

## Scrubber auf Seeschiffen – Auswirkungen auf die Meeresumwelt

### Überblick über die Abgasreinigungstechnik

#### 1 Warum gibt es Scrubber an Bord?

Der globale Schwefelgrenzwert für Schiffskraftstoffe des internationalen Seeverkehrs liegt bei 0,50 %. In den Schwefel-Emissionskontrollgebieten (SECAs: Sulphur Emission Control Areas) der Nord- und Ostsee liegt er bei 0,10 %. Dies regelt das MARPOL-Übereinkommen<sup>1</sup> in Anlage VI Regel 14. Die Internationale Seeschifffahrtsorganisation IMO<sup>2</sup> lässt Abgasreinigungs-techniken wie „Exhaust Gas Cleaning Systems“ (EGCS) – auch als Scrubber bezeichnet – als Alternative<sup>3</sup> zur Verwendung schwefelarmer Kraftstoffe auf Schiffen zu. Die Europäische Schwefel-Richtlinie<sup>4</sup> überführt die internationalen Vorgaben der IMO in europäisches Recht.

Auf nationaler Ebene sind die Vorgaben in der See-Umweltverhaltens-verordnung<sup>5</sup> als nationale Umsetzung der EU-Richtlinie festgeschrieben. Der Einsatz von Scrubbern ist derzeit – und vermutlich auch zukünftig – finanziell attraktiver, da schwefelarme Kraftstoffe, insbesondere Destillat-Kraftstoffe<sup>6</sup> teurer als höherschweflige Schweröle sind, die auf Schiffen mit Scrubbern weiterverwendet werden können.

Die Anzahl der Schiffe mit Scrubber steigt weltweit insbesondere seit 2019 stark an (vgl. Abbildung 1). Anfang 2025 sind deutlich über 5.000 Scrubber auf Seeschiffen im Einsatz (GISIS, 2025), was circa einem Drittel der Welt-handelsflotte bezogen auf die Tragfähigkeit der Schiffe entspricht.

<sup>1</sup> MARPOL: International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (Internationales Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe)

<sup>2</sup> IMO: International Maritime Organization

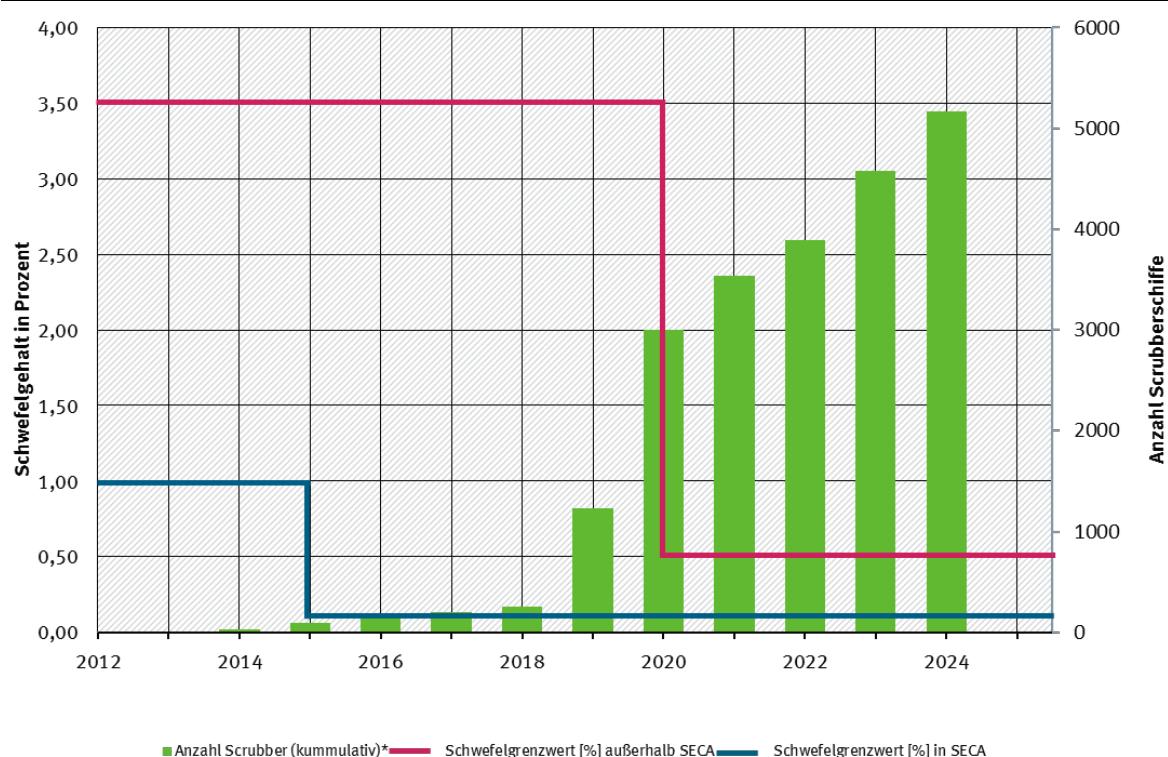
<sup>3</sup> MARPOL Anlage VI Regulation 4 „Equivalents“

<sup>4</sup> Richtlinie (EU) 2016/802 über eine Verringerung des Schwefelgehalts bestimmter flüssiger Kraft- oder Brennstoffe ([L\\_2016132DE.01005801.xml](#))

<sup>5</sup> SeeUmwVerhV, 2019 (<https://www.gesetze-im-internet.de/seeumwverhv/BJNR137110014.html>)

<sup>6</sup> Hierzu zählen Marine Diesel Oil (MDO) und Marine Gasoil (MGO) nach ISO 8217:2024

**Abbildung 1: Anzahl der weltweit mit Scrubbern ausgestatteten Seeschiffe und Entwicklung der Schwefelgrenzwerte seit 2010**



\* Die Zahlen berücksichtigen die zugelassenen und bei GISIS gemeldeten Scrubber-Installationen bis Ende des jeweiligen Jahres.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von GISIS, 2025

Scrubber-Systeme leiten durch ihren Betrieb sehr große Mengen Abwasser weltweit in die Meere und Hafengebiete ein. Anforderung an den Betrieb sowie an das Abwasser sind in den „EGCS-Guidelines“<sup>7</sup> geregelt. Diese enthalten jedoch nur Vorgaben für wenige Parameter (pH-Wert, Trübung, Polzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Nitrat-Gehalt). Es bestehen Bedenken gegenüber dem Einsatz dieser Technik, da die Umweltbelastung durch die großen Einleitvolumina und deren Schadstofffracht erheblich ist.

Das ursprünglich mit der MARPOL Regel 14 vorgesehene Ziel, die Luftschaadstoffemissionen der Seeschiffe, insbesondere die schwefelhaltigen Partikelemissionen zu senken, konnte immerhin teilweise erreicht werden<sup>8</sup>; jedoch zu dem Preis, dass durch den zugelassenen alternativen Scrubber-Einsatz weiter schadstoffbelastete Schweröle verwendet werden können und Schadstoffe über den Scrubber-Prozess in die Meerestumwelt gelangen.

## 2 Wie funktionieren Scrubber?

Scrubber sind eine Technik zur Abgasreinigung, bei der Wasser im Abgasstrom versprüht wird, um Schwefeloxid ( $\text{SO}_x$ ) aus dem Abgas teilweise zu entfernen. Es sind verschiedene Systeme im Einsatz: das sind Open Loop (OL), Closed Loop (CL) und hybride Systeme.

<sup>7</sup> Resolution MEPC.340(77): 2021 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems in MEPC 77/16/Add.1

<sup>8</sup> Eine im Auftrag von Kanada erstellte Studie zeigt, dass bei der Verwendung von Schweröl mit Scrubber, der Ausstoß von PM (Particulate Matter, Feinstaub) um bis zu 70 % und von BC (Black Carbon, Ruß) um bis zu 81 % höher liegen kann als bei der Verwendung von schwefelarmen Destillatkraftstoffen in mittelschnell laufenden Dieselmotor und mehr als das 4,5-fache bei langsam laufenden Dieselmotoren (Comer et al., 2020).

### Wie läuft der chemische Prozess im Scrubber ab?

Das  $\text{SO}_x$  im Abgas, überwiegend bestehend aus Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), reagiert während des Abgasreinigungsprozesses mit Wasser zu schwefliger Säure ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ; Gleichung 1). Diese schweflige Säure zerfällt in Wasser unter Abgabe von Protonen zu Bisulfit ( $\text{HSO}_3^-$ ; Gleichung 2) bzw. Sulfit ( $\text{SO}_3^{2-}$ ; Gleichung 3). Die in diesen Reaktionen freigesetzten Protonen ( $\text{H}^+$ ) stellen die eigentliche Säure dar. Das Sulfit wird zum großen Teil mit dem gelösten Sauerstoff des Seewassers zu Sulfat oxidiert ( $\text{SO}_4^{2-}$ , Gleichung 4). Um die so gebildete Säure zu neutralisieren, wird die natürliche Pufferkapazität des Seewassers – hauptsächlich Hydrogencarbonat-Ionen ( $\text{HCO}_3^-$ ) – in OL Scrubbern genutzt bzw. die  $\text{OH}^-$ -Ionen der zugesetzten Natronlauge in CL-Schrubbern.



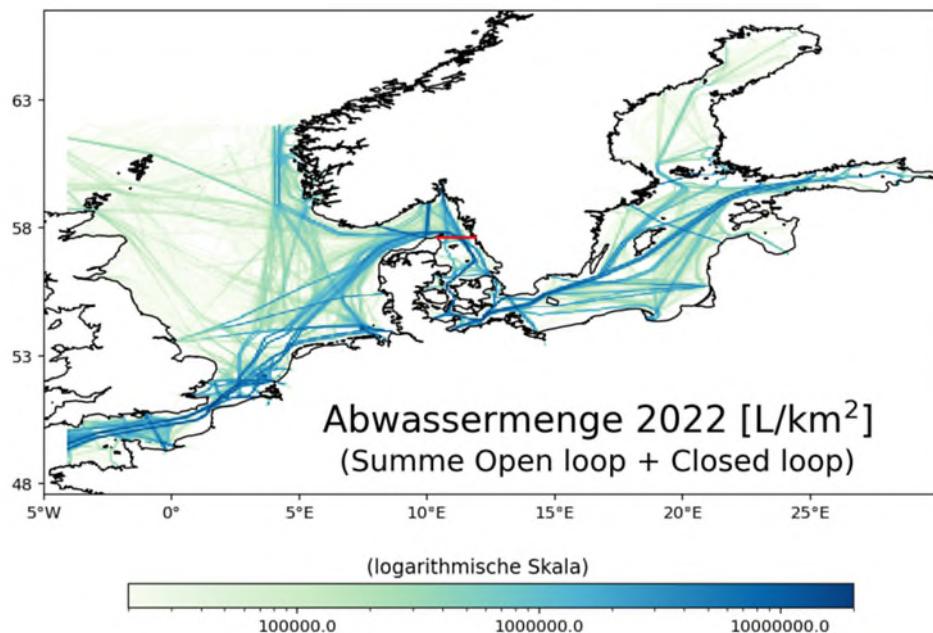
Das Abwasser hat nach dem Scrubbing-Prozess einen sehr niedrigen pH-Wert (bis zu pH 3) und wird deshalb teilweise an Bord vor Einleitung verdünnt. Das Abwasser trägt zur Übersäuerung der Meere bei und reduziert die Pufferkapazität des Meerwassers. Dies ist abhängig von den physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wassers wie Temperatur, Salzgehalt und Alkalinität (Karle, Turner, 2007).

Alle Scrubber-Systeme benötigen große bis sehr große Mengen (Meer-) Wasser als Reinigungsmedium, das dann als Abwasser in der Regel ins Meer eingeleitet wird.

In die Ostsee wurden beispielsweise im Jahr 2022 etwa 300 Millionen Kubikmeter Scrubber-Abwasser eingeleitet (Jalkanen et al., 2024a; Stegert et al., unveröffentlicht); für das OSPAR<sup>9</sup>-Meeresgebiet (Nordostatlantik einschließlich Nordsee und Biskaya) wird in einer Studie ein Eintrag von 622 Millionen Kubikmetern für das Jahr 2020 modelliert (Jalkanen et al., 2022). Für die Nordsee, einschließlich des Ärmelkanals, waren es 2022 485 Millionen Kubikmeter (Stegert et al., unveröffentlicht). Die Einträge erfolgen vor allem entlang der Hauptschifffahrtsrouten bzw. Fährverbindungen, die überwiegend küstennah verlaufen (Abbildung 2).

<sup>9</sup> OSPAR: Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks

**Abbildung 2: Verteilung der berechneten Einleitungen von Scrubber-Abwasser in Nord- und Ostsee (rote Linie markiert die Abgrenzung für die Berechnungen der Scrubber-Abwassereinträge in Nord- und Ostsee)**



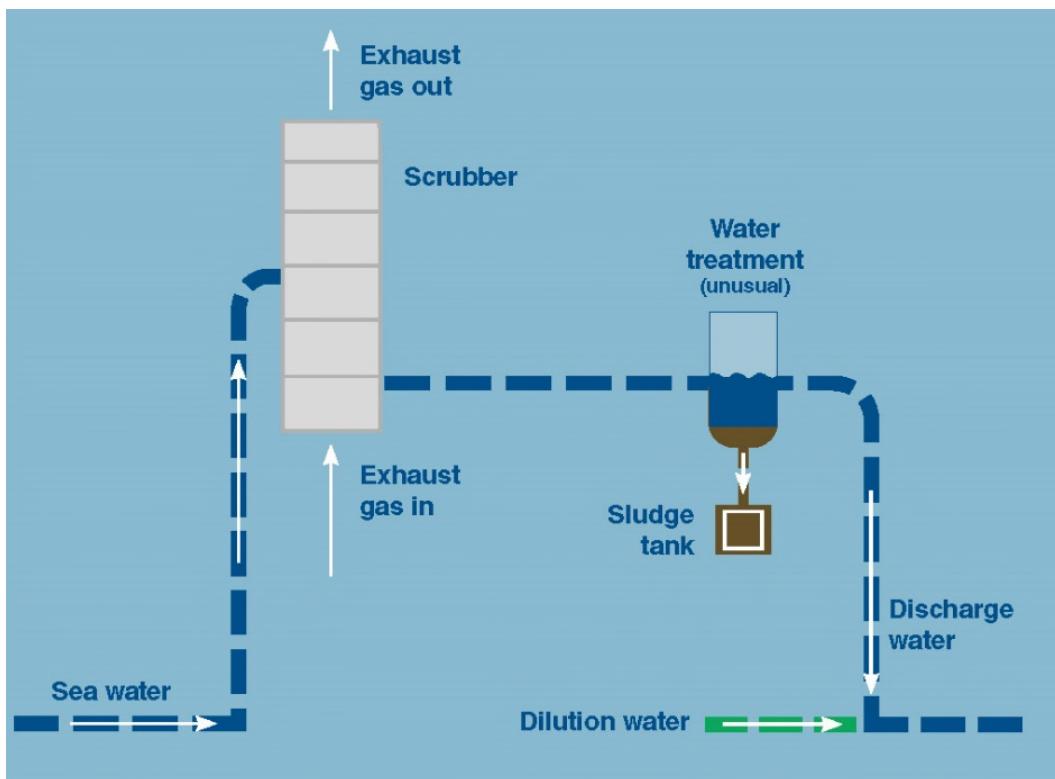
Quelle: Stegert et al. (unveröffentlicht)

## 2.1 Offene Systeme (Open Loop)

Open Loop (OL) Systeme verwenden Meerwasser, das während der Fahrt angesaugt und im Abgasstrom versprüht wird. Die Pufferkapazität des Meerwassers wird genutzt, um das Schwefeldioxid aus dem Abgas zu entfernen. Dabei werden sehr große Mengen Wasser angesaugt (50 – 90 m<sup>3</sup>/MWh<sup>10</sup>; Marin-Enriquez et al., 2023), die anschließend – erwärmt, mit abgesenktem pH-Wert und mit Schadstoffen und Nitrat belastet – wieder in die Meeresumwelt eingeleitet werden. Eine Abwasseraufbereitung („Water Treatment“), wie in Abbildung 3 der Vollständigkeit halber dargestellt, und Abtrennung von Schlamm („Sludge“) ist unüblich. Um den Grenzwert nach der EGCS-Guideline für den pH-Wert einzuhalten, kann das Abwasser an Bord mit Meerwasser verdünnt werden. Die anderen Vorgaben gelten direkt nach dem Scrubber, ohne Verdünnung. Die überwiegende Anzahl der weltweit eingesetzten Scrubber – rund 85 % – sind OL-Systeme (GISIS, 2025).

<sup>10</sup> Für ein mittelgroßes Containerschiff kann im Regelbetrieb eine Maschinenleistung von 12 MW und eine Abwassermenge von 60 m<sup>3</sup>/MWh angenommen werden. Das führt zu einer Einleitung von 720 Kubikmeter pro Stunde. Dies entspricht ungefähr der Menge von 4.000 Badewannen (à 180 Liter) pro Schiff und Stunde.

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Open Loop Scrubbers



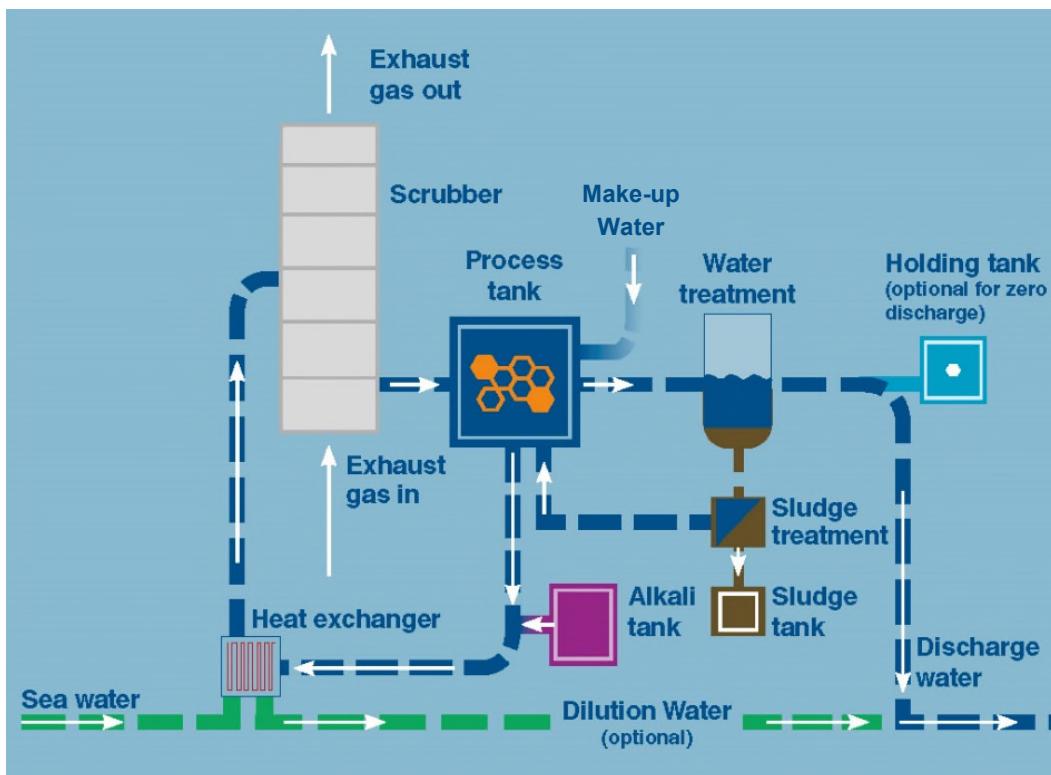
Quelle: Marin-Enriquez et al, 2023

## 2.2 Geschlossene Systeme (Closed Loop)

Closed Loop (CL) Systeme nutzen Meer- oder Frischwasser, dem Natronlauge oder andere Laugen zugesetzt werden, um die gewünschte Pufferkapazität für den Scrubberprozess zu erzielen. Dabei wird ein Großteil des Wassers rezirkuliert, muss jedoch vor der erneuten Verwendung über einen Wärmetauscher („Heat exchanger“) abgekühlt werden. Im Prozesstank wird ein geringer Teil des Wassers abgeschieden und nach einer Aufbereitung („Water Treatment“) in Tanks gespeichert („Zero Discharge Mode“). Die bei der Wasseraufbereitung anfallenden Reststoffe („Sludge“) müssen im Hafen sachgerecht entsorgt werden. Das in Tanks gespeicherte Abwasser, auch „Bleed-off Water“ genannt, kann entweder ebenfalls im Hafen entsorgt werden oder wird – in den überwiegenden Fällen – außerhalb von Gebieten mit Einleiteverbot ins Meer gepumpt.

Weniger als 1 % der weltweit eingesetzten Scrubber sind CL-Systeme (GISIS, 2025).

**Abbildung 4: Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Closed Loop Scrubbers**



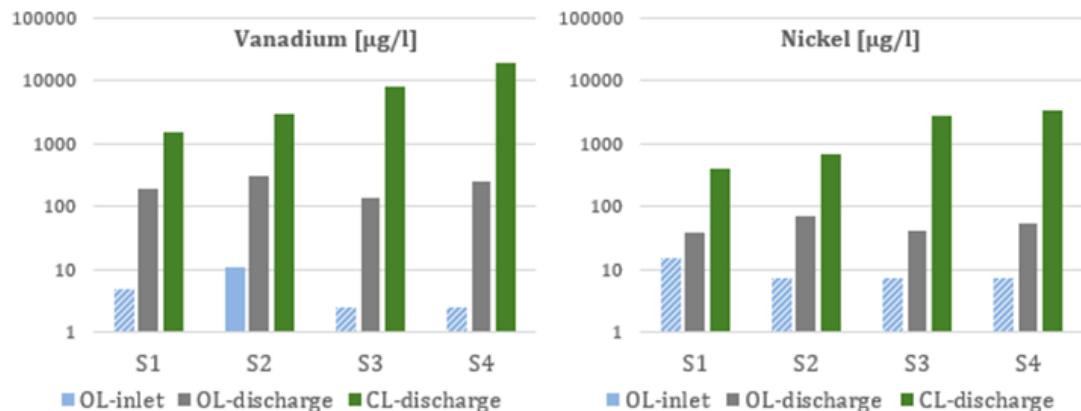
Quelle: Marin-Enriquez et al, 2023 (2025 bearbeitet)

Durch die Kreislaufführung des Wassers ist die Abwassermenge der CL-Systeme deutlich niedriger ( $0,45 \text{ m}^3/\text{MWh}$ , Marin-Enriquez et al., 2023) als die der OL-Systeme. Das hat zur Folge, dass die Schadstoffkonzentrationen im Ablauf aus CL-Betrieb im Vergleich zu OL-Betrieb, trotz Wasseraufbereitung, höher sind. Die Schadstofffracht des „Bleed-off Waters“, also die Schadstoffmenge pro Energie-Output der Schiffsmaschine (g/MWh), ist durch die Abwasserreinigung und das Abscheiden von Sludge dennoch geringer als im OL-Betrieb.

In Marin-Enriquez et al. (2023) wurden Abwasserproben untersucht und festgestellt, dass die Konzentrationen von Vanadium (V) und Nickel (Ni) im Abwasser von CL-Systemen im Durchschnitt etwa 40-mal höher liegen (V:  $1.500 - 19.700 \mu\text{g/l}$ ; Ni:  $410 - 3.470 \mu\text{g/l}$ ) als im Abwasser von OL-Systemen (V:  $140 - 308 \mu\text{g/l}$ ; Ni:  $40 - 73 \mu\text{g/l}$ ). Das CL-Abwasser wies zudem Ölkonzentrationen zwischen  $<0,1$  und  $8,1 \text{ mg/l}$  auf; diese waren im Durchschnitt 4,6-mal höher als die Ölkonzentrationen in OL-Abwasser. Die Summe der 16 EPA-PAK<sup>11</sup> im CL-Abwasser lag im Bereich zwischen 6,9 und  $150 \mu\text{g/l}$ , im OL-Abwasser lag sie dagegen zwischen 1,7 und  $55,6 \mu\text{g/l}$  (Marin-Enriquez et al., 2023).

<sup>11</sup> EPA-PAK: Liste mit 16 PAK, die von der Amerikanischen Bundesumweltbehörde (US-Environmental Protection Agency) zusammengestellt wurde und häufig stellvertretend für die Gruppe der PAK in Umweltproben untersucht werden.

**Abbildung 5: Vanadium und Nickel Konzentration im Scrubber-Abwasser<sup>12</sup>**



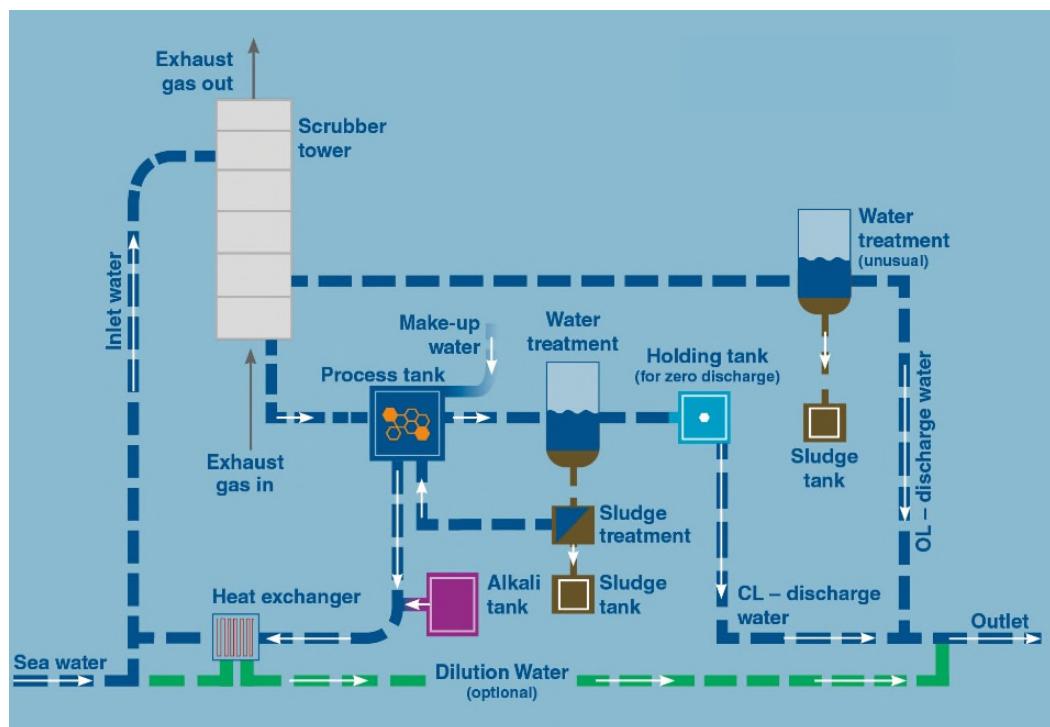
Striped bars indicate that the result was below the limit of quantification (LOQ). In that case, the assigned value is LOQ/2. A logarithmic scale is used in both diagrams.

Quelle: Marin-Enriquez et al., 2023 (2025 grafisch bearbeitet).

## 2.3 Hybrid Systeme

Hybride Scrubber ermöglichen die Funktionsweisen sowohl von OL- als auch CL-Betrieb. Etwa 15 % der weltweit eingesetzten Scrubber gehören zu dieser Kategorie (GISIS, 2025). Der Vorteil aus Sicht der Schiffsbetreiber ist der flexiblere Einsatz durch den möglichen Wechsel der Betriebsmodi. Der Anteil an Hybrid-Systemen ist in der Ostsee besonders groß und lag 2020 bei über 75 % (Ytreberg et al., 2022).

**Abbildung 6: Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Hybriden Scrubbers**



Quelle: Achten et al., 2024 (2025 grafisch bearbeitet durch BSH<sup>13</sup>)

<sup>12</sup> S1 – S 4: anonymisierte Kennung der beprobenen Schiffe; „OL-Inlet“ ist die Probenahmestelle vor dem Scrubber-Prozess. Alle Proben wurden im Rohrleitungssystem innerhalb des Schiffes entnommen.

<sup>13</sup> Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

#### Was genau ist der „Zero-Discharge-Mode“?

CL-Scrubber oder hybride Systeme im CL-Modus leiten ebenfalls Abwasser, sogenanntes „Bleed Off Water“ ins Meer ein. Sie können aber für eine gewisse Zeit, je nach Tankgröße, dieses Abwasser an Bord speichern und so ohne Einleitung beispielsweise Gebiete mit Einleiteverbot durchfahren. Eine Ausweisung von Gebieten mit Einleiteverbot ist also nicht mit einem Technikverbot in diesen gleichzusetzen.

Für alle Schiffe mit Scrubber (OL, CL, Hybrid) besteht die Möglichkeit, auf regelkonforme Kraftstoffe, die den Schwefelgrenzwert einhalten, umzustellen („Fuel Changeover Procedure“), wie es im Sinne von MARPOL Anlage VI Regel 14 vorgesehen ist.

### 3 Was sind die Umweltfolgen durch die Anwendung von Scrubbern?

Die in der EGCS-Guideline enthaltenen Vorgaben für Trübung, pH-Wert und PAK-Gehalt reichen nicht aus, um Umweltbelastungen vollständig zu verhindern, da die Vorgaben v. a. auf die Vermeidung akuter Effekte abzielen. Ein Schutz vor langfristigen und kumulativen Effekten ist somit nicht gesichert. Dies haben verschiedene Studien erwiesen<sup>14</sup>.

Bei der Abgasreinigung mit Scrubbern gelangen nicht nur Schwefeloxide, sondern auch weitere Schadstoffe, die z. T. als persistent, toxisch und bioakkumulierend bewertet werden in die Meeresumwelt (Marin-Enriquez et al., 2023). Dazu zählen Metalle wie Vanadium, Nickel, Kupfer, Eisen und Zink, außerdem Nitrat, PAKs und Ölrückstände. Darüber hinaus wird das Abwasser erwärmt und aufgrund der Lösung von Schwefeloxiden säurehaltig (pH-Wert bis zu 3; Marin-Enriquez et al., 2023). Dies hat Auswirkungen auf die Pufferkapazität und damit auf die CO<sub>2</sub>-Aufnahmefähigkeit des Meeres. Schätzungen zufolge wird pro Tonne SO<sub>x</sub>, das über Scrubber-Abwasser ins Meer eingeleitet wird, die Aufnahmefähigkeit von atmosphärischem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) um eine halbe Tonne reduziert (ICES, 2020). Duliére et al. (2020) haben für den Ärmelkanal und die südliche Nordsee modelliert, dass die jährliche pH-Absenkung (Versauerung) durch die Einleitung von Scrubber-Abwasser aus OL-Systemen einer Versauerung durch den Klimawandel von etwa 2 bis 4 Jahren entspricht und diese damit beschleunigt.

Forschungsprojekte wie ImpEx<sup>15</sup> und EMERGE<sup>16</sup> haben zudem gezeigt, dass der „Schadstoff-Cocktail“ im Scrubber-Abwasser schädliche Wirkungen auf Meeresorganismen hat. Die Zusammensetzung von Scrubber-Abwasser ist sehr komplex und hängt hauptsächlich vom Scrubber-Betrieb (d. h. Abgas-Reinigungswirkung, Betriebsmodus, Wasser-Durchflussrate, Abwasserbehandlung) sowie der Maschinenleistung, der Qualität des verwendeten Kraftstoffes und der Vollständigkeit der Verbrennung ab.

<sup>14</sup> Schmolke et al. (2020); Marin-Enriquez et al. (2023) und Jalkanen et al. (2024b)

<sup>15</sup> „ImpEx – Environmental Impacts of Exhaust Gas Cleaning Systems for the Reduction of SO<sub>x</sub> on Ships“ (Marin-Enriquez et al., 2023)

<sup>16</sup> EMERGE – Evaluation, control and Mitigation of the EnviRonmental impacts of shippinG Emissions (<https://emerge-h2020.eu/about-emerge/>)

**Abbildung 7: Scrubber-Abwasserproben der ImpEx-Messkampagne: links aus OL-, rechts CL-Ablauf der Hybrid-Systeme von Schiff S1 bis S4<sup>17</sup>**



Quelle: Achten et al. 2024.

Einige Länder wie Schweden, Dänemark und Finnland haben bereits Einleiteverbote für ihre Territorialgewässer (12 Seemeilen) verabschiedet. Diese gelten ab Juli 2025 für OL- und ab dem Jahr 2029 für CL-Scrubber. Darüber hinaus haben circa 45 Staaten Begrenzungen ausgesprochen, die sich aber überwiegend auf die Einleitung von OL-Abwasser in Häfen- bzw. Hafengebieten und ein dortiges Einleiteverbot beziehen (ICCT, 2023). In Deutschland ist eine Einleitung in die Binnenwasserstraßen sowie in den an ihnen gelegenen Häfen verboten. Eine Einleitung in die Territorialgewässer und die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone ist erlaubt, wenn die Vorgaben der „EGCS-Guideline“ eingehalten werden. Darüber hinaus sind in einigen Häfen eigene Regelungen hinsichtlich Scrubber-Einleitungen getroffen worden (BSH-Website<sup>18</sup> und SeeUmwVerhV, 2019).

## 4 Was sind die Ziele des Umweltbundesamtes?

Die aktuellen Zustandsbewertungen zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)<sup>19</sup> zeigen, dass sowohl die Nord- als auch die Ostsee den guten Umweltzustand<sup>20</sup> nicht erreichen. Grund dafür ist auch, dass die Schadstoffbelastung der Meere weiterhin zu hoch ist. Einträge von Schadstoffen müssen deshalb verringert bzw. verhindert werden.

Die Einleitung von Scrubber-Abwasser ist als relevante Schadstoffquelle bewertet worden. Die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zum Verbot der Einleitung von Scrubber-Abwasser laufen auf nationaler, regionaler und internationaler Ebene:

- ▶ Das nationale MSRL-Maßnahmenprogramm<sup>21</sup> beinhaltet folgende Maßnahme: „Vorgaben zur Einleitung und Entsorgung von Abwässern aus Abgasreinigungsanlagen von Schiffen“ (UZ2-02<sup>22</sup>). Diese enthält als eine Option die Ausweisung von Einleitbeschränkungen / -verboten in speziellen Gebieten.
- ▶ Im HELCOM Ostsee-Aktionsplan<sup>23</sup> ist festgelegt, dass bis 2025 eine „Roadmap zur Reduzierung des Schadstoffeintrages aus Scrubbern“ zu entwickeln ist, die sowohl dem Vorsorgeprinzip folgt als auch bestehende Rechtsvorschriften beachtet (Maßnahme S22).

<sup>17</sup> S1 – S 4: anonymisierte Kennung der beprobten Schiffe in der Messkampagne

<sup>18</sup> BSH-Website „Abgasreinigungsanlagen“

<sup>19</sup> Berichte Art. 8-10 - Zustandsbewertung - Mitglieder Verwaltung - Meeresschutz

<sup>20</sup> GES – Good Environmental Status

<sup>21</sup> <https://mitglieder.meeresschutz.info/de/berichte/massnahmenprogramm-art-13.html>

<sup>22</sup> UZ2-02 Kennblatt Scrubber.pdf

<sup>23</sup> BSAP – Baltic Sea Action Plan von HELCOM (Baltic Marine Environment Protection Commission / Übereinkommen zum Schutz der Ostsee)

- Im Rahmen der OSPAR Nordostatlantik-Umweltstrategie 2030<sup>24</sup> finden Arbeiten statt, um die Einleitung von Scrubber-Abwasser in Küstennähe zu regulieren (siehe Kasten).

#### **OSPAR verabschiedet regionales Einleiteverbot**

Im Juni 2025 haben die OSPAR Vertragsparteien auf ihrem Ministertreffen in Vigo zwei Maßnahmen beschlossen: eine rechtsverbindliche „OSPAR Decision“, die ein Einleiteverbot in Häfen und den inneren Gewässern („Internal Waters“) vorsieht, sowie eine Empfehlung für ein Einleiteverbot in den Territorialgewässern (12 Seemeilen-Zone). Beides gilt ab Juli 2027 für OL- und ab Januar 2029 für CL-Scrubber.

In der Vigo Declaration<sup>25</sup> wird die Absicht betont, vorbehaltlich einer weiteren Folgenabschätzung und im Rahmen einer Roadmap den geografischen Geltungsbereich der rechtsverbindlichen „OSPAR Decision“ bis 2027 auf die Territorialgewässer auszuweiten.

Das Umweltbundesamt (UBA) arbeitet auf allen Ebenen aktiv an der Entwicklung und Einführung wirksamer Maßnahmen mit und setzt sich für ein koordiniertes und ambitioniertes Vorgehen ein. Alle Maßnahmen zielen darauf ab, zum Schutz der Meere die Einträge relevanter Schadstoffe zu verringern. Da ein komplettes Verbot für Scrubber-Systeme politisch weder bei der IMO noch auf regionaler Ebene derzeit Mehrheiten findet, ist das erklärte Ziel, zeitnah Einleiteverbote für bestimmte Gebiete („Zero Discharge Zones“) einzurichten. Zu den relevanten Gebieten zählen küstennahe Bereiche, wie die Territorialgewässer sowie von der IMO bereits ausgewiesene Schutzgebiete, wie PSSAs<sup>26</sup>, zu denen beispielsweise der überwiegende Teil der Ostsee zählt. Der Einrichtung von „Zero Discharge Zones“ haben auch Marin-Enriquez et al. (2023) in ihrer Studie eine hohe Wirksamkeit bescheinigt. Dies unterstützt somit auch die Aktivitäten der regionalen Meeresschutzübereinkommen HELCOM und OSPAR sowie des nationalen MSRL-Maßnahmenprogramms bezüglich Scrubber-Abwasser.

Nach Einschätzung des UBA sind die Ausweisungen von „Zero Discharge Zones“ wichtige erste Schritte. Langfristig sollte es das Ziel sein, nur noch schwefelarme Destillat-Kraftstoffe zuzulassen, was den Einsatz von Scrubber-Systemen verzichtbar machen würde. So würden die Schadstoffe direkt an der Quelle gemindert und die Belastung der Meere mit Schadstoffen weiter reduziert.

## **5 Forschungsarbeiten im Auftrag des UBA**

Das UBA begleitet die Entwicklungen bei Scrubbern und insbesondere deren Abwassereinleitungen bezüglich der technischen Entwicklungen, der Relevanz und der Umweltwirkungen seit vielen Jahren kritisch und hat einige Forschungsarbeiten beauftragt und deren Ergebnisse größtenteils veröffentlicht:

- „Auswirkungen von Abgasnachbehandlungsanlagen (Scrubbern) auf die Umweltsituation in Häfen und Küstengewässern“, TEXTE | 83/2014.  
Englische Fassung: „Impacts of Scrubbers on the environmental situation in ports and coastal waters“, TEXTE | 65/2015.
- SWS – “Environmental Protection in Maritime Traffic – Scrubber Wash Water Survey”, TEXTE | 162/2020.

<sup>24</sup> NEAES – North-East Atlantic Environment Strategy

<sup>25</sup> „Vigo Declaration“

<sup>26</sup> PSSA – Particularly Sensitive Sea Areas

- ▶ ImpEx – “Environmental Impacts of Exhaust Gas Cleaning Systems for Reduction of SO<sub>x</sub> on Ships – Analysis of status quo”, TEXTE | 83/2021.
- ▶ ImpEx – “Environmental Impacts of Discharge Water from Exhaust Gas Cleaning Systems on Ships. Final report of the project ImpEx”, TEXTE | 27/2023.
- ▶ MOSAB – Modelling the scrubber water and pollutant distribution from shipping in the marine ecosystem of the North Sea and Baltic” (Veröffentlichung Ende 2025 geplant).

## 6 Literaturverzeichnis

Achten, C.; Marin-Enriquez, O.; Behrends, B; Kupich, S.; Lutter, A.; Korth, R.; Andersson, J. T. (2024): Polycyclic aromatic compounds including non-target and 71 target polycyclic aromatic hydrocarbons in scrubber discharge water and their environmental impact, in Marine Pollution Bulletin 208 (2024) 116790.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116790>

Comer, B.; Georgeff, E.; Osipova, L. (2020): Air emissions and water pollution discharges from ships with scrubbers, ICCT Consulting Report. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Air-water-pollution-scrubbers-dec2020.pdf>

Dulière, V.; Baetens, K.; Lacroix, G. (2020): Potential impact of wash water effluents from scrubbers on water acidification in the southern North Sea. Final project report. Royal Belgian Institute of Natural Sciences. Operational Directorate Natural Environment, Ecosystem Modelling. 31 pp. DOI: [10.13140/RG.2.2.21935.76968](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21935.76968)

GISIS – Global Integrated Shipping Information System (2025): Download von  
<https://gisis.imo.org/Public/Default.aspx> (02.06.2025)

ICCT – International Council for Clean Transportation (2023): Policy Update. Global update on scrubber bans and restriction. [Scrubbers\\_policy\\_update\\_final.pdf](https://icct.org/publications/scrubbers-policy-update-final.pdf)

ICES – International Council for the Exploration of the Seas (2020): ICES VIEWPOINT: Scrubber discharge water from ships – risks to the marine environment and recommendations to reduce impacts. In Report of the ICES Advisory Committee, 2020. ICES Advice 2020, vp.2020.01. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7486>

Jalkanen, J.-P.; Grönholm T.; Hassellöv, I.-M. (2022). OSPAR Modelling of discharges to the marine environment from open circuit flue gas scrubbers on ships in the OSPAR Maritime Area. OSPAR Quality Status Report 2023. 1-56 pp. <https://www.ospar.org/about/publications?q=scrubber>.

Jalkanen, J.-P.; Johansson, L.; Heikkilä, M.; Majamäki, E. (2024a): Discharges to the sea from Baltic Sea shipping in 2023, HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheets 2023. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2024/11/Discharges-to-the-sea-from-Baltic-Sea-shipping-in-2023-2024.pdf>

Jalkanen, J.-P.; Fridell, E.; Kukkonen, J.; Moldanova, J.; Ntziachristos, L.; Grigoriadis, A.; Moustaka, M.; Frakou, E.; Tsegas, G.; Maragkidou, A.; Sofiev, M.; Hänninen, R.; Grönholm, T.; Palamarchuk, J.; Majamäki, E.; Winiwarter, W.; Gueret, S.; Sokhi, R. S.; Kumar, S.; Ozdemir, U. A.; Kolovoyiannis, V.; Zervakis, V.; Mazioti, A.-A.; Krasakopoulou, E.; Hassellöv, I.-M.; Hermansson, A. L.; Ytreberg, E.; Williams, I.; Hudson, M.; Zapata Restrepo L.; Hole, L. R.; Aghito, M.; Breivik, O.; Petrovic, M.; Gross, M.; Rodriguez-Mozaz, S.; Neophytou, M.; Monteiro, A.; Russo, M. A. Fotis Oikonomou, Gondikas, A.; Marcomini, A.; Giubilato, E.; Calgaro, L.; Jaakkola, J. J. K.; Shiue I.; Kiihamäki, S.-M.; Broström, G.; Hassellöv, M.; Kaitaranta, J.; Granberg M. and Magnusson, K. (2024b): EMERGE. Environmental Impacts of Exhaust Gas Cleaning Systems in the Baltic Sea, North Sea, and Mediterranean Sea Area. 181 pp. ISBN: 978-952-336-189-8 <https://doi.org/10.35614/isbn.9789523361898>.

Karle, I. M.; Turner, D. (2007): Seawater Scrubbing - reduction of SO<sub>x</sub> emissions from ship exhausts, Department of Chemistry, Göteborg University, AGS Office at Chalmers GMV; ISBN: 978-91-976534-1-1  
[https://research.chalmers.se/publication/106400/file/106400\\_Fulltext.pdf](https://research.chalmers.se/publication/106400/file/106400_Fulltext.pdf)

Marin-Enriquez, O.; Krutwa, A.; Behrends, B. (2021): Environmental Impacts of Exhaust Gas Cleaning Systems for Reduction of SOx on Ships – Analysis of status quo. Report compiled within the framework of the project ImpEx. TEXTE 83/2021, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/environmental-impacts-of-exhaust-gas-cleaning>

Marin-Enriquez, O.; Krutwa, A.; Behrends, B.; Fenske, M.; Spira, D.; Reifferscheid, G.; Lukas, M.; Achten, C.; Holz, I. (2023): Environmental Impacts of Discharge Water from Exhaust Gas Cleaning Systems on Ships. Final report of the project ImpEx. TEXTE 27/2023, Umweltbundesamt; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/environmental-impacts-of-discharge-water-from>

Schmolke, S.; Ewert, K.; Kaste, M.; Schöngäßner, T.; Kirchgeorg, T.; Marin-Enriquez, O. (2020): Environmental Protection in Maritime Traffic –Scrubber Wash Water Survey, TEXTE 162/2020, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/environmental-protection-in-maritime-traffic>

SeeUmwVerhV – See-Umweltverhaltensverordnung: Verordnung über das umweltgerechte Verhalten in der Seeschifffahrt, zuletzt geändert 2019; <https://www.gesetze-im-internet.de/seeumwverhv/BJNR137110014.html#BJNR137110014BJNG000700000>

Stegert, C.; Lorkowski, I.; Deichnik, K.; Marin-Enriquez, O. (unveröffentlicht): Modelling the scrubber water and pollutant distribution from shipping in the marine ecosystem of the North Sea and the Baltic Sea; Bericht im Rahmen des Ressortforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Veröffentlichung geplant Ende 2025)

Ytreberg, E.; Hansson, K.; Hermansson, A. L.; Parsmo, R.; Lagerström, M.; Jalkanen, J. P.; Hassellöv, I. M. (2022): Metal and PAH loads from ships and boats, relative other sources, in the Baltic Sea, Mar. Pollut. Bull., 182(June), DOI: [10.1016/j.marpolbul.2022.113904](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113904).

---

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)  
[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)  
[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

### Autorenschaft, Institution

Katharina Koppe und Ulrike Pirntke  
Umweltbundesamt

### Mit Unterstützung von

Octavio Marin-Enriquez und Christoph Stegert  
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

### DOI

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8020>

**Stand:** August/2025