

TEXTE

83/2014

# Auswirkungen von Abgasnachbehandlungs- anlagen (Scrubbern) auf die Umweltsituation in Häfen und Küstengewässern



TEXTE 83/2014

Projektnummer 33913  
UBA-FB 002015

# **Auswirkungen von Abgasnachbehandlungsanlagen (Scrubbern) auf die Umweltsituation in Häfen und Küstengewässern**

von

Dipl.-Ing. Beate Lange  
Bremen

in Kooperation mit


Dr. Till Markus, Dipl.-Jur. Lutz Philipp Helfst  
Universität Bremen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

# Impressum

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
info@umweltbundesamt.de  
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

**Durchführung der Studie:**

Dipl.-Ing. Beate Lange  
Krintenpad 4, 28355 Bremen

in Kooperation mit

Dr. Till Markus

Dipl.-Jur. Lutz Philipp Helfst

Universität Bremen, Forschungsstelle für Europäisches Umweltrecht (FEU)

**Abschlussdatum:**

Juni 2014

**Redaktion:**

Fachgebiet I 3.2 Schadstoffminderung und Energieeinsparung im Verkehr  
Katharina Koppe

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/auswirkungen-von-abgasnachbehandlungsanlagen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Dezember 2014

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Projektnummer 33913 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.



## Zusammenfassung

Ab Januar 2015 ist in Schwefelemissionskontrollgebieten (SECAs) nur noch ein maximaler Schwefelgehalt von 0,1 % im Schiffstreibstoff zulässig. Ab 2020 gilt weltweit ein Schwefelgrenzwert von 0,5 %. Als Alternative zu schwefelarmen Treibstoffen können Abgasnachbehandlungsanlagen (Scrubber) verwendet werden.

Es gibt verschiedene Scrubber-Systeme (Nass: offen/geschlossen, Trocken). Diese Scrubber erzielen die geforderte Emissionsreduktion, erzeugen jedoch Abwasser, das in die Meeresumwelt eingeleitet wird. Die verschiedenen Scrubber-Systeme unterscheiden sich in ihrer Umweltwirkung durch Menge und Inhaltsstoffe der Abwässer.

Die Regelungen zur Abwasserqualität finden sich in der IMO Resolution MEPC.184(59) aus dem Jahr 2009. Durch den Einsatz von Scrubbern tritt eine Umweltbeeinträchtigung durch kurzzeitige und räumlich begrenzte pH-Wert-Absenkung, Temperaturerhöhung und Trübung sowie durch Schadstoffeinleitung von zum Teil persistenten Stoffen ein.

Zur Beurteilung der Umweltwirkung von Scrubbern in den deutschen Gewässern der Nord- und Ostsee wurden die Untersuchungen der MS Pride of Kent (Hufnagl et al. 2005), MS Fjordshell (Buhaug et al. 2006) sowie der MS Ficaria Seaways (Kjøholt et al. 2012 und Hansen 2012) herangezogen. Die darin beschriebenen Konzentrationen von Schadstoffen im Scrubber-Abwasser verletzen keine Umweltqualitätsnormen entsprechend WRRL. Kumulative Effekte sind in den untersuchten Studien nicht berücksichtigt worden.

Die deutschen Küstengewässer leiden bereits unter einem starken Nutzungsdruck von Schifffahrt, Baustoffgewinnung, Energieerzeugung, Tourismus und Einleitungen aus Industrie und Landwirtschaft. Die Vorbelastungen sind in einigen Abschnitten der deutschen Küste erheblich. Der derzeitige Umweltzustand der deutschen Küstengewässer ist mäßig bis schlecht. Die belasteten Abwässer bedeuten einen zusätzlichen Stressfaktor für die marinen Organismen in Nord- und Ostsee und den angrenzenden von Seeschiffen befahrenen Flussgebieten.

Grundsätzlich ist die Nutzung sauberer flüssiger (Diesel) oder gasförmiger (LNG) Kraftstoffe einer Abgasnachbehandlung zur Schwefelreduktion vorzuziehen.

Auf Grundlage rechtlicher und steuerungspolitischer Erwägungen erscheinen nach derzeitigem Kenntnisstand Einleitungsbeschränkungen von Scrubber-Abwässern grundsätzlich am besten geeignet, um potenzielle Schäden aus dem Einsatz von Scrubbern abzuwenden.

Prioritär empfiehlt sich ein multilaterales Vorgehen im Rahmen der IMO. Hierbei kann eine gebietsbezogene Regelung der Einleitung von Scrubber-Abwässern erreicht werden. Insbesondere in Betracht zu ziehen ist die Einrichtung von Schutzinstrumenten (APMs) im Rahmen von PSSAs. Als kurzfristige Strategie könnte auch ein einseitiges bzw. zusammen mit den weiteren Mitgliedstaaten der EU konzertiertes Einleitverbot für die Bereiche der inneren Gewässer und des Küstenmeers angestrebt werden, das jedoch in seinem Regelungsgehalt hinter einer multilateralen Regelung im Rahmen der IMO zurückbleiben würde.

## Inhaltsverzeichnis

### Teil A Recherche, Umweltfolgenabschätzung und Maßnahmenvorschläge

1	Einleitung und Ziel des Projektes .....	9
2	Abgasnachbehandlungsanlagen in der Schifffahrt .....	11
2.1	Wirkprinzip von Abgaswäschern .....	11
2.2	Typen von Abgaswäschern .....	12
2.2.1	Offene Nass-Scrubber (Open-loop) .....	13
2.2.2	Geschlossene Nass-Scrubber (Closed-loop) .....	13
2.2.3	Hybridsysteme .....	14
2.2.4	Trocken-System .....	15
2.3	Reinigungsleistung und Energieverbrauch von Abgaswäschern .....	15
3	Regulierung der Abwasserinhaltsstoffe .....	18
4	Menge und Inhaltsstoffe des Scrubber-Abwassers .....	19
4.1	Schwermetalle .....	19
4.2	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) .....	20
4.3	Nitrate/ Sulfate .....	21
4.4	Ölgehalt des Abwassers .....	22
4.5	Fazit Abwasserinhaltsstoffe .....	23
5	Abschätzung von Abwassereinleitungen .....	24
5.1	Modellannahmen .....	24
5.2	Fazit Abschätzung von Abwassereinleitungen .....	29
6	Beschreibung des Umweltzustands nach WRRL/MSRL .....	30
6.1	Nordsee .....	31
6.2	Ostsee .....	33
6.3	Küstengewässer .....	36
6.4	Zusammenfassung der Beschreibung des Zustandes .....	37
7	Umweltfolgenabschätzung .....	38
7.1	Verringerung des pH-Wertes .....	38
7.2	Vorübergehender Temperaturanstieg .....	39
7.3	Vorübergehende Trübung .....	40
7.4	Schadstoffe .....	41
8	Bewertung der Umweltfolgen .....	42

8.1	Umweltqualitätsnormen (UQNs).....	42
8.2	Vorsorgeprinzip/ Verbesserungsgebot.....	45
8.3	Fazit Bewertung der Umweltfolgen .....	45
9	Maßnahmenvorschläge .....	47
9.1	Gezieltes Monitoring potenzieller Umwelteffekte als wissenschaftliches Fundament für weitere Schutzmaßnahmen .....	47
9.2	Einschränkung des Gebrauchs von Scrubbern bzw. Beschränkung der Einleitung von Scrubber-Abwässern.....	48
9.3	Zulassung von Scrubbern mit aktiven Substanzen nur entsprechend G9.....	48
9.4	Anpassung des pH-Wert-Kriteriums in den Guidelines 2009.....	49
10	Weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf .....	50
11	Gesamtfazit .....	51
 Teil B: Rechtliche Gebote zur Regulierung und Anforderungen an den Einsatz schiffsbasierter Abgasnachbehandlungsanlagen (Scrubber)		
1	Einleitung.....	52
2	Völker- und unionsrechtliche Verpflichtungen zum Schutz der Meeresumwelt.....	52
2.1	Umweltschutzanforderungen nach SRÜ.....	52
2.1.1	Allgemeine Anforderungen zum Schutz der Meeresumwelt .....	52
2.1.2	Anforderungen zum Schutz der Meeresumwelt vor Verschmutzungen durch Schiffe .....	53
2.1.3	Verpflichtung, Verschmutzungen nicht zu verlagern und umzuwandeln .....	53
2.2	Schutzanforderungen aus Regelungen der IMO .....	56
2.2.1	Umweltschutzmechanismen im Rahmen des MARPOL- Übereinkommens.....	57
2.2.2	Umweltschutzmechanismen im Rahmen des SOLAS-Übereinkommens .....	58
2.2.3	Particularly Sensitive Sea Areas (PSSAs) .....	58
2.3	Meeresumweltrechtliche Anforderungen der EU.....	59
2.3.1	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL).....	60
2.3.2	Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) .....	61
2.3.3	Fauna-Flora-Habitat- und Vogelschutzrichtlinie (FFH-RL, VR-RL).....	62
2.3.4	EU-Schwefelrichtlinie (Richtlinie 1999/32/EG, geändert durch Richtlinie 2012/33/EU v. 21. November 2012 zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG hinsichtlich des Schwefelgehalts von Schiffskraftstoffen).....	63



2.4	Nationale meeresumweltrechtliche Anforderungen .....	64
3	Möglichkeiten der Beschränkung der Scrubber-Nutzung im Rahmen des Seevölkerrechts.....	65
3.1	Regelungsmöglichkeiten im Rahmen des SRÜs .....	65
3.1.1	Regelungen gegenüber Schiffen unter küstenstaatlicher Flaggenhoheit .....	65
3.1.2	Regulierung gegenüber Schiffen aus Drittstaaten .....	66
3.1.3	Regelungsmöglichkeiten im Rahmen der IMO .....	70
4	Regelungsvorschläge .....	72
4.1	Zusammenfassung der Regelungsanforderungen und -möglichkeiten .....	72
4.2	Regelungsoptionen.....	74
4.2.1	Scrubberverbote oder Konstruktionsanforderungen .....	74
4.2.2	Einleitebeschränkungen .....	75
4.2.3	Änderung MARPOL-Anlage I, Schiffswegeföhrung nach SOLAS .....	76
4.2.4	Gesamtfazit hinsichtlich der Regelungsoptionen.....	77
5	Quellen.....	79
	Teil A .....	79
	Teil B .....	83
6	Anhang 1 Auswahl derzeit laufender/geplanter ECGS .....	86
7	Anhang 2 Statement of Endorsement - Liberty of the Seas .....	90

## Abkürzungsverzeichnis

AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
CAS	Chemical Abstracts Service
CEMP	Co-ordinated Environmental Monitoring Programme
Cd	Kadmium
DBT	Dibutylzinn
EGCS	Exhaust Gas Cleaning System (Abgasreinigungssystem)
FFH-RL	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
GESAMP	Group of Experts on the Scientific Aspect of Marine Environmental Protection (Beratungsgremium, das die UN zu wissenschaftlichen Aspekten des Meeresumweltschutzes berät)
HCH	Hexachlorzyclohexan
HELCOM	Helsinki Commission - Baltic Marine Environment Protection Commission
Hg	Quecksilber
ICES	Internationaler Rat für Meeresforschung (International Council for the Exploration of the Sea)
IMO	International Maritime Organization
JD-UQN	Jahresdurchschnitt - Umweltqualitätsnorm
LNG	Liquified Natural Gas / Verflüssigtes Erdgas
MARPOL	International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships/ Internationales Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe
MCR	Maximum continuous rating/ höchste Nennleistung
MEPC	Marine Environmental Protection Committee
MSRL	Meeresstrategierahmenrichtlinie
NEC	no effect concentration (Konzentration von Stoffen, bei denen keine Umweltfolgen auftreten)
NOK	Nord-Ostsee-Kanal
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
OSPAR	OSPAR-Kommission (Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks)
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PEC	predicted effect concentration (Konzentration von Stoffen, bei denen Umweltfolgen erwartet werden)
PNEC	predicted no effect concentration
PoK	MS Pride of Kent

PTB	persistent, bioakkumulativ und toxisch
PSC	Port State Control
PSSA	Particularly Sensitive Sea Areas
QSR	Quality Status Report
REACH	europäische Richtlinie zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (Verordnung EG Nr. 1907/2006)
SECA	Sulphur Emission Control Area / Schwefelemissionskontrollgebiet
TBT	Tributylzinnhydrid
TeBT	Tertributylzinn
TEQ	Toxizitätsäquivalente nach den Toxizitätsäquivalenzfaktoren der WHO von 2005
TPT	Triphenylzinn
TWC	Trilaterale Wattenmeer-Cooperation
UQN	Umweltqualitätsnorm
US EPA	United States of America Environmental Protection Agency
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
ZHK-UQN	zulässige Höchstkonzentration-Umweltqualitätsnorm

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Bewertung der Qualitätskomponente Makrophyten gemäß WRRL aus Anfangsbewertung der deutschen Nordsee; aus BLANO 2012 .....	32
Abbildung 2:	Bewertung der Qualitätskomponente Makrozoobenthos gemäß WRRL aus Anfangsbewertung der deutschen Ostsee; aus BLANO 2012.....	35
Abbildung 3:	Ökologische Zustandsbewertung der Wasserkörper in den Küsten- und Übergangsgewässern von Nord- und Ostsee; Voß et al. 2010 .....	36
Abbildung 4:	Seegrenzenkarte nach SRÜ (Beispiel Ostsee).....	78

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Übersicht der Schwefelgrenzwerte entsprechend MARPOL VI, Quelle: IMO9	
Tabelle 2	physikalisch-chemische Zusammensetzung von See-, Brack- und Süßwasser (Karle & Turner 2007, S. 11) .....	12
Tabelle 3	Mengen von Scrubber-Sludge, Quelle: Tomas Nilson, Consultant, Environment, COWI AB, 2014, Scrubbers What do they mean to ports?, Beispiel von Alfa Laval, BPO Environmental Seminar on sewage from passenger ships waste port from scrubbers training on SDM 5 March 2014, Gdańsk, Polen .....	13

Tabelle 4	Erforderliche Menge an Natronlauge, um die gewünschte Schwefelreinigungsleistung zu erzielen, basierend auf Tab. 3-3 aus Kjølholt et al. 2012.....	14
Tabelle 5	Auswahl von Abgasreinigungsanlagen für marine Anwendungen .....	15
Tabelle 6	Reinigungsleistung von verschiedenen Anlagen in Bezug auf SO <sub>x</sub> (Schwefeloxide), PM (Partikel), NO <sub>x</sub> (Stickoxide) und CO <sub>2</sub> (basiert auf Tab. 3-1 und 3-2 aus Kjølholt, 2012).....	15
Tabelle 7	Einleitebedingungen entsprechend MEPC 184(57) 2009: Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems.....	18
Tabelle 8	Publikationen zu verschiedenen Scrubbersystemen; FW-Freshwater, SW-Seawater .....	19
Tabelle 9	Inhaltsstoffe der Scrubber-Abwässer aus den Messreihen der MS Fjordshell (Buhag et al. 2006), MS Ficaria Seaways (Kjølholt et al. 2012 und Hansen 2012), die Werte für Seewasser stammen aus der Messreihe Kjølholt et al. 2012 und die Werte für Treibstoff und Scrubber-Sludge sind aus der Messreihe Hansen 2012.....	22
Tabelle 10	Ölgehalt im Abwasser, Test mit 2 verschiedenen Treibstoffen (2,2 % und 1,0 % Schwefelgehalt), aus Hansen 2012 .....	23
Tabelle 11	Beispielschiffe: Tanker, Feeder, Kreuzfahrtschiff und RoPax .....	24
Tabelle 12	Berechnung der Maschinenleistung und des Energieaufwands pro Schiff und Route am Beispiel der Route Emden-Cuxhaven.....	24
Tabelle 13	Scrubber-Abwassermengen pro Beispielstrecke pro Beispielschiff (SW Saltwater – offenes System, FW : Freshwater – geschlossenes System) .....	25
Tabelle 14	Mengen der Abwasserinhaltsstoffe, die für die Abschätzung in Tab. 15 – 18 den Mengeneinleitungen zugrunde liegen; alle verwendeten Werte sind mit HFO 2,2 % Schwefelanteil und hoher Maschinenlast (MCR 80-95) gemessen worden, Hansen und Kjølholt et al. 2012 .....	26
Tabelle 15	Schadstoffmengen für das Beispielschiff 1 (Tanker, Tab. 11) auf ausgewählten Routen .....	27
Tabelle 16	Schadstoffmengen für das Beispielschiff 2 (Feeder, Tab. 11) auf ausgewählten Routen .....	27
Tabelle 17	Schadstoffmengen für das Beispielschiff 3 (Kreuzfahrer, Tab. 11) auf ausgewählten Routen .....	28
Tabelle 18	Schadstoffmengen für das Beispielschiff 4 (RoPax, Tab. 11) auf ausgewählten Routen .....	28
Tabelle 19	Liste der 33 als prioritäre gelisteten Stoffe entsprechend WRRL.....	43
Tabelle 20	UQNs für die prioritären Stoffe, die im Scrubber-Abwasser enthalten sind, Auszug aus Anhang A der RICHTLINIE 2013/39/EU prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpölitik .....	44
Tabelle 19	Auswahl von Schiffen mit Scrubbern sowie geplante Einbauten .....	86

## 1 Einleitung und Ziel des Projektes

Schiffsemissionen können international durch die IMO (International Maritime Organization) geregelt werden und erhalten insbesondere in MARPOL Annex VI festgeschriebene Grenzen. Zur Minderung der Schwefelemissionen sind weltweit gültige Grenzwerte für den Schwefelgehalt im Schiffskraftstoff definiert. Zusätzlich können Emissionskontrollgebiete (Emission Control Areas/ECA) ausgewiesen werden.

Ab Januar 2015 ist mit der Umsetzung des revidierten MARPOL Annex VI in den Schwefelemissionskontrollgebieten (SECA) nur noch ein maximaler Schwefelgehalt von 0,1 % im Schiffstreibstoff erlaubt (Tabelle 1). Ab dem Jahr 2020 bzw. in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit des Treibstoffes erst ab dem Jahr 2025, ist weltweit nur noch ein maximaler Schwefelgehalt von 0,5 % zulässig.

Alternativ zu niedrigschwefeligen Treibstoffen können Abgasnachbehandlungsanlagen, sogenannte Scrubber genutzt werden, um die Luftschadstoffemissionen entsprechend zu senken.

Tabelle 1 Übersicht der Schwefelgrenzwerte entsprechend MARPOL VI, Quelle: IMO

Beginn der Grenzwertregelung	SOx Emissions-kontrollgebiet (SECA)	SOx weltweit
	1,5 %	4,5 %
März 2010	1,0 %	
2012		3,5 %
2015	0,1 %	
2018		
2020		0,5 %
2025		Alternativer Beginn des 0,5 % Grenzwertes

Die deutschen Küstengewässer der Nord- und Ostsee sind seit 2007 bzw. bereits seit 2006 als SECAs ausgewiesen. Die Schifffahrt hat seither auf die strengerer Grenzwerte zum größten Teil durch den Kauf hochwertigeren Treibstoffs reagiert. Nur wenige Betreiber haben bereits einen Einbau von Abgasreinigungssystemen (EGCS) vorgenommen. Darüber hinaus wurde auch die Entwicklung von alternativen Treibstoffen wie z.B. Gasmotoren/ Dual-Fuel-Motoren forciert.

Die Treibstoffe mit den geforderten niedrigen Schwefelgehalten sind erheblich teurer als die bislang verwendeten Treibstoffe. Deshalb besteht ein hoher Anreiz, als preiswertere Alternative Abgasreinigungsanlagen zu installieren, um die geforderten Emissionsgrenzwerte zu erreichen.

Ziel dieses Berichtes ist die Darstellung des aktuellen Forschungsstandes zu den Umweltfolgen von Abgaswäschern und darauf basierend die Abschätzung möglicher Umweltschäden aus deren Gebrauch.

Der vorliegende Bericht zeigt den bereits ersichtlichen Handlungsbedarf auf und macht Vorschläge für Regelungen zur Vermeidung bzw. Minimierung der Umweltfolgen.

Die biologische Bewertung innerhalb dieser Studie wurde mit Unterstützung von INASEA, Bremen angefertigt.

Die Abschätzung von Abwassermengen anhand von Beispielschiffen auf Beispielrouten entlang der deutschen Küstengewässer erfolgte mit Unterstützung der Hochschule Bremen (FH), Prof. Dr.-Ing. A. Kraus.

Die Verfasser des Teils B: Rechtliche Gebote zur Regulierung und Anforderungen an den Einsatz schiffsbasierter Abgasnachbehandlungsanlagen (Scrubber) sind Dr. Till Markus und Dipl.-Jur. Lutz Philipp Helfst von der Universität Bremen, Forschungsstelle für Europäisches Umweltrecht (FEU).

## 2 Abgasnachbehandlungsanlagen in der Schifffahrt

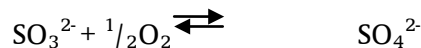
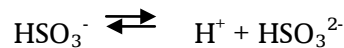
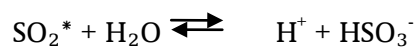
Seit der Revision des MARPOL Annex VI haben eine Reihe von Herstellern Abgasnachbehandlungssysteme (EGCS – Exhaust Gas Cleaning Systems) entwickelt, die auf Erfahrungen von Industrieanlagen an Land basieren und für maritime Zwecke adaptiert wurden.

Durch den Einsatz von Abgaswäschern, den sogenannten Scrubbern, können die Schwefelemissionsgrenzwerte von 0,1 % eingehalten werden, auch wenn Treibstoffe mit bis zu 3,5 % Schwefelgehalt verbrannt werden.

### 2.1 Wirkprinzip von Abgaswäschern

Die Reinigungswirkung entsteht dadurch, dass die Verbrennungsabgase des Motors durch ein Reinigungsmedium geleitet werden. Dieses kann Seewasser, Frischwasser oder ein Trockengranulat sein. Ein Großteil der Abgasinhaltsstoffe wird gelöst bzw. reagiert chemisch mit den Inhaltsstoffen des Wassers bzw. des Granulats und wird aus dem Abgasstrom entfernt.

Im Abgas enthaltenes Schwefeldioxid löst sich in Wasser zu schwefliger Säure ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ). Diese schweflige Säure zerfällt in Lösung zu Bisulfit/ Sulfit ( $\text{HSO}_3^-/\text{SO}_3^{2-}$ ). Sulfit oxidiert zum großen Teil mit dem Sauerstoff des Seewassers zu Sulfat (Karle & Turner 2007, S. 13).



Die natürliche Pufferkapazität des Seewassers wird genutzt, um die so gebildeten Säure-Ionen zu neutralisieren. Das Waschwasser hat nach dem Scrubbing-Prozess einen sehr niedrigen pH-Wert (pH 3).

Wie hoch die Pufferkapazität des Seewassers ist, hängt von dessen physikalisch-chemischen Zusammensetzung (Temperatur und Salzgehalt) ab.

Seewasser ist normalerweise leicht basisch mit einem pH-Wert von 7,5 – 8. Die Alkalinität von unbeeinflusstem Seewasser, z. B. in der Nordsee, ist normalerweise konstant und relativ hoch mit 2.300 – 2.600  $\mu\text{mol/l}$ <sup>1</sup>. Küstengewässer, Häfen, Flüsse und deren Ästuar sind dagegen durch die Einzugsgebiete der Flüsse einer großen chemischen Spannbreite unterworfen (Tabelle 2).

Die Ostsee hat aufgrund ihrer Lage und dem Zufluss von Süßwasser einen niedrigen Salzgehalt. Im nördlichen Bereich der Ostsee liegt die Alkalinität bei 700 – 1.300  $\mu\text{mol/l}$ , in der südlichen Ostsee bei 1.650 – 1.950  $\mu\text{mol/l}$ .

---

<sup>1</sup> Bei Wasser kann von 1 l = 1 kg ausgegangen werden, die Abweichungen bei Salzwasser können bis zu 3% betragen

Tabelle 2 physikalisch-chemische Zusammensetzung von See-, Brack- und Süßwasser (Karle & Turner 2007, S. 11)

	Seewasser/ Nordsee	Ostsee	Ästuare	Süßwasser
T (°C)	5 -15 <sup>a</sup>	0 - 20 <sup>c</sup>	1 - 20	0 - 20
Salinität (PSU)	32 - 37 <sup>a</sup>	3 - 9 <sup>d</sup>	0,5 - 17 <sup>a</sup>	0 - 0,5 <sup>a</sup>
Alkalinität (μmol·kg <sup>-1</sup> )	2.300 - 2.600 <sup>b</sup>	700 - 2.000 <sup>d</sup>	0,1 - 5.000 <sup>b</sup>	0,1 - 5.000 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Office of naval research ([www.onr.navy.mil/focus/ocean/water/salinity1.htm](http://www.onr.navy.mil/focus/ocean/water/salinity1.htm))

<sup>b</sup> W. Stumm and J. Morgan, Aquatic Chemistry, 3rd ed. 1996

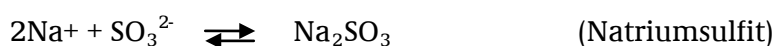
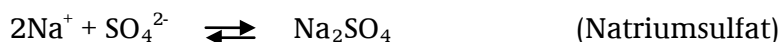
<sup>c</sup> HELCOM ([www.helcom.fi](http://www.helcom.fi))

<sup>d</sup> FIMR (Perttilä et al., 2006)

Generell können Scrubber auch mit geringer Alkalinität arbeiten, die Reinigungsleistung ist dann jedoch herabgesetzt und muss ausgeglichen werden.

Die benötigte Menge an Waschwasser erhöht sich mit sinkendem pH-Wert des Seewassers und höherer Wassertemperatur (Karle & Turner 2007, S. 16). Zur Verbesserung der Reinigungsleistung in Gewässern mit geringer Pufferkapazität wird entweder die Menge des Waschwassers erhöht (offene Systeme) oder eine puffernde Substanz, meist Natronlauge, zugesetzt (geschlossene Systeme).

Die Sulfat-, Sulfit- und Bisulfitionen reagieren dann zu einer Mischung aus Natriumsulfat, -sulfit und -bisulfit.



In Abhängigkeit vom Kalziumgehalt des verwendeten Waschwassers entsteht neben dem leicht löslichen Natriumsulfat auch schwer lösliches Kalziumsulfat (CaSO<sub>4</sub>).

## 2.2 Typen von Abgaswäschern

Abgaswaschanlagen unterscheiden sich nach zwei Prinzipien in Nass- und Trockensysteme.

Nass-Scrubber verwenden Umgebungs- (Seewasser) oder an Bord aufbereitetes Wasser (Frischwasser) als Reinigungsmedium. Die Hersteller verwenden unterschiedliche Bausysteme für den Scrubbing-Prozess. Das Prinzip ist jedoch immer gleich: Das Abgas wird mit dem Wasser in Kontakt gebracht, um den Reinigungsprozess auszulösen. Je größer die Oberfläche des Wassers als Reaktionsfläche ist, desto effizienter läuft der Scrubbing-Prozess ab. Dafür werden Düsenwäscher oder Waschkaskaden in verschiedenen Variationen und Kombinationen genutzt (ABS 2013).



Der dabei entstehende Temperaturabfall im Abgasstrom führt zur Kondensation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen und größere Partikel fallen aus.

Das dabei entstehende Abwasser wird durch einen Wasserklärifikator geleitet, der Partikel und zum Teil ölige Rückstände abscheidet. Diese Scrubber-Rückstände, der sogenannte Scrubber-Sludge, enthält Partikel, Asche und Schwermetalle. Die genaue Zusammensetzung des Scrubber-Sludge wird im Wesentlichen durch die Treibstoffzusammensetzung sowie den Verbrennungsprozess bestimmt. Darüber hinaus enthält der Sludge unlösliches Kalziumsulfat aus dem Reinigungsprozess.

Scrubber-Sludge muss an Bord in einem separaten Tank gelagert werden. Er darf nicht verklappt werden und muss im Hafen an eine entsprechende Auffangeinrichtung abgegeben werden (MARPOL Annex VI, Reg. 16, 2.1). Tabelle 3 zeigt, wieviel Scrubber-Sludge im Schiffbetrieb anfällt.

**Tabelle 3** Mengen von Scrubber-Sludge, Quelle: Tomas Nilson, Consultant, Environment, COWI AB, 2014, Scrubbers What do they mean to ports?, Beispiel von Alfa Laval, BPO Environmental Seminar on sewage from passenger ships waste port from scrubbers training on SDM 5 March 2014, Gdańsk, Polen

	Anzahl der Maschinen	gesamte installierte Leistung in MW	HFO t/a	Sludge t/a
Container	1	8	5 800	1
Tanker	1	13,74	5 925	6
Ro-Ro	4	24,8	17 534	14

### 2.2.1 Offene Nass-Scrubber (Open-loop)

Bei offenen Systemen wird Seewasser direkt in die Reinigungsstufen gepumpt. Jeder Hersteller hat ein eigenes System entwickelt, wie das Abgas mit dem Wasser vermischt wird.

Das Abwasser aus dem Scrubbing-Prozess wird nach einer Abtrennung der öligen Feststoffe soweit mit Seewasser verdünnt, dass es den pH-Grenzwerten für die Abwassereinleitungen entspricht (s. Kap. 3, Tab. 7). In Abhängigkeit von den Umweltbedingungen enthält Sludge von offenen Scrubbern auch Schwemmstoffe des Umgebungswassers. In Gebieten mit einem hohen Schwebstoffanteil können diese Schwemmstoffe einen sehr großen Anteil im Sludge erreichen (ABS, 2013).

### 2.2.2 Geschlossene Nass-Scrubber (Closed-loop)

Geschlossene Systeme nutzen behandeltes Waschwasser, das in einem Kreislauf unabhängig vom Umgebungswasser geführt wird. Um die Pufferkapazität des Wassers konstant zu halten, wird es mit einer basischen Lauge, meist Natronlauge (NaOH), angereichert. Die Anreicherung des Prozesswassers mit Natronlauge erfordert einen auf 20°C – 60°C temperierten Tank für NaOH und eine Überwachungseinheit, die

entsprechend dem pH-Wert des Reinigungswassers NaOH hinzufügt (DNV 2009). Die Menge der benötigten Lauge schwankt nach Kjølholt et al. (2012) zwischen 1 – 15 l/MWh und hängt vor allem vom Schwefelgehalt des verwendeten Treibstoffs ab (Tabelle 4). Außer Natronlauge (NaOH) können auch andere puffernde Substanzen verwendet werden, wie z. B. Magnesiumoxid auf der „Liberty of Seas“ (Anhang II).

**Tabelle 4** Erforderliche Menge an Natronlauge, um die gewünschte Schwefelreinigungsleistung zu erzielen, basierend auf Tab. 3-3 aus Kjølholt et al. 2012

% des entfernten Schwefels	NaOH-Verbrauch (in Liter, 50%-ige Lösung/ MWh)
2,9	11
2,4	8
1,4	4
0,9	1

Nach dem Reinigungsprozess wird das Waschwasser aufbereitet und erneut in den Reinigungsprozess gepumpt. Die Wasseraufbereitung kann entweder rein mechanisch erfolgen oder durch Prozess-Zuschlagstoffe unterstützt werden. Diese Zuschlagstoffe sind chemisch aktive Substanzen (z.B. Aluminium-III-Sulfit), die eine Ausflockung von Wasserinhaltsstoffen fördern, sodass eine höhere Reinheit des in den Prozess zurückzuführenden Wassers erreicht wird.

Am unteren Ende der Reinigungseinheit, dem sogenannten Sumpf, werden die dort anfallenden Feststoffe abgesaugt. Dieses wässrige Gemisch wird genau wie bei einem offenen System durch einen Separator bzw. Hydrocyclone geleitet. Die anfallenden Feststoffe werden als Scrubber-Sludge in einem speziellen Tank gelagert. Das separierte Abwasser, das sogenannte Bleed-Off, wird in der Bleed-Off Treatment Unit (BOTU) so weit verdünnt, dass es dem pH-Grenzwert für Abwassereinleitungen entspricht und ins Meer eingeleitet werden kann. Die Abflussmenge durch das Bleed-Off beträgt ca. 0,1– 0,3 m<sup>3</sup>/MWh (Kjølholt 2012, Wärtsilä 2012). Diese Wassermenge wird im laufenden Prozess durch Frischwasser ständig ausgeglichen.

Geschlossene Anlagen können zusätzlich mit so genannten Holding Tanks ausgestattet werden, sodass sie eine bestimmte Zeit ohne Ableitung ins Meer im sogenannten „zero emission mode“ fahren können.

Eine Testreihe auf der DFDS-Fähre Ficaria Seaways 2012 ergab, dass sie aufgrund der Größe ihrer Waschwassertanks 6 Stunden ohne Einleitung fahren konnte.

### 2.2.3 Hybridsysteme

Hybride Systeme kombinieren das offene und geschlossene Nass-System. Als Waschwasser wird Seewasser verwendet, das im offenen Modus direkt in die offene See abgepumpt wird. Bei Bedarf kann auch im geschlossenen Modus unter Zusatz einer puffernden Lauge und ggf. ohne Abgabe von Abwasser gefahren werden. Das anfallende Abwasser wird in Holding-Tanks aufgefangen und später im Hafen oder auf offener See abgegeben.

## 2.2.4 Trocken-System

Als Reinigungsmedium wird anstelle von Seewasser ein spezielles Kalksteingranulat in einem Schüttabsorber verwendet (Steinbeis o.J.). Die Reinigungsleistung ist den Nass-Scrubber-Systemen gleichwertig.

Die Versorgung mit Kalkgranulat sowie dessen Entsorgung kann nur im Hafen erfolgen. Couple Systems ist bislang der einzige Hersteller eines Trocken-Scrubber-Systems (DryECGS). Dieses System wurde bisher auf zwei Schiffen installiert (MS Timbus, MS Oceanex), ein weiteres Schiff befindet sich bei der Flensburger Schiffbau-Gesellschaft im Bau.

Tabelle 5 zeigt eine Auswahl derzeit verfügbarer Abgasreinigungsanlagen für marine Anwendungen und deren Hersteller.

Tabelle 5 Auswahl von Abgasreinigungsanlagen für marine Anwendungen

Name	Hersteller	Kurzbeschreibung (Typ, techn. Details)
LMB-EGS	Saake	offenes EGCS, VentSep vor nasser Reinigungsstufe, separiert Feststoffe, leichtere Lagerung an Bord, 2 - 16 MW
Hamworthy Krystallon	Wärsilä/Moss	Hybrid EGCS, 1 - 100 MW
Clean Marine	Clean Marine	Hybrid EGCS, Advanced Vortex Chamber-Technologie (AVC) mit hoher Partikelabscheiderate
DryECGS	Couple Systems	Trocken-Scrubber
DuPont™ BELCO®	DuPont™ Marine Scrubbing Systems	offenes, geschlossenes und Hybrid EGCS
GTM R15	Green Tech Marine	Hybrid EGCS, relativ kleiner Baukörper
MES EcoSilencer®	MES Inc.	offenes EGCS für große Anlagen
CSNOX™	Ecospec	Ultra Low Frequency (ULF) Einheit - pH-Wert Erhöhung, keine aktiven Substanzen notwendig
PureSOx	Alpha LAval	Hybrid System bis zu 21 MW, Energiebedarf ca. 1,5 % der Maschinenleistung

## 2.3 Reinigungsleistung und Energieverbrauch von Abgaswäschern

Bei der Bewertung der Reinigungsleistung orientieren sich die verfügbaren Studien an der Leistung in Bezug auf SO<sub>x</sub>, Partikel (PM) und Stickoxide (Tabelle 6). Die Scrubber-Technologie entfernt keine Stickoxide oder nur in sehr geringem Maß und kein CO<sub>2</sub>.

Tabelle 6 Reinigungsleistung von verschiedenen Anlagen in Bezug auf SO<sub>x</sub> (Schwefeloxide), PM (Partikel), NO<sub>x</sub> (Stickoxide) und CO<sub>2</sub> (basiert auf Tab. 3-1 und 3-2 aus Kjølholt, 2012)

	Mode	Reinigungsleistung (%)	Anmerkungen
SO <sub>x</sub>	Seewasser	> 90	in unbeeinflusstem Seewasser
	Süßwasser	> 90	Zugabe von puffernden Substanzen

	Mode	Reinigungsleistung (%)	Anmerkungen
	Umstellung See- und Süßwasser	> 90	Zugabe von puffernden Substanzen
PM	Seewasser	70 – 90	2 Anbieter, 90 % Reinigungsleistung der sichtbaren Partikel (50 % der Gesamtmasse)
	Süßwasser	65 – 95	2 Anbieter
	Umstellung See- und Süßwasser	60 – > 90	3 Hersteller, geringste Reinigungsleistung von 60 % kann durch Prozessoptimierung verbessert werden – erhöht jedoch den Abgasgegendruck, Reinigungsleistungen über 90 % werden durch größere Reinigungseinheiten, höheren Wasserdurchsatz und höhere Zugaben von NaOH erreicht.

Das Abwasser aus der Abgasreinigung weist einen sehr niedrigen pH-Wert auf. Es darf entsprechend den IMO-Regularien MEPC 184/59 Annex 9, im Folgenden Guidelines 2009 genannt, nicht ohne weiteres eingeleitet werden (vgl. Kap. 3).

Nach Angaben von Wärtsilä (2012, S. 15) liegt der Energieverbrauch bei ca. 0,5 % der Hauptmaschinenleistung. Im geschlossenen Modus (closed loop) steigt der Energiebedarf aufgrund des Verbrauchs von Natriumhydroxid um ca. 2 % (Kjøholt et al., 2012, S.42).

Kurz vor der Einführung der letzten Stufe von MARPOL Annex VI in den SECAs (Tabelle 1) ist die Einbaurate von Abgasreinigungsanlagen sehr gering. Der finanzielle Anreiz, ein ECGS anstelle von schwefelarmen Treibstoffen zu verwenden, ist jedoch recht hoch. Hersteller haben berechnet, dass sich die Investitionskosten nach ca. zwei Jahren amortisieren, wenn sich die Schiffe zu 90 % ihrer Betriebszeit in SECAs aufhalten (Twentyfour7 01/2013).

Der Branchenverband EGCSA rechnet bei einer Aufenthaltsdauer von 60 % innerhalb von SECAs mit weniger als 5 Jahren für eine Amortisation der Investitionskosten. Bei ausschließlichen Betrieb außerhalb von ECAs wird von einer Amortisationszeit von 6 Jahren ausgegangen.

Ab 2020 gilt der weltweite Schwefelgrenzwert von 0,5 %. Spätestens zu diesem Zeitpunkt wird erwartet, dass die Scrubber-Technologie von vielen Schiffsbetreibern als eine Alternative zur Verwendung von schwefelarmem Treibstoff ernsthaft in Betracht gezogen wird.

Eine Reihe von Schiffsbetreibern erwägt bereits jetzt bei Neubauplanungen den Einbau von Scrubbern oder plant die Nachrüstung von Schiffen (mdl. DNV GL; Stand März 2014).

### Vor- und Nachteile unterschiedlicher Typen von Abgaswäschern aus Umweltsicht

- Vorteile

Geschlossene Scrubber: geringe Abwassermengen, gute Kontrolle der Schadstoffeinträge in die Meeresumwelt, Möglichkeit, eine begrenzte Zeit ohne Abwassereinleitungen zu fahren, Reinigungsleistung unabhängig vom Meerwasser

Offene Scrubber: keine zusätzlichen gefährlichen Substanzen an Bord

Trocken-Scrubber: keine Wasseraufnahme und keine Ableitungen ins Meer, Reinigungsleistung unabhängig vom Meerwasser

- Nachteile

Geschlossene Anlagen: aufwändige Handhabung der Laugen an Bord, ggf. Einsatz von aktiven Substanzen derzeit ohne ökotoxikologische Überprüfung

Offene Scrubber: sehr hoher Wasserdurchsatz, Erzielung der gewünschten Reinigungsleistung in Gewässerkörpern mit geringer Alkalinität ungewiss, durch hohe Abwassermengen höherer Massestrom von umweltschädigenden Abwasserinhaltsstoffen

### 3 Regulierung der Abwasserinhaltsstoffe

Die Vereinten Nationen und deren Organisationen (IMO/ FAO/ UNESCO/ WMO/ WHO/ IAEA/ UN/ UNEP) werden zu Fragen des marinen Umweltschutzes durch ein wissenschaftliches Expertengremium (GESAMP) beraten. Auf Grundlage der Empfehlungen von GESAMP wurden die Grenzwerte für Scrubber-Abwasser festgelegt (GESAMP 2008) und als „2009 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems“ mit Resolution MEPC.184(59) 2009 ab dem 1. Juli 2010 in Kraft gesetzt.

Bereits in den Guidelines 2009 wird auf die geringe Datenbasis in Bezug auf die Inhaltsstoffe des Abwassers und deren mögliche Umwelteffekte verwiesen und es werden weitere Untersuchungen angemahnt (Resolution MEPC.184(59) 2009, Anhang III). Eine Revision der Guidelines 2009 in naher Zukunft ist deshalb wahrscheinlich.

Die Grenzwerte in den Guidelines 2009 sind jeweils auf eine standardisierte Durchflussmenge von 45 t/MWh bezogen (Tabelle 7).

Beim pH-Wert ist eine Verdünnung vor dem Auslass erlaubt. Alle anderen Konzentrationen müssen im unverdünnten Zustand den Grenzwerten entsprechen.

**Tabelle 7** Einleitebedingungen entsprechend MEPC 184(57) 2009: Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems

Inhaltsstoffe	Grenzwerte	Kriterien
pH-Wert	Mind. 6,5, max. 2 pH-Einheiten über Einlauf	Messung des Wertes nach der Verdünnungseinheit
PAK (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe)	max. 50 µg/l PAHphe (Phenanthrene Äquivalente) über dem Einlaufwert (für Durchflussrate von 45 t/MWh)	Messung im Einlauf und im Auslass des EGCS, vor der Verdünnungseinheit
Trübung/ Gelöste Partikel	Max. 25 FNU (formazin nephelometric units) oder 25 NTU (nephelometric turbidity units)	Messung im Auslass des EGCS, vor der Verdünnungseinheit
Nitrate	Max. 60 mg/l bei Standarddurchflussrate von 45 t/MWh	Werte für Nitrate sollen min. einer 12 %-igen Reduktion von NO <sub>x</sub> entsprechen

Gemäß MEPC Resolution 184(59) 2009, 10.4 gilt weiterhin, dass:

- die Überwachung des Ölgehalts im Abwasser indirekt über den PAK-Gehalt erfolgt,
- Rückstände aus Abgasreinigungsanlagen nur an Land an geeigneten Auffangeinrichtungen entsorgt werden dürfen,
- die Lagerung und Abgabe von Rückständen aus den Reinigungsanlagen in einem Protokoll unter Angabe von Datum, Zeitpunkt und Ort festzuhalten sind.

## 4 Menge und Inhaltsstoffe des Scrubber-Abwassers

Die Inhaltsstoffe des Abgases variieren je nach Qualität des verwendeten Treibstoffs, der Vollständigkeit der Verbrennung, der Vorbelastung des aufgenommenen Seewassers und der Reinigungsleistung des Scrubbers und sind von evtl. zugeführten Prozess-Zuschlagsstoffen abhängig.

Vorbelastungen des Seewassers können durch PAKs, Schwermetalle, einen schwankenden pH-Wert und insbesondere in Küstennähe und in Häfen erhöhte Temperatur bestehen.

Die Temperatur des eingeleiteten Abwassers ist durch die Durchleitung des heißen Abgases erhöht. Nach MEPC-2009 Richtlinie werden keine Grenzwerte für die Temperatur definiert, aber sie ist aufzuzeichnen (Res. 184(59) 2009, Kap. 10.1.1).

Es gibt einige wenige Publikationen über Abwasserinhaltsstoffe von Schiffabgasbehandlungsanlagen, z.B. von Marintek mit Messungen auf der MT Fjordshell (Buhaug et al. 2006), von BP Marine/Krystallon auf der Fähre MS Pride of Kent (Hufnagl et al. 2005) und zur DFDS-Fähre MS Ficaria Seaways (Hansen 2012, Kjølholt et al. 2012). Tabelle 7 zeigt die Zuordnung der Autoren zu Schiffen und Scrubber-Systemen, die im Folgenden diskutiert werden.

**Tabelle 8** Publikationen zu verschiedenen Scrubbersystemen; FW-Freshwater, SW-Seawater

	Schiff	Abgasbehandlungssystem
Buhaug et al. 2006	MS Fjordshell	offen (SW-mode)
Hufnagl et al. 2005	MS Pride of Kent	offen (SW-mode)
Hansen 2012 Kjølholt et al. 2012	MS Ficaria Seaways	hybrid (SW- und FW-mode)

Die Messungen von Hansen (2012) und Kjølholt et al. (2012) wurden beide an dem Hybrid-ECGS der MS Ficaria Seaways durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen weichen z.T. stark voneinander ab.

Im Test von Buhaug (2006) wurde als Treibstoff HFO mit einem Anteil von 2,7 % Schwefel verwendet. Die Tests wurden im offenen und geschlossenen Modus durchgeführt. Messergebnisse für Abwasserinhaltsstoffe sind jedoch nur für die in Tabelle 8 enthaltenen Metalle und teilweise PAKs im offenen Modus ohne Abwasserbehandlung in der Studie enthalten.

Tabelle 9 (S. 20) fasst die Ergebnisse der Studien von Buhaug et al. (2006), Hansen (2012) und Kjølholt et al. (2012) zusammen.

### 4.1 Schwermetalle

Hansen (2012, S. 25) stellt einen direkten Zusammenhang zwischen der Konzentrationen von Vanadium, Nickel, Kupfer und Zink im Abwasser und dem Treibstoffverbrauch her. Kjølholt et al. (2012) belegen darüber hinaus einen Zusammenhang zwischen dem Vanadium- und Nickelgehalt des Abwassers und dem Schwefelgehalt des Treibstoffes.

Der überraschend hohe Anstieg der Kupfer- und Zinkgehalte im Abwasser bei Kjølholt et al. (2012, S. 59) konnte nicht erklärt werden. Hufnagl et al. (2005, S. 42) stellen erhöhte Zinkwerte bei der Pride of Kent fest und führen diese auf die Anlagenbauweise zurück. Auch Buhaug et al. (2006, S. 15) erwähnen als mögliche Quelle für Metalle im Abwasser die Abgasreinigungsanlage selbst. Hansen (2012, S. 25) schließt in seiner Testreihe eine Beeinflussung der Messergebnisse durch Korrosion bzw. Abrieb in der Anlage aus.

Metalle neigen dazu, sich mit Partikeln zu verbinden (Kjølholt et al. 2012, S. 79, Buhaug et al. 2006, S. 13). Deshalb kann ein hoher Anteil aus dem Abwasser gefiltert werden. In der Umwelt sedimentieren Metalle und sind in höheren Anteilen im Boden zu finden.

#### Schwermetalle:

- Vanadium und Nickelgehalte im Abwasser sind zu dem Schwefelgehalt im Treibstoff proportional.
- Alle anderen Metalle scheinen sich in gewissem Umfang mit Partikeln aus dem Abgas zu verbinden und sind dadurch relativ gut aus dem Abwasser zu filtern.
- Die Abnutzung der Anlagenteile kann zu zusätzlichen Metallgehalten im Abwasser führen.

## 4.2 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)

Alle vier Studien zeigen, dass langkettige PAKs fast vollständig an Partikel gebunden werden. Dadurch besteht die Chance, sie mit der Partikelfracht aus dem Abwasser zu separieren. Kurzkettige PAKs mit niedrigerem molekularem Gewicht mit bis zu 3 Ringen, z.B. Phenanthrene, Fluoranthene und Pyrene, verbleiben im Abwasser (Tabelle 9).

Deutliche Wirkungsunterschiede wurden bei verschiedenen Filtermethoden des Abwassers festgestellt (Hufnagl et al. 2005, S. 53).

Es gibt saisonale und lokale Unterschiede in der Hintergrundbelastung mit PAKs (Hufnagl et al. 2005, S. 93). Bei PAKs mit höherem molekularem Gewicht, 4 und mehr Ringen, konnte von Hufnagl keine Differenz zwischen der Hintergrundbelastung des Seewassers und des Scrubber-Abwassers nachgewiesen werden (ebd., S. 95).

Hansen (2012, S. 23) beschreibt technische Schwierigkeiten beim kontinuierlichen Messen der PAKs in geringen Konzentrationen an Bord.

#### PAK:

- Langkettige PAKs lagern sich häufig an Partikel an und lassen sich gut mit diesen Partikeln, aus dem Abwasser filtern. Kurzkettige PAKs mit bis zu 3 Ringen sind wasserlöslich und verbleiben im Scrubber-Abwasser.
- Es gibt Wirkungsunterschiede bei den Filtermethoden des Abwassers. Hier besteht Forschungsbedarf.



### 4.3 Nitrate/ Sulfate

Stickoxide (NO<sub>x</sub>) entstehen im Verbrennungsprozess. NO<sub>x</sub> verbleibt im Wesentlichen unverändert durch den Scrubberprozess im Abgas. Bei Buhaug (2006) wurden Nitrate nicht gemessen, sie sind dort lediglich in den Wert COD – chemischer Sauerstoffbedarf eingegangen, der leicht erhöht war.

Hufnagl et al. (2005, S. 123) stellen eine Verdopplung der Nitratgehalte im Abwasser fest, ebenso Hansen (2012, S. 24). Die Messwerte 0,0028 g NO<sub>3</sub>/kWh bzw. 0.021 g NO<sub>2</sub>/kWh liegen jedoch weit unterhalb des Grenzwertes von 60 mg/l bei einer Durchflussrate von 45 t/MWh (2700 g NO<sub>2</sub>/kWh). Die höchsten Konzentrationen traten bei hoher Maschinenlast (95% MCR) auf.

Sulfate entstehen beim Scrubbing-Prozess aus den Schwefeloxiden des Abgases. Sulfate sind zum Teil sehr gut in Wasser löslich, z.B. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Andere wie z.B. Kalziumsulfat (CaSO<sub>4</sub>), auch als Gips bekannt, sind nur sehr schwer bzw. unlöslich. Diese können als fester Bestandteil aus dem Abwasser gefiltert werden.

Der Gehalt an gemessenen Sulfaten lag bei der Pride of Kent um 0,4 - 4,5 % über den Einlaufwerten und damit unterhalb der Fehlerrate der Messmethode.

#### Nitrate/ Sulfate

- Nitrate im Abwasser waren bei Hansen (2012) und Buhaug et al. (2006) leicht erhöht.
- Die gemessenen Werte liegen deutlich unterhalb des Grenzwertes von 60 mg/l (Guidelines 2009).
- Die Messwerte für Sulfate lagen bei Hufnagl et al. (2005) unterhalb der Fehlerrate der Messmethode.

**Tabelle 9**    Inhaltsstoffe der Scrubber-Abwässer aus den Messreihen der MS Fjordshell (Buhag et al. 2006), MS Ficaria Seaways (Kjøholt et al. 2012 und Hansen 2012), die Werte für Seewasser stammen aus der Messreihe Kjøholt et al. 2012 und die Werte für Treibstoff und Scrubber-Sludge sind aus der Messreihe Hansen 2012

		Fjordshell		See- wasser	Ficaria (Kjøholt)			Ficaria (Hansen)				
		SW-mode (open loop)*			SW-mode (open loop)		FW-mode **	SW-mode	FW-mode	Treibstoff HFO	Sludge	
		high load	low load		high load	low load	high load			high load	2,20%	
		80 % MCR	20 % MCR		80-95% MCR	40-45% MCR	T=120 centrif.					mg/kg
Treibstoff- verbrauch	kg/h				3510	1850	3520					
Nitrat	µg/l			0,12	0,56	0,34	120	31 - 130				
Sulfat	µg/l			865	900	900	9000					
Vanadium	µg/l	35	23	1,8	180	81	14000	162,9	3	155	6600	
Nickel	µg/l	32,8	10,4	8,9	43	20	3100	41,1	u.N.	47	4000	
Zink	µg/l	6	15	< 2,0 - 8,0	450	150	420	200	u.N.	n/a	370	
Chrom	µg/l	<1	< 1	na	na	na	na	4,8	u.N.	3	250	
Blei	µg/l	5	0,6	< 0,02	21	3,6	3,8	13,1	u.N.	n/a	43	
Kupfer	µg/l	41,6	15,3	5	260	150	860	115,6	u.N.	n/a	780	
Quecksilber	µg/l	< 0,1	< 0,1	0,12	0,086	0,092	< 0,05	u.N.	u.N.	n/a	0,03	
Arsen	µg/l	< 0,1	< 0,1	1,5	< 1,0	1,8	9,8	0,2	u.N.	n/a	6	
Kadmium	µg/l	0,05	0,08	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,094	0	u.N.	3	< 0,05	
gesamt Kohlenwassers toffe (THC)	µg/l	50	-8	31 - 53***	110	140						
PAK (USEPA)	µg/l	<0,1	<0,1		0,96	1,1	3,8	5 - 7****	5,2 - 13,1		230	
davon Naphtalin	µg/l				0,48	0,51	0,32					
gefilterte Probe	µg/l				0,62	0,65						
PCDD	pg/l	-46,1										
PCDF	pg/l	240,7										
Wasserdurch- fluss	t/M Wh	50	150		50	50		50				

\*Fjordshell – SW = offener Modus, Werte direkt im Scruberauslass gemessen, Treibstoff HFO mit 2,7 % Schwefelanteil

\*\* im closed mode sind während der Laufzeit des Tests von 120 min keine Feststoffe aus dem Kreislauf separiert worden, um die Akkumulation von Schadstoffen festzustellen, die nur in geringen Mengen vorkommen. Erst in der Spalte T=120 centrif. sind die Abwasserwerte nach der Wasseraufbereitung aufgeführt.

\*\*\* Hintergrundbelastung bei Messungen mit der Fjordshell (Buhag, 2006)

\*\*\*\* überwiegend Naphthalin, Fluoren und Phenanthren

SW: Seawater-mode (Scrubbingprozess verläuft im offenen Kreislauf – open loop)

FW: Freshwater mode (Scrubbingprozess verläuft im geschlossenen Kreislauf – closed loop)

TS = Trockensubstanz

MCR = Maximum continuous rating/ höchste Nennleistung

## 4.4 Ölgehalt des Abwassers

Die Studie von Hansen (2012, S. 24) berücksichtigt den Ölgehalt im Scrubber-Abwasser bei Verwendung zwei verschiedener Treibstoffe (Tabelle 9). Für beide Treibstoffe liegen die Ölgehalte unterhalb der für Bilgenwasser zugelassenen Ölgehalte – hier als Vergleich herangezogen – von max. 15 ppm.

Zu berücksichtigen ist, dass Ölkonzentrationen von 1 ppm bereits akut letal toxische Effekte bei Meeresorganismen auslösen können (Buhaug et al. 2006, S. 28).

Tabelle 10 Ölgehalt im Abwasser, Test mit 2 verschiedenen Treibstoffen (2,2 % und 1,0 % Schwefelgehalt), aus Hansen, 2012

Position	mg/l = ppm	mg/kWh
SW Einlauf	1,4	74
SW Auslauf (Schwefelgehalt 1,0 %)	1,2	65
SW Auslauf (Schwefelgehalt 2,2 %)	1,9	101

## 4.5 Fazit Abwasserinhaltsstoffe

Die Konzentrationen von Schadstoffen im Scrubber-Abwasser weichen in den untersuchten Studien z.T. stark voneinander ab. Die Ursachen für diese Abweichungen können nicht immer zweifelsfrei geklärt werden. Es wurden Schwierigkeiten bei der kontinuierlichen Messung von niedrigen PAK-Konzentrationen genannt. Darüber hinaus hat die Filbertechnik einen starken Einfluss auf die PAK-Konzentration und einige Werte für Schwermetalle legen anlagebedingte Einflüsse nahe.

Die Untersuchungen von Kjølholt und Hansen an demselben Schiff (MS Ficaria Seaways) ergaben erheblich unterschiedliche Messergebnisse. Bei Hansen liegen die Konzentrationen für Metalle im Abwasser des geschlossenen Modus (FW-mode) unterhalb der Nachweisgrenze. Demgegenüber sind die Metallkonzentrationen bei Kjølholt (2012) auch im geschlossenen Modus weitgehend im messbaren Bereich.

Alle hier untersuchten Studien belegen Schadstoffkonzentrationen im Scrubber-Abwasser unterhalb der in der IMO-Guideline 2009 genannten Grenzwerte.

Die Konzentration der Schadstoffe im Abwasser verändert sich mit der Menge des genutzten Waschwassers. Die Grenzwerte der Guideline 2009 sind deshalb auf eine standardisierte Durchflussmenge von 45 t/MWh bezogen.

Beim pH-Wert ist eine Verdünnung vor dem Auslass erlaubt. Hier wird der Einfluss der versauernden Substanzen im Abwasser durch eine Erhöhung der Durchflussmenge bzw. nachträgliche Verdünnung maskiert.

Ungeklärt ist der Einsatz von Zuschlagsstoffen bei geschlossenen Scrubbern. Ob und welche Substanzen z.B. als Flockungsmittel im Wiederaufbereitungsprozess des Waschwassers hinzugefügt werden, ist im Rahmen dieser Studie nicht abschließend zu klären. Zur Sicherung der ökologischen Unbedenklichkeit sollten jegliche Zuschlagstoffe einschließlich der verwendeten Laugen verbindlich einer ökotoxikologischen Unbedenklichkeitsuntersuchung entsprechend G9 der Ballastwasser-Konvention der IMO (Resolution MEPC.12 (53)) unterzogen werden.

## 5 Abschätzung von Abwassereinleitungen

Die Schadstoffmengen, die durch die Verwendung von Scrubbern in die Meeresumwelt eingeleitet werden können, werden hier beispielhaft an vier verschiedenen Schiffstypen wie sie an deutschen Küstengewässern vorkommen, abgeschätzt.

Die Modellannahmen sollen dazu dienen, zukünftige Einleitungen aus Scrubbern in die Gewässer sowie Abgabemengen von Scrubber-Sludge in den Häfen besser einschätzen zu können.

### 5.1 Modellannahmen

Ausgehend von vier verschiedenen Schiffstypen wurden Beispielschiffe gewählt (Tabelle 11). Die Antriebsleistung für die verschiedenen Geschwindigkeiten wurde anhand der Admiraltätsformel geschätzt. Die Leistung der Hilfsmaschinen wurde konstant für alle Geschwindigkeiten angenommen.

Tabelle 11 Beispielschiffe: Tanker, Feeder, Kreuzfahrtschiff und RoPax

	Tanker Schiff 1	Feeder Schiff 2	Kreuzfahrt Schiff 3	RoPax Schiff 4
Kapazität	15.000 t	950 TEU	2.800 Pax	750 m 600 Pax
Dienstgeschwindigkeit $v_{\text{Service}}$ [kn]	14,0	18,5	21,5	20,5
Leistung $P_{\text{Prop}}$ bei $v_{\text{Service}}$ [kW]	5.000	7.600	35.000	7.500
Leistung $P_{\text{Aux}}$ [kW]	750	1.200	8.000	2.000

Die Berechnung der erforderlichen Maschinenleistung und des Energieaufwands für das jeweilige Schiff auf einer bestimmten Route erfolgt nach dem Schema in Tabelle 12.

Tabelle 12 Berechnung der Maschinenleistung und des Energieaufwands pro Schiff und Route am Beispiel der Route Emden-Cuxhaven

Emden - Cuxhaven		Schiff 1	Schiff 2	Schiff 3	Schiff 4
Entfernung $d$ [sm]	148	148	148	148	148
Mittlere Geschwindigkeit $v_M$ [kn]		12	16	18	18
Mittlere Leistung $P_M$ [kW]	$P_M \approx P_{\text{Aux}} + P_{\text{Prop}} * [v_M/v_S]^3$	3.549	6.117	25.539	6.577
Reisedauer $t$ [h]	$t = d/v_M$	12,3	9,3	8,2	8,2
Energie $E$ [kWh]	$E \approx t * P_M$	43.767	56.578	209.984	54.079

- Maschinenleistung und Energieaufwand je Schiff auf ausgewählten Routen

Auf den ausgewählten Routen wurden die unterschiedlichen Dienstgeschwindigkeiten der Beispielschiffe sowie die teilweise unterschiedliche Maschinenlast auf bestimmten Streckenabschnitten jeweils schiff- und streckenspezifisch berücksichtigt. Auf Basis des strecken- und schiffspezifischen Energieaufwands (in MWh) wurde die Abwassermenge auf den jeweiligen Routen mit der Standardmenge für den offenen Modus mit 50 t/MWh (Hansen 2012) und für den geschlossenen Modus mit 0,1 t/MWh (Wärtsilä 2012) berechnet.

Die Routen sind Beispielstrecken entlang der Nord- und Ostseeküste, einschließlich des Nord-Ostsee-Kanals auf der Strecke Brunsbüttel – Kiel. Die Routenabschnitte verlaufen überwiegend küstennah (z.B. Emden – Cuxhaven) bzw. in Flüssen und Ästuaren (z.B. Hamburg – Brunsbüttel).

**Tabelle 13** Scrubber-Abwassermengen pro Beispielstrecke pro Beispielschiff (SW Saltwater – offenes System, FW : Freshwater – geschlossenes System)

Route	sm	Energie in MWh				Scrubber-Abwasser in t							
		Schiff 1	Schiff 2	Schiff 3	Schiff 4	Schiff 1		Schiff 2		Schiff 3		Schiff 4	
						SW	FW	SW	FW	SW	FW	SW	FW
Kiel – Stralsund	104	31	40	126	38	1.538	3	1.988	4	6.313	13	1.900	4
Kiel – Göteborg	230	68	88	279	84	3.401	7	4.396	9	13.962	28	4.202	8
Kiel – Brunsbüttel (NOK)	54	9	12	46	13	450	1	612	1	2296	5	657	1
Hamburg – Cuxhaven	56	12	17	63	17	622	1	826	2	3152	6	828	2
Hamburg – Brunsbüttel	37	8	11	42	11	411	1	548	1	2083	4	547	1
Emden – Cuxhaven	148	44	57	210	54	2.188	4	2.829	6	10.499	21	2.704	5

- Abschätzung der Schadstoffmengen und Abwassermengen

Die Abwasserinhaltsstoffe, die der Abschätzung der Mengeneinleitung zugrunde liegen, sind in Tabelle 14 aufgelistet. Als Modellannahme ist 1 l Seewasser mit 1 kg gleichgesetzt. Dies kann in der Realität in Abhängigkeit vom Salzgehalt variieren. Die Abweichung kann bis zu 3 % betragen.

Es wurde mit einer konstanten Schadstoffkonzentration pro errechnetem Energieaufwand auf den jeweiligen Beispielstrecken gerechnet. Diese Schadstoffkonzentration basiert auf den Werten der Tabelle 9 für eine hohe Maschinenlast und Treibstoff mit 2,2 % Schwefelgehalt.

**Tabelle 14** Mengen der Abwasserinhaltsstoffe, die für die Abschätzung in Tab. 15 – 18 den Mengeneinleitungen zugrunde liegen; alle verwendeten Werte sind mit HFO 2,2 % Schwefelanteil und hoher Maschinenlast (MCR 80-95) gemessen worden, Hansen und Kjølholt et al. 2012

		offener Modus (SW)	geschlossener Modus (FW)
Nitrat	µg/l	130*	
PAK gesamt	µg/l	5*	5,2*
Vanadium	µg/l	162,9*	3*
Nickel	µg/l	41,1*	u. N
Quecksilber	µg/l	0,086**	u. N.
Blei	µg/l	13,1*	3,8**
Arsen	µg/l	0,2*	9,8**
Kupfer	µg/l	115,6*	
Zink	µg/l	200*	

\* Wert von Hansen (2012)

\*\* Wert von Kjølholt (2012)

Die Mengen der potenziell eingeleiteten Abwasserinhaltsstoffe im Seewasser-Modus (open loop) und Frischwasser-Modus (closed loop) sind für die vier Beispielschiffe und 6 Routen in den Tabellen 15 – 18 dargestellt. Die Mengen beziehen sich immer auf den gesamten Routenabschnitt. Es ist die unterschiedliche mittlere Maschinenlast für die jeweiligen Routenabschnitte berücksichtigt worden.

Tabelle 15 Schadstoffmengen für das Beispielschiff 1 (Tanker, Tab. 11) auf ausgewählten Routen

Werte für Schiff 1		Kiel - Stralsd.	Kiel - Göteborg	Kiel - Brunsbtl.	Hamburg - Cuxhaven	Hamburg - Brunsbtl.	Emden - Cuxhaven
	sm	104	230	54	56	37	148
Vanadium in g	SW	251	554	73	101	67	356
	FW	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
Blei in g	SW	20	45	6	8	5	29
	FW	0,012	0,026	0,003	0,005	0,003	0,017
Arsen in g	SW	0,3	0,7	0,1	0,1	0,1	0,4
	FW	0,03	0,07	0,01	0,01	0,01	0,04
PAK in g	SW	1,25	2,77	0,37	0,51	0,33	1,78
	FW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nickel in g	SW	63	140	18	26	17	90
Quecksilber in g	SW	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0	0,2
Kupfer in g	SW	178	393	52	72	48	253
Zink in g	SW	307,55	680,17	89,97	124,44	82,22	437,67
Öl in kg	SW	0,62	1,36	0,18	0,25	0,16	0,88
Nitrat in g	SW	200	442	58	81	53	284

Tabelle 16 Schadstoffmengen für das Beispielschiff 2 (Feeder, Tab. 11) auf ausgewählten Routen

Werte für Schiff 2		Kiel - Stralsd.	Kiel - Göteborg	Kiel - Brunsbtl.	Hamburg - Cuxhaven	Hamburg - Brunsbtl.	Emden - Cuxhaven
	Sm	104	230	54	56	37	148
Vanadium in g	SW	324	716	100	135	89	461
	FW	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02
Blei in g	SW	26,04	57,59	8,02	10,83	7,15	37,06
	FW	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02
Arsen in g	SW	0,4	0,9	0,1	0,2	0,1	0,6
	FW	0,04	0,09	0,01	0,02	0,01	0,06
PAK in g	SW	1,62	3,58	0,50	0,67	0,44	2,30
	FW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nickel in g	SW	82	181	25	34	22	116
Quecksilber in g	SW	0,2	0,4	0,1	0,1	0,0	0,2
Kupfer in g	SW	230	508	71	96	63	327
Zink in g	SW	398	879	122	165	109	566
Öl in kg	SW	0,8	1,8	0,2	0,3	0,2	1,1
Nitrat in g	SW	258	572	80	107	71	0

Tabelle 17 Schadstoffmengen für das Beispielschiff 3 (Kreuzfahrer, Tab. 11) auf ausgewählten Routen

Werte für Schiff 3		Kiel-Stralsd.	Kiel-Göteborg	Kiel-Brunsbtl.	Hamburg-Cuxhaven	Hamburg-Brunsbtl.	Emden-Cuxhaven
	Sm	104	230	54	56	37	148
Vanadium in g	SW	1028	2274	374	513	339	1710
	FW	0,04	0,08	0,01	0,02	0,01	0,06
Blei in g	SW	83	183	30	41	27	138
	FW	0,05	0,11	0,02	0,02	0,02	0,08
Arsen in g	SW	1,3	2,8	0,5	0,6	0,4	2,1
	FW	0,12	0,27	0,05	0,06	0,04	0,21
PAK in g	SW	5,14	11,37	1,87	2,57	1,70	8,55
	FW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nickel in g	SW	78	574	94	130	86	432
Quecksilber in g	SW	0,5	1,2	0,2	0,3	0,2	0,9
Kupfer in g	SW	730	1614	265	364	241	1214
Zink in g	SW	1263	2792	459	630	417	2100
Öl in kg	SW	2,53	5,58	0,92	1,26	0,83	4,20
Nitrat in g	SW	821	1815	298	410	271	1365

Tabelle 18 Schadstoffmengen für das Beispielschiff 4 (RoPax, Tab. 11) auf ausgewählten Routen

Werte für Schiff 4		Kiel-Stralsd.	Kiel-Göteborg	Kiel-Brunsbtl.	Hamburg-Cuxhaven	Hamburg-Brunsbtl.	Emden-Cuxhaven
	Sm	104	230	54	56	37	148
Vanadium in g	SW	310	685	107	135	89	440
	FW	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02
Blei in g	SW	24,89	55,05	8,60	10,85	7,17	35,42
	FW	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02
Arsen in g	SW	0,4	0,8	0,1	0,2	0,1	0,5
	FW	0,04	0,08	0,01	0,02	0,01	0,05
PAK in g	SW	1,55	3,42	0,53	0,67	0,45	2,20
	FW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nickel in g	SW	78	173	27	34	22	111
Quecksilber in g	SW	0,2	0,4	0,1	0,1	0,0	0,2
Kupfer in g	SW	220	486	76	96	63	313
Zink in g	SW	380	840	131	166	109	541
Öl in kg	SW	0,76	1,68	0,26	0,33	0,22	1,08
Nitrat in g	SW	247	546	85	108	71	352



## 5.2 Fazit Abschätzung von Abwassereinleitungen

Aus ökologischer Sicht ist nicht nur die Konzentration der Schadstoffe im Abwasser, sondern auch der Massenfluss von Bedeutung. Besonders bei den nicht abbaubaren Bestandteilen wie Metallen ist die Langzeitakkumulation ökologisch relevant.

Die Abschätzung der Schadstoffmengen durch die Scrubber-Abwässer erfolgte anhand von Beispielschiffen auf 6 Beispiel-Routen der Nord- und Ostsee, überwiegend ökologisch besonders sensible Gebiete (vgl. Kap. 6). Die Schadstoffkonzentrationen im Scrubber-Abwasser wurden für einen Schwerölgebrauch mit 2,2 % Schwefelanteil unter hoher Maschinenlast entsprechend den Daten von Hansen (2012) bzw. Kjølholt et al. (2012) abgeleitet. Nicht berücksichtigt wurden unterschiedliche Schadstofffrachten im Abgas, die bei wechselnder Maschinenlast auftreten.

Trotz dieser modellbedingten Einschränkungen bestätigt die Abschätzung, dass es einen konstanten Eintrag von Schadstoffen gibt, der bei offenen Scrubbern um ein Vielfaches höher liegt als bei geschlossenen Scrubbern.

Im Hinblick auf die absoluten Einleitemengen ist zu befürchten, dass es bei einem deutlichen Anstieg der Scrubber-Nutzung von Schiffen in den ökologisch sensiblen Küstengewässern der Nord- und Ostsee und den beengten Wasserkörpern der Hafenzufahrten und Häfen zu einer erheblichen Umweltbelastung kommt.

Neben den absoluten Einleitemengen an Schadstoffen ist auch der Wasserdurchsatz ein wichtiger Faktor bei der Bewertung der ökologischen Auswirkungen.

Dies gilt insbesondere im Hinblick auf offene Systeme. So sind bei der MS Ficaria Seaways (Hansen 2012, S. 27) bis zu 1.000 t Seewasser pro Stunde im offenen Modus (FW) durch das System gepumpt worden.

Der hohe Wasserdurchsatz offener Systeme ist bei allen bisherigen Studien noch nicht aus ökologischer Sicht bewertet worden. Es muss vermutet werden, dass das Scrubber-Abwasser keine lebenden Organismen mehr enthält. Die mit dem Seewasser aufgenommenen Mikroalgen und jegliches Makrozoobenthos sind damit der Nahrungskette entzogen. Ob dies für das marine Ökosystem des Wattenmeers, der Ostsee, der Fluss-Ästuar und der Häfen in Zukunft eine erhebliche Beeinträchtigung bedeutet wird, kann im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

## 6 Beschreibung des Umweltzustands nach WRRL/MSRL

Nord- und Ostsee und die angrenzenden Küsten- und Übergangsgewässer sind für die Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) ausführlich in ihrem ökologischen Zustand zur Ausgangsbewertung untersucht und beschrieben.

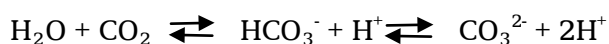
Die Beschreibung des ökologischen Zustandes eines natürlichen Wasserkörpers erfolgte anhand einer fünfstufigen Bewertungsskala: sehr gut, gut, mäßig, unbefriedigend, schlecht (WRRL 2000, Anhang V). Die Bewertung des ökologischen Potenzials eines erheblich veränderten Wasserkörpers (z. B. Ästuare, Hafenbereiche) erfolgte nach einer vierstufigen Skala: gut und besser, mäßig, unbefriedigend, schlecht (Voss et al. 2010). Dabei werden vorrangig die Qualitätskomponenten Phytoplankton, Markophyten/Angiospermen, Makrozoobenthos und Fische bewertet. Die am schlechtesten bewertete Qualitätskomponente bestimmt den ökologischen Zustand bzw. das ökologische Potenzial. Dazu werden physikalisch-chemische sowie hydromorphologische Qualitätskomponenten herangezogen.

Mess- und Kenngrößen der allgemeinen Gewässergüte sind üblicherweise pH-Wert, Wassertemperatur, Sauerstoff-Sättigung, O<sub>2</sub>-Zehrung und Nährstoffkonzentrationen. Als biologische Kenngrößen werden normalerweise Chlorophyll(a)- und Phaeophytin-Konzentration, Bakterien-, Algen- und Phytoplanktonbesatz herangezogen. Desweiteren dienen die Werte zum Gehalt an Schwermetalle (Cr, Cu, Ni, Zn, Mn, Fe) und Arsen zur qualitativen Bewertung der Gewässergüte.

In diesem Kapitel werden aufgrund der Parameter, die sich aus der Scrubber-Richtlinie (vgl. Kapitel 4) ergeben, zur Zustandsbeschreibung der Gewässer die Parameter pH-Wert, Temperatur, biologische Qualitätskomponenten und Schwermetalle näher betrachtet.

- pH-Wert

Meerwasser ist außerordentlich gut gepuffert. Das bedeutet, dass sich der pH-Wert bei Eintrag von Säuren oder Basen nur sehr wenig ändert. Die hohe Pufferkapazität des Meerwassers ist durch den hohen Anteil des im Wasser gelösten Kohlendioxids bedingt. Das CO<sub>2</sub> reagiert mit den Wassermolekülen und liegt dann als Hydrogenkarbonat, Karbonat und Wasserstoffionen vor. Letztere definieren den pH-Wert. Die genannten Komponenten bedingen sich gegenseitig:



Der pH-Wert einer unbeeinflussten Meeresumwelt liegt bei 7,8 – 8,4. Im Oberflächenwasser der obersten 0 – 25 m kann der Wert darüber hinaus stärker variieren.

Aufgrund dieser gepufferten Umwelt kommt es kaum zu pH-Wert-Schwankungen. Marine Organismen brauchen entsprechend nicht an eine Änderung des pH-Wertes angepasst zu sein. Der pH-Wert beeinflusst eine Reihe von biologischen Prozessen in marinen Organismen wie zum Beispiel Enzymaktivitäten oder den Energieaufwand zur Aufrechterhaltung eines physiologisch günstigen pH-Wertes; chemische Eigenschaften können sich verändern, z. B. Adsorptionsvorgänge oder auch der Grad der toxischen Wirkung von bestimmten Schadstoffen. Anthropogen verursachte pH-Änderungen werden durch den Klimawandel – "Versauerung der Meere" – erwartet und sind z. T. schon messbar.

- Schadstoffe

Schwermetalle stammen aus menschlichen Aktivitäten und reichern sich in der Umwelt und Nahrungskette an. In Scrubber-Abwässern befinden sich Kadmium, Blei und Quecksilber.

Weitere für diese Studie relevante Schadstoffe sind PAKs. Diese entstehen bei der Verbrennung von Schweröl und enthalten u. a. Polychlorinated biphenyls (PCB) 17 ppm, Chlorphenols 40 ppm, Chlorobenzen 44 ppm, Polychlorinated dibenzodioxin (PCDD) 3,9 ppb, Polychlorinated dibenzofuran (PCDF) 2,8 ppb (Buhaug et al. 2006, S. 14). PAKs wirken ökotoxisch mutagen (erbgutverändernd) und karzinogen (krebserregend). PAKs binden sich leicht an Partikel und reichern sich so im Sediment an. Bei Fischen z.B. bewirkt eine Konzentration von 1 – 2 mg/l im Umgebungswasser langfristige Leberschäden und eine geringere Fortpflanzungsfähigkeit (Hofer & Lackner 1995, S. 138).

- Biologische Komponenten

Der Aufbau organischer Partikel ("Zooplankton") aus gelösten anorganischen Bestandteilen durch Photosynthese-aktive Organismen ("Phytoplankton") ist Start- und Drehpunkt für die CO<sub>2</sub>-Pufferung des Ozeans und das Nahrungsnetz. Anzahl und Artenzahl der Kiesel-, Grün- und sonstigen phytoplanktischen Algen variieren mit der wärme-, licht- und nährstoffreicheren Vegetationsperiode.

Die Anreicherung von Nährstoffen (u. a. Nitraten), Einleitung von anorganischen und organischen Schadstoffen, biologische Störungen und die Auswirkungen der Klimaänderungen stellen die Hauptbelastungen für das Phytoplankton, das am Beginn der Nahrungskette steht, dar.

- Temperatur

Temperatur und Salzgehalt bestimmen den physikalischen Zustand eines Meeres. Der unmittelbare Effekt einer Temperaturveränderung ergibt sich aus physiologischen Reaktionen der vorhandenen Organismen. Jede Art weist einen spezifischen Temperaturbereich auf, in dem ihre physiologischen Prozesse optimal ablaufen können.

Anthropogen verursachte Änderungen im lokalen Temperaturprofil werden z.B. durch Erwärmung durch unterseeische Stromkabel und vor allem durch Kühlwassereinleitungen von Kraftwerken bewirkt.

## 6.1 Nordsee

Die deutschen Anteile der Nordsee befinden sich in keinem guten Umweltzustand. Entsprechend der Anfangsbewertung für die WRRL wird der ökologische Zustand der Nordsee überwiegend als mäßig bis schlecht eingestuft (BLANO 2012).

- pH-Wert

Der Einfluss erhöhter CO<sub>2</sub>-Gehalte in der Umwelt spiegelt sich noch nicht in den pH-Messwerten des Meerwassers der Deutschen Bucht wider (BLANO 2012).

- Temperatur

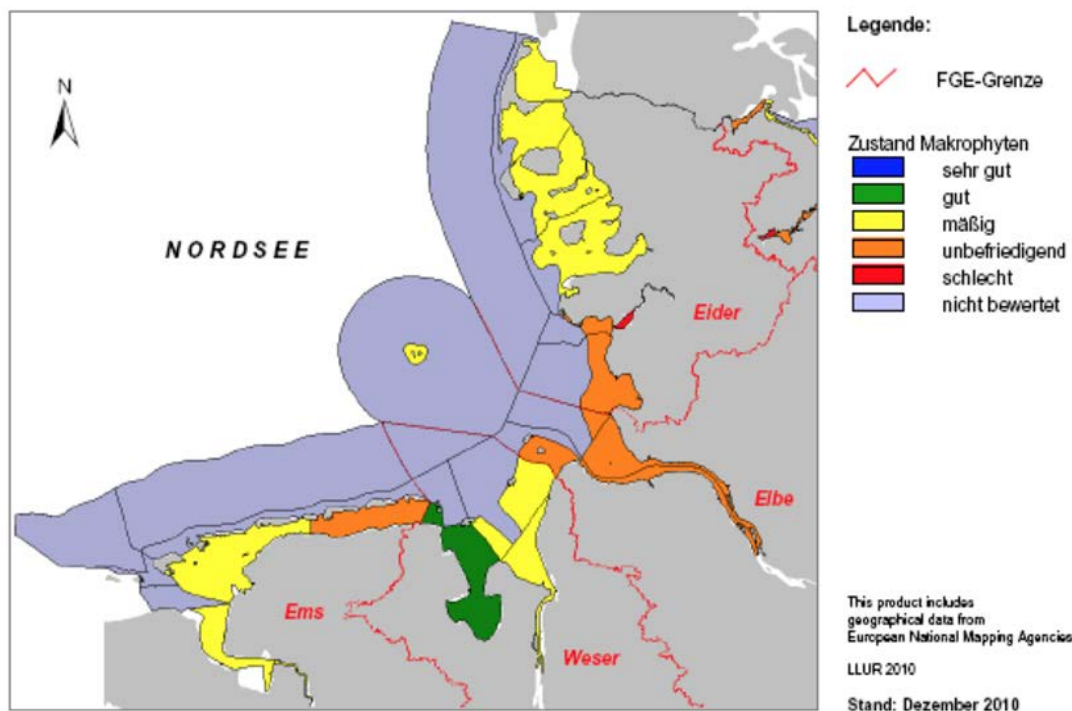
Steigende Wassertemperaturen (1 – 2 °C in den letzten 25 Jahren) infolge des Klimawandels und eine Versauerung sind schon heute nachweisbar (OSPAR 2010).

- Biologische Komponenten

Insgesamt ist das **Phytoplankton** der deutschen Nordsee in keinem guten Umweltzustand (BLANO 2012). Im Rahmen der Untersuchungen von OSPAR und der trilateralen Wattenmeer-Zusammenarbeit (TWC) wird das deutsche Nordseegebiet als „Problemgebiet“ bzw. „potenzielles Problemgebiet“ hinsichtlich Eutrophierung bewertet.

Gemäß WRRL wird der ökologische Zustand der **Makrophyten** der Küstengewässer überwiegend als ‘mäßig’ bis ‘unbefriedigend’ eingestuft (BLANO 2012). Die Anreicherung von Nährstoffen stellt die Hauptbelastung für die Makrophyten dar. Insgesamt sind die Makrophyten der deutschen Nordsee in keinem guten Umweltzustand (Abb.1).

Abbildung 1: Bewertung der Qualitätskomponente Makrophyten gemäß WRRL aus Anfangsbewertung der deutschen Nordsee; aus BLANO 2012



Die Anreicherung von Nährstoffen und die Grund berührende Fischerei stellen die Hauptbelastungen für das **Makrozoobenthos** dar. Insgesamt ist das Makrozoobenthos der deutschen Nordsee in keinem guten Umweltzustand (BLANO 2012).

Die aktuellen Bewertungen gemäß FFH-RL, OSPAR und des Internationalen Rats für M1221eeresforschung (ICES) ergeben für viele **Fischarten** ungünstige bis schlechte Zustände. Für die Entwicklungen der Fischbestände sowie der Artverbreitung und -zusammensetzung stellen die Auswirkungen der Fischerei und der Klimaänderungen sowie die Eutrophierung die Hauptbelastungen dar. Insgesamt sind die Fische der deutschen Nordsee in keinem guten Umweltzustand.

- Schadstoffe

OSPAR (2010) kommt bei der Bewertung der Schadstoffbelastung der Nordsee (OSPAR-Region II) zu dem Schluss, dass es "viele Probleme" gibt. Grundlage der Einschätzung sind Daten der Jahre 1998 bis 2007 und eine nach offener See und Küstengewässer differenzierte Bewertung der Schadstoffbelastung (Cd, Pb, Hg, PCB, PAK) im Sediment, in Krustentieren und in Fisch (OSPAR 2009). Die Statistik der Schadstoffmessungen an allen Monitoringstationen in der Nordsee zeigt, dass für die Schadstoffe Cd, Hg, Pb, PAK und PCB die Belastung an 20 %, 37 %, 53 %, 55 % und 71 % aller Probenahmestationen nicht akzeptabel ist; unter den Nordseeregionen gehört die Deutsche Bucht zu den höher belasteten Gebieten (OSPAR 2009; BLANO 2012).

Für die meisten organischen Schadstoffe ist die Elbe die Haupteintragsquelle für die Deutsche Bucht. Generell nehmen die Schadstoffgehalte mehr oder minder schnell von der Küste zur offenen See hin ab. Für die PAKs und die meisten Chlorkohlenwasserstoffe lassen sich aufgrund hoher Konzentrationsschwankungen im Meerwasser und nur kurzer verfügbarer Zeitreihen keine robusten Trends erkennen (BLANO 2012).

Die Kontamination durch gefährliche Stoffe in der deutschen Nordsee ist weiterhin zu hoch und zeigt Auswirkungen auf das Ökosystem. Durch Akkumulation kommt es insbesondere auf den höheren Stufen der Nahrungsnetze zu Auswirkungen (BLANO 2012).

## 6.2 Ostsee

Die Darstellung der Bewertung der Einzelkomponenten beruht auf der Anfangsbewertung für die MSRL (BLANO 2012). Danach befinden sich deutschen Anteile der Ostsee in keinem guten Umweltzustand. Der ökologische Zustand wird als gut bis schlecht eingestuft, wobei der überwiegende Anteil der nach FFH-RL geschützten Lebensraumtypen nur mit ungünstig bis unzureichend bewertet wurden (BLANO 2012). Nach HELCOM ist der Zustand insbesondere der Küstengewässer weitgehend nur als unbefriedigend bis schlecht und teilweise mäßig einzustufen (BLANO 2012).

- pH-Wert

Für den pH-Wert können aufgrund mangelnder Datenlage derzeit noch keine Aussagen getroffen werden.

- Temperatur

Bedingt durch die morphologischen Gegebenheiten kann sich in der gesamten Ostsee eine zum Teil stark ausgeprägte vertikale Salinitäts- und Temperaturschichtung ausbilden. Die Wirkungen einer signifikanten anthropogenen Temperaturerhöhung treten lokal begrenzt auf.

- Biologische Komponenten

Insgesamt ist das **Phytoplankton** der deutschen Ostsee in keinem guten Umweltzustand.

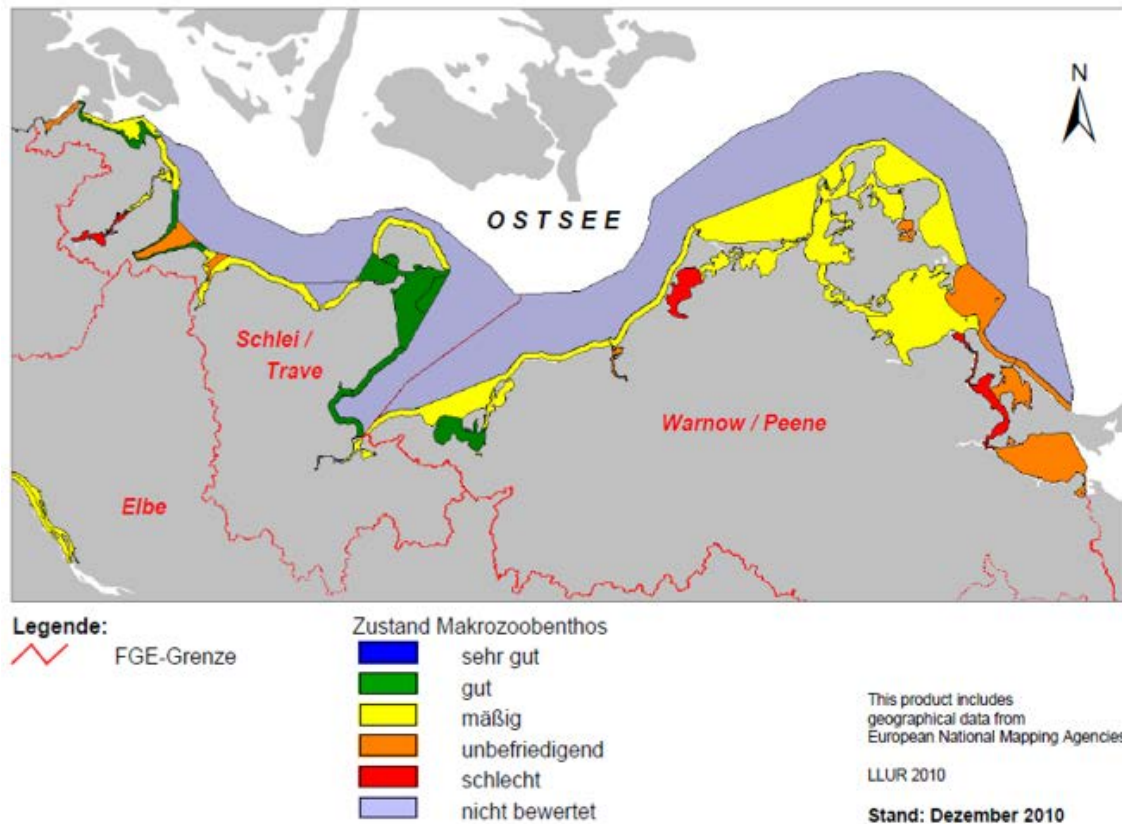
Der Anteil verkalkenden Phytoplankter (Coccolithophyten) spielt in der Ostsee eine geringe Rolle, was an der kurzen Zeitspanne mit ausreichend Kalziumkarbonatsättigung im Meerwasser liegt (Tyrell et al. 2008).

Gemäß WRRL wird der ökologische Zustand der **Makrophyten** der Küstengewässer überwiegend als 'mäßig' bis 'unbefriedigend' eingestuft. HELCOM bewertet die Makrophyten vor der deutschen Ostseeküste nur als 'mäßig' bis 'schlecht' (BLANO 2012, S. 21). Die Anreicherung von Nährstoffen, die großflächige Substratentnahme und die grundberührende Fischerei stellen die Hauptbelastungen für die Makrophyten dar.

Insgesamt sind die Makrophyten der deutschen Ostsee in keinem guten Umweltzustand.

Der ökologische Zustand des **Makrozoobenthos** der Küstengewässer wird überwiegend als 'mäßig' oder schlechter eingestuft (BLANO 2012). HELCOM bewertet das Makrozoobenthos der deutschen Ostseeküste als 'mittel' bis 'sehr gut'. Die Anreicherung von Nährstoffen, die grundberührende Fischerei und die großflächige Substratentnahme stellen die Hauptbelastungen für das Makrozoobenthos dar. Weitere Belastungen bestehen durch Veränderungen in der Sedimentzusammensetzung, Überdeckung mit Sediment, Versiegelung, Lichtmangel durch Eintrübung, biologische Störungen wie nicht einheimische Arten, Änderungen der Hydrodynamik und Auswirkungen der Klimaänderungen (BLANO 2012, S. 22). Insgesamt ist das Makrozoobenthos der deutschen Ostsee in keinem guten Umweltzustand (Abb. 2).

Abbildung 2: Bewertung der Qualitätskomponente Makrozoobenthos gemäß WRRL aus Anfangsbewertung der deutschen Ostsee; aus BLANO 2012



Für die Entwicklungen der **Fischbestände** sowie der Artverbreitung und -zusammensetzung stellen die Auswirkungen der Fischerei und der Klimaänderungen sowie die Anreicherung von Nährstoffen die Hauptbelastungen dar. Insgesamt sind die Fische der deutschen Ostsee in keinem guten Umweltzustand.

- Schadstoffe

Im deutschen Ostseeteil, insbesondere dem Arkonabecken, der Darßer Schwelle, der Beltsee und der Mecklenburger Bucht findet intensiver Schiffsverkehr statt. Beim Schiffsbetrieb kommt es durch die überwiegende Verwendung von Schweröl als Schiffstreibstoff zu einem Ausstoß in die Luft von Schwermetallen (V, Ni) sowie NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, PAKs und Rußpartikeln. Die Stoffe haben unterschiedliche Lebensdauern in der Atmosphäre und werden entsprechend lokal oder regional auch ins Meer ausgewaschen.

Durch den Einsatz von Scrubbern auf Schiffen kann es zu einer Verlagerung der Emissionen direkt ins Meerwasser kommen.

In der gesamten deutschen AWZ lässt sich für die Belastung durch PAK im Beobachtungszeitraum 2001 bis 2010 kein eindeutiger Trend erkennen (BLANO 2012). Allerdings zeigen die PAK, die mit der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Verbindung gebracht werden, im Winter erhöhte Werte.

Die Kontamination durch gefährliche Stoffe in der deutschen Ostsee ist zu hoch und zeigt Auswirkungen auf das Ökosystem (BLANO 2012).

## 6.3 Küstengewässer

Die deutschen Küstengewässer liegen in den Randgebieten von Nordsee und Ostsee. Diese Gebiete sind stark genutzt durch Schifffahrt, Fischerei, Offshore-Aktivitäten, Windenergieparks, Meeresforschung, Marine und Tourismus. Zudem werden Abfälle und Schadstoffe mit den Flüssen und durch die o.g. Nutzungsformen eingetragen. Der ökologische Zustand der Küstengewässer wurde 2009 für die Bewirtschaftungspläne der WRRL bewertet (Voß et al. 2010). Als biologische Qualitätskomponenten wurden ebenfalls Phytoplankton, Makrophyten und Makrozoobenthos sowie Fische (in Flussmündungen) herangezogen.

Das Ergebnis ist in Abb. 3 zusammengefasst. Die ökologische Zustandsbewertung der Wasserkörper in den Küsten- und Übergangsgewässern von Nord- und Ostsee ergibt für die Hafeneinzugsgebiete wie Bremen/Bremerhaven und Hamburg auf der Nordseeseite einen 'mäßigen' bis 'unbefriedigenden' Zustand, auf der Ostseeseite reicht die Bewertung bis "schlecht" (Voß et al. 2010).

Abbildung 3: Ökologische Zustandsbewertung der Wasserkörper in den Küsten- und Übergangsgewässern von Nord- und Ostsee; Voß et al. 2010



Bewertung der Küsten- und Übergangsgewässer (Stand 19.11.2009)

Karte: H.C. REIMERS, LLUR

### Ökologischer Zustand

<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span>	sehr gut
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:green; border:1px solid black;"></span>	gut
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	mäßig
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	unbefriedigend
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:red; border:1px solid black;"></span>	schlecht

### Ökologisches Potenzial

<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, blue 2px, blue 4px); border:1px solid black;"></span>	maximal
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background: repeating-linear-gradient(-45deg, transparent, transparent 2px, green 2px, green 4px); border:1px solid black;"></span>	gut
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, yellow 2px, yellow 4px); border:1px solid black;"></span>	mäßig
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background: repeating-linear-gradient(-45deg, transparent, transparent 2px, orange 2px, orange 4px); border:1px solid black;"></span>	unbefriedigend
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, red 2px, red 4px); border:1px solid black;"></span>	schlecht

<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span>	Schleswig-Holstein
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span>	Niedersachsen
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:pink; border:1px solid black;"></span>	Mecklenburg-Vorpommern

<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; border-top:1px dashed red; border-bottom:1px dashed red; border:1px solid black;"></span>	FGE-Grenze
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; border-top:1px dotted red; border-bottom:1px dotted red; border:1px solid black;"></span>	Hoheitsgrenze
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; border-top:1px dashed purple; border-bottom:1px dashed purple; border:1px solid black;"></span>	Tiefwasser Reede

- pH-Wert und Temperatur

In Küsten- und Flussmündungsgebieten müssen marine Organismen dem physiologischen Stress der Salzgehaltsschwankungen standhalten können, an pH-Wert und Temperaturschwankungen sind marine Organismen vergleichsweise wenig angepasst.

- Biologische Komponenten

Der ökologische Zustand des **Phytoplanktons** der Küstengewässer wird überwiegend als 'mäßig' bis 'unbefriedigend' eingestuft (WRRL 2010).



Nach HELCOM werden die Ostseebereiche vor der deutschen Küste als 'sehr gut' bis 'schlecht' bewertet. Die Anreicherung von Nährstoffen und die Auswirkungen der Klimaveränderungen stellen die Hauptbelastungen für das Phytoplankton dar.

Der ökologische Zustand des **Makrozoobenthos** der Küstengewässer ist überwiegend als 'mäßig' eingestuft (WRRL). Die ökologische Einstufung für "**Fische**" ergab 2010 für Eider, Elbe, Weser und Ems ein "mäßiges Potenzial" (Voß et al. 2010).

- Schadstoffe

Schadstoffe werden in erster Linie als Schwebstofffrachten aus Flüssen in die Küstengebiete und in die angrenzenden Meere transportiert. Mit Abstand zur Küste nimmt die Belastung im Freiwasser normalerweise ab, in Sedimenten kann es lokal zu einer Verstärkung der Belastung kommen. Die Hamburger Hafenbehörde ließ eine Bestandsaufnahme der Schadstoffsituation der Sedimente und Schwebstoffe der Elbe und wichtiger Nebenflüsse anfertigen (Heise et al., 2005). In der Elbe wurden Schwermetalle (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, As) und organische Schadstoffe (u.a. PAKs, TBT, TeBT, DBT, TPT, HCHs, PCBs) in Konzentrationen, die die Zielvorgaben der WRRL überschreiten, gemessen. Für die PAKs und die meisten Chlorkohlenwasserstoffe lassen sich aufgrund hoher Konzentrationsschwankungen im Meerwasser und nur kurzer verfügbarer Zeitreihen keine robusten Trends erkennen (BLANO, 2012).

Schwermetalle sind grundsätzlich biologisch nicht abbaubar. Die Toxizität von Cr, Cu, Ni, Zn ist für Pflanzen und einige marine Organismen nachgewiesen, As, Be, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Sb, Se, Zn sind für Mensch und Tier giftig.

## 6.4 Zusammenfassung der Beschreibung des Zustandes

Im Rahmen der MSRL wurde für Nord- und Ostsee ausführlich der ökologische Zustand beschrieben (BLANO 2012): Die Biotoptypen, das Phytoplankton, die Makrophyten, die Fischfauna, die marinen Säugetiere und die Seevögel sind derzeit in keinem guten Umweltzustand.

Voß et al. (2010) betrachteten den Zustand der Küsten- und Übergangsgewässer im Rahmen der Umsetzung der WRRL. Küsten- und Übergangsgewässer befinden sich in keinem guten ökologischen Zustand.

Die genannten Studien zur Umsetzung der WRRL und MSRL manifestieren außerdem, dass die Kontamination durch gefährliche Stoffe, die Anreicherung mit Nährstoffen und organischem Material und biologische Störungen zu hoch sind und negative Auswirkungen auf das Ökosystem haben.

Deutsche Gewässer sind bereits mit Emissionen, die zu Versauerung, Temperaturerhöhung und hohen Schadstoffgehalten führen, sowie durch viele menschliche Aktivitäten belastet.

## 7 Umweltfolgenabschätzung

Für eine quantitative Umweltfolgenabschätzung auf das Gesamtgewässer (Nordsee, Ostsee, Küste) muss eine Modellierung der zu erwartenden Waschwassermengen aus Schiffsbewegungen unter Berücksichtigung von Wasserkörpern, Tide, Jahreszeit, kumulativen Effekten und weiteren Umweltparametern erfolgen. Das ist im Rahmen dieser Studie nicht vorgesehen.

Unter Einhaltung der Resolution 184(59) 2009 kann es mindestens zu folgenden Veränderungen bei der Verwendung von Scrubbern auf Schiffen kommen: pH-Wertabsenkung, Temperaturerhöhung, Trübung, Eintrag von Schadstoffen aus Verbrennungsrückständen und Additiven.

Im vorliegenden Bericht wird eine Einschätzung gegeben, ob negative Umweltauswirkungen durch Scrubber-Abwässer auf die marine Lebewelt erwartet werden können, wenn die Scrubber-Technologie eine breitere Anwendung findet.

In der Umwelt sind viele Umwelteffekte gekoppelt, was die Auswirkungen verstärken kann. So lagern sich zum Beispiel viele Schadstoffe vorübergehend im Sediment an und gehen z.B. bei niedrigeren pH-Werten oder Sauerstoffmangel in Lösung und werden so bioverfügbar. Alle Faktoren sind sehr spezifisch für den jeweiligen Schadstoff und die lokalen Umweltbedingungen. Die Folgen von Schadstoffbelastungen lassen sich häufig keinem bestimmten Schadstoff bzw. einzelnen Schadstoffgruppen zuordnen und die Auswirkungen von Mischungen sowie neu entwickelten Substanzen auf die Meeresumwelt sind häufig noch unklar (BLANO 2012).

### 7.1 Verringerung des pH-Wertes

Die Fähigkeit, anorganische Materie zu organischer zusammenzubauen, macht Phytoplankton zum Grundbaustein der marinen Nahrungsnetze. Jegliche Veränderungen in den Phytoplankton-Vorkommen wirken sich daher auf andere biologische Komponenten aus.

Eine Absenkung des pH-Wertes im Meerwasser durch Scrubber-Abwasser erfolgt eher klein- und mesoskalig. Es wird schneller ein Versauerungsdruck auf begrenzte Systeme entstehen als auf die offene Nord- und Ostsee, wo langfristig zudem eine Versauerung durch den Klimawandel erwartet wird. Dennoch wird für das von Scrubber-Abwasser betroffene **Phytoplankton** gelten, dass ein erniedrigter pH-Wert ab einer bestimmten Schwelle

- zum Ansteigen des Energiebedarfs führt,
- instabile Skelette oder Schwimmstrukturen gebildet werden,
- die Entwicklung und Vermehrung beeinträchtigt wird
- und infolge bestimmte Kalkbildner, z.B. Coccolithophoriden, verschwinden werden.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass den Konsumenten im Nahrungsnetz weniger Phytoplankton zur Verfügung steht.

Eine positive Wirkung eines sinkenden pH-Wertes zeigt sich beim **Seegrass**, das sinkende pH-Werte nicht nur toleriert, sondern sogar mit Wachstumsschüben beantwortet.

**Kaltwasserkorallen** im NO-Atlantik bilden mit ihren Skeletten feste Strukturen und liefern Wohn- und Nahrungsraum für zahlreiche Tiere (Mayer & Piepenburg 1996). Es wurde erwartet, dass diese Kalkbildner negativ von einem niedrigen pH-Wert beeinflusst werden; im Versuchsbecken wuchsen sie jedoch auch bei herabgesetztem pH-Wert weiter.

**Stachelhäuter** (Echinodermen), **Weichtiere** (Mollusken) und **Seepocken** (Balaniden) bilden Strukturen aus Kalk (Kalziumkarbonat). Die Bildung von Kalk kostet die Organismen viel Energie, bei sinkendem pH-Wert steigt der Energiebedarf an. Freischwimmende Larven von Seeigeln und anderer kalkbildender Bodenorganismen (z.B. Foraminiferen) könnten in ihrer Entwicklung beeinträchtigt sein.

Da die Filteraktivität bei **Muscheln** bei niedrigerem pH-Wert herabgesetzt ist, ist auch eine Aktivitäts- und Fitnessreduzierung bei anderen benthischen Organismen zu erwarten.

Der pH-Wert beeinflusst weiterhin die Enzymaktivitäten, z. B. hemmt ein zu niedriger pH-Wert das Schlüpfenzym Chorionase (Hofer & Lackner 1995, S. 141). Akute Belastungsschübe führen bei **Fischen** häufig zu Schädigungen der Kiemen, während bei chronischer Belastung die Reproduktion und die Schlüpftrate bzw. die Larven betroffen sind.

Die direkten Auswirkungen einer Erniedrigung des pH-Wertes für **Meeressäuger und Vögel** sind nicht gravierend, allerdings werden die Auswirkungen auf das Phytoplankton und damit auf das gesamte Nahrungsnetz auch für die höheren Organismen spürbar werden.

Insgesamt sind marine Organismen wenig an schwankende pH-Werte angepasst, da aufgrund der Puffereigenschaften von Meerwasser dies evolutionsbiologisch nicht notwendig war. Ein sinkender pH-Wert wird zu einer Abnahme des Artenspektrums führen. pH-Wert und Temperaturschwankungen wirken kombiniert. Eine pH-Wert-Absenkung wird in abgeschlossenen Gewässerbereichen eine größere Wirkung haben als auf offener See.

## 7.2 Vorübergehender Temperaturanstieg

Temperatur und Salzgehalt bestimmen den physikalischen Zustand eines Meeres. Eine Wassererwärmung infolge von Waschwassereinleitungen führt v.a. lokal zu einer Änderung der natürlichen physikalischen Eigenschaften des Gewässers und damit zu einer Beeinflussung der biologischen Stoffwechselprozesse der Organismen. Wenn die Menge des erwärmten Wassers in einem ungünstigen Verhältnis zur Gesamtgröße des Wasserkörpers steht oder wenn die Dynamik des Wasserkörpers so gering ist, dass die Wärme fortbesteht, können jedoch die physikalischen Eigenschaften des gesamten Gewässers beeinflusst werden. Während bei hohen Temperaturen direkte Effekte zu messen sind, sind langfristige langsame Effekte im räumlichen und zeitlichen Kontext kaum zu erfassen.

Anthropogen verursachte Erwärmungen werden bereits großräumig durch unterseeische Stromkabel und Kühlwassereinleitungen von Kraftwerken bewirkt. Im offenen Wasser überlagert die permanente Temperaturerhöhung durch den Klimawandel den lokalen Einfluss durch temporäre Temperaturerhöhungen, zu denen bspw. die Waschwassereinleitungen zählen.

Dennoch wird für das von Scrubber-Abwässern betroffene **Phytoplankton** gelten, dass eine auch temporäre Temperaturerhöhung ab einem bestimmten Schwellenwert zu

- einem früheren Einsetzen der Blüte,
- einer Verschiebung der Artzusammensetzung,
- einer Veränderung der Gesamtmasse des Phytoplanktons
- und ggf. dem Absterben von Individuen führt.

Durch die Verschiebung des Einsetzens der Blüte und der Veränderung des Artenspektrums entkoppeln sich die natürlichen Rhythmen von Phyto- und Zooplankton. **Larven von Krebsen** (Nauplien) schlüpften in Wassertankexperimenten vor der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons und verhungerten deshalb (WOR1 2010). Bei Temperaturerhöhung finden sich im Phytoplankton weniger **Kieselalgen**, stattdessen mehr Flagellaten. Letztere können **Ruderfußkrebse** (Copepoden) schlechter fressen, woraufhin auch diese schlechter wachsen und sich weniger vermehren und damit den höheren Konsumenten (Fischen) nicht als Nahrung dienen können.

Die Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser ist temperaturabhängig, daher kann eine Temperaturerhöhung zu Sauerstoffmangel führen.

Diese Effekte werden in engen und begrenzten Gewässern wie Flussmündungen und Häfen stärker und schneller auftreten als in gut durchspülten Gewässerbereichen.

Der unmittelbarste Effekt einer Temperaturerhöhung ergibt sich aus den physiologischen Reaktionen der vorhandenen Organismen. Jede Art weist einen spezifischen Temperaturbereich auf, in dem ihre physiologischen Prozesse optimal ablaufen können. **Fische, Meeressäuger und Vögel** können schlechten Umweltbedingungen ausweichen, Plankton, Makrophytobenthos und benthische Tiere können das nicht.

Insgesamt wird für die Einleitung von warmen Scrubber-Abwässern ein relativ begrenzter Wirkraum angenommen. Wenn jedoch mehrere Stressfaktoren zusammenwirken, verstärkt sich der negative Einfluss erhöhter Temperatur.

### 7.3 Vorübergehende Trübung

Durch Eintrübung entsteht ein Lichtmangel, der die Photosynthese von **Phytoplankton** und **Makrophyten** negativ beeinflusst und damit die Gesamtbiomasse beeinträchtigt. Lebensräume und Nahrungsgrundlage können beeinträchtigt werden oder ganz verloren gehen. **Benthische Organismen** können sich nur bedingt von physischer Abdeckung und nur unter erhöhtem Energiebedarf befreien. **Muschelbänke** sind bei wiederkehrenden Trübungsereignissen gefährdet.

Durch stark erhöhte Schwebstoffkonzentrationen in der Wassersäule kann es zu einer Verstopfung der Kiemen der **Fische** kommen, was physiologischen Stress bis hin zur Mortalität einzelner Individuen bedingen kann. Schwebstoffe können mit Schadstoffen wie Schwermetallen belastet sein, welche die Zellen zusätzlich schädigen, indem z.B. enzymatische Vorgänge blockiert werden.

Die Trübung, die Schiffsabgaswaschanlagen produzieren, ist vor allem wegen der Schadstoffe, die als Schwebstoffe die Trübung mit verursachen, bedenklich.

## 7.4 Schadstoffe

Die Einleitung und Anreicherung von anorganischen und organischen Schadstoffen stellen generell eine wesentliche Belastung für alle biologischen Komponenten der deutschen Nord- und Ostsee dar (BLANO 2012).

Schwermetalle führen z.B. bei **Säugern** zu Vergiftungserscheinungen von akut bis chronisch, wirken auf das Zentralnervensystem, Lunge, Leber, Nieren, Haut, Knochen und Schilddrüse (GDCh 1996).

PAK – langkettige polyzyklische Kohlenwasserstoffe sind im Wasser zum Teil schwer löslich, binden sich leicht an Partikel und reichern sich somit im Sediment an. Kurzkettige PAKs sind wasserlöslich und damit bioverfügbar. Sie wirken mutagen und karzinogen.

Aufgrund ihrer krebserregenden Wirkung ist die Messung von PAK-Metaboliten Bestandteil des schadstoffspezifischen biologischen Effektmonitorings gemäß OSPAR CEMP<sup>2</sup>. Karzinogene PAKs bewirken die Bildung von Tumoren auf der Haut und den inneren Organen.

PAKs werden von **Fischen** aufgenommen und lösen im ungünstigsten Fall dort Lebertumore aus. PAK-Metabolite in Fischgalle zählen zu den empfohlenen Parametern im marinen Umweltmonitoring und sind Teil des regelmäßigen Überwachungsprogramms, das das Thünen-Institut für Fischereiökologie in Fischen aus Nord- und Ostsee durchführt (Kammann & Haarich 2009a, 2009b).

**Fische** akkumulieren insbesondere fettlösliche Schadstoffe in ihren Organen und der Muskulatur. Es wird davon ausgegangen, dass Schadstoffe das Immunsystem von Fischen direkt oder indirekt schwächen können und so zu einem vermehrten Auftreten von Krankheiten führen.

Die Scrubber-Technologie entlässt auch Nitrate. Nitrat ist ein wichtiger Pflanzennährstoff und maßgeblich für Nährstoffanreicherungen (Eutrophierung) der Gewässer im Küstenraum verantwortlich. Eutrophierung unterliegt in der Nord- und Ostsee einem ausgeprägten Jahresgang, so dass die Auswirkung der Nitrateinträge entsprechend den Jahreszeiten variieren. Eutrophierung führt letztendlich zu Sauerstoffarmut und kann zum Absterben von Populationen führen. Abgestorbene mit Schadstoffen belastete Organismen sinken zu Boden und tragen zur Belastung der Sedimente bei.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Schadstoffeffekte von biochemischen Veränderungen im Organismus bis hin zur Veränderung auf der Populationsebene reichen können.

---

<sup>2</sup> Co-ordinated Environmental Monitoring Programme

## 8 Bewertung der Umweltfolgen

Zur Abschätzung von Umweltfolgen werden Umweltqualitätsnormen (UQNs) herangezogen. Darüber hinaus kann auch das Vorsorgeprinzip angewandt werden, wenn mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Zukunft schädliche Effekte eintreten, die es zu vermeiden gilt.

### 8.1 Umweltqualitätsnormen (UQNs)

Umweltqualitätsnormen legen die Stoffkonzentrationen fest, bei denen es zu keinen Auswirkungen auf Populationen bzw. Ökosystemen kommt. Diese als No-Effect-Concentrations (NEC) bezeichneten Normen sind auf direkte Wirkungen von lokalen Konzentrationen bestimmter Stoffe auf Organismen ausgerichtet.

Das heißt, auch wenn im Falle einer Einleitung die lokale Konzentration größer ist als die UQN/NEC für die dauerhafte Exposition, ist diese Einleitung dann hinnehmbar, wenn die einzuleitenden Substanzen vor der Einleitung ausreichend verdünnt werden bzw. sich in der Umwelt schnell verteilen.

In Europa sind Normen für das in den Verkehr Bringen von chemischen Stoffen (REACH), den Schutz von Fließ- und Küstengewässern (WRRL, Richtlinie 2000/60/EG) sowie zum Schutz der Meeresumwelt (MSRL, RICHTLINIE 2008/56/EG) eingeführt worden. Die Gewässer- und Meeresschutzrichtlinien bauen aufeinander auf und orientieren sich bei den Umweltqualitätsnormen in Bezug auf die chemischen Qualitätskriterien an den wesentlichen ökotoxikologischen Aussagen von REACH<sup>3</sup>.

Unter REACH wird für Stoffe, die aufgrund ihrer Umweltwirkung als persistent, bioakkumulativ und toxisch eingestuft sind (PBT-Stoffe), keine Risikobewertung vorgenommen, da ihre Verteilung und Wirkung auf lange Zeit und im Zusammenwirken mit anderen Stoffen nicht vorhergesagt werden kann. Ein Eintrag dieser Stoffe ist deshalb komplett zu vermeiden.

„Um jedoch ein angemessenes Schutzniveau für die Umwelt und die menschliche Gesundheit sicherzustellen, sollte die Beendigung oder schrittweise Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären gefährlichen Stoffen gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe a Ziffer iv der Richtlinie 2000/60/EG ebenfalls angestrebt werden“<sup>4</sup>

HELCOM listet PBT-Stoffe unter “hazardous substances”. Diese sind auch im Baltic Sea Action Plan enthalten, der insgesamt 11 PBTs aufführt.

Im Rahmen von OSPAR werden in der Liste 1 – Substances for priority action (Stoffe mit PBT-Eigenschaften) und in der Liste 2 – Substances of possible concern (Stoffe mit PBT Verdacht) aufgeführt.

---

<sup>3</sup> REACH europäische Richtlinie zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (Verordnung EG Nr. 1907/2006)

<sup>4</sup> Standpunkt des Europäischen Parlaments festgelegt in erster Lesung am 2. Juli 2013 im Hinblick auf den Erlass der Richtlinie 2013/.../EU des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik

Die in der OSPAR Liste 1 und im Baltic Sea Action Plan enthaltenen Stoffe erfordern bei einem Nachweis in der Umwelt oberhalb der festgelegten Konzentrationen in der Meeresumwelt von den Mitgliedsstaaten Maßnahmen zu deren Reduzierung.

Besonders für die nicht abbaubaren Schadstoffe ist die Langzeitkonzentration in einem größeren See-, Küsten-, Fluss- oder Ästuargebiet von besonderer ökologischer Bedeutung

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, RL 2000/60/EG) listet in Anhang X besonders gefährliche als so genannte prioritäre Stoffe. Derzeit sind 33 prioritäre Stoffe, darunter acht polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), im Anhang X gelistet. 13 davon sind als gefährlich eingestuft (z.B. Cadmium und Quecksilber).

Von den prioritären Stoffen des Anhang X WRRL sind folgende Stoffe im Scrubber-Abwasser gemessen worden: Blei, Quecksilber, Naphtalin, Nickel und PAKs.

Tabelle 19 Liste der 33 als prioritäre gelisteten Stoffe entsprechend WRRL

1	Alachlor	15	Fluoranthen	28	PAK*
2	Anthracen	16	Hexachlorbenzol		Benzo(a)pyren
3	Atrazin	17	Hexachlorbutadien		Benzo(b)fluoranthen
4	Benzo	18	Hexachlorocyclohexan (HCH)		Benzo(k)fluoranthen
5	Bromierte Diphenylether	19	Isoproturon		Benzo(ghi)perylene
6	Cadmium	20	Blei*		Ideno(1,2,3-cd)pyren
7	C10-C13-Chloralkane	21	Quecksilber *	29	Simazin
8	Chlorfenvinphos	22	Naphthalin*	30	Tributylzinnverbindungen
9	Chlorpyrifos	23	Nickel*	31	Trichlorbenzol
10	1,2-Dichlorethan	24	Nonylphenole		1,2,3-Trichlorbenzol
11	Dichlormethan	25	Oktylphenole		1,3,5-Trichlorbenzol
12	Di-(2-ethylhexyl)phtalat (DEPH)	26	Pentachlorbenzol		1,2,4-Trichlorbenzol
13	Diuron	27	Pentachlorphenol	32	Trichloromethan
14	Endosulfan			33	Trifluralin

\*im Scrubber-Abwasser enthaltene Stoffe

Prioritär gefährliche Stoffe sollten in die Gewässer der Gemeinschaft zu einem noch festzulegenden Zeitpunkt nicht mehr eingetragen werden (phasing out). Es besteht derzeit eine Messverpflichtung für prioritär gelistete Stoffe.

In der Bewertung von Wasserkörpern entsprechend der WRRL werden Belastungen als *signifikant* eingestuft, wenn sie wesentlich zur Verfehlung des „guten Zustands“ im Wasserkörper führen und sich daraus eine Erfordernis zur Umsetzung von gezielten Maßnahmen ergibt (Janson 2011, S. 3).

In den Erläuterungen zum schleswig-holsteinischen Anteil am Bewirtschaftungsplan Elbe (2009) werden bei den stofflichen Belastungen solche als wesentlich angesehen, die mehr als 20 % Anteil an der Gesamtfracht der Oberflächengewässer einer Planungseinheit haben<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> aus „Erläuterungen zum schleswig-holsteinischen Anteil am Bewirtschaftungsplan Elbe“, 2009

**Tabelle 20** UQN für die prioritären Stoffe, die im Scrubber-Abwasser enthalten sind, Auszug aus Anhang A der RICHTLINIE 2013/39/EU prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik

Nr.	Stoffname	CAS-Nummer	JD-UQN	ZHK-UQN	UQN Biota
			Sonstige Oberflächen-gewässer	Sonstige Oberflächen-gewässer	
			µg/l	µg/l	µg/kg Nassgewicht
2	Anthracen	120-12-7	0,1	0,1	
6	Cadmium und Cadmiumverbindungen (je nach Wasserhärteklasse)*	7440-43-9	0,2	≤ 0,45 (Klasse 1) 0,45 (Klasse 2) 0,6 (Klasse 3) 0,9 (Klasse 4) 1,5 (Klasse 5)	
20	Blei und Bleiverbindungen	7439-92-1	1,3	14	
21	Quecksilber und Quecksilberverbindungen	7439-97-6		0,07	20
22	Naphthalin	91-20-3	2	130	
23	Nickel und Nickelverbindungen	7440-02-0	8,6	34	
28	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)**				
	Benzo(a)pyren	50-32-8	$1,7 \times 10^{-4}$	0,027	5
	Benzo(b)fluoranthren	205-99-2	**	0,017	**
	Benzo(k)fluoranthren	207-08-9	**	0,017	**
37	Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen		na	na	Summe PCDD + PCDF + PCB-DL 0,0065 µg.kg <sup>-1</sup> TEQ ***

\* Bei Cadmium und Cadmiumverbindungen (Nr. 6) hängt die UQN von der Wasserhärte ab, die in fünf Klassenkategorien abgebildet wird (Klasse 1: < 40 mg CaCO<sub>3</sub> /l, Klasse 2: 40 bis < 50mg CaCO<sub>3</sub> /l, Klasse 3: 50 bis < 100 mg CaCO<sub>3</sub> /l, Klasse 4: 100 bis < 200mg CaCO<sub>3</sub> /l und Klasse 5: ≥ 200 mg CaCO<sub>3</sub> /l).

\*\* Bei der Gruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) (Nr. 28) bezieht sich die Biota-UQN und die entsprechende JD-UQN in Wasser auf die Konzentration von Benzo(a)pyren, auf dessen Toxizität diese beruhen. Benzo(a)pyren kann als Marker für die anderen PAK betrachtet werden; daher ist nur Benzo(a)pyren zum Vergleich mit der Biota-UQN und der entsprechenden JD-UQN in Wasser zu überwachen.

\*\*\* PCDD: polychlorierte Dibenzoparadioxine; PCDF: polychlorierte Dibenzofurane; PCB-DL: dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle; TEQ: Toxizitätsäquivalente nach den Toxizitätsäquivalenzfaktoren der Weltgesundheitsorganisation von 2005

Die Messergebnisse für die Schwermetalle im Scrubber-Abwasser (Tabelle 9) für Nickel, Quecksilber, Blei und Vanadium weisen hohe Werte auf. Es bestehen aber nach diesen Messergebnissen keine Überschreitungen der UQN für die zulässige Höchstkonzentration pro Jahr.

Sowohl die genannten Schwermetalle (außer Vanadium) als auch PAKs befinden sich auf der Liste prioritär gefährlicher Stoffe entsprechend WRRL (RICHTLINIE 2013/39/EU).



## 8.2 Vorsorgeprinzip/ Verbesserungsgebot

Das Vorsorgeprinzip ist durch die Wasserrahmenrichtlinie und die Meeresstrategierahmenrichtlinie (MSRL) zusätzlich für den Meeresbereich verankert.

Die WRRL formuliert das Ziel, den Ursprung der Umweltbeeinträchtigung zu vermeiden und somit das Verursacherprinzip entsprechend Erwägungsgrund 11 der WRRL konsequent umzusetzen.

Das Ziel der MSRL ist die Erreichung des guten ökologischen Zustandes der europäischen Meeresgebiete bis zum Jahr 2020. Wichtigster Bestandteil der MSRL ist das Verbesserungsgebot und der explizit geforderte Vorsorgeansatz (Erwägungsgründe 27 und 44 zur MSRL).

Durch die Nutzung der Scrubber-Technologie und insbesondere der offenen Systeme kann dem Verschlechterungsverbot und dem Verbesserungsgebot unter Umständen nicht entsprochen werden.

## 8.3 Fazit Bewertung der Umweltfolgen

Die europäischen Richtlinien enthalten sowohl das Vorsorgeprinzip, wie in der WRRL und MSRL als auch Umweltqualitätsnormen für bestimmte Stoffe.

Die WRRL und ihr Äquivalent im Meeresbereich, die MSRL, sind beide dem Vorsorgeprinzip verpflichtet.

Die UQNs für prioritäre Stoffe entsprechend WRRL (Tabelle 20) enthalten zulässige durchschnittliche Jahreskonzentrationen bzw. Höchstkonzentrationen und z.T. Höchstkonzentrationen in Organismen (Biota). Sobald diese Konzentrationen in der Umwelt überschritten werden, ergibt sich daraus der unmittelbare Handlungsauftrag, die Einleitungen durch geeignete Maßnahmen zu stoppen bzw. zu reduzieren.

Die Stoffe Anthracen, Blei, Quecksilber, Naphtalin, Nickel und PAKs sind im Scrubber-Abwasser enthalten und sind als prioritäre Stoffe entsprechend der WRRL in den Monitoringprogrammen zu überwachen. Die geltenden UQNs werden durch die Schadstoffgehalte im Scrubber-Abwasser nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht verletzt. Da es sich zum Teil um nicht abbaubare Stoffe handelt, ist jedoch davon auszugehen, dass eine Akkumulation in der Umwelt stattfindet.

### Bewertung der Umweltfolgen

Im Scrubber-Abwasser sind prioritär gelistete Stoffe entsprechend WRRL Anhang X enthalten und fallen damit in das verpflichtende Umwelt-Monitoring dieser Stoffe.

- Die Schadstoff-Konzentrationen der Scrubber-Abwässer liegen nach derzeitigem Kenntnisstand unterhalb der zulässigen UQNs.
- Einige Stoffe sind persistent, hier kann es durch Akkumulation bzw. in Gebieten mit hohem Seeverkehrsaufkommen künftig zu einer Überschreitung der UQNs kommen.

Die Einleitung persistenter Schadstoffe ist mit dem Vorsorgeprinzip/ Verbesserungsgebot der WRRL/MSRL nicht vereinbar.

## 9 Maßnahmenvorschläge

Die Wissensbasis in Bezug auf die Umweltwirkung von Scrubbern bzw. Scrubber-Abwässern ist noch unzureichend. Die untersuchten Testberichte ergeben kein konsistentes Bild über die Zusammensetzung der Abwasserinhaltsstoffe bzw. es bleiben noch Fragen offen.

Grundsätzlich ist die Nutzung sauberer flüssiger (Diesel) oder gasförmiger (LNG) Kraftstoffe einer Abgasnachbehandlung zur Schwefelreduktion vorzuziehen.

Wenn Abgasnachbehandlungssysteme eingesetzt werden, sind Systeme ohne oder mit möglichst geringen Einleitungen in die Gewässer vorzuziehen (Trocken-Scrubber, geschlossene Nass-Scrubber).

Unter Berücksichtigung der Internationalität des Seeverkehrs und zur Vermeidung von wirtschaftlichen Nachteilen nationaler Hafenstandorte im internationalen Wettbewerb sind Regelungen auf internationaler Ebene immer europäischen bzw. nationalen und lokalen vorzuziehen. Zur Vermeidung von Wettbewerbsnachteilen ist generell eine möglichst großräumige Einführung gleicher Regelungen anzustreben. Hier sollten Hafenkooperationen in Wirtschaftsräumen gesucht und die Zusammenarbeit innerhalb der Meeresschutzkonventionen von OSPAR, HELCOM und Trilaterale Wattenmeerzusammenarbeit (TWC) verstärkt werden.

### 9.1 Gezieltes Monitoring potenzieller Umwelteffekte als wissenschaftliches Fundament für weitere Schutzmaßnahmen

Um die Maßnahmenumsetzung und die Zielerreichung der WRRL und der MSRL zu begleiten bzw. überprüfen, sind Programme zum Umwelt-Monitoring eingeführt worden (vgl. Kap. 6).

Um die kumulative Wirkung auf die Meeresumwelt durch die Scrubber-Einleitungen besser einschätzen zu können, sollte das vorhandene Umwelt-Monitoring an diese zusätzliche Einleitquelle angepasst werden. Die besonders kritischen Inhaltsstoffe der Scrubber-Abwässer sollten an potenziellen Kumulationspunkten – bspw. in der Nähe von Hauptschifffahrtrouten und Flussmündungen – in das reguläre Messprogramm in Nord- und Ostsee aufgenommen werden.

Aufgrund der derzeit noch geringen Anzahl der Abgasreinigungsanlagen ist dies eine vorsorgende Maßnahme, auf deren Grundlage Belastungsszenarien/ -modellierungen entwickelt werden können. Deren Ergebnisse können dann in eine Risikobetrachtung der kumulativen Effekte einfließen.

Wenn im Zuge der verstärkten Nutzung von Scrubbern in den kommenden Jahren durch die Messprogramme eine Schadstoffakkumulation über die UQNs der prioritär gelisteten Stoffe hinaus nachgewiesen wird, kann dies die Grundlage für weitere Regelungen von Scrubber-Einleitungen sein.

## **9.2 Einschränkung des Gebrauchs von Scrubbern bzw. Beschränkung der Einleitung von Scrubber-Abwässern**

Durch den Einsatz von Scrubbern kommt es zu einer Umweltbeeinträchtigung durch kurzzeitige und räumlich begrenzte pH-Wert-Absenkung, Temperaturerhöhung und Trübung sowie Schadstoffeinleitungen von zum Teil persistenten Stoffen.

Die Schifffahrtsrouten der Nord- und Ostsee queren ökologisch wertvolle und sensible Gebiete. Diese Gebiete sind durch den bereits bestehenden hohen Nutzungsdruck vielfach vorbelastet. Die Scrubber-Nutzung stellt eine zusätzliche Belastung dar.

Insbesondere offene Scrubber sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand besonders beeinträchtigend, weil sie eine sehr große Wassermenge benötigen. Die ökologischen Auswirkungen durch temporäre pH-Wert Absenkung, Temperaturerhöhung und Trübung sowie den Massestrom der Schadstoffe im Abwasser sind dadurch ungleich höher als bei geschlossenen Systemen.

Es ist zu prüfen, ob die Nutzung insbesondere der ökologisch besonders bedenklichen offenen Scrubber, da diese höhere Schadstofffrachten und Durchflussmengen von Abwässern ausweisen, in Gebieten mit hohem Schutzanspruch bzw. zur Vermeidung einer Verschlechterung des ökologischen Zustandes untersagt werden kann (Teil B).

## **9.3 Zulassung von Scrubbern mit aktiven Substanzen nur entsprechend G9**

Die Regulierung der Scrubber-Abwässer entsprechend der Guidelines 2009 (MEPC-Res.184(59)) erfolgte auf dem Kenntnisstand zur Zeit der Verabschiedung. Die Menge und Art der Abwasserinhaltsstoffe sind, insbesondere was die aus ökologischer Sicht besonders kritischen Schwermetalle und PAKs sowie Abwassertemperatur (vgl. Kap. 4.5) angeht, noch ungenügend untersucht.

Die IMO will diese Lücke schließen, indem sie auf eine mögliche Überarbeitung der Einleitvorschriften (Guideline 2009) verweist, sobald eine bessere Datenlage vorhanden ist. Dazu ergeht die Aufforderung, eine Reihe von bislang nicht erfassten Stoffen in die Datensammlung aufzunehmen (MEPC-Res. 184(59) Annex III).

Nicht enthalten in der Liste der zu beobachtenden Schadstoffe sind evtl. eingesetzte aktive Substanzen.

Die Verwendung von aktiven Substanzen in geschlossenen Scrubber-Systemen ist bislang nur unter 10.1.6.1 der Guidelines 2009 mit einer Empfehlung versehen. Damit bleiben die Guidelines 2009 hinter der Regelungstiefe der Ballastwasserkonvention zurück. Die Ballastwasserkonvention stellt eine als vergleichbar zu bewertende Auflage der IMO für die Schifffahrt dar, die dem Gewässerschutz dient. Dort wird eine ökotoxikologische Untersuchung für aktive Substanzen vorgeschrieben.

Die Zulassung von Scrubbern, die aktive Substanzen verwenden, ist an eine Umweltuntersuchung nach den Anforderungsstandard der MEPC-Resolution 126 (53) „Anforderungen an die Zulassung von Ballastwasseranlagen, die Gebrauch von aktiven Substanzen machen (G9)“ zu knüpfen.

Die unterschiedliche Regelungstiefe zwischen der Ballastwasserkonvention und den Guidelines 2009 sollte angeglichen werden.

## 9.4 Anpassung des pH-Wert-Kriteriums in den Guidelines 2009

Einleitungen mit niedrigem pH-Wert haben negative Auswirkungen auf Ökosysteme. Lokal treten in den vorbelasteten Gewässern der Ästuar- und Fluss-Hafenzufahrten schon jetzt saisonbedingt extreme pH-Wert-Schwankungen auf, die durch die Einleitung aus Scrubbern noch verschärft würden.

Auf globaler Ebene ist durch die Klimaänderung bereits eine pH-Wert-Absenkung von 0,1 im Vergleich zur vorindustriellen Zeit eingetreten. Die Scrubber-Abwässer tragen zu einer Beschleunigung der Effekte, die klimabedingt erwartet werden, bei.

Zur Minderung der Effekte in sensiblen und vorbelasteten Gebieten sollte der pH-Wert des Auslasses nicht mehr als 0,5 Einheiten unter dem Wert des Umgebungswassers liegen.

## 10 Weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf

Aufgrund der bislang geringen Zahl durchgeführter Untersuchungen zu Scrubber-Abwasserauswirkungen sowie der schweren Vergleichbarkeit der Messergebnisse aus den vorliegenden Studien leitet sich ein hoher Forschungsbedarf ab.

- Verbesserung der Datenbasis zu Wasserinhaltsstoffen und Abwassermengen von Scrubbern

Es sollte eine Untersuchung über die Ursachen der Abweichung in den Messergebnissen der vorliegenden Studien (vgl. Kap. 4) durchgeführt werden und die bestehenden Wissenslücken in Bezug auf Abwasserinhaltsstoffe durch zusätzliche Tests geschlossen werden. Darüber hinaus sollte unter Abschätzung der Nutzungsdichte von Scrubbern in den betrachteten Gewässern ein Rückschluss auf die Abwassermengen ermöglicht werden.

- Modellierung der Umwelteinflüsse in den deutschen Küstengewässern

Mit einer verbesserten Datenlage zu Abwasser-Inhaltsstoffen und Abwassermengen sollten die zu erwartenden Umweltbeeinträchtigungen in den deutschen Küstengewässern unter Berücksichtigung der regionalen und saisonbedingt bestehenden Vorbelastungen modelliert werden.

- Vereinheitlichung der Phenantren- und Benzo(a)pyren-Äquivalente

Derzeit werden nach der Guideline 2009 die PAKs in Phenantren-Äquivalenten angegeben. Im Umweltbereich wie nach WRRL werden die PAKs in Benzo(a)pyren-Äquivalenten angegeben. Um die Scrubber-Abwassereinleitungen im Sinne der WRRL bewerten zu können, bedarf es entweder einer Angleichung der Messparameter und einer Standardisierung der Messverfahren oder eines allgemeinen Umrechnungsfaktors der Messwerte.

## 11 Gesamtfazit

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass die Nutzung von Nass-Scrubbern Auswirkungen durch pH-Wert-Absenkung, Temperaturerhöhung, Schadstoffeinleitungen und u. U. durch die Nutzung aktiver Substanzen auf die Meeresumwelt hat. Insbesondere offene Scrubber haben durch ihren hohen Wasserverbrauch und den damit deutlich höheren Abwassermengen eine vielfach stärkere Umweltauswirkung als geschlossene bzw. trockene Scrubber-Systeme. Die Umweltwirkung von z.T. in geschlossenen Systemen verwendeten aktiven Substanzen ist völlig ungeklärt.

Die deutschen Küstengewässer leiden bereits unter einem starken Nutzungsdruck von Schifffahrt, Baustoffgewinnung, Energieerzeugung, Tourismus und Einleitungen aus Industrie und Landwirtschaft. Die Vorbelastungen sind in einigen Abschnitten der deutschen Küste erheblich. Der derzeitige Umweltzustand der deutschen Küstengewässer ist mäßig bis schlecht. Die belasteten Abwässer bedeuten einen zusätzlichen Stressfaktor für die marinen Organismen in Nord- und Ostsee und den angrenzenden von Seeschiffen befahrenen Flussgebieten.

Aktuell kann nicht mit einer Verletzung der WRRL/MSRL-Umweltqualitätsnormen gerechnet werden. Die Einleitungen großer Abwassermengen mit zum Teil persistenten Inhaltsstoffen, niedrigerem pH-Wert und erhöhter Temperatur ist jedoch mit dem Vorsorgeprinzip der WRRL/WSRL nicht vereinbar.

Grundsätzlich ist die Nutzung sauberer flüssiger (Diesel) oder gasförmiger (LNG) Kraftstoffe einer Abgasnachbehandlung zur Reduktion von Schwefeloxidemissionen vorzuziehen.

Es besteht noch ein hoher Forschungs- und Messbedarf und es sind möglichst international Aktivitäten zu entwickeln, um eine Verschlechterung der Umweltsituation durch künftige Zunahme von Scrubber-Einleitungen zu vermeiden.

## **Teil B: Rechtliche Gebote zur Regulierung und Anforderungen an den Einsatz schiffsbasierter Abgasnachbehandlungsanlagen (Scrubber)**

Autoren: Dr. Till Markus, Dipl.-Jur. Lutz Philipp Helfst

### **1 Einleitung**

Vor dem Hintergrund der potenziellen Umweltgefahren und -schäden, die sich aus der Einleitung von Abwässern aus schiffsbasierten Abgasnachbehandlungsanlagen in die Meeresumwelt ergeben können, sollen die rechtlichen Gebote zur und Möglichkeiten der Regulierung des Einsatzes von Scrubbern geprüft werden.

Aufgrund ihres sachlichen und räumlichen Anwendungsbereichs sowie vor dem Hintergrund der kompetitiven Situation der Hafenstaaten untereinander sind internationale Regelungen nationalen Maßnahmen grundsätzlich vorzuziehen. Dabei gilt es zu beachten, dass etwaige regionale oder nationale Auflagen dem internationalen Seerecht entsprechen. Vor dem Hintergrund der Langfristigkeit internationaler Entscheidungsprozesse gilt es auch, die Möglichkeiten einseitiger Regulierung durch die Bundesrepublik Deutschland bzw. die Europäische Union zu prüfen.

Um eine Regelungserfordernis hinsichtlich des Einleitens von Scrubber-Abwässern zu begründen, sind in einem ersten Schritt die aktuellen Schutzanforderungen des internationalen und europäischen Meeresumweltrechts darzustellen. In einem zweiten Schritt sind die Regelungsmöglichkeiten aufzuzeigen, die das geltende Seevölkerrecht den Küstenstaaten zur Regulierung schiffsfahrtsbasierter Einträge in die Meeresumwelt zuweist. In einem dritten Schritt sollen zwei mit dem Seevölkerrecht vereinbare Regelungs- bzw. Handlungsstrategien aufgezeigt werden.

### **2 Völker- und unionsrechtliche Verpflichtungen zum Schutz der Meeresumwelt**

#### **2.1 Umweltschutzanforderungen nach SRÜ**

Ausgangspunkt aller Betrachtungen see- und meeresumweltrechtlicher Fragen ist das Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen (SRÜ). Als das für das internationale Seerecht zentrale Rahmenübereinkommen erklärt es in seiner Präambel, dass die Vertragsstaaten von dem Bestreben geleitet sind, „alle das Seerecht betreffenden Fragen im Geiste gegenseitiger Verständigung und Zusammenarbeit zu regeln [...]“.

##### **2.1.1 Allgemeine Anforderungen zum Schutz der Meeresumwelt**

Das SRÜ begründet Verpflichtungen zum Schutz der Meeresumwelt. Teil XII (Art. 192 – 237) des SRÜ enthält dabei die zentralen völkerrechtlichen Regelungen zum marinen Umwelt- und Naturschutz (Czybulka 2011, S. 823). Art. 192 bis 196 SRÜ legen eine Reihe allgemeiner Verpflichtungen zum Meeresschutz fest. Im Folgenden sollen insbesondere die Verpflichtungen aus den Artikeln 192-195 SRÜ dargelegt werden. Gemäß Art. 192 SRÜ sind Staaten verpflichtet, die Meeresumwelt zu schützen und zu bewahren. Aufgrund



seiner nicht lediglich politisch-programmatischen Ausgestaltung ist Art. 192 SRÜ zu Recht als allgemeines rechtliches Strukturprinzip des Meeresschutzes beschrieben worden (Proelß 2004, S. 77). Insbesondere im Hinblick auf die vorrangig verschmutzungsartenbezogene Regulierung des Teils XII SRÜ wird davon ausgegangen, dass die Pflicht in Art. 192 SRÜ sich auf die gesamte Meeresumwelt bezieht, räumlich also unbeschränkt gilt. Art. 192 SRÜ wird durch weitere Vorschriften in Teil XII ergänzt und insbesondere im Hinblick auf einzelne Verschmutzungsarten konkretisiert. So heißt es insbesondere in Art. 194 Abs. 1: „Die Staaten ergreifen, je nach den Umständen einzeln oder gemeinsam, alle mit diesem Übereinkommen übereinstimmenden Maßnahmen, die notwendig sind, um die Verschmutzung der Meeresumwelt ungeachtet ihrer Ursache zu verhüten, zu verringern und zu überwachen [...]“. Diese Pflicht, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, wird in Art. 194 Abs. 2 bis Abs. 5, dem Art. 195 sowie insbesondere den Artikeln 207 bis 212 SRÜ weiter ausgeführt.

### **2.1.2 Anforderungen zum Schutz der Meeresumwelt vor Verschmutzungen durch Schiffe**

Im Hinblick auf die Verpflichtung, Maßnahmen zu ergreifen, die die Verschmutzung der Meeresumwelt verhüten, verringern und überwachen, führt Art. 194 Abs. 3 S. 1 SRÜ aus, dass die zu ergreifenden Maßnahmen alle Ursachen der Verschmutzung der Meeresumwelt zu erfassen haben. Im Hinblick auf Verschmutzungen der Meeresumwelt durch Schiffe führt Art. 194 Abs. 3 S. 2 lit. b) SRÜ weiter aus, dass zu den entsprechenden Maßnahmen solche gehören, die darauf gerichtet sind, die Verschmutzung durch Schiffe auf ein Mindestmaß zu beschränken. Das umfasst dann Maßnahmen, „um Unfälle auf See zu verhüten und Notfällen zu begegnen, die Sicherheit beim Einsatz auf See zu gewährleisten, absichtliches oder unabsichtliches Einleiten auf See zu verhüten und den Entwurf, den Bau, die Ausrüstung, den Betrieb und die Bemannung zu regeln.“

Art. 211 SRÜ konkretisiert Art. 194 Abs. 3 S. 2 lit. b) SRÜ. Dabei erfasst er insbesondere die Verschmutzung durch Einträge aus dem Betrieb von Schiffen, nicht aber die durch Schiffe verursachten atmosphärischen Verschmutzungen der Meeresumwelt (letztere fallen unter Art. 212 SRÜ). Art. 211 SRÜ selbst enthält keine unmittelbaren Beschränkungen der Schifffahrt zum Schutze der Meeresumwelt, sondern verpflichtet die Vertragsparteien außerhalb des SRÜ-Rahmens, die Seeschifffahrt zum Schutze der Meeresumwelt zu regulieren. Insofern verweist Art. 211 Abs. 1 SRÜ auf die International Maritime Organization (IMO) als „zuständige internationale Organisation“ sowie alternativ auf eine „allgemeine diplomatische Konferenz“. In diesem Rahmen sollen die Staaten „internationale Regeln und Normen zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Verschmutzung der Meeresumwelt durch Schiffe auf[stellen] und fördern [...]“. Ansonsten erfolgt die Ausgestaltung der Schutzverpflichtung gemäß Art. 211 Abs. 2 SRÜ durch innerstaatliche Gesetze der Vertragsparteien. Dabei dürfen diese Gesetze nicht „weniger wirkungsvoll sein als die allgemein anerkannten Regelung und Normen, die im Rahmen der zuständigen internationalen Organisation [...] aufgestellt worden sind.“ Insofern verweist das SRÜ wiederum auf Maßnahmen der IMO.

### **2.1.3 Verpflichtung, Verschmutzungen nicht zu verlagern und umzuwandeln**

Teil des meeresumweltrechtlichen Rahmens des SRÜs sind auch die in Art. 195 SRÜ enthaltenen Verpflichtungen. Art. 195 SRÜ zufolge sind Staaten verpflichtet „[b]eim

Ergreifen von Maßnahmen zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Verschmutzung der Meeresumwelt [so zu handeln], dass sie Schäden oder Gefahren weder unmittelbar noch mittelbar von einem Gebiet in ein anderes verlagern oder eine Art der Verschmutzung in eine andere umwandeln.“ Der Regelungsgehalt dieser Vorschrift ist nicht vollumfänglich geklärt. Aufgrund seines Wortlauts ist sein Regelungsziel aber dahin zu deuten, Staaten anzuleiten, Umweltbeeinträchtigungen an ihrem Ursprung zu verhindern sowie Verlagerungshandlungen zur Vermeidung etwaiger Kostentragungspflichten für Umweltschäden zu unterlassen. Insofern wurde Art. 195 SRÜ mit Recht als Ausgestaltung des Ursprungs- sowie des Verursacherprinzips verstanden (Proelß 2004, S. 84; anders Wolfrum 2000, S. 72, der Art. 195 SRÜ als Ausgestaltung des Vorsorgeprinzips versteht). Daraus leitet sich ein umweltrechtlicher Mindestschutzgehalt des Art. 195 SRÜ ab. Zum einen sind Staaten angehalten, durch Umweltschutzmaßnahmen keine Verschmutzungen von einem Ort oder Medium an bzw. in ein anderes zu verlagern, zum anderen sind durch etwaige Umwandlungen der Verschmutzung keine neuen Umweltschäden bzw. Umweltgefahren zu generieren (Sands/Peel 2013, S. 131; Doelle 2006, S. 323; Charney 1995, S. 732 und 1994, S. 887; Teclaff/Teclaff 1991, S. 188). Art. 195 SRÜ verfolgt damit einen integrativen Ansatz, der den Schutz der Umwelt als Ganzes anstrebt und dabei den Blick auf verschiedene Belastungspfade und verschiedene zu schützende Umweltmedien lenkt (Sands/Peel 2013, S. 131; siehe grundlegend zum Integrationsansatz Kloepper 2004, S. 205).

Entscheidend ist somit, dass a) durch Schiffe verursachte atmosphärische Emissionen von SO<sub>x</sub> und weiteren Abgasbestandteilen eine Verschmutzung der Meeresumwelt i.S.d. SRÜ darstellen, b) die im Rahmen von MARPOL vereinbarte Reduktionspflicht für atmosphärische Emissionen i.V.m. der Erlaubnis, entsprechende Grenzwerte durch den Einsatz von Scrubbern zu erreichen, als staatliche Maßnahme zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Verschmutzung der Meeresumwelt zu bewerten ist, c) aus der sich letztlich sowohl eine Verlagerung von Schäden und Gefahren als auch eine Umwandlung einer Art der Verschmutzung in eine andere ergibt bzw. ergeben kann. Gemäß Art. 1 Abs. 1 Nr. 4 SRÜ bedeutet:

Verschmutzung der Meeresumwelt die unmittelbare oder mittelbare Zuführung von Stoffen oder Energie durch den Menschen in die Meeresumwelt einschließlich der Flussmündungen, aus der sich abträgliche Wirkungen wie eine Schädigung der lebenden Ressourcen sowie der Tier- und Pflanzenwelt des Meeres, eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit, eine Behinderung der maritimen Tätigkeiten einschließlich der Fischerei und der sonstigen rechtmäßigen Nutzung des Meeres, eine Beeinträchtigung des Gebrauchswerts des Meerwassers und eine Verringerung der Annehmlichkeiten der Umwelt ergeben oder ergeben können.

Die in Art. 1 Abs. 1 Nr. 4 SRÜ enthaltene Definition spricht von „unmittelbarer oder mittelbarer Zuführung von Stoffen“. Die Verschmutzung der Meeresumwelt erfasst somit auch Verschmutzungen der Atmosphäre, die sich als mittelbare Zuführung von Stoffen in den eigentlichen Meereskörper darstellen. Dieses weite Verständnis des Begriffs Meeresumwelt lässt sich auch darauf stützen, dass auch Art. 212 SRÜ grundsätzlich Verschmutzungen der Meeresumwelt aus der bzw. durch die Luft erfasst (Hafner 2006, S. 361). Entscheidend ist somit, dass das SRÜ vor allem den Schutz des Meeresswassers bezweckt, dabei aber anerkennt, dass dessen Verschmutzung mittelbar auch durch die Verschmutzung von Räumen jenseits des Wasserkörpers erfolgt, also „aus der Luft“,

„durch Tätigkeiten im Gebiet“, „auf dem Meeresboden“, „vom Land aus“ (siehe Art. 207, Art. 208, Art. 209, Art. 212 SRÜ). Insofern umfasst der Begriff der Verschmutzung der Meeresumwelt auch atmosphärische Emissionen aus Schiffen, soweit sich daraus die in der in Art. 1 Abs. 1 S. 4 SRÜ genannten abträglichen Wirkungen „ergeben oder ergeben können“.

Hinsichtlich der abträglichen Wirkungen ist zu bedenken, dass ein wesentlicher Anteil der im Rahmen der Seeschifffahrt verursachten atmosphärischen Emissionen im Wege der sogenannten atmosphärischen Deposition in die Meeresgewässer gelangt (OSPAR 2007). In den atmosphärischen Emissionen sind neben Schwefeloxiden verschiedene Schwermetalle (z.B. Vanadium, Nickel, Zink, Blei, Kupfer, Arsen und Kadmium) sowie polyzyklische Kohlenwasserstoffe enthalten. Während der Eintrag von Schwefeloxiden insbesondere zu einer Absenkung des pH-Werts in den oberflächennahen Gewässerschichten führt (Hassellöv et al. 2013), wirken sich Schwermetalle und polyzyklische Kohlenwasserstoffe vergiftend bzw. mutagen und karzinogen auf die aquatische Fauna aus (GdCH 1996). Die Absenkung des pH-Werts kann u.U. wiederum nachteilige Effekte auf die Meeresumwelt haben, z.B. auf die Entwicklung kalzifizierender Organismen. Die Definition der Verschmutzung der Meeresumwelt umfasst nach seinem aufgezeigten Wortlaut eindeutig auch solche Einträge, aus denen sich abträgliche Wirkungen „ergeben können.“ Insofern handelt es sich bei den genannten Emissionen unzweifelhaft um eine Verschmutzung der Meeresumwelt, da sie eine anthropogen indizierte Zuführung von Stoffen in den Meereskörper darstellt, aus der sich abträgliche Wirkungen der Tier- und Pflanzenwelt des Meeres ergeben können.

Demzufolge stellen die rechtlichen Anforderungen zur Reduktion atmosphärischer SO<sub>x</sub>-Emissionen, einschließlich der Möglichkeit, diese durch den Einsatz von Scrubber-Anlagen zu erreichen, eine Maßnahme zur „Verhütung, Verringerung [...] der Verschmutzung der Meeresumwelt“ i.S.d. Art. 195 SRÜ dar.

Gemäß Art. 195 SRÜ dürfte eine entsprechende Maßnahme aber nicht zu einer räumlichen bzw. medialen Verlagerung von Schäden und Gefahren oder einer Umwandlung einer Art der Verschmutzung in eine andere führen. Im Falle der Einleitung von Abwässern aus dem Betrieb von Scrubber-Anlagen in die Meeresumwelt ist von der Anwendbarkeit der beiden in Art. 195 SRÜ festgeschriebenen Alternativen auszugehen. Zum einen handelt es sich um eine mittelbare Verlagerung von Gefahren für die Meeresumwelt von einem Meeresgebiet in ein anderes. Die schiffsbetriebsbedingten atmosphärischen Emissionen, die sich ohne Abgasnachbehandlung im Wege der atmosphärischen Deposition auf weite Areale der Meeresgewässer verteilt hätten, werden im Nachlauf der Abgasnachbehandlung (z.T. in chemisch umgewandelter Form) im Wege der Abwassereinleitung auf Meeresgebiete mit vergleichsweise geringer geographischer Ausdehnung verteilt. Dabei werden die Gefahren für die Meeresumwelt, die sich aus der weitflächigen atmosphärischen Deposition ergeben hätten (Versauerungs- und Vergiftungseffekte sowie mutagene und karzinogene Wirkungen), nunmehr durch das Einleiten der sich aus der Abgasnachbehandlung ergebenden Abwässer erzeugt. Der Eintrag der Scrubber-Abwässer, die einen niedrigen pH-Wert haben sowie bestimmte Schwermetalle und polyzyklische Kohlenwasserstoffe enthalten, kann sich insbesondere in gegenüber entsprechenden Einleitungen empfindlichen Gebieten nachteilig auswirken. Empfindliche Gebiete sind insofern insbesondere solche, die aufgrund ihres geringen

Wasseraustausches Absenkungen des pH-Werts nur schlecht neutralisieren können (z.B. Lagunen, Binnenmeere oder landseitige gelegene Hafengebiete) oder die sich aufgrund ihrer ökologischen Charakteristika und hohen anthropogenen Vorbelastung gegenüber entsprechenden Einträgen wenig belastbar zeigen.

Daneben handelt es sich bei der Einleitung von Scrubber-Abwässern auch um eine Verlagerung einer Verschmutzung von einem Medium in ein anderes. Dies gilt im Hinblick auf den Teil der atmosphärischen Emissionen, der ohne Anwendung der Abgasnachbehandlung in der Atmosphäre verblieben wäre oder sich über Landgebiete verteilt hätte. In Bezug auf diese Anteile findet durch die Einleitung der Scrubber-Abwässer eine Umwandlung atmosphärischer bzw. terrestrischer Verschmutzungen in eine Verschmutzung der Meeresgewässer statt.

Zum anderen ist darauf hinzuweisen, dass der Einsatz von Abgasnachbehandlungsanlagen in einigen Fällen derzeit die Verwendung chemisch-biologisch aktiver Substanzen vorsieht, die u.U. mit dem Abwasser in die Meeresumwelt eingeleitet werden. In diesen Fällen würden so neue Gefahren und potenzielle Schäden für die Meeresumwelt entstehen, sodass auch insofern dem Regelungsziel des Art. 195 SRÜ widersprochen wäre.

Zwischenfazit: Die Bundesrepublik ist als Vertragsstaat des SRÜ allgemein verpflichtet, die Meeresumwelt zu schützen und Maßnahmen zu ergreifen, die notwendig sind, um die Verschmutzung der Meeresumwelt zu verhüten, zu verringern und zu überwachen. Zu diesen Maßnahmen zählen solche, die sich mit der Verschmutzungen der Meeresumwelt durch Schiffe befassen, nämlich insbesondere Schiffswegeführungen, Einleiteregelungen sowie solche, die den „Entwurf, den Bau, die Ausrüstung, den Betrieb und die Bemannung“ regeln (CDEMS). Beim Ergreifen entsprechender Maßnahmen haben Vertragsparteien sicherzustellen, dass es weder zu einer geografischen oder medialen Verlagerung noch zu einer Umwandlung der zu beschränkenden Verschmutzung kommt. Nach der hier vertretenen Auffassung stellt das Einleiten von Abwässern aus Scrubber-Anlagen mit niedrigem pH-Wert sowie etwaig darin enthaltenen Schwermetallen und polyzyklischen Kohlenwasserstoffen sowohl eine räumliche und mediale Verlagerung als auch potenziell eine Umwandlung einer Verschmutzung der Meeresumwelt in eine andere dar. Soweit bestehende internationale oder nationale Regelungen der Vertragsparteien des SRÜ diese Verlagerung bzw. Umwandlung ermöglichen, widersprechen sie normativen Vorgaben des Art. 195 SRÜ.

## **2.2 Schutzanforderungen aus Regelungen der IMO**

Im Kontext der IMO wurden verschiedene meeresumweltschützende Regelungen geschaffen. Diese umfassen unter anderem Maßnahmen zur Schiffswegeführung sowie die Einrichtung mariner Schutzgebiete. Ihre Ausgestaltung erfolgt unter Abwägung von Meeresumweltschutzinteressen und dem Interesse an der freien und ungehinderten Schifffahrt i.S.d. Art. 58 Abs. 1 SRÜ (Lagoni, 2002, S. 125).

## 2.2.1 Umweltschutzmechanismen im Rahmen des MARPOL-Übereinkommens

Im Rahmen des MARPOL-Übereinkommens in seiner Fassung von 1978 (Internationales Übereinkommen von 1973 zur Verhütung des Meeresverschmutzung durch Schiffe; MARPOL 73/78) besteht die Option, Sondergebiete (Special Areas) zu errichten. Ihre geographische Ausdehnung kann sich auf das Gebiet des Küstenmeers, der AWZ sowie der Hohen See i.S.d. SRÜ erstrecken. Sondergebiete sind legaldefiniert als bestimmte Meeresgebiete, in denen „aus anerkannten technischen Gründen im Zusammenhang mit seinem ozeanographischen und ökologischen Zustand und der besonderen Natur seines Verkehrs die Annahme besonderer obligatorischer Methoden zur Verhütung der Meeresverschmutzung (...)“ erforderlich sind, Anlage I Regel 1 Nr. 10 MARPOL 73/78. Innerhalb der Sondergebiete können bestimmte schiffahrtsbezogene Aktivitäten beschränkt werden. Die Einrichtung von Sondergebieten geschieht auf Grundlage der jeweiligen Anlagen zum MARPOL-Übereinkommen, die sich in Schutzzweck und -richtung unterscheiden. Diese Möglichkeit der gebietsmäßigen Beschränkung der Schifffahrt ergibt sich grundsätzlich (ausgenommen Anlage III) aus allen Anlagen zu MARPOL (siehe Anlage I Regel 1 Abs. 11, Regel 15; Anlage II Regel 13; Anlage IV Regel 11 Abs. 1; Anlage V Regeln 5; Anlage VI Regel 13, 14 MARPOL 73/78).

### 2.2.1.1 Anlage I (Regeln zur Verhütung der Verschmutzung durch Öl)

Sondergebiete nach Anlage I wurden für Nord- und Ostsee eingerichtet. Die gesamte Nordsee (einschließlich ihrer Zufahrten) ist als Teil der „nordwesteuropäischen Gewässer“ Sondergebiet i.S.d. Anlage I (vgl. Anlage I Abs. 11 Nr. 8). Im Bereich der Ostsee umfasst das Schutzgebiet gemäß Anlage I Abs. 11 Nr. 2 die „eigentliche Ostsee mit dem Bottnischen Meerbusen, dem Finnischen Meerbusen und dem im Skagerrak durch den Breitengrad von Skagen auf 57° 44,8' N begrenzten Eingang zur Ostsee“.

Der gegenständliche Anwendungsbereich von Anlage I erfasst grundsätzlich „alle Schiffe“ und bezweckt die Verhütung ölbedingter Meeresverschmutzungen (Anlage I Regel 2 Abs. 1) durch die Normierung von Konstruktionsstandards (Anlage I Regel 12 ff.) sowie einem Einleitungsverbot von Öl und ölhaltigen Gemischen in die See (Anlage I Regel 15 Abs. 1). Umfassend wirkt dabei das Einleitungsverbot jedoch nur im antarktischen Raum; ansonsten bestehen zahlreiche Ausnahmetatbestände, die ein teilweises Einleiten von Öl oder ölhaltigen Gemischen zulassen (vgl. Anlage I Regel 4, 15 Abs. 2, 3, 6).

Eine Relevanz für Scrubber-Abwässer kann Anlage I nur insoweit entfalten, wie in diesen Öl enthalten ist oder sie selbst ein ölhaltiges Gemisch darstellen. Scrubber-Abwässer können Ölbestandteile enthalten. Gemäß Regel 1 Abs. 3 kommt es bei der Bestimmung, ob ein ölhaltiges Gemisch vorliegt, indes nicht auf Konzentrationsgrenzwerte an, sodass Scrubber-Abwässer grundsätzlich als ölhaltiges Gemisch i.S.v. Anlage I anzusehen sind. Das grundsätzliche Einleitungsverbot aus Regel 15 Abs. 1 gilt gemäß Regel 15 Abs. 2 Nr. 3 und Abs. 3 Nr. 3 nur, wenn der Ölgehalt des Ausflusses „ohne Verdünnung“ nicht mehr als 15 ppm beträgt. Insofern gilt es sicherzustellen, dass in die Meeresumwelt eingeleitete Scrubber-Abwässer diese Grenzwerte nicht überschreiten. Bislang gibt es indes keine belastbaren Erkenntnisse hinsichtlich der Qualität und Quantität des Ölgehalts in Scrubber-Abwässern. Insofern ergibt sich Handlungsbedarf, entsprechende Informationen für die verschiedenen Scrubbertypen zu generieren.

### 2.2.1.2 Sonstige Anlagen zu MARPOL

Die weiteren MARPOL-Anhänge verfolgen den Schutz der Meeresumwelt vor als Massengut beförderten schädlichen Stoffen (Anlage II), vor Schiffsabwässern (Anlage IV) sowie vor der Einleitung von Müll (Anlage V) und vor Luftverschmutzungen durch Schiffe (Anlage VI). Scrubber-Abwässer stellen jedoch weder ein Massengut i.S.v. Anlage II noch Müll i.S.v. Regel 3 Anlage V dar. Scrubber-Abwässer fallen auch nicht unter den Abwasserbegriff aus Anlage IV Regel 3 Abs. 1.

Anlage VI enthält Regelungen zum Meeresumweltschutz vor Luftverschmutzungen durch Schiffe. Regel 14 der Anlage enthält die Option, Schutzgebiete vor Schwefelemissionen (SECAs) einzurichten. Sowohl in der gesamten Nord- als auch der Ostsee wurden SECAs eingerichtet. Die in Anlage VI aufgeführten Emissionsbegrenzungen beziehen sich aber nur auf atmosphärische Schiffsemissionen und erfassen somit nicht die Einleitung von Scrubber-Abwässern. Damit entfalten Anlage II bis VI keine weitere Relevanz für Scrubber-Abwässer.

## 2.2.2 Umweltschutzmechanismen im Rahmen des SOLAS-Übereinkommens

Das SOLAS-Übereinkommen (Internationales Übereinkommen zum Schutz des menschlichen Lebens auf See) ermöglicht i.V.m. der IMO-Resolution A. 572 (14) die Einrichtung von zu meidenden Gebieten (areas to be avoided), die entsprechend gar nicht oder nur von Schiffen bestimmter Klassen befahren werden dürfen (Kap. V Regel 8 Anlage SOLAS 74 i.V.m. Resolution A. 572 (14)). Enthielt SOLAS früher vor allem Regelungen zur Schiffssicherheit, können Schiffswegeführungen seit seiner Neufassung auch zu Meeresumweltschutzzwecken bestimmt werden (siehe Art. 1.1 Resolution A. 572 (14); Kapitel V, Regel 8 der Anlage zu SOLAS; siehe auch Gellermann/Stoll/Czybulka, 2012, S. 268; Czybulka 2011, S. 870). Naturgemäß verhindert die Abwesenheit von Schiffsverkehr innerhalb einer bestimmten Region eine Bedrohung der Meeresumwelt durch Schifffahrt an dieser Stelle. Um Allgemeinverbindlichkeit zu entfalten, sind sie nach den Kriterien und Richtlinien der IMO auszuarbeiten und zu erklären (Gellermann/Stoll/Czybulka, 2012, S. 269). Entsprechend muss die Ausweisung eines Schiffswegeführungssystems im Einklang mit den Empfehlungen aus IMO-Resolution A. 572(14) und dem Völkerrecht stehen (Gellermann/Stoll/Czybulka, 2012, S. 269). Entsprechende Gebiete wurden in den Meeresgebieten der Mitgliedstaaten bisher nur vor den Shetlandinseln eingerichtet.

### 2.2.3 Particularly Sensitive Sea Areas (PSSAs)

IMO- Resolution A. 982 (24) v. 01.12.2005 über die „Revised Guidelines for the Identification and Designation of Particularly Sensitive Sea Areas“ (PSSAs) ermöglicht die Ausweisung besonders empfindlicher Meeresgebiete. PSSAs sind definiert als Zonen, die aufgrund anerkannter ökologischer, sozioökonomischer oder wissenschaftlicher Gründe bzw. wegen ihrer besonderen Empfindlichkeit gegenüber Einwirkungen der internationalen Schifffahrt von der IMO als besonders schutzbedürftig angesehen werden (Section 1.2. der Revised Guidelines). Wie ein MARPOL-Sondergebiet kann auch eine PSSA innerhalb des Küstenmeeres, der ausschließlichen Wirtschaftszone oder der Hohen See liegen. Es kann ferner auch innerhalb eines bestehenden Sondergebiets installiert werden

(Lagoni, 2002, S. 125). Sowohl Teile der Nordsee (Wattenmeer) als auch Teile der Ostsee sind PSSAs. Die Festlegung einer PSSA erfolgt nach Antragstellung mindestens eines IMO-Mitgliedstaates durch einen Beschluss des MEPC (Van Dyke/Broder 2012, S. 476 ff.; IMO-Resolutionen A. 927 (22), A. 982 (24)). Die Einrichtung von PSSAs stattet den Küstenstaat nicht mit zusätzlichen Befugnissen aus, unilateral aus Gründen des Meeresumweltschutzes in die Freiheit der Seeschifffahrt einzugreifen. Die innerhalb eines PSSA vorgesehenen Schutzmaßnahmen können also nicht über die bzw. das ihnen zugrunde liegenden völkerrechtlichen Verträge bzw. Völkergewohnheitsrecht hinausgehen (Lagoni, 2002, S. 126). Schutzanforderungen ergeben sich aus PSSAs daher lediglich indirekt: Als Instrument zur Bestimmung der Schutzbedürftigkeit eines Meeresgebiets erleichtert die Einrichtung einer PSSA die Einrichtung spezifischer Meeresumweltschutzmaßnahmen (APMs; associated protective measures), wie Schiffswegeführungen („areas to be avoided“) oder verbindlicher oder empfohlener Maßnahmen auf Grundlage anderer seerechtlicher Verträge (Lagoni, 2002, S. 126).

Zwischenfazit: Meeresumweltrechtliche Anforderungen hinsichtlich des Einleitens von Scrubber-Abwässern ergeben sich aus verschiedenen IMO-Abkommen sowie aus IMO-Resolutionsrecht. Insofern legt vor allem die MARPOL-Anlage I Grenzwerte für die Einleitung von Öl fest, die im Grundsatz auch für Scrubber-Abwässer gelten, soweit diese Öl enthalten. Derzeit ist allerdings nicht ausreichend geklärt, ob die in Scrubber-Abwässern enthaltenen Ölanteile die festgelegten Grenzwerte in Einzelfällen überschreiten, weshalb die Regelungen in MARPOL-Anlage I derzeit für Scrubber-Abwässer wahrscheinlich keine Wirkung entfalten. Eine Wirkung der weiteren MARPOL-Anlagen auf Scrubber-Abwässer erscheint ausgeschlossen.

Im Rahmen des SOLAS-Übereinkommens besteht die Möglichkeit, Schiffswegeführungen einzurichten. Die Einrichtung dieser „areas to be avoided“ findet ihre Grenzen in den Regeln des Völkerrechts.

Weiterhin besteht die Möglichkeit der Ausweisung von PSSAs. Diese stellen selbst keine konkrete Schutzmaßnahme dar (enthalten also keine neuen seerechtlichen Befugnisse für den Küstenstaat), sondern dienen der Koordination und Anwendung bekannter und neuer Meeresumweltschutzmaßnahmen im Rahmen der Befugnisse der IMO (APMs).

## 2.3 Meeresumweltrechtliche Anforderungen der EU

Rechtliche Anforderungen zum Schutz der Meeresumwelt ergeben sich für die Mitgliedstaaten der EU zunehmend auch aus dem Meeresumwelt- und -naturschutzrecht der Union. Insofern sind vor allem die Regelungen der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, der Wasserrahmen-Richtlinie, der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie sowie der Vogelschutz-Richtlinie zu nennen. Ihre Regelungsziele sind die Erreichung des guten Zustands der Meeresumwelt bzw. des guten chemischen und ökologischen Zustands z.T. auch maritimer Oberflächengewässer sowie der spezielle marine Arten- und Habitatschutz. Zwar enthalten die genannten Regelungen keine unmittelbaren rechtlichen Anforderungen an die Seeschifffahrt, geben den Mitgliedstaaten der EU aber bedeutende Verpflichtungen zum Schutz der Meeresumwelt sowie Zielvorgaben hinsichtlich der Verträglichkeit der Seeschifffahrt mit den Belangen des Meeresschutzes vor.

### 2.3.1 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)

Die MSRL bezweckt, dass die Mitgliedstaaten die notwendigen Maßnahmen ergreifen, um „spätestens bis zum Jahr 2020 einen guten Zustand der Meeresumwelt zu erreichen oder zu erhalten“ (Art. 1 MSRL). Den Mitgliedstaaten wird aufgegeben, Meeresstrategien für ihre eigenen Meeresgebiete zu entwickeln, die den Schutz und die Erhaltung der Meeresumwelt bezwecken, ihre Verschlechterung verhindern oder Schäden an Meeresökosystemen – wenn durchführbar – beseitigen sowie die Einträge in die Meeresumwelt verhindern oder verringern, um Verschmutzungen schrittweise zu beseitigen und Auswirkungen etwa auf die Artenvielfalt zu vermeiden (Art. 1 Abs. 2 a) und b) MSRL). Materiellrechtlich sollen die Mitgliedstaaten bei der Entwicklung der Meeresstrategien einen Ökosystemansatz zur Steuerung menschlichen Verhaltens anwenden und sich u.a. diesbezüglich mit Anrainerstaaten koordinieren (Art. 1 Abs. 3 und Art. 5 Abs. 2 MSRL). Der Prozess der Entwicklung von Meeresstrategien gliedert sich in sechs Verfahrensschritte: 1) Anfangsbewertung (Art. 8); 2) Beschreibung eines guten Umweltzustands (Art. 9 Abs.1 MSRL); 3) Festlegung von Umweltzielen (Art. 10 Abs. 1 MSRL); 4) Erstellung und Durchführung eines Überwachungsprogramms (Art. 11 Abs. 1 MSRL) sowie 5) die Erstellung eines Maßnahmenprogramms zur Erreichung bzw. Aufrechterhaltung eines guten Umweltzustands (Art. 13 Abs. 1, 2 und 3 MSRL) und 6) die praktische Umsetzung des Maßnahmenprogramms (Art. 13 Abs. 10 MSRL).

Die MSRL legt grundsätzlich also weder konkrete Schutzmaßnahmen auf Gemeinschaftsebene fest, noch verpflichtet sie die Mitgliedstaaten unmittelbar und verbindlich, solche Maßnahmen zu treffen (s. Art. 13 MSRL und Art. 14 Abs. 1 bis Abs. 4). Ziel und Instrumentenwahl sollen grundsätzlich auf mitgliedstaatlicher Ebene erfolgen (siehe Markus/Schlacke 2010, S. 464-472; Markus/Schlacke/Maier 2011, S. 1-32; siehe auch zu einem frühen Entwicklungsstadium der MSRL bereits Salomon/Krohn 2006, S. 371-378). Hinsichtlich des umweltrechtlichen Schutzniveaus enthält die MSRL allerdings ein Verschlechterungsverbot (so auch der Bundesgesetzgeber, siehe BT-Drs. 17/6055, S. 18). Außerdem verpflichten sich die Mitgliedstaaten dort, wo sie den guten Umweltzustand beschreiben, Umweltziele festlegen und Maßnahmenprogramme erstellen, den von ihnen näher bestimmten guten Umweltzustand bis 2020 zu erreichen. Bei der inhaltlichen Bestimmung des guten Umweltzustands sollen die Mitgliedstaaten „die in Anhang I aufgeführten qualitativen Deskriptoren zugrunde legen“ und die indikativen Listen in Anhang III Tabelle 1 und die in Anhang III Tabelle 2 genannten Belastungen bzw. Auswirkungen menschlichen Handelns berücksichtigen (Art. 9 MSRL). Aktuell haben die meisten Mitgliedstaaten ihre Anfangsbewertungen vorgenommen, den guten Zustand der Meeresumwelt für ihre marinen Gewässer beschrieben sowie Umweltziele festgelegt (für Deutschland siehe: <http://www.meeresschutz.info/>).

Im vorliegenden Zusammenhang sind insbesondere die Deskriptoren 8 und 9 relevant. Aufgrund des Umfangs einer entsprechenden Prüfung können hier weder die sich aus den Festlegungen Deutschlands hinsichtlich Deskriptor 8 noch zu Deskriptor 9 folgenden Umweltschutzanforderungen detailliert und vollumfänglich ausgeführt werden. An dieser Stelle erfolgt lediglich die Nennung der zu berücksichtigenden Standards und Qualitätsnormen, die es laut Definition des guten Umweltzustands einzuhalten bzw. zu erreichen gilt. Deskriptor 8 definiert den guten Umweltzustand im Hinblick auf Schadstoffe wie folgt: „Aus den Konzentrationen von Schadstoffen ergibt sich keine Verschmutzungswirkung“. Die Beschreibung des guten Umweltzustands des Bund-



Länder-Ausschusses Nord- und Ostsee (BLANO) hat daraufhin für den Bereich der Nordsee folgende Definition des guten Zustands der Meeresumwelt (GUZ) festgelegt:

Der gute Umweltzustand für den Deskriptor „Schadstoffe“ ist erreicht, wenn die Konzentration an Schadstoffen in Biota, Sediment und Wasser die gemäß WRRL, der UQN Tochterrichtlinie 2008/105/EG und der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) geltenden Umweltqualitätsnormen und die Ecological Quality Objectives und Umweltqualitätsziele des OSPAR [Joint Monitoring and Assessment Programme] (JAMP) und des [Co-ordinated Environmental Monitoring Programme] (CEMP) einhalten. Aufgrund der erheblichen Unsicherheiten und Wissenslücken, welche bei der gegenwärtigen UQN und ECAs (Environmental Assessment Criteria) noch vorhanden sind, sollte das Vorsorgeprinzip als zusätzliches Kriterium zur Bewertung mit herangezogen werden. Darüber hinaus müssen für den GUZ weitere spezifische Anforderungen, die sich aus der MSRL ergeben, erfüllt werden, insbesondere die Einhaltung weiterer abzuleitender Umweltqualitätsnormen/ Umweltqualitätsziele für Sediment und Biota und die Berücksichtigung biologischer Schadstoffeffekte.

Wie oben erwähnt verpflichten sich die Mitgliedstaaten, den von ihnen näher bestimmten guten Umweltzustand bis zum Jahre 2020 zu erreichen. Grundsätzlich gilt somit, dass dort, wo das Einleiten von Scrubber-Abwässern in die vom Anwendungsbereich der MSRL umfassten Gewässer diesen Zielen widersprechen würde, es zu einem Konflikt mit den umweltrechtlichen Vorgaben der MSRL kommen würde. Hieraus würde sich eine Handlungspflicht für Deutschland bzw. die EU ergeben, die das Einleiten von Scrubber-Abwässern in Einklang mit den rechtlichen Anforderungen der MSRL bringen müsste. Ob die durch die Mitgliedstaaten genannten Schutzanforderungen im Einzelnen (und in den verschiedenen Mitgliedstaaten) tatsächlich durch das Einleiten von Scrubber-Abwässern verletzt wären oder die geltenden internationalen Einleitungsstandards diesen Anforderungen widersprechen, kann im Rahmen dieses Rechtsgutachtens nicht vollumfänglich geprüft werden. Insofern besteht weiterer Klärungsbedarf.

### **2.3.2 Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)**

Neben der MSRL ergeben sich auch aus der WRRL Schutzanforderungen hinsichtlich der Einleitung von Scrubber-Abwässern in die Meeresumwelt. Die WRRL zielt auf die Erreichung eines chemisch und ökologisch guten Zustands der in ihren Anwendungsbereich fallenden Oberflächengewässer. Das beinhaltet auch die Wassersäule der Küstengewässer i.S.d. WRRL, die sich eine Seemeile seewärts der Basislinie erstrecken, sowie den chemischen Zustand des gesamten Küstenmeers (12 sm). In diesen geographischen bzw. sachlichen Regelungsbereichen gehen die Regeln der WRRL denen der MSRL vor (siehe Art. 2 Abs. 1 MSRL und Art. 1 und Art. 2 Nr. 1, Nr. 7 WRRL). Insofern sind die Regelungen der WRRL insbesondere für die inneren Gewässer, einschließlich der bundesdeutschen Häfen sowie Teile des Küstenmeers i.S.d. SRÜs relevant.

Eine zentrale Schutzanforderung der WRRL stellt das Verschlechterungsverbot dar (Art. 4 Abs. 1 lit. a und lit. b WRRL). Trotz bestehender Unklarheiten hinsichtlich des Regelungsgehalts dieses Verbots ist von einer verbotenen Verschlechterung dann auszugehen, wenn der Zustand eines Gewässers sich im Vergleich zum Status quo erheblich verschlechtert. Referenzzeitpunkt ist das Inkrafttreten der WRRL (Epiney 2012,

S. 400). Daneben gilt es, das Schutzniveau bestehender EU-Rechtsvorschriften sicherzustellen (Art. 4 Abs. 9 WRRL). Ein abgeschwächter Maßstab gilt für künstliche und erheblich veränderte Wasserkörper (z.B. Bundeswasserstraßen, Art. 4 Abs. 3 WRRL).

Über den Mindeststandard des Verschlechterungsverbots hinaus verlangt Art. 4 Abs. 1 lit. a) ii) im Hinblick auf die Oberflächengewässer (einschließlich der Küstengewässer), den Wasserkörper zu schützen, zu verbessern und zu sanieren. Dabei sollen sie das Ziel verfolgen, gemäß „den Bestimmungen des Anhangs V“ bis spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten der Richtlinie einen guten Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen. Die Parameter für die Einstufung der Gewässerqualität als „gut“ sind in Anhang V Ziff. 1.2 der Richtlinie konkretisiert. Obwohl die naturwissenschaftlichen Begriffe eine gewisse Präzision erreichen, werden keine genauen Grenzwerte genannt, sodass im Hinblick auf die Bewertung der Einleitung von Scrubber-Abwässern in Bezug auf die Erreichung des guten Zustands eine gewisse Unschärfe bestehen bleibt.

Darüber hinaus enthält die WRRL hinsichtlich des Einleitens von Stoffen selbst grundsätzlich keine klaren Emissions- oder Immissionsgrenzwerte. Allerdings nehmen verschiedene Normen der WRRL auf die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten Bezug. So stellt insbesondere Art. 4 Abs. 1 lit a) iv) WRRL fest, dass die Mitgliedstaaten gemäß Art. 16 Abs. 1 WRRL die notwendigen Maßnahmen ergreifen, um die Verschmutzung durch prioritäre Stoffe zu reduzieren und die Einleitung, Emissionen und Verluste prioritärer Stoffe zu beenden oder schrittweise einzustellen. Die prioritären Stoffe sind in Anhang X WRRL aufgeführt. Des Weiteren nimmt die WRRL auf verschiedene Richtlinien Bezug (siehe insbesondere Art. 16 WRRL). Insofern ist vor allem auf die „Richtlinie 2008/105 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik“ zu verweisen. Sie definiert Umweltqualitätsnormen für prioritäre und andere Schadstoffe mit dem Ziel, einen guten chemischen Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen. Gemäß Art. 3 Abs. 3 S. 2 der RL 2008/105 haben die Mitgliedstaaten dafür zu sorgen, dass die Konzentration der erfassten Stoffe in Sedimenten und/oder Biota nicht signifikant steigen. Im Hinblick auf das Einleiten von Scrubber-Abwässern in Oberflächengewässer (einschließlich der Küstengewässer) gilt also, dass dort, wo prioritäre Stoffe in den Abwässern enthalten sein sollten, ein Gebot zur Beendigung und Einstellung der Einleitung besteht. Dort, wo die Einleitung der Scrubber-Abwässer die Konzentration der in der RL 2008/105 genannten Stoffe in Sedimenten und oder Biota steigen würden, wären diese durch die Mitgliedstaaten zu untersagen.

### 2.3.3 Fauna-Flora-Habitat- und Vogelschutzrichtlinie (FFH-RL, VR-RL)

Die FFH-RL sowie die Vogelschutz-RL enthalten konkrete meeresnaturschutzrechtliche Verpflichtungen. Die Anwendbarkeit beider Richtlinien auf die AWZ sowie den Festlandsockel der Mitgliedstaaten ist bereits vor einiger Zeit durch den Europäischen Gerichtshof (EuGH) bestätigt worden (s. insbesondere EuGH Rs. C-6/04, Kommission/Vereinigtes Königreich, Slg. 2005, I-9017, Rn. 115 ff.; siehe auch Ell/Heugel 2007, S. 315 ff.). Beide Richtlinien beziehen sich auch explizit auf marine Bestandteile der Natur. Art. 4 Abs. 1 S. 3 der FFH-RL macht Vorgaben für die Auswahl von Schutzgebieten für „im Wasser lebende Tierarten“. Daneben nennt Anhang I FFH-RL u.a. auch Sandbänke (LRT 1110), Riffe (LRT 1170), Seegraswiesen (LRT 1120) und Ästuarien (LRT 1130). Für diese Arten und Lebensraumtypen sind gemäß Art. 4 Abs. 1 FFH-RL und Art. 2 VR-RL die

zahlen- und flächenmäßig am besten geeigneten Gebiete zu Schutzgebieten zu erklären. Dabei sollen die Gebiete ausgehend von Art. 3 Abs. 1 der FFH-RL zum Aufbau eines europäischen ökologischen Netzes „Natura 2000“ dienen. Die Ausweisung von Schutzgebieten ist insofern nicht zuletzt mit der Verpflichtung verknüpft, für diese Erhaltungsmaßnahmen zu treffen. Art. 6 Abs. 1 FFH-RL schreibt insofern vor, dass die Mitgliedstaaten solche Maßnahmen rechtlicher, administrativer oder vertraglicher Art ergreifen, „die den ökologischen Erfordernissen“ der Anhang-I-Lebensraumtypen bzw. Anhang-II-Arten entsprechen. Für die Schutzgebiete enthält Artikel 6 Abs. 2 FFH-RL zudem ein allgemeines Verschlechterungsverbot. Für Vogelschutzgebiete folgt die Verpflichtung, Erhaltungsmaßnahmen zu ergreifen, grundsätzlich aus Artikel 4 i. V. m. Anhang I Vogelschutz-RL bzw. aus Artikel 3 Vogelschutz-RL für Arten, die nicht in Anhang I aufgeführt sind (s. hierzu umfassend: Gellermann/Stoll/Czybulka 2012, S. 42-93).

Aktuell hat Deutschland bereits zehn Meeresschutzgebiete (NATURA-2000-Gebiete) in der AWZ ausgewiesen, die derzeit ca. 31,5 % der Fläche der deutschen AWZ umfassen (ausführlich Nordheim/Boedeker/Krause 2012). Von diesen Gebieten liegen vier in der Nordsee und sechs in der Ostsee. Bei zwei dieser zehn Natura-2000-Gebiete handelt es sich um die Vogelschutzgebiete „Östliche Deutsche Bucht“ und „Pommersche Bucht“ (also in Nord- und Ostsee gelegen). Diese wurden durch Rechtsverordnung unter Schutz gestellt. Die FFH-Gebiete sind derzeit noch nicht zu Meeresschutzgebieten nach bundesdeutschem Recht erklärt worden (Stand März 2014, siehe unter [www.bfn.de/0314\\_meereskuesten\\_naturschutz.html](http://www.bfn.de/0314_meereskuesten_naturschutz.html)), sind aber bereits seit 2007 als Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung gelistet.

#### **2.3.4 EU-Schwefelrichtlinie (Richtlinie 1999/32/EG, geändert durch Richtlinie 2012/33/EU v. 21. November 2012 zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG hinsichtlich des Schwefelgehalts von Schiffskraftstoffen)**

Richtlinie 1999/32/EG, zuletzt reformiert durch RL 2012/33/EU, ist das zentrale unionsrechtliche Instrument hinsichtlich der Reduktion von Schwefelemissionen aus Schiffskraftstoffen. In Übereinstimmung mit MARPOL-Anhang VI normiert die RL zum Schutz von Umwelt und menschlicher Gesundheit Höchstgrenzwerte des Schwefelgehalts von Schiffskraftstoffen, teilweise anknüpfend an deren Emissionsort (Art. 3a, 4a, 4b). Damit soll die Nutzung schadstoffärmerer Kraftstoffe befördert werden. Alternativ gestattet die RL in Art. 4c den Einsatz emissionsvermindernder Verfahren bei fortdauernder Nutzung wenig schadstoffarmen Kraftstoffs. Gem. Art. 4c i.V.m. Anhang II der RL umfasst dies auch den Einsatz von Abgasreinigungssystemen, zu denen auch Scrubber zählen. Gem. Art. 3a können mehr als 3,5 Massenhundertteile Schwefel beinhaltende Kraftstoffe, die nach der RL grundsätzlich verboten sind, dennoch eingesetzt werden, solange emissionsvermeidende Verfahren in einem geschlossenen System eingesetzt werden. Die RL setzt damit Steuerungsimpulse für den Einsatz geschlossener Scrubber. Werden Kraftstoffe mit weniger als 3,5 Massenhundertteilen Schwefel verwendet, sind offene Systeme zulässig.

Gem. Anhang II der Richtlinie gelten die Bestimmungen aus MEPC-Resolution 184(59) für den Einsatz von Abgasreinigungssystemen: Danach können deren Abwässer nur eingeleitet werden, solange der Anlagenbetreiber nachweist, dass keine erheblichen negativen Auswirkungen der Abwässer auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit

entstehen und die Einleitung keine entsprechenden Gefahren verursacht. Solange die im Abwasser eingeleiteten Chemikalien lediglich aus Natronlauge bestehen, lässt die Resolution bzw. Anhang II es genügen, wenn das Abwasser den Kriterien der Resolution 184(59) genügt und der pH-Wert des Abwassers 8,0 nicht überschreitet. Somit normiert RL 1999/32/EG qualitative Grenzen der Einleitung von Scrubber-Abwässern.

## 2.4 Nationale meeresumweltrechtliche Anforderungen

In das hier dargestellte System des inter- und supranationalen Meeresschutzrechts fügt sich das nationale Recht der Bundesrepublik ein. Zwei Bundesgesetze erscheinen aktuell im Hinblick auf das Einleiten von Scrubber-Abwässern relevant, nämlich das Bundesnaturschutzgesetz (siehe §§ 56-58 BNatSchG) und das Wasserhaushaltsgesetz (WHG).

Das BNatSchG gilt zu weiten Teilen auch in den Bereichen des Küstenmeers und der AWZ (§ 56 BNatSchG). Das Einleiten von Scrubber-Abwässern in Häfen, inneren Gewässern sowie im in den genannten maritimen Gebieten könnte im Hinblick auf den Meeresnaturschutz, insbesondere die naturschutzrechtlichen Verpflichtungen zum Biotopschutz, problematisch sein. So verbietet insbesondere § 30 Abs. 2 S. 1 Nr. 6 BNatSchG grundsätzlich alle Handlungen, die zu einer „Zerstörung oder einer sonstigen erheblichen Beeinträchtigung folgender Biotope führen können“ und nennt für den „Meeres- und Küstenbereich“ ausdrücklich „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände, Riffe, sublitorale Sandbänke, Schlickgründe mit bohrender Bodenmegafauna sowie artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“.

Daneben könnte das Einleiten von Scrubber-Abwässern auch aus der Perspektive des WHG problematisch sein. Das WHG gilt grundsätzlich auch in Küstengewässern und eingeschränkt (d.h. nach Maßgabe der MSRL) auch in den Gebieten der AWZ sowie des Festlandsockels (§ 2 Abs. 1 und § 3 Abs. 2 WHG). Insofern stellt das Einleiten von Scrubber-Abwässern in die inneren bzw. der Küstengewässer grundsätzlich ein Gewässernutzung i.S.d. § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG dar. Infolgedessen sind entsprechende Einleitungen in diesen Gebieten bereits aktuell nach § 8 WHG grundsätzlich erlaubnispflichtig. Eine wasserrechtliche Erlaubnis darf nur unter den in § 57 WHG festgelegten Voraussetzungen erteilt werden, die wiederum auf „andere rechtliche Anforderungen“ sowie den „Stand der Technik“ verweisen.

Zwischenfazit: Neben den völkerrechtlichen Schutzanforderungen ergeben sich für die Bundesrepublik weitere Schutzgebote aus geltendem Unionsrecht. So fordert die MSRL grundsätzlich ein Verschlechterungsverbot für die mitgliedstaatlichen Küstenmeere sowie ihre AWZ; des Weiteren die Erreichung des durch die Mitgliedstaaten näher bestimmten guten Umweltzustands. Insofern hat die Bundesrepublik sich verpflichtet, bestehende unionsrechtliche Umweltqualitätsnormen sowie verschiedene Ecological Quality Objectives und Umweltziele des OSPAR JAMP/CEMP einzuhalten. Darüber hinaus ergibt sich aus der WRRL für einen engen küstennahen Bereich zum einen ein Verschlechterungsverbot, zum anderen ein Verbesserungsgebot. Insbesondere enthält die WRRL gegenüber den Mitgliedstaaten das Gebot zur Beendigung und Einstellung von Einleitungen prioritärer Stoffe, die in Anhang X WRRL aufgeführt werden. Dort, wo Scrubber-Abwässer diese Stoffe enthalten, greift das Gebot zur Beendigung und

Einstellung. Daneben verweist die WRRL hinsichtlich der Beschränkung von Schadstoffen auf die Umweltqualitätsnormen der RL 2008/105. Die Konzentration der darin genannten Stoffe darf in Sedimenten und Biota in ihrem Anwendungsbereich nicht signifikant steigen. Ein Verschlechterungsverbot ergibt sich insbesondere auch aus den Vorschriften der FFH- und VR-RL im Hinblick auf bestehende und entstehende marine Natura-2000-Schutzgebiete in der Nord- und Ostsee. Des Weiteren enthält RL 1999/32/EG eine unionsrechtliche Umsetzung von Teilen der MEPC-Resolution 184(59), die bestimmte Grenzwerte für die Einleitung von Abwässern aus Scrubbern festsetzt.

Ferner verbietet bundesdeutsches Naturschutzrecht in den Bereichen der Küstengewässer und der AWZ die Zerstörung oder sonstige erhebliche Beeinträchtigungen bestimmter mariner Biotope. Für den Bereich der Küstengewässer i.S.d. WHG sowie die inneren Gewässer i.S.d. SRÜ setzt das WHG bereits jetzt bestimmte Anforderungen an das Einleiten von Scrubber-Abwässern.

### **3 Möglichkeiten der Beschränkung der Scrubber-Nutzung im Rahmen des Seevölkerrechts**

Die Umsetzung der aufgezeigten Pflichten zum Schutz der Meeresumwelt durch die Bundesrepublik als Küstenstaat erfolgt unter Beachtung der durch das SRÜ gewährten Freiheit der Seeschifffahrt. Bedeutsam für die Ausgestaltung dieser Rechte durch das SRÜ war der Versuch, die Interessen der Flaggenstaaten an der Freiheit der Seeschifffahrt mit den Interessen der Küstenstaaten am Schutz ihrer Territorien vor etwaigen seeschifffahrtsbedingten Umweltschäden in Einklang zu bringen. Aus der Sicht der Flaggenstaaten galt es, insbesondere die Möglichkeiten einseitiger küstenstaatlicher Beschränkungen der Freiheit der Seeschifffahrt einzuschränken. Ein „rechtlicher Flickenteppich“, der den freien Seeverkehr und damit den Welthandel über die Maßen einschränken würde, sollte vermieden werden. Das SRÜ verfolgt den Ansatz, für die unterschiedlichen von ihm näher definierten Zonen die jeweiligen Interessen der Küsten- und Flaggenstaaten auszubalancieren. Je weiter dabei eine Meereszone vom Territorium der Küstenstaaten entfernt liegt, desto geringer werden seine Möglichkeiten, die Freiheit der Seeschifffahrt einseitig zu beschränken.

#### **3.1 Regelungsmöglichkeiten im Rahmen des SRÜs**

##### **3.1.1 Regelungen gegenüber Schiffen unter küstenstaatlicher Flaggenhoheit**

Das Flaggenstaatsprinzip ist völkergewohnheitsrechtlich anerkannt. Es gibt unterschiedliche dogmatische Auffassungen, woraus sich das Prinzip ableitet, hinsichtlich seines Regelungsgehalts besteht aber weitgehend Einigkeit. Grundsätzlich kann ein Staat wie die Bundesrepublik gegenüber Schiffen unter ihrer Flagge grundsätzlich alle Aktivitäten auf See und damit in allen Meereszonen regulieren. Darunter fällt demnach auch das Recht, das Einleiten von Abwässern in die Meeresumwelt aus dem Betrieb von Abgasnachbehandlungsanlagen zu beschränken. Dabei sind die durch das Völkerrecht festgelegten Rechte dritter Staaten zu berücksichtigen (insbesondere das Recht der territorialen Souveränität, siehe König, 2010; Wolfrum 2006, S. 300). Im Hinblick auf den Schutz der Meeresumwelt durch die Verschmutzung durch Schiffe verlangt Art. 211 Abs.

2 SRÜ, dass Flaggenstaaten beim Erlass von Gesetzen zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Verschmutzung der Meeresumwelt ein Mindestschutzniveau sicherstellen. Er verlangt, dass diese Gesetze „nicht weniger wirkungsvoll sein [dürfen], als die allgemein anerkannten Regeln und Normen, die im Rahmen der zuständigen internationalen Organisation [...], also der IMO, aufgestellt wurden“.

### **3.1.2 Regulierung gegenüber Schiffen aus Drittstaaten**

Die unterschiedlichen Regelungsmöglichkeiten von Küstenstaaten wie Deutschland, den Einsatz von Scrubbern zu Umweltschutzzwecken gegenüber Schiffen aus Drittstaaten zu regulieren, soll im Folgenden im Zusammenhang mit den durch das SRÜ definierten Meereszonen dargestellt werden. Zum Verständnis der Regelungsmöglichkeiten lohnt es sich, zwischen drei Arten der Regulierung der Seeschifffahrt zu unterscheiden (siehe Art. 194 Abs. 3 S. 2 lit b) SRÜ): a) Regelungen, die den „Entwurf, den Bau, die Bemannung oder die Ausrüstung“ betreffen (construction, design, equipment, and manning standards [CDEMs], siehe insofern den Wortlaut des Art. 21 Abs. 2 SRÜ), b) Einleitungsstandards und c) Navigationsstandards. CDEMs beziehen sich auf die Eigenschaften des Schiffs selbst, die Ausstattung sowie die Qualifikation der Besatzung und gelten insofern als weitreichende Eingriffe in die Schifffahrtswelt. Einleitungsstandards umfassen vor allem die betriebsbedingten Einleitungen bestimmter Stoffe. Navigationsstandards beziehen sich primär auf die Schiffswegeführung.

#### **3.1.2.1 Regelungsmöglichkeiten in inneren Gewässern und Häfen**

Küstenstaaten haben Kraft ihrer territorialen Souveränität grundsätzlich das Recht, fremden Schiffen das Einlaufen in ihre inneren Gewässer zu verwehren. Als Hafenstaat kann der Küstenstaat – bis auf wenige Ausnahmen – den Hafenzugang für fremde Schiffe verwehren oder von bestimmten Voraussetzungen abhängig machen (Graf Vitzthum 2006, S. 88-91; Johnson 2004, S. 36 ff.). Art. 25 Abs. 2 SRÜ berechtigt den Küstenstaat weitreichend, „in Bezug auf Schiffe, die in seine inneren Gewässer einlaufen oder eine Hafenanlage außerhalb der inneren Gewässer anlaufen wollen, die erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen, um jede Verletzung der Bedingungen zu verhindern, die für das Einlaufen solcher Schiffe in die inneren Gewässer oder für ihr Anlaufen solcher Anlagen bestehen.“ Entsprechende Bedingungen umfassen auch die in Art. 211 Abs. 3 SRÜ genannten „besonderen Bedingungen zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Verschmutzung der Meeresumwelt.“ Entscheidend ist insofern, dass hiervon auch nationale Gesetze umfasst sind, die den Entwurf, den Bau, die Bemannung oder die Ausrüstung von fremden Schiffen betreffen (CDEMs) (siehe Bodansky 1991, 747; Molenaar 1998, S. 103; Johnson 2004, S. 40). Einleitungsverbote für Abwässer aus Abgasnachbehandlungsanlagen stellen einen deutlich geringeren Eingriff in die Freiheit der Seeschifffahrt von Drittstaaten dar als der nach den genannten Vorschriften zulässige Erlass von CDEMs, weshalb ihr einseitiger Erlass aus seevölkerrechtlicher Sicht unbedenklich ist. Dort, wo sie Schiffen aus Drittstaaten entsprechende Bedingungen auferlegen, machen Küstenstaaten diese ordnungsgemäß bekannt und teilen sie der zuständigen internationalen Organisation mit (Art. 211 Abs. 3 SRÜ).

### 3.1.2.2 Regelungsmöglichkeiten im Küstenmeer

Art. 211 Abs. 4 SRÜ und Art. 21 Abs. 1 lit. f SRÜ zufolge können Küstenstaaten innerhalb ihres Küstenmeers Regeln zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Meeresverschmutzung durch fremde Schiffe, einschließlich der Schiffe, die das Recht der friedlichen Durchfahrt ausüben, erlassen. Gleichzeitig besagt Art. 21 Abs. 2 SRÜ, dass diese Regeln sich nicht auf den Entwurf, den Bau, die Bemannung oder die Ausrüstung von fremden Schiffen erstrecken dürfen, „sofern sie nicht allgemein anerkannten internationalen Regeln oder Normen Wirksamkeit verleihen.“ Entscheidend ist also, dass Küstenstaaten einerseits nationale Standards hinsichtlich der Einleitung von Abwässern aufstellen können, hinsichtlich der CDEMs sich aber an allgemein anerkannte internationale Regeln halten müssen (Bodansky 1991, S. 750). Die Regelung stellt einen Kompromiss dar. Der schwache Eingriff in die Freiheit der Seeschifffahrt ist möglich, der weitreichende nicht. Darüber hinaus können vom Küstenstaat im Küstenmeer auch einseitig Schifffahrtswege und Verkehrstrennungsgebiete definiert werden (Art. 22 Abs. 1 SRÜ).

Art. 211 Abs. 4 S. 2 SRÜ (sowie Art. 24 Abs. 1 SRÜ) zufolge dürfen die vom Küstenstaat erlassenen Regeln das Recht der friedlichen Durchfahrt aber nicht behindern. D.h. der Küstenstaat ist insofern in seiner legislativen und exekutiven Gewalt beschränkt. Während der Begriff der Durchfahrt in Art. 18 SRÜ näher definiert wird (z.B. „ohne Einlaufen in innere Gewässer“, „ohne Unterbrechung und zügig“), bestimmt Art. 19 Abs. 1 SRÜ, dass eine Durchfahrt friedlich ist, solange sie nicht den Frieden, die Ordnung oder die Sicherheit des Küstenstaates beeinträchtigt. Im Hinblick auf Umweltverschmutzungen führt Art. 19 Abs. 2 lit. h) SRÜ aus, dass eine Beeinträchtigung des Friedens, der Ordnung oder der Sicherheit des Küstenstaates vorliegt, wenn ein fremdes Schiff im Küstenmeer „eine vorsätzliche schwere Verschmutzung entgegen diesem Übereinkommen“ vornimmt. Eine Verschmutzung muss insbesondere „vorsätzlich und schwer“ sein, um eine Durchfahrt als nichtfriedlich zu qualifizieren und damit das Recht des Küstenstaates in Kraft zu setzen, diese Durchfahrt gemäß Art. 25 SRÜ zu verhindern. Problematisch ist insofern, dass das SRÜ nicht genau definiert, was unter den Begriffen „vorsätzlich und schwer“ zu verstehen ist. Damit ist zum einen der Grad des Vorsatzes ungeklärt (Johnson 2004, S. 65-66; Jensen 2006, S. 21). Zum anderen ist es schwierig, eine genaue Menge oder Qualität der Einleitung allgemeinverbindlich als schwere Verschmutzung zu definieren (Molenaar, S. 197). Im Ergebnis ist es wohl sinnvoll und vertretbar, auch auf die Umweltsituation in dem Küstenmeer des jeweils betreffenden Küstenstaates abzustellen. So kann in einem stark belasteten Gebiet bereits ein kleiner Eintrag eines bestimmten Stoffes eine schwere Umweltverschmutzung darstellen. Insofern ist dem Küstenstaat durch die Regeln des SRÜ ein gewisser Beurteilungsspielraum eingeräumt (Johnson, S. 66; im Ergebnis wohl auch Graf Vitzthum, S. 124).

### 3.1.2.3 Regelungsmöglichkeiten für das Gebiet der AWZ

Die Hoheitsbefugnisse von Küstenstaaten in ihrer AWZ bezüglich des Schutzes und der Bewahrung der Meeresumwelt werden im Hinblick auf die Seeschifffahrt in Art. 211 Abs. 5 und Abs. 6 SRÜ konkretisiert. Art. 211 Abs. 5 SRÜ besagt: „Die Küstenstaaten können [...] für ihre [AWZ] Gesetze und sonstige Vorschriften zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Verschmutzung durch Schiffe erlassen, die den allgemein anerkannten internationalen, im Rahmen der zuständigen internationalen Organisation [...]

aufgestellten Regeln und Normen entsprechen und diesen Wirksamkeit verleihen.“ Insofern ist es grundsätzlich möglich, zu Zwecken des marinen Naturschutzes gebietsbezogene Beschränkungen zu erlassen. Dies setzt gemäß Art. 211 Abs. 5 SRÜ (etwas verkürzt) voraus, dass die Beschränkungen a) im Rahmen der IMO aufgestellt werden und b) „allgemein anerkannt sind“. Insofern sind Küstenstaaten gemäß Art. 211 Abs. 5 SRÜ damit an das von der IMO gesetzte Recht gebunden, die als „Hüterin der Freiheit der freien Schifffahrt“ fungiert (Proelß 2010, S. 363).

Darüber hinaus ermöglicht der ausdrücklich in Bezug genommene Art. 211 Abs. 6 lit. a SRÜ es den Küstenstaaten, weitere schifffahrtsbezogene Beschränkungen zu erlassen. Gemäß Art. 211 Abs. 6 lit. a SRÜ kann ein Küstenstaat in einem „bestimmten, genau bezeichneten Gebiet seiner [AWZ]“ besondere obligatorische Maßnahmen zur Verhütung der Verschmutzung durch Schiffe ergreifen. Diese müssen aus Sicht des Küstenstaates aus „anerkannten technischen Gründen im Zusammenhang mit den ozeanographischen und ökologischen Verhältnissen dieses Gebiets, mit seiner Nutzung oder dem Schutz seiner Ressourcen und mit der besonderen Art des Verkehrs“ erforderlich sein. Weitergehende Voraussetzung für die küstenstaatlichen Maßnahmen sind die Konsultation anderer betroffener Staaten, die Erstellung einer Mitteilung über das Gebiet an die IMO sowie eine positive Entscheidung letzterer hinsichtlich der Frage, „ob die Verhältnisse in dem Gebiet den [genannten] Erfordernissen entsprechen.“ Entscheidet die Organisation in diesem Sinne, so kann der Küstenstaat für das ausgewählte Gebiet „Gesetze und sonstige Vorschriften“ zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Verschmutzung durch Schiffe erlassen, die den von der Organisation für Sondergebiete zugelassenen internationalen Regeln und Normen oder Schifffahrtsgebräuchen Wirksamkeit verleihen. Insofern ist der Küstenstaat also wiederum an die Vorgaben der IMO gebunden. Es wird vertreten, dass der Verweis auf die „internationalen Regeln und Normen oder Schifffahrtsgebräuche“ ein Verweis auf die Regeln für Sondergebiete i.S.v. MARPOL 73/78 darstellt (Gellermann/Stoll/Czybulka 2012, S. 281). Diese Annahme ist problematisch, da die IMO im Hinblick auf das Verfahren des Art. 211 Abs. 6 lit. a SRÜ bisher keine eindeutigen Kriterien erlassen hat (Kieß 2012, § 57, Rn. 21). Bestehende schifffahrtsbezogene Schutzgebietsausweisungen der IMO wie etwa die Sondergebiete, zu meidende Gebiete oder PSSAs beruhen indes auf den im MARPOL- bzw. SOLAS-Übereinkommen bzw. auf der Resolution A.982(24) IMO vom 01.12.2005 über die „Revised Guidelines for the Identification and Designation of [PSSAs]“ festgelegten Voraussetzungen, die sich von denen des Art. 211 Abs. 6 lit. a SRÜ unterscheiden (Proelß 2006, S. 256; Proelß 2013, S. 428; Kachel 2008, S. 250 ff.). Die Frage, welchen Regelungsumfang küstenstaatliche Maßnahmen gem. Art 211 Abs. 6 lit. a SRÜ haben können, ist somit derzeit nicht abschließend geklärt.

Die Tatsache, dass es bis heute für das Ausweisungsverfahren nach Art. 211 Abs. 6 SRÜ von Gebieten in der AWZ immer noch keine klaren Richtlinien der IMO gibt, deutet darauf hin, dass dem Verfahren neben den bestehenden Verfahren nach MARPOL und SOLAS derzeit keine praktische Bedeutung zukommt.

Über die in Art. 211 Abs. 6 lit. a SRÜ festgelegten Möglichkeiten hinaus können Küstenstaaten im Rahmen des Art. 211 Abs. 6 lit. c SRÜ „zusätzliche Gesetze und sonstige Vorschriften zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Verschmutzung durch Schiffe“ erlassen. Entsprechende Regelungen dürfen sich aber lediglich auf das Einleiten oder auf Schifffahrtsgebräuche beziehen und umfassen ausdrücklich keine CDEMs.



Ein typisches Regelungsinstrument wäre insofern z.B. eine Einleitungsbeschränkung, die in MARPOL-Anlagen nicht aufgeführt sind (Gellermann/Stoll/Czybulka 2012, S. 283), worunter derzeit auch Einleitungsbeschränkungen von Scrubber-Abwässern fielen. In prozeduraler Hinsicht setzt der Erlass „zusätzlicher“ Gesetze und sonstiger Vorschriften die Zustimmung der IMO voraus. Erst wenn das in Art. 211 Abs. 6 lit. c SRÜ festgelegte Verfahren durchlaufen ist, werden entsprechende Gesetze und Vorschriften auf fremde Schiffe aus Drittstaaten anwendbar. Sie gelten jedoch nur im Bereich der AWZ.

#### 3.1.2.4 Hohe See

Grundsätzlich gilt auf der Hohen See die Freiheit der Schifffahrt i.V.m. dem Flaggenstaatsprinzip, wonach Schiffe auf der Hohen See ausschließlich der Hoheitsgewalt ihres Flaggenstaates unterstehen (Art. 87-92 SRÜ). Einschränkungen sind nur im Rahmen internationaler Verträge möglich oder soweit sie das SRÜ vorsieht. Insofern kann ein Küstenstaat wie die Bundesrepublik für den Bereich der Hohen See einseitig CDEMS oder Einleitebeschränkungen lediglich für Schiffe unter ihrer Flagge bestimmen.

Zwischenfazit: Das Seevölkerrecht bestimmt bzw. begrenzt die Möglichkeiten des Küstenstaates, die Einleitung von Scrubber-Abwässern zu regulieren. Grundsätzlich kann die Bundesrepublik umfassende Regelungen gegenüber Schiffen unter ihrer eigenen Flagge erlassen. Das umfasst Einleiteverbote, Navigationsvorgaben sowie CDEMS. Insofern wäre sowohl das grundsätzliche Verbot des Einsatzes von Scrubbern ebenso möglich wie der Erlass von Einleitebestimmungen. Gegenüber Drittstaatsschiffen ist die bundesdeutsche Regelungshoheit jedoch durch die völkerrechtlich gewährte Freiheit der Seeschifffahrt beschränkt. In seinen inneren Gewässern und Häfen hat der Küstenstaat Deutschland allerdings grundsätzlich umfassende Regelungsbefugnis. So kann er Schiffen mit Scrubbern an Bord das Einlaufen grundsätzlich verwehren. Gleiches gilt dementsprechend auch für geringere Eingriffe wie die Bestimmung von Einleitebeschränkungen oder einer bestimmten Wegeführung.

Für den Bereich des Küstenmeeres hat die Bundesrepublik grundsätzlich das Recht, Einleitebeschränkungen zu erlassen sowie den Einsatz von Scrubbern zu regeln, sofern die Regelungen im letzteren Fall international anerkannten Regeln entsprechen. Des Weiteren ist ihr Exekutivrecht aber durch das Recht der friedlichen Durchfahrt z.T. eingeschränkt. Beschränkungen dürfen nur erfolgen, soweit eine „vorsätzliche und schwere Verschmutzung“ entgegen dem SRÜ vorliegt. Die Rechtslage ist insofern nicht abschließend geklärt.

Für das Gebiet der AWZ kann die Bundesrepublik grundsätzlich nur Regeln hinsichtlich des Einsatzes von Scrubbern oder des Einleitens von Abwässern aus Scrubber-Anlagen erlassen, die den im Rahmen der IMO aufgestellten Regeln und Normen entsprechen. Daneben gibt es aber die Möglichkeit, gebietsbezogene Beschränkungen zu erlassen. Zum einen eröffnet Art. 211 Abs. 6 lit. a) SRÜ die Möglichkeit, nach Einhaltung eines vorgegebenen Verfahrens Maßnahmen zur Verhütung der Verschmutzung durch Schiffe zu ergreifen, die den von der IMO für Sondergebiete zugelassenen Regeln Wirksamkeit verleihen. Hierunter fielen theoretisch auch Regelungen zum Einsatz von Scrubbern, sofern ihr Einsatz für Sondergebiete geregelt wäre. Zum anderen ermöglicht Art. 211 Abs. 6 lit. c SRÜ nach Zustimmung durch die IMO, Einleiteregelungen für bestimmte Gebiete

in der AWZ zu erlassen, die auch gegenüber Schiffen unter Drittstaatsflagge wirksam wären.

### 3.1.3 Regelungsmöglichkeiten im Rahmen der IMO

#### 3.1.3.1 MARPOL

Nach derzeit geltendem Recht hat im Rahmen des MARPOL-Übereinkommens lediglich Anlage I Relevanz hinsichtlich des Einleitens von Scrubber-Abwässern. Die Möglichkeit, ein Sondergebiet im Sinne der Anlage einzurichten, wurde bereits in Nord- und Ostsee genutzt. Damit bestehen Schutzgebiete, in denen die Einleitung von Öl bzw. ölhaltigen Gemischen grundsätzlich beschränkt ist. Aufgrund des bestehenden Grenzwerts (15 ppm) entfaltet das bestehende Einleitungsgebot aus Anlage I wohl kaum bzw. keine beschränkende Wirkung für das Einleiten von Scrubber-Abwässern. Eine weitere Einschränkung könnte lediglich durch eine Änderung von Anlage I erfolgen.

#### 3.1.3.2 SOLAS

Das SOLAS-Übereinkommen bietet die Möglichkeit, zum Schutz der Meeresumwelt vor der Einleitung von Scrubber-Abwässern zu meidende Gebiete bzw. Schiffswegeführungen einzurichten. Da solche Maßnahmen in Nord- und Ostsee bisher nicht ergriffen wurden, besteht diese Handlungsoption grundsätzlich noch.

Auswahl und Entwicklung von Schiffswegeführungen obliegen der jeweils betreffenden Regierung der SOLAS-Vertragspartei, während der IMO bzw. ihrem MEPC die Festsetzung zukommt. Die Regierung hat dabei gem. Resolution A. 575(14) zahlreiche Planungsfaktoren zur berücksichtigen (eigene Rechte und Praktiken hinsichtlich ressourcenorientierter Tätigkeiten; bereits bestehende Schiffswege und Verkehrsverhältnisse; vorhersehbare Veränderungen wegen der Entwicklung von Häfen oder Offshore-Aktivitäten sowie insgesamt bestehende und vorhersehbare Offshore-Erkundungen und Ausbeutungen des Meeresgrundes; vorhandene Fischgründe; die Angemessenheit bestehender Navigationshilfen, Seekarten, hydrographischer Gegebenheiten; Umweltfaktoren einschließlich Wetter-, Tide- und Strömungsbedingungen; bestehende Umweltschutzgebiete sowie Umweltschutzgebiete mit deren Entwicklung zu rechnen ist; technische und natürliche Gegebenheiten; Unschiffbarkeit gewisser Gebiete). Eine Wegeführung kann außerdem von der Zustimmung aller betroffenen Küstenstaaten abhängen (Gellermann/Stoll/Czybulka, 2012, S. 274). Schiffswegeführungen gelten allgemeinverbindlich, sofern sie die IMO-Richtlinien zur Schiffswegeführung aus Resolution A. 572(14) sowie sonstiges Völkerrecht beachten (Gellermann/Stoll/Czybulka, 2012, S. 269). Hiernach sind sowohl absolute als auch schiffsklassenbedingte Durchfahrtsverbote nur statthaft bei Strandungsfahr, der Notwendigkeit von Ortskenntnis zur sicheren Durchfahrt sowie bei Besorgnis nicht hinnehmbarer Umweltschäden. Die Einrichtung von „areas to be avoided“ ist räumlich nicht auf Regionen begrenzt, wird in der Praxis jedoch durch das Bestehen einer PSSA erleichtert (Gellermann/Stoll/Czybulka, 2012, S. 2).

### 3.1.3.3 Particularly Sensitive Sea Areas (PSSAs)

Die Einrichtung von PSSAs verschafft dem jeweiligen Küstenstaat keine zusätzlichen Befugnisse, unilateral zu Umweltschutzzwecken in die internationale Schifffahrt einzugreifen. Bei der Einrichtung ist der Küstenstaat entsprechend an bestehendes Völkervertrags- und -gewohnheitsrecht gebunden (vgl. auch A. II. c. dieses Gutachtens). Die Einrichtung einer PSSA geschieht auf Initiative eines oder mehrerer Küstenstaaten und wird durch die IMO auf Grundlage von Resolution A.927(22) und A. 982(24) beschlossen. Die IMO beschließt die Einrichtung einer PSSA bei besonderen Umweltbedingungen und Schutzbedürftigkeit des Gebiets gegenüber internationalen Schiffsaktivitäten sowie bei Verfügbarkeit konkreter Schutzmaßnahmen innerhalb der IMO-Kompetenzen, Section 1.5 Resolution A. 982(24). Diese Schutzmaßnahmen umfassen auch die Maßnahmen nach Art. 211 Abs. 6 SRÜ. Die Voraussetzungen der Einrichtung einer PSSA sind vom beantragenden Küstenstaat nachzuweisen.

Gem. Section 7.5.2. der Anlage zu Resolution A. 927 (22) verfügt die IMO bei der Einrichtung von PSSAs über einen Regelungsspielraum. Sie kann grundsätzlich nicht nur Schutzmaßnahmen gewähren, die bereits Teil des IMO-Regimes sind, sondern darüber hinausgehend auch neue Instrumente einführen (7.5.2. Part II Nr. 3 ii): Dies kann durch Änderung bestehender IMO-Vorschriften oder Annahme neuer Vorschriften geschehen. Soll ein neues Instrument etabliert werden, kann sich ein Vertragsstaat erst dann rechtmäßig darauf berufen, wenn die IMO es in einem entsprechenden Akt als rechtmäßige und künftige Rechtsgrundlage anerkannt hat. Daneben besteht die Freiheit, der IMO jedes im Küstenmeer zulässige Instrument vorzuschlagen, bzw. in Übereinstimmung mit Art. 211 Abs. 6 SRÜ Maßnahmen vorzuschlagen. Gem. Section 7.5.2. Part II Nr. 4 können geplante Maßnahmen Schiffswegeleitungen, Berichterstattungspflichten, Abladerestriktionen, Betriebskriterien sowie Verbote bestimmter Aktivitäten beinhalten.

2005 wurde die Ostsee zum PSSA erklärt; dem ging bereits die Identifizierung des Wattenmeeres in der Nordsee als besonders empfindliches Meeresgebiet voraus. Zumindest die Teile der Nordsee außerhalb des Wattenmeeres stehen damit einer Einstufung als PSSA noch offen. Innerhalb der PSSA ist dann die Ausschöpfung aller bestehenden sowie die Einrichtung neuer Schutzinstrumente im Rahmen der Befugnisse der IMO möglich.

Zwischenfazit: Im Rahmen der IMO-Abkommen bestünde grundsätzlich die Möglichkeit, sich für eine Änderung der Anlage I einzusetzen, um die von ihr vorgegebenen Einleiterverbote für Öl- und ölhaltige Gemische in Nord- und Ostsee durch eine Herabsetzung der Grenzwerte auch für das Einleiten von Scrubber-Abwässern wirksam werden zu lassen. Theoretisch besteht daneben auch die Möglichkeit der Bestimmung neuer Schifffahrtswege im Rahmen von SOLAS, mit der man besonders empfindliche Gebiete durch Durchfahrtsbeschränkungen vor Einleitungen von Scrubber-Abwässern schützt. Nicht zuletzt bietet die Tatsache, dass Teile der Nordsee sowie die Ostsee als PSSAs qualifiziert wurden, der Bundesrepublik die Möglichkeit, in einem besonderen Verfahren im Rahmen der IMO-Abkommen bereits etablierte oder neue Schutzmaßnahmen vorzuschlagen. Insofern wäre an die Auswahl und Erklärung von Gebieten zu denken, in denen Scrubber-Abwässer nur unter bestimmten Bedingungen oder gar nicht in die Meeresumwelt eingebracht werden dürften.

## 4 Regelungsvorschläge

Vor dem Hintergrund der erfolgten Darstellung und Analyse der Regulationsanforderungen und Regelungsmöglichkeiten hinsichtlich des Einsatzes von Scrubbern bzw. des Einleitens von Scrubber-Abwässern sollen hier verschiedene Regelungsoptionen erörtert, davon zwei Regelungsoptionen vertieft dargestellt und weitere Handlungsempfehlungen gegeben werden.

### 4.1 Zusammenfassung der Regulationsanforderungen und -möglichkeiten

Die Bundesrepublik ist als Vertragsstaat des SRÜ allgemein verpflichtet, die Meeresumwelt zu schützen und Maßnahmen zu ergreifen, die notwendig sind, um die Verschmutzung der Meeresumwelt zu verhüten, zu verringern und zu überwachen. Zu diesen Maßnahmen zählen solche, die sich mit der Verschmutzungen der Meeresumwelt durch Schiffe befassen, nämlich insbesondere Schiffswegeführungen, Einleitregelungen sowie solche, die den „Entwurf, den Bau, die Ausrüstung, den Betrieb und die Bemannung“ regeln (CDEMS). Beim Ergreifen entsprechender Maßnahmen haben Vertragsparteien sicherzustellen, dass es weder zu einer geografischen oder medialen Verlagerung noch zu einer Umwandlung der zu beschränkenden Verschmutzung kommt. Nach der hier vertretenen Auffassung stellt das Einleiten von Abwässern aus Scrubber-Anlagen mit niedrigem pH-Wert sowie den darin enthaltenen Schwermetallen und polyzyklischen Kohlenwasserstoffen sowohl eine räumliche und mediale Verlagerung als auch potenziell eine Umwandlung einer Verschmutzung der Meeresumwelt in eine andere dar. Soweit bestehende internationale oder nationale Regelungen der Vertragsparteien des SRÜ diese Verlagerung bzw. Umwandlung ermöglichen, widersprechen sie normativen Vorgaben des Art. 195 SRÜ.

Neben den Verpflichtungen aus dem SRÜ ergeben sich meeresumweltrechtliche Anforderungen hinsichtlich des Einleitens von Scrubber-Abwässern auch aus verschiedenen IMO-Abkommen. Insofern legt vor allem die MARPOL-Anlage I Grenzwerte für die Einleitung von Öl fest, die im Grundsatz auch für Scrubber-Abwässer gelten, soweit diese Öl enthalten. Derzeit ist allerdings nicht ausreichend geklärt, ob die in Scrubber-Abwässern enthaltenen Ölanteile die festgelegten Grenzwerte in Einzelfällen überschreiten, weshalb die Regelungen in MARPOL-Anlage I derzeit für Scrubber-Abwässer wahrscheinlich keine Wirkung entfalten. Hier besteht Handlungsbedarf bei der Überarbeitung der Abwasser-Guidelines. Es müssen die Ölgehalte des Scrubber-Abwassers ermittelt werden. Wenn diese Untersuchungen ergeben, dass die in den Scrubber-Abwässern enthaltenen Ölgehalte Schäden in der Meeresumwelt verursachen können, sollten die Grenzwerte der MARPOL-Anlage I überprüft werden

Neben den völkerrechtlichen Schutzanforderungen ergeben sich für die Bundesrepublik (sowie für andere Mitgliedstaaten der EU) weitere Schutzgebote aus geltendem Unionsrecht. So fordert die MSRL grundsätzlich ein Verschlechterungsverbot für die mitgliedstaatlichen Küstenmeere sowie ihre AWZ; des Weiteren die Erreichung des durch die Mitgliedstaaten näher bestimmten guten Umweltzustands. Insofern hat die Bundesrepublik sich verpflichtet, bestehende unionsrechtliche Umweltqualitätsnormen

sowie verschiedene Ecological Quality Objectives und Umweltziele des OSPAR JAMP/CEMP einzuhalten.

Darüber hinaus ergibt sich aus der WRRL für einen engen küstennahen Bereich zum einen ein Verschlechterungsverbot, zum anderen ein Verbesserungsgebot. Insbesondere enthält die WRRL gegenüber den Mitgliedstaaten das Gebot zur Beendigung und Einstellung von Einleitungen prioritärer Stoffe, die in Anhang X WRRL aufgeführt werden. Dort, wo Scrubber-Abwässer diese Stoffe enthalten, greift das Gebot zur Beendigung und Einstellung. Daneben verweist die WRRL hinsichtlich der Beschränkung von Schadstoffen auf die Umweltqualitätsnormen der RL 2008/105. Die Konzentration der darin genannten Stoffe darf in Sedimenten und Biota in ihrem Anwendungsbereich nicht signifikant steigen. Ein Verschlechterungsverbot ergibt sich insbesondere auch aus den Vorschriften der FFH- und VR-RL im Hinblick auf bestehende und entstehende marine Natura-2000-Schutzgebiete in der Nord- und Ostsee.

Des Weiteren enthält RL 1999/32/EG eine unionsrechtliche Umsetzung der MEPC-Resolution 184(59), die bestimmte Grenzwerte für die Einleitung von Abwässern aus Scrubbern festsetzt.

Nicht zuletzt verbietet bundesdeutsches Naturschutzrecht in den Bereichen der Küstengewässer und der AWZ die Zerstörung oder sonstige erhebliche Beeinträchtigungen bestimmter mariner Biotope. Für den Bereich der Küstengewässer i.S.d. WHG sowie die inneren Gewässer i.S.d. SRÜ setzt das WHG bereits jetzt bestimmte Anforderungen an das Einleiten von Scrubber-Abwässern. Zum einen sind Einleitungen erlaubnispflichtig, zum anderen dürfen sie nur unter den in § 57 WHG festgelegten Voraussetzungen erteilt werden.

Diesen Anforderungen stehen die durch das Seevölkerrecht bestimmten bzw. begrenzten Möglichkeiten des Küstenstaates Bundesrepublik gegenüber, die Einleitung von Scrubber-Abwässern zu regulieren. Grundsätzlich kann die Bundesrepublik umfassende Regelungen gegenüber Schiffen unter ihrer eigenen Flagge erlassen. Das umfasst Einleitverbote, Navigationsvorgaben sowie CDEMs. Insofern wäre sowohl das grundsätzliche Verbot des Einsatzes von Scrubbern ebenso möglich wie der Erlass von Einleitbestimmungen. Gegenüber Drittstaatsschiffen ist die bundesdeutsche Regelungshoheit durch die völkerrechtlich gewährte Freiheit der Seeschifffahrt beschränkt. In inneren Gewässern und Häfen hat der Küstenstaat Deutschland allerdings grundsätzlich umfassende Regelungsbefugnis. So kann er Schiffen mit Scrubbern an Bord das Einlaufen grundsätzlich verwehren. Gleiches gilt dementsprechend auch für geringere Eingriffe wie die Bestimmung von Einleitbeschränkungen oder einer bestimmten Wegeführung.

Für den Bereich des Küstenmeeres hat die Bundesrepublik grundsätzlich das Recht, Einleitbeschränkungen zu erlassen sowie den Einsatz von Scrubbern zu regeln, sofern sie sich im letzteren Fall an die international anerkannten Regeln halten. Des Weiteren ist ihr Exekutivrecht aber durch das Recht der friedlichen Durchfahrt z.T. eingeschränkt. Beschränkungen dürfen nur erfolgen, soweit eine „vorsätzliche und schwere Verschmutzung“ entgegen dem SRÜ vorliegt. Die Rechtslage ist insofern nicht abschließend geklärt.

Für das Gebiet der AWZ kann die Bundesrepublik grundsätzlich nur Regeln hinsichtlich des Einsatzes von Scrubbern oder des Einleitens von Abwässern aus Scrubber-Anlagen erlassen, die den im Rahmen der IMO aufgestellten Regeln und Normen entsprechen. Daneben gibt es aber die Möglichkeit, gebietsbezogene Beschränkungen zu erlassen. Zum einen eröffnet Art. 211 Abs. 6 lit. a) SRÜ die Möglichkeit, nach Einhaltung eines vorgegebenen Verfahrens Maßnahmen zur Verhütung der Verschmutzung durch Schiffe zu ergreifen, die den von der IMO für Sondergebiete zugelassenen Regeln Wirksamkeit verleihen. Hierunter fielen theoretisch auch Regelungen zum Einsatz von Scrubbern sofern ihr Einsatz für Sondergebiete geregelt wäre. Zum anderen ermöglicht Art. 211 Abs. 6 lit. c) SRÜ nach Zustimmung durch die IMO, Einleitregelungen für bestimmte Gebiete in der AWZ zu erlassen, die auch gegenüber Schiffen unter Drittstaatsflagge wirksam wären.

Im Rahmen der IMO-Abkommen bestünde grundsätzlich die Möglichkeit, sich für eine Änderung der Anlage I einzusetzen, um die von ihr vorgegebenen Einleitverbote für Öl- und ölhaltige Gemische in Nord- und Ostsee durch eine Herabsetzung der Grenzwerte auch für das Einleiten von Scrubber-Abwässern wirksam werden zu lassen. Theoretisch besteht daneben auch die Möglichkeit der Bestimmung neuer Schifffahrtswege im Rahmen von SOLAS, mit der man besonders empfindliche Gebiete durch Durchfahrtsbeschränkungen vor Einleitungen von Scrubber-Abwässern schützt. Nicht zuletzt bietet die Tatsache, dass Teile der Nordsee sowie die Ostsee als PSSAs qualifiziert wurden, der Bundesrepublik die Möglichkeit, in einem besonderen Verfahren, im Rahmen der IMO-Abkommen etablierte oder neue Schutzmaßnahmen (APMs) vorzuschlagen. Insofern wäre an die Auswahl und Erklärung von Gebieten zu denken, in denen Scrubber-Abwässer nur unter bestimmten Bedingungen oder gar nicht in die Meeresumwelt eingebracht werden dürften.

## 4.2 Regelungsoptionen

### 4.2.1 Scruberverbote oder Konstruktionsanforderungen

Aus rechtlicher Sicht stellen Regelungen hinsichtlich des Mitführens bzw. der Ausstattung von Schiffen mit Scrubbern sogenannte CDEMs dar. Entsprechende Vorgaben und Einschränkungen in diesem Bereich sind vor allem durch internationale Regelungen möglich. Einseitige Maßnahmen sind mit geltendem Seevölkerrecht vor allem für eigene Schiffe sowie für Schiffe unter Drittstaatsflagge in den Gebieten der inneren Gewässer bzw. Häfen vereinbar. Dementsprechend wären Verbote oder Bestimmungen zur Bauweise von Scrubbern vor allem langfristig im Rahmen der IMO erreichbar.

Aus pragmatischen Erwägungen erscheint dieser Ansatz eher als Teil einer langfristigen Strategie sinnvoll. Die Scrubber-Technologie ermöglicht im Grunde einen flexiblen Umgang mit den internationalen Reduktionsvorgaben hinsichtlich schifffahrtsbedingter atmosphärischer SO<sub>x</sub>-Emissionen und scheint insofern international zumindest als Brückentechnologie im Grundsatz gewollt. Eine einseitige Regulierung durch den Küstenstaat Deutschland für Schiffe unter eigener Flagge oder in den inneren Gewässern würde in jedem Fall einen Nachteil im internationalen Wettbewerb der Seeschifffahrt darstellen.

## 4.2.2 Einleitebeschränkungen

Aus seevölkerrechtlicher Sicht stellen Einleiteregeln für Scrubber-Abwässer ein milderes Mittel zur Regulierung der Seeschifffahrt zu Umweltzwecken dar als CDEMs. Entsprechende Einleitebestimmungen könnten sich auf bestimmte empfindliche Gebiete beschränken oder weiträumig bestimmt werden.

### 4.2.2.1 Einseitige Einleitebeschränkungen

Einleiteverbote können durch Küstenstaaten wie die Bundesrepublik grundsätzlich und umfassend für Schiffe unter eigener Flagge erlassen werden. Im Vergleich zu Scrubber-Verboten oder Konstruktionsanforderungen für Scrubber-Anlagen sind Einleiteverbote aus seevölkerrechtlicher Sicht aber auch gegenüber Schiffen unter Drittstaatsflagge deutlich einfacher zu erlassen. In inneren Gewässern und Häfen sowie im Küstenmeer können allgemeinverbindliche Regeln hinsichtlich des Einleitens getroffen werden. Für den Bereich des Küstenmeers ist die legislative und exekutive Gewalt (z.B. Kontrollbefugnisse) lediglich durch das Recht der friedlichen Durchfahrt teilweise eingeschränkt. Für die Gebiete der AWZ kann der Küstenstaat indes keine einseitige allgemeinverbindliche Regelungen treffen, sondern ist insofern auf die Zustimmung der IMO angewiesen.

### 4.2.2.2 Einleitebeschränkungen im Rahmen der IMO

Zum einen ist es Küstenstaaten möglich, unter Beachtung der Voraussetzungen des Art. 211 Abs. 6 lit. c SRÜ Einleiteverbote unter Zustimmung der IMO auch für Gebiete der AWZ zu schaffen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, vor dem Hintergrund des Bestehens der PSSAs in Nord- und Ostsee der IMO Vorschläge zur Anwendung bestehender oder Schaffung neuer rechtlicher Instrumente zu machen, um Meeresumweltverschmutzungen aus der Einleitung aus Scrubber-Abwässern zu vermeiden. Insofern kämen gebietsbezogene Einleitebestimmungen in Betracht, die Schadenspotenziale aus Einleitungen von Scrubber-Abwässern berücksichtigen. Diese gebietsbezogenen Beschränkungen könnten sowohl qualitative Verdünnungsgebote beinhalten als auch quantitative Verbote, einschließlich Totalverbote, umfassen.

Es besteht die Option der Einrichtung neuer Schutzinstrumente im Rahmen der Befugnisse der IMO für bereits bestehende und künftige PSSAs (einschließlich sogenannter APMS). Solche Schutzinstrumente können auch scrubberbezogen sein. Die Einrichtung eines neuen Schutzinstruments geschieht durch einen Anerkennungsakt des Instruments als rechtmäßig durch die IMO; erst hiernach kann eine Berufung auf das neue Instrument erfolgen. Das Instrument könnte nur innerhalb einer PSSA eingerichtet werden. Damit stellt sich diese Option vor dem Hintergrund der Anzahl bestehender PSSAs als räumlich zwar eingeschränkt, gerade im Bereich der Nord- und Ostsee wegen bereits bestehender PSSAs aber als geeignet dar. Da bisher keine neuen Instrumente in diesem Sinne geschaffen wurden, ist der Zeitaufwand für die Schaffung eines scrubberbezogenen Instruments nicht abzusehen. Die Option ist dennoch nicht als grundsätzlich ungeeignet zu betrachten.

#### 4.2.2.3 Bewertung der Varianten

Die Regelung des Einleitens von Abwässern würde ein vergleichsweise flexibles Instrument zur Verhinderung oder Verringerung etwaiger Meeresumweltverschmutzungen darstellen. Zum einen ermöglicht sie grundsätzlich den Einsatz der Alternativtechnologie Scrubber zur Verminderung der atmosphärischen Schwefelemissionen, wodurch der maritimen Wirtschaft ein gewisses Maß an Flexibilität gewährt wird, sich auf die reduzierten Schwefelemissionsgrenzwerte einzustellen. Gleichzeitig würden sie den Einsatz bzw. die Verwendung der umweltfreundlicheren Scrubber-Typen, d.h. der geschlossenen Nass-Scrubber, von Hybridsystemen oder möglicherweise von Trocken-Scrubbern befördern, bei deren Verwendung es möglich ist, die Einleitung des Waschwassers in die Meeresumwelt während des Betriebs zumindest teilweise zu unterbrechen.

Weitergehend entspricht ein Ansatz, bei dem das Einleiten gebietsbezogen beschränkt wird, dem derzeitigen Kenntnisstand um die potenziellen negativen Effekte von Einleitungen von Scrubber-Abwässern in die Meeresumwelt. Die potenziellen Effekte wirken sich insbesondere in vergleichsweise abgeschlossenen Gewässerbereichen mit geringem Wasserdurchsatz und niedrigem pH-Wert negativ aus. Insofern sind tendenziell die küstennahen inneren Gewässer und Küstenmeere betroffen. Gerade für diese Bereiche gesteht das Seevölkerrecht den Küstenstaaten weitreichende Regelungs- und Exekutivbefugnisse zu. Regelungskompetenz und Umweltrisiken laufen insofern parallel zueinander.

Zwei Gründe sprechen für ein multilaterales Vorgehen zum einen im Zusammenwirken der EU-Mitgliedstaaten, zum anderen im Rahmen der IMO. Für ein gemeinsames Vorgehen mit den Mitgliedstaaten der EU spricht, dass viele der hier aufgeführten Schutzanforderungen unionsrechtlicher Natur sind. Gerade die Anforderungen der WRR, der FFH-, VR-RL sowie der MSRL sprechend zumindest perspektivisch für einen einheitlichen Regelungsansatz. Es muss auf Seiten der EU insofern Interesse daran bestehen, dass die sich aus ihren Regelungen ergebenden Anforderungen unionsweit (soweit erforderlich) einheitlich und effektiv umgesetzt werden. Neben den unionsrechtlichen Erwägungen ergibt sich auch aus der Konkurrenzsituation der Häfen im internationalen Schiffsverkehr untereinander ein starkes Argument für ein multilaterales Vorgehen im Rahmen der IMO. Einseitige Einleitbeschränkungen können praktisch als „competitive disadvantage“ wirken und zu Verlagerungen von Verkehrsströmen in andere Häfen führen. Aus ökonomischer Perspektive stellen einheitliche Vorschriften prinzipiell ebenfalls einen Vorteil dar, da Einheitlichkeit die Transparenz der Regelungen erhöht und aufgrund der Komplexitätsreduktion Transaktionskosten verringert.

#### 4.2.3 Änderung MARPOL-Anlage I, Schiffswegeführung nach SOLAS

Grundsätzlich kommt ein Einleitungsverbot von Scrubber-Abwässern im Zuge einer Änderung von MARPOL-Anlage I in Betracht. Diese Handlungsoption erscheint aus mehreren Gründen problematisch: Bislang existieren keine belastbaren Erkenntnisse zum Ölgehalt von Scrubber-Abwässern, sodass nicht abzusehen ist, in welchem Umfang Änderungen der Anlage erforderlich wären. Eine Änderung müsste sicherstellen, dass Scrubber-Hersteller im Ergebnis nicht einfach den Ölgehalt ihrer Abwässer absenken,



weitere in den Abwässern enthaltene umweltrelevante Stoffe aber auch zukünftig ungehindert in die Meeresumwelt einleiten können. Diese umweltrelevanten Stoffe sind bislang nicht von der Anlage erfasst und würden auch hier eine entsprechende Änderung erfordern. Eine Änderung des MARPOL-Übereinkommens geschieht im Rahmen des in Art. 16 MARPOL 73/78 normierten Verfahrens. Dabei ist eine Zustimmung einer 2/3-Mehrheit der Vertragsstaaten der IMO erforderlich. Das Verfahren erscheint aus praktischer Sicht daher relativ langwierig und umfangreich und erscheint somit eher als Teil einer langfristigen Strategie sinnvoll.

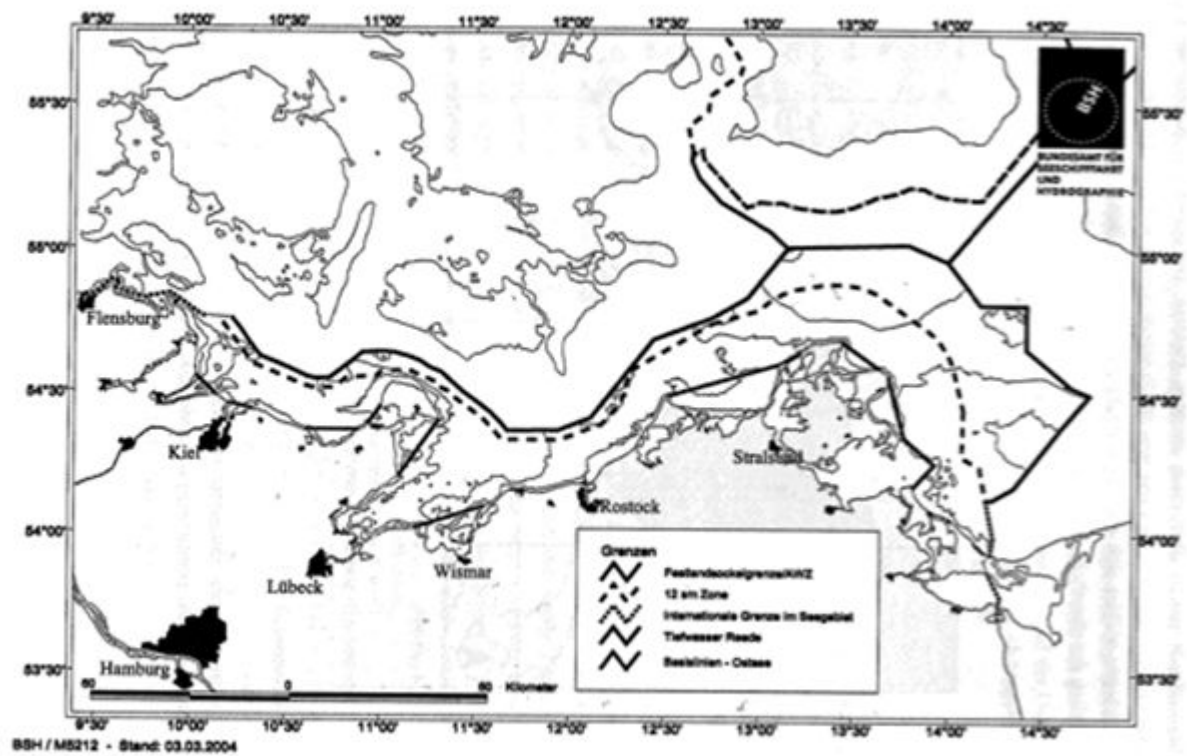
Daneben besteht die Option, im Rahmen des SOLAS-Übereinkommens Schiffswegführungen einzurichten. Diese Option kann auch innerhalb einer PSSA gewählt werden; hier stellt eine Schiffswegführung dann eine APM dar, richtet sich inhaltlich aber weiterhin nach SOLAS. Das Verfahren zur Festlegung zu meidender Gebiete bzw. neuer Routen beinhaltet kontinuierliche Abwägungen zwischen wirtschaftlichen, verkehrlichen und ökologischen Bedürfnissen. Insbesondere sind Schiffswegführungen regelmäßig nur zulässig, wenn jeder betroffene Küstenstaat seine Zustimmung erteilt hat. Damit stellt sich das Verfahren als insgesamt relativ sehr aufwendig und zeitintensiv dar. Zudem ist der praktische Nutzen von Schiffswegführungen in Nord- und Ostsee fraglich vor dem Hintergrund der Anschluss-, Logistik- und Versorgungsfunktion der dortigen Seestraßen für die umliegenden Regionen. Damit sind Schiffswegführungen grundsätzlich als wenig geeignete Handlungsoption zu betrachten.

#### 4.2.4 Gesamtfazit hinsichtlich der Regelungsoptionen

Auf Grundlage der aufgezeigten rechtlichen und steuerungspolitischen Erwägungen erscheinen nach derzeitigem Kenntnisstand hinsichtlich der Wirkung von Scrubber-Abwässern in der Meeresumwelt Einleitungsbeschränkungen von Scrubber-Abwässern grundsätzlich am geeignetsten, um potenzielle Schäden aus dem Einsatz von Scrubbern abzuwenden. Im Verhältnis zu Konstruktionsanforderungen stellen sie einen vergleichsweise geringeren Eingriff in die Freiheit der Seeschifffahrt dar. Gleichzeitig ermöglichen sie einen grundsätzlichen Einsatz der Scrubber-Technologie unter Berücksichtigung der Bedürfnisse des Meeresumweltschutzes. Eine Änderung von MARPOL-Anlage I erscheint wenig aussichtsvoll. Gleiches gilt für die Einrichtung von Schiffswegführungen.

Prioritär empfiehlt sich ein multilaterales Vorgehen im Rahmen der IMO. Hierbei kann eine gebietsbezogene Regelung der Einleitung von Scrubber-Abwässern erreicht werden. Insbesondere in Betracht zu ziehen ist die Einrichtung von Schutzinstrumenten (APMs) im Rahmen von PSSAs. Sekundär und als kurzfristigere Strategie könnte auch ein einseitiges bzw. zusammen mit den weiteren Mitgliedstaaten der EU konzentriertes Einleitverbot für die Bereiche der inneren Gewässer und des Küstenmeers geregelt werden, das jedoch in seinem Regelungsgehalt hinter einer multilateralen Regelung im Rahmen der IMO zurückbleiben würde.

Abbildung 4: Seegrenzenkarte nach SRÜ (Beispiel Ostsee)



## 5 Quellen

### Teil A

ABS, 2013: Exhaust Gas Scrubber Systems Advisory, American Bureau of Shipping, <https://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/Capability%20Brochures/ExhaustScrubbers>, Zugriff: 12.12.2013

Alhosalo, Minna; 2013, Activities and intentions of shipping companies to comply with emission regulations, Summary of answers from shipping companies, Survey by BSR INNOSHIP, Clean Shipping Currents Vol 2, No 4, 23.8.2013

Badegewässerverordnung - Landesverordnung über die Qualität und die Bewirtschaftung der Badegewässer - Schleswig-Holstein - vom 09. April 2008, (GVBl. Nr. 8 vom 24.04.2008 S. 169)

BLANO (2012): Anfangsbewertung der deutschen Ostsee / Nordsee; RICHTLINIE 2008/56/EG: Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie)

BLMP (2005): Bund/Länder-Messprogramm. Messprogramm Meeresumwelt - Zustandsbericht 1999 - 2002 für Nordsee und Ostsee

BMU/BMELV, 2012: Nitratbericht 2012, Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, September 2012  
[http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Klima-und-Umwelt/Nitratbericht-2012.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Klima-und-Umwelt/Nitratbericht-2012.pdf?__blob=publicationFile)

Buhaug, Øyvind; Fløgstad, Harald; Bakke, Torgeir 2006: MARULS WP3: Washwater Criteria for Seawater Exhaust Gas-SOx Scrubbers, in MEPC 56/INF.5 ANNEX 1 Buhaug (MARINTEK), Harald Fløgstad (SINTEF), Torgeir Bakke (NIVA)

Caldeira K., Wickett ME (2003): Anthropogenic carbon and ocean pH. . Nature 425

Clean Marine AS (2013): PM Clean Marine wins EGCS contract with Hyundai Heavy Industries, November 13, 2013, Oslo, Norway, [http://cleanmarine.no/press\\_room/](http://cleanmarine.no/press_room/) Zugriff: 6.1.2014

DNV (2009): Exhaust Gas Cleaning Systems, Presentation by Angelo Tossio, 13 August 2009,  
[http://www.dnv.lt/binaries/Exhaust%20Gas%20Cleaning%20System%20%28EGCS%29\\_tcm173-392685.pdf](http://www.dnv.lt/binaries/Exhaust%20Gas%20Cleaning%20System%20%28EGCS%29_tcm173-392685.pdf)

DUPONT, o.J.: DuPont™ BELCO® Marine Scrubbing Systems,  
[http://www.dupont.com/content/dam/assets/products-and-services/consulting-services-process-technologies/articles/documents/3.3.1\\_Marine%20Scrubbing%20Brochure.pdf](http://www.dupont.com/content/dam/assets/products-and-services/consulting-services-process-technologies/articles/documents/3.3.1_Marine%20Scrubbing%20Brochure.pdf),  
Zugriff: 19.2.2014

European Shortsea Network (ESN) 2013: ESN – SECA Report, 26 Nov. 2013,  
[http://www.shortsea.info/openatrium-6.x-1.4/sites/default/files/esn-seca-report-2013\\_0.pdf](http://www.shortsea.info/openatrium-6.x-1.4/sites/default/files/esn-seca-report-2013_0.pdf),  
Zugriff: 6.1.2014

GDCh (1996): Chemie und Biologie der Altlasten. hrsg. von der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker. Weinheim: New York: Basel: Cambridge: Tokyo: VCH. ISBN 3-527-28802-3

GESAMP (IMO/FAO/Unesco/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution, (1986): Environmental Capacity. An approach to marine pollution prevention. Rep.Stud.GESAMP, (30)

GESAMP (2008): Advice by GESAMP on the interim criteria for discharge of washwater from Exhaust Gas Cleaning Systems for removal of sulphur-oxides, Annex zu MEPC 59/4/19, May 2009

Ghani, A. (2012): Implementation of ISO 8217:2010, presentation DNVPS Singapore, 16.März 2012  
[http://www.apmaritime.com/RXSG/RXSG\\_APM\\_v2/images/APM2012/Conference/IBIA/Pow erpoints/Implementation%20of%20ISO%208217%202010\\_AG\\_Mar%202012.pdf?v=634716982794478779](http://www.apmaritime.com/RXSG/RXSG_APM_v2/images/APM2012/Conference/IBIA/Pow erpoints/Implementation%20of%20ISO%208217%202010_AG_Mar%202012.pdf?v=634716982794478779), Zugriff: 21.2.2014

Hansen, J.P., 2012: Exhaust Gas Scrubber Installed Onboard MV Ficaria Seaways, Public Test Report, (Alfa Laval Aalborg A/S), Danish Ministry of Environment, Project No 1429

Hassellöv, I.M., Turner, D. (2007): Seawater scrubbing - reduction of SOx emissions from ship exhausts. The Alliance For Global Sustainability, Gothenburg

Heise, S., Claus, E., Heininger, P., Krämer, T., Krüger, F., Schwartz, R., Förstner, U. (2005): Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet. Beratungszentrum für Integriertes Sedimentmanagement an der TUHH im Auftrag Hamburg Port Authority

Hofer, R., Lackner, R. (1995): Fischtoxikologie, Jena

Hufnagl, M., Liebezeit, G., Behrends, B. (2005): Effects of Sea Water Scrubbing, Final Report to BP Marine. Research Centre Terramare, Wilhelmshaven, Germany and School of Marine Science and Technology, University of Newcastle, Newcastle upon Tyne, UK

International Maritime Organization, MARPOL Annex VI, Sulphur Oxides (SOx) - Regulation -14,  
<http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulph ur-oxides-%28SOx%29-%E2%80%93Regulation-14.aspx>, Zugriff: 6.1.2013

Janson, Peter (2011): Abschätzung der Signifikanz von Kläranlageneinleitungen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung nach WRRL, 34. Erfahrungsaustausch der Lehrerinnen und Lehrer des DWA Landesverband Nord in Lüneburg 2011, Landesamt für Landwirtschaft Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig Holstein, Oktober 2011 [http://de.dwa.de/tl\\_files/\\_media/content/PDFs/LV\\_Nord/Nachbarschaften-Manuskripte/Janson-Signifikanz2.pdf](http://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/LV_Nord/Nachbarschaften-Manuskripte/Janson-Signifikanz2.pdf)

Kammann, U., Haarich, M. (2009a): PAK-Metaboliten in Fischen aus der Nordsee 1999-2006. Meeresumwelt aktuell. Heft 2009/3, 1-8. ISSN: 1867-8874

Kammann, U., Haarich, M. (2009b). PAK-Metaboliten in Fischen aus der Ostsee 1999-2006. Meeresumwelt aktuell. Heft 2009/4, 1-8. ISSN: 1867-8874

Karle, I.M., Turner, D. (2007): Seawater Scrubbing - reduction of SOx emissions from ship exhausts, Department of Chemistry, Göteborg University, AGS Office at Chalmers GMV

Kjølholt, J., Aakre, S., Jürgensen, C., Lauridsen, J. (2012): Assessment of possible impacts of scrubber water discharges on the marine environment, COWI, Danish Environmental Protection Agency, Environmental Project No. 1431

Law, R., R. Law, G. Hanke, M. Angelidis, J. Batty, A. Bignert, J. Dachs, I. Davies, Y. Denga, A. Duffek, B. Herut, K. Hylland, P. Lepom, P. Leonards, J. Mehtonen, H. Piha, P. Roose, J. Tronczynski, V. Velikova & D. Vethaak (2010): Marine Strategy Framework Directive Task Group 8 Report – Contaminants and pollution effects, joint report JRC and DG ENV (no 31210 – 2009/2010), April 2010

Lloyds Register (2012): Understanding exhaust gas treatment systems - Guidance for shipowners and operators, June 2012  
[http://www.lr.org/Images/ECGSguide1212\\_web\\_tcm155-240772.pdf](http://www.lr.org/Images/ECGSguide1212_web_tcm155-240772.pdf)

Mayer, M., Piepenburg, D. (1996): Epibenthic distribution patterns on the continental slope off East Greenland at 75° N. Marine Ecology Progress Series, vol. 143, S. 151-164

MEPC 66-Inf.31 (2014): Turbulent acidic jets and plumes injected into an alkaline environment, The evaluation of the recovery rate of low pH discharges from EGCS SOx with respect to the requirements to measure background pH 4 metres from the overboard discharge point, Submitted by the Institute of Marine Engineering, Science and Technology (IMarEST), 24. Januar 2014

MEPC Resolution MEPC.126 (53), 2005: Procedure for approval of Ballast Water Management Systems that make use of active substances (G9), Adopted on 22 July 2005

MEPC Resolution 184(59) 2009: Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems. International Maritime Organization

NCL (2013): PM NORWEGIAN CRUISE LINE FIRST TO INSTALL SCRUBBERS ON TWO NEW BUILDS, 18 Juni 2013

OSPAR (2009): Trends and concentrations of selected hazardous substances in marine sediments and biota. CEMP assessment report 2008/2009. OSPAR Commission, London. Publication number 390/2009

OSPAR (2010): Quality Status Report 2010. OSPAR Commission. London. 176 pp. Zugriff unter: <http://qsr2010.ospar.org/en/index.html>

Perttilä, M., S. Terrihauta, P. Lemponen, J. Riikonen, M.G. Garcia, E.H. Abos, J.R.Moles (2006): Alkalinity calcium salinity relations in the Baltic Sea. 1. Data description and

general considerations. Meri Report Series of the Finnish Institute of Marine Research 56, S. 49-55

RICHTLINIE 2008/56/EG: Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie): Anfangsbewertung der deutschen Ostsee/Nordsee

Riebesell, U., Zondervan I., Rost, B., Tortell P. D., Richard E. Zeebe, R. E., François M. M. Morel F. M. M. (2000): Reduced calcification of marine plankton in response to increased atmospheric CO<sub>2</sub>. Nature 407, S. 364-367

Ritchie, A., de Jonge, E., Hugi, C., Cooper, D. (2005): Ship Emissions: Assignment and Market-based Instruments, Task 2c – SO<sub>2</sub> Abatement, Final Report, Entec UK Ltd., August 2005

SAACKE, Technical Data Sheet Exhaust Gas Scrubber LMB-EGS, [http://www.saacke.com/fileadmin/Media/Documents/pdfs/EN/Technical\\_Data/LMB\\_EGS\\_Scrubber.pdf](http://www.saacke.com/fileadmin/Media/Documents/pdfs/EN/Technical_Data/LMB_EGS_Scrubber.pdf), Zugriff 6.1.2014

SAACKE, PM 24.10.2013, Carl Büttner Reederei setzt auf neuartige Abgasreinigung aus dem Hause SAACKE, <http://www.saacke.com/de/presse/carl-buettner-reederei-setzt-auf-neuartige-abgasreinigung-aus-dem-hause-saacke/>, Zugriff: 6.1.2014

Sudfeldt, C., R. Dröschmeister, T. Langgemach & J. Wahl (2010): Vögel in Deutschland – 2010. DDA, BfN, LAG VSW, Münster

Sudfeldt, C., F. Bairlein, R. Dröschmeister, C. König, T. Langgemach & J. Wahl (2012): Vögel in Deutschland – 2012. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.

SRU (2004): Meeresumweltschutz für Nord- und Ostsee, Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Sondergutachten, Februar 2004

Steinbeis, o.J.: Begutachtung Abgasreinigung Schiffsdieselmotoren mit dem DRY EGCS-Verfahren, im Auftrag Couple Systems GmbH

Tyrrell T., Schneider B., Charalampopoulou A., Riebesell, U. (2008): Coccolithophores and calcite saturation state in the Baltic and Black Seas. Biogeosciences, 5, S. 485-494

US Coast Guard (2013): letter to Carnival Corporation supporting deployment of Scrubbers under Regulation 3.2 of MARPOL Annex VI, 8. August 2013, <http://www.epa.gov/otaq/documents/oceanvessels/carnival-letter-epa-uscg-response-8-8-13.pdf>, Zugriff: 19.2.2014

US EPA (2010): HOLLAND AMERICA LINE AND HAMWORTHY – KRYSTALLON, SEA WATER SCRUBBER TECHNOLOGY DEMONSTRATION PROJECT ON THE MS ZAANDAM, Final Report to the U.S Environmental Protection Agency, 31. März 2010

US EPA (2011): Exhaust Gas Scrubber Washwater Effluent, EPA-800-R-11-006, Office of Wastewater Management, Washington DC 20460, November 2011

Twentyfour7 03/2012, Wärtsila stakeholder magazin, [in depth], Lower Emissions from high sulfur fuel, S. 68-69,  
[http://twentyfour7.studio.crasman.fi/pub/web/pdf/magazine+pdfs/Article+pdfs+TW0212/TW0312\\_p67\\_68.pdf](http://twentyfour7.studio.crasman.fi/pub/web/pdf/magazine+pdfs/Article+pdfs+TW0212/TW0312_p67_68.pdf) , Zugriff: 3.1.2014

Twentyfour7 01/2013: Wärtsila stakeholder magazin, [in depth], The Exhaust Gas Cleaning Evolution, S. 39-42, <http://www.twentyfour7magazine.com/en/issue/1/2013/#!38>,  
Zugriff: 3.1.2014

Voß, J., Knaack, J., Weber, von M. (2010): Ökologische Zustandsbewertung der deutschen Übergangs- und Küstengewässer 2009; Meeresumwelt Aktuell Nord- und Ostsee 2010 / 2; ISSN 1867-8874

Wärtsilä (2010): Exhaust Gas Scrubber installed onboard MT „Suula“, Public Test Report, 20. June 2010

Wärtsilä (2013), Präsentation: WÄRTSILÄ EXHAUST GAS CLEANING JUNE. 11TH, 2013

Wärtsilä (2012): WÄRTSILÄ SCRUBBERS LEADING THE WAY IN SOX, Präsentation A. Suopanki/ A. Suominen, 25.4.2012

Wärtsila: <http://www.wartsila.com/en/references/superspeed2>,  
<http://www.wartsila.com/en/references/jolly-diamante>, Zugriff: 3.1.2014

WOR1 (2010): World Ocean Review 1: Mit den Meeren leben - ein Bericht über den Zustand der Weltmeere. Hrsg.: Maribus, Ozean der Zukunft, mare

WRRL (2000/60/EG). Europäische Union. Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. ABl. L 327 vom 22.12.2000, 1-73.

<http://www.egcsa.com/the-science-3.php>, Zugriff: 6.1.2014

<http://www.twentyfour7magazine.com/en/issue/1/2013/#!38>, Zugriff: 3.1.2014

[http://cleanmarine.no/products\\_1/](http://cleanmarine.no/products_1/), Zugriff: 6.1.2014

## Teil B

Bodansky, Daniel (1991): Protecting the Marine Environment from Vessel-Source Pollution, UNCLOS III and Beyond; Ecology Law Quarterly, S. 719-777

Charney, Jonathan I. (1994-95): The Entry into Force of the 1982 Convention on the Law of the Sea, Virginia Journal of International Law 1994-95, S. 381-404

Czybulka, Detlef (2011): § 56 BNatSchG, in Schumacher/Fischer-Hüftle, Bundesnaturschutzgesetz – Kommentar, Stuttgart

Doelle, Meinhard (2006): Climate Change and the Use of the Dispute Settlement Regime of the Law of the Sea Convention, Ocean Development and International Law, S. 319-337

Ell, Marcus/Heugel, Michael (2007): Geschützte Meeresflächen im Bereich der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone von Nord- und Ostsee, Natur und Recht, S. 315-326

Epiney, Astrid (2013): Umweltrecht in der Europäischen Union, 3. Aufl., Baden-Baden

Gellermann, Martin/Stoll, Peter-Tobias/Czybulka, Detlef (2012): Handbuch des Meeresnaturschutzrechts in der Nord- und Ostsee, Berlin

Graf Vitzthum, Wolfgang (2006): Handbuch des Seerechts, München

Hafner, Gerhard (2006): Meeresumweltschutz, Meeresforschung und Technologietransfer, in: Graf Vitzthum, Wolfgang, Handbuch des Seerechts, München

Hasselöv, Ida-Maja et.al. (2013): Shipping contributes to ocean acidification, Geophysical Research Letters 2013, S. 2731-2736

Jensen, Oystein (2006): Coastal State Jurisdiction and Vessel Source Pollution, Fridtjof Nansen Institute Report 3/2006, Lysaker

Johnson, Lindy S. (2004): Coastal State Regulation of International Shipping, Dobbs Ferry NY

Kachel, Markus J. (2008): Particularly Sensitive Sea Areas, The IMO's Role in Protectin Vulnerable Marine Areas, Berlin

Kieß, Caroline (2012): § 56 Bundesnaturschutzgesetz, in Schlacke (Hrsg.), GK-BNatSchG, Köln

Kloepfer, Michael (2004): Umweltrecht, München 2004

Lagoni, Rainer (2002): Die Errichtung von Schutzgebieten in der ausschließlichen Wirtschaftszone aus völkerrechtlicher Sicht, Natur und Recht, S. 121-133

Markus, Till/Schlacke, Sabine (2009): Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft, Zeitschrift für Umweltrecht, S. 464-472

Markus, Till/Schlacke, Sabine/Maier, Nina (2011): Legal implementation of integrated ocean policies: the EU's Marine Strategy Framework Directive, The International Journal of Marine and Coastal Law, S. 1-36

Markus, Till (2013): Changing the base: legal implications of scientific criteria and methodological standards on what constitutes good marine environmental status, Transnational Environmental Law, S. 1-21

Molenaar, Erik Jaap (1998): Coastal state Jurisdiction over Vessel-source Pollution, Utrecht

Nordheim, Henning von/Boedecker, Dieter/Krause, Jochen C. (2006): Progress in Marine Conservation in Europe: Natura 2000 Sites in German Offshore Waters, Berlin



Proelß, Alexander (2004): Meeresschutz im Völker- und Europarecht, Das Beispiel des Nordostatlantiks, Berlin

Proelß, Alexander (2006): Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ), in: Graf Vitzthum, Wolfgang, Handbuch des Seerechts, München

Proelß, Alexander (2010): Völkerrechtliche Rahmenbedingungen der Anwendung naturschutzrechtlicher Instrumente in der AWZ, Zeitschrift für Umweltrecht, S. 359-364

Proelß, Alexander (2013): Raum und Umwelt im Völkerrecht, in: Graf Vitzthum, Wolfgang/Proelß, Alexander (Hrsg.), Völkerrecht, 6. Aufl., Berlin

Salomon, Markus/Krohn, Susan (2006): Ein kritischer Blick auf den Vorschlag der Europäischen Kommission für eine Thematische Strategie zum Schutz der Europäischen Meere, Zeitschrift für Öffentliches Recht in Norddeutschland, S. 371-378

Sands, Philippe/Peel, Jaqueline (2012): Principles of International Environmental Law, Cambridge

Teclaff, Ludwik/Teclaff, Eileen (1991): Transfers of Pollution and the Marine Environment Conventions, Natural Resources Journal, S. 187-211

Van Dyke, Jon M./Broder, Sherry P. (2012): Particularly Sensitive Sea Areas - Protecting the Marine Environment in the Territorial Seas and Exclusive Economic Zones, Denver Journal of International Law and Policy, S. 472-481

Wolfrum, Rüdiger (2000): Die Entwicklung des Seerechts zum Recht der marinen Umwelt, in: Ehlers, Peter/Erbguth, Wilfried (Hrsg.), Aktuelle Entwicklungen im Seerecht, Baden-Baden

## 6 Anhang 1 Auswahl derzeit laufender/geplanter ECGS

Tabelle 21 Auswahl von Schiffen mit Scrubbern sowie geplante Einbauten

IMO Nr	Schiffsname	Typ	Flagge	Betreiber		Jahr Scrubber-Einbau	Revier	Gerätename/Hersteller	Quelle
8506311	Kronprins Harald	RoPax	Bahamas	Irish Ferries	R	1991	Irland-Frankreich	-	Kjøholt et al.
	Fjordshell	Tanker	-	-	R	1993		Kvaerner/Norske Shell	Kjøholt et al.
6705937	Louis S. St. Laurent	Ice Breaker	Canada	Canadian Coastguard	R	1998	Kanada	MEL/ MES	Kjøholt et al.
8917388	Leif Ericson	RoPax	Canada		R	2001	Kanada	MES EcoSilencer®	Kjøholt et al.
9250098	Containerships VII	Container	Finland	Reederei Containerships Oy	R	2001	Nord-, Ostsee	Wärtsilä (closed loop)	wärtsilä.com
9015266	Pride of Kent	Ferry	UK	P&O Ferries	R	2005	Engl. Kanal	MES EcoSilencer®	
9156527	Zaandam	Cruise	NL	Holland America Line	R	2007	Alaska, Antarktis, Hawaii, Amerika	Hamworthy Krystallon	hollandamerica.com
9267560	Suula	Chem. Tanker	Finland	Neste Shipping	R	2008	Ostsee	Wärtsilä	wärtsilä.com
9198680	Timbus	Multi purpose	Germany	Rörd Braren GmbH	R	2009	Ostsee	DryECGS	Couple-systems.de
9320568	Ficaria Seaways	Ferry	DK	DFDS Line	R	2009	Ostsee	PureSOx Alpha Laval	alfalaval.com

91642 37	Alexander Maersk	Container	DK	Maersk	R	2010	Mittelmeer , weltweit	MAN EGR	marinelink.com <sup>[4]</sup>
92186 50	APL England	Container	Singapore	APL	R	2011	Amerika ECA	Wärtsilä (open loop)	Wärtsilä 2013
9578 957	Jolly Diamante	RoRo	Italy	Ignazio Messina	N	2011	Ind. Ozean	Wärtsilä (open loop)	wärtsilä.com <sup>[1]</sup>
9330 032	Liberty of The Seas	Cruise	Bahamas	Royal Caribbean International	R	2011	Mittelmeer , Karibik, Transatlantik	GTM-R	royalcaribbean.de
9334 674	Maersk Taurus	Container	Singapore	Maersk	R	2011	weltweit	Belco	Dupont.com
9233 416	Balder	Handymax Bulk	Marshall Is	Klavness Shipmanagement	R	2012	Amerika ECA	Clean Marine (hybrid)	cleanmarine.no
9578 969	Jolly Perla	RoRo	Italy	Ignazio Messina	N	2012	Ind. Ozean	Wärtsilä (open loop)	Wärtsilä 2013
9345 398	MV Plyca		NL	Spliethoff	R	2012	Nord Europa ECA	PureSOx Alpha Laval	alfalaval.com
91913 21	MV Tarago	CarcARRIER	Norway	Wilh. Wilhelmsen ASA	R	2012	weltweit	Hamworthy Hybrid EGCS	hamworthy.com
9424 053	Levana	Tanker	Gibraltar	Reederei Carl Büttner	R	2013	weltweit	SAAKE LMC-EGS	saake.com <sup>[3]</sup>
9630 755	Clipper Quito	VLGC	Norway	Solvang	N	2013	Amerika ECA	Wärtsilä (open loop)	wärtsilä.com
96139 27	Equinox	Bulk Carrier	Canada	Algoma Central Corp.	N	2013	Great Lakes	Wärtsilä (closed loop)	wärtsilä.com
9578 971	Jolly Cristallo	RoRo- Container	Italy	Ignazio Messina	N	2013	Ind. Ozean	Wärtsilä (open loop)	Wärtsilä 2013, messinaline.it
9578 983	Jolly Quarzo	RoRo- Container	Italy	Ignazio Messina	N	2013	Ind. Ozean	Wärtsilä (open loop)	Wärtsilä 2013, messinaline.it
9649 718	Oceanex Connaigra	ConRo	Canada	Oceanex Inc.	N	2013	Neufundland +	DryECGS	Couple-systems.de

							Labrador		
91913 07	Tamesis	Autocarrier	Norway	Wilh. Wilhelmsen ASA	R	2013	weltweit	Hamworthy Krystallon	hamworthy.com
9209 221	Pride of America	Cruise	USA	NCL	R	2014		GTM-R	greentechmarine.com
	NN, NN	Chem. Tanker		NYK Stolt Tankers	N	2014		Clean Marine	cleanmarine.no
9606 912	Norwegian Breakaway	Cruise	Bahamas	NCL	R	2014		GTM-R	greentechmarine.com
91951 69	Norwegian Dawn	Cruise	Bahamas	NCL	R	2014		GTM-R	greentechmarine.com
9355 733	Norwegian Gem	Cruise	Bahamas	NCL	R	2014		GTM-R	greentechmarine.com
9304 045	Norwegian Jewel	Cruise	Bahamas	NCL	R	2014		GTM-R	greentechmarine.com
9342 281	Norwegian Pearl	Cruise	Bahamas	NCL	R	2014		GTM-R	greentechmarine.com
	TBN	5 Con Ro		Spliethoff	R	2014		PureSOx	alfalaval.com
	Norwegian Escape			NCL	N	2015		GTM-R	greentechmarine.com
	Norwegian Bliss	Cruise		NCL	N	2016		GTM-R	greentechmarine.com
91730 68	Clipper Harald	LPG-Tanker	Norway	Solvang	R	04 2014	Amerika ECA	Wärtsilä (open loop)	wärtsilä.com
91913 21	Tarago	CarcARRIER	Norway	Wilhelmsen	R	04 2014	weltweit	Hamwothy hybrid	wartsila.com <sup>[5]</sup>
	Carnival NN	32 Cruise		Carnival	R	2014 - 2016	US ECAs		environmentalleader.com <sup>[6]</sup>
92181 31	Norwegian Sun	Cruise	Bahamas	NCL	n.l.	n.l.	n.l.	n.l.	n.l.
	TBN	VLGC	-	Reederei Dorian LPG Ltd	N	Q2 2014		Clean Marine	cleanmarine.no <sup>[2]</sup>

9378 682	SuperSpeed 2	Ferry	Norway	ColorLine		Q4 2014		Wärtsilä (4 separate open loop)	wartsila.com <sup>[7]</sup>
	TBN	VLGC		Solvang	N			Wärtsilä (hybrid)	Wärtsilä 2013
9087 465	MS Robin Hood	RoPax	Germany	TT-Line	R	Q 2014	Baltic	Wärtsilä (hybrid)	ttline.com/de/Germany/TT- Line/Unternehmensphilosophie/Um- weltschutz_Scrubber/

<sup>[1]</sup> Wärtsilä, <http://www.wartsila.com/en/references/jolly-diamante>

<sup>[2]</sup> Clean Marine, PM 13.10.2013, [http://cleanmarine.no/press\\_room/](http://cleanmarine.no/press_room/) (kombiniert für 1 Hauptmaschine, 3 Hilfsdiesel und 1 Kessel)

<sup>[3]</sup> SAAKE, PM 24.10.2013

<http://www.saacke.com/de/presse/carl-buettner-reederei-setzt-auf-neuartige-abgasreinigung-aus-dem-hause-saacke/>

<sup>[4]</sup>

<http://www.marinelink.com/news/tieriii-diesel-turbo359279.aspx>

<sup>[5]</sup> <http://www.wartsila.com/sv/references/Tarago>

<sup>[6]</sup> [environmentalleader.com/2013/09/06/carnival-to-install-scrubber-technology-on-32-cruise-ships/](http://environmentalleader.com/2013/09/06/carnival-to-install-scrubber-technology-on-32-cruise-ships/)

## 7 Anhang 2 Statement of Endorsement - Liberty of the Seas



Statement no.: SOE 2013-0380

# DET NORSKE VERITAS

## STATEMENT OF ENDORSEMENT

This is to state that qualification of the

### Green Tech Marine SO<sub>x</sub> scrubber for the RCCL Liberty of the Seas project

has been conducted in accordance with DNV RP-A203 Qualification of New Technology /1/ Sections 5 through 9 as reported in DNV Technical Report 2013-0380 /3/. Det Norske Veritas AS (DNV) has found that the technology can be proven Fit for Service, as defined in /2/, through the remaining planned qualification activities.


<b>Technology owner:</b>	Green Tech Marine AS
<b>Name of technology:</b>	Green Tech Marine Exhaust Gas Cleaning System
<b>Description:</b>	A wet scrubber type, exhaust gas cleaning system with an open loop using seawater and closed loop using seawater water and magnesium oxide for SO <sub>x</sub> emission control to meet the requirements in Marpol Annex VI.
<b>Application:</b>	For use on the RCCL Liberty of the Seas cruise ship.
<b>Involvement:</b>	DNV has taken part in and verified the Qualification Basis formulation and the Technology Assessment and evaluated the main challenges of the technology as reported in /3/.
<b>Limitations:</b>	The Statement of Endorsement is subject to any limitations reported in /3/.
<b>Reference documents:</b>	<p>/1/ DNV-RP-A203, Qualification of New Technology, July 2011.</p> <p>/2/ DNV-OSS-401, Technology Qualification Management, October 2010.</p> <p>/3/ DNV Technical Report No. 2013-0380 Rev.0 "Technology Qualification Plan for the GTM SO<sub>x</sub> scrubber for the RCCL Liberty of the Seas project", 2013-03-22.</p>

DNV shall not be responsible for not having identified failure modes or causes that has resulted in loss or damage or for not having prescribed the qualification activities necessary to avoid the loss or damage.

Høvik, 2013-03-22

for Det Norske Veritas AS

  
Bjørn Berger  
Head of Department

  
Katrine Lie Strøm  
Project Manager

  
Tomas Tronstad  
Verifier

If any person suffers loss or damage which is proved to have been caused by any negligent act or omission of Det Norske Veritas, then Det Norske Veritas shall pay compensation to such person for his proved direct loss or damage. However, the compensation shall not exceed an amount equal to ten times the fee charged for the service in question, provided that the maximum compensation shall never exceed USD 2 million. In this provision "Det Norske Veritas" shall mean the Foundation Det Norske Veritas as well as all its subsidiaries, directors, officers, employees, agents and any other acting on behalf of Det Norske Veritas.

Det Norske Veritas AS . Veritasveien 1, N-1322 Høvik, Norway . Tel: +47 67 57 99 00 . Fax: +47 67 57 99 11