



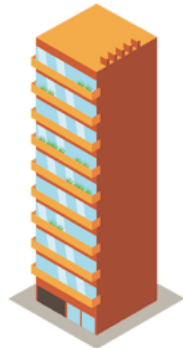
Nachweis der Umweltfreundlichkeit grüner Zemente und ihre Anwendung in der Baupraxis

assoz. Prof. DI Dr. Florian Gschösser

Ziele und Untersuchungsrahmen:

GWP
↓

Ökologischen Potentiale von (grünen) GWP-optimierten Zementen (CO₂äq-reduziert) angewandt für Betone im Hochbau



Vergleich anhand eines 10-stöckigen Wohnhochhauses in Scheibenbauweise



Mehrkosten für reduzierter Frühfestigkeiten bzw. verlängerte Ausschalzeiten für die optimierten Zement-/ Betonvarianten



Fokus auf Wände aufgrund Einfluss auf kritischen Weg der Bauabwicklung

Ökologische Potentiale Zemente:

Basis

VÖZ-EPD

Durchschnittlicher Zement Österreich 2017

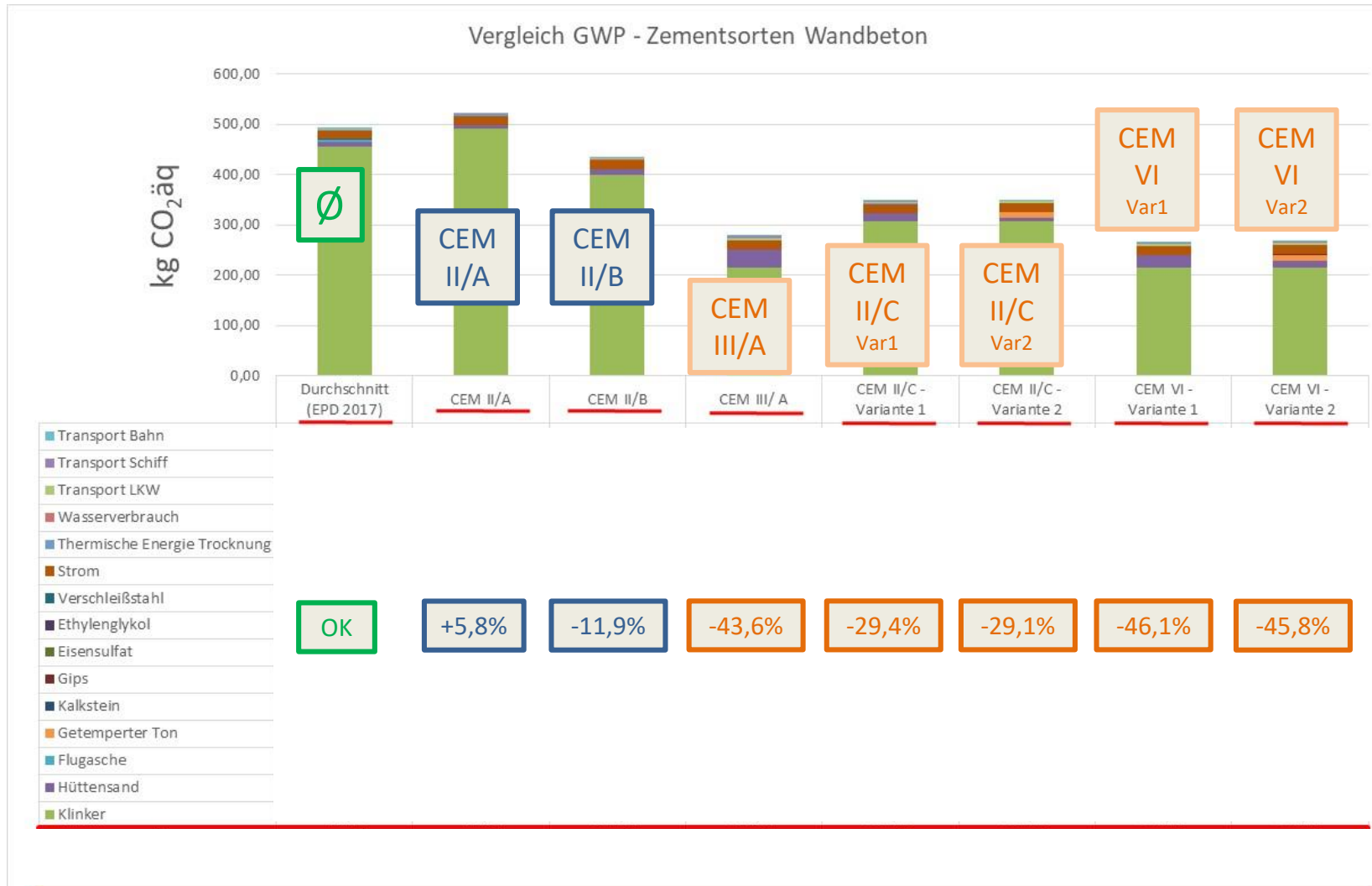
Veröffentlicht 2020 beim IBU (D)
Erstellt vom VDZ (Jochen Reiners)
Datenbasis **ecoinvent**



Ökologische Potentiale Zemente:

Rezeptur in Massen-%	Standard-Wandzemente		klinkerreduzierte Alternativen					Zusatzstoffe
	CEM II/A	CEM II/B	CEM III/A	CEM II/C Variante 1	CEM II/C Variante 2	CEM VI Variante 1	CEM VI Variante 2	AHWZ
Sulfatträger	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	0,0%
Portlandzementklinker	76,0%	61,8%	33,3%	47,5%	47,5%	33,3%	33,3%	0,0%
Kompositbestandteile	19,0%	33,3%	61,8%	47,5%	47,5%	61,8%	61,8%	100,0%
Hüttensand	11,9%	19,0%	57,0%	28,5%	14,3%	42,8%	23,8%	80,0%
Flugasche	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalkstein/Mergel	7,1%	14,3%	4,8%	19,0%	19,0%	19,0%	19,0%	20,0%
getemperter Ton	-	-	-	-	14,3%	-	19,0%	-
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Ökologische Potentiale Zemente – Vergleich:



Ökologische Potentiale Wandbetone :

Technische Daten Betonsorte B1 nach ÖNORM B 4710-1:

Bezeichnung	Wert	Einheit
Rohdichte	2422,5 – 2488,5	kg/m ³
Druckfestigkeit	C25/30	N/mm ²
Expositionsklasse	XC3	-
Nennwert Grösstkorn D_{max}	32	mm
Klasse des Chloridgehalts	0,10	%
Konsistenzklasse	C3	-

Ökologische Potentiale Wandbetone :

Betonrezepturen (B1 nach ÖNORM B 4710-1):

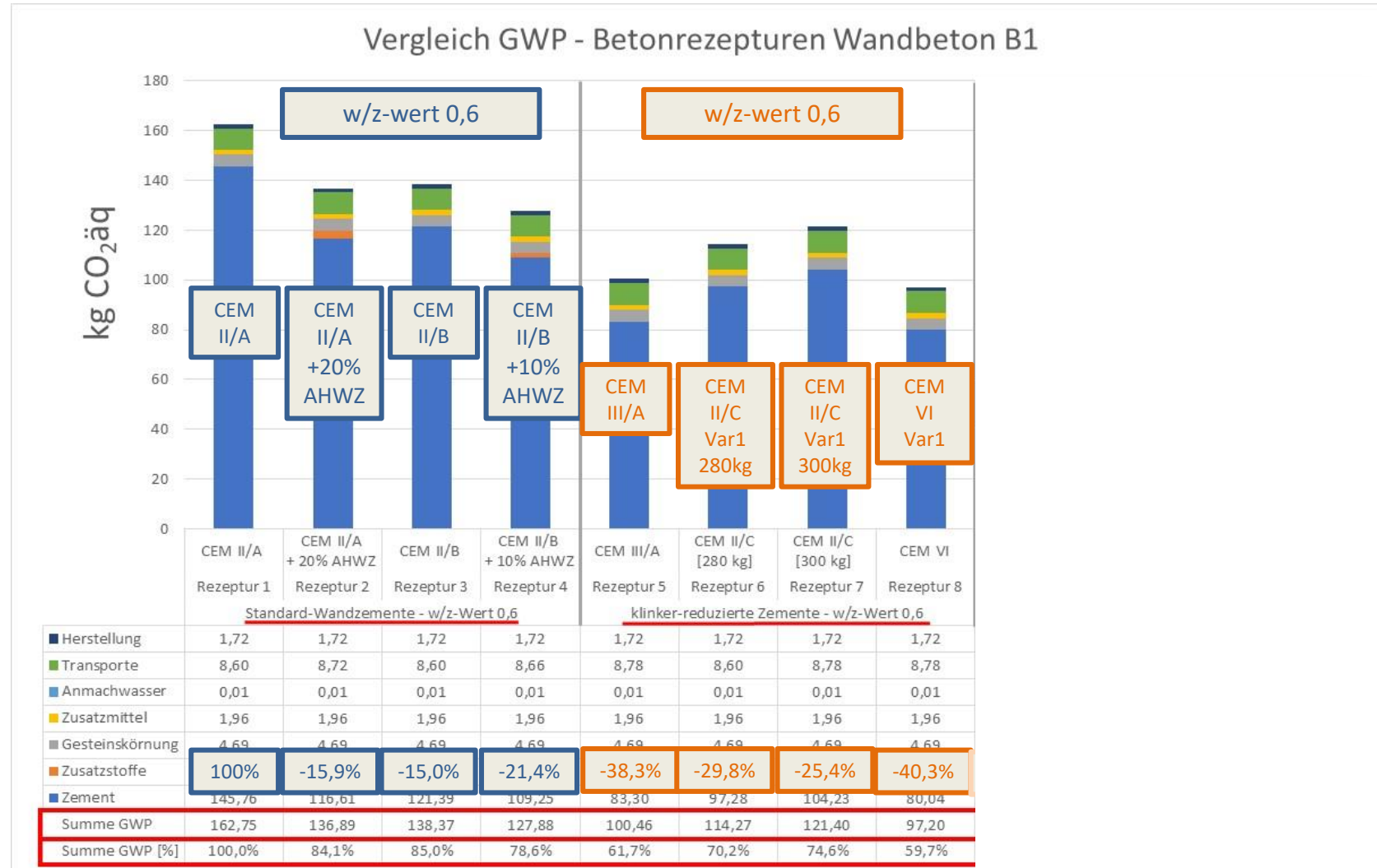
		Standard-Wandzemente w/z-Wert 0,6				klinkerreduzierte Zemente w/z-Wert 0,6			
		Rez 1	Rez 2	Rez 3	Rez 4	Rez 5	Rez 6	Rez 7	Rez 8
Rohstoff	Einheit	CEM II/A	CEM II/A + 20% AHWZ	CEM II/B	CEM II/B + 10% AHWZ	CEM III/A	CEM II/C [280 kg]	CEM II/C [300 kg]	CEM VI
Gesteinskörnung									
Sand 0/4 mm	[kg/m ³]	778,0	778,0	778,0	778,0	778,0	778,0	778,0	778,0
Kies 4/x mm	[kg/m ³]	1195,0	1195,0	1195,0	1195,0	1195,0	1195,0	1195,0	1195,0
<i>Gesteinskörnung ges.</i>	[kg/m ³]	<i>1973,0</i>	<i>1973,0</i>	<i>1973,0</i>	<i>1973,0</i>	<i>1973,0</i>	<i>1973,0</i>	<i>1973,0</i>	<i>1973,0</i>
Zusatzmittel									
Betonverflüssiger	[kg/m ³]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Zusatzmittel ges.</i>	[kg/m ³]	<i>1,5</i>	<i>1,5</i>	<i>1,5</i>	<i>1,5</i>	<i>1,5</i>	<i>1,5</i>	<i>1,5</i>	<i>1,5</i>
Anmachwasser									
Wasser	[kg/m ³]	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
Rec-Wasser	[kg/m ³]	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0
Gesteinsfeuchte	[kg/m ³]	51,0	51,0	51,0	51,0	63,0	51,0	63,0	63,0
<i>Anmachwasser ges.</i>	[kg/m ³]	<i>168,0</i>	<i>168,0</i>	<i>168,0</i>	<i>168,0</i>	<i>180,0</i>	<i>168,0</i>	<i>180,0</i>	<i>180,0</i>
w/z-Wert	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Rohdichte	[kg/m ³]	2422,5	2436,5	2422,5	2429,5	2454,5	2422,5	2454,5	2454,5

Ökologische Potentiale Wandbetone:

Betonrezepturen (B1 nach ÖNORM B 4710-1):

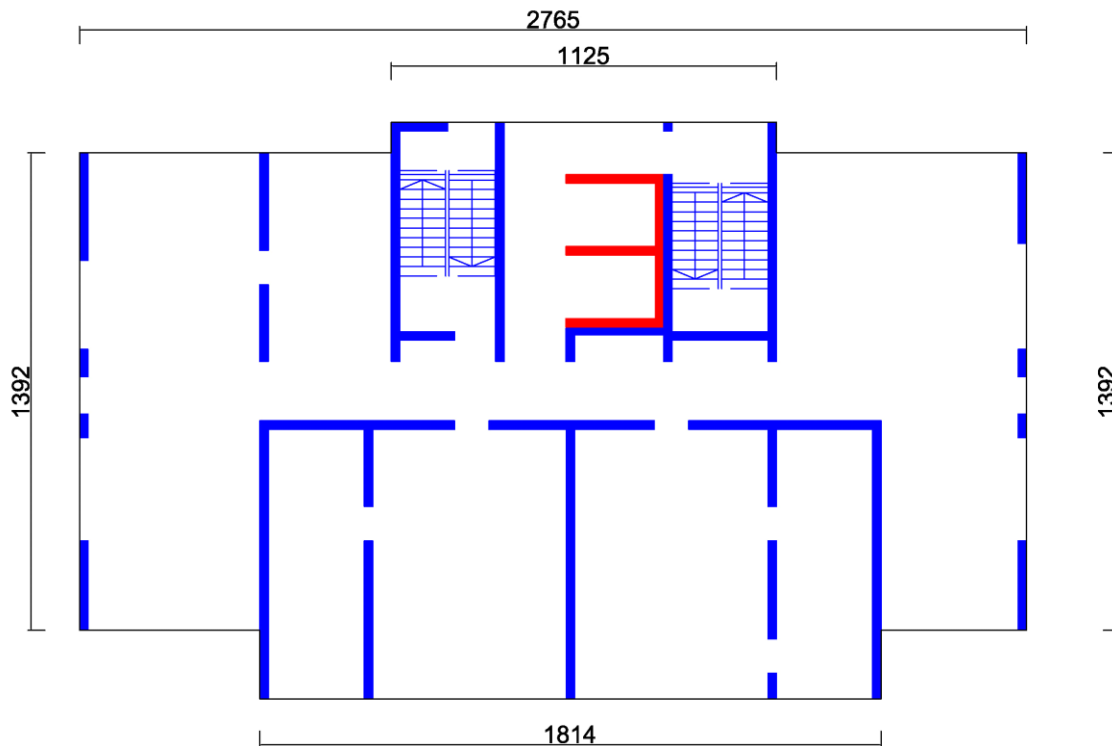
		Standard-Wandzemente w/z-Wert 0,6				klinkerreduzierte Zemente w/z-Wert 0,6			
		Rez 1	Rez 2	Rez 3	Rez 4	Rez 5	Rez 6	Rez 7	Rez 8
Rohstoff	Einheit	CEM II/A	CEM II/A + 20% AHWZ	CEM II/B	CEM II/B + 10% AHWZ	CEM III/A	CEM II/C [280 kg]	CEM II/C [300 kg]	CEM VI
Zement									
CEM II/A	[kg/m ³]	280,0	224,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CEM II/B	[kg/m ³]	0,0	0,0	280,0	252,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CEM II/C - Var 1	[kg/m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	280,0	300,0	0,0
CEM III/A	[kg/m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	300,0	0,0	0,0	0,0
CEM VI - Var 1	[kg/m ³]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	300,0
Zement ges.	[kg/m³]	280,0	224,0	280,0	252,0	300,0	280,0	300,0	300,0
Zusatzstoffe									
AHWZ	[kg/m ³]	0,0	70,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zusatzstoffe ges.	[kg/m³]	0,0	70,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Ökologische Potentiale Wandbetone:



Bauabwicklung 10-stöckiges Wohnhochhaus:

Grundriss Beispielprojekt:



Leistungsverzeichnis für Stahlbeton-Rohbauarbeiten:

<i>Pos.-Nr.</i>	<i>Kurztext</i>	<i>LV-Menge</i>	<i>Einheit</i>
7	Beton- und Stahlbetonarbeiten		
702	Wände, Balken und Stützen		
070201F	Beton Wand ü.20-30cm C25/30 b.3,2m	900	m ³
070201S	Betonwand Schalung b.3,2m	6.320	m ²
070201V	Bewehrung Stabst. Betonwand b.3,2m	64.420	kg
070201W	Bewehrung Matten Betonwand b.3,2m	96.630	kg
703	Decken		
070301C	Beton C30/37 Decke b.25cm b.3,2m	1.200	m ³
070301S	Schalung Decke Untersicht b.3,2m	4.800	m ²
070301V	Bewehrung Stabst. Decke b.3,2m	42.630	kg
070301W	Bewehrung Matten Decke b.3,2m	99.470	kg

Bauablauf Stahlbeton-Rohbauarbeiten:

Aufwandswerte Wände und Decken:



**Abstimmung Aufwandswerte,
Kolonnenstärken und Ablaufprozesse
mit 2 Hochbau-Bauleitern**

Bauablauf Stahlbeton-Rohbauarbeiten:

Ausschalzeiten Wände:

- **Ausschalfrist Wandkonstruktionen** aus Beton B1 mit Festigkeitsklasse C25/30 nach ÖNORM B 4710-1 = **1 Tag**
- d.h. **Wände** werden im (baupraktischen) Standardfall **am Folgetag der Betonage ausgeschalt**
- Einfluss von langsamerer Entwicklung der Frühfestigkeit von Wandbetonen mit GWP-reduzierten Zementen?
- Annahme **verzögerte Ausschalfrist für Wände** mit GWP-reduzierten Zementen = **± ½ Tag**
- d.h. **Wände** können **nicht am Morgen des Folgetags der Betonage ausgeschalt** werden -> es muss ein halber Tag (bis **Mittag**) gewartet werden
- **1 Tag nach dem Betonieren** ist Decke im eingeschalteten Zustand für Herstellung der Wände des nächsten Geschosses **wieder begeh- und belastbar (kein Einfluss auf kritischen Weg)**

Bauablauf Stahlbeton-Rohbauarbeiten:

Bauablauf *Standard-Betone*:

Wochentag	Mo1	Mo2	Mo3	Mo4
Wände EG	E	E	E	E
Decke EG				

E ... Einschalen
 Bet ... Betonieren
 A ... Ausschalen

Übergang Wand zu Decke:

Woche 2																					
Mo1	Mo2	Mo3	Mo4	Di1	Di2	Di3	Di4	Mi1	Mi2	Mi3	Mi4	Do1	Do2	Do3	Do4	Fr1	Fr2	Fr3	Fr4	Sa	So
Bet	Bet	Bet	Bet	A	A	A	A														
								E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		

Nach dem Betonieren kann am nächsten Tag mit dem Ausschalen begonnen werden

Bauablauf Stahlbeton-Rohbauarbeiten:

Bauablauf optimierte Betone:

Wochentag	Mo1	Mo2	Mo3	Mo4
Wände EG	E	E	E	E
Decke EG				

E ... Einschalen
 Bet ... Betonieren
 A ... Ausschalen

Woche 2																					
Mo1	Mo2	Mo3	Mo4	Di1	Di2	Di3	Di4	Mi1	Mi2	Mi3	Mi4	Do1	Do2	Do3	Do4	Fr1	Fr2	Fr3	Fr4	Sa	So
Bet	Bet	Bet	Bet	X	X	A	A	A	A												
										E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		

Woche 4																					
Mo1	Mo2	Mo3	Mo4	Di1	Di2	Di3	Di4	Mi1	Mi2	Mi3	Mi4	Do1	Do2	Do3	Do4	Fr1	Fr2	Fr3	Fr4	Sa	So
										A	A	A	A								
E	E	E	E	E	E	Bet	Bet	Bet	Bet	X	X			A	A	A	A				
																		E	E		

Bei erstem Übergang
 Verzögerung „+ ½ Tag“

Kompensation Ausschalfrist „+ ½ Tag“
 durch Vorziehen Ausschalen Decke
 darunterliegendes Geschoß

Bauablauf Stahlbeton-Rohbauarbeiten:

Analyse:

- **nur beim ersten Übergang** von Wänden zur Decke entsteht eine **theoretischen Verzögerung** von einem halben Tag
- **bei allen anderen Geschoßen** kann der **Deckenausschalprozess des darunterliegenden Geschoßes vorgezogen** werden
- Wände werden dann nach der Decke des darunterliegenden Geschoßes ausgeschalt
- für hier betrachtetes Beispielprojekt bewirkt dies eine „sichere“ Ausschalzeit für die Wände mit GWP-optimierten Zementen von „plus einem Tag“
- **halbtägige Verzögerung im Erdgeschoß** wird durch Vorbereitungsarbeiten für Decke bzw. am Beginn anfallende Tätigkeiten kompensiert
- leichter Mehraufwand, weil der **Übergang der Deckenschalung in das nächste Geschoß nicht fließend** ist („zweimal angegriffen“ aufgrund der notwendigen Unterbrechung für das Ausschalen der Wände) -> **kompensierbar durch Vorausplanung**

Fazit:

Eine **rechtzeitige Miteinbindung** der Anwendung von GWP-reduzierten Zementen bietet **Baufirmen die Möglichkeit dem Bauherren ein umweltverträglicheres Bauobjekt** ohne Kostensteigerungen und Zeitverzögerungen **zu offerieren**.

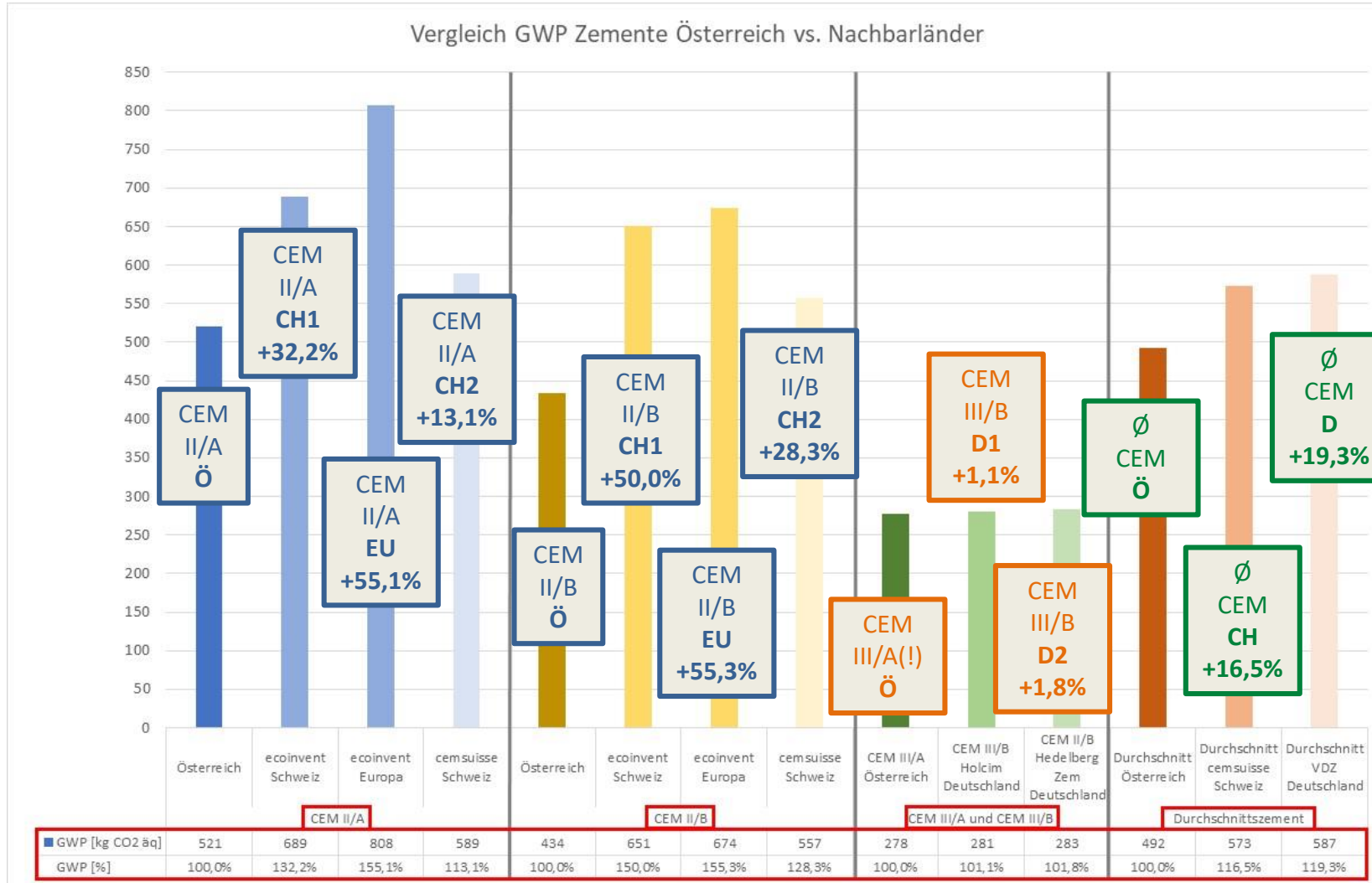
Bauherren und ausführende Firmen können bei einer entsprechend **transparenten und kooperativen Bauablaufplanung gemeinschaftlich** einen entsprechenden **ökologischen Mehrwert** für das Bauprojekt erzielen.



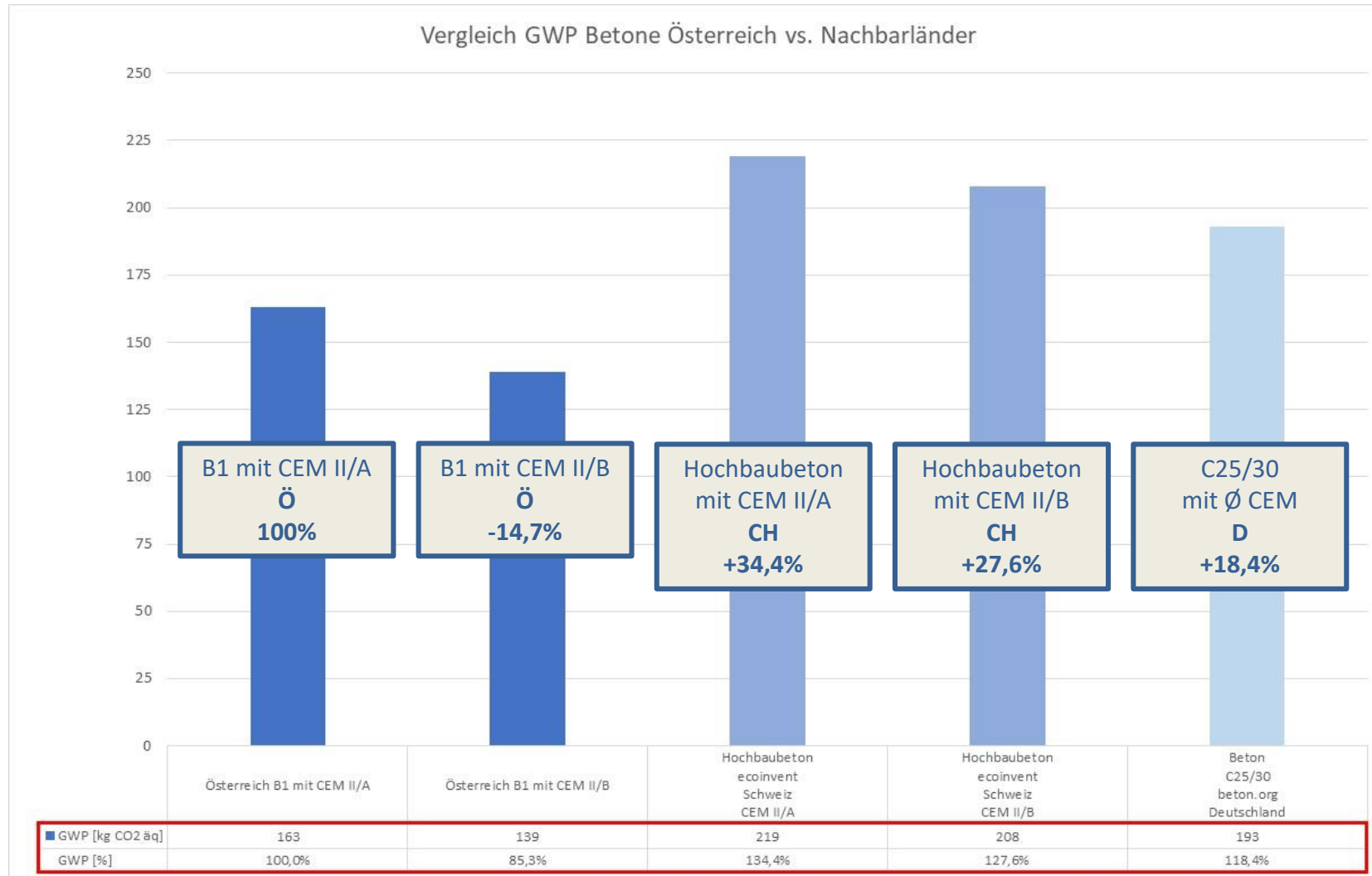
Nachweis der Umweltfreundlichkeit grüner Zemente und ihre Anwendung in der Baupraxis

assoz. Prof. DI Dr. Florian Gschösser

Ökologische Potentiale Zemente – Vergleich zu Nachbarländern:



Ökologische Potentiale Wandbetone – Vergleich zu Nachbarländern:



Bauablauf Stahlbeton-Rohbauarbeiten:

Ausschalzeiten Decken:

- Decken-Ausschalzeiten stehen in enger Relation mit Dauer der Wandherstellung im nächsten Geschoß
- **einen Tag nach Betonieren** ist Decke im eingeschalteten Zustand für Herstellung der Wände des nächsten Geschosses **wieder begeh- und belastbar**
- **Ausschalfristen für Decken** beeinflussen daher **nicht den kritischen Weg** des Bauablaufs der Stahlbetonrohbauarbeiten
- wenn Decken-Ausschalfrist nach Fertigstellung Wände des nächsten Geschosses erreicht, dann muss nur ein Deckenschalungssystem vorgehalten werden
- **Ausschalfrist für Decke mit C30/37** nach ÖNORM B 4710-1 = **12 Tage** (max. Wert bei ungünstigen Bedingungen)
- Maximalwert nach Norm wird in der Praxis meist unterschritten
- Für Musterprojekt **9 Tage** Herstellungsdauer Wände = Ausschalfrist Deck

Bauablauf Stahlbeton-Rohbauarbeiten:

Darstellung Bauablauf:

- Bauabläufe wurden **mit 2 Experten aus der Baupraxis** abgestimmt
- Prozesse **in der Praxis nicht „eintönig“ hintereinander**
 - Teile der Mannschaft lösen sich oft von einem Prozess und widmen sich bereits dem nächsten Prozess
 - z.B. während Ausschalen beginnt ein Teil der Mannschaft mit dem Deckeneinschalen)
- Darstellung **ohne Überschneidungen** von Prozessen erlaubt jedoch eine **klare Demonstration des Bauablaufs und möglicher Verzögerungen**
- **Bewehrungsprozesse** (Wände und Decken) werden von eigenständiger Bewehrungskolonne **parallel zum Einschalprozess** durchgeführt und behindern diesen bei entsprechender Vorlaufzeit der Schalungskolonne nicht
- **Bewehrungsprozesse** werden deshalb **nicht in den Bauabläufen** dargestellt
- **Gliederung** des Bauablaufs in **¼-Tage**