

Betonrecycling

Wiederverwertung alter Betonkanus

Einleitung

Der Baustoff Beton ist ein wahrer Klimakiller, denn von der weltweiten CO₂-Emission entsteht alleine 15 % aufgrund der Zementherstellung. Das entspricht bei einer Produktion von einer Tonne Zementklinker aus Kalk und Ton bis zu 700 kg CO₂ [5]. Dies ist einer der Gründe, warum es notwendig ist Beton nicht neu zu produzieren, sondern zu recyceln. Die Recyclingquote von Beton liegt heutzutage bei unter 4 %, ein großer Teil des Altbetons wird als Straßenunterbau genutzt [1]. Doch was geschieht mit dem Rest? Die Deponien sind überfüllt und die Rohstoffe gehen aus, das heißt Betonrecycling ist in Zukunft unabdingbar. Für echtes Recycling muss Sand und Kies selektiv aus der Zementsteinmatrix entfernt werden, dafür sind neue Technologien erforderlich, die diese Fragmentierung gewährleisten können.

Technologien

Althergebrachte Techniken, wie der Prall- oder Backenbrecher, reichen für eine selektive Auf trennung des Betons nicht aus. Neue Technologien, wie die elektrodynamische Fragmentierung mittels Schallimpulszerkleinerer, können einen wesentlich höheren prozentualen Anteil an Gesteinskörnung im Beton freilegen (Abb. 2). Dieses Verfahren ist staub-frei und es können über dessen sogar Stahlfasern aus dem Altbeton entfernt werden [1]. Dieses Verfahren zur Betonauf trennung mittels Blitzen wurde bereits 1940 erstmals erwähnt. Damit könnte die Recyclingquote auf 80 % gesteigert werden. Die Blitze nehmen den Weg zwischen den Grenzflächen der Materialien, wodurch eine mechanische Schwächung im Beton erfolgt. Der Blitz erzeugt zusätzlich einen Plasmakanal, durch den eine Druckwelle entsteht, die den Beton in seine Bestandteile zerlegt. Momentan ist diese aber noch nicht wirtschaftlich anwendbar, da die Durchsatzrate zu gering ist, was sich aber durch laufende Forschung schnell ändern soll [5].



Abb.1: Betonkanus Uni Weimar, Regatta Heilbronn, 2019.



Ideen für die Wiederverwertung von Betonkanus

Da der recycelte Beton der Betonkanus nicht von hoher Qualität ist und nicht die entsprechenden Eigenschaften eines neuen Betons zeigt, würde es eine Qualitätsminderung darstellen, wenn der RC-Beton wieder für ein neues Kanu verwendet werden würde. Laut Regelwerk ist dies möglich, aber die besonderen Eigenschaften, die für ein gutes und schnelles Kanu notwendig sind, können nicht so einfach erreicht werden.

Ein Recycling des Betonkanus ist aus Nachhaltigkeitsaspekten sinnvoll. Zusätzlich setzt man dadurch ein Statement, auch wenn es nur im kleinen Maßstab ist. Über diesen ist es jedoch auch wichtig, eine sinnvolle Anwendung für den RC-Beton zu finden. Dabei haben wir uns eine Wiederverwendung an der Uni vorgestellt und sind dabei auf den Campus-Garten unserer Uni gekommen. Dieser ist noch am wachsen und entstehen, weshalb wir an ein Hochbeet aus Altbeton dachten. Der Beton muss dabei keine besonderen statischen Beanspruchungen erfüllen. Ein Hochbeet könnte somit aus einem bis zwei Betonkanus entstehen. Eine weitere Idee ist die Wiederverwertung zum Bau von Pokalen für die Betonkanu-Regatta. Diese werden ohnehin benötigt und produziert und somit könnte thematisch passend zum Betonkanu auch der Pokal aus RC-Beton hergestellt werden. Des Weiteren ist für die Standpräsenz während der Regatta oder auch auf der Summary Merchandising Produkte sinnvoll. Dazu könnten Betonkanus im Miniformat aus RC-Beton gebaut und verkauft/verschenkt werden, was zusätzliche Aufmerksamkeit auf sich ziehen würde.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass eine Wiederverwendung von alten Betonkanus für neue Betonkanus möglich, wettbewerbsmäßig aber nicht sinnvoll ist. Mit Kreativität und handwerklichen Geschick lässt sich jedoch aus dem RC-Beton wieder etwas neues schönes bauen.

Betonkanurecycling

Einleitung

Für das Recycling von Betonkanus bedarf es mehrerer Voraussetzungen. Zum einen ist eine Technologie erforderlich. Die vorhandenen Technologien an der Uni Weimar zerkleinern den Beton und spalten ihn in seine Einzelteile auf. Dies erfolgt aber unzureichend selektiv, weshalb die Eigenschaften des RC-Betons stark abweichen würden und er nicht für die gewünschte Wiederverwendung in einem Betonkanu genommen werden kann. Darüber hinaus wäre ein Recycling in sofern möglich, dass es der RC-Beton anderweitig genutzt werden könnte. Dafür müssten aber entsprechende sinnvolle Anwendungen gefunden werden.

Recycling der Kanus als Brechsand

Bei den Betonkanus der Bauhaus Universität Weimar wird eine Kunststoffbewehrung verwendet. Beim Recyceln dieser Betonkanus ist es eine besondere Herausforderung, diese Kunststoffbewehrung, vom Beton zu trennen. Gelingt die Trennung der Bewehrung, so kann das Kanu so weit aufgebrochen und aufgemahlen werden, dass man Brechsand erhält. Brechsand ist aufgrund seiner Herstellung im Vergleich zu normalen natürlichem Quarzsand kantiger, was sich im Beton positiv auf den statischen Zusammenhalt auswirkt. Außerdem ist ein solcher Beton wasserundurchlässiger, was gerade beim Betonkanu ein wesentlicher Vorteil ist [8]. Allerdings ist zu beachten, dass durch die ungenügende Reinheit des Recyclingmaterials eine wesentlich größere Zementmenge benötigt wird, um eine ähnliche Qualität wie mit natürlichen, nicht recycelten Rohstoffen zu erreichen. Hier ist das Problem, dass laut Regatta-Ausschreibung für den Bau der Kanus bzw. der Wasserfahrzeuge nur eine gewisse Zementmenge erlaubt ist. Über dessen ist, wie bereits am Anfang dieses Plakates erwähnt, die Zementherstellung mit einem enormen CO₂-Ausstoß verbunden, was nicht nachhaltig ist. Eine Möglichkeit, den Zementanteil im Beton zu verringern, ist der Einsatz von Kompositzementen. Kompositzementen wie Hüttenasche, Silika-kastur oder Steinkehlenglasfusca sind alle Nebenprodukte industrieller Verbrennungs vorgänge und daher nachhaltiger. Durch den Einsatz dieser Materialien kann eine höhere Festigkeit erreicht werden. Andererseits erhärten sie langsamer und weisen einen höheren Schwinden auf. Dies ist vor allem für die Anwendung im Kanu nachteilig.

Vorteile von RC-Beton
RC-Beton ist nachhaltig, da Rohstoffe für die Neuerstellung von Beton eingespart werden. Die Emissions- und Energiekosten der Zementherstellung werden reduziert, was nicht nur Geld spart, sondern auch noch ökologischer ist. Weiterhin können Transportwege, und damit zusätzliches CO₂ gespart werden [3]. Eine weitere Möglichkeit CO₂ einzusparen, basiert auf der chemischen Reaktion, aus dem im Klinker enthaltenen Aluminium und Silizium. Diese reagieren in einem Karbonatisierungsprozess zu einem Aluminium-Kieseläure-Gel, welches puzziolansch und hochaktiv ist. Damit kann der Betonkreislauf geschlossen werden, in dem dieses Reaktionsprodukt als Edukt für die Produktion von CO₂ reduziertem Zement verwendet wird [3].

Hydraulische Reaktivierung des Brechsandes

Als Gesteinskörnung für den nächsten Beton, kann der aus den Kanus hergestellte Brechsand eingesetzt werden. Es ist auch möglich diesen hydraulisch neu zu aktivieren. Dafür muss das Material bei ca. 700°C für 30 min gebrannt werden. Es werden C-S-H-Phasen aus dem Zementstein in C-S umgewandelt. Die daraus neu entstehenden Phasen können wieder mit Wasser reagieren und als Bindemittel dienen. Der daraus entstehende Beton wird allerdings porös und hat eine geringe Festigkeit, weshalb es ratsam ist, primären Zement zuzugeben. Das Material hat noch keine bauaufsichtliche Zulassung und entspricht keiner Norm, weshalb zu klären wäre, ob es eine Betonkanuregatta Zulassung gibt [9].

Fazit

Das Recycling von Betonkanus ist sehr aufwendig. Mit dem recycelten Brechsand oder mit RC-Beton müssen erhebliche Einschränkungen in der Qualität und den Eigenschaften eines Kanus gemacht werden. Es ist zwar prinzipiell möglich, ein Kanu zu recyceln, aber dies bringt für den Betonkanubau kaum Vorteile. Allerdings ist eine positive Bewertung im Gestaltungs- bzw. Konstruktionspreis zu erwarten (siehe Abschnitte hierzu). Jedoch ist es nicht nur im reellen Betonbereich möglich, nachhaltig zu arbeiten. Beim Betonkanu gibt es sehr viele andere Möglichkeiten, Nachhaltigkeitsaspekte umzusetzen (siehe Abschnitt „Andere Nachhaltigkeitsaspekte“).

Quellen:

- [1] https://www.brd.nrw.de/Regionalrat/Sitzungen/2019/RR2019_75PA_TOP4_Vortr.pdf
- [2] <https://momentum-magazin.de/de/betonrecycling-bauentstaedt-deponieren/>
- [3] <https://blog.klarx.de/recyclingbeton-betonrecycling-in-der-bautechnik/>
- [4] https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta/de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu_Regatta_Ausschreibung_2019.pdf
- [5] <https://www.handwerkundbau.at/betonbau/blitz-schlag-ein-334>
- [6] <https://www.schwenk.de/recyclingbeton-baustoff-der-zukunft/>
- [7] [BetonkanuHTWG_-Projektvorstellung.pdf \(htwg-konstanz.de\)](https://BetonkanuHTWG_-Projektvorstellung.pdf)
- [8] [Brechsand: Teurer Baustoff mit besonderen Eigenschaften - DAS HAUS](https://www.betonrecycling.de/Produkte/Brechsand/)
- [9] [Dora, Bernd \(2001\): Hydraulisch erhärtende Baustoffe aus Betonbrechsand - Phasenveränderungen durch Temperaturbehandlung und Einsatzmöglichkeiten; Technische Universität Braunschweig, Fachgebiet Baustoffe](https://www.betonrecycling.de/Produkte/Brechsand/)

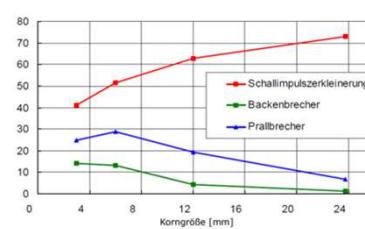


Abb.2: Einfluss der Aufbereitung auf die G/K von Beton, A. Müller, Uni Weimar, 2020.

Anforderungen an recycelten (RC) Beton

Die Anforderungen zur Verwendung von Altbeton sind strikt geregelt (DIN 4226-100) und erlauben momentan nur einen Zusatz von 38 % RC-Beton in Neubauten. Für Beton mit recyceltem Material ist ein Einsatz von mehr Fließmittel notwendig, um auf die gleiche Konsistenz zu kommen, wie Beton mit nicht recyceltem Gesteinskörnung. Des Weiteren sind die Druckfestigkeiten noch je jedem Prüfpunkt mit RC-Gesteinskörnung geringer, was veränderte Festbetoneigenschaften des RC-Betons bedeutet [6]. Aktuelle Forschungen untersuchen die Eigenschaften von RC-Beton für unterschiedliche Anwendung, um diesen zu 100% einsetzen dürfen [2].

Vorteile von RC-Beton

RC-Beton ist nachhaltig, da Rohstoffe für die Neuerstellung von Beton eingespart werden. Die Emissions- und Energiekosten der Zementherstellung werden reduziert, was nicht nur Geld spart, sondern auch noch ökologischer ist. Weiterhin können Transportwege, und damit zusätzliches CO₂ gespart werden [3]. Eine weitere Möglichkeit CO₂ einzusparen, basiert auf der chemischen Reaktion, aus dem im Klinker enthaltenen Aluminium und Silizium. Diese reagieren in einem Karbonatisierungsprozess zu einem Aluminium-Kieseläure-Gel, welches puzziolansch und hochaktiv ist. Damit kann der Betonkreislauf geschlossen werden, in dem dieses Reaktionsprodukt als Edukt für die Produktion von CO₂ reduziertem Zement verwendet wird [3].

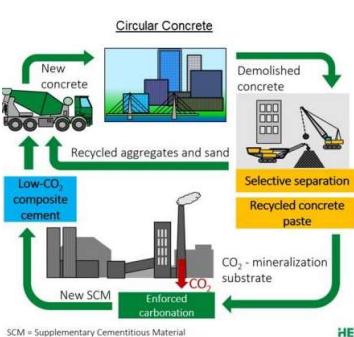


Abb.3: Circular Concrete, HeidelbergZement Technology Center, 2021.



Abb.5: Pokale Betonkanu-Regatta 2019.

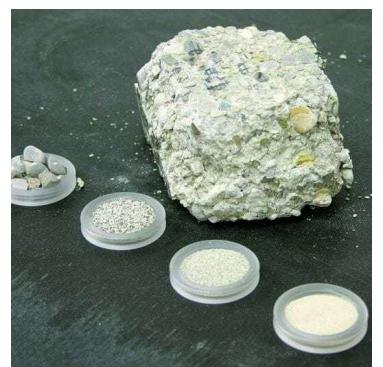


Abb.4: Beton aufgespalten in seine Einzelbestandteile [5].

Quellen:

- [1] https://www.brd.nrw.de/Regionalrat/Sitzungen/2019/RR2019_75PA_TOP4_Vortr.pdf
- [2] <https://momentum-magazin.de/de/betonrecycling-bauentstaedt-deponieren/>
- [3] <https://blog.klarx.de/recyclingbeton-betonrecycling-in-der-bautechnik/>
- [4] https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta/de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu_Regatta_Ausschreibung_2019.pdf
- [5] <https://www.handwerkundbau.at/betonbau/blitz-schlag-ein-334>
- [6] <https://www.schwenk.de/recyclingbeton-baustoff-der-zukunft/>
- [7] [BetonkanuHTWG_-Projektvorstellung.pdf \(htwg-konstanz.de\)](https://BetonkanuHTWG_-Projektvorstellung.pdf)
- [8] [Brechsand: Teurer Baustoff mit besonderen Eigenschaften - DAS HAUS](https://www.betonrecycling.de/Produkte/Brechsand/)
- [9] [Dora, Bernd \(2001\): Hydraulisch erhärtende Baustoffe aus Betonbrechsand - Phasenveränderungen durch Temperaturbehandlung und Einsatzmöglichkeiten; Technische Universität Braunschweig, Fachgebiet Baustoffe](https://www.betonrecycling.de/Produkte/Brechsand/)