

# Ein Kunstwerk aus Recycling-Beton



*Prototyp des Kunstwerks (Johannes Alt)*

## Dokumentation Gruppe 15

Johannes Alt, Jan Bühner, Alanis Camichel, Céline Gauye,  
Jan Henner, Fiona Schwaller

Zürich, 01. Juni 2018

**Hinweis:** Aus Gründen der Leserlichkeit wird in dieser Dokumentation auf geschlechtsneutrale Formulierungen verzichtet. Selbstverständlich sind auch Frauen miteingeschlossen.

## Zusammenfassung

In Zusammenarbeit mit der Zürcher Hochschule der Künste wollen wir ein Kunstwerk zum Thema «Häuser aus Häusern bauen» in Zürich errichten. Dieses soll möglichst viel Aufmerksamkeit erregen und Diskussionen auslösen, aber auch einen praktischen Nutzen haben. So wird die Zürcher Bevölkerung auf die Problematik der endlichen Ressourcen und auf mögliche Alternativen hingewiesen. Neben dem Kunstwerk wird eine Begleittafel stehen, auf der die Bevölkerung Zugang zu weiteren Informationen erhält. Idealerweise sollte die Arbeit etwas Nützliches darstellen, z.B. eine Sitz-gelegenheit bieten. Dies würde zeigen, dass der Recycling-Beton nutzbar ist, die gleiche Qualität hat und genauso ästhetisch ist wie Primärbeton. Damit soll das Kunstwerk zur Förderung von Recycling-Beton im privaten Sektor beitragen. Wie effektiv es dies tut, haben wir in einem Systemmodell analysiert. Die Nachhaltigkeit der Massnahme wird anhand einer Ökobilanz getestet.

## Ausgangslage und Ziel

Zurzeit verwenden private Bauherren des Kantons Zürich im Hochbau viel mehr Beton aus natürlicher Gesteinskörnung (Primärbeton) als Recycling-Beton (RC-Beton). Das kantonale Hochbauamt baut bereits ausschliesslich mit RC-Beton und zeigt damit, dass RC-Beton eine gute Alternative zum Primärbeton darstellt. Diese Divergenz zwischen der öffentlichen Hand und der Bevölkerung des Kantons Zürich als potentielle private Bauherren kann auf ihre unterschiedliche Rollenverteilung zurückgeführt werden. Die Bevölkerung des Kantons Zürich erwartet von der öffentlichen Hand, dass sie die Grundsteine für eine nachhaltige Zukunft legt. Dadurch nimmt das Hochbauamt des Kantons Zürich eine gewisse Vorbildfunktion ein, die in den Zürcher Medien oft thematisiert wird. Aus Recherchen im Internet wurde festgestellt, dass Zürcher Medien zwar zum Thema RC-Beton in Verbindung mit öffentlichen Gebäuden berichten, der Bevölkerung jedoch nicht vermitteln, dass RC-Beton auch im privaten Sektor verwendet werden kann. Entsprechend nehmen wir an, dass die privaten Bauherren nicht im Fokus der Medien stehen, und schliessen daraus, dass die Bevölkerung den Stellenwert von RC-Beton nicht richtig einschätzt.

Daraus ergeben sich folgende Problembeschreibungen für unsere drei wichtigsten Stakeholder:

Die **privaten Bauherren** im Kanton Zürich schätzen den Stellenwert von RC-Beton nicht richtig ein. Ihnen ist nicht bewusst, dass RC-Beton genauso für den privaten Sektor geeignet ist. Damit sie vermehrt mit RC-Beton bauen, müssen sie entsprechend informiert werden. Zurzeit fehlt es ihnen aber an guten Vorbildern für das Bauen mit RC-Beton im privaten Sektor.

Das **Hochbauamt des Kantons Zürich als öffentlicher Bauherr** baut bereits ausschliesslich mit RC-Beton und will den Gebrauch dieses Baustoffs fördern, entsprechend den definierten Zielen seiner Umweltpolitik (Kanton Zürich, 2018).

Die **Printmedien** müssen ein vielfältiges Angebot an Lektüre offerieren, um möglichst viele Konsumenten/Leser anzuziehen. Da das Handeln der öffentlichen Hand Folgen für die ganze Bevölkerung hat, wird ihr im Vergleich zur privaten Bevölkerung auch mehr Aufmerksamkeit in den Medien geschenkt.

Das Ziel der Massnahme «Kunstwerk» in Kombination mit der Massnahme «Zeitungsartikel» ist, der Zürcher Bevölkerung als potentielle private Bauherren zu zeigen, dass RC-Beton auch für den privaten Sektor geeignet ist. Die Bevölkerung soll zu folgender Einsicht gelangen: «Die Verwendung von RC-Beton ist für jeden Bauherrn – und somit auch für mich – sinnvoll und möglich.» Das Kunstwerk soll eine Verkörperung dieser Aussage darstellen. Die Zeitungsartikel gewährleisten die Medienpräsenz des Kunstwerks. Diese begleitende Massnahme führt zu mehr Aufmerksamkeit und ermöglicht die Verbreitung von Information über das Kunstwerk im Kanton.

## Stand der Entwicklung

### Projekt «Marbre d'ici»

Der Künstler Stefan Shankland arbeitet mit Beton aus Mischabbruchgranulat und nennt das Material «Marbre d'ici». Der Beton wird in Schichten gegossen, um ein Werk zu gestalten, das in architektonische und städtebauliche Projekte integriert werden kann. Der Künstler hat seine Arbeiten in Cergy und Ivry-sur-Seine im Jahr 2016 präsentiert (siehe Abbildung rechts). Hier ist das Projekt hauptsächlich künstlerischer Natur. Es ähnelt unserer Massnahme, da gezeigt wird, dass es möglich ist, Abfälle von Rückbau wiederzuverwenden. Das erste Ziel des Projekts ist aber nicht direkt die Förderung der Verwendung des RC-Betons. Es soll vielmehr aufzeigen, dass nicht alle Abfälle in einer Deponie entsorgt werden müssen (marbredici, 2018).



Cergy (marbredici, 2018)

## Darstellung der Massnahme

Die Grundidee ist, dass wir in Kooperation mit Studierenden der Zürcher Hochschule der Künste (ZHdK) ein Kunstwerk aus RC-Beton gestalten, in dem unsere Zielaussage eingebettet ist und die «Message» unter anderem durch das Design dem Zielpublikum übermittelt wird. Idealerweise sollte der Auftrag von der Hochschule den Studenten in Form einer künstlerischen Aufgabe vergeben werden. Die Zielaussage des Kunstwerks soll sein, dass RC-Beton bezüglich Stabilität und Ästhetik dem Primärbeton ebenbürtig und insbesondere, dass die Verwendung von RC-Beton für jeden (privaten) Bauherrn sinnvoll und möglich ist. Das Zielpublikum ist die breite Masse der Zürcher Bevölkerung als potentielle private Bauherren. Das Kunstwerk sollte folgenden Kriterien genügen:

- Das Kunstwerk soll eine **Alltagsfunktion** haben. Unseres Erachtens wird die Aufmerksamkeit unserer generationenübergreifenden Zielgruppe am besten erlangt, wenn wir ein Kunstwerk mit einer interaktiven Funktion gestalten. Folgender Vorschlag wird dem Designer in Auftrag gegeben werden: eine Sitzgelegenheit mit gegebenenfalls zusätzlichen Funktionen wie z.B. einem Veloständer zu gestalten. Das Kunstwerk soll mit Urban Gardening (z.B. integrierten Blumenbeeten) kombiniert werden. Dies soll die Aussage verstärken, dass RC-Beton ökologisch (grün) ist (Noger, 2018).
- Wir versuchen einen «**eye-catcher**» zu schaffen, deswegen soll als Material Beton aus Mischabbruchgranulat verwendet werden. Mit seiner markanten und unkonventionellen Gesteinsstruktur, die dem Terrazzo ähnelt, passt er besser zu unserem Konzept. Zudem unterscheidet sich dieser vom Primärbeton am stärksten und ist laut Ökobilanz der Stoffflussanalyse Gruppe 3 aus UPL I (siehe Anhang «Nachhaltigkeitsbeurteilung») umweltfreundlicher als Betongranulat (Bertschinger et al., 2017). Eine Hälfte des Kunstwerks wird geschliffen, damit das farbige Granulat des RC-Beton ersichtlich ist. Die andere Hälfte wird nicht geschliffen. Unge-

geschliffener RC-Beton ist nicht unterscheidbar von ungeschliffenem Primärbeton (siehe Abbildung oben). Dies soll zeigen, dass RC-Beton etwas Spezielles sein kann, aber auch genauso gut wie «normaler» Beton eingesetzt werden kann (Van der Haegen, 2018).

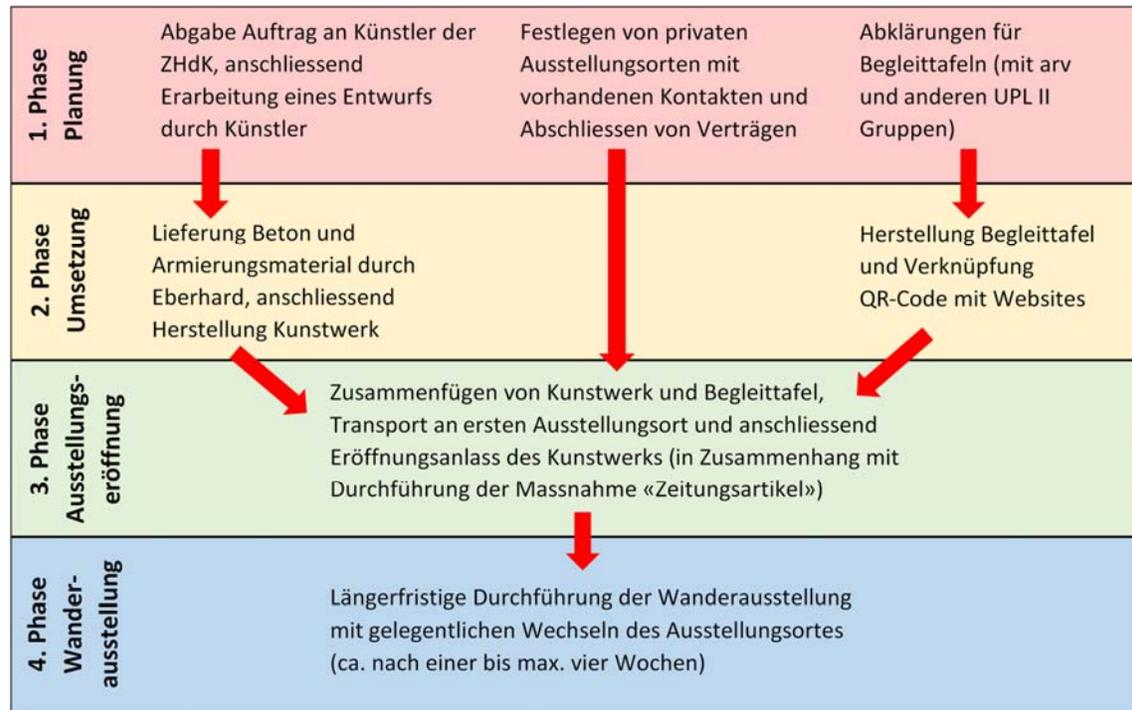
- Das Kunstwerk soll mobil sein, damit es an **verschiedenen Ausstellungsorten** aufgestellt werden kann. Durch die Deplatzierung des Kunstwerks erwarten wir eine grössere Reichweite der Zielgruppe. Damit das Kunstwerk möglichst gut besucht wird, stellen wir uns die Ausstellungsorte folgendermassen vor: Beispielsweise ein Park oder Platz im Zentrum von Zürich, in dem die Leute nicht gestresst sind und sich eher Zeit nehmen, das Werk genauer zu betrachten. In der Freizeit ist man grundsätzlich empfänglicher und bleibt eher stehen, um eine Infotafel zu lesen. Es sollen private, aber zentrale und öffentlich zugängliche Grundstücke sein, da diese günstiger als öffentliche Ausstellungsorte sind (Mitarbeiter Stadt Zürich, 2018).
- Neben dem Kunstwerk soll eine **Begleittafel** mit einem schlagkräftigen Leitsatz stehen. Zusätzlich soll sie einen QR-Code enthalten, über den allfällige Interessenten mehr Informationen zum Thema RC-Beton abrufen können. Wir haben die Zustimmung von Laurent Audergon erhalten, dass wir den QR-Code mit der Webseite des Verbandes Baustoffrecycling Schweiz (arv) und ihren publizierten Merkblättern verbinden dürfen. Analog sollte unsere zweite Massnahme «Zeitungsartikel» auch unter diesem Code zu finden sein (Audergon, 2018b).



*Geschliffener und ungeschliffener RC-Beton  
(Fiona Schwaller)*

Nach Absprache mit der Eberhard Bau AG haben wir für unser Projekt den Zuspruch für ca. 7 m<sup>3</sup> RC-Beton aus Mischabbruchgranulat erhalten. Diesen Beton würden sie an eine von uns gewünschte Stelle liefern und in eine vorbereitete Gussform giessen. Um das Kunstwerk mobil zu gestalten, sollte der Beton zudem armiert werden (Eberhard, 2018). Für die weitere Finanzierung der Infotafel und des Transports des Kunstwerks hat sich Laurent Audergon vom arv bereit erklärt mitzuhelfen. Er versprach uns auch, dass er versuchen wird, noch weitere Stakeholder mit ins Boot zu holen (Audergon, 2018b). So ist es wahrscheinlich, dass eine Zusammenarbeit mit der Plattform «Kies für Generationen» gelingen wird, bei der unter anderen das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) und die Baudirektion des Kantons Zürich dabei sind (Audergon, 2018a).

Die untenstehende Grafik stellt den zeitlichen Ablauf der Umsetzung der Massnahme in vier Phasen aufgeteilt dar:



Zeitlicher Ablauf der Umsetzung (Fiona Schwaller)

## Nachhaltigkeit der Massnahme

Die Nachhaltigkeit unserer Massnahmen wird anhand einer Ökobilanz beurteilt. Dabei wird die erstellte Ökobilanz der Stoffflussanalyse Gruppe 3 verwendet (Bertschinger et al., 2017).

Die Sitzgelegenheit hat keinen direkten Einfluss auf den Gebrauch von RC-Beton. Vielmehr fördert sie die Vertrautheit von privaten Bauherren mit RC-Beton, um so bei diesen die Verwendung von RC-Beton zu steigern. Aus der Stoffflussanalyse Gruppe 3 lässt sich entnehmen, dass beim Betrachten der Umweltbelastungspunkte die Herstellung von RC-Beton nur minim besser abschneidet als die des Primärbetons. Wenn private Bauherren RC-Beton verwenden, würde das aber bedeuten, dass dem Problem der Deponieknappeit entgegengewirkt werden kann und die natürlichen Kiesressourcen geschont werden können (Bertschinger et al., 2017).

Die genauere Analyse ist im Anhang «Nachhaltigkeitsbeurteilung» zu finden.

## Massnahme im System

Mit der Wirksamkeitsanalyse wird der Fokus auf das Hauptziel, der Förderung von RC-Beton, gesetzt.

Unsere Massnahme «Kunstwerk» ist über die *Vertrautheit von privaten Bauherren mit RC-Beton (Vertrautheit)* mit unserer Zielvariable *Marktnachfrage nach RC-Beton von privaten Bauherren (Marktnachfrage)* verbunden. Demzufolge übt die Massnahme zwar einen starken Veränderungsdruck auf die Vertrautheit aus, jedoch nicht mehr auf die Zielvariable, da der Effekt durch den indirekten Weg abgeschwächt wird. Gleichermassen verhält sich das System mit der Massnahme «Zeitungsartikel», nur beinhaltet diese Massnahme einen weiteren Zwischenschritt zur Zielvariable und hat deshalb eine noch schwächere Wirkung auf unser Ziel.

Beim Analysieren des Zusammenspiels der beiden Massnahmen ist zu erkennen, dass keine der Wirkungsgrade verstärkt oder verringert auftreten. Diese Beobachtung bestätigt, dass die zwei priorisierten Faktoren *Vertrautheit* und *Preisverhältnis* das mit Abstand grösste Gewicht haben.

Durch das Einfügen der Massnahmen im System ist zu erkennen, dass beide auf Variablen abzielen, die in der wichtigsten sowie der stärksten Rückkopplung beteiligt sind. Angesichts der Rollenverteilung mittels System Grid greifen unsere Massnahmen jedoch am falschen Punkt an. Am besten geeignet für einen wirkungsvollen Eingriff ins System wären aktive Variablen.

Die vollständige Analyse ist im Anhang «Systemanalyse» zu finden.

## Weiteres Vorgehen

Um unser Kunstwerk effektiv umsetzen zu können, müssen noch folgende Schritte vorgenommen werden:

- **Standort/Transportfähigkeit:** Ein Kunstwerk im öffentlichen Raum auszustellen ist eine sehr aufwändige administrative sowie kosten- und zeitintensive Angelegenheit. Um diesen Problemen zumindest teilweise auszuweichen, würden wir uns auf Zwischennutzungsräume beschränken. Einen neuen Kontakt, der uns ein Areal vermitteln könnte, haben wir schon erhalten (siehe Mitarbeiter des Tiefbauamts der Stadt Zürich) (Mitarbeiter Stadt Zürich, 2018): Steff Fischer ist Vermittler von Zwischennutzungsräumen und wäre der nächste Stakeholder, der zu kontaktieren wäre (fischer, 2018).
- **Umsetzung:** Daniel Halter teilte uns mit, dass unser Projekt für ZHdK-Studierende aus den Fachrichtungen «Industrial Design» und «Trends & Identity» interessant sein könnte. Der nächste Schritt wäre, die zuständigen Personen dieser Fachrichtungen direkt zu kontaktieren (Halter, 2018a). Jedoch konnte die ZHdK im Zeitrahmen dieser Arbeit keine definitive Zusage zu unserem Vorhaben geben. Dies führte dazu, dass wir uns auf die Suche nach anderen potenziell passenden Mitwirkenden machten. Nach Empfehlungen vom Mitarbeiter des Tiefbauamts der Stadt Zürich bezogen wir auch Architekten in die Suche ein, da diese bei Bau- und Veranstaltungsbewilligungen seriöser angesehen werden als Künstler. Bei der Recherche sties- sen wir auf «Andreas Fuhrmann Gabrielle Hächler Architekten» (afgh, 2018). Dieses Architek-

- turbüro baut das Element der Unreinheit in ihren Bauwerken ein und wäre eine weitere potenzielle Kontaktstelle für unser Projekt. Falls es nicht zu einer Zusammenarbeit zwischen der ZHdK und uns käme, würden diese Architekten angefragt. Eine weitere Möglichkeit wäre eine direkte Zusammenarbeit mit einem Designer der ZHdK. Unter diesen Umständen müsste ein neuer Kostenplan in Betracht gezogen werden, der die Finanzierung des Designers deckt (Halter, 2018b).
- **Begleittafel:** Nachdem das Design des Kunstwerks steht, wird ein passender Leitsatz gefunden. Zudem ist abzuklären, mit welchen Websites der QR-Code verlinkt werden kann, wie beispielsweise der Website des arv und unserer Massnahme «Zeitungsartikel». Eine weitere Idee wäre, den QR-Code mit einem Film einer anderen Gruppe von UPL II zu verknüpfen. Sobald der Leitsatz auf der Begleittafel festgelegt ist, wird Kontakt zu Laurent Audergon aufgenommen, da er bei der Umsetzung der Tafel unterstützen kann (Audergon, 2018b).
  - **Eröffnungsanlass:** Am Tag des Ausstellungsbeginns soll ein Eröffnungsanlass mit einigen Ansprachen stattfinden. Dieser Eröffnungsanlass muss geplant werden, sobald das Datum des Ausstellungsbeginns bekannt ist.

## Fazit

Nachdem wir ein ganzes Semester der Entwicklung dieser Massnahme gewidmet haben, stellen wir fest, dass ein solches Projekt viel Nachdenken und Planung erfordert. Es ist unmöglich, eine Massnahme zu testen, wenn kein klarer und präziser Plan existiert. Bei diesem detaillierten Plan ist zu bedenken, dass alle Anforderungen der beteiligten Stakeholder erfüllt sein müssen. So haben wir uns anfangs nicht wirklich Gedanken über den Ausstellungsort gemacht, weil wir dachten, es wäre leicht, einen solchen zu finden. Nach einem Gespräch mit einem Mitarbeiter der Stadt Zürich haben wir unseren Plan angepasst und uns auf private Ausstellungsorte ausgerichtet. Für eine detaillierte Planung einer Massnahme muss unglaublich viel bedacht werden, was ohne Stakeholder wohl unmöglich wäre, da uns manchmal schlicht und einfach auch das Fachwissen und die Erfahrung fehlen. Durch das integrieren unserer Massnahme im Systemmodell, hat sich herausgestellt, dass wir nicht am effizientesten Punkt ansetzen. Statt bei der *Vertrautheit* anzusetzen, wäre es sinnvoller auf die *Experten* abzielen und sie, statt die Bevölkerung, in Kenntnis über die Verwendung von RC-Beton zu setzen. Da die Massnahme «Kunstwerk» aber direkt bei der zweitwirksamsten Variable, der *Vertrautheit*, ansetzt, besteht trotzdem die Chance auf indirektem Weg eine Förderung von RC-Beton bei privaten Bauherren zu erzielen.

## Referenzen

- afgh. (2018). Projects. Zugriff am 28.05. Abgerufen von <http://www.afgh.ch/>.
- Audergon, L. (2018a, 29.05.). E-Mail [persönliche Mitteilung].
- Audergon, L. (2018b, 25.04.). Massnahmen-Testing [persönliche Mitteilung].
- Bertschinger, D., Camichel, A., Falk, H., Giacomini, F., Hansen, M., & Stalder, J. (2017). *Stoffflussanalyse Gruppe 3*.
- Eberhard, P. (2018, 16.04.). Beton-Sponsoring (Telefonat) [persönliche Mitteilung].
- fischer. (2018). fischer. Abgerufen von <http://www.fischer97.ch/de>.
- Halter, D. (2018a, 29.05.). E-Mail [persönliche Mitteilung].
- Halter, D. (2018b, 03.05.). Massnahmen-Testing [persönliche Mitteilung].
- Kanton Zürich. (2018). Nachhaltigkeit im Hochbau. Zugriff am 28.05. Abgerufen von [https://hochbauamt.zh.ch/internet/audirektion/hba/de/ueber\\_uns/nachhaltigkeit\\_im\\_hochbau.html](https://hochbauamt.zh.ch/internet/audirektion/hba/de/ueber_uns/nachhaltigkeit_im_hochbau.html).
- Leemann, A. (2018, 09.05.). Massnahmen-Testing [persönliche Mitteilung].
- Bertschinger, D., Camichel, A., Falk, H., Giacomini, F., Hansen, M., & Stalder, J. (2017). *Stoffflussanalyse Gruppe 3*. Abgerufen von:
- Caduff, M., & Ebersole, H. (2018). *Ablauf Synthesewoche*. Anleitung.
- Leemann, A. (2018, 09.05.). Massnahmen-Testing [persönliche Mitteilung].
- marbredici. (2018). Marbre d'ici. Zugriff am 23.05. Abgerufen von [marbredici.org](http://marbredici.org).
- System GmbH. (2013). Systemanalyse.
- Mitarbeiter Stadt Zürich (2018, 15.05.). Massnahmen-Testing [persönliche Mitteilung].
- Noger, P. (2018, 11.04.). Prototypentest [persönliche Mitteilung].
- Van der Haegen, P. (2018, 23.05.). Gespräch an der arv GV [persönliche Mitteilung].

## Anhang

### Nachhaltigkeitsbeurteilung

Die Nachhaltigkeit unserer Massnahmen wird anhand einer Ökobilanz beurteilt. Dabei wird die erstellte Ökobilanz der Stoffflussanalyse Gruppe 3 (SFA 3) verwendet.

Die Sitzgelegenheit hat keinen direkten Einfluss auf den Gebrauch von RC-Beton. Vielmehr fördert sie dessen Bekanntheit bei privaten Bauherren. Daher ist es am sinnvollsten, die Nachhaltigkeit von RC-Beton im Vergleich zu Primärbeton zu beurteilen. Die Ökobilanz zeigt, dass RC-Beton nicht bedeutend weniger Umweltbelastungspunkte (UBP) aufweist als Primärbeton. Der Hauptgrund dafür ist die Ökobilanz von Zement, welcher für die Herstellung aller Betonsorten benötigt wird. Mit 350 UBP pro Kilogramm ist der Hochofenzement CEM III/B noch der umweltfreundlichste der Zementsorten. Dies ist im Vergleich zu den 35.3 UBP pro Kilogramm für die Herstellung von Kies und den 0.437 UBP pro Kilogramm für Mischgranulat aber sehr viel (UBP-Werte siehe Tabelle).

In Bezug auf die Ressourcenschonung schneidet der RC-Beton besser ab als der Primärbeton. Durch das Recycling von Beton können natürliche Kiesressourcen geschont werden und somit Lebensräume für Lebewesen in Flussgebieten gesichert werden. Ausserdem werden Deponieplätze weniger belastet, da weniger Bauabfälle anfallen (Ausführungen dazu siehe Auszüge aus der SFA Gruppe 3).

Wenn private Bauherren RC-Beton verwenden, würde das bedeuten, dass dem Problem der Deponieknappeit entgegengewirkt werden kann und die natürlichen Kiesressourcen geschont werden können.

#### UBP-Werte:

	Bezug	UBP 2013	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie erneuerbar	Treibhausgasemissionen*
		Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung
		UBP	MJ Öl-eq	MJ Öl-eq	kg CO <sub>2</sub> -eq
Natürliche Gesteinskörnung	kg	35.3	0.0536	0.00514	0.00234
Betongranulat	kg	2.14	0.0366	0.00448	0.00118
Mischgranulat	kg	0.437	0.00183	0.000202	0.000703
Portlandzement CEM I	kg	492	3.41	0.273	0.756
Portlandkompositzement CEM II/A	kg	430	2.94	0.228	0.660
Portlandkompositzement CEM II/B CH-Mix	kg	413	3.38	0.212	0.631
Portlandkompositzement CEM II/B-LL	kg	390	2.70	0.216	0.595
Hochofenzement CEM III/A	kg	401	3.25	0.261	0.557
Hochofenzement CEM III/B	kg	350	3.12	0.254	0.451
Klinker (Für die Zementherstellung)	kg	515	3.26	0.217	0.826
Hüttensand, ohne Aufwendungen	kg	175	1.39	0.101	0.252
Hüttensand, mit Aufwendungen	kg	537	4.65	0.146	0.479
Hochofenschlacke	kg	350	3.12	0.0434	0.218
gebrannter Ölschiefer	kg	211	4.97	0.00166	0.362

Tabelle 1 Treibhausgasemissionen der Herstellung in kg CO<sub>2</sub>-eq nach IPCC 2013 (Tschümperlin & Frischknecht, 2016)

### **Auszüge aus der SFA 3 (Bertschinger et al., 2017):**

#### **1.1.1. Auswirkungen auf die Umwelt durch den Abbau von Primärbaustoffen**

Um Beton herstellen zu können, wird Kies, Zement und Wasser benötigt. Diese Ressourcen können wir im Inland gewinnen, jedoch stehen sie nicht unlimitiert zur Verfügung (Schluein AG). Zement besteht aus Mergel und Kalk; zwei Gesteinsarten, die wohl bald in der Schweiz nicht mehr so einfach zu finden sein werden. 2014 wurde angenommen, dass in 10-15 Jahren kein Zement mehr produziert werden kann. Dies führt dazu, dass mehr Zement importiert werden muss. Da Zement sehr schwer ist, verursacht dies bei den notwendigen Transporten einen hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoss, was alles andere als umweltfreundlich ist (Schmutz, 2004). Dies liegt nicht daran, dass Mergel und Kalk nicht mehr in der Schweiz vorkommen wird, sondern dass alles Gestein abgebaut sein wird, welches man abbauen darf. Denn möchte man an einem neuen Ort Kalk und Mergel (dasselbe gilt auch für Kies) gewinnen, muss das Abbauvorhaben im kantonalen Richtplan und im kommunalen Nutzungsplan aufgenommen werden. Das heisst, dass die Zone zuerst eine Abbauzone werden muss. Die Bevölkerung, die Gemeinde, die Kantone und die Umweltschutzverbände spielen bei diesem Prozess eine Rolle und können für oder gegen eine Umzonung einen Einfluss haben. Ein solcher Bewilligungsprozess kann gut 10-15 Jahre dauern, da einem solchen Prozess viele Hindernisse im Wege stehen. Nicht nur das Herstellen von Zement, sondern auch die Gewinnung von Kies kann nachteilige Folgen für die Natur haben. In der Schweiz werden jährlich um die 50 Mio. Tonnen Kies benötigt, welche unter anderem aus den Gewässern bezogen werden. Die fehlende Kiesschicht im Gewässer hat zu Folge, dass die Fließdynamik verloren geht. Fehlt diese Kiesschicht, wird der Lebensraum für Kleinlebewesen zerstört, welche wiederum die Nahrung der Fische sind. Weiter nutzen manche Fischarten den Kies als Laichgrube. Die frisch geschlüpften Fische finden so ein gutes Versteck (Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern, Amt für Landwirtschaft und Natur (LANAT), Fischereiinspektorat, & Renaturierungsfonds, 2014). Deshalb werden die Projekte, die Kies aus dem Fluss gewinnen wollen, eng von Umweltschutzverbänden begleitet, damit eine Umweltverträglichkeit gewährleistet ist (Hunkeler, 2017). Auf der anderen Seite ist es auch wichtig, dass der Kies ab und zu vom Fluss entfernt wird; dies aus Gründen des Hochwasserschutzes (Hackl, 2013). Nicht nur im Wasser kann der Kiesabbau positive Folgen haben, sondern auch der Abbau von Kies auf dem Festland kann nützlich sein. Dadurch, dass Kies gewonnen wird, entsteht neuer Deponieraum, der genutzt werden kann. Der Deponieraum in der Schweiz ist knapp und die betroffenen Unternehmen sind deshalb froh, wenn neuer Raum geschaffen wird. Jedoch sind auch die Auflagen für das Errichten von neuen Deponien äusserst streng (Van der Haegen, 2017).

#### **1.1.2. Auswirkungen auf die Umwelt durch die Herstellung und die Verwendung von Sekundärbaustoffen**

Der Gebrauch von Sekundärbaustoffen ist essentiell, weil jährlich ungefähr 10 Mal mehr frischer Beton gebraucht, als bereits verbauter Beton abgebrochen wird (Amt für Umweltschutz Kanton Schwyz). Auf der anderen Seite wird der Deponieraum immer knapper und deshalb auch teurer (Kanton Schwyz). Dank dem Mehrmuldenkonzept können die Baustoffe getrennt gelagert werden, was zu einer effizienteren Wiederverwertung führt. Die Politik hat ebenfalls reagiert; so zum Beispiel der Bundesrat im Jahre 2016 mit dem Erlass Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA). Diese Verordnung soll „eine nachhaltige

## Schlussbericht Gruppe 15

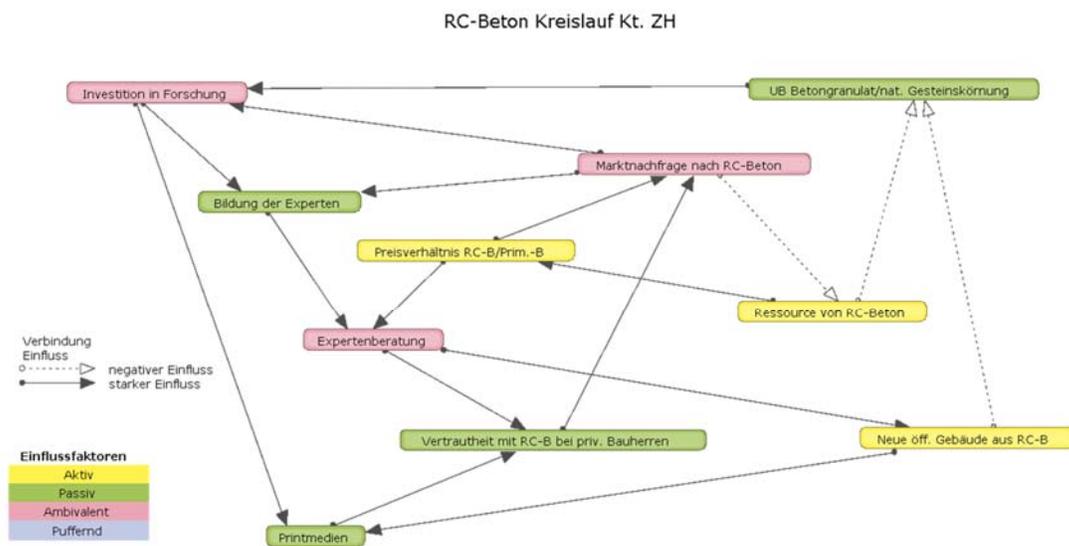
Nutzung der natürlichen Rohstoffe durch die umweltverträgliche Verwertung von Abfällen fördern“ (VVEA, 2017) und (Kanton Schwyz). Durch die Wiederverwendung können Ressourcen gespart und das Deponievolumen geschont werden. Jedoch muss man bei der Wiederverwendung vorsichtig sein; die Materialien können Schadstoffe enthalten, die sich negativ auf die Umwelt und die Gesundheit der Menschen auswirken können (Kanton Schwyz). Deshalb müssen gewisse Richtlinien eingehalten werden. Der bei einem Teil der Bevölkerung in Bezug auf diese Wiederverwendung bestehenden Skepsis, begegnet man mit sogenannte Auswaschversuchen. Mit diesen Versuchen will man den Nachweis erbringen, dass in Bezug auf die abschlämmbaren Bestandteile kein Unterschied zwischen aus primär gewonnenem Beton und sekundär gewonnenem Beton besteht und letzterer bedenkenlos eingesetzt werden kann (Rubli, 2011).

## Systemanalyse

Um unser System zu erhalten, wurden als erstes Variablen basierend auf dem Rich Picture definiert.



Durch das Einfügen der Variablen hat sich folgendes System ergeben:



## Schlussbericht Gruppe 15

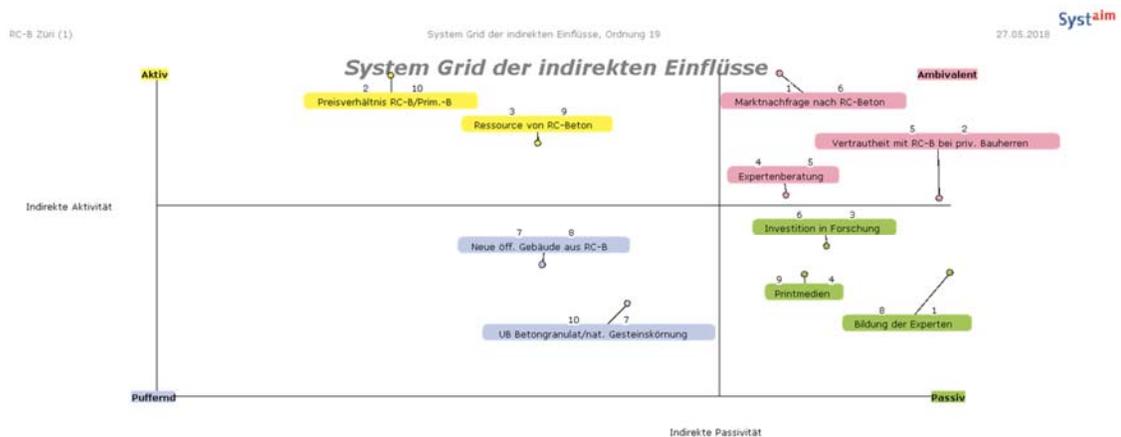
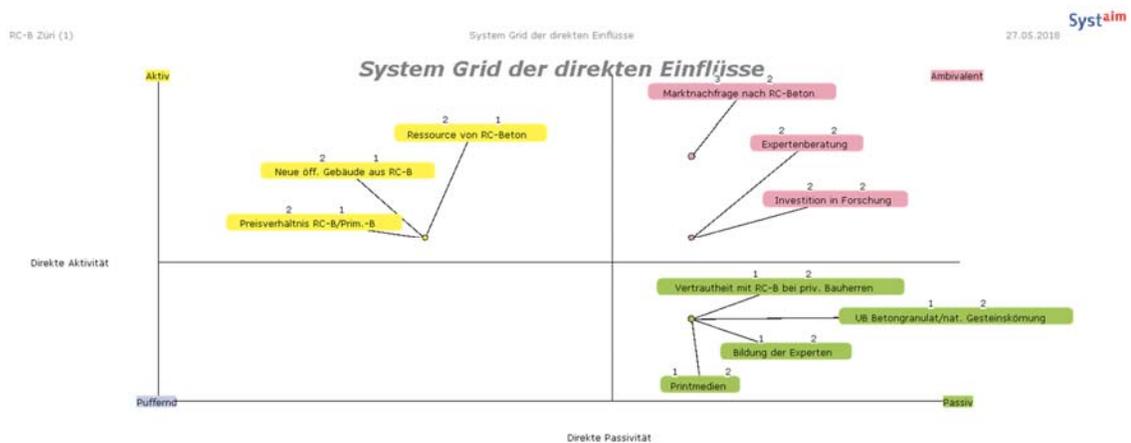
Die Systemanalyse basiert auf folgende zwei Dokumente:

- Ablauf Synthese Woche von Caduff und Ebersole (2018)
- Systemanalyse von Quellen in Kurzformat (System GmbH, 2013)

Die Anzahl Rückkopplungen lässt auf ein autarkes System schliessen. Das System zählt Rückkopplungsschleifen, die bis zu neun Mal durchlaufen werden. Ferner lässt sich im System Grid ein reaktives System erkennen, und zwar anhand der fehlenden Puffer. Unser System weist oft lange Rückkopplungen auf und nur selten kurze. Lange Regelkreise bedeuten, dass das System verzögert auf Wirkungen reagiert. Je länger eine Rückkopplungsschleife ist, desto unberechenbarer die Wirkung auf das ganze System.

## System Grid

Das System Grid diente uns zur Beurteilung, wie realitätsgetreu unser Systemmodell wirkt. Die Rollenverteilung der Variablen ergab sich folgendermassen:



In diesem Abschnitt wird die Rollenverteilung der Variablen genauer untersucht und dazu kommentiert.

Zuerst zu den drei Variablen, die unsere Problembeschreibungen verkörpern:

- *Neue öff. Gebäude aus RC-Beton: Aktiv mit pufferndem Charakter*, da unser Systemmodell stark auf den privaten Sektor ausgelegt ist, wirken auf unsere staatliche Variable wenig Einflüsse. Dies erklärt den kleinen Anteil an Passivität. In der Realität ist die puffernde Wirkung dieser Variable zu erkennen, indem das ausschliessliche Verwenden von RC-Beton des Kantons, die privaten Bauherren nicht zum selben Handeln verleitet. Dennoch ist es in unserem System unerwartet.
- *Preisverhältnis RC-B/Prim.-B: Aktiv*, da sobald eine Alternative günstiger ist, wird sie auch ökonomisch attraktiver für den Konsumenten.
- *Ressource von RC-Beton: Aktiv*, da wir eine Systemgrenze definiert haben und diese Variable von äusseren Faktoren beeinflusst wird, die in unserem Systemmodell nicht integriert wurden. Dies lässt die Variable aktiv wirken, ist jedoch unserer Meinung nach eher passiv.

Im **ambivalenten** Quadrant bestehen gewisse Unterschiede zwischen dem System Grid der direkten und indirekten Einflüsse. So verschiebt sich die *Investition in Forschung* vom ambivalenten in den passiven Quadrant. Daraus schliessen wir, dass die *Investition in Forschung* eine nicht so stark ambivalente Wirkung besitzt, sondern mehrheitlich von anderen Variablen beeinflusst wird.

- *Investition in Forschung: Ambivalent mit passivem Charakter*, scheint uns logisch zu sein, denn investiert wird erst, wenn ein neuer Trend erkannt wird. Allgemein kann somit gesagt werden, dass die *Investition in Forschung* durch eine Systemveränderung angetrieben wird (passiver Charakter). Zudem kann unser Systemmodell selbst stark durch diese Variable beeinflusst werden (ambivalent).
- *Marktnachfrage: Ambivalent*, da die Nachfrage von Produkten in der Realität auch von immens vielen Faktoren abhängt. Sie ist unberechenbar und kann schlecht gezielt gesteuert werden.
- *Expertenberatung: Ambivalent*, da es schwierig ist Experten zu steuern oder ein Umdenken zu bewirken, denn jeder hat eine eigene Meinung zu diesem Thema, eigene Erfahrungen gemacht und Präferenzen gesetzt. Viele setzten lieber auf Bewährtes (Leemann, 2018).

Im passiven Quadrant haben die Variablen *UB Betongranulat/nat. Gesteinskörnung* im direkten Einfluss eine passive Wirkung, jedoch im indirekten eine puffernde. Anders wirkt die Variable *Vertrautheit mit RC-B bei priv. Bauherren* im direkten System Grid zwar passiv, jedoch im indirekten ambivalent.

- *UB Betongranulat/nat. Gesteinskörnung: Passiv mit puffernden Charakter*, da die Umweltbelastung stark von anderen Einflussfaktoren abhängt und wie ein Indikator bei Veränderung des Systems positiv oder negativ ausschlägt (passiv). Die puffernde Wirkung kann anhand der Rückkopplung erklärt werden. Ausgangspunkt ist der positive Einfluss von *UB Betongranulat/nat. Gesteinskörnung* auf *Investition in Forschung*. Unsere Überlegung war, dass wenn die Umweltbelastung auf ein kritisches Niveau steigt, wird es womöglich auch (staatliche) Investitionen vorantreiben. Da jedoch zwei negative Einflüsse auf *Investition in Forschung* gesetzt wurden, wirken die indirekten Einflüsse und somit die Rückkopplungen im System stabilisierend auf diese Variable.

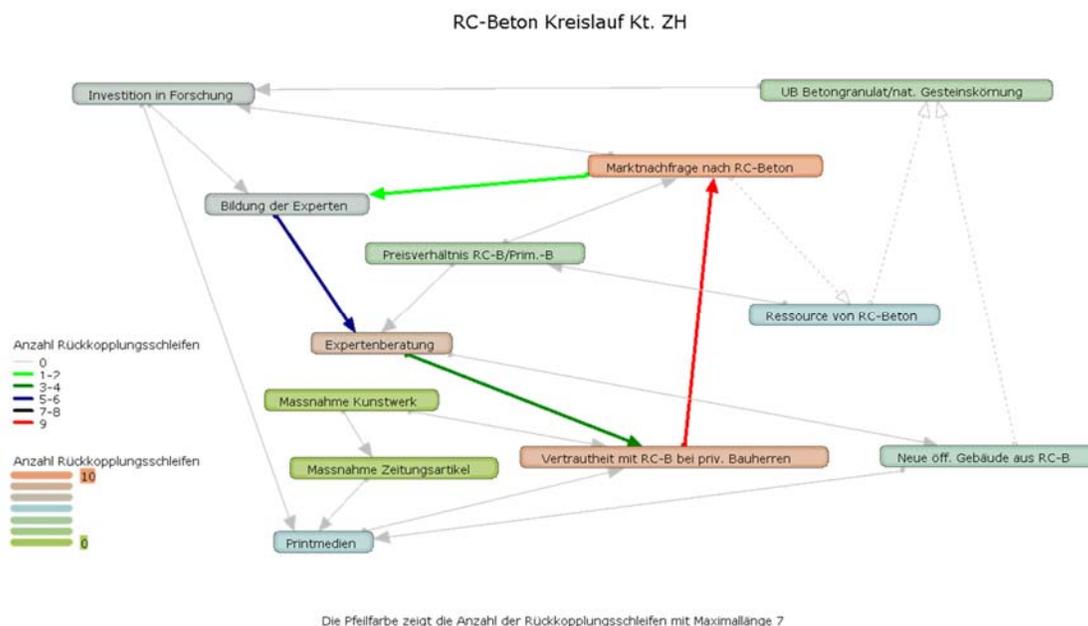
## Schlussbericht Gruppe 15

- *Vertrautheit mit RC-B bei priv. Bauherren*: **Passiv mit ambivalentem Charakter**, da sie wie auch andere psychologische Ausprägungen schlecht steuerbar sind (ambivalent). Jedes Individuum denkt anders, ist auf einem unterschiedlichen Wissensstand und wird von vielen Faktoren beeinflusst (passiv).
- *Printmedien*: **Passiv**, da erst reagiert wird, wenn etwas geschieht. Die Medien berichten über den Status quo und wirken wie Indikatoren für Veränderungen im System.
- *Bildung der Experten*: **Passiv**, da sich die Bildung mit dem System entwickelt.

Im System Grid der direkten Einflüsse wurden keine Puffer erkannt. Daraus schliessen wir, dass eine richtig eingesetzte Massnahme eine grosse Systemveränderung bewirken könnte.

## Rückkopplungen

### Wichtigste Rückkopplung



Die wichtigste Rückkopplung zeigt den Loop an, der an den meisten Rückkopplungsschleifen beteiligt ist. In unserem Fall stellt er einen destabilisierenden Kreislauf dar, der die Anfangsvariable mit jedem weiteren Durchlauf des Kreislaufes aufschaukeln lässt.



## Schlussbericht Gruppe 15

Dies lässt uns bereits vor der Wirksamkeitsanalyse vermuten, dass unsere geplante Massnahme möglicherweise nicht gerade einen Misserfolg verspricht, zweifellos aber nicht den effektivsten Output generieren wird.

## Wirksamkeitsanalyse

Die Ausgangslage unserer Wirkungsanalyse kann von den Variablenblättern unter «aktueller Zustand» abgelesen werden.

Mit der Wirksamkeitsanalyse wird der Fokus auf das Hauptziel, der Förderung von RC-Beton, gesetzt.

Die Massnahme “Kunstwerk” im System integriert ergibt:



Es ist ersichtlich, dass das *Preisverhältnis von RC-Beton zu primär Beton (Preisverhältnis)* die wirksamste Variable ist, da sie sich aktiv im System verhält. Darauffolgend ist die *Vertrautheit mit RC-Beton bei den privaten Bauherren (Vertrautheit)* die zweitwirksamste Variable.

Unsere Massnahme Kunstwerk ist über die *Vertrautheit mit RC-Beton bei den privaten Bauherren* mit unserer Zielvariable *Marktnachfrage nach RC-Beton von privaten Bauherren (Marktnachfrage)* verbunden. Demzufolge übt die Massnahme zwar einen starken Veränderungsdruck auf die Vertrautheit aus, jedoch nicht mehr auf die Zielvariable, da der Effekt durch den indirekten Weg abgeschwächt wird.

Die Massnahme “Zeitungsartikel” im System integriert ergibt:



Erneut fallen dieselben zwei Variablen als die stärksten Wirkungsfaktoren aus.

Es hat sich herausgestellt, dass die Massnahme “Zeitungsartikel” wenig zur Zielerreichung beiträgt. Die Massnahme übt den stärksten Veränderungsdruck auf die Printmedien aus, hat aber praktisch keinen Einfluss auf die Zielvariable mehr.

Beide Massnahmen im System integriert ergeben:

## Schlussbericht Gruppe 15



Beim Analysieren des Zusammenspiels der beiden Massnahmen ist zu erkennen, dass keine der Wirksamkeitsgrade verstärkt oder verringert auftreten. Diese Beobachtung bestätigt, dass die zwei priorisierten Faktoren das mit Abstand grösste Gewicht ausmachen.

Obwohl unsere Massnahmen keinen direkten Einfluss auf unsere Zielvariable aufweisen, sind sie indirekt mit einer wichtigen Variable verbunden, die wiederum eine grosse Wirksamkeit auf die Zielvariable hat. Daher besteht die Möglichkeit, dass die Massnahmen in der Realität auf indirektem Weg Wirksamkeit zeigen könnten. Andererseits ist bei langen Wirkungsketten schwierig abzuschätzen, wie sich die Massnahme im System auf die Zielvariable auswirkt. Grund dafür sind Zeitverzögerungen, die das Wirkungsbild, aufgrund von unterschiedlichen Wechselwirkungen zwischen den Variablen verzerren können.



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

### Eigenständigkeitserklärung

Die unterzeichnete Eigenständigkeitserklärung ist Bestandteil jeder während des Studiums verfassten Semester-, Bachelor- und Master-Arbeit oder anderen Abschlussarbeit (auch der jeweils elektronischen Version).

Die Dozentinnen und Dozenten können auch für andere bei ihnen verfasste schriftliche Arbeiten eine Eigenständigkeitserklärung verlangen.

Ich bestätige, die vorliegende Arbeit selbständig und in eigenen Worten verfasst zu haben. Davon ausgenommen sind sprachliche und inhaltliche Korrekturvorschläge durch die Betreuer und Betreuerinnen der Arbeit.

Titel der Arbeit (in Druckschrift):

Ein Kunstwerk aus Recycling-Beton

Verfasst von (in Druckschrift):

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich.

Name(n):

Camichel  
Henner  
Alt  
Bühner  
Gauye

Vorname(n):

Alanis  
Jan  
Johannes  
Jan  
Celine

Ich bestätige mit meiner Unterschrift:

- Ich habe keine im Merkblatt „Zitier-Knigge“ beschriebene Form des Plagiats begangen.
- Ich habe alle Methoden, Daten und Arbeitsabläufe wahrheitsgetreu dokumentiert.
- Ich habe keine Daten manipuliert.
- Ich habe alle Personen erwähnt, welche die Arbeit wesentlich unterstützt haben.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die Arbeit mit elektronischen Hilfsmitteln auf Plagiate überprüft werden kann.

Ort, Datum

Zürich, 30.05.2018

Unterschrift(en)

A. Camichel  
Henner  
Alt  
Bühner  
Gauye

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich. Durch die Unterschriften bürgen sie gemeinsam für den gesamten Inhalt dieser schriftlichen Arbeit.



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

### Eigenständigkeitserklärung

Die unterzeichnete Eigenständigkeitserklärung ist Bestandteil jeder während des Studiums verfassten Semester-, Bachelor- und Master-Arbeit oder anderen Abschlussarbeit (auch der jeweils elektronischen Version).

Die Dozentinnen und Dozenten können auch für andere bei ihnen verfasste schriftliche Arbeiten eine Eigenständigkeitserklärung verlangen.

Ich bestätige, die vorliegende Arbeit selbständig und in eigenen Worten verfasst zu haben. Davon ausgenommen sind sprachliche und inhaltliche Korrekturvorschläge durch die Betreuer und Betreuerinnen der Arbeit.

**Titel der Arbeit** (in Druckschrift):

Ein Kunstwerk aus Recycling-Beton

**Verfasst von** (in Druckschrift):

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich.

**Name(n):**

Schwaller

**Vorname(n):**

Fiona

Ich bestätige mit meiner Unterschrift:

- Ich habe keine im Merkblatt „Zitier-Knigge“ beschriebene Form des Plagiats begangen.
- Ich habe alle Methoden, Daten und Arbeitsabläufe wahrheitsgetreu dokumentiert.
- Ich habe keine Daten manipuliert.
- Ich habe alle Personen erwähnt, welche die Arbeit wesentlich unterstützt haben.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die Arbeit mit elektronischen Hilfsmitteln auf Plagiate überprüft werden kann.

**Ort, Datum**

Zürich, 30.05.2018

**Unterschrift(en)**

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich. Durch die Unterschriften bürgen sie gemeinsam für den gesamten Inhalt dieser schriftlichen Arbeit.