

NEFI TECHNOLOGY TALK - KARBONATISIERUNG VON PRIMÄR- UND SEKUNDÄRROHSTOFFEN

Agenda

10:00	Begrüßung und Eröffnung	Susanne Hochmeister, Thomas Kienberger, <i>Montanuniversität Leoben</i>
10:05	Vorstellung der neuen Ausschreibung des Förderprogramms „FTI-Initiative für die Transformation der Industrie“	Urban Peyker, <i>Klima- und Energiefonds</i>
10:15	Karbonatisierung als Schlüsseltechnologie für eine klimaneutrale Industrie	
	DeCarbStore: Dauerhafte CO ₂ -Speicherung in Österreich durch Karbonatisierung	Sarah Reiter, Susanne Hochmeister & Eva-Maria Heigl, <i>Montanuniversität Leoben & Energieinstitut an der JKU Linz</i>
	CCUpScale: Optimisation of serpentinite feedstock for CCU	Lucija Pustahija, <i>RHI Magnesita GmbH</i>
	Karbonatisierung in der Zementindustrie	Sebastion Spaun, <i>Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie</i>
	Rechtliche Analyse der Karbonatisierung im EU ETS	Viktoria Kron, <i>Energieinstitut an der JKU Linz</i>
12:00	Pause	
13:00	Workshop: Nächste Schritte für die Karbonatisierung	Moderation: Elena Balbekova, bizup
14:30	Diskussion & Abschluss	

NEFI – EIN ERFOLGREICHES INNOVATIONSNETZWERK SEIT 2018

NEFI NEW ENERGY
FOR INDUSTRY

Gefördert vom Klima- und Energiefonds und
den Bundesländern Oberösterreich und Steiermark



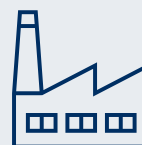
55 Projekte (inkl. 2
Innovationslaboren)



> 275 Mio. € ausgelöstes
Investmentvolumen



6 gegründete
Innovation Hubs



> 150 Industriepartner



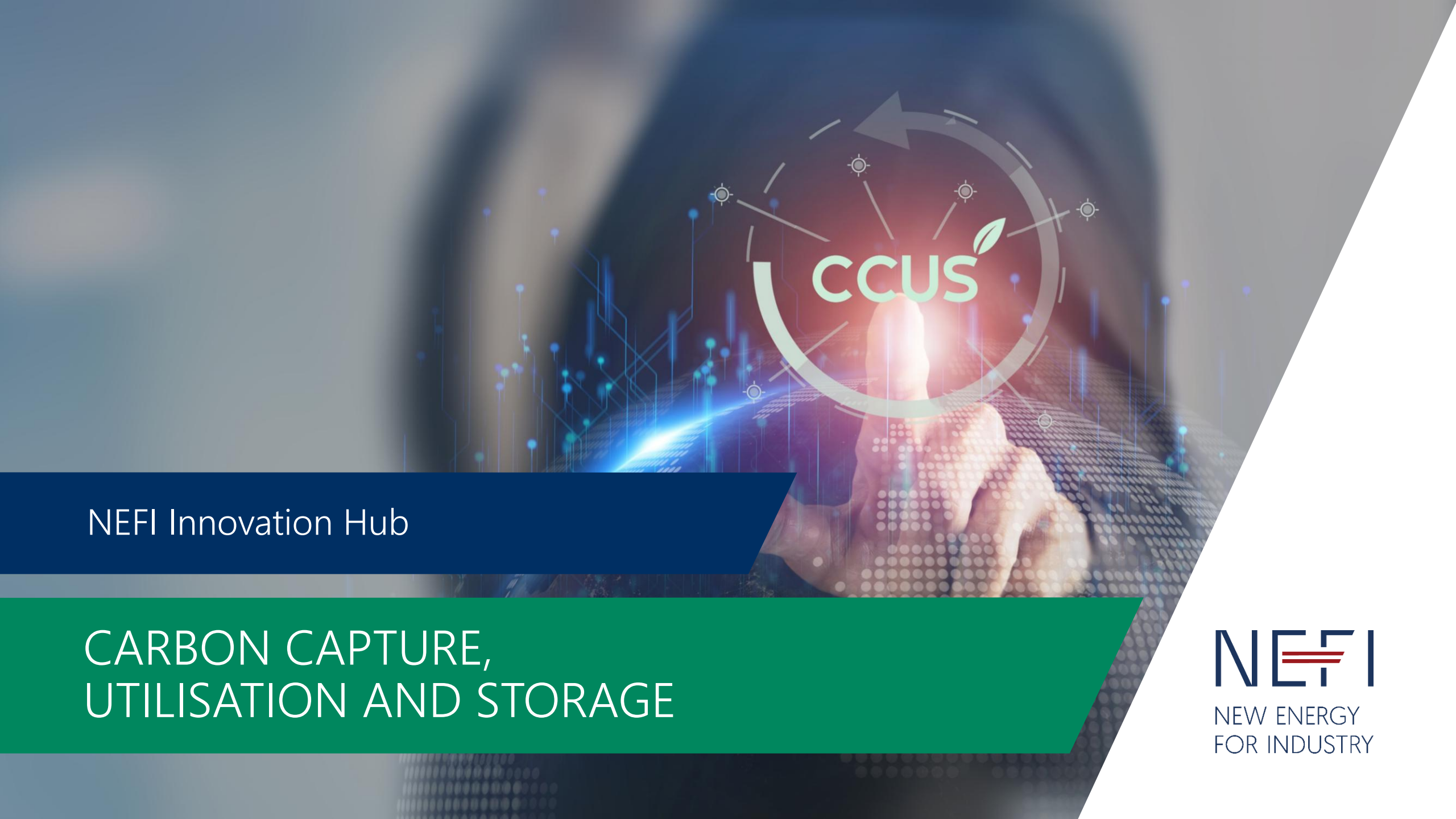
10 Forschungspartner



4 institutionelle
Partner



Anmeldung zum NEFI Newsletter



CCUS

NEFI Innovation Hub

CARBON CAPTURE,
UTILISATION AND STORAGE

NEFI
NEW ENERGY
FOR INDUSTRY

CARBON CAPTURE, UTILISATION AND STORAGE (CCUS)

Ein NEFI Innovation Hub

- CCUS umfasst Technologien zur Abscheidung, Speicherung und Wiederverwertung erheblicher Mengen an CO₂ aus Produktionsprozessen. Besonders in Industrien, in denen sich CO₂-Emissionen nicht allein durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger vermeiden lassen, kommt ihnen eine entscheidende Rolle zu.

Schwerpunkte

- Technologieentwicklung und Energieeffizienzsteigerung von Abscheidanlagen und Synthesanlagen
- Identifizierung von CO₂-Speicherpotentialen in Österreich
- Integration von CCUS-Anlagen in das österreichische Energie- und Infrastruktursystem (Demonstrations- und Pilotanlagen)
- Analysen von techno-ökonomischen und ökologische Aspekten sowie Untersuchungen zu sozialer Akzeptanz, Marktmodellen und rechtlichen Rahmenbedingungen



SAVE THE DATE: 4. NEFI KONFERENZ

22.-23. Oktober, 2026, Wien

NEFI NEW ENERGY
FOR INDUSTRY

- Keynotes aus Industrie, Policy und Forschung
- High Level Panel mit führenden Expert*innen
- 200+ Teilnehmer*innen aus der RD&D Community
- Wissenschaftliche Sessions mit neuesten Erkenntnissen
- Young Scientist Award für exzellente Beiträge
- Special Issue Journal mit hochqualitativen Konferenzpapers



Folgen Sie uns auf LinkedIn für News & Updates



DECARBSTORE

DEZENTRALE CO₂-SENKEN - LÖSUNGEN FÜR
EMISSIONSINTENSIVE INDUSTRIEBETRIEBE ABSEITS
VON CO₂-TRANSPORTNETZEN IN ÖSTERREICH

NEFI TECHNOLOGY TALK

18.09.2026

DECARBSTORE

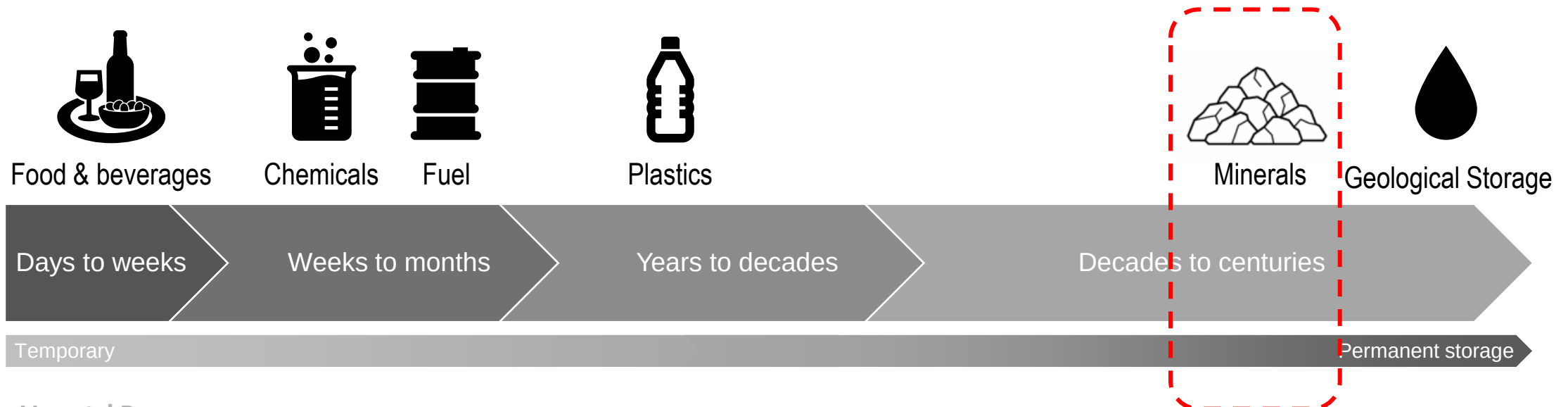
Prozesse zur **dauerhaften Bindung von CO₂ mittels Karbonatisierung** können vor allem für dezentrale Anlagen, die hard-to-abate Emissionen aufweisen, eine Lösung darstellen. **DeCarbStore** verfolgt dabei einen ganzheitlichen Ansatz zur Etablierung von CO₂-Senken durch Karbonatisierung.



KARBONATISIERUNG

Bei der Karbonatisierung wird CO_2 in kalzium- oder magnesiumhaltigen Materialien zu stabilen Carbonaten (CaCO_3 , MgCO_3) gebunden:

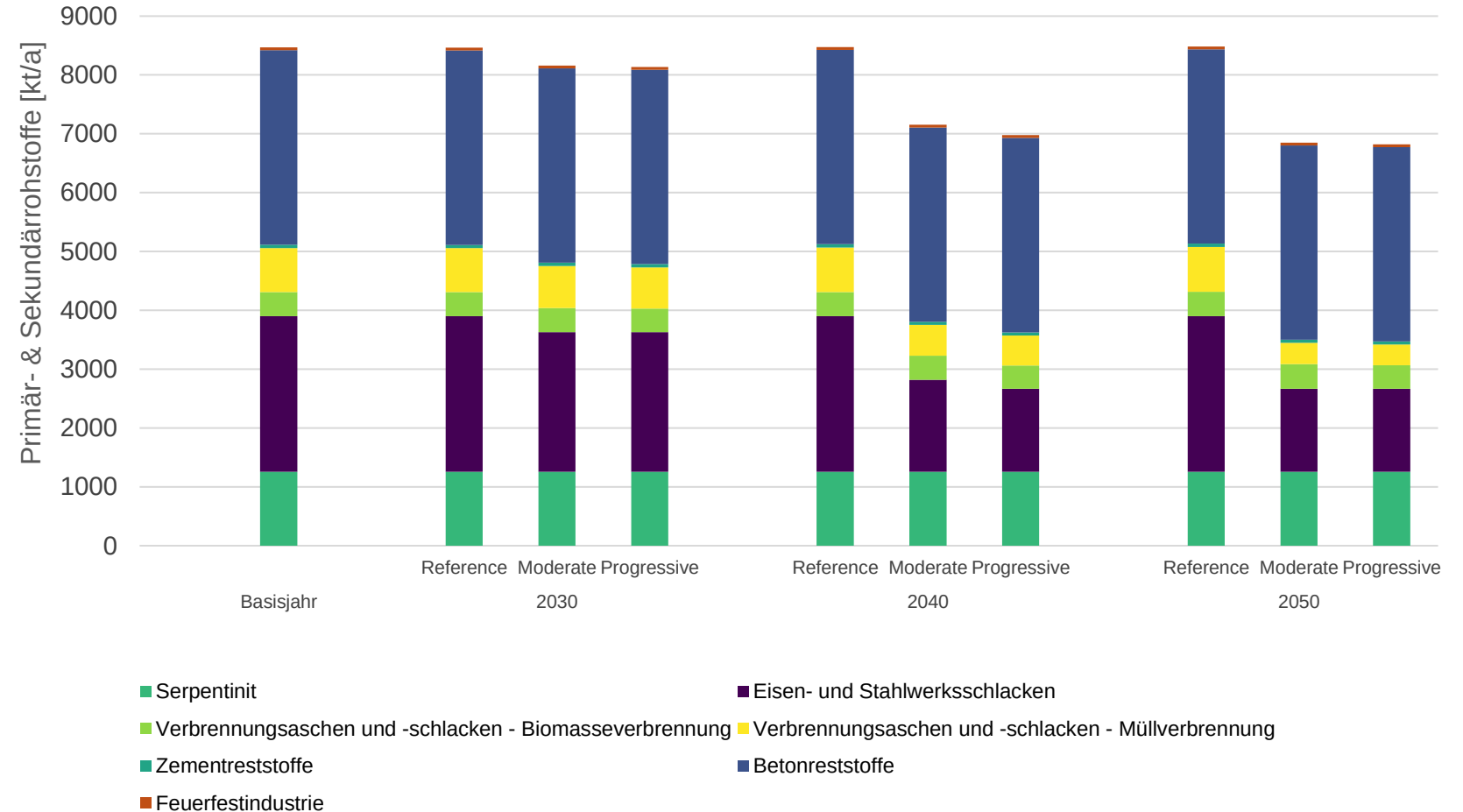
- CO_2 wird dauerhaft gespeichert.
- Nutzung industrieller Reststoffe möglich, Produkte können als Baustoffe genutzt werden.



KARBONATISIERUNG

ENTWICKLUNG MENGENPOTENZIAL

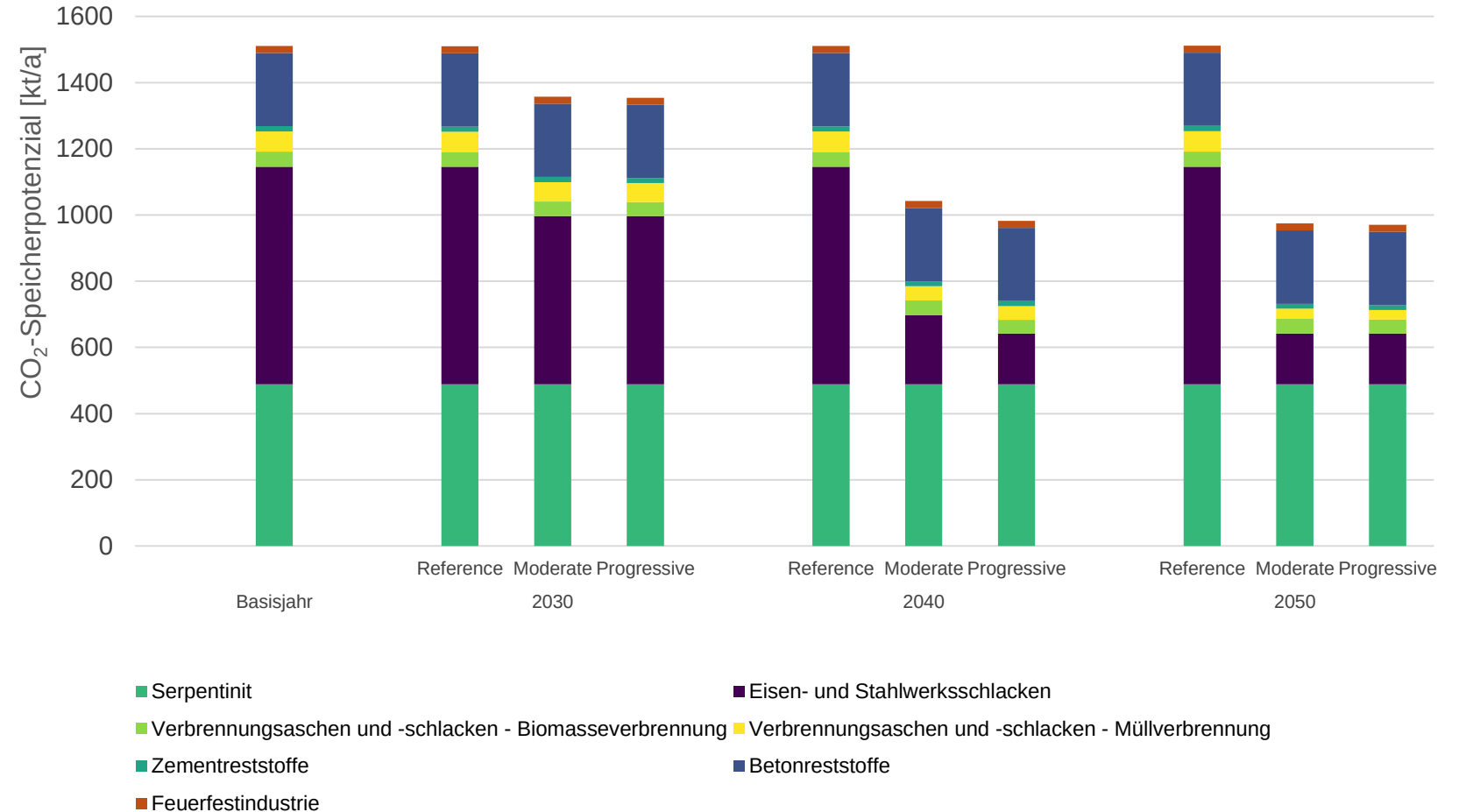
~ 8,8 Mio. t/a an
karbonatisierbarem
Material (inkl. Primär- &
Sekundärrohstoffe)
identifiziert



KARBONATISIERUNG

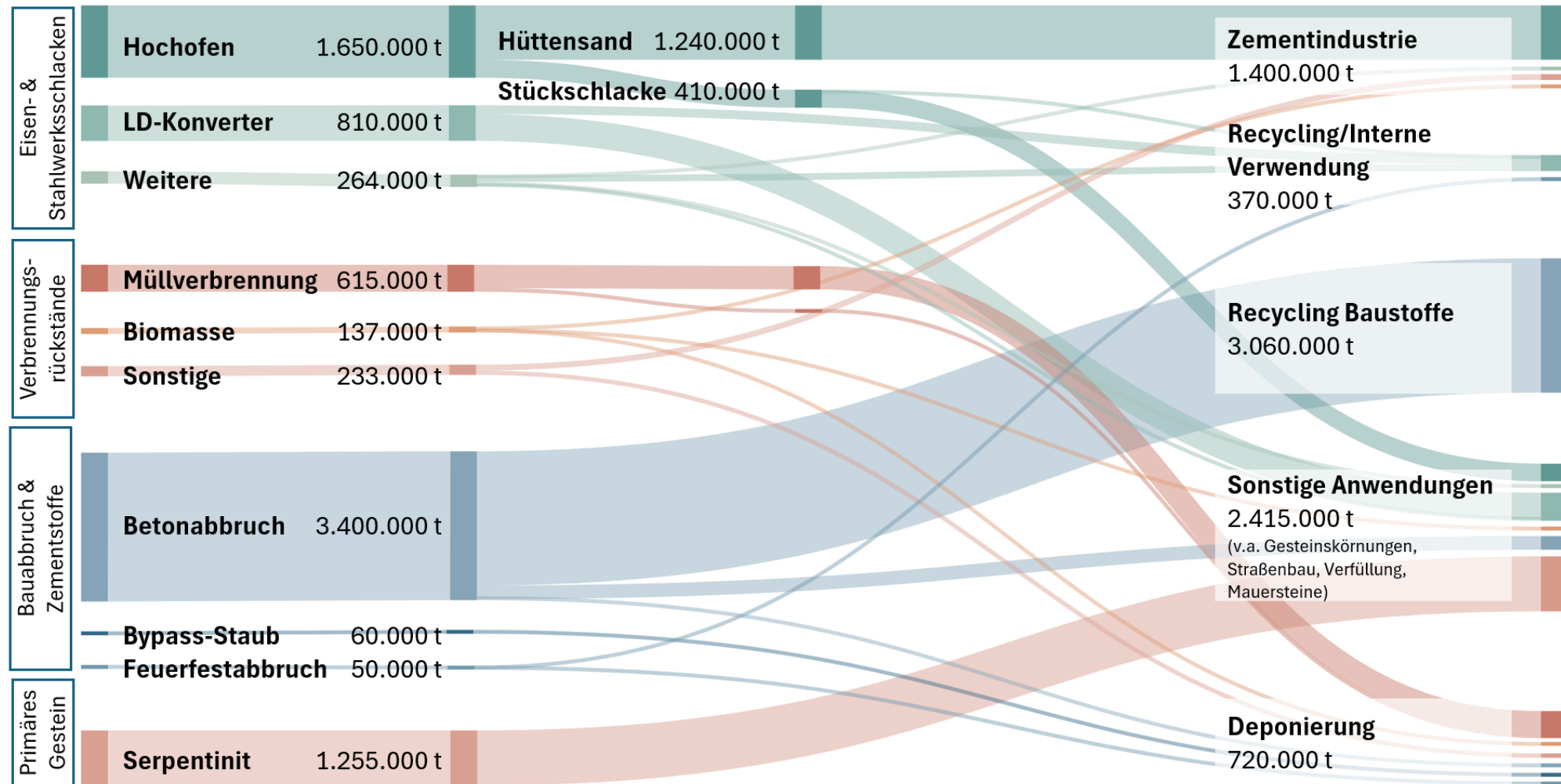
ENTWICKLUNG MENGENPOTENZIAL

Gesamtes CO₂-
Speicherpotenzial von
~ **1,53 Mio. t/a** identifiziert

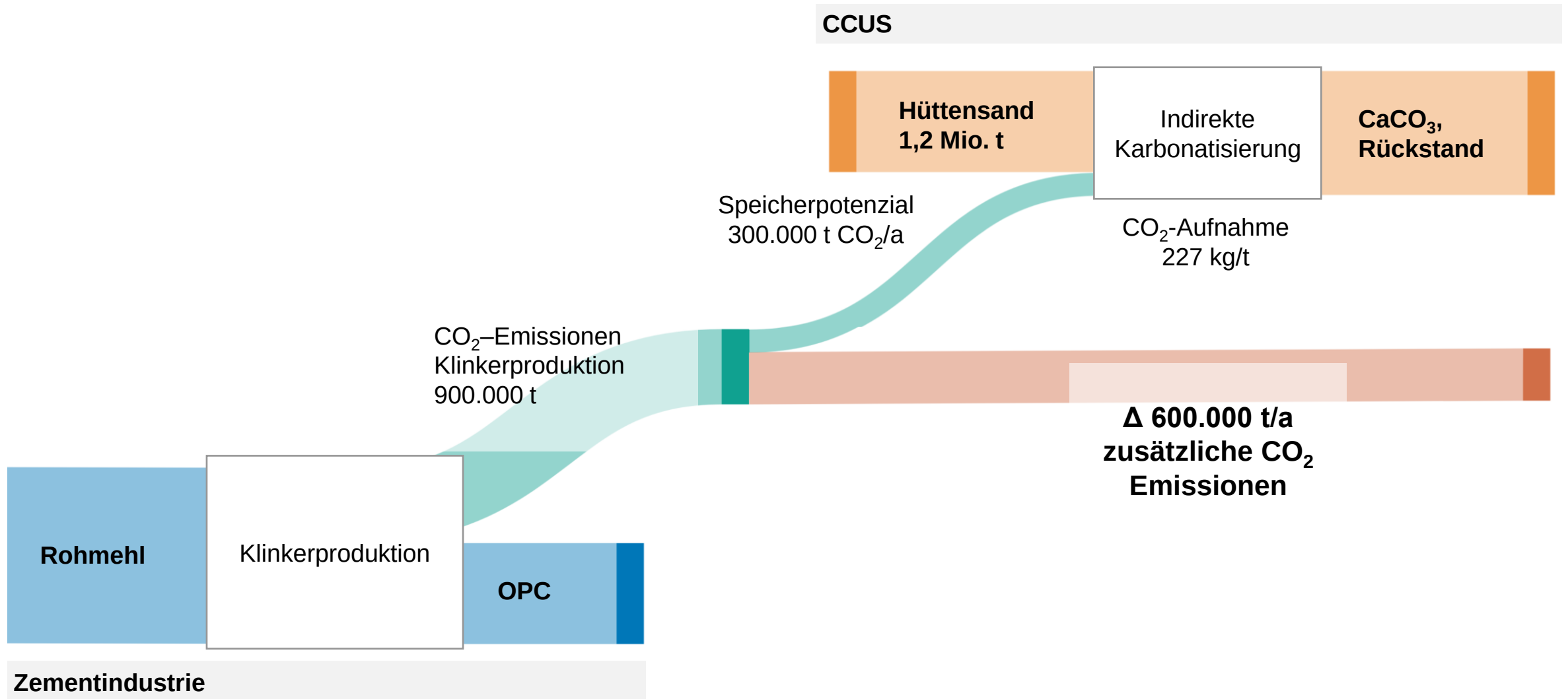


STOFFSTROMANALYSE

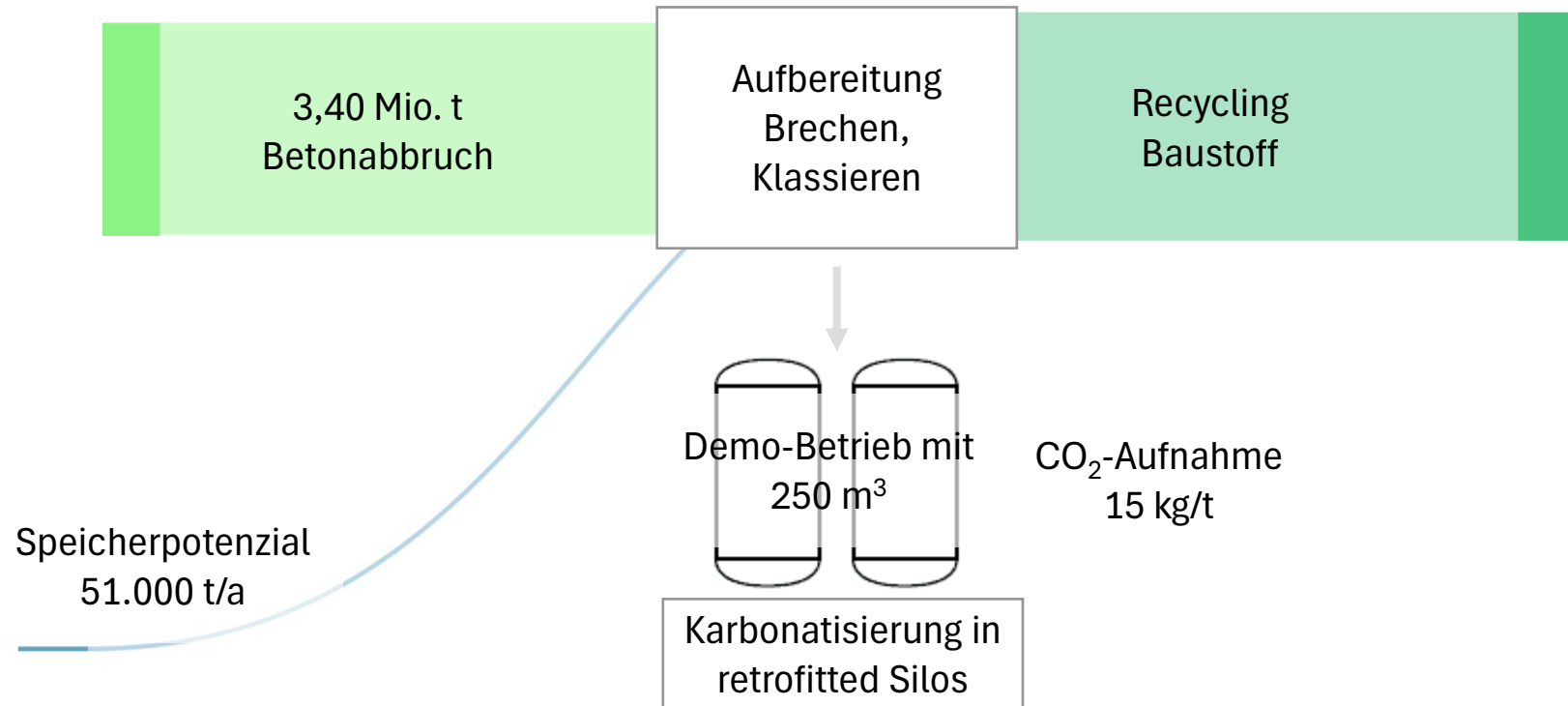
Jährliche Erzeugung und Verwertung mineralischer Nebenprodukte, Reststoffe und Serpentin in Österreich



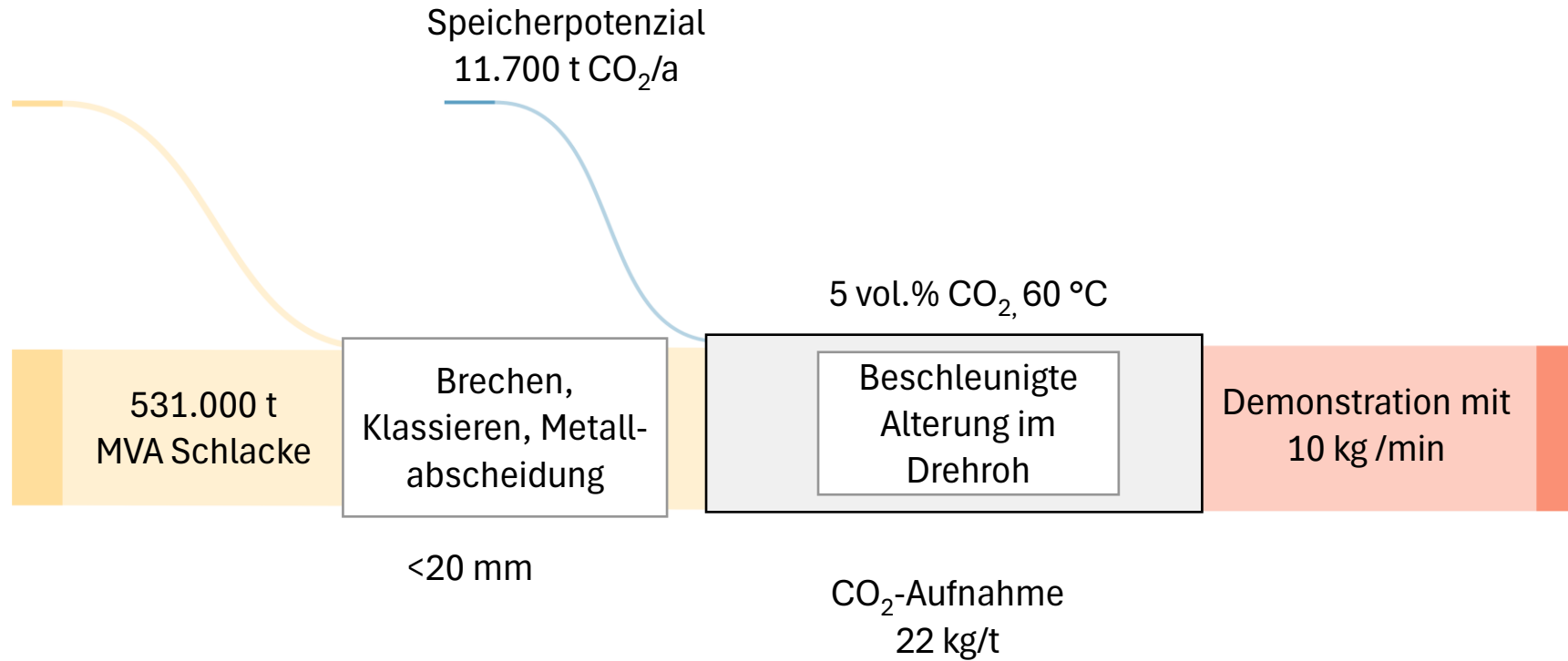
STOFFSTROMANALYSE - HÜTTENSAND



BETONABBRUCH

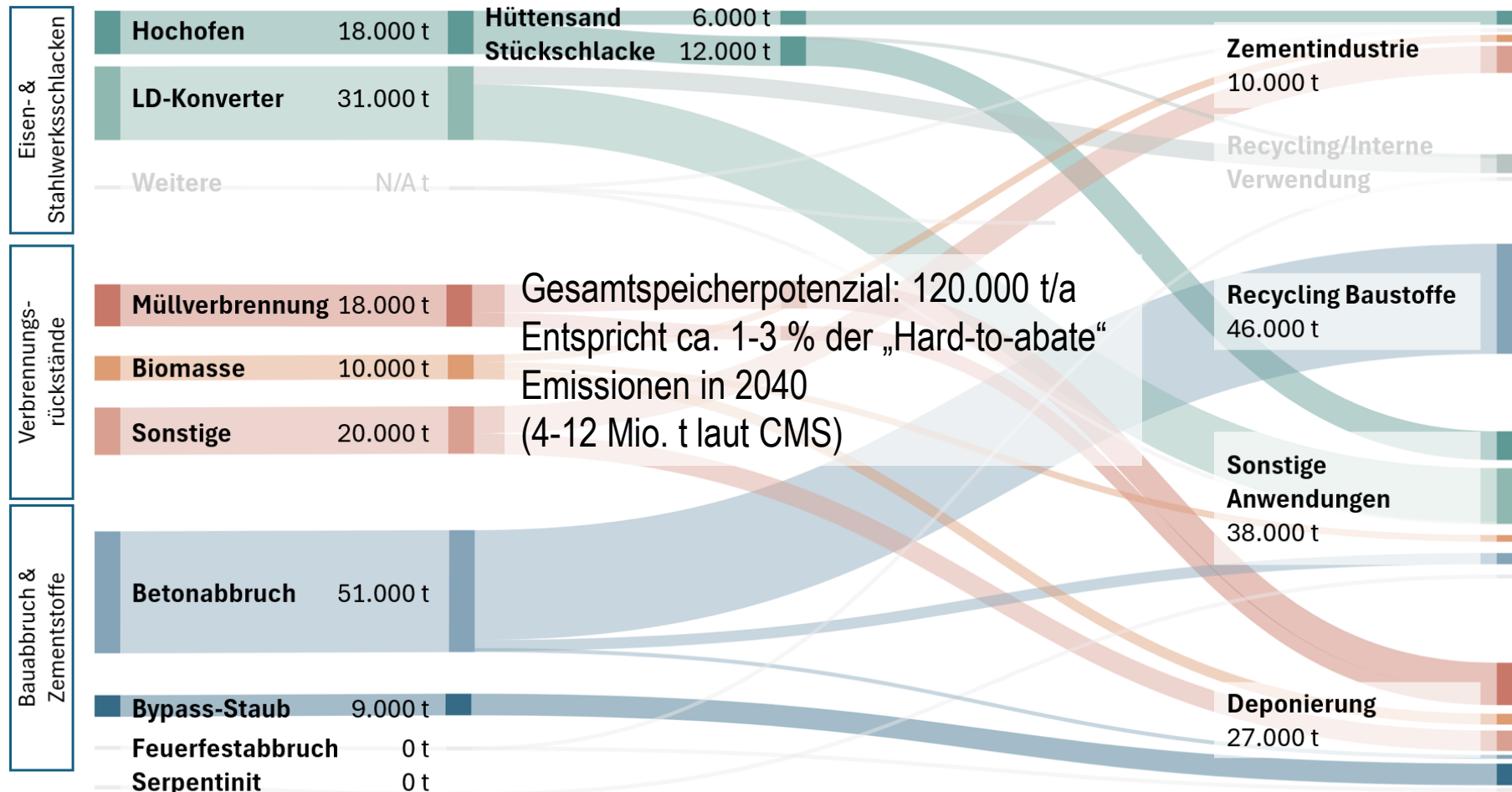


MVA-SCHLACKEN

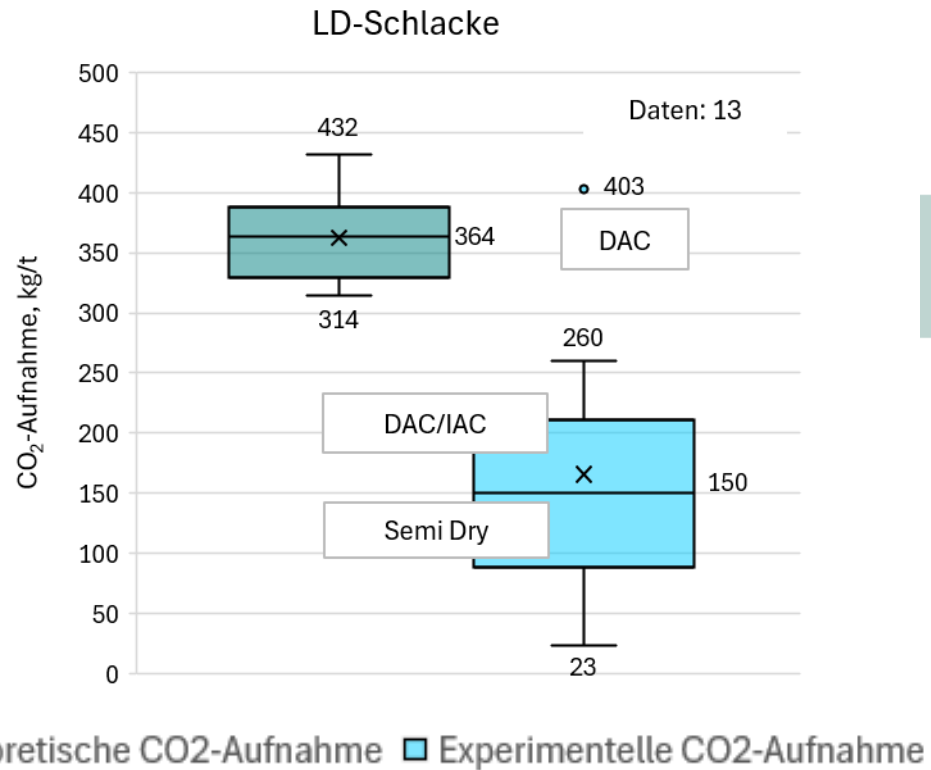


JÄHRLICHES SPEICHERPOTENZIAL

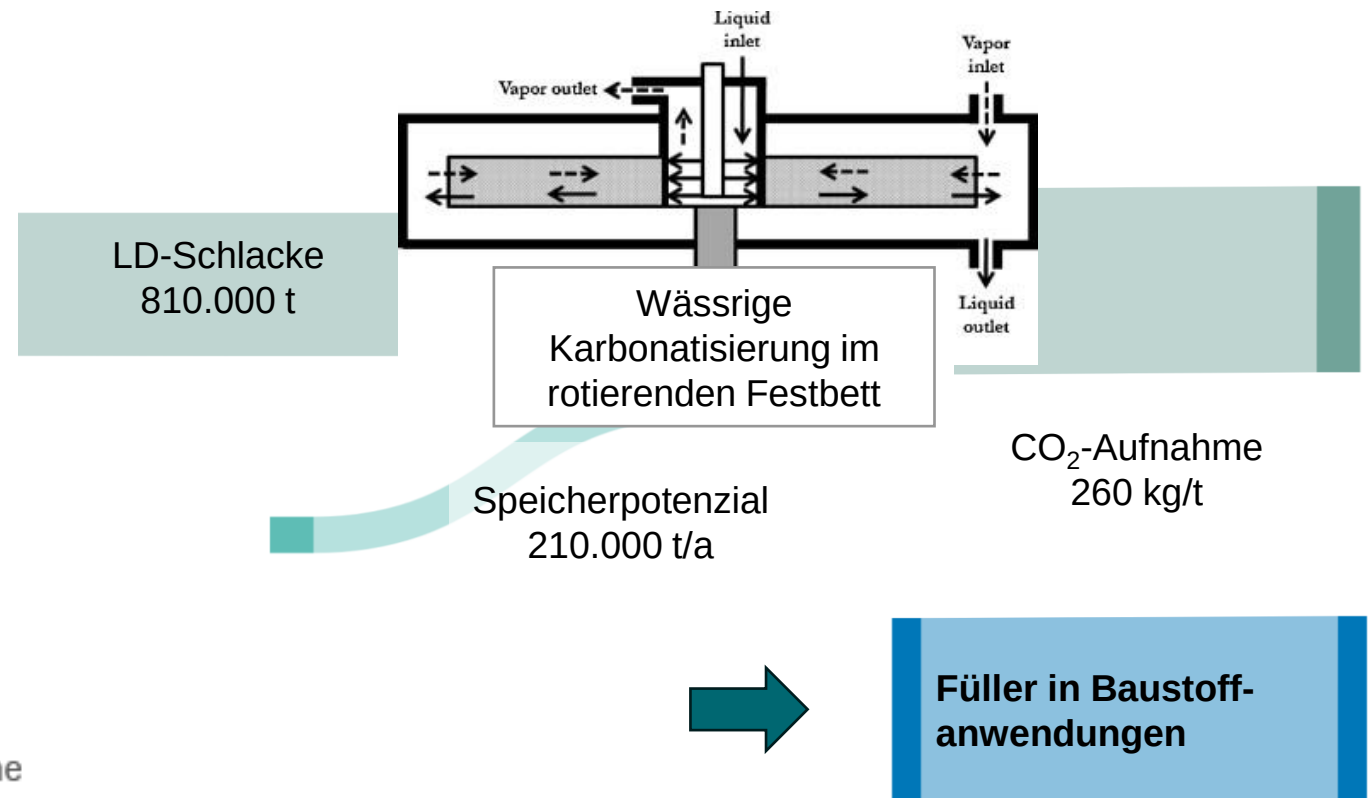
Integrierter Ansatz



LD-SCHLACKE



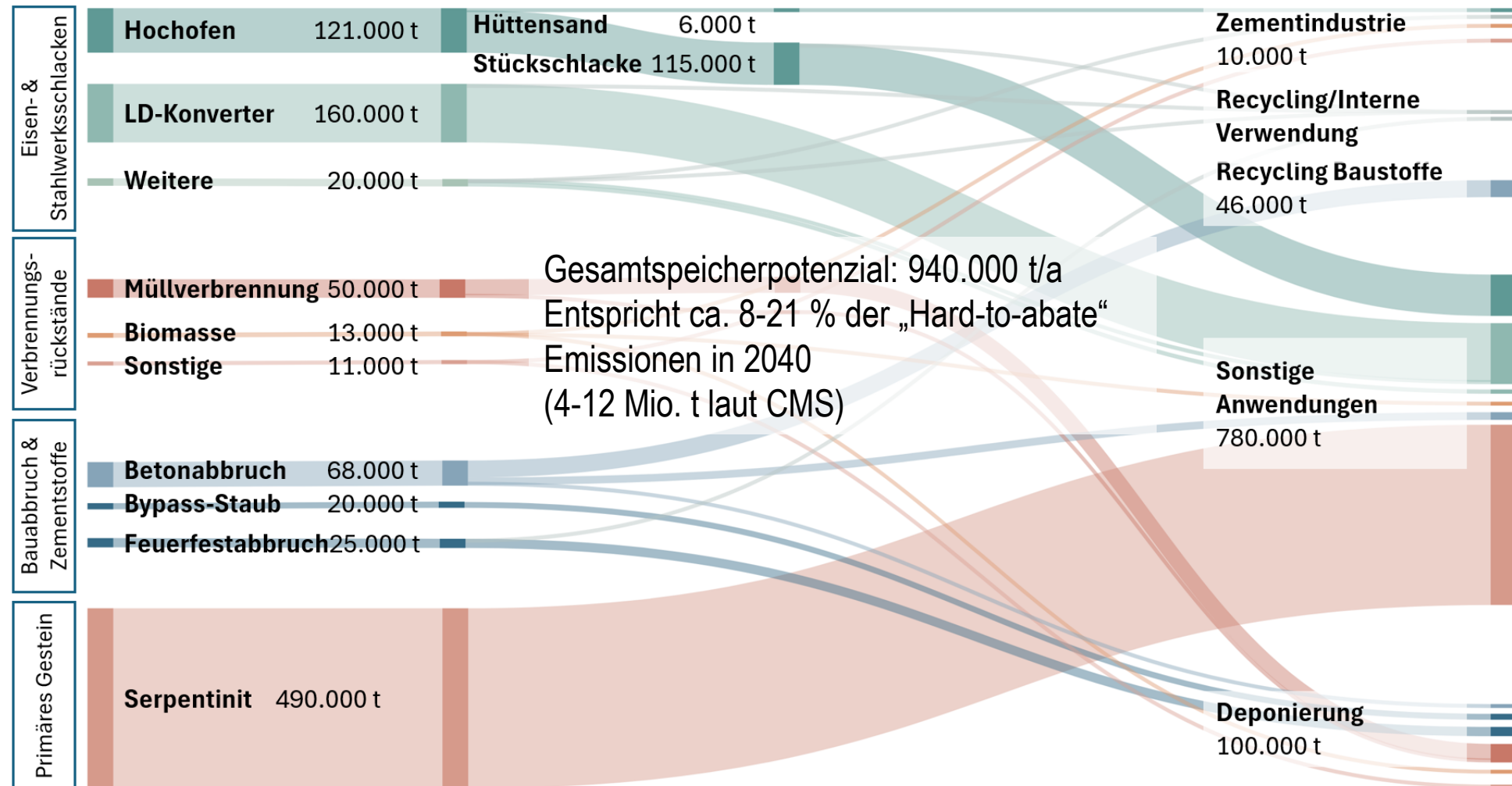
Stahlindustrie



Bauindustrie

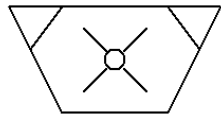
JÄHRLICHES SPEICHERPOTENZIAL

Gemischter Ansatz



KERNBOTSCHAFTEN

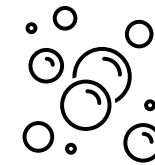
Was Karbonatisierung sein kann:



In Aufbereitung integrierbar

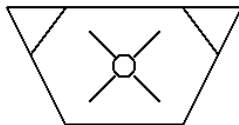


Ergänzung für Baustoffanwendungen



Effektive CO₂ Senke sein

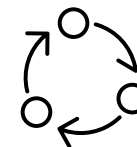
Was Karbonatisierung nicht kann:



Aufbereitung ersetzen



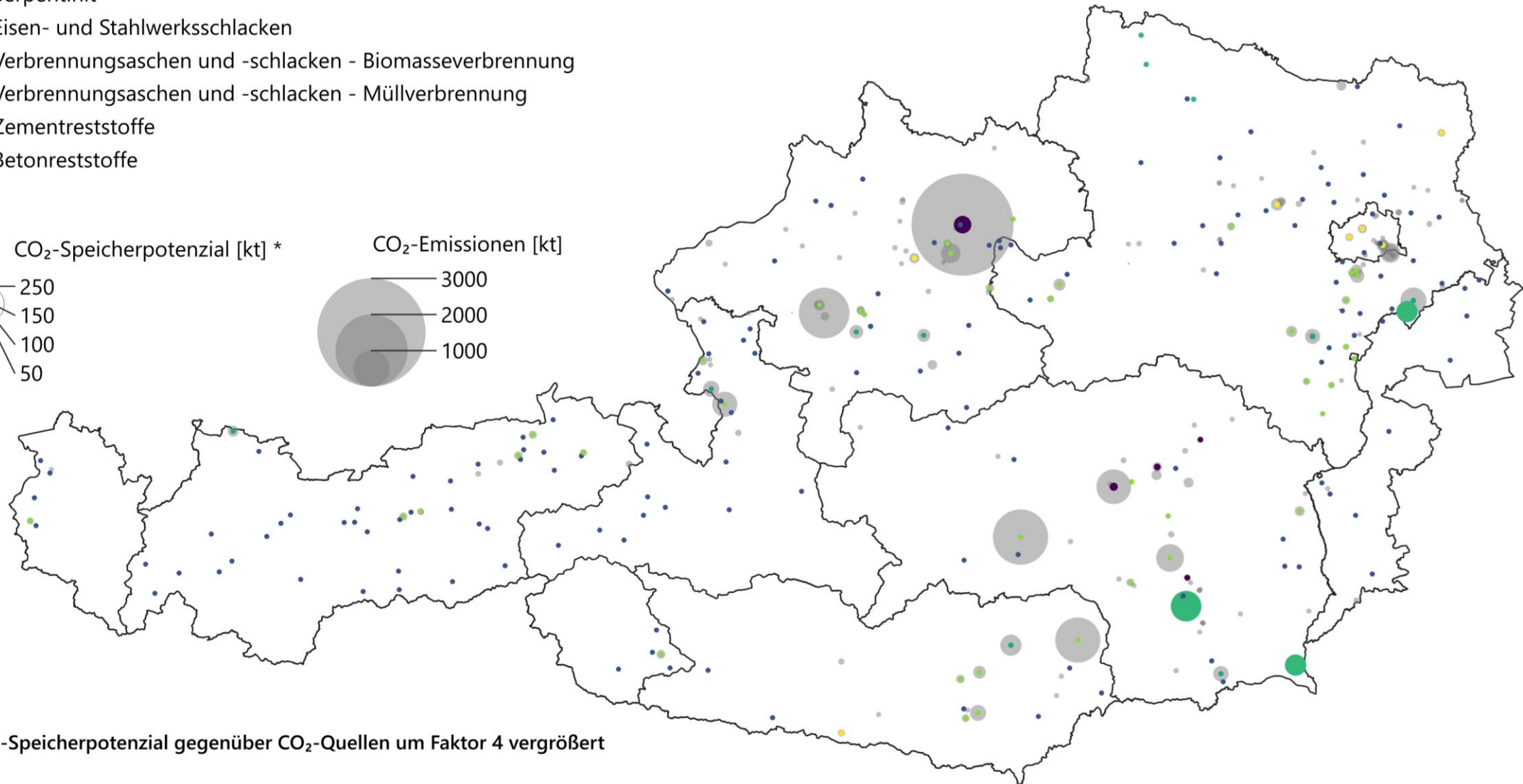
Zwangsläufig der höchste Nutzungspfad sein



Einheitliches Mineralisierungskonzept

RÄUMLICHE VERTEILUNG VON CO₂-QUELLEN UND -SENKEN

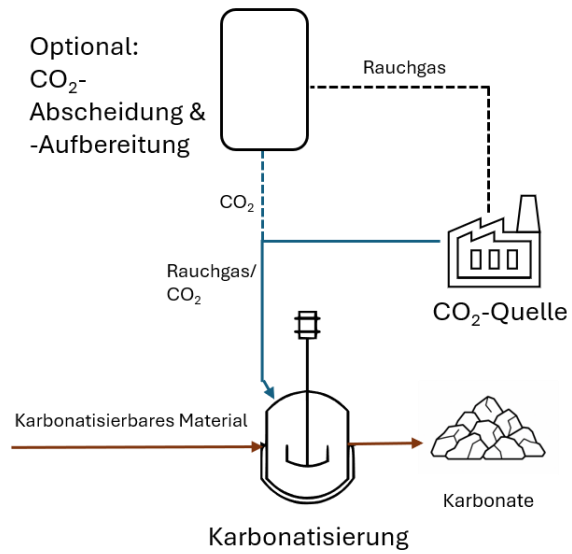
- Serpentin
- Eisen- und Stahlwerksschlacken
- Verbrennungsaschen und -schlacken - Biomasseverbrennung
- Verbrennungsaschen und -schlacken - Müllverbrennung
- Zementreststoffe
- Betonreststoffe



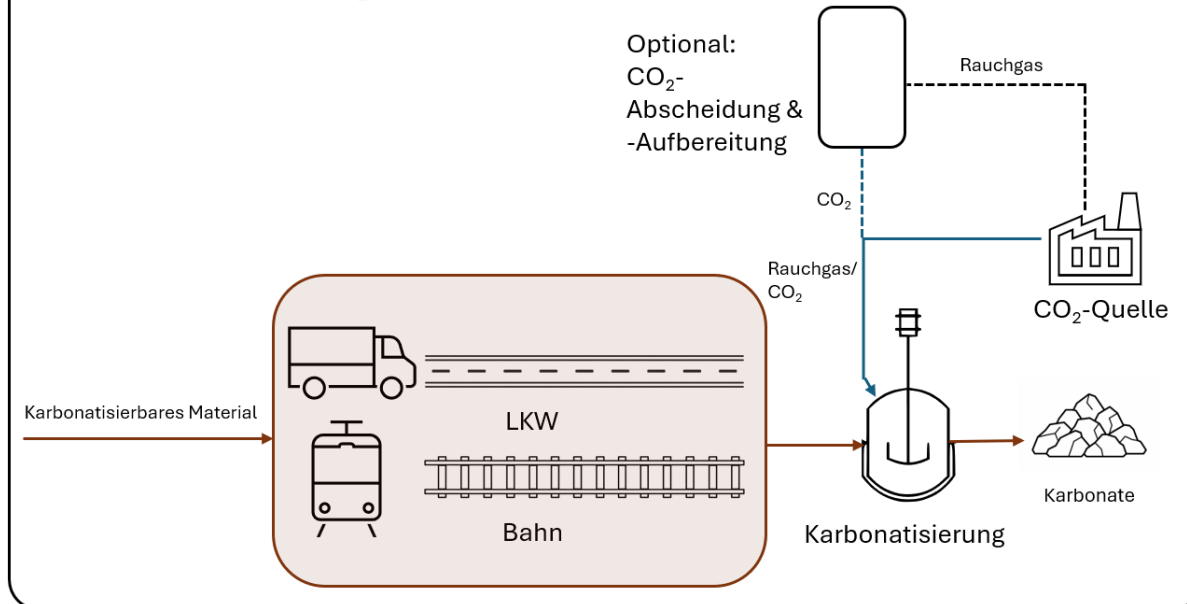
* CO₂-Speicherpotenzial gegenüber CO₂-Quellen um Faktor 4 vergrößert

INFRASTRUKTURKONZEPTE

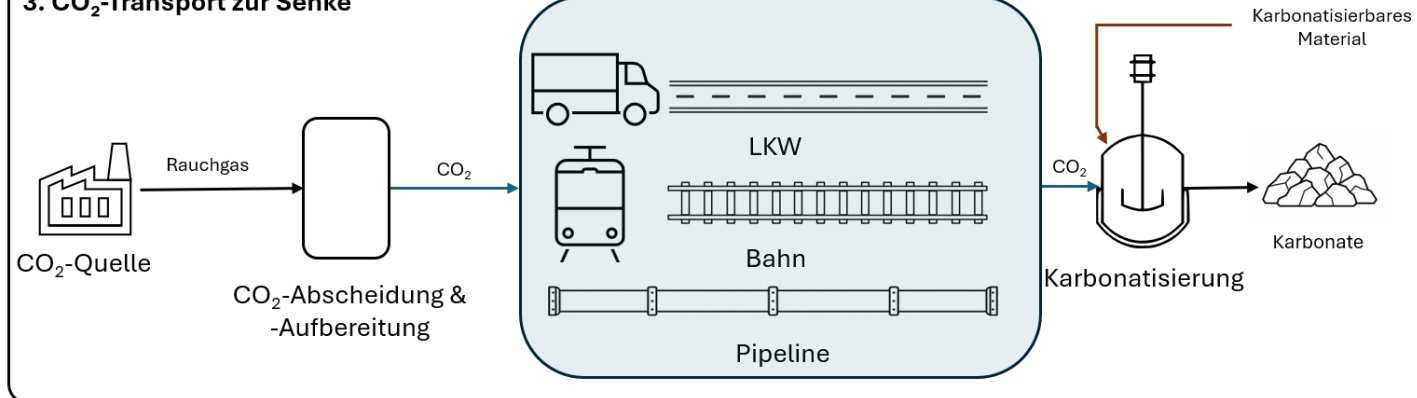
1. Lokale Nutzung



2. Materialtransport zur CO₂-Quelle



3. CO₂-Transport zur Senke

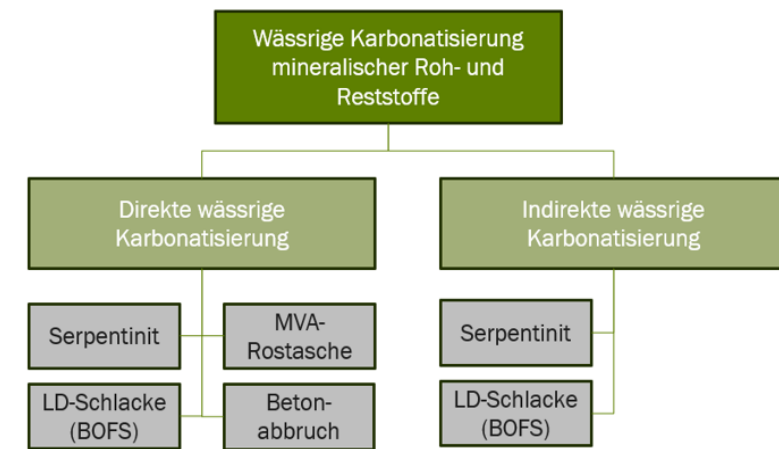


KERNBOTSCHAFTEN

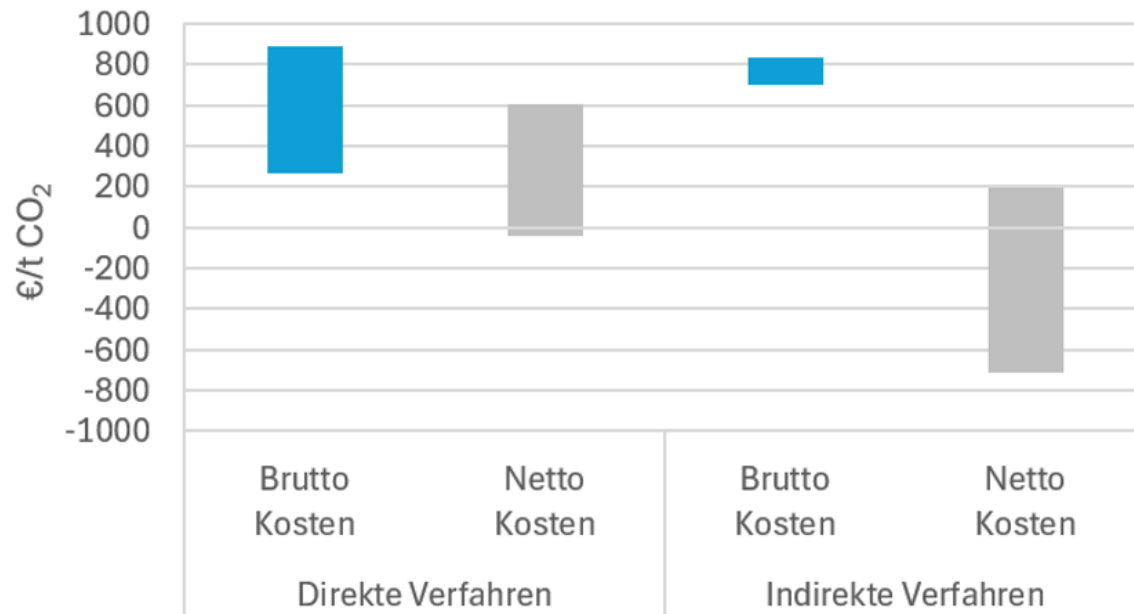
- **Lokale Nutzung:** Das lokale Karbonatisierungspotenzial kann **nur einen Teil der CO₂-Emissionen am Standort adressieren**; für verbleibende Emissionen sind weitere Dekarbonisierungsmaßnahmen erforderlich.
- Ist eine lokale Nutzung nicht möglich, bestehen **zwei grundsätzliche Optionen: Material zum CO₂ oder CO₂ zum Material**.
- Die optimale Lösung hängt neben der Distanz insbesondere von **Materialmenge, CO₂-Bedarf, CO₂-Bereitstellung, Karbonatisierungstechnologie und Transportanforderungen** ab.

TEA + LCA

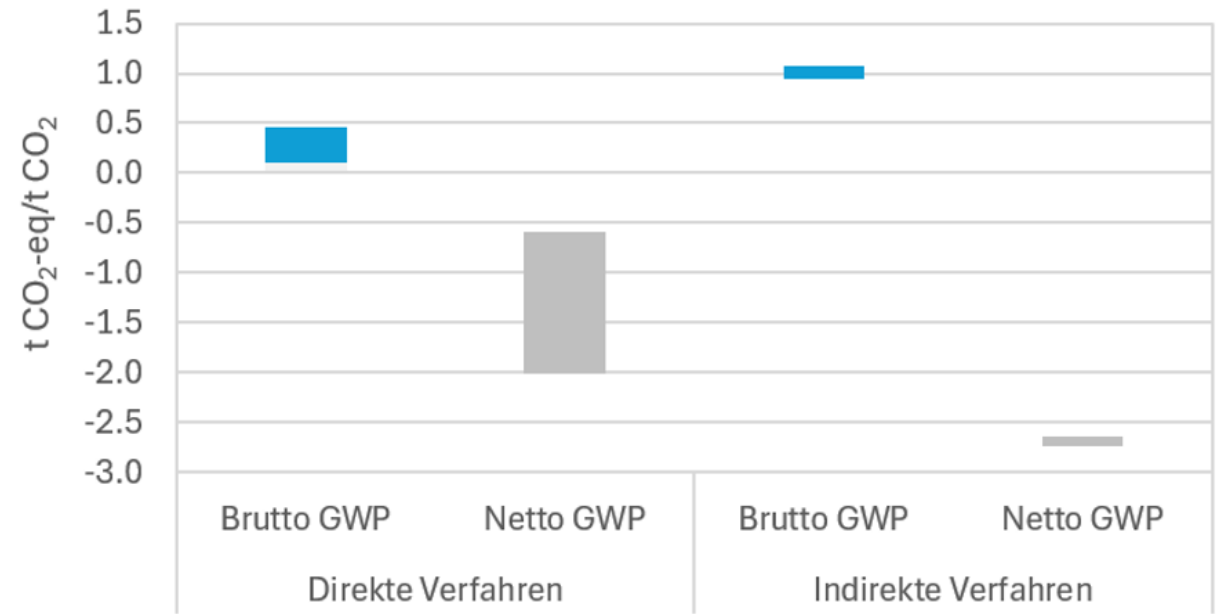
KOSTEN UND TREIBHAUSPOTENZIAL DER CO₂-SPEICHERUNG



Kosten der CO₂-Speicherung
mittels wässriger Karbonatisierung (Bandbreiten)



Treibhauspotenzial der CO₂-Speicherung
mittels wässriger Karbonatisierung (Bandbreiten)

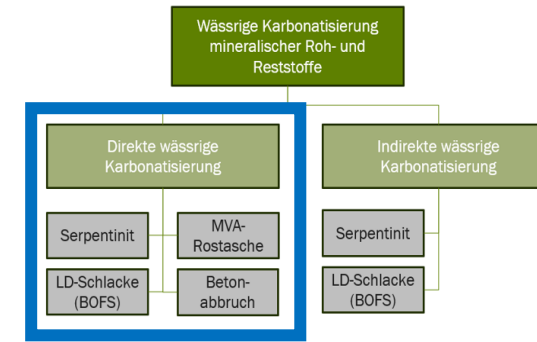


Brutto-Werte: Aufwendungen für den Speicherprozess (Anlagen, Energie, Rohstoffe etc.), ohne Transport

Netto-Werte: Brutto-Werte abzgl. Gutschriften für gespeichertes CO₂ und genutzte Produkte, ohne Transport

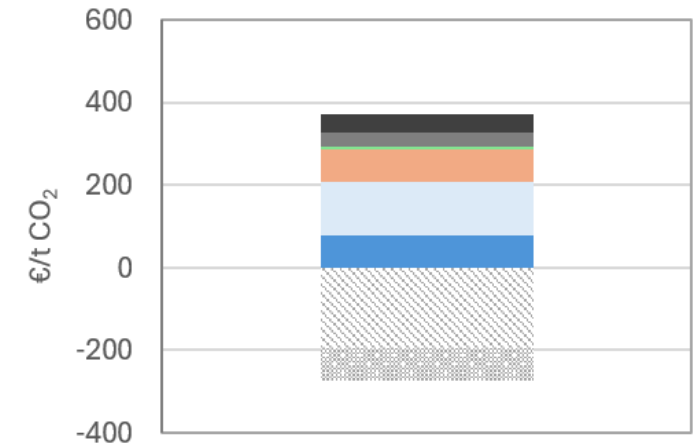
TEA + LCA

DIREKTE WÄSSRIGE KARBONATISIERUNG



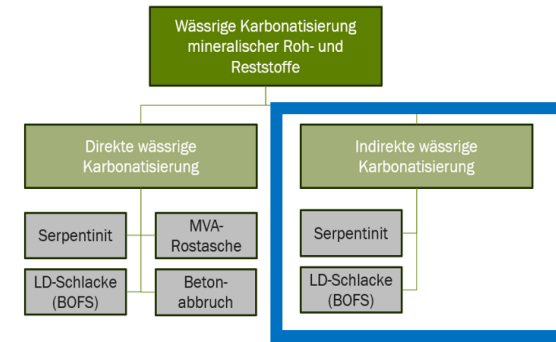
- Heterogenes Produktgemisch (je nach Ausgangsstoff: CaCO_3 , MgCO_3 , SiO_2 + weitere nicht umgesetzte Rohstoffbestandteile und Verunreinigungen)
- Niedrigere Produktpreise als bei indirekten Verfahren
- Mögliche Produktverwertung des Karbonatisierungsprodukts:
 - aus LD-Schlacke: teilweiser Ersatz von Portlandzement (bis zu 30%)
 - aus Serpentin: Füllstoff z.B. in Beton, ggf. zusätzliche Erlöse aus Magnetit möglich
 - aus Betonabbruch: Gesteinskörnung in Beton
 - aus MVA-Rostasche: stoffliche Verwertung vmtl. nicht möglich aufgrund Schadstoffgehalts, somit nur CO_2 -Speicherfunktion

Kosten der CO_2 -Speicherung
(LD-Schlacke, direkt)



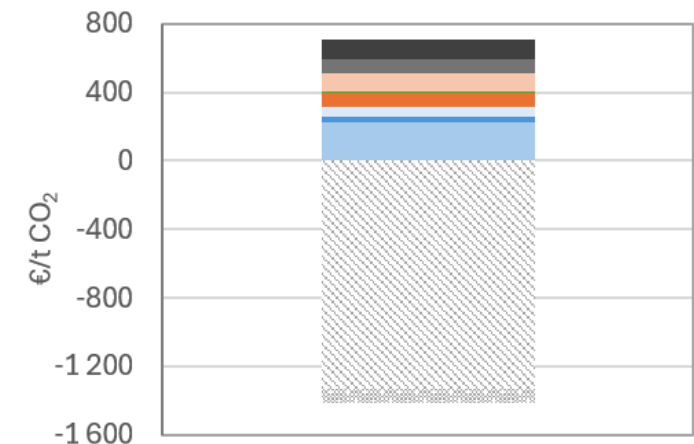
TEA + LCA

INDIREKTE WÄSSRIGE KARBONATISIERUNG



- Erzeugung hochreiner getrennter Produktfraktionen möglich (je nach Ausgangsstoff: CaCO_3 , MgCO_3 , (SiO_2))
- Verkaufserlöse hängen maßgeblich von Produktreinheit ab und können stark variieren, liegen jedoch (z.T. deutlich) über jenen aus direkter Karbonatisierung
- Sehr hohe Rückgewinnungsraten für Extraktionsmittel unerlässlich! (hohe Kosten / hohes Treibhauspotenzial)
- Bei Serpentin: ggf. zusätzliche Erlöse aus Magnetit möglich
- Brutto-Speicherkosten und Brutto-Treibhauspotenzial im Durchschnitt höher als bei direkten Verfahren → höhere Komplexität der Prozesse, „Umweg“ über Extraktionsmittel
- ABER: Ausgleich der höheren Prozess-Aufwendungen durch hochwertigere Produkte möglich

Kosten der CO_2 -Speicherung
(Serpentin, indirekt)



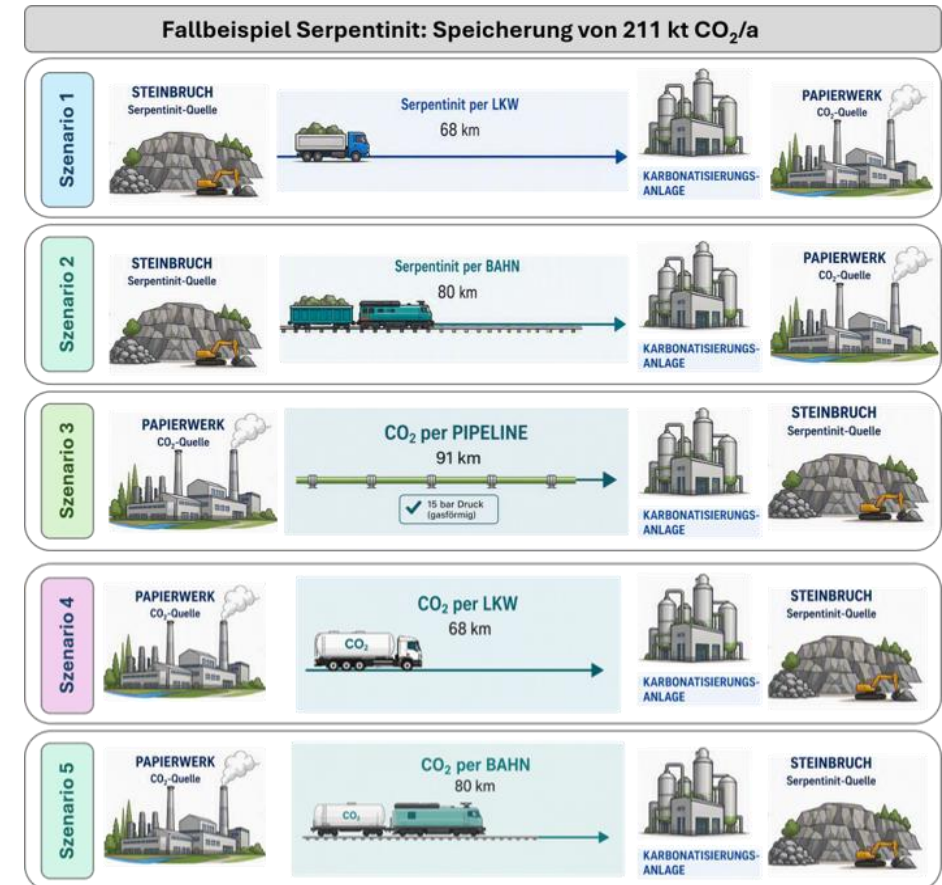
- Annuität CAPEX
- Fixe OPEX
- Extraktionsmittel
- Wasser
- CO_2 -Bereitstellung
- Rohstoff
- Strom
- Wärme
- Vermiedene Kosten (CO_2 -Zertifikate)
- Erlöse (Verkauf Produkte)

Rohstoff: 4,28 t/t CO_2
T: 510°C
p: 20-30 bar
 CO_2 : 100%
Extraktm.: NH_4HSO_4

TEA + LCA

SERPENTINIT-TRANSPORT FALLBEISPIEL

- **Serpentinit-Steinbruch** ↔ **Papierwerk**
- Transportdistanzen < 100 km
- Auswirkungen des Transports:
 - 4 – 19% der gesamten Speicherkosten
 - 2 – 20% des gesamten Treibhauspotenzials



	niedriger	höher
Kosten	Serpentin oder CO ₂ per LKW	Serpentin oder CO ₂ per Bahn
Treibhauspotenzial	Serpentin per Bahn, CO ₂ per Pipeline	Serpentin oder CO ₂ per LKW

TEA + LCA

BETONABBRUCH-TRANSPORT FALLBEISPIEL

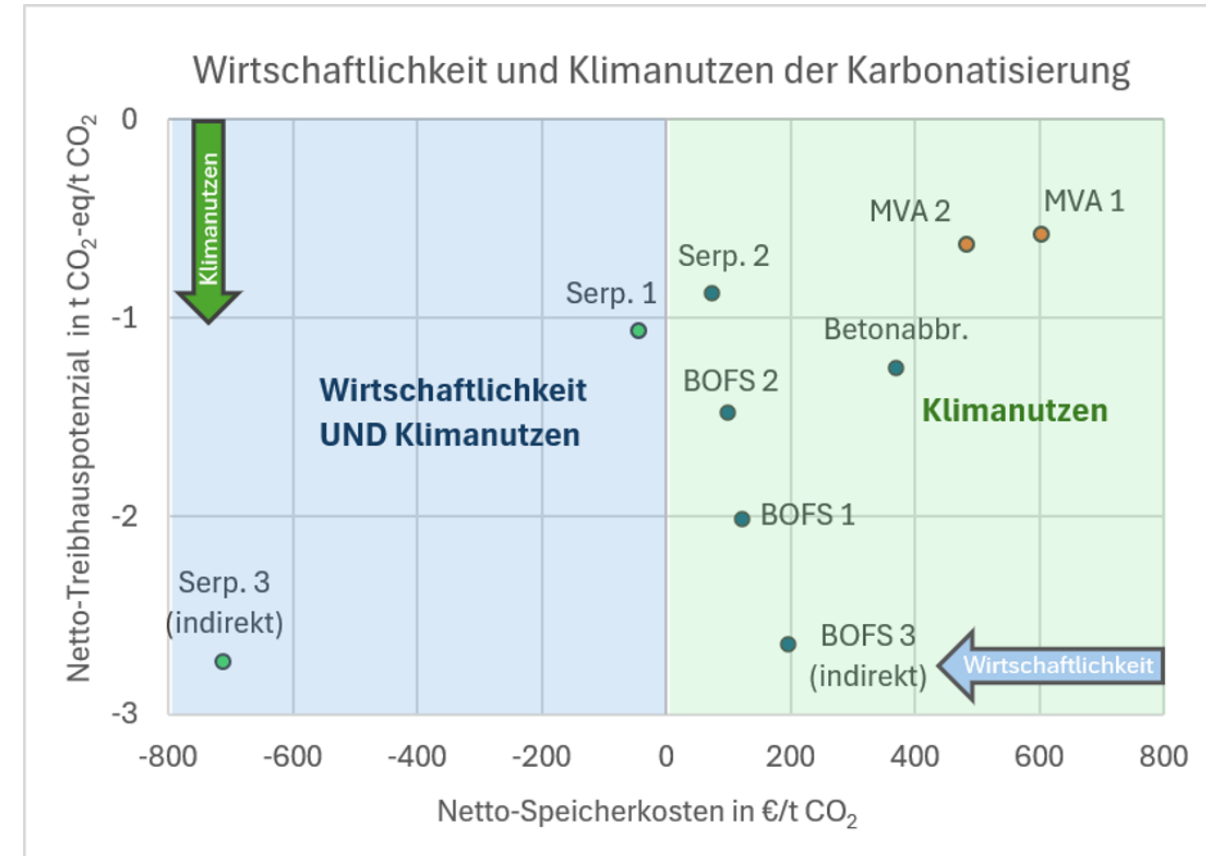
- **Viele kleine Betonrecycling-Anlagen → Kalkwerk**
- Ø Transportdistanz pro t Betonabbruch: 332 km
- Auswirkungen des Transports:
 - 37% der gesamten Speicherkosten
 - 55% des gesamten Treibhauspotenzials
- Hohe Auswirkungen aufgrund großer Transportdistanzen, hohen Materialbedarfs dieses Verfahrens und LKW-Transport des Betonabbruchs als alleiniger Transportoption
- **Lange Transportwege können Speicherkosten maßgeblich erhöhen und müssen in der Wirtschaftlichkeitsbewertung unbedingt berücksichtigt werden!**



KERNBOTSCHAFTEN

TEA + LCA

- Alle Verfahren haben **netto-negative Treibhausgasbilanz** → speichern bzw. vermeiden mehr CO₂ als Speicherprozess verursacht
- Serpentin: Beste Performance bei Wirtschaftlichkeit und Klimanutzen
- Prozessparameter verschiedener Verfahren unterscheiden sich stark (p, T, m_{Rohstoff...}) → Einzelfallbetrachtung!
- Wirtschaftlichkeit abhängig von Prozessauslegung, erzielbaren Produktpreisen und Transportwegen!
- Unsicherheit bzgl. Produktverwertbarkeit und erzielbaren Preisen → ABER: Produktverwertung notwendig für gute Performance der CO₂-Speicherung



Werte ohne Transport

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT



HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

TECHNOLOGIE & INDUSTRIELLE UMSETZUNG

Handlungsempfehlung	Konkretisierung
Stoffstromspezifische Karbonatisierungsverfahren entwickeln	Reaktor, Vorbehandlung und Prozessführung an Stoffstrom, Zielprodukt und angestrebte CO ₂ -Bindung anpassen. Kontinuierliche Prozessführung und Prozessintensivierung dort vorantreiben, wo hohe CO ₂ -Aufnahmen angestrebt werden.
Pilot- und Industrielle Demonstration vorantreiben	Weniger entwickelte Verfahren unter realen Betriebsbedingungen pilotieren und CO ₂ -Bindung, Energiebedarf, Qualität und Wirtschaftlichkeit nachweisen. Validierung theoretischer bzw. experimenteller Stoff- und Energiebilanzen unter Praxisbedingungen (Rohstoff- und Energiebedarf, Produktausbeute etc.), Untersuchung des tatsächlichen Potenzials der Wärmeintegration, Nachweis der langfristigen Stabilität und Leistungsfähigkeit der Prozesse.
Weitergehende Untersuchung integrierter Konzepte zur direkten Nutzung industrieller Abgase	Die direkte Nutzung geeigneter Abgasströme zur Karbonatisierung weiterentwickeln, sofern Verfahren und Abgasqualität dies zulassen. Dadurch können zusätzliche Abscheidungs-, Aufbereitungs-, Verdichtungs- und Transportschritte reduziert bzw. vermieden werden.
Indirekte Karbonatisierungs-Verfahren optimieren	Reduktion des Verbrauchs an Extraktionsmitteln, Validierung und Verbesserung der Rückgewinnungsraten, ggf. Forschung zu alternativen Extraktionsmitteln.
Nutzung der Produkte aus belasteten Reststoffen (z.B. MVA Rostasche) untersuchen	Erzeugung nutzbarer Karbonatisierungs-Produkte

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

STANDORT, INFRASTRUKTUR & REGIONALE INTEGRATION

Handlungsempfehlung	Konkretisierung
Lokale Nutzung priorisieren	Karbonatisierung dort umsetzen, wo CO ₂ -Quelle und geeignete mineralische Stoffströme räumlich zusammenfallen. Dadurch können Transporte großer Materialmengen bzw. zusätzliche CO ₂ -Transportinfrastrukturen vermieden oder reduziert werden.
Bestehende Infrastruktur für etablierte Anwendungen nutzen	Bei Anwendungen wie Betonrezyklat, bei denen gezielte bzw. moderate Karbonatisierung ausreicht, bestehende Infrastruktur (z.B. Silos, Fördertechnik und Aufbereitungsanlagen) für Retrofit und Scale-out nutzen.
No-regret-Standorte und regionale Wertschöpfungsketten entwickeln	Standorte und regionale Quellen-Senken-Kombinationen priorisieren, an denen Karbonatisierung auch unabhängig von der zukünftigen Entwicklung eines überregionalen CO ₂ -Netzes sinnvoll umgesetzt werden kann. Entwicklung regionaler Rohstoff- und CO ₂ -Versorgungskonzepte.
Karbonatisierung in die langfristige CO ₂ -Infrastrukturplanung integrieren	Karbonatisierung als ergänzende CO ₂ -Senkenoption bei der Entwicklung zukünftiger CO ₂ -Infrastrukturen berücksichtigen und mögliche Synergien mit Transportnetzen, Hubs und weiteren CO ₂ -Senken frühzeitig einbeziehen.
Regionale Quellen-Senken-Kooperationen stärken	CO ₂ -Emittenten, Materialbereitsteller, Karbonatisierungsbetreiber und Logistikakteure frühzeitig zusammenbringen, um regionale Stoffkreisläufe und tragfähige Quellen-Senken-Kombinationen zu entwickeln.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

PRODUKTE & MARKT

Handlungsempfehlung	Konkretisierung
Stoffströme mit geringer Nutzungskonkurrenz priorisieren	Karbonatisierung dort einsetzen, wo hochwertige bestehende und absehbare Nutzungspfade möglichst wenig eingeschränkt werden.
Karbonatisierte Produkte weiterentwickeln und qualifizieren	Für Anwendungen wie SCM, Füller und Gesteinskörnungen die Auswirkungen von Karbonatisierung auf Baustoffeigenschaften weiter untersuchen, sowie reproduzierbare Qualitätsanforderungen, Prüfverfahren und Zulassungen/Normen entwickeln.
Experimentelle Charakterisierung der Karbonatisierungs-Produkte	Untersuchung von Reinheit, Schadstoffgehalten und Materialeigenschaften der erzeugten Produkte, Bewertung der Eignung als Sekundärrohstoff z.B. in der Zement-, Beton- oder Chemieindustrie, Nachweis realistisch erzielbarer Substitutionsraten von Primärrohstoffen.
Vermarktungspotenziale bewerten	Detaillierte Marktanalysen für Karbonatisierungs-Produkte und Magnetit, Untersuchung regionaler Absatzmärkte und potenzieller Preisentwicklungen, Entwicklung realistischer Geschäftsmodelle für die Vermarktung der Produkte.
Ökologische Analysen vertiefen	Standort- bzw. fallspezifische Lebenszyklusanalysen, Berücksichtigung zukünftiger Energieszenarien, Untersuchung weiterer Umweltwirkungen neben dem Treibhauspotenzial.
Potenziale für Carbonation Curing in Österreich bewerten; konkrete Anwendungsfälle entwickeln und bewerten	Welche CO ₂ -Mengen könnten in Österreich pro Jahr in Fertigbetonteilen gespeichert werden? Welche konventionellen Betonsorten können substituiert werden? Ist eine Nachrüstung bestehender Härtungsanlagen in Betonwerken möglich? Möglichkeiten und Grenzen der Technologie? Analyse konkreter Anwendungen mittels TEA und LCA; insbesondere auch Bewertung von Kombinationen mit der Anwendung von (karbonatisierten) Sekundärbindemitteln.

PROJEKTCANVAS 1

DIREKTE ABGASNUTZUNG & INTEGRIERTE KARBONATISIERUNG

Leitfrage: Wie kann Karbonatisierung direkt in industrielle Abgas- und Prozessketten integriert werden?

→Zu lokale Nutzung, direkte Abgasnutzung und ggf. die Kombination mit nachgeschalteter CO₂-Abscheidung

Tischmoderation: Hans & Eva

PROJEKTCANVAS 2

KARBONATISIERUNGS-HUBS & NO-REGRET-STANDORTE

Leitfrage: Wie kann eine regionale Karbonatisierungs-Wertschöpfungskette unabhängig von einem zukünftigen überregionalen CO₂-Netz aufgebaut werden?

→ Zu No-regret-Standorte entwickeln, regionale Quellen-Senken-Kooperationen stärken und Karbonatisierung in die langfristige CO₂-Infrastrukturplanung integrieren

Tischmoderation: Susanne & Thomas

PROJEKTCANVAS 3

INDUSTRIELLE DEMONSTRATION & SCALE-UP

Leitfrage: Wie kann ein Karbonatisierungsverfahren in die industrielle Demonstration überführt werden?

→ Zu Pilot- und industrielle Demonstration vorantreiben; bestehende Infrastruktur nutzen; ökologische und wirtschaftliche Bewertung vertiefen

Tischmoderation: Sarah & Markus

PROJEKTCANVAS 4

VOM KARBONATISIERTEN MATERIAL ZUM MARKTFÄHIGEN PRODUKT

Leitfrage: Wie werden aus karbonatisierten Reststoffen qualitätsgesicherte und marktfähige Sekundärrohstoffe?

→ Zu Karbonatisierte Produkte weiterentwickeln und qualifizieren (SCM, Füller, Gesteinskörnungen etc.); Technologie, Produkthanforderungen, potenzielle Abnehmer, notwendige Prüfungen/Zulassungen und Geschäftsmodell