

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Baustoffe der Zukunft

Ein Film über nachhaltiges Baustoffmanagement



**USYS**TdLab  
Department of Environmental Systems Science  
Transdisciplinarity Lab - Science-Society Interface

Projektgruppe 14

David Bertschinger, Lorena Charotton,  
Jasmin Krähenbühl, Nelly Piskoty,  
Paloma Porfido & Timo Schneider

6/1/2018

# Zusammenfassung

Obwohl die Ressourcen an Primärbaustoffen immer kleiner werden, ist in der Schweiz nur langsam ein Trend zum Gebrauch von nachhaltigen Baustoffen zu beobachten. Die Massnahme beruht auf der Einsicht, dass die Zweckmässigkeit von Recyclingbaustoffen (RC-Baustoffen) in der Schweiz nicht ausreichend anerkannt wird. Der Dokumentarfilm (Kurzfilm) zum Thema nachhaltiges Baustoffmanagement ermöglicht es, der Schweizer Bevölkerung zu erklären, was RC-Baustoffe sind und weshalb es wichtig ist, sie einzusetzen. Die heutige digitale Welt erlaubt es, mit einem spannenden und qualitativ hochwertigen Filmbeitrag über verschiedene Plattformen (Facebook, YouTube, Blogs etc.) die Bevölkerung zu erreichen und einen Diskurs der Thematik RC-Baustoffe zu eröffnen. Die Massnahme wurde im System Q, über eine Nachhaltigkeitsbeurteilung und mit mehreren Stakeholdern getestet. Erkenntnisse davon sind, dass die Massnahme sowohl durchführbar ist, als auch positive Auswirkungen auf das System hat.

## Ausgangslage

Trotz zunehmender Knappheit von Deponieraum und natürlichen Ressourcen werden bei Bauprojekten überwiegend Primärbaustoffe eingesetzt (S. Aeschbach et al., 2017, S. 4). „Häuser aus Häusern zu bauen“, also Baustoffe aus Rückbaumaterial einzusetzen, ziehen wenige Entscheidungsträger in Betracht (S. Aeschbach et al., 2017, S. 14). Dafür lassen sich unter anderem zwei Gründe identifizieren: Zum einen hegen sie – die privaten und öffentlichen Bauherren sowie Architekten – Vorurteile gegenüber Recyclingbaustoffen. Dazu gehören Zweifel an deren Qualität und ästhetischen Wirkung. Zum anderen ist ein Grossteil der Entscheidungsträger kaum oder gar nicht über die Möglichkeit, mit Recyclingbaustoffen zu bauen, im Bilde (S. Aeschbach et al., 2017, S. 14). In dieser Arbeit liegt der Fokus auf Recyclingbeton, weil Beton anteilmässig der am meisten verwendete Baustoff ist.

Die Vorurteile lassen sich widerlegen: Recyclingbeton muss denselben Anforderungen und Normen genügen wie Primärbeton und ist qualitativ gleichwertig (Kaufmann Widrig Architekten, 2018). In ästhetischer Hinsicht ist Recyclingbeton kaum von Primärbeton zu unterscheiden. Manchmal wird die etwas auffälligere Pigmentierung des Recyclingbetons mit Absicht hervorgehoben (Amt für Hochbauten Stadt Zürich, 2018).

Um die Verwendung von Recyclingbeton zu fördern, ist es notwendig, dass die Entscheidungsträger bei jedem Bauprojekt dessen Einsatz in Betracht ziehen. Dazu sollten Informationen einfach zugänglich sein, weil diese die Vorurteile und Zweifel abbauen und das Interesse für Recyclingbaustoffe wecken können. Zurzeit fehlen Anreize, um sich mit der Thematik auseinanderzusetzen. Eine verbesserte Informationsgrundlage kann das Interesse der Bevölkerung an RC-Baustoffen steigern. Es ist zudem möglich, dass ein sozialer Druck zu deren Verwendung entsteht. An diesem Punkt setzt die Massnahme Dokumentationsfilm an.

## Ziel

Durch das Medium Film ist es möglich auf verschiedenen Ebenen ein breites Publikum mit visuell und akustisch gestalteten Informationen zu erreichen. Der Bevölkerung wird eine objektive Grundlage für einen öffentlichen Diskurs zum Thema Baustoffrecycling geboten. Das Ziel ist es, Vorurteile abzubauen und die Bevölkerung über die Relevanz von RC-Beton zu sensibilisieren, wodurch langfristig die Verwendung von RC-Beton gefördert wird.

## Stakeholder

Für die Planung und Durchsetzung einer Massnahme muss das gesamte System betrachtet werden. Stakeholder, welche Einfluss auf das System haben, müssen erkannt werden. Die folgenden drei Stakeholder wurden als einflussreichste bezüglich der Massnahme Kurzfilm definiert.

### ***Der arv***

Der arv selbst hat sich zum Ziel gemacht die Akzeptanz des Baustoffrecyclings bei Behörden, Bauherren und Unternehmen zu fördern (arv, 2018). Als Verein des Baustoffrecyclings interessiert er sich für eine verbesserte Informationsgrundlage, da diese vermehrt Anreize erzeugen würde, RC-Baustoffe einzusetzen.

### ***Der SIA***

Der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein SIA ist mit einer hohen Anzahl an Mitgliedern aus den interdisziplinären Fachgebieten Ingenieurwesen, Technik und Architektur einer der wichtigsten Ansprechpartner, wenn es um Fragen bezüglich des Bauwesens der Schweiz geht. Ihr Ziel ist es, den Lebensraum Schweiz zukunftsfähig und qualitativ hochwertig zu gestalten. Deshalb ist auch der SIA einer der wichtigsten Stakeholder im System des Baustoffrecyclings (SIA.ch, 2018).

### ***Das BAFU***

„Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat den Auftrag, die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen [...] sicherzustellen“ (BAFU, 2018). Somit ist es auch für das BAFU von zentraler Bedeutung, dass die Bevölkerung besser über ressourcen- und umweltschonende Baustoffe informiert ist und dadurch die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen gewährleisten kann.

## Stand der Entwicklung

Es bestehen bereits Konzepte, die der Massnahme ähnlich sind. In Frankreich haben bereits zwei Recyclingunternehmen Kurzfilme zum Thema RC-Baustoffe realisiert (Yprema, 2018b). Während sich diese insbesondere an andere Recyclingunternehmen richten, dienen sie auf einer informativen Ebene auch der breiten Bevölkerung (Clamens-Gruppe, 2011). In Deutschland produzierte das VDI Zentrum für Ressourceneffizienz einen Kurzfilm zu RC-Beton, der auf Englisch erhältlich ist und dadurch auch ein internationales Publikum anspricht (Ressourceneffizienz, 2014). In der Schweiz existiert noch kein Kurzfilm, der mit dem Massnahmenkonzept identisch ist.

## Darstellung der Massnahme

Die Massnahme behandelt in einer Kurzgeschichte das Thema nachhaltiges Baustoffmanagement mit dem Fokus auf RC-Beton. Eine Off-Stimme schildert dabei den gesamten Recyclingprozess.

Durch Interviewsequenzen der involvierten Stakeholder werden die unterschiedlichen Perspektiven und Meinungen zu RC-Beton aufgezeigt. Die breite Bevölkerung erhält so eine Informationsgrundlage, die den Grundstein zur Eingliederung der Thematik in der Öffentlichkeit legt.

Die zentralen Fragestellungen sind folgende:

- Wie können die bereits vorhandenen Baustoffressourcen verwendet werden?
- Welche Materialien können rezykliert werden?
- Warum sollten sich Bauherren und Entscheidungsträger für RC-Beton interessieren?
- Warum sollte sich die Öffentlichkeit für den Einsatz von RC-Beton interessieren?

Neben der Beantwortung dieser Fragestellungen, umfasst der Film die technischen und Materialspezifischen Hintergrundinformationen zu RC-Beton. Dem Zuschauer soll so ein Gesamtbild der verschiedenen Perspektiven (ökonomisch, ökologisch, sozial und rechtlich) vermittelt werden. Um die Thematik als Ganzes betrachten zu können, werden sowohl die Vor- als auch die Nachteile von einerseits Primär- und andererseits RC-Beton dargestellt. Dazu dienen Fakten und Bilder bzw. Illustrationen des jeweiligen Betons.

Zur vorgängigen Überprüfung der Massnahme und der Überprüfung ihrer Wirkung auf das Gesamtsystem, wurde im Rahmen von UPL-2 ein Trailer entwickelt. Dieser erlaubt einen ersten Einblick in die filmische Umsetzung der Massnahme, sowie die Möglichkeit eines Testings der Wirkung mit den ausgewählten Stakeholdern.

## Planung

### **Zielsetzung des Filmes**

Die Zielsetzung des Films ist in folgende sechs Teilaspekte gegliedert:

- Qualitativ hochstehendem und spannender Film
- Informationen zum Prozess, sowie der Qualität von RC-Baustoffe
- Möglichkeiten und Herausforderung für das Baustoffrecycling in der Zukunft
- Heutige Situation Schweizer RC-Baustoff-Branche widerspiegeln
- Transparenz mit Vor-, sowie Nachteile (kein Werbevideo)
- Mehr oder minder interessiertes Publikum Einstieg ins Thema liefern

Das definierte Zielpublikum bestimmt über Inhalt, Aufmachung und Publishing des Filmes (SIA, 2018). Der Einsicht entsprechend wurde der Schweizer Durchschnittsbürger als Zielpublikum definiert. In dieser Hinsicht soll der Film insbesondere Personen, die noch kein Vorwissen haben, der Thematik nähergebracht werden.

### **Zusammenfassung der Teilanalysen**

Als erster Schritt wurden die sechs Teilanalysen aus UPL-1 zusammengetragen und daraus evaluiert, welche Standpunkte in einer Gesamtanalyse dargestellt werden sollten. Dies dient als faktische Grundlage zu Erarbeitung der Dokumentation der Massnahmen.

*Die Gesamtanalyse befindet sich im Anhang unter «Zusammenfassung der Teilanalyse» auf Seite 38.*

### **Know-how sammeln**

Anhand des Buches «Dokumentarfilme drehen» von Michael Rabiger konnten Grundlagen zur Umsetzung eines Dokumentarfilmes gewonnen werden. Zur gleichen Zeit hat sich die Arbeitsgruppe telefonisch mit einem Reporter des SRF in Verbindung gesetzt, um so weiteres Know-How zu den Hintergründen einer Filmproduktion zu sammeln. Dies betrifft insbesondere die Ausrüstung und die Montage einer Filmproduktion.

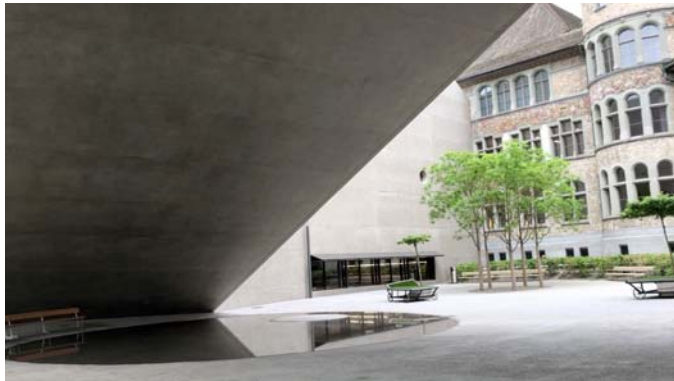
### **Drehbuch**

Die Erarbeitung eines Drehbuches ist der Hintergrund eines Kurzfilmes. Das Drehbuch ist in drei Einzelteile gegliedert.

- Ganzer Film
- Kurzer Beitrag
- Trailer

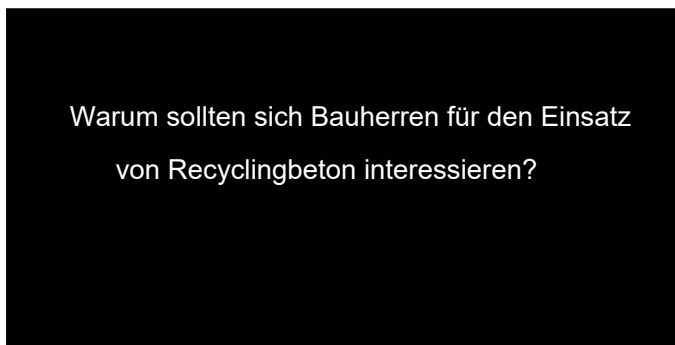
*Das ganze Drehbuch befindet sich im Anhang unter «Drehbuch: Baustoffe der Zukunft» auf Seite 12.*

### **Eindrücke des Trailers: Baustoffe der Zukunft**



Der Anbau des Landesmuseums in Zürich. Eine Darstellung eines bereits existierenden Baus aus Recyclingbeton.

*Abbildung 1: Ausschnitt Trailer: 1*



Eine Überblendung zu einer der zentralen Fragestellung des Kurzfilms.

*Abbildung 2: Ausschnitt Trailer: 2*



Darstellung der Baustelle beim Kunsthaus. Auch hier wird mit Recyclingbeton gebaut.

*Abbildung 3: Ausschnitt Trailer: 3*

Der knapp zwei Minuten lange Trailer ist mit dem Titel «First Aid Kit» musikalisch unterlegt. Auf Hintergrundgeräusche wurde für eine verstärkte Wirkung der einzelnen Bilder bewusst verzichtet.

## Umsetzung

### ***Finanzierung sichern***

Bei der Umsetzung eines Filmprojektes sind Sponsoren für eine Fremdfinanzierung von grosser Bedeutung. Der Film würde sich bei Interesse oder bei fehlendem Kapital als Werbeplattform nutzbar machen, indem vor oder nach dem Film Werbung eingeblendet wird. Jedoch könnte ein solches Advertising den Eindruck vermitteln, dass der Filminhalt durch einen Sponsor stark mitbeeinflusst wurde und somit nicht mehr objektiv ist.

### ***Locations und Interviewpartner für den Dreh organisieren***

Für das Organisieren von Locations und Interviewpartnern werden die jeweiligen Stakeholder wie z.B. den SIA, die KIBAG, oder das BAFU etc. für Interviews und Bewilligungen angefragt.

### ***Produktion***

Teil der Produktion ist einerseits das Drehen der einzelnen Szenen und andererseits die Postproduktion, d.h. der Schnitt und die Bearbeitung des Films. Die Filmproduktion ist sehr zeitintensiv und erfordert Fachwissen.

### ***Publishing***

Dem arv oder dem BAFU könnte der Kurzfilm zu Informationszwecken dienen. Insofern wurde bereits Interesse an einer Verlinkung des Filmes auf der Website von den beiden Parteien bekundet (Tschan, 2018). Eine weitere Möglichkeit für das Publishing wäre das Dokumentationsfilmportal „Filme für die Erde“. Auf telefonische Anfrage haben sich diese dazu bereit erklärt, im Falle einer Erfüllung ihrer Kriterien, den fertigen Kurzfilm auf ihrem Portal aufzunehmen (Filmsfortheearth, 2018).

### ***Kosten und Gewinne***

Der Grossteil der Kosten einer Filmproduktion entsteht bei der Entwicklung. Darunter fallen Filmequipment, Interviewbewilligungen bzw. Filmgenehmigungen, sowie professionelle Nachbearbeitung und Schnitt des Films. Dazu kommen Verwendungsgebühren von Copyrights der Musik sowie Kosten für das Marketing und Advertising des Films.

Die Massnahme ist nicht darauf ausgelegt, finanzielle Gewinne zu erzielen. Das bedeutet, dass allfällige Einnahmen durch Advertising nur dazu dienen, die Produktionskosten zu decken. Falls die Massnahme in der Praxis die gewünschte Wirkung erzielt, entstehen indirekte Gewinne. Die RC-Baustoff-Branche würde sich auf Grund erhöhter Präsenz und anerkannter Zweckmässigkeit des RC-Betons an einer steigenden Nachfrage erfreuen.

## Nachhaltigkeit der Massnahme

Die Massnahme Kurzfilm verbessert auf eine simple und kreative Art den Wissensstand der Bevölkerung. Dadurch wird der einzelne Bürger kompetent informiert und erhält eine Wissensgrundlage zur Bildung einer eigenen Meinung zu der Thematik. Das wirkt sich positiv auf die Dynamik und Fertigkeit der Gesellschaft aus. Ein allgemein nachhaltiger Lebensstil wird gefördert.

Die ökologische und ökonomische Dimension wird durch die Massnahme indirekt beeinflusst. Der erhöhte Wissensstand führt zu einer Verbesserung des Rufs des RC-Betons und im besten Fall sogar zu einer Forderung der Gesellschaft nach nachhaltigen Baustandards. Die erhöhte Nachfrage nach Sekundärbaustoffen ermöglicht die Schonung der Umweltressourcen sowie das allmähliche Ende der Abhängigkeit von einem vergänglichen Rohstoff.

*Die ausführliche Nachhaltigkeitsüberprüfung ist im Anhang unter «Nachhaltigkeitsbeurteilung» auf Seite 17 zu finden.*



# Massnahme in System

Im Zentrum des Systems steht der Entscheid, RC-Beton einzusetzen. Dieser wird von zwei Bereichen beeinflusst: Der Motivation der Stakeholder, RC-Beton einzusetzen (Variablen unterhalb der Variable „Entscheid für Einsatz von Recyclingbeton“) und der Realisierbarkeit dieser Motivation (Variablen oberhalb der Variable „Entscheid für Einsatz von Recyclingbeton“). Das Augenmerk des Systems liegt dort, wo die Massnahme angreift: Auf dem Grad der Akzeptanz von RC-Beton der Stakeholder und wie ihre Haltungen zusammenspielen. Es ist anzunehmen, dass die Massnahme als aktive Variable die Akzeptanz bei dem Zielpublikum erhöht. Dazu gehören die privaten Bauherren, die diese Funktion nicht von Berufs wegen ausüben und der Teil der Bevölkerung, der zwar nicht unmittelbar ein Bauvorhaben plant, aber dennoch an Nachhaltigkeit interessiert ist.

Der Erfolg der Massnahme hängt davon ab, ob sie die Akzeptanz bei den in Bauprojekten involvierten Stakeholdern und der Bevölkerung zu erhöhen vermag. Das setzt voraus, dass diese die Massnahme auch nutzen und für die Thematik empfänglich sind. Die Zielwirksamkeit der Massnahme ist nicht hoch: Sie hat einen geringen Einfluss auf den Entscheid für Recyclingbeton. Das System bewährt sich, denn auch in der Realität wird die Massnahme wohl keinen RC-Beton-Hype auslösen. Sie wirkt eher wie ein Anstoss im System und hilft, die Akzeptanz von RC-Beton zu erhöhen. Ist dies einmal geschehen, steigt der Einsatz von RC-Beton durch die positiven Rückkopplungen über die „Positiven Erfahrungen mit Recyclingbeton“ auch ohne Zutun der Massnahme. Von einem solchen Zustand sind wir jedoch heute weit entfernt und es ist zu bezweifeln, dass die Rückkopplungen in der Praxis so reibungslos greifen.

Die ausführliche Analyse ist im Anhang unter «Systemanalyse» auf Seite 20 zu finden.

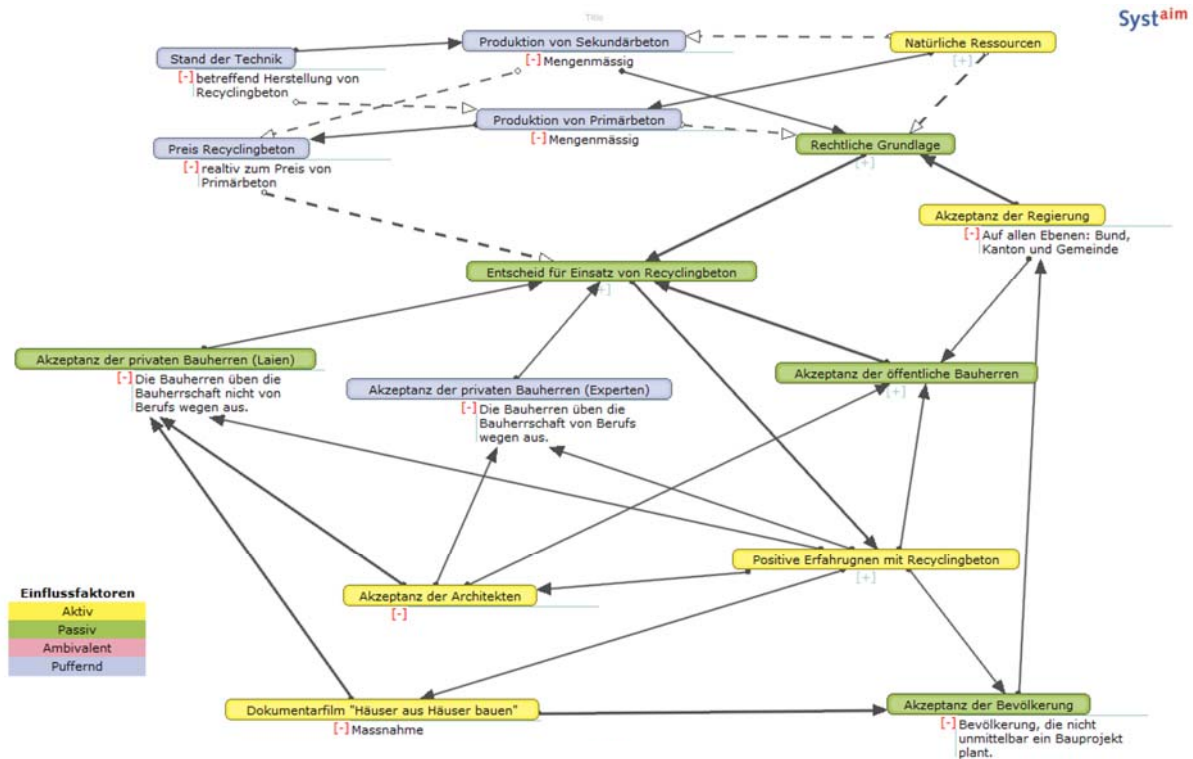


Abbildung 4: Einfluss unserer Massnahme auf das System

## Weiteres Vorgehen

Ein Grossteil der theoretischen Grundlage für die Umsetzung der Massnahme wurde bereits erarbeitet. Dies ist insbesondere die Zusammenfassung der sechs Teilanalysen, sowie die Erarbeitung des Drehbuchs. Die theoretische bzw. die faktische Grundlage der Erstellung bildet aber nur den ersten Schritt in Richtung Umsetzung eines Filmprojektes.

Die nächsten Schritte beinhalten Folgendes:

- Sicherung der Finanzierung der Produktion sowie des Equipments.
- Erwerbung der Filmbewilligung für die gefilmten Locations und die Interviews.

Weiterhin ist wichtig, eng mit den verschiedenen Stakeholdern (arv, SIA und BAFU) zusammenzuarbeiten. Ihr Beitrag ist sowohl für Interviews als auch für hochwertige Beratung und Feedback unerlässlich. Der letzte Schritt, die Publikation der Massnahme, ist die Bereitstellung eines Links des Kurzfilmes für den Stakeholder. Da das Ziel der Massnahme die Verbreitung von Informationen ist, soll die Massnahme auf dokumentarischen Plattformen wie zum Beispiel "Filme für die Erde" mit Einwilligung der Eigentümer zur Verfügung gestellt werden.

## Fazit

Wird das Ziel der Massnahme, die allgemeine Bevölkerung über RC-Baustoffe zu sensibilisieren, erreicht, wäre dies ein Schritt in Richtung umweltbewussterer Einstellung des Einzelnen und der Allgemeinheit. Nicht nur das Recycling von Hausabfällen, sondern auch von Bauabfällen würde ein wichtiges und respektiertes Anliegen der Bevölkerung werden. Bauten aus RC-Beton würden eine grössere Anerkennung geniessen und dadurch vermehrt gebaut werden.

Um das Interesse an der Thematik bei der Bevölkerung zu wecken, ist ein Kurzfilm ein sehr interessanter und vielversprechender Ansatz. Viel effektiver jedoch wäre die Massnahme in einem Gesamtpaket aus mehreren Massnahmen. Denkbar ist eine Kombination der Massnahme mit Informationsbroschüren, einer Website und einem Stadtspaziergang. So können gleichzeitig mehr und Personen verschiedener Alterskategorien auf verschiedenen Kanälen erreicht werden. Auf der Seite [www.timosc.wixsite.com/rcbeton](http://www.timosc.wixsite.com/rcbeton) ist ein erster Ansatz zum Massnahmenpaket zu finden. Die Website kombiniert verschiedene Einzelmassnahmen und beinhaltet einen Blog zum Thema RC-Beton. Auf dieser Seite befindet sich sowohl der Trailer zur Massnahme Kurzfilm, als auch die Massnahme des Stadtspazierganges durch Zürich zum Thema RC-Beton.

# Referenzen

- Aeschbach, S., Harper, S., Lausberg, N., Piskoty, N., Schwand, C., & Ulrich, N. (2017). *Häuser aus Häusern Bauen - Die Verwendung von Sekundärbaustoffen im Hochbau Schweiz, Wirtschaftliche Teilanalyse über die Verwendung von Primär- und Sekundärbaustoffen.*
- Aeschbach, S. H., S., Lausberg, N., Piskoty, N., Schwand, C., & Ulrich, N. (2018). (2017). *Häuser aus Häusern Bauen - Die Verwednung von Sekundärbaustoffen Im Hochbau Schweiz, Wirtschaftliche Teilanalyse über die Verwendung von Primär- und Sekundärbaustoffen.*
- Amt für Hochbauten Stadt Zürich. (2018). Beton Konkret, Musterwand Recyclingbeton. Zugriff am 26.05. Abgerufen von <https://www.stadt-zuerich.ch/beton-konkret>.
- arv. (2018). Zugriff am 9.3.18. Abgerufen von <http://www.arv.ch/de/1024/Verband.htm>.
- BAFU. (2018). Zugriff am 20.5.2018. Abgerufen von <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/amt/das-bafu-in-kuerze.html>.
- Bertschinger, D., Camichel, A., Falk, H., Gioacomini, F., Hansen, M., & Stauder, J. (2017). *Stoffflussanalyse Gruppe 3.*
- Bundesamt für Umwelt (BAFU), A. A. u. R. (2014). Erläuterung zur Totalrevision der Technischen Verordnung über Abfälle TVA. 55/57.
- Clamens-Gruppe. (2011). Film über Betonrecycling. Zugriff am 01.06.2018. Abgerufen von <https://www.youtube.com/watch?v=9pLFNQQ7yZg>.
- Filmsfortheearth (2018, 05.03.2018). Telefonat [persönliche Mitteilung].
- Kaufmann Widrig Architekten. (2018). Musterwand Recyclingbeton. Zugriff am 26.05.2018. Abgerufen von <http://www.archplus.net/home/archiv/artikel/46,4860,1,0.html>.
- Recht-1. (2017). *Teilananalyse Recht 1.*
- Ressourceneffizienz, V. Z. (2014). Recycling Concrete. Abgerufen von <https://www.youtube.com/watch?v=TNNPLQkqipE>
- SIA.ch. (2018). Zugriff am 19.5.18. Abgerufen von <http://www.sia.ch/de/der-sia/der-sia/>.
- Stofffluss-3. (2017). *Teilanalyse Stofffluss 3.*
- Technik-1. (2017). *Teilanalyse Technik 1.* Abger
- Tschan, M. (2018, 02.05). Stakeholdergespräch in UPL II zur Massnahme "Dokumentarfilm" [persönliche Mitteilung].
- Vasell, I., & Angehrn, B. (2018, 08.05). Stakeholdergespräch mit dem SIA im Rahmen von UPL II zur Massnahme "Dokumentarfilm" [persönliche Mitteilung].
- Wiederverwendung-1. (2018).
- Yprema. (2018a). Recyclingunternehmen Yprema Frankreich. Zugriff am 01.06.2018. Abgerufen von [http://www.yprema.fr/index.php?rub=beton\\_recycle](http://www.yprema.fr/index.php?rub=beton_recycle).

# Anhang

## Fragestellungen

Die zentralen Fragestellungen sind: Wie können die bereits vorhandenen Baustoffressourcen verwendet werden? Welche Materialien können rezykliert werden? Warum sollten sich Bauherren und Entscheidungsträger für RC-Beton interessieren? Und warum sollte sich die Öffentlichkeit für den Einsatz von RC-Beton interessieren?

## Drehbuch: Baustoffe der Zukunft

### Ziel

Das Ziel des Kurzdokumentarfilms ist ein objektiver Überblick über den Prozess wie aus alten Häusern neue Häuser gebaut werden können. Dies beinhaltet vom Abbruch eines Hauses bis zu der Verwendung des recycelten Beton, den ganzen Prozess des Abbauens und Bauens eines Hauses. Der Kurzdokumentarfilm dient auf einer informativen Ebene dem Zuschauer die Verwendungsmöglichkeiten und den Prozess der Herstellung eines bestimmten Sekundärbaustoffes und die damit verbundenen Vor- und Nachteile aufzuzeigen.

Szene	Kamera	Aussage
1. Baulandschaft Schweiz	Ein Mindmap oder eine Darstellung mit der Problemstellung und Fakten zum Neubau/Abbruch/Rückbau der Schweiz.	Warum wir nachhaltig Bauen müssen und warum es Sinn macht bereits bestehende Häuser als Ressourcen zu verwenden.
2. Rückbau	Kamera filmt den Abbruch eines Hauses aus der Vogelperspektive. Schnitt zu der Verladung der einzelnen Abbruchmaterialien und zu wiederverwendenden Materialien.	Wie wird abgebaut und was für Herausforderungen bietet der Rückbau eines Hauses. Was passiert mit dem abgebauten Material.
3. Wie aus Abbruch wieder Beton wird	Siehe unter „Detaillierter Aufbau Kurzbeitrag: Wie aus Abbruch wieder Beton wird“ auf Seite 14.	

<p>4. Vergleich RC-Beton und Primärbeton</p>	<p>Kamera Doppelbild auf einer Seite Primärbeton und auf der rechten Seite Sekundärbeton. Überblendung mit Information zu den jeweiligen Arten. Schnitt und nächstes Bild Unterschiede in der Verwendung der jeweiligen Betonarten.</p>	<p>Was ist der Unterschied auf der Baustoffseite und damit verbundenen Verwendungsseite. Wie sieht es mit dem Ästhetischen Aspekt aus.</p>
<p>5. Baustoffmarkt und Stofffluss</p>	<p>Ein kurzer Überblick über den Stoffkreislauf von Beton schematisch dargestellt. Überblendung zum Baustoffmarkt. Kamera auf den Interviewpartner des ARV mit Einblendung der jeweiligen Fragestellung. Kamerawechsel zum nächsten Interviewpartner z.b. von Holcim der in gleicher Kameraführung seine Sicht des Markts aufzeigt. Überblendung zu einer schematischen Darstellung des Baustoffmarkt mit Preis/Nachfrage Diagramm und Darstellung der Ökobilanz der verschiedenen Betonsorten. Überblendung zur schematischen Darstellung der Normen und Gesetzgebung bezüglich CC und RC-Beton.</p>	<p>Warum wird immer noch soviel Primärbeton verwendet und wie sieht der Baustoffmarkt in der Schweiz aus. Welche Vor- und Nachteile bestehen bezüglich der Verwendung des einen oder des anderen Betons. Wie werden RC-Beton und Primärbau- stoffe bezüglich Verwendung reglementiert.</p>

6. Stadt Zürich	Kamera filmt aus der Vogelperspektive und wechselt dann zur Frontalansicht zum Beispiel des Richi Haus, das Komplet aus RC-Beton gebaut wurde. Interview mit dem Bauherr der Stadtzürich vor dem Richihaus.	Stadt Zürich als Vorreiter in Sachen bauen mit Sekundärbaustoffen. Was wurde bisher erreicht und was ist möglich.
7. Prognosen	Prognosen für die nächsten 7 bis 32 Jahren schematisch dargestellt. Überblendung zu prognostizierten Entwicklungen des BAFUs bezüglich Veränderungen im Bauwesen.	Die Zukunft als Modell dargestellt. Werden wir immer noch mehr bauen und was passiert mit den sehr alten Gebäuden? Wie entwickeln sich die Baustoffabfälle in der Zukunft und was wird mit ihnen geschehen?

## Detallierter Aufbau Kurzbeitrag: Wie aus Abbruch wieder Beton wird

### Ziel

Anhand dieses Kurzbeitrages soll dem Zuschauer aufgezeigt werden, wie es möglich ist aus Abbruch RC-Beton herzustellen. Dem Zuschauer soll auch einen Überblick über die Zustände auf dem Recyclingbaustoffmarkt in der Schweiz gegeben werden.

Für unsere Gruppe wäre es ein erster Kurzbeitrag, um sich im Erstellen eines Dokfilmes zu üben.

Szene	Kamera	Aussage
1. Lastwagen kommt an	Verschieden Ansichten eines LKWs in und ausserhalb der Anlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lastwagen kommt von einer Bausstelle</li> <li>- Wieviel Tonnen von was pro LKW</li> <li>- Distanz zur Baustelle darf nicht zu gross sein</li> </ul>

2. Interview: Kommandobrücke	Interviewpartner stehend. Zeigt verschiedene Sachen	- Was wird auf der Kommandobrücke gemacht. - Was ist die Geschichte der Kibag
3. Lastwagen wird geleert	Sich leerender LKW	- Jährlicher Umsatz
4. Beton wird verkleinert und getrennt	Verschieden Ansichten der Maschinen	- Erklärung der einzelnen technischen Schritten
5. Interview: Technische Daten	Interwie auf Kommandobrücke	- Was sind die Möglichkeiten im Vergleich zu Primärbeton
6. Wird mit neuem Zement angemischt	Verschieden Ansichten der Maschinen	- Erklärung der einzelnen technischen Schritten
7. Interview: Markt im Moment	Interwie auf Kommandobrücke	- Was sind Schwierigkeiten, sowie Möglichkeiten
8. Lastwagen verlässt Anlage	Lastwagen wird gefüllt und verlässt Anlage	- Beton geht raus damit ein neues Haus gebaut werden kann

### Drehbuch: Trailer Kurzfilm

Szene	Kamera	Aussage
1. Filmaufnahme einer Baustelle	8s Filmaufnahme einer Baustelle. Die Kamera schweift über die Baustelle und zeigt die Bauarbeiter bei der Arbeit.	Bevölkerungswachstum bzw. auch in Zukunft wird viel gebaut. Zur Entwicklung einer Gesellschaft gehört das Bauen dazu. Alte baufällige Gebäude müssen abgerissen werden, neue Häuser werden gebaut oder saniert.

2. Filmaufnahme der Bergen	15s Filmaufnahme der Bergen von der Stadt Zürich aus gefilmt. Kurzer rundum Blick im Panoramastil.	Gebaut wird heutzutage hauptsächlich mit Primärressourcen, Kies aus den schweizer Bergen. Jedoch sind die Primärressourcen nicht endlich und ihre Nutzung nicht nachhaltig.
3. Filmaufnahme Stadt Zürich	15s Filmaufnahme Stadt Zürich. Am besten per Drohne mit Zeitraffer gefilmt.	Ressourcen sind vorhanden. Häuser aus Häusern bauen. Was abgebrochen wird kann auch wieder neu verwertet werden. Zürich als öffentlicher Bauherr gilt als Vorbildsfunktion für andere Städte. Es wird schon viel mit RC-Beton gebaut.
4. Filmaufnahme eines Recyclinghaus	15s. Filmaufnahme eines Recyclinghaus. Aus der Zentralperspektive und dann Zoom mit Vollbild auf das Recyclinghaus.	Ein Beispiel für ein Recyclinghaus. Qualitativ und auch ästhetisch auf einem hohen Standart. Wird bereits für auch für komplexere Bauten genutzt.
5. Filmaufnahme von vorbeigehenden Menschen (RC-Beton Haus)	15s Filmaufnahme von vorbeigehenden Menschen (RC-Beton Haus), Kamera auf dem Stativ relativ nah.	Informationen fehlen und das Interesse der Bevölkerung existiert noch nicht in dieser Form. Recycling bezieht sich auf Pet oder Batterien.
6. Hintergrund Betonwand	Hintergrund Betonwand	„Dokfilm“ Coming Soon



## Nachhaltigkeitsbeurteilung der Massnahme

### Soziale Dimension

#### ***Das Wissen der Bevölkerung über Recyclingbeton***

Derzeit wird wenig investiert, die Bekanntheit von Recyclingbeton (RC-Beton) zu erhöhen. Daher weiss nur ein kleiner Teil der Bevölkerung darüber Bescheid. Im Internet sind zwar Informationen über rezyklierten Beton zu finden, doch oft in sehr komplexen und technischen Dokumenten, die für einen Laien nur schwer verständlich sind. Sie richten sich eher an Unternehmen oder Fachleute, die bereits ein vertieftes Vorwissen in der Thematik mitbringen (S. Aeschbach et al., 2017).

#### ***Position der Bevölkerung bezüglich Ressourcenschutz***

In der Schweiz sind der Ressourcen- und Umweltschutz wichtige Themen. In einigen Bereichen ist die Gesellschaft bezüglich Recycling gut informiert: Das verantwortungsbewusste Trennen von PET, Glas oder Papier ist selbstverständlich. Im Vergleich dazu ist der Bevölkerung das Recycling von Baustoffen eher fremd und findet wenig Beachtung (Tschan, 2018). Selbst im Baubereich gibt es einen Mangel an Informationen und Interesse an RC-Beton. Zum Beispiel hat die SIA nur ein einziges Merkblatt, in dem Betonrecycling genauer erklärt wird (Vasell & Angehrn, 2018).

Bezüglich des Recyclingbetons besteht keine eindeutige Meinung in der Bevölkerung. Fehlende Informationen können neben Indifferenz zu Vorurteilen oder Verfestigung von schon bestehenden Vorurteilen führen.

#### ***Der Ruf von Recyclingbeton***

Die Zweckmässigkeit von Recyclingbeton wird oft nicht anerkannt. Zweifel bestehen insbesondere an seinen ästhetischen sowie qualitativen Eigenschaften. Diese beruhen ausschließlich auf ungerechtfertigten Vorurteilen, die auf Grund mangelnder Information nicht abgebaut werden (Vasell & Angehrn, 2018). So sind Gebäude aus rezykliertem Beton zwar vorhanden, jedoch wird nicht öffentlich gemacht, dass sie einen Recyclingbeton-Anteil aufweisen. Die Gelegenheit, die Bevölkerung anhand praktischer Beispiele vom Recyclingbeton zu überzeugen, wird nicht genutzt.

### Ökologische Dimension

#### ***Ressourcenschutz***

Aktuell werden 90 Prozent des abgebrochenen Materials rezykliert, die restlichen 10 Prozent landen auf Deponien (Bertschinger et al., 2017). In Zukunft wird die Knappheit an natürlichen Ressourcen zunehmen und rückzubauende Häuser werden als Ressource an Bedeutung gewinnen. Der Prozentsatz des rezyklierten Materials wird deshalb zunehmen, aber nie 100 Prozent erreichen. Denn Bauabbrüche sind sehr komplex und beinhalten auch nicht rezyklierbare Materialien (beispielsweise Plastik oder komplexe Stoffkombinationen) (Tschan, 2018).

#### ***Distanz zwischen Abbruch- oder Baustellen und Recyclingzentren***

In der Schweiz stellen unter anderen der arv, die Kibag und Eberhard Unternehmungen Platz zu Verfügung, um Abbruchmaterial zu deponieren (Tschan, 2018). Diese drei Organisationen verkaufen auch rezykliertes Material. Die wenigen vorhandenen Baustoffrecyclingstellen befinden sich jedoch meist in weiter Distanz von den Baustellen (Vasell & Angehrn, 2018).

Abbruchabfälle können aus Platzgründen nicht auf der Baustelle selbst gelagert werden. Für ihre Entsorgung wählen die Unternehmen die dem Standort nächstgelegene Deponie (Yprema, 2018a). Wenn sich die Deponie und die Verkaufsstelle für Recyclingmaterial am gleichen Ort befinden, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass für den Neubau Recyclingbaustoffe eingesetzt werden.

## Ökonomische Dimension

### *Marktwirtschaftliche Situation*

Der Bausektor trägt in der Schweiz zu gut 5 Prozent des BIP bei. Gegenwärtig wird grösstenteils mit Primärbeton gebaut. Dadurch macht sich die Schweizer Bauindustrie stark abhängig von der natürlichen Ressource Kies. Diese wird sehr günstig angeboten, da bei Aushüben Kies in sehr grossen Mengen als Nebenprodukt anfällt (S. Aeschbach et al., 2017). In 50 Jahren soll jedoch der natürliche Kiesbestand knapp werden. Sobald der zur Herstellung notwendige Rohstoff ausgeht, muss die Baubranche eine alternative Lösung finden. Um einem ökonomischen Zusammenbruch entgegenzuwirken, ist es sinnvoll, ab sofort alternative Bauformen in Betracht zu ziehen und schrittweise als festen Bestandteil der Bauindustrie zu integrieren (S. Aeschbach et al., 2017). Eine Möglichkeit, die Kiesressourcen zu schonen, ist das Herstellen von Beton aus Rückbaumaterial.

### *Nachfrage und Preisentwicklung*

Die Nachfrage nach RC-Beton steigt zwar, jedoch ist er noch zu wenig verbreitet. Dadurch können Vorurteile, die auf mangelndem Wissen gründen, nicht überwunden werden. Je präsenter der RC-Beton im Alltag ist, desto stärker wird sich die Nachfrage erhöhen. Weil die Herstellung von RC-Beton sehr aufwendig ist und es in diesem Bereich nur wenige Erfahrungswerte gibt, ist sie tendenziell teurer als die von Primärbeton. Trotzdem gibt es Unternehmen, die bereits einen bedeutenden Gewinn mit Sekundärbeton erzielen (S. Aeschbach et al., 2017). Durch Weiterentwicklung der Technologien wird das aufwendige Verfahren in Zukunft vereinfacht und günstiger ablaufen, das heisst die Mehrkosten für die RC-Herstellung werden relativ gesehen kleiner. Diesen Effekt verstärken die steigenden Preise für den Deponieraum sowie auch für den knapper werdenden Kies (S. Aeschbach et al., 2017). Derzeit kann Primärbeton günstiger hergestellt werden, doch mit ausgereifterer Technologie und den anderen Umständen wird sich dies zwangsläufig ändern.

## **Inwieweit hat die Massnahme (Kurzfilm) Einfluss auf die verschiedenen Parameter?**

Zunächst ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass sich der kurze Dokumentarfilm in erster Linie an die Bevölkerung und nicht unbedingt an Bauunternehmen richtet. Der Kurzfilm wird sich somit hauptsächlich auf die soziale Dimension auswirken. Wie bereits erwähnt, gibt es einen erheblichen Mangel an Informationen und einen Mangel an Interesse zum Thema Betonrecycling. Der Kurzfilm bildet daher einerseits einen interessanten und kreativen Ansatz zur Verbesserung des Informationsstandes der Bevölkerung und andererseits eine Verbesserung der Beurteilung von RC-Beton. Das bedeutet kurz gesagt, dass verbesserte Informationszugänglichkeit und Informationsbereitstellung zu einer Abnahme an Vorurteilen und Fehlinformationen bezüglich RC-Beton führt. So werden beide der zwei Indikatoren der sozialen Dimension nachhaltig verbessert.

In der ökologischen Dimension ist die Wirkung des Films indirekter. Es ist zu vermuten, dass die Massnahme langfristig zu einer Erhöhung des RC-Beton-Anteils in der Schweiz führen

wird. Denn wenn das Interesse der Bevölkerung an RC-Beton und damit letztlich auch die Nachfrage nach RC-Beton steigt, kann man daraus schließen, dass langfristig die Produktion von Recyclingbeton zunehmen wird, was sich positiv auf die Ökologie auswirken wird. Eine hohe Produktion und Verwendung von RC-Beton bedeutet einen Rückgang der Produktion von Primärbaustoff und somit eine Verbesserung/Erhöhung des Indikators «Prozentsatz des rezyklierten Baustoffmaterials».

Steigt die Nachfrage nach RC-Beton ist anzunehmen, dass auch die Anzahl an Recyclingunternehmen steigen wird und somit der zweite Indikator «Abstand zwischen Abbruch- Baustelle und Recyclingzentren» verbessert wird. Je mehr Recyclingunternehmen desto kürzer werden die Abstände zwischen Baustelle und Recyclingunternehmen. Dabei wird vermutet, dass sich künftige Recyclingunternehmen einen lukrativen Standort aussuchen werden und somit nahe an Bauzentren gebaut werden.

Die ökonomische Dimension wird von der Massnahme Kurzfilm indirekt beeinflusst. Wie weiter oben schon angemerkt, wird durch eine verbesserte Informationsgrundlage, die Nachfrage nach RC-Beton steigen. Der zweite Indikator der ökonomischen Dimension «Nachfrage und Preisentwicklung» wird daher positiv beeinflusst. Zum Thema Preisentwicklung kann angenommen werden, dass eine erhöhte Nachfrage einerseits die Produktion von RC-Beton steigert und aus diesem Grunde andererseits auch den Preis der Produktion und somit auch den Preis von RC-Beton senken wird. Bei einer erhöhten Produktionsmenge (Massenproduktion) ist der Preis des Produktes tendenziell tiefer als bei einer sehr kleinen produzierten Menge.

Der erste Indikator der ökonomischen Dimension «Marktwirtschaftliche Situation» wird durch die Massnahme Kurzfilm indirekt beeinflusst. Auch hier kann angenommen werden, dass ein erhöhter Einsatz von RC-Beton zu einer Abnahme des Einsatzes von Primärbeton und daher auch zu einer Abnahme des Einsatzes der natürlichen Ressource Kies führen kann. Die marktwirtschaftliche Situation als Ganzes betrachtet wird nicht beeinflusst. Bei einer steigenden Bevölkerungszahl wird die Bauinfrastruktur nicht abnehmen, sondern könnte sogar zunehmen. Das bedeutet, dass die Massnahme keinen kurzfristigen oder mittelfristigen Einfluss auf die marktwirtschaftliche Situation haben wird. Langfristig betrachtet kann jedoch dem ökonomischen Zusammenbruch entgegengewirkt werden. Kies wird nachhaltiger genutzt und Abbruchmaterialien werden wiederverwendet anstatt auf Deponien zu landen.

# Massnahme im System

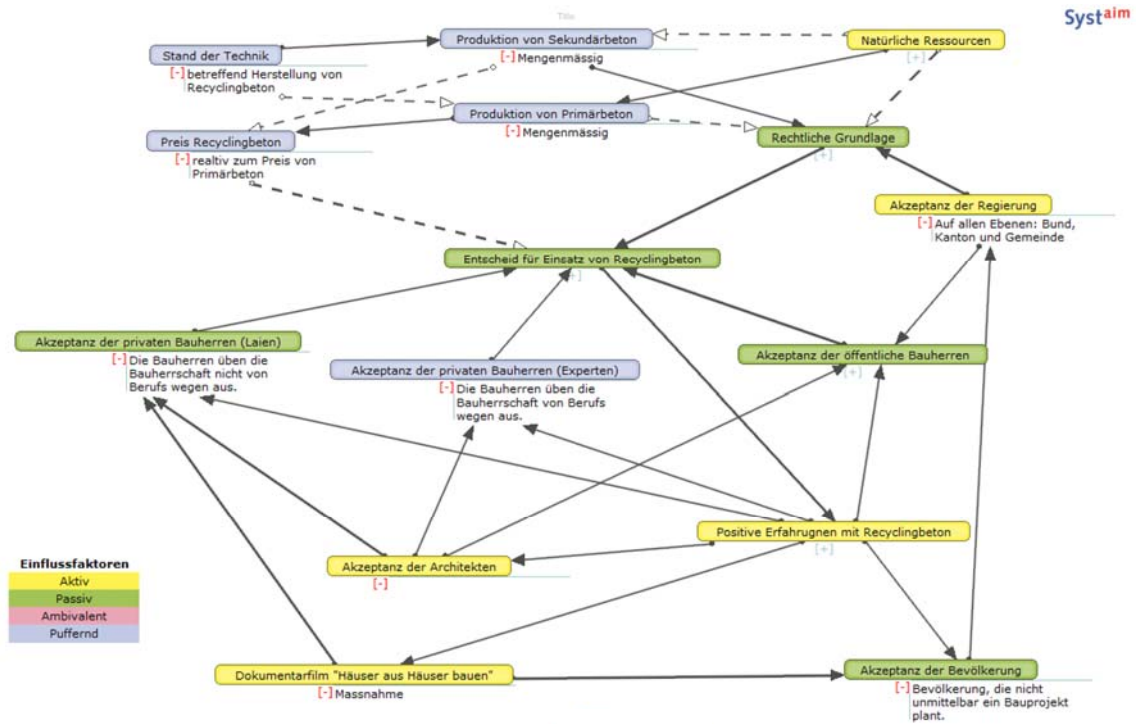


Abbildung 5: Einfluss unserer Massnahme auf das System

Im Zentrum des Systems steht der Entscheid, Recyclingbeton einzusetzen. Dieser wird hauptsächlich von zwei Bereichen beeinflusst: Der Motivation der Stakeholder, Recyclingbeton einzusetzen (Variablen unterhalb der Variable „Entscheid für Einsatz von Recyclingbeton“) und der Realisierbarkeit dieser Motivation (Variablen oberhalb der Variable „Entscheid für Einsatz von Recyclingbeton“).

Mit Motivation ist der Grad der Akzeptanz von Recyclingbeton gemeint: Finden die Stakeholder, dass Recyclingbeton eine gute Sache ist oder nicht? Unter Realisierbarkeit der Motivation sind die Faktoren zusammengefasst, die neben der Akzeptanz einen Einfluss auf die Entscheidung für oder gegen Recyclingbeton haben. So bevorzugt zum Beispiel jemand, der Recyclingbeton „eigentlich eine gute Sache findet“ wahrscheinlich trotzdem Primärbeton, wenn dieser günstiger ist als der Sekundärbeton.

Das Augenmerk des Systems liegt dort, wo auch die Massnahme angreift: Auf dem Grad der Akzeptanz von Recyclingbeton der verschiedenen Stakeholder und wie ihre Haltungen zusammenspielen. Die Realisierbarkeit der Motivation und damit die Aspekte, die den Stofffluss, die Baustoffe und die Wiederverwendung betreffen, sind nicht im System miteinbezogen, weil die Massnahmen nicht auf diese Bereiche abzielen und dort praktisch keine Wirkung entfalten. Auch die ökonomischen, technischen und rechtlichen Teilbereiche, die ebenfalls zum Faktor Realisierbarkeit zählen, werden aus diesen Gründen nur oberflächlich betrachtet.

Es ist davon auszugehen, dass die Massnahme als aktive Variable die Akzeptanz von Recyclingbeton beim Zielpublikum erhöht. Dazu gehören zum einen die privaten Bauherren, die diese Funktion nicht von Berufs wegen ausüben. Zum anderen zielt die Massnahme darauf ab, den Teil der Bevölkerung, der zwar nicht unmittelbar ein Bauvorhaben plant, aber dennoch

an Nachhaltigkeit interessiert ist, für die Thematik Recyclingbeton zu sensibilisieren. Dementsprechend übt unsere Massnahme den grössten Veränderungsdruck auf die Variablen „Akzeptanz der privaten Bauherren (Laien)“ und „Akzeptanz der Bevölkerung“ aus.

Weil die Variable „Akzeptanz der Bevölkerung“ nur die Personen einschliesst, die keine Bauvorprojekte planen, hat die Variable keinen direkten Einfluss auf den Entscheid für Recyclingbeton. Jedoch wählt eine nachhaltig denkende Bevölkerung eher auch umweltbewusste Vertreter in die Regierung. Dadurch ist es wahrscheinlicher, dass rechtliche Bestimmungen, die den Einsatz von Recyclingbeton fördern oder gar vorschreiben, in Kraft gesetzt werden. Eine umweltbewusste Regierung wirkt sich weiter auf die Haltung der öffentlichen Bauherren gegenüber Recyclingbeton aus: Sie stellt auch in ihren Baudepartementen nachhaltig denkende Personen an, die sich eher für Recyclingbeton entscheiden.

Ist die Akzeptanz gegenüber Recyclingbeton bei den Bauherren hoch, hat dies einen unmittelbaren Einfluss auf die Variable „Entscheid für Recyclingbeton“, weil es die Bauherren sind, die in ihren Bauprojekten schlussendlich Recyclingbeton einsetzen oder nicht. Den Architekten dagegen kommt eine andere Rolle zu. Sie beeinflussen den Entscheid für Recyclingbeton, indem sie den Bauherren dessen Verwendungsmöglichkeiten aufzeigen und sie allenfalls zu überzeugen versuchen, mit oder ohne Recyclingbeton zu bauen. Dies begründet auch, weshalb die Akzeptanz der Architekten gegenüber Recyclingbeton eine aktive Variable im System ist: Mit ihrer Haltung können die Architekten die Bauherren, insbesondere die unerfahrenen, beeinflussen.

Der Druck auf das System kommt von der Menge an natürlichen Ressourcen. Verknappen diese auf ein kritisches Mass, ist es nötig und wohl auch finanziell attraktiver, mehr Recyclingbeton zu produzieren. Dies wirkt sich auf die Produktion von Sekundär- und Primärbaustoffen aus und insbesondere auch auf die rechtlichen Bestimmungen: Die Handhabung mit Sekundärrohstoffen wird gefördert, während natürliche Ressourcen geschützt werden.

Im System haben die Variablen „Rechtliche Grundlagen“, „Preis von Recyclingbeton“ und „Akzeptanz der öffentlichen Bauherren“ die grösste Zielwirksamkeit. Dies lässt sich nicht genau so auf die Wirklichkeit übertragen. Dass die „Akzeptanz der öffentlichen Bauherren“ eine dermassen hohe Zielwirksamkeit hat, liegt daran, dass unser System die Realität nicht perfekt abbildet und zu wenig ausdifferenziert ist. Die rechtlichen Grundlagen dagegen haben auch in Wirklichkeit einen grossen Einfluss: Schreibt ein Gesetz den Einsatz von Recyclingbeton vor, müssen sich die Stakeholder danach richten. Auch der Preis von Recyclingbeton hat in Realität einen grossen Einfluss, weil sich viele Stakeholder für die Möglichkeit entscheiden, die ihr Portemonnaie am wenigsten belastet (S. Aeschbach et al., 2017).



Abbildung 6: Wirksamkeitsanalyse der Massnahme

Der Erfolg von der Massnahme hängt davon ab, ob sie die Akzeptanz bei den in Bauprojekten involvierten Stakeholdern zu erhöhen vermag. Denn nur dann entscheiden diese sich dafür, Recyclingbeton einzusetzen. Wenn die Massnahme dazu beiträgt, ein nachhaltiges Denken in der Bevölkerung zu etablieren und den Wissenstand über Recyclingbeton zu erhöhen, kann dies ebenfalls als Erfolg gewertet werden. Das setzt voraus, dass diese die Massnahme auch nutzen und für die Thematik empfänglich sind. Die Zielwirksamkeit der Massnahme ist nicht sehr hoch: Die Massnahme hat einen geringen Einfluss auf den Entscheid für Recyclingbeton. Das spricht für das System: Denn auch in der Realität wird die Massnahme wohl weder einen Recyclingbeton-Hype auslösen, noch die Situation der Recyclingbaustoffe auf den Kopf stellen können.

Ob sich die Massnahme durchsetzt, hängt weiter davon ab, ob die Stakeholder positive Erfahrungen mit Recyclingbeton machen. Wenn mehr positive Erfahrungen gemacht werden, steigt das Interesse an Recyclingbeton und damit auch an unseren Massnahmen, die Informationen über dieses Thema bereitstellen. Die Variable „Positive Erfahrungen mit Recyclingbeton“ verhält sich aktiv und kann das System stark beeinflussen, weil die meisten Rückkopplungen über diese Variable laufen. Diese Variable übt einen grossen Veränderungsdruck auf den jeweiligen Grad der Akzeptanz der im System aufgeführten Stakeholder aus.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Massnahme wie ein Anstoss im System wirkt. Sie hilft, die Akzeptanz von Recyclingbeton zu erhöhen. Ist dies einmal geschehen, steigt der Einsatz von Recyclingbeton durch die diversen positiven Rückkopplungen über die „Positiven Erfahrungen mit Recyclingbeton“ eigentlich auch ohne Zutun der Massnahme. Von einem solchen Zustand sind wir jedoch heute weit entfernt und es ist zu bezweifeln, dass die Rückkopplungen in der Praxis so reibungslos greifen. Im Gegenteil: Solange die Gesellschaft nicht unmittelbar und mit Verzicht verbunden die Auswirkungen der Verknappung der natürlichen Ressourcen spürt, ist immer wieder ein Anstoss nötig, damit sie sich mit nachhaltigen Themen beschäftigt.

## Beschreibung der Variablen

Name	Entscheid für Recyclingbeton
<b>Beschreibung</b>	Diese Variable beschreibt, ob sich die verschiedenen Stakeholder für den Einsatz von Recyclingbeton in ihren Bauprojekten entscheiden oder nicht.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Die Variable ist hoch ausgeprägt, wenn sich die Mehrzahl der Stakeholder dafür entscheidet, mit Recyclingbeton zu bauen und das Bauprojekt realistisch ist.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt, wenn sich nur wenige Stakeholder entscheiden, mit Recyclingbeton zu bauen.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Prozentualer Anteil von Bauten mit Recyclingbeton an allen Neubauten
<b>Hintergrund</b>	Alle Teilanalysen ausser Wiederverwendung

Name	Akzeptanz der privaten Bauherren (Laien)
<b>Beschreibung</b>	Mit privaten Bauherren sind Bauherren gemeint, die ihr Eigenheim planen und die Bauherrschaft nicht von Beruf wegen ausüben. Mit Akzeptanz ist die Haltung gegenüber Recyclingbeton gemeint.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Eine hohe Akzeptanz der privaten Bauherren gegenüber Recyclingbeton bedeutet, dass viele private Bauherren hinreichend über Recyclingbeton informiert sind, keine Vorurteile gegenüber diesem hegen und ihn als sinnvoll ansehen. Sie möchten in ihren Bauprojekten Recyclingbeton dem Primärbeton vorziehen, wenn dies realisierbar ist.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Eine tiefe Akzeptanz der privaten Bauherren gegenüber Recyclingbeton bedeutet, dass wenige private Bauherren hinreichend über Recyclingbeton informiert sind, viele Vorurteile gegenüber diesem hegen und ihn als wenig sinnvoll sowie qualitativ minderwertiger als Primärbeton ansehen. Die meisten Bauherren ziehen in ihren Bauprojekten Primärbeton dem Recyclingbeton vor.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Die Variable wird mit dem prozentualen Anteil an privaten, nicht beruflichen Bauherren an allen privaten, nicht beruflichen Bauherren gemessen, die bereit sind Recyclingbeton einzusetzen, wenn dies realisierbar ist.
<b>Hintergrund</b>	Technische, rechtliche und ökonomische Teilanalyse, Stofffluss



Name	Akzeptanz in der Bevölkerung
<b>Beschreibung</b>	Mit Bevölkerung ist derjenige Teil der Bevölkerung gemeint, der nicht unmittelbar ein Bauprojekt plant, sich aber für Nachhaltigkeit interessiert. Mit Akzeptanz ist die Haltung gegenüber Recyclingbeton gemeint.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Eine hohe Akzeptanz von Recyclingbeton bedeutet, dass ein grosser Teil der Bevölkerung hinreichend über Recyclingbeton informiert ist, keine Vorurteile gegenüber diesem bestehen und dass Recyclingbeton in der Bevölkerung als sinnvoll und qualitativ gleichwertig wie Primärbeton angesehen wird. Die Variable ist hoch ausgeprägt, wenn ein grosser Teil der Bevölkerung vorhat, bei zukünftigen Bauvorhaben Recyclingbeton einzusetzen.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Eine tiefe Akzeptanz von Recyclingbeton bedeutet, dass ein kleiner Teil der Bevölkerung hinreichend über Recyclingbeton informiert ist, viele Vorurteile gegenüber diesem bestehen und dass Recyclingbeton in der Bevölkerung als wenig sinnvoll angesehen und qualitativ minderwertiger als Primärbeton angesehen wird. Die Variable ist tief ausgeprägt, wenn Vorurteile gegenüber Recyclingbeton bestehen und nur ein kleiner Teil der Bevölkerung vorhat, bei zukünftigen Bauvorhaben Recyclingbeton einzusetzen.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Die Variable wird anhand des prozentualen Anteils der Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung gemessen, der in Zukunft beim Bau oder Kauf eines Hauses auf den Recyclingbeton-Anteil schauen wird und der es begrüsst, wenn öffentliche Gebäude mit Recyclingbeton gebaut werden.
<b>Hintergrund</b>	Technische, rechtliche und ökonomische Teilanalyse, Stofffluss

Name	Akzeptanz der Architekten
<b>Beschreibung</b>	Mit Architekten sind diejenigen Personen gemeint, die Architekt als Beruf ausüben. Mit Akzeptanz ist die Haltung der Architekten gegenüber Recyclingbeton gemeint.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Eine hohe Akzeptanz bedeutet, dass die Architekten gut über Recyclingbeton informiert sind, keine Vorurteile gegenüber diesem hegen und ihn als sinnvoll und qualitativ gleichwertig wie Primärbeton ansehen. Die Architekten entscheiden sich immer für Recyclingbeton, wenn dies realisierbar ist.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Eine tiefe Akzeptanz bedeutet, dass die Architekten schlecht über Recyclingbeton informiert sind, Vorurteile gegenüber diesem hegen, ihn als wenig sinnvoll und qualitativ minderwertiger als Primärbeton ansehen. Die Architekten ziehen Primärbeton dem Sekundärbeton vor.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Die Variable wird anhand des prozentualen Anteils der Architekten an allen Architekten gemessen, die Recyclingbeton in den von ihnen geplanten Gebäuden bevorzugen.
<b>Hintergrund</b>	Technische, rechtliche und ökonomische Teilanalyse, Stofffluss

Name	Akzeptanz der privaten Bauherren (Experten)
<b>Beschreibung</b>	Mit privaten Bauherren (Experten) sind diejenigen Bauherren gemeint, die die Bauherrschaft von Beruf wegen ausüben und für Dritte übernehmen. Mit Akzeptanz ist die Haltung gegenüber Recyclingbeton gemeint.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Eine hohe Akzeptanz bedeutet, dass die Bauherren gut über Recyclingbeton informiert sind, keine Vorurteile gegenüber diesem hegen und ihn als sinnvoll und qualitativ gleichwertig wie Primärbeton ansehen. Die Bauherren entscheiden sich immer für Recyclingbeton, wenn dies realisierbar ist.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Eine tiefe Akzeptanz bedeutet, dass die Bauherren schlecht über Recyclingbeton informiert sind, Vorurteile gegenüber diesem hegen und ihn als wenig sinnvoll und qualitativ minderwertiger als Primärbeton ansehen. Die Bauherren ziehen Primärbeton dem Sekundärbeton vor.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Die Variable wird anhand des prozentualen Anteils der Bauherren an allen Bauherren gemessen, die Recyclingbeton in den von ihnen gebauten Gebäuden bevorzugen.
<b>Hintergrund</b>	Technische, rechtliche und ökonomische Teilanalyse, Stofffluss

<b>Name</b>	<b>Akzeptanz der öffentlichen Bauherren</b>
<b>Beschreibung</b>	Mit öffentliche Bauherren sind die Bauherren gemeint, die im Auftrag einer öffentlichen Institution bauen und zum Teil auch selbst bei dieser Institution angestellt sind. Mit Akzeptanz ist die Haltung gegenüber Recyclingbeton gemeint.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Eine hohe Akzeptanz bedeutet, dass die Bauherren gut über Recyclingbeton informiert sind, keine Vorurteile gegenüber diesem hegen, ihn als sinnvoll und qualitativ gleichwertig wie Primärbeton ansehen. Die Bauherren entscheiden sich immer für Recyclingbeton, wenn dies realisierbar ist.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Eine tiefe Akzeptanz bedeutet, dass die Bauherren schlecht über Recyclingbeton informiert sind, Vorurteile gegenüber diesem hegen, ihn als wenig sinnvoll und qualitativ minderwertiger als Primärbeton ansehen. Die Bauherren ziehen Primärbeton dem Sekundärbeton vor.
<b>Aktueller Zustand</b>	Je nach Region ist die Ausprägung sehr verschieden. In der Stadt Zürich ist die Variable hoch ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Vorgaben und Visionen, die sich die öffentlichen Institutionen auferlegt haben und die in ihren Publikationen einsehbar sind.
<b>Hintergrund</b>	Technische, rechtliche und ökonomische Teilanalyse, Stofffluss

Name	Positive Erfahrungen mit Recyclingbeton
<b>Beschreibung</b>	Diese Variable beschreibt, die Menge an guten Erfahrungen mit Recyclingbeton. Dies umfasst die Zufriedenheit mit dem Entscheid, Recyclingbeton einzusetzen und den Anklang, den Bauten mit Recyclingbeton in der Bevölkerung finden.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Viele Bauherren und Architekten haben mit Recyclingbeton gebaut und sind zufrieden mit ihrer Entscheidung und würden sich wieder für Recyclingbeton entscheiden. Bauten mit Recyclingbeton finden in der Bevölkerung Anklang und gefallen.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Wenige Bauherren und Architekten haben mit Recyclingbeton gebaut und haben daher noch keine Erfahrung mit dem Material gemacht. Bauten mit Recyclingbeton finden in der Bevölkerung keinen Anklang.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Mengen an Bauten aus Recyclingbeton, mit denen positive Erfahrungen gemacht wurden.
<b>Hintergrund</b>	Ökonomische Teilanalyse, Baustoffe

<b>Name</b>	<b>Dokumentarfilm Recyclingbeton</b>
<b>Beschreibung</b>	Der Dokumentarfilm Recyclingbeton ist unsere Massnahme mit dem Ziel, insbesondere die Bevölkerung und die privaten Bauherren (Laien) besser über Recyclingbeton aufzuklären.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Der Dokumentarfilm ist realisiert und ist auf diversen Kanälen publiziert. Der Dokumentarfilm wird oft angesehen.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Der Dokumentarfilm bleibt ein Projekt und wird nicht realisiert.
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Anzahl Personen, die den Dokumentarfilm gesehen haben.
<b>Hintergrund</b>	Alle Teilanalysen

Name	Akzeptanz der Regierung
<b>Beschreibung</b>	Mit Regierung ist die Legislative, Exekutive und Judikative auf Bundes- Kantons- und Gemeindeebene gemeint. Mit Akzeptanz ist deren Haltung gegenüber Recyclingbeton gemeint.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Eine hohe Akzeptanz bedeutet, dass die Mitglieder der Regierung gut über Recyclingbeton informiert sind, keine Vorurteile gegenüber diesem hegen, ihn als sinnvoll und qualitativ gleichwertig wie Primärbeton ansehen. Die Regierung möchte rechtliche Bestimmungen zur Förderung von Recyclingbeton in Kraft setzen.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Eine tiefe Akzeptanz bedeutet, dass die Mitglieder der Regierung schlecht über Recyclingbeton informiert sind, Vorurteile gegenüber diesem hegen, ihn als wenig sinnvoll und qualitativ minderwertig wie Primärbeton ansehen. Die Regierung setzt rechtliche Bestimmungen zur Förderung von Recyclingbeton nicht in Kraft.
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Anzahl Postulate, Motionen, Interpellationen und Vorstösse, die die Förderung von Recyclingbeton betreffen.
<b>Hintergrund</b>	Rechtliche Teilanalyse

<b>Name</b>	<b>Natürliche Ressourcen</b>
<b>Beschreibung</b>	Diese Variable beschreibt den Anteil an natürlichen Ressourcen in der Schweiz, der für die Baustoffproduktion abgebaut wird.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Die Variable ist hoch ausgeprägt, wenn der grösste Teil der natürlichen Ressourcen intakt ist und nicht für die Baustoffproduktion abgebaut wird.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt, wenn nur noch wenige natürliche Ressourcen vorhanden sind und ein Grossteil der Ressourcen abgebaut wurde.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist eher tief ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Die jährliche Abbaumenge an natürlichen Ressourcen, die für die Baustoffproduktion verwendet werden.
<b>Hintergrund</b>	Technische Teilanalyse, Stofffluss, Baustoffe



<b>Name</b>	<b>Produktion von Sekundärbeton</b>
<b>Beschreibung</b>	Diese Variable beschreibt den Umfang an produziertem Sekundärbeton in der Schweiz. Es ist das Bedürfnis der Recyclingbaustoff-Unternehmen, die Produktion zu erhöhen.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Eine hohe Produktion von Sekundärbeton bedeutet, dass alles anfallende Material, das recycelt werden könnte, auch recycelt wird.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Eine tiefe Produktion von Sekundärbeton bedeutet, dass nur wenig vom anfallenden Material recycelt wird und der grösste Teil auf Deponien gelagert wird.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist je nach Region unterschiedlich ausgeprägt. Im Kanton Zürich ist sie hoch ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Der prozentuale Anteil vom anfallenden Material mit Recyclingpotential, das dann auch wirklich recycelt wird.
<b>Hintergrund</b>	Technische Teilanalyse, Baustoffe, Stofffluss

Name	Produktion von Primärbeton
<b>Beschreibung</b>	Diese Variable beschreibt den Umfang an produziertem Primärbeton in der Schweiz. Es ist das Bedürfnis der Primärbetonproduzenten, die Produktion zu erhöhen.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Eine hohe Produktion von Primärbeton bedeutet, dass alle Bauvorhaben in der Schweiz nur mit Primärbeton realisiert werden.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Eine tiefe Produktion von Primärbeton bedeutet, dass bei Bauvorhaben in der Schweiz wann immer möglich Recyclingbeton dem Primärbeton vorgezogen wird.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist eher hoch ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Der prozentuale Anteil von Bauvorhaben an allen realisierten Bauvorhaben, bei denen nur mit Primärbeton gebaut wird.
<b>Hintergrund</b>	Technische Teilanalyse, Baustoffe, Stofffluss

Name	Stand der Technik
<b>Beschreibung</b>	Diese Variable beschreibt den Stand der Technik bezüglich des Einsatzes von Recyclingbeton. Recyclingbeton muss die technischen Anforderungen und Normen einhalten können und soll vielseitig einsetzbar sein. Die Herstellung von Recyclingbeton darf trotzdem nicht zu aufwendig sein, weil sie sonst wirtschaftlich nicht rentiert. Diese Variable kann als «Überbegriff» verstanden werden, weil sie eine komplexe Thematik abbildet.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Ein hoher Stand der Technik bedeutet, dass Recyclingbeton die technischen Anforderungen und Normen einhalten kann und vielseitig einsetzbar ist. Die Herstellung von Recyclingbeton ist nicht zu aufwendig und rentiert wirtschaftlich.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Ein tiefer Stand der Technik bedeutet, dass Recyclingbeton die technischen Anforderungen und Normen nur nach vielen Produktionsschritten einhalten kann und selbst dann nur in wenigen Bereichen einsetzbar ist. Die Herstellung ist sehr aufwendig und rentiert wirtschaftlich nicht.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist eher hoch ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Die Anzahl von Expositionsklassen, in denen Recyclingbeton eingesetzt werden kann.
<b>Hintergrund</b>	Technische Teilanalyse, Baustoffe

<b>Name</b>	<b>Preis von Recyclingbeton</b>
<b>Beschreibung</b>	Diese Variable beschreibt den Preis von Recyclingbeton im Verhältnis zum Preis von Primärbeton.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Die Variable ist hoch ausgeprägt, wenn der Preis von Recyclingbeton tiefer ist als der Preis von Primärbeton. Recyclingbeton ist auf dem Markt konkurrenzfähig.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt, wenn der Preis von Recyclingbeton höher ist als der Preis von Primärbeton. Recyclingbeton ist auf dem Markt nicht konkurrenzfähig.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist eher hoch ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Das Verhältnis zwischen dem Preis von Recyclingbeton und dem Preis von Primärbeton.
<b>Hintergrund</b>	Ökonomische Teilanalyse

<b>Name</b>	<b>Rechtliche Grundlage</b>
<b>Beschreibung</b>	Diese Variable den Umfang an rechtlichen Bestimmungen, die zur Thematik Recyclingbeton existieren.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Die Variable ist hoch ausgeprägt, wenn es viele konkret formulierte, griffige und justiziable rechtliche Bestimmungen gibt, die den Einsatz von Recyclingbeton fördern.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt, wenn es wenige konkret formulierte, griffige und justiziable rechtliche Bestimmungen gibt, die den Einsatz von Recyclingbeton fördern.
<b>Aktueller Zustand</b>	Die Variable ist tief ausgeprägt.
<b>Indikator</b>	Die Anzahl an konkret formulierten, griffigen und justiziablen rechtlichen Bestimmungen, die den Einsatz von Recyclingbeton fördern.
<b>Hintergrund</b>	Rechtliche Teilanalyse

## Zusammenfassung der Teilanalyse

### Allgemeine Einführung

*Der folgende Abschnitt ist ein zusammengefasster Text aus der Teilanalyse Recht von Jasmin Krähenbühl (Recht-1, 2017).*

Gemäss Moser et al. werden heute in der Schweiz 68 Millionen Tonnen Baustoffe pro Jahr verbaut, wovon 25 Millionen Tonnen Beton sind. 60 Millionen Tonnen der gesamten Baustoffe stammen aus neuen Ressourcen, sogenannten Primärbaustoffen. Die restlichen acht Millionen Tonnen werden aus direkter Wiederverwendung oder Recycling gewonnen.

Dieses Volumen an eingesetzten Baustoffen erzeugt beim Abbruch, beziehungsweise Rückbau von Gebäuden eine entsprechend grosse Masse an Bauschutt. Bauabfälle bilden den grössten Anteil der Abfallmenge in der Schweiz.

Im Hinblick auf diese grosse Menge an Bauabfällen, die Knappheit von Ressourcen und die zunehmende Bautätigkeit in der Schweiz wird es immer wichtiger, mehr Recyclingmaterialien für neue Bauten zu gebrauchen. Es werden dabei nicht nur weniger natürliche Ressourcen gebraucht und wertvolle Abfälle wiederverwertet, sondern auch CO<sub>2</sub>-Emissionen und Energie eingespart. Zudem fallen bei der Gewinnung von Sekundärmaterialien oft kürzere Transportwege an als dies beim Abbau von Primärstoffen oder der Entsorgung von Bauabfällen der Fall ist. Dies lässt sich am Beispiel der Eberhard Unternehmungen, einem Recyclingunternehmen, gut illustrieren. Nimmt man die Stadt Zürich als Ausgangsort, ist der Transportweg zur EBIREC Recyclinganlage in Rümlang ungefähr um die Hälfte kürzer als der Weg zur Weiacher Kies AG, der Deponie für Primärbaustoffe.

Damit Recyclingbeton (RC-Beton) in Zukunft mehr Verwendung findet, sind verschiedene Verbesserungen notwendig. Erkenntnisse und neue Methoden aus der Forschung wie beispielsweise zur Aufbereitung oder zu Rückbautechniken sind nötig, damit Recyclingbeton auch für qualitativ hochwertige Anwendungen verwendet werden kann. Daraus würde eine Reduktion von Down-Cycling resultieren, das heisst, der Baustoff wird für einen weniger anspruchsvollen Zweck eingesetzt als bei der ersten Anwendung. Auch die Anpassung der Normen ist relevant. Laut mündlicher Aussage von Jörg Steck der Firma Toggenburger Unternehmungen sind die heutigen Normen eher konservativ gehalten, da mit RC-Beton besonders zum Langzeitverhalten noch zu wenig Erfahrungen gemacht worden sind. Das grösste Problem bei der Verwendung von RC-Beton ist jedoch die Akzeptanz. Gleichzeitig liegt beim RC-Beton laut Eberhard auch das grösste Entwicklungspotential. Alle an einem Bau eines neuen Gebäudes Beteiligten sollten motiviert sein, mit recycelten Baustoffen zu arbeiten. Die Beteiligten könnten in diesem Fall die Bauherrschaft, Architekten und vor allem die Endnutzer der Gebäude sein.

## Einführung baustoffliche Aspekte: Was ist RC-Beton

Der folgenden drei Abschnitte sind ein zusammengefasster Text aus der Teilanalyse Technik 1 von Paloma Porfido (Technik-1, 2017).

### **Unterschiedliche Arten des Recyclingbetons**

Es werden zwei Arten von Recyclingbeton unterschieden, solche aus Betongranulat (RC-C) und solche aus Mischgranulat (RC-M). Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung weichen bei RC-M die Eigenschaften wie das Elastizitätsmodul, Schwinden oder Kriechen stärker von Primärbeton ab als RC-C. Ausserdem kann RC-M mehr Fremdstoffe enthalten, welche zu grossen Schwankungen in der Qualität und zu einer erhöhten Wasseraufnahme des Betons führt. Deshalb sind auch die Anwendungsmöglichkeiten des RC-M stärker als jene des RC-C eingeschränkt.

### **Vergleich Primär- und Sekundärbeton**

In der hier aufgeführten Fachliteratur wurde jeweils RC-C als Sekundärbeton definiert, der Vergleich Primär- und Sekundärbeton ist also der Vergleich zwischen Beton aus natürlicher Gesteinskörnung und RC-C.

Generell wird in der Fachliteratur mehrfach auf die abweichenden Eigenschaften von RC-Beton gegenüber von Primärbeton hingewiesen. So ist wegen der geringeren Dichte des Recyclingbetons der Korrosionsschutz der Bewehrung schlechter sowie die Druckfestigkeit tiefer, nämlich um etwa 10 bis 20 Prozent. Durch die grössere Porosität nimmt Recycling- Beton mehr Wasser auf und ist somit weniger frostbeständig. Das Schwind- und Kriechmass ist bei Recyclingbeton grösser und das Elastizitätsmodul ist um etwa 30 Prozent kleiner. Das Langzeitverhalten konnte bisher noch nicht untersucht werden. Gemäss Material Archiv sind die Eigenschaften von Recyclingbeton mit einer Recyclinggesteinskörnung von bis zu 50 Prozent sehr ähnlich wie diejenige von Beton aus natürlicher Gesteinskörnung ist und in der Regel problemlos als Alternative zu herkömmlichen Beton eingesetzt werden kann. Zusätzlich zu den in der Tabelle ersichtlichen Angaben müssen die Gesteinskörnungen von RC-C und RC-M einen Mindestanteil an recycelten Stoffen ( $R_C + R_M$ ) von 25 Prozent enthalten. Die Richtlinien für Fremdstoffanteile sind für alle Betonklassen gleich.

Der Unterschied zwischen den beiden Recyclingbetonen liegt in den unterschiedlichen Anteilen an  $R_B$ , aus Mischabbruch stammender Gesteinskörnung und  $R_C$ , aus Betonabbruch stammender Gesteinskörnung, die die Betone enthalten. RC-C darf nicht mehr als 5 Prozent an  $R_B$  enthalten, wohingegen RC-M mehr als 5 Prozent enthalten muss. Dieser Unterschied hat zur Folge, dass RC-C und RC-M an unterschiedlichen Orten eingesetzt werden. Auf die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten von RC- C und RC-M wird im Kapitel 3.3 eingegangen.

Auch der Anteil an Zement im Beton spielt eine entscheidende Rolle. Dabei gehen die eingesetzten Mengen firmen- und betonabhängig weit auseinander. Im Durchschnitt wird 30 Prozent bis 50 Prozent Zement mit 50 Prozent bis 70 Prozent Granulat/Gesteinskörnung vermischt. Zement besteht unabhängig von der Betonklasse aus Primärressourcen. Anders als bei den Gesteinskörnungen gibt es also keine unterschiedlichen Anforderungen an Zementarten für die unterschiedlichen Betonklassen.

## Qualitätsüberwachung

Die vorgegebenen Qualitätsanforderungen werden mehrfach überprüft. Die Hersteller müssen eine werkseigene Produktionskontrolle inklusive Zertifizierung durchführen. Die Zertifikate werden in der Schweiz von zwei Stellen verliehen. Zum einen ist dies die Schweizerische Zertifizierungsstelle für Bauprodukte (S-Cert), zum anderen der Schweizerische Überwachungsverband für Gesteinsbaustoffe (SÜGB). Auf der jeweiligen Website findet man die Aufbereitungsanlagen, welche über eine Zertifizierung verfügen. Ist eine nicht auf einer der Webseiten aufgelistet, verfügt es über keine entsprechenden Zertifikate und die hergestellten Produkte sind nicht normkonform.

Auch zahlreiche Stakeholder, welche in ihrer Arbeit Recyclingbeton einsetzen, sind der Meinung, dass mit den richtigen Verfahren und Zusatzmitteln Recyclingbeton mit den gleichen Eigenschaften wie Primärbeton hergestellt werden kann. Beim Vergleich zwischen Primärbeton und RC-M herrscht Konsens, dass es Unterschiede bezüglich ihrer jeweiligen Eigenschaften gibt. Laut Moser et al. und Eberhard handelt es sich um eine Akzeptanzfrage, ob und in welchem Umfang Recyclingbeton eingesetzt wird. Die SIA-Normen enthalten Empfehlungen, in welcher Expositionsklasse welche Art von Recyclingbeton verwendet werden kann. Sie sind in Tabelle 2 abgebildet.

Tabelle 1: Empfohlene Expositionsklassen für Recyclingbeton (Hoffmann & Moser, 2010, S. 3)

Recyclingbeton		Expositionsklasse				
	Anteile	X0	XC1(CH) trocken	XC1(CH) nass XC2(CH) XC3(CH)	XC4(CH)	XD(CH), XF(CH), XA
RC-C	$R_c \geq 25 \text{ M.-%}$ $R_b < 5 \text{ M.-%}$	zulässig				①
RC-M	$5 \text{ M.-%} \leq R_b \leq 25 \text{ M.-%}$ und $R_c + R_b \geq 25 \text{ M.-%}$	zulässig			①	nicht zulässig
	$R_b > 25 \text{ M.-%}$	zulässig		①	①	

① Nach entsprechenden Voruntersuchungen zulässig  
M.-%: Massenprozent

Gemäss der Eberhard Bau AG kann Beton für die Expositionsklassen XC1 und XC2 aus RC-M und RC-C, für XC3, XC4 und XF1 aus RC-C hergestellt werden. Das Beispielgebäude in Abbildung 10 könnte folglich komplett aus Recyclingbeton hergestellt werden.

Der Unterschied zwischen dem Beispiel der Eberhard Bau AG in Abbildung 10 und den SIA-Normen Tabelle 2 ist sehr gering. Er besteht lediglich darin, dass die SIA-Normen für die Expositionsklassen XD, XF und XA Voruntersuchungen des Betons vorschreiben, während die Eberhard Bau AG nach eigenen Angaben Beton für solche Expositionsklassen (XC1-4, XF1) bereits als Recyclingbeton herstellen kann.

In der Praxis wird RC-C schon häufig beim konstruktiven Hochbau eingesetzt. Der Anwendungsbereich von RC-M beschränkt sich hingegen immer noch auf sehr anspruchslose Anwendungen. Am Beispiel des Richi-Hauses und nach Van der Haegen, sowie Walker könnte RC-M in viel mehr Bereichen im Hochbau eingesetzt werden. Beide sagen, dass für einen



normalen Hochbau mit fünf Stöcken bereits heute nur RC-M verwendet werden könnte respektive schon verwendet wurde, wie die Firmengebäude der Eberhard Unternehmungen zeigen.

Beispielsweise wird mehr Bauschutt als Ressource genutzt, wenn vermehrt mit RC-Beton gebaut wird. Dafür müssen allerdings die Akzeptanz und das Vertrauen in RC-Baustoffe verbessert werden, denn technologisch wäre man bereits heute auf dem Stand, Häuser komplett aus den beiden, in der Arbeit diskutierten RC-Betonen bauen zu können.

Während unserer Recherche stellten wir eine Unstimmigkeit zwischen verschiedenen Quellen fest. Nämlich wird in der Fachliteratur davon ausgegangen, dass es unterschiedliche Eigenschaften zwischen Primär- und Sekundärbeton gibt, wohingegen Stakeholder, unter anderem Eberhard oder Sika, meinen, dass es keinen Unterschied gäbe. Die meisten dieser Unterschiede in der Fachliteratur zwischen Primär- und Sekundärbeton wirken sich negativ auf die Einsatzmöglichkeiten des Recyclingbetons aus. Aber das kleinere Elastizitätsmodul kann auch einen positiven Einfluss haben, weil der Beton dadurch weniger rissanfällig wird. Jedoch überwiegen die negativen Eigenschaften des RC-Beton.

Weiteres Verbesserungspotenzial sehen wir in RC-M. Je nach Gebäude könnte bereits heute viel, wenn auch nicht alles mit RC-M gebaut werden. Gewisse tragende Mauern beispielsweise müssten immer noch mit RC-C gebaut werden. Doch sei heute der Einsatz von zwei verschiedenen Betonsorten zu kompliziert, weshalb beim Bau eines ganzen Gebäudes, falls es mit RC-Beton gebaut wird, nur RC-C zum Einsatz kommt. Würde dieser zusätzliche Aufwand in Kauf genommen werden, könnte RC-M viel mehr im Hochbau verwendet werden.

Des Weiteren sind wir der Auffassung, dass RC-M viel mehr Anwendungsmöglichkeiten hat, wie das Richi-Haus gezeigt hat. Dementsprechend wird RC-M in Zukunft dank besseren Zusatzmitteln und grösserer Akzeptanz vermehrt genutzt werden. Gefordert sind nun einerseits die Recyclingunternehmen bei der Verwendung, andererseits die Forschung, die für die Entwicklung von besseren Zusatzmitteln verantwortlich ist.

Das Potential liegt unserer Ansicht nach in der Akzeptanz des Recyclingbetons. Dazu könnte die Anpassung der Normen einen wichtigen Beitrag leisten, weil zwischen der technischen Machbarkeit und der wirklichen Verwendung eine grosse Diskrepanz herrscht. Die Normen werden von einigen Stakeholdern als „der aktuellen Situation entsprechend“ bewertet andere wie beispielsweise Jörg Steck der Firma Toggenburger AG meinen jedoch, sie seien zu konservativ, so dass sie auf Anpassungen im Jahr 2019 hoffen.

Normen, welche breitere Anwendungsmöglichkeiten mit RC-Beton erlauben, wären sicherlich eine Möglichkeit, die Akzeptanz von Recyclingbeton zu fördern. Denn wenn Verbände wie der VSS oder die SIA dem RC-Beton mehr Einsatzmöglichkeiten zubilligten, würde dies vermutlich auch Bauherrschaften und Architekten mehr überzeugen, als wenn nur Recyclingunternehmen von den Vorzügen des RC-Betons sprechen. Weitere Möglichkeiten zur Förderung von RC-Beton sehen wir beispielsweise in Subventionen, die für den Bau von RC-Beton durch den Bund, Kantone oder Gemeinden vergeben werden könnten. Zusätzlich könnten Steuern auf Primärbeton oder Deponien für Rückbaumaterialien erhoben werden. Neben diesen ökonomischen Anreizen könnte die Akzeptanz von RC-Beton zum Beispiel auch durch gezielte Infoveranstaltungen in Unternehmen gefördert werden. Ein weiterer Vorschlag wäre, dass Gebäude aus RC-Beton mit einem in der Bevölkerung anerkannten Zertifikat versehen werden.

## Einführung ökonomische Aspekte: Preis und Nachfrage

Der folgende Abschnitt ist ein zusammengefasster Text der Teilanalyse Ökonomie 2 von Nelly Piskoty (S. H. Aeschbach, S., Lausberg, N., Piskoty, N., Schwand, C., & Ulrich, N. (2018), 2017).

- Ob Primärbeton (CC) oder RC verwendet wird, wird nur gering durch Richtlinien und Normen beeinflusst, aber es ist in höherem Masse von den Vorgaben des Bauherrn sowie dem Informationsgrad der Architekten abhängig. Die Kosten, die bei der Produktion von RC und CC anfallen, sind auf ähnlichem Niveau. Trotzdem wird der RC günstiger angeboten. Es sticht heraus, dass gegenwärtig bestimmte Unternehmen mit Recyclingbaustoffen ein lukratives Geschäft erzielen.
- Grundsätzlich kann man sagen, dass rechtliche Grundlagen kein ausschlaggebender Faktor sind, welcher den geringen Einsatz von RC rechtfertigen könnte. Jedoch wirken sie auch nicht fördernd. Die dem Mischgranulat auferlegten Verwendungseinschränkungen sind bedeutend. Trotzdem ist er wegen seines vergleichsweise geringen Preises für Verwender attraktiv. Ausschlaggebender könnte der Mangel an Erfahrungswerten bezüglich der Langlebigkeit des RC sein. Die erwartete Beständigkeit von 50 Jahren konnte bei diesem jungen Baustoff tatsächlich noch nicht überprüft werden. Auch die Preisdifferenz von RC und CC wird in die Materialwahl miteinbezogenen. Solange der Unterschied nicht mehr als einen Fünftel beträgt, ist die Nachfragespanne relativ hoch und befindet sich im Mittel zwischen 10 und rund 20 % (vgl. Abb.9).

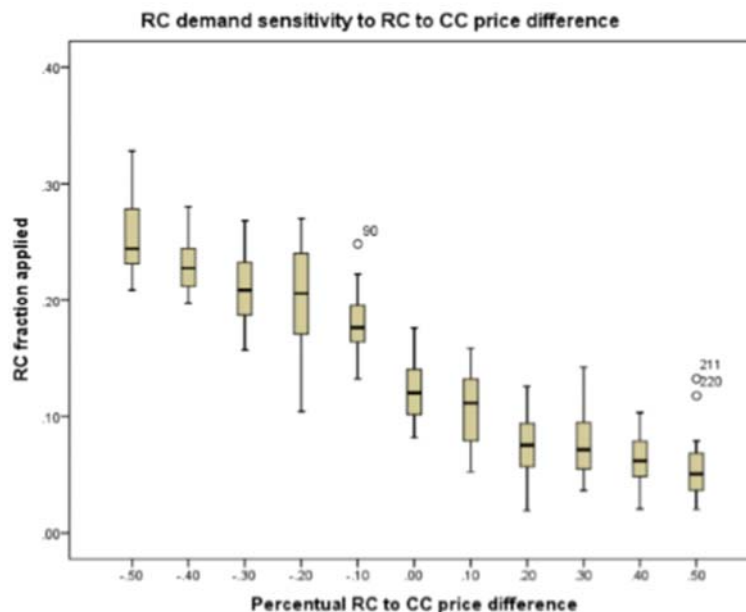


Abbildung 7: PEL-N im Verhältnis zur Preisdifferenz [%] zwischen RC und CC

- Solange Nachhaltigkeit bei den Bauherren nicht an Priorität zunimmt, sehen wir es als unwahrscheinlich, dass anstelle CC mehr RC eingesetzt wird (vgl. Abb.5). Da aber auch die Planer eine grosse Rolle innerhalb des Entscheidungsprozesses haben, sehen wir es als ebenso wichtig, dass diese auf die Wichtigkeit von RC-Einsatz sensibi-

lisiert werden (vgl. Abb. 8). In Anbetracht der genannten Tatsachen, der arbeitsintensiven Aufbereitung sowie der noch genügenden Menge an Primärrohstoffen hat der RC eine schwierige Ausgangslage, um gegen die Popularität von CC anzukommen. Bis die Ressourcen noch keine spürbare Knappheit erreicht haben, wird sich dies wohl nicht ändern.

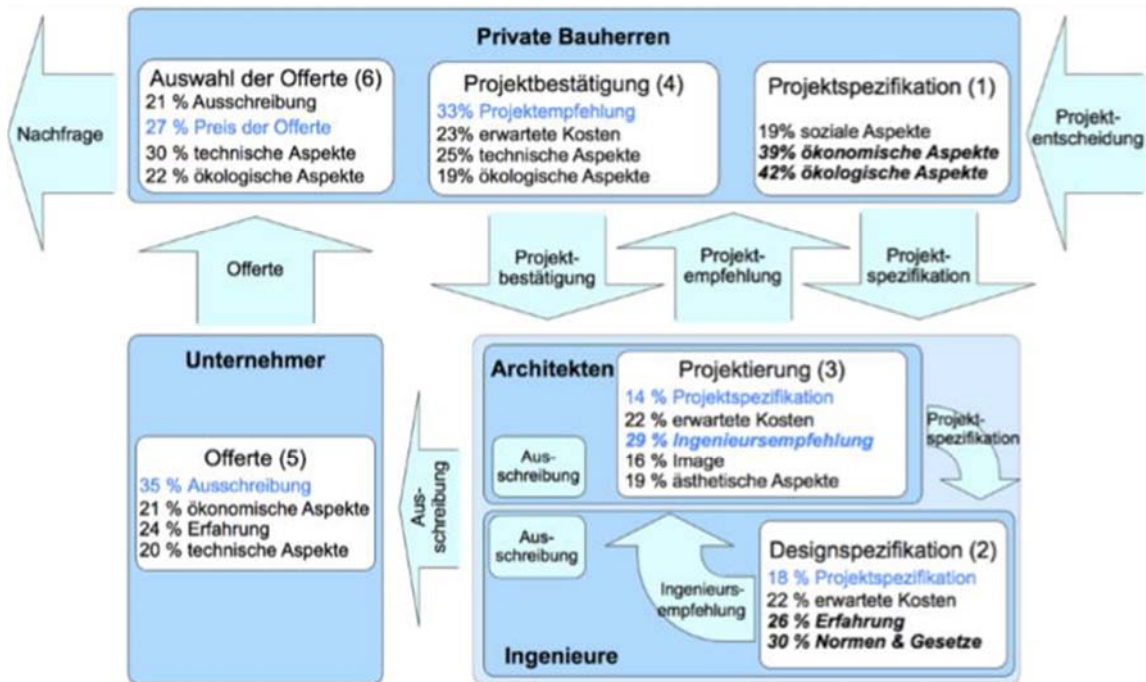


Abbildung 8: Gewichtung der Entscheidungskriterien der Bauakteure im Hochbau bezügl. RC

## Rechtliche Aspekte bez. RC-Beton: Produktion und Verwendung

Der folgenden zwei Abschnitte sind ein zusammengefasster Text der Teilanalyse Recht 1 von Jasmin Krähenbühl (Recht-1, 2017).

In Anbetracht der steigenden Nachfrage nach Primärkies und den gleichzeitig sinkenden Reserven desselben bekommt Recycling von Baustoffen einen immer grösseren Stellenwert.

### Wie sind die Produktion und Verwendung von Primär- und Recyclingbaustoffen (RC-Baustoffe) gesetzlich geregelt?

Der Nachhaltigkeitsgedanke ist in den rechtlichen Bestimmungen fest verankert. Allerdings sind die Erlasse oft sehr vage und teilweise nicht justiziabel formuliert. Aus diesem Grund ist der kantonale Vollzug sehr uneinheitlich. Die Entscheidung, ob Primär- oder RC-Baustoffe verwendet werden, liegt letztlich beim Bauherrn. Die Unschärfe der rechtlichen Bestimmungen begründet sich in der Konkordanzdemokratie. Wirtschaftsbranchen üben zudem indirekt via Lobbying und Stellungnahmen grossen Einfluss auf den Rechtsetzungsprozess aus. Für ein effektives, einheitliches und schweizweites Baustoffrecycling sind einerseits die gesetzlichen Bestimmungen zur Verwendung von RC-Baustoffen zu vage formuliert und andererseits üben verschiedene Stakeholder, die das Baustoffrecycling hemmen, viel Einfluss aus und verhindern so eine Konkretisierung der rechtlichen Bestimmungen. Verschiedene weitere Faktoren wie die Vorbehalte der Architekten gegenüber RC-Baustoffen, der fehlende ökonomische Anreiz für RC-Baustoffe oder das fehlende Interesse von Seiten einiger Bauherren respektive einiger Kantone, spielen eine Rolle. .

Als zukünftige, dringendste Herausforderung sehen wir in Anbetracht der endlichen Kiesbestände und der zeitgleich steigenden Anzahl Neubauten die Förderung des Baustoffrecyclings. Dies wird momentan durch die gesetzlichen Bestimmungen ungenügend gemacht. Will man "Häuser aus Häusern" bauen, gibt es unserer Meinung nach verschiedene Ansätze: Auf der gesetzlichen Ebene kann man den Kiesabbau stärker regulieren, da die Regulierung der RC-Baustoffe selbst, beschrieben, auf zu viel Widerstand stösst. Es bleibt jedoch abzuklären, ob nicht dieselben Faktoren auch eine strengere Regulierung des Kiesabbaus verhindern würden.

Gemäss Philipp Noger fehlt zugleich der ökonomische Anreiz für das Recycling von mineralischen Baustoffen. RC-Baustoffe müssen mindestens gleich teuer oder sogar günstiger als Primärkies sein, damit sie für die Bauherren attraktiv werden. Dies ist momentan nicht der Fall. Erreichen kann man dies beispielsweise durch gesetzlich geregelte Subventionen für RC-Baustoffe oder durch eine Überwälzung der durch den Kiesabbau verursachten externen Kosten auf den Preis des Primärkieses. Dies würde auch dem Verursacherprinzip gerecht werden, da die Kiesabbauenden die Kosten für die Umweltschäden selbst tragen würden. Problematisch ist hier, dass sich die Umweltbelastungspunkte des Primärkieses schwer quantifizieren lassen. Es wären auch gesetzlich festgelegte Mindestpreise des Primärkieses möglich, da dadurch die produzierte Menge abnehmen und somit Recyclingkies gefördert werden könnte. Auch eine Anhebung der Deponiepreise hätte eine höhere Attraktivität von RC-Baustoffen zur Folge.

Zusätzlich kann man verschiedene weitere Ansätze verfolgen, die sich zwar rechtlich nicht direkt regeln lassen, aber unserer Meinung nach trotzdem erwähnenswert sind. Beispielsweise kann man die Aufklärung über RC-Baustoffe intensivieren, den Stellenwert von Rückbaumaterial als wichtige Baustoffressource erhöhen und so Architekten, Ingenieure und Bauherren für die Verwendung von RC-Baustoffen motivieren. Schliesslich braucht es gut ausgebildete Arbeitskräfte, die den Rückbau organisieren und vollziehen. Es darf zudem nicht vergessen werden, dass auch Recycling endlich ist: Die verwendeten Stoffe werden mit jedem Zyklus abgenutzt, womit ein gewisser Anteil Primärkies unerlässlich ist. Aus diesem Grund können wir nur dazu auffordern, den Markt von morgen bereits heute zu beeinflussen.

### ***Wie sind Produktion und Verwendung von Primär- und RC-Baustoffen gesetzlich geregelt?***

Unsere erste Erkenntnis ist, dass die Entscheidung, ob RC- oder Primärbaustoffe verwendet werden, beinahe ausschliesslich beim Bauherrn liegt. Die Verwendung von RC-Baustoffen im Sinne eines Mindestanteils oder einer Verwendungspflicht wird nicht auf Bundesebene geregelt und steht somit dem Bauherrn frei. Da sich RC-Baustoffe jedoch in ihrer Stoffzusammensetzung und ihren -eigenschaften von Primärbaustoffen unterscheiden und somit nicht immer denselben Anforderungen genügen, können sie teilweise nicht an denselben Stellen eingesetzt werden. Beispielsweise unterscheidet sich die Druckfestigkeit der beiden Stoffe.

Obwohl RC- und Primärbaustoffe grundsätzlich denselben rechtlichen Anforderungen und technischen Normen unterliegen, finden sich zu RC-Baustoffen mehr Bestimmungen. Zum Beispiel beziehen sich Art. 16 bis 20 VVEA ausschliesslich auf Bauabfälle. Zusätzlich hat das BAFU eine Richtlinie publiziert, die konkrete Grenzwerte und Einsatzgebiete der RC-Baustoffe aufführt. Eine solche nationale Richtlinie existiert für Primärbaustoffe nicht. Dies mag daran liegen, dass mit einer solchen Richtlinie ein einheitlicher Vollzug für RC-Baustoffe bewusst gefördert und die Akzeptanz der RC-Baustoffe erhöht werden möchte. Zudem ist die Aufbereitung von RC-Baustoffen ein komplexer Prozess und muss daher genauer reguliert werden, um die Qualität und Umweltverträglichkeit von Sekundärbaustoffen zu gewährleisten. Allerdings könnten die vielen Richtlinien auch eine Abschreckung für die Verwendung von RC-

Baustoffen darstellen. Zudem ist die RVB (2006) nicht auf dem neusten Stand, was sie in ihrer Anwendbarkeit einschränkt.

Unsere zweite Erkenntnis ist, dass die rechtlichen Bestimmungen zur Produktion und Verwendung von RC- und Primärbaustoffen oftmals vage formuliert und somit nicht justizierbar sind. Es finden sich keine expliziten Verbote oder Gebote in der BV, dem USG oder den Verordnungen. Dies, obwohl anhand der beschriebenen Artikel das Bestreben ersichtlich ist, die heutige Abfallwirtschaft in eine übergreifende Ressourcenwirtschaft zu wandeln.

Als erläuterndes Beispiel dient Art. 30d lit. a USG. Gemäss diesem Artikel kann der Bundesrat vorschreiben, dass bestimmte Abfälle verwertet werden müssen, wenn dies wirtschaftlich tragbar ist und die Umwelt weniger belastet wird als durch eine andere Entsorgung oder durch die Herstellung neuer Produkte. Was genau „wirtschaftlich tragbar“ bedeutet, wird nicht erklärt. Auch die Formulierung, dass der Bundesrat fördern „kann“ aber nicht „muss“, zeigt die Vagheit der Gesetze auf.

Die RVB des BAFUs ist hingegen präzise. Sie führt zum Beispiel konkrete Schadstoffgrenzwerte und Einsatzbereiche für RC-Baustoffe auf. Die Richtlinien und Normen sind wohl präziser, da sie rechtlich nicht bindend sind und daher auf weniger Widerstand von Seiten der Recycling-Gegner stossen.

Aus unseren Ergebnissen folgern wir zudem, dass die Informations- und Kontrollpflicht auf verschiedenen Gesetzesebenen verhältnismässig präzise formuliert sind. Durch die Informations- und Aufsichtspflicht werden schädliche Einflüsse auf Gesundheit und Umwelt vermieden und die Qualität der Baustoffe sichergestellt. Im Falle einer rechtswidrigen Handlung können zudem die verantwortlichen Akteure zur Rechenschaft gezogen werden.

Unsere zweite Erkenntnis ist, dass es aufgrund der Konkordanzdemokratie schwierig ist, konkrete und wirkungsvolle Massnahmen zugunsten von RC-Baustoffen in den rechtlichen Bestimmungen festzulegen. Dies begründet sich einerseits damit, dass die Mitglieder des Parlaments und insbesondere des UREKs – deren Meinungen von ihrer Fraktionszugehörigkeit, ihrer Verstrickung mit Lobbygruppen und individuellen Wertvorstellungen abhängen – solchen Massnahmen zustimmen müssen. Andererseits müssen auch die Stakeholder, die in der Vernehmlassung Stellung nehmen, bedient werden, um ein allfälliges Referendum zu vermeiden.

Von Seiten einiger Kantone lässt sich bei verschärften Gesetzen zugunsten der RC-Baustoffe ein Referendum erwarten, da diese auch als öffentliche Bauherren tätig sind. Für ländliche Kantone ist das Recycling der Abfälle aufgrund der Transportkosten teurer als die Ablagerung auf Deponien, die näher gelegen sind. Im Gegensatz dazu sind städtische Kantone gegenüber dem RC-Recycling oftmals positiv eingestellt: Wie das Beispiel Zürich zeigt, stehen viele Aufbereitungsanlagen für mineralische Bauabfälle in städtischen Kantonen. In diesen Ballungszentren ist meist auch der Deponieraum knapp.

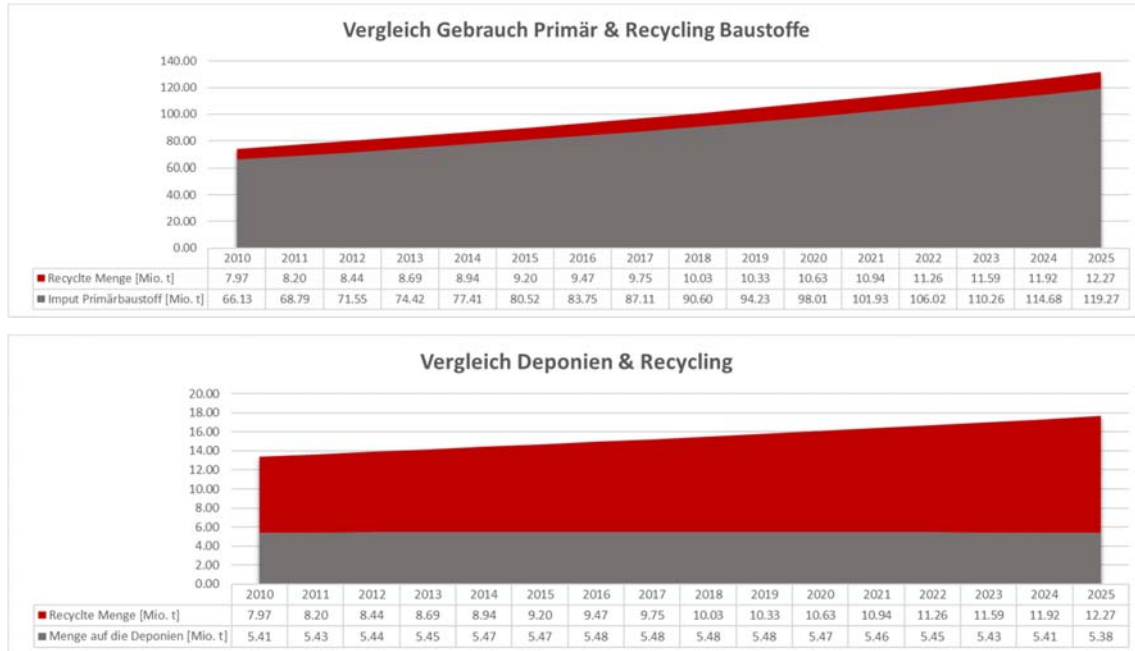
Unsere dritte Erkenntnis ist, dass nicht alle Stellungnahmen von der *Abteilung Abfall und Rohstoffe* gleich gewichtet werden und dass insbesondere die negative Einstellung der Kieslobby zum Baustoffrecycling viel Gewicht hat. Dass die Meinung der Kieslobby bedeutend ist und darum von der Abteilung stark gewichtet werden muss, ist eine spekulative Aussage. Jedoch weist die grosse Wirtschafts- und Steuermacht des FSKBs darauf hin

## Baustofffluss der Schweiz

Der folgende Abschnitt ist ein zusammengefasster Text der Teilanalyse Stofffluss 3 von David Bertschinger (Stofffluss-3, 2017).

Innerhalb eines Jahres wurde eine deutlich höhere Masse an Baumaterial verarbeitet. Ein Grossteil dieser Masse wird durch den steigenden Bedarf an Baumaterial hervorgerufen. Da der Materialzufluss den Rückbau bei weitem übertrifft, muss das fehlende Baumaterial sicherlich durch Primärbaustoffe kompensiert werden.

Tabelle 2: Zukunftsaussichten für langanhaltenden Trend



Obwohl die Schweiz Pionier im Bereich Baustoffrecycling ist, können die Schweizer Rückbauunternehmen nicht das volle Potential des Baustoffrecyclings ausschöpfen, da die Nachfrage zu gering ist. Die Nachfrage ist eher gering, weil die Bauherren sowie Architekten an der Qualität und der Ästhetik von Sekundärbaustoffen zweifeln. Es werden nur 90% des Betons recycelt, das heisst, dass die restlichen 10% davon auf den Schweizer Deponien enden. Der Preis von Primärbaustoffen und RC-Baustoffen ist jedoch sehr ähnlich, was dazu führt, dass die Mehrheit der Bauunternehmen sich für den sicher scheinenden Weg entscheidet und dazu tendiert, vor allem Primärbaustoffe zu verwenden. Wenn der momentane Trend an Flusstoffen sich nicht ändert, wie durch die Szenarien hervorgehoben, wird die Menge an Primärstoffen bedeutend schneller wachsen als die der Sekundärstoffe.

## Welche Umweltbelastung verursacht die Bereitstellung von Primär- und RC-Baustoffen

Innerhalb der Ökobilanz wird klar ersichtlich, dass der Zement im Beton die Umweltauswirkung am meisten prägt. Die Herstellung von Zement verursacht eine sehr hohe CO<sub>2</sub>-Emission und verursacht deutlich mehr UBP als natürliche oder recycelte Gesteinskörnungen. Zum Vergleich: die umweltfreundlichste Zementsorte der «Hochofenzement CEM-III/B mit 350'000 UBP pro Tonne verursacht bei der Herstellung ca. 800-Mal mehr UBP als Mischgranulat mit 437 UBP pro Tonne und ca. 164-Mal mehr UBP als Betongranulat mit 2'140 UBP pro Tonne. Daraus lässt sich schliessen, dass bei der Herstellung von Primär- und RC-Beton möglichst auf Zement verzichtet werden sollte. Da das aber nicht möglich ist (Zement ist ein notwendiger Bestandteil von Beton), muss darauf geachtet werden, dass nur Zementsorten mit einer tiefen Umweltbelastung verwendet werden, vorausgesetzt diese Zemente erfüllen die technischen Anforderungen. Eine andere effektive Massnahme ist die umweltfreundlichere Herstellung von Bestsandteilen von Beton. Dies betrifft vor allem Klinker, der bei der Produktion sehr viele UBP verursacht und die grösste CO<sub>2</sub>-Emission hat. Klinker ist ein Bestandteil von herkömmlichen Zementsorten. Bei der Herstellung von einer Tonne Klinker fallen 860kg CO<sub>2</sub> an. Bei der Herstellung von einer Tonne Hüttensand ohne Aufwendung fallen 252kg CO<sub>2</sub> an, das sind ca. 608kg CO<sub>2</sub> weniger als bei Klinker.

Folgende Diskussion bezieht sich auf ein Infoblatt der Stadt Zürich, das besagt, dass die Verwendung von Hüttensand (ohne Aufwendung) anstatt Klinker, die CO<sub>2</sub>-Emission pro m<sup>3</sup> Beton um bis zu 25% reduziert. Sie besagt ebenfalls, wie vorher bereits erwähnt, dass durch die vermehrte Verwendung von Hochofenzement CEM-III/B als Substituent der anderen Zementsorten die Umweltbelastung reduziert wird.

Überdies lässt sich feststellen, dass die Verwendung von RC-Gesteinskörnungen aus Misch- und Betonabbruch umweltfreundlicher ist als der Abbau und Gebrauch von natürlichen Gesteinskörnungen. Primärmaterial wie natürliche Gesteinskörnung verursacht pro hergestellte Tonne 35'300 UBP und 2,34Tonnen-CO<sub>2</sub>. Das sind ca. 16,5-Mal mehr UBP und eine doppelt so grosse CO<sub>2</sub>-Emission als bei der Herstellung von Betongranulat anfällt. Im Vergleich zu Mischgranulat verursacht eine natürliche Gesteinskörnung ca. 80-Mal mehr UBP und ca. 3,3-Mal mehr CO<sub>2</sub> pro hergestellte Tonne. Die Herstellung einer Tonne Betongranulat verursacht ca. 5-Mal mehr UBP und ca. 1,7-Mal mehr CO<sub>2</sub> als die Herstellung einer Tonne Mischgranulat.

Daraus folgt, dass Sekundärbeton aus RC-Gesteinskörnungen umweltfreundlicher ist als die Verwendung von Primärbeton. Die Verwendung von Mischgranulat anstatt Betongranulat ist sogar noch umweltfreundlicher.

Die Kernaussage ist, dass sich die Schweiz auf einem guten Weg befindet: Obwohl der RC-Baustoffsektor noch ein junger Wirtschaftszweig ist, wird in der Schweiz schon weit mehr als die Hälfte der rückgebauten Stoffe recycelt. Zusätzlich existieren auch die notwendigen gesetzlichen sowie qualitativen Grundlagen, die gutes Arbeiten erst ermöglichen. Auch liegen qualitativ gute Daten vor, die einen Überblick über die ökologische Bilanzierung von Primär- und RC-Baustoffen bieten. Es hat sich aber auch gezeigt, dass Recycling alleine nicht die Lösung sein kann: Zwar landen wegen des Recyclings weniger Baustoffe auf den Deponien, jedoch werden nicht genügend RC-Baustoffe produziert, um den Primärbaustoffabbau signifikant senken zu können. Es müssten auch Lösungen im Bereich des baustoffarmen Bauens gesucht werden.

Innerhalb der Ökobilanz wird ersichtlich, dass die Zusammensetzung von Beton, respektive dessen Produktion eine starke Auswirkung auf die Umweltbelastung hat; dies vor allem wegen der Verwendung des die Umwelt stark belastenden Zementes. Alternativen zum Zement wären deshalb ebenfalls notwendig.

## Der Rückbau: Erster Schritt im Prozess der Recyclingbetonherstellung

*Der folgende Abschnitt ist ein zusammengefasster Text der Teilanalyse Technik 1 von Paloma Porfido (Technik-1, 2017)*

Ein geplanter Rückbau erscheint sinnvoll und vielversprechend, denn um qualitativ hochwertigen RC-Beton herstellen zu können, sollte das dazu verwendende Material bereits beim Rückbau möglichst gut getrennt werden. Dies ist jedoch mit sehr hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Wir sind der Ansicht, dass bei einem geplanten Rückbau das volle Potenzial dann ausgeschöpft werden kann, wenn bei einem Gebäude bereits bei der Planung und dem Neubau dessen zukünftiger Rückbau einbezogen und geplant wird. Zwei Beispiele hierfür sind, Baustoffkombinationen zu vermeiden, die beim Rückbau toxische Stoffe freisetzen oder bereits bei der Planung des Hauses zu ermöglichen, dass das Gebäude später leicht in einzelne Teile zerlegt werden kann.

Heute werden – bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von ungefähr 30 Jahren – Häuser zu- rückgebaut, die zu einer Zeit gebaut wurden, in der Baustoffrecycling kaum ein Thema war. Daraus schliessen wir, dass früher Gebäude ohne Berücksichtigung eines zukünftigen Rückbaus gebaut wurden und dass deswegen das Rückbauen von diesen Gebäuden erschwert wird. Aufgrund dessen ist es denkbar, dass künftig viele Bauabfälle anfallen, die nicht weiterverarbeitet werden können. Dementsprechend ist das Potenzial, Baustoffe zu recyceln, noch nicht vollständig ausgeschöpft. Nichtsdestotrotz sind wir der Meinung, dass ein geplanter Rückbau, wenn immer möglich, durchgeführt werden soll. Durch den zukünftigen Rückbau der Häuser, die erst vor wenigen Jahren erbaut wurden, werden einerseits einzelne Herausforderungen wegfallen, andererseits neue entstehen. Wir nehmen an, dass früher verwendete Baustoffe wie Asbest, die sich mittlerweile als toxisch erwiesen haben, heute nicht mehr verbaut werden und daher für den zukünftigen Rückbau kein Problem mehr darstellen werden. Doch werden auch heute Stoffe verbaut, deren Langzeitwirkungen noch ungewiss sind, so dass sie in Zukunft möglicherweise neue Herausforderungen darstellen können. Unsere Vermutung ist aber, dass heutzutage Langzeitfolgen aufgrund verbesserter Forschungsmethoden und technologischer Fortschritte genauer vorhergesagt werden können. Ein weiteres Beispiel sind Mingerie Häuser, die während ihrer Lebensdauer umweltschonend sind. Doch wird insbesondere die grosse Menge des verwendeten Isolationsmaterials bei der Trennung der Baustoffe in Zukunft eine grosse Herausforderung darstellen, da es sich dabei um einen Verbundstoff handelt.

Heute sind Expertinnen und Experten sowie Fachwissen nötig, um ein Konzept eines geplanten Rückbaus zu erstellen und auszuführen. Die Suva veröffentlicht Checklisten, um einen sicheren Rückbau gewährleisten zu können. Auch dies trägt dazu bei, dass der Rückbau und die Trennung der Baumaterialien zeitintensiv sind, weil zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen nötig sein können. Deshalb stellt sich die Frage, ob dies in unsere heutige, schnelllebige Gesellschaft passt. Denn diese Schnelllebigkeit ist auch in der Baubranche zu spüren. Nach Mühlhaus sank die durchschnittliche Lebensdauer eines Hauses, da vermehrt das Bedürfnis ausgelebt wird, in einem neu gebauten Haus zu leben. Daraus schliessen wir, dass ein geplanter Rückbau in Zukunft wichtiger wird.



## Die Wiederverwendung

*Der folgende Abschnitt ist ein zusammengefasster Text der Teilanalyse Wiederverwendung 1 von Lorena Charotton (Wiederverwendung-1, 2018).*

Neben der Herstellung von RC-Beton ist die Wiederverwendung ein Teil des Konzepts des nachhaltigen Bauens. Ganze Baustücke können direkt wiederverwendet werden wie zum Beispiel Fenster, Türen oder teils fertige Betonwände. Die direkte Wiederverwendung erfordert einen grossen Planungsaufwand um einerseits die zu wiederverwendenden Teile sorgfältig auszubauen und andererseits um einen Abnehmer für ein Wiederverwendungsstück zu finden, dass in einem anderen Haus wieder eingebaut werden kann.

### ***Viel Zeit beansprucht die Planung vor dem Ausbau.***

Man muss:

1. verfügbare Daten aus Gebäudeunterlagen analysieren (geben Auskunft über anzunehmende Menge und Art der Bauteile)
  2. Beginn der Erstellung eines Verwendungsplans (die vorhandenen Bauteile werden oberflächlich untersucht)
  3. Erweiterung des Verwendungsplans bei ausgewählten Bauteilen (vertiefte Betrachtung ; Lebensdaueranalyse, erweiterte Schadstoffanalyse) → die Schwierigkeit bei der Wiederverwendung liegt auch darin, dass alle Bauteile müssen sehr individuell analysiert werden. Manchmal haben sogar Bauteile des gleichen Artes nicht das gleiche Wiederverwendungspotenzial.
  4. Erstellung einer Bauteilstückliste
  5. Kostenanalyse (Kosten und Erträge kalkulieren, bei Plusrechnung wird Projekt durchgeführt)
  6. Ausbau:
    - a) Transport → Aufarbeitung → Lagerung → Verkauf
    - b) Lagerung → Verkauf
- Der gesamte Abbauprozess folgt meistens bei einer Anfrage von Bauherren an ein Demontageunternehmen.
- Der Ausbau der Bauteile erfordert spezifische Fachkräfte, welche geeignete Ausbaumethoden kennen.

### ***Planungsprozess mit Wiederverwendungsbauteilen:***

Bauherr äussert sein Bedürfnis → Architekt probiert (in Zusammenarbeit mit den Ingenieuren) dieses in folgenden Schritten umzusetzen:

1. Überblickverschaffung über die Vorhandenen Bauteile
2. Strategische Planung
3. Vorstudien (Projektdefinition, Machbarkeitsstudie, Auswahlverfahren)
4. Projektierung
5. Ausschreibung (Offertenvergleich, Vergabeantrag)
6. Realisierung (mit dem Bauleiter)

## **Einsichten resultierend aus der Zusammenfassung der Teilanalysen**

Die Baustoffrecycling-Problematik ist sehr vielschichtig. Wir haben einerseits immer weniger Primärressourcen, sowie Deponieplätze andererseits eine unwissende Bevölkerung. Ökonomisch ist es schwierig für die Recycling-Unternehmen konkurrenzfähig zu bleiben. Zusätzlich erschwert ihnen eine Gesetzgebung, die stark regulierend jedoch aber nur schwach unterstützend ist, das Leben.

Obwohl die natürlichen Ressourcen verknappen, werden bei Bauprojekten nach wie vor Primärbaustoffe bevorzugt. «Häuser aus Häusern bauen», also statt Primärbaustoffen Baustoffe aus sekundären Quellen zu verwenden, wird von wenigen Entscheidungsträgern in Betracht gezogen. Ein Grund dafür ist, dass bezüglich RC-Baustoffen ein Informationen wenig verbreitet sind und Vorurteile gegenüber diesem bestehen.

Um dem entgegenzuwirken, ist es nötig, dass die Bevölkerung, besser über RC-Baustoffe informiert ist. Wissen und Informationen über RC-Baustoffe sowie Anwendungsbeispiele sind vorhanden. Jedoch fehlen Anreize und Möglichkeiten, um sich mit der Thematik zu befassen. Dies soll sich mit unseren Massnahmen ändern.



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):

Baustoffe der Zukunft

**Verfasst von** (in Druckschrift):

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich.

**Name(n):**

Bertschinger  
Cheroton  
Krähenbühl  
Piskoty  
Porfido  
Schneider

**Vorname(n):**

David  
Lorena  
Jasmin  
Nelly  
Paloma  
Timo

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, 30.5.18

**Unterschrift(en)**

D. Bertschinger

Nelly

L. C.

J. Piskoty

P. Porfido

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

TS