



Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Lücking Bausymposium

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Klimaeffizient, Ressourcenschonend, Energiesparend

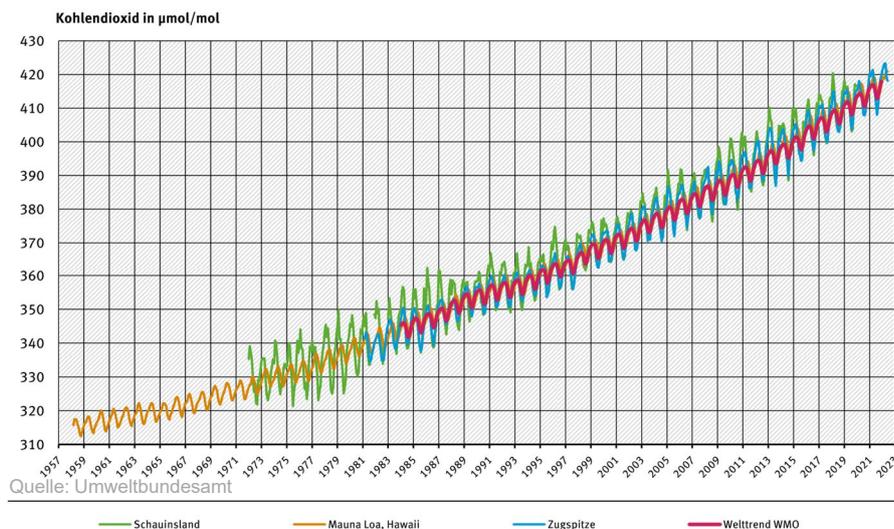
InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Klima

effizient

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

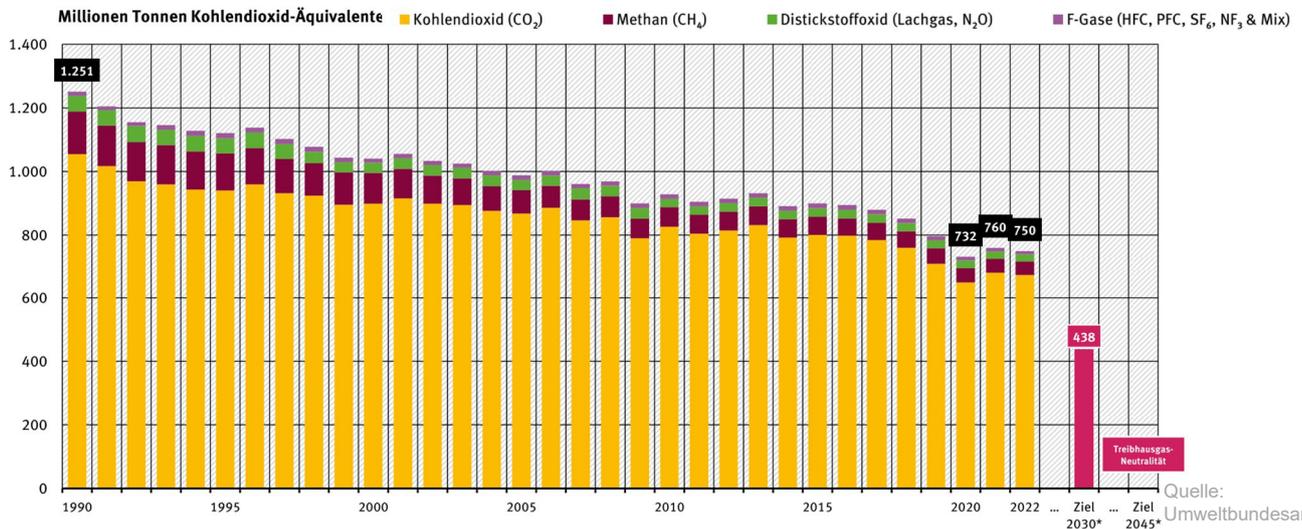
Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre (Monatsmittelwerte)



- Globale CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre:
ca. 0,042 % i.M.
(420 ppm)
- CO_2 -Anstieg 1950er:
0,55 ppm/Jahr
- CO_2 -Anstieg Aktuell:
2,24 ppm/Jahr

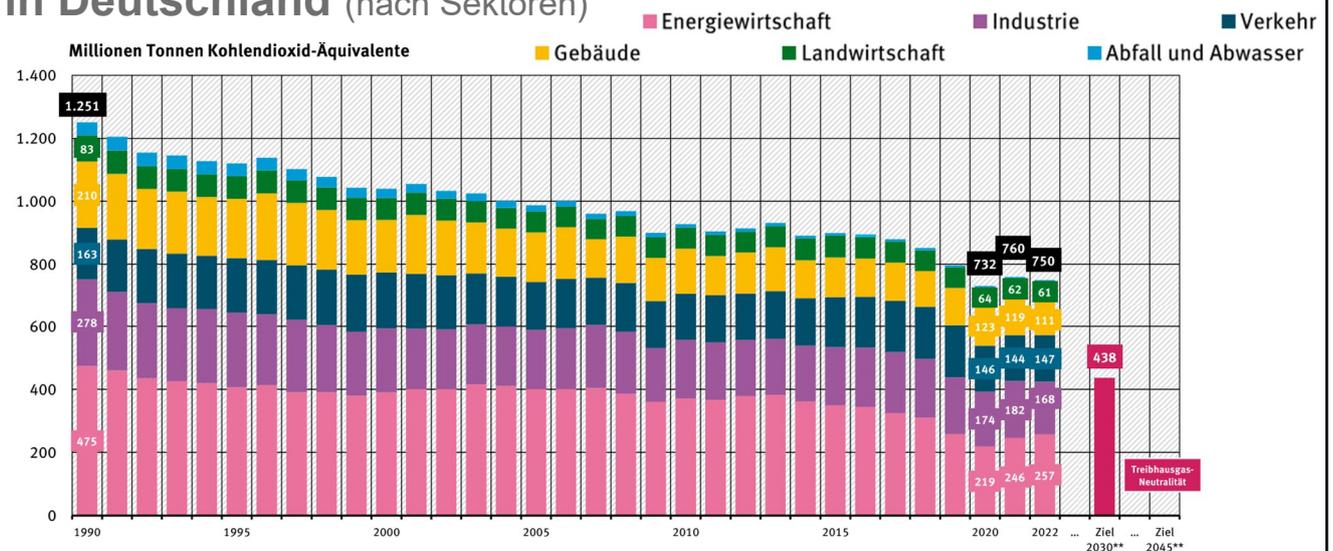
InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Treibhausgasemissionen seit 1990 in Deutschland (nach Treibhausgasen)



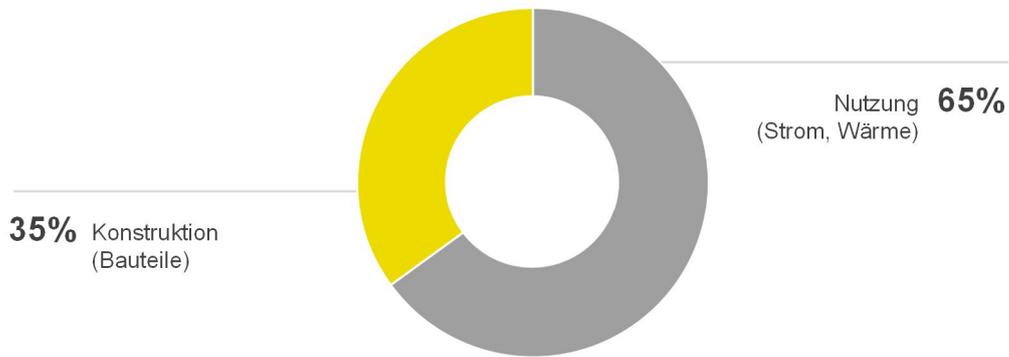
InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Treibhausgasemissionen seit 1990 in Deutschland (nach Sektoren)



InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Verteilung der CO₂-Emissionen eines Gebäudes über den Lebenszyklus



Quelle: Benchmarks für die Treibhausgasemission der Gebäudekonstruktion, DGNB 2021: Die Abb. wertet lediglich die Emissionen der Herstellung (Module A1-A3), der Bauteile der KG 320-KG 360

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

CO₂-effiziente Zemente und Betone verwenden



InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Umweltproduktdeklarationen



- EDP, Environmental Product Declaration - Umweltproduktdeklaration
- GWP, Global Warming Potential - Globales Erwärmungspotenzial



InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

GWP – Globales Erwärmungspotenzial eines C25/30 Beton



ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN OKOBILANZ ENTHALTEN; ND = MODUL ODER INDIKATOR NICHT DEKLARIERT; MNR = MODUL NICHT RELEVANT)

Produktionsstadium		Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium							Entsorgungsstadium			Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze		
Rohestoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport vom Verwendungsart	Montage	Nutzung/Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Energieeinsatz für das Gebäude	Wassereinsatz für das Gebäude	Rückbau/Abrieb	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung	Wiederverwendungs-, Rückführungspotenzial oder Recyclingpotenzial
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	X	X	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	X	X	X	X	X

ERGEBNISSE DER OKOBILANZ – UMWELTAUSWIRKUNGEN nach EN 15804+A2: 1 m³ Konstruktionsbeton C25/30

Indikator	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	C4	D
GWP-total	kg CO ₂ -Äq.	181	3,95	0,874	-14	3,32	10,3	5,05	ND	-12,1
GWP-fossil	kg CO ₂ -Äq.	181	3,92	0,862	-14	3,3	10,3	4,99	ND	-12
GWP-biogenic	kg CO ₂ -Äq.	0,316	0,0141	0,012	0	0,0015	0,00371	0,0505	ND	-0,106
GWP-luluc	kg CO ₂ -Äq.	6,7E-02	1,49E-02	3,02E-04	0	1,22E-02	3,93E-02	1,14E-02	ND	-2,02E-02
ODP	kg CFC11-Äq.	4,35E-08	7,93E-13	2,02E-11	0	6,47E-13	2,09E-12	7,61E-11	ND	-1,5E-10
AP	mol H ⁺ -Äq.	0,315	0,0145	0,00124	0	0,0156	0,0357	0,0167	ND	-0,029
EP-freshwater	kg P-Äq.	2,16E-04	7,72E-06	3,99E-06	0	6,3E-06	2,03E-05	1,91E-05	ND	-4,02E-05
EP-marine	kg N-Äq.	9,7E-02	6,9E-03	3,99E-04	0	7,42E-02	1,69E-02	7,44E-03	ND	-1,11E-02
EP-terrestrial	mol N-Äq.	1,13	0,0763	0,00414	0	0,082	0,188	0,0814	ND	-0,125
POCP	kg NMVOC-Äq.	0,271	0,0149	0,000973	0	0,0208	0,0355	0,0204	ND	-0,0269
ADPE	kg Sb-Äq.	1,59E-05	3,89E-07	4,24E-07	0	3,17E-07	1,02E-06	1,85E-06	ND	-3,67E-06
ADPF	MJ	929	51,3	11	0	41,9	135	65,3	ND	-156
WDP	m³ Welt-Äq. entzogen	3,3	0,0166	0,0207	0	0,00153	0,0438	0,0073	ND	-2,94

GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen – nicht fossile Ressourcen (ADP – Stoffe); ADPF = Potenzial für die Verknappung abiotischer Ressourcen – fossile Brennstoffe (ADP – fossile Energieträger); WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

GWP – Globales Erwärmungspotenzial

eines C25/30 Beton



Produktionsstadium					Stadium der Errichtung des Bauwerks	Nutzungsstadium						
Rohstoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport vom Hersteller zum Verwendungsort	Montage	Nutzung/Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
X	X	X	X	X	X	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	
ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ – UMWELTAUSWIRKUNGEN nach EN 15804+A2: 1 m³												
Indikator	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1						
GWP-total	kg CO ₂ -Äq.	181	3,95	0,874	-14	3,32						
GWP-fossil	kg CO ₂ -Äq.	181	3,92	0,862	-14	3,3						
GWP-biogenic	kg CO ₂ -Äq.	0,316	0,0141	0,012	0	0,0015						
GWP-luluc	kg CO ₂ -Äq.	6,7E-02	1,49E-02	3,02E-04	0	1,22E-02						
ODP	kg CFC11-Äq.	4,35E-08	7,93E-13	2,02E-11	0	6,47E-13						
AP	mol H ⁺ -Äq.	0,315	0,0145	0,00124	0	0,0156						
EP-freshwater	kg P-Äq.	2,16E-04	7,72E-06	3,99E-06	0	6,3E-06						
EP-marine	kg N-Äq.	9,7E-02	6,9E-03	3,99E-04	0	7,42E-02						

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

GWP – Globales Erwärmungspotenzial

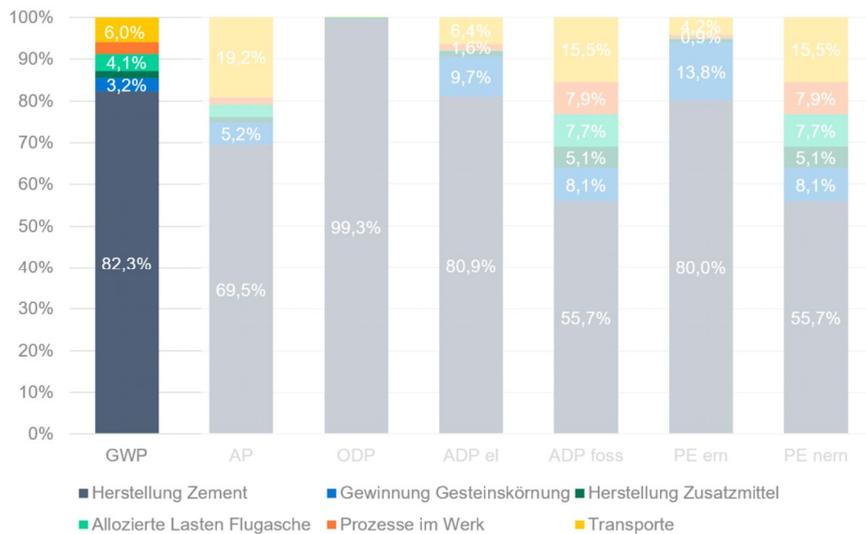
eines C25/30 Beton **ALTE EPD**



ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBILANZ ENTHALTEN; MND)												
Produktionsstadium					Stadium der Errichtung des Bauwerks	Nutzungsstadium						
Rohstoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport vom Hersteller zum Verwendungsort	Montage	Nutzung / Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Rückbau / Abriss
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C
X	X	X	X	X	X	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	X
ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ UMWELTAUSWIRKUNGEN: 1 m³ Konstru												
Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1						
GWP	[kg CO ₂ -Äq.]	197,00	3,90	1,08	-10,00	3,10						
ODP	[kg CFC11-Äq.]	3,36E-8	7,87E-13	4,71E-12	0,00E+0	6,05E-13						
AP	[kg SO ₂ -Äq.]	2,87E-1	9,93E-3	1,60E-3	0,00E+0	3,00E-2						
EP	[kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.]	5,35E-2	2,35E-3	2,57E-4	0,00E+0	6,53E-3						
POCP	[kg Ethen-Äq.]	2,30E-2	-3,35E-3	1,11E-4	0,00E+0	3,18E-3						
ADPE	[kg Sb-Äq.]	6,43E-4	4,13E-7	5,36E-7	0,00E+0	3,28E-7						
ADPF	[MJ]	900,00	52,50	10,50	0,00	41,70						

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

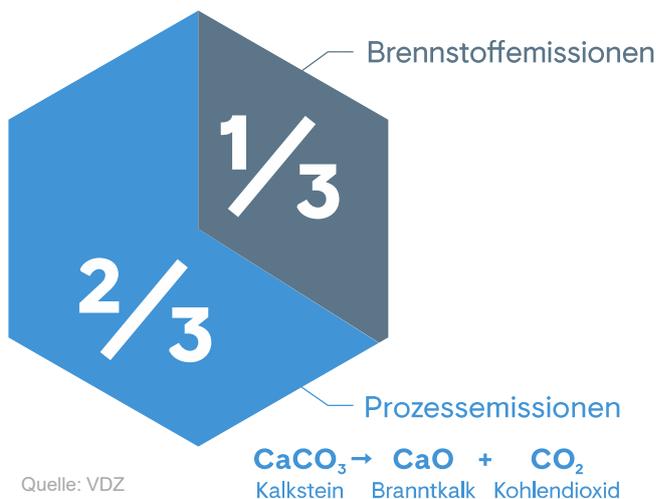
GWP – Anteil Zement eines C25/30 Beton



➤ Die Zementherstellung ist für über 80 % der CO₂-Emissionen von Beton verantwortlich!

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

CO₂ Emissionen bei der Herstellung

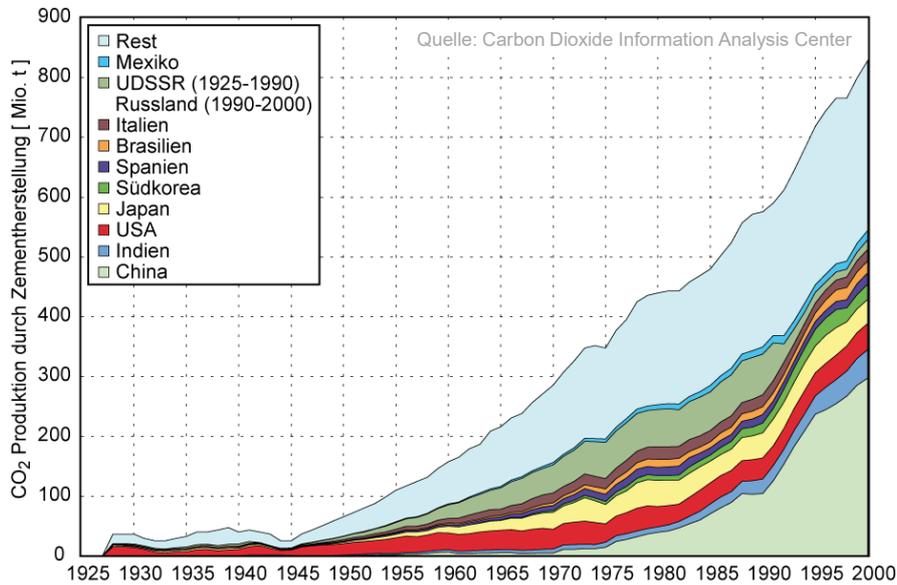


Quelle: VDZ

- Nahezu die kompletten CO₂-Emissionen der Zementherstellung finden beim Brennen des Kalksteins statt.
- Trotz der notwendigen Temperaturen von bis zu 1.450°C, ist nur ein Drittel der Emissionen brennstoffbedingt.

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Zementproduktion Global



- › Globale Zementproduktion 2000: 1,6 Mrd.t
- › Globale Zementproduktion 2021: 4,4 Mrd.t
- › Zementproduktion Deutschland 2022: 35 Mio. t

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Zemente nach DIN EN 197-1



DIN EN 197-1 unterteilt den Zement in fünf Hauptzementarten:

- › Portlandzement CEM I
- › Portlandkompositzemente CEM II
- › Hochofenzement CEM III
- › Puzzolanzement CEM IV
- › Kompositzement CEM V

Diese werden entsprechend der Zugabemenge ihrer Hauptbestandteile in weitere 27 Zementarten unterteilt



Foto: R. Oesterheld, IZB

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Zemente nach DIN EN 197-5



Hauptarten	Bezeichnung der Produkte (Zementarten)		Zusammensetzung (Massenanteil in Prozent) ^a										Nebenbestandteile
			Hauptbestandteile										
			Klinker	Hütten-sand	Silica-staub	Puzzolan		Flugasche		Gebrannter Schiefer	Kalkstein		
						natürlich	natürlich getempert	kieselsäure-reich	kalk-reich		L ^c	LL ^c	
Produkt-name	Produkt-bezeichnung	K	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L ^c	LL ^c		
CEM II	Portland-komposit-zement ^d	CEM II/C-M	50 bis 64	←----- 36 bis 50 -----→								0 bis 5	
CEM VI	Komposit-zement	CEM VI (S-P)	35 bis 49	31 bis 59	—	6 bis 20	—	—	—	—	—	—	0 bis 5
		CEM VI (S-V)	35 bis 49	31 bis 59	—	—	—	6 bis 20	—	—	—	—	0 bis 5
		CEM VI (S-L)	35 bis 49	31 bis 59	—	—	—	—	—	—	6 bis 20	—	0 bis 5
		CEM VI (S-LL)	35 bis 49	31 bis 59	—	—	—	—	—	—	—	6 bis 20	0 bis 5

^a Die Werte in der Tabelle beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile.
^b Im Fall einer Verwendung von Silicastaub ist der Anteil an Silicastaub auf 6 % bis 10 % Massenanteil begrenzt.
^c Im Fall einer Verwendung von Kalkstein ist der Anteil an Kalkstein (Summe von L, LL) auf 6 % bis 20 % Massenanteil begrenzt.
^d Die Anzahl der Hauptbestandteile, außer Klinker, ist auf zwei begrenzt und diese Hauptbestandteile müssen durch die Bezeichnung des Zements angegeben werden (Beispiele: siehe Abschnitt 6).

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Zemente nach DIN EN 197-6



Hauptarten	Bezeichnung der Produkte (Zementarten)		Zusammensetzung (Masseanteil in Prozent) ^a											Nebenbestandteile
			Hauptbestandteile											
			Klinker	Beton-recycling-mehl	Hütten-sand	Sili-castaub	Puzzolan		Flugasche		ge-brannter Schiefer	Kalkstein		
							natürlich	natürlich getempert	kieselsäu-rereich	kalk-reich		L ^c	LL ^c	
Produkt-name	Produkt-bezeichnung	K	F	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L ^c	LL ^c		
CEM II	Portland-Recycling-mehl-zement	CEM II/A-F	80-94	6-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-F	65-79	21-35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
	Portland-komposit-zement ^d	CEM II/A-M	80-88	6-14	6-14								0-5	
		CEM II/B-M	65-79	6-29	6-29								0-5	
		CEM II/C-M	50-64	6-20	16-44								0-5	
CEM VI	Komposit-zement	CEM VI	35-49	6-20	31-59	—	—	—	—	—	—	—	0-5	

^a Die Werte in der Tabelle beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile.
^b Im Fall einer Verwendung von Silicastaub ist der Anteil an Silicastaub auf 6 % bis 10 % Masseanteil begrenzt.
^c Im Fall einer Verwendung von Kalkstein ist der Anteil der Summe von Kalkstein und Betonrecyclingmehl (Summe von L, LL und F) auf 35 % Masseanteil begrenzt.
^d Die Anzahl der Hauptbestandteile, außer Klinker, ist auf zwei begrenzt und diese Hauptbestandteile müssen durch die Bezeichnung des Zements angegeben werden (Beispiele: siehe Abschnitt 6). Für den Fall, dass sowohl F als auch (L oder LL) in der Zusammensetzung verwendet wird, ist die Anzahl der Hauptbestandteile, außer Klinker, auf drei begrenzt und diese Hauptbestandteile müssen durch die Bezeichnung des Zementes angegeben werden.

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Einfluss der Hauptbestandteile Hüttensand und Kalkstein



Fein gemahlener Kalkstein

- › Beschleunigung CSH-Bildung (Kristallisationskeime)
- › Erhöhung Hydratationswärme
- › Verkürzung Erstarrungszeiten
- › Verminderung Bluten
- › Beachtung Nachbehandlungsbeginn
- › kein signifikanter Einfluss auf Druckfestigkeit
- › Begrenzung des Anteils bei Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand

Hüttensand

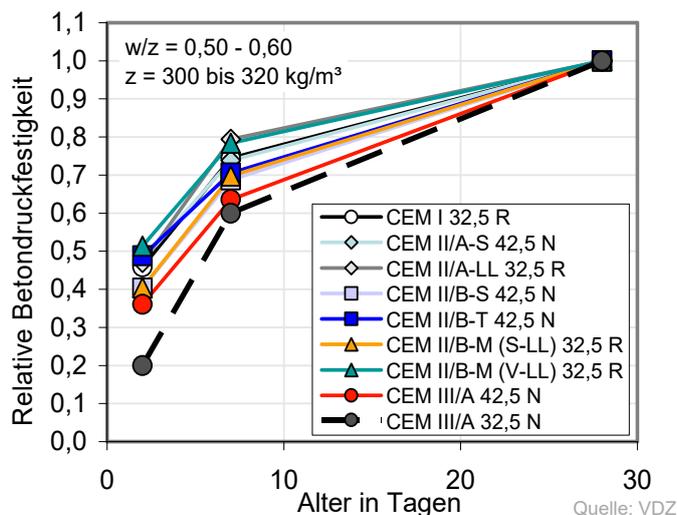
- › niedriger Wasseranspruch durch Kornbandoptimierung
- › Verminderung Hydratationswärme
- › Zunahme Reaktivität mit Feinheit
- › nach 28 / 56 Tagen vergleichbares Festigkeitsniveau
- › wesentliche Nacherhärtung
- › Beachtung Nachbehandlung, Schalzeiten

› bei CEM II/M – Zementen können Verarbeitbarkeit, Festigkeitsentwicklung und Dauerhaftigkeit optimiert werden, helle Betone, aber:

→ Beachtung bei Nachbehandlung, Ausschalzeiten, Einsatz von Zusatzmitteln

Relative Druckfestigkeit von Betonen

Betone mit CEM II- und CEM III/A-Zementen im Vergleich



- › Festigkeitsentwicklung CEM II- und CEM III/A-Betonen unter baupraktischen Bedingungen vergleichbar mit der von CEM I-Betonen
- › CEM II/B- und CEM III/A-Zemente in vielen Fällen in der Festigkeitsklasse 42,5 N
- › (nur) Beton mit dem Zement CEM III/A 32,5 N als langsam einzustufen
- › Betone mit (bekannten) CEM II- und CEM III-Zementen weisen i. d. R. eine mittlere Festigkeitsentwicklung auf

Anwendungsregel CEM II/C-M (S-LL) in DIN 1045-2:2023



Expositionsklassen X = gültiger Anwendungsbereich O = für die Herstellung nach dieser Norm nicht anwendbar			Kein Korrosions- Angriffsfeld	Bewehrungskorrosion									Betonangriff									Spannstahl- verträglichkeit			
				durch Karbonatisierung verursachte Korrosion				durch Chloride verursachte Korrosion					Frostangriff				Aggressive chemische Umgebung			Verschleiß					
				XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	andere Chloride als Meerwasser		XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 _d	XA3 _a		XM ₁	XM ₂	XM ₃
											XS1	XS2													
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 _d	XA3 _a	XM ₁	XM ₂	XM ₃					
CEM II	A	S-D; S-T; S-LL; D-T; D-LL; T-LL; S-Vi; V-Ti; V-LLi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		S-P; D-P; D-Vi; P-Vi; P-T; P-LLi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	B	S-D; S-T; D-T; S-Vi; V-Ti	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		S-P; D-P; D-Vi; P-T; P-Vi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	C	S-LL', V-LL', T-LL'	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		S-LL; D-LL; P-LL; V-LLi T-LL	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
C	M S-LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

* Der zulässige Kalksteingehalt der Zemente (S-LL), (V-LL) und (T-LL) ist auf 20 M.-% begrenzt. Die Einhaltung des maximal zulässigen Kalksteingehaltes ist durch den Hersteller des Zements zu erklären

a, d, f, i siehe Fußnoten in Tabelle F.3.3.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für CEM II/C



Deutsches Institut für Bautechnik
DIBt

Zulassungsinstitut für Bauprodukte und Bauarten
Bautechnisches Prüfamt
Eine vom Bund und den Ländern
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts
Mitglied der ECTA, der UEAtc und der WFATD

Datum: 09.09.2020 Geschäftszeichen: 141-1.3.16-27/20

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Zulassungsnummer:
Z-3.16-2171

Antragsteller:
Dyckerhoff GmbH
Werk Amöneburg
Eibischer Straße 74
65203 Wiesbaden

Zulassungsgegenstand:
Portlandkompositzement CEM II/C-M (S-LL) "Amöneburg"

Geltungsdauer
vom: 1. September 2020
bis: 1. September 2025

PDF 09/2020: Z-3.16-2171

Zulassungen für verschiedene Expositionsklassen (z. T. inkl. XF2, XF3, XF4 / z. T. na) Zulassungsgruppe Z-3.16

- 17 Portlandkompositzement CEM II/C-M (S-LL)
- 1 Portlandkompositzement CEM II/C-M (V-LL)
- 1 Portlandkompositzement CEM II/C-M (T-LL)

Quelle: Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (Stand: Januar 2025)
Download: www.dibt.de, Zulassungsdownload

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für „Recyclingmehlzement“



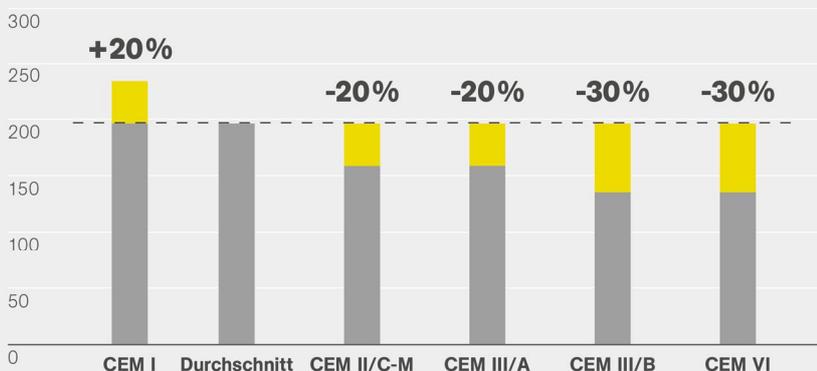
- > **Portlandkompositzement**
CEM II/C-M (T-F) 42,5 N „Susteno“
Holcim (Süd Deutschland) GmbH
Z-3.16-2250
- > **Portlandhüttenzement**
CEM II/A-S 42,5 N (rc) "Königs Wusterhausen"
HeidelbergCement AG
Z-3.17-2188
- > **Portlandhüttenzement**
CEM II/B-S 42,5 N (rc) "Königs Wusterhausen"
HeidelbergCement AG
Z-3.17-2189

Quelle: Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (Stand: Januar 2025)
Download: www.dibt.de, Zulassungsdownload

CO₂-Fußabdruck von Beton (C25/30) mit verschiedenen Zementen in kg CO₂-Äq/m³



■ = Differenz gegenüber Durchschnitt in %



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von EPDs für Beton C25/30 und die genannten Zementarten. „Durchschnitt“ entspricht heute durchschnittlichem Zement in Deutschland (EPD 2018). CEM I ist Branchenreferenzwert in CSC (EPD 2017). Annahme CEM II/C-M: Klinker 50 %, Hüttsand 30 %, Kalkstein 20 %. CEM III/A (EPD 2022). Annahme CEM III/B: Klinker: 29,5 %, Hüttsand: 69,5 %, Kalkstein: 1 %. CEM VI heute noch nicht verfügbar, voraussichtlich in größeren Anteilen erst ab 2030.

Treibhausgas-Emissionen pro m³ Beton nach Festigkeitsklasse und CSC-Klassen



	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55	C50/60
CO ₂ -Klassen	Maximal zulässige Treibhausgasemissionen (netto kg CO ₂ -Äq./m ³)					
Branchenreferenzwert	213	237	261	286	312	325
GWP-Wert für einen Durchschnittsbeton (informativ)	157	181	196	220	273	275
LEVEL 1 (≥ 30%)	149	166	183	200	218	228
LEVEL 2 (> 40%)	128	142	157	172	187	195
LEVEL 3 (≥ 50%)	107	119	131	143	156	163
LEVEL 4 (≥ 60%)	85	95	104	114	125	130

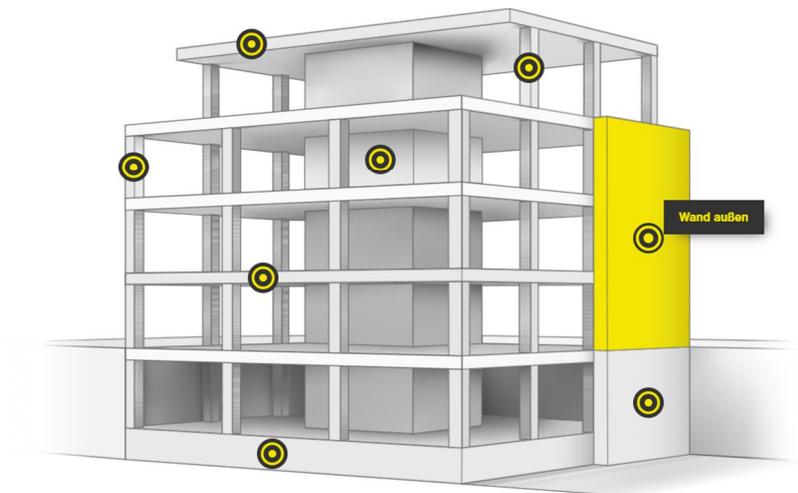


Quelle: CSC. Angegeben sind die Werte der Module A1 – A3.

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.



klimaschutz.konfigurator



<https://www.nachhaltig-bauen-mit-beton.de/klimaschutz-konfigurator>

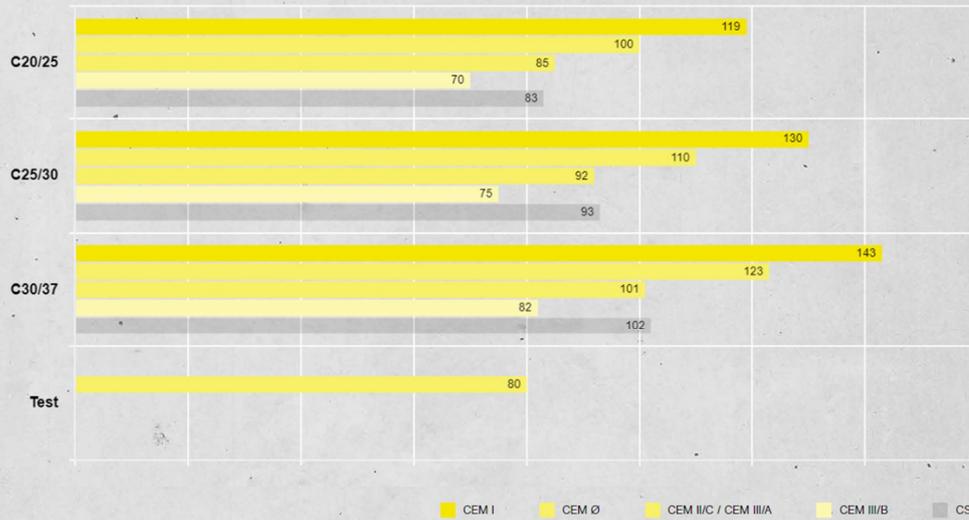
InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

AUSWERTUNG

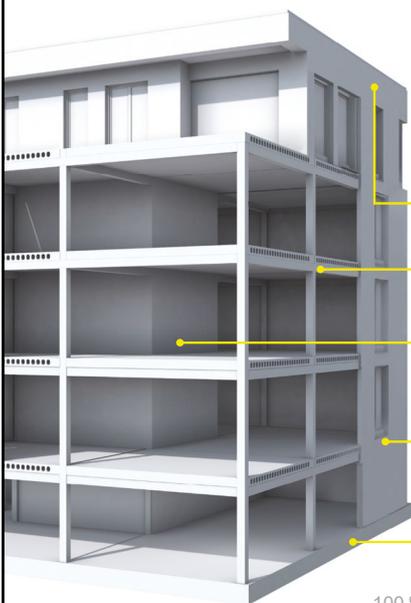


GWP/m²

Auswahl CO₂-Klasse aus dem CSC-System Level 1 Level 2 Level 3 Level 4



InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.



CO₂-Fußabdruck der Konstruktion nach Bauteilen inklusive sämtlicher Aufbauten

Dächer **7%**

Decken **37%**

Innenwände **15%**

Außenwände **22%**

Gründung **19%**

100 % = 7,37 kg CO₂-Äq/(m²NRF*a), Anmerkung: NRF = Netto-Raum-Fläche; a = 50 Jahre

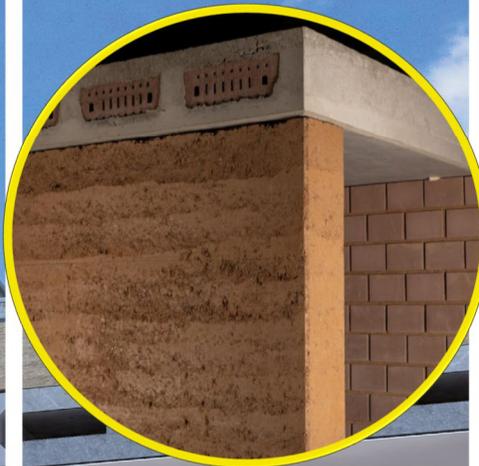
InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

CO₂-effiziente Bauteile und Konstruktionen aus Beton planen

Spannbeton-Fertigdecke

Lehm-Beton-Verbunddecke

Ortbeton-Hohldecke



InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Holz-Beton-Hybridbauweise

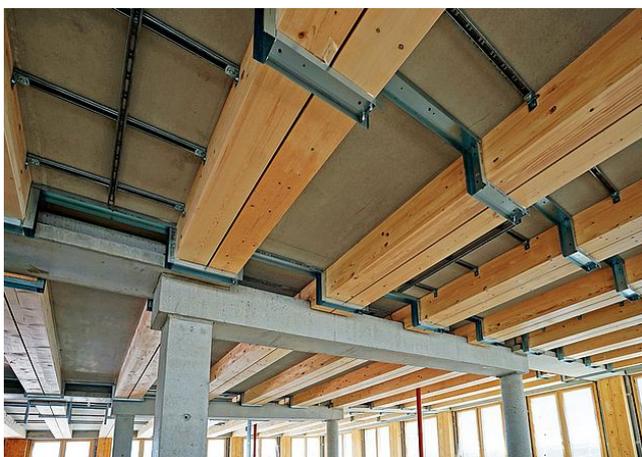


Foto: Bärbel Rechenbach, BGBAU

- Kann im Bestand oder Neubau eingesetzt werden
- Großteil an Bewehrungsstahl entfällt
- Betondecke wird schlanker, Gesamtaufbau höher



Foto: FRIEDRICH Verbundsysteme

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Unbewehrte Bauteile



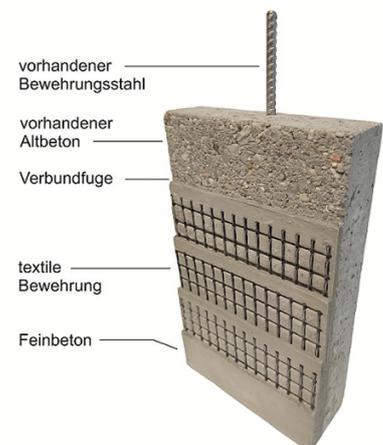
Foto: D.Bosold, IZB

- Druckbeanspruchte Bauteile müssen nicht zwingend bewehrt werden
- Bei Streifen- oder Einzelfundamenten kann ein erhöhter Bemessungswert für die Zugfestigkeit angesetzt werden



Foto: T. Richter, IZB

Carbonbeton / Nichtmetallische Bewehrungen

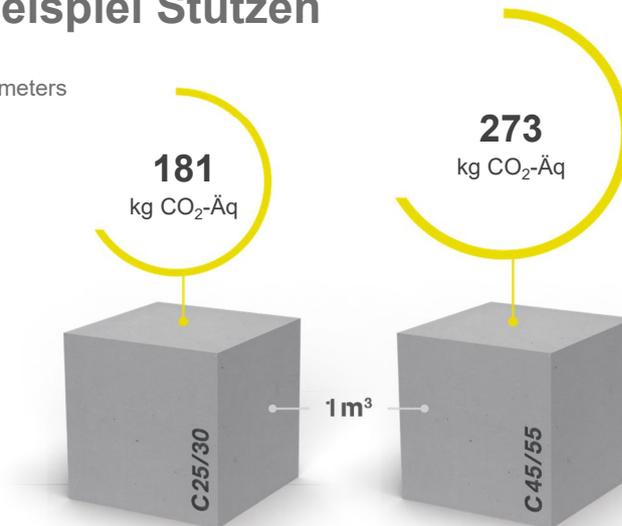


Grafik: Foto: C³; www.bauen-neu-denken.de
Foto: Stefan Gröschel, IMB, TU Dresden

CO₂-Effizienz von Bauteilen mit hoher Druckfestigkeit am Beispiel Stützen



Vergleich des CO₂-Fußabdrucks eines Kubikmeters Beton in zwei Betonfestigkeitsklasse



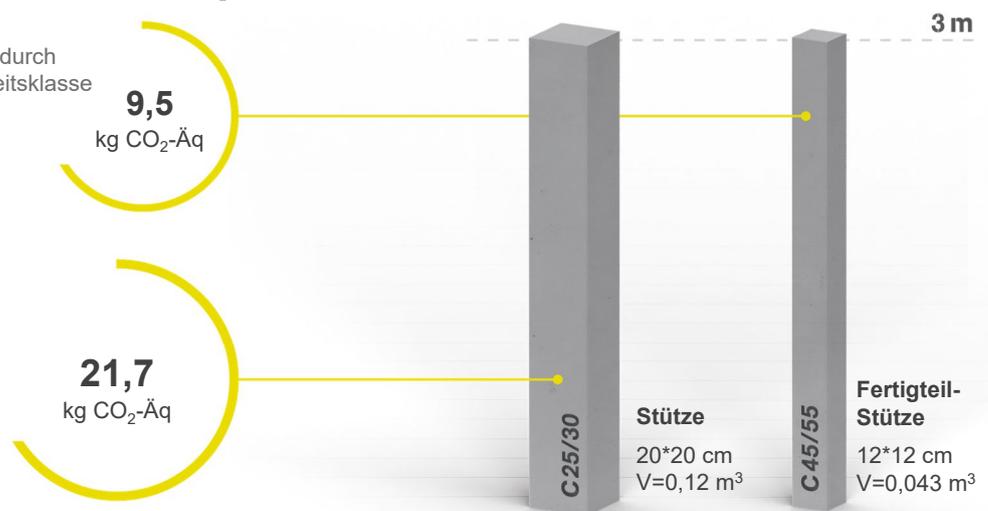
Quelle: GWP-Werte gemäß EPDs

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

CO₂-Effizienz von Bauteilen mit hoher Druckfestigkeit am Beispiel Stützen



CO₂- und Materialeinsparung durch Nutzung der höheren Festigkeitsklasse



Quelle: GWP-Werte gemäß EPDs

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Recarbonatisierung

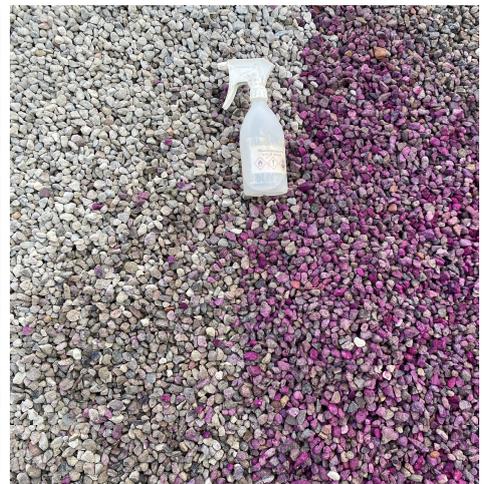
CO₂

Einbindung von CO₂

Abhängig von der Festigkeit des Betons und den Expositionsbedingungen

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Recarbonatisierung



Fotos: R. Oesterheld, IZB

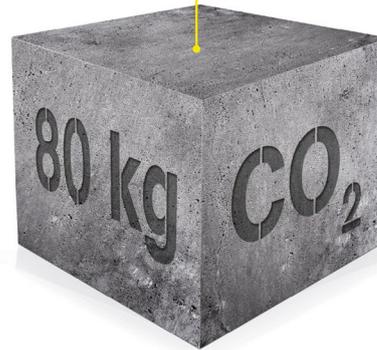
InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Recarbonatisierung – Aufnahme von CO₂



- › Beschleunigung der CO₂-Aufnahme im Beton – aktive Carbonatisierung
- › CO₂ kann auf verschiedene Weise dauerhaft in Beton gebunden werden

1 Kubikmeter Beton
(C25/30) kann bis zu rd.
80 kg CO₂ aufnehmen



InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

QNG-Siegel im Betonbau



**Soziokulturelle
& funktionale
Qualität**

**Ökologische
Qualität**

**Ökonomische
Qualität**

Prozessqualität

QNG

Besondere Anforderungen

QNG

Allgemeine Anforderungen

Besondere Anforderungen:

- › Treibhausgase und Primärenergie im Lebenszyklus
- › Nachhaltige Materialgewinnung
- › Schadstoffvermeidung
- › Barrierefreiheit
- › (Naturgefahren am Standort)
- › (Gründach)

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Treibhausgas und Primärenergie Anforderungen



ANF1-WG2 Treibhausgas und Primärenergie (gültig ab 01.01.2023)

QNG-PLUS	
Anforderungen für:	WG23
Dem Gebäude darf nur QNG-PLUS zuerkannt werden, wenn die gemäß der Methodik der Anlage „LCA-Bilanzregeln Wohngebäude“ ermittelten	
1	<ul style="list-style-type: none"> Treibhausgasemissionen im Gebäudelebenszyklus maximal 24 kg CO₂ Äqu./m² a betragen und
2	<ul style="list-style-type: none"> der ermittelte Primärenergiebedarf nicht erneuerbar im Gebäudelebenszyklus maximal 96 kWh/m² a beträgt.
QNG-PREMIUM	
Anforderungen für:	WG23
Dem Gebäude darf nur QNG-PREMIUM zuerkannt werden, wenn die gemäß der Methodik der Anlage „LCA-Bilanzregeln Wohngebäude“ ermittelten	
1	<ul style="list-style-type: none"> Treibhausgasemissionen im Gebäudelebenszyklus maximal 20 kg CO₂ Äqu./m² a betragen und
2	<ul style="list-style-type: none"> der ermittelte Primärenergiebedarf nicht erneuerbar im Gebäudelebenszyklus maximal 64 kWh/m² a beträgt.

PLUS:

GWP max. 24 kg CO₂ eq/m²
PENRT max. 96 kWh/m²

PREMIUM:

GWP max. 20 kg CO₂ eq/m²
PENRT max. 64 kWh/m²

**Für nicht Wohngebäude
gelten Referenzobjekte!**

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

ANF1-NW1 Treibhausgas und Primärenergie

QNG-PLUS	
Anforderungen für:	BN/K22 UN/K22 NW23
Dem Gebäude darf nur QNG-PLUS zuerkannt werden, wenn die gemäß der Methodik der Anlage „LCA-Bilanzregeln Nichtwohngebäude“ ermittelten	
1	<ul style="list-style-type: none"> Treibhausgasemissionen im Gebäudelebenszyklus den Anforderungen gemäß der Anlage „LCA-Anforderungswert Nichtwohngebäude“ entsprechen und
2	<ul style="list-style-type: none"> der ermittelte Primärenergiebedarf nicht erneuerbar im Gebäudelebenszyklus den Anforderungen gemäß der Anlage „LCA-Anforderungswert Nichtwohngebäude“ entspricht.
QNG-PREMIUM	
Anforderungen für:	BN/K22 UN/K22 NW23
Dem Gebäude darf nur QNG-PREMIUM zuerkannt werden, wenn die gemäß der Methodik der Anlage „LCA-Bilanzregeln Nichtwohngebäude“ ermittelten	
1	<ul style="list-style-type: none"> Treibhausgasemissionen im Gebäudelebenszyklus den Anforderungen gemäß der Anlage „LCA-Anforderungswert Nichtwohngebäude“ entsprechen und
2	<ul style="list-style-type: none"> der ermittelte Primärenergiebedarf nicht erneuerbar im Gebäudelebenszyklus den Anforderungen gemäß der Anlage „LCA-Anforderungswert Nichtwohngebäude“ entspricht.



Ressourcen

schonend

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

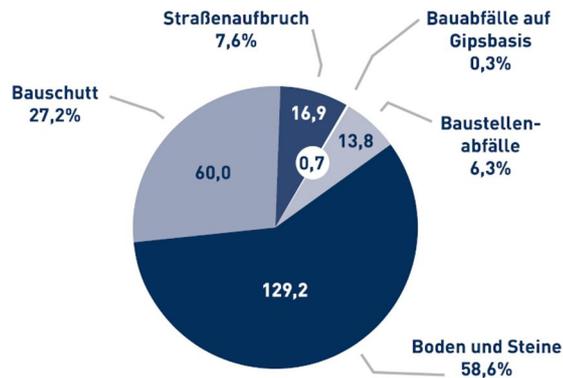
Mineralischer Bauschutt



- > ca. 60 Mio.t mineralischer Bauschutt
- > Recyclingquote mineralischer Bauschutt ~ 94 %
- > Gesamtbedarf Gesteinskörnungen: ca. 590 Mio.t

Statistisch erfasste Mengen mineralischer Bauabfälle 2020 (in Mio. t)

Anfall insgesamt: 220,6 Mio. t



Quelle: 13. Monitoring-Bericht Kreislaufwirtschaft Bau

Regelwerke Recycling



Von Frischbeton



Bild: Liebherr

Von mineralischen Bauabfällen



Bild: IZB, T.Richter

Regelwerke

Recycling



Von Frischbeton



Bild: Liebherr

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

- Zurück gebrachte Mengen Frischbeton werden mit Wasser aufgeschlämmt;
- Kies und Sand werden ausgewaschen und können direkt wieder in den Produktionsprozeß gelangen;
- Hydratisierter Zement und feinste schwebende Bestandteile der Gesteinskörnung werden als Recyclingwasser auch dem Produktionsprozeß zugeführt;
- Die Menge dieser feinen Bestandteile werden über die Rohdichte des Recyclingwassers gesteuert:
z. B. $\rho_w \leq 1,01 \text{ kg/l}$

Bauordnungsrechtliche Behandlung R-Beton



- MVV TB, C 2.1.4.3,
 - ◆ bisher: DAfStb-Rili Beton ... mit rezyklierten Gesteinskörnungen, Ausgabe 2010 und Berichtigung 2019
 - ◆ jetzt: **DIN 1045 : 2023**
- Anforderungen an die Umweltverträglichkeit über MVV TB, Anlage 10 „Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich der Auswirkungen auf Boden und Gewässer ABuG“
- DIN 1045: 2023
neues dreistufiges Konzept für die Verwendung rezykl. GK
- es gilt **NICHT** die Ersatzbaustoffverordnung vom 9.7.2021 (§1, Satz 4)

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

R-Beton DIN 1045:2023-08



Anwendungsfälle gemäß DIN 1045-1000, Tab. 2
mit Bezug zu Überwachungsklassen (ÜK)

Zeile	Anwendung	PK	BK	AK	BBQ	ÜK
T. 1000	(Festigkeitsklassen)					
37	Beton mit rezykl. GK ≤ 25 Vol.-% Austausch grober GK, Austausch feiner GK	N	N	N	N	1/2
38	Beton mit rezykl. GK > 25 Vol.-%, Grenzen nach DIN 1045-2, Austausch grober GK, Austausch feiner GK	N	E	E	E	2
39	Beton mit rezykl. GK abweichend von Zeile 37, 38 außerhalb DIN 1045-2:2023, abZ / ZiE erforderlich	S	S	E	S	2

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

DIN 4226-101:2017-08



Typen rezyklierter Gesteinskörnungen

Bestandteile		Kategorie der Bestandteile rezyklierter Gesteinskörnung			
		Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
		für Beton nach DIN 1045-2		für Beton außerhalb DIN 1045-2	
Beton, Gesteinskörnungen (<i>Rc+Ru</i>)	[M.-%]	≥ 90	≥ 70	≤ 20	≥ 80
Ziegel, Kalksandstein (<i>Rb</i>)		≤ 10	≤ 30	≥ 80	
bitumenhaltige Materialien (<i>Ra</i>)		≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 20
Glas und sonst. Mat. (<i>X+Rg</i>)		≤ 1	≤ 2	≤ 2	≤ 2
schwimmende Materialien (<i>FL</i>)	[Vol.-%]	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 5

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Rohdichte von rezyklierten Gesteinskörnungen



- Prüfung nach DIN EN 1097-6
- i. A. geringere Rohdichte als bei natürlichen Gesteinskörnungen
- i. A. größere Rohdichteunterschiede als bei natürlichen Gesteinskörnungen

- RC-GK Typ 1 → im Mittel 2300 kg/m³
- RC-GK Typ 2 → im Mittel 2220 kg/m³

- zum Vergleich Kiessand 2600 ... 2700 kg/m³

Quelle: DAfStb, Heft 639

Regelwerke



Zulässige Anteile RC-Gesteinskörnung nach alter und neuer DIN 1045

Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
Alkalirichtlinie	DIN 1045-2 (8/2023)	Typ 1	Typ 2
WO (trocken)	X0, XC1	≤ 45 Vol.-%, davon ≤ 20 Vol.-% 0/2 möglich	≤ 35 Vol.-%
WF (feucht)	X0, XC1 bis XC4	≤ 45 Vol.-% (bisher ≤ 35 Vol.-%)	≤ 35 Vol.-% (bisher ≤ 25 Vol.-%)
	XF1, XF3, Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 25 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%
	chemischer Angriff (XA1)	≤ 25 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%
WA (mit Alkalizufuhr)	XD1, XD2 XS1, XS2 XF2, XF4	≤ 30 Vol.-%	≤ 20 Vol.-%

nur rezyklierte Gesteinskörnungen mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S (... wie zuvor)

Einsatz feiner rezyklierter Gesteinskörnung



BK-N DIN 1045-2, Abschn. 5.2.3.4	BK-E DIN 1045-2, Anhang E.3
<ul style="list-style-type: none">› max. 25 Vol.-% rezyklierter Gesteinskörnung› nur feine rez. Gesteinskörnung Typ 1› X0, XC1 ... XC4, WO, WF› Anteil feiner rezyklierter GK nicht größer als Anteil feiner GK in Sieblinie	<ul style="list-style-type: none">› max. 45 Vol.-% rezyklierter Gesteinskörnung› nur feine rez. Gesteinskörnung Typ 1› X0, XC1, WO, WF› Anteil feiner rezyklierter GK nicht größer als Anteil feiner GK in Sieblinie, max. 20 Vol.-% der austauschbaren rezyklierten GK› erweiterte Erstprüfung

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Überblick ZTV Regelungen zum R-Beton



ZTV-W LB 215, 2012 (23) - Gesteinskörnung

Die Verwendung rezyklierter Gesteinskörnungen ist nicht zulässig.

(überarbeiteter LB 215 /Gelbdruckentwurf Dez. 2024 lässt R-Beton mit Einschränkungen zu)

ZTV-ING 2023, Teil 3, Abschn. 1, 3.2 (8)

Rezyklierter Gesteinskörnungen dürfen nicht verwendet werden.

ZTV-Beton (Straßenbau) → schließt RC-Gesteinskörnungen nicht aus → Verweis auf Merkblatt über den Einsatz von rezyklierten Baustoffen im Erd- und Straßenbau, M RC, Ausgabe 2019 → Wird aber in Fahrbahndecken ausgeschlossen ... **Praktische Anwendungsmöglichkeit in Tragschichten, HGT**

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Wiederverwendung von Materialien und Bauteilen mitdenken

Leicht demontierbare Bauteile

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

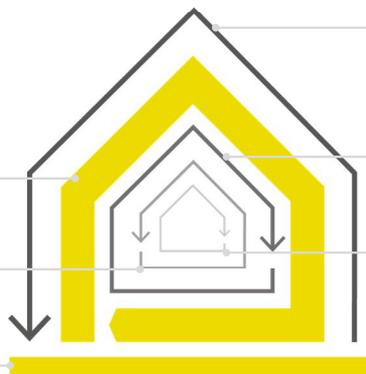
Nutzungsdauer nach Gebäudeteilen



Tragkonstruktion
> 100 Jahre

Raumaufteilung
3–30 Jahre

Fundament
> 100 Jahre



Gebäudehülle
20–50 Jahre

Technische
Gebäudeausrüstung
7–15 Jahre

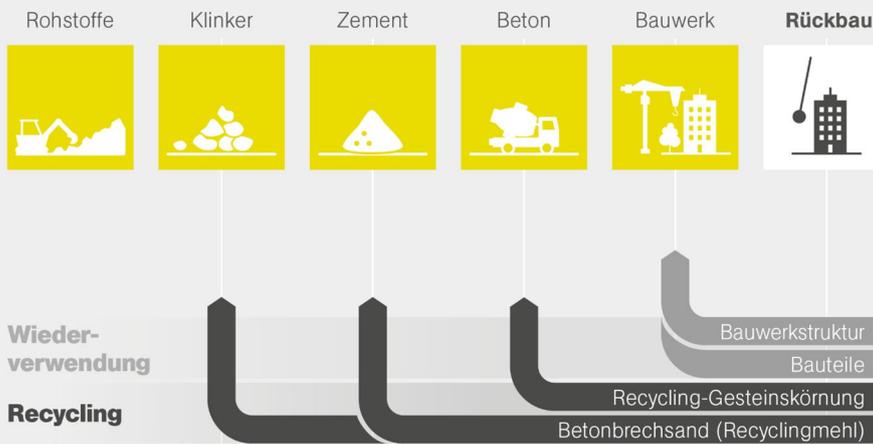
Gebrauchsgegenstände
1–5 Jahre

Quelle: Brand, S.: How Buildings Learn, Penguin Books (1995)

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.



Stoffkreisläufe entlang der Wertschöpfungskette



InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Nachhaltige Materialgewinnung Anforderungen



ANF2-WG1 Nachhaltige Materialgewinnung

QNG-PLUS

Anforderungen für: *KN21* *WN21* *WG23*

Dem Gebäude darf nur QNG-PLUS zuerkannt werden, wenn

- mindestens 50% der neu eingebauten Hölzer, Holzprodukte und / oder Holzwerkstoffe nachweislich aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen.

QNG-PREMIUM

Anforderungen für: *KN21* *WN21* *WG23*

Dem Gebäude darf nur QNG-PREMIUM zuerkannt werden, wenn

- mindestens 80% der neu eingebauten Hölzer, Holzprodukte und / oder Holzwerkstoffe nachweislich aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen.

Nur für NICHT Wohngebäude:

PLUS:

30% der Masse mit erheblichem Recyclinganteil

PREMIUM:

50% der Masse mit erheblichem Recyclinganteil

ANF2-NW1 Nachhaltige Materialgewinnung

QNG-PLUS

Anforderungen für: *BN/K22* *UN/K22* *NW23*

Dem Gebäude darf nur QNG-PLUS zuerkannt werden, wenn

- mindestens 70% der neu eingebauten Hölzer, Holzprodukte und / oder Holzwerkstoffe nachweislich aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen
- und
- mindestens 30% der Masse des im Hoch- und Tiefbau neu eingebauten Betons, der neu eingebauten Erdbaustoffe und Pflanzsubstrate (Gesamtmasse) **einen erheblichen Recyclinganteil** haben.

QNG-PREMIUM

Anforderungen für: *BN/K22* *UN/K22* *NW23*

Dem Gebäude darf nur QNG-PREMIUM zuerkannt werden, wenn

- mindestens 85% der neu eingebauten Hölzer, Holzprodukte und / oder Holzwerkstoffe nachweislich aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen.
- und
- mindestens 50% der Masse des im Hoch- und Tiefbau neu eingebauten Betons, der neu eingebauten Erdbaustoffe und Pflanzsubstrate (Gesamtmasse) **einen erheblichen Recyclinganteil** haben.

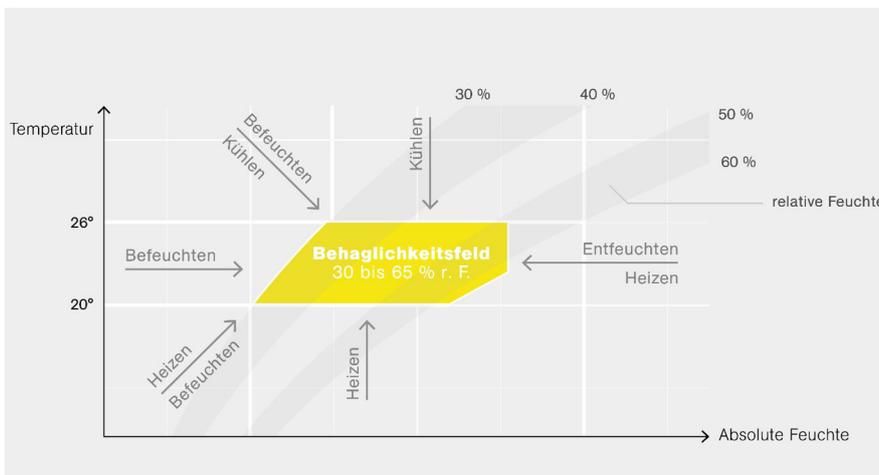
InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Energie

sparend

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Behaglichkeit



Einfluss von Beton auf das Raumklima:

- › Wärmespeicherung
- › Wärmeleitfähigkeit
- › Oberflächentemperatur
- › Strahlungseffekte & Konvektion
- › Baustoffmasse

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Massivbau für den sommerlichen Wärmeschutz



- Auch im GEG findet die positive Rolle massiver Baustoffe Beachtung
- Die DIN 4108-2 unterteilt in:
 - **leicht** $C_{\text{wirk}}/A_G < 50 \text{ Wh}/(\text{Km}^2)$
 - **mittel** $C_{\text{wirk}}/A_G 50 - 130 \text{ Wh}/(\text{Km}^2)$
 - **schwer** $C_{\text{wirk}}/A_G > 130 \text{ Wh}/(\text{Km}^2)$

A_G = Grundfläche des Raumes
 C_{wirk} = wirksame Wärmekapazität

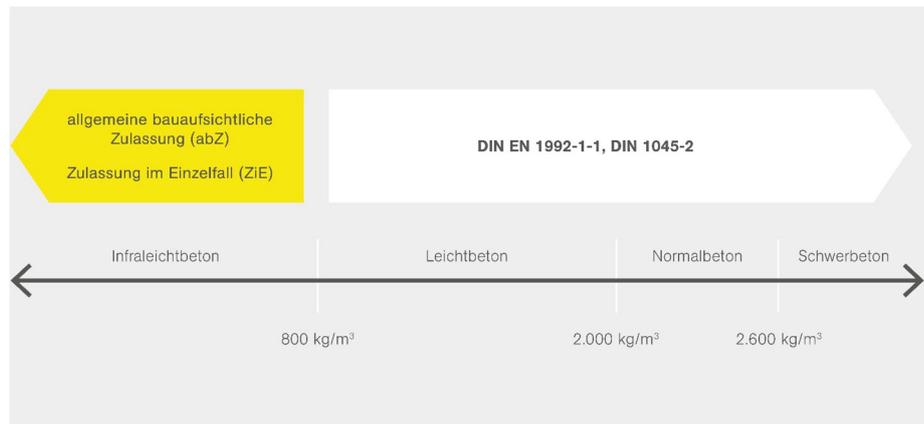
InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.



- Ein flüssiges Leitmedium (wie z.B. Wasser mit Glykol) zirkuliert im Kreislaufsystem der Rohrsysteme innerhalb des Bauteils
- Eine Bauteilaktivierung ermöglicht bei 1- 2°C niedrigerer Raumtemperatur die gleiche Behaglichkeit wie eine konventionelle Heizung

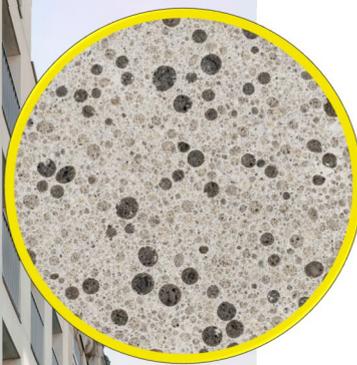
InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.

Unterscheidung von Beton nach Rohdichte: genormter und nicht genormter Bereich der Rohdichte für Beton



- › Leichtbetone sind in den gängigen Betonnormen erfasst
- › Infraleichtbetone sind normativ nicht geregelt
- › Die Druckfestigkeit von ILC liegt bei ca. 5 MPa

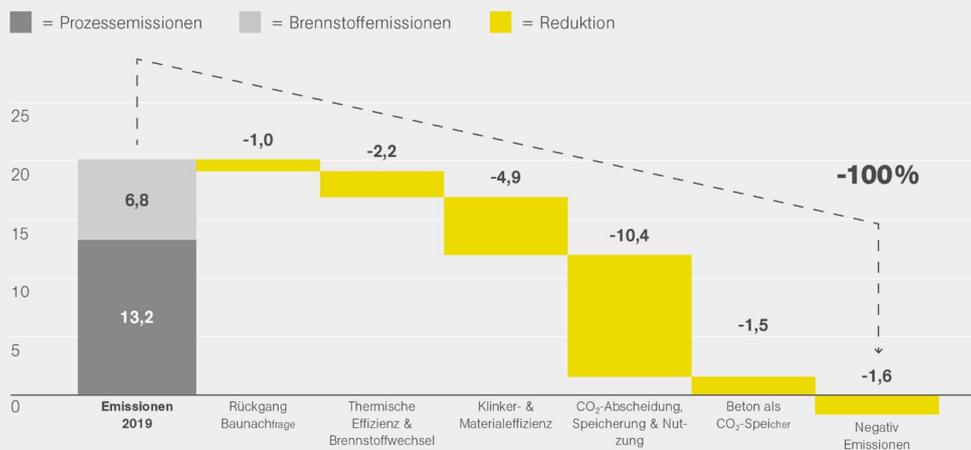
Leicht- & Infraleichtbeton



- › Betone mit einer Rohdichte zwischen 800 kg/m³ und 2000 kg/m³ nennt man Leichtbeton
- › Ab einer Rohdichte von 800 kg/m³ und kleiner spricht man von Infraleichtbeton
- › Infraleichtbeton mit einer Rohdichte von ca. 600 kg/m³ erreichen einen Lambda von 0,14 W/mK

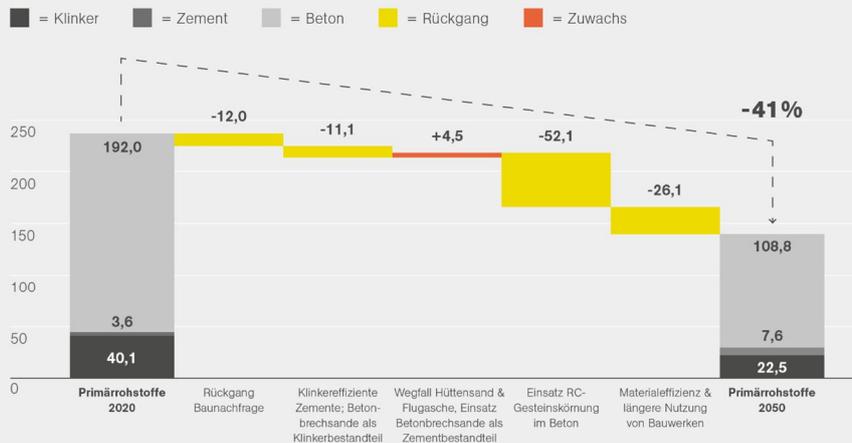
Ausblick

CO₂-Minderung bis zur Klimaneutralität 2045 (in Mio. t CO₂)



Quelle: VDZ / Verein Deutscher Zementwerke

Einsparpotenziale beim Primärrohstoffeinsatz bis 2050



Quelle: VDZ / Verein Deutscher Zementwerke

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.



Ihr Ansprechpartner

Julian Biermann
Projektleiter Nachhaltigkeit

InformationsZentrum Beton GmbH
Kochstraße 6 – 7, 10969 Berlin
Telefon: 030 3087778-50
julian.biermann@beton.org
www.beton.org
www.nachhaltig-bauen-mit-beton.de

InformationsZentrum Beton | Julian Biermann | Nachhaltig Bauen. Mit Beton.