

Wege zu mehr Nachhaltigkeit bei der Herstellung von Bindemitteln

GBB Fachtagung Magdeburg

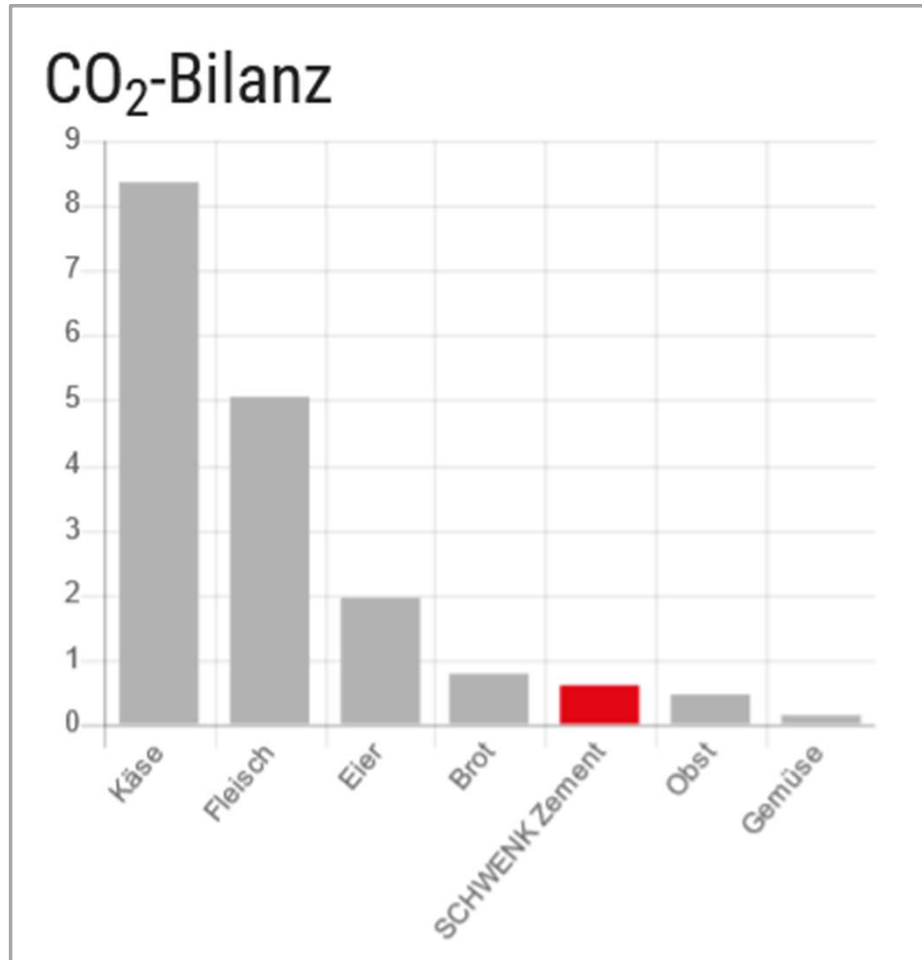
21.01.2026 - Magdeburg

Werner Rothenbacher
Leiter Anwendungstechnik SCHWENK Zement
GmbH & Co. KG

SUSTAINABILITY THAT WORKS.



KLIMAKILLER ZEMENT ODER DOCH KLIMAKILLER KUH?



Quelle: Daten Ökoinstitut

Pro Kopfverbrauch pro Jahr in BRD 2024 (Gesamt CO₂-Emission pro Jahr und Kopf):

- Käse 25 kg (205 kg CO₂/Jahr)
- Fleisch 53 kg (265 kg CO₂/Jahr)
- Zement 238 kg (119 kg CO₂/Jahr)



- Pro Tonne Zement < 500 kg CO₂ Ausstoß (durchschnittlich über alle Zemente)

KLIMANEUTRALITÄT BIS 2050 – DEUTSCHLAND STREBT 2045 AN (BY, BW 2040!)

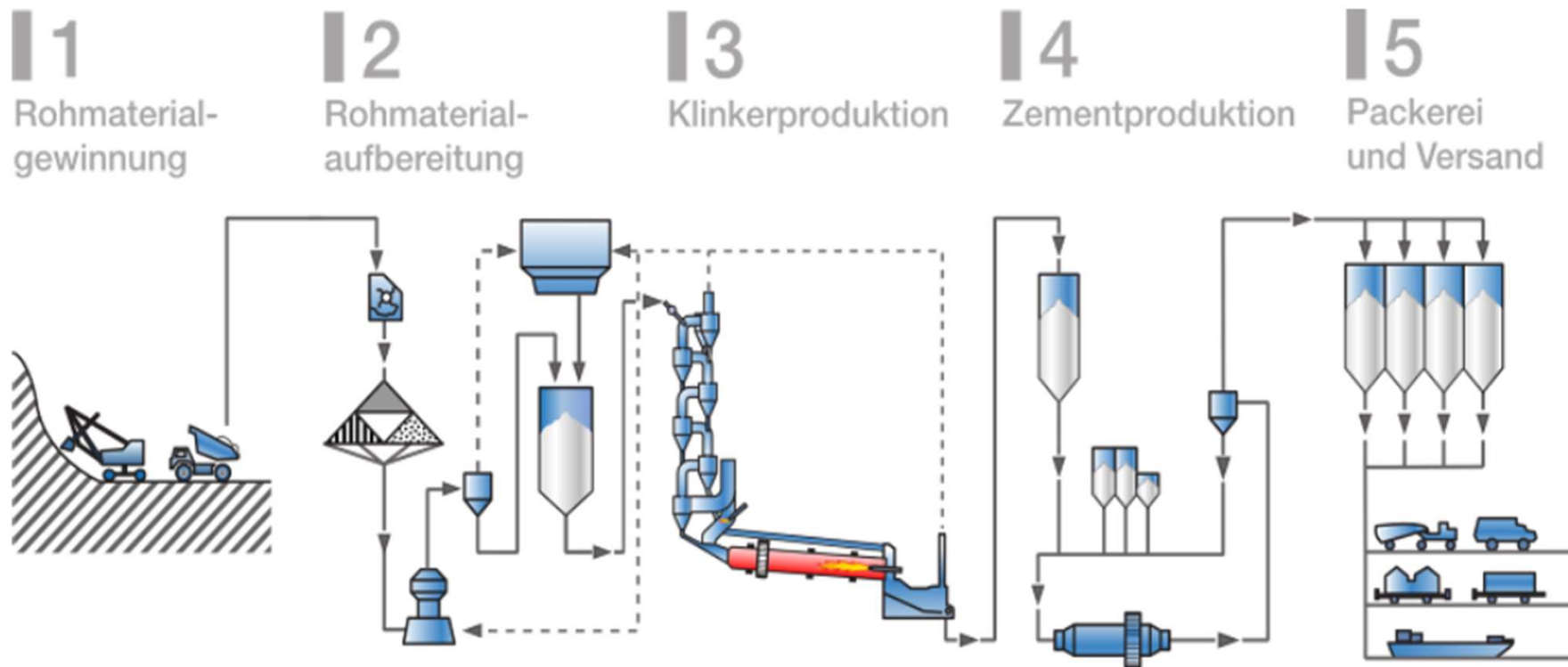
- Treibhausgasemissionen
 - Bis 2030: **65%** weniger **CO₂** (bislang **55%**)
 - Bis 2040: **88%** weniger **CO₂**
 - 2045: **Klimaneutralität (bislang 2050)**
- Zuverlässige jährliche **CO₂-Emissionsmengen** für einzelne Sektoren wie Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr oder Gebäudetechnik **werden abgesenkt.**



WIE KANN DIE ZEMENTINDUSTRIE DIE EMISSIONEN SENKEN?



FLIEßSCHEMA ZEMENTHERSTELLUNG

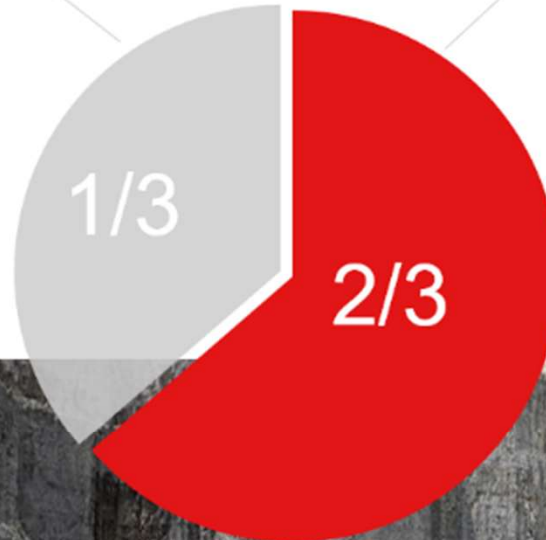


WO ENTSTEHT IN UNSEREM PRODUKTIONSPROZESS CO₂

Brennstoffbedingte Emissionen

Die brennstoffbedingten Emissionen machen rund 1/3 der Emissionen aus. Sie entstehen durch den Einsatz von primären und alternativen Brennstoffen im Drehofen.

Die weitere Reduktion dieser Emissionen ist das erste Ziel. Hier sind jedoch Grenzen gesetzt.



Rohstoffbedingte Emissionen

Rund 2/3 der CO₂ Emissionen bei der Klinkerherstellung sind rohstoffbedingt. Diese sind gebunden im Kalkstein und werden während des Brennprozesses freigesetzt:
 $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

Die Reduktion dieser Emissionen ist nur sehr begrenzt möglich



Möglichkeit 1

SENKUNG DES KLINKER-CO₂-EMISSIONSFAKTORS

AUSGANGSLAGE

PRIMÄRE BRENNSTOFFE



Steinkohle

Biogener Anteil:
0%



Braunkohle

Biogener Anteil: 0%



Heizöl

Biogener Anteil: 0%



Erdgas

Biogener Anteil: 0%

ERSATZBRENNSTOFFE

Ersatzbrennstoffe haben im Vergleich zu primären Brennstoffen einen biogenen Anteil. Dieser Anteil ist biologisch-organischer Herkunft und CO₂ neutral.



Altreifen

Biogener Anteil: 27%



BGS

Biogener Anteil: 26-35%



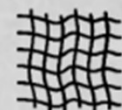
Altholz

Biogener Anteil: 100%



Tiermehl

Biogener Anteil: 100%



Faserfangstoffe

Biogener Anteil: 78%



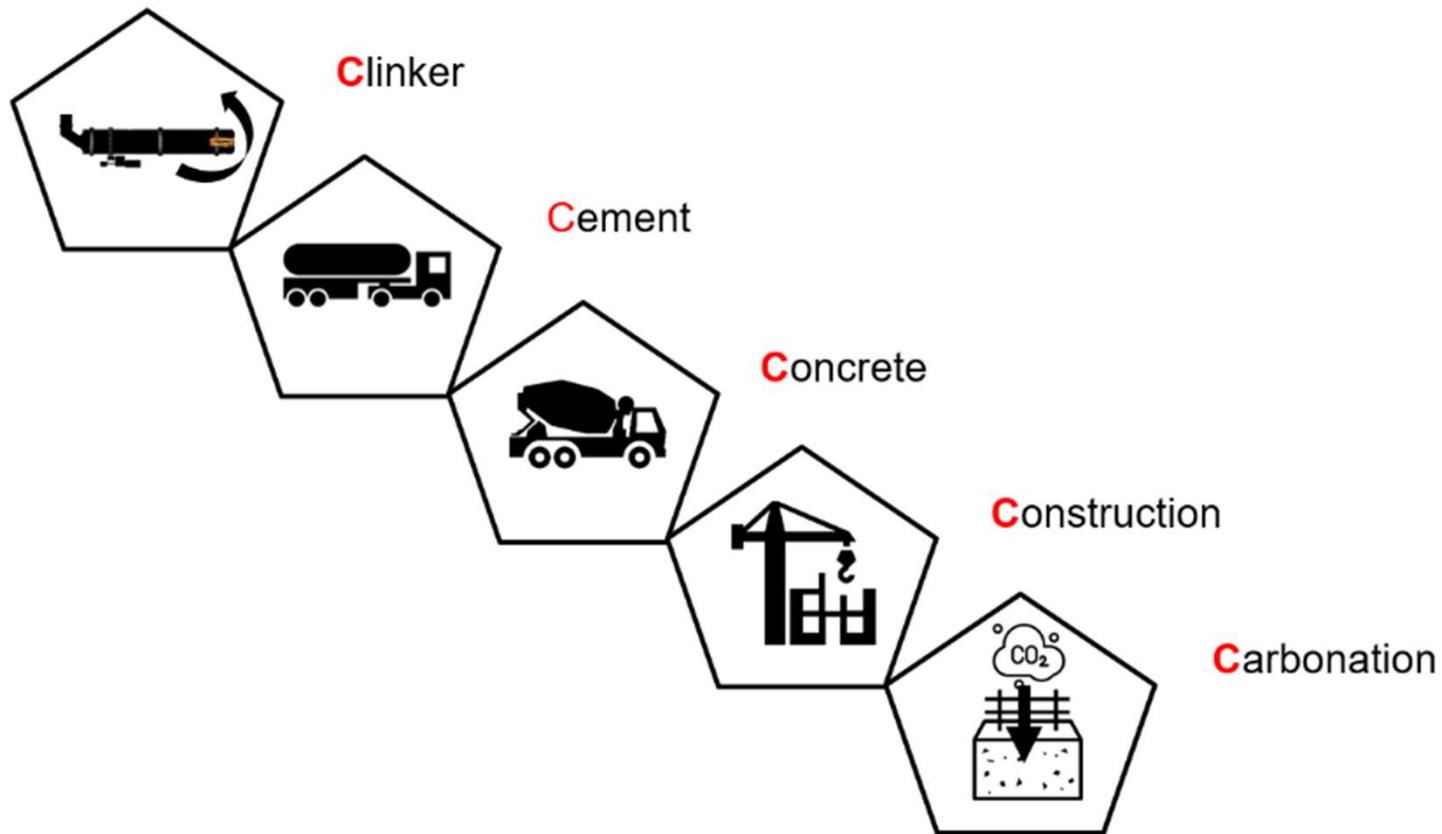
Klärschlamm

Biogener Anteil: 75-85%

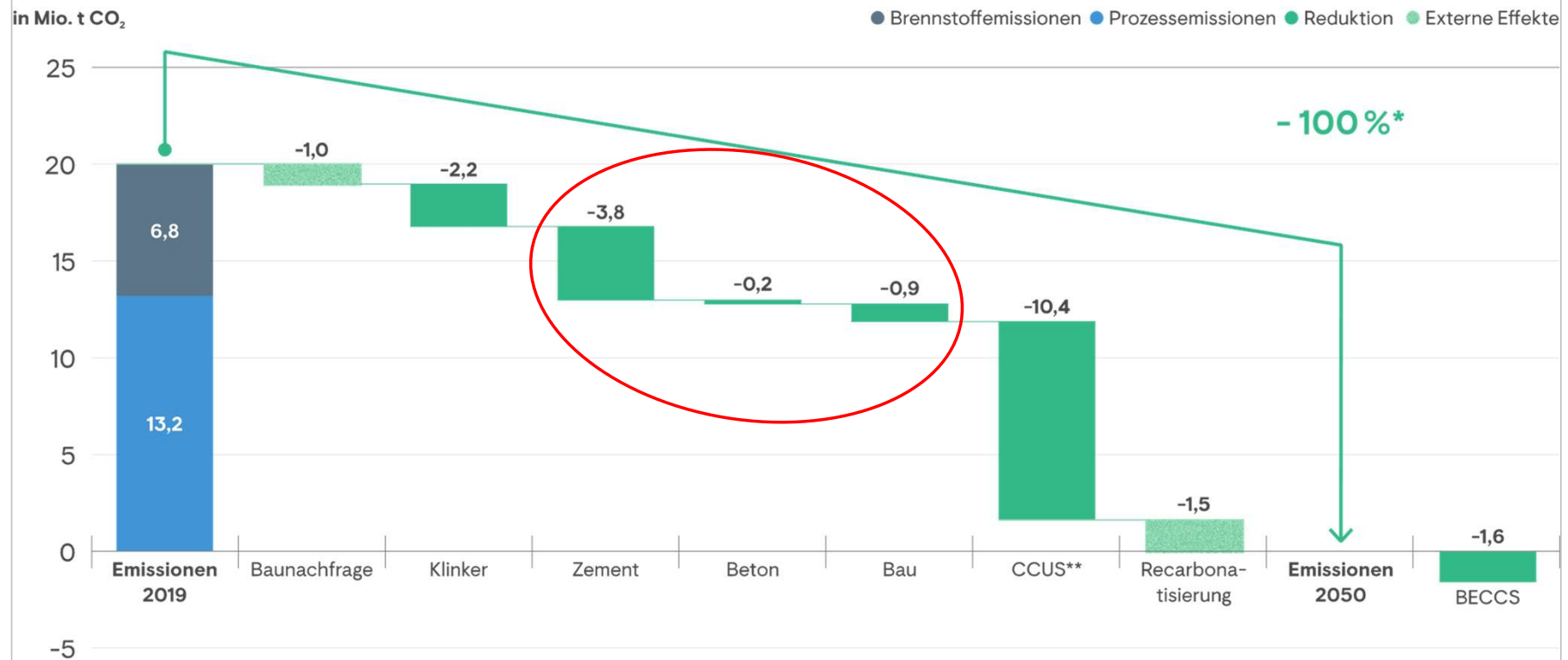
Möglichkeit 2

Senkung des mittleren Klinkerfaktors (% Klinker im Zement)

GANZHEITLICHER, SOGENANNTER **5C** - ANSATZ DES CEMBUREAU



AUFGABEN UND ZIELE ZUR DEKARBONISIERUNG

Szenario Klimaneutralität – CO₂-Minderung bis 2050

* Davon ca. 88 % Minderung durch Maßnahmen der Wertschöpfungskette. Die verbleibenden Emissionen werden durch den erwarteten Rückgang der Baunachfrage sowie den Beitrag der Recarbonatisierung reduziert.

** CCUS: Carbon-Capture-Technologien mit dem Ziel der Vermeidung von CO₂-Emissionen in die Atmosphäre durch CO₂-Speicherung (CCS) und geeignete Verfahren zur CO₂-Nutzung (CCU).

Quelle: VDZ

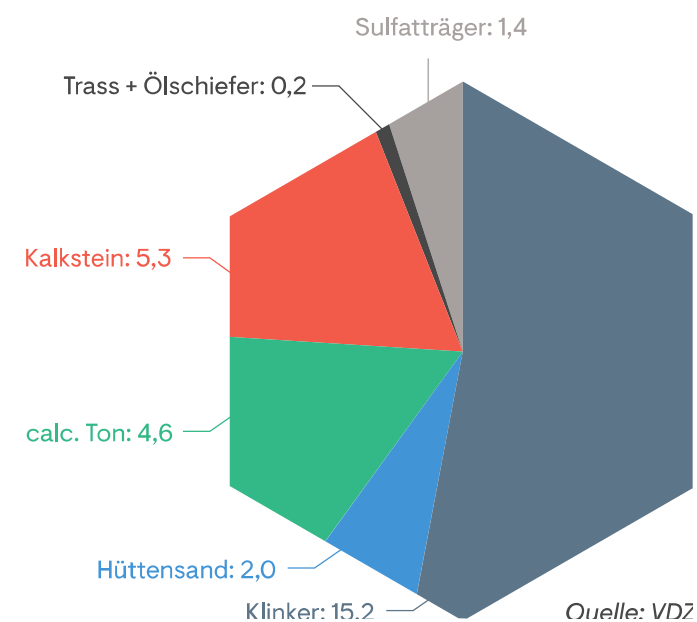
ROHSTOFFMIX IM KLIMANEUTRALEN SZENARIO

	2018	2030	2050
Klinker	24,2	21,0	15,2
Hüttensand	5,2	4,1	2,0
Kalkstein	1,5	3,9	5,3
Calc./Me. Tone	0,0	2,6	4,6
Flugasche	0,3	0,0	0,0
Sulfatträger	1,7	1,7	1,4
Sonstiges	1,5	0,2	0,2
Zement	34,4	33,4	28,8
Klinkerfaktor	0,71	0,63	0,53

in Mio. t

Quelle: VDZ

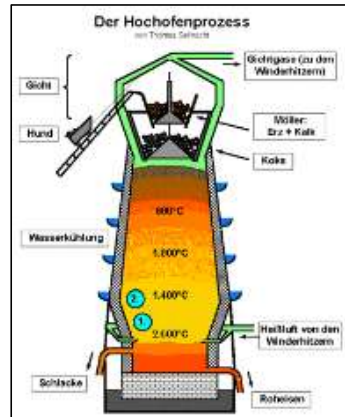
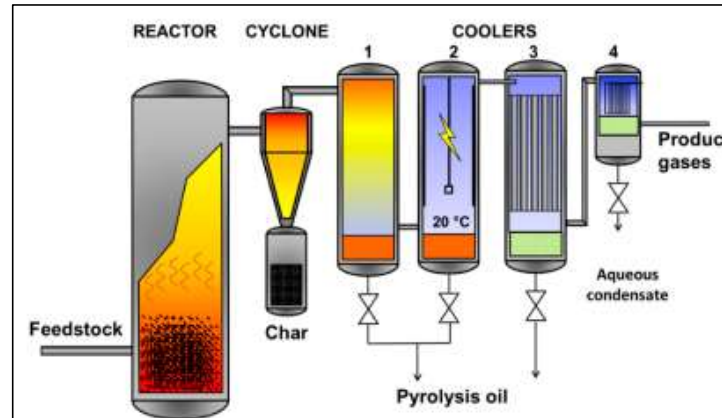
Rohstoffmix im klimaneutralen Szenario 2050



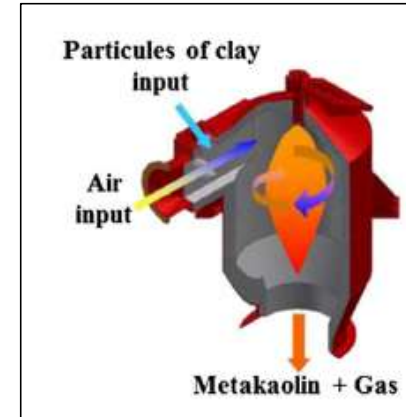
FFE



Flugasche = **V**

HüSa = **S**

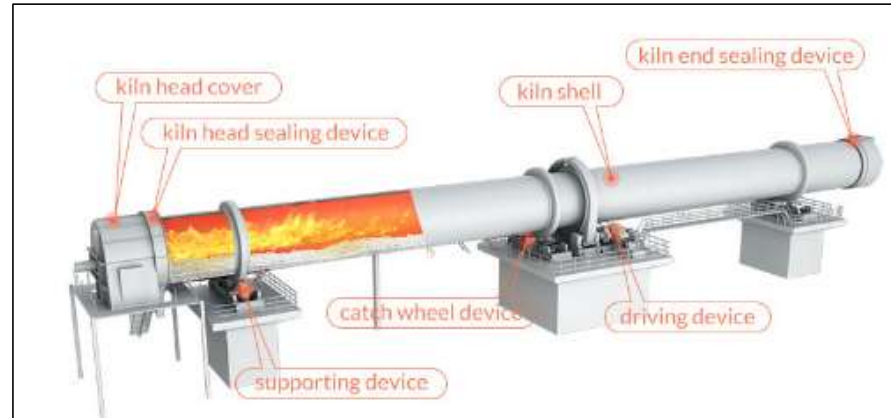
Silikastaub = **D**



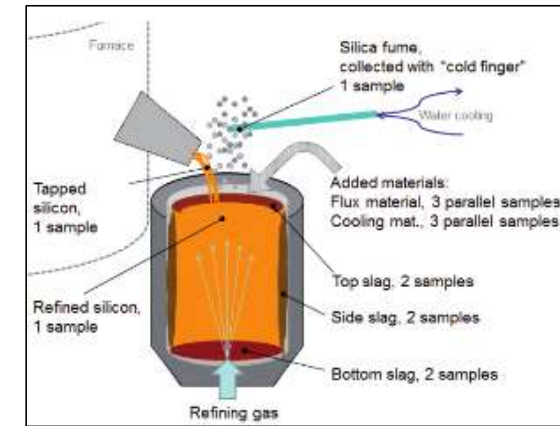
Kalziniertes Ton = **Q**



Natürliche Puzzolane = **P**

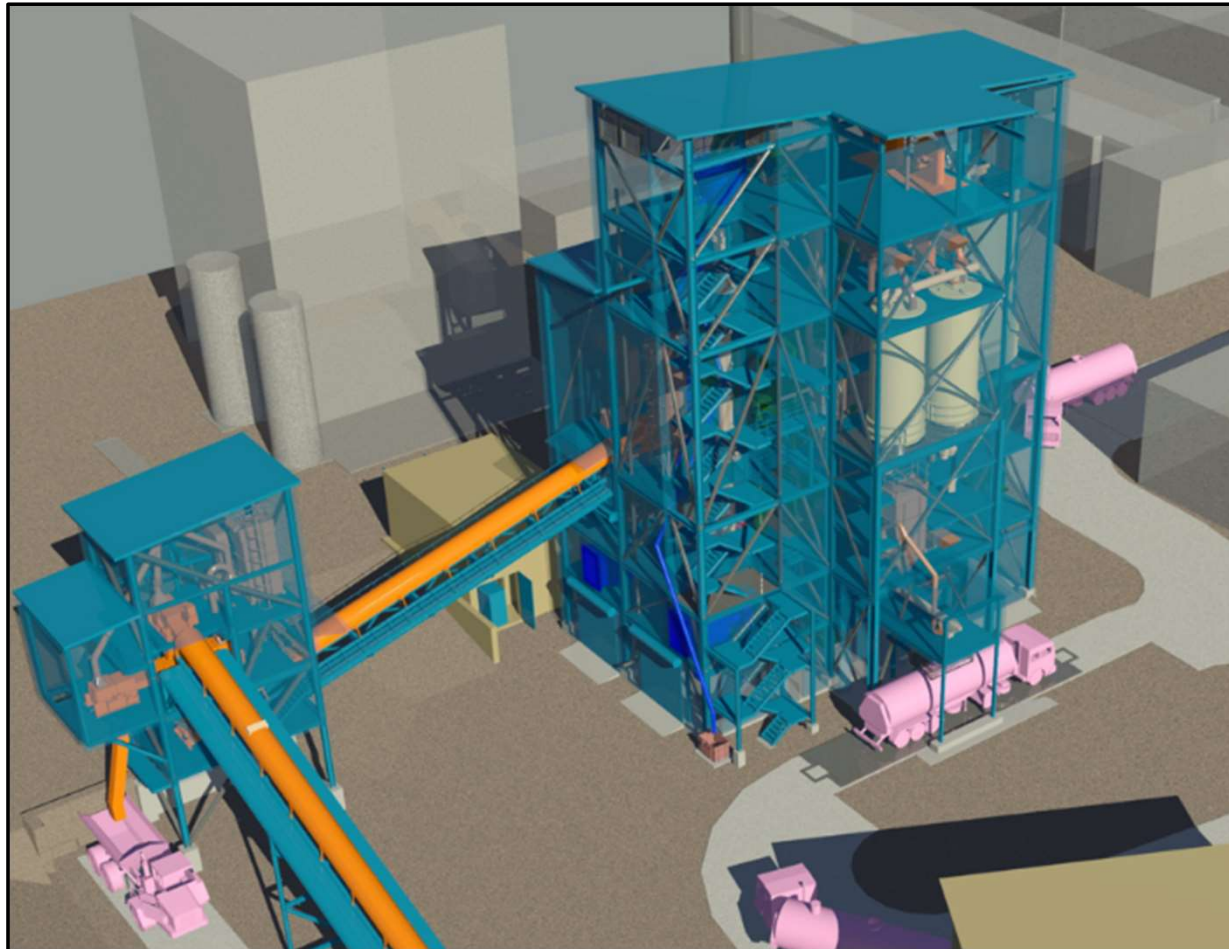


Klinker = **K**

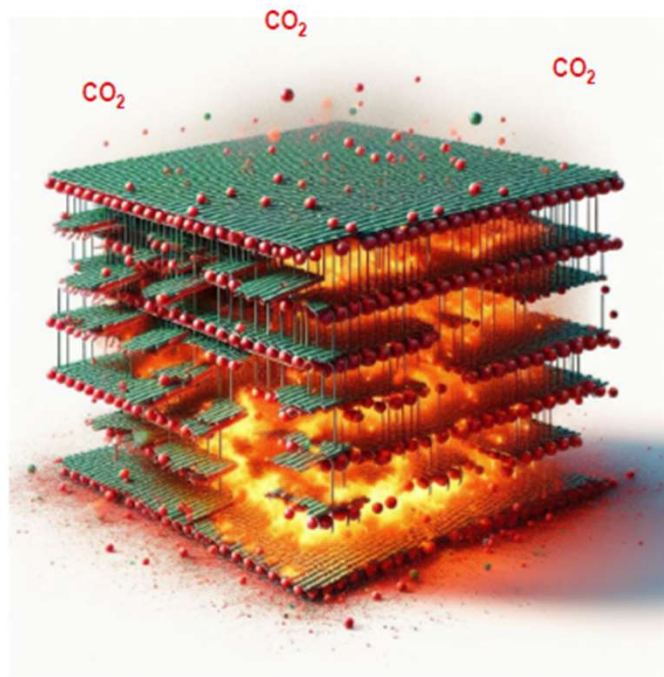



Gebrannter Ölschiefer= **T**

MECA-CLAY ANLAGE IM WERK ALLMENDINGEN



ZIEL: UMSETZUNG DER MECHANOCHEMIE IN DIE INDUSTRIELLE PRAXIS DER BAUSTOFFPRODUKTION



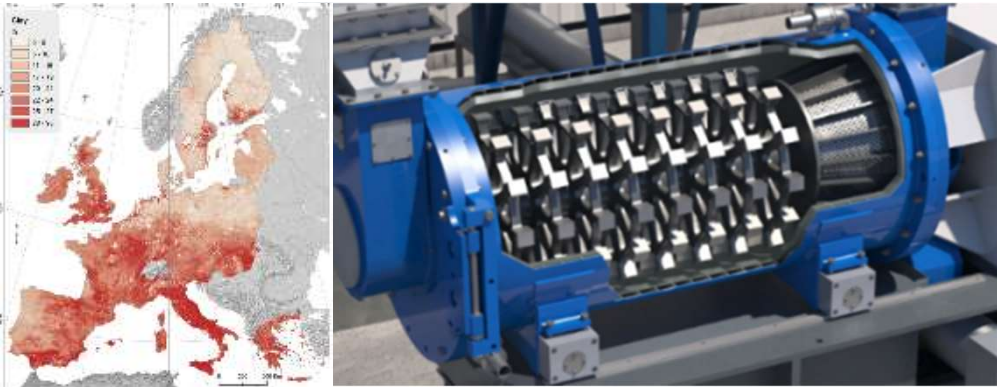
 TA = Thermische Aktivierung („Kalzination“)
Künstliches Puzzolan „Q“



 MA = Mechanische Aktivierung („Mechanochemie“)
Künstliches Puzzolan „P“

INNOVATIVER ANSATZ MECACLAY – „CHEMIE MIT DEM HAMMER“

Mit MeCaClay stellt SCHWENK eine nachhaltige Rohstoffversorgung sicher



- Patentiertes Verfahren aus SCHWENK-eigener Forschung und Entwicklung zur chemischen (!) Aktivierung von Tonen
- Aktivierung aller Tonarten und Nutzung lokaler Tonvorkommen
- 100% elektrische betriebene Mühle, die auf variable Stromnetze reagieren kann und damit wettbewerbsfähig sein wird

Quellen: European Soil Data Centre, SCHWENK

Die erste Anlage ist im Bau inbegriffen - Inbetriebnahme in 2026



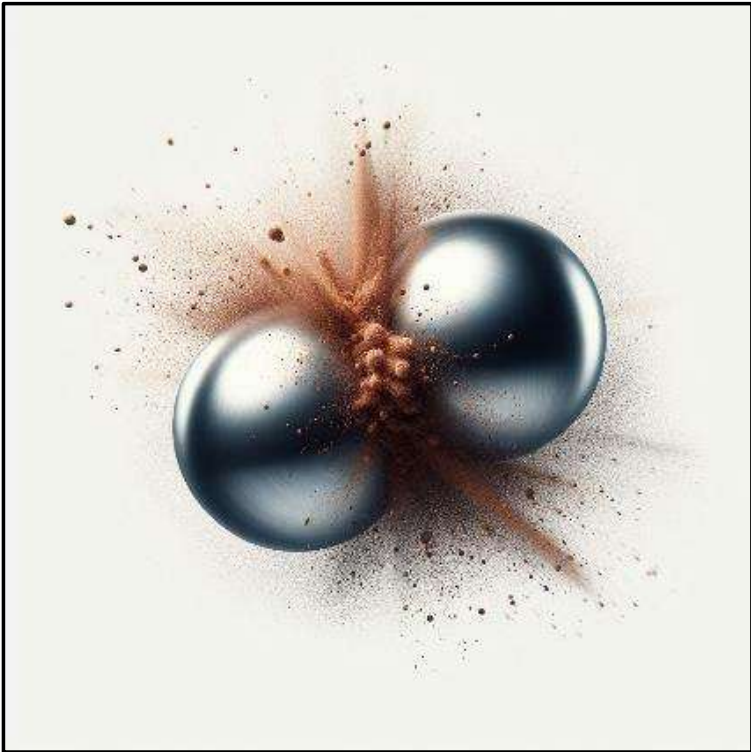
AllMeCa – Betrieb 2026



MeCaClay Projekt im Baltikum

plus evtl. noch ein drittes Projekt an dem wir arbeiten

WAS BEDEUTET „HOCHENERGIEMAHLUNG“ IN RÜHRWERKSKUGELMÜHLEN?

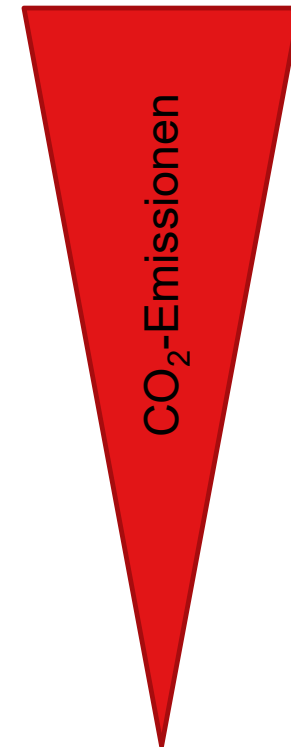


Der Druck zwischen zwei 10 mm Stahlkugeln die mit jeweils **4 m/s** kollidieren liegt bei ca. **5 GPa** (= 5.000 MPa bzw. 5.000 N/mm² bzw. **51.000 kg/cm²**)!

EINFLUSS DER SORTE AUF CO₂-FUSSABDRUCK (GWP)


■ CEM I	(600 kg CO ₂ -Äq./t)	(95-100)
■ CEM II/A-LL, CEM II/A-S		(80-94)
■ CEM II/A-M (V-LL)		(80-88)
■ CEM II/B-M (V-LL), CEM II/B-M (S-LL)		(65-79)
■ CEM II/B-P, CEM II/B-S	(400 kg CO ₂ -Äq./t)	(65-79)
■ CEM II/C-M (V-LL), CEM II/C-M (S-LL)		(50-64)
■ CEM III/A 42,5 N, CEM III/A 52,5 N		(35-64)
■ CEM III/B 42,5 N	(200 kg CO ₂ -Äq./t)	(20-34)


Klinkeranteil ca. 100 %



Klinkeranteil ca. 20 %

KUNDEN INFORMATION CO₂-EMISSIONEN (GWP)

 SCHWENK					
Produkt-/ Lieferwerk-/ GWP-Matrix SILOZEMENT Gültig ab April 2025 Sustainability that works.					
Zementart	Zementbezeichnung nach DIN EN 150-1, DIN EN 150-5	GWP total (Netto) kg CO ₂ -Äquivalent/t			
		Allmendingen	Mergelstein	Karlstadt	Bensberg
Portlandzement	CEM I 42,5 N	513		524	
Portlandzement	CEM I 42,5 N (se)		522		530
Portlandzement	CEM I 42,5 R				519
Portlandzement mit hohem Sulfatwiderstand	CEM I 42,5 R-SR 3	541			
Portlandzement mit hohem Sulfatwiderstand	CEM I 42,5 R-SR 0	541			
Portlandzement	CEM I 52,5 N		525	519	
Portlandzement	CEM I 52,5 N (se)		562		
Portlandzement	CEM I 52,5 N (se)				547
Portlandzement mit hohem Sulfatwiderstand	CEM I 52,5 N-SR 3				550
Portlandzement	CEM I 52,5 R		520	528	
Portlandzement	CEM I 52,5 R (H)	533		528	563
Portlandzement	CEM I 52,5 R (H) Fastcure® plus		571		
Portlandkalkzement	CEM II/A-L 32,5 R	440	467		441
Portlandkalkzement	CEM II/A-L 42,5 N			432	467
Portlandkalkzement	CEM II/A-L 42,5 R	470	406		471
Portlandkalkzement	CEM II/A-L 52,5 R		406	475	
Portlandhöfzement	CEM II/A-S 52,5 R				409
Portlandhöfzement	CEM II/A-S 52,5 N				396
Portlandkompositzement	CEM II/A-M (V-L) 42,5 N	421	448		
Portlandkompositzement mit niedriger Wärmewicklung	CEM II/B-M (V-L) 32,5 R-LH (se)	390			
Portlandkompositzement	CEM II/B-M (V-L) 42,5 N (se)	399			
Portlandkompositzement	CEM II/B-M (S-G) 52,5 N			406	
Portlandkompositzement	Durcrete® basic				
Portlandkompositzement	CEM II/C-M (S-L) 42,5 N		388	327	
Portlandkompositzement	CEM II/C-M (V-L) 42,5 N	349			
Beschalenzement mit niedriger Wärmewicklung und niedrigem wirksamen Alkaligehalt	CEM III/A 32,5 N-LH (se)				328
Beschalenzement	CEM III/A 42,5 N		378		368
Beschalenzement mit niedriger Wärmewicklung	CEM III/A 42,5 N-LH			273	
Beschalenzement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt	CEM III/A 42,5 N (se)				368
Beschalenzement mit niedriger Wärmewicklung und niedrigem wirksamen Alkaligehalt	CEM III/A 42,5 N-LH (se)				325
Beschalenzement mit niedriger Wärmewicklung, hohem Sulfatwiderstand und niedrigem wirksamen Alkaligehalt	CEM III/A 42,5 N-LH/SR/LA				325
Beschalenzement mit hohem Sulfatwiderstand	CEM III/A 52,5 N-SR			328	
Beschalenzement mit niedriger Wärmewicklung und hohem Sulfatwiderstand	CEM III/B 42,5 L-LH/SR			194	
Beschalenzement mit niedriger Wärmewicklung, hohem Sulfatwiderstand und niedrigem wirksamen Alkaligehalt	CEM III/B 42,5 L-LH/SR (se)				250

 CO₂-reduzierte Zementsorten mit einem Klimaeintrag < 70 %

GWP = Global Warming Potential - Module A1-A3 „Gate to gate“ | Zertifizierte GWP-Werte von EPD Norge

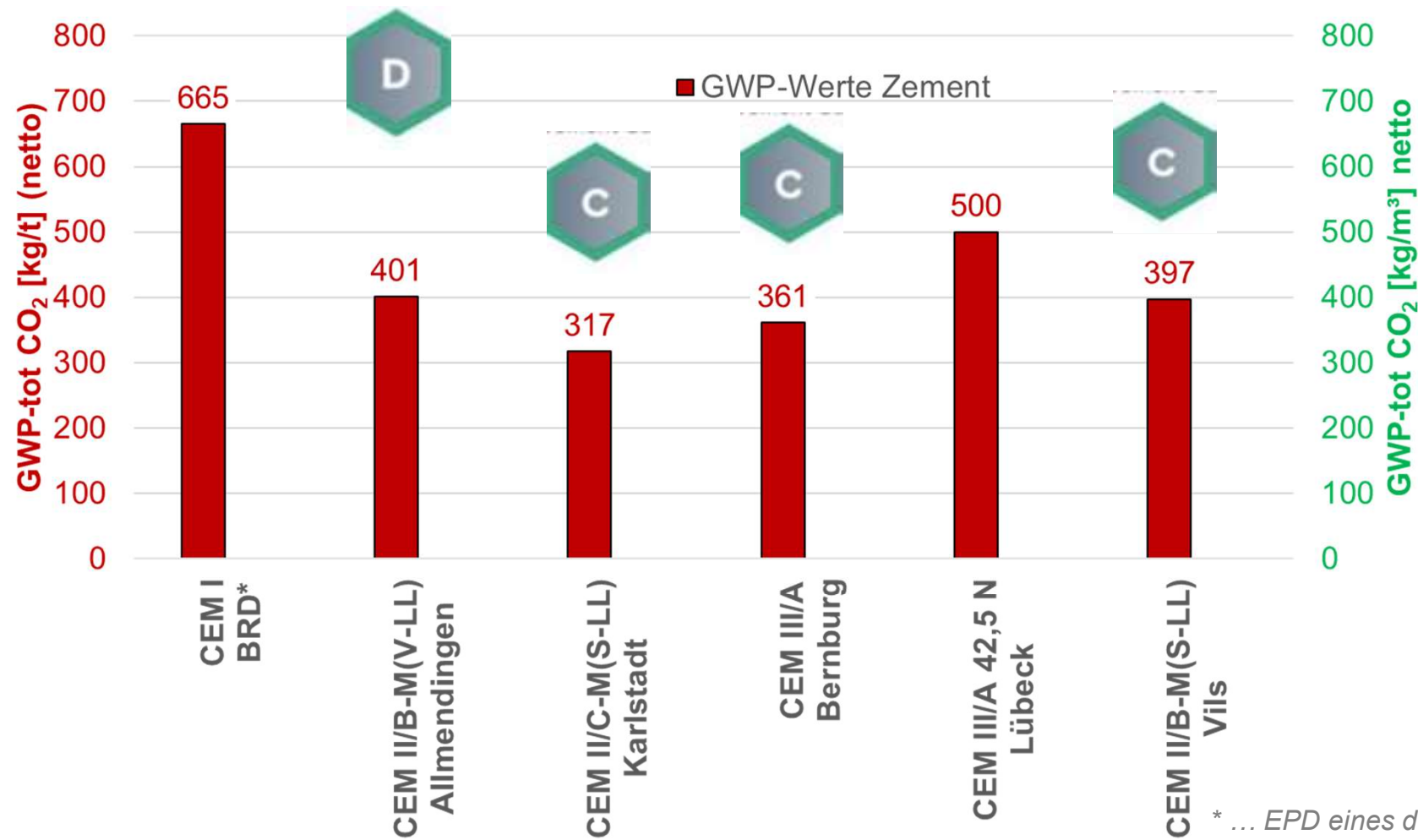
 **epd-norway**
 Global Program Operator

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION
 In accordance with ISO 14025 and EN 15804+A2

SCHWENK Zement GmbH & Co. KG – 2023 Portlandkompositzement
CEM II/C-M (V-L) 42,5 N Allmendingen 3010-249340-22

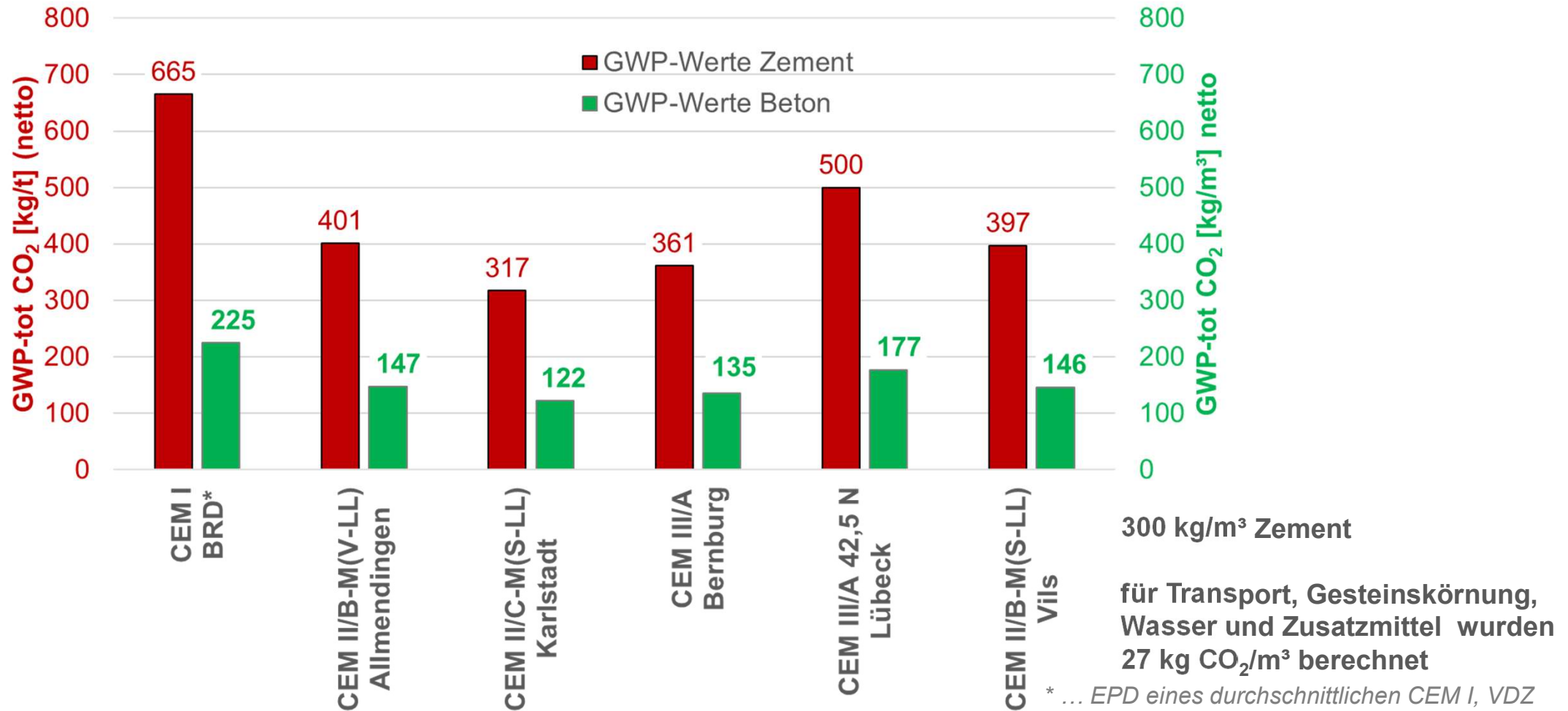



GLOBAL WARMING POTENTIAL (GWP) VERSCHIEDENER ZEMENTE IM VERGLEICH



* ... EPD eines durchschnittlichen CEM I, VDZ

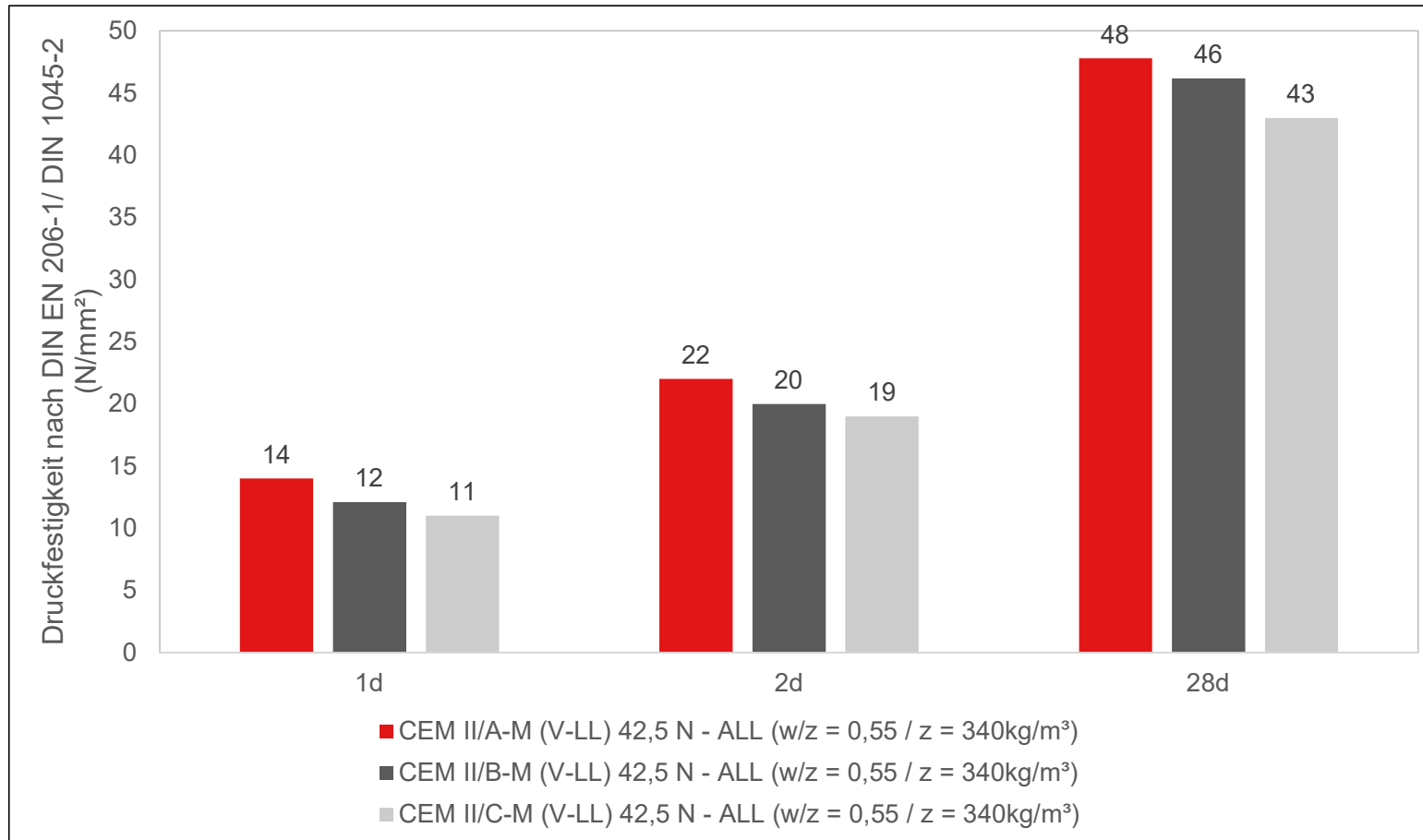
GLOBAL WARMING POTENTIAL (GWP) VERSCHIEDENER ZEMENTE IM VERGLEICH UND DAMIT HERGESTELLTER BEISPIELBETONE



GLOBAL WARMING POTENTIAL (GWP) VERSCHIEDENER ZEMENTE IM VERGLEICH

Zementsorte und Herstellwerk	Anteil Klinker in % nach EN 197-1	GWP netto - kg äq. CO ₂ /to Zement	CO ₂ -Reduzierung gegenüber CEM I in %
CEM I Portlandzement Durchschnitt BRD	95-100	665	0
CEM I 42,5 R - Bernburg	95-100	530	20
CEM II/A-LL 32,5 R - Bernburg	80-94	441	34
CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N - Bernburg	50-64	383	42
CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N - Karlstadt	50-64	327	51
CEM III/A 42,5 N – Bernburg	35-64	366	45

VERGLEICH VON CEM II/A-B-C ZEMENTEN (ALL) – BETON C25/30



BEISPIEL 1: WOHNHAUS GRUNDFLÄCHE 10/10M - 150 M² WOHNFLÄCHE MIT GARAGE

- Massivkeller UG und EG Decke Beton.
EG/OG Ziegel. Doppelgarage (6/6m) Beton
- Betonmenge ca. 150 m³
- Zementmenge ca. 45 t

- CO₂ Emissionen durch Zement:
 - Deutscher Durchschnittszement (VDZ-Daten 2022)
 - 45 t * 0,553 t CO₂-Äq = 24,89 t CO₂

 - CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N von SCHWENK Karlstadt
 - 45 t * 0,317 t CO₂-Äq = **14,27 t CO₂**

- **Einsparung 10,62 t oder 43% CO₂ je Wohnhaus**
(ohne Einschränkung in Bauzeit oder Lebensdauer)



Vergleich: Flug mit Boeing 747-400
Von Frankfurt nach New-York 2,722 t CO₂-
Äq. je Passagier (Hin- u. Rückflug)
Bei 370 Passagieren 1007 t CO₂ Äq.
Entspricht dem Beton von 71 EFH

WAS IST BEIM EINSATZ DER ZEMENTE ZU BEACHTEN?

- Zemente sind unter Umständen nicht in allen Expositionsklassen einsatzfähig (Hinweise finden sich in den technischen Merkblättern und der Zulassung)
- Schaffung von mehr Lagerkapazitäten für Bindemittel, Zusatzstoffe, Gesteinskörnungen und Zusatzmittel in Betonmischanlagen
- Erarbeitung betontechnologischer Lösungen für den Umgang mit sich ändernden Ausgangsstoffsituationen
(Weiterentwicklung leistungsfähiger Zusatzmittel, Performanceprüfungen)
- Ausbau der Digitalisierung und Vernetzung (Beton 4.0, Anlagensteuerung)
- Auch in Kombination mit rezyklierter Gesteinskörnung möglich

MÖGLICHKEIT 3

EIN MÖGLICHST VOLLSTÄNDIG CO₂-NEUTRALES ZEMENTWERK

AB 2039 WERDEN KEINE CO₂-ZERTIFIKATE MEHR AUSGEGEBEN!!





EIN MÖGLICHST VOLLSTÄNDIG CO₂ NEUTRALES ZEMENTWERK

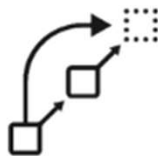


Carbon Capture (CC)

Abfangen und Verflüssigen von CO₂ unter Einsatz von erneuerbarer Energie.



15 Stk.
(Zementwerk 6 Stk.)



Carbon Capture **S**torage (CC**S**)

Speicherung von abgeschiedenem CO₂.



Carbon Capture and **U**tization (CC**U**)

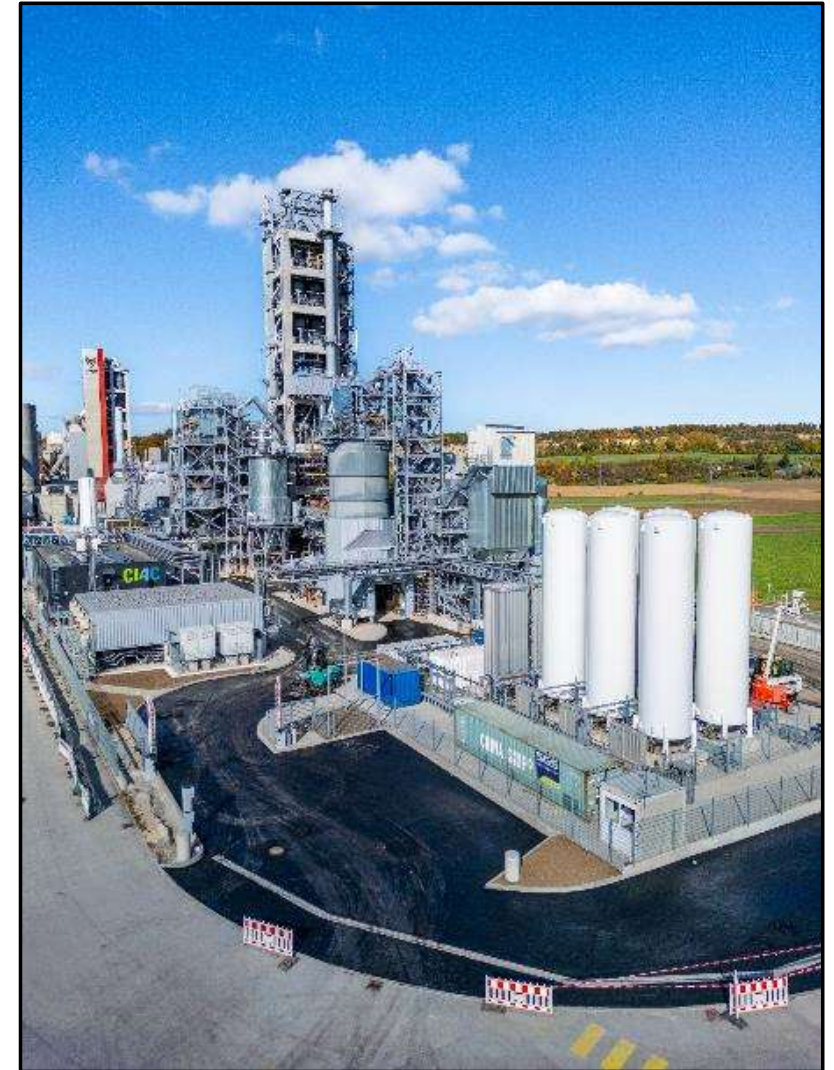
Nutzung des abgeschiedenen CO₂ als chemischer Rohstoff für z. B. Kraftstoffe



800 Stk.

WIE KANN DIE ZEMENTINDUSTRIE DIE EMISSIONEN SENKEN?

- Möglichkeit 3 (Oxyfuel-Technologie)



FAZIT

- Zementherstellung soll bis 2045 (2040) klimaneutral sein
- Dies kann durch mehrere Schritte erreicht werden
 - Optimierung des Zementherstellungsprozesses (Alternative Brennstoffe)
 - Herstellung von klinkerreduzierten Zementen mit teilweise Anwendungseinschränkungen
 - Restliches CO₂- wird im Herstellprozess abgefangen und eingelagert (CCS) oder genutzt (CCU)
- Gesamte Wertschöpfungskette muss Beitrag leisten
- Neben Dauerhaftigkeitseigenschaften spielt CO₂-Fussabdruck bei Zement/Beton künftig ebenfalls wichtige Rolle
- Schon heute kann jeder klimareduzierte Betone verwenden und CO₂-Emissionen einsparen
- Nur gemeinsam können die Ziele erreicht werden



SCHWENK

Baustoff leben