

## **LNG-Versorgung des Hinterlandes mit Binnentankschiffen am Beispiel des LNG-Speichers Stuttgart**

Friederike Dahlke M.Sc., ISMT, Universität Duisburg-Essen

### **Einleitung**

Im Rahmen des BMWI-Projektes BinGas wurde ein neuer LNG-Binnentankschiffstyp entwickelt. Dieser Beitrag behandelt die technischen Herausforderungen der Entwicklung, unter anderem den Umgang mit dem entstehenden Boil-Off-Gas und das Antriebskonzept. Es werden Lösungen am Beispiel eines Schiffsentwurfs, der den LNG-Peakload-Speicher in Stuttgart-Gaisburg über den Neckar bedienen soll, erläutert.

### **Das Projekt BinGas**

Ziel des Projektes BinGas ist es, einen Binnentankschiffstypen zu entwickeln, der den LNG-Transport auf Binnenwasserstraßen von den LNG-Terminals in den Seehäfen bis hin zu lokalen Verbrauchern im Hinterland ermöglicht. Betrachtet wurden:

- der Schiffsentwurf unter Berücksichtigung eventueller Einschränkungen durch die Fahrtstrecke
- ein Antriebskonzept mit einem Motor, der das in den Tanks entstehende Boil-Off-Gas verwenden kann
- ein passendes Tanksystem
- LNG als gefährliche Ladung

LNG wird seit 1959 mit Schiffen transportiert, zunächst jedoch nur auf Seeschiffen. Erst in jüngster Vergangenheit wurde mit dem Bau von kleineren Schiffen begonnen, die LNG in kleineren Mengen in Küstennähe transportieren können, das sogenannte Small Scale LNG (International Gas Union (2015)). In der Binnenschifffahrt gibt es bisher nur wenige Schiffe, die LNG als Treibstoff nutzen. Einen Schiffstypen, der LNG als Ladung transportiert und gleichzeitig LNG als Brennstoff verwendet, gibt es bisher ausschließlich in der Seeschifffahrt. Bisher hat es noch keine signifikanten Unfälle mit LNG in der Schifffahrt gegeben (Woodward, 2010). Im Projekt BinGas gibt es eine Sicherheitsbetrachtung von möglichen kritischen Szenarien, da sich LNG -Binnentankschiffe deutlich näher an bewohntem Gebiet aufhalten werden, als Seeschiffe.

### **LNG als gefährliche Ladung**

Da der Flammpunkt von LNG unter 55°C liegt, wird LNG nach dem ADN 2015 als gefährliche Ladung eingestuft. Bis Januar 2015 war es Binnenschiffen nur mit Ausnahmegenehmigung erlaubt, LNG als Brennstoff oder Ladung zu transportieren. Die jetzigen Vorschriften haben sich dahingehend geändert, dass zumindest der Transport in Drucktanks als Ladung zulässig ist.

LNG wird bei einer Temperatur von  $-162^{\circ}\text{C}$  und atmosphärischem Druck transportiert. Während der Reise erwärmt sich das LNG. Das verdampfende Erdgas wird als "Boil-Off-Gas" (BOG) bezeichnet. Es ist vorgeschrieben, dass der Ladungstank der entstehenden Druckzunahme über eine Dauer, die die dreifache Reisedauer beträgt, standhalten muss. Im Projekt BinGas wurden Möglichkeiten untersucht, das BOG als Brennstoff und im Bordbetrieb zu verwenden.

### Schiffsentwurf für den Neckar

Der Schiffsentwurf für den Neckar wurde vom Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme (DST) erstellt. Das Neckarschiff ist 105 m lang und 11,40 m breit. Für die Fahrt auf dem Rhein als Koppverband wurde ein passender Leichter mit optimierter Koppelstelle von 76,5m Länge entworfen. *Bild 1* zeigt ein Seitenfoto aus dem entsprechenden Modellversuch.



*Bild 1: Die Koppelstelle des Neckarschiffs mit einem Leichter im Modellmaßstab 1:16 im Schlepptank des DST*

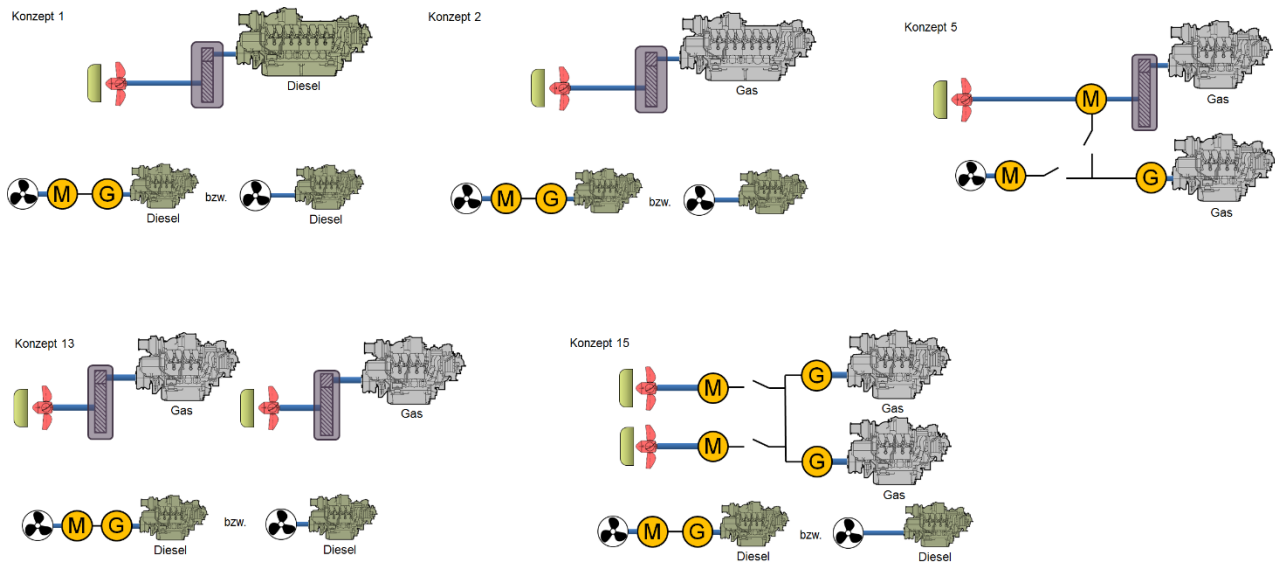
Die geringe Ladungsdichte erlaubte eine weitgehende hydrodynamische Optimierung. So konnten eine vergleichsweise geringe Hauptspantvölligkeit und trotz eines langen parallelen Mittelschiffs ein sehr homogenes Nachstromfeld erzielt werden. Das Neckarschiff kann etwa 900t LNG transportieren.

Des Weiteren wurde ein zweischraubiges Binnenschiff mit einer Länge von 135m als Einzelfahrer für die Rheinfahrt bis Basel entworfen und eingehend untersucht.

### Antriebskonzept

Die MTU Friedrichshafen ist als Motorenhersteller am Projekt beteiligt. Dort wurde ein 1500kW Gasmotor zunächst als Simulationsmodell entwickelt. Das Modell ermöglicht es, verschiedene Antriebskonzepte miteinander zu vergleichen. Diese sind in *Bild 2* dargestellt. Konzept 1, der reine Dieselbetrieb dient als Referenz für die anderen Anlagen.

Auch der Energiebedarf des Schiffshilfsbetriebes soll durch Umsetzung von LNG gedeckt werden. Dies könnte entweder mit einem gasgetriebenen Generator oder einer kleinen Gasturbine geschehen. Bei Ausfall des Gassystems und somit der Hauptmaschine soll die Manövrierfähigkeit mit einem dieselgetriebenen Pumpjet als Bugstrahler gewährleistet werden.



*Bild 2: Mögliche Antriebskonzepte. Die Redundanz wird in nahezu allen Fällen durch einen dieselbetriebenen Pumpjet erzeugt.*

### LNG-Tanksysteme für Binnenschiffe

Durch die Brückendurchfahrtshöhen, Fahrwassertiefen und Schleusen des Neckars ist die Größe der Tanks stark eingeschränkt. Auch die Vorschriften der Klasse bezüglich Inspektionsabständen sowie die erforderliche Isolierungsdicke des Tanks verringern dessen Ladevolumen. Generell wird zwischen zwei Tanktypen unterschieden: Selbsttragende Drucktanks, sogenannte Typ-C Tanks und Membrantanks, die in die Schiffsstruktur integriert sind und wo ein Druckanstieg nicht vorgesehen ist. Das Neckarschiff trägt Bilobe-Drucktanks, um das mögliche Ladevolumen unter Berücksichtigung aller einschränkenden Faktoren möglichst optimal auszunutzen. *Bild 3* zeigt die Anordnung der Tanks im Schiff. Die Drucktanks sollen die Einhaltung der geforderten Haltezeiten ermöglichen. Bei Verwendung von Membrantanks müsste zusätzlich noch eine Rückverflüssigungsanlage in den ohnehin sehr begrenzten Schiffsraum integriert werden. Im Projekt BinGas wurde ein Simulationsprogramm für den Tank entwickelt, das einerseits die günstigsten Abmessungen und Isolierungsdicken bestimmt und andererseits Aussagen über die Zustände des Tanks über die Dauer der Reise ermöglicht.

## Der LNG Speicher in Stuttgart-Gaisburg

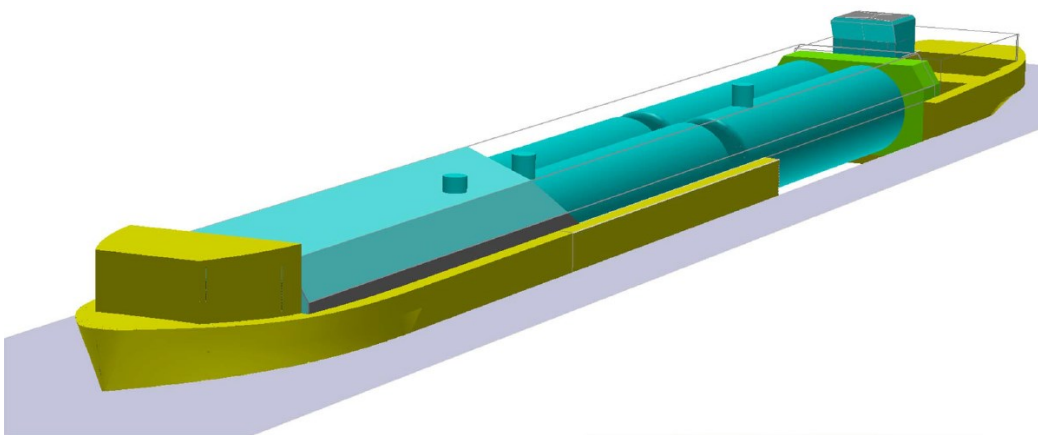
Der LNG-Speicher in Stuttgart-Gaisburg soll die Spitzenlasten während der Heizperiode im Winter abfangen. Es fasst etwa 30 000m<sup>3</sup> LNG und ist von einem Erdhügel umschlossen. Im Sommer wird der Speicher bisher über eine eigne Rückverflüssigungsanlage mit Erdgas aus dem Netz gefüllt. Bei Bedarf kann das LNG dann regasifiziert und ins Netz eingespeist werden. Ein einfacher energetischer Vergleich zwischen Rückverflüssigung aus dem Netz und Anlieferung von LNG mit dem Schiff ergab, dass pro angelieferte Tonne LNG nur etwa die Hälfte der Energie aufgewendet werden müsste.

## Technische Herausforderungen

Da ein LNG-Binnentankschiff für den Neckar in seinen Abmessungen im Gegensatz zum seegehenden LNG-Tankschiff stark eingeschränkt ist, mussten einige neue Lösungen gefunden werden. Ein großes Problem ist das Boil-Off-Gas: Die entstehende Menge ist zu groß, um sie kontinuierlich vollständig in der Hauptmaschine zu verwenden. Auch die Hinzunahme des Bordenergiebedarfs ist nicht ausreichend. Die Mitnahme einer Rückverflüssigungsanlage ist aufgrund des beschränkten Raums nur schwer möglich. Eine Lösung kann sein, einen gewissen Druckanstieg im Tank zuzulassen. Das zusätzliche Gewicht kann aufgrund der geringen Ladungsdichte kompensiert werden.

Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung von Membrantanks, die den Raum besser ausnutzen als zylindrische Tanks und somit die Verwendung einer Rückverflüssigungsanlage zulassen würden. Bisher hat es jedoch nur eine Ausnahmegenehmigung für ein solches System gegeben.

Die Verwendung des Ladeguts LNG als Brennstoff ist in der Seeschifffahrt gängig. Für das Neckarschiff musste ein skaliertes System, welches den Sicherheitsvorschriften für Binnenschiffe entspricht, entwickelt werden. Da die Aufbereitung des Gases nicht im Maschinenraum platziert sein darf, musste ein Raum geschaffen werden, der einerseits für Gas-Handling ausgelegt ist und andererseits den Laderaum möglichst nicht einschränkt.



*Bild 3: Auf dem Neckarschiff sind drei Bilobe-Tanks vorgesehen*

## **Literatur**

International Gas Union (2015): Small Scale LNG. Triennium Work Report, World Gas Conference Paris 2015, [www.igu.org](http://www.igu.org).

Woodward, J. L., Pitblado, R. M. (2010): LNG Risk Based Safety - Modeling and Consequence Analysis. 1. Auflage, Wiley, New Jersey

Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (2015): Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung von gefährlichen Gütern auf Binnenwasserstraßen (ADN), Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, Straßburg.