

Unvermeidbare CO₂-Mengen aus der Industrie und ihre Infrastrukturen



15. September 2022
Essen

Agenda

Zeit	Thema	Vortragender
15:30 – 15:40	Begrüßung	
15:40 – 16:10	CO ₂ -Entstehung in der Industrie in NRW	Christoph Zeiss, Wuppertal Institut
16:10 – 16:30	Unvermeidbare (?) CO ₂ -Emissionen in Deutschland und mögliche CCUS Infrastrukturen	Dr. Tobias Fleiter, Fraunhofer ISI
16:30 – 16:50	Options for Storage- and Infrastructure of CO ₂ in Europe	Ali Abdelshafy, RWTH Aachen
16:50 - 16:55	Verabschiedung	

CO₂-Entstehung in der Industrie in NRW



Christoph Zeiss, Wuppertal Institut

15. September 2022
Essen

Agenda

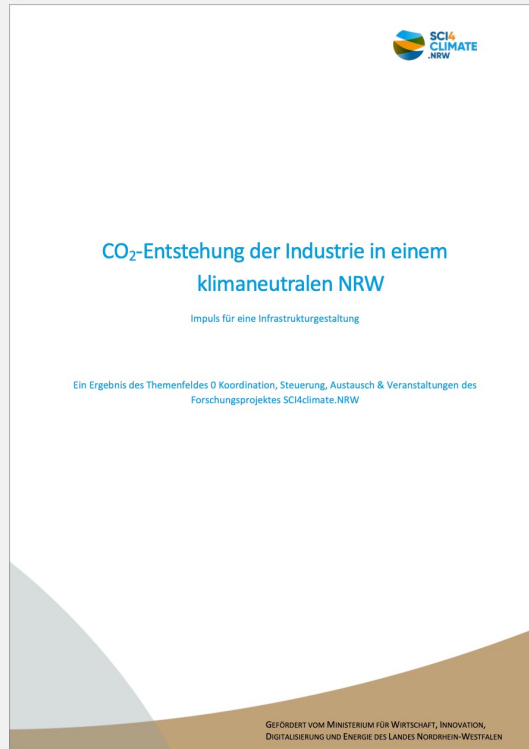
- Fragestellung
- Prozess und Papiere
- Vorgehen
- Berücksichtigte Standorte und Prozesse in NRW
- Annahmen zur Produktionsmengenentwicklung
- CO₂-Entstehung aus industriellen Quellen in NRW im Jahr 2045
- Entwurf einer CO₂-Pipelineinfrastruktur in NRW

Fragestellung

- Welche CO₂-Mengen werden in einer klimaneutralen Industrie 2045 in NRW noch vorhanden sein?
- Welche Transportinfrastrukturen sind für die angenommenen CO₂-Mengen notwendig?
- Nicht betrachtet wurden CO₂-Mengen, die über CCU-Prozesse aus den entstehenden Mengen entnommen werden



Prozess und Papiere



Juni 2021: Christoph Zeiss, Dr. Georg Holtz, Ansgar Taubitz und Dario Zander, Wuppertal Institut

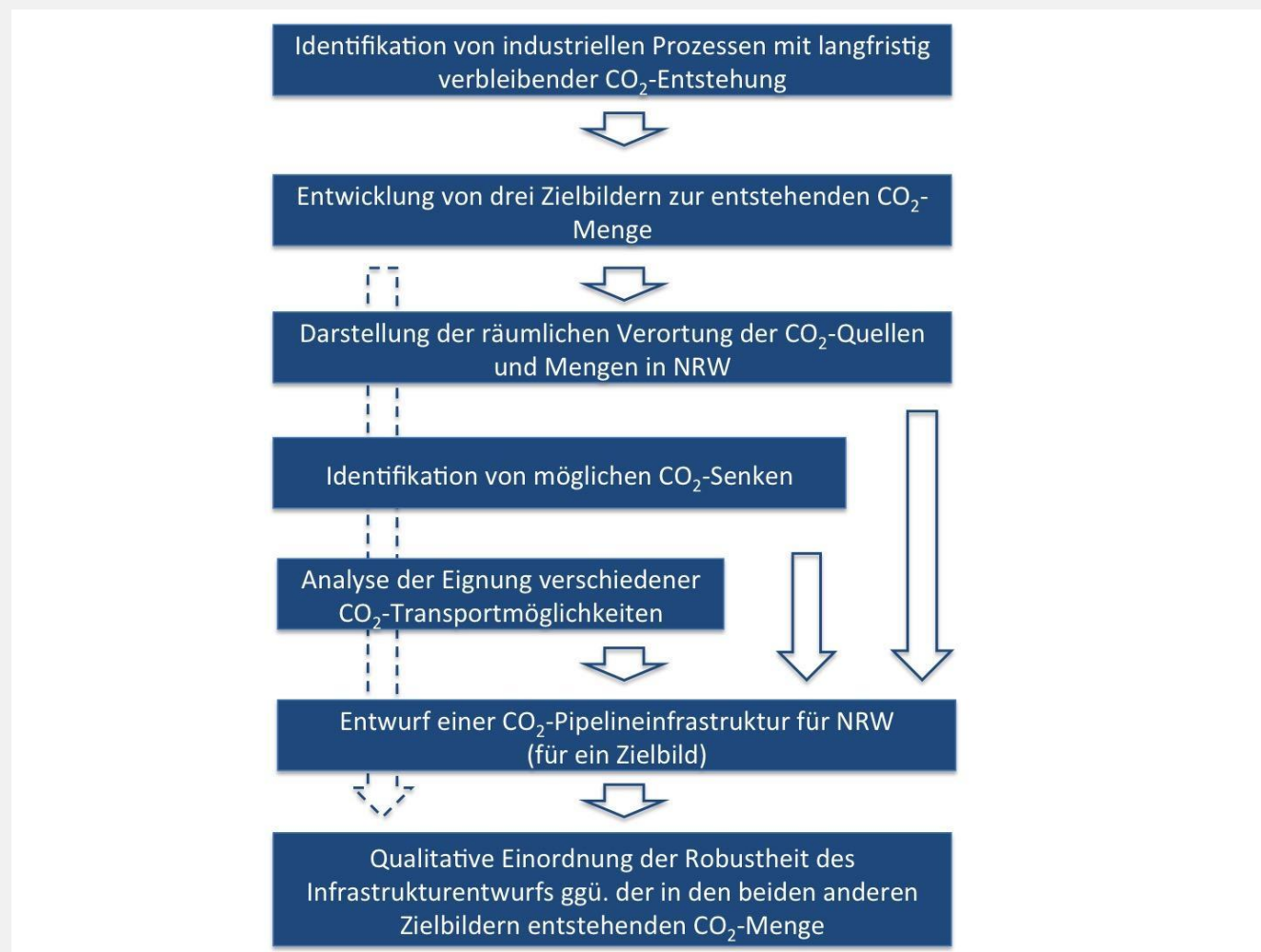


Oktober 2021: Dr. Iris Rieth (IN4climate.NRW), Dr. Christoph Glasner (Fraunhofer UMSICHT), Christoph Zeiss (Wuppertal Institut)



Oktober 2021: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Vorgehen



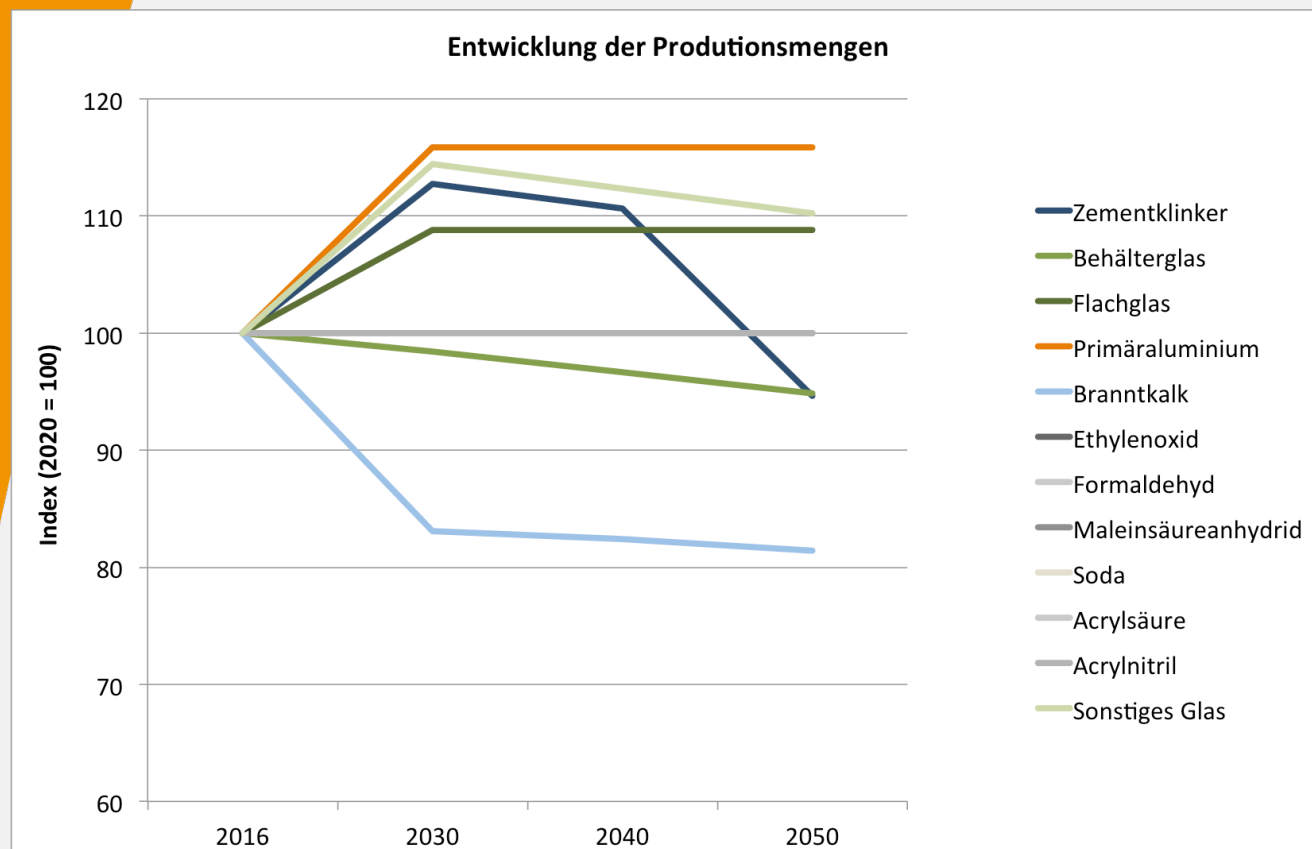
Berücksichtigte Standorte und Prozesse in NRW

	Anzahl Standorte	Anzahl Prozesse
Eisen und Stahl	9	11
Grundstoffchemie	10	17
Zement	10	11
Kalk	10	43
Glas	14	15
Gesamt	53	97

Betrachtete Zielbilder 2045

- **Zielbild Tech_Min:** In diesem Zielbild wird für jede Punktquelle das aus Sicht der Einzelanlage technisch mögliche Minimum der CO₂-Entstehung angenommen. Es wird dafür angenommen, dass der durch die Umstellung einiger Prozesse entstehende, sehr hohe, Bedarf an erneuerbaren Energien gedeckt werden kann und benötigte Infrastrukturen an jedem Standort verfügbar sind.
- **Zielbild SYS:** In diesem Zielbild wird eine systemische Sicht über den Industriesektor hinaus eingenommen, und eine (aus Sicht des Wuppertal Instituts plausible) Abwägung zwischen einer Minimierung der CO₂-Entstehung aus industriellen Quellen, dem dabei entstehenden Bedarf an erneuerbarer Energie, Infrastrukturerfordernissen, Kosten, sowie sonstiger systemischer Effekte (z.B. Verlagerung von Abfallströmen) vorgenommen. Gegenüber dem Zielbild Tech-Min kommen hier vor Allem CO₂-Mengen aus abfallbasierten Alternativbrennstoffen der Zementklinker- und Branntkalkherstellung als auch aus einer thermischen Nutzung von Feedstocks an den Steamcrackern hinzu.
- **Zielbild BECCS:** Dieses, an die Studie „Klimaneutrales Deutschland“ (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2020) angelehnte, Zielbild entspricht weitgehend dem Zielbild SYS. Jedoch werden für die Bereitstellung von Prozessdampf in der Grundstoffchemie sowie für die Bereitstellung von Hochtemperaturwärme für die Walzwerke der Stahlindustrie gezielt biogene Energieträger (gasifizierte Biomasse) eingesetzt, um (in Kombination mit CCS) negative Emissionen zu erzeugen.

Annahmen zur Produktionsmengenentwicklung

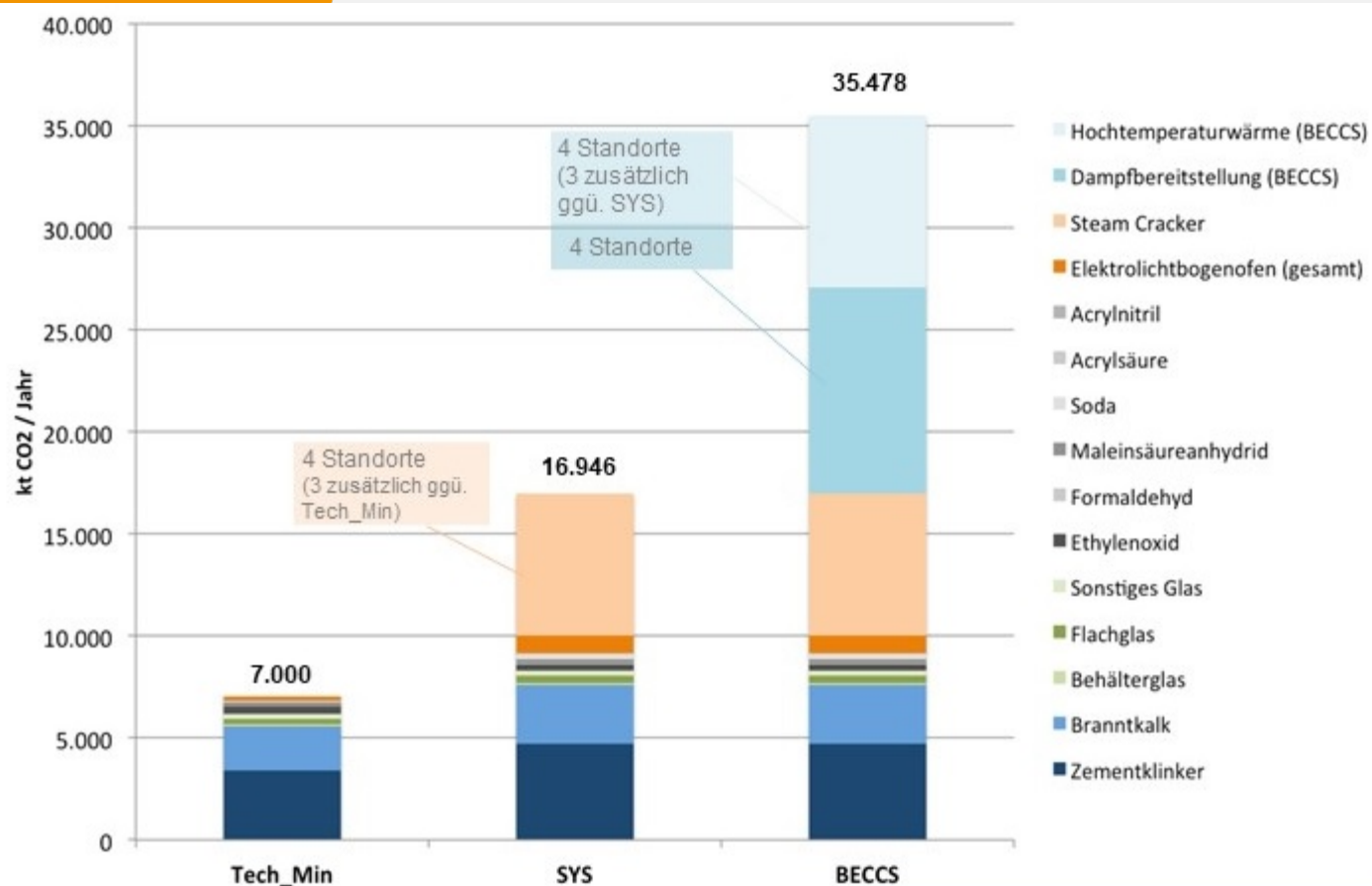


- Zuwächse bei Aluminium, sonstigem Glas (Mineralwolle, Glasfaser) sowie Flachglas
- Gegenläufige Effekte bei Zementklinker
- Reduzierte Nachfrage nach Kalk (Ausstieg Kohleverstromung, Steigender Anteil Sekundärstahl)

Nicht in Abbildung:

- Massiver Zuwachs der Produktion im Elektrolichtbogenofen (durch Umstellung Primärstahl auf DRI/EAF-Route) auf das ca. 8-fache der heutigen Produktionsmenge (bezogen auf NRW)
- Gleichbleibende Produktionsmenge HVC (high value chemicals) in Steam Crackern

CO₂-Entstehung aus industriellen Quellen in NRW im Jahr 2045



Tech_Min:

- Steam Cracker: Elektrifizierung und stoffliche Nutzung von Restchemikalien; Naphtha als Feedstock
- DRI/EAF-Stahl: Rezyklierung von CO₂ in DRI-Synthesegas
- Brannkalk: 50% H₂/Strom, 50% Biomethan
- Zementklinker: Elektrifizierung Kalzinator, Hauptfeuerung: H₂ (20%), Biomethan (80%)

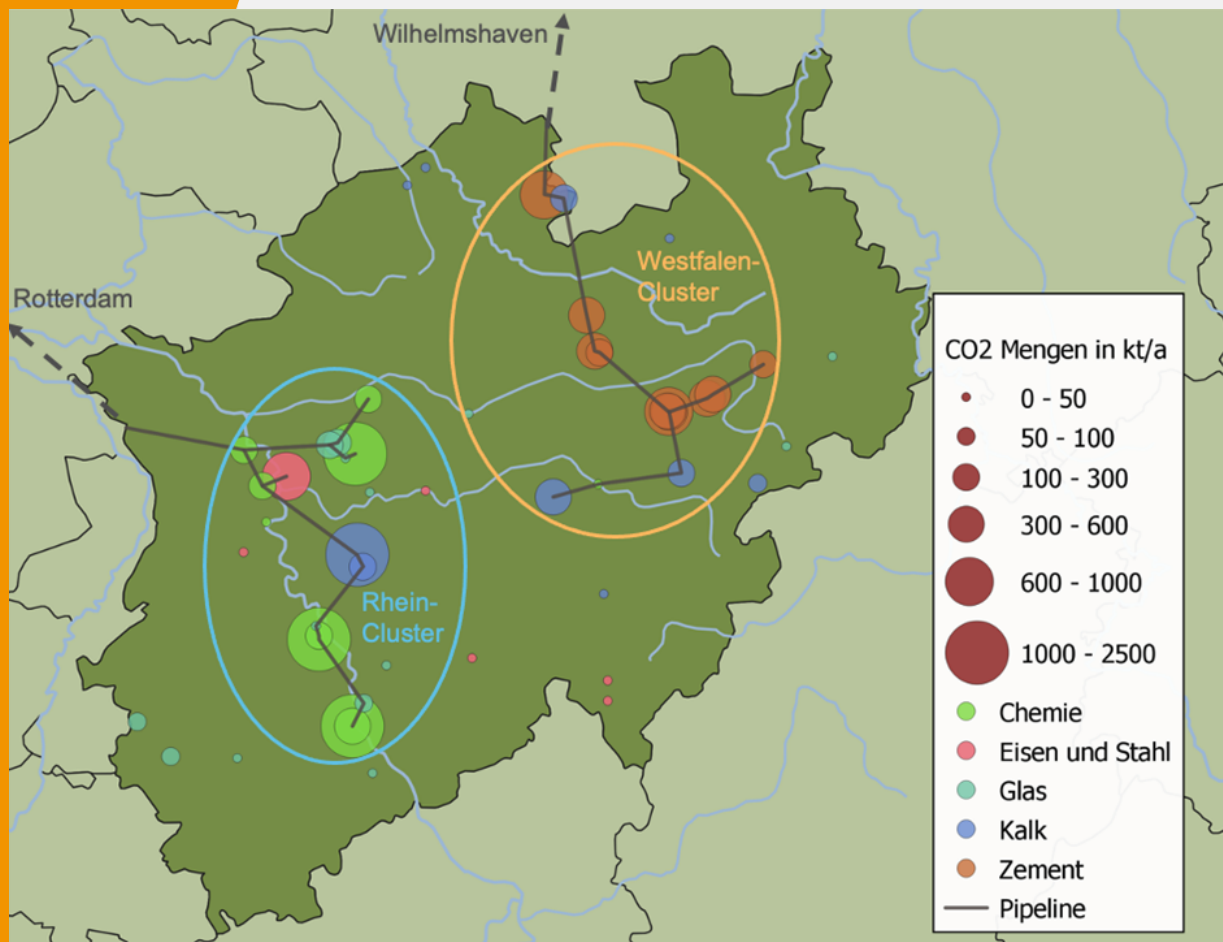
SYS:

- Steam Cracker: konventioneller Prozess und thermische Nutzung von Restchemikalien; Naphtha als Feedstock
- Brannkalk: 50% Alternativbrennstoffe, 50% Biogas
- Zementklinker: 90% Alternativbrennstoffe, 10 % biogene

BECCS:

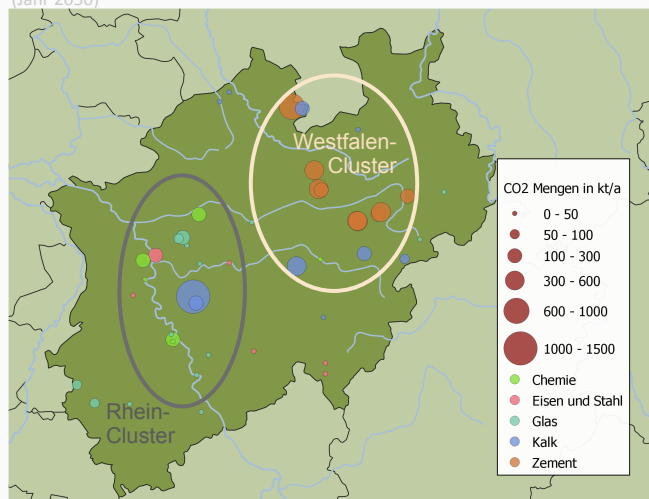
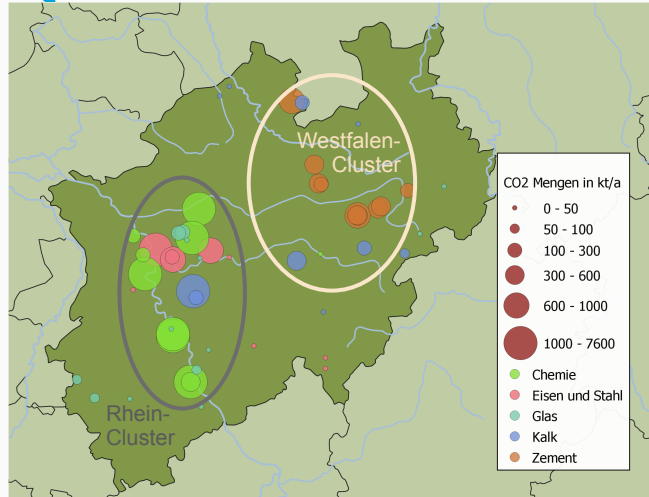
- Einsatz von Biomasse für Dampfbereitstellung (Chemie) sowie für Hochtemperaturwärme (Walzwerke Stahl)

Entwurf einer CO₂-Pipelineinfrastruktur in NRW (Szenario SYS)



- Die Pipeline-Infrastrukturen des Rhein- und Westfalen-Clusters binden 30 von 50 Punktquellen ein. Hierbei werden ca. 16,4 MtCO₂ pro Jahr von den ursprünglich 16,9 MtCO₂ berücksichtigt (ca. 97 %).
- Die Bandbreite des CAPEX für den dargestellten Fall beläuft sich auf ca. 565 bis 1.174 Mio. €, inkl. einer Abweichung von +- 35% [6][7].
- Die Gesamtlänge der Pipelineinfrastruktur beträgt 507 Kilometer.
- Der CO₂-Transport erfolgt zunächst zu den Häfen Rotterdam (Rhein-Cluster) und Wilhelmshaven (Westfalen-Cluster) sowie anschließend daran zu den geologischen Speicherstätten in der Nordsee.

QUALITATIVE EINORDNUNG DER SZENARIEN BECCS UND TECH_MIN



- Die im Jahr 2045 anfallenden CO₂-Mengen in den Szenarien BECCS und Tech_Min würden keine wesentlichen Veränderungen in der zuvor dargestellten Pipelineinfrastruktur des Westfalen-Clusters bedeuten.
- Im Rhein-Cluster des BECCS Szenarios würden zusätzlich 3 Punktquellen (Stahlindustrie) hinzukommen. Weiterhin gibt es einen deutlichen Anstieg der CO₂-Mengen einiger Chemiestandorte (z. B. Dormagen) sowie des Stahlstandortes Duisburg. Hinsichtlich der Länge der Pipelineinfrastruktur bedeutet dies nur eine geringfügige Veränderung. Im Hinblick auf den deutlichen Anstieg der Volumina müsste eine Anpassung der Kapazität erfolgen.
- Das Tech_Min Szenario weist im Rhein-Cluster gegenüber dem Szenario SYS deutlich kleinere CO₂-Mengen auf, was maßgeblich auf den Wegfall von 4 Steam Crackern als große Punktquellen aus dem Chemiesektor zurückzuführen ist. Aufgrund der deutlich reduzierten CO₂-Mengen müsste der Bedarf und die Auslegung einer CO₂-Pipelineinfrastruktur erneut geprüft werden.

Fazit

- Die zukünftig (2045) an industriellen Quellen in NRW entstehenden “unvermeidbaren” CO₂-Mengen schätzen die Autoren in der Größenordnung von 7 Mt CO₂/a bis 16,9 Mt CO₂ ab. Aus systemischer Sicht (negative Emissionen) könnte auch die Entstehung, Abscheidung und dauerhafte Bindung einer größeren CO₂-Menge von bis zu 36 Mt CO₂/a sinnvoll sein.
- Die zukünftige CO₂-Entstehung an den Steamcrackern hat in zwei der drei betrachteten Zielbilder einen signifikanten Anteil an der gesamten CO₂-Menge. Die Mengen treten zudem sehr konzentriert an nur wenigen Standorten auf. Die zukünftige Entwicklung der CO₂-Entstehung an Steamcrackern ist gleichzeitig mit vielen Unsicherheiten behaftet
- Durch Einbindung von über der Hälfte der Punktquellen (30 von 50) in eine CO₂-Pipelineinfrastruktur im Zielbild SYS lässt sich bereits der allergrößte Teil (97 %) des entstehenden CO₂ abscheiden und zu Senken transportieren.
- Für die entstehenden CO₂-Mengen und unter Berücksichtigung der geographischen Lage und Infrastrukturanbindung der Standorte ist für einen großen Teil der Standorte der CO₂-Transport per Pipeline die sinnvollste Lösung.
- In Westfalen (“Westfalen-Cluster”) empfiehlt sich der Einschätzung der Autoren nach in allen betrachteten Zielbildern der Aufbau eines CO₂-Pipelinesystems.
- An Rhein und Ruhr (“Rhein-Cluster”) ist die zukünftige CO₂-Entstehung an den Steamcrackern der Chemieindustrie sowie mögliche CO₂-Entstehung im Rahmen einer *BECCS-Strategie* ausschlaggebend für eine zukünftige CO₂-Infrastruktur.

**VIELEN DANK
FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!**

<https://www.in4climate.nrw/akteure/wissenschaft>

TECHNOLOGISCHER HINTERGRUND DER ANGENOMMENEN ZUKÜNFTIGEN SPEZIFISCHEN CO₂-ENTSTEHUNG

	Tech_Min	SYS	BECCS
Acrylsäure, Ethylenoxid, Formaldehyd, Maleinsäureanhydrid	(gleichbleibende Prozesse mit prozessbedingten Emissionen)	(gleichbleibende Prozesse mit prozessbedingten Emissionen)	(gleichbleibende Prozesse mit prozessbedingten Emissionen)
Soda	Optimiertes Solvay-Verfahren (kein CO ₂)	Solvay-Verfahren (prozessbed. CO ₂)	Solvay-Verfahren (prozessbed.CO ₂)
Steam Cracker (Naphtha als Feestock; inkl. Nutzung von Restchemikalien)	Elektrifizierung; stoffliche Nutzung von Restchemikalien	Konventioneller Betrieb, thermische Nutzung von Restchemikalien	Konventioneller Betrieb, thermische Nutzung von Restchemikalien
Dampfbereitstellung Chemiapark	Strom / H ₂	Strom / H ₂	Gasifizierte Biomasse
Aluminiumelektrolyse	Inerte Anode	Inerte Anode	Inerte Anode
Elektrolightbogenofen (Schrott / DRI)	Anodenabbrand, C-basierte Schaumslaggebildner. DRI-EAF:Rezyklisierung von CO ₂ in DRI-Synthesegas	Anodenabbrand, C-basierte Schaumslaggebildner	Anodenabbrand, C-basierte Schaumslaggebildner
Stahl (HT-Wärme für Walzwerke)	H ₂	H ₂	Gasifizierte Biomasse
Zementklinker	Elektrifizierung Kalzinator, Hauptfeuerung: 20% H ₂ , 80% Biomethan	90% ABS, 10% biogene Brennstoffe	90% ABS, 10% biogene Brennstoffe
Branntkalk	50% H ₂ /Elektrifizierung, 50% Biomethan	50% ABS, 50% Biogas (aufbereitet)	50% ABS, 50% Biogas (aufbereitet)
Behälterglas / Flachglas	Elektrische Zusatzheizung, Beimischung H ₂ ins Brenngas (50% _{vol}), Biomethan	Elektrische Zusatzheizung, Biogas (aufbereitet)	Elektrische Zusatzheizung, Biogas (aufbereitet)
Spezialglas, Glasfaser	Elektrifizierung	Elektrifizierung	Elektrifizierung
Steinwolle	(Effizienter) konventioneller Prozess	(Effizienter) konventioneller Prozess	(Effizienter) konventioneller Prozess