

Marieke Graf

IEWT 2023, 15.02.2023, Parallelsession Wasserstoff I 15:00-16:45

Simulation und techno-ökonomische Bewertung des Wasserstoffimports per Pipeline aus der Ukraine

TransHyDE – Sys: Systemanalyse zu Transportlösungen für grünen Wasserstoff

Im Rahmen des Wasserstoff-Leitprojektes TransHyDE soll die prospektive Wasserstoff-Transport-Infrastruktur in Deutschland untersucht werden. Das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Forschungsvorhaben ist im April 2021 gestartet und wird durch ein Konsortium aus über 50 Mitgliedern bearbeitet. TransHyDE-Sys modelliert das zukünftige Wasserstoffnetz und dessen Transformationspfade.

- Nationale Transportinfrastruktur, die europäische und internationale Importsysteme sowie Gasspeicher und Pipelinetransport integriert
- Analyse möglicher Transformationspfade der Infrastruktur, z. B. zukünftige gemischte, reine oder separate Wasserstoff/Erdgas-Systeme zur Versorgung Europas mit grünem Wasserstoff
- Implementierung von Speichermodellen sowie von Schnittstellen zu prototypischen mechatronischen Komponentenmodellen, nämlich Elektrolyseanlagen, Brennstoffzellenkraftwerken, wasserstofffähigen Verdichter- und Reglermodellen sowie begleitender Modelle
- Weiterführende Informationen: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/transhyde>
- Die in diesem Vortrag vorgestellten Teilergebnisse und Forschungsansätze wurden innerhalb von TransHyDE-Sys von einer Gruppe entwickelt: Müller-Kirchenbauer, Joachim; Klaaßen, Bernhard; Graf, Marieke; Herrmann, Ulrike; Evers, Maximilian; Akça, Okan; Jiang, Dongrui; Hurtig, Kristian (Fraunhofer SCAI, Fraunhofer IEG, TU Berlin (E&R))

Agenda

- 1. Motivation und Fragestellung**
- 2. Methodik**
- 3. Ergebnisse**
- 4. Zusammenfassung und Ausblick**

Motivation und Fragestellung

Modellierung der Transformation der Gasnetze

Case Study: Export von (grünem) Wasserstoff von der Ukraine nach Deutschland

Motivation:

Der gestoppte Erdgasimport aus Russland hat die Diskussion über eine Umnutzung der existierenden Transportleitungen beschleunigt¹. Die Ukraine verfügt über große Potentiale für Erneuerbare Energien und damit über hohe Erzeugungspotentiale für grünen Wasserstoff².

Forschungsfragen:

Welches Potential bieten existierende Erdgasleitungen für den Transport von Wasserstoff zwischen der Ukraine und Deutschland für verschiedene Transportmengen und Erdgastransportszenarien?
Zu welchen Kosten kann der Wasserstofftransport realisiert werden?

- Ziel:
 - Quantifizierung der technisch realisierbaren Transformation
 - Kostenabschätzung
 - Kreuzvalidierung der Ergebnisse von Simulationssoftware



¹ CEHC (14.11.2022): Initial analysis supports the feasibility of the Central European Hydrogen Corridor. Pressemitteilung. <https://www.cehc.eu/en/news/initial-analysis-supports-feasibility-central-european-hydrogen-corridor.html>, letzter Zugriff am: 22.11.2022.

² Wietschel et al. (2022): Krieg in der Ukraine - Auswirkungen auf die europäische und deutsche Importstrategie von Wasserstoff und Syntheseprodukten. Impulspapier.

Agenda

1. Motivation und Fragestellung
2. Methodik
3. Ergebnisse
4. Zusammenfassung und Ausblick

Methodik – Auswahl der Routen



Auswahlkriterien:

- Auswahlkriterien:
 - Großer Durchmesser
 - Drei verschiedene Routen
 - Möglichst viele parallele Röhren
 - Kürzeste Distanz

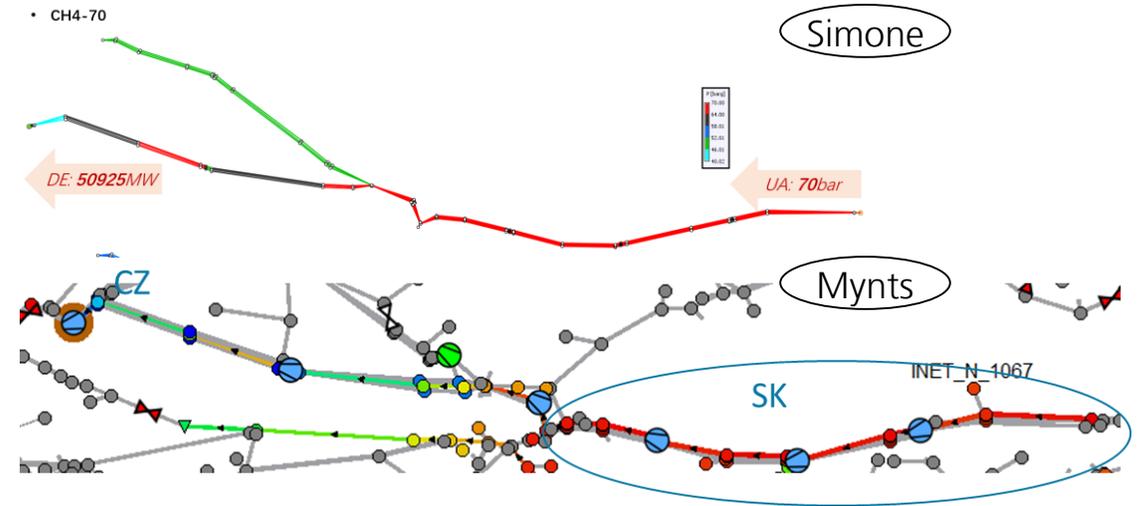
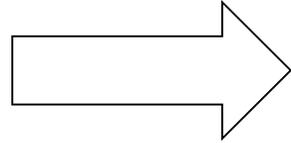
ENTSOG Capacity Map (2021) online unter: https://entsog.eu/sites/default/files/2021-11/ENTSOG_CAP_2021_A0_1189x841_FULL_066_FLAT.pdf, Zugriff am: 09.02.2023

Methodik

Strömungsmechanische Simulation von Gasflüssen für Wasserstoff und Erdgas mit Mynts¹ und Simone²



Von der Streckenauswahl...



... zur Implementierung und Flusssimulation

Daten:

- Datenbasis: SciGRID_gas³
- Manuelle Anpassung des Netzwerks:
 - Rohrleitungen: Anzahl, Länge und Innendurchmesser der Röhren
 - Höhe über dem Meeresspiegel
 - Verdichterstationen
- Iterative Bestimmung der maximalen Durchsatzmengen bei:
 - Wasserstoff: Gasdruck von **40 bis 70** barg und unter 20 m/s Geschwindigkeit
 - Erdgas: Gasdruck von **40 bis 80** barg und unter 20 m/s Geschwindigkeit

¹ <https://www.scai.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/network-evaluation-technologies/produkte/mynts.html>, ² <https://www.simone.eu/simone-simonesoftware.asp>,

³ DLR (2020): SciGRID_gas. Open Source Reference Model of European Gas Transport Networks for Scientific Studies on Sector Coupling

Agenda

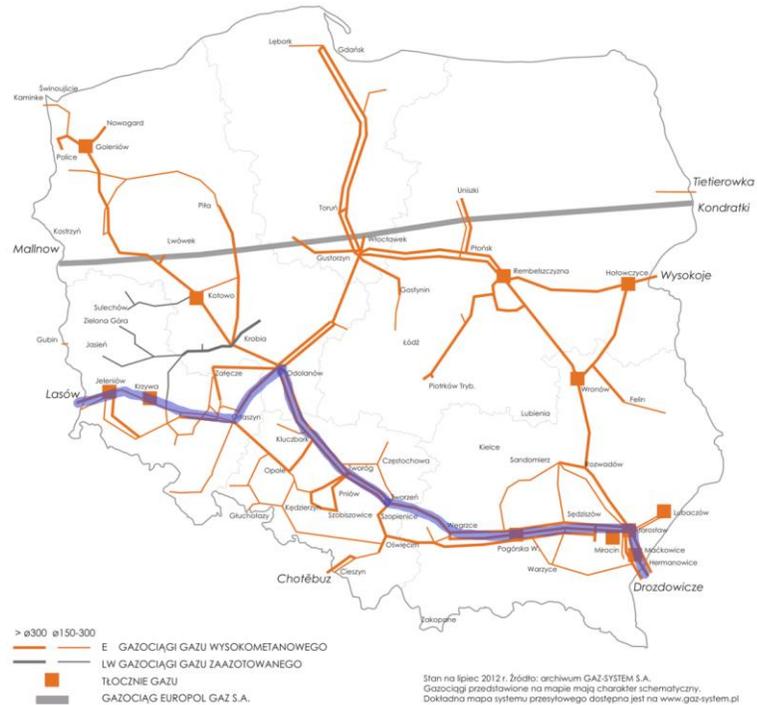
1. Motivation und Fragestellung
2. Methodik
3. Ergebnisse
4. Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse: Strecke 1

Polen



System gazociągów przesyłowych



Karte: Polnisches Gasübertragungsnetz, gewählte Trasse in blau

Tabelle: Ergebnisse der Simulation mit Mynts

Szenario	Gas	Max Kapazität	Beschreibung	Neubau	Gesamtlänge alle Röhren	Durchschn. Durchmesser
BigPipe	H2	4100 MW	Größtes Rohr umg.	186,3 km	732 km	873 mm
SmallPipe	H2	2300 MW	Kleinstes Rohr umg.	186,3 km	732 km	731 mm
FullH2	H2	5000 MW	Komplettumwidmung	0 km	1540 km	773 mm
FullH2+	H2	6800 MW	Komplettumwidmung	186,3 km	1726 km	792 mm
FullNG (80barg)	NG	7700 MW	Benchmark Erdgasszenario	0 km	1540 km	773 mm

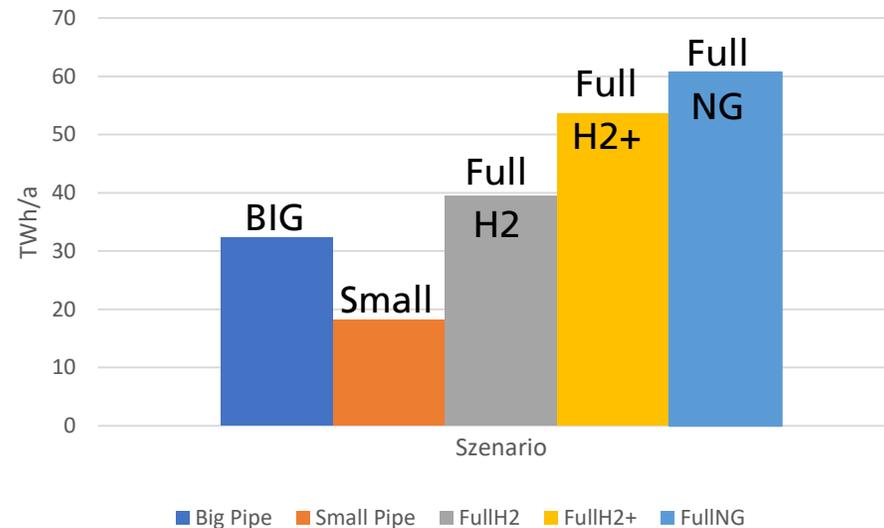


Abbildung: Maximale jährliche Transportkapazität der Szenarien für Strecke 1

Ergebnisse: Strecke 2a

Slowakei und Tschechische Republik



Karte: Das slowakische und tschechische Gasübertragungsnetz, gewählte Trasse in blau

Tabelle: Ergebnisse der Simulation mit Mynts

Szenario	Gas	Max Kapazität	Beschreibung	Neubau	Gesamtlänge alle Röhren	Durchschn. Durchmesser
BigPipe	H2	19500 MW	Größtes Rohr umg.	0 km	830 km	1381 mm
SmallPipe	H2	5615 MW	Kleinstes Rohr umg.	0 km	830 km	995 mm
FullH2	H2	33000 MW	Komplettumwidmung	0 km	3052 km	1150 mm
FullNG (80barg)	NG	60800 MW	Benchmark Erdgasszenario	0 km	3052 km	1150 mm

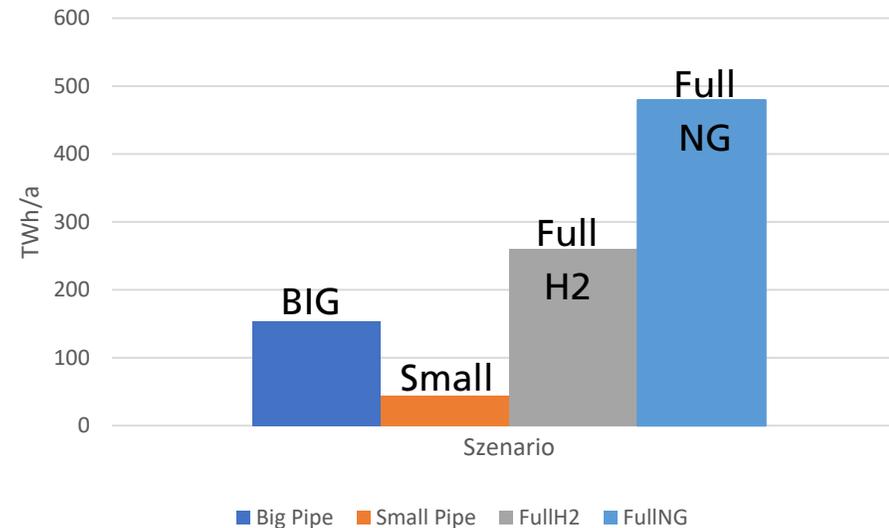
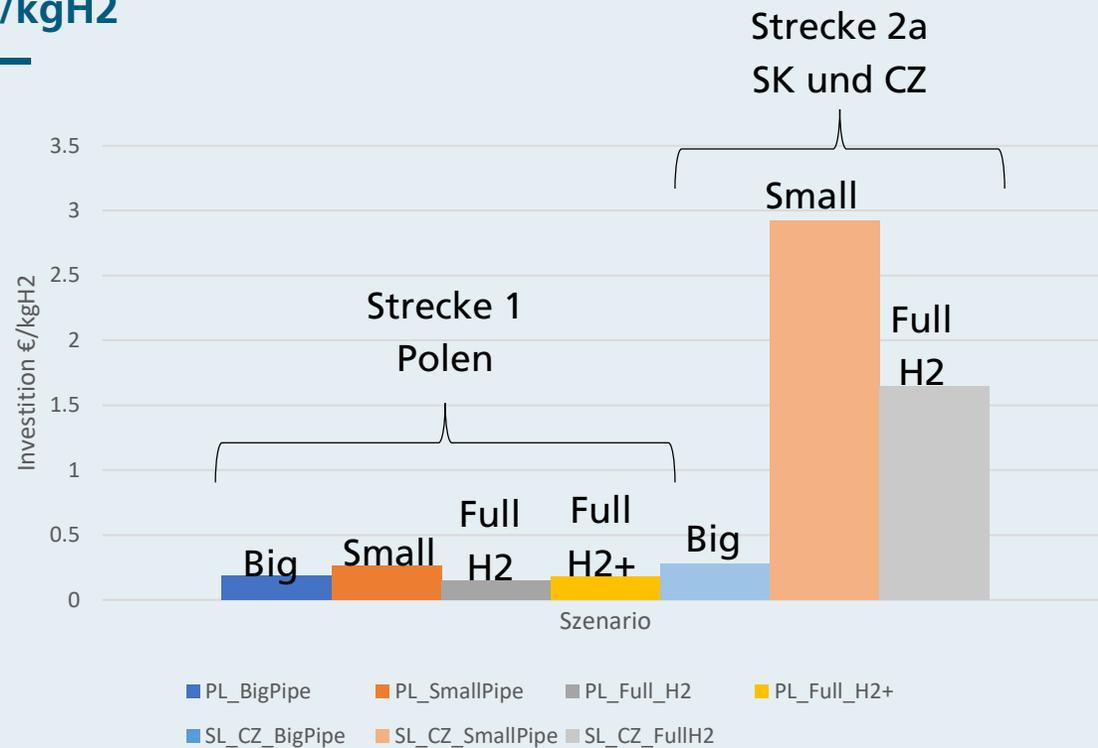


Abbildung: Maximale jährliche Transportkapazität der Szenarien für Strecke 2a

Karte: ERU (2020). Yearly report on the operation of the Czech gas system for 2020.; <https://ceconsult.com/wp-content/uploads/2020/09/Screenshot-2020-08-18-at-22.02.24-1.png> (letzter Zugriff am 13.02.2023)

Ergebnisse: Techno-ökonomischer Vergleich

Investitionen für Umrüstung und Verdichter €/kgH2



Erkenntnisse aus der Simulation

- Der maximale Durchsatz von Erdgas wird durch den Mindestdruck und der Durchsatz von Wasserstoff durch die Geschwindigkeitsbegrenzung begrenzt
- Mynts vs. Simone: geringe Abweichung von 1,5%
- Die Wahl des Druckniveaus hat große Auswirkungen auf die maximale Kapazität

Tabelle: Kapazität in Abhängigkeit vom Druck am Beispiel Erdgas (Route 2a)

Max. Druck	Max. Kapazität
70 barg	50.000 MW
80 barg	60.800 MW
100 barg	80.800 MW

Agenda

1. Motivation und Fragestellung
2. Methodik
3. Ergebnisse
4. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Grüner Wasserstoff könnte ein geeignetes, nachhaltiges und potentiell stark nachgefragtes Exportgut werden
- Lassen sich die Rohrleitungen umwidmen, so sind die möglichen Transportmengen gewaltig bis zu 33 GW (260 TWh/a)
- Für die meisten Szenarien liegen die Transportkosten bei 2 bis 3,5 ct/kg/100km

- Datenverfügbarkeit und Genauigkeit
- Technische Umsetzbarkeit der Umwidmung

Ausblick

- Ausweitung auf weitere case studies in Europa
- Verbinden mit Szenarien für den Rückgang der Erdgasnachfrage und die Entstehung einer Nachfrage nach grünem Wasserstoff
- Ziel: strömungsmechanische Validierung von Energiesystemszenarien
- Herausforderung: Datenverfügbarkeit
- Ähnliche Methodik angewandt in Studie zur Gasversorgungssicherheit¹

¹Ragwitz, M.; Müller-Kirchenbauer, J.; Klaußen, B.; Graf, M.; Herrmann, U.; Nolden, C.; Evers, M.; Akça, O.; Jiang, D.; Hurtig, K. (2022): Europäische Gasversorgungssicherheit vor dem Hintergrund unterbrochener Versorgung aus Russland. Berlin: Fraunhofer IEG & SCAI, TU Berlin, im Auftrag des Akademienprojektes „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS)

Kontakt

Marieke Graf, M.Sc.
Integrierte Energieinfrastrukturen
Tel. +49355-35540157
marieke.graf@ieg.fraunhofer.de

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG
Gulbener Straße 23
03046 Cottbus
www.ieg.fraunhofer.de

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit
