

„Beton aus modifizierten Holzspänen“

Andre Klatt und Harald Garrecht

Normalbeton lässt sich vereinfacht als 2-Komponenten-Werkstoff aus Gesteinskörnung und Zementstein beschreiben. In Verbindung mit Bewehrungsstahl findet Normalbeton als Baustoff zumeist Anwendung als tragendes Element in unterschiedlichsten Bereichen des Bauwesens. Für Bauteile, die hinsichtlich ihres Gewichts oder ihrer dämmenden Eigenschaften zu optimieren sind, kann es sinnvoll sein, die verhältnismäßig schwere Komponente Gesteinskörnung durch ein leichteres Material zu substituieren. Bei dem sogenannten konstruktiven Leichtbeton wird dazu eine leichte Gesteinskörnung wie Blähton oder Blähschiefer statt der deutlich schweren Gesteinskörnung verwendet.



Abbildung 1: Gesteinskörnungen und Zuschläge für Beton (v.l.n.r.: Rheinkies, Blähton, Holzspäne)

Anstelle von leichter Gesteinskörnung lassen sich auch nachwachsende Rohstoffe wie beispielsweise Holz einsetzen. Derartige Verbundwerkstoffe werden *Holzbeton* oder *Holzleichtbeton* bezeichnet. In der Vergangenheit gab es zahlreiche Versuche die beiden Komponenten Holz und Zementstein miteinander zu kombinieren. Jedoch treten bei derartigen Kombinationen regelmäßig folgende Probleme auf:

- Die gestreckte Geometrie der Holzspäne weicht grundsätzlich von der runden Partikelform normaler und leichter Gesteinskörnung ab und erschwert die Verarbeitbarkeit des Materials (vgl. Abbildung 1).
- Holz weist zahlreiche lösliche Bestandteile wie Zucker, Stärke und Phenole auf, welche die hydraulische Reaktion des Zements verzögern oder sogar unterbinden.

Um diese Probleme zu vermeiden, wurde am Fachbereich Werkstoffe im Bauwesen der TU Darmstadt ein kombinierter Ansatz gewählt, bei dem die Holzspäne zunächst in eine würfelige Form gebracht werden, die der rundlichen normalen Gesteinskörnung möglichst nahe kommt (vgl. Abbildung 2). Anschließend fand ein speziell entwickeltes Mischverfahren Anwendung, bei dem eine mineralische Ummantelung in definierter Dicke um die einzelnen Holzpartikel appliziert wurde. Die auf diese Weise generierten mineralisch ummantelten Holzspäne sind in Abbildung 2 zu erkennen.

Während das Material nach der Modifikation äußerlich betrachtet wie mineralischer Stoff wirkt, befindet sich unter der geschlossenen Ummantelung das organische Material mit seinen entsprechenden vorteilhaften Eigenschaften. In Abbildung 3 wird dieser



Abbildung 2: Würfelförmige Holzspäne (links: unbehandeltes Material; rechts: mineralisch ummantelte Holzspäne)

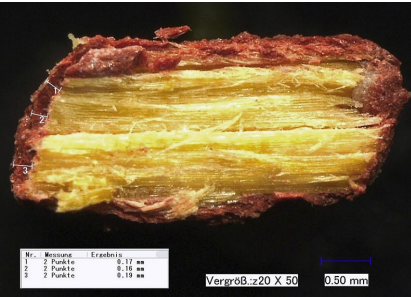


Abbildung 3: Bruchfläche eines mineralisch ummantelten Holzspans



Abbildung 4: Ausbreitmaß von Beton mit länglichen Spanen (links) und würfelförmigen Spanen (rechts)

Sachverhalt anhand der Bruchfläche eines mineralisch ummantelten Spans verdeutlicht.

Um feststellen zu können, ob die Verarbeitungs- und Kompatibilitätsprobleme durch den entwickelten Forschungsansatz vermindert oder gar umgangen werden können, wurden verschiedene Untersuchungen an den Spänen sowie an Beton aus modifizierten Holzspänen

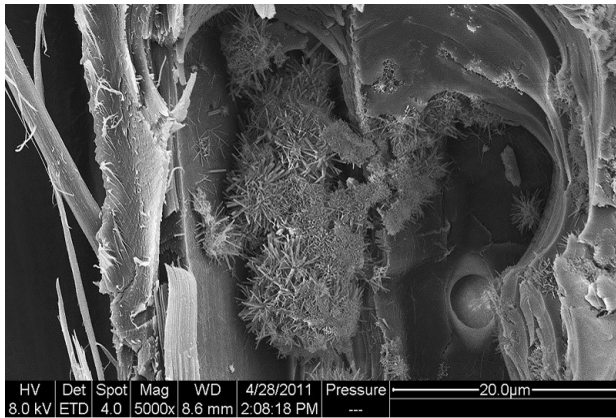
durchgeführt. Hinsichtlich der Verarbeitbarkeit zeigte sich eine deutliche Verbesserung durch die optimierte Spanform. Das Ausbreitmaß des Frischbetons bzw. Mörtels, ein gängiges Kriterium zur Beurteilung der Konsistenz, ist im Fall einer Verwendung von würfelförmigen Spänen deutlich größer als bei einem Einsatz länglicher Späne (vgl. Abbildung 4). Mit der festgestellten guten Misch- und Verarbeitbarkeit ist eine wichtige Grundvoraussetzung für einen Einsatz des Materials in Beton erfüllt.

Zur Beurteilung der Kompatibilität zwischen den modifizierten Spänen und Zement wurden unbehandelte und modifizierte Späne mineralogisch und chemisch analysiert. Zunächst ließ sich in elektronenmikroskopischen und röntgenspektroskopischen Untersuchungen feststellen, dass die mineralische Ummantelung nicht nur einen mechanischen Schutz des Holzkerns sicherstellt, sondern durch den Prozess der Ummantelung zusätzlich erhebliche Gehalte verschiedener

Mineralphasen von dem Zementleim in das Holzgefüge transportiert und dort aktiviert werden. Während in unbehandelten Holzspänen nur die Elemente Sauerstoff (O) und Kohlenstoff (C) nachgewiesen werden konnten, bestand die mineralogische Zusammensetzung des Holzes bei modifizierten Spänen zusätzlich aus Magnesium (Mg), Aluminium (Al), Kalium (K) und Calcium (Ca).

Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Bruchflächen mineralisch ummantelter Holzspäne bestätigen die Ergebnisse der mineralogischen Untersuchungen. Abbildung 5 ermöglicht einen Blick auf zwei parallel angeordnete Zellen des Holzes. Es ist zu erkennen, dass Zementpartikel in die Holzzellen transportiert wurden und sich dort Kristallphasen infolge der Hydratation ausbilden konnten. Etwa mittig in der linken Holzzelle sind prismatisch leistenförmige Kristalle mit einer Länge von etwa 3 µm zu erkennen, bei denen es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um Ettringit handelt. In Richtung des Übergangs zur rechten Zelle verändert sich die leistenförmige Kristallstruktur hin zu

einem spitznadeligen gelartigen Belag mit einer Faserlänge unter 1 µm. Aufgrund der Morphologie handelt es sich dabei um Calciumsilicathydratphasen.



Entsprechend des Eintrags von Zementteilchen in das Holz ist davon auszugehen, dass auch strukturelle Veränderungen der Zellwände selbst stattgefunden haben. Diese wirken sich ergänzend zu der mechanischen Schutzfunktion der Ummantelung positiv auf die Beständigkeit und die physikalischen Eigenschaften des Holzes aus.

Eine wichtige Anforderung der mineralischen Ummantelung ist die Neutralisierung und Abschirmung der löslichen Holzbestandteile. Um feststellen zu können, wie effektiv die Ummantelung das organische Material schützt und damit eine Kompatibilität zum Zement ermöglicht, wurden die unbehandelten und modifizierten Späne

Abbildung 5: SEM-Aufnahme des Holzkerne eines mineralisch ummantelten Holzspans

in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung extrahiert und anschließend die Eigenschaften der Extraktionslösungen untereinander verglichen. Ergänzend fanden quantitative und qualitative Auswertungen der gelösten Feststoffe in der Extraktionslösung statt.

Die Analyse ergab einen um den Faktor 25 höheren Gehalt an monomeren Zuckern in der Lösung der unbehandelten Späne im Vergleich zu der Lösung mineralisch ummantelter Holzspäne. Monomere Zucker, sowie ihre Abbauprodukte im alkalischen Milieu des Zementleims sind dafür bekannt, dass sie die Reaktionsprozesse des Zements nachhaltig stören. Ferner zeigten sich bei der Lösung der unbehandelten Späne ein deutlich reduzierter pH-Wert und eine signifikant verminderte elektrische Leitfähigkeit. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die OH-Ionen in der Lösung durch die gelösten Holzinhaltstoffe unbehandelter Späne neutralisiert wurden, ein Effekt der bei der Verwendung modifizierter Späne nicht auftritt.

Die angewandten Untersuchungsmethoden bestätigen somit eine verbesserte Verarbeitbarkeit, sowie eine deutlich gesteigerte Kompatibilität im Fall des Einsatzes mineralisch ummantelter Späne anstelle unbehandelter Holzspäne und erlauben somit einen Einsatz des Materials in Beton.

Kontakt:

Schlauer Fuchs



Andre Klatt, Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Wirt.-Ing. Bau (FH)

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen
L5|06 207
Petersenstraße 12
64287 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151 16-2244
Tel.: +49 (0) 6151 16-5344
E-Mail: wib@massivbau.tu-darmstadt.de

Unsere Schlaue-Fuchs-Frage zu diesem Beitrag lautete:

Nennen Sie die beiden wesentlichen Probleme, die bei der Kombination der Komponenten Holz und Zementstein in Holzbeton auftreten.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

http://www.massivbau.tu-darmstadt.de/wib/wib_wib/wib_wir_ueber_uns/wib_werkstoffe_im_bauwesen_wir_ueber_uns.de.jsp



Prof. Dr.-Ing Harald Garrecht

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen
L5|06 207
Petersenstraße 12
64287 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151 16-2244
Tel.: +49 (0) 6151 16-5344
E-Mail: wib@massivbau.tu-darmstadt.de