

Genehmigungsantrag gem. §§ 4 und 10 BImSchG für die Errichtung und den Betrieb einer FSRU

3.1.3 Beschreibung FSRU-Wassersysteme FSRU Wilhelmshaven GmbH

15. September 2023

Kontakt

KERSTIN ZÜLCH
Senior Consultant
Genehmigungsverfahren

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

Arcadis Germany GmbH
EUREF-Campus 10
10829 Berlin
Deutschland

WEITERE BETEILIGTE
Lena de Koning

Inhalt

1	Vorbemerkung	4
2	Meerwasser für die Regasifizierung	4
3	Meerwasser für die Kühlsysteme	6
4	Meerwasser für die Frischwassererzeugung	8
4.1	Frischwasserkühlsystem	8
4.2	Frischwassererzeuger	8
4.3	Salzgehalt in der Sole der Frischwassergeneratoren	9
4.4	Einsatz von Ameroyal als Entkalkungsmittel	9
4.5	Ballastwasser	10
4.6	Bilgenwasser und Abwasser	10
4.7	Löschwassersystem	11
4.8	Spülwasser Seewassersystem Regasifizierung	11
4.9	Einlässe	12
4.10	Zusammenfassung der Einleitungsmengen aus der FSRU	12

Abbildungen

Abbildung 1: Blockfließbild FSRU Systeme	4
Abbildung 2: Position Auslässe FSRU	14
Abbildung 3: Lage der Emissionsauslässe	14

Tabellen

Tabelle 1: Betriebsmodi des Regasifizierungsprozesses	5
Tabelle 2: Übersicht Einlässe	12
Tabelle 3: Übersicht Einleitungsmengen	13
Tabelle 4: Koordinaten und Rohrgröße Auslässe	15

1 Vorbemerkung

Für den Betrieb wird ein Antrag auf Erlaubnis zur Einleitung von Ab- und Prozesswässern aus der FSRU in die Jade gemäß § 8 WHG in Verbindung mit § 57 WHG und der IZÜV (Industriekläranlagen-, Zulassungs- und Überwachungsverordnung) beantragt bei der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN).

Es findet keine wesentliche chemische Behandlung des Meerwassers statt. Durch den Einsatz eines Ultraschallsystems zur Verhinderung von organischem Bewuchs des verzweigten Seewassersystems (z.B. durch Muscheln und Seepocken, sog. „Biofouling“) kann auf den Einsatz von Bioziden wie eine Chlorierung vollständig verzichtet werden. Das Biozidsystem an Bord wird 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). Die Verwendung sehr geringer Mengen an stark verdünntem Kaliumhydroxid, nicht wassergefährdend, als Entkalkungsmittel (Handelsname Ameroyal) im Wasserstrom Auslass 7 "Frischwassererzeuger Auslass" führt zu keiner wesentlichen Veränderung des Meerwassers. Die Temperaturänderung des Wassers stellt somit die einzig, wesentlich zu betrachtende Veränderung des eingeleiteten Wassers dar.

2 Meerwasser für die Regasifizierung

Das Heizmedium für die Regasifizierung des tiefkalten, flüssigen Erdgases (LNG) ist Meerwasser, sofern die Meerwassertemperatur über 5,5°C liegt. Ist die Meerwassertemperatur ausreichend hoch, wird es als Heizmedium im Open-Loop-Modus (offener Kreislauf) direkt zum Verdampfer geführt. Reicht die Meerwassertemperatur nicht aus für die Regasifizierung, wird die entsprechend zusätzlich benötigte Wärme durch erdgasbetriebene Dampferzeuger an Bord der FSRU bereitgestellt. Dies ist der Fall im Closed-Loop (geschlossener Kreislauf) und Combined-Loop (kombinierter Modus). Die Regasifizierung wird in diesen drei Modi betrieben, die sich nach der Meerwassertemperatur und anderen standortbedingten Bedingungen richten. Der Bediener wählt die Betriebsart für die Regasifizierung manuell über das integrierte Automatisierungssystem aus.

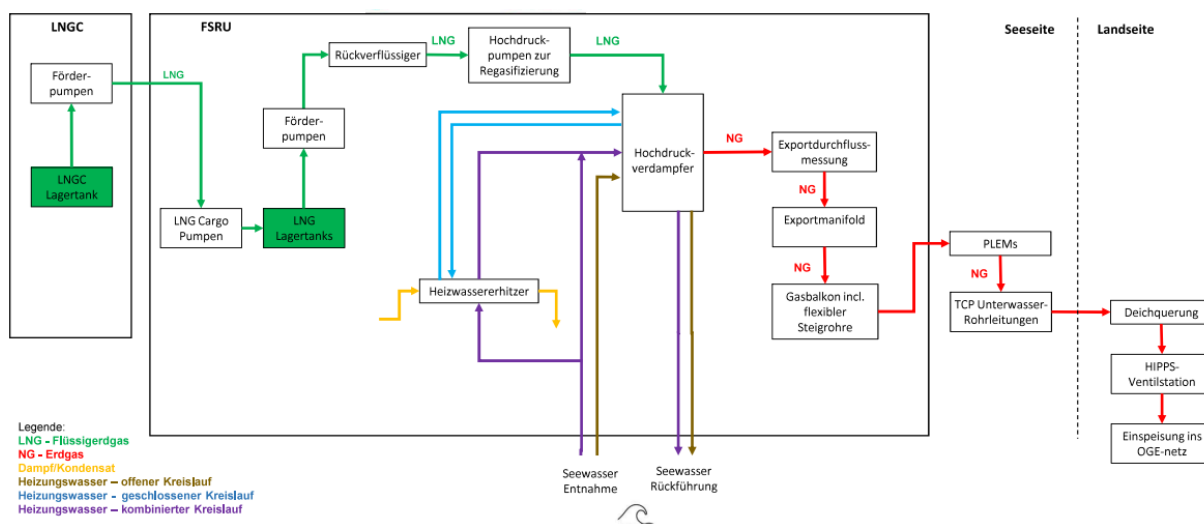


Abbildung 1: Blockfließbild FSRU Systeme

Die Mindesttemperatur des Heizwassers am Verdampferaustritt sollte höher als 5,5°C sein, um eine Vereisung des Heizwassers in allen Betriebszuständen zu verhindern. Die Heizwassertemperatur am Verdampfereintritt sollte mindestens 14,7°C betragen, um den Nenndurchsatz zu erreichen. Bei Heizwassereintrittstemperaturen von weniger als 14,7°C wird die Verdampferleistung durch das Regelsystem reduziert, um eine Mindestaustrittstemperatur des Erdgases von 4,4°C und eine Heizwasser-Austrittstemperatur von 5,5°C einzuhalten. Je nach Anforderungen des Gasnetzbetreibers kann die Mindestaustrittstemperatur des Erdgases auch höher ausfallen. Derzeit wird von 8 °C ausgegangen.

Die Heizwasseraustrittstemperatur an der gemeinsamen Austrittsleitung ist eine gemischte Heizwassertemperatur aus dem LNG- und dem Erdgas-Teil des Verdampfers. Der Verdampfer arbeitet auf der LNG-Seite im Gleichstromprinzip, um das kälteste LNG direkt mit dem wärmsten Heizwasser zu erwärmen und damit ein Einfrieren zu verhindern. Auf der Erdgas-Seite (NG) wird im Gegenstromprinzip geheizt, um eine maximale Wärmetransferrate zu ermöglichen. Im Allgemeinen hat der Heizwasseraustritt auf der LNG-Seite eine niedrigere Temperatur als auf der Erdgasseite. Die Verdampfer sind stets mit vollem Heizwasserdurchfluss von 1.000 m³/h im "kalten" LNG-Teil und 800 m³/h im "warmen" NG-Teil zu betreiben (Minimum). Der volle Durchfluss im unteren "kalten" Teil ist besonders kritisch, um ein Einfrieren zu verhindern.

Konstruktionsbedingt wird in allen Betriebsarten ein minimaler Heizwasserdurchfluss von ca. 1.800 m³/h und ein maximaler Heizwasserdurchfluss von ca. 8.975 m³/h zu jedem in Betrieb befindlichen Verdampfer eingehalten, unabhängig von der Heizwassereintrittstemperatur oder der Verdampferdurchsatzleistung. Der minimale Heizwasserdurchfluss zu jedem Verdampfer ist so ausgelegt, dass die Vereisung eines Verdampfers vermieden wird.

Entsprechend der oben genannten Begrenzung der Heizwassertemperatur am Austritt des Verdampfers werden 3 Betriebsarten des Regasifizierungsprozesses definiert (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Betriebsmodi des Regasifizierungsprozesses

Seewassertemperatur	Betriebsmodi	Beschreibung
14,7°C oder höher	Open-Loop-Modus	Die erforderliche Wärmemenge wird ausschließlich aus dem Seewasser entnommen.
Weniger als 5,5°C	Closed-Loop-Modus	Die erforderliche Wärmemenge wird ausschließlich durch die Dampferzeuger bereitgestellt.
Zwischen 5,5°C und 14,7°C	Kombinierter Modus	Ein Teil der erforderlichen Wärmemenge wird aus dem Seewasser entnommen, die restliche Wärme wird über die Dampferzeuger bereitgestellt.

Ausgehend von den durchschnittlichen Meerwassertemperaturen werden die folgenden Zeiträume für die 3 Modi festgelegt:

Liegt die Seewassertemperatur unter 5,5°C wird die Regasifizierung im geschlossenen Kreislauf betrieben. Im geschlossenen Kreislauf wird für den Regasifizierungsprozess kein Seewasser aus der Jade entnommen bzw. in die Jade eingeleitet. Der Seewasserkreislauf ist in diesem Betriebsmodus geschlossen und das Wasser wird mithilfe von Dampf erwärmt.

Für den offenen und kombinierten Kreislauf wird Meerwasser aus der Jade entnommen und nach der Wärmeabgabe in den Regasifizierungs-Modulen wieder zurückgeführt. Dies erfolgt über den **Auslässe 1 und 2 „LNG-Regasifizierung SW-Auslass“** Backbord und Steuerbord. Die Auslässe haben jeweils einen Durchfluss von ca. 1.800 bis 8.975 m³/h. Es können ein oder beide Auslässe verwendet werden. Bei Verwendung von zwei Auslässen ist der Durchfluss pro Auslass geringer. Im Durchschnitt wird ein Durchfluss von 6.250 m³/h aus beiden Auslässen erwartet. Dies ist ein durchschnittlicher Durchfluss von 12.500 m³/h zusammen. Das ins Meer abgegebene Seewasser weist eine um maximal 9 K reduzierte Temperatur im Vergleich zur Entnahme auf.

Ausgehend von den durchschnittlichen Meerwassertemperaturen werden die folgenden Zeiträume für die 3 Modi festgelegt:

Tabelle 2: Bestimmung des Modus pro Monat auf der Grundlage der durchschnittlichen Wassertemperatur in Wilhelmshaven.

Monat	durchschnittliche Meerestemperatur		Modus
	Quelle 1	Quelle 2	
Januar	3	4	geschlossenen Kreislauf
Februar	3	3	geschlossenen Kreislauf
März	4,8	4	geschlossenen Kreislauf
April	9,2	8	Kombinierten Modus
Mai	14,1	12	Kombinierten Modus
Juni	17,2	16	offenen Kreislauf
Juli	19,1	18	offenen Kreislauf
August	19,5	19	offenen Kreislauf
September	16,9	17	offenen Kreislauf
Oktober	11,8	13	kombinierten Modus
November	8,1	9	kombinierten Modus
Dezember	4,1	6	geschlossenen Kreislauf

*Quelle 1: Jade Bay Helgolandkai (1998-2005). Quelle 2: Wilhelmshaven (www.wassertemperatur.or).

3 Meerwasser für die Kühlsysteme

Neben den Einsatz als Wärmeträgermedium für die Regasifizierung wird das angesaugte Seewasser auf der FSRU zudem zur Kühlung innerhalb des Dampfkreislaufes der beiden Dampferzeuger verwendet. Die Rohrleitungs- und Instrumentierungsdiagramme sind im Anhang zu finden.

Das Meerwasser wird über die oberen und unteren Seekästen angesaugt. Das MGPS-System (rosa Linien in die P&IDs), welches mit Natriumhypochloritlösung arbeitet, ist außer Betrieb gesetzt und wird während die FSRU in Wilhelmshaven liegt, nicht betrieben. Die Seekästen, die Seewasserleitungen und alle seewassergekühlten Kondensatoren werden durch das Ultraschall-Antifouling-System von Hasytec gegen Biofouling geschützt. Die Systembeschreibung des Ultraschallsystems findet sich in Kapitel 3.1.4 dieses Antrags

Wie aus dem Hauptmeereswasserkreislauf-P&ID hervorgeht, saugen die drei Hauptpumpen für die Seewasserzirkulation Seewasser aus den oberen oder unteren Seekästen im unteren Bereich des Maschinenraums an und versorgen den Hauptkondensator und den atmosphärischen Kondensator mit Meerwasser. Welcher der Seekästen zum Ansaugen des Seewassers verwendet wird, bestimmt sich durch den Tiefgang des Schiffes. Die drei Pumpen sind vertikale, elektrisch angetriebene Kreiselpumpen (Kapazität 7.400/3.700 m³/h). Der Hauptkondensator und der atmosphärische Kondensator sind horizontale Rohrbündelwärmetauscher, bei denen das Seewasser durch die Rohre fließt. Kleinere Lecks im Hauptkondensator können mit Sägemehl abgedichtet werden. Eine Sägemehl Einblasvorrichtung ist für diesen Zweck vorgesehen. Der Sägemehlkasten wird mit Sägemehl und Wasser aus dem Seewassersystem gefüllt.

Der Abfluss von Kühlwasser mit einer Menge von 7.400/3.700 m³/h (je nach Betriebsmodus), das zur Kondensation von Dampf im Hauptkondensator verwendet wird, erfolgt über das Ventil CW027 und wird als **Auslass 3 "Hauptkondensator Auslass"** bezeichnet. Das ins Meer abgegebene Seewasser weist eine um maximal 10 K erhöhte Temperatur im Vergleich zur Entnahme auf.

Für den Hauptkondensator wird regelmäßig oder bei Bedarf kurzzeitig eine Rückspülung durchgeführt, um die um die im Kondensator angesammelten Schalen und andere feste Bestandteile aus dem Meerwasser zurück zu spülen und so die Effizienz des Kondensators zu verbessern. Diese

Rückspülung erfolgt mit Seewasser mit einem Durchfluss von ca. 5.000 m³/h für ca. 30 Minuten. Das Wasser wird dann über das Ventil CW018 (**Auslass 4 "Hauptkondensator Rückspülung"**) über Bord abgelassen. Eine Abtrennung der aus dem Seewasser angesammelten Muschelschalen und anderen festen Bestandteile erfolgt dabei nicht. Das ins Meer abgegebene Seewasser weist eine um maximal 7 K erhöhte Temperatur im Vergleich zur Entnahme auf.

Die Häufigkeit der Rückspülung hängt von der Qualität des Seewassers ab. Aus den Betriebserfahrungen des Vercharterers der FSRU an anderen Terminals kann der Reinigungsintervall zwischen weniger als einmal pro Jahr und einer täglichen Reinigung liegen. Da hierzu noch keine Betriebserfahrungen in Wilhelmshaven vorliegen wird im Antrag von einer täglichen Rückspülung ausgegangen.

Eine schädliche Gewässeränderung ist durch das Wiedereinbringen der Schalen und übrigen Feststoffe aus der Rückspülung des Hauptkondensators in das Seewasser nicht zu erwarten.

Der Abfluss von Kühlwasser mit einer Menge von 3.700 m³/h, das zur Kondensation von Dampf im Atmosphärische Kondensator verwendet wird, erfolgt über das Ventil CW028 und wird als **Auslass 5 "Atmosphärischer Kondensator Auslass"** bezeichnet. Der atmosphärische Kondensator wird nur im Fall einer Wartung oder eines Ausfalls des Hauptkondensators verwendet. Das ins Meer abgegebene Seewasser weist eine um 9 bis um maximal 10 K erhöhte Temperatur im Vergleich zur Entnahme auf. Der atmosphärische Kondensator hat eine viel geringere Kühlleistung gegenüber dem Hauptkondensator. Dadurch ergibt sich eine höhere mittlere Temperaturerhöhung des Seewassers gegenüber dem Hauptkondensator. Der atmosphärische Kondensator wird nur bei minimaler Hotellast verwendet.

Wasser für Kühlzwecke anderer Systeme

Andere Systeme, die Seewasserkühlung benötigen, sind:

- die Vakuumpumpenkühler des Hauptkondensators Nr. 1 und Nr. 2
- Zentrale Frischwasserkühler Nr. 1 und Nr. 2 (Plattenbauweise, 1 in Betrieb, 1 in Bereitschaft)
- Sägemehlbehälter des Hauptkondensators

Diese werden von den zwei Hauptkühlseewasserpumpen versorgt. Dies ist auf dem Seewasser-Kühlsystem P&ID dargestellt. Es handelt sich um zwei vertikale, elektrisch angetriebene Kreiselpumpen, von denen eine normalerweise in Betrieb und die andere in Bereitschaft ist (Kapazität 940 m³/h). Das Seewasser wird von einer gemeinsamen Versorgungsleitung angesaugt, die von der oberen Seekiste auf der Backbordseite zur unteren Seekiste auf der Steuerbordseite verläuft. An jeder Seekiste befindet sich eine ferngesteuerte schiffsseitige Absperrklappe, durch die das Seewasser in einen Simplex-LeitungsfILTER gelangt. Jeder Seekasten hat ein Entlüftungsventil, das normalerweise geöffnet bleibt, so dass der Kasten jederzeit geflutet ist. Bei diesem Filter handelt es sich **nicht** um einen Filter mit Rückspülung. Rückspülfilter sind nicht an Bord des FSRU installiert. Wenn die Filter gereinigt werden müssen, wird dies manuell durchgeführt. Die Auslassklappe an jedem Filter ermöglicht es, die Einheit zu isolieren und regelmäßig zu reinigen. Die Häufigkeit der Reinigung hängt von der Qualität des Wassers ab. Filterrückstände werden gesammelt und als Betriebsabfall entsorgt.

Nachdem das Wasser die zentralen Frischwasserkühler und Vakuumpumpenkühler des Hauptkondensators passiert hat, wird es über ein ferngesteuertes schiffsseitiges Ventil CW103 über Bord abgelassen. Dies ist der **Auslass 6 "Kühlwasser Auslass"** mit einer Menge von 940 m³/h. Das abgegebene Seewasser weist eine um maximal 6 K erhöhte Temperatur im Vergleich zur Entnahme auf.

4 Meerwasser für die Frischwassererzeugung

4.1 Frischwasserkühlsystem

Das zentrale Frischwasserkühlsystem ist ein geschlossenes System, das den gesamten Maschinenraum mit frischem Kühlwasser versorgt. Die Betriebspumpe leitet das Kühlwasser in das Rohrleitungssystem, das die folgenden Einheiten mit Kühlwasser versorgt:

- Kesselwasserprobenkühler
- Schmierstoff-/Ölkühler für die Hauptturbine (2 Einheiten)
- Schmierstoff-/Ölkühler für die Hauptspeisewasserpumpe (2 Einheiten)
- Kondensator der Inertgas -Kühleinheit
- Kühler der Inertgas-Trocknungsanlage
- Proviantkühlanlagen (2 Einheiten)
- Turbinengenerator Schmierstoff-, Öl- und Luftkühler (3 Einheiten)
- Dieselgenerator Schmierstoff-, Öl- und Luftkühler
- Abflusskühler
- Klimagerät für den Schaltanlagenraum
- N2-Generator-Kompressor
- Klimagerät für Werkstatt
- Etc.

Als Kühlmedium für die Frischwasserkühler wird Meerwasser verwendet, das, wie oben beschrieben, von die Hauptkühlseewasserpumpen bereitgestellt wird.

4.2 Frischwassererzeuger

In der FSRU sind zwei Frischwassererzeuger (auch Generatoren genannt) eingebaut, welche durch Destillation Frischwasser ("Süßwasser") erzeugen können. Der Betrieb und die Leistung der Frischwassererzeuger hängt von der Seewassertemperatur und -qualität ab.

Die beiden Seewasserspeisepumpen saugen Seewasser aus der gemeinsamen Versorgungsleitung an und versorgen so jeden der beiden Frischwassergeneratoren. Bei der Destillation findet in den Frischwassergeneratoren nur eine partielle Verdampfung des Meerwassers statt, so dass ein zweiphasiges Gemisch aus Wasserdampf und flüssigem Wasser vorliegt. Die flüssige, mit Salz angereicherte Phase (Sole) wird aus den Frischwassergeneratoren über den **Auslass 7 "Frischwassererzeuger Auslass"** mit einer erhöhten Temperatur in die Jade abgeleitet mit einer Gesamtmenge von ca. 1.030 m³ / Tag. Das Destillat wird in die Frischwassertanks zur weiteren Verwendung gepumpt. Die Frischwassertanks können auch extern per Versorgungsschiff befüllt werden, falls ein Betrieb der Frischwassererzeuger nicht möglich ist oder zeitweise ein erhöhter Bedarf an Frischwasser besteht.

Der Betrieb der beiden Frischwassererzeuger erfolgt bedarfsorientiert nach dem Füllstand der Frischwassertanks. Es ist in der Regel jeweils nur ein Frischwassergenerator in Betrieb, es können auch beide Erzeuger gleichzeitig betrieben werden. Die beiden Frischwassergeneratoren haben eine maximale technische Kapazität von je 60 Tonnen Destillat pro Tag, in Summe 120 Tonnen pro Tag.

Die maximale, technische Kapazität der Erzeuger ist abhängig von der Seewassertemperatur und kann nur bei einer Seewassertemperatur von ca. 33°C erreicht werden. Bei niedrigeren Temperaturen, wie diese in der Jade zu erwarten sind, ist die Leistung bezogen auf die Destillatmenge geringer. Der durchschnittlich zu erwartende Frischwasserbedarf der FSRU liegt bei weniger als 1.800 t/Monat bzw. weniger als 60 t/d und damit unter 50% der maximalen Kapazität.

Die beiden Frischwassererzeuger sind in der Leistung gleich, die Einleitmenge an Sole und die Salzkonzentration unterschieden sich jedoch durch die leicht unterschiedliche Bauweise, vgl. P&IDs Meeresswassersysteme im Anhang.

Der Frischwassergenerator 1 (FWG 1) ist als "2 Stage Flash" Typ ausgeführt. Die Destillation ist 2-stufig ausgeführt (2 Stage = 2-stufig). Das Seewasser wird in einen separaten Wärmetauscher

(Freshwater heater) mithilfe von Heißdampf erwärmt. Die Kondensation des Destillats erfolgt über das zugeführte Seewasser im Destillatkühler. Es wird kein zusätzliches Kühlwasser zur Kondensation des Destillats benötigt. Der Seewasserbedarf liegt bei ca. 960 t/d für die Erzeugung von 60 t Destillat. Es fallen somit maximal 900 t an Sole pro Tag an. Der FWG 1 wird im Regelbetrieb vorrangig eingesetzt.

Der Frischwassergenerator 2 (FWG 2) ist als "Double Effect submerged tube" Type ausgeführt. Die Destillation erfolgt ebenfalls 2-stufig. Der Wärmetauscher ist in den Generator integriert und befindet sich im unteren Teil ("submerged" = eingetaucht). Der Wärmetauscher wird mit Heißdampf betrieben. Für die Kondensation des Destillats wird Kühlwasser aus dem Kühlswassersystem benötigt. Der Seewasserbedarf für den FWG 2 liegt bei ca. 192 t/d für die Erzeugung von 60 t Destillat. Es fallen somit maximal 132 t an Sole pro Tag an. Der FWG 2 wird im Jahresmittel in ca. 10% der Zeit zusammen mit dem FWG 1 betrieben, falls der Frischwasserbedarf dies erforderlich macht.

Die vom Hersteller angegebene, maximale, technische Kapazität von je 60 Tonnen/ Tag bezieht sich auf eine Seewassertemperatur von 33°C und eine maximale Soletemperatur von ca. 55,5 °C. Die maximale Temperaturerhöhung des Seewassers im Sommerbetrieb ist somit 22,5 K. Da im Sommerbetrieb die höchsten Einleittemperaturen zu erwarten sind, wird diese Temperaturerhöhung zu Grunde gelegt. Es ist nicht zu erwarten, dass in der Jade so hohe Seewassertemperaturen im Sommer auftreten. Im Monatsmittel liegen die Wasserhöchsttemperaturen bei ca. 19 – 20 °C. Daraus ergibt sich eine Sole- bzw. Einleittemperatur von ca. 42 °C. Auch bei höheren Wassertemperaturen als 20 °C sind keine wesentliche Umweltauswirkung zu erwarten. Durch die relativ geringe Einleitmenge im Verhältnis zum Wasserkörper und die vorhandene Strömung kommt es bei der Einleitung der Sole zu einer schnellen Durchmischung mit dem kälteren Seewasser.

4.3 Salzgehalt in der Sole der Frischwassergeneratoren

Bei der Destillation des Seewassers verbleibt das darin enthaltene Meersalz fast ausschließlich in der Sole. Die Salzkonzentration in der Sole erhöht sich im Verhältnis zum Verdampfungsfaktor bzw. dem Anteil an Destillat. Bei dem FWG 2, mit dem höchsten Verdampfungsfaktor, hat die Sole einen ca. 1,45-fachen, höheren Salzgehalt als das Eingangswassers. Dies entspricht einer Erhöhung von ca. 3% auf 4,4% Salzgehalt des Meerwassers. Die im Vorhabengebiet im Rahmen der Projektplanung gemessenen Salzgehalte liegen zwischen 2,74% und 3%. Für den FWG 1, mit dem geringeren Verdampfungsfaktor erhöht sich die Salzkonzentration etwa um den Faktor 1,07, von ca. 3% auf 3,2%. Durch die relativ geringe Einleitmenge im Verhältnis zum Wasserkörper, die nur geringe Erhöhung des Salzgehaltes und die vorhandene Strömung kommt es bei der Einleitung der Sole zu einer schnellen Durchmischung mit dem Seewasser. Wesentliche Umweltauswirkungen sind deshalb nicht zu erwarten.

4.4 Einsatz von Ameroyal als Entkalkungsmittel

Wenn die Frischwassererzeuger in Betrieb sind, wird Ameroyal (Handelsname) als Entkalkungschemikalie in die Seewasserversorgung der Frischwassergeneratoren kontinuierlich in geringer Menge eingespeist, vgl. hierzu die Darstellung der Chemikalieneinspritzanlage in „P&IDs Meereswassersysteme“ im Anhang. Kesselstein bildende Mineralien werden somit suspendiert und mit der über Bord geleiteten Sole aus dem Verdampfer abgeführt. Kesselsteinablagerungen führen zu einem erhöhten Energiebedarf bei der Destillation und können langfristig zu Schäden im Frischwassersystem führen.

Ameroyal ist eine wässrige, basische Mischung, die als nicht wassergefährdend eingestuft ist. Der Kaliumhydroxidgehalt (KOH) beträgt 0,5 Gew.% im Ameroyal. Daneben sind polymere Salze (Polymaleinsäure/Maleinsäuresalz-Gemisch) mit 1 – 2 Gew.% und Polyalkylenglykol mit weniger als 1% enthalten. Polyalkylenglykol ist wegen der geringen Konzentration nicht im Sicherheitsdatenblatt aufgeführt. Kaliumhydroxid, Maleinsäuresalz und Polyalkylenglykol sind als Einzelstoffe jeweils der Wassergefährdungsklasse 1 zugeordnet. Das Sicherheitsdatenblatt für Ameroyal ist im Kapitel 3.5 beigefügt.

Die vom Hersteller empfohlene Menge an Ameroyal mit 0,5 Gew. % KOH liegt bei 0,03 Liter / Tonne Destillat. Bei 120 Tonnen Destillat / d beträgt der empfohlene Bedarf an Ameroyal somit 3,6 Liter

l/Tag. Bezogen auf die maximale Gesamteinleitmenge von ca. 1.030 m³ / Tag Sole beträgt der Verdünnungsfaktor an Ameroyal ca. 1: 285.000. Die maximale Einleitung an Kaliumhydroxid (KOH) beträgt ca. 0,018 kg/d. Die maximal, zu erwartenden Konzentrationen in der Sole (FWG 2) sind: Kaliumhydroxid (KOH) < 0,07 ppm (parts per million), polymere Salze: < 0,27 ppm, Glykol < 0,14 ppm. Durch die Einstufung als nicht wassergefährdender Stoff, die sehr geringen Mengen und Konzentrationen sind wesentliche Umweltauswirkungen durch die Verwendung des Entkalkungsmittels Ameroyal nicht zu erwarten.

4.5 Ballastwasser

Der Tiefgang der FSRU muss wegen der Schiffsstabilität in einem festgelegten Bereich liegen. Beim Laden von LNG erhöht sich der Tiefgang. Zum Ausgleich wird ca. 5 Mio. m³/Jahr Wasser aus Ballasttanks der FSRU abgelassen. Beim Verdampfen von LNG und der Förderung des Erdgases in das Transfersystem reduziert sich dagegen der Tiefgang. Zum Ausgleich wird Wasser angesaugt und in die Ballasttanks eingeleitet. Die Systemkomponenten der Ballastwasseranlage werden durch das Ultraschallsystem vor Bewuchs weitgehend geschützt. Das Ballastwasser kann sowohl auf der Backbord- als auch auf der Steuerbordseite abgeleitet werden. Eine relevante Temperaturveränderung findet nicht statt.

Das Ballastieren geschieht während dem Aussenden von LNG. Beim Beladen mit LNG wird De-Ballastiert. Die Aufnahme von Ballastwasser geschieht nicht kontinuierlich, sondern ca. 2-3 pro Tag, da die Pumpenleistung höher ist als die stündliche Entsendeleistung. Die maximale Stundenleistung beträgt 5.000 m³/h, bezogen auf eine Pumpe in Betrieb. Die Pumpe läuft nur ca. 3 Stunden pro Tag. Die maximale Tagesleistung beträgt deshalb 15.000 m³ /Tag und ist bezogen auf die maximal mögliche Verdampfungsleistung von 690 MMSCD. Bezogen auf die Beladezeit wird nur in ca. 70% der Zeit im Jahresmittel ballastiert, dadurch reduziert sich die Jahresmenge des Ballastwassers und beträgt ca. 2,85 Mio. m³/ Jahr.

4.6 Bilgenwasser und Abwasser

Es wird kein Bilgenwasser in die Jade eingeleitet. Die Bilgenüberbordleitung wird in den Bilgenverdampfertank umgeleitet, während die FSRU vor Wilhelmshaven liegt. Die Entsorgung erfolgt über entsprechende Ver- und Entsorgungsschiffe.

Die FSRU wird so betrieben, dass die Absalzung der Dampfkessel und der Niederdruck-dampferzeuger (LPSG) in den „aft peak Tank“ geleitet werden, anstatt über Bord zu gehen, wie es bei herkömmlichen Schiffskesseln der Fall ist. Die Entsorgung erfolgt über entsprechende Ver- und Entsorgungsschiffe.

Ein Fließschema des Bilgensystems ist im Anhang 3 des Kapitels 10 "Abwasser" dieses Antrags zu finden.

Sonstige Abwässer, wie auch Grau- und Schwarzwasser, werden innerhalb der FSRU gesammelt und der Entsorgung über entsprechende Ver- und Entsorgungsschiffe zugeführt. Es findet keine Einleitung in die Jade statt.

Die auf der FSRU eingebaute Kläranlage verarbeitet das gesamte Grau und Schwarzwasser um die MARPOL – Vorschriften zu erfüllen. Die Kläranlage ist vom Hersteller SCIENCO/FAST Modell D-5VM (7656 L/Tag). Alle Abflüsse aus dieser Kläranlage werden in geeigneten Auffangeinrichtungen gesammelt und per Barge entsorgt.

Ein Referenzdokument des Systems "Marine Fast" ist im Anhang 1 des Kapitels 10 "Abwasser" dieses Antrags zu finden.

4.7 Löschwassersystem

Zur Brandbekämpfung in Notfällen ist die FSRU mit verschiedenen auf Seewasser basierenden Löschsystemen (mit Löschwasserpumpen) ausgestattet, die z.B. die Löschwasserhydranten und Sprühwassersysteme versorgen. Das Löschwassersystem wird in einem Intervall von 2 Wochen getestet, um die Funktionalität des Systems sicherzustellen. Die Tests dauern jeweils bis zu ca. 1 Stunde.

Seewasser wird auch aus dem Löschwassersystem entnommen, um Wasservorhänge zu erzeugen. Wenn LNG mit den Schiffswänden in Berührung kommt, könnten die niedrigen Temperaturen (ca. -160°C) das Material verspröden, was zu Leckagen führen kann. Aus diesem Grund werden beim FSRU-Betrieb während der LNG-Beladung Wasservorhänge zum Schutz der Schiffswände eingesetzt. Die Auslässe der Wasservorhänge sind sowohl an Backbord als auch an Steuerbord vorhanden und werden nur beim Laden von LNG mit einem Durchfluss von 120 bis 500 m^3/h genutzt. Eine relevante Temperaturveränderung findet nicht statt.

Um einen Druckanstieg im Löschwassersystem zu vermeiden, wird überschüssiges gepumptes Seewasser durch die Ankerkettenöffnungen abgeleitet, auch Ankerspülung genannt. Auch hier findet keine relevante Temperaturänderung statt.

4.8 Spülwasser Seewassersystem Regasifizierung

Im offenen und kombinierten Modus werden die Wärmetauscher der Regasifizierung ganz oder teilweise mit Meerwasser umströmt, welches aus der Jade entnommen wird. Im Betriebsmodus „geschlossener Betrieb / closed Loop“ wird die notwendige Energie zum Verdampfen des LNG nicht mehr aus dem Meerwasser entnommen, sondern vollständig über die beiden Dampferzeuger bereitgestellt. Bei der Umstellung auf den geschlossenen Modus wird kein Meerwasser mehr angesaugt. Das im System befindliche Wasser wird nunmehr im Kreislauf gefahren. Da es sich hierbei um das gleiche System wie bei offenem oder kombiniertem Modus handelt befindet sich bei der Umstellung noch Meerwasser im System. Aus technischen Gründen ist es notwendig im geschlossenen Kreislauf, den Salzgehalt des Prozesswassers auf unter 0,01% (entspricht 0,1 PSU) zu bringen. Dazu wird das System mit Frischwasser gespült bis der Salzgehalt unter 0,01% liegt. Bei der Spülung wird das Spülwasser über die bestehenden Seewasserauslässe der Regasifizierung (A-1 und A-2) in die Jade geleitet.

Der Spülvorgang dauert bis zu 60 h. Insgesamt werden pro Spülvorgang ca. 1.000 m^3 an Frischwasser benötigt und eingeleitet. Dies entspricht etwa einem durchschnittlichen Volumenstrom von ca. 17 m^3/h . Die Umstellung auf den geschlossenen Betrieb / Closed Loop erfolgt je nach Umgebungsbedingungen und Betriebsweise 1- bis 2-mal pro Jahr. Die maximale Menge liegt damit bei ca. 2.000 m^3/a .

Die an Bord befindlichen Frischwassergeneratoren haben eine maximale Tageskapazität von 120 t und können den kurzfristigen Bedarf nicht decken. Das benötigte Frischwasser wird daher, entweder vorab über einen längeren Zeitraum erzeugt und in Tanks an Bord zwischengespeichert oder im Bedarfsfall extern über Versorgungsschiffe bereitgestellt. Beim Frischwasser handelt es sich um nahezu salzfreies Destillat (Eigenerzeugung) oder Trinkwasser bei externer Bereitstellung.

Die Temperatur entspricht etwa der Umgebungstemperatur. Es ist davon auszugehen, dass die Temperatur der Lagertanks für Frischwasser auf der FSRU oder in den externen Schiffen in etwa der Meerwassertemperatur entspricht, da der überwiegende Teil des Schiffskörpers dauerhaft unter Wasser ist. Beim Spülvorgang werden keine weiteren Stoffe (z.B. Chemikalien) zugegeben. Da keine wesentliche Temperaturänderung zu erwarten ist, beträgt die Einleittemperatur in etwa der Umgebungstemperatur. Der Salzgehalt im Spülwasser liegt maximal beim Salzgehalt des Meerwassers (zu Beginn der Spülung) und reduziert sich über den Spülvorgang hinweg auf $< 0,01\%$ (0,1 PSU). Die Einleitmenge ist mit ca. 17 $\text{m}^3/\text{pro Stunde}$ gegenüber der mittleren Einleitmenge der beiden Abflüsse (12.500 m^3/h) sehr gering. Mit einer schnellen Durchmischung nach Einleitung mit dem Wasserkörper ist zu rechnen. Es sind keine wesentlichen Umweltauswirkungen zu erwarten. Die Ziele der WRRL und der MSRL werden nicht beeinträchtigt. Auch hier findet keine relevante Temperaturänderung statt.

4.9 Einlässe

Das FSRU hat vier relevante Einlässe (I1 - I4) (Siehe P&ID im Anhang):

- zwei Einlässe für den Hauptkondensator und Atmosphärische Kondensator
- zwei Einlässe für alle anderen Wasserströme (Kühlsysteme, Ballast, Regasifizierung, etc.)

Es gibt einen zusätzlichen Einlass für die Notlöschwasserpumpe, die nur im Brandfall oder zu Testzwecken verwendet wird. Es kann immer optional aus dem unteren Seekasten oder dem oberen Seekasten entnommen werden.

Tabelle 3: Übersicht Einlässe

Ein-l-ass	Name	Beschreibung	Lage	Maximale Durchfluss [m³/a]	Lage bezüglich A.P. (Hinteres Lot)		
					X [m]	Y [m]	Z [m]
I-1	Obere Seekiste Port	Absaugung zum Ballastsystem, Seewasserkühlung, etc.	außen	43.130.175	55,000	15,395	4,550
I-2	Untere Seekiste Steuerbord		innen	43.130.175	55,000	-3,695	0,000
I-3	Untere Seekiste Steuerbord	Bereitstellung von Kühlwasser für den Hauptkondensator und den atmosphärischen Kondensator	außen	27.466.250	55,500	-8,100	0,000
I-4	Obere Seekiste Steuerbord		außen	27.466.250	55,500	-15,390	4,600
I-5	Einlass der Notfall-seekiste	Ansaugung der Notfeuerlöschpumpe im Brandfall			12,300	-0,635	6,098

4.10 Zusammenfassung der Einleitungsmengen aus der FSRU

Die maximale Einleitungsmenge aus dem Betrieb der Anlage beträgt ca. **141,2 Mio. m³/a**.

Diese Menge basiert auf der Regelbetrieb, wo von einer durchschnittlichen Gesamtmenge der beiden Regasifizierungsauslässe A-1 und A-2 von 12.500 m³/h ausgegangen wird. Die Einleitungsmengen und Temperaturänderung aus den verschiedenen Auslässen sind:

Tabelle 4: Übersicht Einleitungsmengen

Nr.	Name	System	Maximale Durchfluss				Max. Temperatur- änderung (K)
			m³/h	m³/d	m³/a	Hinweis zur Berechnung	
A-1	LNG-Regas SW Auslass - Backbord	LNG-Regas Sys- tem	Max. 8.975 Durchschn. 6.250	Max. 215.400 Durchschn. 150.000	Max. 52.414.000 Durchschn. 36.500.000	Nur im offenen und kombinier- ten Modus (8 von 12 Monaten)	- 9
A-2	LNG-Regas SW Auslass - Steuerbord		Max. 8.975 Durchschn. 6.250	Max. 215.400 Durchschn. 150.000	Max. 52.414.000 Durchschn. 36.500.000		- 9
A-3	Haupt- kondensator Auslass	Haupt- meereswasser- kreislauf	3.700 oder 7.400	88.800/ 177.600	54.020.000	7.400 im geschlossenen und kombinierten Modus. 3.700 im offenen Modus	10
A-4	Haupt- kondensator Rückspülung		max. 2.500 m³/ 30min/Tag		912.500	konservative Annahme: 30 min pro Tag	7
A-5	Atmosphärische Kondensator Auslass		Nicht in Betrieb wenn Hauptkondensator in Betrieb (Als Back-up mit 3.700 m³/h)			Als Reserve für den Hauptkon- densator verwendet, Mengen daher in Nr. 3 enthalten	10
A-6	Kühlwasser Auslass	Kühlsystem	940	22.560	8.234.400	Annahme: Beide Erzeuger zu- sammen in Betrieb (Worstcase)	6
A-7	Frischwassererzeuger Auslass	Frischwasser- erzeugung	ca. 50	1.030*****	375.950*****	Beide Erzeuger nur zeitweise in Betrieb	22,5
	Ballastwasser	Ballastsystem	5.000	15.000	2.850.000	1 Pumpe für ca. 3h /d (ca. 2,5 mal/d), Ballasting an ca. 70% der Tage im Jahr	
	Wasservorhänge	Löschwasser -system	500	12.000	1.800.000	Für Jahresmenge: 2 Tage / Schiff, 75 Schiffe /a	
	Löschwasser- versorgung		940				
TOTAL (basierend auf Durchschnittliche Werten von A-1 und A-2)			29.830	530.690	141.192.850	24/7/365 Betrieb	

Abbildungen 2 und 3 zeigen die Lage der sieben Auslässe mit relevante Temperaturänderung. Die Koordinaten sind in Abbildung 2 und Tabelle 4 zu finden.

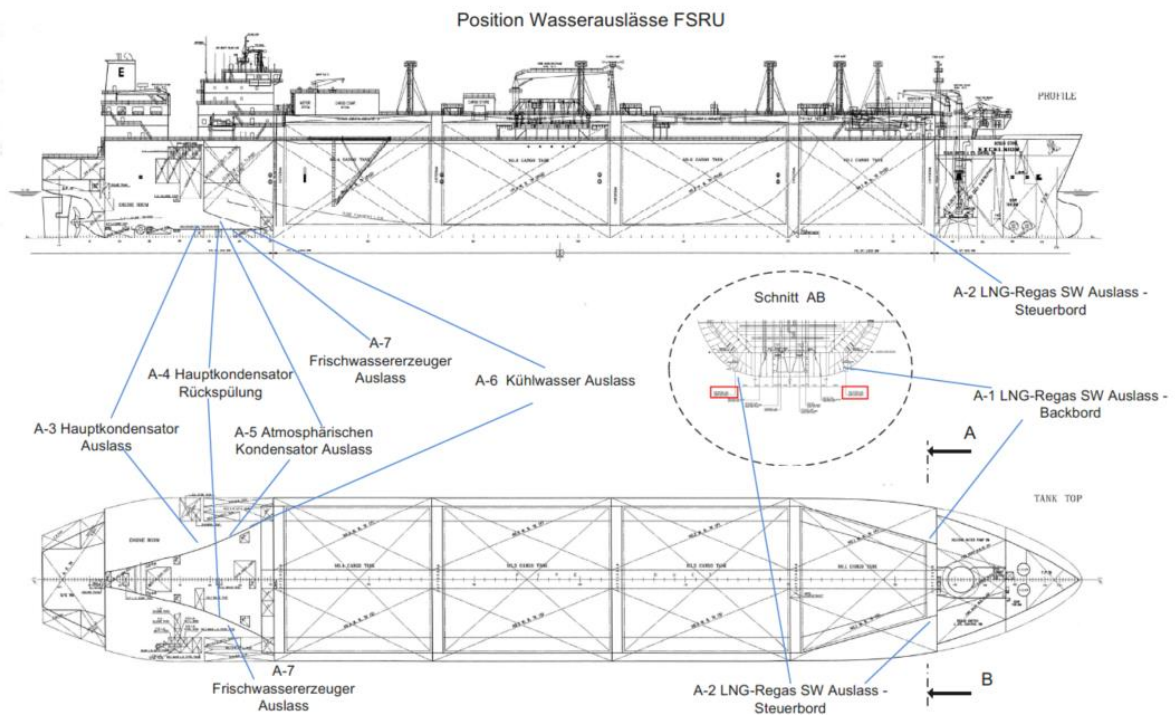


Abbildung 2: Position Auslässe FSRU

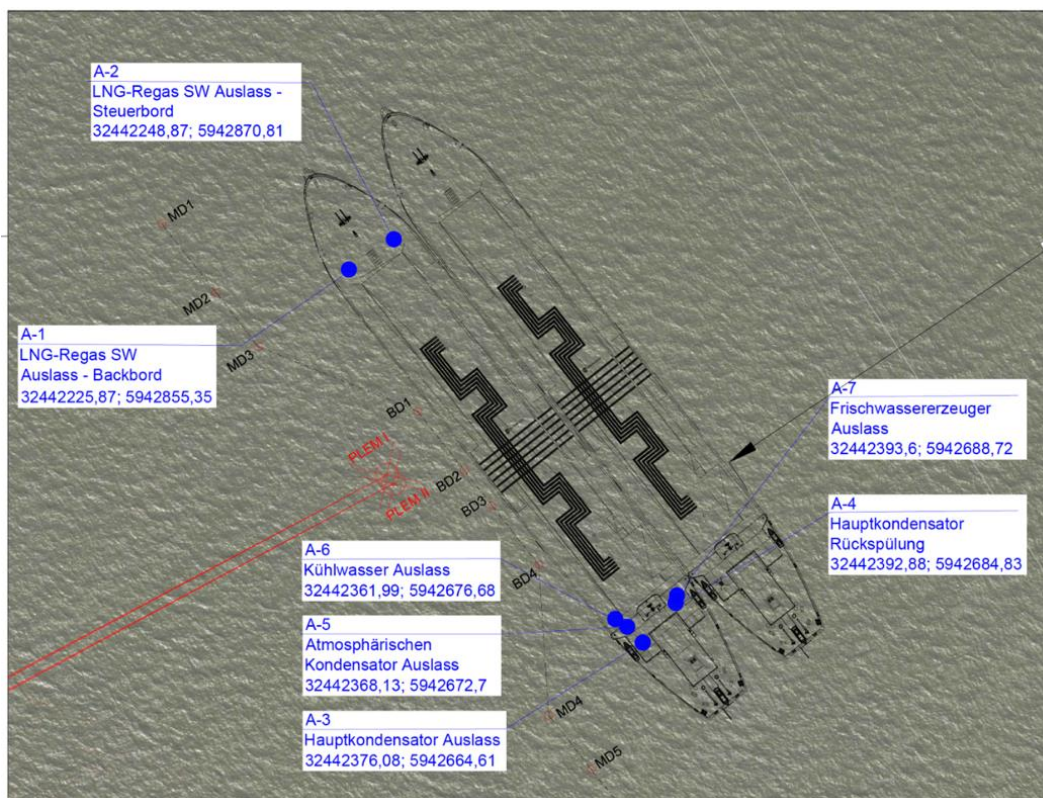


Abbildung 3: Lage der Emissionsauslässe

Tabelle 5: Koordinaten und Rohrgröße Auslässe

Nr.	Name	System	Lage bezüglich A.P. (Hinteres Lot)			Geokoordinaten		Rohr- größe (Außen- durch- messer in mm)
			A.P. Koord. X [m]	A.P. Koord. Y [m]	A.P. Koord. Z [m]	UTM Ost	UTM Nord	
A-1	LNG-Regas SW Auslass – Backbord	LNG- Regas System	231,190	7,723	0,700	32442225,87	5942855,35	600A (609,6)
A-2	LNG-Regas SW Auslass – Steuerbord		231,190	-7,723	0,700	32442248,87	5942870,81	600A (609,6)
A-3	Haupt- kondensator Auslass	Haupt- meeres- wasser- kreislauf	37,096	9,696	3,919	32442376,08	5942664,61	1400A (1422,4)
A-4	Haupt- kondensator Rückspülung		42,750	-10,659	3,100	32442392,88	5942684,83	450A (457,2)
A-5	Atmosphärische Kondensator Auslass		43,200	12,379	4,679	32442368,13	5942672,70	700A (711,2)
A-6	Kühlwasser Auslass	Kühl- system	50,940	14,940	2,887	32442361,99	5942676,68	400A (406,4)
A-7	Frischwasser- erzeuger Auslass	Frisch- Wasser- erzeugung	45,300	-12,877	3,279	32442393,60	5942688,72	125A (139,8)

Impressum

GENEHMIGUNGSANTRAG GEM. §§ 4 UND 10 BIMSCHG
FÜR DIE ERRICHTUNG UND DEN BETRIEB EINER FSRU
3.1.3 BESCHREIBUNG FSRU-WASSERSYSTEME

AUFTRAGGEBER
FSRU Wilhelmshaven GmbH

AUTOR
Lena de Koning

DATUM
15. September 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**