

Konzepte zur Bereitstellung von LNG aus erneuerbarem Methan zur Kopplung des Energie- und des Verkehrssektors

Das Forschungsprojekt MethQuest und dessen Ziele

Gas aus erneuerbaren Quellen (EE-Methan) kann das heute genutzte, fossile Gas schrittweise ersetzen und so den CO₂-Ausstoß sowohl im Energiebereich als auch im Verkehr verringern. Das Forschungsprojekt MethQuest betrachtet daher die gesamte Wertschöpfungskette von EE-Methan sowie dessen Rolle beim Voranbringen der Energiewende durch eine großflächige Einführung von EE-Methan ins deutsche Energiesystem. Das Projekt Team setzt sich aus etwa 30 Partnern der Bereiche Forschung, Industrie und Energiewirtschaft zusammen, welche sich wiederum auf fünf Verbünde verteilen.

Als Ingenieurdienstleister entwickelt die keep it green gmbh im Verbund MethGrid unterschiedliche Konzepte zur Bereitstellung von LNG (Liquefied Natural Gas) aus EE-Methan, welches sich vor allem für den Antrieb von LKWs eignet (siehe Info-Kästchen LNG). Insbesondere soll hierdurch die Kopplung des Verkehrssektors mit dem Energiesektor untersucht werden. Das technisch als auch ökonomisch interessanteste Konzept entwickelt die keep it green im Rahmen einer Entwurfsplanung weiter. Mit Hilfe einer Simulations-Software wird der Entwurf anschließend hinsichtlich Kosten, CO₂-Emission, Flexibilität und Systemstabilität optimiert.

Anforderungen an die Konzepte zur Bereitstellung von LNG

Ausgelegt wird die LNG-Verteilstation für die Betankung von LKWs mit flüssigem LNG, die den Kraftstoff zum eigenen Antrieb verwenden oder ihn zu anderen Tankstellen weitertransportieren. Zusätzlich soll stets eine gewisse Menge LNG vorgehalten werden (drei Szenarien: ca. 300, 7.000 und 45.000 m³), die im Bedarfsfall rückvergast und über einen Anschluss

an das Erdgasnetz zum gewünschten Ort transportiert werden kann, bspw. zum Ausgleich von Versorgungsgaps/ Peak Shaving. Die drei Szenarien entsprechen dabei den Bedarfsmengen des Hafens Karlsruhe, der Stadt Karlsruhe und des Landes Baden-Württemberg.

Da es trotz der Verwendung von isolierten Tanks zu einer ständigen Erwärmung des LNGs aufgrund der Umgebungstemperatur kommt (LNG verdampft und es entsteht sogenanntes Boil-Off Gas), wird außerdem die Notwendigkeit einer Rückkühlanlage untersucht.

Konzept 1 – Aufbau eines LNG Hubs in einem Binnenhafen

Das erste Konzept sieht den Aufbau einer LNG-Verteilstation im Rheinhafen Karlsruhe vor. Gerade für das größte Szenario ist der Standort, mit der Möglichkeit einer LNG Anlieferung per Schiff (Transportkapazität von ca. 3.500 m³ LNG vgl. [1]), von großem Vorteil. Des Weiteren verfügt der Rheinhafen über eine Gleisanbindung, sodass auch eine Anlieferung per Zug (Transportkapazität von ca. 100 m³ LNG je Waggon [2]) möglich ist. Je nach Größenszenario wird ein Perlite-isolierter Betonbunker oder Stahltank vorgesehen, der per Schiff und/oder Zug bzw. LKW (Transportkapazität von ca. 40 m³ LNG [9]) beladen werden kann. Über vakuumi-

solierte Rohrleitungen versorgt dieser die nahegelegene LKW-Tankstelle. Alternativ erfolgt eine Einspeisung in das Erdgasnetz über eine Rückvergasungsanlage und Einspeiseanlage, inkl. geeichter Mengen- und Qualitätsmessung. Für die Rückverflüssigung werden unterschiedliche Verfahren wie Turbo-Brayton, Kühlmittel-Mix oder Verflüssigung mit flüssigem Stickstoff betrachtet.

Konzept 2 – Versorgung durch Satelliten-Anlagen (Vor-Ort-Verflüssigung)

Im zweiten Konzept soll am Standort der Anlage Erdgas aus dem Erdgasnetz entnommen werden und in einer Verflüssigungsanlage vor Ort verflüssigt werden. Die restlichen Anlagenteile werden analog dem Konzept 1 vorgesehen.

Zum einen werden für die Verflüssigung übliche Verfahren mit einem geschlossenen Kühlmittelkreislauf (Turbo Brayton und Kühlmittel-Mix) betrachtet. Zum anderen wird das INL-Verfahren betrachtet, welches eine vorhandene Druckdifferenz im Erdgasnetz, bspw. am Standort einer Gasdruck-Regel- & -Messanlage (GDRM-Anlage), nutzt. Aufgrund der Abkühlung des Gases durch Entspannung (Joule-Thomson Effekt) wird über eine Kaskade von Verdichtungs-, Kühl- und Entspannungsprozessen mittels Turboexpander die nötige, tiefkalte Tempe-

Liquefied Natural Gas:

- Erdgas (aus fossilen oder erneuerbaren Quellen) wird unter atmosphärischem Druck und einer Temperatur von ca. -160 °C flüssig [9]
- Die Dichte erhöht sich durch die Verflüssigung um das ca. 600-Fache [9]
- LNG/Erdgas spart gegenüber Benzin (B) oder Diesel (D) erhebliche Emissionen ein [11]
 - CO₂: ca. 35% (B) bzw. 23% (D)
 - NO_x: ca. 67% (B) bzw. 96% (D)
 - Feinstaub: ca. 99% (B) bzw. 50% (D)

ratur erreicht, welche für die Verflüssigung des Erdgases nötig ist (siehe **Bild 1**; vgl. [3]). Dadurch wird ein Teilstrom des Erdgasstroms verflüssigt.

Durch Nutzen einer hohen Druckdifferenz und der darin enthaltenen Energie, ist der Energiebedarf des INL-Verfahrens, verglichen mit den eher üblichen Verflüssigungsverfahren, sehr gering. Dieser Unterschied wird durch die Gegenüberstellung der Verfahren in **Tabelle 1** deutlich.

Der angegebene Energieverbrauch des INL-Verfahrens hängt vor allem von der vorhandenen Druckdifferenz, bspw. zwischen vor- und nachgelagertem Gasnetz, ab. So wird, laut Herstellerangaben,

die Effizienz von 0,06 kWh/kg_{LNG} bei einer Druckdifferenz von 55 bar(g) auf 5 bar(g) erreicht [6]. 0,7 kWh/kg_{LNG} werden hingegen benötigt, wenn kein Druckgefälle vorliegt (hier bei 28 bar(g)) bzw. der Teilstrom, welcher nicht verflüssigt wird, wieder auf das Eingangsdruckniveau angehoben werden muss [6]. Besonders zu erwähnen ist, dass diese Effizienzwerte bereits bei Kleinanlagen erreicht werden und die Anlagentechnik einen sehr kleinen Flächenbedarf hat [3]. In einer Referenzanlage in Port Allen (Louisiana, USA, siehe **Bild 2**) verflüssigt NUBLU Energy bereits seit dem Frühjahr 2018 ca. 50t/d (erweiterbar auf ca. 150 t/d) und verbraucht hierbei ca. 0,3 kWh/kg_{LNG} bei einer nutzbaren Druckdifferenz von 51 auf 23 bar(g) [7, 8].

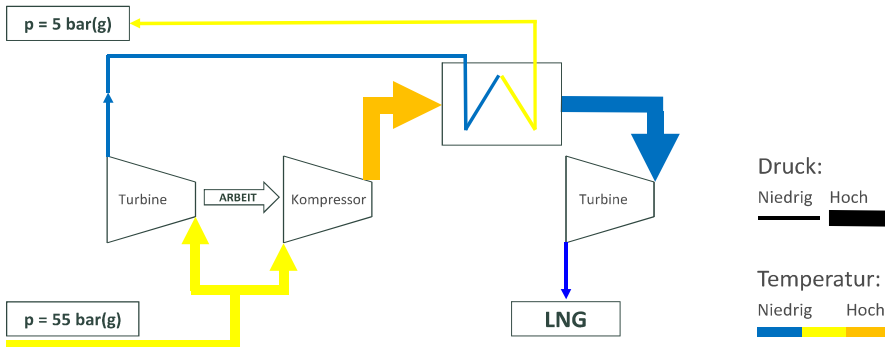


Bild 1: Schema INL-Verflüssigungsverfahren vgl. [3]

Tabelle 1: Vergleich der Verflüssigungsverfahren [4-6]

| | Geschlossener Kühlmittelkreislauf | | Nutzen einer Druckdifferenz |
|---|-----------------------------------|----------------|-----------------------------|
| | Kühlmittel-Mix | Turbo-Brayton | INL-Verfahren |
| LNG-Produktion [t/d] | ca. 5,5 - 82 | ca. 0 - 33 | ca. 20 - 255 |
| Energieverbrauch [kWh/kg _{LNG}] | ≥ 0,70 | ca. 0,75 | ca. 0,06 - 0,7 |
| Hersteller | WÄRTSILÄ/FIN | AIR LIQUIDE/FR | NUBLU/USA |

Fazit

Bereits jetzt ist LNG aus Erdgas, hinsichtlich der Reichweite für LKWs und den erheblichen Emissionseinsparungen gegenüber Benzin oder Diesel (siehe Info-Kästchen LNG), eine zielführende Alternative in Richtung Energiewende. Zudem kann EE-Methan das fossile Erdgas schrittweise ersetzen wodurch die Emissionen weiter sinken.

Technisch betrachtet sind beide Konzepte geeignet LNG flächendeckend zur Verfügung zu stellen und werden im Rahmen einer Entwurfsplanung weiterentwickelt. Insbesondere das INL-Verfahren, mit einem Energiebedarf von bis zu min. 0,06 kWh/kg LNG, ist energetisch betrachtet äußerst attraktiv. Zudem bietet das deutsche Erdgasnetz eine Vielzahl von Standorten mit der nötigen Druckdifferenz (bspw. GDRM-Anlagen für Versorgungsnetzte von Städten oder Industriekunden), wodurch ein enges Netz von LNG-Tankstellen entstehen könnte. Ein weiterer Vorteil des INL-Verfahrens hinsichtlich Energieeinsparung ist, dass die Vorwärmung des Erdgases in den GDRM-Anlagen hierdurch obsolet wird. Der Temperaturabfall, welcher nach der Druckreduzierung zu Kondensatbildung führen kann und deshalb üblicherweise durch eine Vorwärmung kompensiert wird, würde im INL-Ver-



Bild 2: Referenzanlage NUBLU Energy in Port Allen (Louisiana, USA) [6, 7]

flüssigungsverfahren sinnvoll genutzt werden.

Literatur:

[1] Via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH (Hrsg.): Handbuch der Donauschifffahrt. Wien, 2013.

[2] VTG Rail Europe GmbH: Flüssiggas-Kesselwagen für tiefkalte Gase – LNG/G91.111D. <https://www.vtg.de/waggonvermietung/unsere-flotte/g91111d> [31.03.2020]

[3] Fahl, U. et al.: Möglichkeiten der LNG-Nutzung in Baden-Württemberg. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart, 2009.

[4] Wärtsilä Corporation: LNG plants – mini and small scale liquefaction technology. <https://www.wartsila.com/marine/build/gas-solutions/liquefaction-bog-reliquefaction/lng-plants-mini-scale-liquefaction-technology> [31.03.2020]

[5] Air Liquide Advanced Technologies: Turbo-Brayton – for small scale methane liquefaction.

<https://advancedtech.airliquide.com/turbo-brayton-small-scale-methane-liquefaction> [31.03.2020]

[6] NuBlu Energy: MAKING LNG LOCAL (NUBLU_Brochure_FEB19_r7). Center (Texas), 2019

[7] NuBlu Energy: NuBlu Energy announces opening of LNG liquefaction facility in Port Allen, Louisiana (News/February 22nd, 2019). <https://nublueenergy.com/news/nublue-energy-announces-opening-of-lng-liquefaction-facility-in-port-allen-louisiana/> [31.03.2020]

[8] Wright, L. for Idaho National Laboratory (INL): Pioneering research conducted at INL more than a decade ago now reaching the marketplace (posted June 4, 2018). <https://inl.gov/article/national-lab-tech-supports-new-natural-gas-terminal/> [31.03.2020]

[9] Cerbe, G. et al.: Grundlagen der Gastechnik. 8. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2016.

[10] IVECO Magirus AG: Der neue Stralis NP (AUSGABE H1819401DE - 09/18). [https://www.iveco.com/germany/neufahr-](https://www.iveco.com/germany/neufahrzeuge/pages/reichweite-stralis-natural-power-erdgas-truck.aspx)

[zeuge/pages/reichweite-stralis-natural-power-erdgas-truck.aspx](https://www.iveco.com/germany/neufahrzeuge/pages/reichweite-stralis-natural-power-erdgas-truck.aspx) [31.03.2020]

[11] DVGW energie-wasser-praxis kompakt: Mobilität – CNG, LNG & erneuerbare Gase für einen klimafreundlichen Verkehrssektor (Juni 2018). https://www.wvgw.de/dyn_pdf/kompakt_mobilitaet/ [31.03.2020]



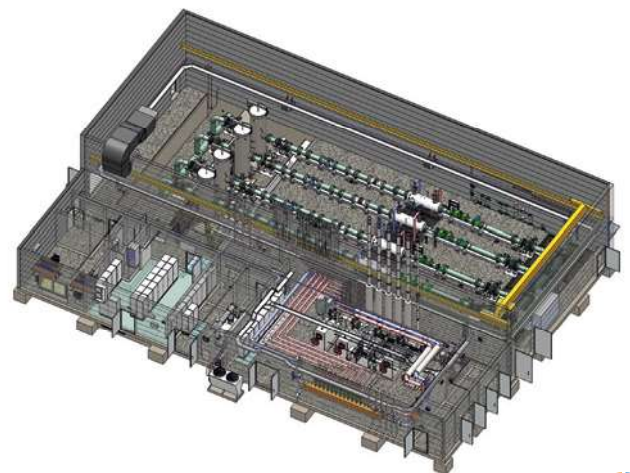
Autor:
Florian Geis, M. Sc.
 keep it green gmbh – partner der energiewirtschaft
 Starnberg
 Tel +49 8151 44637 22
 florian.geis@keep-it-green.de



keep it green 
 partner der energiewirtschaft

Consulting | Projektmanagement | Engineering

- ✓ Planung und Projektierung von gastechnischen Anlagen für Energieversorger, Netzbetreiber, Industrie- und Gewerbekunden
- ✓ Uneingeschränkte Bauvorlageberechtigung für Hoch- und Tiefbau im gesamten Bundesgebiet mit großer Erfahrung im Behördenmanagement
- ✓ Elektroplanung von Steuerungs- und Regeltechnik sowie Mittel- und Niederspannungsversorgungen
- ✓ Planung und Projektleitung über alle Projektphasen vom Entwurf über die Bauleitung bis zur Abnahme
- ✓ Klar strukturiertes Projektmanagement mit hoher Transparenz über den gesamten Projektverlauf



keep it green gmbh | partner der energiewirtschaft
 mail@keep-it-green.de | www.keep-it-green.de

