Metastudie bestehender Szenarioanalysen zu Mengen- und Kostenerwartungen erneuerbarer und dekarbonisierter Gase im Rahmen des Gemeinschaftsprojekts „Wege zu einem resilienten und klimaneutralen Energiesystem – Transformationspfad für die neuen Gase“

Erstellt im Auftrag von BDEW, DVGW und Zukunft Gas

Im Rahmen der Metastudie wurden folgende Studien ausgewertet:

- dena, EWI, FIW, ITG, JUB, SUER, WI: dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“, 2021
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut: Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende, 2021
- DLR-FK, DLR-VE, DLR-VF, Fhg-IEG, Fhg-ISE, Fhg-ISI, Hereon, IER, MCC, PIK, RWI: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045, 2021
- Frontier Economics Limited: Verfügbarkeit und Kostenvergleich von Wasserstoff – Merit Order für klimafreundliche Gase in 2030 und 2045, 2022
- ENGIE: Geographical Analysis of biomethane potential and costs in 2050, 2021
- Guidehouse Netherlands B.V.: Biomethane production potentials in the EU – Feasibility of REPowerEU 2030 targets, production potentials in the Member States and outlook to 2050, 2022
- Guidehouse Netherlands B.V.: Market state and trends in renewable and low-carbon gases in Europe – A Gas for Climate Report, 2020
- European Hydrogen Backbone (Anthony Wang et al.): Analysing future demand, supply, and transport of hydrogen, 2021
- Deloitte Finances SAS, IFP Energie Nouvelles, SINTEF Energie AS: Hydrogen4EU – Charting pathways to enable net zero – Hydrogen for Europe Study, 2021
- Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln: Estimating Long-Term Global Supply Costs for Low-Carbon Hydrogen, sowie Global H2 Cost Tool v3, 2021

Abschlussdokument

Berlin, 27. April 2023

Disclaimer

Eigentumsrechte

Dieses Dokument wurde von der Team Consult G.P.E. GmbH (Team Consult) für die Verbände BDEW, DVGW und Zukunft Gas erstellt. Es stellt in seiner Gesamtheit geistiges Eigentum von Team Consult dar und ist daher urheberrechtlich geschützt.

Hinweis

Die in diesem Bericht dargelegten Daten zu Nachfrage-, Mengen- und Kostenerwartungen für die Stützjahre 2030 und 2045 für erneuerbare und dekarbonisierte Gase („e/d-Gase“) sind den jeweils nachfolgend benannten Studien (z.B. dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“, Prognos-Studie „Klimaneutrales Deutschland“ etc.) entnommen. Die Daten sind im Kontext der in der jeweiligen Studie getroffenen Annahmen und definierten Randbedingungen einzuordnen.

Agenda

1. Bedarfe erneuerbarer und dekarbonisierter Gase
2. Aufkommen und Kosten erneuerbarer und dekarbonisierter Gase
3. Fazit und Zusammenfassung

Agenda

1 Bedarfe erneuerbarer und dekarbonisierter Gase

a. Berücksichtigte Studien

b. Endenergieverbrauch – Spannbreite

c. Erneuerbare/dekarbonisierte Gase gesamt – Spannbreite

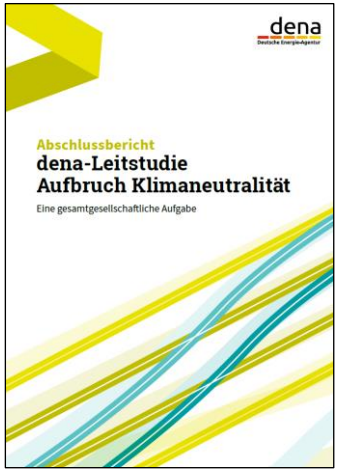
d. Erneuerbare/dekarbonisierte Gase in Sektoren und Anwendungen – Spannbreite

e. Vergleich der Energieeinsparungen der Studien mit historischen Werten

Bedarf – berücksichtigte Studien

1a

dena 2021



Verfasser und Publikationsdatum

Dena, EWI, FIW, ITG, JUB, SUER, WI, Oktober 2021

Auftraggeber und Unterstützer

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Titel

Dena-Leitstudie – Aufbruch Klimaneutralität

Relevante Inhalte

- Stützjahre 2030 und 2045 enthalten
- Alle Sektoren enthalten und weitgehende Detaillierung der Subsektoren vorhanden
- Umfangreicher Datenanhang mit gut dokumentierten Annahmen vorhanden

Bemerkungen/Besonderheiten

Klimaneutralitätsstudie mit technologieoffenem Ansatz und breiter Beteiligung unterschiedlichster Stakeholder

Bedarf – berücksichtigte Studien

1a

Prognos 2021

Verfasser und Publikationsdatum

Prognos AG, Öko-Institut e.V., Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Juni 2021

Auftraggeber und Unterstützer

Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende

Titel

Klimaneutrales Deutschland 2045

Relevante Inhalte

- Stützjahre 2030 und 2045 enthalten
- Alle Sektoren enthalten aber geringere Detaillierung im Hinblick auf die Subsektoren
- Umfangreicher Datenanhang inklusive wesentlichen Annahmen vorhanden

Bemerkungen/Besonderheiten

Klimaneutralitätsstudie, die im Ergebnis eine eher höhere Elektrifizierung ausweist

Bedarf – berücksichtigte Studien

1a

Ariadne 2021

Verfasser und Publikationsdatum

DLR-FK, DLR-VE, DLR-VF, Fhg-IEE. Fhg-IEG, Fhg-ISE, Fhg-ISI, Hereon, IER, MCC, PIK, PSI,RWI, Oktober 2021

Auftraggeber und Unterstützer

Kopernikus Projekte, Bundesministerium für Bildung und Forschung

Titel

Deutschland auf den Weg zur Klimaneutralität 2045

Relevante Inhalte

- Stützjahre 2030 und 2045 enthalten
- Alle Sektoren enthalten aber geringere Detaillierung im Hinblick auf die Subsektoren
- Umfangreicher Datenanhang, Annahmen unzureichend veröffentlicht
- 9 Modelle (davon 3 Gesamtmodelle) und 6 Szenarien führen zu einer Fülle Modell-Szenario-Kombinationen

Bedarf – berücksichtigte Studien

1a

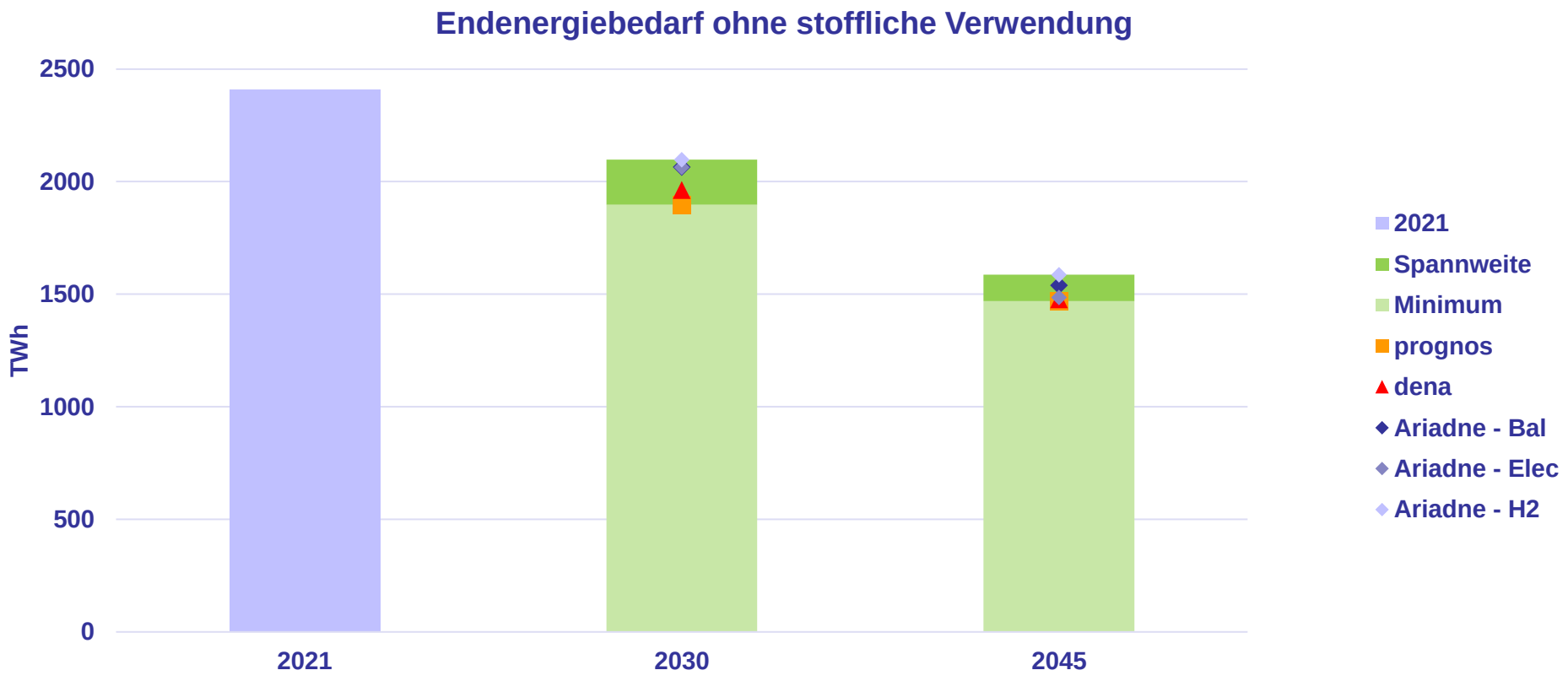
Ariadne 2021

Bemerkungen/Besonderheiten

- Für den Industriesektor wurde das Modell FORECAST betrachtet
- Für alle anderen Sektoren wurde das REMod Modell betrachtet
- Betrachtet wurden drei Szenarien:
  - Balanced: Nutzung eines gemischten Energieträgerportfolios (Wasserstoff, Elektrifizierung und synthetische Kraftstoffe) in der Endenergienutzung
  - Elektrifizierung_Import: Priorisierung der Direktelektrifizierung in den Endnutzungssektoren mit höheren Importpotenzialen für EE-basierte Energieträger inklusive Strom
  - Wasserstoff_Import: Verstärkte direkte Nutzung von Wasserstoff in Bereichen, deren direkte Elektrifizierung schwierig ist mit sehr hohen Importpotenzialen für EE-basierte Energieträger insbesondere Wasserstoff
- Stark wissenschaftszentrierte Klimaneutralitätsstudie unter Einbeziehung vieler namhaften Forschungseinrichtungen

Die ausgewählten Szenarien liegen in einem engen Korridor bezüglich des erwarteten Endenergieverbrauchs im Jahr 2045

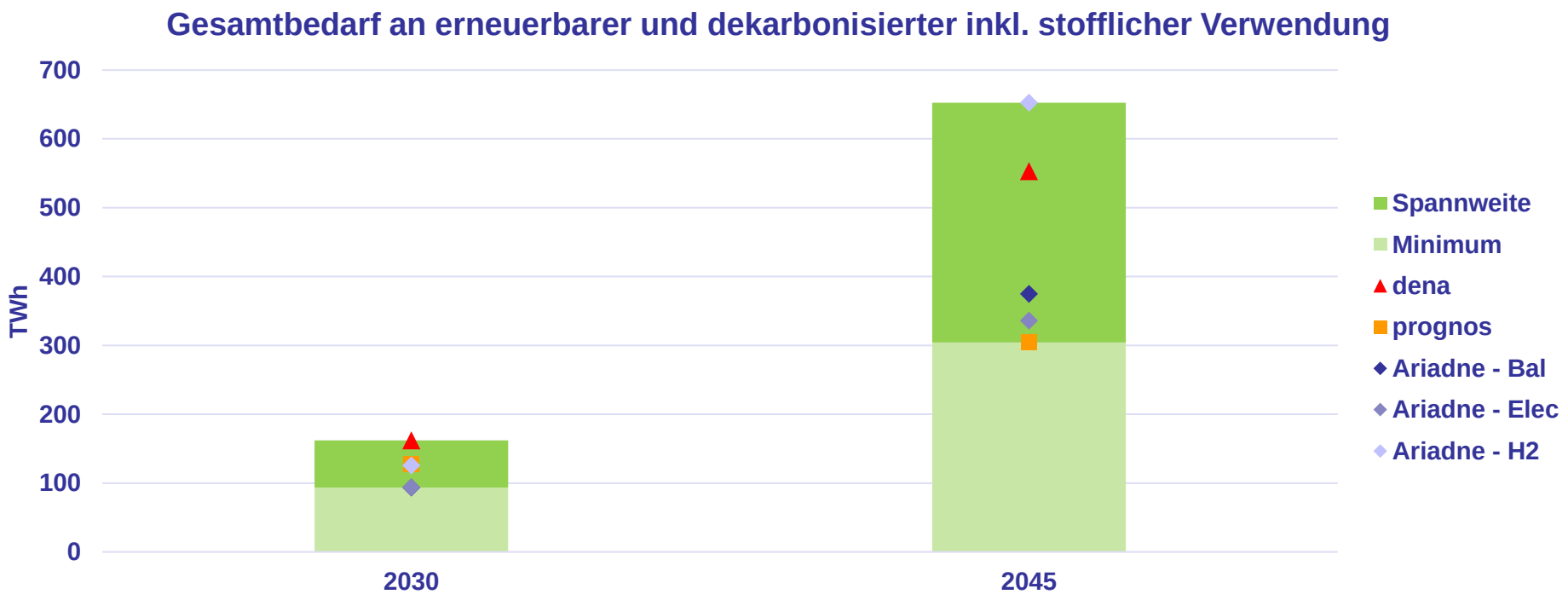
1b



Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021,AGEB, Team Consult Analyse

Die Spannbreite des Bedarfs an erneuerbaren/dekarbonisierten Gase in 2030 liegt zwischen 94 und 162 TWh und in 2045 zwischen 304 und 652 TWh

1c



Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021,AGEB, Team Consult Analyse

Hinweise zu den folgenden Folien (1/2)

1d

- Das Minimum/Maximum der Subsektoren der einzelnen Studien wird zeilenweise ermittelt (orange hinterlegte Zellen)
- Das Minimum/Maximum des Hauptsektors wird als Summe der Minima/Maxima der Subsektoren ermittelt (Spaltensumme, gelb hinterlegte Zellen) und NICHT als Minima/Maxima der Angaben für den Hauptsektor aus den einzelnen Studien (zeilenweise)
- Dadurch ergeben sich geringere Minima bzw. höhere Maxima für die Hauptsektoren als in den einzelnen Studien angegeben und damit auch eine höhere Spannbreite des Bedarfs an e/d-Gasen (z.B. könnte die Entwicklung bei Stahl verlaufen gem. dena, bei Chemie gem. Ariadne/H2_Imp)

Bedarf an Grünen Gasen - No Regret Anwendungen

	2030						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Industrie (inkl. stoffl. Verw.)	29,0	61,0	49,0	40,0	38,0	40,0	52,0
Stahl	9,0	29,0	29,0	15,0	9,0	16,0	20,0
Chemie	20,0	32,0	20,0	25,0	29,0	24,0	32,0

Min/Max der Zeilen

Minimum und Maximum der Subsektoren der einzelnen Studien

Spaltensumme

Summe der Minima und Maxima der Subsektoren der einzelnen Studien

Die Summe der Minima (Maxima) der Subsektoren als Minimum (Maximum) des übergreifenden Sektors ist dadurch kleiner (größer) als das Minimum (Maximum) des Sektors der einzelnen Studien!
(29 TWh vs. 38 TWh; 61 TWh vs. 52 TWh)

Hinweise zu den folgenden Folien (2/2)

1d

- Teilweise sind Bedarfe an e/d-Gasen in den Studien den Hauptsektoren zugeordnet, die allerdings nicht einzelnen Subsektoren zugeordnet werden können
- Das Minimum/Maximum des Hauptsektors hängt davon ab, in welchem/welchen Subsektor(en) der nicht zuordenbare Bedarf auftritt. Eine Ermittlung des Minimums/Maximums des Hauptsektors ist ohne Kenntnis der Aufteilung auf die Subsektoren nicht möglich
- Es wird daher ein konservativer Ansatz gewählt und diese nicht auf Subsektoren zuordenbaren Mengen in die Ermittlung der Minima und Maxima NICHT miteinbezogen; d.h. die Mengen des Hauptsektors werden mit diesem Ansatz unterschätzt

Bedarf an Grünen Gasen - Resilienz Anwendungen

	2030						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Verkehr	**6,5**	**9,7**	**21,7**	**4,0**	**4,5**	**4,5**	**7,5**
Straßengüterverkehr	4,4	7,5	4,4		4,5	4,5	7,5
ÖPNV	2,2	2,2	2,2				
Pkws	0,0	0,0	0				
Nicht zuordenbar			15,2				

Nicht zuordenbare Bedarfe gehen NICHT in die Berechnung der Minima und Maxima ein

Bedarf an erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen – Sektorbetrachtung Industrie 2030

1d

Bedarf an Grünen Gasen - No Regret Anwendungen

	2030						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Industrie (inkl. stoffl. Verw.)	29,0	61,0	49,0	40,0	38,0	40,0	52,0
Stahl	9,0	29,0	29,0	15,0	9,0	16,0	20,0
Chemie	20,0	32,0	20,0	25,0	29,0	24,0	32,0

Bedarf an Grünen Gasen - Resilienz Anwendungen

	2030						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Industrie (inkl. stoffl. Verw.)	0,0	18,9	18,0	0,0	2,5	0,0	14,2
Papier	0,0	1,6			0,1	0,0	1,6
Maschinenbau	0,0	0,3			0,0	0,0	0,3
Lebensmittel	0,0	2,7			0,2	0,0	2,7
Steine und Erden	0,0	5,5	5,5		0,6	0,0	4,8
Nichteisenmetalle	0,0	0,6			0,2	0,0	0,6
Automobilbau	0,0	1,1			0,0	0,0	1,1
Sonstige Industrie	0,0	7,2	7,2	0,0	1,3	0,0	3,2
Nicht zuordenbar			5,3				

Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021, Team Consult Analyse

Min/Max der Zeilen | *Spaltensumme*

Die Summen enthalten nur die Bedarfe die den Subsektoren direkt zuordenbar sind

Bedarf an erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen – Sektorbetrachtung Industrie 2045

1d

Bedarf an Grünen Gasen - No Regret Anwendungen

	2045						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Industrie (inkl. stoffl. Verw.)	75,0	217,0	170,0	75,0	173,0	162,0	205,0
Stahl	37,0	82,0	82,0	37,0	58,0	53,0	70,0
Chemie	38,0	135,0	88,0	38,0	115,0	109,0	135,0

Bedarf an Grünen Gasen - Resilienz Anwendungen

	2045						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Industrie (inkl. stoffl. Verw.)	11,3	136,2	54,1	12,0	40,8	11,3	136,2
Papier	0,0	20,0			2,3	0,0	20,0
Maschinenbau	0,0	4,1			0,5	0,0	4,1
Lebensmittel	0,3	17,7			2,9	0,3	17,7
Steine und Erden	5,6	40,3	11,6		17,0	5,6	40,3
Nichteisenmetalle	2,2	10,0			5,2	2,2	10,0
Automobilbau	0,0	9,9			0,9	0,0	9,9
Sonstige Industrie	3,1	34,1	25,0	12,0	12,0	3,1	34,1
Nicht zuordenbar			17,5				

Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021, Team Consult Analyse

Min/Max der Zeilen | *Spaltensumme*

Die Summen enthalten nur die Bedarfe die den Subsektoren direkt zuordenbar sind

Bedarf an erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen – Sektorbetrachtung Verkehr 2030

1d

Bedarf an Grünen Gasen - No Regret Anwendungen

	2030						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Verkehr	**0,2**	**0,2**	**0,2**				
Maritim	0,0	0,0	0,0				
Luftfahrt	0,2	0,2	0,2				

Bedarf an Grünen Gasen - Resilienz Anwendungen

	2030						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Verkehr	**6,5**	**9,7**	**21,7**	**4,0**	**4,5**	**4,5**	**7,5**
Straßengüterverkehr	4,4	7,5	4,4		4,5	4,5	7,5
ÖPNV	2,2	2,2	2,2				
Pkws	0,0	0,0	0				
Nicht zuordenbar			15,2				

Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021, Team Consult Analyse

Min/Max der Zeilen | *Spaltensumme*

Die Summen enthalten nur die Bedarfe die den Subsektoren direkt zuordenbar sind

Bedarf an erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen – Sektorbetrachtung Verkehr 2045

1d

Bedarf an Grünen Gasen - No Regret Anwendungen

	2045						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Verkehr	3,5	3,5	3,5				
Maritim	0,1	0,1	0,1				
Luftfahrt	3,4	3,4	3,4				

Bedarf an Grünen Gasen - Resilienz Anwendungen

	2045						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Verkehr	55,8	189,2	67,5	39,0	90,6	123,0	177,7
Straßengüterverkehr	44,3	177,7	44,3		90,6	123,0	177,7
ÖPNV	4,9	4,9	4,9				
Pkws	6,6	6,6	6,6				
Nicht zuordenbar			11,7				

Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021, Team Consult Analyse

Min/Max der Zeilen | *Spaltensumme*

Die Summen enthalten nur die Bedarfe die den Subsektoren direkt zuordenbar sind

Bedarf an erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen – Sektorbetrachtung Energiewirtschaft und Gebäudesektor 2030

1d

Bedarf an Grünen Gasen - No Regret Anwendungen

	2030						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Energiewirtschaft	19,6	72,0	42,0	72,0			
Stromerzeugung	19,6	59,3	42,0	59,3	20,6	22,1	19,6
Fernwärme	0,0	12,7	0,0	12,7			

Bedarf an Grünen Gasen - Resilienz Anwendungen

	2030						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Gebäude	13,0	31,0	31	13	27,5	27,3	30,7

Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021, Team Consult Analyse

Min/Max der Zeilen | *Spaltensumme*

Bedarf an erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen – Sektorbetrachtung Energiewirtschaft und Gebäudesektor 2045

1d

Bedarf an Grünen Gasen - No Regret Anwendungen

	2045						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Energiewirtschaft	48,1	175,6	149,0	165,0			
Stromerzeugung	20,1	121,0	121,0	110,4	46,1	20,1	24,3
Fernwärme	28,0	54,6	28,0	54,6			

Bedarf an Grünen Gasen - Resilienz Anwendungen

	2045						
					Ariadne		
TWh	Min	Max	dena	prognos	Balanced	Elec_Im	H2_Im
Gebäude	13,0	109,0	109,0	13,0	24,3	19,8	108,7

Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021, Team Consult Analyse

Min/Max der Zeilen | *Spaltensumme*

Hinweis zu den nächsten beiden Folien (F.20 und F.21)

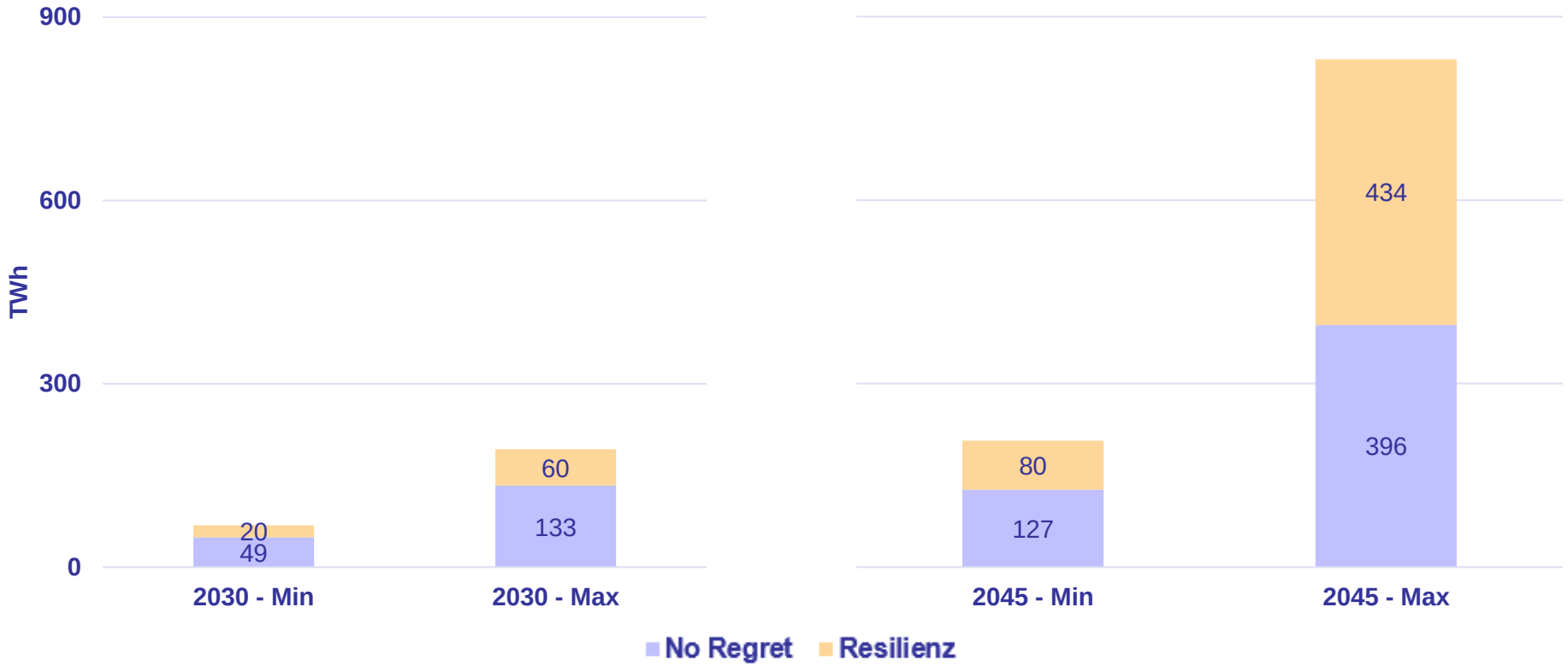
1d

- Auf den nächsten beiden Folien wird der Bedarf an e/d-Gasen nach No-regret- und Resilienz-Anwendungen (Folie 20) sowie nach Hauptsektoren (Folie 21) für die Jahre 2030 und 2045 dargestellt
- **Die Summe dieser Werte bzw. deren Spannbreite weicht von den auf Folie 10 gezeigten Werten (Gesamtbedarfe je Studie) ab!**
- Auf Folie 10 ist der e/d-Gase-Bedarf und dessen Spannbreite auf Gesamtstudienebene zu finden (Top-Down Ansatz)
- Auf Folien 20 und 21 sind, wie auf Folien 11/12 beschrieben, die Summen über die Subsektoren-Minima/Maxima ermittelt worden (Bottom-Up-Ansatz). Die sich daraus ergebende Spannbreite ist größer als die Spannbreite aus der Gesamtstudiensicht
- Für die Darstellung bzw. Kommunikation eines gesamten Nachfragepotenzials an e/d-Gasen eignen sich die Werte des Top-Down-Ansatzes (F. 10) während die Werte des Bottom-Up-Ansatzes (F. 20/21) eher für die Darstellung bzw. Kommunikation von Nachfragepotenzialen in einzelnen Sektoren bzw. in No-regret- oder Resilienz-Anwendungen geeignet sind

Größere Spannbreiten bei sektoraler Betrachtung. Neben No-Regret-Nachfrage-potenzialen gibt es erhebliche Nachfragepotenziale in Resilienz-Anwendungen

1d

Gesamtbedarf an e/d-Gasen in Resilienz- und No-Regret-Anwendungen

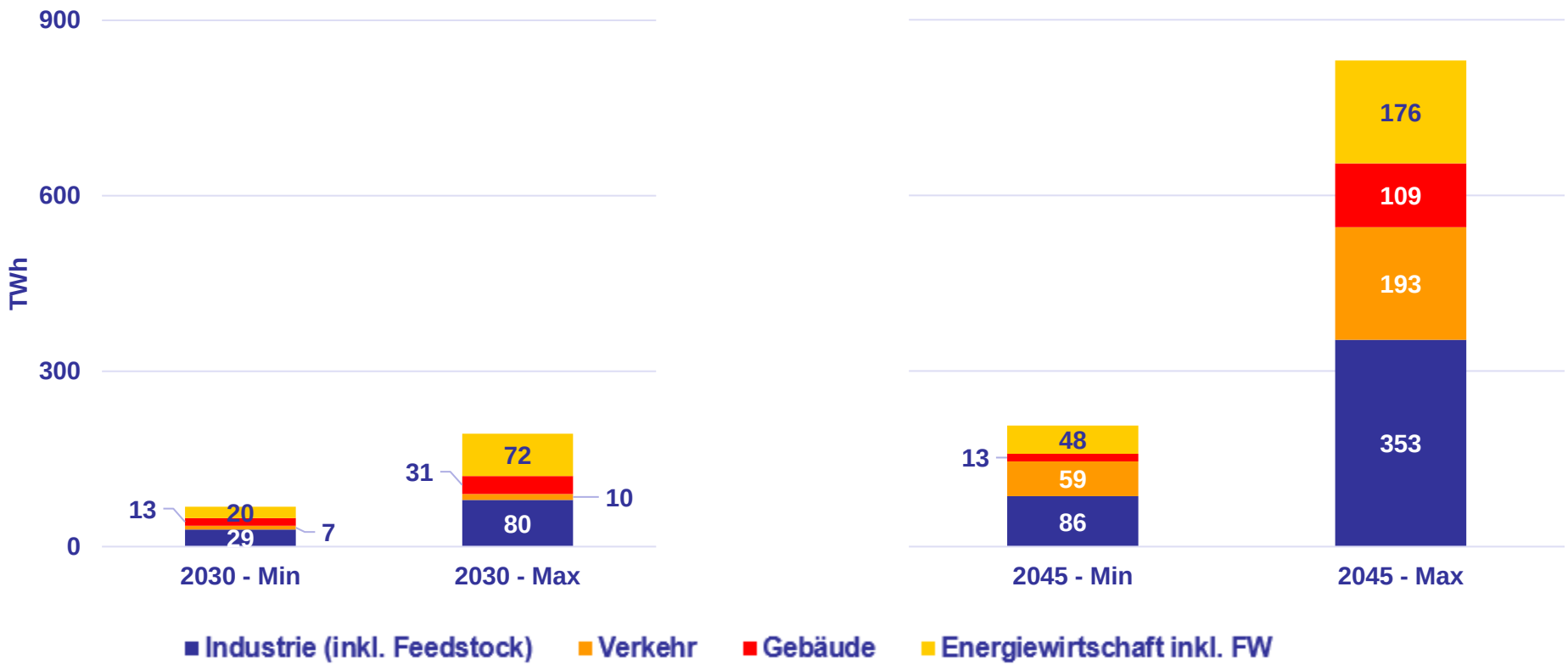


Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021, Team Consult Analyse

Größere Spannbreiten bei sektoraler Betrachtung. Im Jahr 2045 gibt es in allen Sektoren erhebliche Nachfragepotenziale an e/d-Gasen

1d

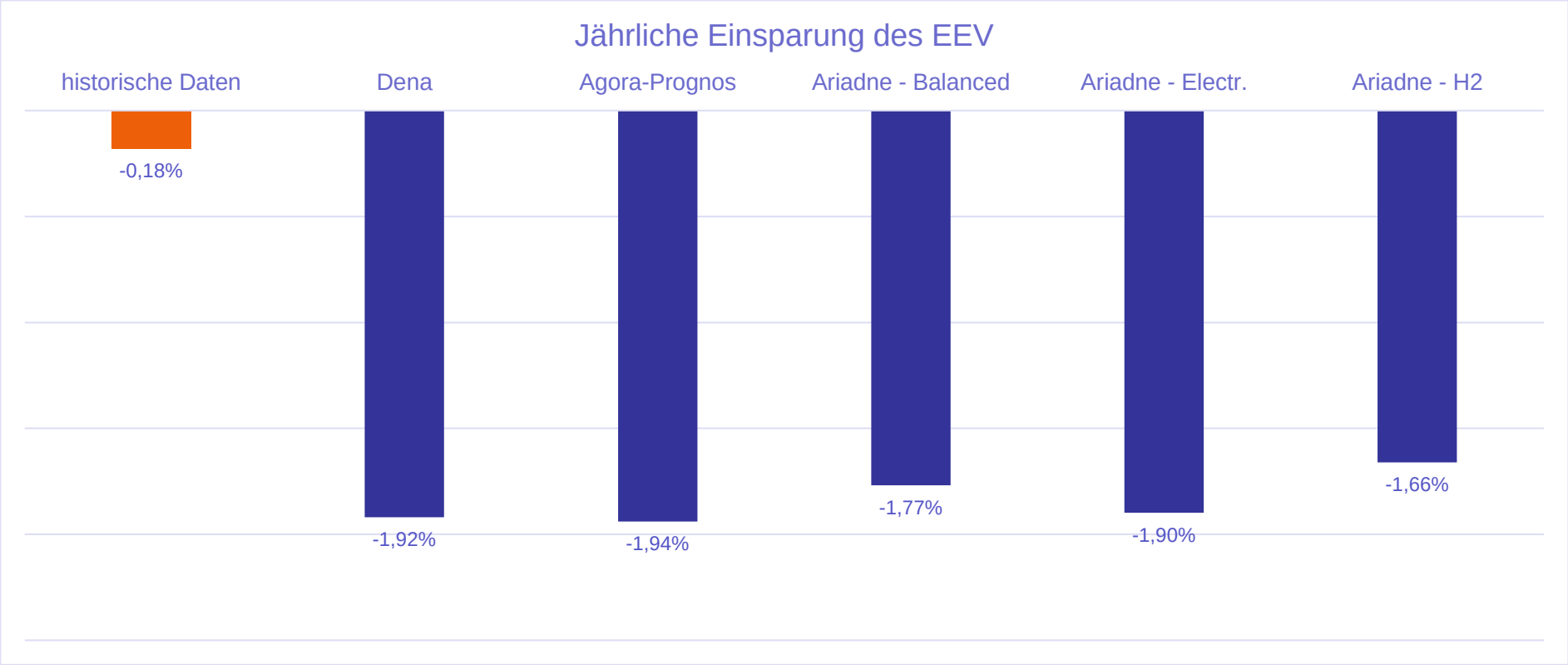
Gesamtbedarf an e/d-Gasen in den Sektoren



Quelle: Ariadne 2021, ewi 2021, Prognos 2021, Team Consult Analyse

Die in den Studien enthaltenen Endenergie-Einsparungen sind vor dem Hintergrund der historischen Entwicklungen überaus ambitioniert

1e

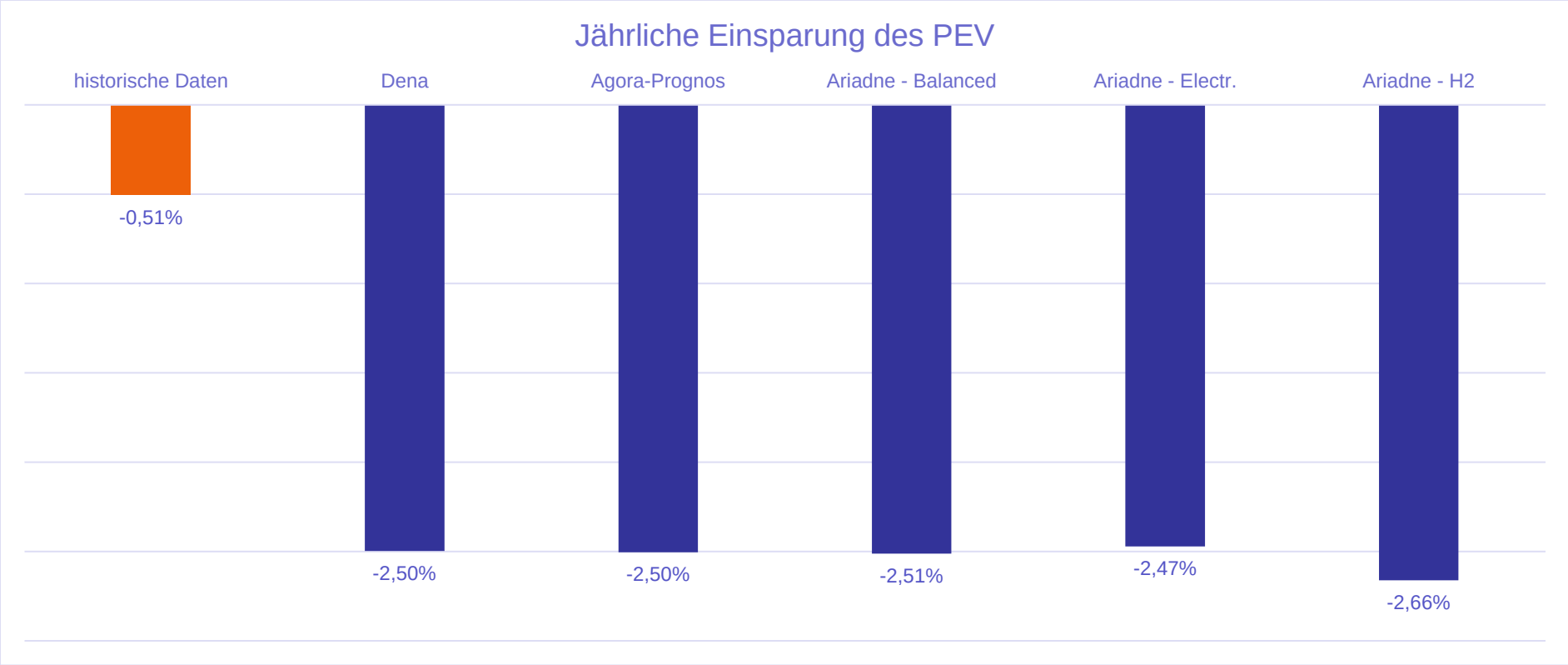


Quelle: AGEB, DENA, Agora, Ariadne, Analyse Team Consult

Historische Daten: Betrachtungszeitraum 1990 – 2019
Studien: Betrachtungszeitraum 2019 - 2045

Dies gilt auch für die Einsparungen im Primärenergieverbrauch

1e



Quelle: AGEB, DENA, Agora, Ariadne, Analyse Team Consult

Historische Daten: Betrachtungszeitraum 1990 – 2019
Studien: Betrachtungszeitraum 2019 - 2045

Agenda

2 Aufkommen und Kosten erneuerbarer und dekarbonisierter Gase

a. Berücksichtigte Studien und Bemerkung zu Kostenangaben

b. Biomethan

c. Blauer Wasserstoff

d. Türkiser Wasserstoff

e. Grüner Wasserstoff

f. Gesamtsicht

Aufkommen und Kosten – berücksichtigte Studien

2a

Frontier Economics 2022

Verfasser und Publikationsdatum

Frontier Economics Limited (Dr. Christoph Gatzen, Maximiliane Reger), Februar 2022

Auftraggeber und Unterstützer

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

Titel

Verfügbarkeit und Kostenvergleich von Wasserstoff – Merit Order für klimafreundliche Gase in 2030 und 2045

Relevante Inhalte

- Verfügbarkeit und Kosten von Biomethan für Deutschland in 2030 und 2045
- Verfügbarkeit und Kosten von blauem Wasserstoff für Deutschland in 2030 und 2045
- Verfügbarkeit und Kosten von türkisem Wasserstoff für Deutschland in 2030 und 2045
- Verfügbarkeit und Kosten von grünem Wasserstoff für Deutschland in 2030 und 2045

Bemerkungen/Besonderheiten

Meta-Studie

Aufkommen und Kosten – berücksichtigte Studien

2a

Engie 2021

Verfasser und Publikationsdatum

ENGIE (Jessie Birman et. al), Mai 2021

Auftraggeber und Unterstützer

-

Titel

Geographical analysis of biomethane potential and costs in 2050

Relevante Inhalte

- Verfügbarkeit von Biomethan in der EU sowie 10 angrenzenden Ländern im Jahr 2050
- Aufschlüsselung nach Substraten und Produktionsländern
- Biomethankosten (unterschieden nach 1G- und 2G-Substraten)

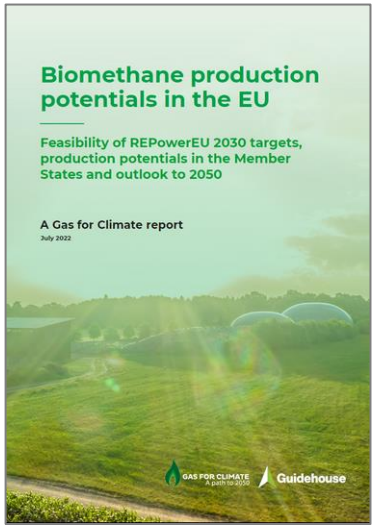
Bemerkungen/Besonderheiten

-

Aufkommen und Kosten – berücksichtigte Studien

2a

Gas for Climate 2022



Verfasser und Publikationsdatum

Guidehouse Netherlands B.V. (Sacha Alberici et. al), Juli 2022

Auftraggeber und Unterstützer

Gas for Climate

Titel

Biomethane production potentials in the EU – Feasibility of REPowerEU 2030 targets, production potentials in the Member States and outlook to 2050

Relevante Inhalte

- Verfügbarkeit von Biomethan in der EU sowie Norwegen, der Schweiz und dem Vereinigten Königkreich Großbritannien und Nordirland in den Jahren 2030 und 2050
- Aufschlüsselung nach Produktionsländern (ablesbar aus Abbildungen)
- Unterscheidung zwischen „Anearobic digestion“ und „Thermal Gasification“

Bemerkungen/Besonderheiten

-

Aufkommen und Kosten – berücksichtigte Studien

2a

Gas for Climate 2020

Verfasser und Publikationsdatum

Guidehouse Netherlands B.V. (Carmen Wouters et. al), Dezember 2020

Auftraggeber und Unterstützer

Gas for Climate

Titel

Market state and trends in renewable and low-carbon gases in Europe – A Gas for Climate Report

Relevante Inhalte

- Erwartete Produktionskosten von Biomethan im Jahr 2050
- Unterscheidung zwischen „Anearobic digestion“ und „Thermal Gasification“

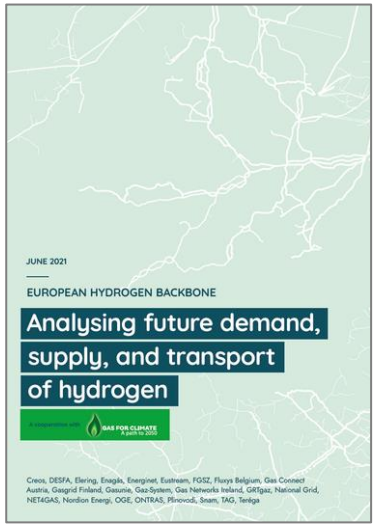
Bemerkungen/Besonderheiten

Verwendet als Ergänzung um die Biomethan-Gestehungskosten zur Studie Gas for Climate 2022

Aufkommen und Kosten – berücksichtigte Studien

2a

European Hydrogen Backbone 2021



Verfasser und Publikationsdatum

European Hydrogen Backbone (Anthony Wang et. al), June 2021

Auftraggeber und Unterstützer

Gas for Climate, Guidehouse

Titel

Analysing future demand, supply, and transport of hydrogen

Relevante Inhalte

- Verfügbarkeit und Kosten von grünem Wasserstoff in der EU zzgl. UK in 2030, 2040 und 2050
- Verfügbarkeit und Kosten von blauem Wasserstoff in der EU zzgl. UK in 2030, Verfügbarkeit zudem „ab 2035“
- Differenzierung nur nach Produktionsregionen (z.B. D+UK+Benelux), nicht nach Ländern

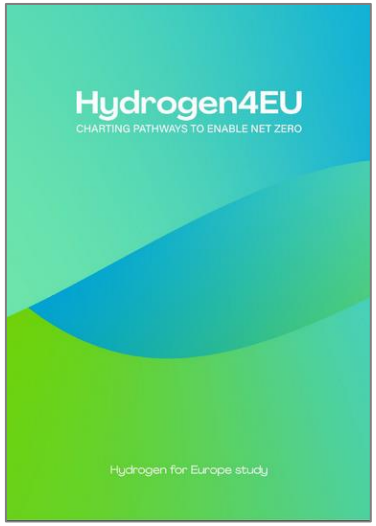
Bemerkungen/Besonderheiten

Türkiser Wasserstoff wird als eine Form von blauem Wasserstoff gesehen und nicht gesondert betrachtet; Zusatzinformationen zu dieser Studie ergeben sich aus Guidehouse 2022: „Covering Germany’s green hydrogen demand: Transport options for enabling imports“

Aufkommen und Kosten – berücksichtigte Studien

2a

Deloitte 2021



Verfasser und Publikationsdatum

Deloitte Finance SAS, IFP Energie Nouvelles, SINTEF Energi AS (Johannes Trüby et. al), 2021

Auftraggeber und Unterstützer

BP, Concawe, ConocoPhillips, Eni, Equinor, Ervia, ExxonMobil, Gassco, Hydrogen Europe, IOGP, Norog, OMV, Shell, Snam, Total, Wintershall Dea, Zukunft Gas

Titel

Hydrogen4EU – Charting pathways to enable net zero – Hydrogen for Europe Study

Relevante Inhalte

- Verfügbarkeit von grünem, blauem und türkisem Wasserstoff in der EU-27 in 2030, 2040, 2050
- Betrachtung von zwei Szenarien: „Renewable Push“ und „Technology Diversification“
- Berücksichtigung auch von Importen aus Nordafrika, mittlerer Osten, Russland, Ukraine

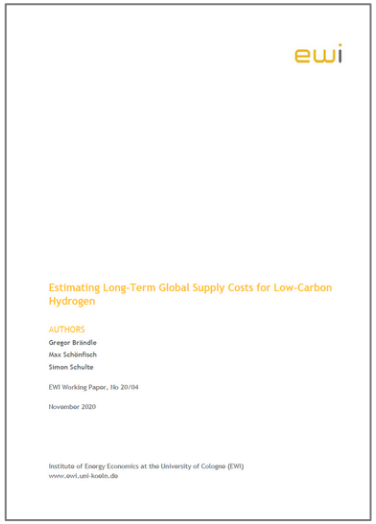
Bemerkungen/Besonderheiten

Keine Angaben zur Aufschlüsselung der Produktion auf Länder; Zusatzinformationen zu Kosten von Wasserstoff aus verschiedenen Herstellungsprozessen im Jahr 2030 erhältlich in Deloitte (2022): „The European hydrogen economy – taking stock and looking ahead“

Aufkommen und Kosten – berücksichtigte Studien

2a

EWI 2020


ewi

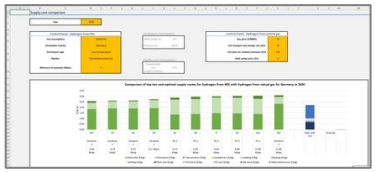
Estimating Long-Term Global Supply Costs for Low-Carbon Hydrogen

AUTHORS
Gregor Brändle
Max Schönfisch
Simon Schulte

EWI Working Paper, No 20/04

November 2020

Institute of Energy Economics at the University of Cologne (EWI)
www.ewi.uni-koeln.de



Verfasser und Publikationsdatum

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (Gregor Brändle et. al), November 2020

Auftraggeber und Unterstützer

-

Titel

Estimating Long-Term Global Supply Costs for Low-Carbon Hydrogen, sowie
Global H2 Cost Tool v3

Relevante Inhalte

- Kosten von grünem, blauem und türkisem Wasserstoff „frei deutsche Grenze“, jährlich bis 2050
- Theoretische Mengenpotenziale für grünen Wasserstoff (d.h. ohne Berücksichtigung von Flächennutzungseinschränkungen etc.)

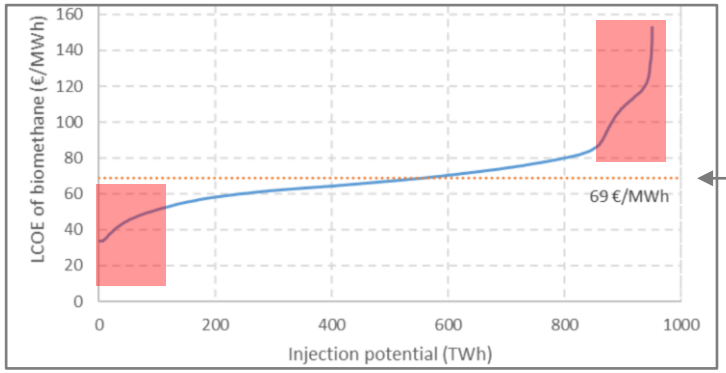
Bemerkungen/Besonderheiten

-

Aufkommen und Kosten – Bemerkungen zu Kostenangaben

2a

- Kostenangaben sind den zugrundeliegenden Studien direkt entnommen und wurden, soweit erforderlich, in die Einheit EUR/MWh umgerechnet
- Die in den Studien genannten und hier wiedergegebenen Kosten verstehen sich als Kosten in gegenwärtigen, realen Geldeinheiten; dies ist entweder in den Studien explizit erwähnt (z.B. „$€_{2019}$“), oder implizit enthalten in der Annahme für einen realen Zinssatz „r“ und dem Fehlen einer Annahme für die Inflationsrate
- Soweit in den Studien eine Merit-Order-Kurve für die Kosten angegeben ist (und damit kein fester Wert), haben wir den mittleren Wert des beinahe waagerecht (d.h. mit fast konstanten Kosten für sehr große Mengen) verlaufenden Teils der Kurve abgelesen und die steilen Flanken der Kurve (mit sehr niedrigen Kosten am Beginn und sehr hohen Kosten am Ende der Kurve und jeweils großen Kostenänderungen bei kleinen Mengenänderungen) ignoriert (s. Screenshot unten)

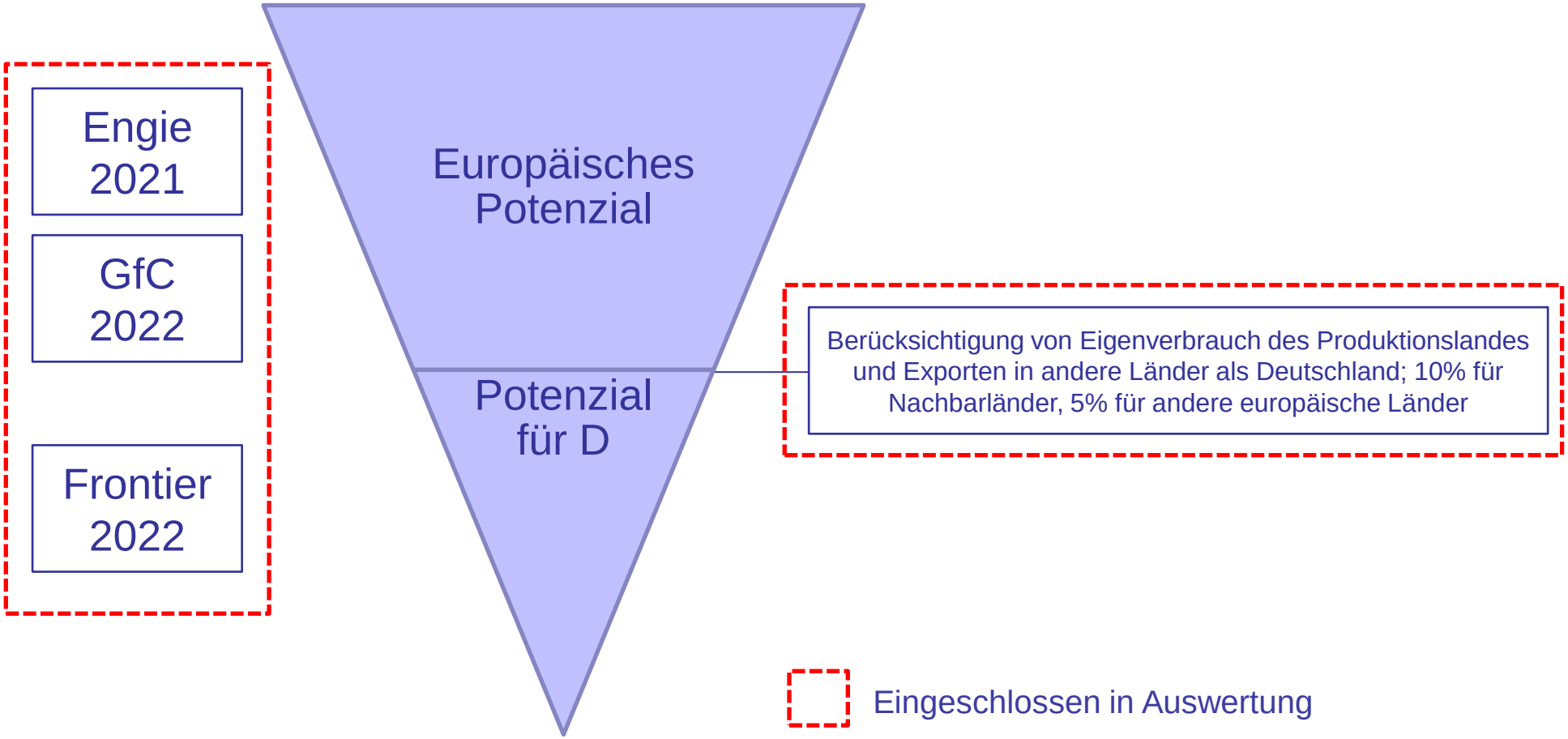


ignorierter Bereich

Mittelwert des beinahe waagerecht verlaufenden Teils der Merit-Order-Kuve = berücksichtigte Kostenangabe

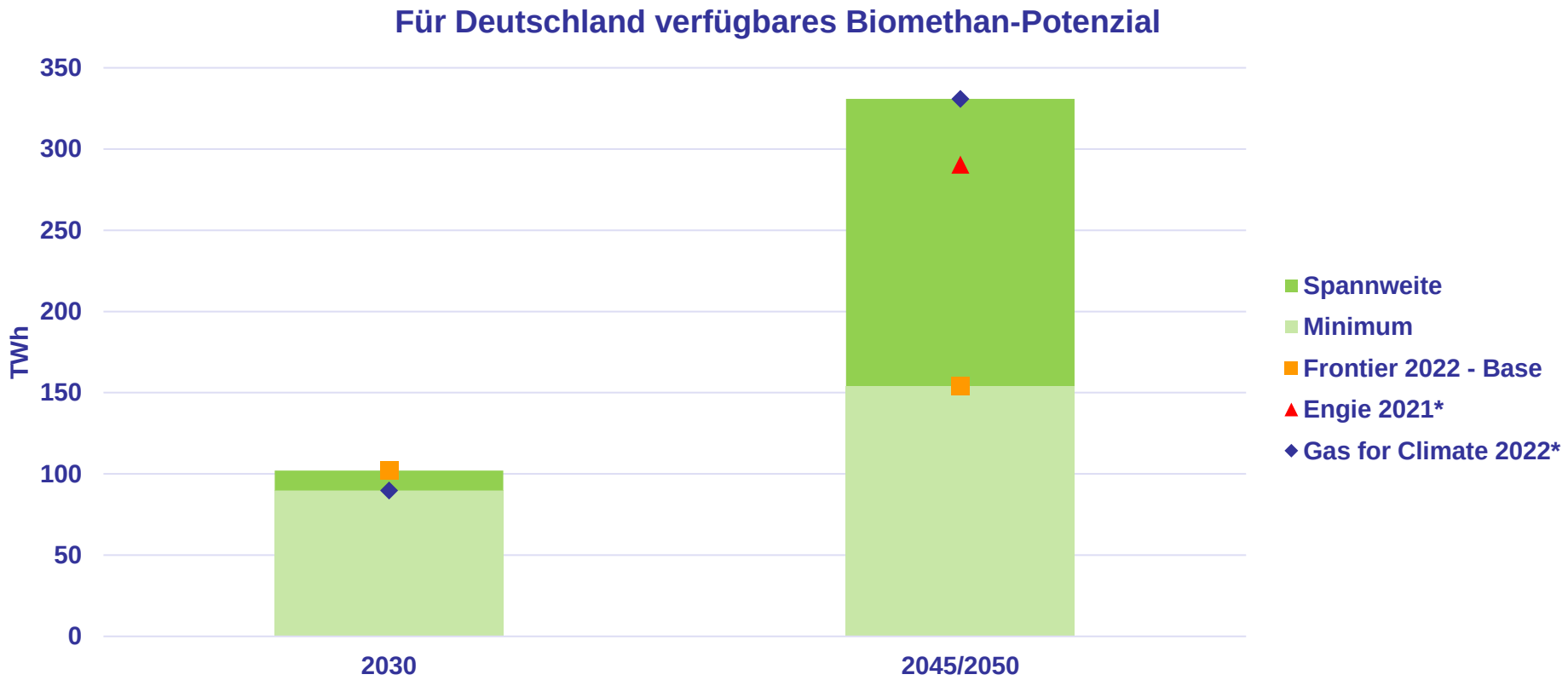
Aufkommen von Biomethan – Vom europäischen Potenzial zum für Deutschland verfügbaren Potenzial

2b



Das für Deutschland verfügbare Biomethan-Potenzial liegt im Jahr 2030 zwischen 90 und 102 TWh und 2045/2050 bei 154 bis 331 TWh

2b



Quelle: Frontier Economics 2022, Engie 2021, Gas for Climate/Guidehouse 2022, Team Consult Analyse

** Von Engie 2021 und Gas for Climate 2022 gibt es Zahlen für 2050, aber nicht für 2045*

Das für Deutschland verfügbare Biomethanpotenzial beruht weitgehend auf in Deutschland produzierbaren Biomethanmengen

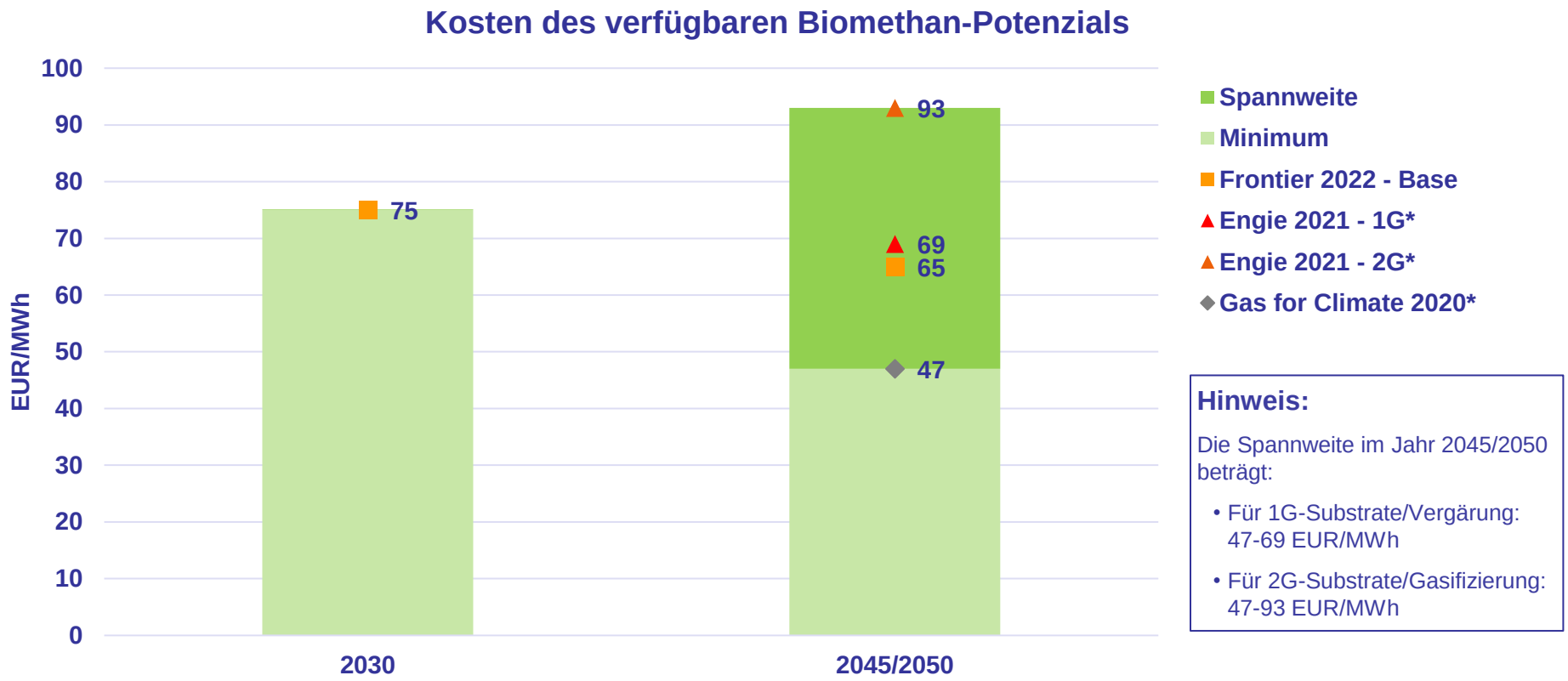
2b

Für D verfügbares vs. in D produzierbares Biomethanpotenzial (in TWh)

Studie	2030		2045/2050	
	Verfügbar	Produktion D	Verfügbar	Produktion D
Frontier 2022 - Base	102	102	154	154
Engie 2021			290	206
Gas for Climate 2022	90	83	331	233

Die Kosten des Biomethan-Potenzials liegen 2030 bei 75 EUR/MWh und in 2045/2050 bei 47 EUR/MWh bis 93 EUR/MWh (Substrate der 2. Generation)

2b



Hinweis:

Die Spannweite im Jahr 2045/2050 beträgt:

- Für 1G-Substrate/Vergärung: 47-69 EUR/MWh
- Für 2G-Substrate/Gasifizierung: 47-93 EUR/MWh

Quelle: Frontier Economics 2022, Engie 2021, Gas for Climate/Guidehouse 2020, Team Consult Analyse

** Zahlen aus Engie 2021 und Gas for Climate/Guidehouse 2020 beziehen sich auf 2050; 1G: Substrate der 1. Generation (Vergärung), 2G: Substrate der 2. Generation (Gasifizierung): Der Wert von 47 EUR/MWh in Gas for Climate Guidhouse 2020 gilt für 1G und 2G-Substrate*

Aufkommen von blauem und türkisem Wasserstoff – Vom nutzbaren Potenzial zu realisierbaren Importen

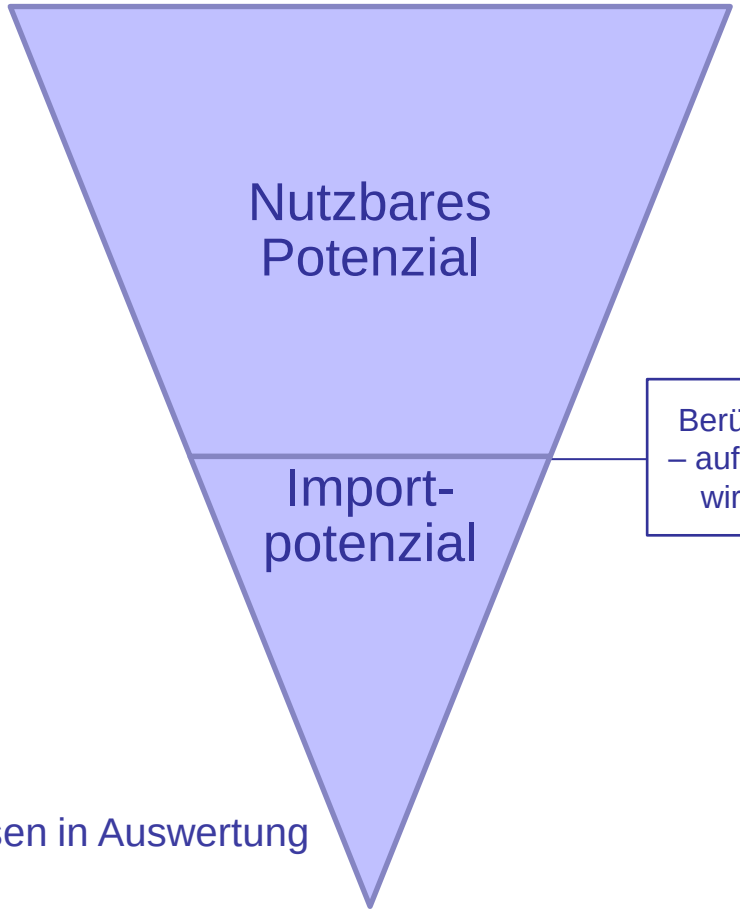
2

EHB 2021

Deloitte 2021

Frontier 2022

Eingeschlossen in Auswertung

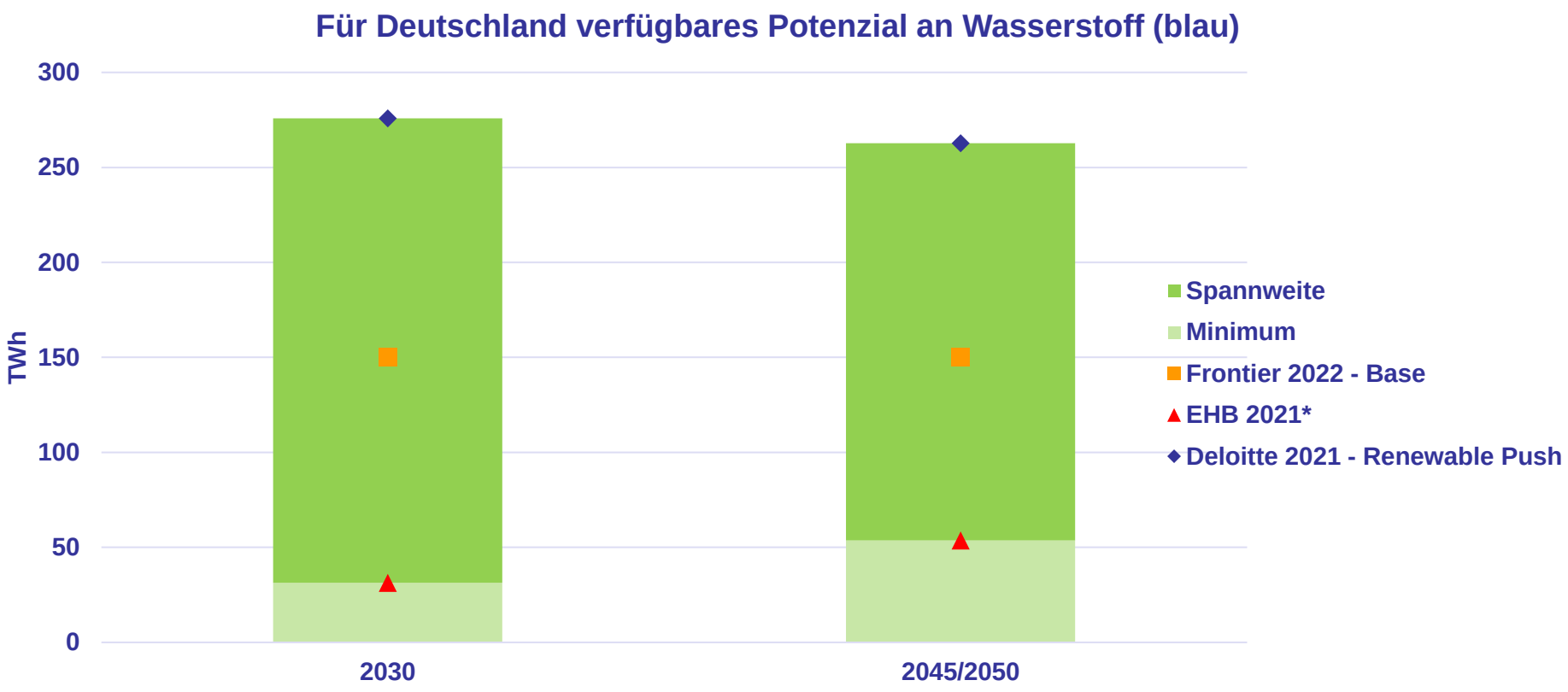


Berücksichtigung eines realistischen Anteils für Deutschland – auf Basis der Annahme, dass norwegisches Erdgas genutzt wird, kann der deutsche Anteil auf 1/3 geschätzt werden*

** Soweit nicht bereits länderspezifisch angegeben*

Das für Deutschland verfügbare Potenzial an blauem Wasserstoff liegt bei 31 bis 276 TWh (2030) bzw. bei 54 bis 263 TWh (2045/2050)

2c

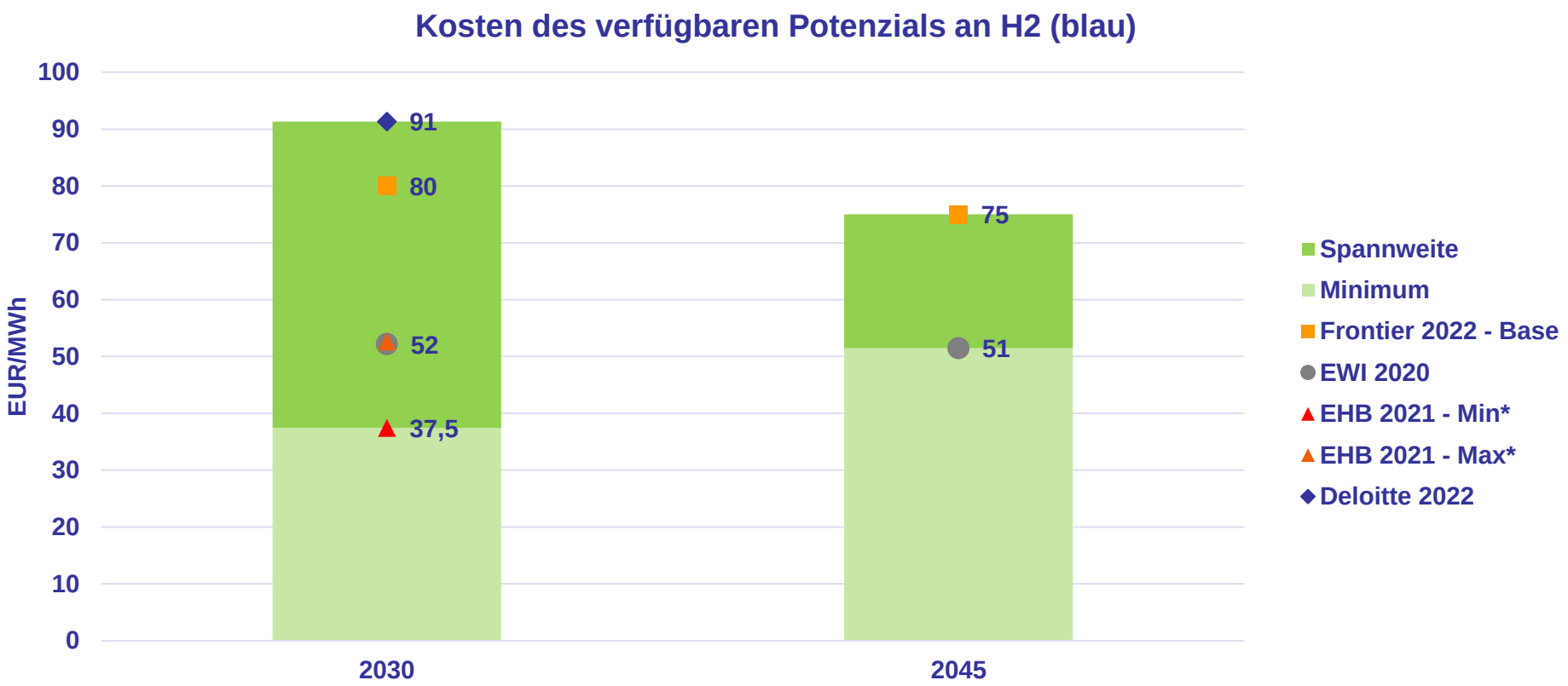


Quelle: Frontier Economics 2022, European Hydrogen Backbone 2021, Deloitte 2021, Team Consult Analyse

** Zahlen von European Hydrogen Backbone 2021 beziehen sich auf 2030 und „ab 2035“ Zahlen von EHB 2021 gem. detaillierterer länderspezifischer Angaben korrigiert*

Die Kosten von blauem Wasserstoff liegen zwischen 38 und 91 EUR/MWh (2030) bzw. zwischen 51 und 75 EUR/MWh (2045)

2c

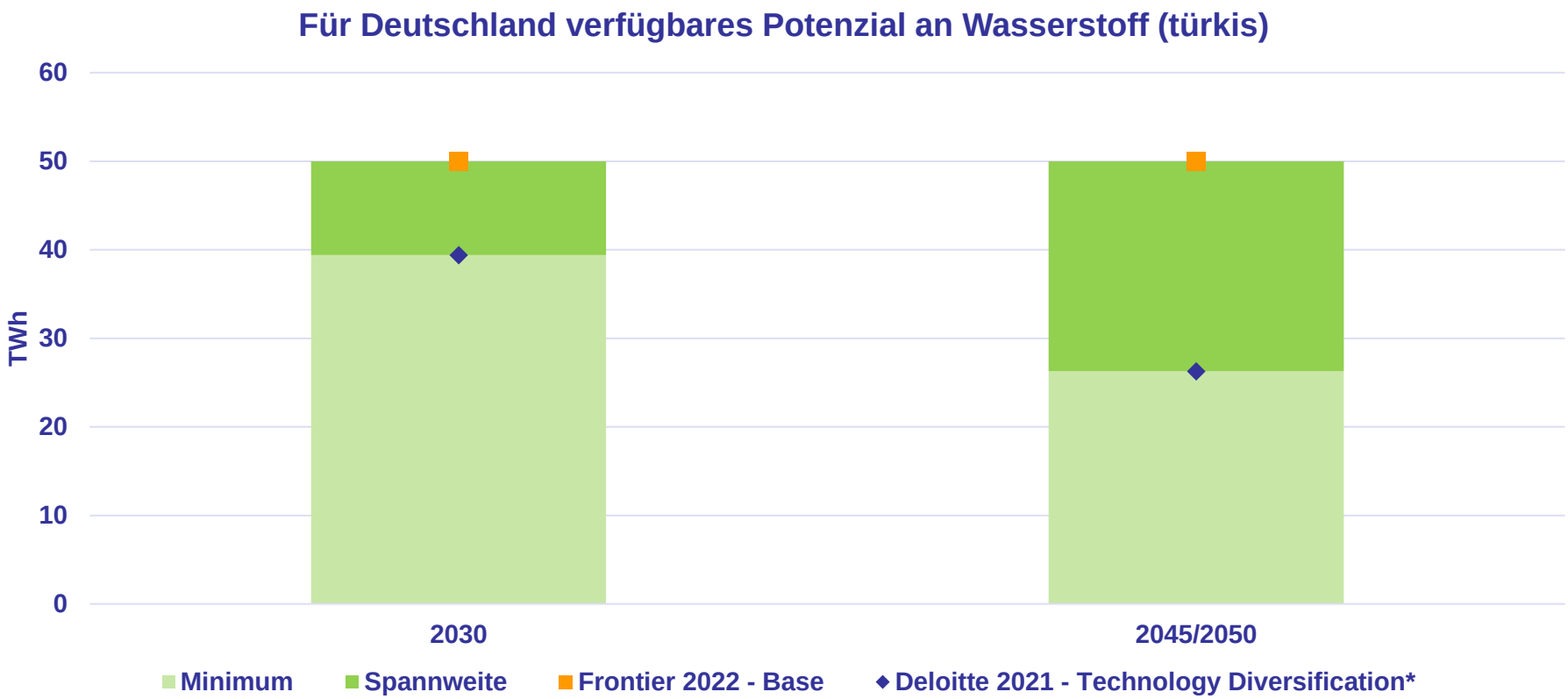


Quelle: Frontier Economics 2022, EWI 2021, European Hydrogen Backbone 2021, Deloitte 2022, Team Consult Analyse

** Kostenangaben aus European Hydrogen Backbone 2021 gibt es nur für 2030*

Das für Deutschland verfügbare Potenzial an türkisem Wasserstoff liegt bei 39 bis 50 TWh (2030) bzw. bei 26 bis 50 TWh (2045/2050)

2d

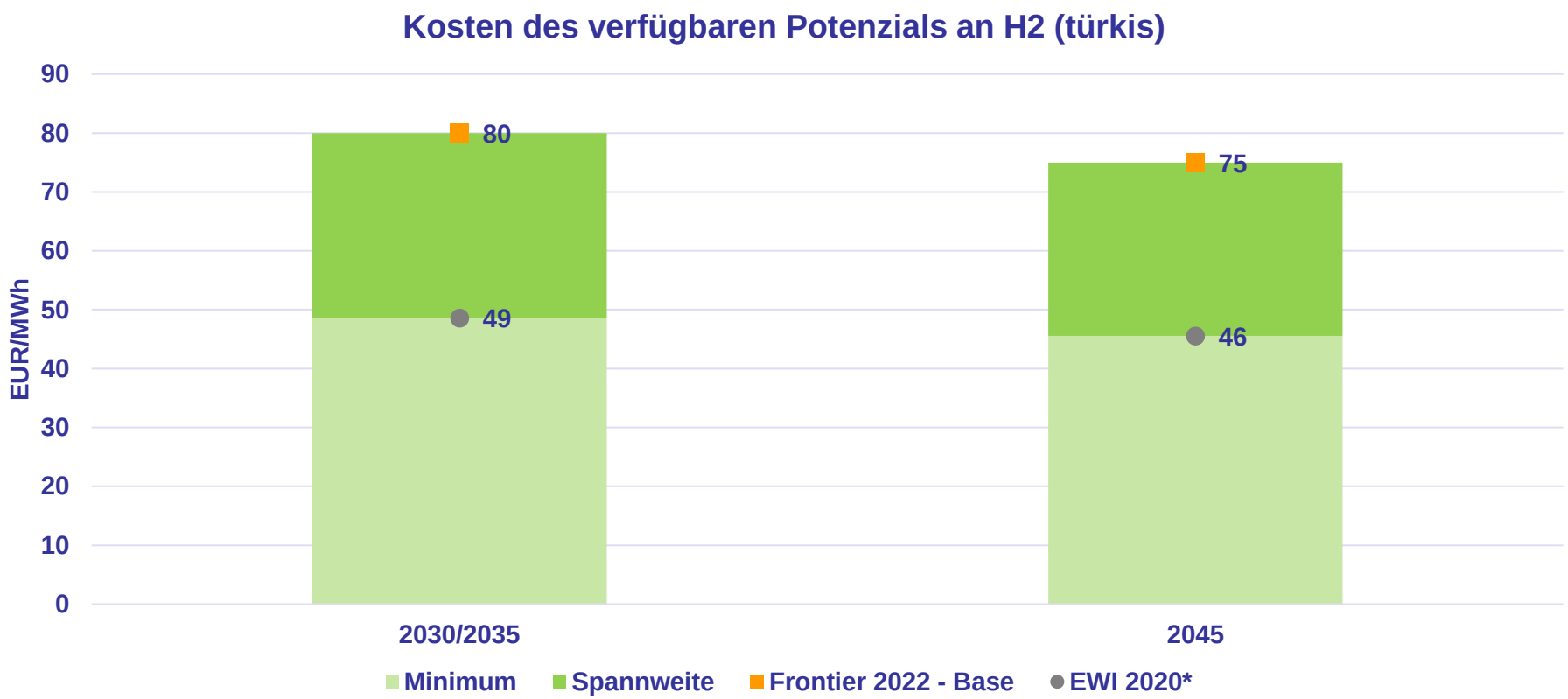


Quelle: Frontier Economics 2022, Deloitte 2021, Team Consult Analyse

** Zahlen von Deloitte 2021 beziehen sich auf 2030 und „ab 2050*

Die Kosten von türkisem Wasserstoff liegen zwischen 49 und 80 EUR/MWh (2030/2035) bzw. zwischen 46 und 75 EUR/MWh (2045)

2d



Quelle: Frontier Economics 2022, EWI 2021, Team Consult Analyse

** Zahlen von EWI 2020 für die Kosten von türkisem Wasserstoff gibt es nur für die Jahre ab 2035. Angabe für 2030 enthält den frühesten verfügbaren Wert, also 2035*

Aufkommen von grünem Wasserstoff – Vom technischen Potenzial zum für Deutschland verfügbaren Potenzial

2e

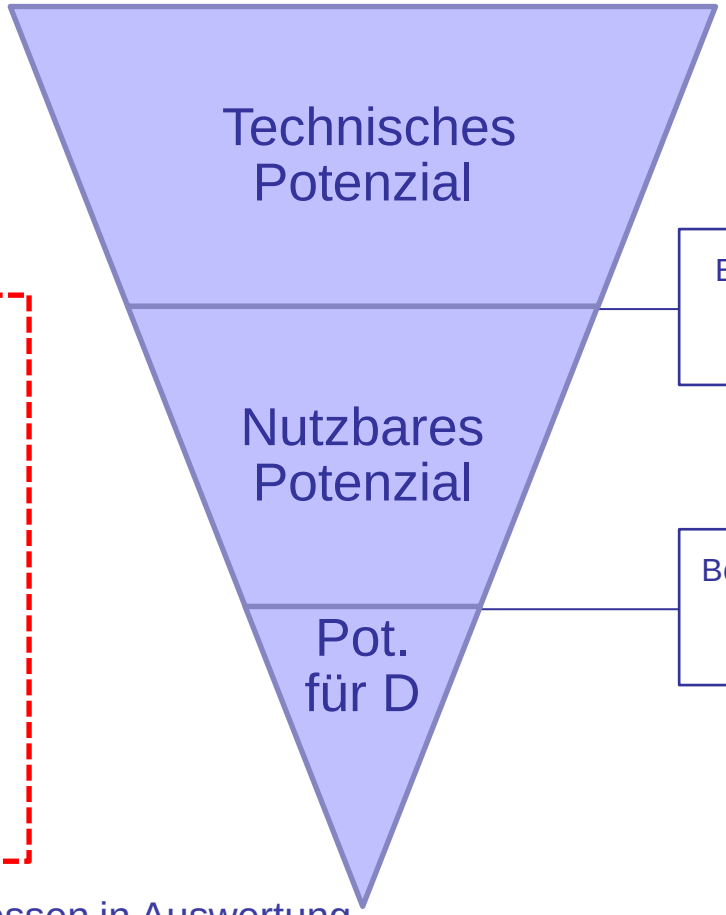
EWI 2020

EHB 2021

Deloitte 2021

Frontier 2022

Eingeschlossen in Auswertung

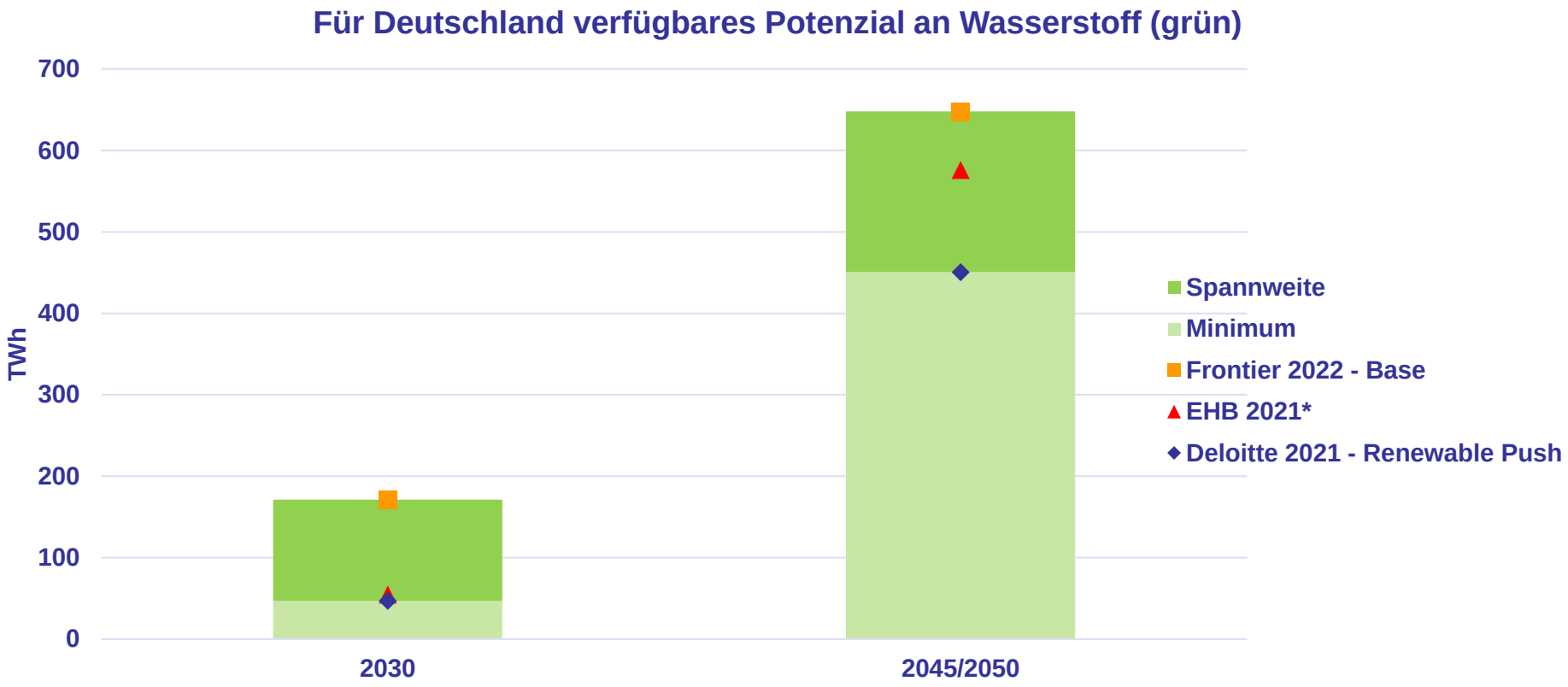


Berücksichtigung von Land-/Seenutzungseinschränkungen, Standortqualität (Benutzungsstunden), anderweitige EE-Stromnutzung. H2-Nutzungsfaktor (wenige %)

Berücksichtigung von Eigenverbrauch des Produktionslandes und Exporten in andere Länder als Deutschland; 10% für Nachbarländer, 5% für andere EU-Länder, 0% sonstige

Das für Deutschland verfügbare Potenzial an grünem Wasserstoff liegt bei 47 bis 171 TWh (2030) bzw. bei 451 bis 648 TWh (2045/2050)

2e



Quelle: Frontier Economics 2022, European Hydrogen Backbone 2021, Deloitte 2021, Team Consult Analyse

** Zahlen von European Hydrogen Backbone 2021 und Deloitte 2021 beziehen sich auf 2030 und 2050*

Das für Deutschland verfügbare Potenzial an grünem Wasserstoff beruht weitgehend auf Importen

2e

Für D verfügbares vs. in D produzierbares Potenzial an grünem Wasserstoff (in TWh)

Studie	2030		2045/2050	
	Verfügbar	Produktion D	Verfügbar	Produktion D
Frontier 2022 - Base	171	25	648	107
EHB 2021*	55	28	576	190
Deloitte 2021	47	n.a.	451	n.a.

**Angaben zur Produktion in D aus Guidehouse (2022): „Covering Germany's green hydrogen demand: Transport options for enabling imports"*

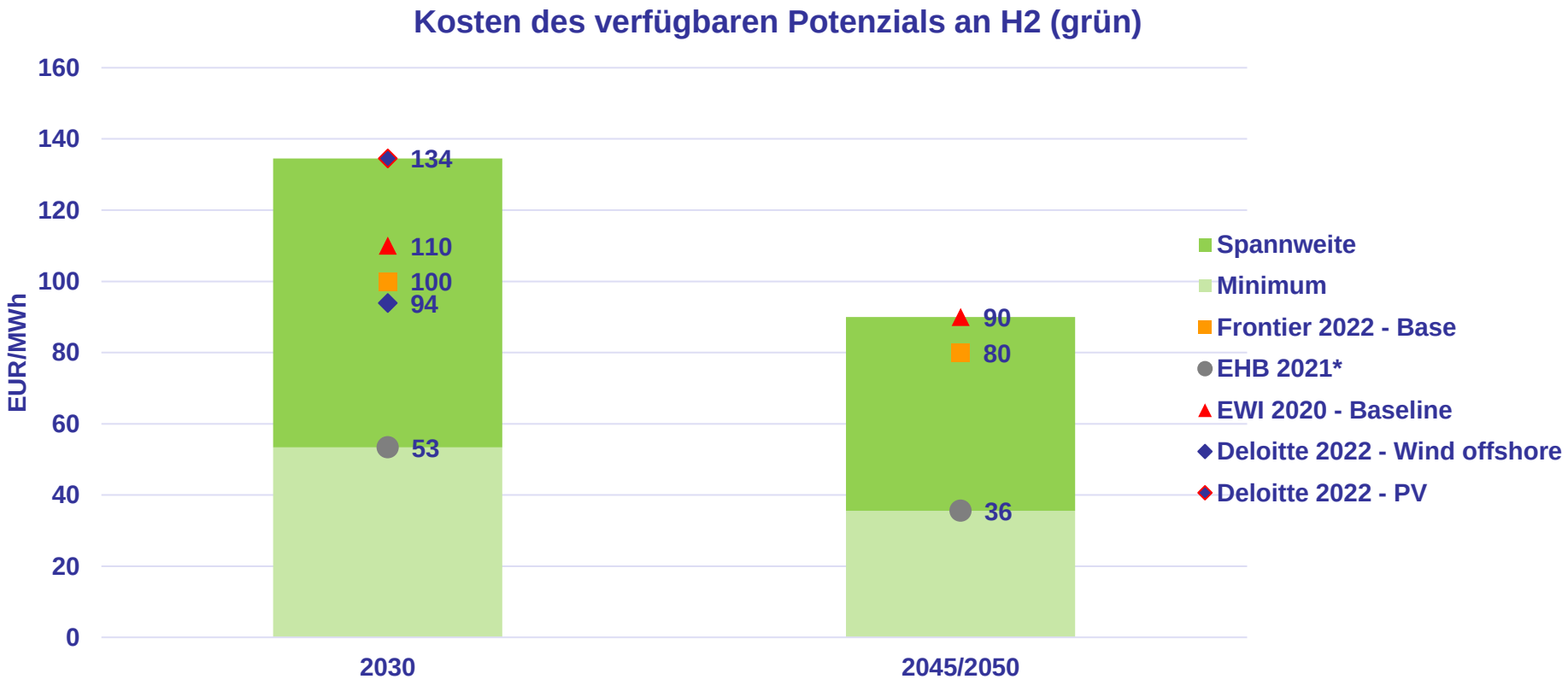
Herkunft der nach Deutschland importierten Mengen grünen Wasserstoffs – ausschließlich Europa

2e

- Frontier Economics 2022 (Base case):
  - 2030: 48 TWh aus Nachbarländern, 98 TWh aus anderen europ. Ländern, 0 TWh MENA
  - 2045: 154 TWh aus Nachbarländern, 387 TWh aus anderen europ. Ländern, 0 TWh MENA
- EHB 2021:
  - Quantifiziert wird in der Studie das Produktionspotenzial der EU zzgl. UK, d.h. Importe (z.B. aus der MENA-Region) sind in den Zahlen nicht enthalten
  - 2030: 5 TWh aus Nachbarländern, 22 TWh aus anderen europ. Ländern
  - 2050: 60 TWh aus Nachbarländern, 326 TWh aus anderen europ. Ländern
- Deloitte 2021:
  - Quantifiziert wird in der Studie das Produktionspotenzial der EU zzgl. UK, Norwegen & Schweiz, darüber hinaus ein Importpotenzial (aus weiteren Ländern: MENA, Russland, Ukraine)
  - Eine geografische Verteilung des Produktionspotenzials ist nicht angegeben

Die Kosten von grünem Wasserstoff liegen bei 53 bis 134 EUR/MWh (2030) bzw. 36 bis 90 EUR/MWh (2045/2050)

2e



Quelle: Frontier Economics 2022, EWI 2021, European Hydrogen Backbone 2021, Deloitte 2022, Team Consult Analyse

** Zahlen von European Hydrogen Backbone 2021 beziehen sich auf 2030 und 2050*

Das für Deutschland verfügbare Potenzial an erneuerbaren und dekarbonisierten Gasen liegt bei 207-599 TWh (2030) bzw. bei 685-1.292 TWh (2045/2050)

2f

Gas	2030 – Min	2030 – Max	2045/50 – Min	2045/50 – Max
Biomethan	90	102	154	331
H2 blau	31	276	54	263
H2 türkis	39	50	26	50
H2 grün	47	171	451	648
Gesamt	**207**	**599**	**685**	**1.292**

Quelle: Frontier Economics 2022, European Hydrogen Backbone 2021, Deloitte 2021, Engie 2021, Gas for Climate 2022, Team Consult Analyse

Agenda

1. Bedarfe erneuerbarer und dekarbonisierter Gase
2. Aufkommen und Kosten erneuerbarer und dekarbonisierter Gase
3. Fazit und Zusammenfassung

Fazit und Zusammenfassung

3

- Der Gesamtbedarf an erneuerbaren oder dekarbonisierten Gasen, einschließlich zur stofflichen Verwendung, ist erheblich und liegt bereits 2030 bei 94 bis 162 TWh/a und 2045 bei 304-652 TWh/a
- Der Bedarf in No-Regret-Anwendungen liegt 2030 zwischen 49 TWh/a und 133 TWh/a, 2045 zwischen 127 TWh/a und 396 TWh; in der Industrie und Energiewirtschaft gibt es einen solchen Bedarf bereits 2030, im Verkehr 2045
- Resilienz-Anwendungen haben im Jahr 2030 einen Bedarf zwischen 20 TWh/a und 60 TWh/a und in 2045 zwischen 80 TWh/a und 434 TWh/a
- Den Bedarfsanalysen in den betrachteten Studien liegen Annahmen über einen starken Rückgang des Endenergieverbrauchs zugrunde; tritt dieser nicht ein, kann es zu höheren Bedarfen kommen
- Die für Deutschland verfügbaren erneuerbaren und dekarbonisierten Gase reichen zur Deckung des Bedarfs sowohl der No-Regret-Anwendungen als auch der Resilienzanwendungen
- Bei Biomethan beruhen die verfügbaren Mengen hauptsächlich auf dem inländischen Produktionspotenzial, beim Wasserstoff überwiegend auf Importen
- Die Kostenschätzungen variieren stark, jedoch gehen alle Studien, die Kostenangaben sowohl für 2030 als auch für 2045 (oder 2050) enthalten, von Kostensenkungen aus

TEAM CONSULT

Gas.Power.Experience.

Sie erreichen uns unter:

TEAM CONSULT G.P.E. GmbH
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

T.: +49.30.400 556 0
F.: +49.30.400 556 99

info@teamconsult.net
www.teamconsult.net

TEAM CONSULT
Gas.Power.Experience.