

## **Verfahrenstechnische Karbonatisierung von Betonrezyklaten zur Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz des Frischbetons.**

Um den aktuellen Betonbedarf zu decken, müssen weltweit jährlich rund 3,7 Milliarden Tonnen Zement produziert werden. Zumindest sechs Prozent des menschlich verursachten Kohlenstoffdioxidausstoßes stehen damit in direktem Zusammenhang. Das gängige Herstellungsverfahren bedarf großer Mengen an thermischer Energie, welche üblicherweise direkt in der Produktionsanlage über Verbrennungsvorgänge bereitgestellt wird. Beim chemischen Vorgang der Kalzinierung werden große Mengen an Kohlenstoffdioxid aus dem Kalkstein ausgetrieben, weswegen der vermehrte Einsatz von erneuerbaren Energieträgern keine befriedigende Optimierung des baustoffbezogenen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks bewirken kann. Es gilt alternative Ansatzpunkte zu finden, die zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit des Baustoffs Beton beitragen.

Die Grundlagen der vorliegenden Forschungsarbeit wurden durch ein vorhergehendes Teilprojekt ermittelt und theoretisch nachgewiesen. Dabei konnte das nachhaltige CO<sub>2</sub>-Speicherpotenzial von granuliertem Abbruchbeton über die Umwandlung von Kalziumhydroxid zu Kalziumkarbonat verdeutlicht werden. Zugrunde liegt der allgegenwärtige Prozess der Karbonatisierung des Betons. Diese natürliche Reaktion läuft unter üblichen Umgebungsbedingungen nur sehr langsam ab, wodurch jährlich nur eine sehr geringe Menge an CO<sub>2</sub> durch ein Betonbauteil aufgenommen werden kann. Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass nur die äußeren Bauteilschichten das Gas über ihren Lebenszyklus tatsächlich binden.

Das gegenständliche Vorhaben zielt daher auf eine verfahrenstechnisch begünstigte CO<sub>2</sub> Beaufschlagung von Betonabbruchgranulaten ab, um die Speicherwirkung des Materials optimal nutzen zu können. Bekannt ist, dass verschiedene Umgebungs-, aber auch Materialparameter die Karbonatisierungsgeschwindigkeit maßgeblich beeinflussen können. Im Sinne eines künftig angedachten Recyclingverfahrens soll mit Kohlenstoffdioxid behandeltes Abbruchgranulat direkt in einen Wiederverwendungsprozess eingebunden werden. Es gilt daher eine möglichst effiziente Vorgehensweise zur Materialaufbereitung zu erarbeiten, wobei die praktische Grundlage durch die Erprobung der optimalen Reaktionsbedingungen dargestellt wird.

Zur experimentellen Erfassung der idealen Reaktionsbedingungen des rezyklierten Betongranulats wurde die Entwicklung einer entsprechenden Versuchsanordnung durchgeführt, s. Abb.1. Es handelt sich hierbei um eine gasdichte Prüfkammer, die den CO<sub>2</sub>-Verbrauch durch ein in seiner Zusammensetzung genau definiertes, Prüfgranulat über einen bestimmten Zeithorizont aufzeichnet. Dies geschieht einerseits durch eine Messung der

Gaskonzentration im Inneren und andererseits über die ständige Erfassung des Gasflaschengewichts. Schlussendlich kann ein weiterer Vergleichswert zur Validierung der Ergebnisse über die Bestimmung der Darrgewichte vor und nach der Beprobung generiert werden, um über den entstehenden Massenunterschied und die spezifische Molmasse von CO<sub>2</sub> die aufgenommene Menge zu berechnen. Essentiell ist, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration sowie die Temperatur, Durchströmung und relative Feuchte im Versuchsablauf variiert werden können.

Das aktuell am Häufigsten eingesetzte Bindemittel ist Portlandflugaschzement (CEM II-B) mit einem Produktionsanteil von ca. 83,9%. Hierbei kann der Portlandzementklinker mit bis zu einem Drittel aus Flugasche ersetzt werden, welche als Nebenprodukt, beispielsweise bei der Steinkohleverbrennung, anfällt und damit als klimaneutral gilt. Der Anteil dieses und anderer Zumahlstoffe stellt sich als erschöpft dar, wodurch ein weiterer Klinkerersatz nicht ohne Zusatzmaßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Bilanzverbesserung angedacht werden kann. Der Ersatz von Gesteinskörnungen, die aus primären Rohstoffquellen gewonnen wurden, ist hingegen nur in seltenen Fällen üblich. Hier ergeben sich jedoch durch das Beimengen von rezyklierten Granulaten, bei zusätzlicher CO<sub>2</sub>-Behandlung, weitere Einsparungspotenziale. Abb. 2 zeigt vergleichsweise unterschiedliche Beton- und Bindemittelzusammensetzungen, wobei unter *Variante 3* die 50%ige Substitution von primären Rohstoffen durch karbonatisierten Abbruchbeton berücksichtigt wurde.

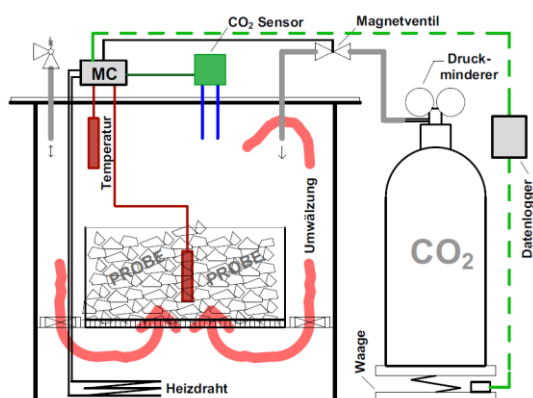


Abb. 1: Schema des Versuchsaufbaus

Zusammensetzung der Betone						
zum Vergleich d. bindemittelbezogenen CO <sub>2</sub> -Bilanz						
Rezeptur:	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	Beton m. reinem Portlandzementklinker	%	Beton m. CEM II-B	%	Variante 2 m. karb. Zuschlägen (50%)	%
Bindemittel	300 kg/m <sup>3</sup>	13	300 kg/m <sup>3</sup>	13	300 kg/m <sup>3</sup>	13
davon: Klinker	300 kg/m <sup>3</sup>	13	195 kg/m <sup>3</sup>	9	195 kg/m <sup>3</sup>	9
davon: Zumahlstoffe	xxx		105 kg/m <sup>3</sup>	4	105 kg/m <sup>3</sup>	4
Gesteinskörnung	1900 kg/m <sup>3</sup>	81	1900 kg/m <sup>3</sup>	81	1911 kg/m <sup>3</sup>	81
davon: nat. Material	1900 kg/m <sup>3</sup>	81	1900 kg/m <sup>3</sup>	81	950 kg/m <sup>3</sup>	40
davon: rezykl. Körnung	xxx		xxx		961 kg/m <sup>3</sup>	41
Anmachwasser	150 kg/m <sup>3</sup>	6	150 kg/m <sup>3</sup>	6	150 kg/m <sup>3</sup>	6
Masse:	2350 kg/m <sup>3</sup>	100	2350 kg/m <sup>3</sup>	100	2361 kg/m <sup>3</sup>	100
freigesetztes CO <sub>2</sub> durch d.:	115 kg/m <sup>3</sup>		75 kg/m <sup>3</sup>		64 kg/m <sup>3</sup>	
	100%		65%		56%	

Abb. 2: Zusammensetzung und Emissionen je m<sup>3</sup> Frischbeton

Zusätzlich zur Aktivierung des CO<sub>2</sub> Speichervermögens ergeben sich ökologische Vorteile durch eine hochwertige Wiederverwendung eines Massenbaustoffs. Weiters soll darauf hingewiesen werden, dass gemäß derzeitiger Definition die CO<sub>2</sub>-Aufnahmefähigkeit des Betons bei der Ökobilanzierung völlig vernachlässigt wird, wodurch keine geeigneten Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Baustoffen gegeben sind. Eine in Kürze erscheinende Überarbeitung der ÖNORM EN 16757 wird lediglich eine Abschätzung der Rekarbonatisierung zulassen.