

Wasserstoff-Träger Methanol

**Der Brennstoff der Zukunft für die
Schifffahrt?**

9. Regionalkonferenz LOGISTIK der
Metropolregion Nordwest

27. Mai 2020

Agenda

- Warum ist Methanol ein interessanter Brennstoff für kleinere Schiffe wie z.B. Offshore-Fahrzeuge?
- Welche Alternativen gibt es?
- Exkurs: Methanol-Wertschöpfungskette
- Wie wird Methanol als Brennstoff genutzt
- Spezialanwendung für kleine Schiffe oder großer Wurf für die Schifffahrt?
- Methanol – Emissionen?
- Technische Verfahren
- Durch das MCN initiierte Projekte zur Nutzung von Methanol (Auswahl)
- Praxiserfahrungen mit Methanol

Warum ist Methanol ein interessanter Brennstoff z.B. für Offshore-Schiffe?

- Ausgangspunkt: Schiffbauliche Herausforderungen machen die Nutzung von alternativen Brennstoffen wie z.B. LNG auf bestimmten Schiffstypen schwierig:



Bild: EMS Maritime Offshore GmbH

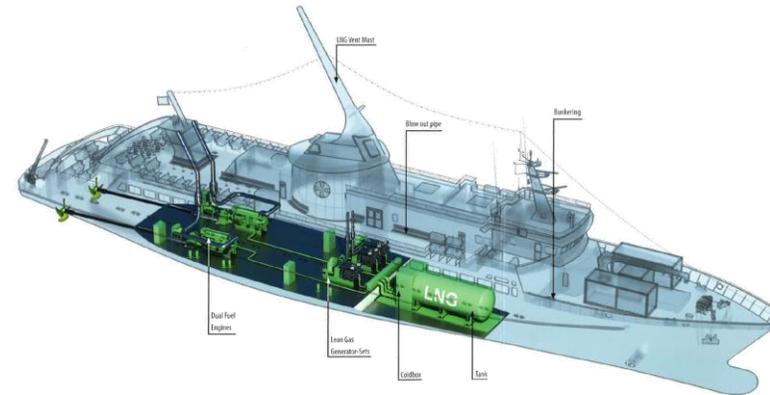
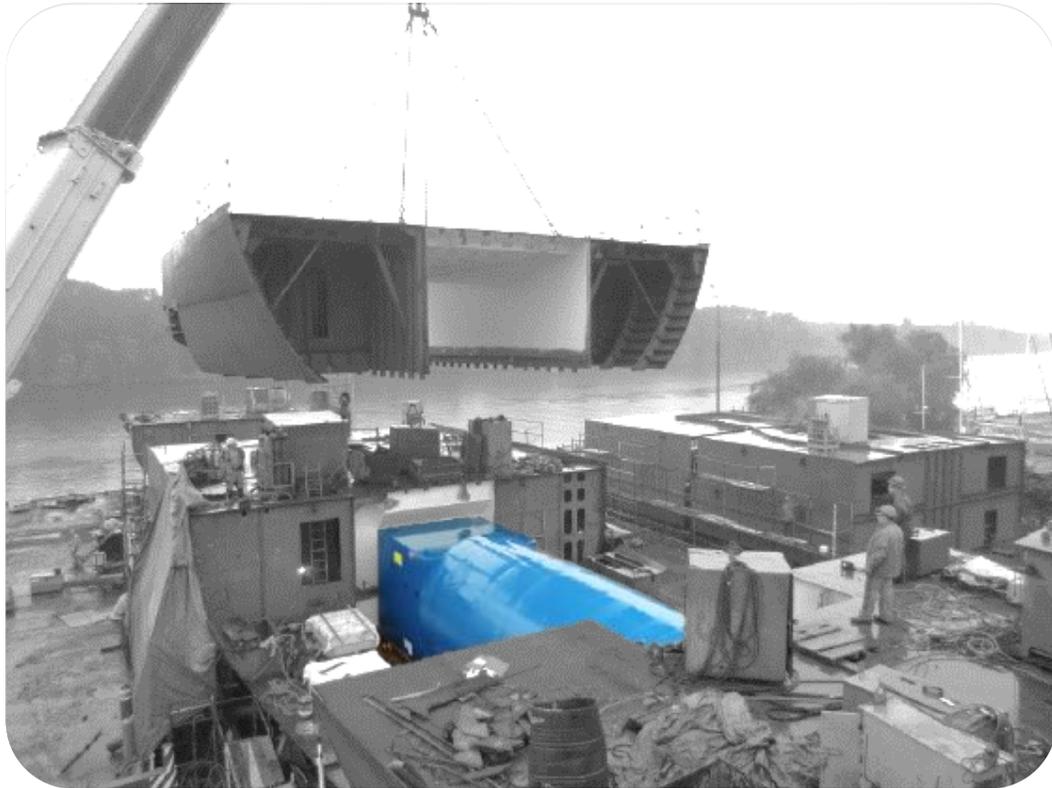


Quelle: AG EMS

Sehr eng!

Kein Platz, Gewichtsverteilung ungünstig!

Welche Alternativen gibt es?



...für kleine Schiffe?

Quelle: AG EMS

Welche Alternativen gibt es?

Brennstoff	Vorteile	Nachteile
Diesel + SCR	Aktuelle und zukünftige Regularien werden erfüllt, technisch einfach	Fossiler Brennstoff, relativ hoher Platzbedarf an Bord, erhöhte Emissionen im Manöverbetrieb, zusätzliche Betriebsstoffe (Harnstoff) notwendig
Diesel-elektrisch	Aktuelle und zukünftige Regularien werden erfüllt, Dieselmotoren werden im optimalen Betriebspunkt gefahren, reduzierte Emissionen und Verbrauch, technisch ausgereift	Fossiler Brennstoff, zusätzliche Abgasnachbehandlung notwendig

Welche Alternativen gibt es?

Brennstoff	Vorteile	Nachteile
Liquified Natural Gas, LNG	Aktuelle und zukünftige Regularien werden erfüllt, Motoren verfügbar, perspektivisch Nutzung mit „SNG – Synthetic Natural Gas“ möglich	Kleinere Tanks sind technisch komplexer, hoher Platzbedarf für isolierte Tanks, Boil-Out bei längeren Liegezeiten (Vergleich: im LKW-Bereich ca. sieben Tage Haltezeit), Energieverluste bei längerer Lagerung, technisch komplex
Compressed Natural Gas, CNG	Aktuelle und zukünftige Regularien werden erfüllt, Motoren verfügbar, perspektivisch Nutzung mit „SNG“ möglich	Druckgastanks an Bord mit vorgegebener Form, fehlende Bunkerinfrastruktur, Methanschleupf, rechtliche Unklarheiten, technisch relativ anspruchsvoll

Welche Alternativen gibt es?

Brennstoff	Vorteile	Nachteile
Synthetische Brennstoffe (z.B. Gas-To-Liquid-Diesel, GTL)	Aktuelle und zukünftige Regularien werden erfüllt. Wenig Aufwand bei der Umrüstung, Emissionen werden lokal z.T. deutlich vermindert	höherer Preis, höherer Verbrauch, Nachhaltigkeit über die gesamte Wertschöpfungskette ist fraglich, teures Herstellungsverfahren (Fischer-Tropsch-Synthese), These: Eher Lösung für ältere Schiffe
Batterie-elektrisch	Aktuelle und zukünftige Regularien werden erfüllt, technisch mittlerweile gut entwickelt	Batterien sind sehr schwer, Einsatz bislang bei eher langsamen Fahrzeugen mit geringer Reichweite (z.B. Fjord-Fähren), Offshore-Fahrzeuge - schnell und hohe Reichweite (Trend: Leichtbau)

Welche Alternativen gibt es?

Brennstoff	Vorteile	Nachteile
Wasserstoff	Aktuelle und zukünftige Regularien werden erfüllt, nachhaltige Lösung bei Nutzung von „grünem“ Wasserstoff	Wenig Langzeiterfahrungen bei der Nutzung von Brennstoffzellen, begrenzte Haltbarkeit der Membranen, Verbrennungsmotoren nicht verfügbar, Lagerung unterliegt noch größeren Schwierigkeiten wie beim LNG/CNG, Nutzung von LOHC: Hoher Energieaufwand an Bord, um den Wasserstoff aus dem Trägerstoff zu lösen, auch bei „leerem“ Tank wird zusätzliches Gewicht mitgeführt, Weitere Forschung notwendig, Wasserstoff noch sehr teuer, technisch komplex

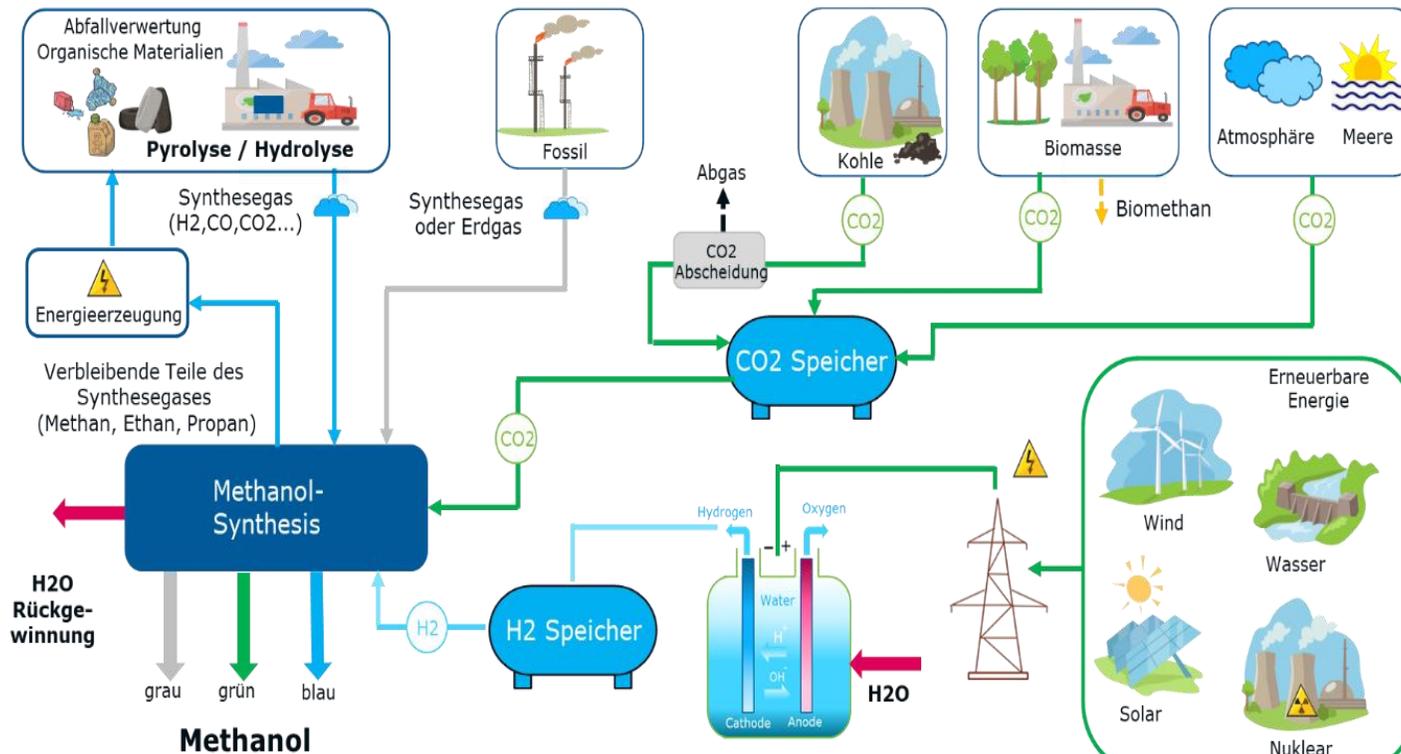
Welche Alternativen gibt es?

Brennstoff	Vorteile	Nachteile
Ammoniak	<p>Aktuelle und zukünftige Regularien werden erfüllt, bei geringem Druck (ca. 10 bar) oder bei im Vergleich zu LNG hohen Temperaturen (-30°C) flüssiger Brennstoff, vergleichbarer Heizwert mit Benzin, weltweit verfügbar, kann lange ohne nennenswerte Verluste in verhältnismäßig einfach konstruierten Tanks gelagert werden, geringe Logistikkosten, verwendbar in Verbrennungskraftmaschinen und Brennstoffzellen; einziger „kohlenstofffreier“ Energieträger neben der Direktnutzung von Wasserstoff, „grünes Ammoniak“ kann genutzt werden, technisch im Prinzip einfach</p>	<p>Ammoniak ist zwar ein kohlenstofffreier Energieträger, bringt dafür aber andere Probleme mit sich. In Wärmekraftmaschinen entstehen durch das „N“ hohe NO_x-Emissionen. Lösung durch SCR denkbar (welcher praktischerweise auch mit Ammoniak versorgt werden kann), aber systembedingt bei der Direktverbrennung nicht vermeidbar. Alternative: Nutzung als Wasserstoffträger – Wasserstoffgewinnung mittels Reformers zum Betrieb eines Wasserstoffmotors (auch dieser emittiert NO_x, da Stickstoff in der Ladeluft enthalten) Ammoniak ist ein Klimagas, ein Ammoniak-Schlupf wäre unbedingt zu vermeiden (klingt einfacher, als es ist). Sinnvoller erscheint die Nutzung als Wasserstoffträger für Brennstoffzellen.</p>

Welche Alternativen gibt es?

Brennstoff	Vorteile	Nachteile
Methanol	Aktuelle und zukünftige Regularien werden erfüllt, flüssiger Brennstoff, überall verfügbar, kann unbegrenzt und ohne Verluste in einfachen Tanks gelagert werden, geringe Logistikkosten, verwendbar in Verbrennungskraftmaschinen und Brennstoffzellen; in Verbrennungsmotoren sehr hohe Verdichtung möglich, „grünes Methanol“ kann genutzt werden, technisch im Prinzip einfach.	ca. halber Heizwert im Vergleich zu Diesel, niedriger Flammpunkt erfordert bestimmte Sicherheitsanforderungen (z.B. doppelwandige Rohrleitungen, inertisierte Tanks), als Rohstoff der chemischen Industrie relativ teuer, je nach Herstellungsverfahren nicht immer ein grüner Brennstoff (Negativbeispiel: Herstellung aus Braunkohle), Motoren sind noch nicht in allen Leistungsklassen verfügbar, weitere Entwicklung noch notwendig. Klimabilanz hängt vom Ursprung des Methanols ab (grünes Methanol ist notwendig)

Exkurs: Methanol-Wertschöpfungskette



- Eine „wirklich grüne“ Alternative ist Methanol (wie jeder andere alternative Brennstoff auch) nur, wenn die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigt wird.
- FAZIT: Um Methanol als neuen Brennstoff zu etablieren, muss über die Umrüstung von Schiffen hinaus gedacht werden!

Darstellung: AVL Deutschland GmbH in Anlehnung an H. Edlerherr.

„grünes Methanol“

Methanol lässt sich unter Zuführung von CO₂ und/oder CO **aus Wasserstoff** herstellen (z.B. durch Nutzung von Windstrom oder Geothermie)

Methanol lässt sich aus Synthesegasen* (Herstellung aus Abfällen, Klärschlamm oder sogar Gülle) **nicht nur** großtechnisch herstellen!

*ein Synthesegas bezeichnet ein industriell hergestelltes Gasmisch, welches zu großen Teilen aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid besteht.

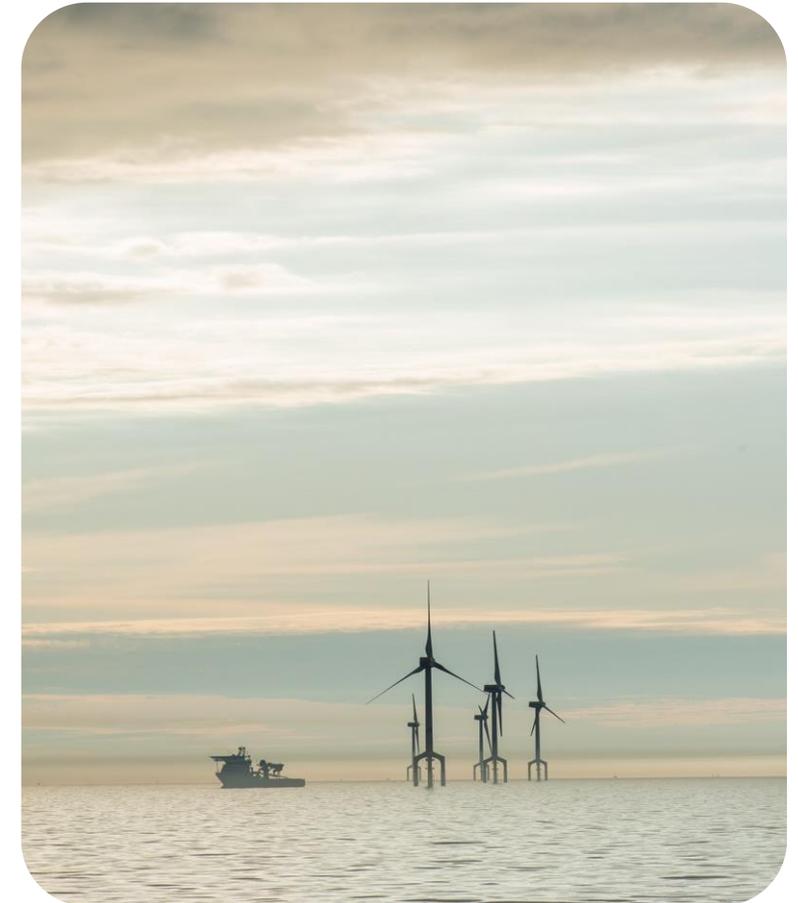


Bild: Marc Petrikowski

Methanol – Spezialanwendung oder großer Wurf?

- Methanol ist eine ernstzunehmende Alternative für kleinere Schiffseinheiten (hier lässt sich auch das Ideal der „grünen“ Wertschöpfungsketten am ehesten realisieren).

→ **grün, dezentral und regional!**

Methanol – Spezialanwendung oder großer Wurf?



Bilder: Marc Petrikowski & MCN e. V.

Methanol – Spezialanwendung oder großer Wurf?

- Methanol ist eine ernstzunehmende Alternative für kleinere Schiffseinheiten (hier lässt sich auch das ideal der „grünen“ Wertschöpfungsketten am ehesten realisieren)
- **UND lässt sich in der Anwendung zukünftig auf größere Schiffseinheiten und Produktionsanlagen skalieren!**

...der Blick in die Zukunft!

ZIM-Netzwerk „Green Meth“

Umrüstung kleinerer Schiffe auf Methanolantrieb

Nutzung von „grünem Methanol“

Nutzung von „grauem“ Methanol

Umrüstung größerer Schiffe auf Methanolantrieb

Nutzung von „grauem“ Methanol

Havarien hätten weniger Folgen!



Bildquelle: wikipedia.org/wiki/Ölverschmutzung

Methanol - Emission?

Wie verändern sich die lokalen Emissionen:

- deutlich verringerter Ausstoß von Stickoxiden und Partikeln (sogar Null bei Brennstoffzellen)
- enthält keinen Schwefel
- CO₂-Ausstoß bei Nutzung im Verbrennungsmotor ähnlich zu Diesel
- kein Methanschlupf

Bei Nutzung „grüner“ Herstellungsverfahren:

- Ausgestoßenes CO₂-Äquivalent wurde bei der Herstellung dem Brennstoff zugeführt – **bilanziell spielt es daher keine Rolle!**

Technische Verfahren

- „gängige“ Verfahren zur Nutzung von Methanol in Verbrennungsmotoren:
- Diesel-Motoren, Dual-Fuel-engines
 - Methanol wird ähnlich wie LNG über ein separates Einspritzsystem in den Brennraum eingespritzt. Zündung erfolgt über Pilot-Diesel
 - Wenige Motorentypen bislang verfügbar (z.B. Methanol-Tanker von Waterfront Shipping)
- Otto-Prinzip
 - Verwendung von 100 % Methanol (M100). Fremdzündung erforderlich.
 - Alternativ kann über Cetan-Verbesserer (Additive) die Eigenzündfähigkeit von Methanol hervorgerufen werden (MD95).
 - ScandiNAOS bietet entsprechende Motoren im Leistungsbereich 175-375 kW an (Vertrieb über ScanDiesel GmbH, Bremen)

Brennstoffzelle mit Reformer

Methanol reforming

Methanol reforming is a relatively simple process that converts a mix of methanol and water into a hydrogen-rich gas. Before the reforming can take place the fuel needs to go from liquid to gas form by evaporation, a process that requires energy and in a generic system would mean using primary fuel, leading to lower efficiency. In the combination with HT PEM the waste heat is of sufficient temperature to drive this process, meaning an energy-free process which leads to a superior overall efficiency.

The fundamental chemical process, which takes place in the reformer is:



The hydrogen (H₂) produced is subsequently used in the fuel cell to produce electricity.

Quelle Bild und Zitat: <https://www.blue.world/technology/>



Direktmethanolbrennstoffzelle (DMFC)



„Als Brennstoff dient bei der DMFC Methanol, das – anders als bei der indirekten Methanolbrennstoffzelle ohne vorherige Reformierung – zusammen mit Wasser der Anode zugeführt und dort oxidiert wird“

Die DMFC Technology ist noch nicht für größere Leistungsklassen verfügbar

Bildquelle: <https://www.efoy-pro.com/efoy-pro/vorteile/>

Durch das MCN initiierte Projekte zur Nutzung von Methanol (Auswahl)

- ZIM-Netzwerk Green Meth (www.green-meth.de)
- ZIM-Netzwerk EcoShip 60 (www.ecoship60.de)



Praxiserfahrungen mit Methanol

Leise, schick und CO2-neutral Unser Methanol-betriebenes Elektro-Schiff MS innogy

Seit August 2017 hat die Weiße Flotte Baldeney ein neues Elektroschiff. Bisher weltweit einzigartig ist der Antrieb: Sieben Brennstoffzellen, die mit grünem Methanol gespeist werden, produzieren an Bord den Strom für die Batterien. Das Fahrgastschiff fährt mit dieser Technologie nicht nur CO2-neutral, sondern fast geräuschlos über den Baldeneysee und die Ruhr. Erstmals hat die Flotte ein Schiff mit Einstieg am Bug – es wird frontal am Ufer angelegt. Fahrgäste steigen so barrierefrei ein und aus. Dank der niedrigen Gesamthöhe können mit dem Schiff neue Ufer angesteuert werden: Ab sofort bringen wir unsere Fahrgäste regelmäßig auch ruhraufwärts des Baldeneysee in Richtung „Zornige Ameise“. Alle 14 Tage geht es vom Anleger Hügel durch die Schleuse Baldeney nach Kettwig.



Waterfront Shipping's vessels have operated on methanol for over 70,000 hours. When it comes to the key takeaways, Paul Hexter, President of the company, says: 'The technology works, we achieve Tier III NOX compliance with water blending and the fact that we achieve higher efficiencies compared to conventional fuels is exciting.'

<https://www.baldeneysee.de/schiffahrt/ms-innogy,-co2-neutral,-leise-und-schick.html>

<https://www.swzmaritime.nl/news/2020/03/10/waterfront-shipping-methanol-as-a-marine-fuel-works/>

Vielen Dank!



Foto: Aun Photographer, www.stutterstock.com

Kontakt

Maritimes Cluster Norddeutschland e. V.

Geschäftsstelle Niedersachsen

An der Weinkaje 4, 26931 Elsfleth

Henning Edlerherr

Tel.:04404/98786-14

E-Mail: henning.edlerherr@maritimes-cluster.de

www.maritimes-cluster.de

