

SITZUNG AG 1 & AG 2, 26.09.2022

Chemistry4Climate

Stockphoto.com/Fernando Alonso Herrero



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



SITZUNG AG1 & AG2, 26.09.2022

Leitfragen zum Thema CO₂- Quellen

Stockphoto.com/Fernando Alonso Herrero



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



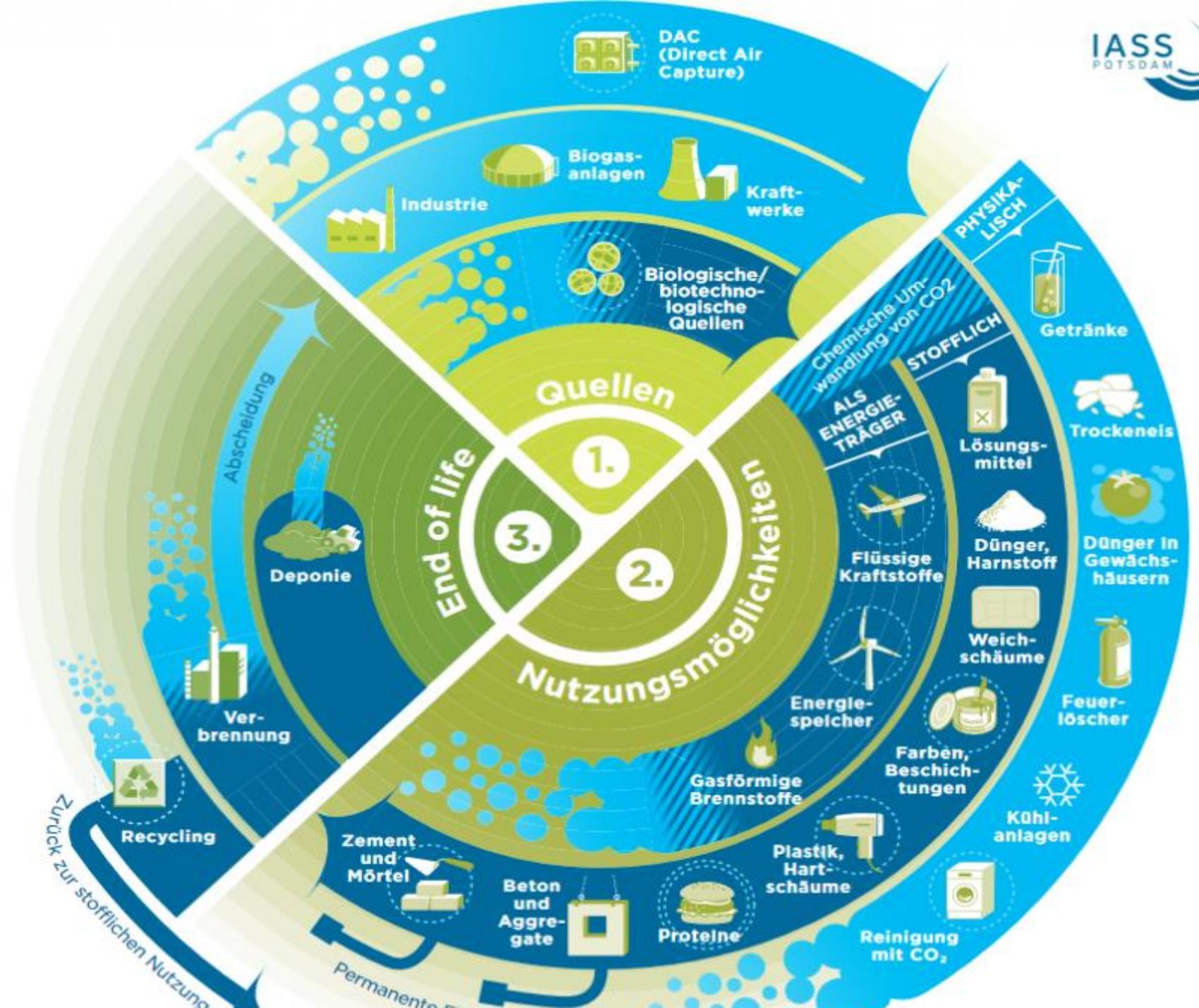
Verband der
Chemischen Industrie e.V.
Wir gestalten Zukunft.

CO₂

ALS ROHSTOFF 2

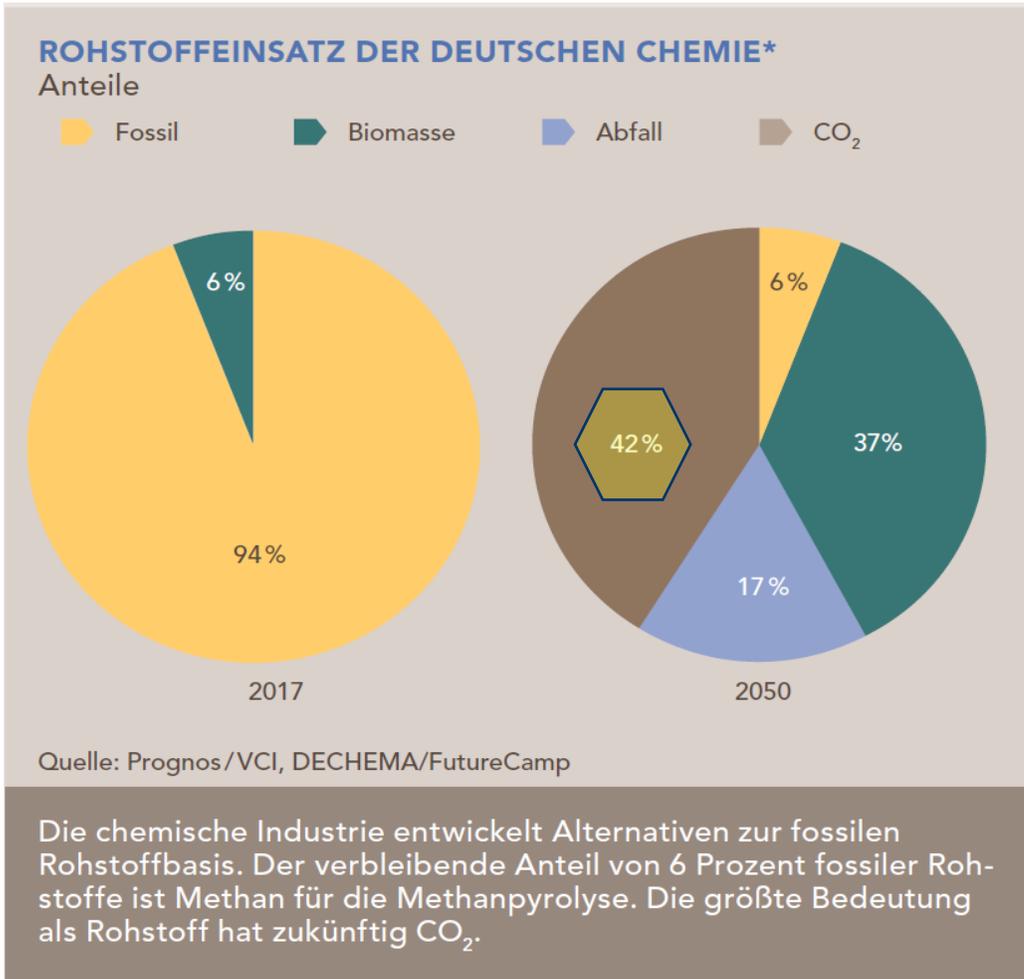
Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus Rauchgasen oder als Nebenprodukt chemischer Prozesse kann ganz direkt oder nach einer chemischen Umwandlung als Teil einer Kohlenstoffverbindung in Materialien und Energieträgern nützlich verwendet werden. Solche Technologien fasst die Bezeichnung Carbon Capture and Utilization (CCU) zusammen.

-  Kohlenstoffdioxid
-  Kohlenstoffverbindungen
-  Umwandlung
-  CO₂-Abgabe an Atmosphäre
-  CO₂-Aufnahme aus Atmosphäre
-  Nahe Zukunft
-  Ferne Zukunft

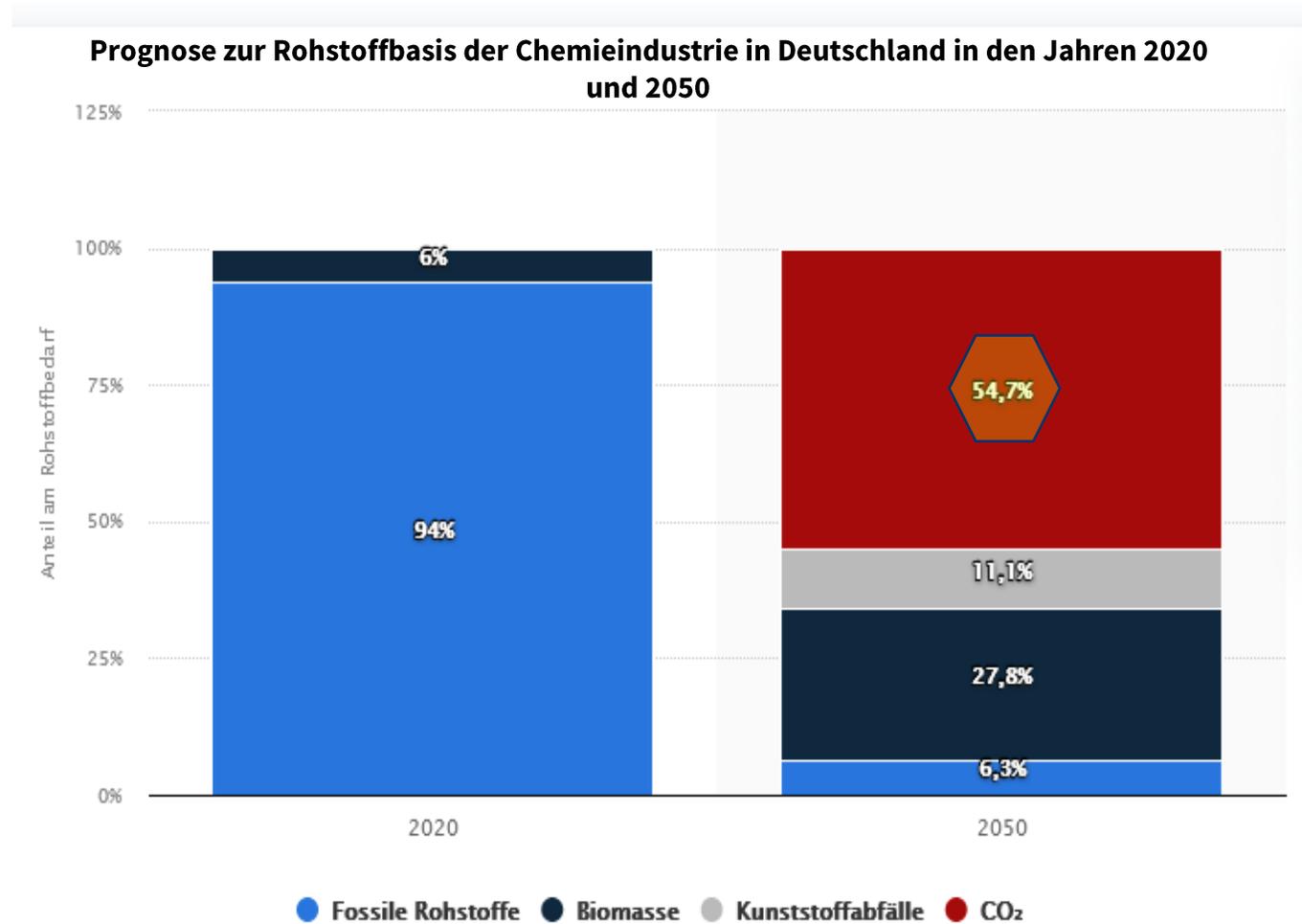


Ermittlung und Deckung des organischen Rohstoffbedarfs

Quelle: VCI Prognos Studie, 2019



Quelle: Statista, 2021



Ermittlung und Deckung des organischen Rohstoffbedarfs

Ableitung des Kohlenstoffbedarfs: Basis der Ausgangswerte: Rohstoffverbrauch 2017 (Bereitstellung durch VCI)

	Produktionswert		NaWaRo		fossile Rohstoffe	
	in Mrd. €	in %	PJ	in %	PJ	in %
Primärchemikalien	4,774	4,2	0	0	604,1	76,4
organische Zwischenprodukte	18,073	16	3,3	3,7	186,7	23,6
Anorganische Grundstoffe	8,9	7,9	0	0	0	0
Düngemittel	3,067	2,7	0	0	0	0
Standardkunststoffe	7,749	6,9	0	0	0	0
Technische Kunststoffe	19,642	17,4	16	18,2	0	0
Chemiefasern	1,982	1,8	5,5	6,2	0	0
Waschmittel, Seifen, Kosmetika	10,882	9,6	24,9	28,3	0	0
Farben & Lacke	13,206	11,7	2,8	3,2	0	0
Pflanzenschutzmittel	3,147	2,8	0	0	0	0
Klebstoffe	1,763	1,6	0	0	0	0
Andere Spezialitäten	19,663	17,4	35,6	40,4	0	0
Pharmazeutika	30,078					
Chemie, gesamt	142,927	100	89,5	100	790,8	100
Chemie	112,849	79	88,1	98,4	790,8	100
Pharma	30,078	21	1,4	1,6	0	0
Basischemie	42,564	29,8	3	3,7	790,8	100
Spezialchemie	70,285	49,2	85	94,7	0	0

→ **Umrechnungsfaktoren** „Roadmap Chemie 2050“ (PJ → Mio. t)

→ Hochrechnung prog. jährliches Wachstum gemäß **VCI-Prognos Studie**

- Pharma: + 2,1 %,
- Spezialchemie: + 1,1 %,
- Basischemie: -0,5 %

Ermittlung und Deckung des organischen Rohstoffbedarfs

		2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Chemie gesamt	NaWaRo [Mio. t]	5,538	5,710	6,022	6,351	6,700	7,070	7,461
(incl. Pharma)	fossile Rohstoffe [Mio. t]	18,093	17,823	17,382	16,952	16,532	16,123	15,724
	Kohlenstoff [Mio. t]	18,278	18,132	17,910	17,706	17,521	17,355	17,208
	<i>davon:</i>							
	Kohlenstoff, fossil [Mio. t]	15,509	15,277	14,899	14,530	14,171	13,820	13,478
	Produktionswert [Mrd. €]	142,927	146,572	153,123	160,313	168,197	176,834	186,290
Chemie	NaWaRo [Mio. t]	5,452	5,618	5,919	6,238	6,574	6,930	7,306
	fossile Rohstoffe [Mio. t]	18,093	17,823	17,382	16,952	16,532	16,123	15,724
	Kohlenstoff [Mio. t]	18,234	18,086	17,859	17,649	17,458	17,285	17,131
	Produktionswert [Mrd. €]	112,849	114,559	117,604	120,905	124,474	128,323	132,467
davon Basischemie	NaWaRo [Mio. t]	0,186	0,183	0,178	0,174	0,170	0,165	0,161
	fossile Rohstoffe [Mio. t]	18,093	17,823	17,382	16,952	16,532	16,123	15,724
	Kohlenstoff [Mio. t]	15,601	15,369	14,988	14,617	14,255	13,903	13,558
	Produktionswert [Mrd. €]	42,564	41,929	40,891	39,879	38,892	37,929	36,990
davon Spezialchemie	NaWaRo [Mio. t]	5,260	5,435	5,741	6,064	6,405	6,765	7,145
	fossile Rohstoffe [Mio. t]	0	0	0	0	0	0	0
	Kohlenstoff [Mio. t]	2,630	2,718	2,870	3,032	3,202	3,382	3,573
	Produktionswert [Mrd. €]	70,285	72,630	76,714	81,027	85,582	90,394	95,476
Pharma	NaWaRo [Mio. t]	0,087	0,092	0,102	0,114	0,126	0,140	0,155
	fossile Rohstoffe [Mio. t]	0	0	0	0	0	0	0
	Kohlenstoff [Mio. t]	0,043	0,046	0,051	0,057	0,063	0,070	0,078
	Produktionswert [Mrd. €]	30,078	32,013	35,519	39,408	43,723	48,511	53,823

Dieser fossile Anteil des Kohlenstoffs müsste für das Erreichen von Klimaneutralität durch andere Kohlenstoffquellen ersetzt werden

CO₂ – Quellen

Verfügbare konzentrierte CO₂-Ströme aus Punktquellen (CO₂-Mengen [Mio. t])

Branche	Anlagen #	2020			2030			2040			2045		
		Gesamt	rohstofflich	energetisch	Gesamt	rohstofflich	energetisch	Gesamt	rohstofflich	energetisch	Gesamt	rohstofflich	energetisch
Energieanlagen >50 MW	469	200,68		200,68	157,68		157,68	62,68		62,68	0		
Energieanlagen 20-50 MW	365	4,90		4,90	4,90		4,90	2,50		2,50	0		
Zementindustrie	36	20,13	13,2	6,93	18	13,2	4,80	15	12	3,00	10,4	10,4	0
Roheisen- u. Stahherstellung	35	30,74			25			18			0		
Kalkindustrie	39	6,38	4,7	1,68	6,38	4,7	1,68	5,5	4,7	0,80	4,7	4,7	0
Zuckerherstellung	20	1,84		1,84	1,7		1,70	keine Angabe			0		
Gipsherstellung	9	0,28											
Raffinerien	23	22,88			18,00			10			0		
Aluminiumherstellung	7	0,96		0,96	0,42		0,42	0,06		0,06	0		
Glas; davon	69	3,598											
Hohlglas	33	1,60	0,29	1,31		0,29			0,29		0,29	0,29	0
Flachglas	15	1,43	0,41	1,01		0,41			0,41		0,41	0,41	0
Glasfasern	8	0,19	0,02	0,17		0,02			0,02		0,02	0,02	0
Sonst. Glaswaren	13	0,39	0,03	0,36		0,03			0,03		0,03	0,03	0
Sonst. Mineral.Erzeugnisse	6	0,34											
Zahlen in rot sind eigene Abschätzungen, Pfadverlauf unklar				Zahlen in blau sind CO₂-Emissionen biogenen Ursprungs				p.a.: pfadabhängig					

Quelle der Zahlen von 2020: VET Bericht 2020 („Bericht über die emissionshandlungspflichtigen Treibhausgasemissionen von stationären Anlagen und Luftverkehr in Deutschland für 2020“) der Deutsche Emissionshandlungsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt.

CO₂ – Quellen

Verfügbare konzentrierte CO₂-Ströme aus Punktquellen (CO₂-Mengen [Mio. t])

Branche	Anlagen #	2020			2030			2040			2045		
		Gesamt	rohstofflich	energetisch	Gesamt	rohstofflich	energetisch	Gesamt	rohstofflich	energetisch	Gesamt	rohstofflich	energetisch
Keramikherstellung	140	1,88		1,88							0		
Papierindustrie	141	4,85		4,85	4,11		4,11	2,58		2,58	0		
Zellstoffherstellung	5	0,15									0		
Chemieindustrie, davon	229	16,53	4,68		p.a.			p.a.			0,61	0,61	
Herstellung Industrieruß	4	0,52											
Adipin- und Salpetersäure	11	0,11									0		
Ammoniaksynthese	5	4,49	4,07		p.a.	p.a.	p.a.	p.a.			0	0	
Ethylenoxid	3	0,19	0,095	0,095	0,19	0,095	0,095	0,15	0,095	0,055	0,095	0,095	
org. Grundchemikalien	158	7,86			p.a.			p.a.			0		
H ₂ und Synthesegas	15	1,63			p.a.			p.a.			0		
Sodaherstellung	6	0,51	0,51		0,51	0,51		0,51	0,51		0,51	0,51	
Sonstiges	27	1,22									0		
Biogasanlagen	216	10	10		10	10		10	10		10	10	
Kläranlagen	1240	0,46	0,46		0,46	0,46		0,46	0,46		0,46	0,46	
Bioethanolherstellung	7	0,76	0,76		0,76	0,76		0,76	0,76		0,76	0,76	
Abfallverbrennungsanlagen	81	9,34 (4,65)	9,34 (4,65)		8,5 (4,25)	8,5 (4,25)		7 (3,5)	7 (3,5)		4,7 (2,35)	4,7 (2,35)	
Summen		356,81			268,93			134,45			32,98		

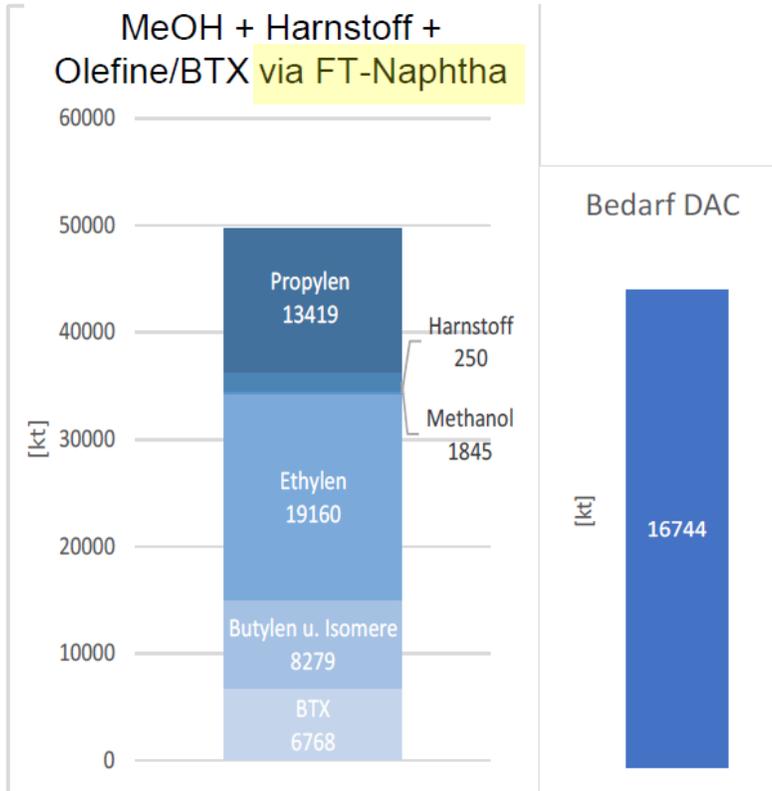
Zahlen in rot sind eigene Abschätzungen, Pfadverlauf unklar

Zahlen in blau sind CO₂-Emissionen biogenen Ursprungs

p.a.: pfadabhängig

Quelle der Zahlen von 2020: VET Bericht 2020 („Bericht über die emissionshandelspflichtigen Treibhausgasemissionen von stationären Anlagen und Luftverkehr in Deutschland für 2020“) der Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt.

CO₂-Bedarfe und CO₂-Quellen im Zieljahr 2045



Strombedarf DAC: 33 TWh

Prozess

FT-Naphtha und...	H2 grün
Kat. Flashpyroly...	konventionell
MeOH und MTA	MeOH und MTO
Methanpyrolyse	mit import. CO ₂

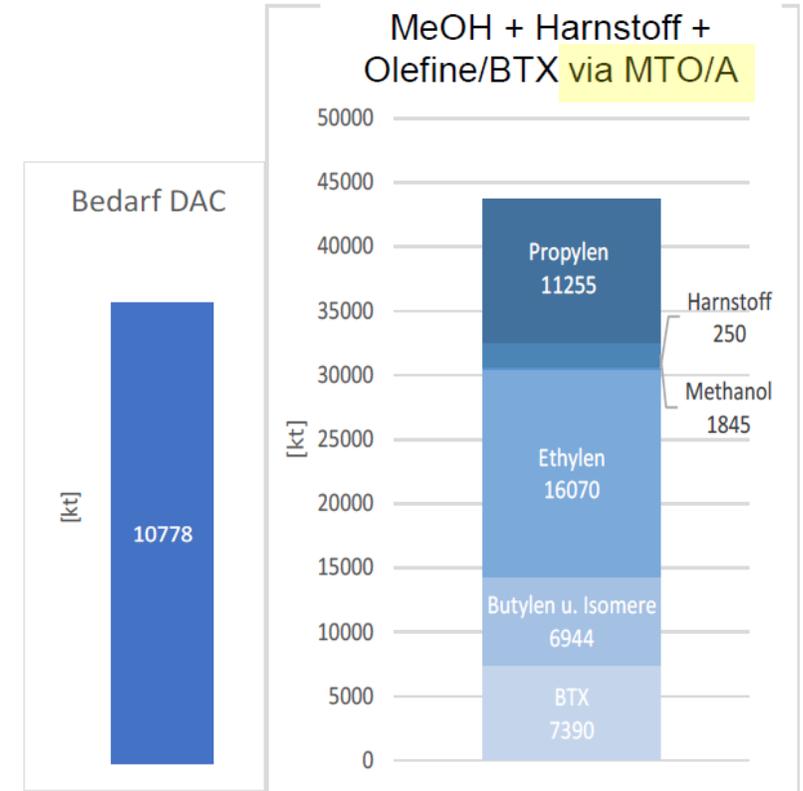
Jahr	Verfügbares CO ₂
2030	270 Mio. t
2040	134 Mio. t
Ab 2045	33,5 Mio. t

CO₂-Quellen 2020, die auch 2045 noch existieren

32 Zementwerke

52 Kalkwerke

55 Müllverbrennungsanlagen



Strombedarf DAC: 21 TWh

Frage 1: CO₂-Quellen in einer klimaneutralen Chemieindustrie

Im Zieljahr 2045 wird CO₂ vsl. bei Weitem die wichtigste Quelle für Kohlenstoff darstellen. CO₂ kann im Wesentlichen aus Punktquellen, biogenen Quellen oder durch Technologien wie Direct Air Capture gewonnen werden.

- a) Welche (dieser) CO₂-Quellen sehen Sie im Vordergrund?
- b) Gibt es CO₂-Quellen, die Sie aufgrund der geringen Qualitäten ausschließen würden? Neben der Reinheit des anfallenden Kohlendioxids ist auch der Kohlendioxidpartialdruck des Gasstromes von Bedeutung, da eine Aufreinigung mit sinkendem Kohlendioxidpartialdruck aufwändiger und damit teurer wird.
- c) Sollen auch Punktquellen wie Kalk- und Zementwerke und Müllverbrennungsanlagen (Siedlungsabfälle) eine Rolle spielen, auch wenn diese teilweise fossile Quellen nutzen (die streng genommen in einer defossilisierten Chemieindustrie nicht zum Einsatz kommen dürfen)?
- d) In die Weiterentwicklung welcher Technologien sollten die meisten Mittel investiert werden? Zum Beispiel DAC*, CCS/CCU**, BECCS/BECCU*** und sonstige.

Frage 2: CO₂ als Rohstoff

Die Chemieindustrie wandelt derzeit jährlich etwa 21 Mio. Tonnen Kohlenstoff in Produkte um, davon knapp 90% aus fossilen Quellen.

- a) Für welche Prozesse und Produkte sollte CO₂ prioritär eingesetzt werden?
- b) Wie kann eine effiziente Kohlenstoffkreislaufwirtschaft aufgebaut werden? Welche Technologien erachten Sie dafür als besonders relevant?
- c) Welche volkswirtschaftlichen Effekte sowie gesamtgesellschaftlichen Potenziale und Risiken/Nebenwirkungen erwarten Sie von den neu zu entwickelnden Technologien?

Frage 3: Carbon Capture and Utilization (CCU)

Ziel von CCU-Technologien ist es, CO₂ aus den Rauchgasen industrieller Punktquellen oder direkt aus der Atmosphäre wieder als Rohstoff und Kohlenstoffquelle für die Industrie verfügbar zu machen.

- a) Welche CCU-Technologien sollten Ihrer Ansicht nach in der Chemieindustrie zur Deckung der Kohlenstoffbedarfe eingesetzt werden?
- b) Gibt es „rote Linien“ für Stoffe, die für CCU verwendet werden können?
- c) Welche politischen Instrumente halten Sie für relevant, um die Entwicklung und den Einsatz der CCU-Technologien in erwünschter Art und Weise voranzutreiben?

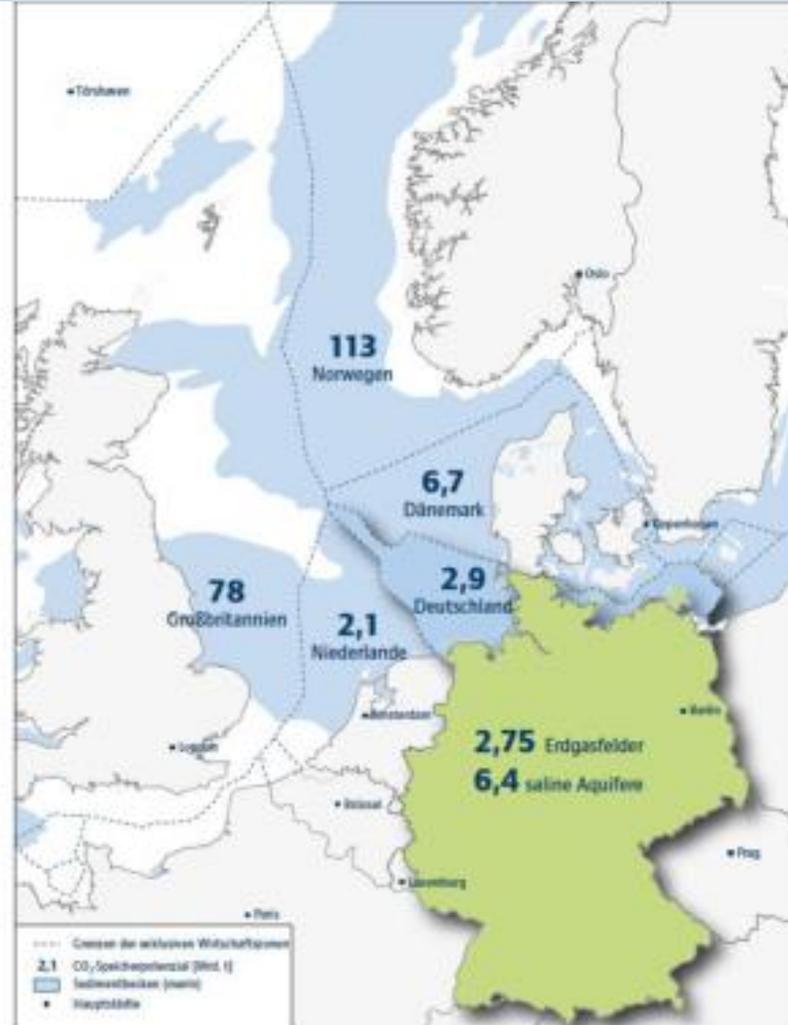
Infrastruktur CCS, CCU

CO2 Pipelines, Speicher, etc.

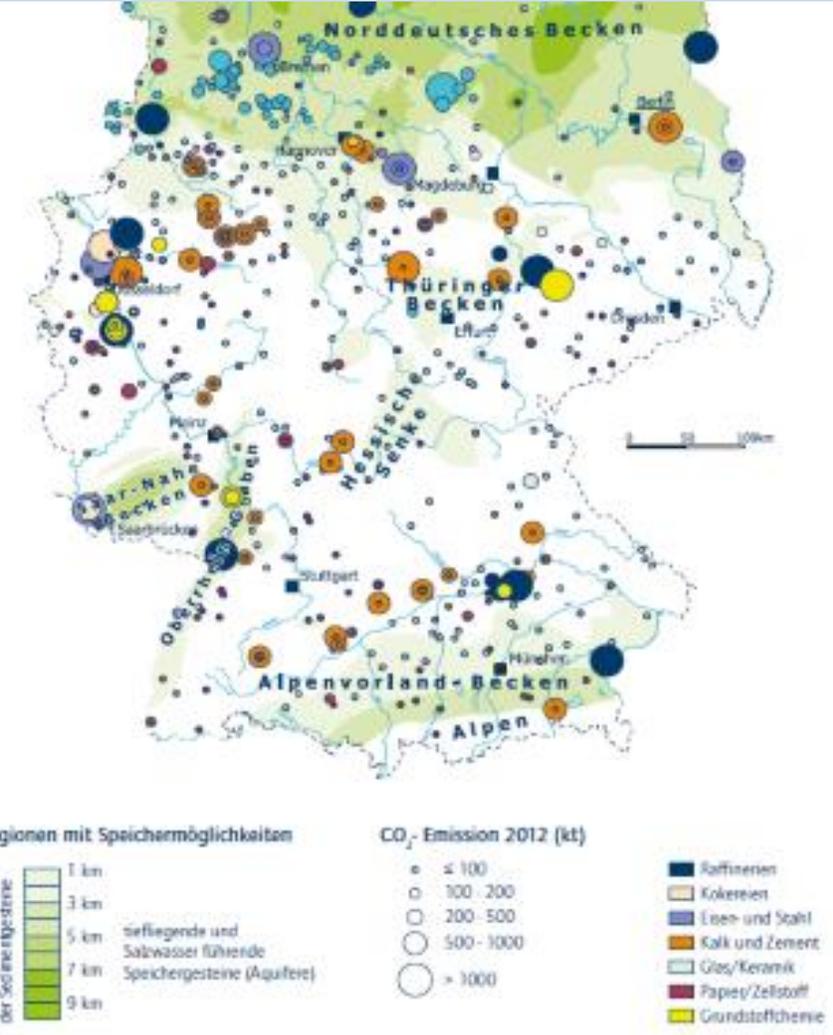
- Erste Analysen zu Pipelines und Infrastrukturen z.B. Speicher
- 16 Szenarien nutzen CCU
- 11 Szenarien nutzen CCS



Vergleich des Transportaufwands für 1 Million Tonnen CO₂ per Pipeline, Schiff, Bahn oder Tankwagen[42]



Prognostizierte CO₂-Speicherpotenziale in Formationen [42]



Frage 4: Carbon Capture and Storage (CCS)

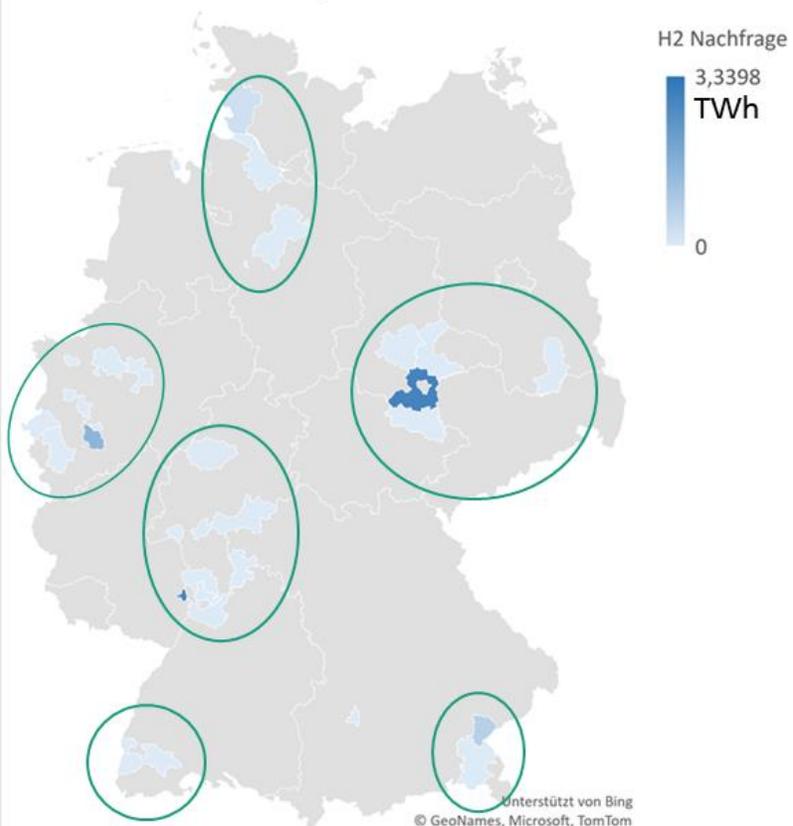
Nach heutigem Stand wird das verfügbare CO₂ nicht ausreichen, um die Bedarfe zu decken. Nach heutigem Stand der Technik kann mit CCS eingespeichertes CO₂ (je nach Lagerstätte) nicht wieder als solches verfügbar gemacht werden.

- a) Lohnt es sich Ihrer Ansicht nach, in Forschung und Entwicklung für CCS-Technologien zu investieren, um heute eingespeichertes CO₂ der Chemieindustrie in Zukunft (Zieljahr 2045) mittels Entnahme zur Verfügung stellen zu können (und dadurch anderen Industrien beim Erreichen einer früheren THG-Neutralität zu unterstützen)?
- b) Gibt es dafür technologische Ansätze? Wenn ja, halten Sie dies für realistisch?
- c) Muss CCS Ihres Erachtens Bestandteil einer Strategie zur Erreichung des Ziels einer treibhausgasneutralen Industrie sein? Wenn ja, wie sollte sich CCS zu CCU verhalten?

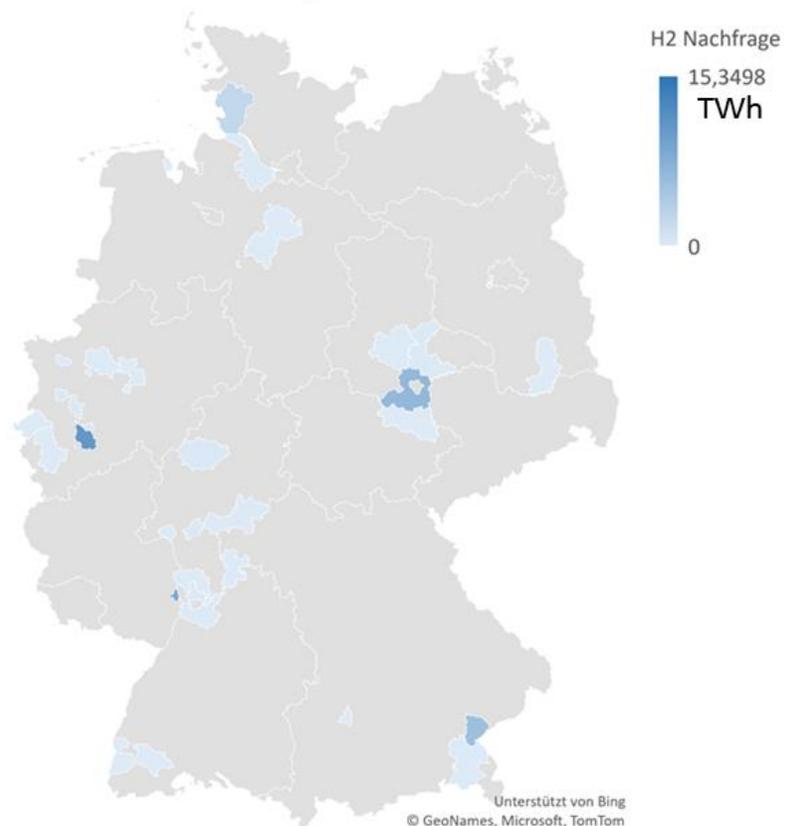
Regionalisierte Analysen

Wasserstoff-/CO₂ Nachfrage der Chemie-Cluster

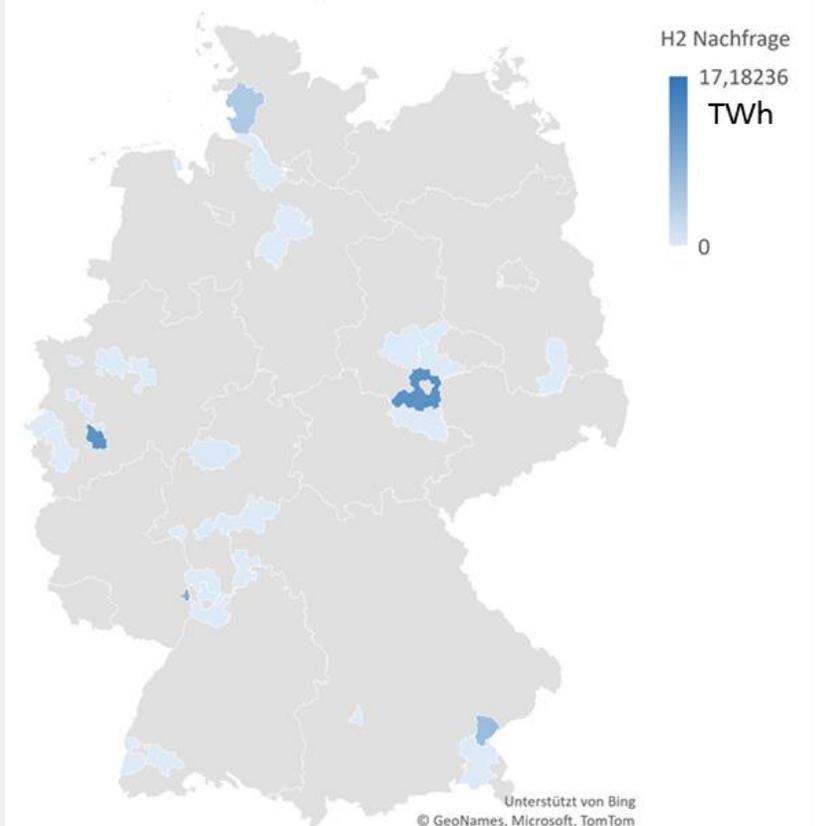
Wasserstoffnachfrage chemische Industrie der
Chemieparkstandorte 2030



Wasserstoffnachfrage chemische Industrie der
Chemieparkstandorte 2040



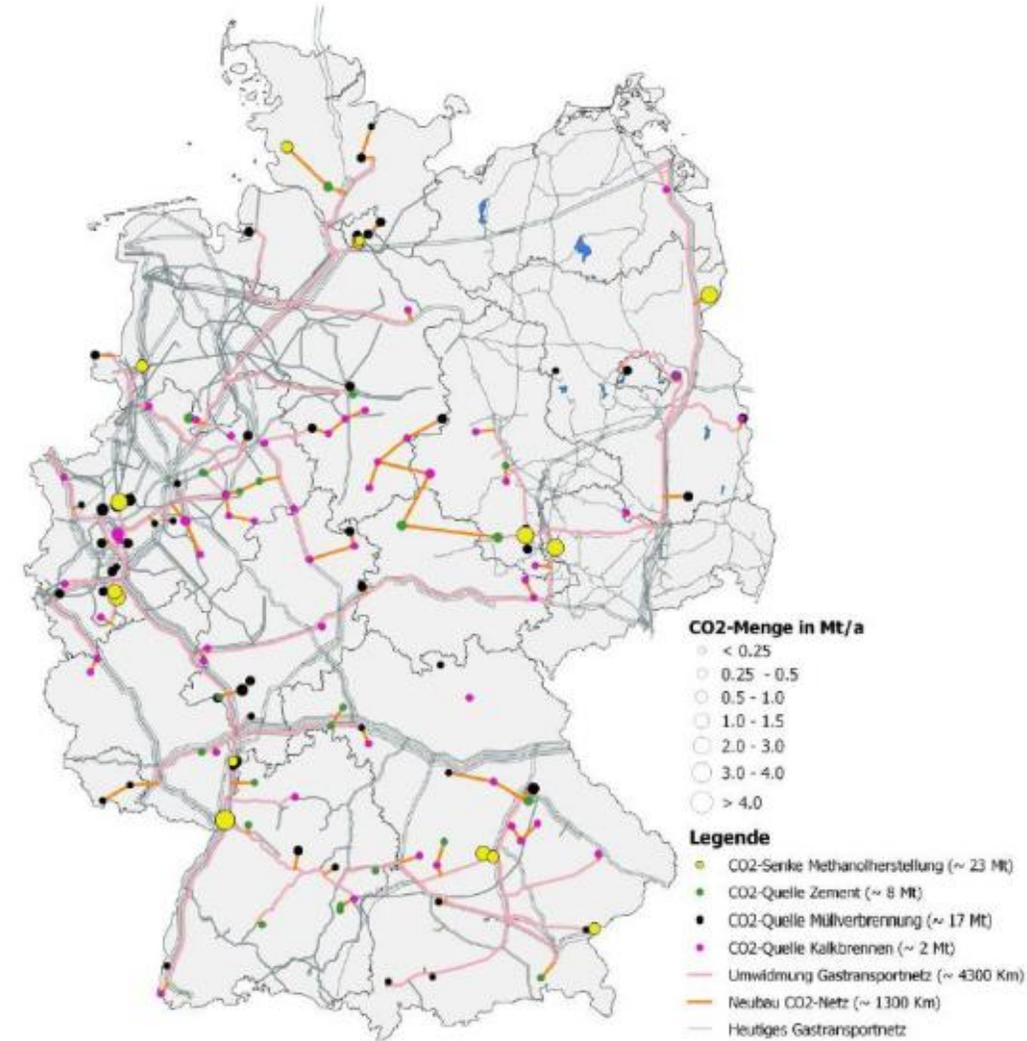
Wasserstoffnachfrage chemische Industrie der
Chemieparkstandorte 2050



Frage 5: (Transport-)Infrastruktur für CO₂

Um CO₂ aus Punktquellen (speichern und) nutzen zu können, bedarf es einer entsprechenden Infrastruktur.

- Welche Infrastruktur wird Ihres Erachtens (wo) vordergründig benötigt (Leitungsgebunden, Schiff, Zug, LKW)?
- Sehen Sie den Aufbau eines DE-weiten Transportnetzes (leitungsgebunden) als erforderlich an oder könnten auch „Insellösungen“ ausreichend sein?
- Haben Sie generelle Bedenken hinsichtlich einer CO₂-Beförderung über Pipelines?



Fh ISI, 2021, Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3, Modul Industrie

Frage 6: Industrielle Symbiosen

Die Nutzung von Nebenprodukten und „Abfällen“ eines Industrieunternehmens durch ein anderes als Sekundärrohstoffe ist ein effektiver Weg, um (Primär)Materialien, die der Natur entnommen wurden, möglichst lang und effizient zu nutzen. Dies kann den Einsatz von Primärrohstoffen anteilig ersetzen.

- a) Welche Möglichkeiten zur Sekundärrohstoffrückgewinnung und -nutzung erachten Sie als besonders relevant für die Chemieindustrie?
- b) Sollte dabei die Symbiose von Unternehmen innerhalb der Chemieindustrie im Vordergrund stehen oder jene über Sektoren hinweg?
- c) Wieviel Prozessenergie kann über Wärmeintegration gewonnen werden?
- d) In welchem Umfang sollten Ihrer Ansicht nach CCU/CCS zur Kohlenstoffrückgewinnung eingesetzt werden?

Frage 7: Sonstiges

Welche regulatorischen Rahmenbedingungen sind aus Ihrer Sicht relevant, um die Versorgung der Chemieindustrie mit Kohlenstoff aus den gewünschten CO₂-Quellen zu befördern? Wie müssen diese Regularien angepasst werden, um den neuen Technologiepfad zu begünstigen?

Welche weiteren Aspekte und Fragen sind aus Ihrer Sicht besonders wichtig, um die Transformation der Chemieindustrie erfolgreich auf den Weg zu bringen?

Bitte nennen Sie maximal 5.

AG 2, 19.09.2022

Wrap-up



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Nächste Sitzungen: Januar 2023

- ◆ Erstellung der Thesenpapiere im schriftlichen Umlaufverfahren auf Basis der (Antworten aus den) Fragebögen
- ◆ Diskussion der Thesenpapiere
- ◆ Deutscher Ingenieurtag (DIT) am 25.5.2023 mit Session zu Chemistry4Climate (online)