

Wird Beton die Energiewende überleben?

Forscher des Hochschul-Instituts für Nachhaltige Silikatforschung in Offenburg (NaSiO) entwickeln alternativen Binder mit einer deutlich besseren Ökobilanz

Kein anderer Baustoff hat unsere Zeit so sehr geprägt wie Beton, allerdings ist dieser Werkstoff in den vergangenen Jahren in die Schlagzeilen geraten.

Zum einen verbraucht die Herstellung von Beton große Mengen an Flusssand und Kies und beides steht in Zukunft nicht mehr unbegrenzt zur Verfügung. Der Satz aus der Bibel, so häufig „wie Sand am Meer“, gilt nämlich schon längst nicht mehr. Zwar gibt es weltweit noch genug Sand, aber nur in Sandwüsten. Und Wüstensand ist zur Herstellung von Beton ungeeignet. Moderner Beton wird viel mehr aus Portland-Zement als Bindemittel in Verbindung mit Wasser sowie Flusssand und Kies hergestellt. Die Zementbestandteile kristallisieren unter Wasseraufnahme zu langen Nadeln aus und verfilzen miteinander.

Und das führt auch schon zum anderen, noch größeren Problem: der schlechten Ökobilanz von Beton. Pro Tonne benötigten Zements werden nämlich etwa 0,8 Tonnen CO₂ freigesetzt. Wegen der gewaltigen Zementmengen, die weltweit verbraucht werden (2016 etwa vier Milliarden Tonnen), ist die Zementindustrie für fünf bis acht Prozent der anthropogenen Kohlendioxidemissionen verantwortlich. Der gesamte Flugverkehr im Jahr 2018 führte zu CO₂-Emissionen von etwa 700 Millionen Tonnen. Die Emissionen der Zementindustrie lagen im gleichen Zeitraum deutlich über zwei Milliarden Tonnen CO₂. Die steigende Besteuerung von CO₂ wird Zement zudem künftig stark verteuern.

Vor diesem Hintergrund ergibt sich fast zwangsläufig die Notwendigkeit, sich mit neuen, CO₂-reduzierten Bindemitteln auseinanderzusetzen. Forscher weltweit suchen bereits seit 113 Jahren danach. 1908 veröffentlichte der Karlsruher Hans Kühl ein Patent, in dem er beschrieb, wie man aus Hochofenschlacke und Laugen eine betonähnliche Masse herstellen kann. Dabei bildet der Abfallstoff Hochofenschlacke mit Laugen intermediär „Wasserglas“ (Natrium- und Kaliumsilikate) und Aluminiumtetraeder. Diese reagieren dann zu polymeren Strukturen ab, also zu hochmolekularen chemischen Verbindungen (Makromolekülen) aus

wiederholten Einheiten (Monomeren). Unzählige Publikationen und mindestens ein halbes Duzend Lehrbücher wurden seither dazu veröffentlicht. Immer wurde dem Vorbild von Hans Kühl nachgeeifert und versucht, so einen möglichst preiswerten Baustoff zu entwickeln. Da Beton billig ist, dachten die Forscher stets, dass nur Abfall als Ausgangsmaterial für einen konkurrierenden Baustoff in Frage käme. Nur so meinten sie, den Preis von Beton unterbieten zu können. Das Ergebnis war allerdings immer nur ein Zementersatz, der erst über Wochen härtete und zu dessen Verfestigung hohe Temperaturen von mehr als 65 Grad Celsius nötig waren. Damit konnten zwar Fertigbauteile gegossen werden, ein Gießen ganzer Gebäudestrukturen war aber nicht möglich.

Atombindungen statt verfilzte Kristallnadeln

Das Hochschul-Institut für Nachhaltige Silikatforschung in Offenburg (NaSiO) wurde 2015 gegründet, um neuartige Geopolymere und damit zukunftstaugliche Binder zu entwickeln. Der Preis spielte primär keine Rolle. Es sollte ein alternativer Baustoff mit betonähnlichen Eigenschaften entstehen, der bei Raumtemperatur abbindet, innerhalb von wenigen Stunden eine hohe Fest-

igkeit erreicht und hitzebeständiger als Beton ist, um ihn auch im Brandschutz einsetzen zu können.

Die Forscher des Instituts NaSiO verfolgten von Anfang an den Ansatz, Silizium- und Aluminiumtetraeder kovalent miteinander zu verbinden, damit der entstehende Binder seine Festigkeit aus Atombindungen und nicht aus verfilzten Kristallnadeln bezieht. Diese Reaktion führt zu den sogenannten Geopolymeren. Naheliegender war es, die Geopolymerreaktion mit reaktionsbereiten Bestandteilen durchzuführen, ohne diese in einer Vorreaktion erst noch herstellen zu müssen. Pate standen dabei die vielen bekannten organischen Polymere, die aus reaktionsbereiten Monomeren heraus reagieren. Der Vorteil dabei liegt zum einen in einer höheren Reaktionsgeschwindigkeit. Und weil mit Ausgangsstoffen definierter Chemie gearbeitet wird, lassen sich zum anderen sinnvolle Mischungen einfach berechnen und die Forscher sind nicht auf zeitaufwändige Versuche mit Materialien wechselnder chemischer Zusammensetzung angewiesen.

Wasserlösliche Siliziumtetraeder sind als Natrium- und Kaliumsilikat unter dem Namen „Wasserglas“ weltweit verfügbar und werden vermehrt



Das Bild zeigt Werkstücke, die mit dem neuen NaSiO-Binder gegossen wurden

zur Produktion von Geopolymeren eingesetzt. Das Akronym NaSiO ist dabei Programm und steht für die chemische Formel von Natron-Wasserglas. Diese lautet Na₂SiO₂s+1, wobei s das Molverhältnis von Siliziumdioxid (SiO₂) zu Natriumoxid (Na₂O) beschreibt. Damit war zur Institutsgründung die halbe Lösung des Problems vorgegeben.

» Der neue Binder hätte eine Ökobilanz, bei der mehr als 70 Prozent weniger CO₂ ausgestoßen würde, als bei der Produktion der gleichen Menge Zement und damit Beton.

PROF. DR. BERND SPANGENBERG

In den vergangenen Jahren hat sich die NaSiO-Forschung daher nun mit dem anderen Teil des Problems, der Frage, welche Substanz die benötigten Aluminiumtetraeder liefern könnte, beschäftigt. Es zeigte sich, dass nur negativ geladene Aluminiumtetraeder in polymerer Form geeignet sind, mit Wasserglas zu Geopolymeren abzureagieren. Dazu wird im Gestein vorhandenes sechswertiges Aluminium [Al(VI)] intermediär in vierwertiges, negativ geladenes Aluminium [Al(IV)-] umgewandelt. Die negativ geladenen Aluminiumtetraeder reagieren nun bei Raumtemperatur sehr schnell mit Siliziumtetraedern zu einem anorganischen Polymer und können so als alternativer Binder verwendet werden. Beide Bestandteile, Wasserglas und polymere [Al(IV)-]Tetraeder, können nun mit Zuschlagstoffen gemischt werden und bilden innerhalb von ein bis vier Stunden betonähnliche

Strukturen, deren Druckfestigkeiten sich zwischen 20 und 180 Megapascal einstellen lassen. Überraschende Eigenschaften zeigen diese anorganischen Polymere in Verbindung mit Holzfasern.

Und auch die Ökobilanz des neuen Binders überzeugt. Natron-Wasserglas wird aus Sand und Soda beziehungsweise Natriumhydroxid gewonnen. Die dazu benötigte elektrische Energie wird heute zwar noch überwiegend aus Kohle hergestellt, könnte aber auch solar erzeugt werden. „Der neue Binder hätte dann eine Ökobilanz, bei der mehr als 70 Prozent weniger CO₂ ausgestoßen würde als bei der Produktion der gleichen Menge Zement und damit Beton“, sagt Prof. Dr. Bernd Spangenberg. Doch natürlich würde ein mit diesem Binder hergestellter Betonsatz am Markt scheitern, wenn der Preis nicht stimmt. Allerdings ist es zu kurz

gedacht, nur den Preis des Binders im Beton zu minimieren. Schließlich macht Zement im Beton nur etwa ein Drittel der Masse aus. Heutiger Beton ist deshalb so billig, weil Zement überall auf der Welt produziert wird und genau wie Sand und Kies nicht weit transportiert werden muss. Doch mit der Knappheit von Sand und Kies ändert sich etwas Grundlegendes, denn schon jetzt lassen sich die Kosten für Sand und Kies nicht mehr vernachlässigen. Der neue Binder hingegen kann mit den Stoffen genutzt werden, die vor Ort verfügbar sind. Ein Fünftel Binder bindet zum Beispiel vier Fünftel Zuschläge wie Wüstensand, Steinabfälle, Feinstäube, Hütten- oder Formsände, ausgebagerte Hafensedimente, Beton- oder Ziegelgranulat oder verwitterten Sandstein.

Ob der klassische Beton die Energiewende überleben wird, ist also offen. Dem NaSiO-Binder geben die Forscher derweil gute Chancen, sich am Markt durchsetzen zu können.

Prof. Dr. Bernd Spangenberg,

Leiter des Instituts für Nachhaltige Silikatforschung in Offenburg (NaSiO)



Mehr als nur Software: Ihr neuer Job in einem innovativen Umfeld!

Sie möchten Spuren setzen statt ausgetretenen Pfaden zu folgen?

Dann ergreifen Sie die Möglichkeit, in diesem innovativen Umfeld entscheidende Akzente zu setzen!

Die iqs Software GmbH zählt zu den führenden Anbietern von IT-Lösungen für die Fertigungsindustrie. Seit 25 Jahren begeistern und betreuen wir weltweit über 400 Kunden bei der Digitalisierung ihrer Qualitätsprozesse. Machen auch Sie innovative Ideen und zukunftsweisende Technologien in Qualitätssicherung und -management zu Ihrer Leidenschaft und wachsen Sie mit uns!

Informieren Sie sich über Einstiegschancen in den Bereichen Softwareentwicklung, Projektmanagement und Technischer Vertrieb.



Einscannen und Akzente setzen!
www.iqs.de/karriere

iqs Software GmbH · Erlenstraße 13c · 77815 Bühl (Baden)

www.iqs.de

bewerbung@iqs.de

iqs
CAQ mit System