

KLIMANEUTRALITÄT ÖSTERREICHS BIS 2040 – BEITRAG DER ÖSTERREICHISCHEN INDUSTRIE

Abschlusspräsentation der wissenschaftlichen Begleitstudie

Bernhard Gahleitner, Bernhard Dachs, Christian Diendorfer (AIT)

Thomas Kienberger, Peter Nagovnak (MUL)

Simon Moser, Hans Böhm (EI-JKU)

Gregor Thenius, Karina Knaus (AEA)



17.09.2021



- Hintergrund & Zielsetzung
- Die österreichische Industrie im Detail: Status Quo und internationaler Vergleich
- Technisches Dekarbonisierungspotential am Beispiel der Sektoren
 - Eisen- und Stahlerzeugung
 - Steine und Erden, Glas
- Kosten der Transformation
- Schlussfolgerungen

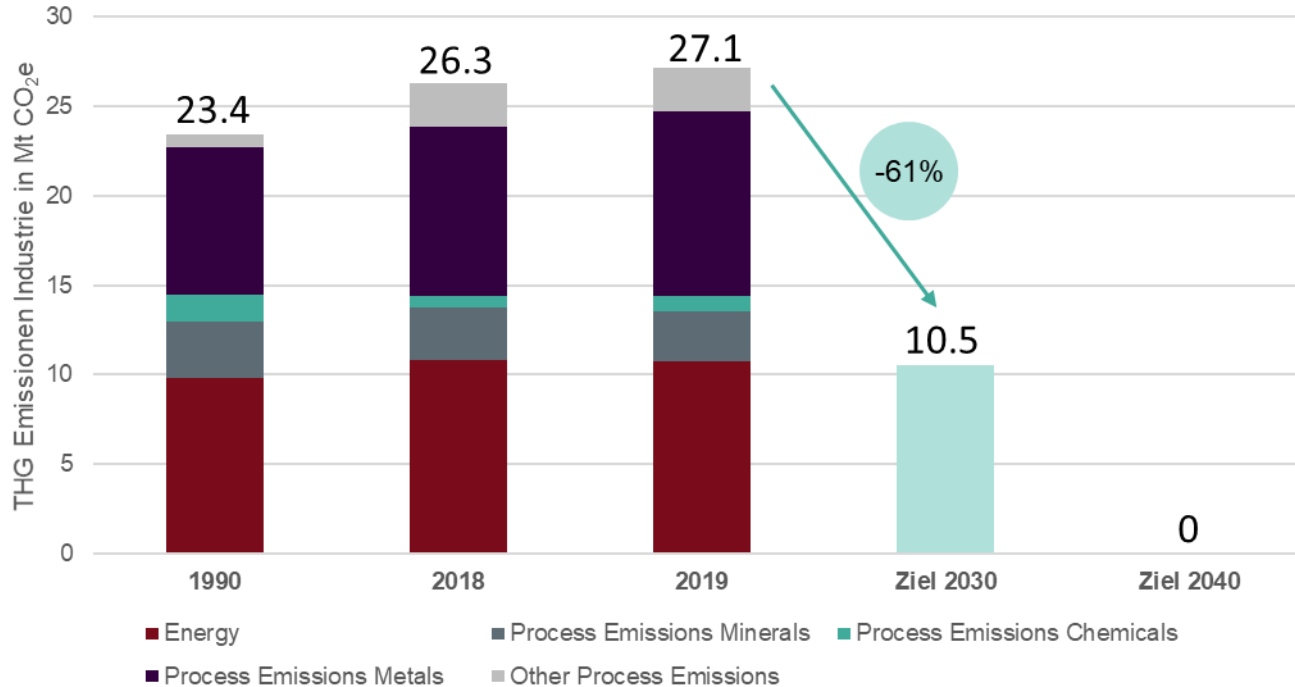
Hintergrund und Zielsetzung

1. **Analyse Status Quo:** wie grün ist die österreichische Industrie im internationalen Vergleich?
2. **Transformation:** Unterstützung österreichischer Unternehmen bei der Entwicklung von innovativen Transformationstechnologien



REGIERUNGSGZIEL: KLIMANEUTRALITÄT 2040

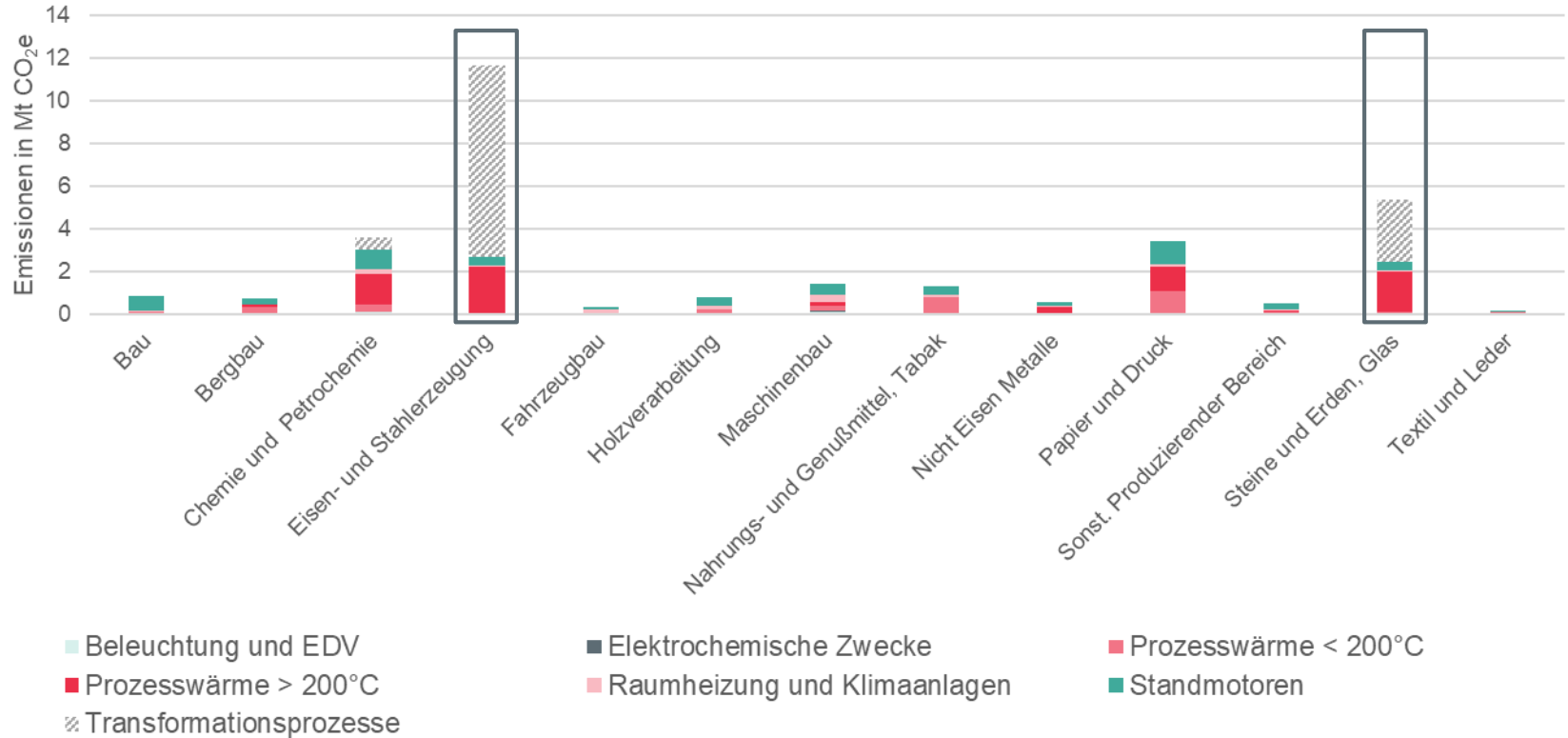
Zwischenziel 2030: THG-Reduktion um -55 %



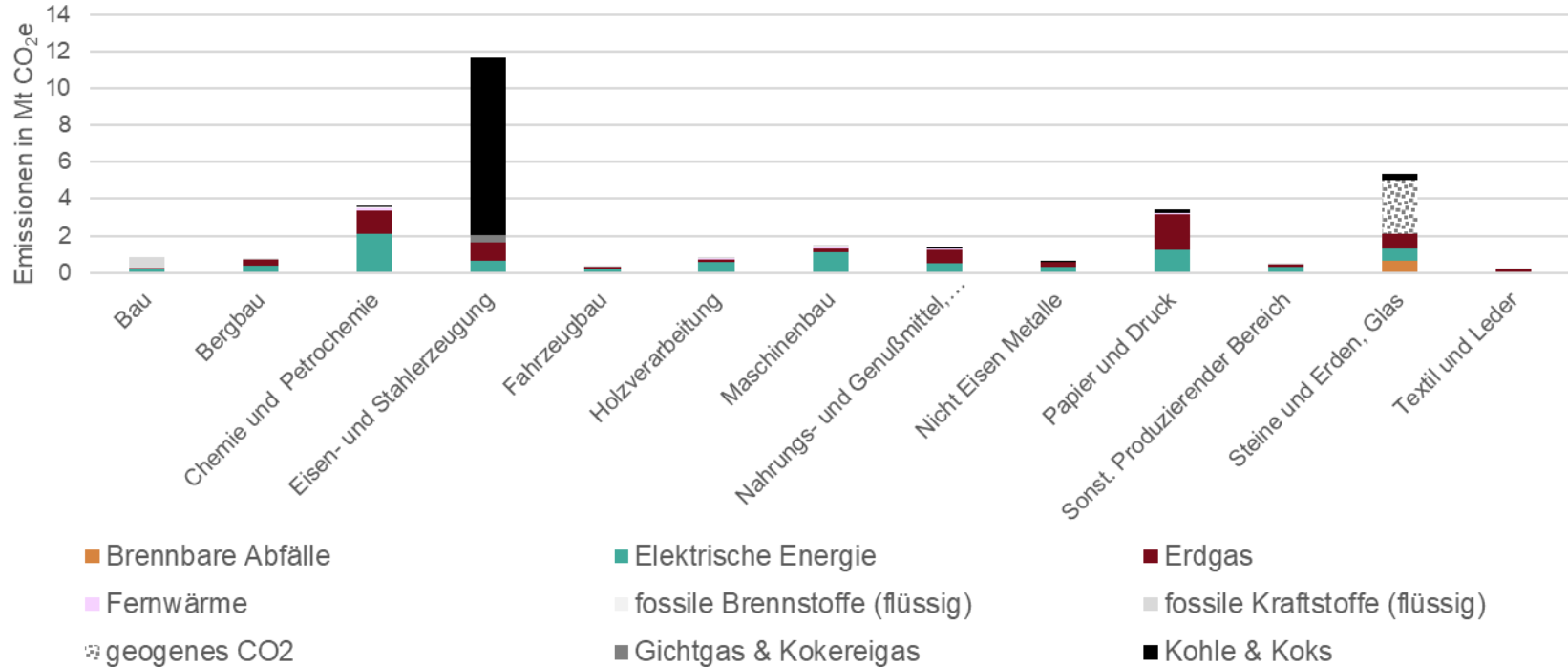
Eine Reduktion um 55% bezogen auf 1990 entspricht einer Reduktion um 61% im Vergleich zu 2019

Die österreichische Industrie im Detail: Status Quo und internationaler Vergleich

Prozessbedingte Emissionen sind für einen Großteil der Emissionen verantwortlich, gefolgt von der Wärmebereitstellung



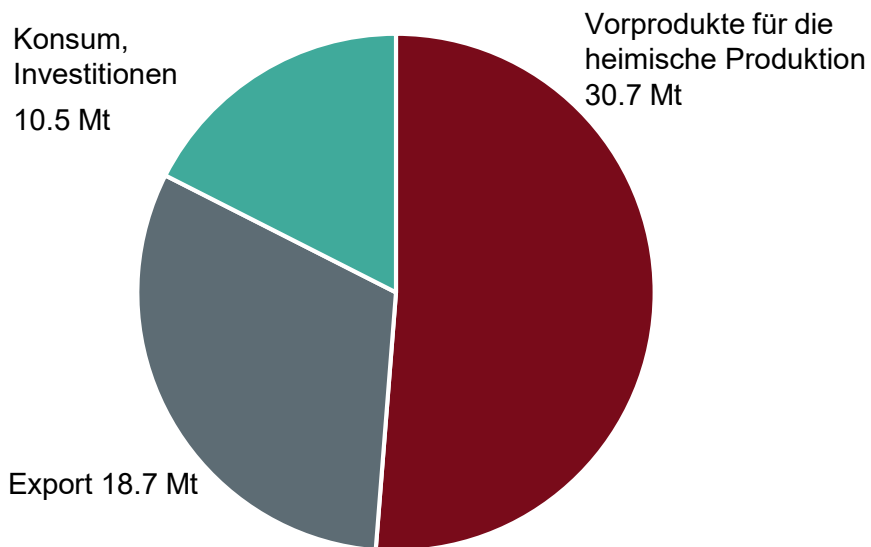
Das meiste CO₂ entsteht durch die Verbrennung von Kohle, gefolgt von Strom (indirekt) und Erdgas



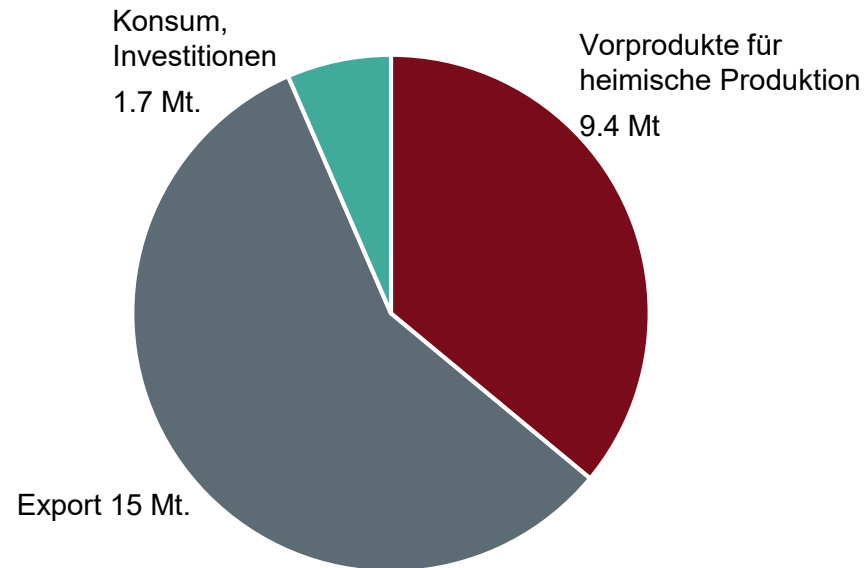
WOHIN GEHEN DIE EMISSIONEN?

Heimische Emissionen sind stark mit Exporten verbunden

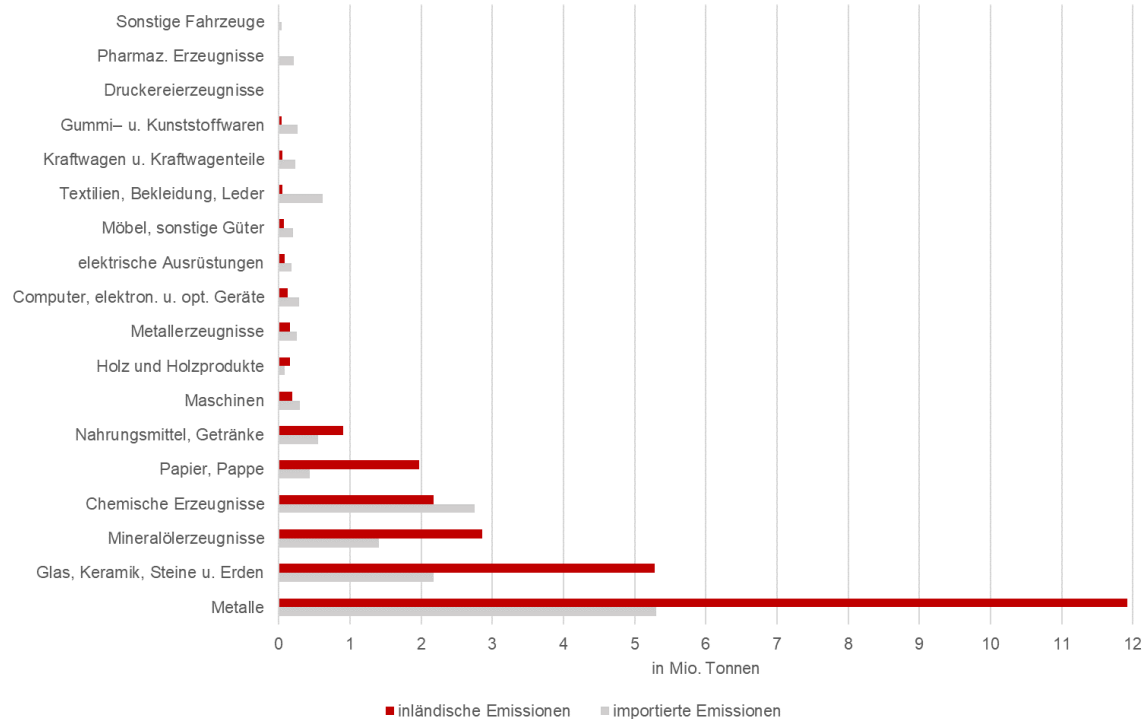
alle Unternehmen



Nur Industrie

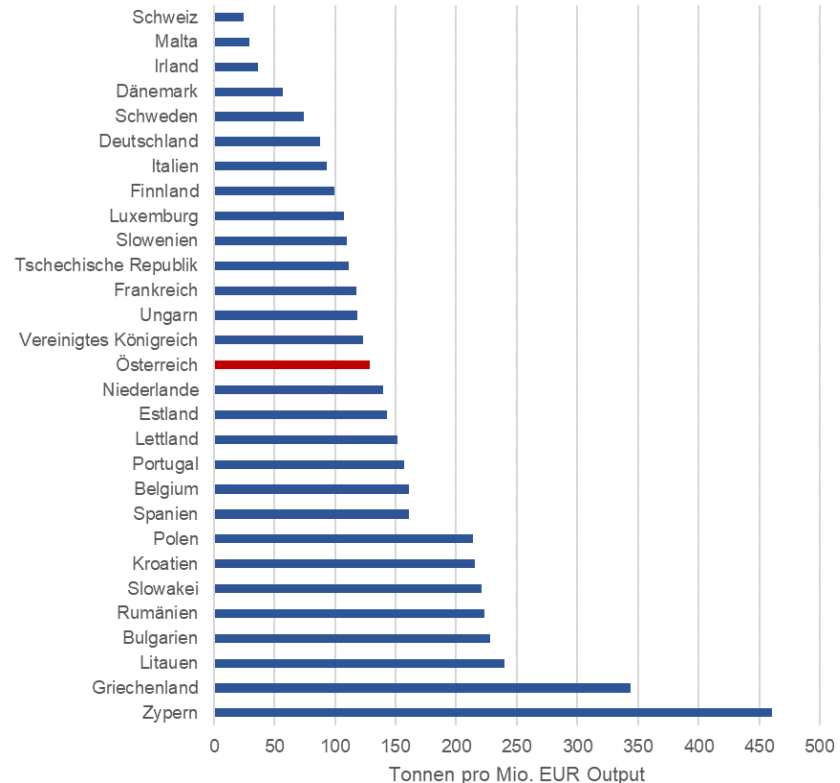


- In Importen gebundene Emissionen können mit Importdaten und der Emissionsintensität der Industrie des Ursprungslandes geschätzt werden
- Importierte Emissionen durch Industriegüter machen 15.3 Mt THG-Emissionen aus.



INTERNATIONALER VERGLEICH DER EMISSIONSINTENSITÄT

- Österreichs Industrie liegt beim Ausstoß an THG pro Outputeinheit **im Mittelfeld** der EU-Staaten.
- Das ist zu einem Gutteil eine Folge des großen Grundstoff-Sektors in Österreich
- Die in der Primärproduktion eingesetzten Prozesse entsprechen durchwegs den Best-Available-Technologies



- Die THG-Emissionen sollen bis **2030 um 16.6 Mt**, bis **2040 um 27.1 Mt** CO₂e reduziert werden.
- Große Teile der Emissionen sind in der Produktion einiger weniger Güter konzentriert
- **Eisen- und Stahlproduktion** ist mit Abstand der größte direkte industrielle Emittent (ca. 12 Mt), gefolgt von **Steinen, Erden und Glas** (ca. 5 Mt) und Chemie bzw. Papiererzeugung (beide ca. 2 Mt).
- Im europäischen Vergleich liegt **AT im Mittelfeld bei den Emissionen pro Wertschöpfung**, wobei hier die **Branchenstruktur** einen wesentlichen Einfluss auf Vergleiche hat.
- Während Österreich über Vorprodukte 15,3 Mt CO₂e importiert, werden 15 Mt CO₂e an im Inland angefallenen Emissionen über Industriegüter exportiert.

Technisches Dekarbonisierungspotential

Bilanzgrenze des öffentlichen Energiesystems

Energieproduzenten &
-lieferanten
des
öffentlichen
Energiesystems

Strommix Europa 2040:
56 g/kWh

CO₂-Emissionen
der vorgelagerten
Energieerzeugung

Industrieller
Gesamtenergiebedarf
(Total Energy Demand)

Bedarf an CO₂-
verursachenden
Mineralstoffen
(bspw. Kalkstein)

Bilanzgrenze der Industrie

Bilanzgrenze um die Anlagen und Prozesse
aller österreichischen Industriestandorte

Unternehmenseigene Anlagen und Verbrauch des
Sektor Energie / Energieumwandlungseinheiten
(bspw. KWK-Anlagen, Kraft- oder Heizwerke,
Elektrolyseure, Reformierer, Hochöfen, Kokereien, etc.)

Endenergie konsumierende Aggregate
(Nieder-, Mittel-, Hochtemperaturanwendungen,
Standmotoren, Beleuchtung..)

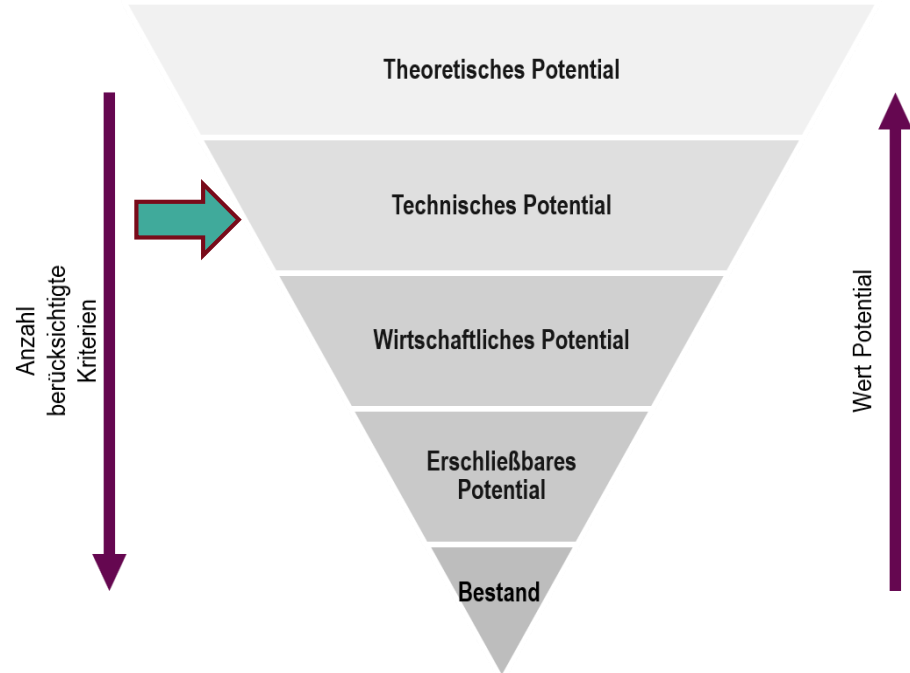
Prozessbedingt

Energiebedingt

CO₂-Emissionen
der Industrie

BESTIMMUNG DES TECHNISCHEN DEKARBONISIERUNGSPOTENTIALS

- **Elektrifizierung**
 - Wärmepumpen
 - Standmotoren
- **CO₂-neutrale Gase**
 - Wasserstoff (aus Elektrolyse bzw. Methanpyrolyse)
 - Bio-CH₄
- **Carbon Capture**
- **Kreislaufwirtschaft**



Energieeinsatz & CO₂-Emissionen Status Quo (2018)

- ca. 6 Mt/a Primär-Stahlerzeugung (BF/BOF)
 - ~ 11 Mt CO₂e
 - Haupttreiber prozessbedingte Emissionen aus Reduktionsprozess (> 23 TWh Kohle/Koks)
- ca. 1 Mt/a Sekundär-Stahlerzeugung (Elektrolichtbogenofen)
 - Etwa die Hälfte des Endenergieeinsatzes durch Erdgas

EISEN- UND STAHLERZEUGUNG DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN

Dekarbonisierungsstrategie	Emissionsursprung		Technologie	Anwendungsbereiche
Elektrifizierung	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		Einsatz von (Hochtemperatur)-Wärmepumpen	Raumheizung und Klimaanlagen Prozesswärme < 200 °C
	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		Elektrifizierung von Motoren	Standmotoren
	In Verbindung mit DR-Route bzw. vermehrtem Schrotteinsatz		Elektrolichtbogenofen (EBO)	Stahlerzeugung in Verbindung mit Schrotteinsatz und Eisen aus Direktreduktion
CO ₂ -neutrales Gas	<i>Prozessbedingte Emissionen</i>		Direktreduktion von Eisenerz mit CO ₂ -neutralen, grünen Gasen	Stahlerzeugung in Verbindung mit Elektrolichtbogenofen
	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		H ₂ (aus Elektrolyse oder Methanpyrolyse)	Raumheizung und Klimaanlagen Prozesswärme </> 200 °C
	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		H ₂ (aus Methanpyrolyse)	Raumheizung und Klimaanlagen Prozesswärme </> 200 °C
	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		Bio-CH ₄	Raumheizung und Klimaanlagen Prozesswärme </> 200 °C
Carbon Capture				
Kreislaufwirtschaft	<i>Prozessbedingte Emissionen</i>		mittels Elektrolichtbogenofen	Vermehrter Einsatz von Schrott im EBO zur Stahlerstellung

 Niedriger Umstellungsaufwand

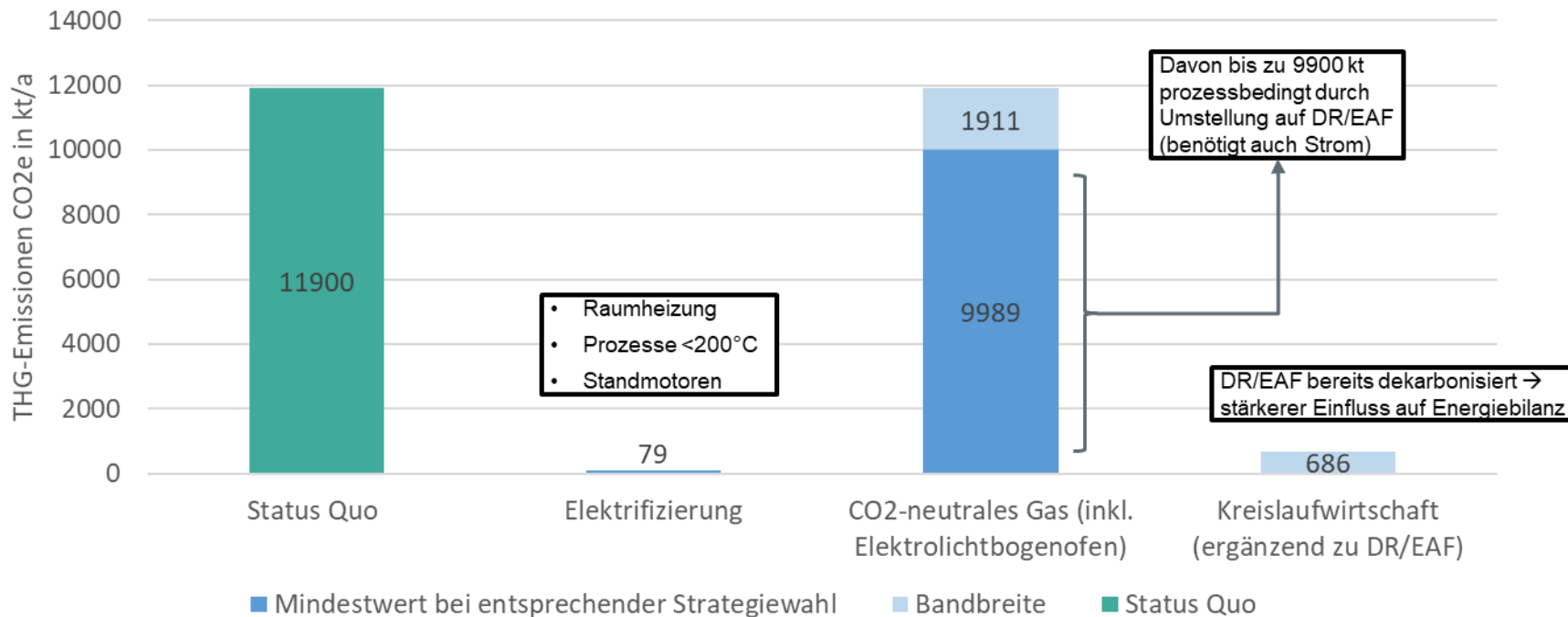
 Mittlerer Umstellungsaufwand

 Großer Umstellungsaufwand

 Keine Option

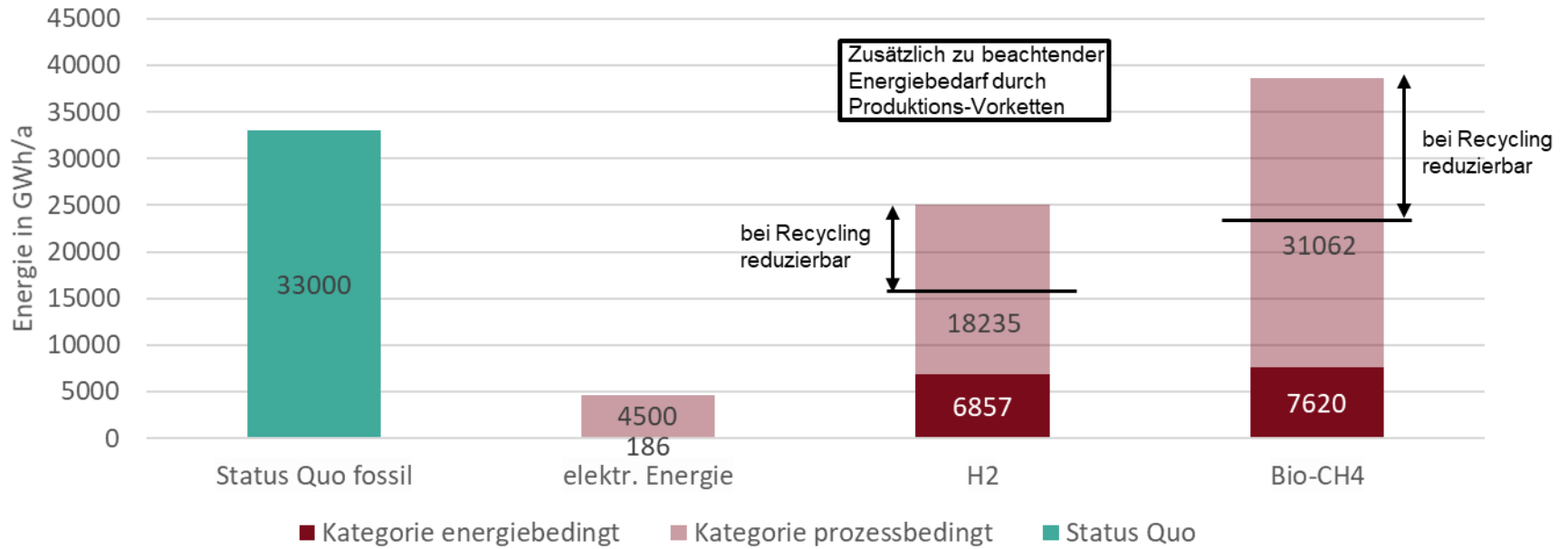
EISEN- UND STAHLERZEUGUNG DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN

Technisches Dekarbonisierungspotential nach Dekarbonisierungsstrategie



EISEN- UND STAHLERZEUGUNG DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN

Mögliche Änderung der Energiebilanz nach Energieträger



ZUSAMMENFASSUNG EISEN- UND STAHLERZEUGUNG






- Großes Einsparungspotential aufgrund prozessbedingter Emissionen
- Durch eine Umstellung des Hochofenprozesses auf CO₂-neutrale Gase können rund 10 Mt CO₂e vermieden werden
- CO₂- und Energieintensität der Dekarbonisierungsstrategien sowie Aufwand für deren Etablierung sind abhängig von den vorgelagerten Produktionsketten
- Rund die Hälfte der für die Direktreduktion notwendigen Energie könnte über vermehrtes Schrottreycling im Elektrolichtbogenofen eingespart werden

Energieeinsatz & CO₂-Emissionen Status Quo (2018)

- THG-Emissionen des gesamten Sektors 2018: 4 602 kt CO₂e
 - Davon aus eingesetzten Mineralstoffen (Austreibungsprozess): 2 908 kt CO₂e (63 %)
 - Davon energiebedingt: 1 694 kt CO₂e (37 %)

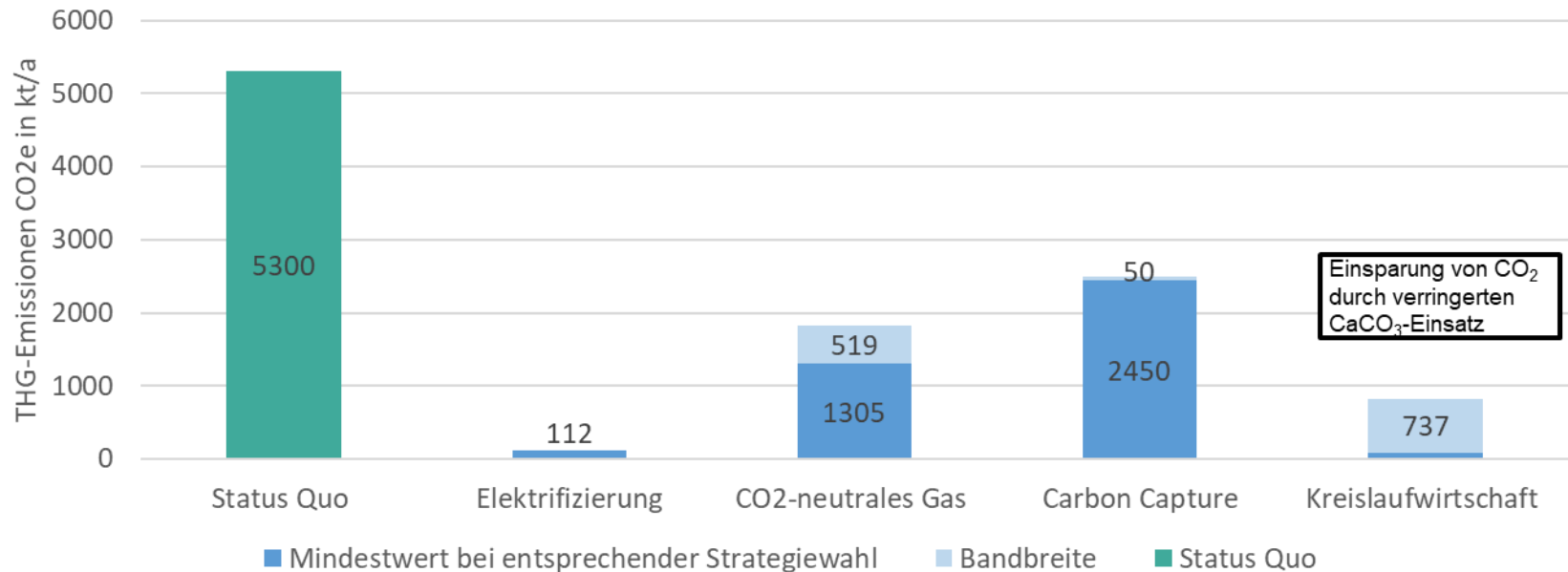
2018	Zement	Kalk	Magnesit	Glas	Ziegel	Dolomit	Na ₂ CO ₃	Sektor Gesamt
<u>Prozess- emissionen in kt CO₂e</u>	1 827	544	365	38	105	19	10	2 908
<u>% der sektoralen Prozess- emissionen</u>	63 %	19 %	13 %	1 %	4 %	<1 %	<0,5 %	100 %

STEINE, ERDEN UND GLAS DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN

Dekarbonisierungsstrategie	Emissionsursprung		Technologie	Anwendungsbereiche
Elektrifizierung	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		(Hochtemperatur)-Wärmepumpen	Raumheizung und Klimaanlage Prozesswärme < 200 °C
	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		Elektrifizierung von Motoren	Standmotoren
CO ₂ -neutrales Gas	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		H ₂ (aus Elektrolyse)	Raumheizung und Klimaanlage Prozesswärme </> 200 °C
	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		H ₂ (aus Methanpyrolyse)	Raumheizung und Klimaanlage Prozesswärme </> 200 °C
	<i>Energiebedingte Emissionen</i>		Bio-CH ₄	Raumheizung und Klimaanlage Prozesswärme </> 200 °C
Carbon Capture	<i>Prozessbedingte Emissionen</i>		Oxyfuel Verbrennung	Erzeugungsprozess
	<i>Prozessbedingte Emissionen</i>		Aminwäsche	Erzeugungsprozess
Kreislaufwirtschaft	<i>Prozessbedingte Emissionen</i>		Vermehrtes Recycling von Beton	Erzeugungsprozess

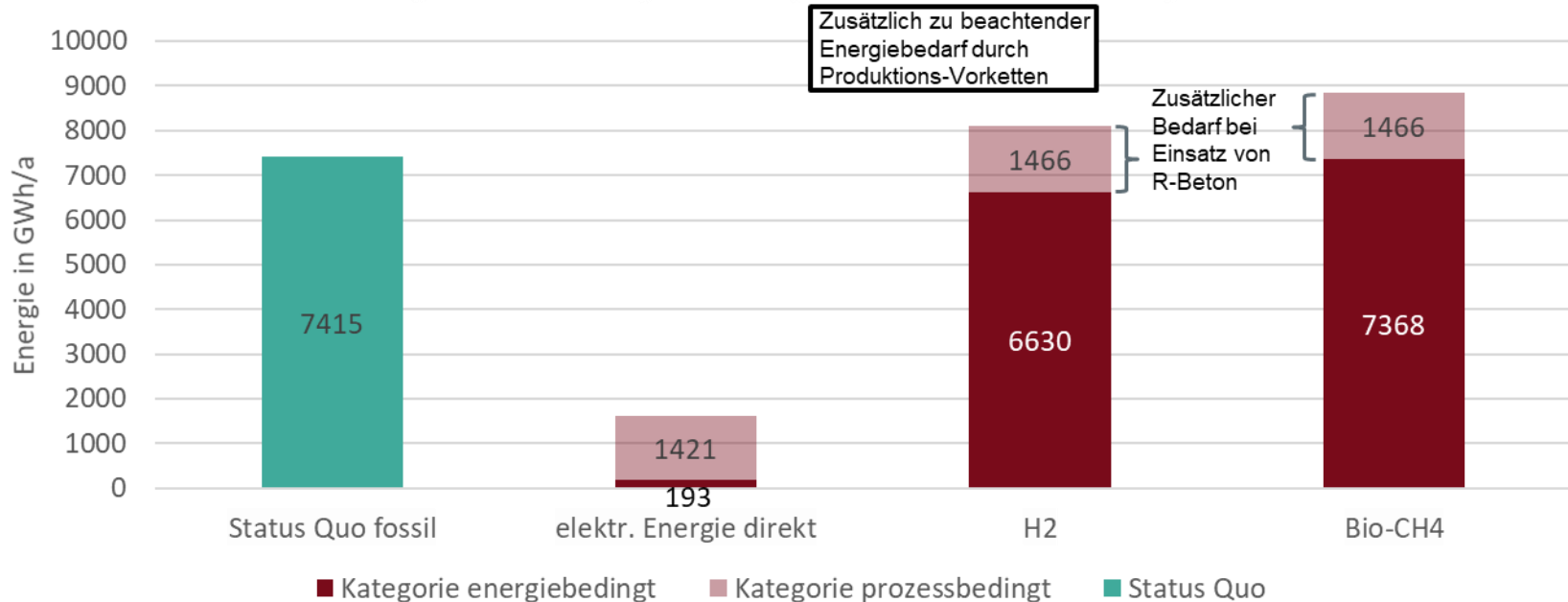
STEINE, ERDEN UND GLAS DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN

Technisches Dekarbonisierungspotential nach Dekarbonisierungsstrategie



STEINE, ERDEN UND GLAS DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN

Mögliche Änderung der Energiebilanz nach Energieträger

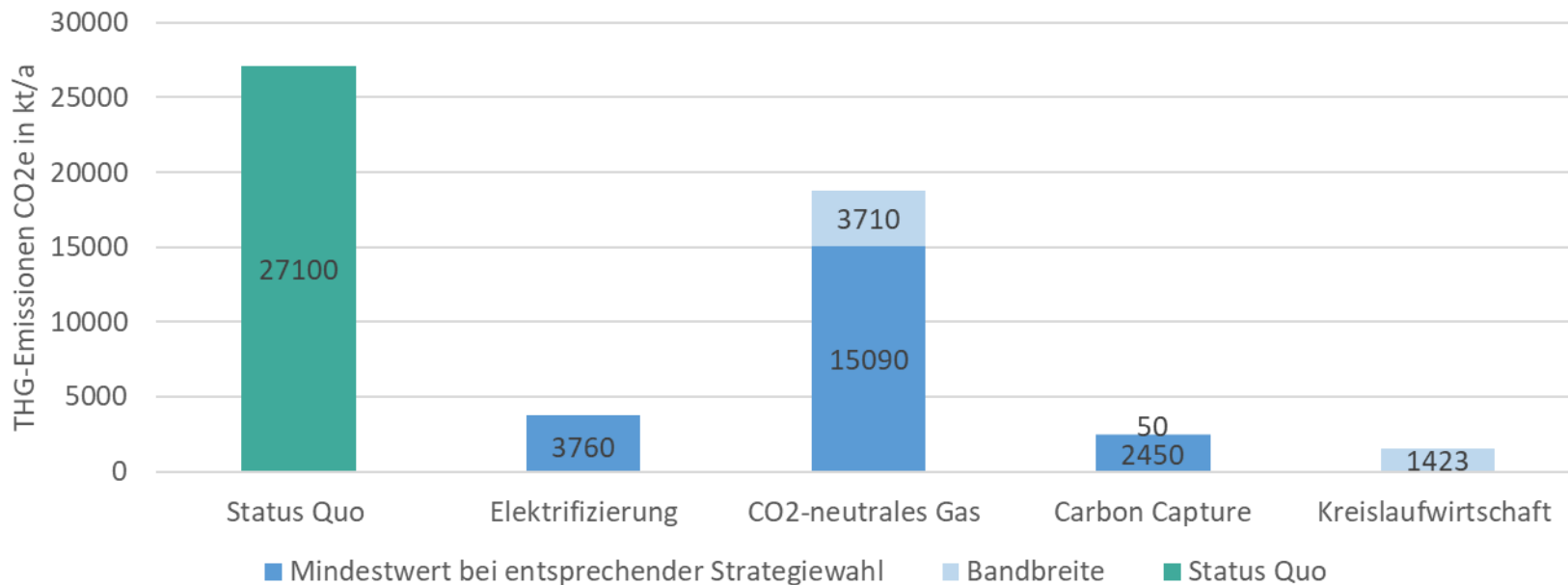


ZUSAMMENFASSUNG STEINE, ERDEN UND GLAS

- Prozessbedingte Emissionen durch die Verarbeitung der eingesetzten Materialien können nicht vermieden werden → CO₂-Abscheidung ist notwendig
 - Verwertung des abgeschiedenen CO₂ und dazu notwendiger Aufwand nicht betrachtet
- THG- und Energieintensität der Dekarbonisierungsstrategien sowie Aufwand für deren Etablierung sind abhängig von den vorgelagerten Produktionsketten

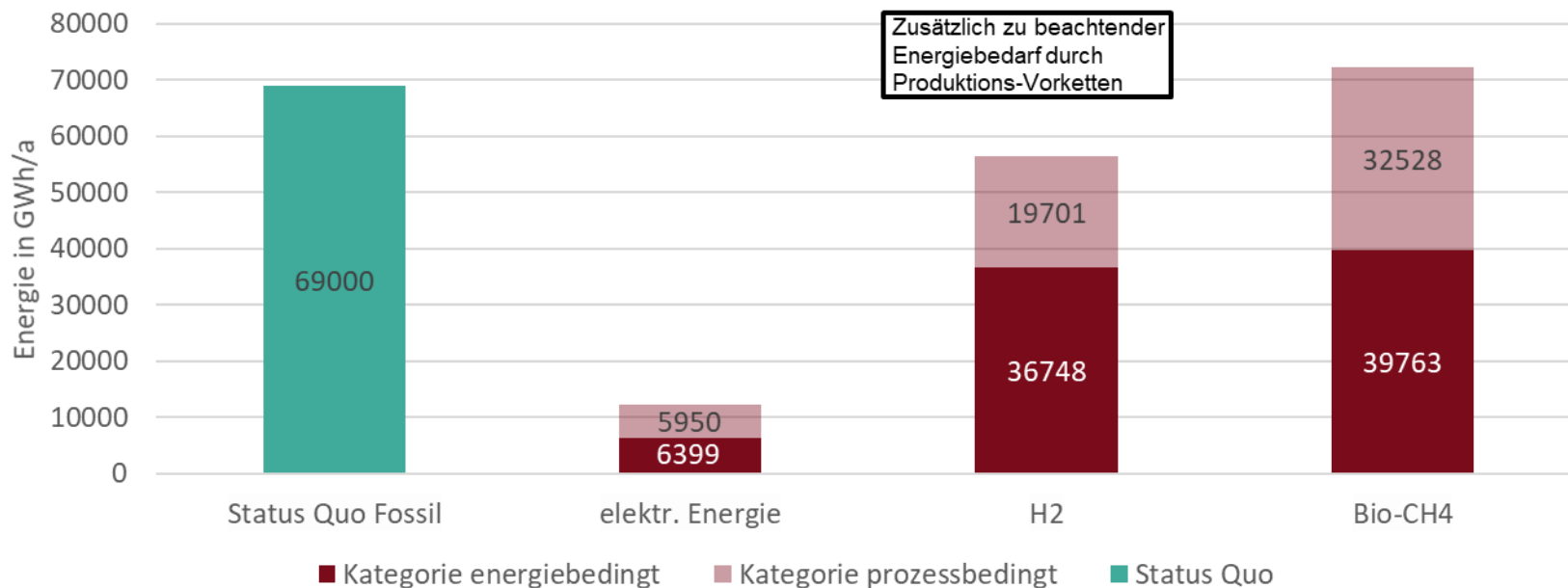
DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN DER ÖSTERREICHISCHEN INDUSTRIE

Technisches Dekarbonisierungspotential nach Dekarbonisierungsstrategie



DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN DER ÖSTERREICHISCHEN INDUSTRIE

Mögliche Änderung der Energiebilanz nach Energieträger



ZUSAMMENFASSUNG

DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN

- Vor allem die Umstellung auf CO₂-neutrale Gase sowie der Einsatz von Carbon Capture (im Sektor Steine & Erden, Glas) weisen ein hohes technisches Dekarbonisierungspotential auf
- **Elektrifizierung** (ohne Elektrolyse) erlaubt eine Einsparung von bis zu 3,8 Mt.
- **CO₂-neutrale Gase** können ca. 18 Mt einsparen
- **Kreislaufwirtschaft** kann die Energieintensität in der Primär-Stahlerzeugung um bis zu 10 TWh senken. In der Zementindustrie trägt sie hingegen primär zu einer THG-Verminderung durch geringeren Rohstoffeinsatz bei
- **CCU** der prozessbedingten Emissionen im Sektor Minerals ermöglicht eine Reduktion um ca. 2,4 Mt
- Beachtung der benötigten Vorketten bei der Bereitstellung CO₂-neutraler Gase und Weiterverwendung des abgeschiedenen CO₂

Kosten der Transformation

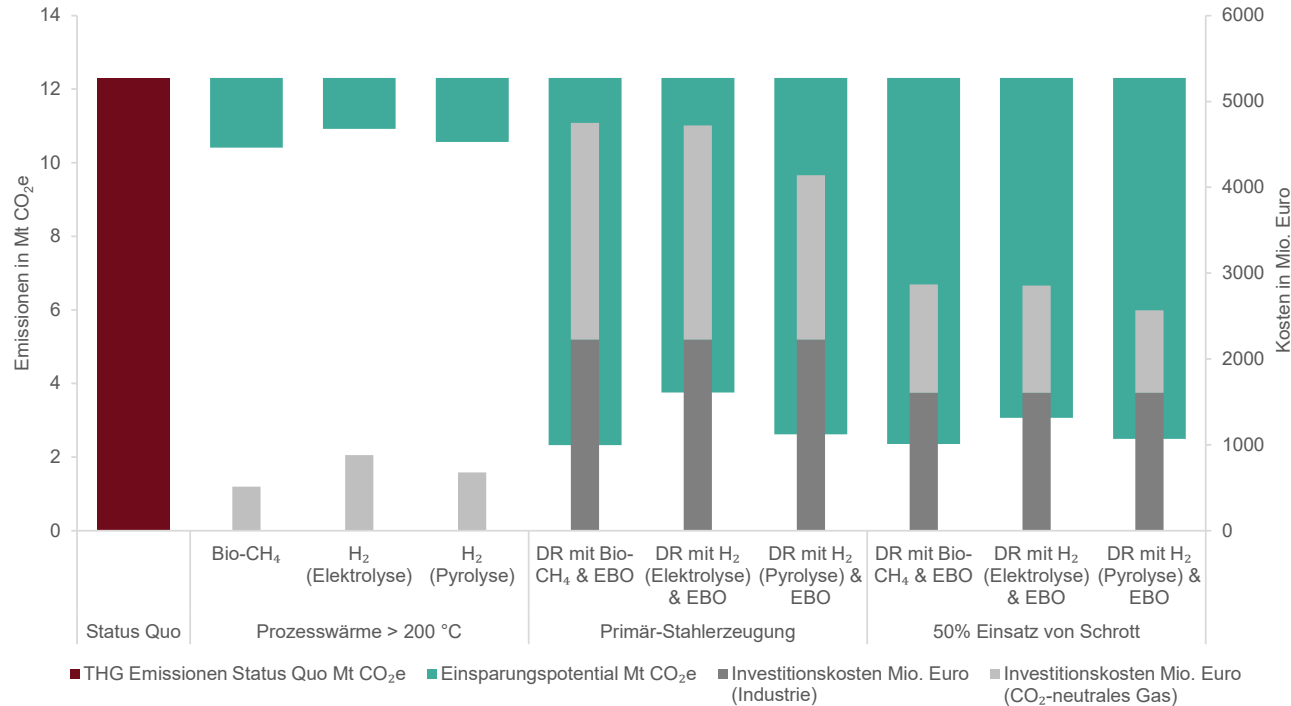
- Inhalt der vorliegenden Studie
 - Abschätzung des Investitionsbedarfs
 - Keine vergleichende Analyse der Gesamtkosten (inkl. OPEX)
- Zahlen geben daher Orientierung, welche **Investitionskosten** einzelne Optionen in den Industriesektoren auslösen können
- Investitionskosten der einzelnen Dekarbonisierungsoptionen können nicht addiert → konsistent mit Darstellung der technischen Dekarbonisierungspotentiale
- Vergleichende Betrachtung der Gesamtkosten (inklusive einheitlicher Bewertung der OPEX) bedarf gesonderter ausführlicher Analysen, die
 - eine gesamtwirtschaftliche Berechnung in Szenarien sowie
 - die Einbindung der relevanten Stakeholder (z.B. zur Identifizierung typischer Investitionszyklen) enthalten.

METHODIK ZUR BESTIMMUNG DER KOSTEN DER TRANSFORMATION

- Ermittlung der Kosten auf Basis bestehender Literatur
- Keine eigene Wirtschaftlichkeitsberechnung oder Ähnliches
- Spezifische Gesamtkosten (€/reduzierter Tonne CO₂) werden wenn vorhanden angegeben aber aufgrund unterschiedlicher Annahmen und Ansatz in den einzelnen Quellen nicht miteinander verglichen
- Konzentration auf direkte Investitionskosten
 - Bildet unmittelbaren Kapitalbedarf ab
 - Vergleichbar und einheitlicher in unterschiedlichen Quellen
 - OPEX werden nicht betrachtet → Aufgabe für zukünftige Analysen
- Ermittlung spezifischer Investitionskosten (je Energieeinheit oder Produkt)
- Basierend auf identifizierten Energie- und Produktionsmengen : Berechnung der gesamten Investitionskosten bis 2040 (inkl. Investitionskostenkosten für die Produktion der CO₂-neutralen Gase)

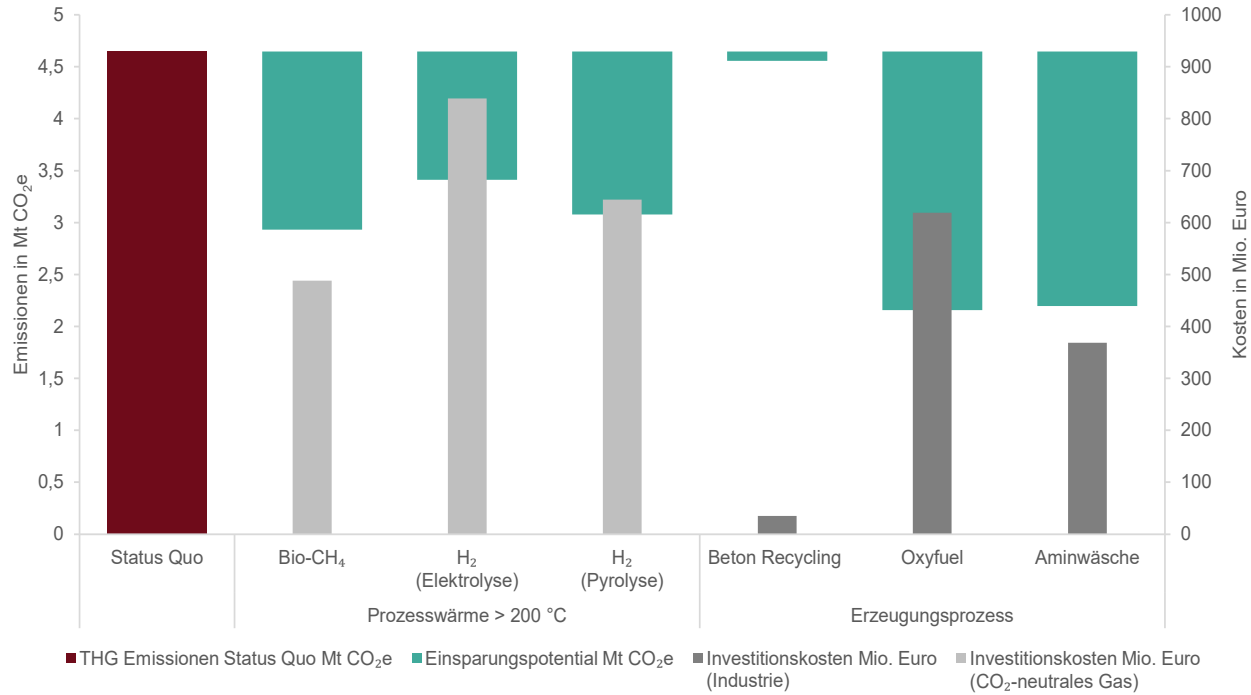
- Herausforderung: Keine einzelne Quelle für die Kosten aller Technologien: Kombination unterschiedlicher Quellen notwendig
- Vorgehensweise: Innerhalb eines Sektors bzw. einer Maßnahmenfamilie soweit möglich Verwendung einheitlicher Quellen und Verifizierung/Plausibilisierung mit anderen Quellen
- Hauptsächlich verwendete Quellen
 - Klimaneutrale Industrie, Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement. Agora Energiewende.
 - Klimapfade für Deutschland. Boston Consulting Group und Prognos.
 - Net-Zero Europe, Decarbonization pathways and socioeconomic implications. McKinsey & Company.
 - Industrial Transformation 2050, Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry. Material Economics.
 - CEMCAP comparative techno-economic analysis of CO₂ capture in cement plants. CEMCAP Projekt
 - Roadmap Chemie, Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland. Dechema, Futurecamp
 - Erneuerbare Prozesswärme, Integration von Solarthermie und Wärmepumpen in industrielle Prozesse. AIT et al
 - IEA G20 Hydrogen report: Assumptions. International Energy Agency
 - Closed Loop Economy: the Case of Concrete in the Netherlands. Universiteit Leiden & TU Delft

INVESTITIONSKOSTEN EISEN- & STAHLERZEUGUNG



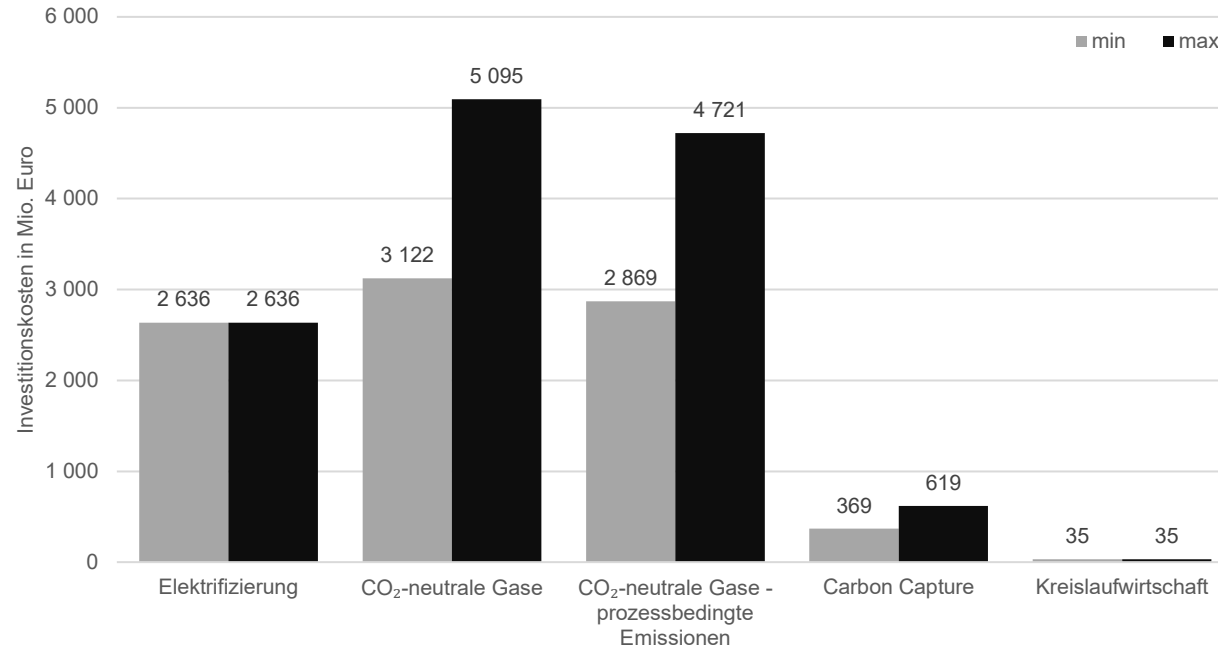
- Hauptanteil der Gesamtinvestitionskosten für die Reduktion prozessbedingter THG
- Prozessbedingte THG: Rund 50% der Investitionskosten für die Prozessumstellung und 50% für die Produktion der Reduktionsmittel (CO₂-neutrale Gase)

INVESTITIONSKOSTEN STEINE & ERDEN, GLAS



Umstellung der Prozesswärme > 200° C verursacht die höchsten Investitionskosten im Sektor - vorausgesetzt, dass die Kosten für die Produktion der Energieträger im Industriesektor anfallen.

Große Schwankungsbreiten bei den Investitionskosten für CO₂-neutrales Gas und für die Reduktion prozessbedingter Emissionen.



- Die gesamten Investitionskosten für die dargestellten Dekarbonisierungsoptionen liegen je nach gewählten Technologien bis 2040 zwischen **5.6 und 11.2 Mrd. Euro** (exkl. Betriebskosten) → Unterschiede je nachdem, welche Optionen gewählt werden
- Mehr als die Hälfte der 11.2 Mrd. Euro sind Investitionskosten für H₂ Produktion
- Knapp die Hälfte der 11.2 Mrd. Euro fallen im Stahlsektor an (inkl. Investitionskosten für eigene H₂ Produktion)
- Abschätzung der Gesamtkosten (inkl. Betriebskosten) sowie der optimalen Kombination der einzelnen Maßnahmen erfordert weitere Untersuchungen und war nicht Teil dieser Studie

Schlussfolgerungen

- Die Dekarbonisierung der österreichischen Industrie ist mit Hilfe verschiedener Technologien möglich, die auf den in der Studie dargelegten Strategien *Elektrifizierung*, *Einsatz CO₂-neutraler Gase*, *Carbon Capture* und *Kreislaufwirtschaft* beruhen.
- Die Minimierung der prozessbezogenen Emissionen stellt den größten Hebel auf dem Weg zur Dekarbonisierung dar.
- Die Umsetzung bedarf einer gesamtsystemischen Analyse und daraus abgeleiteten Maßnahmen, die die Herausforderungen der Sektoren hinsichtlich Energie- und Ressourcenwirtschaft, Prozesse und Raumplanung berücksichtigen
- Die Diskussion von Carbon Capture Technologien muss die weiterführende Verwendung oder Speicherung berücksichtigen
- Eine gesamtwirtschaftliche Analyse der Transformationskosten erfordert weitere Untersuchungen

THANK YOU!