

Net-Zero Circular Concrete

Neuer Beton aus Abbruch – ohne Klimaemissionen

Net-Zero Circular Concrete entwickelt Prozessketten, die eine emissionsfreie Kreislaufführung von Altbeton aus dem Abbruch von Bauwerken zu Frischbeton ermöglichen. Dazu wird Altbeton gebrochen und in grobe und feine Teile sortiert. Aus dem Feinanteil wird nach Zugabe von Kalkstein und bei moderaten Prozesstemperaturen ein Bindemittel hergestellt. Der Grobanteil nimmt das im Prozess entstehende Kohlenstoffdioxid (CO_2) auf und wird gemeinsam mit dem Bindemittel für die Produktion von neuem Beton genutzt. Der zirkuläre Ansatz schont wichtige Ressourcen, vermeidet Abfälle und Treibhausgasemissionen.

Material- und energieaufwendiges Bauen

Beim Bau von Gebäuden und Infrastrukturen werden riesige Stoffmengen umgesetzt, vor allem Beton und Zement, weil sie kostengünstig und lange haltbar sind. Allein für ein neues Einfamilienhaus werden etwa 100 Kubikmeter Beton verbaut – das entspricht 230 Tonnen Beton bzw. 35 Tonnen Zement.

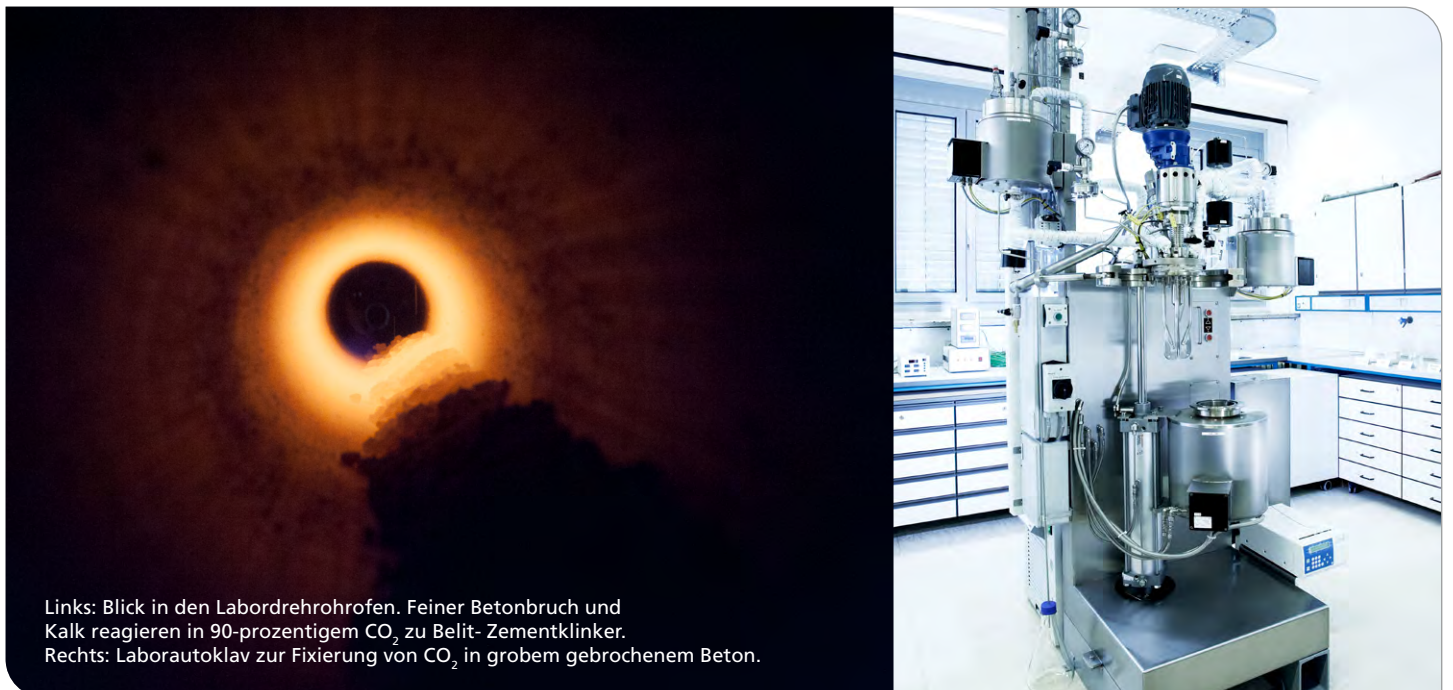
Die Zementherstellung erfordert vor allem Kalkstein, der meist direkt neben einem Zementwerk abgebaut wird. Dazu kommen im Betonwerk feiner Sand, grober Kies und Wasser. Zudem wird Energie aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern oder Abfallstoffen verwendet, um die hohen Prozesstemperaturen zu erreichen.

In Deutschland werden pro Jahr rund 30 Millionen Tonnen Zement hergestellt, was neben dem dargelegten Material- und Energieverbrauch auch zur Freisetzung von über 20 Millionen Tonnen CO_2 führt.

Neuer Kreislauf für Beton

Auf dem Weg zur Wiederverwendung von Altbeton wird dieser mechanisch gebrochen: Die Bruchstücke werden in Feines und Grobes getrennt, der feine Betonbrechsand wird mit Kalkstein vermischt und in einem Drehrohrfurn zu einem neuartigen Zementklinker – einem sogenannten Belit-Zementklinker – verarbeitet.

Die notwendige Prozesstemperatur liegt bei vergleichsweise niedrigen 1000 °C. Diese Temperatur lässt sich auch durch elektrische Heizung erreichen, am besten mit erneuerbaren Energien. Dabei wird, wie bei der normalen Zementherstellung, CO_2 freigesetzt – die CO_2 -Atmosphäre ist sogar günstig für den Reaktionsverlauf. Statt dieses CO_2 zu emittieren, wird es durch eine chemische Reaktion mit dem groben Betonbruch gebunden, sodass eine Karbonatisierung durch Mineralisation stattfindet. Zur technischen Beschleunigung dieses von Natur aus langsamen Vorgangs erfolgt die Reaktion in einem Autoklav.



Links: Blick in den Labordrehrohrfurn. Feiner Betonbruch und Kalk reagieren in 90-prozentigem CO_2 zu Belit-Zementklinker.
Rechts: Laborautoklav zur Fixierung von CO_2 in grobem gebrochenem Beton.

Beton aus RC-Zement und RC-Zuschlag

Neues Bindemittel sowie karbonatisierte Sande und Kiese fließen wieder in den Wirtschaftskreislauf zurück und werden für die Herstellung von neuem Beton genutzt. Dies funktioniert ohne große Umstellungen, wenn nur ein Teil des benötigten Zements aus dem Net-Zero Circular Concrete Prozess stammt.

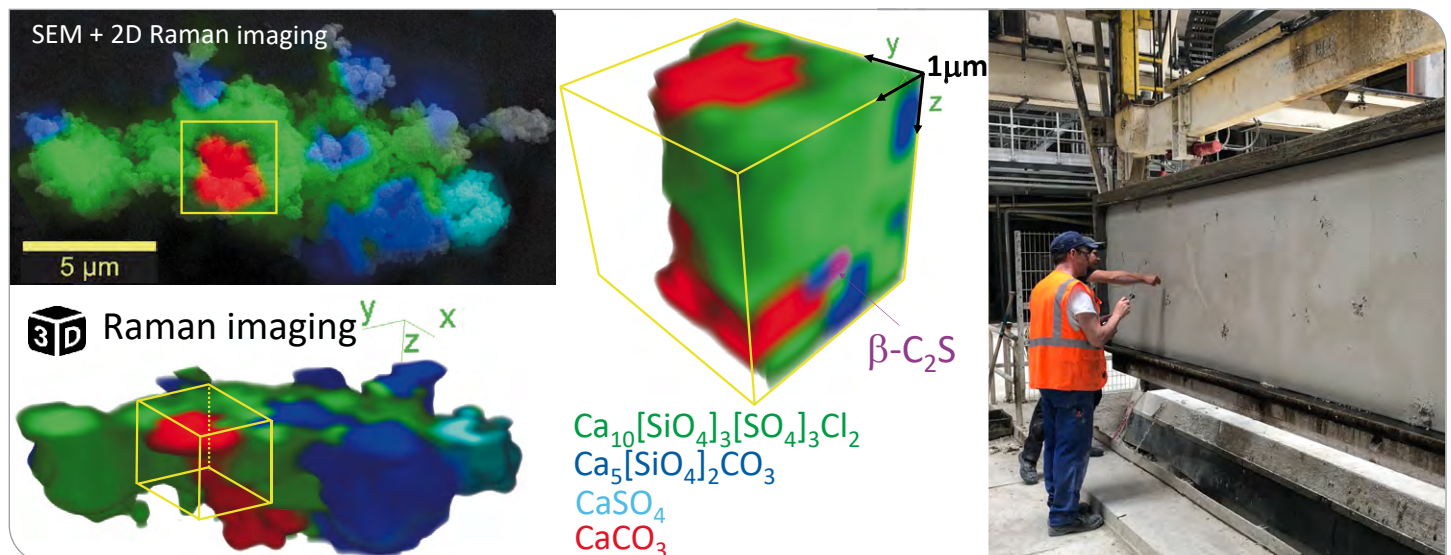
Ökonomische und klimarelevante Aspekte

Die Kosten des Verfahrens sind vor allem durch die zum Erreichen der Prozesstemperatur erforderliche Energie bedingt. Größere Anlagen können die Kosten dank Skaleneffekten senken, was aktuell jedoch noch nicht genügt, um das Kostenniveau der Primärherstellung zu erreichen. Zudem ist Altbeton nur begrenzt verfügbar: Statistisch fragt jeder Deutsche im Jahr zwei bis drei Tonnen frischen Beton nach, während aus dem Abriss von Gebäuden nur ca. eine Tonne Abfallbeton anfällt. Auch wenn das neue Verfahren daher nur einen Teil der jährlich über 20 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen der konventionellen Zementherstellung einsparen kann, trägt es potenziell wesentlich zum Klimaschutz bei.

Upscaling mit der Pilotanlage R-Zement

Die benötigten großen Mengen lassen sich nur auf entsprechend großen und/oder vielen neuen Anlagen herstellen. Bisher wurden mehrere Tonnen Belit-Zementklinker in technisch nicht optimierten Anlagen bei Partnern hergestellt. Der industrielle Einsatz wurde für ausgewählte Anwendungen getestet.

Um das Know-how für ein effizientes Upscaling zu gewinnen, wird am KIT derzeit eine Pilotanlage aufgebaut, in der sich die Zementklinkerherstellung untersuchen und optimieren lässt. In verschiedenen Projekten mit Industriepartnern wird der Einsatz des Recyclingzements in neuen Produkten erprobt. Gleichzeitig werden die zugrundeliegenden chemischen Reaktionen wissenschaftlich untersucht.



Links: Bildung von Belit ($\beta\text{-C}_2\text{S}$) in Zementklinker aus Porenbeton-Feinständen (Flussmittel CaCl_2) bei 800 °C. Rechts: Ersatz von 25 Prozent konventionellem Zement durch Belit-Zementklinker in der Porenbetonherstellung (Demonstrationsversuch XELLA Technologie und Forschungsgesellschaft mbH).

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Technische Chemie (ITC)

Dr. Peter Stemmermann
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon: +49 721 608-24391
E-Mail: peter.stemmermann@kit.edu
www.itc.kit.edu/1624.php



Karlsruher Institut für Technologie (KIT) · Prof. Dr. Oliver Kraft – In Vertretung des Präsidenten des KIT · Kaiserstraße 12 · 76131 Karlsruhe