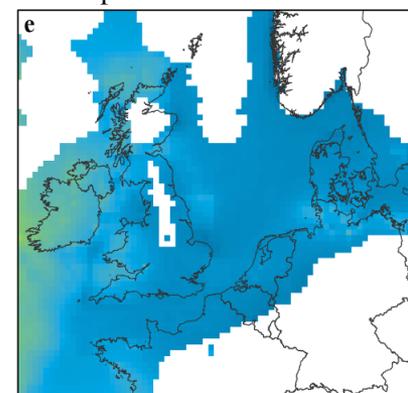
**Modellierung der Änderung der durch Schiffe verursachten NO<sub>2</sub>-Konzentration bis Sommer 2030:**



a) Ohne ECA-Zone



b) mit NECA-Zone



[Volker.Matthias@hzg.de](mailto:Volker.Matthias@hzg.de)

**Helmholtz-Zentrum Geesthacht**  
Zentrum für Material- und Küstenforschung

Schiffsemissionen	Wirkungen auf die Umwelt	Immissionswerte, nach 2008/50/EG, 39.BImSchV
<b>NO, NO<sub>2</sub></b> (NO <sub>x</sub> , Stickoxide)	<b>toxisch</b> , Ozon-Vorläufersubstanz <b>Eutrophierung, Versauerung</b> <b>klimatelevant</b> (regional+) (global-, -CH <sub>4</sub> )	<b>NO<sub>2</sub></b> : 200 µg/m <sup>3</sup> (1h, 18/a) <b>NO<sub>2</sub></b> : 40 µg/m <sup>3</sup> (1a)  <b>NO<sub>x</sub>-Schiffsemissionen:</b> <b>Beschränkung nach IMO Tier I-III</b>
<b>SO<sub>2</sub></b> (Schwefeldioxid)	<b>schädigt</b> Lunge, Herz und Vegetation bildet Sulfat-Aerosole und <b>sauren Regen</b> <b>klimatelevant</b> (regional-, Bewölkung)	<b>SO<sub>2</sub></b> : 350 µg/m <sup>3</sup> (1h, 24/a)  <b>2005/33/EG Schwefel-Richtlinie:</b> In Häfen nur noch Treibstoffe mit 0,1% Schwefelgehalt (seit 2010) <b>MARPOL VI: 1,0-&gt;0,1%</b> <b>(1.1.2015)</b>
<b>PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub></b> (Feinstaub<10/2.5µm) u.a. mit Ruß (PAH,...), Schwermetallen...	Alveolengängig; <b>karzinogen</b> <b>klimatelevant</b> (regional-, Bewölkung) Ruß: (regional+) -Albedo	<b>PM<sub>10</sub></b> : 50 µg/m <sup>3</sup> (24h, 35/a)  <b>PM<sub>2.5</sub></b> : 25 µg/m <sup>3</sup> (1a) <b>seit 2015</b>
<b>(CO -&gt;) CO<sub>2</sub></b> (Kohlenstoffdioxid,	<b>CO<sub>2</sub>: klimatelevant+</b> <b>CO: toxisch, Ozon-bildend</b>	<b>CO: 10 mg/m<sup>3</sup> (8h)</b>

# Gesetze und Regelungen



**Richtlinien 1999/32/EG und 2005/33/EG** (vom 6. Juli 2005)

regeln den **Schwefelgehalt von Schiffskraftstoffen**:

Während der Liegezeit in allen Häfen der EU dürfen ausschließlich Brennstoff mit max. 0,1 Prozent Schwefelgehalt verwendet werden.

- Umsetzung in Hamburg seit 11.05.2010

- International Maritime Organisation (**IMO**)
- Marine Environment Protection Committee (**MEPC**)

**International Convention for the Prevention of Marine Pollution MARPOL Annex VI**

- in Kraft seit 01.07.2010

**Stufenweise Reduktion der SO<sub>x</sub>-Emissionen**

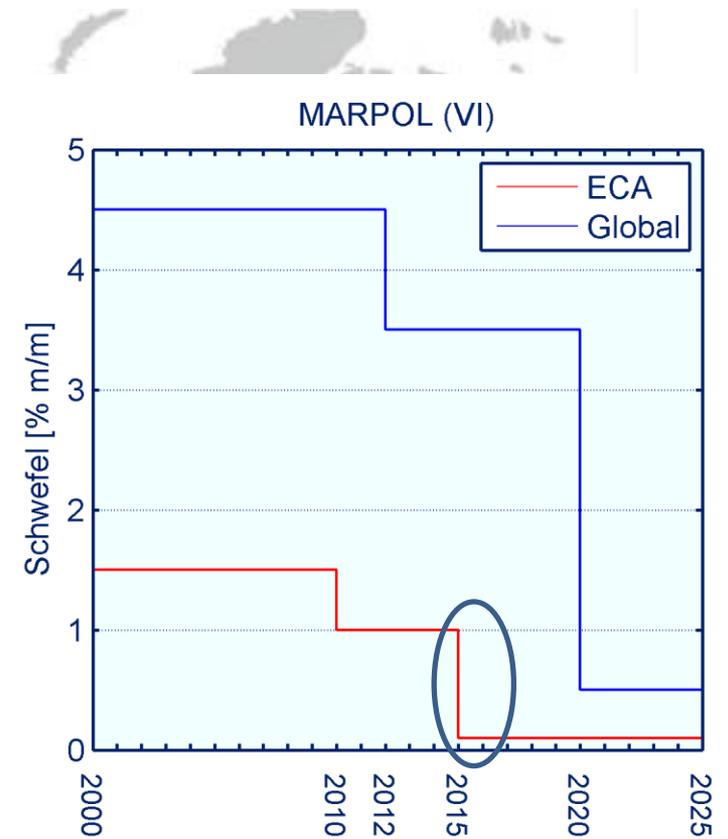
- seit 1.1.2015 von 1,0% auf 0,1% in Sulfur Emission Control Areas (SECA)



**Stufenweise Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emissionen** je nach Baujahr des Schiffes

- Ab 1,1,2016 gilt Kontrollstufe "Tier III"
- In z.T. noch einzurichtenden Emission Control Areas (ECA)

# Emission Control Areas (ECA)



# MeSmarT

(Messung von Schiffsemissionen in der marinen Troposphäre)

*Forschungsprojekt  
des Instituts für Umweltphysik der Universität Bremen,  
gefördert durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*

## Ziele des Projektes:

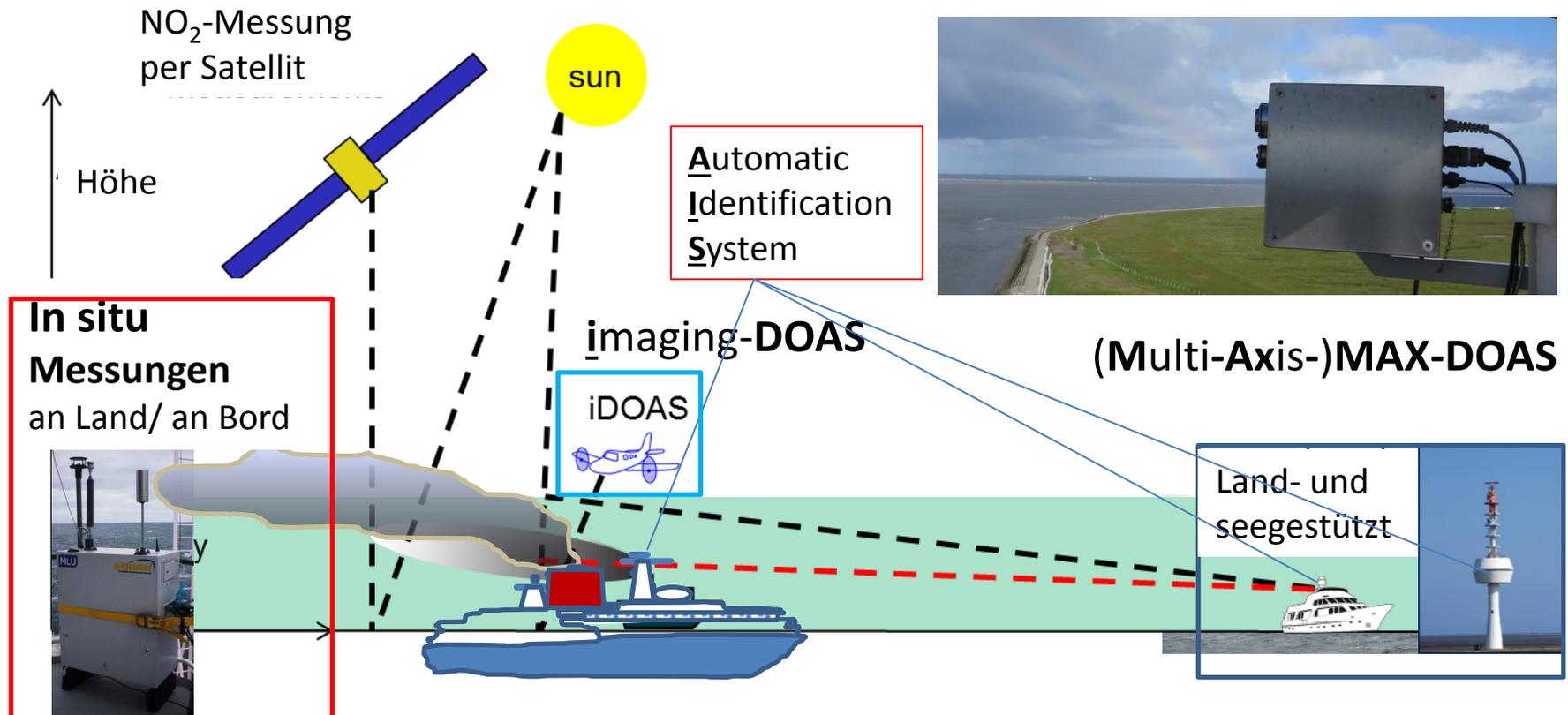
- Welche Messmethoden eignen sich zur Erfassung der Schiffsemissionen?
- Welchen Einfluss haben Schiffsemissionen auf die Luftqualität ?
- Validierung eines Chemie-Transportmodelles des Helmholtz-Zentrums Geesthacht
- > Langfristig: Wie effektiv sind die gültigen und zukünftigen Regulierungen?
- Wie kann die Einhaltung emissionsmindernder Regelungen effektiv überwacht werden?
- > Methode zur Bestimmung des Schwefelgehaltes in Schifftreibstoffen
- > Verbesserung der Luftqualität in Häfen und in Küstennähe

# MeSmarT-Messsystem

## A. Fernerkundung: Differentielle Optische Absorptionspektroskopie

NO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> in durchstrahlten Luftsäulen

## B. In situ Messung: NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> in angesaugter Luft



# MeSmarT

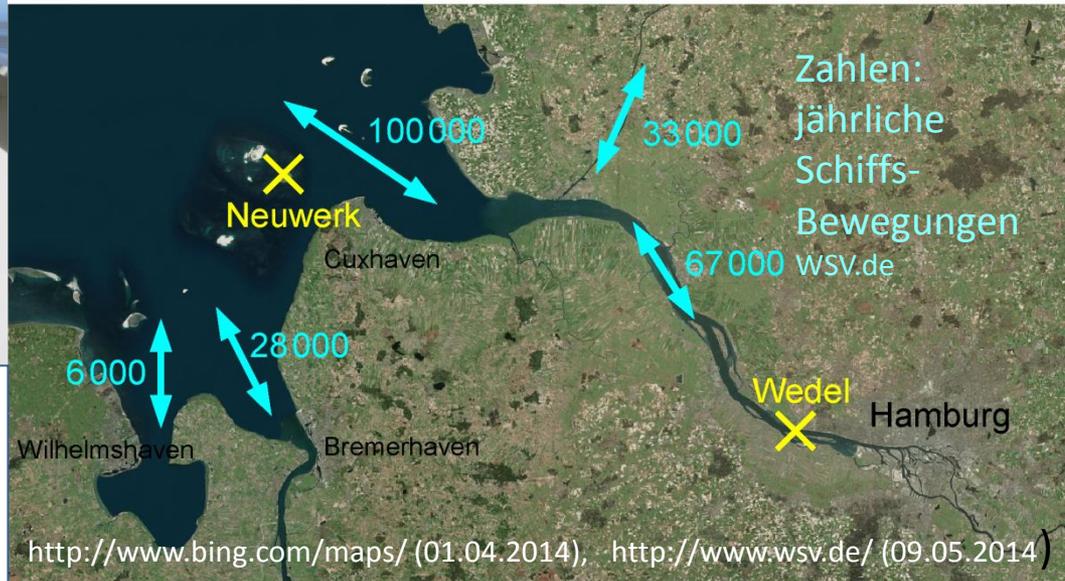
## Messtationen

Insel **Neuwerk**,  
Radarturm, 5-7 km  
SW der Hauptroute



Elbufer bei **Wedel**,  
300-900 m NW der  
Fahrrinne

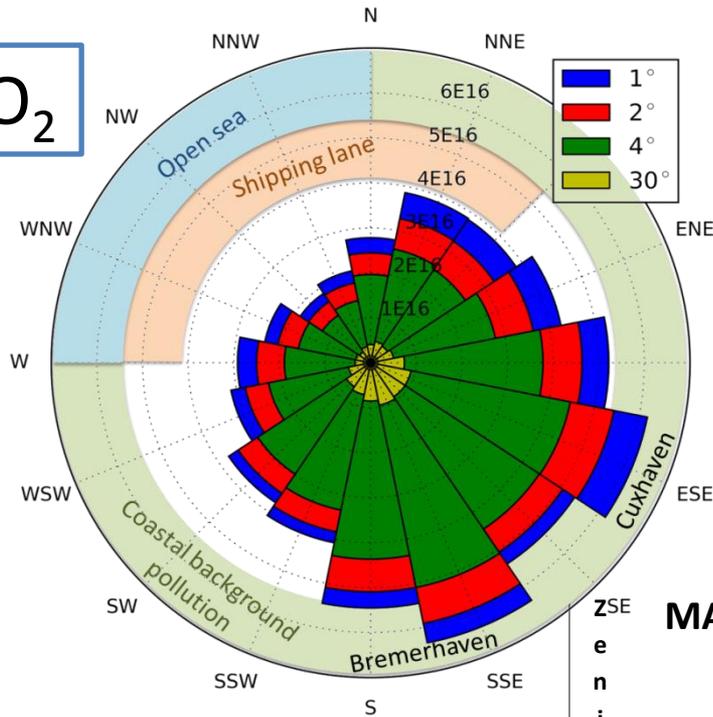
**Messung von Bord aus**  
z.B. FS "Celtic Explorer"  
hier: im Nord-Ostsee-Kanal



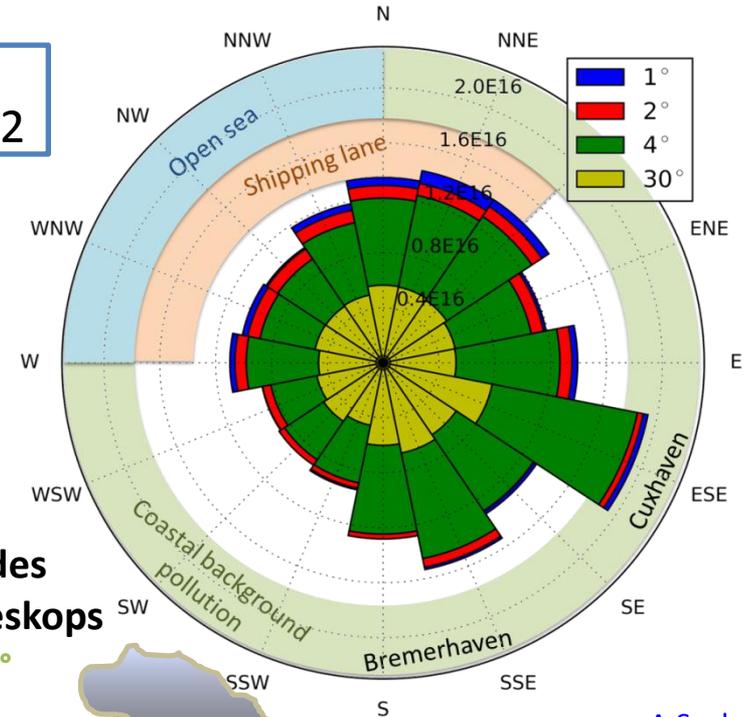
# Herkunft der mit MAX-DOAS gemessenen Gase

Windrichtungsverteilung Neuwerk (02.08.2013-04.02.2015)

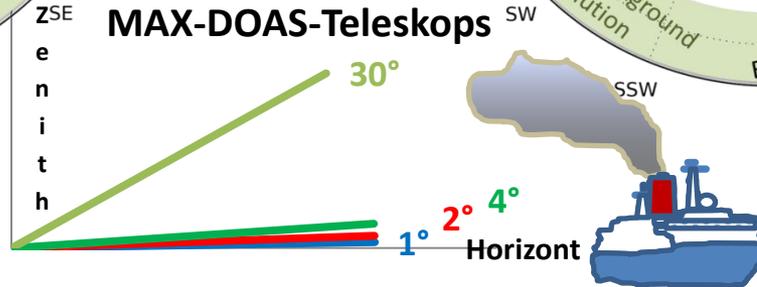
**NO<sub>2</sub>**



**SO<sub>2</sub>**



Blickwinkel des  
MAX-DOAS-Teleskops



- aus Richtung W bis N:  
nur Schiffsemissionen

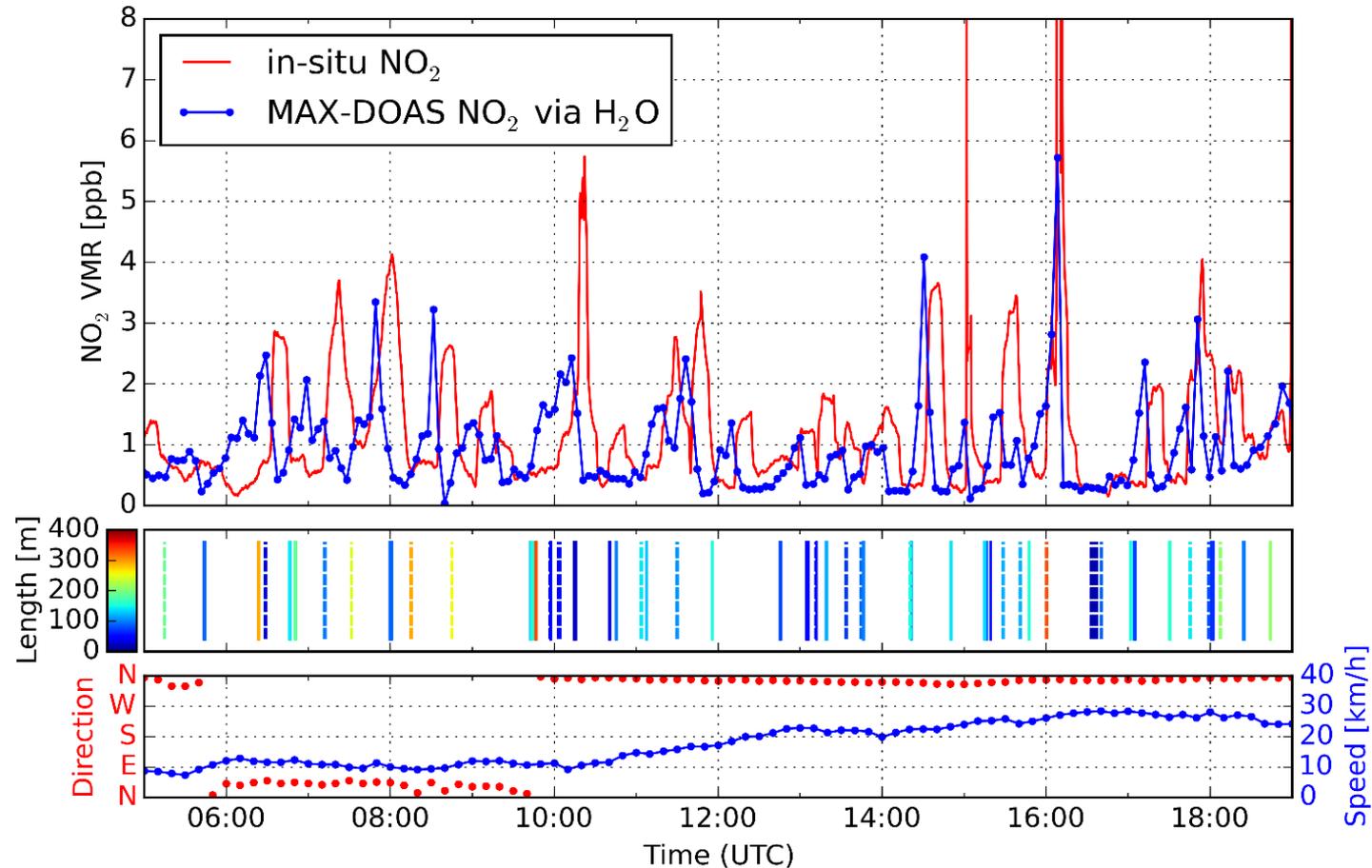
- Hohe Hintergrundbelastung von Küsten

- SO<sub>2</sub>-Emissionen: hauptsächlich von Schiffen

[A.Seyler  
@iup.physik.uni-bremen.de](mailto:A.Seyler@iup.physik.uni-bremen.de)

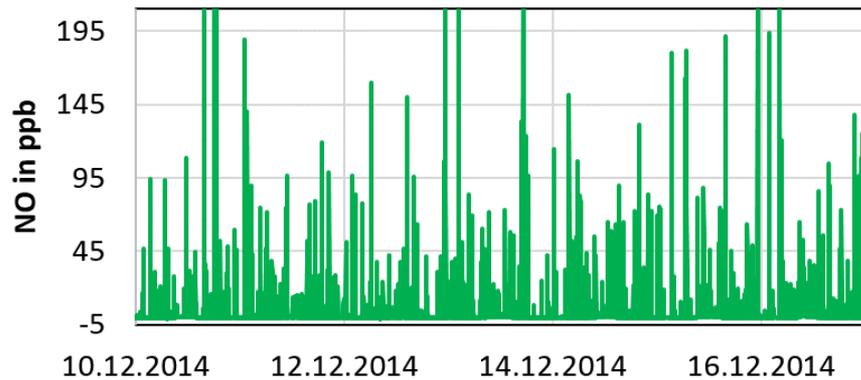
# MAX-DOAS vs. in-situ Messungen

Neuwerk, 28.07.2014 – top: NO<sub>2</sub> VMR – middle: Ships in LOS – bottom: Wind

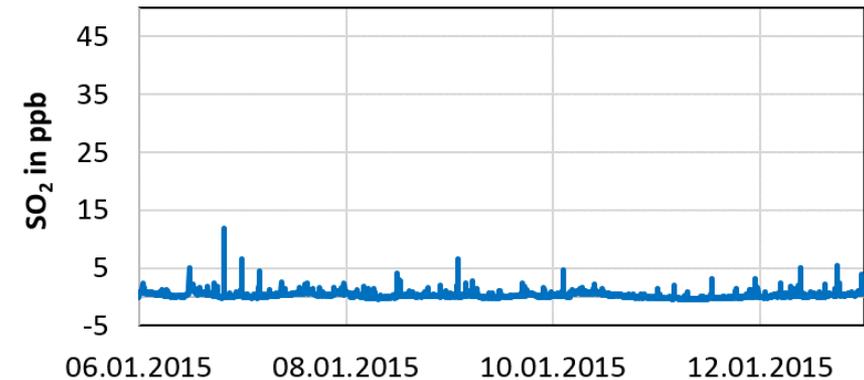
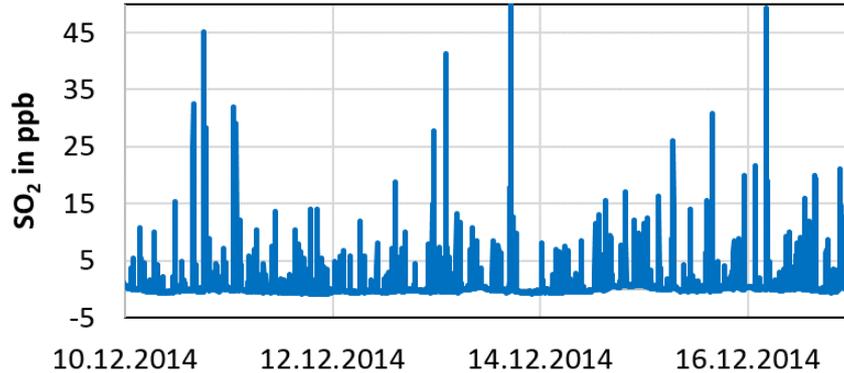
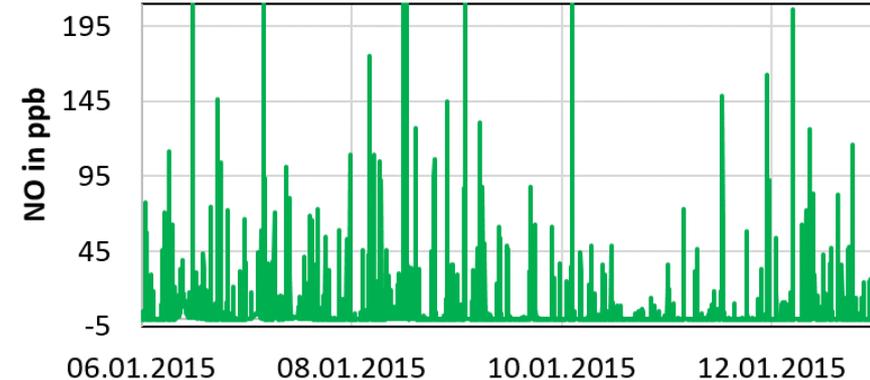


# In situ NO- und SO<sub>2</sub>-Konzentrationen, gemessen in Wedel vor und nach dem 1.1.2015

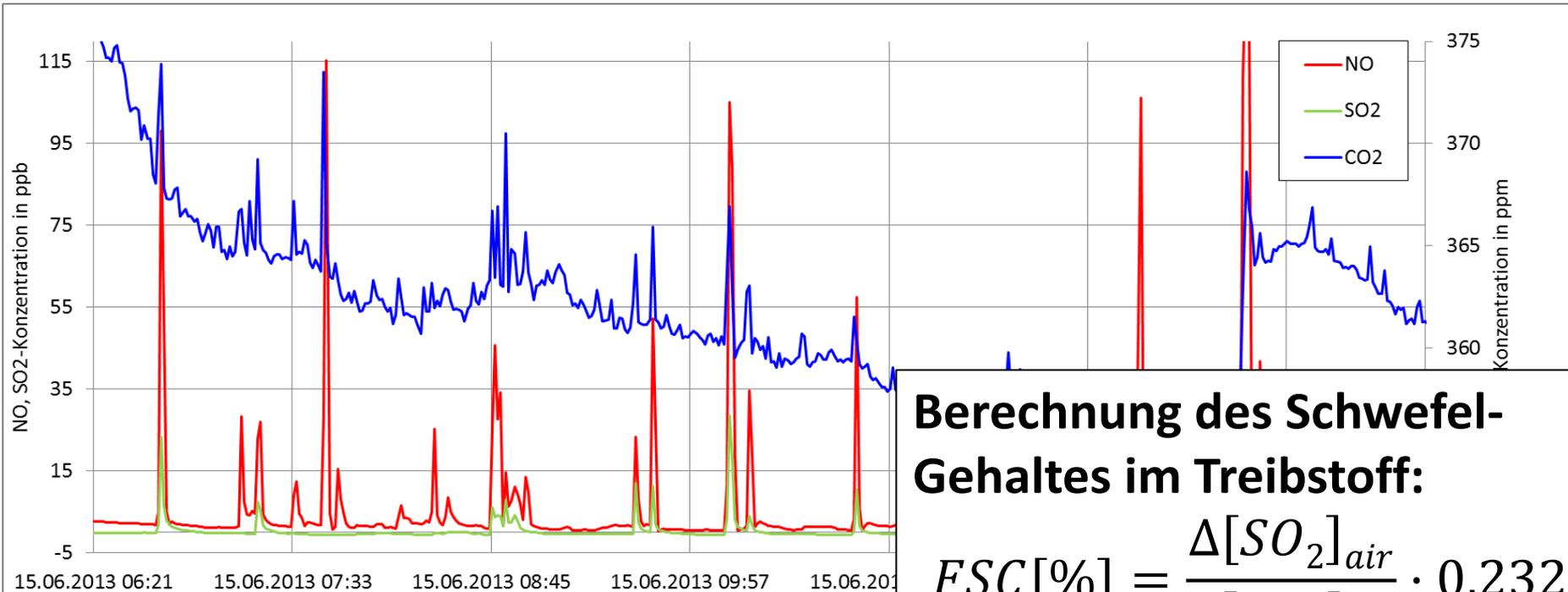
December 2014



January 2015



# Peakanalyse



## Mesdaten:

- **Mischungsverhältnisse** der analysierten Gase in Luft
- ⇒ Konzentrationsänderung durch Schiffsabgase  $\Delta SO_2$  und  $\Delta CO_2$
- ⇒ Peak-**Zeitstempel**
- **AIS-Informationen** (Schiffsinformationen Position, Kurs, Fahrt)

## Berechnung des Schwefel-Gehaltes im Treibstoff:

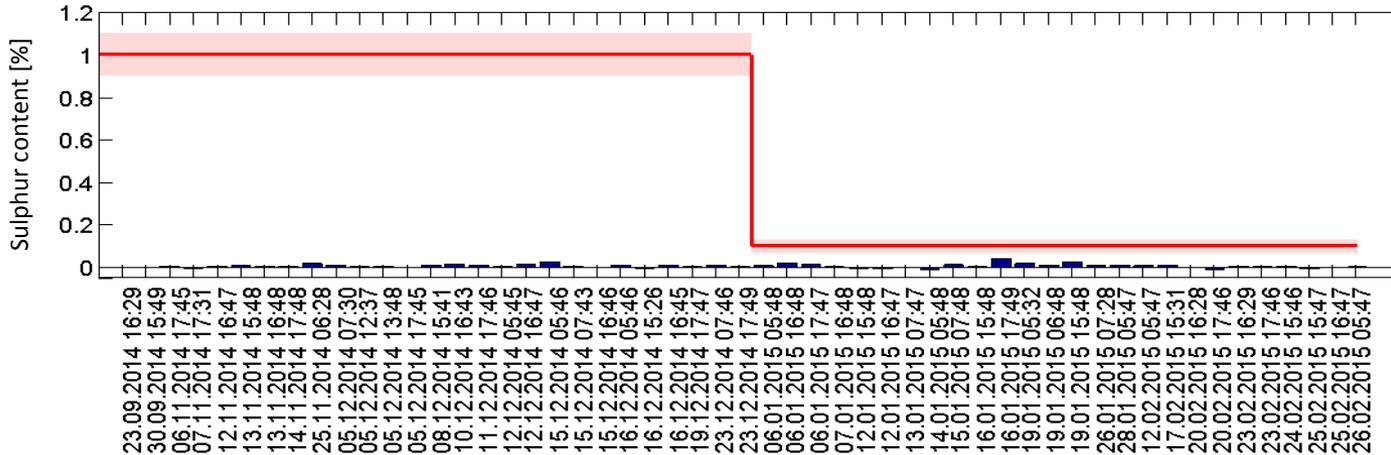
$$FSC [\%] = \frac{\Delta[SO_2]_{air}}{\Delta[CO_2]_{air}} \cdot 0,232$$

### Annahmen:

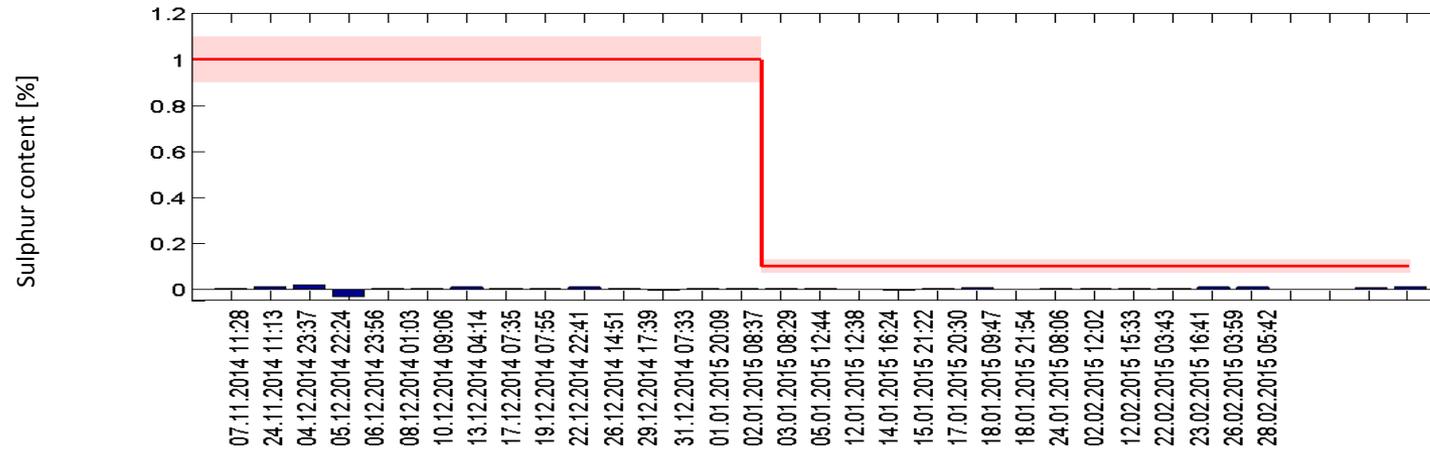
- C-Gehalt: 78% im Treibstoff
- 100% des S und C wird zu  $SO_2$  bzw.  $CO_2$  verbrannt

# Ergebnisse

## Variabilität des Schwefelgehaltes mit der Zeit bei einzelnen Schiffen



**Personenfähre**  
 Länge: 35 m  
 210 BRT  
 max. 331 kW  
 Baujahr: 2012



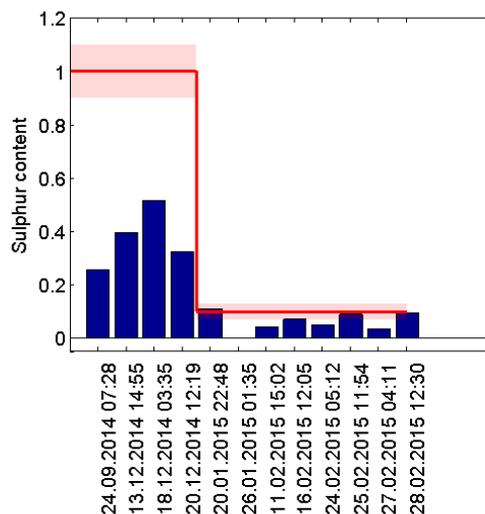
**Massengutfrachter**  
 Länge: 100 m  
 2.700 BRT  
 max. 1400 kW  
 Baujahr: 2007  
 Bauart „Futura Carrier“  
 (vom BMU- gefördert)

## Änderungen beim Schwefelgehalt im Treibstoff 2014-2015

bei drei häufig erfassten Schiffen

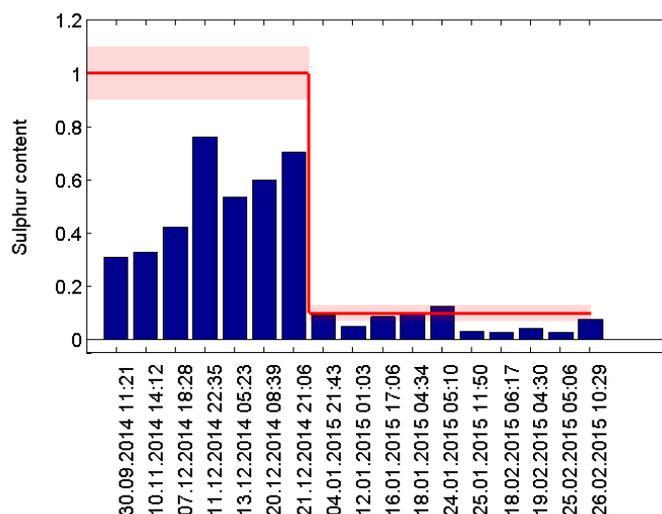
### Containerschiff A

150 m  
10.600 BRT , 1036 TEU  
9.000 kW  
Baujahr 2008



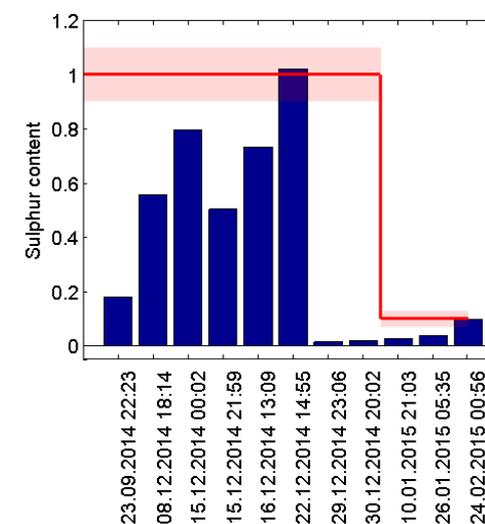
### Containerschiff B

150 m  
11.700 BRT, 1008 TEU  
7.900 kW  
Baujahr 2007



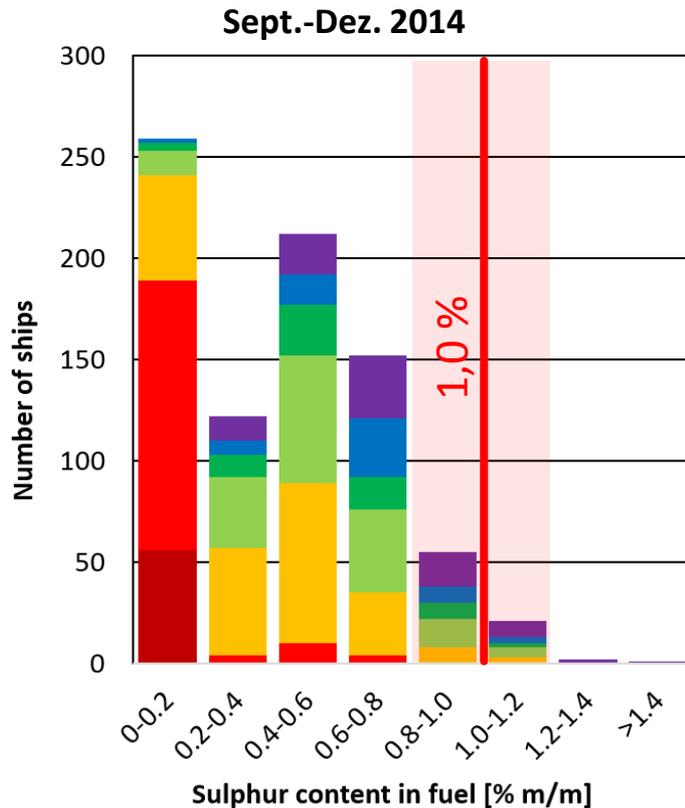
### Containerschiff C

135 m  
10.000 BRT, 868 TEU  
8.400 kW  
Baujahr 2001

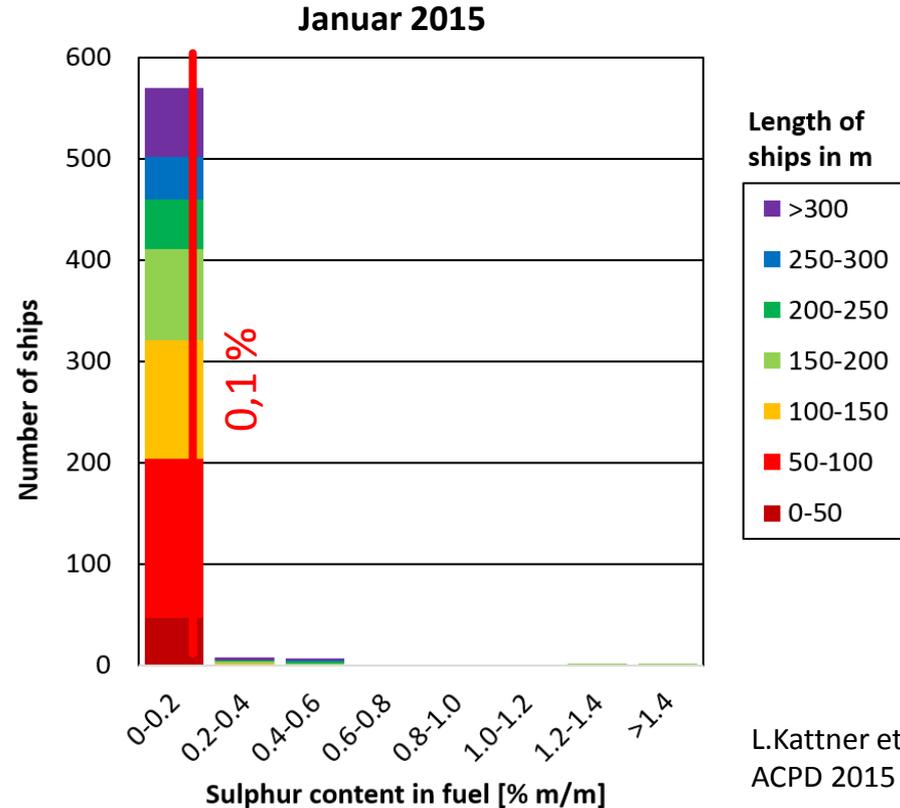


# Ergebnisse

Identifiziert und analysiert:  
846 Abgaswolken von 474 Schiffen



Identifiziert und analysiert:  
389 Abgaswolken von 374 Schiffen



Length of ships in m

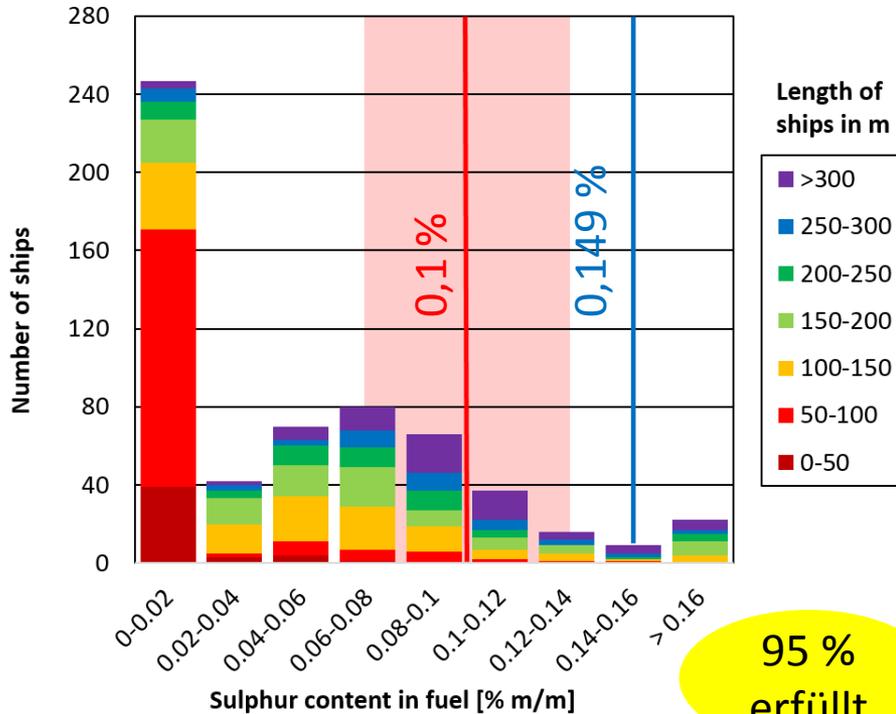
- >300
- 250-300
- 200-250
- 150-200
- 100-150
- 50-100
- 0-50

L.Kattner et al. ,  
ACPD 2015

# Ergebnisse

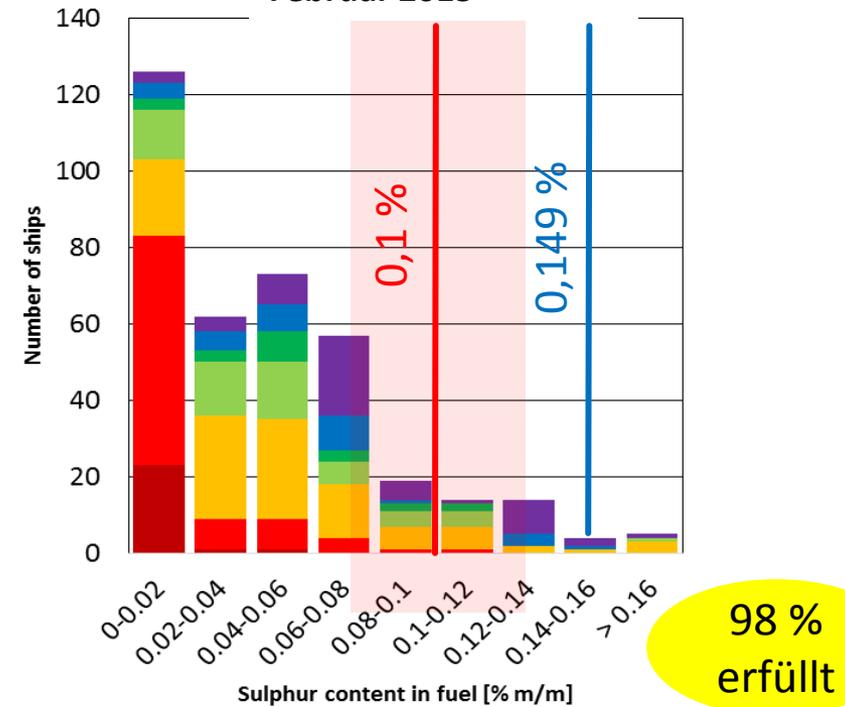
Identifiziert und analysiert:  
389 Abgaswolken von 374 Schiffen

Januar 2015



Identifiziert und analysiert:  
374 Abgaswolken von 251 Schiffen

Februar 2015



L.Kattner et al. , ACPD 2015

# Zusammenfassung

- In situ-Methode zur Kontrolle des Schwefelgehaltes im *aktuell* verbrannten Treibstoff für eine Vielzahl die Messstation passierender Schiffe
    - + durch Messung von Land oder See aus
    - auf der Leeseite der Emission (abhängig von der Windrichtung)
- > Automatisierung und online-Betrieb
- Im Januar und Februar 2015 lagen die Treibstoff-Schwefelgehalte der meisten erfassten Schiffe (92%-96% von 625 Abgasfahrten) unter dem neuen MARPOL VI Grenzwert von 0.1 % S (in SECA-Zonen)
  - Fernerkundungsmethoden ermöglichen NO<sub>2</sub>- und SO<sub>2</sub> –Messungen unabhängig von der Windrichtung sowie Informationen über die Ausbreitung der Abgaswolke (mangels korrespondierender CO<sub>2</sub>-Messergebnisse kann damit die Schwefelgehaltsberechnung allerdings hier nur über ein Emissionsmodell erfolgen)
  - Beide Methoden in Kombination können den Hafenbehörden helfen, effektiver individuelle Schiffskontrollen nach MARPOL VI durchzuführen.

## Nächste Schritte:

- Optimierung und Automatisierung der Datenübertragung und der Auswertung
- Erhöhung der Messempfindlichkeit für  $\text{SO}_2$
- Kontrolle der Einhaltung der Schwefelwerte während mobiler Messeinsätze (Schiff, Messwagen)
- Vergleich mit Ergebnissen des Chemie-Transport-Modells des Helmholtz-Zentrums Geesthacht
- Kontrolle der Stickoxid-Emissionen (Tier III ab 1.1.2016)
- Untersuchung von Partikelemissionen (?)



## Zum Nachlesen:

L. Kattner, B. Mathieu-Üffing, J. P. Burrows, A. Richter, S. Schmolke, A. Seyler, and F. Wittrock (2015): *Monitoring compliance with sulphur content regulations of shipping fuel by in-situ measurements of ship emissions.*

Atmos. Chem. Phys. Discuss., 15, 11031-11047, 2015

[www.atmos-chem-phys-discuss.net/15/11031/2015/](http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/15/11031/2015/)

doi:10.5194/acpd-15-11031-2015

## Kontakt:

[Barbara.Mathieu-Ueffing@bsh.de](mailto:Barbara.Mathieu-Ueffing@bsh.de)

[Lisa.Kattner@bsh.de](mailto:Lisa.Kattner@bsh.de)

[Folkard.Wittrock@iup.physik.uni-bremen.de](mailto:Folkard.Wittrock@iup.physik.uni-bremen.de)

[A.Seyler@uni-bremen.de](mailto:A.Seyler@uni-bremen.de)

[Volker.Matthias@hzg.de](mailto:Volker.Matthias@hzg.de)

[Stefan.Schmolke@bsh.de](mailto:Stefan.Schmolke@bsh.de)

## Wir danken:

- BSH, IUP
- WSA Hamburg/Bauhof Wedel
- WSA Cuxhaven
- HPA, Besatzung MS Nigewark
- Mannschaft FS Celtic Explorer
- BMVI