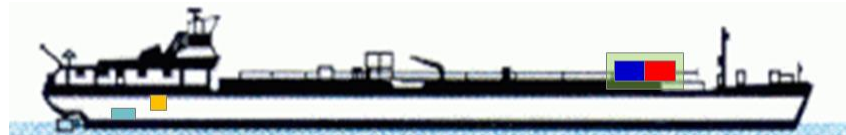




LPG-Anwendungen in der Binnenschifffahrt



FKpt. a.D. Hans Wilcke, Dipl. Wirtsch.-Ing. (FH) Volker Witte,
Prof. Dr.-Ing. Thomas Heinze (htw saar / IAP)
mit Beiträgen von René Sejer Laursen (MAN / ME-GI)

31.05.2016

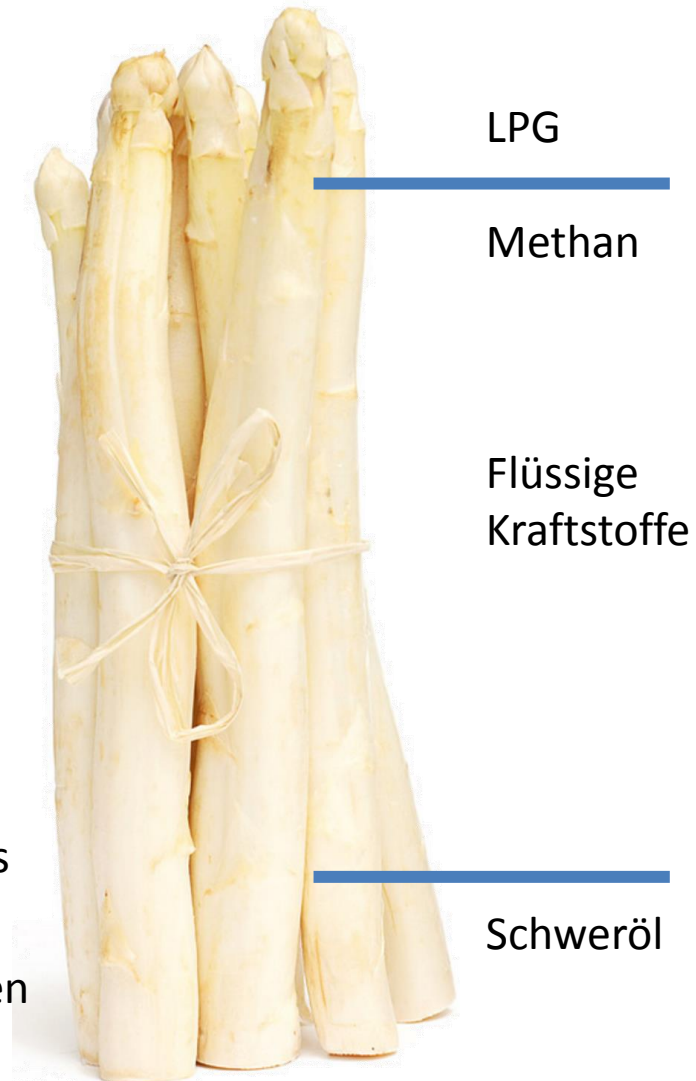
Übersicht

- Einführung LPG
 - „Das Beste aus dem Rohkraftstoff“
 - Stoffeigenschaften LPG
- LPG-Anwendungen
 - MAN ME-LGI Motor
 - Wirtschaftlichkeit
 - ZIM-Netzwerk „gas4ships“
 - Weitergehende technische Ansätze im Netzwerk
- Fazit

***Aus der Sicht der Anwendung von
Verbrennungsmotoren für mobile Antriebe
ist***

LPG die „Spargelspitze“ der fossilen Energieträger

- - Jeder gestochene Spargel hat eine Spitze,
- mit jeder geförderten Tonne Erdöl oder Erdgas
werden bis zu 10 % LPG als Beifang gefördert.
- - Die Spargelspitze ist das Beste vom Spargel,
- LPG ist das Beste aus der Förderung von
Erdöl/-gas:
 - Reichweite:
hohe Energiedichte eines flüssigen Kraftstoffs
 - Abgas-Schadstoffemissionen
hervorragende Gemischbildungseigenschaften
 - Wirkungsgrad
sehr hohe Klopffestigkeit



lateinisch fossilis „ausgegraben“

***LPG die „Spargelspitze“
der fossilen Energieträger***

allerdings, der Vergleich hinkt:

- **Spargelspitzen**
 - werden zu Delikatessenpreisen gehandelt
 - ... und zu 100% verwendet
- **LPG**
 - wird bezogen auf die Energiemenge vergleichbar dem Preis von HFO mit 2.7% S gehandelt
 - erheblichen LPG Mengen bleiben ungenutzt,
- Stichwort „Abfackeln“-
Zitat René Sejer Laursen: **LPG Surplus can supply up to 10000 ships depending on size**



LPG

Methan

Flüssige
Kraftstoffe

Schweröl

lateinisch fossilis „ausgegraben“

Eigenschaften von LPG und die Bedeutung für den Schiffsbetrieb

- LPG ist bereits bei niedrigem Druck und ohne die Notwendigkeit tiefkalter Bedingungen flüssig
-> hohe Energiedichte
- Einfache Tanks und ein weltweites Logistiknetz sind verfügbar
- Kein Verlust bei der Lagerung, kein besonderes Bunkerverfahren
- Kraftstoff-Container lassen sich einfach lagern und verladen
- Praktisch keine Ruß- oder Schwefelemissionen
- NOx deutlich geringer als beim Diesel



Speicher / Raumbedarf

Raumbedarf aufgrund Energiedichte und techn. Tankumsetzung

	Heizwert [kWh/kg]	Energie- Dichte [kWh/l]	Volumen- bedarf [l/kg]	Raumnutzung	Raumbedarf vgl. zu LNG inkl. Tanknutzvolumen
MGO	11,93	9,92	1,202	100%	34%
LNG	13,8	5,80	2,381	58%	100%
LPG	12,9	6,75	1,911	66%	75%



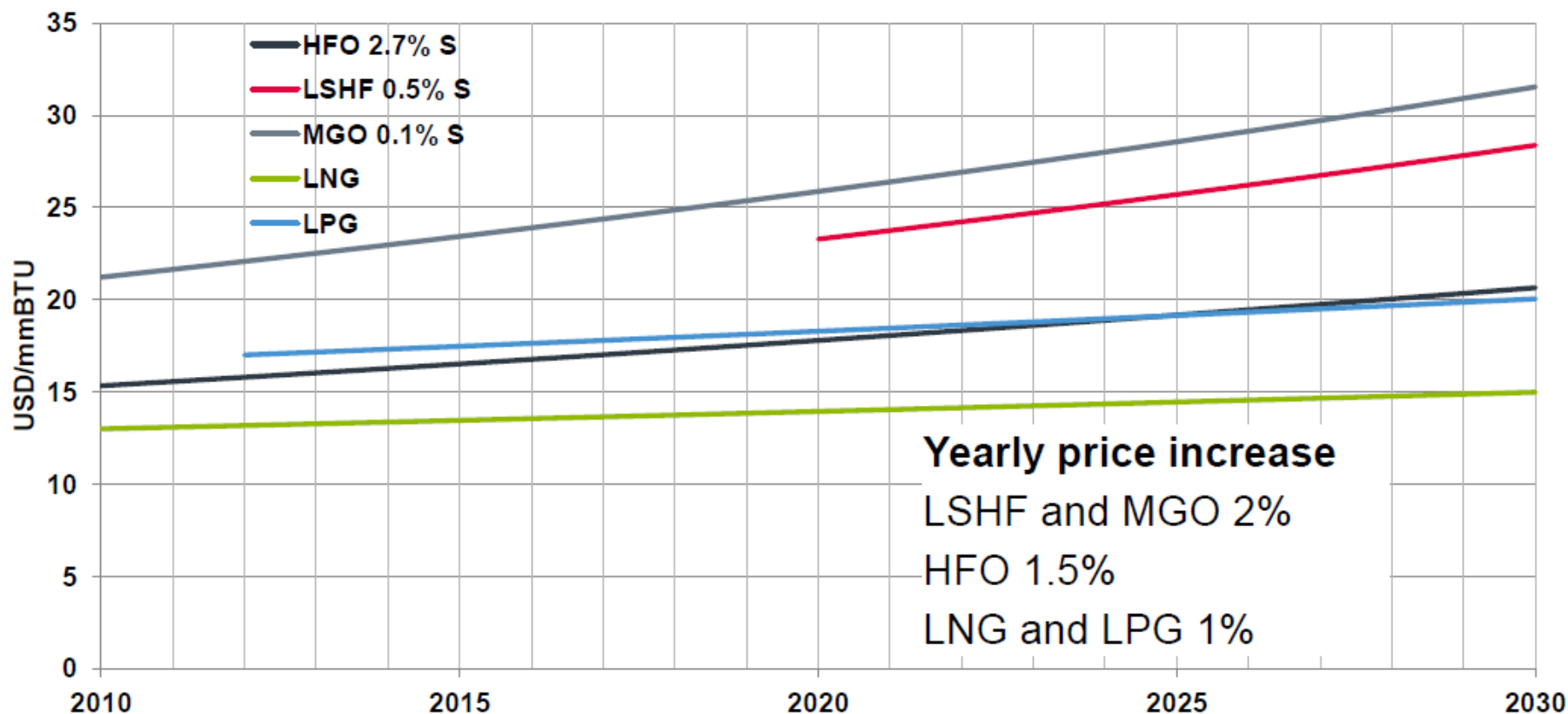
$$\triangleq 12,75 \text{ t} \triangleq 161,9 \text{ MWh}$$

Tank

Feasibility study



Fuel price scenario



Hochschulprojekt s1000+ PKW mit LPG-DI-Motor



Projektergebnis:

Reichweitenrekord

1365,5 km ohne nachtanken

Monovalenter LPG-DI

MAN B&W ME-LGI engines

Now available for LPG as fuel

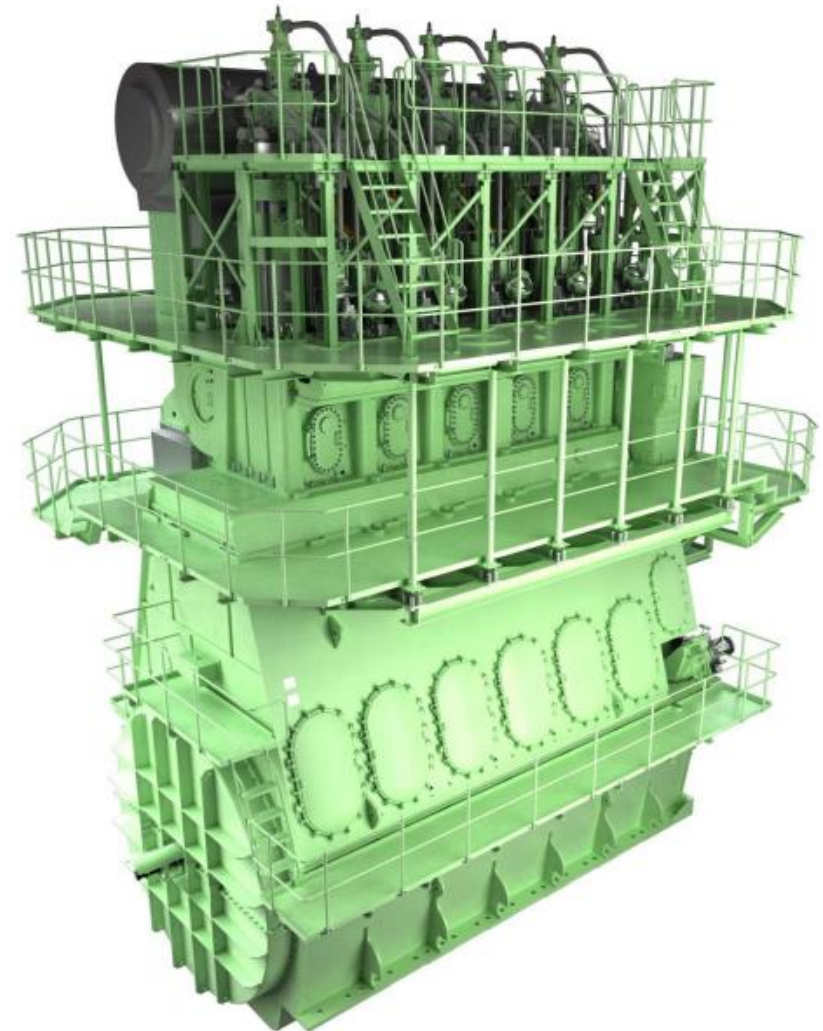


Facts:

- All ME-C/B engines available in the LGI version
- Same reliability as the ME-C/B engines
- Same power output as the ME-C/B engines
- No fuel slip
- Engine efficiency 50% or higher

Licensees:

- Preparation of LPG testbed has been initiated



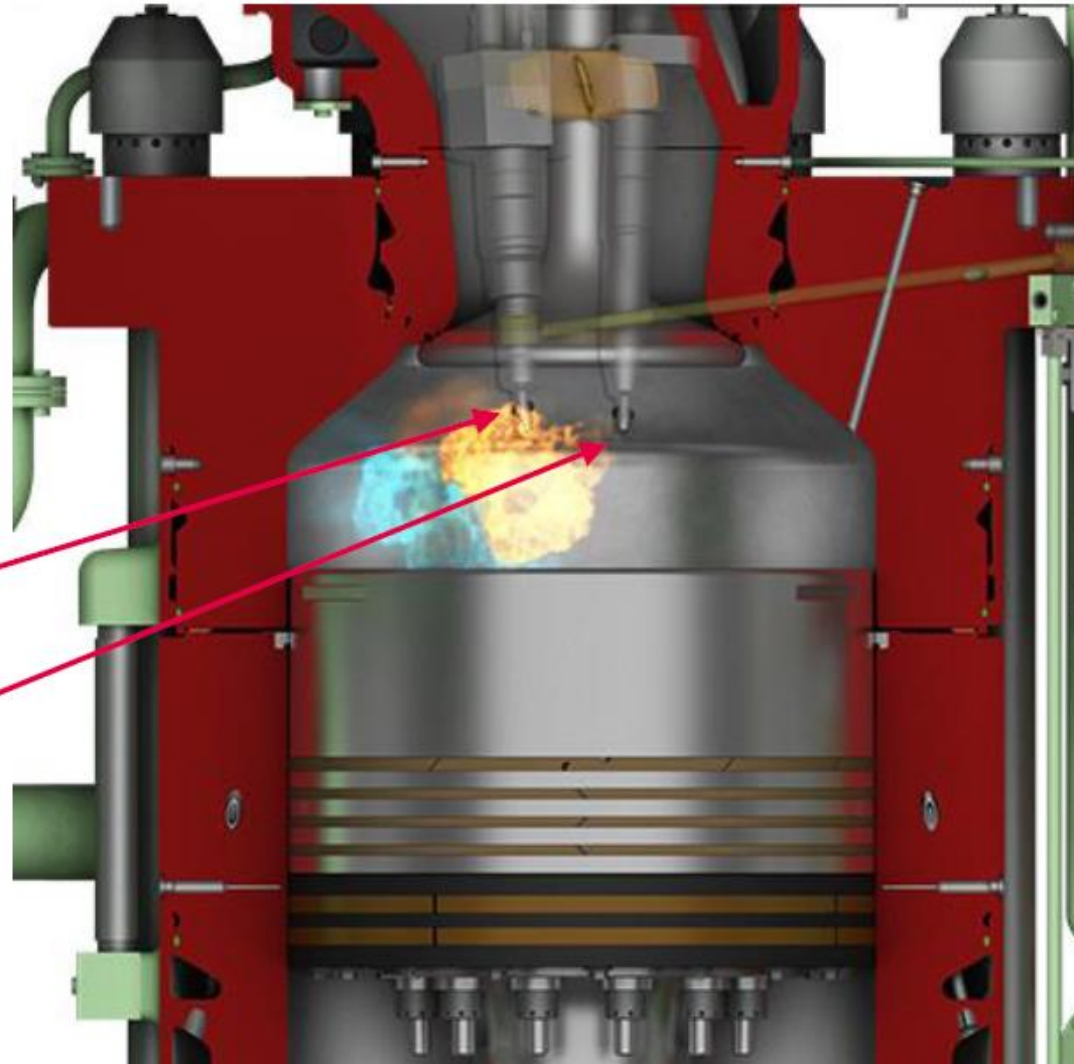
ME-LGI Combustion Principle



- The ME-LGI engine is a dual fuel engine
- Diesel combustion process →
- High efficiency

Main injection

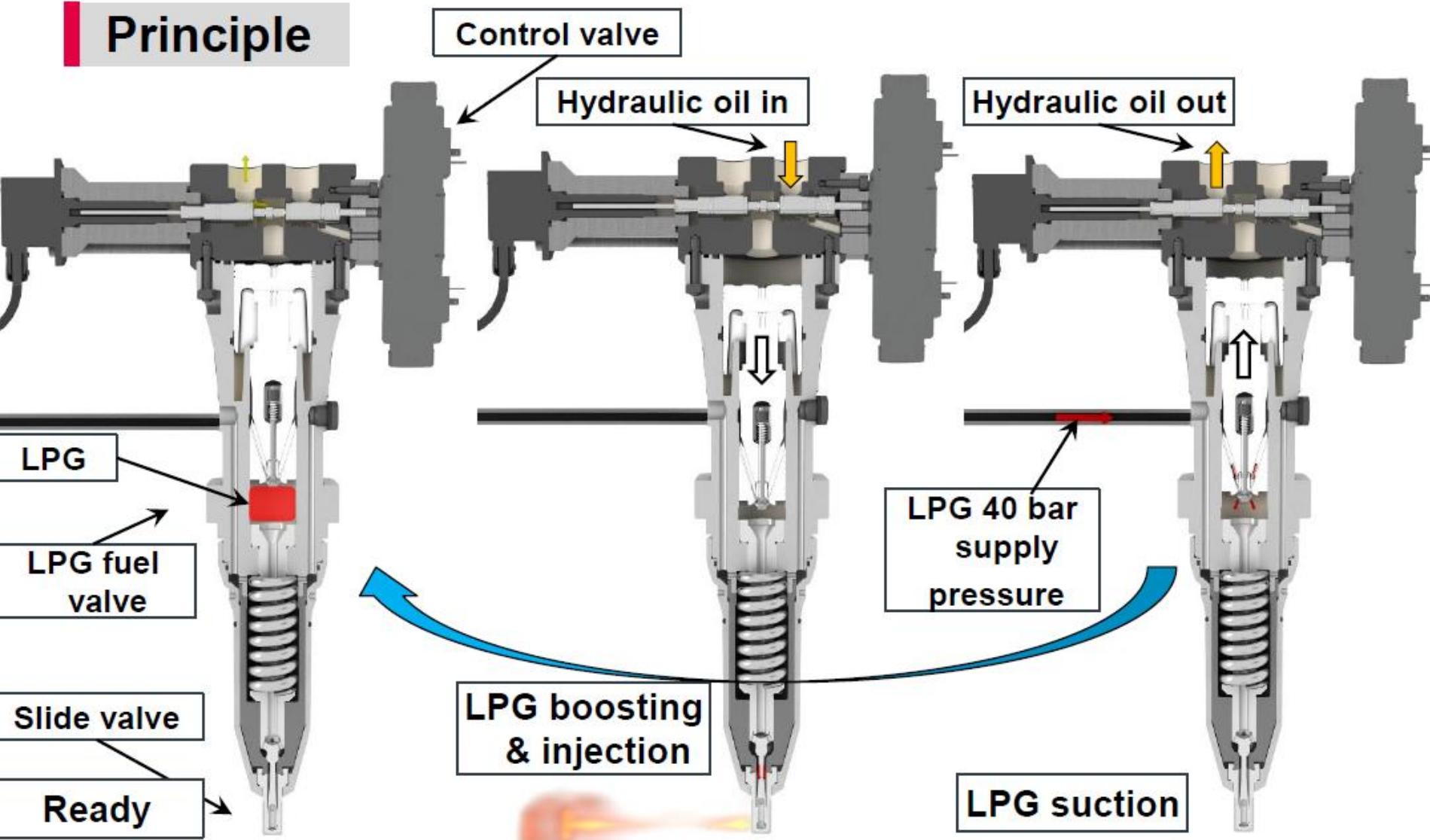
Pilot injection



Fuel Booster Injection Valve available for LPG



Principle



Beispielrechnung: Binnenschiff mit DualFuel-Umrüstung

Investitionskosten Umrüstung zum „Dual Fuel“ Motor Binnenschiff 660 kW Antriebsleistung		
Motorumbaukosten	100.000	€
Tankanlage LPG	40.000	€
Sicherheitssystem	10.000	€
Erste Zulassung	10.000	€
Sonstiges	10.000	€
Ausfall Charrerate	10.000	€
Gesamtkosten Umrüstung	180.000	€

Kraftstoffpreise 2015		
Gasöl (MGO) CBRB Durchschnitt	590,00	€/t
LPG-Preis	378,00	€/t
Alle Preise für die Binnenschiffahrt steuerfrei		
Heizwert Durchschnitt für Binnendiesel (Gasöl)	11,9	kWh/kg
Heizwert Durchschnitt LPG	12,8	kWh/kg
Annahme: Gleiche Effizienz für beide Kraftstoffe		

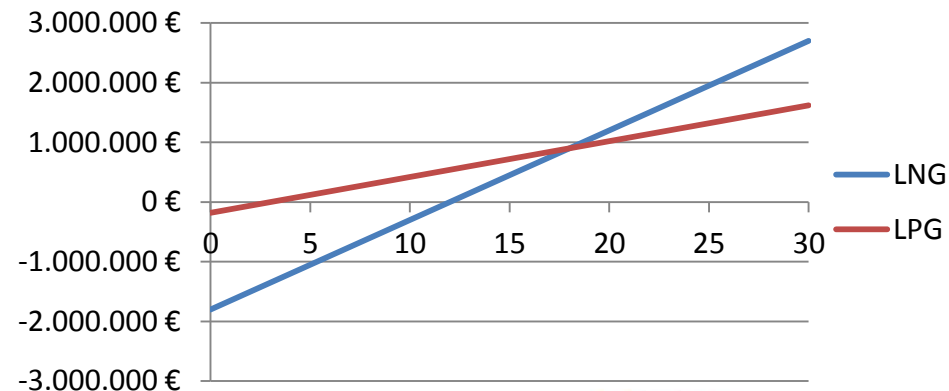
Quellen:

1. MCW – Cashflow-Analyse Binnenschiff LPG-DualFuel
2. Kraftstoffpreise 12/2015

Amortisation im Binnenschiff

- Aufgrund der niedrigeren Investitionskosten lohnt LPG auch bei kleineren Schiffen abhängig von Betriebsweise und Infrastruktur
- Kurze Amortisationsdauer auch bei Schwankungen der Rohstoffpreise
- Bei sehr großen Energiemengen (Seeschiffe) kann die aufwendigere LNG-Technik sinnvoll sein

	Preis LPG 720€/t MGO 830€/t (Durchschnitt 2013)	Preis LPG 378 €/t MGO 590 €/t (~Januar 2015)
Investition	180.000	180.000
Amortisationszeit	4 Jahre	3 Jahre
Interner Zinsfuß	25%	38 %
Annahme: Investitionskosten 1 Jahr vor Inbetriebnahme fällig		



Leipziger Logistikhaus nutzt Dual-Fuel-Anlage für LKW

Insgesamt 33 LKWs mit Anlage von CHS-Trucktec mit 15% LPG im Mittel
(Scania 440 Euro 5 / Scania 450 Euro 6)

LPG-Anteil gering, dennoch:

Einsparung pro Jahr und LKW: 8.700 € bei ca.100.000€ Kraftstoffkosten



Fuhrpark mit LPG Dual-Fuel

ZIM – Netzwerk-Projekt



gefördert durch Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

Ziel ist die Realisierung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) durch den Einsatz von LPG in der Binnenschifffahrt:

- Etablieren des LPG als nutzvollen Energieträger in der öffentlichen Meinung
- Entwickeln zukunftssträchtiger Innovationen in Technik und Logistik
- Anstoßen der breiten Umsetzung der Entwicklungen
- Nachweis der Wirtschaftlichkeit , Bereitstellung dazu nötiger Verfahren
- Verbessern der praxisfernen Rechtssituation und Genehmigungsverfahren

Weitergehende technische Ansätze im Netzwerk

- LPG-elektrischer Zusatzantrieb
Elektrischer Zusatzantrieb auf der Propellerwelle.
Ottomotorischer LPG-Stromgenerator mit Tank wird zugeladen und angeschlossen
Hauptmaschine bleibt bestehen
- All-electric-ship
Konzept Analog zum Zusatzantrieb
E-Motor und Generatoren werden auf 100% ausgelegt
Alternativ zur Propellerwelle können neuartige Schiffsantriebe, wie E-Thruster eingesetzt werden
- Hauptmaschinenkonvertierung
vorwiegend für Dual-Fuel-Anwendungen



Weitere Informationen auf:

www.gas4ships.de

Fördermöglichkeiten + Technik



Fazit

- In den Vorketten (Förderung u. Verarbeitung) von konventionellen Kraftstoffen fallen signifikante LPG-Mengen an, die sich für den kostengünstigen und schadstoffarmen Antrieb von Binnenschiffen eignen.
- Dabei zeichnet sich LPG durch die folgenden Eigenschaften für verbrennungsmotorischen Antriebe aus:
 - Hohe Energiedichte eines flüssigen Kraftstoffs
 - Exzellente Gemischbildungseigenschaften und hohe Klopffestigkeit
 - Preisniveau vergleichbar mit HFO
 - Niedrige Systemdrücke, damit moderate Umrüstkosten
 - Bewährte Technologie vorhanden (Bsp. Autogasfahrzeuge)
- Im Vergleich zu LNG sind die bei LPG die Amortisationszeiten kürzer jedoch die Einsparungen bei den Betriebskosten geringer. Für eine Systementscheidung sind anwendungsspezifische Vorkalkulationen erforderlich.

Das Netzwerk Gas4ships arbeitet im Sinne der politischen Zielsetzung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung MKS.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Die Spezialisten des Netzwerks Gas4ships stehen Ihnen mit kompetenter Beratung bei technischen und wirtschaftlichen Fragen zu Ihrem Schiffsprojekt zur Verfügung.



Gas4ships

www.gas4ships.de

Fördermöglichkeiten + Technik + Wirtschaftlichkeit