

# Bilanzierung konventioneller Produktionsprozesse und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten in der deutschen Industrie

Hannes Kracht

Präsentation der Master's Thesis



# Agenda

- 1 Motivation und Forschungsfragen
- 2 Methodik
- 3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten
- 4 Fazit und Ausblick



# Agenda

- 1 Motivation und Forschungsfragen
- 2 Methodik
- 3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten
- 4 Fazit und Ausblick



# Die deutsche Industrie



[1]

## Starkes Signal für Transformationsprogramm SALCOS® der Salzgitter AG

15.09.2022 | Pressemeldung der Salzgitter AG

- Niedersächsischer Ministerpräsident Weil und BMWK-Staatssekretär Wenzel unterzeichnen Verwaltungsvereinbarungen zur Bereitstellung von Fördermitteln
- Finanzierung für CO<sub>2</sub>-arme Stahlproduktion weiter konkretisiert
- Wichtiger Schritt der Transformation der Stahlerzeugung in Salzgitter

Landesregierung Niedersachsen und Bundesregierung senden mit der



[4]



Heidelberg Materials

## Größter deutscher Zementhersteller warnt vor Werkschließungen

[2]

Die hohen Energiepreise treffen auch den Baustoffkonzern. Heidelberg Materials muss laut dem Konzernchef Werke schließen, wenn die Preise nicht sinken. Er erwartet für 2023 Zusatzkosten in Milliardenhöhe.

28.09.2022, 18.06 Uhr



## ERSTE ANLAGE ZUR CO<sub>2</sub>-RÜCKGEWINNUNG IN DER ZEMENTINDUSTRIE IN BETRIEB GEGANGEN

MdB Daniela Ludwig besichtigt Pilotanlage in Rohrdorf und informiert sich über Verwendungsmöglichkeiten des gewonnenen CO<sub>2</sub>.

Rohrdorf, 10. Oktober 2022 - Seit Mitte September ist Deutschlands erste Anlage zur CO<sub>2</sub>-Rückgewinnung in der Zementindustrie in Rohrdorf in Betrieb. Am vergangenen Donnerstag besichtigte CSU-Bundestagsabgeordnete Daniela Ludwig das Zementwerk und ließ sich die technischen Details der neuen Anlage sowie die Möglichkeiten und Voraussetzungen für die Verwendung des gewonnenen Kohlendioxids erläutern. Derzeit lässt Rohrdorfer untersuchen, ob das CO<sub>2</sub> lebensmitteltechnisch ist und somit an die regionale Getreideindustrie geliefert werden könnte. Zudem wird die Produktion von Ammoniumsulfat vorbereitet.

Bald womöglich bei



[5]



[3]

## Das Potenzial von grünem Ammoniak für unser Klima

Ammoniak ist eine der am meisten hergestellten Chemikalien weltweit. Der Bedarf an grünem Ammoniak als Grundchemikalie wird sich bis zum Jahr 2050 sogar noch verdoppeln. Denn: grünes Ammoniak ist ein ideales Transportmittel für Wasserstoff und somit zentral für die grüne Transformation der Industrie und das Gelingen der Energiewende.



[6]

[1] <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/unternehmen/energie-preise-strom-gas-stahlbranche-arcelormittal-thyssenkrupp-101.html> (Abruf: 27.10.2022)

[2] <https://www.manager-magazin.de/unternehmen/energie/heidelberg-materials-groesster-deutscher-zementhersteller-warnt-vor-werkschliessungen-wegen-energiekosten-a-530c3bbe-3ec8-498d-b564-2aaf2640a547> (Abruf: 27.10.2022)

[3] <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/ludwigshafen/basf-rutscht-in-deutschland-in-die-roten-zahlen-100.html> (Abruf: 27.10.2022)

[4] <https://www.salzgitter-ag.com/de/newsroom/pressemeldungen/details/starkes-signal-fuer-transformationsprogramm-salcosr-der-salzgitter-ag-20105.html> (Abruf: 27.10.2022)

[5] <https://www.rohrdorfer.eu/deutschlands-erste-anlage-zur-co2-rueckgewinnung-in-der-zementindustrie-in-betrieb-gegangen/> (Abruf: 27.10.2022)

[6] <https://www.thyssenkrupp.com/de/stories/nachhaltigkeit-und-klimaschutz/warum-die-energie-wende-nur-mit-gruenem-ammoniak-gelingen-wird> (Abruf: 27.10.2022)

# Forschungsfragen

## Konventionelle Prozesse - Status Quo

### Forschungsfrage 1

Welche techno-ökonomischen Parameter weisen die ausgewählten Industrieprozesse auf?

## Innovative Technologien

### Forschungsfrage 2

Welche innovativen Prozesse bestehen in den energie- und emissionsintensiven Branchen Zement, Stahl und Chemie und welche techno-ökonomischen Parameter weisen sie auf?

### Forschungsfrage 3

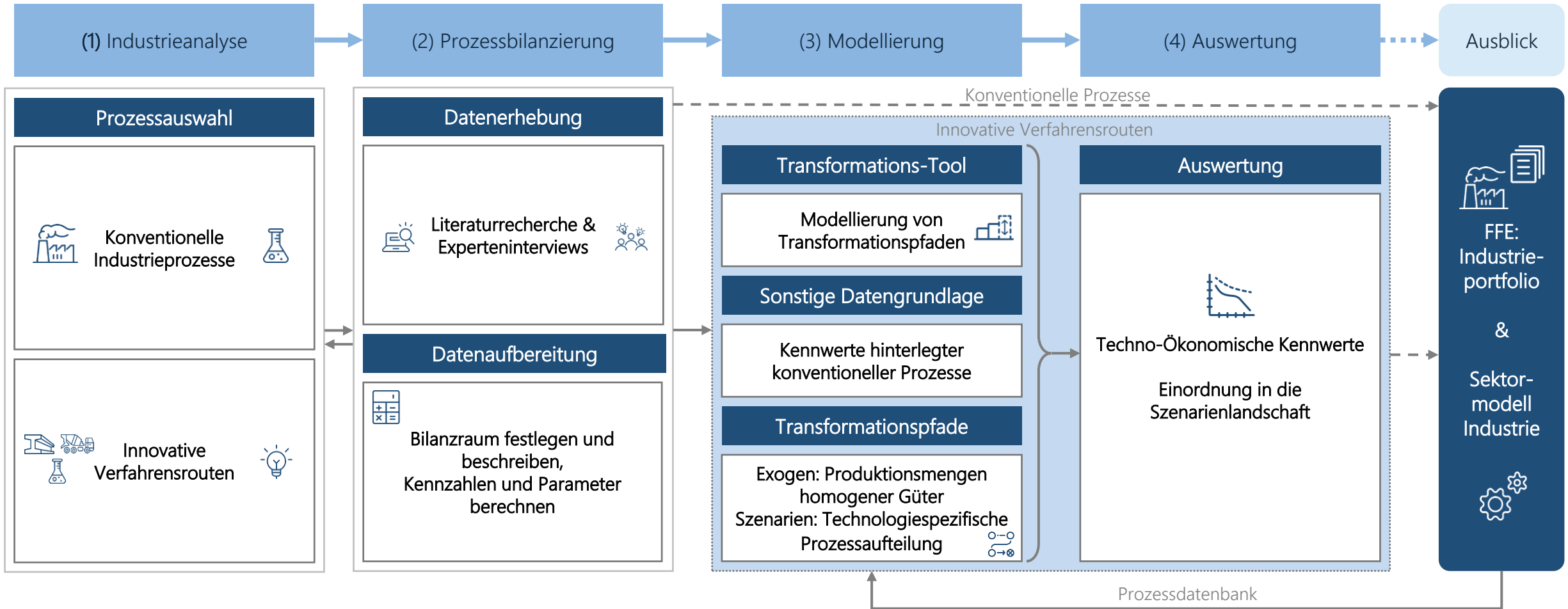
Wie entwickeln sich die techno-ökonomischen Kennwerte der untersuchten Branchen in Abhängigkeit der Verfügbarkeit innovativer Verfahrensrouten?

# Agenda

- 1 Motivation und Forschungsfragen
- 2 Methodik
- 3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten
- 4 Fazit und Ausblick



# Methodik



## Legende



# Agenda

- 1 Motivation und Forschungsfragen
- 2 Methodik
- 3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten
- 4 Fazit und Ausblick





# Überblick der innovativen Verfahren

# Endenergieverbrauch

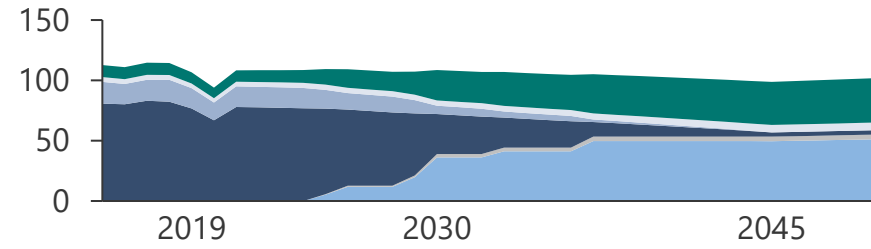
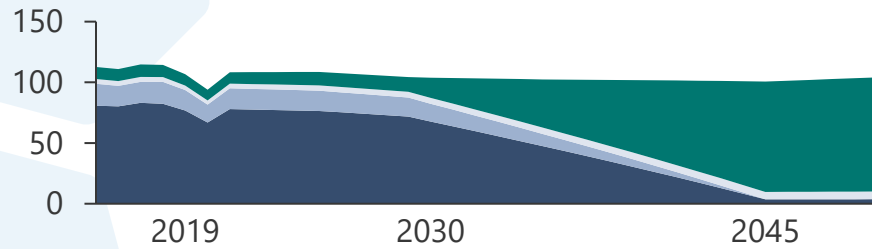
Stahl: Hochtemperatur-Elektrolyse

Stahl: Best Guess

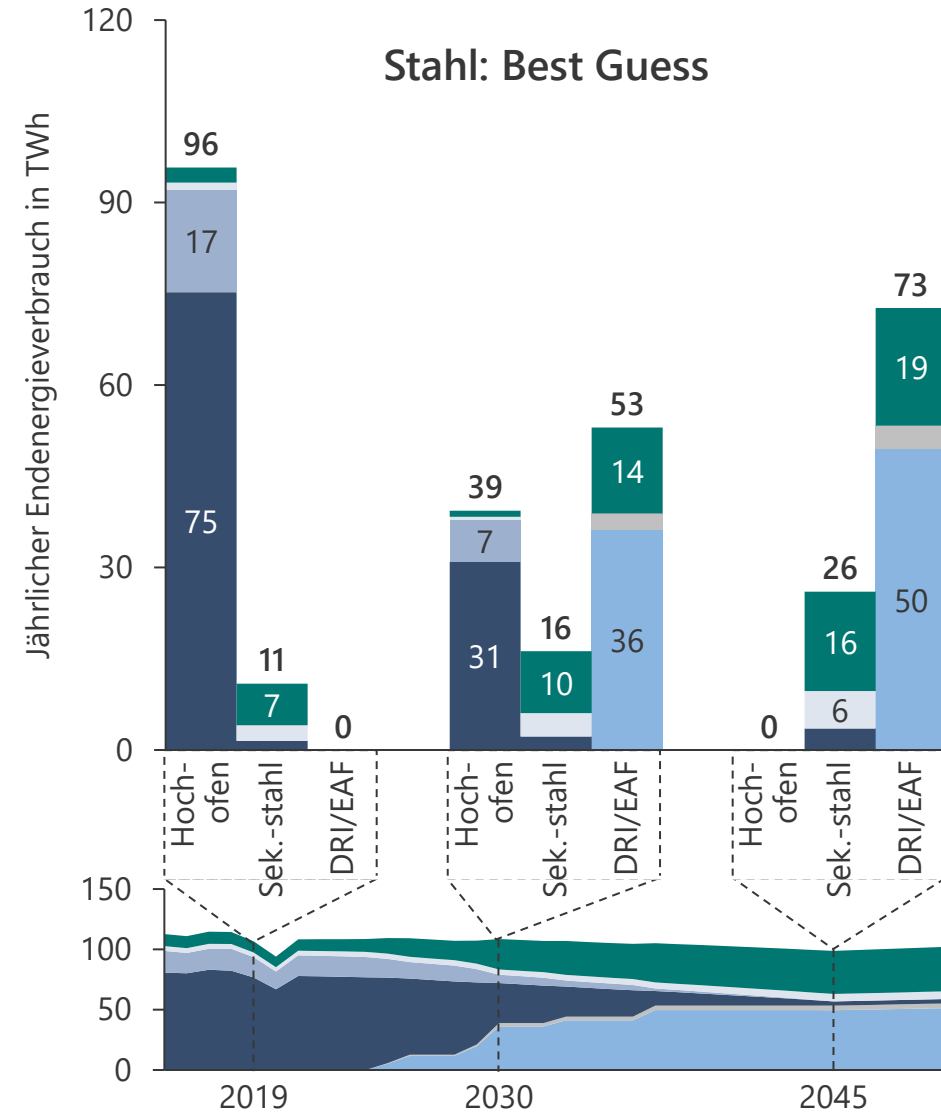
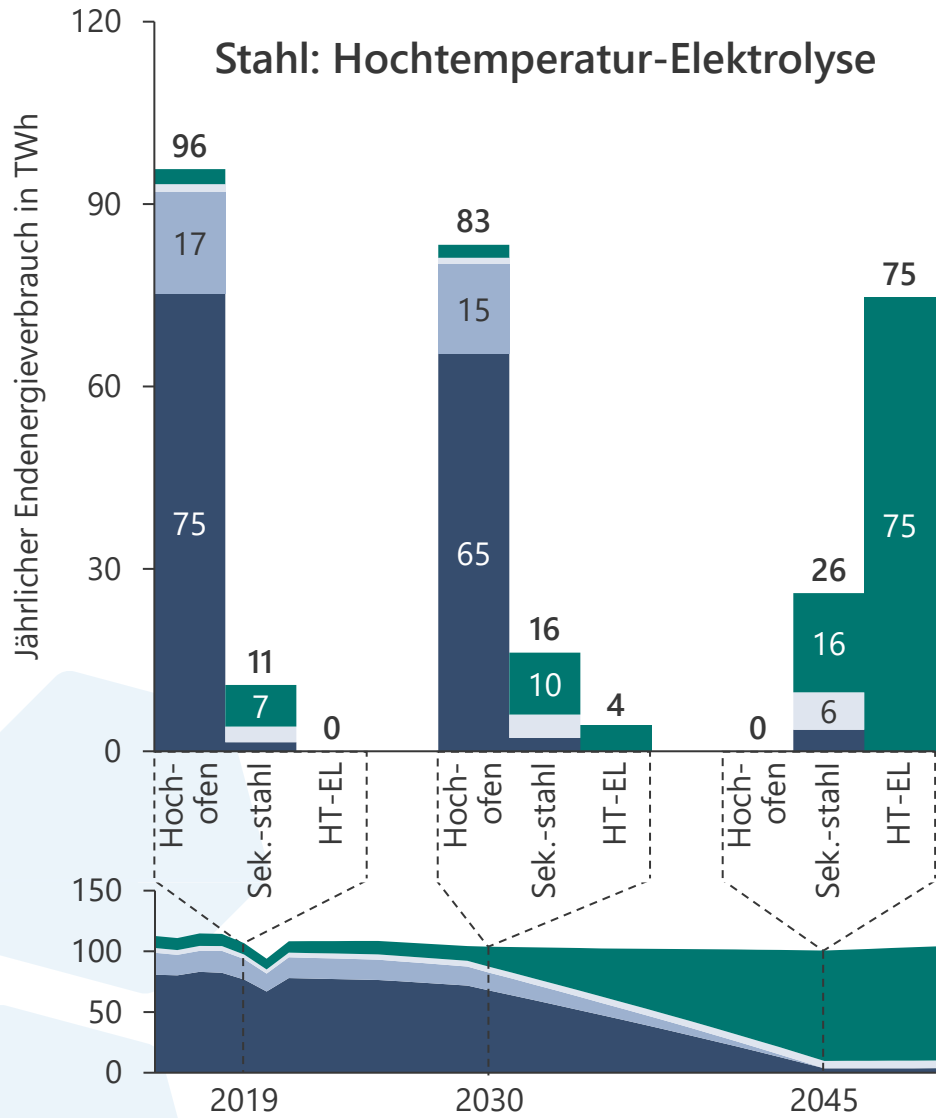
# Endenergieverbrauch

Stahl: Hochtemperatur-Elektrolyse

Stahl: Best Guess



# Endenergieverbrauch in 2019 – 2030 - 2045



# Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Stahl: Hochtemperatur-Elektrolyse

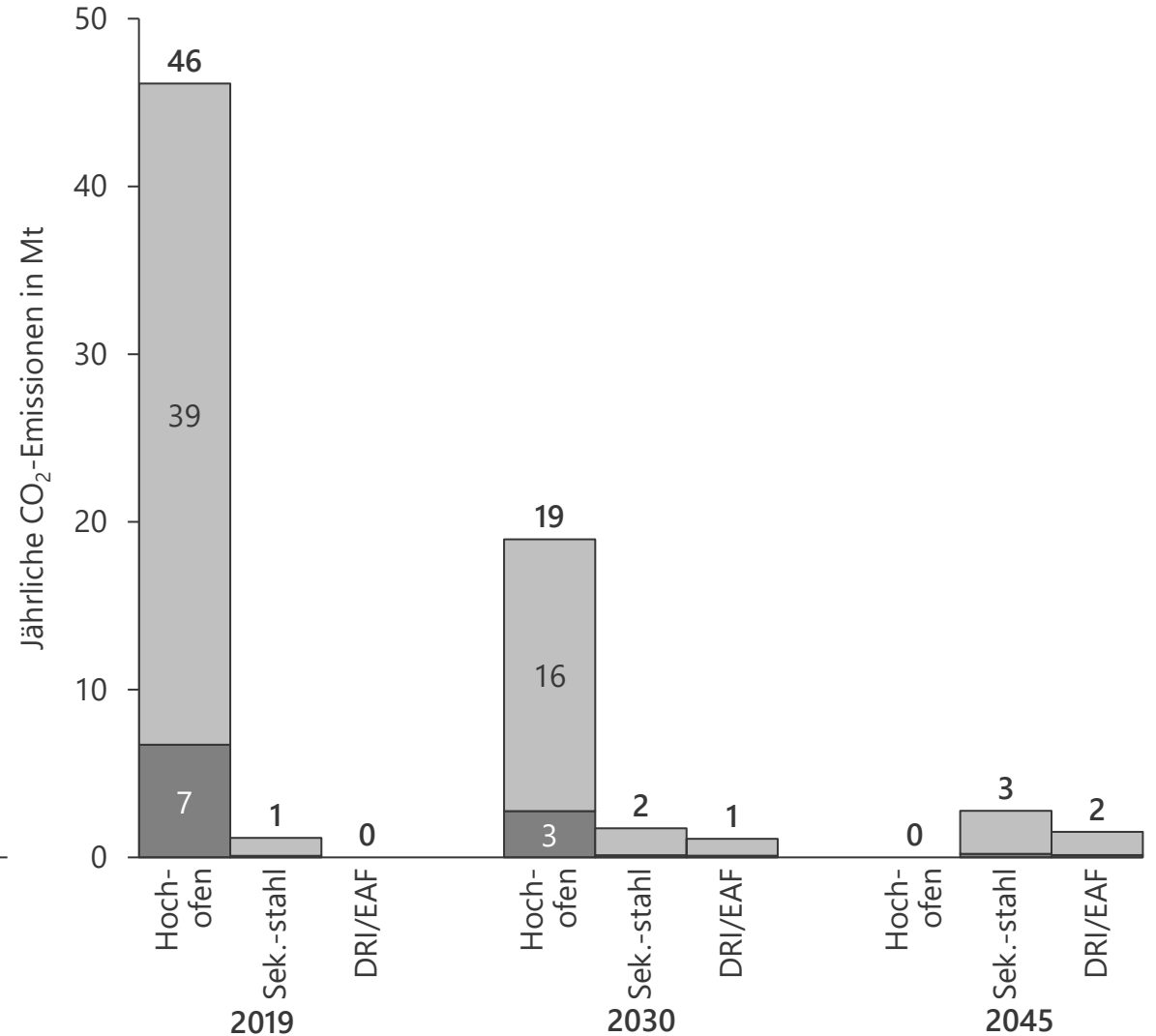
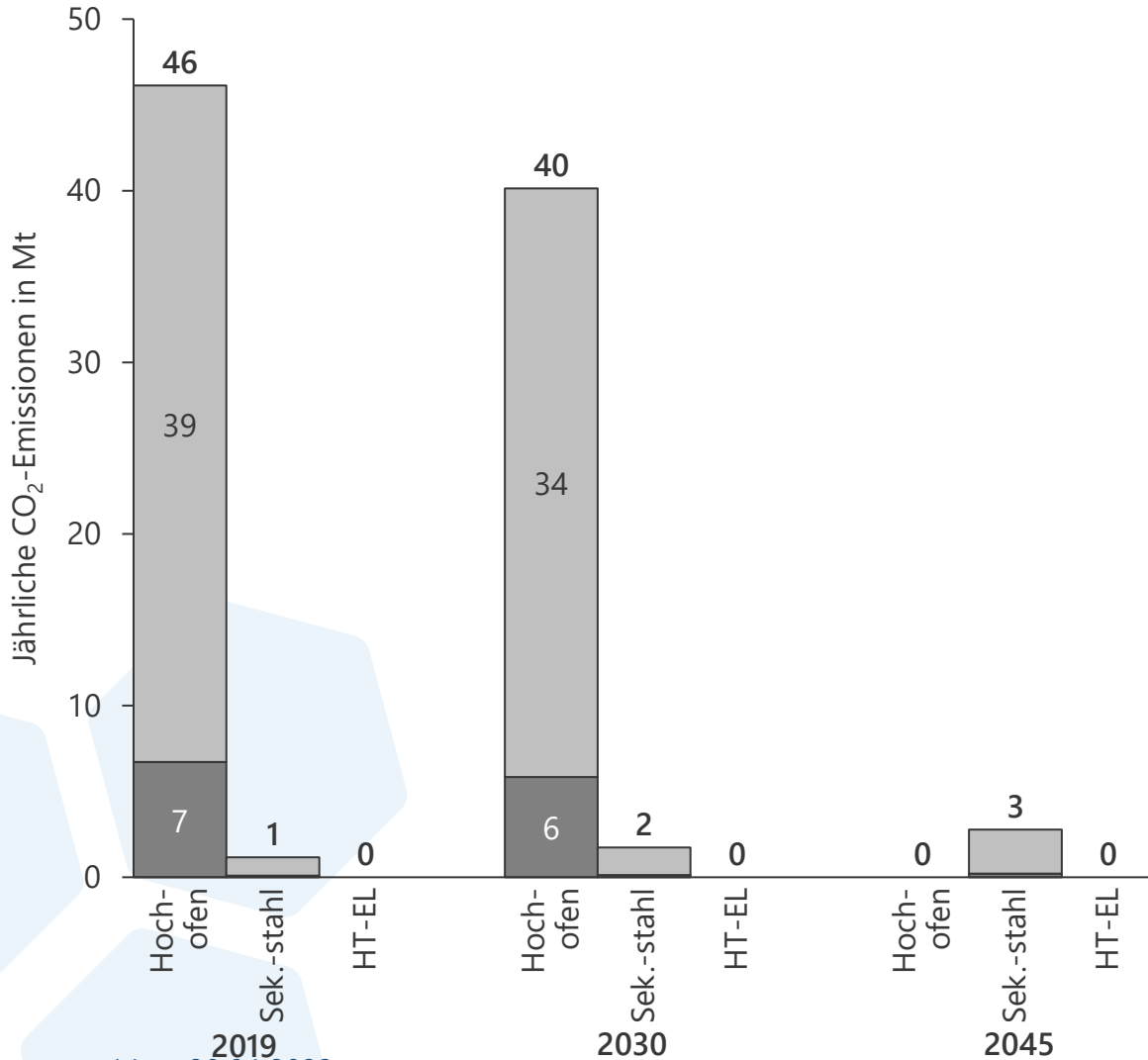
Stahl: Best Guess



# Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

## Stahl: Hochtemperatur-Elektrolyse

## Stahl: Best Guess



brennstoffbedingte Emissionen
  Prozessemissionen

# Agenda

- 1 Motivation und Forschungsfragen
- 2 Methodik
- 3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten
- 4 Fazit und Ausblick



# Take Aways



## Stahlindustrie

- Der Ausbau der Sekundärstahlroute auf ihr maximales Potential ist ein „No-Brainer“.
- Wasserstoff kann bis zur Hälfte des konstant bleibenden EEV abdecken, der Rest wird elektrifiziert.
- Verbleibende Emissionen erfordern die Erprobung alternative Brennstoffe und biogener Kohlenstoffmaterialien.



## Zementindustrie

- Alternative Bindemittel senken die Emissionen nur teilweise und erfordern weitere Maßnahmen.
- Carbon Capture Verfahren erhöhen den Energieverbrauch signifikant.



## Grundstoffchemie

- Die elektrifizierte Methanpyrolyse erhöht den EEV kaum, benötigt allerdings weiterhin Erdgas als Rohstoff.
- Die Elektrolyse verdoppelt bis verdreifacht den EEV, ein Mischszenario schwächt diese Erhöhung deutlich ab.



# Volle Kraft voraus!

## Die Transformation nimmt Fahrt auf.

### Wasserstoffherzeugung für klimaneutrale Stahlproduktion

5. April 2023, 13:29 Uhr | Lesezeit: 2 min



Ein Elektrolichtbogenofen auf dem Gelände eines Stahlwerks. Foto: Jonas Walzberg/dpa/Archivbild (Foto: dpa)

[1]

13.04.2023 - Linde AG

### CO<sub>2</sub> als Rohstoff: Heidelberg Materials und Linde bauen weltweit erste CCU-Großanlage in einem Zementwerk

Die Anlage soll bereits 2025 mit einer Abscheidkapazität von ca. 70.000t CO<sub>2</sub> pro Jahr in Betrieb gehen



HeidelbergCement AG, Steffen Fuchs

Zementwerk Lengfurt

Heidelberg Materials und Linde haben unter dem Namen "Capture-to-Use" (CAP2U) ein Joint Venture zum Bau und Betrieb einer hochmodernen Kohlendioxidabscheide- und -verflüssigungsanlage gegründet. Im Werk Lengfurt von Heidelberg Materials soll 2025 die weltweit erste Carbon Capture and Utilisation (CCU)-Anlage im großtechnischen Maßstab in der Zementindustrie in Betrieb gehen. Dies ermöglicht eine Weiterverwertung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> aus der Zementproduktion als wertvoller Rohstoff für industrielle Anwendungen. Die geplante Menge an gereinigtem und verflüssigtem CO<sub>2</sub> beträgt rund 70.000t pro Jahr.

Das gewonnene CO<sub>2</sub> wird im Rahmen des Joint Ventures zum Großteil durch Linde vermarktet. Das aufbereitete Gas kann dank seiner Reinheit sowohl in der Lebensmittel- als auch in der Chemieindustrie eingesetzt werden, beispielsweise als Kohlensäure in Mineralwasser. Der kleinere Teil wird von Heidelberg Materials genutzt werden, um neue Technologien zum CO<sub>2</sub>-Recycling und zur Rekarbonatisierung weiter voranzutreiben.

[2]

[1] <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/stahl-eisenhuettenstadt-wasserstoffherzeugung-fuer-klimaneutrale-stahlproduktion-dpa.urn-newsml-dpa-com-2009101-230405-99-220103> (Abruf: 20.04.2023)

[2] [www.chemie.de/news/1180142/co-als-rohstoff-heidelberg-materials-und-linde-bauen-weltweit-erste-ccu-grossanlage-in-einem-zementwerk.html](https://www.chemie.de/news/1180142/co-als-rohstoff-heidelberg-materials-und-linde-bauen-weltweit-erste-ccu-grossanlage-in-einem-zementwerk.html) (Abruf: 20.04.2023)

## Innovative Verfahrensrouten in der Industrie Wie geht es weiter?

Die Marktreife und Erprobung innovativer  
Verfahrensrouten ist essentieller und notwendiger  
Bestandteil der Industrietransformation ...

... und findet zunehmend Umsetzung in der Praxis.