

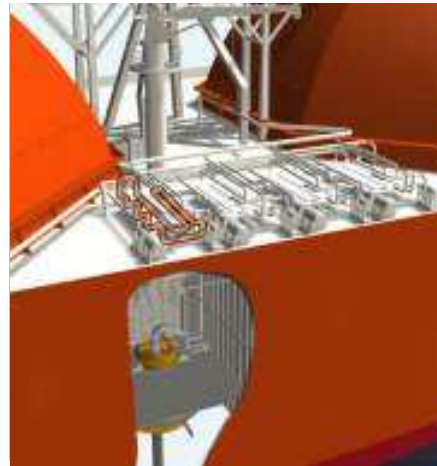
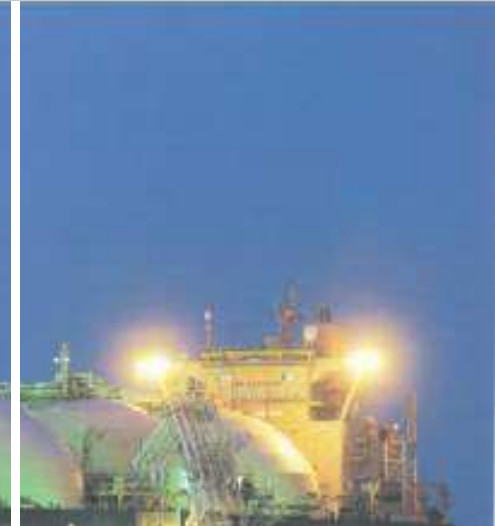
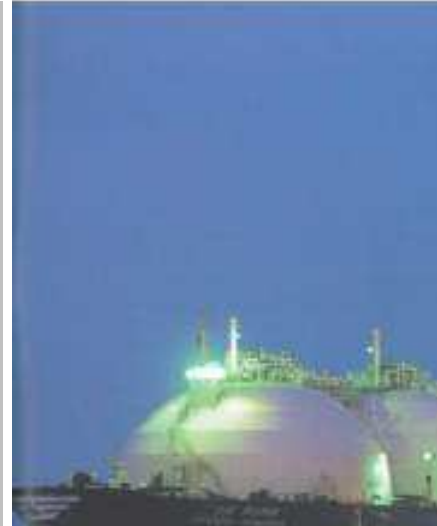
Hamworthy Gas Systems

Verfahren zur Herstellung von LNG

InnoGas – November, 29th/30th 2007

Dessau, Deutschland

Sebastian Kunert
-- Prozess Ingenieur



Hamworthy Gas Systems

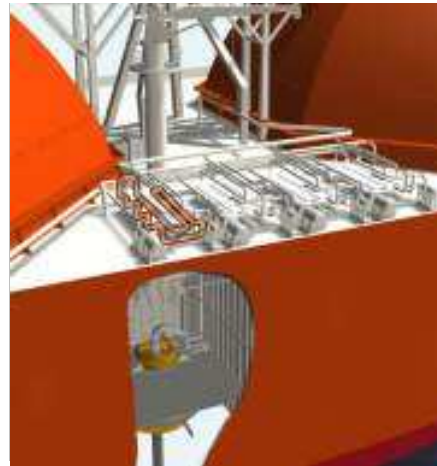
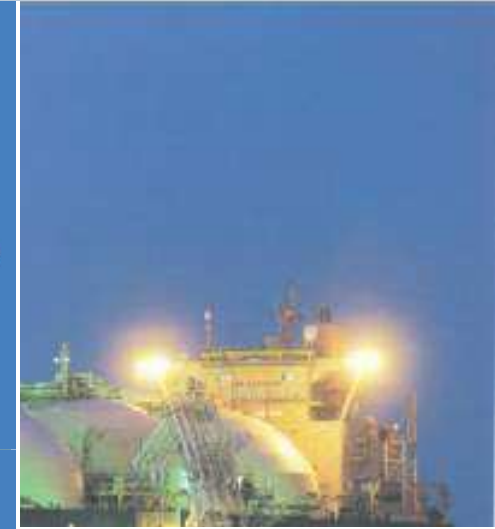
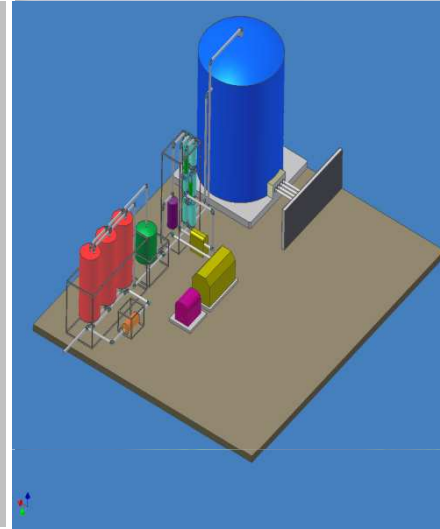
Agenda

→ Organization & Referenzen

- LNG Verflüssigungssysteme

→ Mini Anlagen

- LNG Regasifizierungssysteme
- VOC Rückgewinnungssysteme
- Gaslösungen für LPG Transporte
- Gaslösungen for LPG F(P)SOs



LNG Anlagen

Landbasierte Anlagen – unser Markt



- ✓ Mini Anlagen
LNG prod.: 0.35 – 18 k t/yr
(1 – 50 t/day)



- ✓ Kleinanlagen (Spitzenlast)
LNG prod.: 20 – 200 k t/yr
(50-500 t/day)



- Grundlastanlagen
LNG prod. 1,500 – 5,000 k t/yr
(4,000-14,000 t/day)

LNG Grundlast kontra Kleinanlagen

Vergleiche

Grundlastanlagen



LNG Snurrevarden



Vergleiche

Grundlastanlagen

Normalerweise 2 od. mehr Prozesszüge

Jährliche Produktion : > 2,5 Million Tonnen/Prozesszug

Typische Investition : 300-400 USD/ t LNG

Verflüssigungsverfahren : 90% APCI Propanevorkühlung sowie Gemischkühlkreislauf

Prozessstufen :

- ▶ CO2 Entfernung
- ▶ Trocknung
- ▶ Vorkühlung
- ▶ Fraktionierung
- ▶ Verflüssigung

Effizienz : 0,35 kWh / kg LNG

Speicherkapazität : > 200.000 m³

Export durch : LNG Schiffe

LNG Snurrevarden

Prozess : 1 Prozesszug

Jährliche Produktion : ~21.000 tons

Investition (abgeschätzt) : 370 USD / Tonne LNG

Verflüssigungsverfahren : Stickstoff

Brayton-Kreislauf

Prozessstufen:

- ▶ Trocknung
- ▶ CO2 Entfernung
- ▶ Vorkühlung
- ▶ Entfernung schwerer Kohlenwasserstoffe
- ▶ Verflüssigung

Effizienz : 0,80 kWh / kg LNG

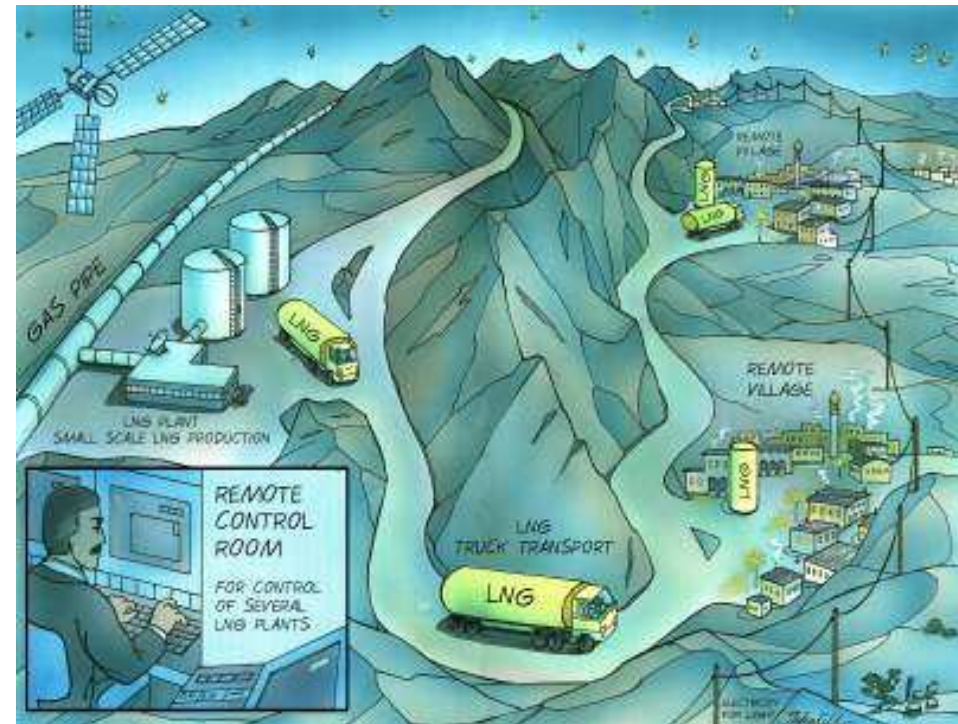
Speicherkapazität : 250 m³

Export durch : LKW

LNG Kleinanlagen

Warum?

- ▶ **Spitzenlast-Anlagen** sind seit mehreren Jahren in den USA/Europa im Betrieb. Erdgas wird durch Kühlung verflüssigt und gespeichert. In Zeiten hoher Nachfrage wird LNG regasifiziert und ins Erdgasnetz eingespeist.
- ▶ **Erdgasvertrieb** durch Erdgasnetze ist in Norwegen nicht/spärlich vorhanden.
- ▶ **Erschließung neuer und kleiner Gasfelder**, d.h. Biogas, Schlechtgas, Deponiegas...
- ▶ **LNG als Benzin/Diesel Ersatz** in PKW/LKWs sowie Schiffen kann vorteilhaft sein.



Snurrevarden LNG Anlage - Norwegen

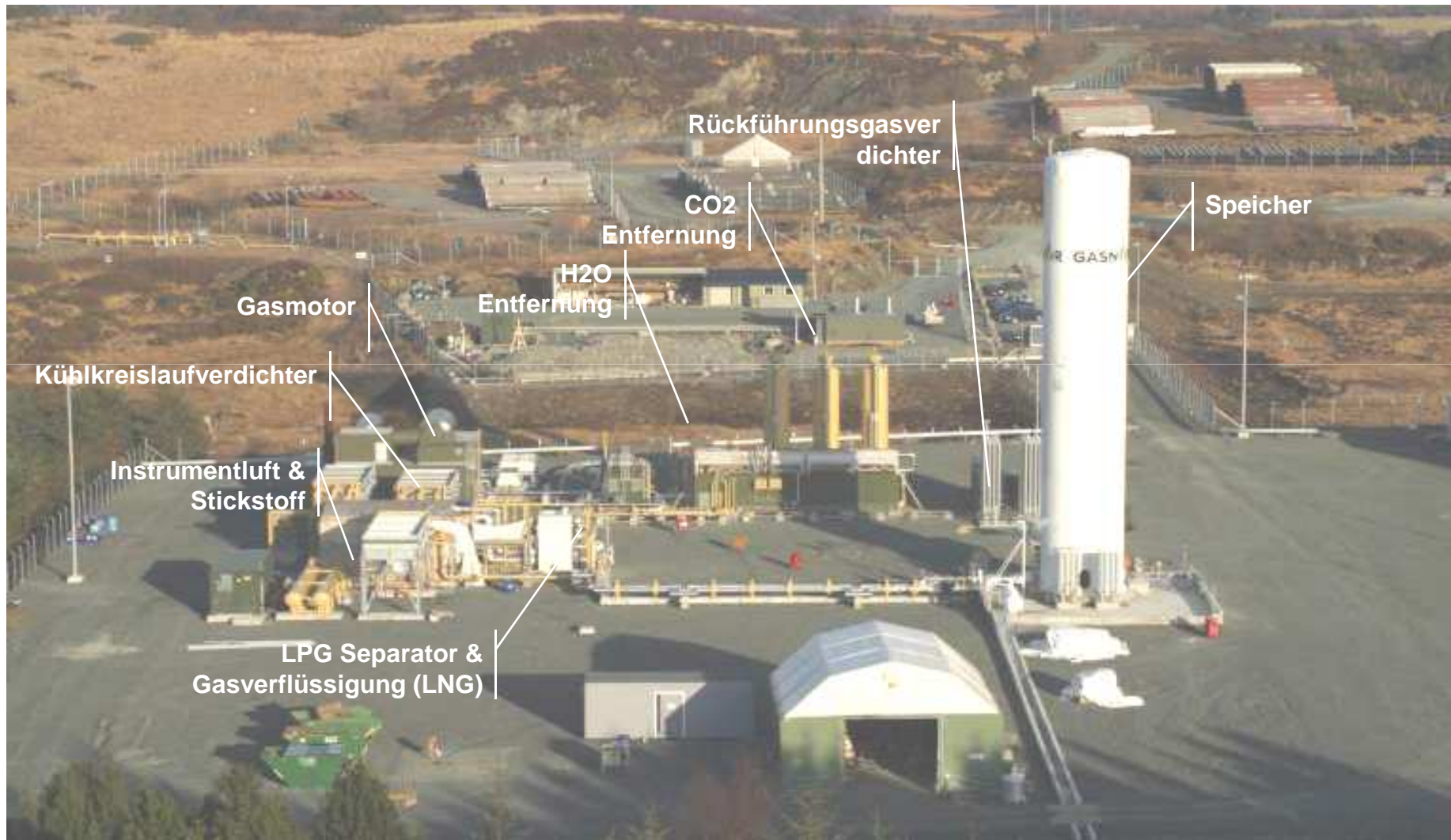
LNG Verflüssigungsanlagenparameter

- Erste freistehende LNG Kleinanlage in Nordeuropa
- Hamworthy erhält EPCIC Vertrag mit GASNOR
- LNG Produktionskapazität 60 Tonnen/Tag (2.500 kg/hr)
- Anlage läuft unbemannt
- Anlagenstart war am 15. März 2003
- Umsetzbarkeit der Technologie wurde erfolgreich demonstriert



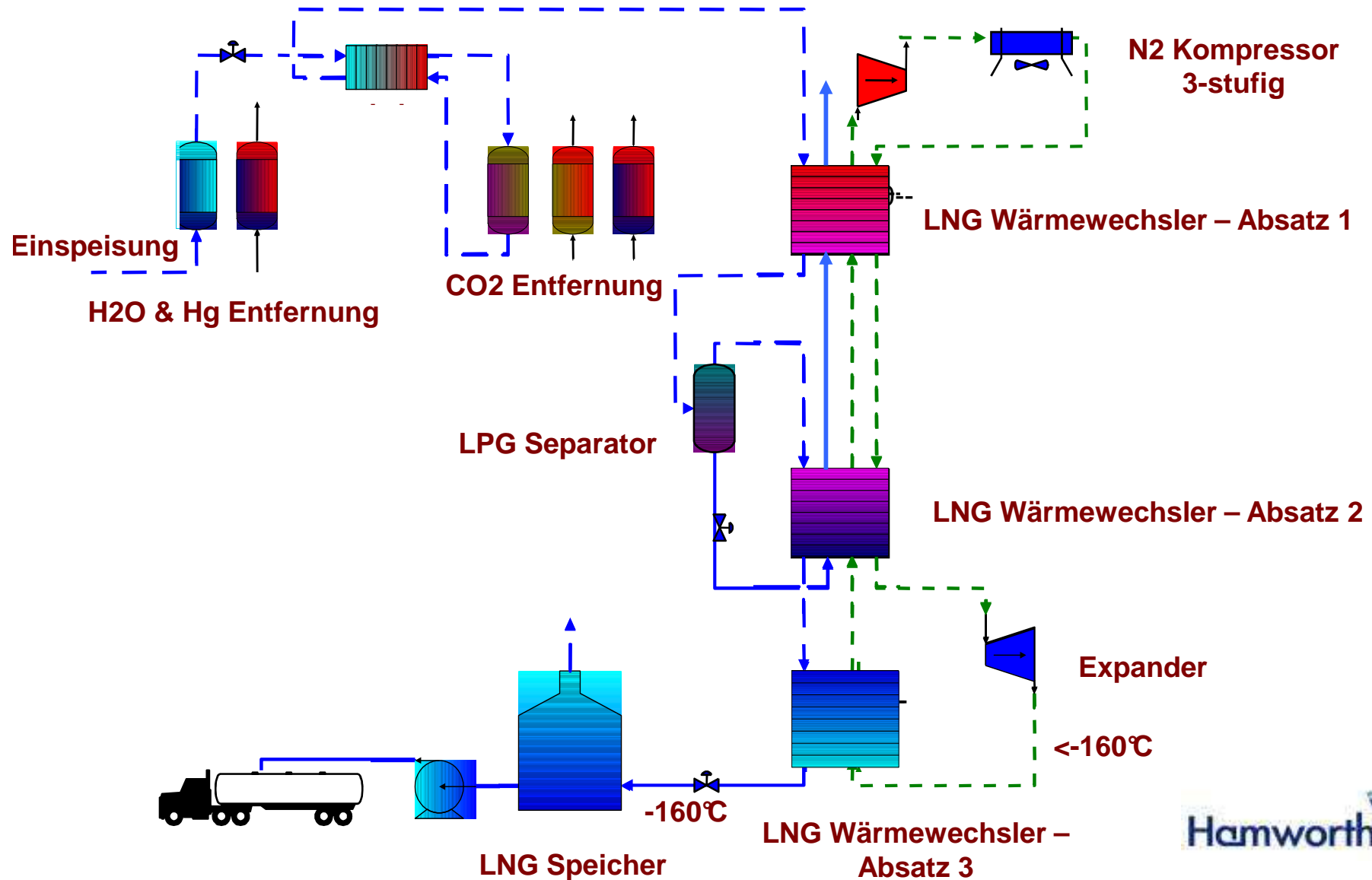
Snurrevarden LNG Anlage

Anlagenanordnung



Snurrevarden LNG Anlage

Prozessablaufplan

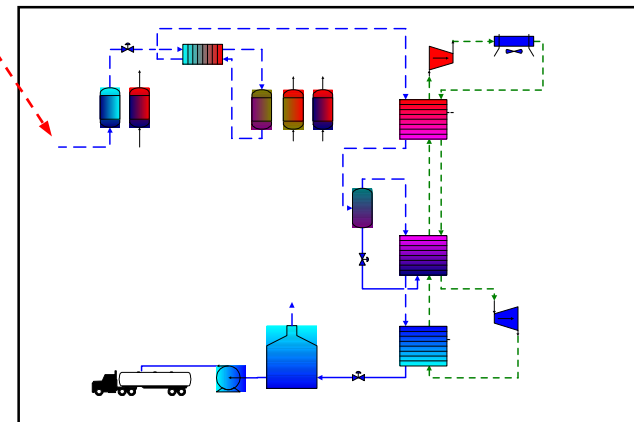


Snurrevarden LNG Anlage

Druckreduzierung

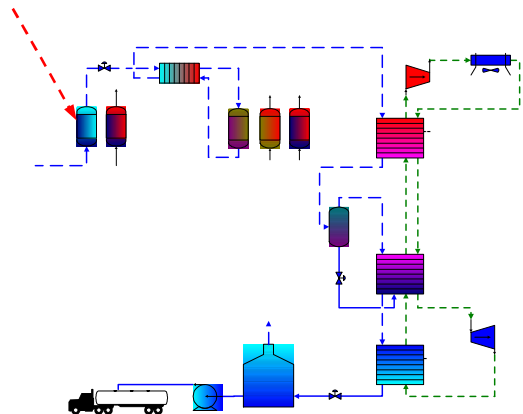


- ▶ Gasstabilisierung
- ▶ Schutz gegen Formation von Eis im Wasserentfernungssystem
- ▶ Druckreduzierung bevor Gaszuführung in die CO₂ Entfernungsanlage



Snurrevarden LNG Anlage

Kombinierte Wasser, Quecksilber und MEG/TEG-Polizeifilter



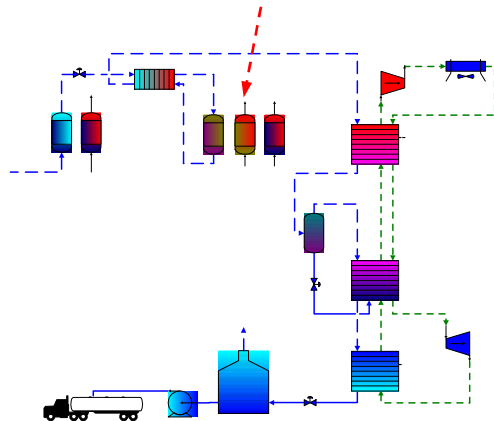
- ▶ Wasseradsorption durch Molekularsiebe vom Typ 3A
- ▶ Hg Filter basiert auf regenerativen Adsorbenten
- ▶ MEG/TEG Filter basiert auf Silica Gel Adsorbenten
- ▶ Austrittsreinheitsgrad:
 - ▶ Wasser : 1 ppm-vol
 - ▶ Hg : $< 0.1 \mu\text{g}/\text{Sm}^3$
 - ▶ MEG/TEG : Spuren
- ▶ Offene Regeneration
 - ▶ Regenerationsgas ist behandeltes Gas
 - ▶ Wärmequelle durch Thermoöl
 - ▶ Keine externe Kühlung notwendig, kaltes Regenerationsgas ist ausreichend.
 - ▶ Regenerationsgas im Prozess wird als Brennstoff eingesetzt oder in das Niederdrucknetz eingespeist.

Snurrevarden LNG Anlage

CO₂ Entfernung



- ▶ CO₂ Adsorption basiert auf der Verwendung von Molekularsieben vom Typ 13X
- ▶ Maximale CO₂ Konzentration: 2,5 mol%
- ▶ Austrittsreinheitsgrad:
- ▶ CO₂ : 50 ppm-vol
- ▶ Halbgeschlossener Regenerationskreislauf
 - ▶ Wärmequelle durch Thermoöl
 - ▶ Kühlung durch Luftkühler
 - ▶ Regenerationsgas zirkuliert mit einer konstanten Abführung von ~400 Nm³/hr.
 - ▶ Regenerationsgas im Prozess wird als Brennstoff eingesetzt oder in das Niederdrucknetz eingespeist.

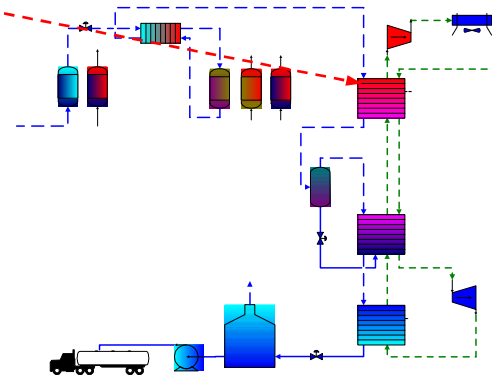


Snurrevarden LNG Anlage

Separator and Wärmetauscher



- ▶ Hartgelöteter Aluminiumlamellenwärmetauscher
- ▶ Auslegung für 5 Prozessströme; kann aber für mehr als 10 Ströme ausgelegt werden
- ▶ Installation innerhalb einem perlitinsulierten Behälter
- ▶ Behälter wird deshalb auf Kältebehälter genannt ("Cold Box")



Snurrevarden LNG Anlage

LPG Separator



Snurrevarden LNG Anlage

Cold box Innenansicht sowie die Befüllung mit *Perliten* zur Isolierung

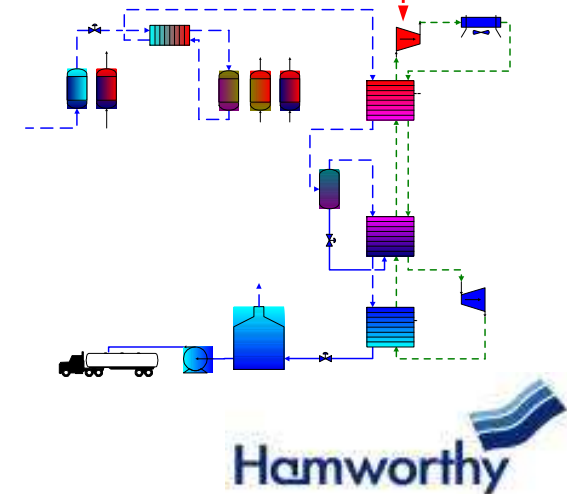


Snurrevarden LNG Anlage

N2 Kompressor & Expander (wird ebenfalls für alle LNG Frachter verwendet)

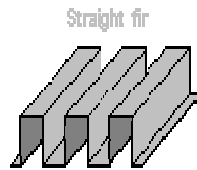


- ▶ 3-stufiger Kompressor mit Expander; auf der selben Getriebewelle montiert
- ▶ Frequenzkontrillierter 2,2 MW elektrischer Antrieb
- ▶ Zwischenkühlung mit Luftkühlern
- ▶ Auslegung für Drücke zwischen 54 bara und 14 bara.

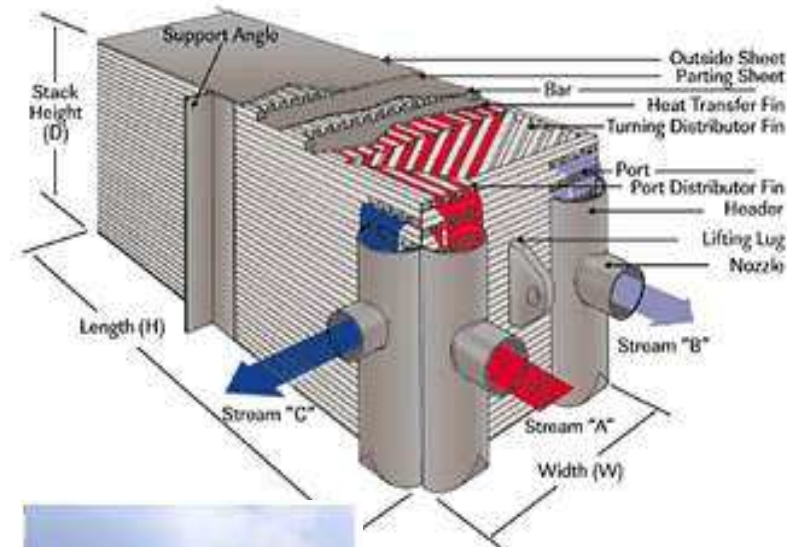
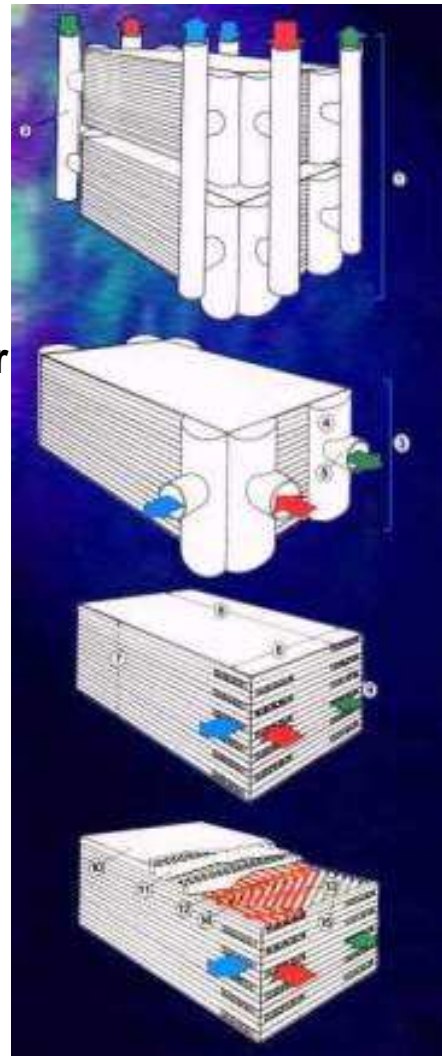


LNG Wärmetauscher

Lamellenwärmetauscherauslegung, "Cold box"

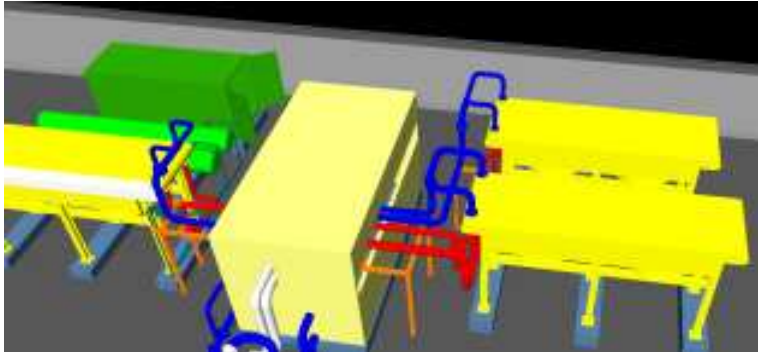


- ▶ Lamellenwärmetauscher aus Aluminium
- ▶ Auslegung für 5 Prozessströme; kann aber für mehr als 10 Ströme ausgelegt werden
- ▶ Installation innerhalb einem perlitinsulierten Behälter
- ▶ Behälter wird deshalb auf Kältebehälter genannt ("Cold Box")



Snurrevarden LNG Anlage

N2 Kompressor und Luftkühler



- Kompressorleistung ~2.300 kW
- Expanderbeitrag ~400 kW
- Motornennleistung 2.200 kW
- Luftkühlerleistung ~800 kW / pro Stück



Snurrevarden LNG Anlage

Instrumentluft & Stickstoffgenerator mit Puffertank zur Steuerung der Förderleistung



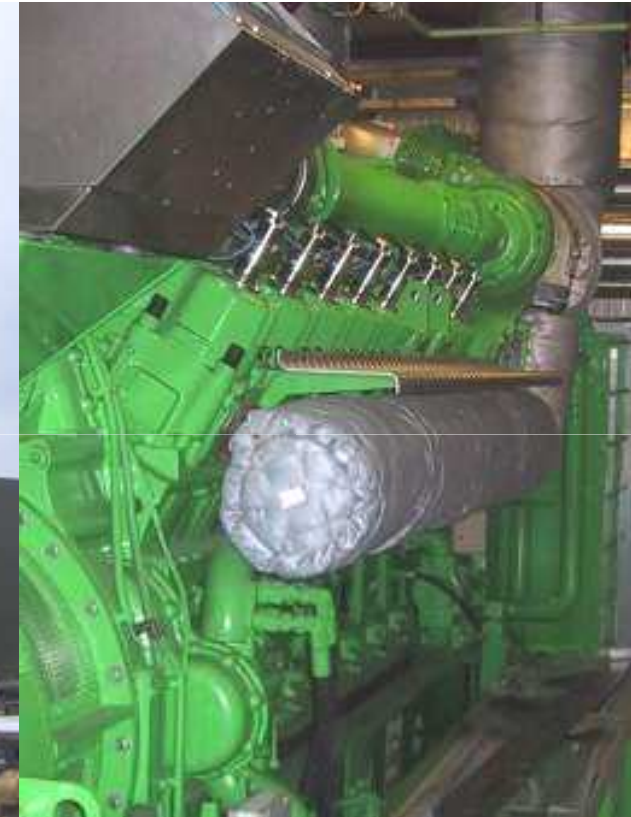
- Stickstoff mit Reinheitsgrad von 99,97% mit Produktion von Ort, aus der Instrumentluft
- Instrumentluft hat einen Taupunkt niedriger als -82°C bei 8 barg
- Stickstoff besitzt einen Restwassergehalt weniger als 0,25 PPM



Snurrevarden LNG Anlage

Installation Gasmotor

- Nennleistung: 5.505 kW
- Elektrische Leistung: 2.200 kW
- Wärmeleistung Heizöl bei 250°C: 991 kW
- Wärmeleistung Heißwasser bei 80°C : 1.117 kW



Snurrevarden LNG Anlage

LNG Speicher



- ▶ Vakuumisolierter Speicher
- ▶ Kapazität 250 m³
- ▶ Dimensionen: Durchmesser: 4,0 m;
Höhe : 30 m
- ▶ Arbeitsdruck : 125 kPa
- ▶ Auslegungsdruck : 800 kPa
- ▶ Abdampfungsrate : 0,08 % / Tag
- ▶ Ausgelegt mit LNG Pumpe Füllstation
für den Export mit LKW



Snurrevarden LNG Anlage - Norwegen

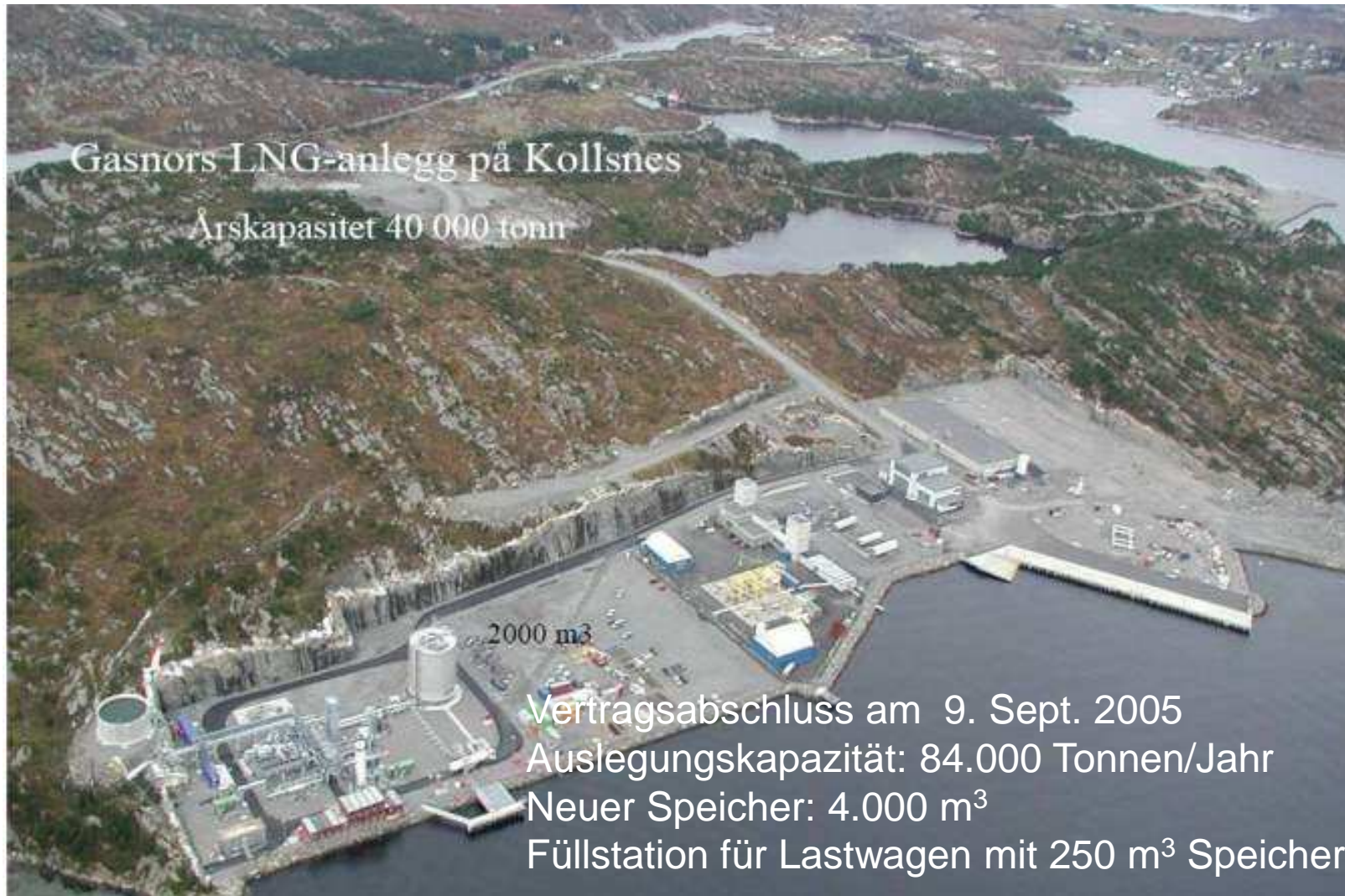
Erste LKW Befüllung am 27. April 2003



Erste kommerzielle Auslieferung von LNG (57,3 Tonnen)
als Treibstoff für das Off-shore Transportschiff "Viking Energy"

Hamworthy Gas Systems

Neuer Vertrag zur Gasverflüssigung auf dem Snurrevarden Konzept aufbauend



Hamworthy Gas Systems

Kollsnes II



LNG Transport in Norwegen

LNG Beladung Schiff zu Lastwagen



LNG Speicher (Satellitenanlagen)

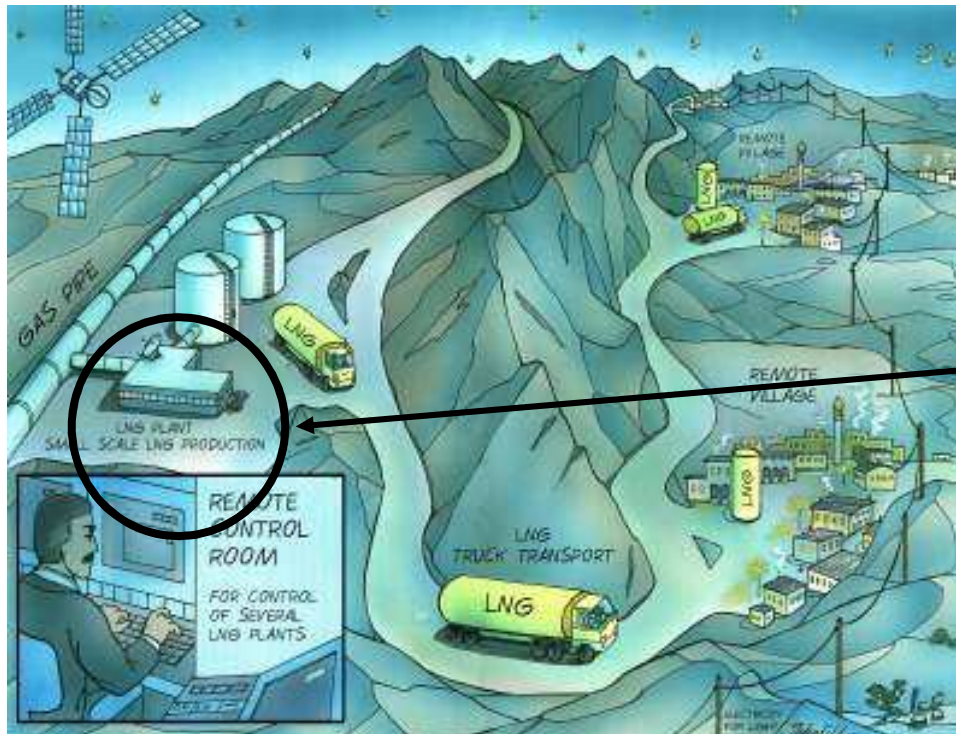
LNG Speicher und Füllstation



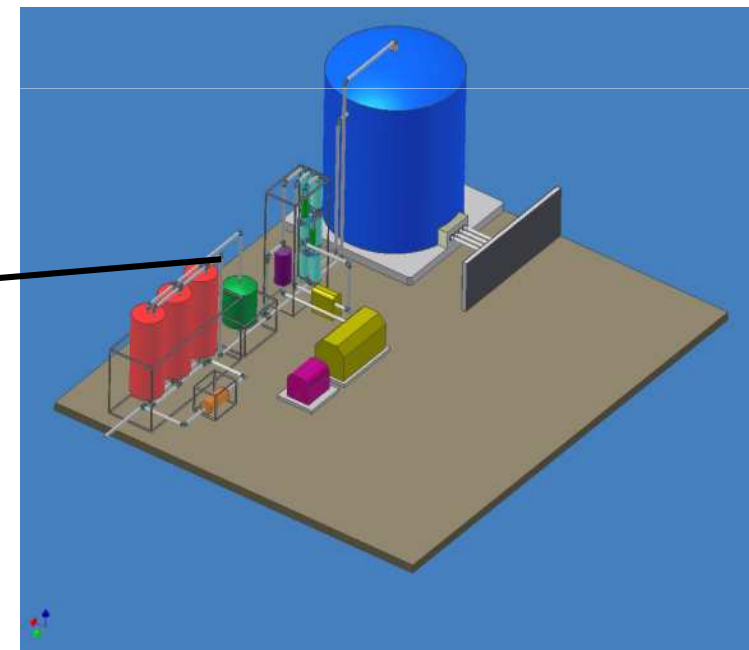
Hamworthy Mini-LNG Anlage

Konzept

- ▶ Angedacht für den Gebrauch von Erdgas in Gegenden ohne Anschluss an das lokale Gasnetz
- ▶ Nutzung von Gasen aus Gasnetzen, Deponien, Biogas, etc...
- ▶ Ursprüngliche Auslegungskapazität: 1 – 50 Tonnen LNG pro Tag

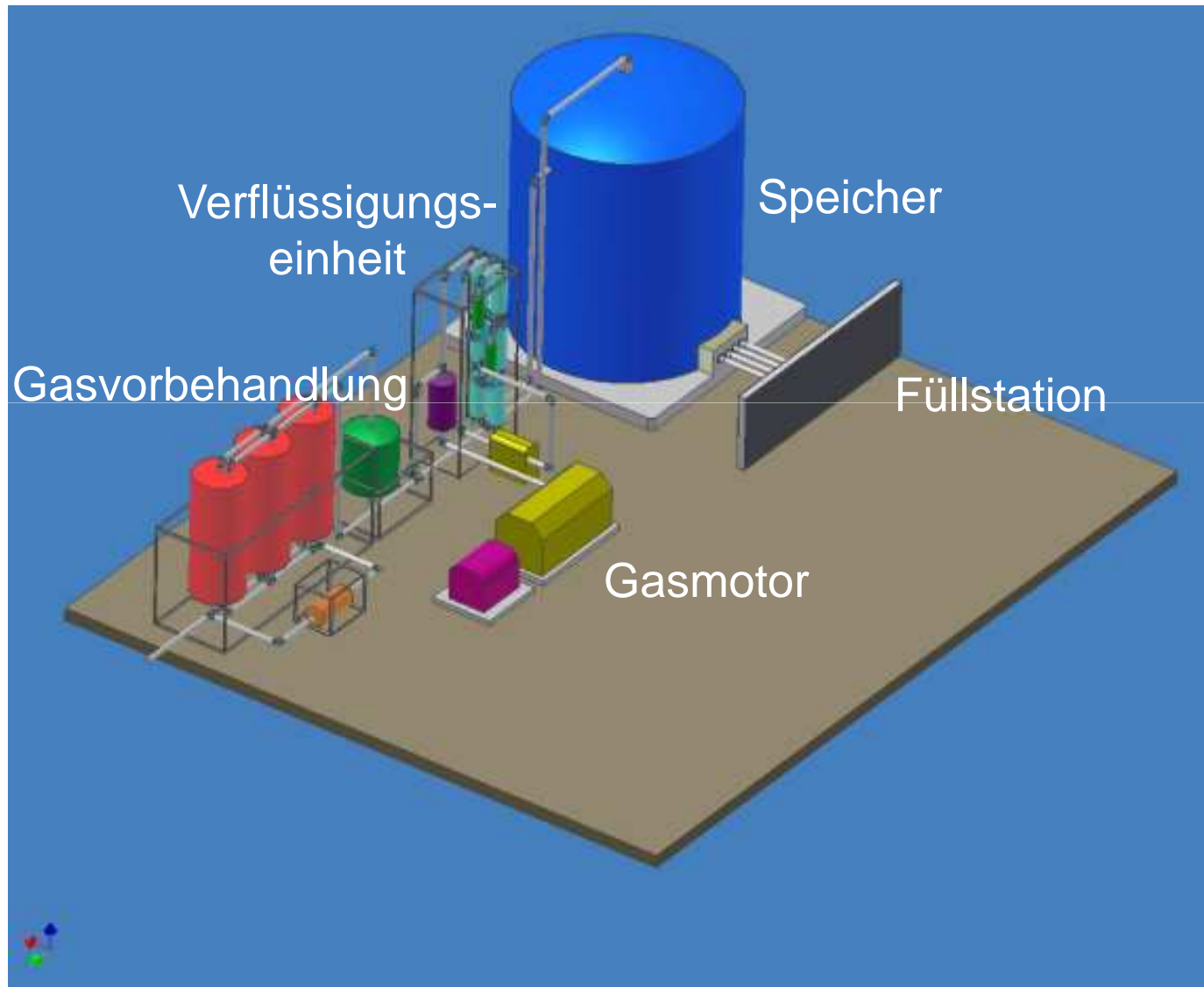


Patented μ - LNG plant



Hamworthy Mini-LNG Anlage

Auslegung

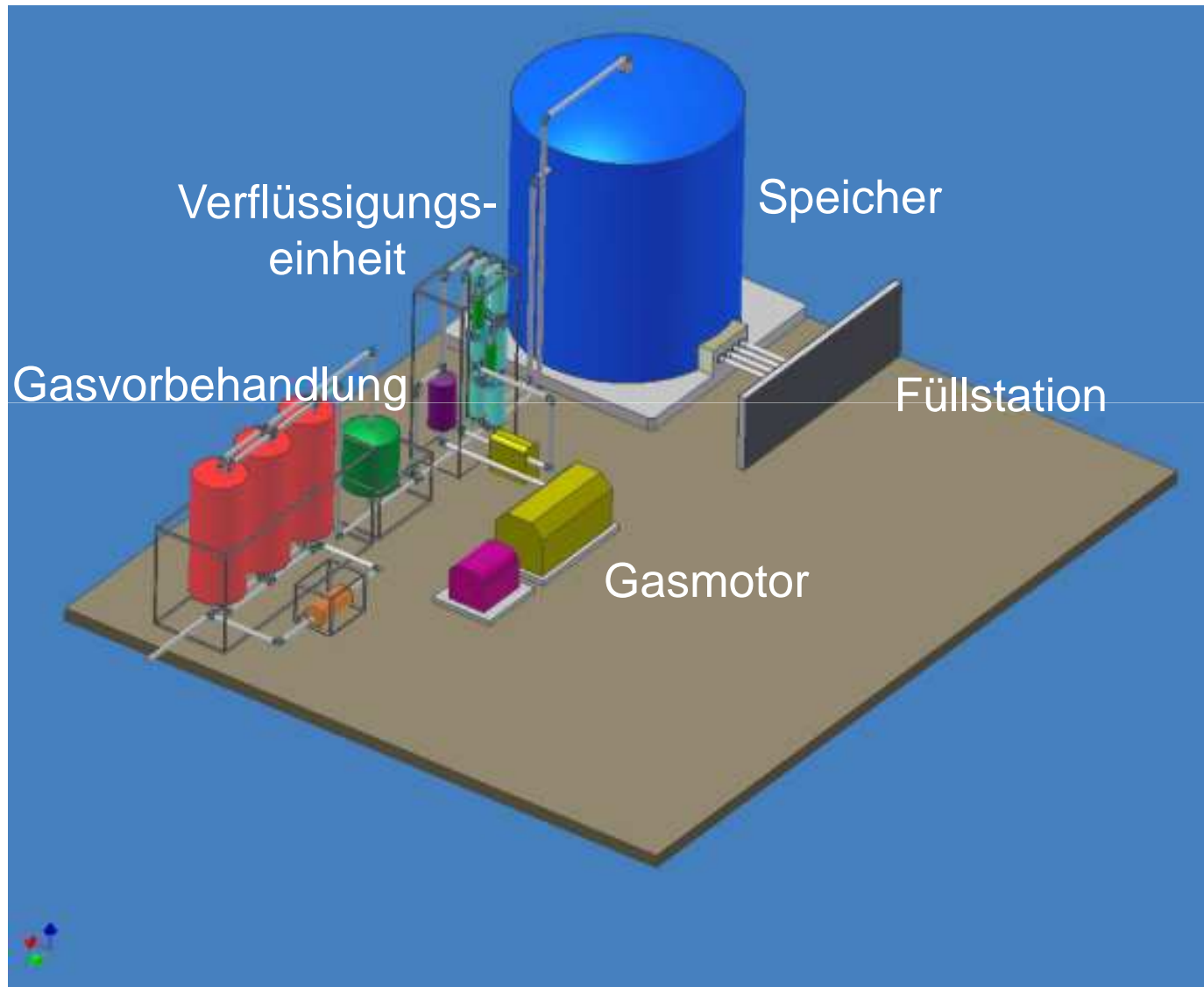


Modulare energie- und kosteneffektive Lösung mit den folgenden Eigenschaften:
Kapazität von 1 to 50 Tonnen/Tag

- Modulare Auslegung:
 - Vorbehandlung
 - Verflüssigung
 - Gasmotor
 - Speicher
 - Füllstation

Hamworthy Mini-LNG Anlage

Auslegung



- ▶ Verwendung von Standardkomponenten um die Kosten niedrig zu halten und eine schnelle Auslieferung zu gewährleisten
- ▶ Anlage ist verlagerbar.
- ▶ Kältemittel ist ein Gemisch aus (N_2, C_1, C_2, C_3, C_4)

Mini-Verflüssigungs Testanlage

Laborprototype



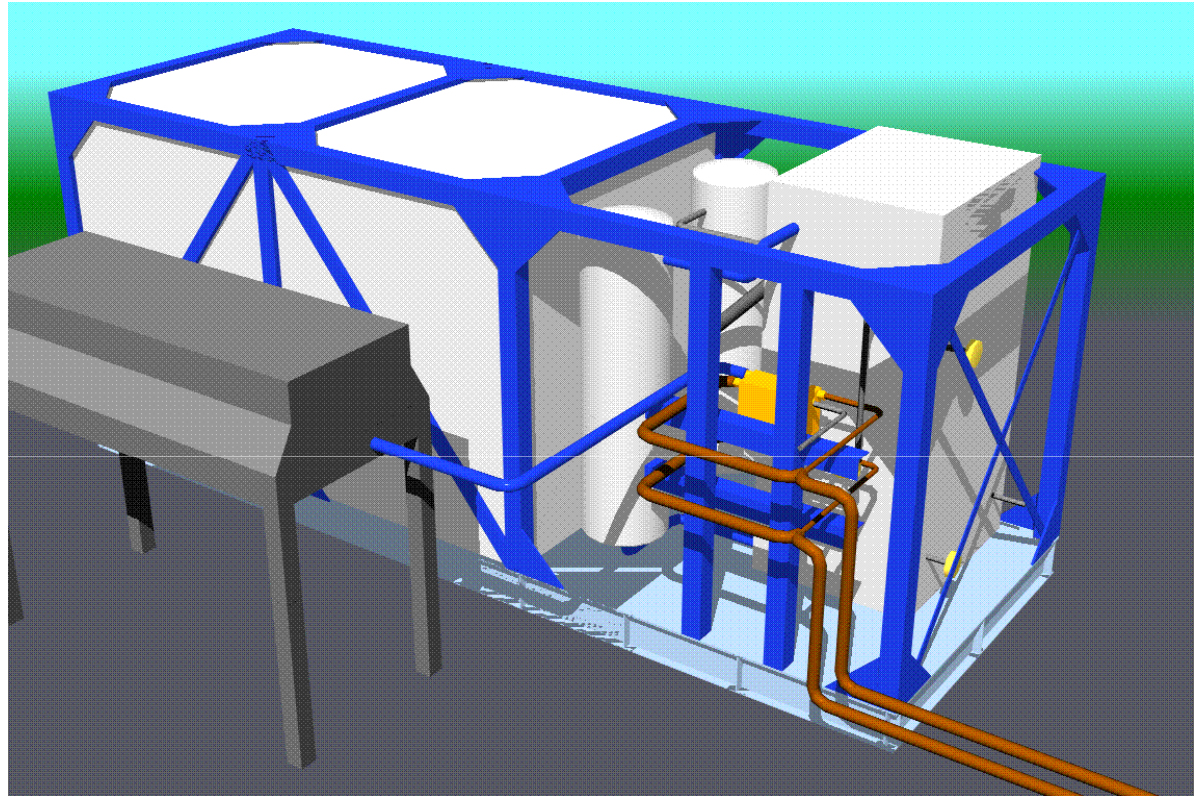
- Vollständig instrumentierte Laboranlage
- Methanverflüssigung im geschlossenen Kreislauf
- Produktion: 1 Tonne LNG/Tag
- Im Betrieb seit Oktober 2003
- Langzeittest während Herbst 2004; erfolgreich Verlauf über einen kontinuierlichen Zeitraum von 2 Monaten

Hamworthy Mini-LNG Anlage

Designkonzept

Das komprimierte Gas wird durch drei aufeinanderfolgende Wärmetauscher geleitet und dabei gekühlt.

Das zu kühlende Gas wird gegen ein Zwei-Phasen Kältegemisch innerhalb eines geschlossenen Kreislaufes gekühlt. Dabei wird das Gasgemisch zum Teil verflüssigt und in seine Phasen getrennt, um ein optimales Gemisch auf jedem Temperaturniveau zu erreichen.



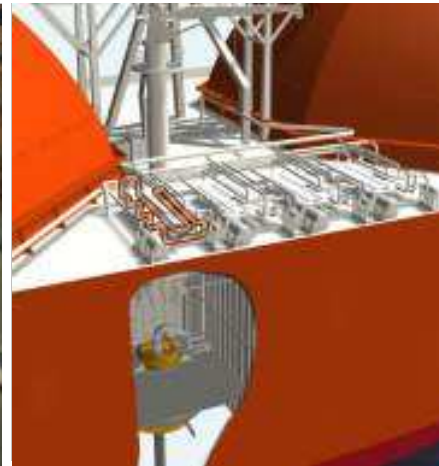
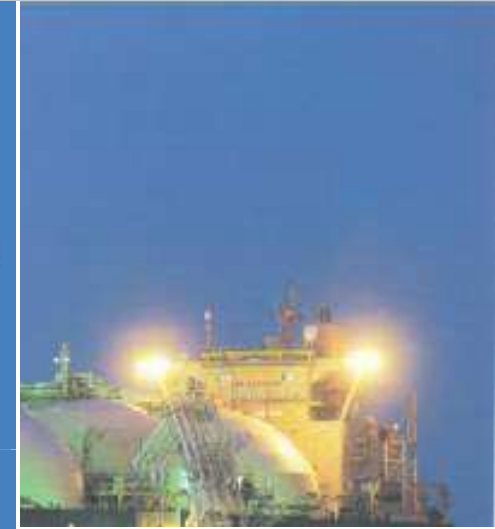
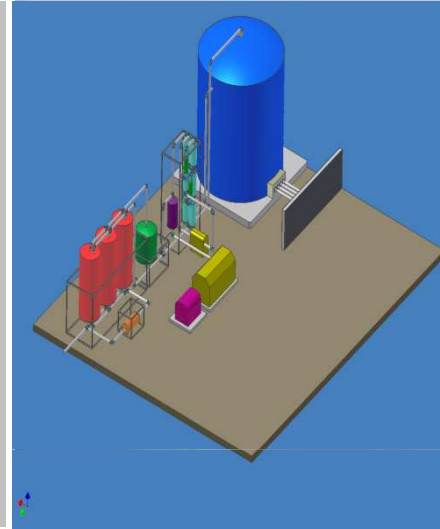
Die Auslegung des Prozesses erfolgt hinsichtlich der Vermeidung großer Temperaturdifferenzen innerhalb der Wärmetauscher und dabei kann eine gute Energieeffizienz erzielt werden.

Hamworthy Gas Systems

Agenda

Organization & Referenzen

- LNG Verflüssigungssysteme
- Klein/Mini Anlagen
- LNG Regasifizierungssysteme
- VOC Rückgewinnungssysteme
- Gaslösungen für LPG Transporte
- Gaslösungen for LPG F(P)SOs



Hamworthy plc

Fluid Innovation



Hamworthy plc is a leading designer, developer and manufacturer of ***advanced marine fluid handling systems*** for ships and offshore oil and gas facilities.

The company specialises in innovative and often highly customised designs for marine gas handling, pumping and wastewater treatment systems.

Key Strategies

Hamworthy Strengths

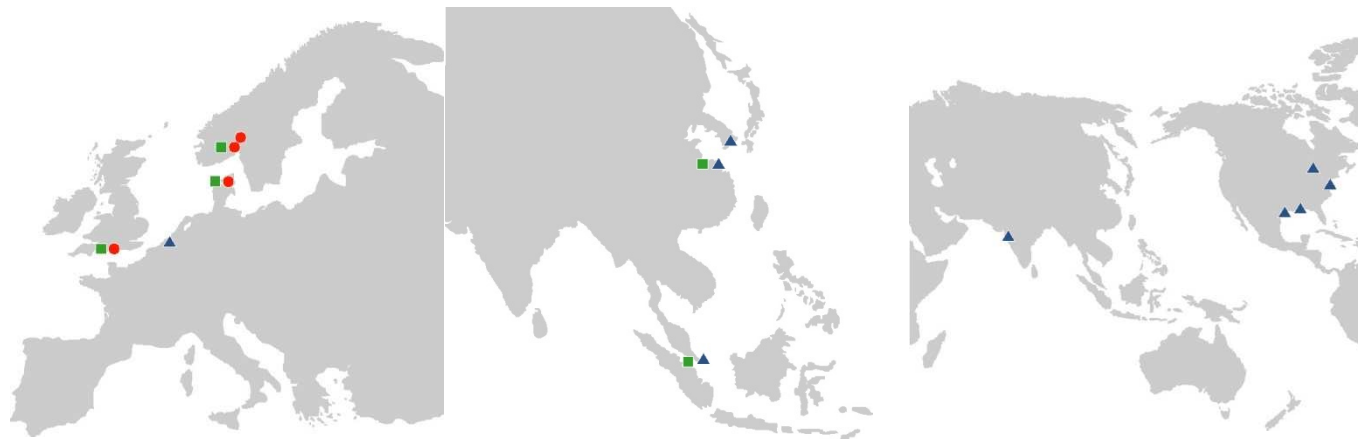
- ▶ International operations
- ▶ High technology products and systems
- ▶ Significant world market shares in all products
- ▶ Total commitment to innovation
- ▶ Focus on specialist ships
- ▶ Emphasis on design and procurement rather than manufacture
- ▶ Early mover (1998) to Chinese manufacture
- ▶ Diversification in land-based markets

Hamworthy Plc Worldwide

Employees and locations

	Europe		Far East		ROW
Denmark	158	China	77	Dubai	10
Germany	77	Korea	13	India	2
Netherlands	8	Singapore	170	USA	11
Norway	201 *)				
UK	150				
Total	594	Total	260	Total	23

World Total
877



In addition
Hamworthy plc is
supported by agents
around the world

- ▲ Sales and Service
- Product HQ
- Manufacture

Note: *) + approx 45 hired on projects



Hamworthy Group

Products and locations

Gas Systems	Inert Gas Systems	Pump Systems	Water Systems
LPG & Ethylene reliquefaction LPG cooling LNG reliquefaction LNG liquefaction LNG regasification VOC recovery & recycling	Moss Flue Gas Systems Moss Inert Gas Systems Moss Nitrogen Generators	Svanehøj Deepwell cargo Pump room systems Fire-water Engine room Offshore pump applications	Black water treatment Black & grey water treatment Vacuum collection Oily water separators High pressure compressors Fresh water generators Water/air-cooled condensers
Norway (Asker)	Norway (Moss)	Denmark/Norway/Singapore	UK/China/Germany
