

Jetzt  
kaufen auf  
[shop.wvgw.de](http://shop.wvgw.de)

Als Print oder  
PDF-Download

Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e.V.



• [www.dvgw-forschung.de](http://www.dvgw-forschung.de)

# Roadmap Gas 2050 Datengrundlagen und Rahmenbedingun- gen von gasbasierten Szenarien für die Energieversorgung in Deutschland

## Deliverable D 4.1

**Prof. Dr. Martin Wietschel, Dr. Till Gnann, Thomas Haupt, Dr. Tobias Fleiter,  
Benjamin Lux, Pia Manz, Dr. Benjamin Pfluger, Matthias Rehfeldt,  
Dr. Jakob Wachsmuth, Daniel Speth, Dr. Jan Steinbach,  
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe**  
**Wolfgang Köppel**  
DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT, Karlsruhe



**Herausgeber**

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.

Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1–3

53123 Bonn

T +49 228 91885

F +49 228 9188990

info@dvwg.de

[www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

**Roadmap Gas 2050**  
**Datengrundlagen und Rahmenbedin-**  
**gungen von gasbasierten Szenarien für**  
**die**

**Deliverable D 4.1**

September 2021

DVGW-Förderkennzeichen G 201824



## Zusammenfassung

Deliverable 4.1 „Datengrundlagen und Rahmenbedingungen von gasbasierten Szenarien für die Energieversorgung in Deutschland“ wurde im Rahmen von TP 4 „Systemische Betrachtung“ des DVGW-Projekts *Roadmap Gas (RMG) 2050* erarbeitet. Ziel des Vorhabens RMG 2050 ist die Entwicklung eines ganzheitlichen, zahlenbasierten Konzeptes zur Bereitstellung von klimaneutralen Gasen, zur Nutzung der Gasinfrastruktur für die Integration der Gase und zur Anpassung von Gasverwendungstechnologien. Das Projekt ist in zwei Phasen aufgeteilt. In Phase I werden Grundlagen erarbeitet, die in Phase II nach einer Justierung bzw. Anpassung an neue Erkenntnisse zur technischen und monetären Analyse herangezogen werden. Ferner werden in Phase II neue politischen Vorgaben mit aufgenommen. Dieser Bericht fasst Datengrundlagen und Rahmenbedingungen für die Energiesystemanalyse in Phase I zusammen.

Als Ergebnisse in TP 4 sollen ein realitätsnaher Transformationspfad sowie eine Strategie für die Einführung von EE-Gasen abgeleitet werden. Die in den Teilprojekten 1 bis 3 erarbeiteten Ergebnisse zur Erzeugung, Transport und Nutzung von EE-Gasen werden in das Energiesystemmodell von TP 4 als Datenbasis, Restriktionen, Potentiale bzw. zur Parametrierung eingebunden. Im ersten Projektjahr wurden z. B. die EE-Gas-Potentiale aus TP 1 sowie deren Regionalisierung aus TP 2, technische Daten von Gasnutzern aus TP 3 und Wärmenetzpotentiale aus TP 2 in TP 4 eingefügt.

In Deliverable 4.1 ist im Rahmen der Phase I erstellt worden und stellt zwei Leitplankenszenarien, die verwendeten Modelle und die Datenbasis vor. Im weiteren Verlauf von Phase I werden die Leitplankenszenarien mit den Systemmodellen simuliert (nicht Teil dieses Deliverables). Die Ergebnisse dienen als Ausgangspunkt für eine Verfeinerung/Justierung in Phase II.

In Deliverable 4.1 werden zunächst Szenarien aus relevanten Studien vorgestellt und vergleichend diskutiert. Bezüglich der erwarteten Gasnachfrage ergibt sich ein sehr inhomogenes Bild für Deutschland mit einer großen Bandbreite von stark sinkender Gasnachfrage bis hin zu ungefähr konstanter Nachfrage im Vergleich zu heute. In allen ausgewerteten Szenarien zeigt sich jedoch eine insgesamt deutlich sinkende Gasnachfrage für Gebäudewärme von mindestens 50 % bis zum Jahr 2050. Die Gasinfrastrukturen werden dabei nicht detailliert betrachtet. Der Brennstoff- und Treibstoffmix im Jahr 2050 wird in den ausgewerteten Szenarien neben Strom größtenteils von synthetischem Methan, aber vor allem durch Power-to-Liquid (PtL) dominiert. In den aktuelleren Studien und der darin beschriebenen Szenarien kommt es auch zu einer stärkeren Nutzung von Wasserstoff. Ein Wasserstoffscenario wird für Phase II vorgeschlagen, da die für eine Transformation der Erdgaswelt in eine Wasserstoffwelt notwendigen Daten in Phase I noch nicht in ausreichender technischer Tiefe zur Verfügung stehen. Die für die systemische Analyse benötigte Datentiefe für eine Transformation der Erdgaswelt in eine Wasserstoffwelt wird in TP 2 und TP 3 erarbeitet und steht voraussichtlich erst Mitte Phase II zur Verfügung.

Im Anschluss werden die Modelle für die Energienachfragen der Sektoren sowie das Modell zur Modellierung der Energieangebotsseite, die in diesem Projekt zur Energiesystemanalyse eingesetzt werden, beschrieben und die wichtigsten Datenquellen präsentiert. Ebenfalls wird das Vorgehen zur Regionalisierung der Nachfrage behandelt.

Im letzten Kapitel werden die beiden ausgewählten Leitplankenszenarien vorgestellt, die mit dem Lenkungs-, dem Steuerungskreis und weiteren Gremien des DVGW (z.B. PA ORG) entwickelt wurden. Die Prämisse der Szenarien ist die Einhaltung von mindestens 95 % Treibhausgas (THG)-Minderung als Mittelwert über alle Sektoren und somit die faktische Treibhausgasneutralität im Jahr 2050. 95% wird hier mit faktischer "THG-Neutralität" gleichgesetzt, weil letztlich die THG-Gesamtbilanz über alle Sektoren gebildet wird. Die Industrie und die Landwirtschaft wird nach heutigem Wissenstand verbleibende Emissionen aufweisen. LULUCF (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft) werden dagegen potentiell negative generieren, die die Industrie und Landwirtschaft zumindest zum Teil ausgleichen.

Ferner sollten die Leitplankenszenarien einen Maximalbereich abdecken, um aus einem technisch tief diskutierten vergleichbarem Szenariorahmen die Ausgestaltung von Szenarien in Phase II vornehmen zu können. Daher wurden ein Strom- und ein EE-Gas+H<sub>2</sub>-Szenario als Leitplankenszenarien ausgewählt:

- **Strom-Szenario:** In diesem Szenario wird die Defossilisierung maßgeblich durch eine umfangreiche direkte Elektrifizierung von Energieanwendungen vorangetrieben. Der Einsatz von PtX-Technologien wird auf die Bereiche beschränkt, in denen eine direkte Elektrifizierung technisch nicht möglich oder sehr teuer ist.
- **EE-Gas+H<sub>2</sub>-Szenario:** In diesem Szenario spielen synthetische Kohlenwasserstoffe, insbesondere synthetisches Methan, in allen Energiesektoren eine große Rolle. Wasserstoff wird linear bis 2035 von 0 Vol.-% Zumischung auf die maximale Zumischung von 20 Vol.-% in der Gasversorgung erhöht (ab 2035 wird die Wasserstoffzumischung konstant gehalten). Zusätzlich wird reiner Wasserstoff für die Ammoniakherstellung und die Stahlerzeugung verwendet und als Option im Mobilitätssektor angeboten.

In beiden Leitplankenszenarien wurde die Einbindung von Wasserstoff auf Basis politischer Beschlüsse beachtet.

Einen wesentlichen Unterschied zwischen den beiden Leitplankenszenarien stellt die Deckung der Wärmenachfrage in Gebäuden dar. Als Haupteinflussfaktor für die Wärmenachfrage in Gebäuden ist die Sanierungsrate in Kombination mit der Sanierungstiefen zu nennen. Um die Auswirkung unterschiedlicher Sanierungsraten auf die beiden Leitplankenszenarien zu untersuchen, wird eine Sensitivitätsanalyse mit den Vollsanierungsraten 0,8 %/a, 1,4 %/a und 2 %/a festgelegt.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Auswertung bestehender Szenarien zur Gasnachfrage .....	2
2.1	Studienprofile .....	3
2.1.1	BDI-Klimapfade für Deutschland („BDI 2018“) .....	3
2.1.2	BMU-Klimaschutzszenario 2050 („Öko/ISI 2015“).....	3
2.1.3	dena-Leitstudie Integrierte Energiewende („dena 2018“) .....	3
2.1.4	Netzentwicklungsplan Gas („NEP Gas 2020“).....	4
2.1.5	BMWi Langfristszenarien („LFS 2017/LFS 2020“).....	4
2.2	Studienvergleich .....	4
2.2.1	Rahmenannahmen .....	4
2.2.2	Entwicklung der Gas-Endenergienachfrage .....	7
2.2.3	Langfristige Substitution von Erdgas durch Alternativen .....	8
2.3	Zusammenfassung.....	10
3	Modellbeschreibung und Datengrundlage für die Modellierung in TP 4.....	11
3.1	Einführung .....	11
3.2	Modellierung der Energienachfrage in den Sektoren.....	12
3.2.1	Verkehrssektor.....	12
3.2.1.1	Modellsteckbrief ALADIN .....	12
3.2.1.2	Einführung .....	13
3.2.1.3	Modellierung des Markthochlaufs konventioneller und alternativer Antriebe für Pkw.....	13
3.2.1.4	Modellierung des Markthochlaufs alternativer Antriebe für Nutzfahrzeuge.....	15
3.2.1.5	Modellierung des Markthochlaufs alternativer Antriebe für weitere Verkehrsträger .....	17
3.2.1.6	Regionalisierung im Verkehr .....	18
3.2.1.7	Erweiterungen des Modells innerhalb von Roadmap Gas 2050 .....	19
3.2.2	Sektoren Industrie und Gewerbe-Handel-Dienstleistungen.....	19
3.2.2.1	Modellsteckbrief FORECAST .....	19
3.2.2.2	Einführung .....	20
3.2.2.3	Allgemeine Modellbeschreibung.....	21
3.2.2.4	Details zu im Projekt besonders relevanter Mechaniken .....	22
3.2.2.5	Auswahl Datengrundlage .....	23
3.2.2.6	Erweiterungen des Modells innerhalb von Roadmap Gas 2050 .....	23
3.2.3	FORECAST-Regional: Regionale Nachfrage Industrie, GHD und Haushalte .....	25
3.2.4	Wärmesektor .....	29
3.2.4.1	Modellsteckbrief Invert .....	29
3.2.4.2	INVERT/ee-Lab Modellbeschreibung und INVERT-Agents .....	30
3.2.4.3	Gebäudetypologische Abbildung von Referenzgebäuden und Wärmeversorgungstechnologien .....	31
3.2.4.4	Weiterführende Informationen .....	34
3.2.4.5	Exkurs: Sanierungsrate und Sanierungstiefe.....	34
3.2.4.6	Erweiterungen des Modells innerhalb von Roadmap Gas 2050 .....	37
3.2.5	FORECAST-Regional: Regionale Nachfrage Wärme.....	37

3.3	Modellierung Energieversorgung.....	39
3.3.1	Enertile: Energieversorgungssystem.....	39
3.3.1.1	Modellsteckbrief Enertile .....	39
3.3.1.2	Einführung .....	40
3.3.1.3	Allgemeine Modellbeschreibung.....	40
3.3.1.4	Potenziale von Erneuerbaren Energien.....	42
3.3.1.5	Abbildung der Strom- und Gasnetze in der Systemoptimierung .....	43
3.3.1.6	Abbildung der Gaserzeugung aus erneuerbaren Quellen.....	44
3.3.1.7	Abbildung von Wärmenetzen .....	45
3.3.1.8	Auswahl Datengrundlagen .....	46
3.3.1.9	Erweiterungen des Modells innerhalb von Roadmap Gas 2050 .....	46
4	Beschreibung Leitplankenszenarien.....	47
4.1	Grundkonzept der Leitplankenszenarien .....	47
4.2	Exkurs Szenario .....	49
4.3	Ausrichtung der Leitplankenszenarien.....	49
4.4	Integration von Politikinstrumenten .....	50
4.5	Übergeordnete Rahmenannahmen in allen Szenarien .....	51
4.5.1	Bevölkerungsentwicklung .....	51
4.5.2	Wirtschaftliche Entwicklung.....	52
4.5.3	Entwicklung fossiler Brennstoffpreise.....	52
4.6	Produktion grüner Gase in Deutschland.....	55
4.7	Power to X (PtX)-Routen.....	56
4.8	Diskussion weiterer Aspekte .....	57
4.8.1	Geographische Auflösung und Abdeckung der eingesetzten Modelle .....	57
4.8.2	Berücksichtigung von Netzengpässen .....	58
4.8.3	Berücksichtigung von Brennstoffwechsel .....	58
4.8.4	Berücksichtigung von Importen nach Deutschland und in die EU .....	58
4.8.5	Verfügbarkeit von CO <sub>2</sub> -Abscheidung und Speicherung (CCS) als Defossilisierungsoption .....	59
4.8.6	Vorläufige grobe Abschätzung des Gasbedarfs in den Szenarien.....	59
5	Literaturverzeichnis.....	61
6	Abbildungsverzeichnis .....	67
7	Tabellenverzeichnis .....	69