

CO<sub>2</sub>-Minderung bei der Zementherstellung

Getemperte Tone in der industriellen Umsetzung:  
**Pilotprojekt zur prozessintegrierten  
Herstellung im Zementwerk Rohrdorf**

**Christopher Ehrenberg**  
Rohrdorfer Zement GmbH



## Getemperte Tone in der industriellen Umsetzung: Pilotprojekt zur prozessintegrierten Herstellung im Zementwerk Rohrdorf

04. November 2024 | VÖZ Kolloquium | Herr Dr. Ehrenberg Christopher

# AGENDA



1. Vorstellung Rohrdorfer Gruppe
2. Zementproduktion im Zementwerk Rohrdorf
3. Rohrdorfer CO<sub>2</sub>-Dekarbonisierungspfad
4. Pilotanlage C3Pi - Getemperte Tone
  - Förderung BMWK
  - Prozessintegration im Zementwerk Rohrdorf
  - Prozesssimulation
  - Zeitplan
  - Rahmenbedingungen
5. Zusammenfassung

# 1 | Vorstellung Rohrdorfer Gruppe Portfolio & Produkte



5	Gesellschaften
2	Zementwerke
10	Steinbrüche
2	Mischanlagen
1	Wertstoffbetrieb

▲  
**320 MA**



18	Gesellschaften
73	Werke
1	Zusatzmittelwerk

▲  
**540 MA**



4	Gesellschaften
1	Umwelttechnik
35	Werke

▲  
**305 MA**



4	Gesellschaften
11	Werke

▲  
**300 MA**



3	Gesellschaften
7	Werke

▲  
**370 MA**



2	Service-Gesellschaften
---	------------------------

▲  
**90 MA**



## Net Zero Emission Labs

- ✓ Gegründet **04/2023**
- ✓ 27 Mitarbeiter
- ✓ CO<sub>2</sub> Vermeidung & CCUS
- ✓ Der Name ist Programm: klares Ziel - Netto-Null-Emissionen zu erreichen



**2.300**  
MITARBEITER



**40**  
GESELLSCHAFTEN



**150**  
WERKE/BETRIEBSSTÄTTEN



**800 Mio. €**  
UMSATZ

# 1 | Vorstellung Rohrdorfer Gruppe Standorte Zementwerke



# 2 | Zementproduktion im Zementwerk Rohrdorf

## Einführung in die Zementproduktion

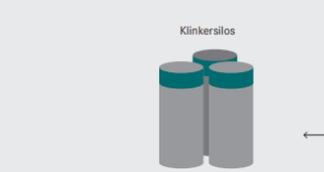


### Traditionelle Herstellung von Zement

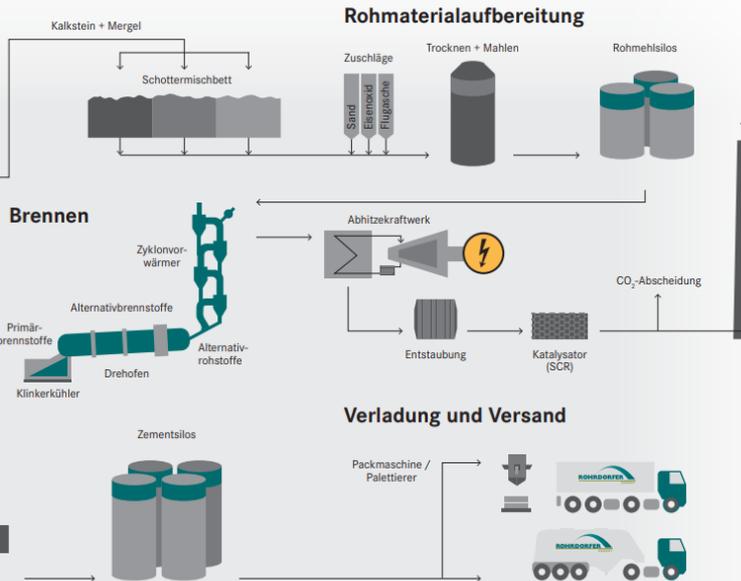
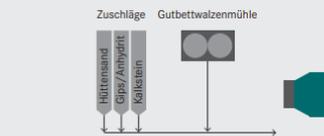
#### Rohmaterialgewinnung



Steinbruch



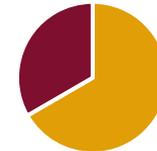
#### Zementmahlung



### CO<sub>2</sub>Emissionen:

7-8% der weltweiten CO<sub>2</sub> Emissionen stammen aus der Zementherstellung

1/3 Brennstoff



2/3 Prozess

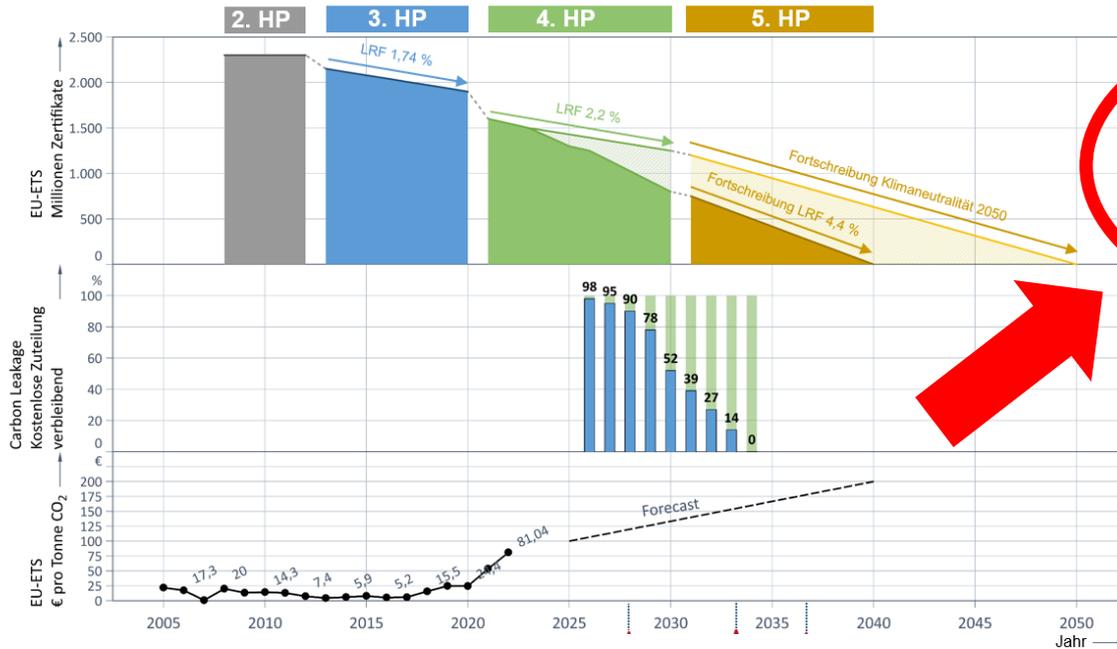


„Entsäuerung“  
 $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

~800 kg CO<sub>2</sub>/to  
 Zementklinker

# 2 | Zementproduktion im Zementwerk Rohrdorf

## Rahmenbedingungen CO<sub>2</sub>-Zertifikate

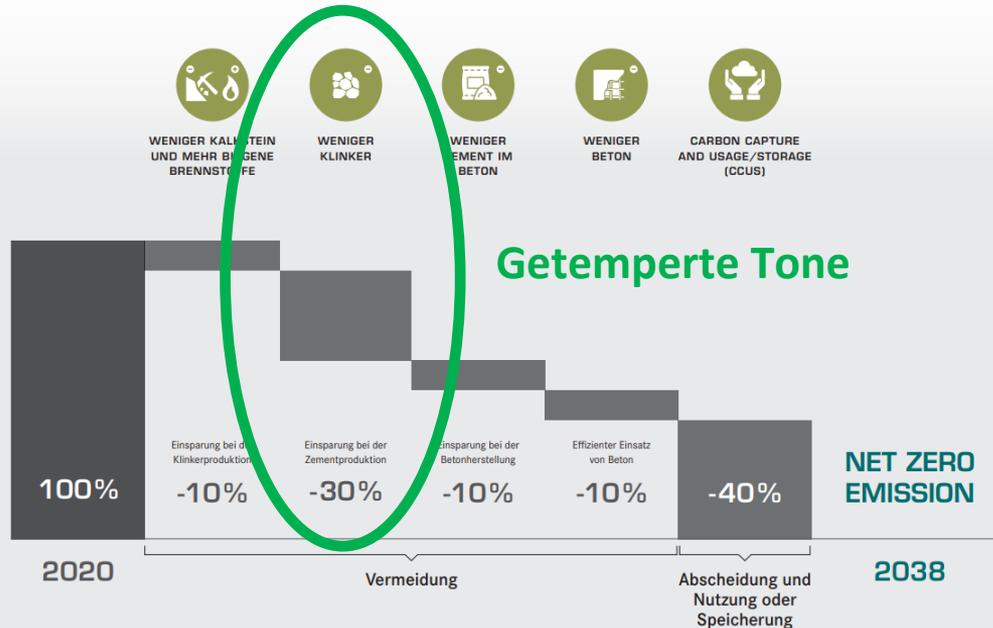


- 2026: Abschmelzen kostenloser Zertifikate
  - 2034: Keine kostenlosen Zertifikate
  - 2040: Keine Ausgabe von Zertifikaten
- bis spätestens **2040** muss die Dekarbonisierung abgeschlossen sein
- CBAM (CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichssystem) ersetzt Carbon Leakage Status
  - Abschmelzen Gratiszuteilungen bis 2034

# 3 | Rohrdorfer CO<sub>2</sub>-Dekarbonisierungspfad



## Der Rohrdorfer Fahrplan zur CO<sub>2</sub>-Neutralität



# 3 | Rohrdorfer CO<sub>2</sub>-Dekarbonisierungspfad

## Reduktion Klinker/Zement-Faktor



Signifikantes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial durch weitere Reduzierung Klinker/Zementfaktor

Zementklinker



Ersatz durch:

Hüttensand



Flugasche



Anforderung an Klinkerersatzstoffe:  
hohe Verfügbarkeit, geringe Kosten,  
Reaktivität im Zement, geringe CO<sub>2</sub>-  
Emissionen, ...

Alternativen

„neue“ Klinkerersatzstoffe nötig :



**natürliche** Puzzolane (Vulkanite)



**künstliche** Puzzolane (Tone)



### Infobox: Puzzolane

Kieselsäurehaltige oder kieselsäure- und tonerdehaltige natürliche oder künstliche Gesteine **ohne selbstständiges Bindevermögen**, die als Zusatzstoffe für die Herstellung von Mörtel oder Beton verwendet werden. Durch die **Zugabe von Wasser und Calciumhydroxid** (Kalkhydrat) bilden Puzzolane Calciumsilicathydrate und Calciumaluminathydrate. (baunetzwissen.de)

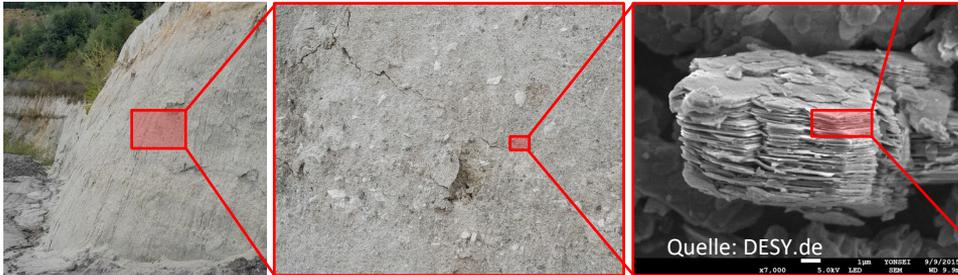
# 3 | Rohrdorfer CO<sub>2</sub>-Dekarbonisierungspfad

## CO<sub>2</sub>-Vermeidung: Weniger Klinker – Einsatz getemperter Tone



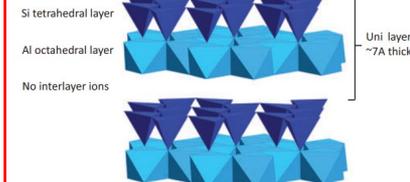
### Einsatz getemperter Tone – Warum?

- Zementklinker ↔ hohe CO<sub>2</sub>-Prozessemissionen
- **Getemperte Tone mit puzzolanen\* Eigenschaften erreichen 15 – 30% CO<sub>2</sub>-Reduktion**
- **Aktivierung der Tone** durch Erhitzung führt zur Freisetzung von Silizium und Aluminium in der Zementsuspension  
-> **Festigkeitsbeitrag im Beton**

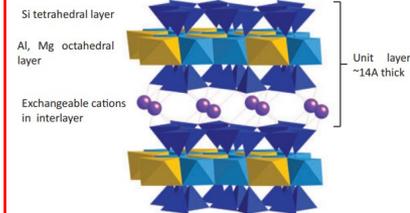


#### Schichtaufbau der Tonminerale

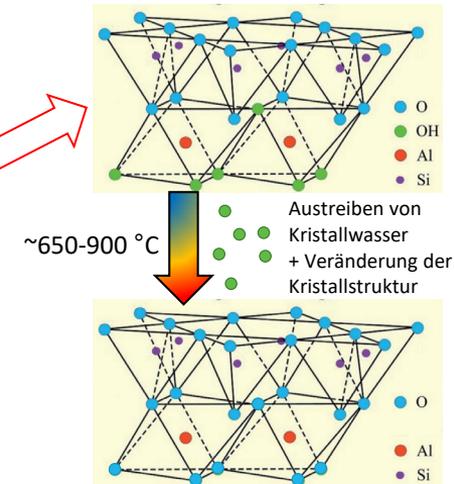
**Kaolin group** e.g. kaolinite  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$



**Smectite** e.g. montmorillonite  $(Na,Ca)_{0.33}(Mg,Al)_2(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot nH_2O$



„Aktivierung“ der Tonminerale



Wimpenny „Clay Minerals“ (2016),

# 3 | Rohrdorfer CO<sub>2</sub>-Dekarbonisierungspfad

## Einsatz getemperter Tone – vom Rohstoff zum Klinkerersatz



Tonrohstoff → Mahltrocknung (ggf. weitere Aufbereitung) → „Aktivierung“ durch Tempern (Flashreaktor) → Klinkerersatz

# 3 | Rohrdorfer CO<sub>2</sub>-Dekarbonisierungspfad

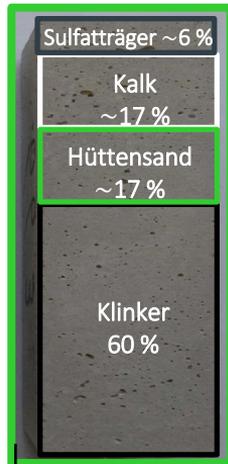
## Labor – Bewertung von getemperten Tonen im Zement



Kosteneffiziente Zementherstellung durch Steigerung der Klinkerersatzraten und CO<sub>2</sub>-Einsparung

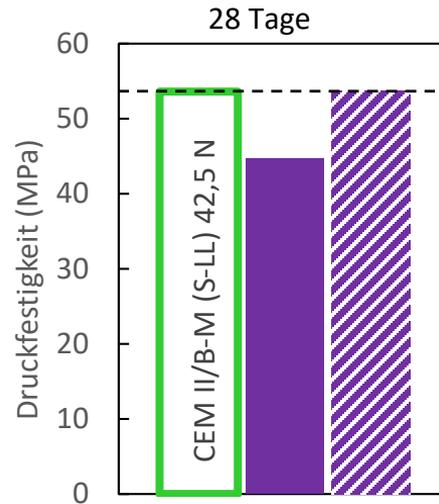
### Portlandkompositzement

CEM II/B-M (S-LL) 42,5 N



100%

### „LC3“-Tonzement



CO<sub>2</sub>-Emission (kg/t Zement)\*\*



78% (-22 %)

In Arbeit:  
Versuche zum  
Tempertonanteil

# 4 | Pilotanlage C3Pi\* – getemperte Tone

## Förderung BMWK



### Titel

Pilotprojekt zur prozessintegrierten Herstellung getempertter Tone als dekarbonisierter Zementhauptbestandteil im Zementwerk Rohrdorf

### Short Facts

- Gefördert von: Bundesministerium für Wirtschaft- und Klimaschutz (BMWK)
- Projektzeitraum: Oktober 2023 – Ende 2026
- Förderquote: 50 % (für CAPEX und OPEX)

### Projektschwerpunkte

- Prozessintegrierte Herstellung getempertter Tone (Abwärmenutzung, Emissionsvermeidung)
- Know-how-Gewinn bei Prozessführung sowie Qualitätsmerkmalen der Rohstoffe und Produkte
- Entwicklung von Zementen

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



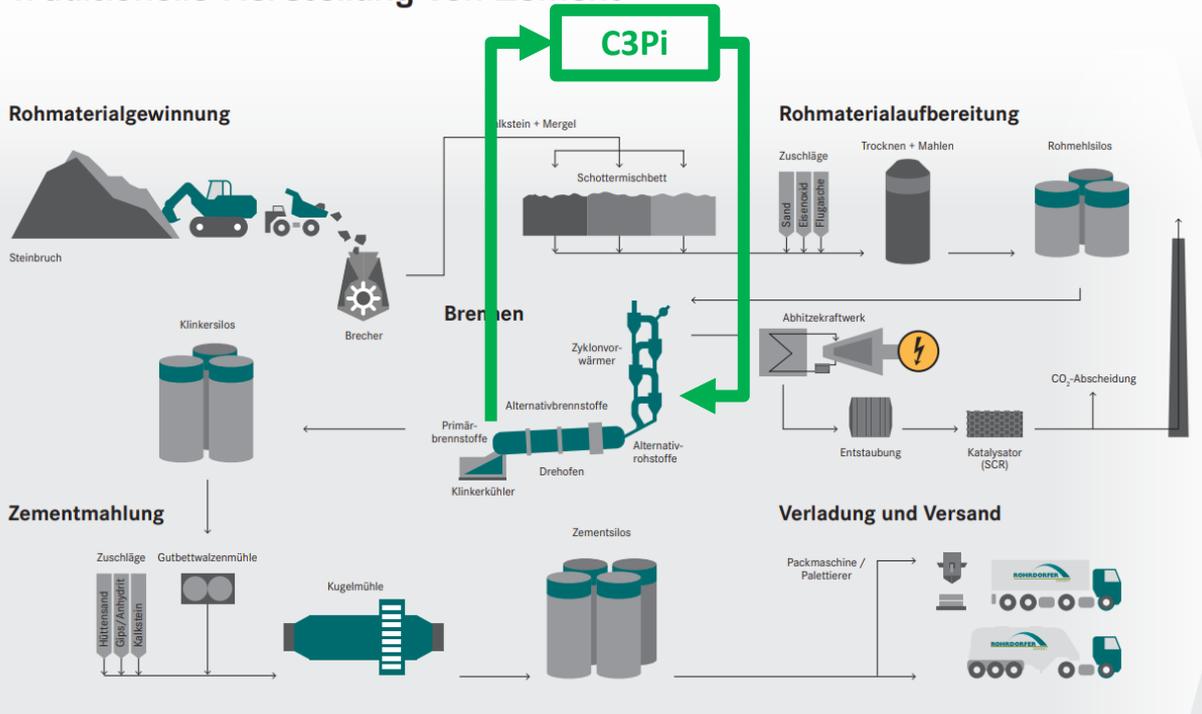
Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

# 4 | Pilotanlage C3Pi – getemperte Tone

## Prozessintegration im Zementwerk Rohrdorf



### Traditionelle Herstellung von Zement



### Eckdaten C3Pi:

- Flash-Kalzinator
- Prozessintegriert
- 50 t/Tag getemp. Ton
- Farbkontrolle

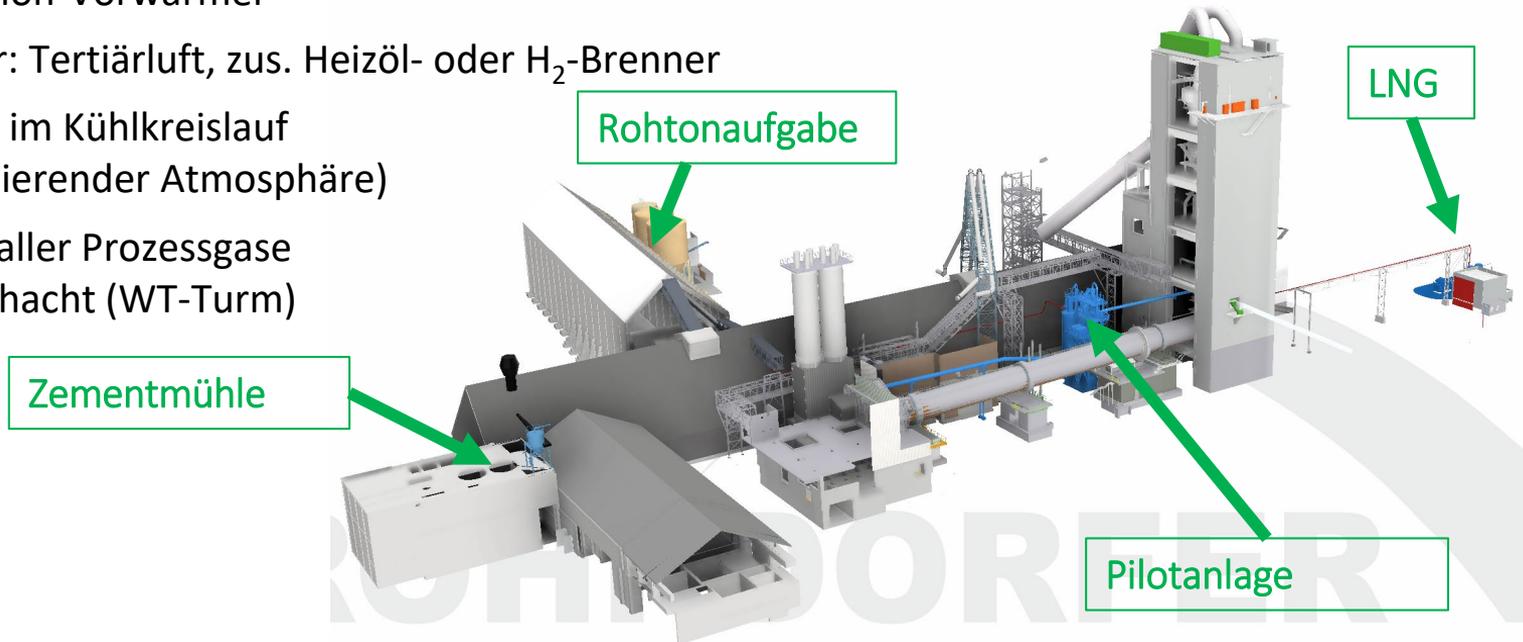
# 4 | Pilotanlage C3Pi – getemperte Tone

## Prozessintegration im Zementwerk Rohrdorf



### C3Pi

- 3-stufiger Zyklon-Vorwärmer
- Energiezufuhr: Tertiärluft, zus. Heizöl- oder H<sub>2</sub>-Brenner
- Farbkontrolle im Kühlkreislauf (mittels reduzierender Atmosphäre)
- Rückführung aller Prozessgase in den Steigschacht (WT-Turm)



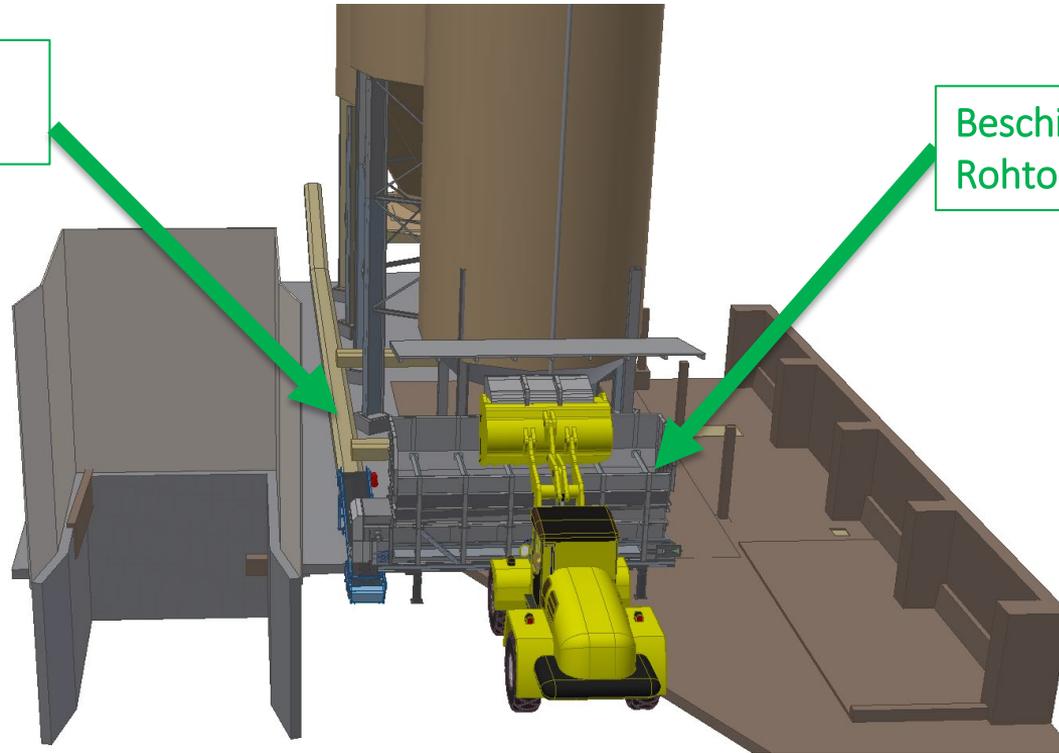
# 4 | Pilotanlage C3Pi – getemperte Tone

Prozessintegration im Zementwerk Rohrdorf - Rohtonaufgabe



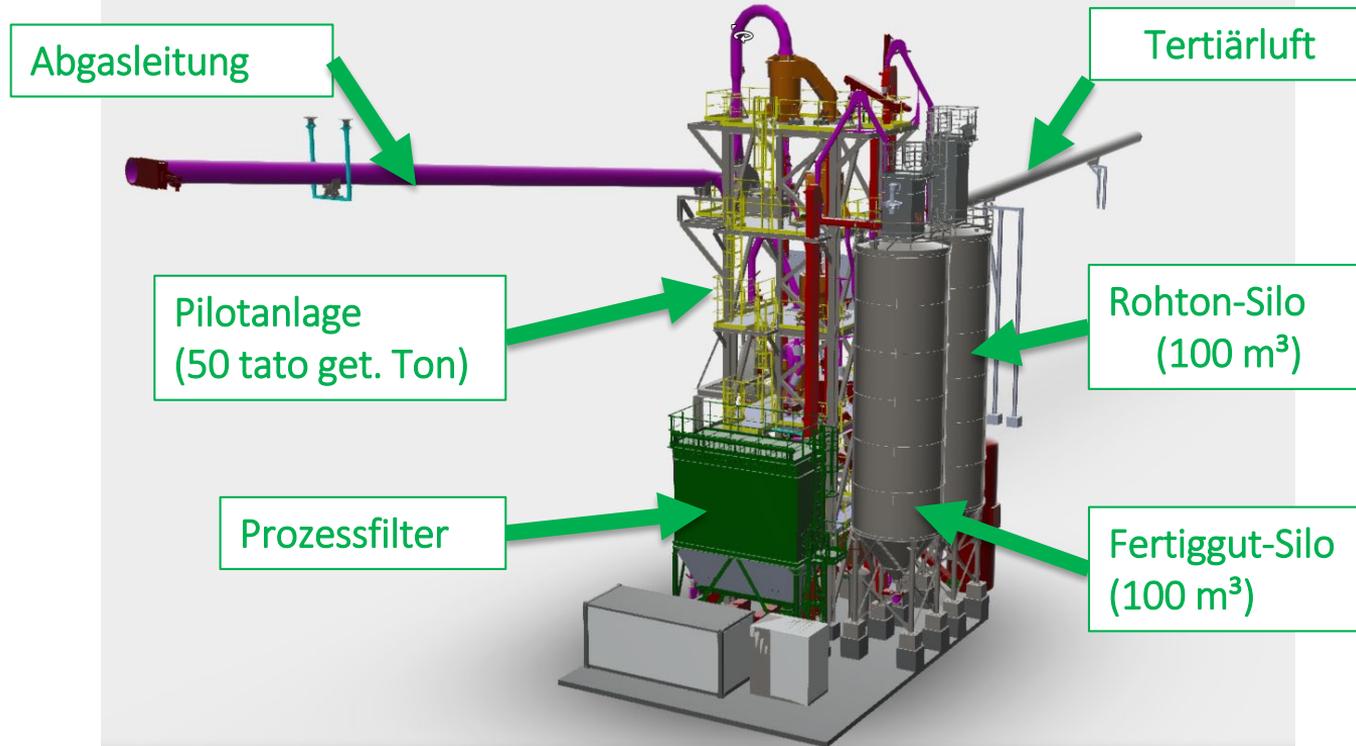
Förderband zu  
Loesche-Mühle

Beschicker  
Rohton



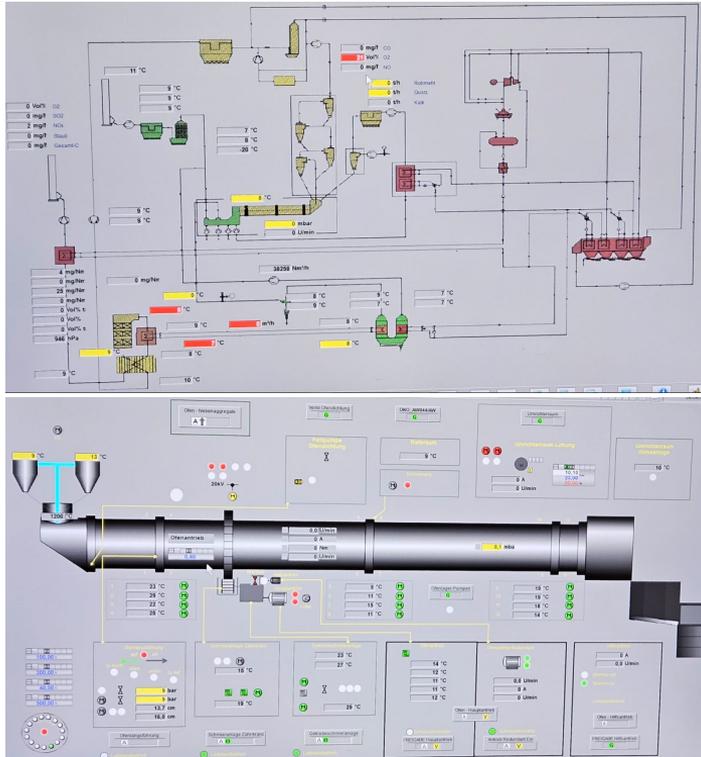
# 4 | Pilotanlage C3Pi – getemperte Tone

Prozessintegration im Zementwerk Rohrdorf - Tonkalzinierung



# 4 | Pilotanlage C3Pi – getemperte Tone

## Prozesssimulation



- Projektbegleitung durch VDZ
- Aktuell wird das bestehende Ofensystem des Zementwerks abgebildet
- Anschließend erfolgt die Einbindung der (parallel von FCB geplanten) Pilotanlage in das Prozessmodell
- U.a. Bewertung zu erwartende Abgase im rückgeführten Gas
- Die Prozesssimulation/Skalierung auf eine Demonstrationsanlage wird im Anschluss erfolgen (2025)

# 4 | Pilotanlage C3Pi – getemperte Tone

## Zeitplan



**Start Bauarbeiten: Nov 2024**

**Start Montage: Dez 2024**

**Inbetriebnahme: Juni 2025**

Wer	Arbeitspaket	Was	2022				2023				2024				2025				2026							
			1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q				
Projektphase 1	SPZ/VDZ	Antragsphase	█																							
	SPZ	Ausschreibung																								
	SPZ	Genehmigungsplanung																								
	VDZ/SPZ	AP 1.1	Simulationen Pilotanlage																							
	VDZ/SPZ	AP 1.1	Simulationen Demonstrationsanlage																							
	SPZ/VDZ	AP 1.2	Materialuntersuchungen																							
	SPZ		Erstellung Zwischenberichte																							
Projektphase 2	SPZ/FCB	AP 2.1	Planung Pilotanlage																							
	FCB	AP 2.1	Lieferung & Montage Pilotanlage																							
	SPZ/FCB	AP 2.2	Inbetriebnahme Pilotanlage																							
	SPZ	AP 2.2	Versuchsbetrieb																							
	SPZ	AP 2.4	Materialuntersuchungen																							
	VDZ	AP 2.3	Messtechnischer Erfolgsnachweis																							
	SPZ		Erstellung Zwischenberichte																							
	SPZ		Erstellung Endbericht																							

# 4 | Pilotanlage C3Pi – getemperte Tone

## Rahmenbedingungen



Eine erfolgreiche Transformation bedarf (u.a.)

- Infrastruktur (d.s. leistungsstarkes Stromnetz, CO2-Pipelines, H2-Pipeline)
- Strom aus erneuerbaren Energien
- Rechtssicherheit
- Förderung von Investitionen & Betrieb (CAPEX & OPEX)

## 5 | Zusammenfassung



- Rohrdorfer Ziel: Klimaneutrale Zementproduktion bis 2038
- Vermeidung von CO<sub>2</sub> muss die dominante Strategie sein
- Bis zu 30% CO<sub>2</sub> Einsparung durch Klinkerersatz, u.a. durch Einsatz getemperter Tone
  - Pilotanlage C3Pi am Standort Rohrdorf ab Mitte 2025
  - Abwärmenutzung u. Vermeidung von zusätzlicher Emissionsquelle durch **Integration** der Pilotanlage C3Pi in das Ofensystem
- ... und vor allem einen **gemeinsamen Weg** von Politik, Industrie und Gesellschaft!

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

---

