

# Entwicklung eines extrudierfähigen Materials auf Basis eines kaltaushärtenden alumosilicatischen Bindersystems zur Nachbildung von Natursteinen – Projekt 3D-Geo

*A. Tatal, St. Partschefeld, A. Osburg*

Die grundlegende Idee des Forschungs-Vorhabens besteht darin, kaltaushärtende alumosilicatische Werkstoffe mittels 3D-Extrusion herzustellen, die ohne eine thermische Nachbehandlung, die für die Anwendung in der Denkmalpflege notwendigen Eigenschaften aufzeigen. Die Verfestigung soll durch Geopolymere erfolgen, die in einer Reaktion von Metakaolin mit Wasserglas entstehen. Durch die Entwicklung von Sandstein-ähnlichen Materialien im 3D-Extrusionsdruck können witterungsstabilere Werksteine in entsprechender Form und Größe erzeugt werden, wodurch die Haltbarkeitsdauer erhöht und dementsprechend die Kosten für eine erneute Sanierung und/oder Rekonstruktion gesenkt werden können.

Referenzmaterial aus natürlichem Vorkommen:  
Bebertaler Sandstein

- kieselig/carbonatisch/tonig/ferritisch gebunden
- mittlere bis feine Körnung mit 0,15 – 0,7 mm Größtkorn
- Verwendung vor allem als Werkstein
- geringe Witterungsbeständigkeit

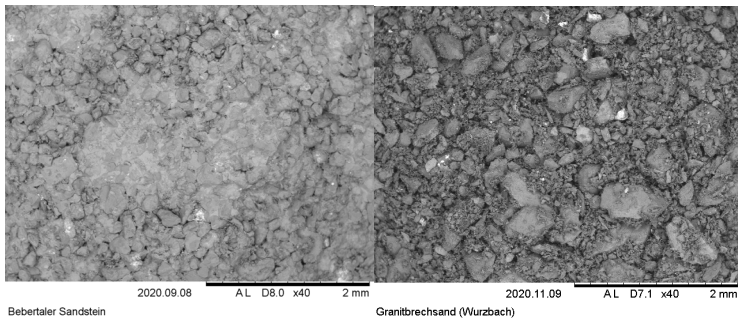


Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen (x40) des Bebertaler Sandsteins (links) und des Granitbrechsandes (rechts), welcher zur Nachstellung des Sandsteines ausgewählt wurde

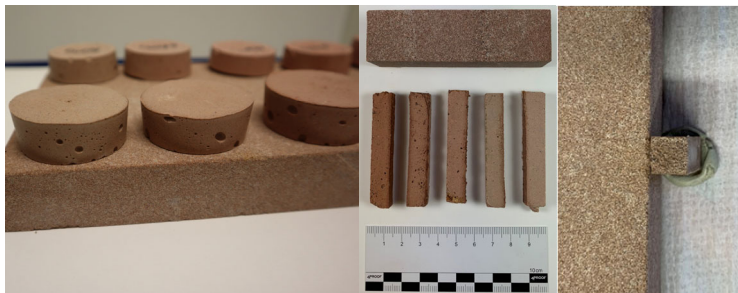


Abb. 2: Proben mit unterschiedlichen Gehalten an rotem Eisenoxid-Pigment auf bzw. neben Bebertaler Sandstein (links, mitte) und gebrochene Probe neben Bebertaler Sandstein (rechts)

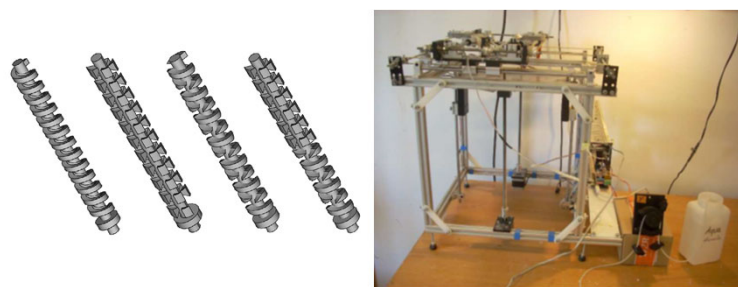


Abb. 3: Extruderschnecken mit unterschiedlicher Geometrie (links) und Prototyp eines 3D-Druckers für Extrusionsversuche (rechts) der WZR ceramics solutions GmbH

## 1. Auswahl der Werkstoff-Komponenten

Durch Auswahl eines Metakaolins mit sehr hoher spezifischer Oberfläche, eines Granitbrechsandes mit einer Körnung < 0,5 mm und durch Anpassung des  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnisses der Aktivatorlösung konnte ein extrudierbarer Werkstoff hergestellt werden, der dem vom Bebertaler Sandstein abgeleiteten Anforderungsprofil entspricht. Das Material zeichnet sich zudem durch eine hohe Strukturviskosität aus, welche Aufbringen weiterer Lagen bei der Extrusion erlaubt.

## 2. Anpassung des Farbtons

Der Bebertaler Sandstein besteht aus einer rötlichen Matrix mit versprenkelter weißer bis hellgrauer Körnung. Der verwendete Metakaolin liegt als weißes Pulver vor, der Granitbrechsand hat eine hell- bis dunkelgraue Färbung. Die Farbanpassung der Bindemittelmatrix wurde durch Zugabe von Eisenoxid-Pigment ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) realisiert. Insgesamt wurden sieben Pigmente untersucht. Das ausgewählte Pigment bewirkt bereits < 0,1 M.-% die gewünschte Färbung

## 3. Extruder-Entwicklung (WZR ceramics solutions GmbH)

Die Entwicklung des Extruders erfolgte zunächst an einem Testaufbau an dem der Einfluss der Geometrie des Aufgabetrichters und der Extruderschnecke untersucht wurden. Die Extruderschnecke muss das pulvrige Material fördern, ausreichend mit der Aktivatorlösung vermischen und anschließend durch eine Düse extrudieren können. Dazu wurde die Extruderschnecke in mehrere Bereiche mit unterschiedlicher, an die jeweilige Aufgabe angepasster, Geometrie unterteilt. Drucker-Bauraum: 0,5 x 0,5 x 0,9 m<sup>3</sup>

## Kontakt



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andrea Osburg  
Bauhaus-Universität Weimar  
Professur Bauchemie und Polymere Werkstoffe  
Fakultät Bauingenieurwesen  
F. A. Finger-Institut für Baustoffkunde  
Coudraystraße 11 A  
99423 Weimar  
E-Mail: stephan.partschefeld@uni-weimar.de

## Kooperation

OPUS  
Opus Denkmalpflege GmbH



WZR ceramics solutions GmbH

## Förderung



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages