

Wasserrechtlicher Erlaubnisantrag §§ 8 Abs. 1, 9 Abs. 1 Nr. 4, 10, 12 und 57 WHG i. V. m. § 2 IZÜV

FSRU Voslapper Groden Nord 2

**09 Geprüfte Alternativen
FSRU Wilhelmshaven GmbH**

30. August 2023

Kontakt

KERSTIN ZÜLCH
Senior Consultant Genehmigungs-
verfahren

M +49 173 4102391
E kerstin.zuelch@arcadis.com

Arcadis Germany GmbH
EUREF-Campus 10
10829 Berlin
Deutschland

WEITERE BETEILIGTE

Lena de Koning
Georg Fank (extern)

Antragsteller und Träger des Vorhabens

FSRU Wilhelmshaven GmbH
Emsstraße 20
26382 Wilhelmshaven

Ansprechpartner

Herr Raf Vermeyen
T +32 478 63 05 82
E raf.vermeyen@tes-h2.com
W www.tes-h2.com

Inhalt

9	Geprüfte Alternativen	4
9.1	Alternativen zur Einleitung von Wasser	4
9.2	Alternativen zur Vermeidung von organischem Bewuchs in den Seewassersystemen (Biofouling)	4
9.2.1	Seewasserbedarf und Notwendigkeit	4
9.2.2	Behandlung von Ballastwasser	4
9.2.3	Entstehung von Biofouling	5
9.2.4	Verfahren zum Verhindern von Biofouling, allgemein	5
9.2.5	Bewertung und Vorauswahl für den Einsatz auf der FSRU „Excelsior“	6
9.2.6	Biozidverfahren beim Betreiben von FSRU/Natriumhypochloritverfahren	7
9.2.7	An Bord vorhandenes System (MGPS)	8
9.2.8	Anwendung von Ultraschall	8
9.3	Ergebnis der Alternativenprüfung	8
9.4	Dokumentation Änderung	9

Abbildungen

Abbildung 1: Rohrzelle einer Chlor-Elektrolyseanlage zur Erzeugung von Natrium-Hypochlorit-Lösung aus verdünnter Salzlösung 7

Tabellen

Tabelle 1 Bewertung verschiedener antifoulingverfahren 6

9 Geprüfte Alternativen

9.1 Alternativen zur Einleitung von Wasser

Eine Alternative zur beantragten Einleitung von Wässern in die Jade ist nicht möglich. Das Gesamtverfahren ist auf die Nutzung von Meerwasser sowohl als Wärmeenergie als auch für Kühlzwecke ausgelegt. Durch die Meerwassernutzung als Wärmelieferant bei der Verdampfung LNG wird der Einsatz von Primärenergie, in diesem Fall verflüssigtes Erdgas, reduziert. Anderer Formen der Wärmeenergiegewinnung wie z.B. die Verwendung von elektrischem Strom mittels Landstrom scheidet schon wegen der fehlenden technischen Machbarkeit aus. Die FSRU ist nicht für eine Landstromanbindung ausgerüstet und zugelassen. Für eine Nachrüstung müssten neben der grundsätzlich technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit eine Vielzahl von Sicherheitsfragen geklärt werden. Die bestehenden international einzuhaltenden Bau- und Betriebsvorschriften für Gastankschiffe sehen eine solche Stromversorgung bisher nicht vor. Angesichts der Dringlichkeit des Vorhabens sieht die TdV derzeit von einer weiteren Prüfung ab.

9.2 Alternativen zur Vermeidung von organischem Bewuchs in den Seewassersystemen (Biofouling)

9.2.1 Seewasserbedarf und Notwendigkeit

Zum Betrieb der FSRU ist Seewasser an unterschiedlichen Stellen erforderlich:

- Regasifizierung von LNG als Wärmeträger im offenen und kombinierten Betriebsmodus
- Kühlsysteme bei der Energieerzeugung und anderen technischen Prozessen
- Frischwassererzeugung (Entsalzungsanlage)
- Ballastwassersystem
- Löschwassersystem
- Wasservorhang im Bereich der Gasverladearme (STS) zum Schutz vor Material Versprödung
- Ankerspülungen

Seewasser enthält neben Salzen und Feststoffen verschiedene Klein- und Kleinstorganismen wie z.B. Algen, Pflanzen, Muscheln und Seepocken. Diese Organismen können sich im Langzeitbetrieb an unterschiedlichen Stellen im System festsetzen und so zu Beeinträchtigungen bis hin zum Betriebsausfall einzelner Komponenten führen. Die seewasserführenden Systeme, die mit Meerwasser in Kontakt kommen, müssen daher wirkungsvoll gegen den organischen Bewuchs, sog. Biofouling geschützt werden.

Beim Betrieb der FSRU wird eine Vielzahl von verfahrenstechnischen Systemen und Anlagenteile benötigt und im Betrieb vom Seewasser durchströmt wie z.B. Pumpen, Ventile, Verteiler, Messeinrichtungen. Eines der wichtigsten Systeme sind die Wärmetauscher zum Verdampfen des LNG. Diese bestehen bei der FSRU Excelsior aus Rohrbündelwärmetauschern. Auf anderen FSRU werden aber auch Plattenwärmetauscher eingesetzt. Der Schutz dieser Anlagenteile ist elementar für den sicheren Betrieb der Gesamtanlage.

9.2.2 Behandlung von Ballastwasser

Im internationalen Schiffsverkehr wurden Vorschriften zur Ballastwasserbehandlung erlassen. Hintergrund ist der Schutz bestehender Ökosysteme insbesondere in Küsten- und Hafennähe vor dem Eintrag invasiver Arten. Die technischen Verfahren zur Behandlung von Ballastwasser können auch für den Schutz der Seewassersysteme im Allgemeinen genutzt werden. In der Regel gibt es daher ein gemeinsames System zum Schutz vor Biofouling und der Ballastwasserbehandlung.

9.2.3 Entstehung von Biofouling

Biofouling kann grundsätzlich an allen Stellen eines Schiffes auftreten, welche mit Meerwasser in Kontakt kommen. Besonders bekannt ist der Bewuchs an der Außenhülle von Schiffen der zur Erhöhung des Schiffswiderstandes und den Energieverbräuchen führt sowie bei der Verbreitung von invasiven Arten eine Rolle spielen kann.

Das Entstehen von Biofouling hängt sehr stark von den Umgebungsbedingungen und der Zusammensetzung des Meerwassers zusammen. Wichtige Parameter sind hierbei die Oberflächenstruktur (glatt, porös), der Salzgehalt und die Temperatur des Meerwassers, sowie der Gehalt an aquatischen Organismen und dem Nährstoffangebot. Je schneller und dichter ein Bewuchs erfolgt desto höher ist der sog. „Bewuchsdruck“. Gemessen wird dies mittels von Bewuchsplatten. In der Jade besteht ein hoher Bewuchsdruck. Der Bewuchsdruck in der Nordsee ist stark, in der Ostsee mäßig und in Binnengewässern schwach.

Der Bewuchs beginnt mit der Bildung eines Films aus Nährstoffen auf dem sich Bakterien ansiedeln. Es folgt eine Besiedlung von Mikroorganismen (Algen, Pilze, Wasserlebewesen). Hierbei entsteht ein sog. Biofilm, dies wird als Mikrofouling bezeichnet. Auf dem schleimigen Biofilm können sich dann größere Organismen ansiedeln (Makrofouling). Bei der Ansiedlung von kalkhaltigen Arten wie Muschen und Krebstiere wird von einem harten Bewuchs (engl. „hard fouling“), bei der Ansiedlung von Algen und Weichkorallen von einem weichen Bewuchs (engl. „soft fouling“) gesprochen.

9.2.4 Verfahren zum Verhindern von Biofouling, allgemein

Um den Bewuchs zu verhindern oder deutlich zu minimieren haben sich unterschiedliche, vorbeugende Verfahren entwickelt. Es kommen mechanische, physikalische, chemische Verfahren sowie Kombinationen daraus zum Einsatz. Ziel aller Verfahren ist die Ansiedlung von Organismen auf den Oberflächen zu erschweren bzw. zu verhindern oder den Bewuchs deutlich, auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Oftmals wird der Begriff „Antifouling“ verwendet.

Bekannt sind „Antifouling“ Beschichtungen für den Außenbereich des Schiffsrumpfs. Diese Beschichtungen enthalten in der Regel permanent toxische Stoffe (Biozide) welche die Ansiedlung verhindern. Zwischenzeitlich werden auch biozidfreie Beschichtungen aus Silikonbasis angeboten.

Die Verfahren müssen für den Einsatz auf See und der Behandlung von Meerwasser geeignet und gemäß den internationalen Vorschriften zugelassen sein. Hierbei sind insbesondere auch Sicherheitsaspekte im Umgang, der Lagerung und Entsorgung zu beachten.

Die Verfahren lassen sich grob aufteilen in:

1. Beeinflussung der Oberflächen und oberflächennahen Bereiche zur Verhinderung der Ansiedlung
 - Antifouling Beschichtung
 - Ultraschallerzeuger
2. Reduktion von Mikroorganismen im Meerwasser
 - Filterung und Abtrennung aus dem Wasserkörper
3. Abtötung und / oder Schädigung der Mikroorganismen
 - Biozide wie Chlor, Chlorverbindungen. Per(oxy) essigsäure
 - Bestrahlung mit UV-Licht
 - Oxidierung mittels Ozons
 - Bildung von Kupferionen mittels Kupferanoden

9.2.5 Bewertung und Vorauswahl für den Einsatz auf der FSRU „Excelsior“

Bei der Prüfung möglicher Verfahren sind die besondere Randbedingungen zu beachten. Hierbei wird auch auf die Erfahrungen von UNIPER im Rahmen des Zulassungsverfahrens zur Einleitung von Prozesswasser für die FSRU „Höegh Esperanza“ Bezug genommen. (vgl. hierzu Erläuterungsbericht zum Erlaubnisantrag der Uniper Global Commodities GmbH vom 28.09.2022). Wesentliche Rahmenbedingungen sind u.a.:

- Wirksamkeit in vergleichbaren Prozessen nachgewiesen (Wärmetauscher, Industrieanlagen)
- Nachweislich geeignet und erprobt für den maritimen Bereich
- Auf der vorhandenen FSRU nachrüstbar (z.B. Platz- und Energiebedarf, Ex- Schutz)
- Keine negativen Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der Anlage
- Geringe Umweltauswirkungen außerhalb der FSRU
- Wirtschaftlichkeit

Tabelle 1 Bewertung verschiedener antifoulingverfahren

	Verfahren	Wirksamkeit	Maritimer Einsatz möglich	Nachrüstbar	Einfluss auf Verfügbarkeit	Mögliche Umweltauswirkung	Wirtschaftlichkeit	Bemerkung
1	Antifouling Beschichtung	schlecht	ja	nicht möglich	schlecht	mittel	n.a.*	nicht geeignet innerhalb Rohrleitungen & Wärmetauscher, keine Alternative
2	Ultraschall	gut	ja	Ja	gut	niedrig	mittel	Einsatz in Kreuzfahrtschiffe und Industrieanlagen erprobt
3	Filterung	mittel	ja	schwer machbar	schlecht	niedrig	schlecht	hoher Schwebstoffgehalt erfordert hohen technischen Aufwand, Platzbedarf sehr hoch, hoher Unterhaltsaufwand, nur in Kombination möglich.
4	Elektrochlorierung Natriumhypochlorid	gut	ja	Nicht erforderlich	gut	mittel	gut	bisher verbautes System, wird abgeschaltet
5	UV-Licht	Mittel / schlecht	ja	schwer machbar	gut	niedrig	schlecht	kein Schutz der Seewasserbecken, Trübung beeinträchtigt Wirksamkeit, nicht als Einzellösung geeignet
6	Ozon	mittel	ja	schwer machbar	schlecht	niedrig	schlecht	sehr hoher technischer Aufwand, Wirksamkeit begrenzt
7	Kupferanoden	mittel	Ja	schwer machbar		mittel / schlecht	schlecht	sehr hoher technischer Aufwand, hohe Leistung erforderlich, geringe Antifouling Wirkung

*n.a. nicht anwendbar

9.2.6 Biozidverfahren beim Betreiben von FSRU/Natriumhypochloritverfahren

Bisher werden auf vergleichbaren FSRU in der Regel Systeme verwendet, welche den Einsatz von Bioziden erfordern. Diese Systeme haben sich technisch bewährt und arbeiten sehr zuverlässig. Eines der meistverwendeten Systeme ist die Chlorierung mittels Natriumhypochlorit.

Die Chlorierung wird seit mehr als 100 Jahren zur Trinkwasseraufbereitung eingesetzt. Im Gegensatz zu landgestützten Systemen wird jedoch auf Schiffen aus Sicherheits- und Transportgründen kein elementares Chlor zur Chlorierung verwendet. Durch das im Seewasser enthaltene Kochsalz (NaCl) kann mittels Elektrolyse eine Natriumhypochloritlösung hergestellt werden. Die Elektrolyseanlage lässt sich so steuern, dass die Konzentration an Natriumhypochlorit in einem definierten Bereich liegt. Die Konzentration, die dabei zur Anwendung kommt, liegt zwischen 0,1 bis 0,5 ppm. Höhere Konzentrationen sind für Leitungen schädlich, da sie zur Korrosion führen. Die Konzentration an Natriumhypochloritlösung wird über Sensoren und regelmäßigen Wasseruntersuchungen überwacht.

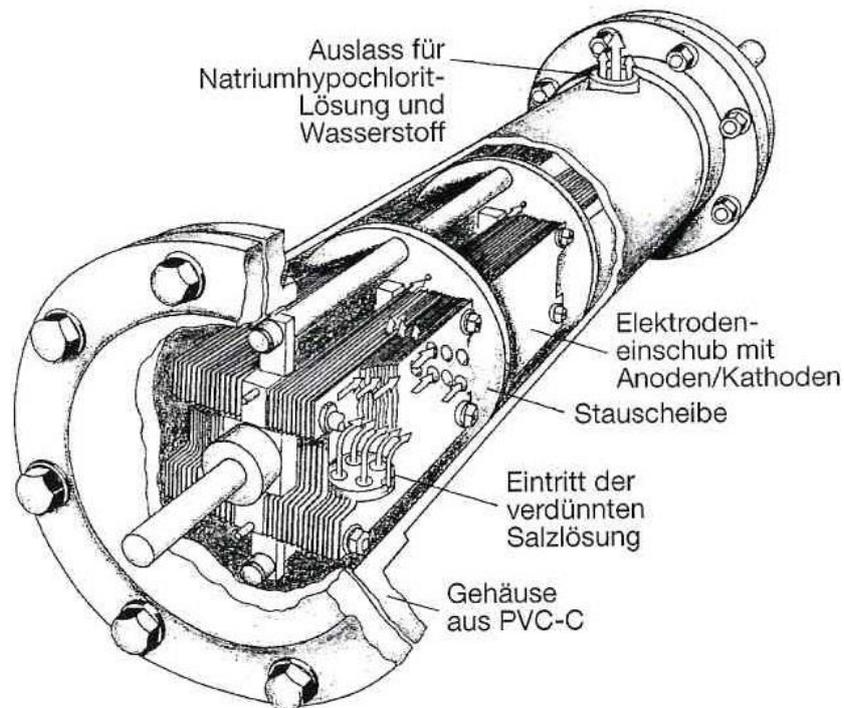


Abbildung 1: Rohrzelle einer Chlor-Elektrolyseanlage zur Erzeugung von Natrium-Hypochlorit-Lösung aus verdünnter Salzlösung

Die so erzeugte Natriumhypochlorit-Lösung wird über Rohrleitungen zu den Ansaugstellen für Seewasser (Seekästen) geleitet und kontrolliert beim Ansaugen von Seewasser in das Wasser eingedüst. Das Natriumhypochlorit reagiert direkt mit der Organik im Wasser und tötet diese ab. Die dabei entstehenden Nebenprodukte reagieren mit den Wasserinhaltsstoffen wie z.B. Brom zu weiteren Nebenprodukten und verlieren dabei zum Teil die Biozide Wirkung. Bestimmte Nebenprodukte haben selbst biozide Wirkungen, reagieren jedoch weiter und bauen sich dabei ab. Neben dem Abbau des Biozids kommt es z.B. bei der Erwärmung von Seewasser zur Ausgasung von Chlor, welches die Konzentration ebenfalls reduziert.

9.2.7 An Bord vorhandenes System (MGPS)

Derzeit ist auf der FSRU ein oben beschriebenes Natriumhypochloritverfahren installiert. Das System wird als MGPS (Marine Growth Protection System) bezeichnet. Die maximale Konzentration an Natriumhypochlorit und Nebenprodukten angegeben als Cl_2 beträgt bei dem verbauten System 0,15 mg Cl_2/l und steht im Einklang mit der DIN EN 20257-2.

Das System wird während des Betriebs der FSRU in Wilhelmshaven außer Betrieb gesetzt. Dazu wird das Biozidsystem an Bord vollständig isoliert und gesichert, um sicherzustellen, dass es während des Einsatzes der Excelsior in Wilhelmshaven außer Betrieb bleibt. Die Einlass- und Auslassventile werden isoliert und markiert (LOTO - Lock Out Tag Out) und die Anlage mit Frischwasser gefüllt. Die Stromversorgung wird abgeschaltet und die Sicherungen werden ebenfalls isoliert und markiert (LOTO).

Das eingeleitete Wasser ist daher nicht mit Bioziden belastet.

9.2.8 Anwendung von Ultraschall

Statt chemischen Bioziden wird ein Ultraschallverfahren eingesetzt.

Der Einsatz von Ultraschall zur Vermeidung von organischem Bewuchs in den Seewasserleitungen zum Betrieb der FSRU stellt die derzeit bestmögliche Technik dar und geht über den allgemeinen Stand der Technik hinaus. Zwar werden Ultraschallsysteme bereits in Schiffen eingesetzt, jedoch nach Kenntnis der TdV noch nie innerhalb einer FSRU.

Die möglichen Umweltauswirkungen beim Einsatz eines Ultraschallsystems werden im immissionsrechtlichen Genehmigungsantrag für die FSRU ausführlich beschrieben.

9.3 Ergebnis der Alternativenprüfung

Für die Einleitung von Wasser in die Jade gibt es keine Alternativen.

Bei der Auswahl des Verfahrens zur Vermeidung von organischem Bewuchs im Seewassersystem wurden Alternativen geprüft. Das ausgewählte Ultraschallverfahren ist nach den derzeit vorliegenden Informationen das Verfahren mit den geringeren Umweltauswirkungen und soll daher im BImSchG Verfahren beantragt werden und zum Einsatz kommen.

9.4 Dokumentation Änderung

Datum	Änderung	Rev
30.8.2023	Finale Antragsunterlagen für die Offenlegung	

Impressum

WASSERRECHTLICHER ERLAUBNISANTRAG
§§ 8 ABS. 1, 9 ABS. 1 NR. 4, 10, 12 UND 57 WHG I. V. M. § 2 IZÜV
FSRU VOSSLAPPER GRODEN NORD 2
09 GEPRÜFTE ALTERNATIVEN

AUFTRAGGEBER
FSRU Wilhelmshaven GmbH

AUTOR
Lena de Koning
Georg Fank (extern)

DATUM
30. August 2023

Über Arcadis

Arcadis ist das führende globale Planungs- und Beratungsunternehmen für die natürliche und die vom Menschen gestaltete Umwelt. Durch die weltweite Bündelung von lokalem Wissen und die Kombination unserer Expertise mit neusten digitalen Errungenschaften erzielen wir herausragende und nachhaltige Ergebnisse für unsere Kunden und deren Abnehmer. Wir sind 36.000 Menschen, die in mehr als 70 Ländern tätig sind und einen Umsatz von 4,2 Milliarden Euro erwirtschaften (basierend auf Pro-forma-Zahlen für das gesamte Jahr 2021). Wir unterstützen UN-Habitat mit Wissen und Expertise, um die Lebensqualität in schnell wachsenden Städten auf der ganzen Welt zu verbessern.

www.arcadis.com

Arcadis Germany GmbH

EUREF-Campus 10
10829 Berlin
Deutschland

T 030 767585900