

LNG

Technical Services

Commercial Advisory Services

Offshore Wind Power

Historische Kälte- und Klimatechnik e.V.

HKK



Marine Service GmbH

LNG TANKSCHIFFE UND LNG ANWENDUNGEN IN DER SCHIFFFAHRT



Dipl. Ing. Michael Kraack
Rostock, den 10. Juni 2016
Straße der Kälte – maritim 2016

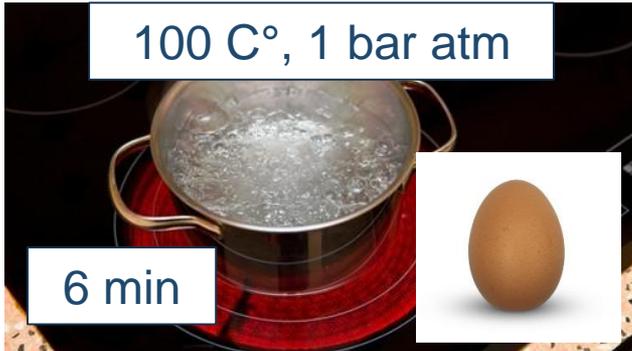
WAS IST LNG?



Marine Service GmbH

Kochtopf

100 C°, 1 bar atm



6 min

LNG Tank

-162 C°, 1 bar atm

-152 C°, 2 bar atm

-138 C°, 5 bar atm

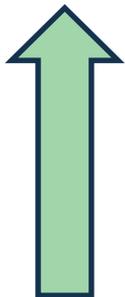


Dampfkochtopf

120 C°, 2 bar atm

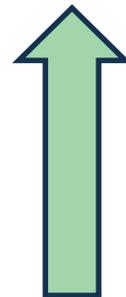


3 min



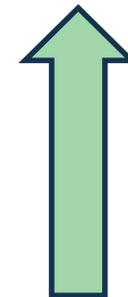
900°C

Wärmeeintrag



20°C

Wärmeeintrag



900°C

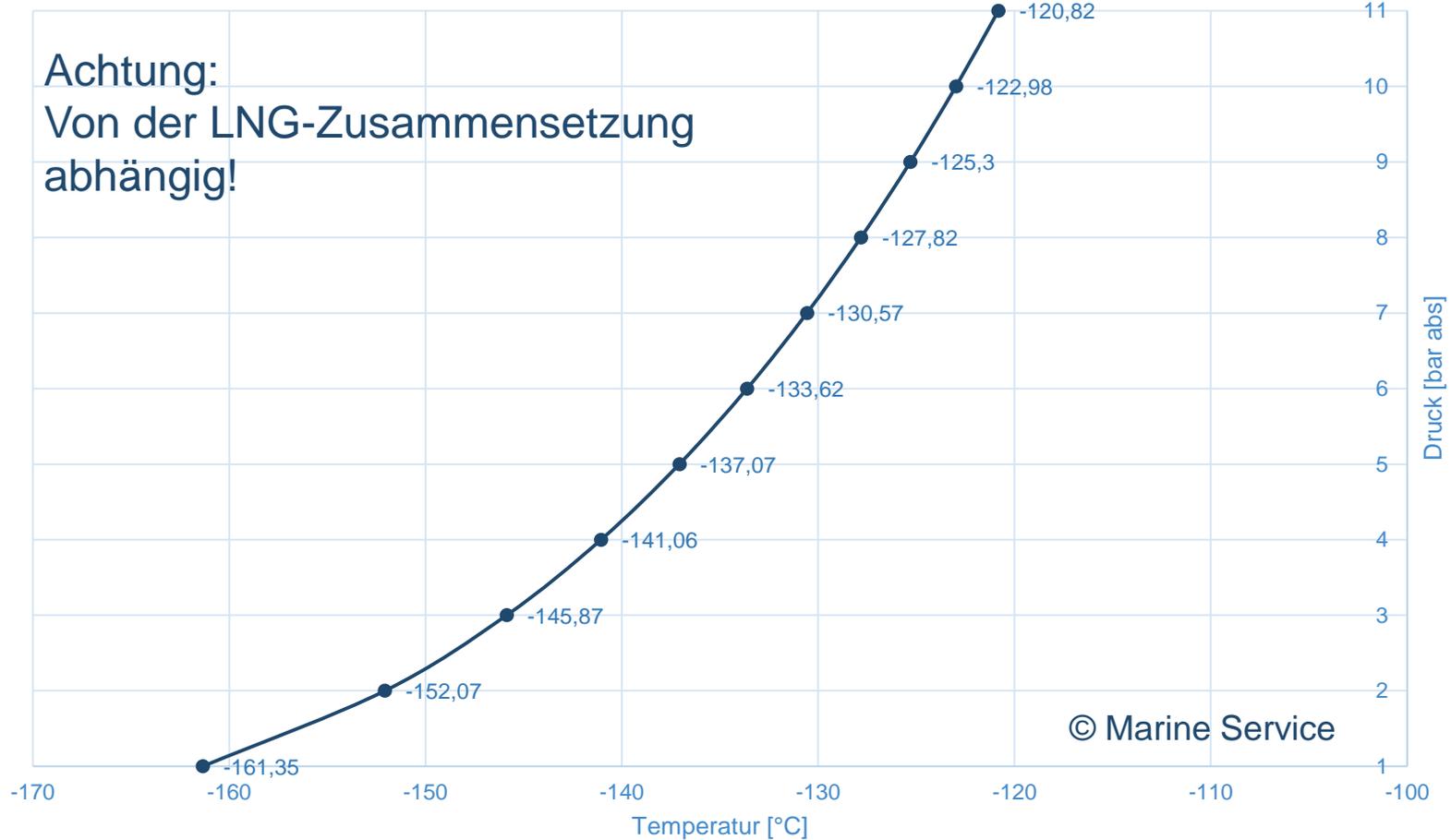
Wärmeeintrag

LNG Dampfdruck - Temperatur



Marine Service GmbH

LNG/NG: Sättigungsdruck über Temperatur / Equilibrium

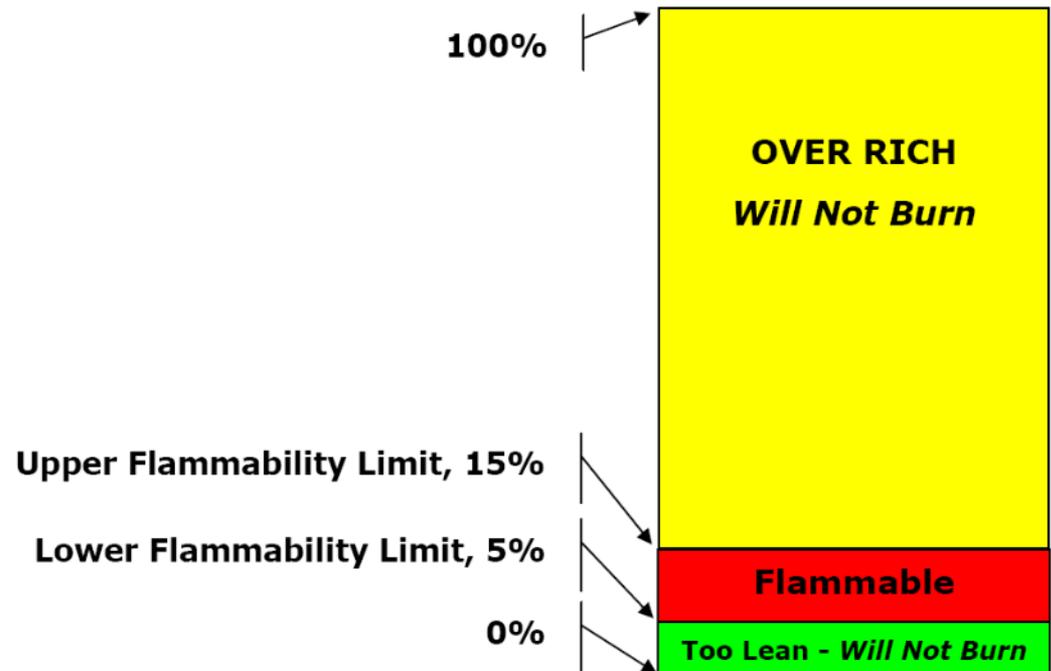
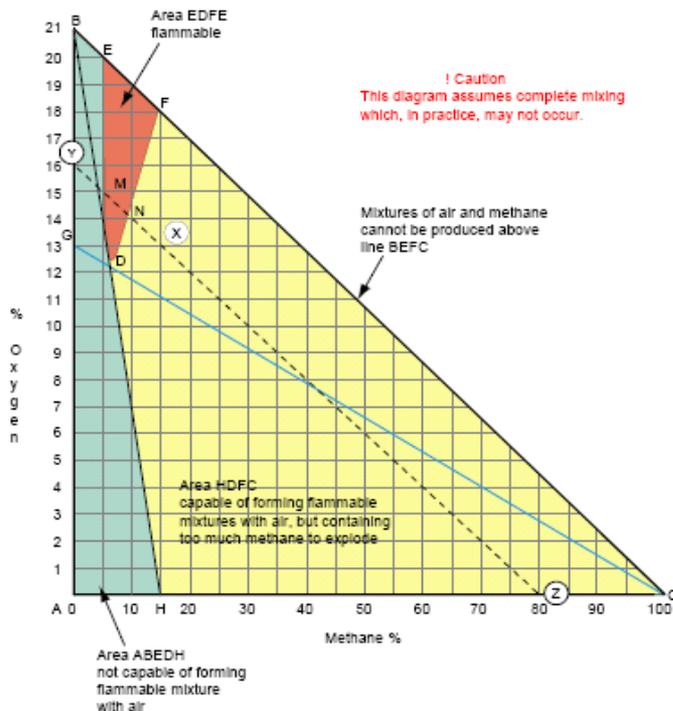


LNG Feuer und Explosion



Marine Service GmbH

Flüssiggas, d.h. das LNG, ist nicht zündfähig, es ist immer das sich entwickelnde Gas, das zündfähig wird. Der Zündbereich von Methan in der Luft (21 % Sauerstoffgehalt) liegt zwischen 5,3 und 14 Vol.-%. Der Zündbereich von verdampftem LNG (NG=Erdgas) liegt etwa zwischen 4,5 und 15,8 Vol.-%, in Abhängigkeit von der LNG-Komposition.



Flammability range for methane (Source: Foss 2003)

Older LNG Tonnage



Marine Service GmbH

LNGC “LNG Aries” (1977)

Source: Andreas Spörri



LNGC “Tenaga Satu” (1979) now serving as LNG FSU at Lekas LNG, Malaysia

Source: Daniel Ferro



Newer LNG Tonnage



Marine Service GmbH



LNG CARRIER
GTT – Membrane Tank System
Antrieb: DFDE/MEGI
Rückverflüssigungsanlage für BOG

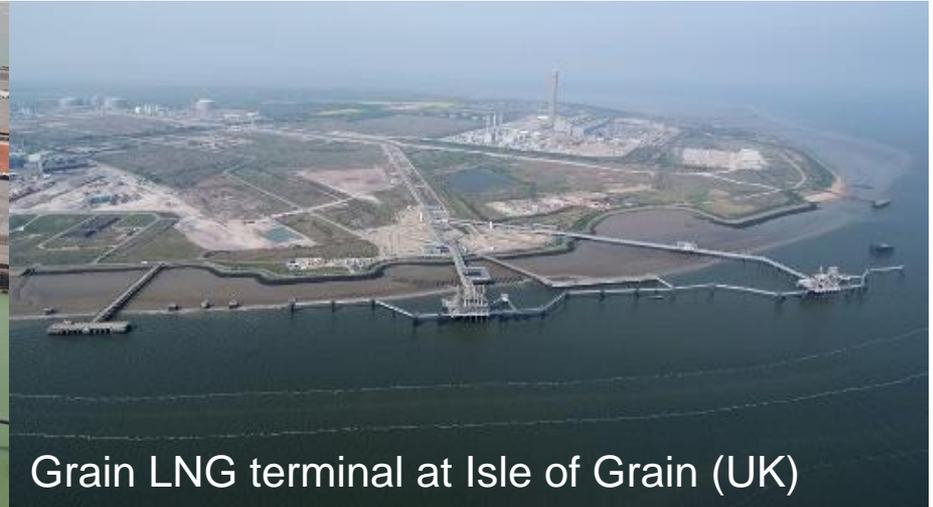
LNG Import in NW-Europe



Marine Service GmbH



Fluxys LNG terminal in Zeebrugge (BEL)



Grain LNG terminal at Isle of Grain (UK)



GATE LNG terminal in Rotterdam (NED)



South Hook LNG terminal in Milford Haven (UK)

Mid Scale LNG Plant



Marine Service GmbH

Risavika LNG plant in Stavanger



(source: Skangass)

LNG Satellite Terminal



Marine Service GmbH

LNG terminal in Nynäshamn (Sweden)



(source: Skangass)

- Small scale LNG storage:
 - ◆ Quickly implementable
 - ◆ Flexible location-wise
 - ◆ Scalable
 - ◆ LNG supply by truck or ship
 - ◆ NIMBY



LNG Logistics Solution



Marine Service GmbH

LNG ship-to-ship transfer from LNGC "Höegh Galleon" to MT "Pioneer Knutsen"



Source: gndy

Traditional LNG Bunkering

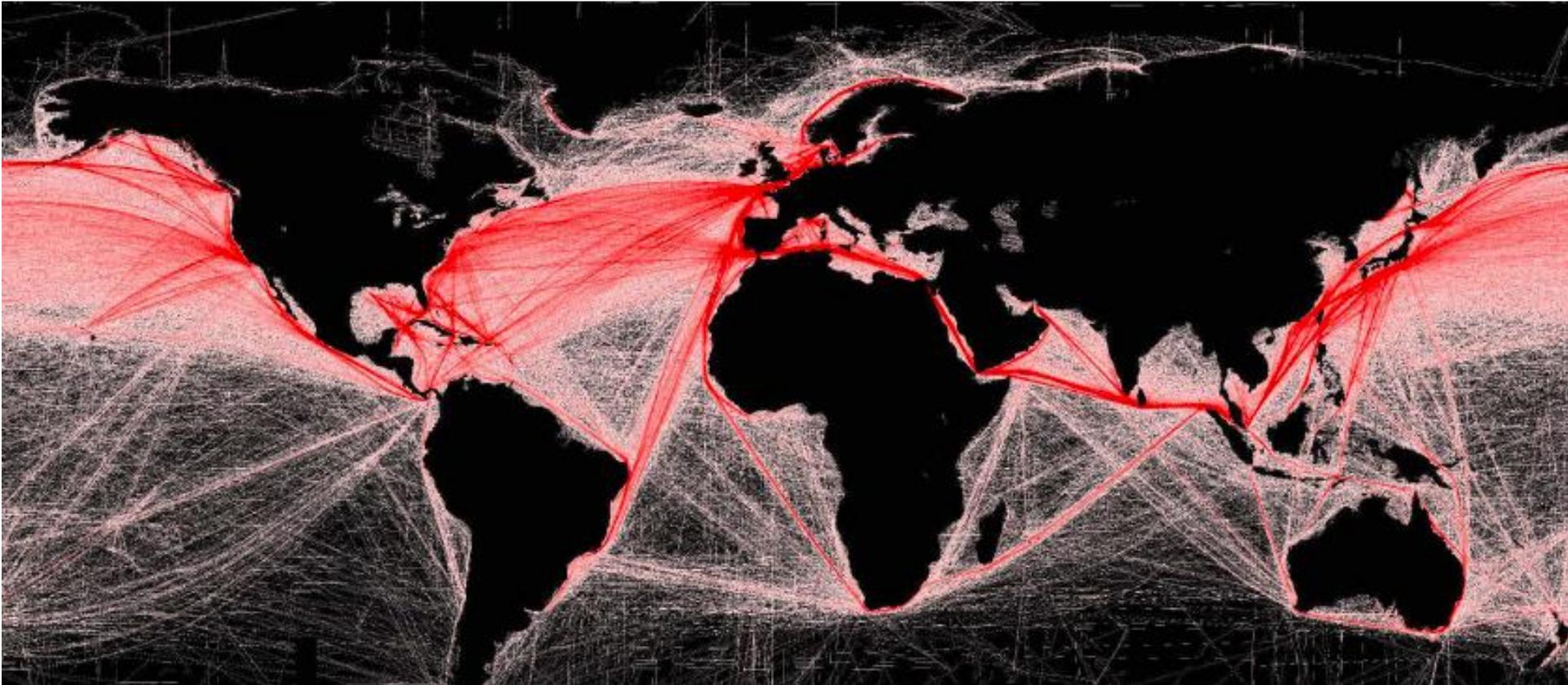


Marine Service GmbH

MF "Glutra" bunkering LNG at night



Source: Langøien Slip & Bøtbyggen AS



Hauptverkehrswege in der weltweiten Schifffahrt

GESETZLICHE RICHTLINIEN



NO_x

MARPOL Annex VI; Tier III in ECA Zonen ab 01. Jan 2016

SO_x

MARPOL Annex VI; 0,1% S in ECA Zonen ab 01. Jan 2015

CO₂

MARPOL Annex VI; EEDI anwendbar seit 01. Jan 2012

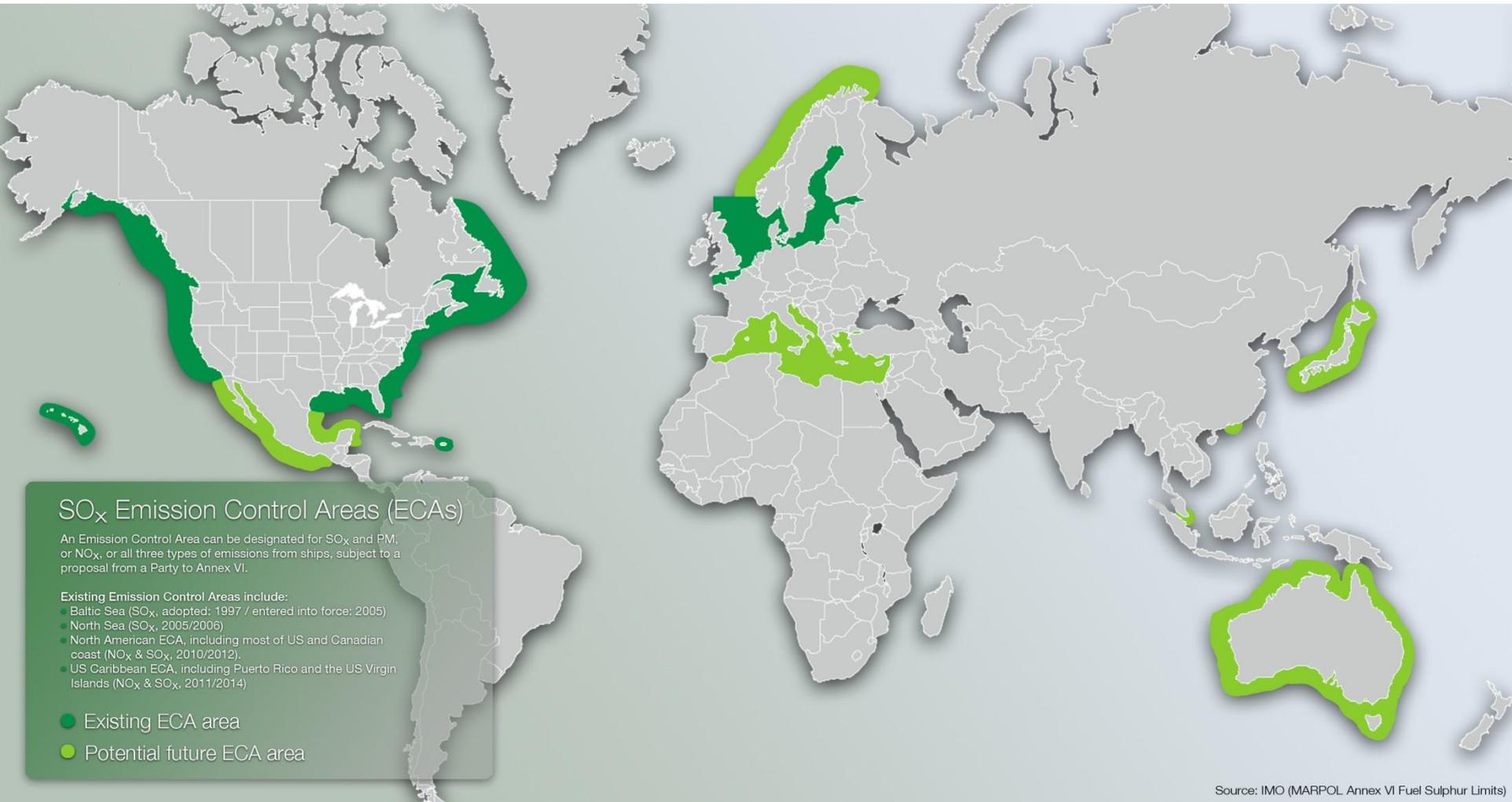
PM

MARPOL Annex VI; mit der SO_x Reduzierung keine Vorgaben

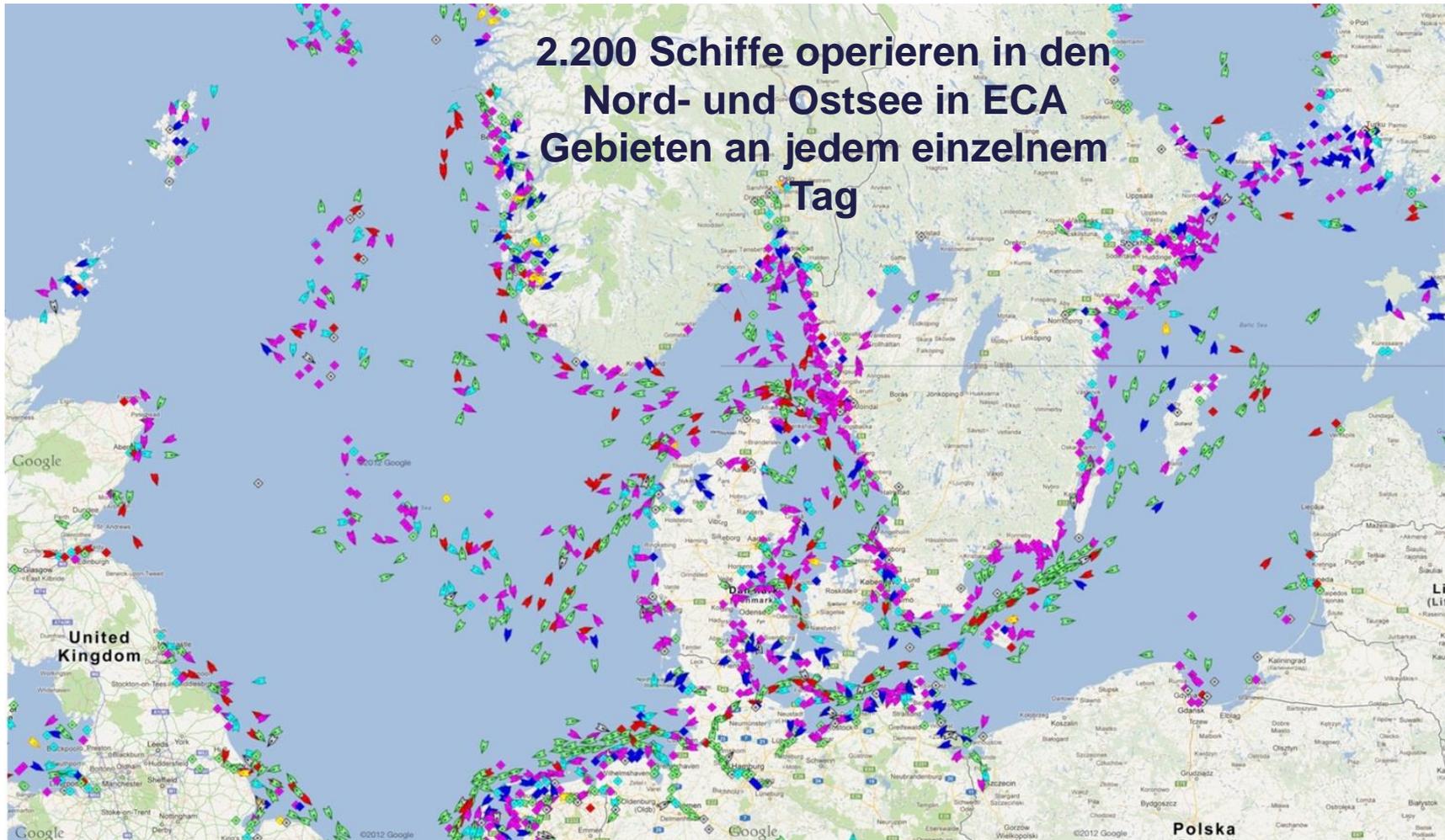
ECA Zonen Weltweit



Marine Service GmbH



Schiffsbetrieb in ECA Zonen

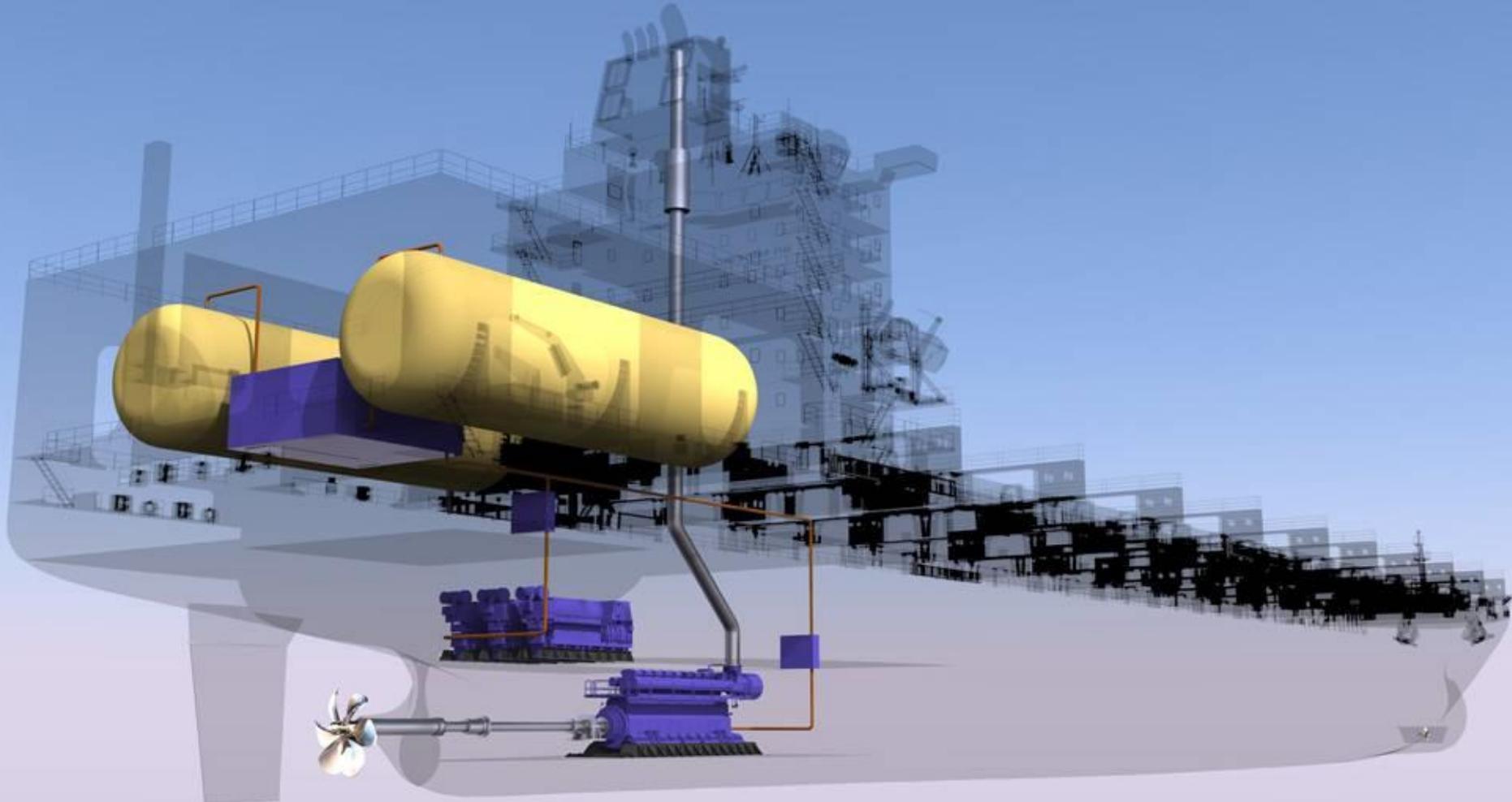


TECHNISCHE EINFÜSSE

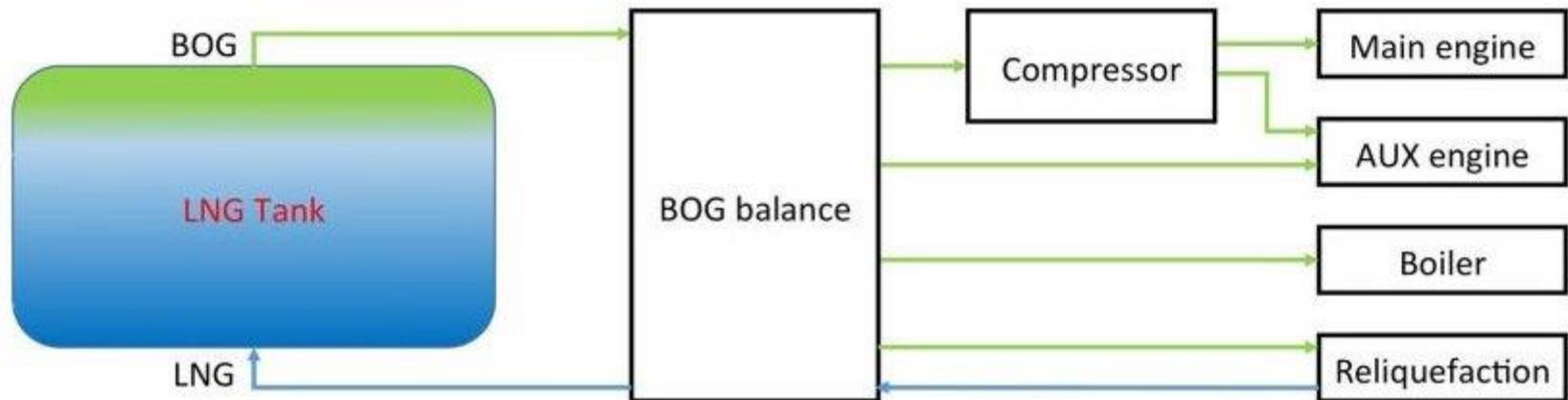


Marine Service GmbH

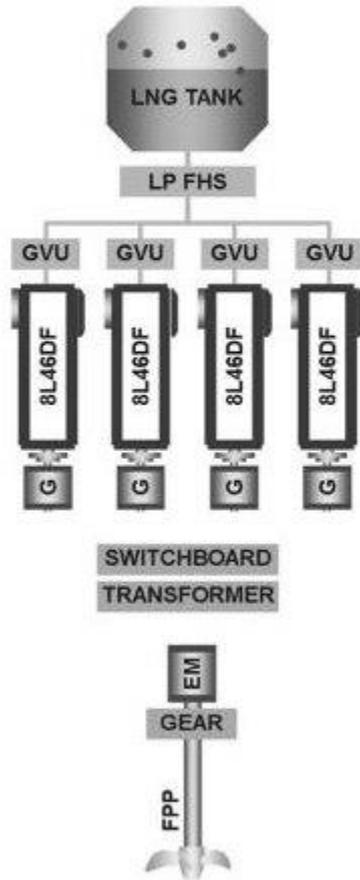
LNG als Treibstoff zur Vermeidung von SO_x, NO_x und Verringerung von CO₂



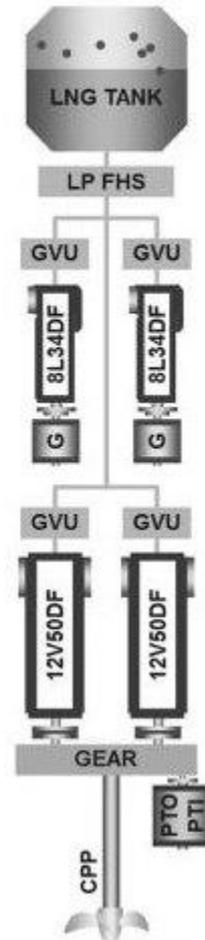
BOIL OFF GAS BOG?



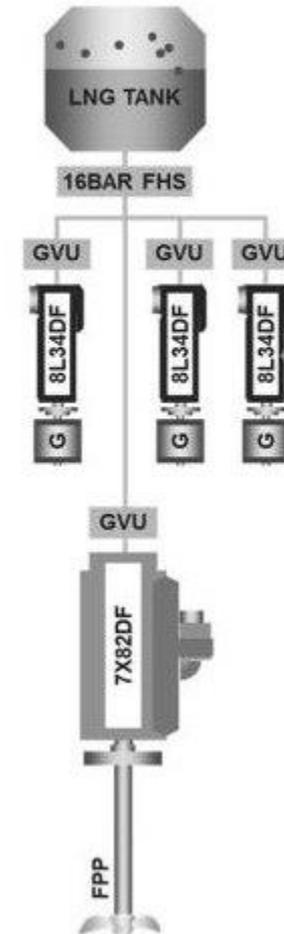
DFDE 46DF



DF MECH



2-STROKE





Vorteile

- **LNG ist sehr Umweltfreundlich**
- Bis zu 70% weniger Stickoxide (NO_x)
- Bis zu 25% weniger CO₂
- Bis zu 100 % weniger Schwefeloxide (SO_x)
- Reduzierung der Schmieröle um 50%
- **LNG ist auf der Erde vorhanden**
- Große Gasvorkommen im Mittelmeer
- Große Schiefergasvorkommen in USA
- Große Gasreserven im mittleren Osten

Nachteile

- **Technische Eigenschaften von LNG**
- LNG benötigt ein 2,5 faches Tankvolumen
- LNG hat eine Temperatur von -163°C
- LNG siedet, daher entsteht Boil Off Gas
- Unzureichende Versorgung (Tankstellen)
- Treibhauseffekt von Methan ist 25 mal höher gegenüber CO₂
- Methanschlupf ca. 0,5 bis 1,5%
- Methan ist ein fossiler Brennstoff

LNG FÜR CONTAINER SCHIFFE



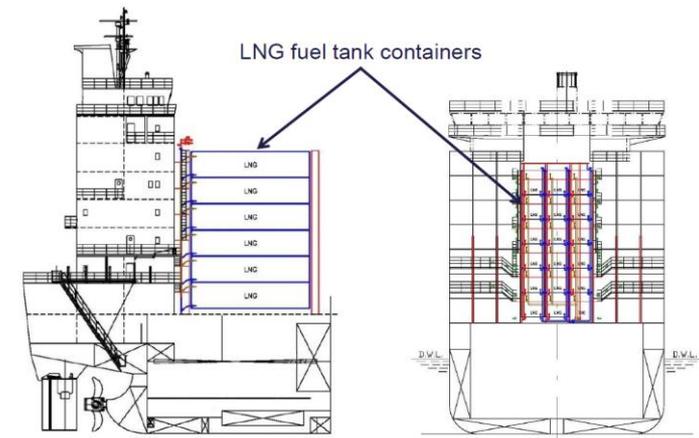
Marine Service GmbH

Marine Service Entwicklung eines 40“ ISO LNG Tank Containers für die ausgelagerte Betankung in einer sicheren Zone mit LNG.



LNG as Fuel

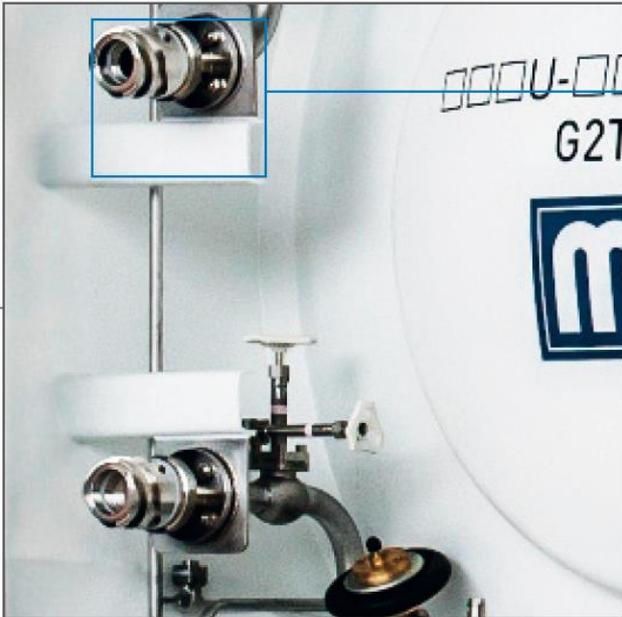
mit dem Marine Service LNG Tank Container auf einem Feeder Schiff



LNG TROCKENKUPPLUNG



Marine Service GmbH



TCC-Kupplungen verbinden den Tankcontainer sicher mit der LNG Leitung.



Die TCC-Serie bietet maximale Sicherheit und Leistung von -200 °C bis +60 °C.

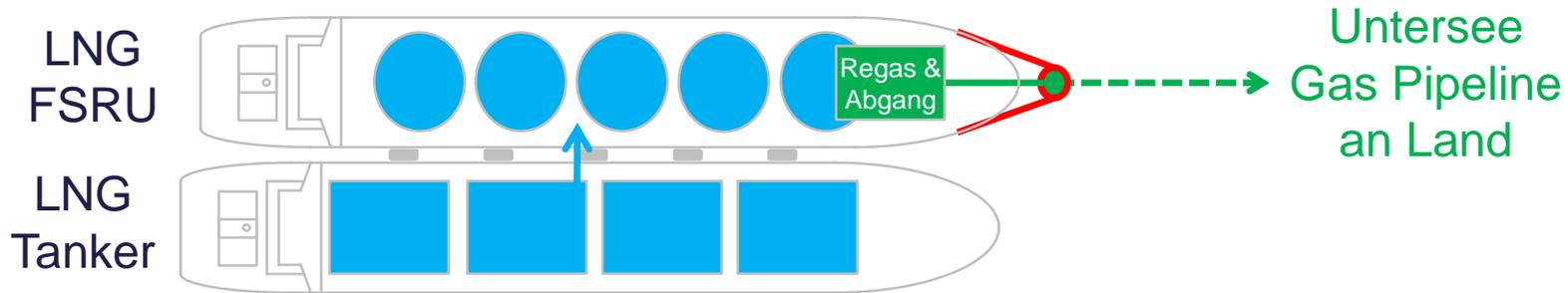


Die neu entwickelte Trockenkupplung besitzt eine Break-Away Vorrichtung und hat ein TÜV Zertifikat mit über 1000 Kuppelversuchen ohne Leckrate.

LNG TANKERUMBAU ZUM FSRU



Marine Service GmbH



OLT – LNG FSRU “Golar Frost” (2003)
Offshore Livorno, Italy

LNG FSRU “FSRU TOSCANA”

Source: Marine Service

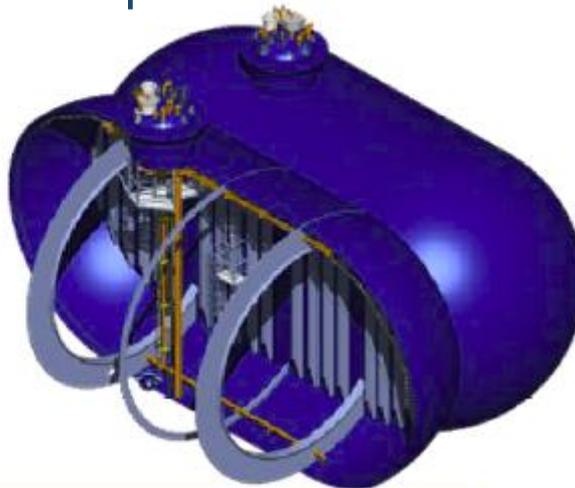


LNG TANK TYPEN: TYP "C"



Marine Service GmbH

- Zylindrische Type-C Tanks
 - Druck 6 bis 10 bar
 - Vakuum, oder PU Panel isoliert
 - Größe bis ca. 500m³ per Tank
- Bilobe- Type-C Tanks
 - Druck ca. 4 bar
 - Panel oder Schaum isoliert
 - Größe ca. bis 10,000 m³ per Tank
- ◆ LNG Container
 - ◆ Type-C Tank und IMDG-Tank
 - ◆ Druck 6 bis 10 bar
 - ◆ Vakuum isoliert
 - ◆ Größe mit 40m³ per Tank



LNG TANK TYPEN: TYP "C"

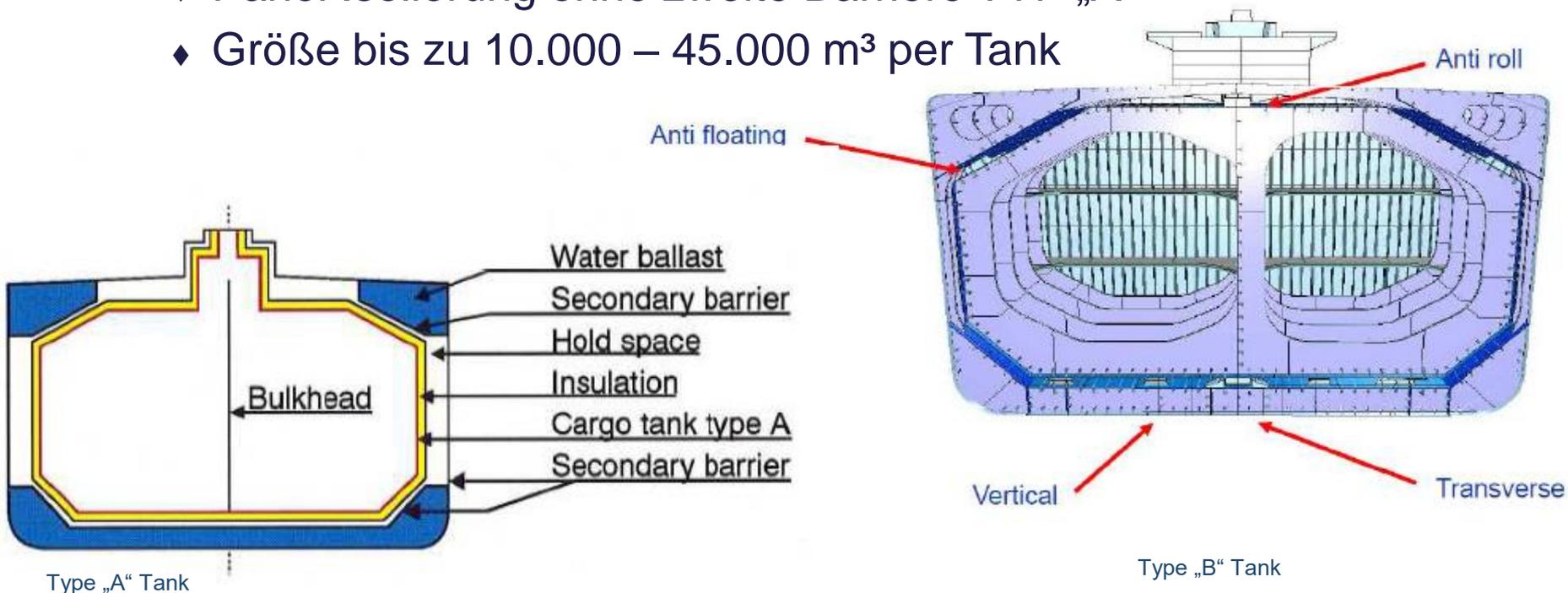


- Trilobe- Type-C Tanks
 - Druck ca. 4 bar
 - Panel oder Schaum isoliert
 - Tankgröße: Volumenverbesserung von bis zu 30%

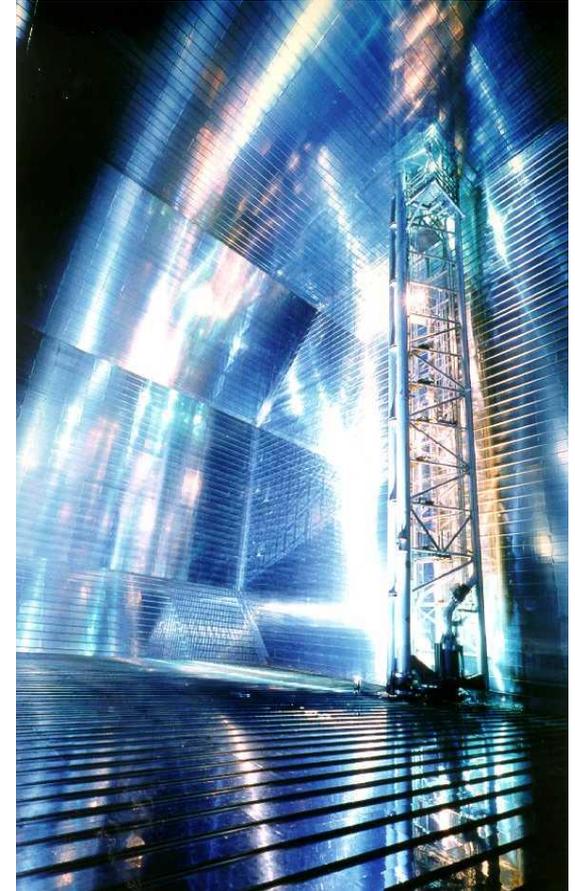


◆ Type-A und B Tank

- ◆ Druck < 0,7 bar
- ◆ Selbststützende Konstruktion mit Innen liegender Struktur
- ◆ Panel Isolierung mit nur partieller zweiten Barriere TYP „B“
- ◆ Panel Isolierung ohne zweite Barriere TYP „A“
- ◆ Größe bis zu 10.000 – 45.000 m³ per Tank



- Membrane
 - Druck ca. 0.3 bar max 0,7 bar
 - Schaum oder Kästen mit Perlite Füllung mit zweiter Barriere
 - Passt sich der Außenhaut an
 - Größe bis zu 45,000 m³ per Tank



Membrane Type Tank

Isolierung

PU- Schaum Isolierung

Vakuum Perlite Isolierung

Aerogel
Matten

Vakuum Isolierung Stahlungsfolie

Vorteile

Kosten Effizient

Nicht brennbar
Geringe Wärmeleitfähigkeit
Einfache Verarbeitung
Hat eine zweite Barriere
Restisolierung nach Vakuumverlust

Nicht brennbar
Geringe Wärmeleitfähigkeit
Jeder Layer hat eine Dampfsperre

Nicht brennbar
Geringste Wärmeleitfähigkeit
Hat eine zweite Barriere

Nachteile

Risiko von Eisbildung
Entflammbar
Teure Abfallbeseitigung
Benötigt eine zweite Barriere

Risiko das Vakuum zu verlieren bei
Undichtigkeiten
Hohe Isolierungskosten mit Industrievakuum

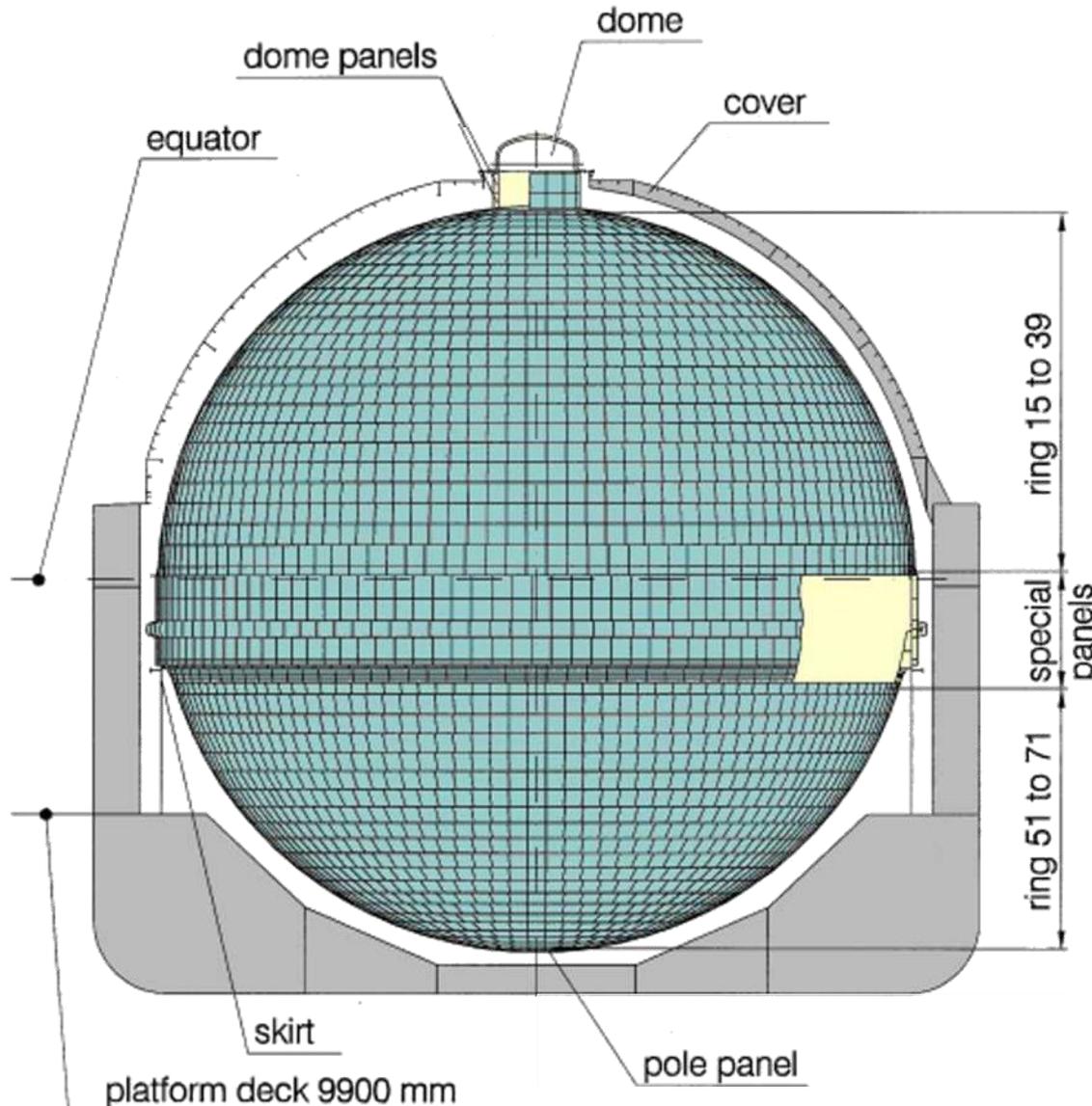
Hohe Materialkosten
Risiko von Eisbildung
Benötigt zweite Barriere

Risiko das Vakuum zu verlieren bei
Undichtigkeiten
Höchste Isolierungskosten durch Hochvakuum
ca. 10 x höher

PANEL SYSTEM MOSS TYPE



Marine Service GmbH



Source: KAEFER

KRÄFTE PANELE MOSS TYPE

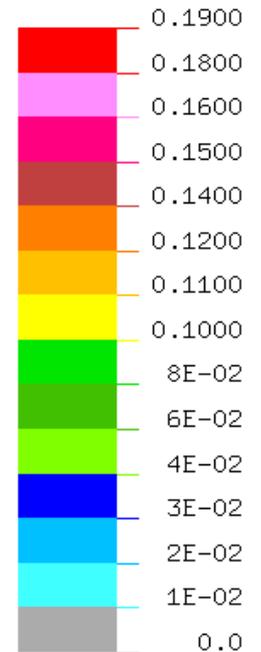


LNG Skirt: Stress and deformation between 20 ° C and -162 ° C

ON-MISES STRESS

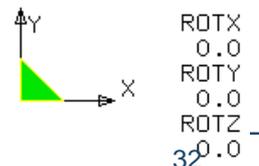
VIEW : 0.0
RANGE: 0.1828907

N/mm^2

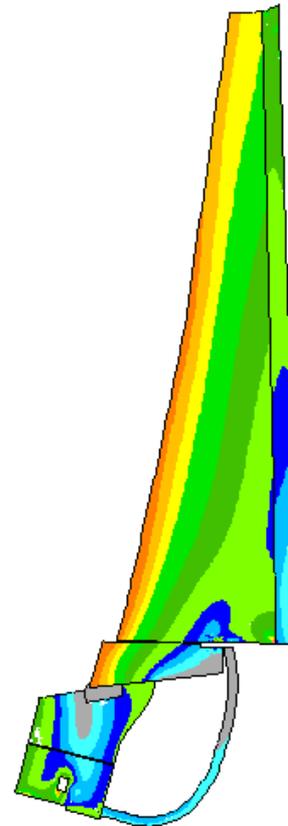


EMRC-NISA/DISPLAY

JAN/09/02 11:51:39



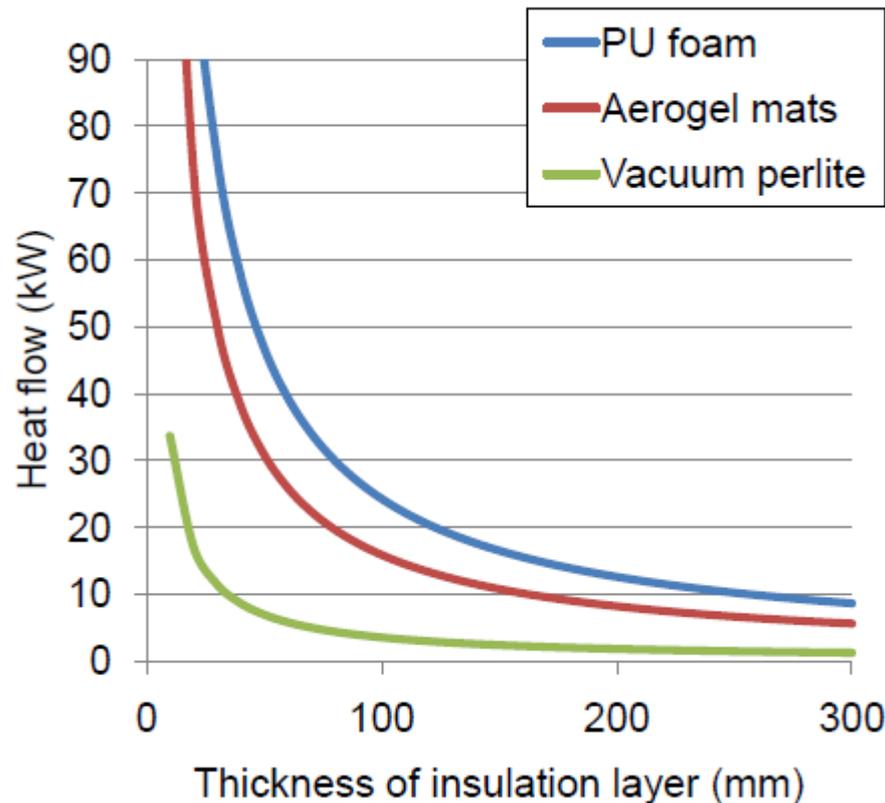
-162
° C



20 ° C

Source: KAEFER

Wärmeeintrag in einen LNG Tank

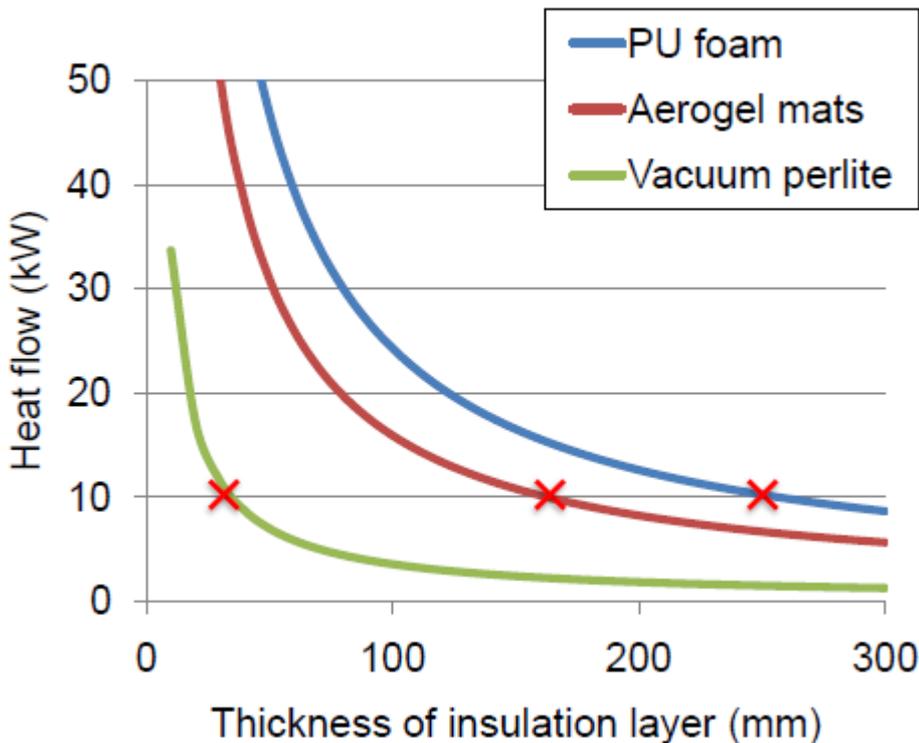


- Bunkerdruck: 1,1 bar (a)
- Umgebungstemperatur: 45°C
- LNG Temperatur: -161°C

Effektive Wärmeleitfähigkeit (W/mK)

- PU-Schaum gealtert: $\approx 0,02$
- Vakuum Perlite: $\approx 0,0025$
- Arogel Matten: $\approx 0,013$

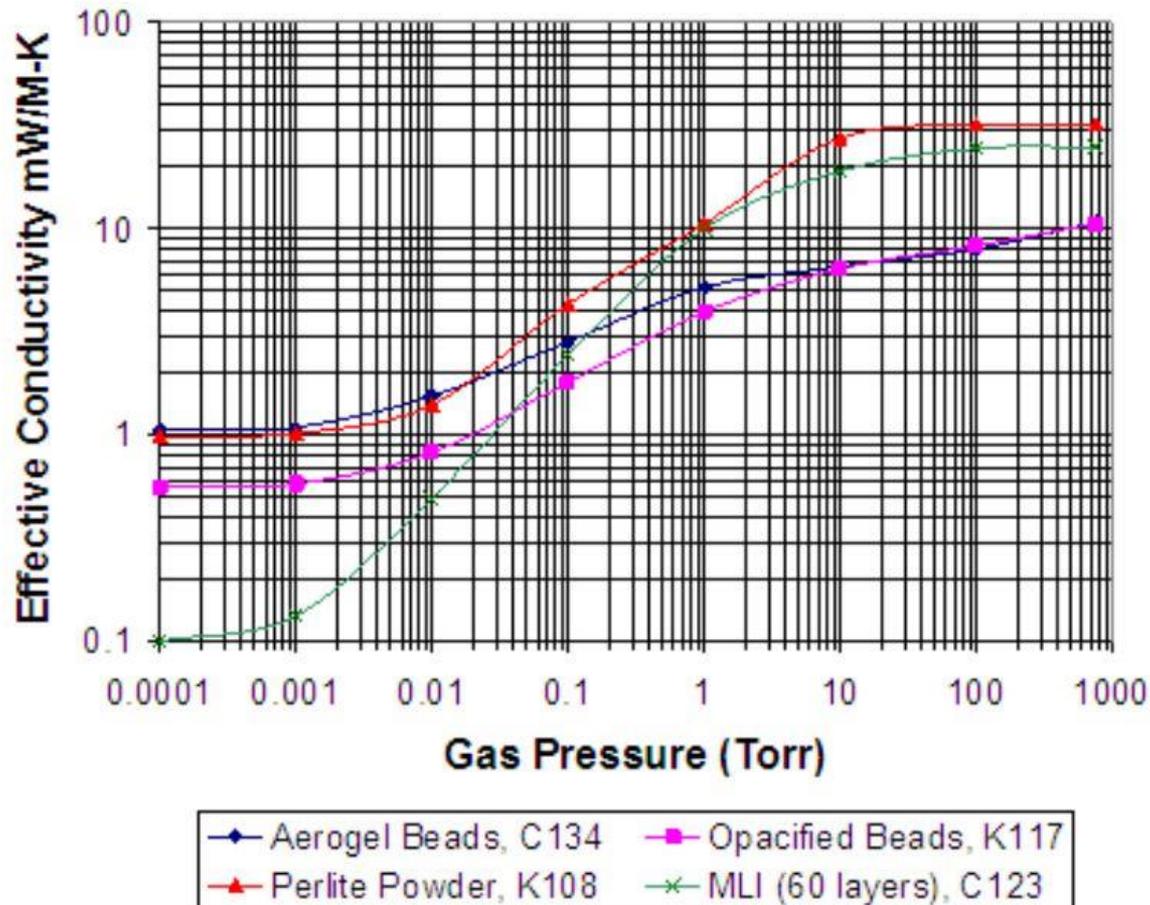
Minimal mögliche Qualität der Isolierung



Der Wärmeeintrag in den Tank sollte 10 kW nicht überschreiten:

- PU-Schaum: $\approx 260\text{mm}$
- Vakuum Perlite: $\approx 35\text{mm}$
- Arogel Matten: $\approx 165\text{mm}$

Insulation Heat Loss



Um sicherzustellen, dass eine Haltezeit von 80 Tagen und mehr für den Fuel Gas Tank erreicht werden kann, ist ein Vakuum Druck von 10^{-4} mbar notwendig.

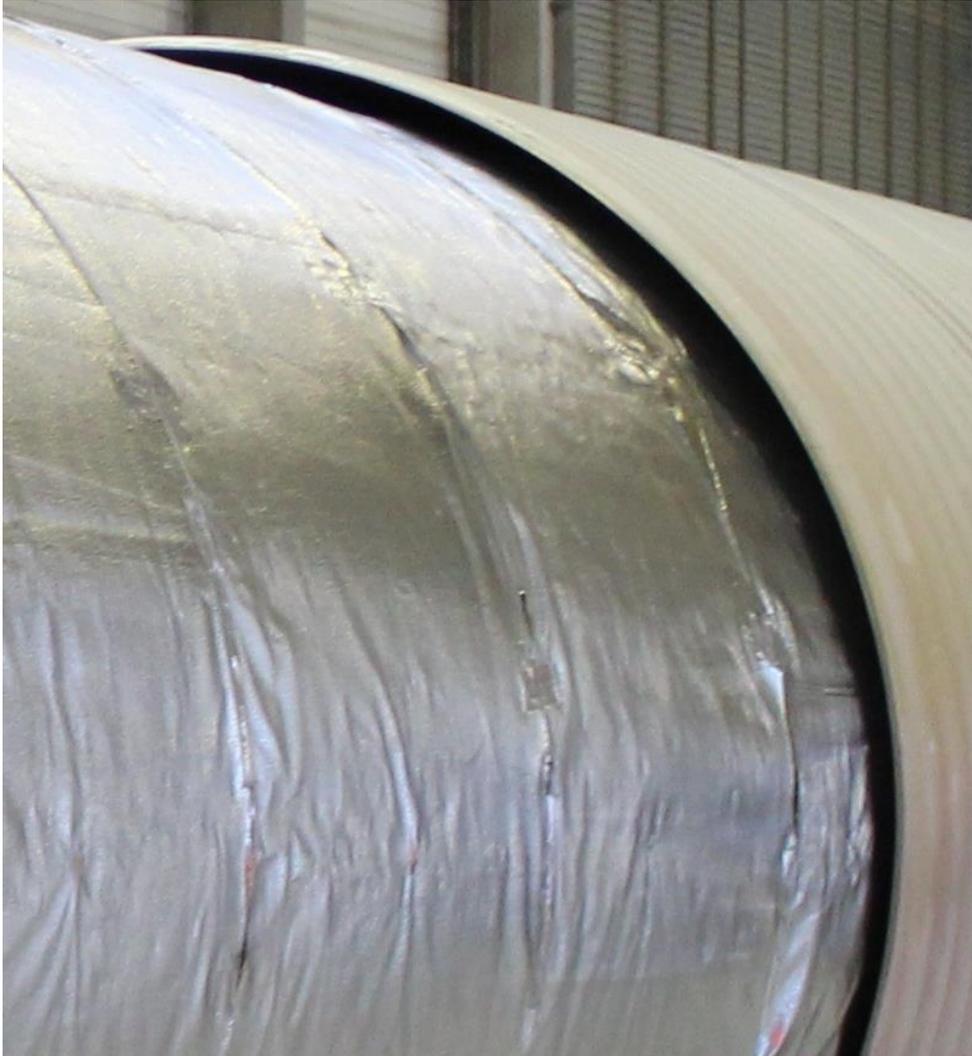


Source: Ziemann International

Verdichtete Perlite Füllung, blockiert die freie Bewegung von Rohrleitungen und Dehnungsschleifen

Vakuum Hohlraum mit Perlite Füllung

- + Verbleibende Isolierung falls das Vakuum nachlässt
- + Einfach anzuwenden
- Höhere Wärmeleitfähigkeit
- Risiko der Verdichtung unter Vibration



Vakuum Zwischenraum mit Strahlungs- Folie

- + Geringe Wärmeleitfähigkeit
- + Freie Bewegung von Rohrleitung im Vakuum Raum möglich
- + Kleinerer Vakuum Raum
- Hohe Wärmeleitfähigkeit bei Vakuumverlust
- Hohe Anforderung bei der Installation notwendig

AUSLEGUNG LNG FUEL TANK



Source: motorship

EINFLÜSSE TANK DESIGN



Marine Service GmbH

Wieviel Energie wird benötigt?

- Fahrprofil
- Verbrennungsanlagen DF oder Pure Gas

Wie ist die Bunker Frequenz?

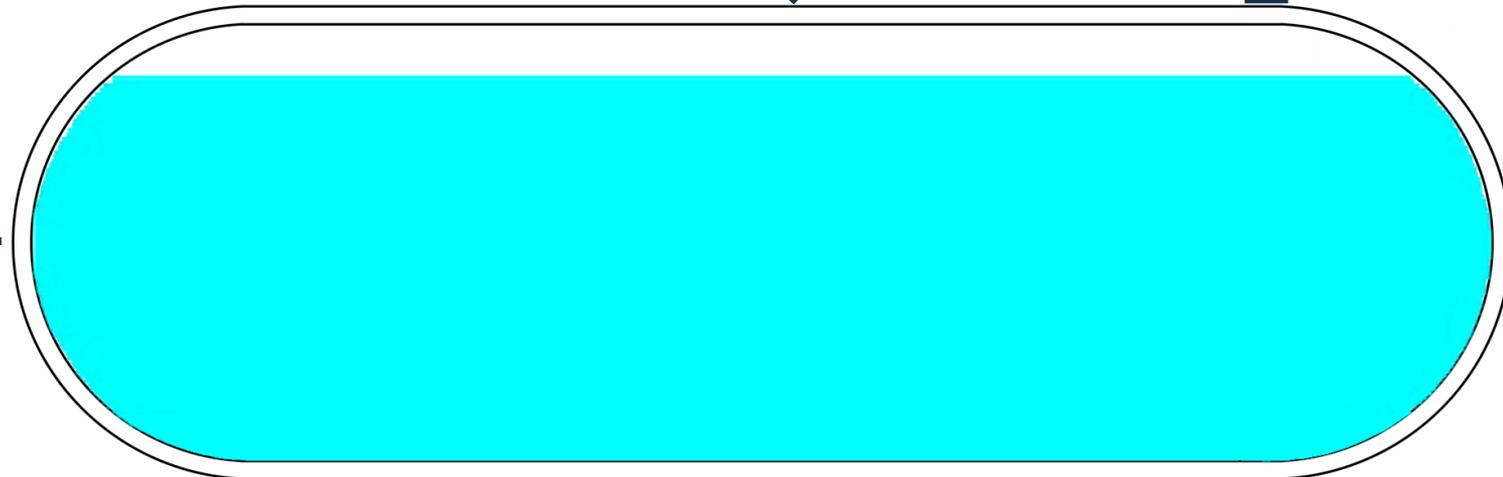
- Streckenabhängig
- Tankstellenabhängig

Wieviel vom Tankvolumen ist nutzbar?

- Bunker Temperatur
- Tank Design und Einstellung des Sicherheitsventils

Antriebs
Energie

Elektrische
Energie



LNG FUEL TANK TYP C



Marine Service GmbH

10 t LNG bei -162°C , 1bar absolut
Volumen= 237m^3

10 t LNG bei -121°C , 11bar absolut
Volumen= 278m^3

17 %
Volumen-
Erhöhung

LNG FUEL TANK TYP C

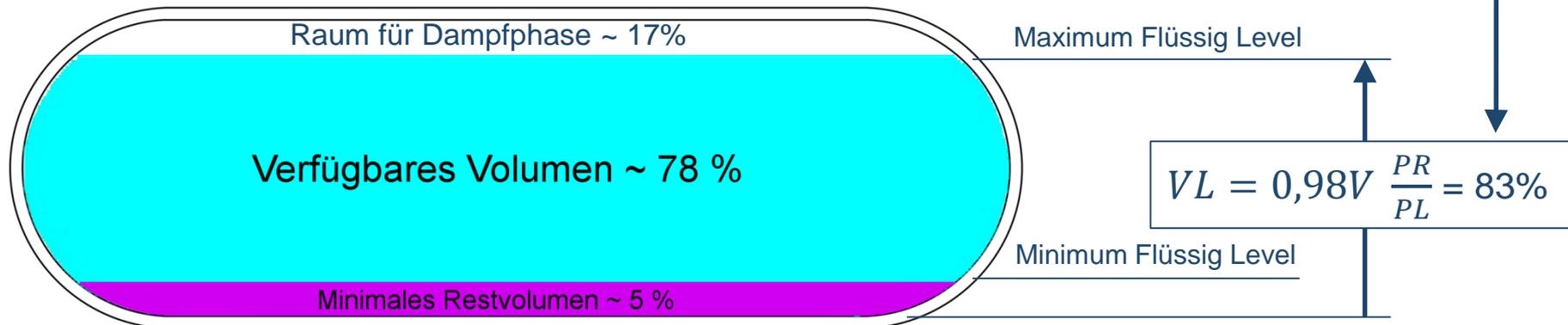


Marine Service GmbH

Fall	Temp.	Druck	Dichte
	(°C)	(bar absolut)	(kg/m³)
Betankungstemperatur	-162,0	1,00	422,6
Bezugstemperatur	-121,0	11,00	359,6
Relative Dichte, Bezug, PR	359,6	kg/m³	
Relative Dichte, Betankung: PL	422,6	kg/m³	
Betankungsanteil	98%		
Ladbares Volumen: VL	83%	des Gesamt Tank Volumens bei -161,6°C	

Einstellung
Sicherheitsventil

In diesem Fall können < 80% des Volumens genutzt werden!

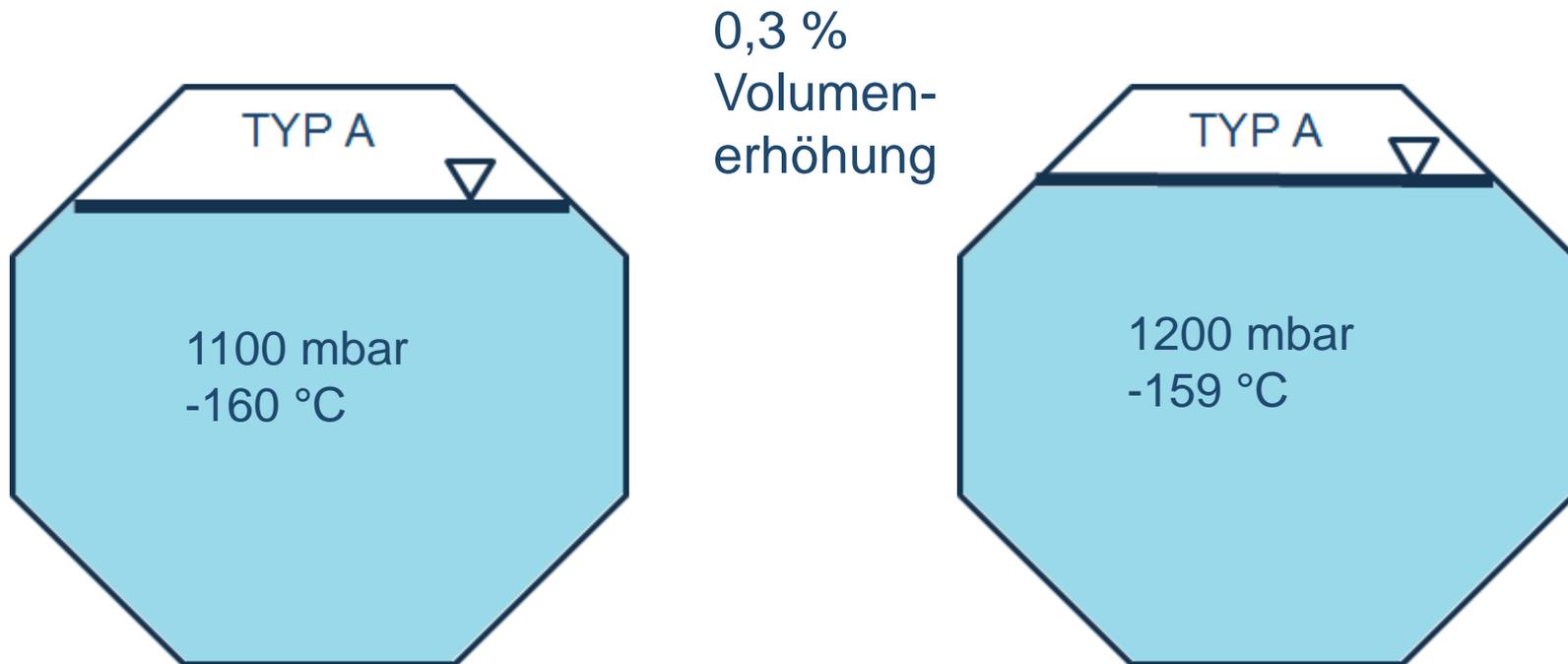


LNG FUEL TANK TYP A / Membrane



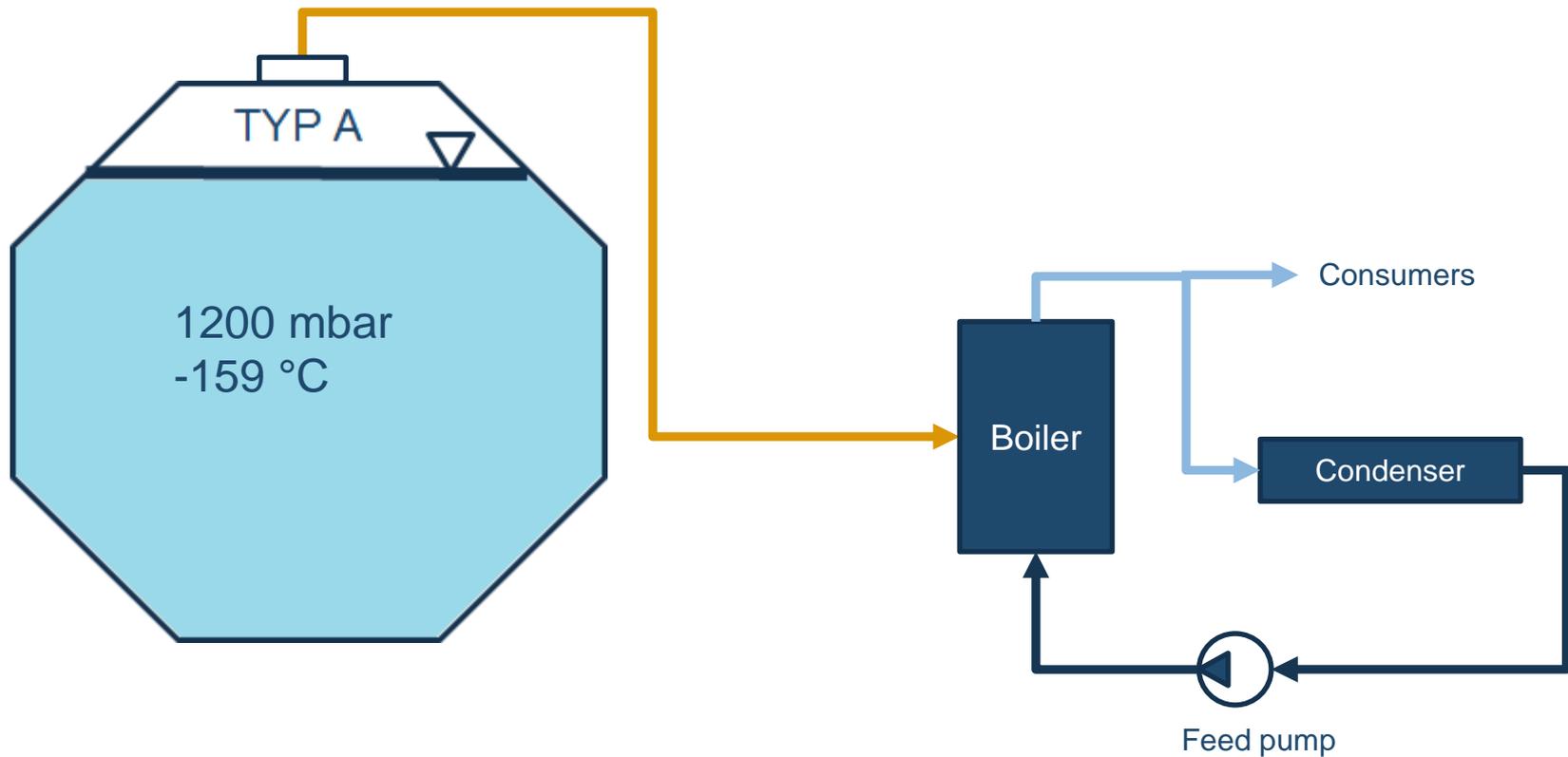
Marine Service GmbH

Bei Wärmeeintrag über der Zeit (trotz Isolierung)
-> Temperatur- und Druckanstieg



Unter IMO Bedingungen: ca. 7 Tage Standzeit möglich (abhängig von Isolierung)

Bei weiterem Wärmeeintrag muss Boil-off-gas abgenommen werden

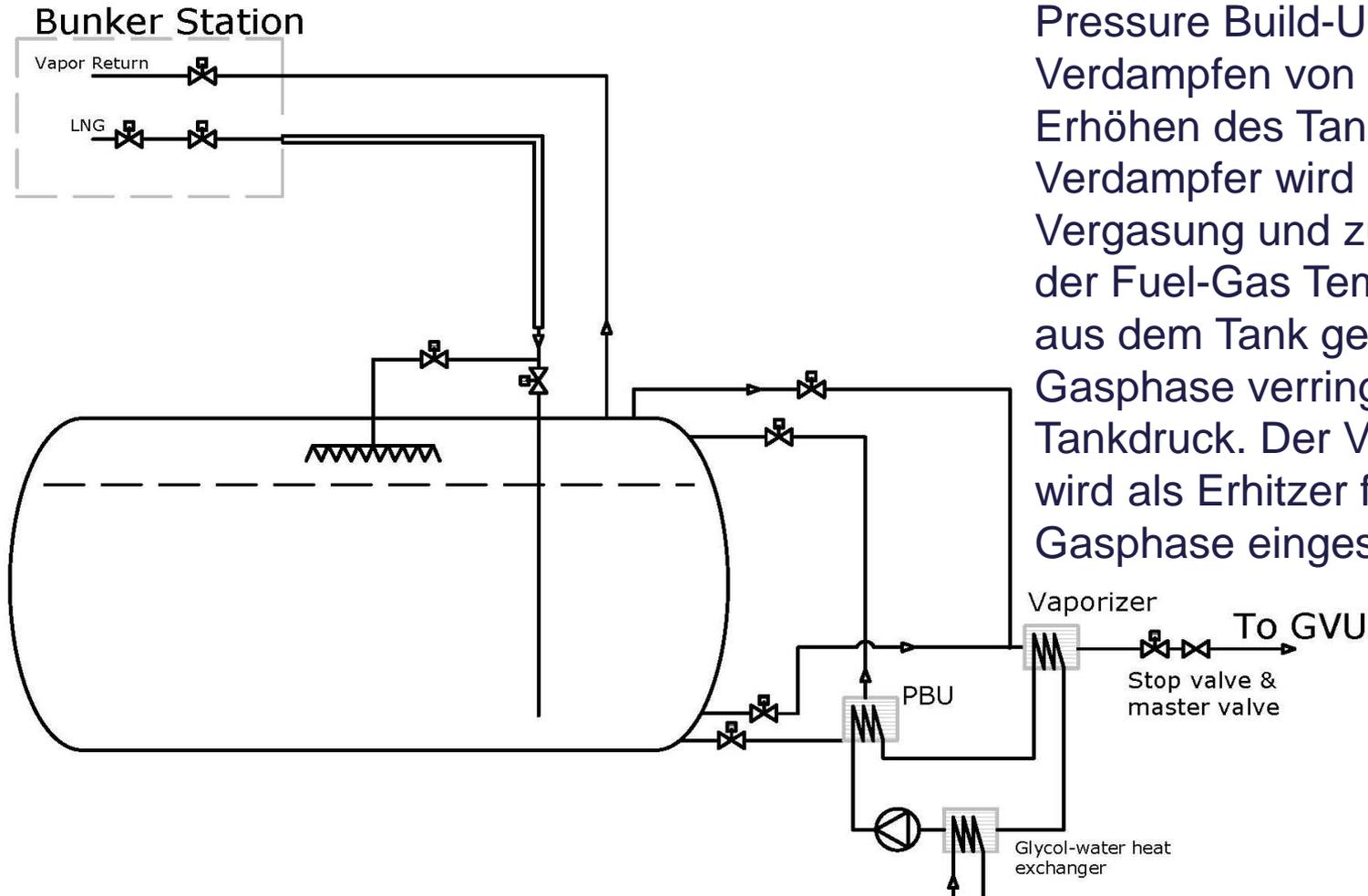




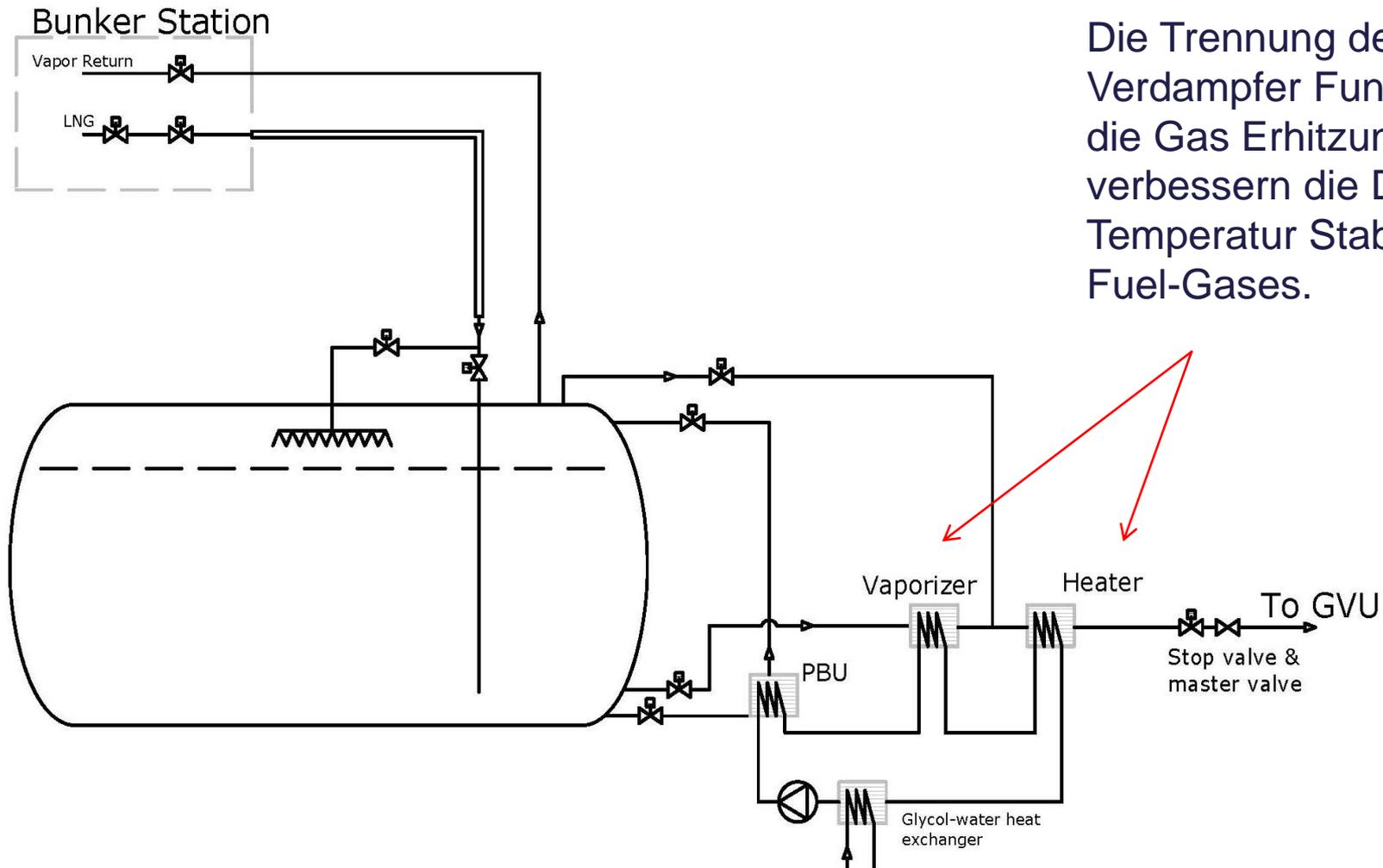
Funktionen:

Die Lieferung von Fuel Gas in vorgegeben Druck und Temperatur Limits.

- Kontrolle des Lagertankdrucks
- Handhabung des Boil-Off
- Bunker Unterstützung
- Möglichkeit zum Gasfreimachen des LNG Tanks für z.B. eine Werftliegezeit

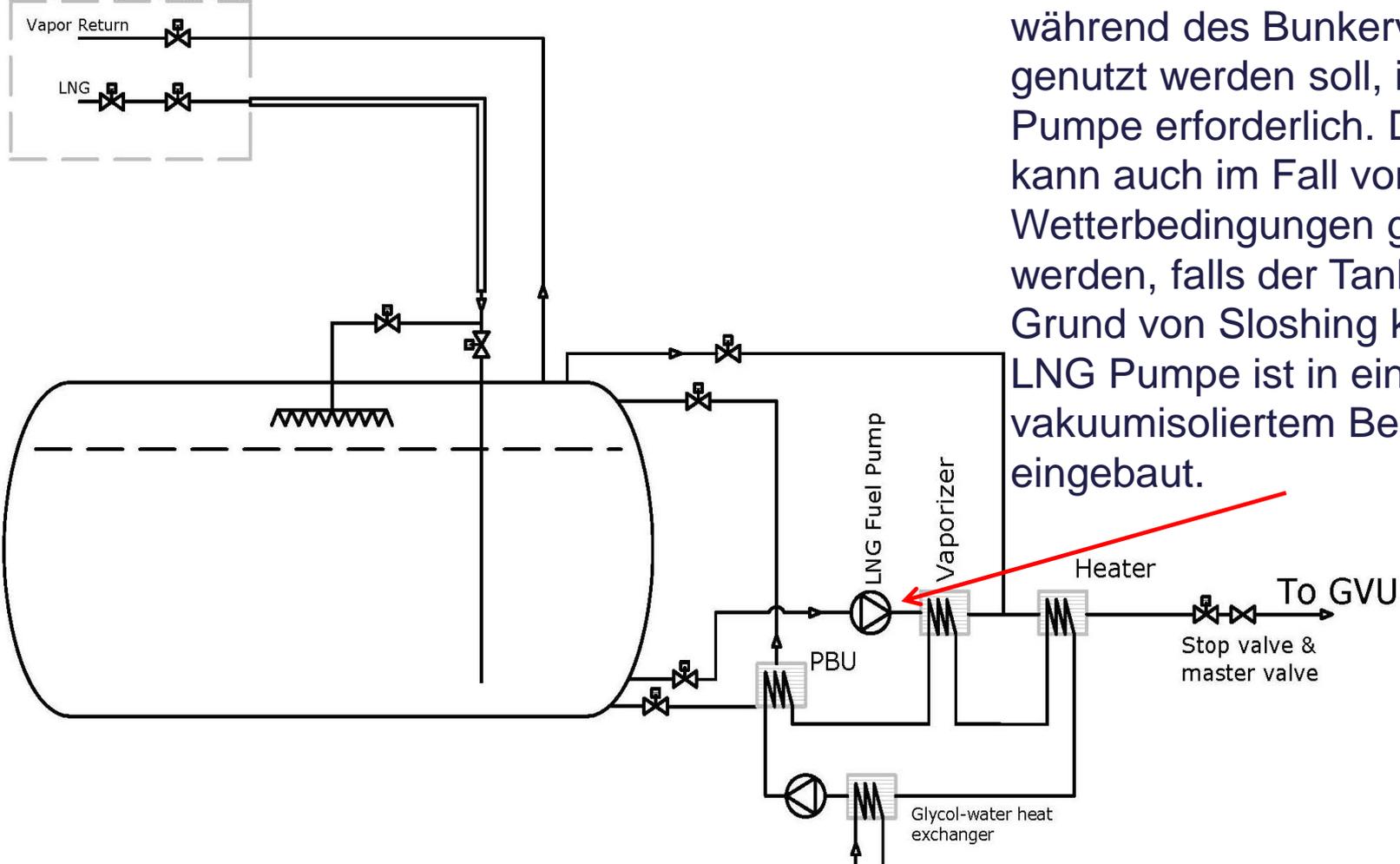


Einfachstes Design mit Pressure Build-Up (PBU) Verdampfen von LNG zum Erhöhen des Tank Drucks. Der Verdampfer wird genutzt zur Vergasung und zur Kontrolle der Fuel-Gas Temperatur. Die aus dem Tank geleitete Gasphase verringert den Tankdruck. Der Verdampfer wird als Erhitzer für die Gasphase eingesetzt.



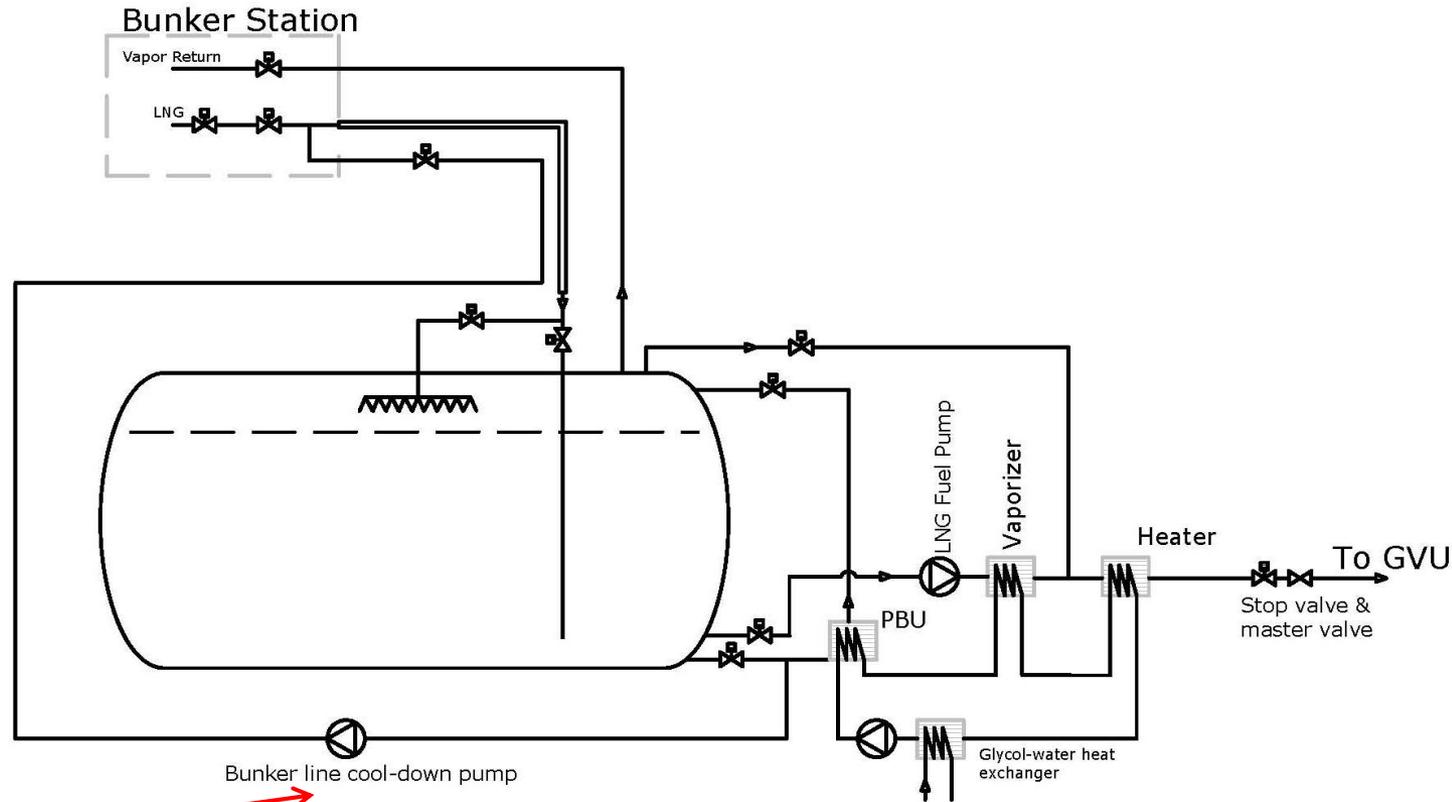
Die Trennung der Verdampfer Funktion und die Gas Erhitzung verbessern die Druck- und Temperatur Stabilität des Fuel-Gases.

Bunker Station



Wenn der Gas –Treibstoff auch während des Bunkervorgangs genutzt werden soll, ist eine LNG Pumpe erforderlich. Diese Pumpe kann auch im Fall von schlechten Wetterbedingungen genutzt werden, falls der Tankdruck auf Grund von Sloshing kollabiert. Die LNG Pumpe ist in einem vakuumisoliertem Behälter eingebaut.

Falls die Bunker Rohrleitung zu lang ist, muss eine Vorkühlung erfolgen. Ein „line cool-down“ ist notwendig. Die Pumpe kann auch zum Spritzen des LNG Tanks genutzt werden, um den inneren Tankdruck zu verringern und somit den Bunkervorgang zu beschleunigen.



Ebenfalls kann die Pumpe zum Entleeren des Tanks genutzt werden (Gasfreiheit)

Bunkersystem I Low/High (Pumpe)

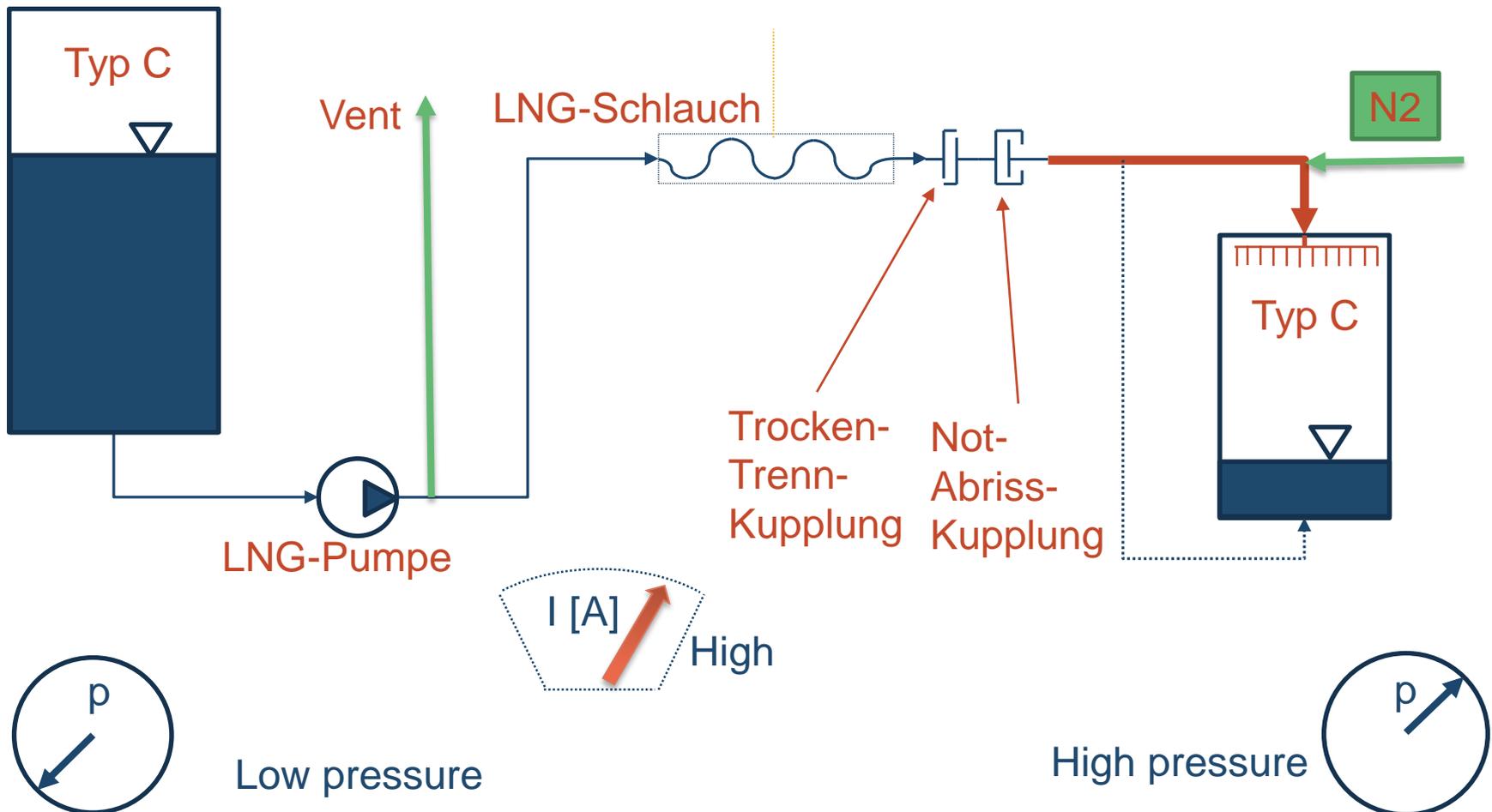


Marine Service GmbH

Top filling via pump

SHORE

SHIP



Bunkersystem II Low/Low(Pumpe)

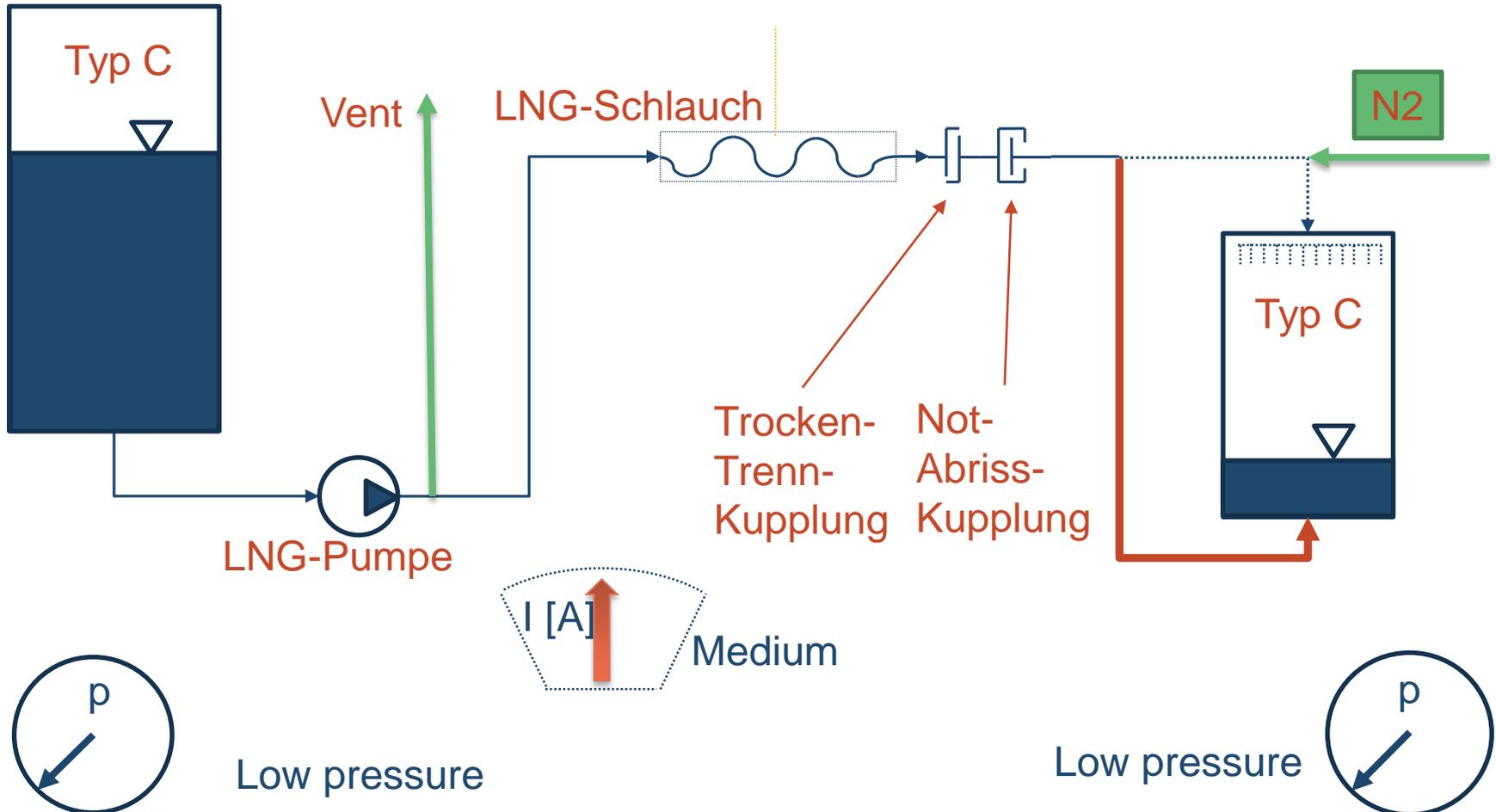


Marine Service GmbH

Bottom filling via pump

SHORE

SHIP



Bunkersystem III – High/Low

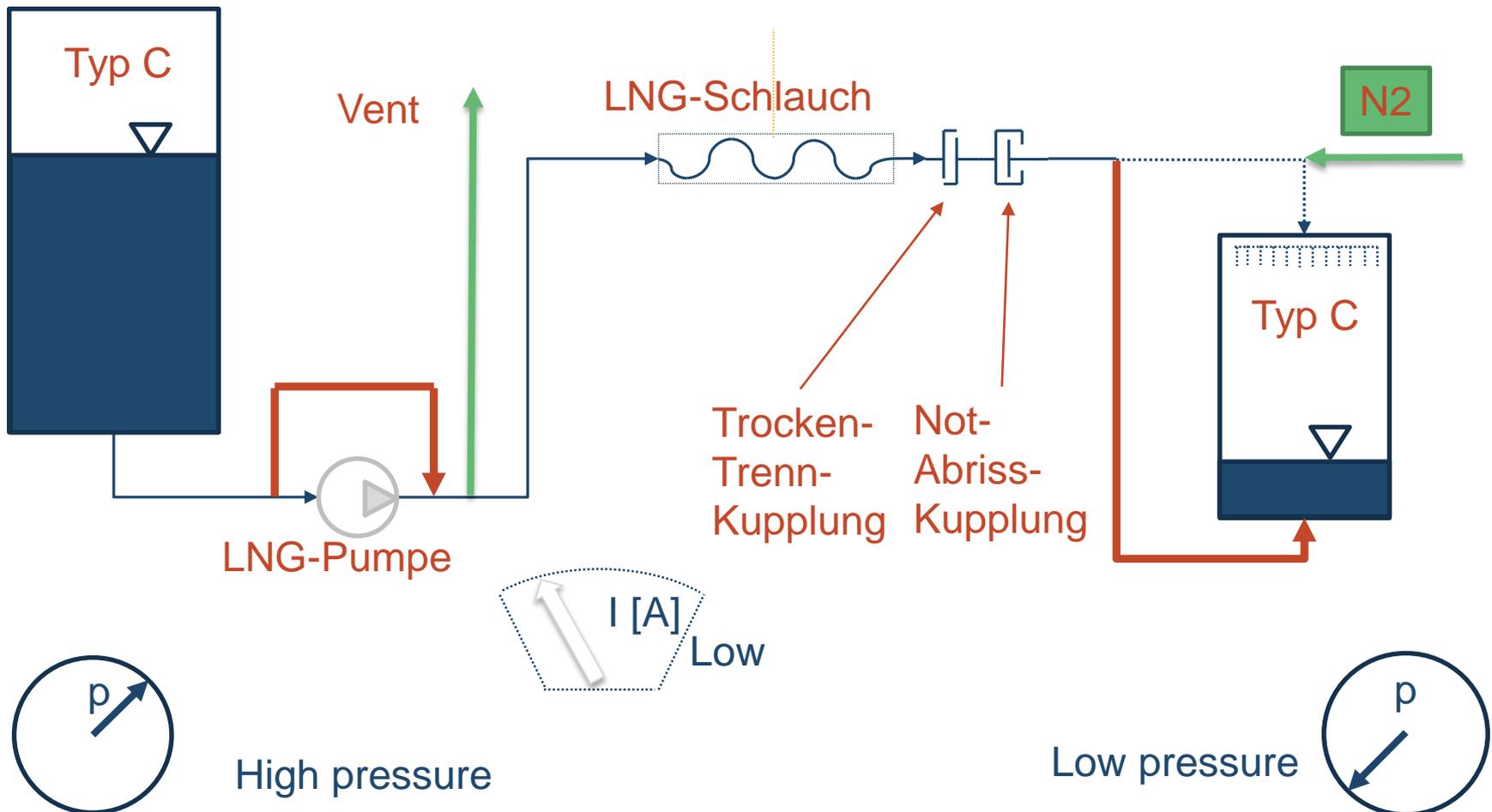


Marine Service GmbH

Bottom filling - Pump by-passed

SHORE

SHIP



Bunkersystem IV – High/High

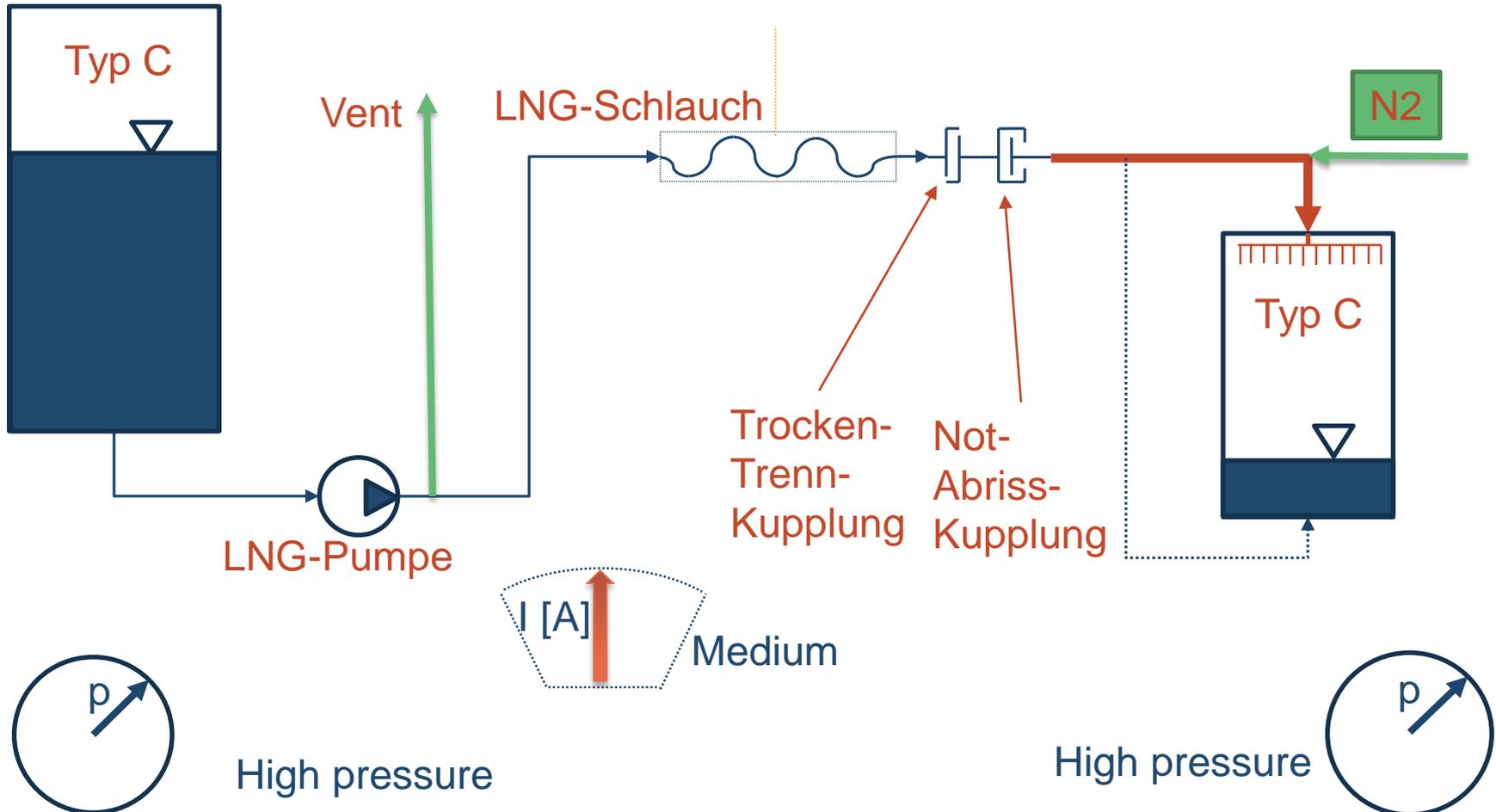


Marine Service GmbH

Top filling via pump

SHORE

SHIP



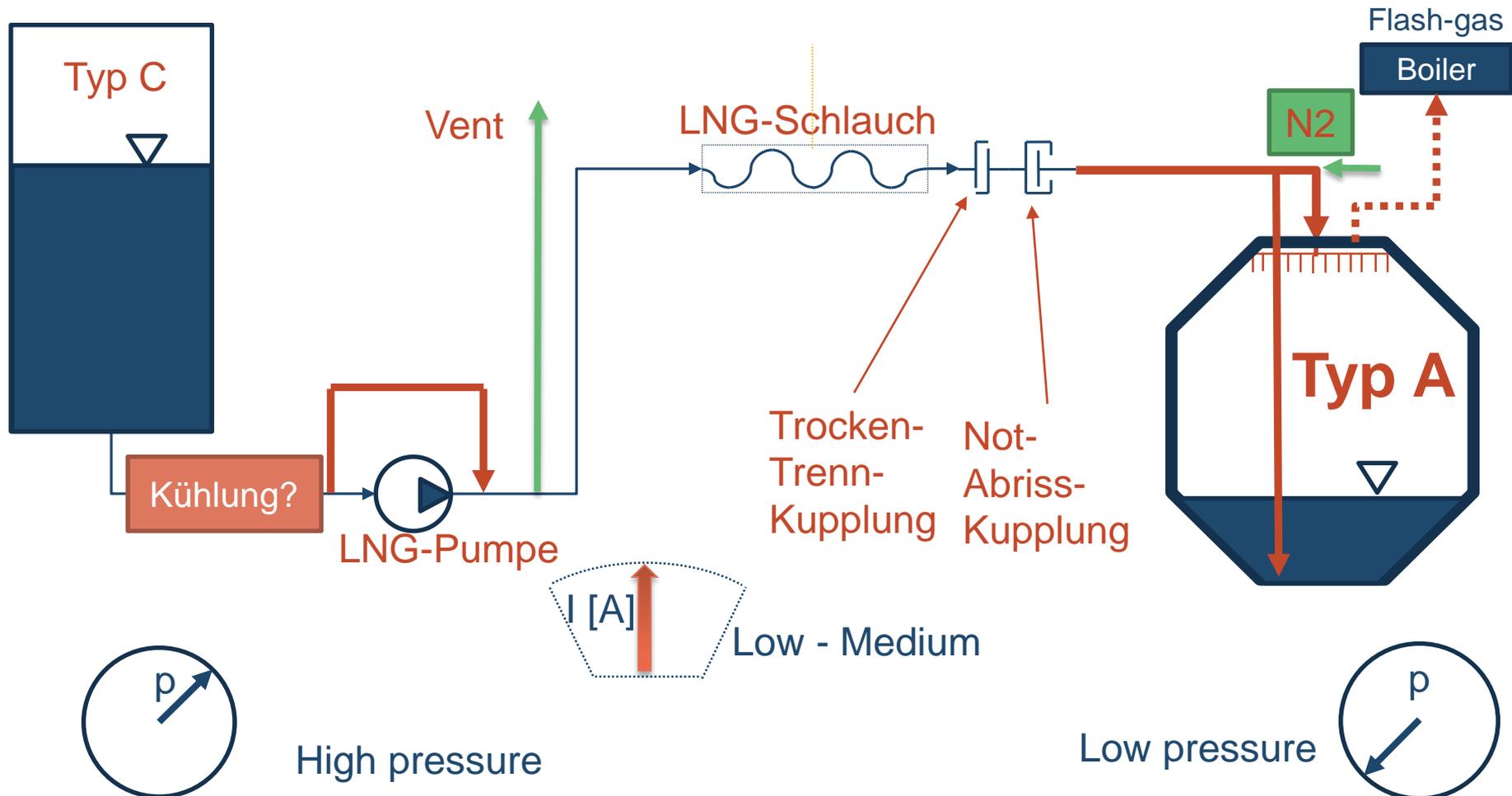
Bunkersystem V – Typ A Tank



Marine Service GmbH

SHORE

SHIP



LNG

Technical Services

Commercial Advisory Services

Offshore Wind Power



Marine Service GmbH

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Michael Kraack
Geschäftsführer
mkr@ms-de.eu
+49(0) 172 60 600

Marine Service GmbH
Mattentwiete 1
D-20457 Hamburg
Germany
Phone +49 40 36 90 30