

AUS ALT MACH NEU

# Betonrecycling Wiederverwertung alter Betonkanus

## Einleitung

Der Baustoff Beton ist ein wahrer Klimakiller, denn von der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emission entsteht alleine 15 % aufgrund der Zementherstellung. Das entspricht bei einer Produktion von einer Tonne Zementklinker aus Kalk und Ton bis zu 700 kg CO<sub>2</sub> [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 Auftrennung des Betons nicht aus. Neue Technologien, wie die elektro-dynamische Fragmentierung mittels Schallimpulserkleinerer, 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 Betonauftrennung 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].

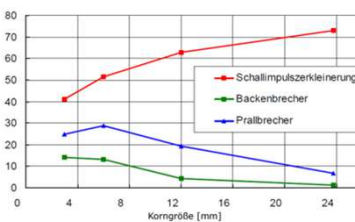


Abb. 2: Einfluss der Aufbereitung auf die GK von Beton, A. Müller, Uni Weimar, 2020.

### Anforderung 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 Füllmittel notwendig, um auf die gleiche Konsistenz zu kommen, wie Beton mit nicht recyceltem Gesteinskörnung. Des Weiteren sind die Druckfestigkeiten noch zu jedem Prüfzeitpunkt mit RC-Gesteinskörnung geringer, was veränderte Festbetoneigenschaften des RC-Betons bedeutet [6]. Aktuelle Forschungen untersuchen die Eigenschaften von RC-Beton für unterschiedlichste Anwendung, um diesen zu 100% einsetzen dürfen [2].

### Vorteile von RC-Beton

RC-Beton ist nachhaltig, da Rohstoffe für die Neuherstellung 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 CO<sub>2</sub> gespart werden [3]. Eine weitere Möglichkeit CO<sub>2</sub> einzusparen, basiert auf der chemischen Reaktion, aus dem im Klinker enthaltenen Aluminium und Silizium. Diese reagieren in einem Karbonatisierungsprozess zu einem Aluminium-Kieselsäure-Gel, welches puzzolanisch und hochreaktiv ist. Damit kann der Betonkreislauf geschlossen werden, in dem dieses Reaktionsprodukt als Edukt für die Produktion von CO<sub>2</sub> reduziertem Zement verwendet wird [3].

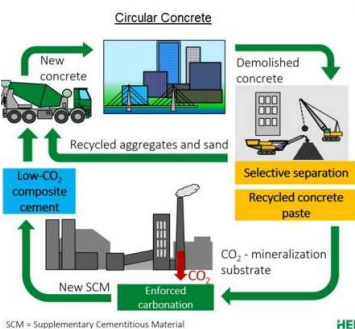


Abb. 3: Circular Concrete, HeidelbergZement Technology Center, 2021.



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

## Betonkanurecycling

### Einleitung

Für das Recycling von Betonkanu 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 so fern möglich, als das 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 normalem 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 CO<sub>2</sub>-Ausstoß verbunden, was nicht nachhaltig ist. Eine Möglichkeit, den Zementanteil im Beton zu verringern, ist der Einsatz von Kompositementen. Kompositmaterialien wie Hüttensand, Silika- oder Steinkohlenflugasche sind alle Nebenprodukte industrieller Verbrennungsvorgänge und daher nachhaltiger. Durch den Einsatz dieser Materialien kann eine höhere Festigkeit erreicht werden. Andererseits erhärten sie langsamer und weisen ein höheres Schwinden auf. Dies ist vor allem für die Anwendung im Kanu nachteilig.

### 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<sub>2</sub>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 Einstriche 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 reinen Betonbereich möglich, nachhaltig zu arbeiten. Beim Betonkanu gibt es noch viele andere Möglichkeiten, Nachhaltigkeitsaspekte umzusetzen (siehe Abschnitt „Andere Nachhaltigkeitsaspekte“).



## Umsetzung für die Betonkanuregatta

### Regelwerk

In der Ausschreibung für die Betonkanuregatta wird jeweils der 1. Oktober des Vorjahres der Regatta als Starttermin für den Bau der Wettkampfkkanus bzw. der Wasserfahrzeuge der offenen Klasse festgelegt [4]. Dadurch wird ausgeschlossen ein bereits vorhandenes Kanu beispielsweise als „Unterbau“ für ein Boot der offenen Klasse zu verwenden. Allerdings ist es möglich, ein bestehendes Kanu zu zerkleinern und aufzumahlen und den entstehenden Brechsand wiederzuverwenden. Durch das Recycling alter Kanus können so Pluspunkte bei der Bewertung der unterschiedlichsten Kategorien erzielt werden.

### Konstruktionspreis

Zu den Kriterien, die in den Konstruktionspreis mit einfließen, gehören, neben der Konstruktionsidee an sich und anderen Bewertungspunkten, auch betontechnologische Besonderheiten. Dabei werden neue Ideen bei u.a. der Zusammensetzung des Betons mit hohen Punktzahlen entlohnt. [4] Besondere Lösungen im Bezug auf die Baustoffidee, wozu das Recycling alter Materialien gehört, zählen dazu. Aber auch Nachhaltigkeit in anderen Bereichen, z.B. bei der Schalung, bringt gewisse gute Bewertung ein.

### Gestaltungspreis

Beim Gestaltungspreis werden neben dem Aussehen und der Präsentation auch Details, wie eine spezielle Zementauswahl, berücksichtigt [4]. Auch hier werden Nachhaltigkeitsaspekte gern gesehen und entsprechend entlohnt. Hinsichtlich des Gestaltungspreises ist es also sinnvoll, innovative und nachhaltige Materialien zu verwenden, wobei ein RC-Beton diesen Anforderungen entspreche.

### Andere Nachhaltigkeitsaspekte

Neben dem Betonrecycling gibt es eine Vielzahl anderer Möglichkeiten, mit Nachhaltigkeit zu punkten. Dies zeigt beispielsweise das Team der HTWG Konstanz. Sie verwenden eine Schalung aus Lehm. Lehm ist ein Baustoff, der einerseits beim Trocknen schrumpft, so dass beim Ausschalen mehr Platz zwischen der Schalung und dem Kanu ist, andererseits kann der Lehm durch erneutes befeuchten wieder verformbar gemacht werden und so für einen anderen Zweck weiterverwendet werden [7]. Aber auch eine GFK-Schalung, wie sie in Weimar verwendet wird, oder eine Schalung aus Holz kann für mehrere Boote und theoretisch über mehrere Jahre hinweg verwendet werden. Weiterhin werden dem Beton in Konstanz Basaltfasern zugemischt. Da Basalt eine natürliche Gesteinskörnung ist, müssen die Fasern im Recyclingprozess nicht vom Beton getrennt werden. Als Bewehrung verwendet das HTWG-Team ein Jutegewebe, was sich beim Aufbrechen des Kanus rückstandslos vom Beton trennen lässt [7]. Diese Ansätze könnten auch wir in Weimar für die Zukunft testen und ebenfalls auf Bewehrung aus nachhaltigen Rohstoffen einsetzen. Ein weiterer Aspekt ist die Nachhaltigkeit der Regatta T-Shirts. Konstanz setzt dabei jetzt schon auf die Verwendung von nachhaltiger Baumwolle [7]. Denkbar ist auch, dass beim Wettbewerb um das schönste Regatta-Hemd der Nachhaltigkeitsaspekt Pluspunkte bringt.

### Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Recycling von Betonkanus bei der Bewertung während der Regatta viele Pluspunkte gibt. Neben dem Betonrecycling gibt es allerdings noch viele andere Aspekte, um das Projekt Betonkanu nachhaltiger zu gestalten. Diese sind teilweise auch einfacher umsetzbar, als das Recycling des Kanumaterials und sollten daher unbedingt auch an der Bauhaus Universität Weimar ausprobiert werden.

## 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 der Betonkanus ist aus Nachhaltigkeitsaspekten sinnvoll. Zusätzlich setzt man dadurch ein Statement, auch wenn es nur im kleinen Maßstab ist. Über dessen 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-Gärten 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.

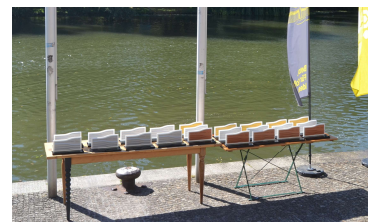


Abb. 5: Pokale Betonkanu-Regatta 2019.

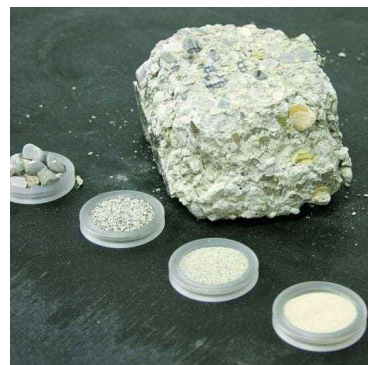


Abb. 4: Beton aufgespalten in seine Einzelbestandteile [5].

### Quellen:

- [1] [https://www.brd.nrw.de/regionalrat/sitzungen/2019/RR2019\\_9\\_75PA\\_TOP4\\_Vortr.pdf](https://www.brd.nrw.de/regionalrat/sitzungen/2019/RR2019_9_75PA_TOP4_Vortr.pdf)
- [2] <https://momentum-magazin.de/de/betonrecycling-bauen-statt-deponieren/>
- [3] <https://blog.klar.de/recyclingbeton-betonrecycling-in-der-baubranche>
- [4] [https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta-de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu\\_Regatta\\_Ausschreibung\\_2019.pdf](https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta-de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu_Regatta_Ausschreibung_2019.pdf)
- [5] <https://www.handwerkundbau.de/betonbau/blitz-schlag-ein-334>
- [6] <https://www.schenk.de/recyclingbeton-baustoff-der-zukunft/>
- [7] [https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta-de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu\\_Regatta\\_Ausschreibung\\_2019.pdf](https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta-de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu_Regatta_Ausschreibung_2019.pdf)
- [8] [https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta-de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu\\_Regatta\\_Ausschreibung\\_2019.pdf](https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta-de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu_Regatta_Ausschreibung_2019.pdf)
- [9] [https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta-de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu\\_Regatta\\_Ausschreibung\\_2019.pdf](https://www.beton.org/fileadmin/betonkanu-regatta-de/media/2019-Heilbronn/Betonkanu_Regatta_Ausschreibung_2019.pdf)