

H2 Lunch & Learn: **H2-ready und klimaneutral bis 2045 – Kosten und Aufwand für die Umrüstung der Gasnetze**

Roadmap Gas 2050; G 201824

D 2.3: Transformation der deutschen Gasinfrastruktur inkl. Gasanwendungen

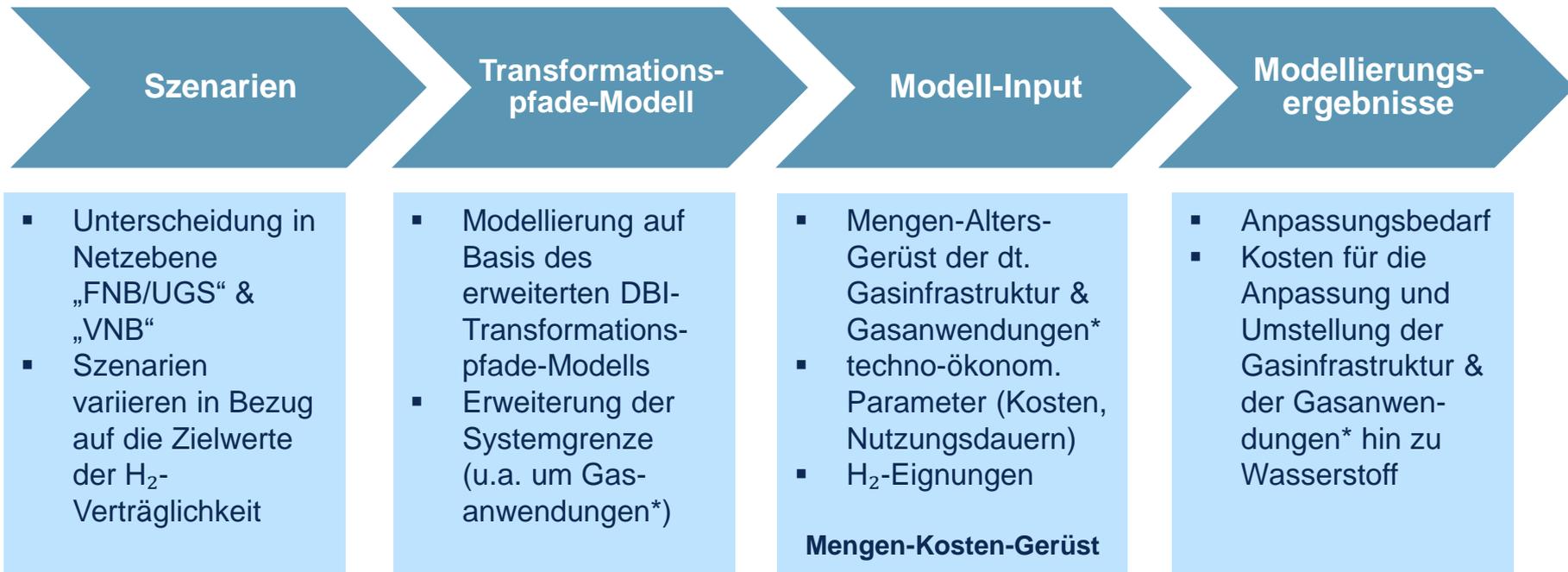
29.06.2022, Jonas Sperlich

1. Hintergrund & Motivation
2. Methodik
3. Szenarien
4. Ergebnisse
5. Fazit & Ausblick

- Die Nutzung der bestehenden Gasinfrastruktur für die großflächige H₂-Bereitstellung in Deutschland erfordert einen Transformationsprozess!
- **Zentrale Fragestellungen für die Planung der Transformation:**
 - Was sind die begrenzenden Faktoren für die Integration von Wasserstoff in die deutsche Gasinfrastruktur?
→ *Kenntnis über aktuelle H₂-Verträglichkeiten erforderlich!*
 - Welche Anpassungsbedarfe und –kosten für die Gasinfrastruktur und Gasanwendungen bestehen im Rahmen der Transformation?
→ *Identifizierung von Anpassungsmaßnahmen und Aufwendungen!*
- Betrachtungen auch auf Netzbetreiberebene erforderlich
→ z.B. aufbauend auf der technischen Analyse nach Gasnetzgebietenstransformationsplan GTP, H₂vorOrt

- **Techno-ökonomische Bewertung von Transformationspfaden** für die deutsche Gasinfrastruktur - inkl. Gasanwendungen - zur Integration von **Wasserstoff** und **Methan-Wasserstoff-Gemischen** in verschiedenen Szenarien
- Ermittlung des **technischen Anpassungsbedarfs** zur Erhöhung der Wasserstoff-Verträglichkeit und der daraus resultierenden **Kosten**
- Darstellung der Größenordnung der **Gesamtinvestitionen** und **Mehrinvestitionen** im Rahmen der Transformation im Vergleich zur regulären Erneuerung
- Das Modell basiert auf dem Vorgängerprojekt „G201624 Transformationspfade zur Treibhausgasneutralität der Gasnetze und Gasspeicher nach COP 21“

Methodik



*Gasanwendungen ohne Berücksichtigung der Industrie

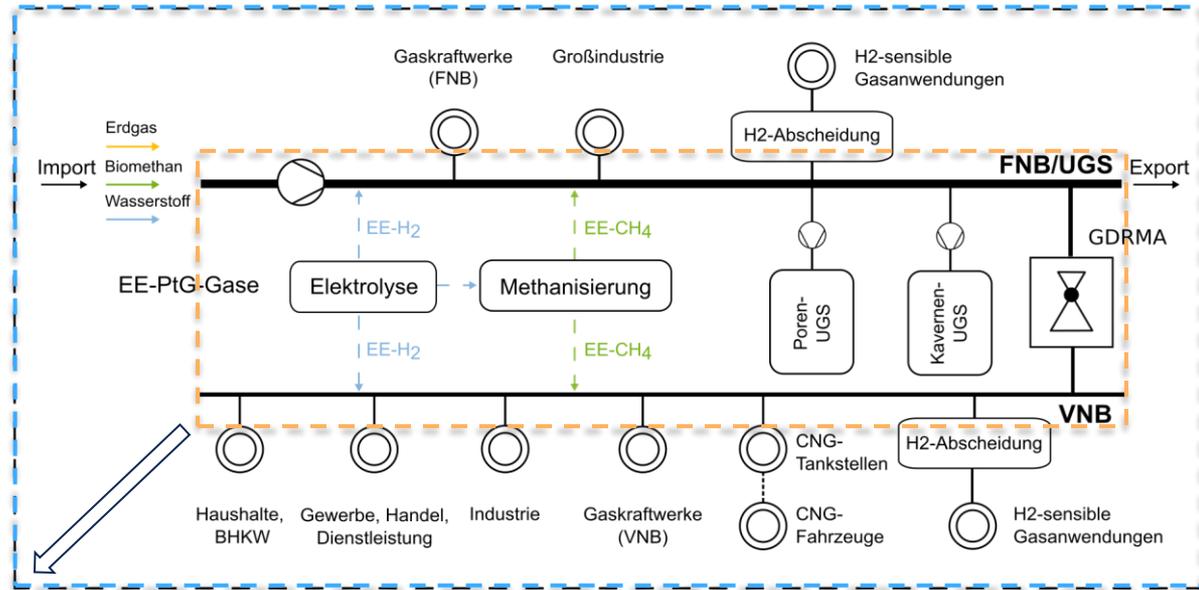
Transformationspfademodell

Systemgrenzen und Bestandteile

Berücksichtigt werden

- **Mengen-Alters-Gerüst** der Gasinfrastruktur und Gasanwendungen
- **Techno-ökonomische Parameter** (Kosten, Nutzungsdauern, ...)
- **Wasserstoffstoff-Verträglichkeit** basierend auf H₂-Kompendien

→ Mengen-Kosten-Gerüst



Systemgrenze Transformationspfademodell

Systemgrenze Vorgängerprojekt

Mengen-Kosten-Gerüst

von Gasinfrastruktur und -anwendungen enthält alle für die H₂-Transformation relevanten Assets

Block 1 „Gasinfrastruktur“ (FNB/UGS, VNB)

- Leitungen
- Armaturen
- Verdichter
- Gas-Druckregel- und -Messanlagen

Block 2 „Untergrundgasspeicher“ (inkl. OTA)

- Kavernenspeicher
- Porenspeicher

Block 3 „Gasanwendungen“ (FNB, VNB)

- Häusliche Gasgeräte
- Gaskraftwerke / KWK-Anlagen
- Keine Industrie

Block 4 „Gasmobilität“ (aus: h2net&engines)

- CNG-Fahrzeuge
- CNG-Tankstellen

Für jeden Block wurden folgende Informationen ermittelt:

- u.a. Leitungslänge (VNB, FNB, nach Material und Druckstufe), Anzahl Armaturen, Anzahl GDR(M)A, Anzahl häusliche Gasgeräte, ...
- Altersstruktur basierend u.a. auf DVGW GaWaS
- Technische und regulatorische Nutzungsdauer
- Aktuelle H₂-Verträglichkeit
- Kosten für Anpassungsmaßnahmen und Erneuerung

Folgende Aspekte werden in der Modellierung berücksichtigt:

Reguläre Erneuerung / Ersatzinvestitionen

- Altersstruktur der Betriebsmittel (Baujahr) + technische Nutzungsdauer bestimmen den regulären Erneuerungszeitpunkt
- Keine explizite Anpassung der Gasinfrastruktur für höhere Wasserstoffanteile, aber, wenn möglich, Einsatz von wasserstofftauglichen Komponenten

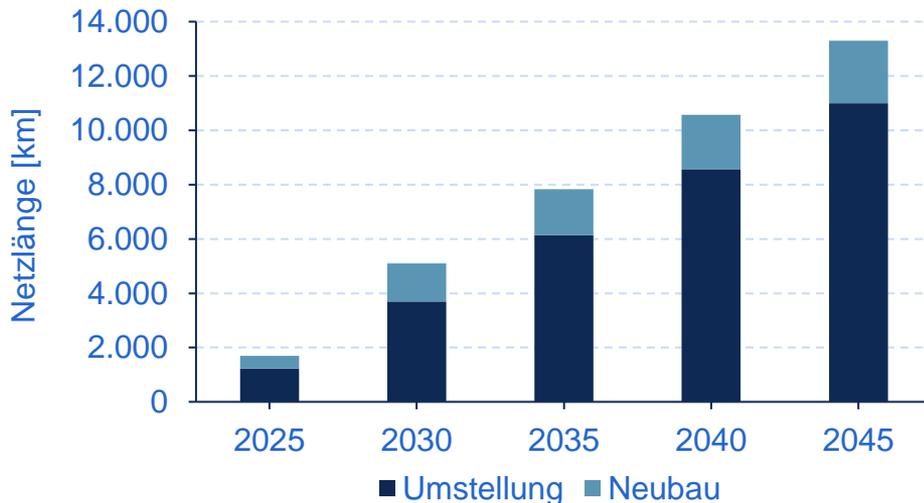
Außerplanmäßige Anpassungsmaßnahmen / Ersatzinvestitionen (zur Erhöhung der H₂-Verträglichkeit)

- Anpassungsbedarf wird bestimmt durch die aktuelle H₂-Verträglichkeit der Betriebsmittel und die erforderlichen H₂-Konzentrationen zur Erreichung der Klimaziele
- Investitionskosten fallen an infolge vorzeitiger Ersatzmaßnahmen zur Erhöhung der H₂-Verträglichkeit (Ersatz vor Ende der Abschreibungs-/Nutzungsdauer)

Szenarien

➤ Szenario FNB/UGS: Aufbau eines separaten Wasserstoffnetzes

- H₂-Netz basierend auf Veröffentlichungen des FNB Gas e.V.¹
- Netzlänge: 13.300 km auf Haupttransportnetzebene
 - ca. 83 % Umstellung und ca. 17 % Neubau



¹ <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz/>*

* Annahmen:

Werte für 2030: H₂-Netz 2030 nach FNB Gas

Werte für 2045: H₂-Netz 2050 nach FNB Gas

Werte für 2034, 2040: linear interpoliert

Werte für 2025: 1/3 der Werte für 2030

Szenarien für die Transformationspfade

Generelle Randbedingungen, Netzebene VNB

- **VNB-Szenario 1-4:** Festlegung von Zielwerten der H₂-Verträglichkeit
- Anpassung der H₂-Verträglichkeit erfolgt für die gesamten Verteilnetze (keine teilnetzspezifischen Unterschiede)

VNB	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
2021	10 Vol.-%	10 Vol.-%	10 Vol.-%	10 Vol.-%
2030	20 Vol.-%	20 Vol.-%	20 Vol.-%	
2035		30 Vol.-%		100 Vol.-%
2040				
2045			100 Vol.-%	

Szenarien für die Transformationspfade

Generelle Randbedingungen, Netzebene VNB

- **VNB-Szenario 5:** Festlegung des Verteilnetz-Anteils, welcher zu Stützjahren eine max. H₂-Verträglichkeit von 10, 20 bzw. 100 Vol.-% aufweisen muss
- Anpassung der H₂-Verträglichkeit der Verteilnetze erfolgt teilnetzspezifisch*

VNB	Anteil VNB mit max. 10 Vol.-% H ₂ -Tol.	Anteil VNB mit max. 20 Vol.-% H ₂ -Tol.	Anteil VNB mit 100 Vol.-% H ₂ -Tol.
2021	100 %	0 %	0 %
2030	50 %	30 %	20 %
2035	30 %	40 %	30 %
2040	10 %	50 %	40 %
2045	5 %	15 %	80 %

* Teilnetz: definierter Anteil am Gesamtnetz, keine regionalisierte Betrachtung

Ergebnisse

➤ **Modellierungsergebnisse der Szenarien:**

- Anpassungsbedarf zur Erhöhung der H₂-Verträglichkeit
- Gesamtinvestitionskosten infolge regulärer und außerplanmäßiger Erneuerung
- Mehrinvestitionen ggü. ausschließlich regulären Erneuerung (Benchmark-Szenario)

Ergebnisse der Transformationspfade

Netzebene FNB/UGS

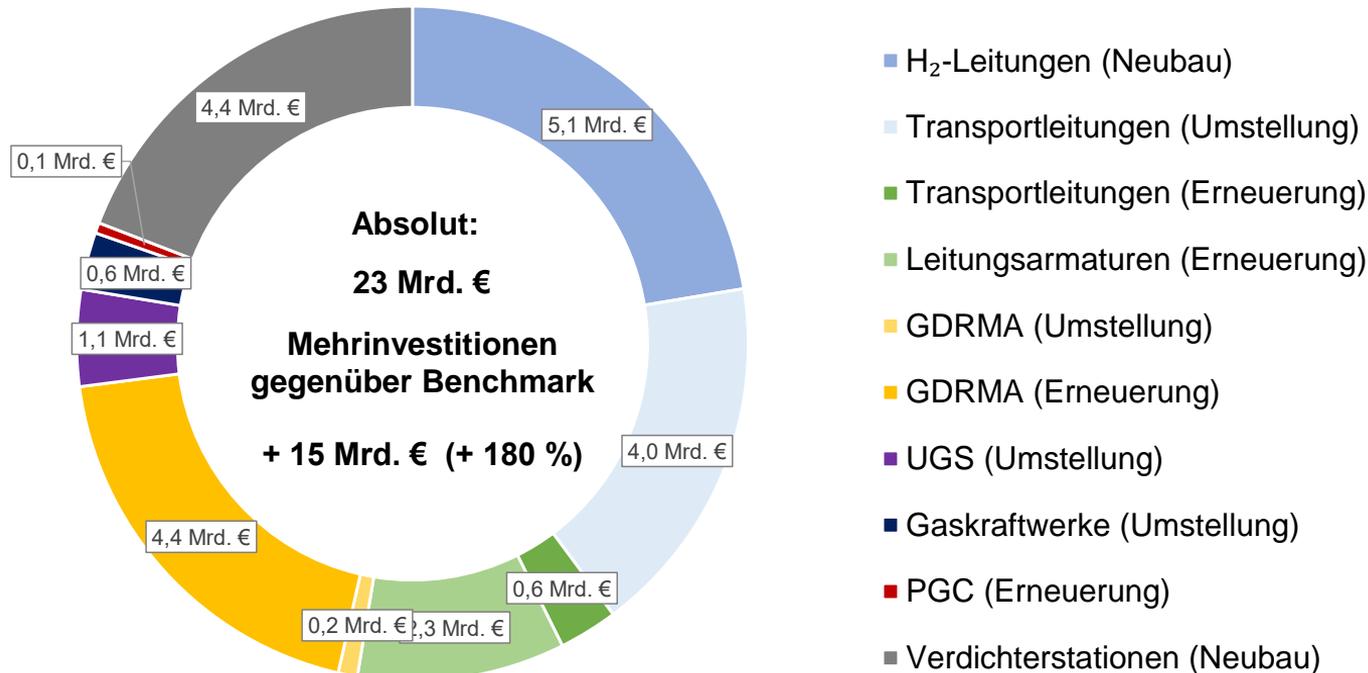
- **Szenario FNB/UGS:** Aufbau eines Wasserstoffnetzes (13.300 km)
 - Best Case hinsichtlich der Wasserstoffeignung der Assets

FNB/UGS	2021-2030	2031-2040	2041-2045	Gesamt
Anteil Transportnetz H₂-ready	11 %	26 %	33 %	2021 – 2045
Benchmark (reguläre Erneuerung)	3 Mrd. €	3 Mrd. €	2 Mrd. €	8 Mrd. €
Transformation (reguläre Erneuerung & Umstellung auf H ₂)	10 Mrd. €	9 Mrd. €	4 Mrd. €	23 Mrd. €
Mehrinvestitionen	7 Mrd. €	6 Mrd. €	2 Mrd. €	15 Mrd. €

Ergebnisse der Transformationspfade

Aufbau H₂-Netz + Anpassungen in der Netzebene FNB/UGS

Zusammensetzung der Gesamtinvestitionen (2021-2045) – Transformation FNB/UGS



► Best Case hinsichtlich der Wasserstoffeignung der Assets

Ergebnisse der Transformationspfade

Netzebene VNB (inkl. der jeweiligen Gasanwendung) für **Szenario 3**

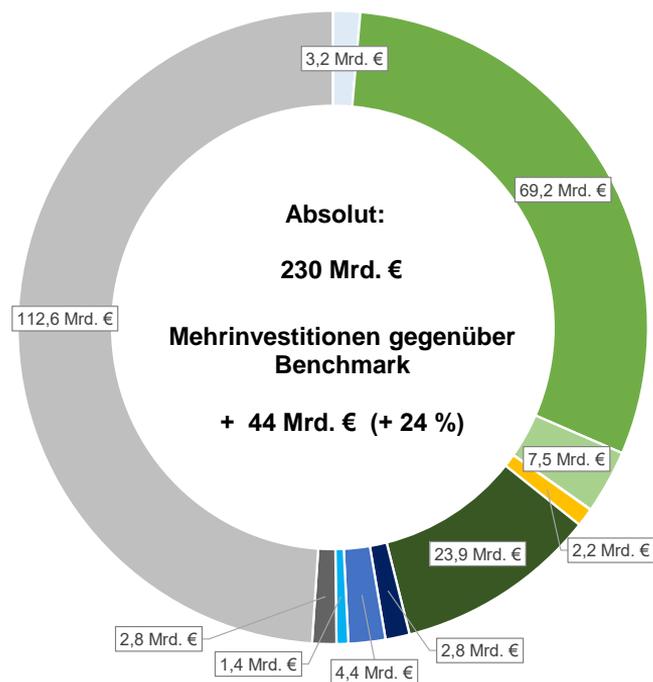
- **VNB-Szenario 3:** Transformation auf 10, 20 und 100 Vol.-% H₂-Verträglichkeit
 - Best Case hinsichtlich der Wasserstoffeignung der Assets

VNB-Szenario 3: Ertüchtigung auf ...	10 Vol.-% H ₂ -Tol. 2021	20 Vol.-% H ₂ -Tol. 2022-2030	100 Vol.-% H ₂ -Tol. 2031-2045	Gesamt 2021 - 2045
Benchmark (reguläre Erneuerung)	10 Mrd. €	50 Mrd. €	126 Mrd. €	186 Mrd. €
Transformation (reguläre Erneuerung & Ertüchtigung hinsichtlich H ₂)	28 Mrd. €	51 Mrd. €	151 Mrd. €	230 Mrd. €
Mehrinvestitionen	18 Mrd. €	1 Mrd. €	25 Mrd. €	44 Mrd. €

Ergebnisse der Transformationspfade

Netzebene VNB (inkl. der jeweiligen Gasanwendung) für Szenario 3

Zusammensetzung der Gesamtinvestitionen (2021-2045) – Transformation VNB-Szenario 3



- Verteilnetzleitung Stahl >16 bar (Umstellung)
- Verteilnetzleitung (Erneuerung)
- Leitungsarmaturen (Erneuerung)
- PGC (Erneuerung)
- GDR(M)A (Erneuerung)
- Hausanschluss (Erneuerung)
- Gaskraftwerke (Anpassung)
- KWK-Anlagen (Anpassung)
- CNG-Fahrzeuge (Anpassung)
- CNG-Tankstellen (Anpassung)
- Gasgeräte (Erneuerung)

Maßnahmenübersicht

10 Vol.-% H₂-Tol.

- Erneuerung Leitungen (GGG)
- Anpassung Gaskraftwerke
- PGC

20 Vol.-% H₂-Tol.

- Messtechnik
- Anpassung CNG-Tankstellen/
CNG-Fahrzeuge
- Anpassung KWK

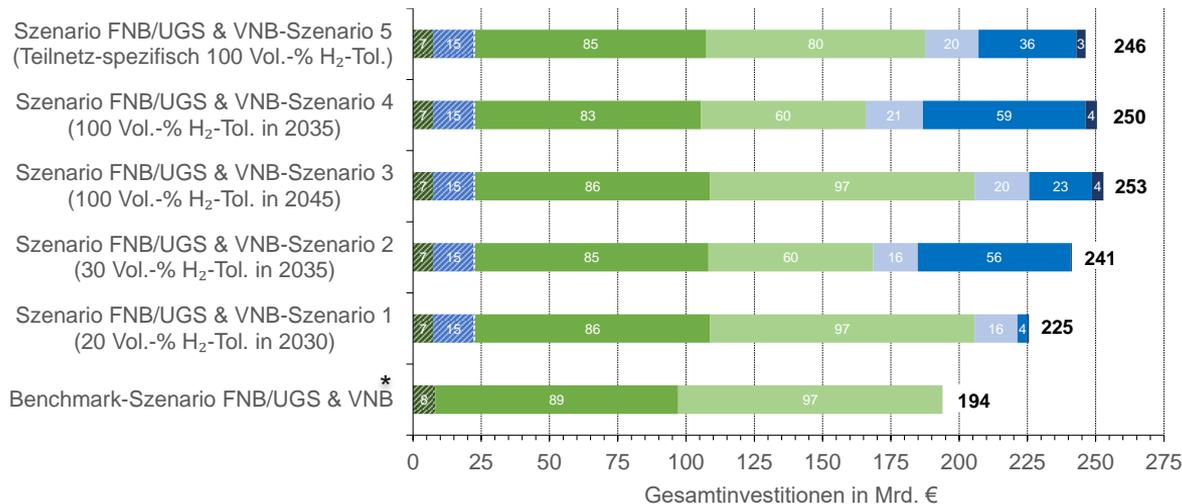
100 Vol.-% H₂-Tol.

- Umstellung Stahl-HD
- Anpassung GDRMA
- Erneuerung häusliche
Gasanwendungen und
Messtechnik
- Anpassung KWK
- Anpassung CNG-Tankstellen/
CNG-Fahrzeuge

► Best Case hinsichtlich der Wasserstoffeignung der Assets

Ergebnisse der Transformationspfade

Zusammenführung und Vergleich der Szenarien (FNB + VNB S1 ... S5)



- Gasinfrastruktur FNB/UGS: reguläre Erneuerung
- Gasinfrastruktur FNB/UGS: außerplanmäßige Erneuerung & Aufbau H₂-Netz
- Gasanwendungen FNB: außerplanmäßige Erneuerung
- Gasinfrastruktur VNB: reguläre Erneuerung
- Gasanwendungen VNB: reguläre Erneuerung
- Gasinfrastruktur VNB: außerplanmäßige Erneuerung
- Gasanwendungen VNB: außerplanmäßige Erneuerung
- Gasmobilität VNB: außerplanmäßige Erneuerung

* Benchmark: hier werden kein H₂-Netz aufgebaut oder Netze für H₂ angepasst

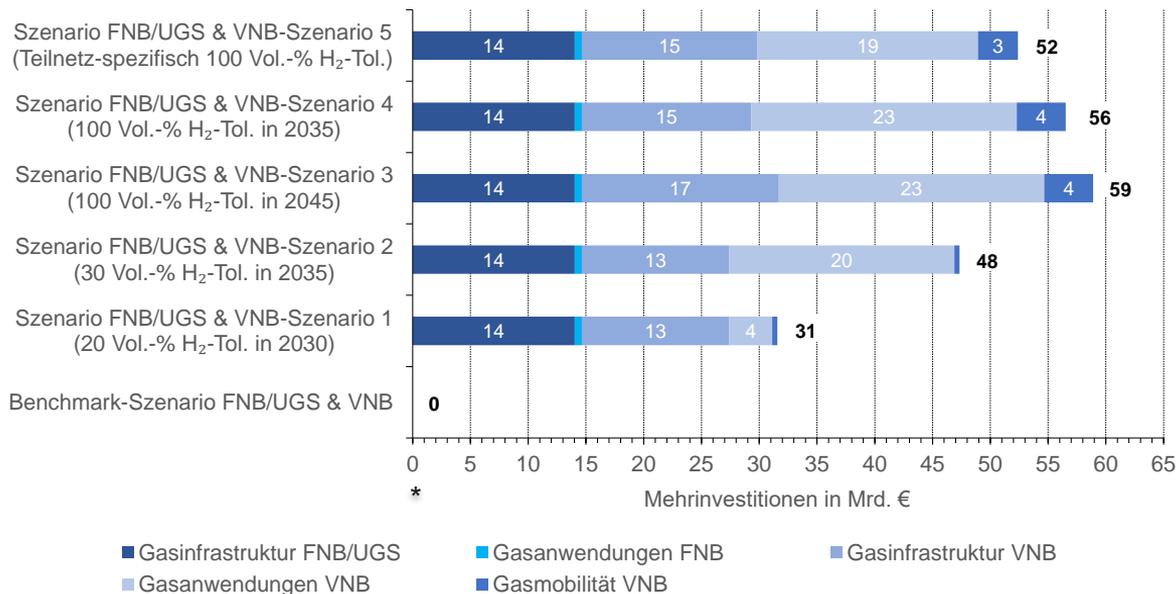
Szenarienvergleich: Gesamtinvestitionen (2021-2045)

Fazit

- Höhe der Gesamtinvestitionen variabel in Abhängigkeit von:
 - angestrebter H₂-Verträglichkeit,
 - Anzahl der Stufen und
 - Anpassungszeitpunkt
- Der Unterschied zwischen 30 und 100 Vol.-% H₂ in den Transformationskosten ist gering

Ergebnisse der Transformationspfade

Zusammenführung und Vergleich der Szenarien (FNB + VNB S1 ... S5)



Szenarienvergleich: Mehrinvestitionen (2021-2045)

Fazit

- Höhe der Mehrinvestitionen variabel in Abhängigkeit von:
 - angestrebter H₂-Verträglichkeit,
 - Anzahl der Stufen und
 - Anpassungszeitpunkt
- Der Unterschied zwischen 30 und 100 Vol.-% H₂ in den Transformationskosten ist gering

* Benchmark: hier werden kein H₂-Netz aufgebaut oder Netze für H₂ angepasst

Fazit & Ausblick

- Im Rahmen des Projekts **Roadmap Gas 2050** haben wir Transformationspfade für die deutsche Gasinfrastruktur – inkl. Gasanwendungen – ermittelt, zur Integration von Wasserstoff und Methan-Wasserstoff-Gemischen
- Dazu haben wir verschiedene H₂-Hochlauf-Szenarien betrachtet, sowie den Aufbau eines H₂-Netzes auf FNB-Ebene
- Die **Mehrinvestitionen** für Aufbau von H₂-Netzen und die Anpassung der Gasinfrastruktur für H₂ (inkl. Anwendungen) liegen - gegenüber regulärer Erneuerung:
 - **FNB/UGS bei ca. 180 % (bedingt v. A. durch Neubau)**
 - **VNB zwischen 9 und 24 %, je nach Szenario**
- Für die Transformation der gesamten Gasinfrastruktur inkl. Gasanwendungen liegen die Mehrinvestitionen zwischen 16 und 30 % - im Vergleich zur regulären Erneuerung
- Der größte Anpassungsbedarf liegt im Bereich der Gasanwendungen bei der Umstellung auf 30 ... 100 Vol.-% H₂

- Zu berücksichtigen sind für das Gesamtsystem – ergänzend zur Anpassung der Gasinfrastruktur - auch die Entwicklungen der Energiekosten
 - diese liegen für Wasserstoff tendenziell unter denen von Methan
 - die Optimierung des Gesamtsystems ist eine Aufgabe für das Energiesystemmodell
- Neben den Fragestellungen der Wasserstoffeignung hinsichtlich Material und Funktion sind auch kapazitive und strömungstechnische Aspekte im Rahmen der Netzplanungen für die Transformation elementar
 - Weitere Themen sind Netzstrukturen und –betrieb (z.B. Abrechnung bei Beimischung)
 - Diese werden teilweise in TP 2.4 / Roadmap Gas 2050 bearbeitet.
- Wichtig sind daher in jedem Fall die frühe Berücksichtigung von Wasserstoff in den aktuellen Planungen und der frühzeitige Einsatz von wasserstofftauglichen Komponenten im Rahmen der regulären Erneuerung
- Die Ergebnisse des Projekts sind als Deliverable 2.3 veröffentlicht

Vielen Dank.

Jonas Sperlich
DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH
jonas.sperlich@dbi-gruppe.de
+49 341 2457 156