

H2Net&Engines

Aktueller Stand des Forschungsprojekts

Maximilian Heneka, Wolfgang Köppel

1. Dezember 2021, 8. Runder Tisch Gasmobilität

1. Motivation

2. Kraftstoffstrategie Tankstelle

- Anpassungsbedarf Fahrzeug Verbrennungsmotor
- Anpassungsmöglichkeit an der Tankstelle

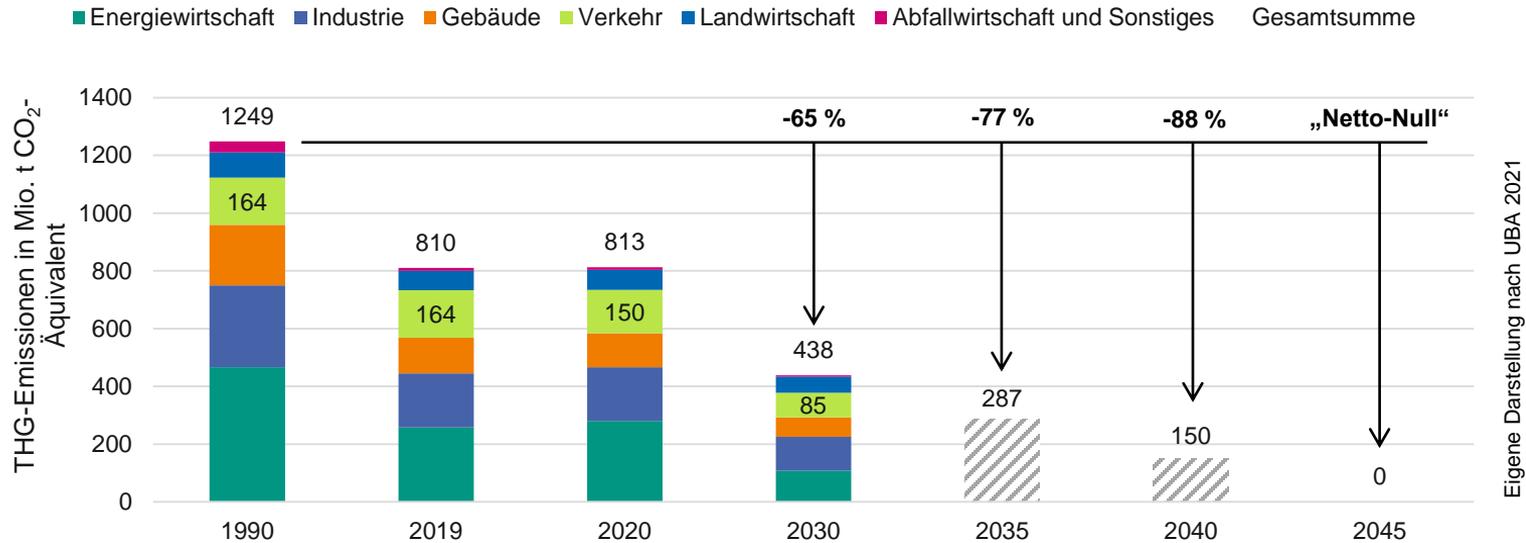
3. Fazit

Laufendes Projekt – Stand
Laufzeit bis Ende 2021

Motivation

Klimaziele Deutschland

Zulässige Jahresemissionsmengen nach Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG)



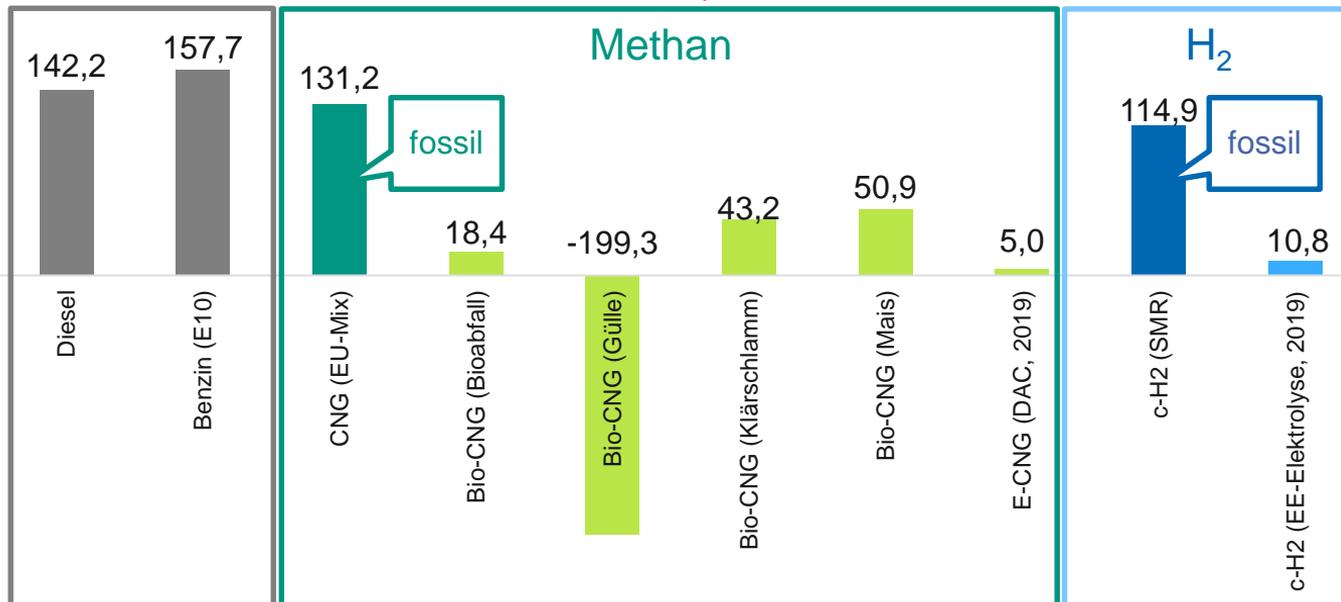
Für die Erreichung der Klimaziele müssen schnell verfügbare THG-Minderungsoptionen gehoben werden.

Motivation

THG-Minderungspotenzial erneuerbarer Gase

Well-to-Wheel-Emissionen in g CO₂-Äquivalent pro Kilometer

Beispiel: Mittelklasse Pkw



JEC WtT-Bericht v5 2020, Fraunhofer ISI 2019, DVGW-PTX 2019

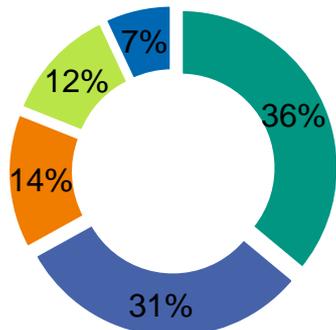
Grüne Gase weisen ein hohes THG-Minderungspotenzial auf.
Je nach Bereitstellungspfad -60 % bis -95 % gegenüber fossilem Pendant).

Motivation

Gasinfrastruktur in Deutschland

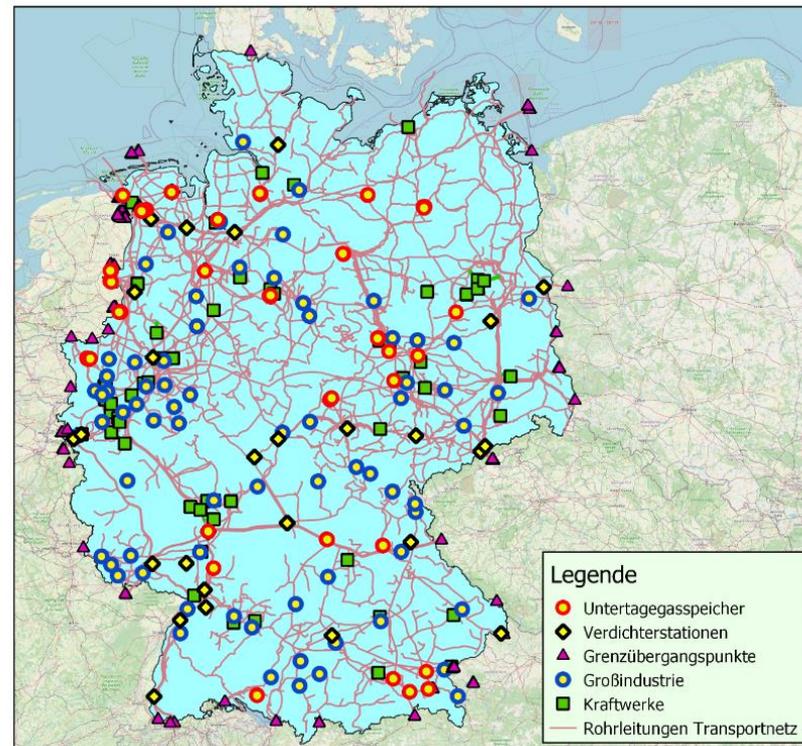
- ⦿ 511.000 km Transport- und Verteilungsnetze
- ⦿ Erdgasverbrauch 2020: 991 TWh
- ⦿ ca. 2 Mrd. € jährliche Investitionen
- ⦿ 49 Gasspeicher mit ca. 265 TWh Kapazität

Erdgasabsatz nach Sektoren:



- Industrie
- Haushalte
- Elektrizitätsversorgung
- Gewerbe, Handel, Dienstleistung
- Fernwärme

Quelle: Statista



Quelle: DVGW-EBI

Defossilisierung der Gasinfrastruktur ermöglicht schnelle und sektorübergreifende Reduktion der THG-Emissionen.

Motivation

Potenzial Grüner Gase in Deutschland

Potential Grüne Gase Deutschland

Grünes CH₄: 206 TWh

107 TWh

99 TWh

Biomethan
aus der Umrüstung des
Biogasanlagenbestands



Bestehende Einspeisung 11 TWh

synthetisches Methan
aus thermochemischer
Umwandlung holzartiger
Reststoffe



Grüner H₂:
141 TWh

141 TWh

E-Wasserstoff
aus Elektrolyse



Nutzungsoptionen

- Wasserstoffnutzung
- 120 TWh synthetisches Methan

Biomethan ist schnell verfügbar.

E-Wasserstoff steht mittelfristig zur Verfügung → **kurzfristige Option: blauer H₂**

H2Net&Engines

Wasserstoff im Netz und in Gasmotoren



DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut
des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)



DBI - Gastecnologisches Institut



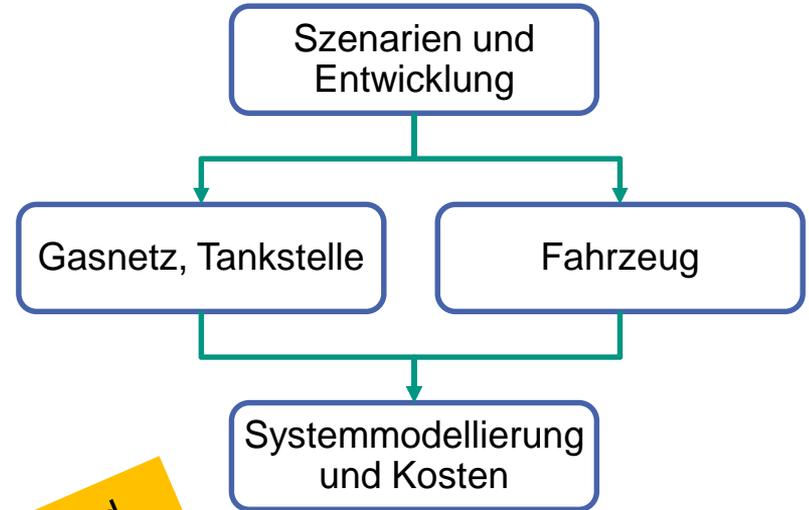
KIT Institute for Internal Combustion Engines
(IFKM)

ITES

KIT Institute for Thermal Energy Technology and
Safety (ITES)



Frontier Economics



Laufendes Projekt – Stand
Laufzeit bis Ende 2021

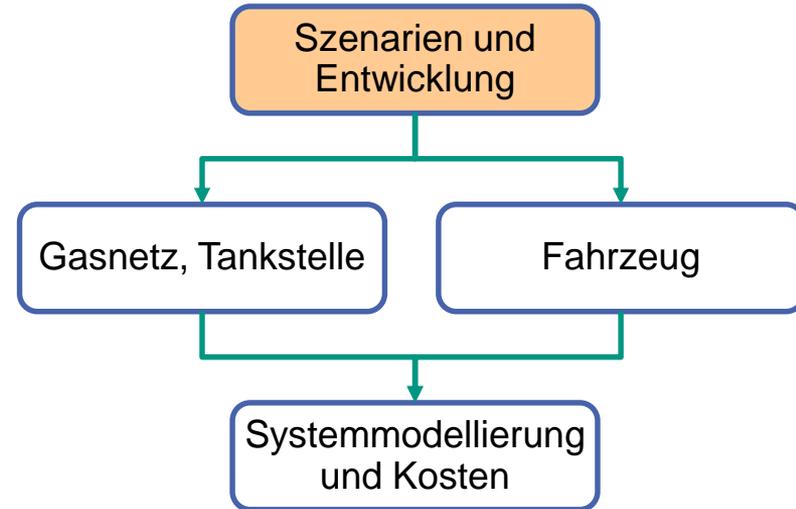
1. Schritt: Festlegung Basisszenario

- ☛ Mengengerüst zukünftige Gasnachfrage
- ☛ Fahrzeug- und Tankstellenhochlauf
- ☛ Betrachtungszeitraum: 2022 bis 2050

Fallunterscheidung: H₂ im Gasnetz:

- 100 Vol.-% CH₄
- 100 Vol.-% H₂
- Mischung CH₄-H₂
 - 0 – 2 Vol.-% H₂
 - 0 – 10 Vol.-% H₂
 - 0 – 30 Vol.-% H₂

Zielwerte für 2050



2. Schritt: Anpassungsbedarf + Kosten

H₂ im Gasnetz bis 2050

100 Vol.-% CH₄

100 Vol.-% H₂

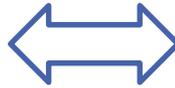
Mischung CH₄-H₂

0 – 2 Vol.-%H₂

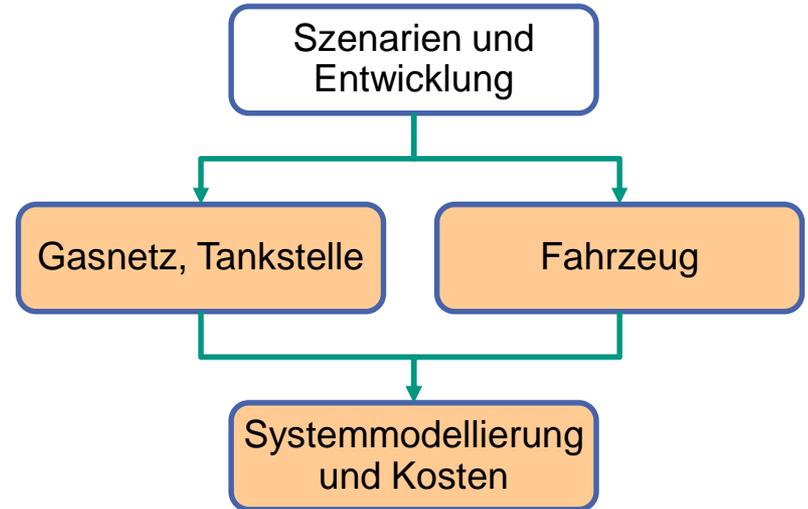
0 – 10 Vol.-% H₂

0 – 30 Vol.-% H₂

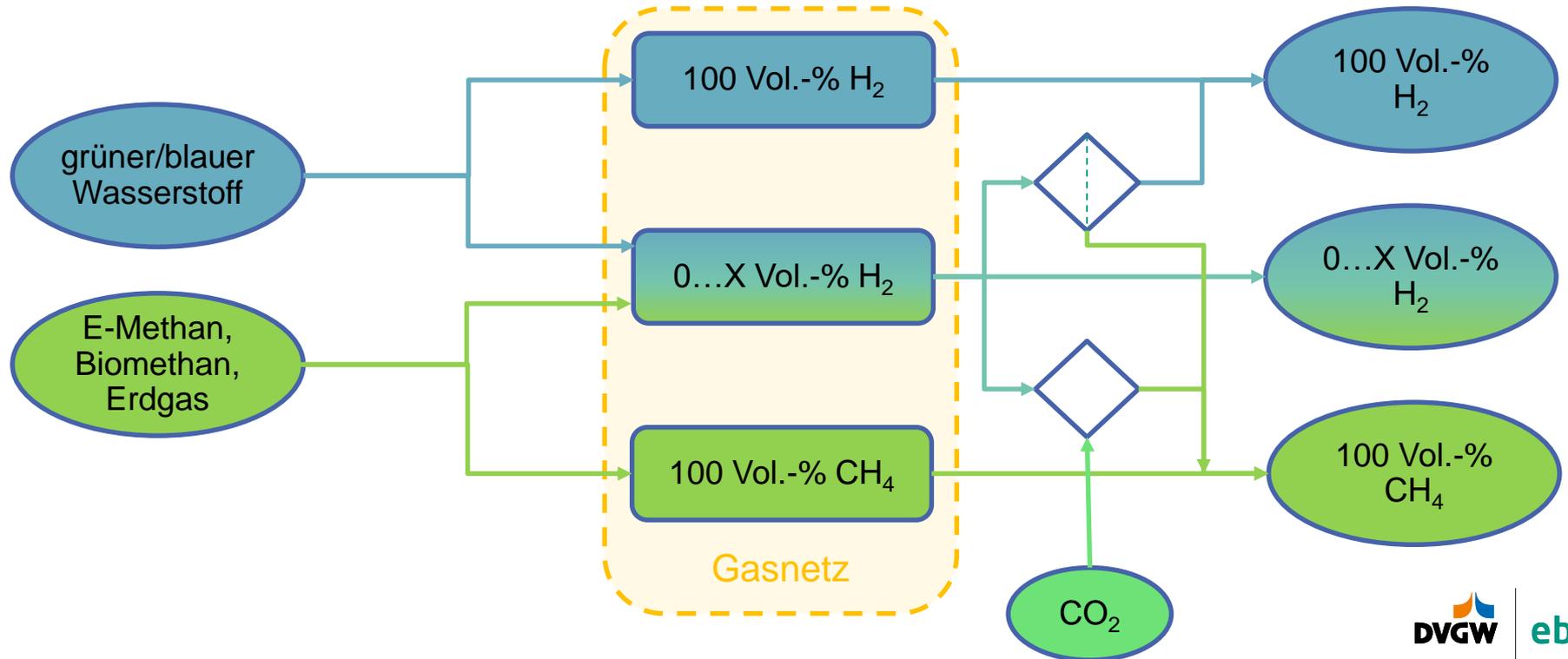
0 – 100 Vol.-% H₂



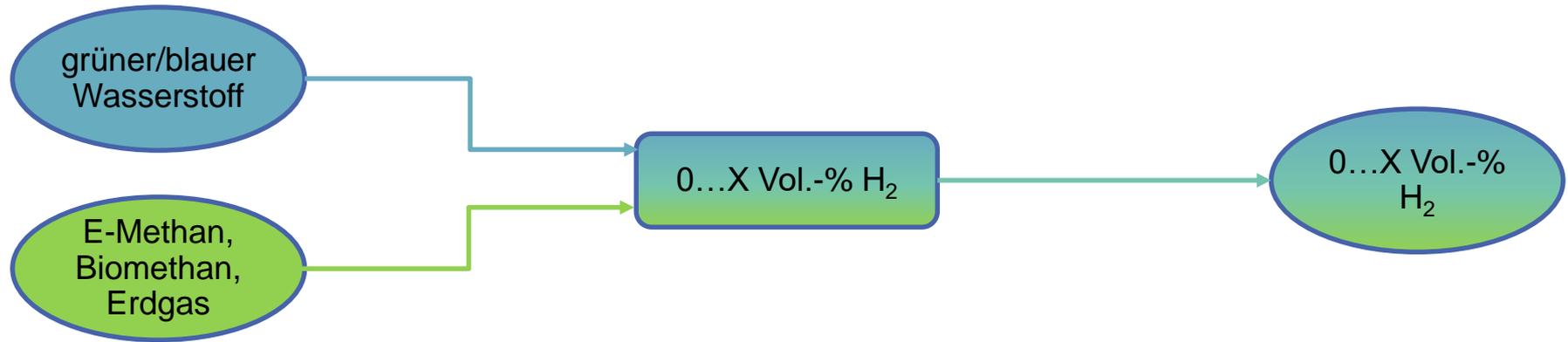
Anpassungsstrategien



Welcher Pfad ist der kostengünstig und technisch umsetzbar?

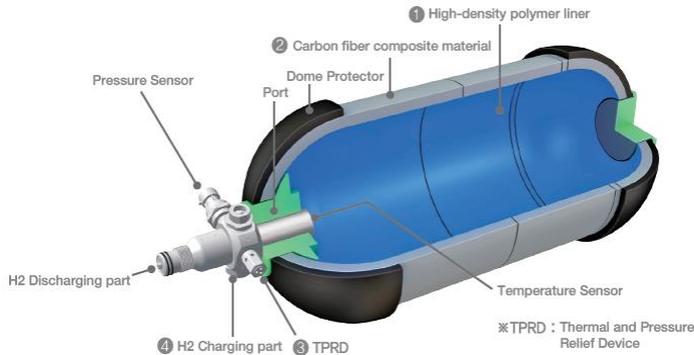


Maßnahmen am Fahrzeug bei einem Methan-Wasserstoff-Gemisch



➔ Anpassungen an Fahrzeug?

Anpassung Tanksystem + Ventile



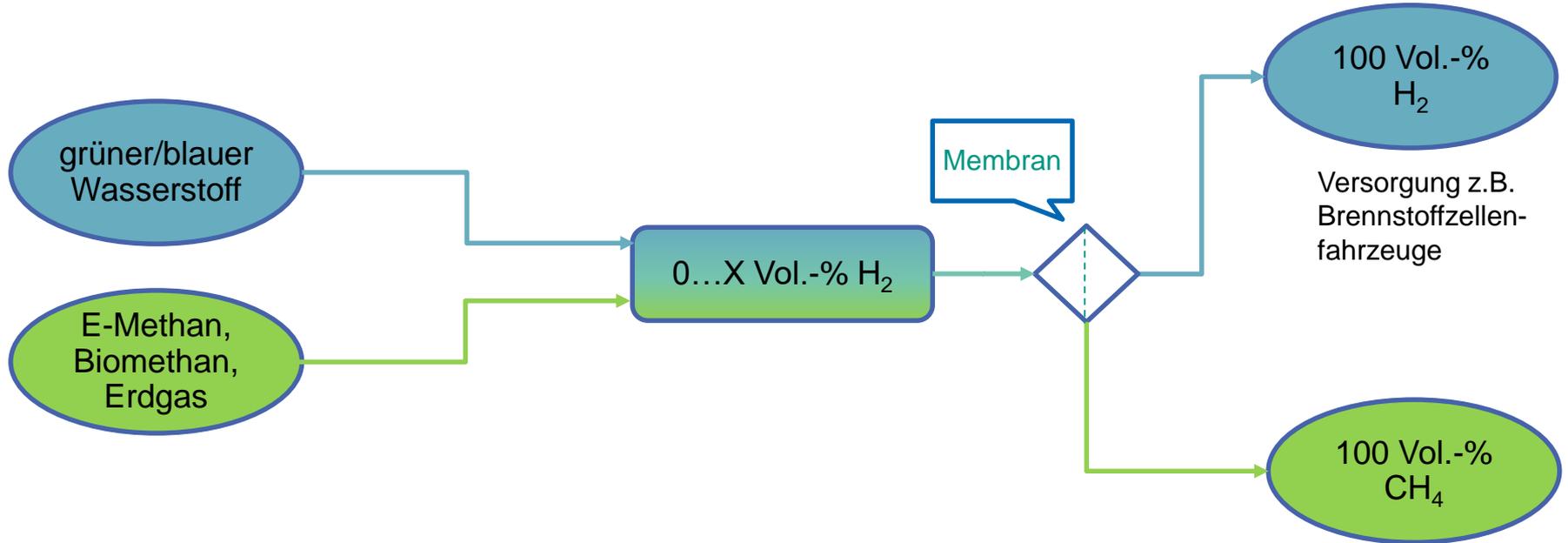
Beispiel Pkw

- Für 0-10% H₂:
CNG-Fahrzeugtanks vom Typ I - IV (**200 bar**) können verwendet werden. Zertifizierung erforderlich.
- Für 0-30% H₂:
CNG-Fahrzeugtanks vom Typ I - IV (**200 bar**) können verwendet werden, sofern sie für den H₂-Einsatz zertifiziert sind. Zusätzliche Ermüdungsprüfung für Stahlbehälter vom Typ I und II ggf. erforderlich.
- Für 0-100% H₂:
Spezialisierte und zertifizierte Behälter (**700 bar**) für den **maximal zu erwartenden H₂-Gehalt** erforderlich.

Tanksystem und Ventile dominieren die Kosten bei Anpassung auf höhere H₂-Gehalte

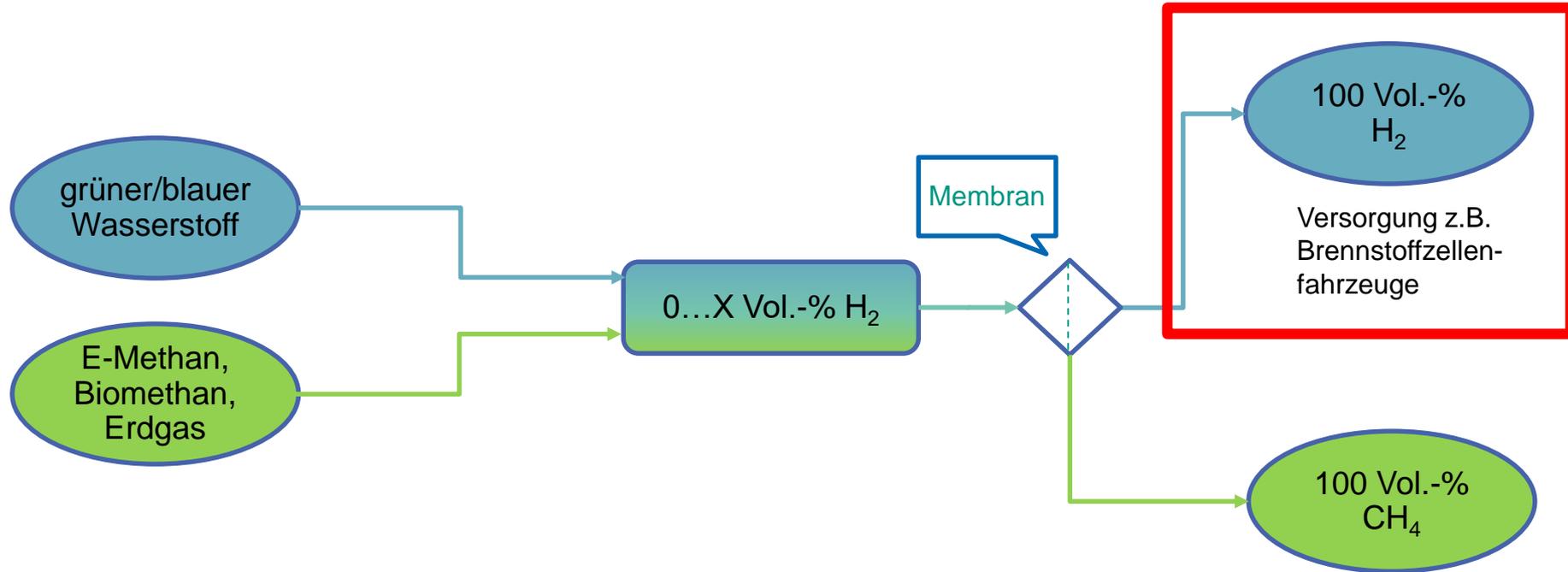
Membranverfahren zu H₂/Erdgas-Trennung

Membranabtrennung Variante 1: Wasserstoff wird an Tankstelle angeboten



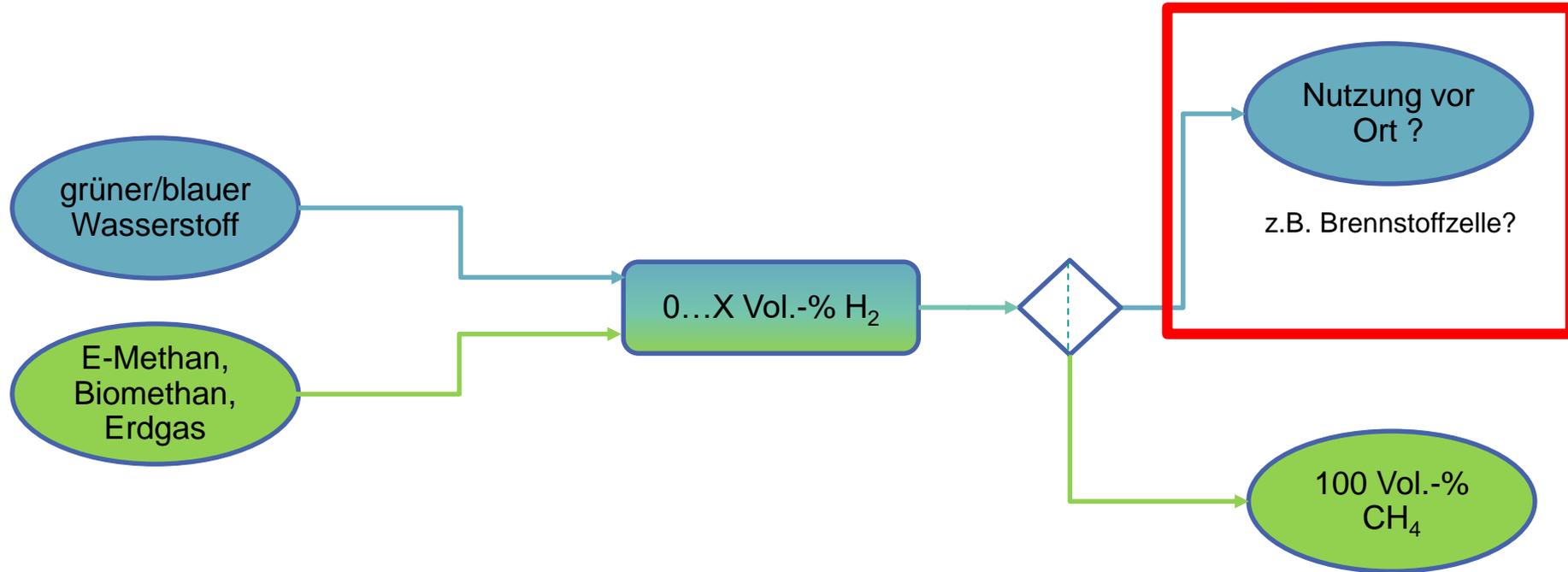
Membranverfahren zu H₂/Erdgas-Trennung

Membranabtrennung Variante 1: Wasserstoff wird an Tankstelle angeboten



Membranverfahren zu H₂/Erdgas-Trennung

Membranabtrennung Variante 2: Wasserstoff wird an Tankstelle NICHT angeboten



- **Membranabtrennung mittels Pd-Membran**
 - Vorteil: sehr hohe Reinheiten erreichbar (Brennstoffzellenqualität)
 - Einstufige Membrananlage ist ausreichend
 - Kosten fallen mit Betriebsstunden einer Tankstelle und steigen mit Wasserstoffanteil im Erdgas

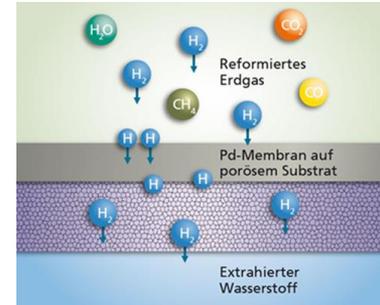
Randbedingungen und Kosten Membranverfahren

- **Membranabtrennung mittels Pd-Membran**

- Vorteil: sehr hohe Reinheiten erreichbar (Brennstoffzellenqualität)
- Einstufige Membrananlage ist ausreichend
- Kosten fallen mit Betriebsstunden einer Tankstelle und steigen mit Wasserstoffanteil im Erdgas

- **Randbedingungen**

- Erhöhter Eingangsdruck sinnvoll (> 3 bar)
- Temperierung erforderlich
- Ggfs. Entschwefelung erforderlich



Szenario 150 m³/h, 8500 h

10 Vol.-% H₂

Pd-Membran

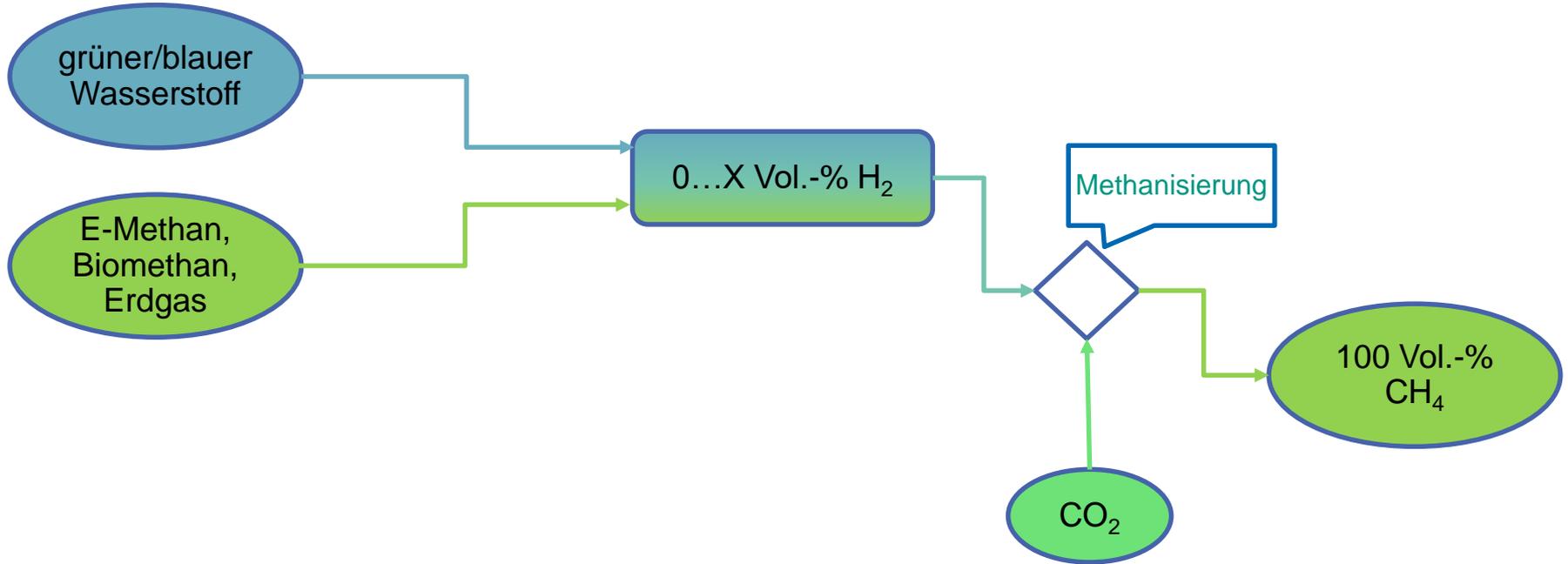
	min	max
CAPEX total	267.334 €	371.694 €
CAPEX/a	21.452 €	29.826 €
OPEX/a	77.343 €	90.203 €
(CAPEX+OPEX)/a	98.795 €	120.028 €
Spezifische Kosten	0,9 ct/kWh	1,1 ct/kWh

Zinssatz: 6,9% / Abschreibedauer: 15a
Kosten ohne Wasserstoffweiterverarbeitung

Geeignete Nutzungskonzepte für Wasserstoff müssen mitgedacht werden!

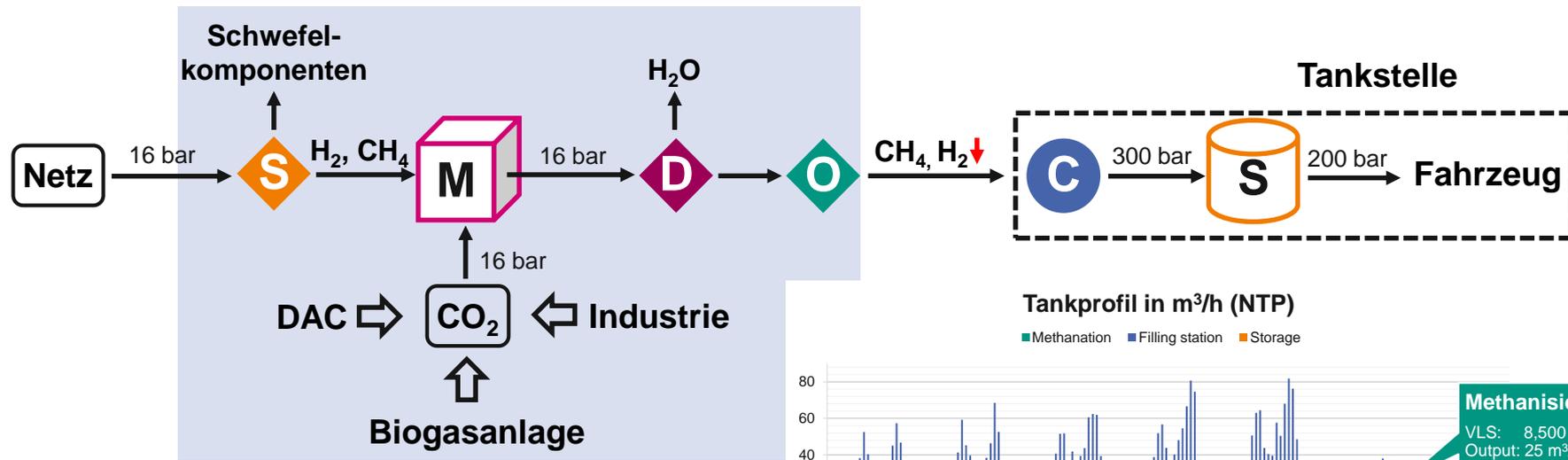
Methanisierung

Wasserstoff wird methanisiert

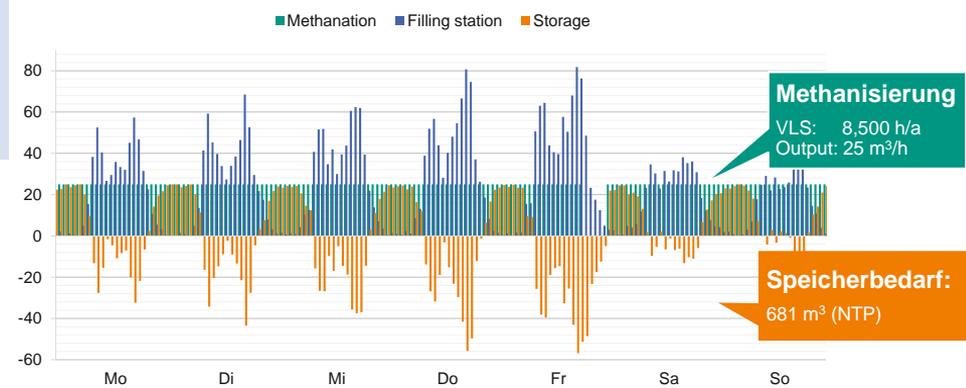


Methanisierung

C Kompressor
 M Methanisierung
 S Speicherung
 S Entschwefelung
 D Trocknung
 O Odorierung

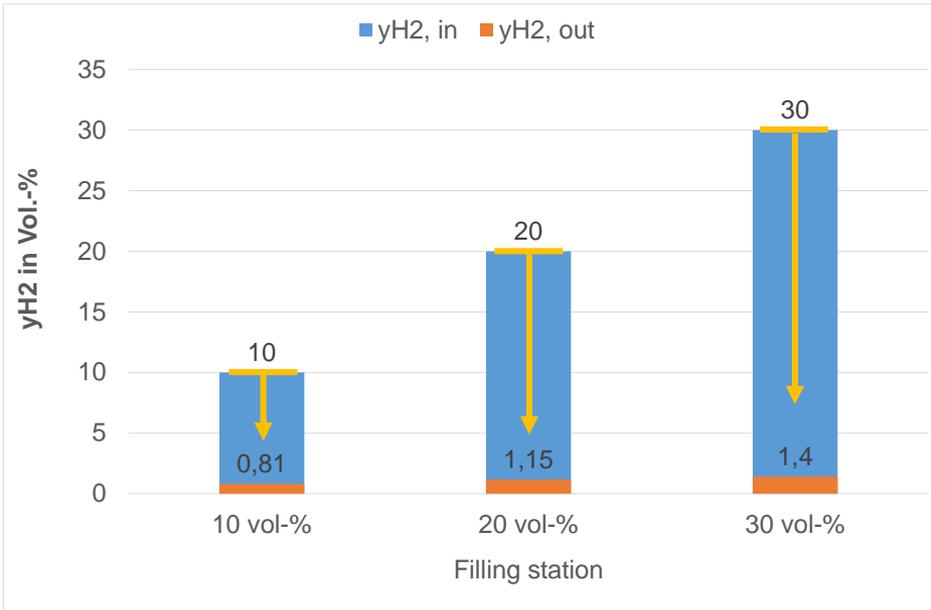


Tankprofil in m³/h (NTP)



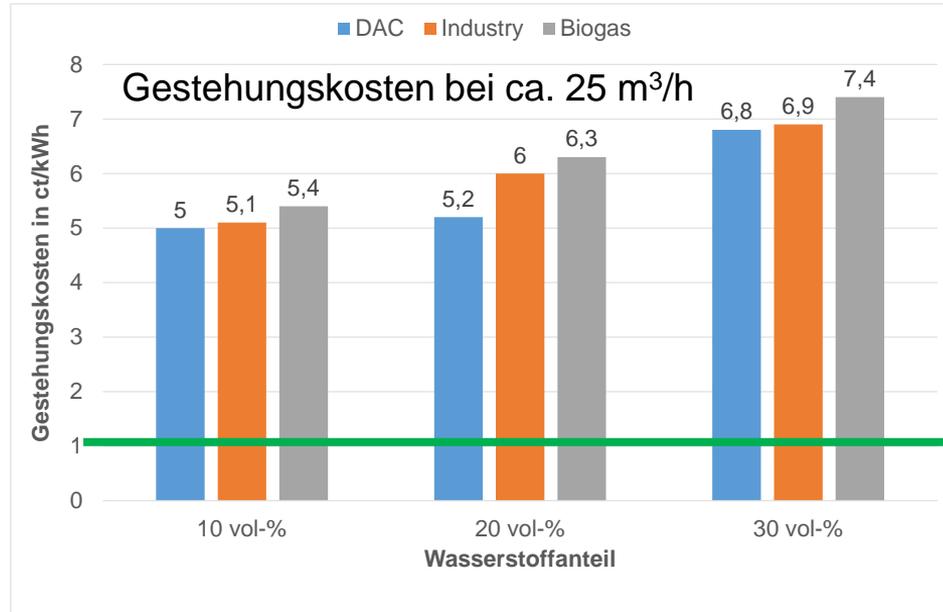
Methanisierung: konstante Fahrweise →

Methanisierung



Reinheiten nach heutigen Normen erreicht (< 2 Vol.-% H2)

Methanisierung



Zinssatz: 6,9% / Abschreibedauer: 15a

Gestehungskosten bei ca. 2000 m³/h
→ Einsparung von 80 – 85 %

Membran

Kosten für kleine Anlagen sehr hoch, bei größeren Anlagen moderate Kosten

- Wasserstoff als Beimischung in der Mobilität ist eine technische Herausforderung mit unterschiedlichen Anpassungsbedarfen je nach Strategie
- Anpassungen am Fahrzeug sind technisch realisierbar
- Kleine Methanisierungsanlagen an jeder Tankstelle sind technisch möglich, aber teuer
- Größere Methanisierungsanlagen sind deutlich günstiger
- Membrananlagen an jeder Tankstelle sind technisch möglich, aber Wasserstoffnutzungs-konzept ist mitzudenken und abhängig vom Standort

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Maximilian Heneka

DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut
des Karlsruher Instituts für Technologie
Gastechnologie · Systeme und Netze

Engler-Bunte-Ring 1 – 9 · Geb. 40.12 · 76131 Karlsruhe · www.dvgw-ebi.de
T +49 721 608-41225 · heneka@dvgw-ebi.de