

forschung im fokus

Ausgabe Nr. 22 / 2019



Assistenztechnologien & Emotionen: scheinbar Gegensätzliches



Aerodynamische Optimierung eines Leichtbaufahrzeugs

NaSiO – INSTITUT FÜR NACHHALTIGE SILIKATFORSCHUNG OFFENBURG

„Das Institut NaSiO setzt sich zum Ziel, Silikatwerkstoffe als Baumaterialien aus Wüstensand mit neuen Eigenschaften, die kompatibel mit einer nachhaltigen Energietechnik sind, zu entwickeln.“

Am einfachsten beschreibt man Silikatwerkstoffe als polymeren Sand. Der Schlüssel zur vermehrten industriellen Nutzung von (Wüsten-)Sand ist die Geopolymerstruktur. Diese wird aus Wasserglas gebildet, das schon heute kostengünstig aus Sand, Soda und Sonnenenergie (S³-Ansatz) hergestellt werden kann.

Der Schwerpunkt der Institutsarbeit liegt auf der Erforschung der chemischen Bindungen, die eine Geopolymerstruktur ausmachen. Hierzu werden als analytische Messmethoden die IR-Spektroskopie sowie in Zusammenarbeit mit mehreren universitären Instituten ²⁷Al-MAS NMR-, ²⁹Si-MAS NMR- und ³¹P-NMR-spektroskopische Messungen an Festkörpern eingesetzt. Auch wird an der

verfahrenstechnischen Optimierung aller Prozesse geforscht, die der Bildung geopolymerer Strukturen zugrunde liegen.

Konkret wird an der Herstellung neuartiger anorganischer Dämmstoffe mit einer Dichte von unter 0,09 g/cm³, an der Entwicklung von Dämmstoffen im Bereich bis 1.100 °C, an der Entwicklung eines Ziegelersatzes aus Wüstensand oder Betonabfällen sowie an der Verkieselung von Holz gearbeitet. Bei allen Forschungs- und Entwicklungsthemen stehen Ressourcenschonung, Umweltverträglichkeit und Langlebigkeit der Produkte im Mittelpunkt.

Institutsleitung

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg



Steine aus Beton- und Ziegelabfall

Kai-Uwe Schoppe, Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg

Wasserglas (Natriumsilikat) in Kombination mit Harnstoff ist als neuartiges Bindersystem geeignet, um aus Beton- und Ziegelabfällen neue Steine herzustellen. Am Institut für nachhaltige Silikatforschung in Offenburg (Institut NaSiO) werden die Eigenschaften dieses neuen Binders am Beispiel von Beton- und Ziegelabfällen untersucht. Der Vorteil des neuen Binders liegt in der niedrigen Härtetemperatur von 130 °C, die im Vergleich zur Herstellung von Zement oder Ziegel enorme CO₂-Einsparungen ermöglicht.

Water glass (sodium silicate) in combination with urea is suitable to act as a novel binder system to produce stones from concrete and brick waste. At the Institute for Sustainable Silicate Research in Offenburg (Institute NaSiO), the properties of this new binder will be examined using the example of concrete and brick waste. The advantage of the new binder is its low hardening temperature of 130 °C, which enables enormous CO₂ savings compared to the production of cement or bricks.



Problemstellung

Das Aufkommen an Bau- und Abbruchabfällen in Baden-Württemberg summiert sich auf rund 35 Millionen Tonnen (t) jährlich. Damit machen diese aus Bauschutt, Straßenaufbruch und anderen Bauabfällen bestehenden Bau-massenabfälle fast vier Fünftel des gesamten

im Land zu entsorgenden Abfallaufkommens aus [1]. Abb. 1 zeigt einen Teil der Abbruchabfälle, die beim Abriss der Offenburger Kronen-Brauerei in der Oststadt entstanden sind – fachgerecht getrennt nach Beton (links) und Ziegelabfall (rechts).

Abb. 1:
Gesiebter Betonabfall (li) und gesiebter Ziegelabfall (re), der beim Abriss der Kronen-Brauerei in Offenburg anfiel

Das Recycling von aufbereitetem Festbeton, der als Betonabbruch beim Abriss von Bauwerken anfällt, ist in Deutschland gängige Praxis. Auch die beim Abbruch von Ziegelbauwerken entstehenden Abfälle werden in der Regel recycelt. So aufbereitete Materialien werden Ersatzbaustoffe genannt. Sie ersetzen einen Teil der Primärrohstoffe wie Kies, Sand und Splitt und liefern so einen wichtigen Beitrag zur Ressourcenschonung. Insbesondere die Substitution von Sand wäre wichtig, da Bau-sand als knapper Rohstoff in Zukunft vermehrt zu ersetzen ist [2–4]. Ersatzbaustoffe werden allerdings oft nur zu Verfüllungen eingesetzt, obwohl zerkleinerter und gesiebter Beton bzw. Ziegelbruch auch dem Frischbeton direkt zugemischt werden könnte. Nur in diesem Fall wird aus Beton wieder Beton, und nur hier wäre der Recyclingkreislauf wirklich geschlossen.

Wir möchten ein neues Verfahren vorstellen, bei dem es ohne den Einsatz von Beton gelingt, Steine aus Ziegel- oder Betonabfällen mit Wasserglas als Binder herzustellen.

Der Binder

Farblose wässrige Lösungen aus Natrium-, Kalium- und Lithiumsilikat nennt man Wassergläser. Die Chemikalie Natriumsilikat wurde erstmals 1818 durch den Chemiker und Mineralogen Johann Nepomuk von Fuchs in Landshut hergestellt. Fuchs gab der neuen Verbindung ihren heute noch gebräuchlichen Namen.

Am Institut NaSiO (Institut für Nachhaltige Silikatforschung in Offenburg) wird Wasserglas benutzt, um Steine herzustellen. Das Akronym NaSiO ist dabei Name und Programm. Die chemische Formel für Wasserglas lautet $\text{Na}_2\text{Si}_s\text{O}_{2s+1}$. Hier steht s für den Modulwert eines Wasserglases. Dieser Wert beschreibt das molare Verhältnis von Siliziumdioxid (SiO_2) zu Natriumoxid (Na_2O) bzw. von Siliziumdioxid zu Kalium- oder Lithiumoxid. Wassergläser zeigen Modulwerte zwischen 1,5 und 5, je nach ihrem Gehalt an Siliziumdioxid. Je höher der Modulwert ist, umso viskoser ist das Wasserglas und umso mehr Siliziumdioxid enthält es. Werden die Alkali-Kationen des Wasserglases von den negativ geladenen SiO -Gruppen chemisch entfernt, beginnt sich Kieselsäure zu bilden. Die ausfallende Kieselsäure liegt zunächst in amorpher Form vor, bevor sie irreversibel in ihren kristallinen Zustand übergeht. Irreversibel heißt, dass durch Zugabe von Wasser zur Kieselsäure kein Wasserglas neu entsteht. Die Steine sind stabil.

Die Herstellung von Steinen aus Ersatzbaustoffen und Wasserglas

Wasserglas ermöglicht die Bildung polymerer Strukturen aus wässriger Lösung oder Suspension in einem Temperaturbereich zwischen 10 und 200 °C. Dem Vorgang liegt die Rückreaktion der Wasserglasbildung aus Sand zugrunde. Wasserglas wird heute fast ausschließlich durch Kohlendioxid verfestigt. Damit gelingt allerdings nur eine Härtung an der Oberfläche. Den Forschern am Institut NaSiO gelang es jedoch, Wasserglas mit Harnstoff (dem Diamid der Kohlensäure) bei 130 °C zu härten. Harnstoff zeigt einen entscheidenden Vorteil gegenüber Kohlendioxid, denn Wasserglas und Harnstoff können vor dem Härtevorgang problemlos gemischt werden, ohne dass sie reagieren. Auch die Zugabe von zerkleinerten Ersatzbaustoffen ändert daran nichts. Wird die gut durchgemischte Suspension auf etwa 130 °C erwärmt, setzt eine Verkieselung der Mischung ein, die nach 24 h abgeschlossen ist [5].

Die wässrige Mischung aus Wasserglas, Harnstoff und fein gemahlene Ersatzbaustoffen wie Ziegel- oder Betonbruch verliert während des Härtens Wasser und bildet Steine mit einer Dichte um 2 g/cm³. Zur genauen Untersuchung werden Steine in der Form 4 x 4 x 16 cm hergestellt. Als Formmaterial dient dabei ein Kunststoff, der auch bei 130 °C noch seine Festigkeit behält. Abb. 2 zeigt zwei gegossene Steine der angegebenen Größe. Der linke graue Stein wurde aus Betonabfall, der rechte rote Stein aus



Abb. 2:
Teststeine der Größe 4 x 4 x 16 cm Betonabfall (li), Ziegelabfall (re)

Referenzen/References:

- [1] H. Büringer, Recycling von Bau- und Abbruchabfällen: Ein Beitrag zur Ressourcenschonung. Statistisches Monatsheft BW 8/2014, 30-33
- [2] Chem. Unserer Zeit, 2016, 50, 162–171
- [3] L. Höflinger, Der Spiegel 2014, 40, 106–109
- [4] Aus Sand: Ein Rohstoff wird knapp, Le Monde diplomatique (Deutsche Ausgabe) vom 12.9.2014; <http://www.monde-diplomatique.de/pm/2014/09/12/a0010.text>
- [5] Bernd Spangenberg, Wolfgang Hemmer, Sidon Futterknecht, Poröse monolithische oder faserförmige Produkte aus anorganischen Polymeren und deren Herstellung, WO 2016026923 A1

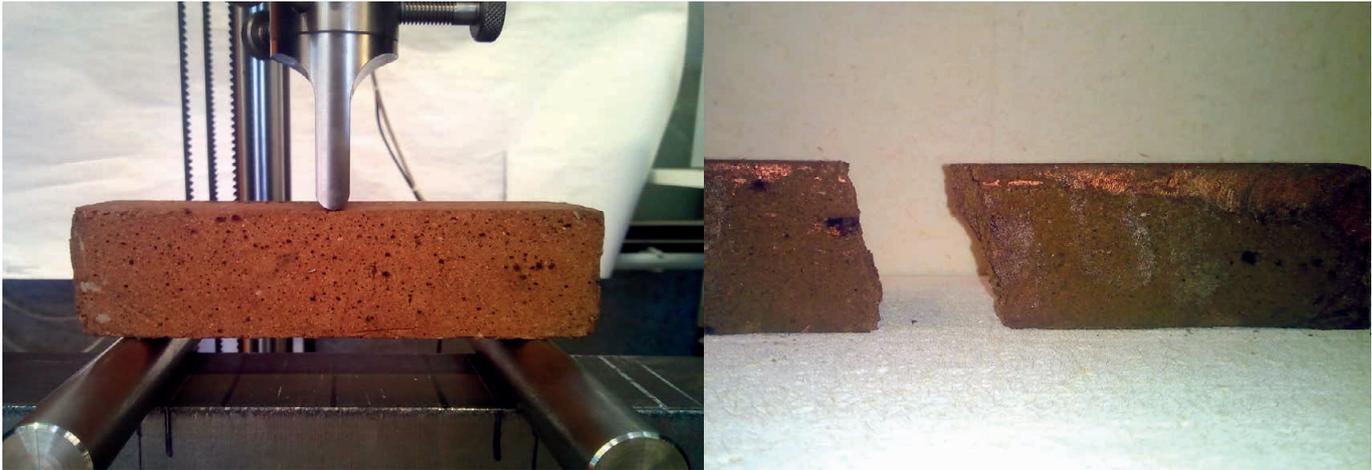


Abb. 3: Aufliegender Ziegel-Versuchsstein der Größe 4 x 4 x 16 cm (li), und Stein nach dem Bruch (re)

Ziegelabfall hergestellt.

Die so hergestellten Steine werden in einer Druck-Prüfmaschine (Zwick und Roell Z250) auf zwei Metallstäbe aufgelegt und mittig belastet (Abb. 3). Die Kraft beim Bruch wird registriert und kann in die maximal erreichbare Biegezugfestigkeit umgerechnet werden.

Viele derartige Versuche zeigen, dass eine Reaktionstemperatur um 130 °C zu einer optimalen Festigkeit der Wasserglassteine führt. Bei niedrigeren Temperaturen ist die Reaktion verlangsamt, bei höheren Temperaturen entweicht das für die Reaktion benötigte Wasser zu schnell aus der Reaktionsmischung (Abb. 4). Die nach 24 h „Backzeit“ erreichten Druckfestigkeiten der Steine liegen um 5 N/mm² und sind damit eher mäßig. Sie entsprechen einer Steindruckfestigkeitsklasse von 12. Dies ist wohl nicht auf den neuen Binder zurückzuführen, sondern eher auf die schlechten Eigenschaften der Ziegel- und Betonabfälle. Die Biegezugwerte der Recyclingsteine sind sehr gut und liegen bei etwa 2 N/mm².

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass mit den neuen Wasserglas-Bindersystemen auch Bauabfälle wie Ziegel- oder Betonbruch in feste Steine umgewandelt werden können. Die so hergestellten Steine zeigen eine Biegezugfestigkeit von 2 N/mm² und eine Druckfestigkeit von 5 N/mm². Der Vorteil der vorgestellten Methode zur Recycling von Bauabfällen liegt in der niedrigen „Brenntemperatur“ von 130 °C, die gegenüber der Herstellung von Betonsteinen oder dem Brennen von Ziegeln ein enormes CO₂-Einsparpotenzial bietet.

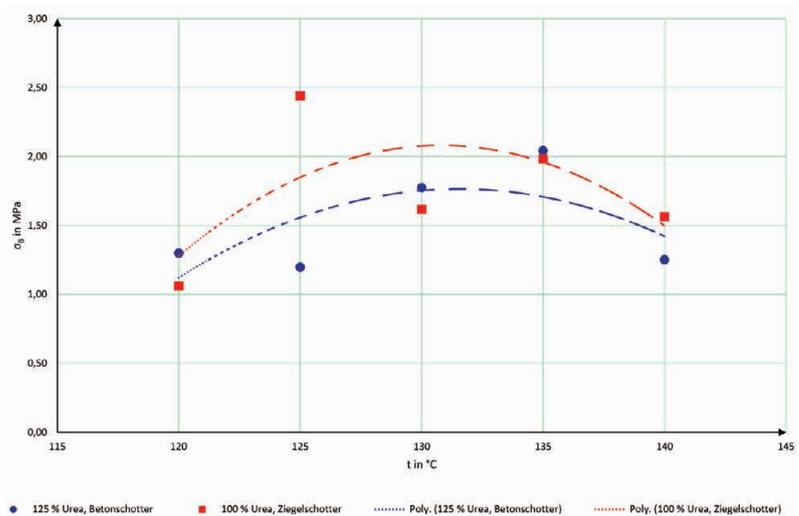


Abb. 4: Vergleich der Biegezugfestigkeiten von Ziegelsplitt und Betonsplitt. Ein Optimum zeigen Steine, die bei 130 °C gehärtet wurden.

AUTOREN



Kai-Uwe Schoppe
Student im Studiengang Verfahrenstechnik
k.schoppe@stud.hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg
Forschungsgruppe Nachhaltige Silikatforschung, Lehrgebiete Chemie, chemische Analytik, Abfall und Recyclingtechnik, Bionik
spangenberg@hs-offenburg.de