

Umweltproblemlösen II

Betonskulptur als Aufklärungs- und Diskussionsmittel

Gruppe 16

19. Dezember 2018



Barbier Jill, Falk Hannah, Girlanda Omar, Lauber Chiara
Strozzega Ayla, Vogelsanger Basil

Zusammenfassung

Im Frühling 2019 können sich weltoffene Studenten und ETH-Mitarbeiter auf dem Höggerberg über Recyclingbeton informieren. Als Mittel zum Zweck werden zwei farbige Betonwürfel von je einem Kubikmeter vor dem HCI Gebäude aufgestellt. Darauf sind handgeschriebene Steckbriefe zu finden, welche den Betongranulaten unterschiedlicher Herkunft Eigenschaften zuweisen. Diese Informationen sind offensichtlich erfunden und nur vorhanden, um die Betrachter neugierig zu machen. Die verwirrenden und zugleich amüsanten Geschichten bewegen sie dazu, die Schilder zu lesen, die sich an den Blöcken befinden. Auf diesen sind interessante Fakten zum Thema Beton aufgeführt. Ein QR-Code am oberen Block führt direkt auf eine Website, die über den Hintergrund des Kunstobjekts aufklärt und weitere Informationen über den nachhaltigen Umgang mit Beton liefert. In nur fünf Minuten können sich die Betrachter einen Überblick über RC-Beton beschaffen, ohne gross darüber nachdenken zu müssen.

Ausgangslage und Ziel

Bei der Entwicklung dieses Projektes stützten wir uns auf sämtliche Erkenntnisse aus den Teilanalysen des letzten Semesters, sie werden im Anhang aufgeführt.

Durch das Zusammentragen all dieser Erkenntnisse gelangten wir zum Schluss, dass Recyclingbeton im Hochbau einwandfrei einsetzbar ist (siehe Einsicht zur Massnahme „Neugestaltete Preisliste“). Trotzdem wird weniger RC-Beton verwendet als möglich wäre. Dies ist teilweise darauf zurückzuführen, dass Recyclingbeton und dessen Qualität kaum bekannt sind. Die ausschlaggebende Einsicht ist, dass die Anwendung von RC-Beton häufig an seinem schlechten Image scheitert. Damit ist eine negative Einstellung gegenüber RC-Beton gemeint, die oft auf Vorurteilen und Fehlinformationen beruht, sowie von Emotionen abhängt. Deshalb wird Recyclingbeton manchmal auch von Leuten abgelehnt, die eigentlich über die problemlose Einsetzbarkeit von RC-Beton Bescheid wissen. (Alonso, Beber, Flury, Gauye, & Strozzege, 2017; Baruth, Felber, Girlanda, Henner, & Meyer, 2017; Bertschinger et al., 2017; Buschmann et al., 2017; Indergand et al., 2017; Kaufmann, Maier, Scheiwiller, Strini, & Wiklund, 2017)

Diese Unstimmigkeit betrifft am Bau Beteiligte, Hersteller und Vertreiber von RC-Beton sowie die nächste Generation von Bauplanern und Bauherren. Bezogen auf unserer Einsicht sind folgende Beteiligte besonders relevant:

Bauplaner haben meist eine gefestigte Meinung über die Baustoffe, die sie zum Teil schon lange verwenden. Mit Primärbeton fühlen sie sich sicher, da sie diesen schon zahlreiche Male eingesetzt haben. Sie profitieren von einem hohen Erfahrungswert, welcher ihnen auch das Vertrauen der Bauherren einbringt. Für Bauingenieure ist es ein Mehraufwand, ungewohnte Baustoffe zu benutzen und ihre Rechnungen und Verfahren daran anzupassen. Den Architekten ist die Ästhetik eines Gebäudes enorm wichtig, weshalb sie dem RC-Beton gegenüber Vorbehalte haben. Zudem wollen sie nicht, dass ihre Gebäude aufgrund des Begriffes „Recycling“ mit Abfall assoziiert werden. Beide Berufsgruppen wurden in ihrer Ausbildung nicht besonders auf RC-Beton sensibilisiert.

An der ETH studieren **zukünftige Bauplaner**. Ihr Interesse ist es, eine fundierte Ausbildung zu erhalten, um später ihren Beruf ausüben und stabile und schöne Gebäude planen können. Aufgrund mangelnder Erfahrung kennen sie Recyclingbeton höchstens aus Vorlesungen und haben davon noch keine fixe Meinung gebildet. Von Umweltproblemen haben sie in der Schule oft gehört, Nachhaltigkeit ist kein neuer Begriff für sie. Deshalb sind

sie gegenüber nachhaltigen Alternativen tendenziell aufgeschlossener als bereits amtierenden Bauplaner.

Bauherren wollen ihr Geld sicher investiert wissen. Sie vertrauen auf das Urteil der Ingenieure und Architekten oder orientieren sich zumindest an deren Vorschlägen. Schlussendlich tragen die Bauherren als Geldgeber aber die gesamte Entscheidungsgewalt. Viele private Bauherren kennen Recyclingbeton nicht. Deshalb können sie sich, wenn sie keinen Hinweis darauf erhalten, nicht für RC-Beton entscheiden.

Zukünftige Bauherren wissen möglicherweise noch gar nicht, dass sie jemals am Bau eines Hauses beteiligt sein werden. Es liegt nicht in ihrem Interesse, sich jetzt aktiv mit Beton auseinanderzusetzen, nur schon deshalb nicht, weil es relativ viel Zeit in Anspruch nimmt. In diese Kategorie gehören Studenten. Als ETH-Abgänger werden viele von ihnen gute Berufschancen und genug Geld haben, um später ein eigenes Haus bauen zu können. Sie sind einen strukturierten Alltag gewöhnt und lassen sich gerne ein paar Minuten ablenken, vor allem wenn etwas sowohl einen Unterhaltungswert als auch etwas Wissenswertes zu bieten hat. Auf diese Weise sind sie für sehr viele Themen empfänglich, denn die meisten von ihnen sind offen und neugierig.

Das Ziel ist, das Imageproblem des RC-Betons zu verringern und so die Verwendung von RC-Beton im Hochbau zu fördern um das Baugeschäft nachhaltiger zu gestalten. Zur Zielgruppe gehören alle, die sich an der ETH aufhalten. Das sind beispielsweise Mitarbeiter der ETH, die potentielle Bauherren sind oder in der Baubranche tätig sind. Wünschenswert wäre, dass sie dank des Kunstobjekts das Thema Recyclingbeton nochmals aufgreifen, sich mit ihren Kollegen darüber unterhalten und auf diese Weise dem Baustoff eine neue Chance geben.

Hauptsächlich möchten wir aber Studierende erreichen. Sie haben, wie in der Problemstellung erwähnt, im Gegensatz zu Erfahrenen am Bau Beteiligten meistens noch keine gefestigte Meinung von Betonen. Deshalb sind sie leichter für Neues zu begeistern, vor allem, weil sie neu- und wissbegierig sind. Im Optimalfall kann unsere Massnahme so viel Einfluss ausüben, dass zukünftige Bauplaner bei ihrer Arbeit RC-Beton verwenden werden. Den zukünftigen Bauherren soll ein positiver Eindruck des Materials bleiben, damit sie sich beim Bau ihres Eigenheims in 20 Jahren an Recyclingbeton erinnern und diesen selbst vorschlagen können.

Wir sind uns durchaus bewusst, dass wir mit dem Kunstobjekt nicht alle Betrachter ansprechen werden. Kunst ruft immer Kontroversen hervor und ist oft provokant. Aus unserer Sicht bedeuten kritische Diskussionen aber keinesfalls das Scheitern der Massnahme: Uns geht es in erster Linie darum, den Begriff „Recyclingbeton“ sowie zugehöriges Wissen zu verbreiten. Diskussionen über dieses Thema kämen uns sogar gelegen, da sich in solchen häufig Alternativen präsentieren oder mögliche Lösungen herauskristallisieren.

Stand der Entwicklung

Diese Massnahme kann als Aufklärungskampagne oder als Öffentlichkeitsarbeit betrachtet werden. Öffentlichkeitsarbeit wird normalerweise von Firmen ausgeführt und stellt Informationen bereit, welche Werbung für etwas machen. Die Aufklärungskampagne dagegen sollte im Idealfall möglichst objektives Wissen beinhalten, das einer grossen Menge an Leuten nähergebracht werden soll.

Die Idee, Informationen und Botschaften in Kunst zu verpacken, ist nichts Neues. In unserem Fall soll sie Menschen dazu bringen, sich mit Recyclingbeton auseinanderzusetzen. Uns ist kein anderes Projekt bekannt, bei der Kunst aus Beton verwendet wird, um über RC- und Primärbeton aufzuklären und die Frage nach der Nachhaltigkeit von Baustoffen aufzuwerfen.

Darstellung der Massnahme



Vor dem HCI-Gebäude auf dem Campus Höggerberg wird im Frühling 2019 eine Betonskulptur gemäss der Abbildung ausgestellt. Der obere Würfel ist aus Recyclingbeton, der untere aus Primärbeton. Sie sind jeweils einen Kubikmeter gross. Die Farben sind absichtlich knallig und sollen Aufsehen erregen, um Passanten anzulocken. Zentrale Schlagwörter des Themas, die den oberen Block zieren, sind auch aus der Ferne klar lesbar, sodass vielleicht auch die weniger neugierigen Passanten zum Kunstobjekt hingehen.

Beim Nähertreten stellen die Passanten fest, dass auf den Dreiecken mit Handschrift geschriebene Texte stehen, die ihre Neugierde erneut wecken. Während dem Lesen wird klar, dass jeder Farbe ein Steckbrief zugeordnet ist. Er enthält die fiktive Herkunft und eine personalisierte Eigenschaft der jeweiligen Betonfarbe, die darauf anspielt, dass genau dieser Beton schon einmal verwendet wurde. Die Texte sind humorvoll geschrieben und sollen die Leser amüsieren.

Die durchsichtigen Schilder offenbaren Fakten zu Primär- und Recyclingbeton. Lesen die Betrachter diese Schilder, werden sie so unbewusst ihren Wissensstand zum Thema Beton erweitern. Sollte sich jemand nun besonders für das Thema interessieren, so entdeckt er am oberen Block einen QR-Code. Dieser Code führt Interessierte direkt auf die Website unserer Partner ("VollConcrete," 2018) und ist somit der Schlüssel zu weiterführender Information über Nachhaltigkeit verschiedener Betonarten. Ausserdem werden die Hintergründe der Betonskulptur kurz erläutert und die Sponsoren aufgeführt.

Umsetzung

Im Herbst 2018 wird die genaue Gestaltung der Blöcke mithilfe der Künstlerin Annina Grupp und der Polydesignerin Tara Trachsel ausgearbeitet. Im März 2019 liefert die Firma Richi AG die zwei Betonblöcke. Sie stapeln diese mit sachgerechten Hilfsmittel aufeinander und unterlegen sie mit Schallplatten, damit der Boden keinen Schaden nimmt. Am Tag der Lieferung wird das Kunstwerk vor Ort von der Kunststudentin Annina Grupp in einer Mittagspause gestaltet, so besteht für einige Passanten die Möglichkeit, den Entstehungsprozess mitverfolgen zu können. Dies baut Spannung auf und sorgt für Bekanntheit. Drei Monate später holt die Richi AG die Blöcke ab und sie werden wiederverwertet.

Finanzierung

Finanziell ermöglicht wird das Projekt durch die Richi AG und den ARV. Die Richi AG stellt die beiden Betonblöcke sowie die Lieferung und Abholung kostenlos zur Verfügung. Dafür wird das Unternehmen auf dem Block selbst erwähnt. Ebenso auf dem Block aufgeführt wird der ARV, welcher einen grosszügigen Beitrag von 1000 Franken spendet. Damit decken wir alle weiteren Ausgaben für Material sowie die Spesen der Künstlerin. Den Überschuss erhält die Künstlerin als Gage. Finanzielle Gewinne wirft die Massnahme keine ab. Das Ausstellen auf dem Höggerberg ist kostenlos. Der Bewilligungsstelle der ETH Zürich liegt daran das ETH Gelände mittels solcher Projekte aufzuwerten und spannender zu gestalten; auch sie unterstützen das Projekt.

Beteiligte und Betroffene

Bei den durchgeführten Pretests des Prototyps wollten wir sicherstellen, dass wir die richtige Zielgruppe ansprechen und dass die Art der Vermittlung für diese ansprechend ist. Dafür führten wir ein Gespräch mit dem Lehrspezialisten Urs Brändle, welcher die Idee, mit Kunst Informationen zu vermitteln, toll fand. Ausserdem befragten wir diverse, zufällig ausgewählte Studenten und Mitarbeiter der ETH.

Die Studenten zeigten kein grosses Interesse und fanden Baustoffrecycling weder gut noch schlecht. Das deckt sich mit dem beschriebenen Bedürfnis: Sie haben keinen Drang danach, etwas über RC-Beton zu lernen und meist auch wenig Vorwissen. Der Prototyp liess sie jedoch neugierig werden und sie meinten, sie würden sich einige Minuten Zeit nehmen, um das Kunstobjekt zu betrachten. Teilweise waren sie etwas irritiert und verstanden unser Anliegen nicht komplett, die Mehrheit fand die Massnahme jedoch witzig und sinnvoll. Zukünftige Bauplaner, also Studenten aus einem entsprechenden Studium, reagierten ähnlich wie die anderen Studenten.

Nebst der Bewilligungsstelle der ETH sind auch alle anderen Stakeholder, mit denen wir in Kontakt traten, dem Projekt gegenüber positiv oder neutral eingestellt. Der ARV fördert RC-Beton unter anderem selber durch Öffentlichkeitsarbeit und unterstützt deshalb Projekte wie dieses gern auch mit finanziellen Mitteln. Die Richi AG als Vertreter der RC-Hersteller profitiert von einer erhöhten Nachfrage nach ihrem Produkt. Obwohl diese Massnahme in naher Zukunft wohl nicht zu einer signifikanten Änderung für ihr Geschäft führt, schadet sie auch nicht. Da diese zwei Stakeholder auch bei der Umsetzung des Projektes einen Beitrag leisten, profitieren sie von der Werbung, die dadurch für sie gemacht wird.

Mit einigen anderen Stakeholdern, unter anderem Primärbetonhersteller, hatten wir keinen Kontakt. Wir nehmen aber an, dass sie der Massnahme gegenüber neutral eingestellt sind, denn die Massnahme beeinträchtigt niemanden in seiner Aktivität und schadet auch keiner Berufsgruppe.

Nachhaltigkeit der Massnahme

Dieser Text basiert auf einer ausführlichen Nachhaltigkeitsbeurteilung (im Folgenden als NHB bezeichnet) im Anhang. Das Ziel dieser NHB ist es zu prüfen, ob ein erhöhter Verbrauch von RC-Beton tatsächlich ressourcenschonender ist. Dabei arbeiten wir mit einer vereinfachten Form der MONET-Methode.

Indikatoren

















Rohstoff	Erwünschter Trend	Heutiger beobachteter Trend	Trend mit Einfluss der Massnahmen	Dienen die Massnahmen dem Ziel?
CO ₂ -Emissionen				
Menge an gefördertem Kies				
Menge an gefördertem Kalk und Mergel				
Benötigtes Deponievolumen				

Tabelle 1: Beurteilung der Indikatoren nach Monet

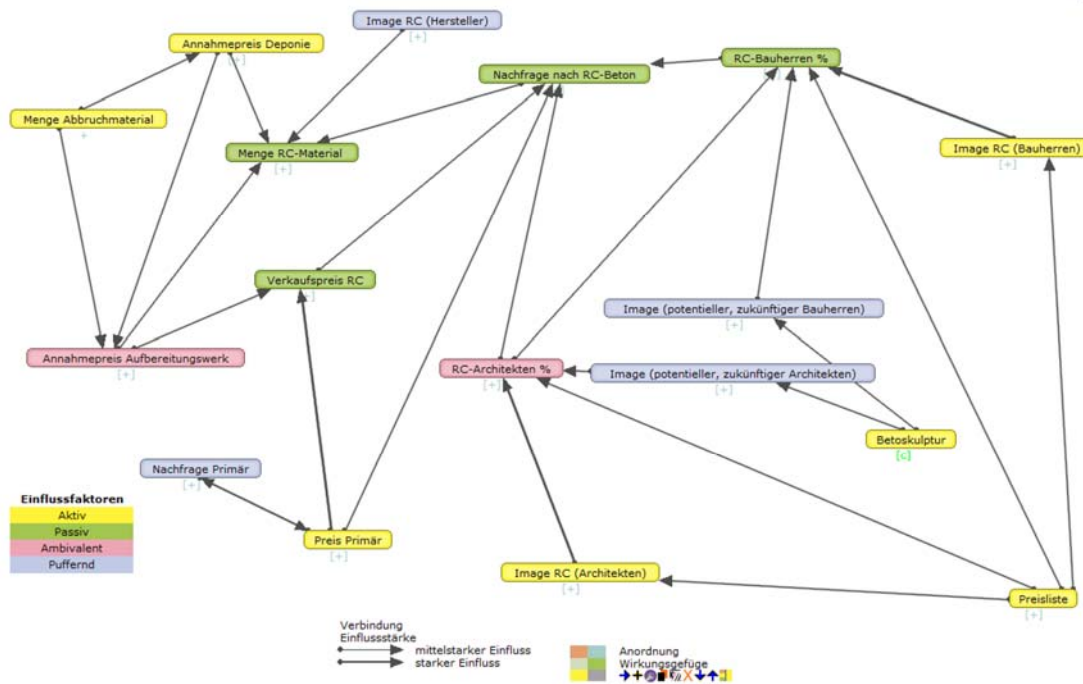
Aus dem SystemQ-Modell geht hervor, dass durch die Umsetzung der Massnahmen die Menge an verwendetem RC-Beton steigen wird. Dieser sind aber Grenzen gesetzt. Aufgrund der Diskrepanz zwischen abgebrochenen und neugebauten Häusern kann nie der ganze Bedarf an Baustoffen mit RC-Material gedeckt werden. Die zusätzlich nachgefragte Menge würde also wahrscheinlich von den 30 Prozent des aufbereiteten Betonabbruchs gedeckt, die heute noch deponiert werden.

Ist dies ressourcenschonender? Sicher werden das Deponievolumen und die Menge an abgetragenem Kies verringert. Die Menge an Kalk und Mergel verändert sich wahrscheinlich nicht massgeblich. Im schlechtesten Fall erhöht sie sich jedoch. Zement ist nicht recycelbar und muss deshalb auch bei der Verwendung von RC-Beton neu hergestellt und beigemischt werden. Um bei diesem Indikator einen Rückgang zu erzielen, müssen Materialien, Techniken und Verfahren weiterentwickelt werden. Auf dem Gebiet geschieht heute schon viel und in den nächsten Jahren wird es sicher einige Fortschritte geben. Daraus ergibt sich die Hoffnung, dass der Verbrauch generell sinkt oder zumindest bei RC-Beton nicht steigt. Die Menge an CO₂-Emissionen hängt von der Menge und Art des verwendeten Zements und den Transportwegen ab. Auch darauf nimmt die Massnahme keinen direkten Einfluss. Dennoch bietet die Verwendung von RC-Beton gute Möglichkeiten die CO₂-Emissionen zu senken.

Insgesamt kann gesagt werden, dass eine gesteigerte Verwendung von RC-Beton an sich noch nicht unbedingt zu mehr Nachhaltigkeit führt. Die durch die Massnahme veränderte Situation bietet jedoch mehr Möglichkeiten zur Verbesserung als die heutige. Wichtiger als die absolute Menge an RC-Beton ist, genau abzuklären, woher der Beton kommt, wie er zusammengesetzt ist und wie langlebig das Gebäude ist.

Die Massnahmen führen also zu einer leicht verbesserten Situation. Um das Baugeschäft wirklich nachhaltiger zu gestalten, müssten aber weitere Massnahmen umgesetzt werden, die zum Beispiel über die Herkunft der Rohstoffe informieren oder die Forschung vorantreiben.

Massnahme in System



Wirksamkeitsanalyse: Wie die Einflussfaktoren zu den Zielen beitragen



Die Zielvariable, deren Ausprägung erhöht werden soll, ist *Menge RC-Material*. Für die Massnahmen bedeutet das, dass auch die *Nachfrage nach RC-Beton* für uns eine Zielvariable ist, da nur durch sie die erste Zielvariable erreicht werden kann. Das *Image RC Architekten* und *Bauherren* hat aufgrund der Einsicht jeweils einen stärkeren Einfluss als die übrigen. (Wird in Bezug auf SystemQ von Architekten gesprochen, sind jeweils auch Ingenieure sowie weitere an der Planung Beteiligte gemeint.) Beide Massnahmen setzen im rechten Subsystem an, wirken jedoch unterschiedlich. Die *Preisliste*, über die die andere Dokumentation näher informiert, beeinflusst hauptsächlich Variablen, die das System steuern. Sie wirkt sofort und direkt. Die Massnahme *Betonkultur* wirkt auf puffernde Variablen. Diese haben einen relativ geringen Einfluss auf das System, weshalb die Wirkung der Massnahme verzögert und eingeschränkt wird. Sie beeinflusst das *Image der potentiellen, zukünftigen Bauherren* und *Architekten* und somit spezifisch zwei Zielgruppen. Es ist entscheidend, dass diese in passender Weise und überzeugend angesprochen werden, ansonsten geht die Wirkung verloren. Die Massnahme *Preisliste* wirkt auf direkterem und breiterem Weg auf die ursprüngliche Zielvariable als die Massnahme *Betonkultur*. Möglicherweise wäre es für die Erreichung des Ziels besser, wenn die Massnahmen an unterschiedlicheren Orten ansetzen würden, statt beide im selben Teil; nur separiert durch unterschiedliche Zielgruppen. Allerdings setzen beide Massnahme

so an einem Punkt an und können ein gemeinsames Ziel auch eher erreichen indem die *Nachfrage nach RC-Beton* und damit die *Menge RC-Material* erhöht werden kann.

Weiteres Vorgehen

Für die tatsächliche Umsetzung des Projektes müssen nur noch Details geklärt werden. Mitte September werden wir ein Gespräch mit Herrn Caprani der Richi AG führen, um zu vereinbaren, wie und wann genau die Lieferung der Betonblöcke von dannen gehen soll. Diese Informationen sind dann an Frau Stefancic der ETH Bewilligungsbehörde weiterzuleiten, die uns anschliessend die definitive Bewilligung ausstellen wird.

Was wesentlich mehr Zeit in Anspruch nehmen wird, ist die definitive Ausformulierung aller Fakten und Steckbriefe, sowie die genauen Designentwürfe für den oberen Block. Dazu kommt, dass unser Eintrag auf der Website ("VollConcrete," 2018) vervollständigt werden muss. Dafür werden wir erneut die Informationen aus den Teilanalysen des ersten Semesters nutzen. Die Faktentafeln und eine Platte mit dem QR-Code müssen gedruckt werden, wofür wir unser Budget des ARV brauchen werden. Je nach Absprache mit Frau Stefancic müssen wir auch noch Warntafeln drucken lassen, welche das Beklettern des Blockes verbieten.

All diese Aufgaben führen die Gruppenmitglieder selbst aus. Schlussendlich steht nur noch die Gestaltung des Blocks Mitte März an, die wir zusammen mit der Künstlerin Annina Grupp übernehmen.

Fazit

Die Massnahme versucht, die Verwendung von RC-Beton im Hochbau zu fördern. Dies soll zu mehr Nachhaltigkeit im Baugeschäft führen. Sie setzt dazu beim Image der Bauherren und Bauplanern von Morgen an. Laut SystemQ werden damit die gewünschten Zielvariablen, die nachgefragte und die tatsächlich verbaute Menge an RC-Beton auch wirklich verstärkt. Die NHB zeigt jedoch, dass dies allein noch nicht reicht: Die ausschlaggebenden Faktoren bezüglich der Reduktion von CO₂-Emissionen und dem Abbau von Kalk und Mergel werden nicht beeinflusst. Dennoch wird eine Verbesserung erzielt: Durch die vollständige Wiederverwendung des rückgebauten und aufbereiteten Materials wird Deponiefläche gespart und weniger Kies abgebaut. Die Wirkung der Massnahme wird erst in einigen Jahren eintreten, doch steht der Umsetzung heute nichts im Wege. Die beteiligten und betroffenen Stakeholder stehen der Massnahme und dem Ziel positiv gegenüber.

Referenzen

- Alonso, A., Beber, L., Flury, M., Gauye, C., & Strozzege, A. (2017). *Teilanalyse Ökonomische Situation Gruppe 1.*
- Baruth, S., Felber, S., Girlanda, O., Henner, J., & Meyer, L. (2017). *Technische Teilanalyse Gruppe 3.*
- Bertschinger, D., Camichel, A., Falk, H., Giacomini, F., Hansen, M., & Stalder, J. (2017). *Stoffflussanalyse Gruppe 3.*
- Buschmann, L., Crippa, D., Fischer, A., Nelissen, H., Pas, V., & Semadeni, A. (2017). *Stoffflussanalyse zu Primär- und Recyclingbeton im Schweizer Hochbau.*
- Indergand, A., Hirzel, J., Barbier, J., Mast, J., Renggli, R., & Thomet, U. (2017). *Teilanalyse Baustoffe 4.*
- Kaufmann, A., Maier, A., Scheiwiller, M., Strini, L., & Wiklund, K. (2017). *Teilanalyse Stoffflussanalyse und Ökobilanz Gruppe 2.*
- Kytzia, S., Rota, A., Wenk, F., Stüssi, U., Lier, S., & Bless, N. (2009, 31.12.2009). *Vorzüge nachhaltigen Bauens mit Beton.*
- VollConcrete. (2018). Zugriff am 31.05.18. Abgerufen von <https://baustoffrecycling.wildert.ch>.

Anhang

[Inhaltsverzeichnis Anhang](#)

- Wirkung der Massnahme im System Q
- Nachhaltigkeitsbeurteilung
- Eigenständigkeitserklärung

Der vollständige Anhang befindet sich im PDF.

Wirkung der Massnahmen im System

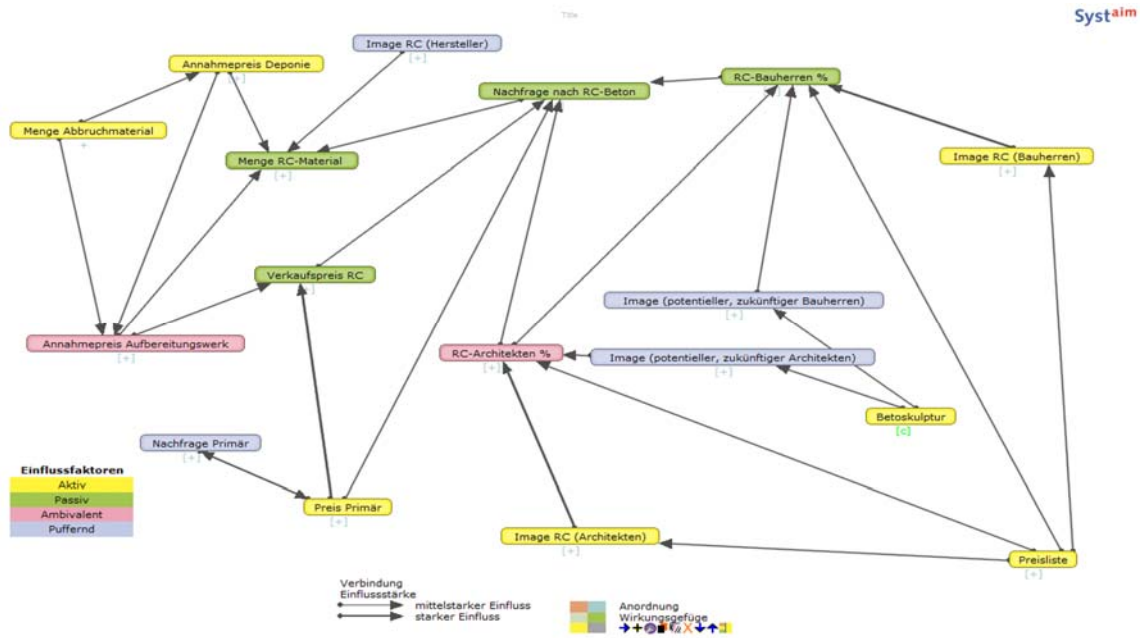


Abbildung 1: Systemmodell mit SystemQ, mit Einfluss der Massnahmen

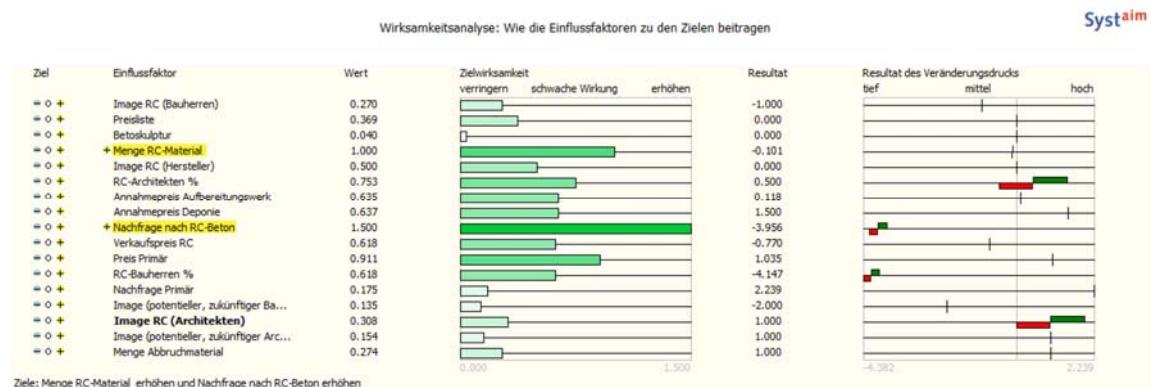


Abbildung 2: Einfluss der Variable Image RC (Architekten) auf die Zielvariablen

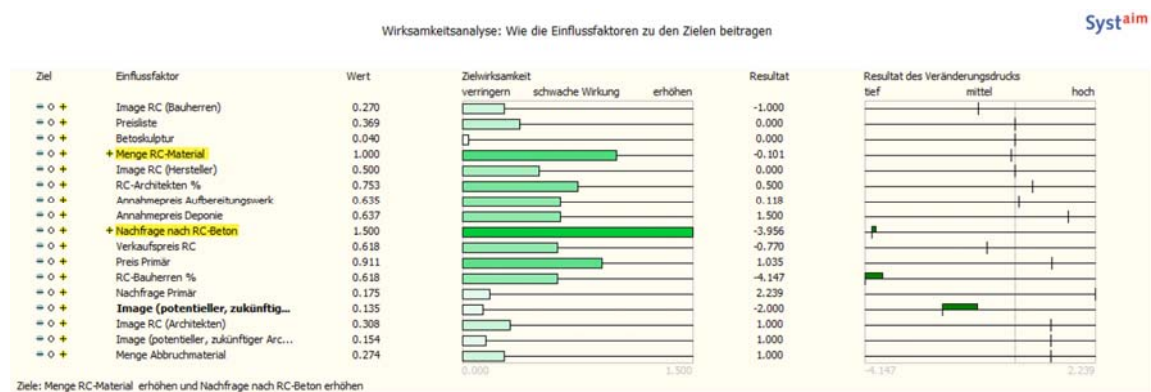


Abbildung 3: Einfluss der Variable Image (potentieller zukünftiger Bauherren) auf die Zielvariablen.

Zur Übersicht werden die Namen der Variablen *kursiv* gedruckt. Die genauen Definitionen befinden sich im Variablenblatt.

Die Zielvariable, deren Ausprägung erhöht werden soll, ist *Menge RC-Material*. Das System besteht sichtbar aus zwei Teilen, die lediglich über die Variable *Nachfrage nach RC-Beton* verknüpft sind. Im Folgenden werden sie als linkes und rechtes Subsystem bezeichnet. Für den rechten, durch die Massnahmen direkt beeinflussten Teil ist *Nachfrage nach RC-Beton* deshalb eine zweite Zielvariable.

Der linke Teil des Systems stellt in sich geschlossene Kreisläufe dar. Diese werden durch die Massnahmen nicht verändert. Durch ihre Wirkung auf die *Nachfrage nach RC-Beton* wird lediglich das Gleichgewicht zu Gunsten von *Menge RC-Material* verschoben.

Die aktiven, von aussen beeinflussenden Variablen in diesem Teil sind die *Annahmepreise der Deponie* und die verfügbare *Menge an Abbruchmaterial*, sowie der *Preis von Primärbeton*. Diese hängen hauptsächlich von Einflussfaktoren ab, die nicht ins System aufgenommen wurden. Der *Annahmepreis Deponie* beeinflusst sogar direkt die Zielvariable. Das System könnte also über diese Variable stark beeinflusst werden.

Kritisch ist in diesem Teil die Variable *Annahmepreis Aufbereitungswerk*. Es ist zentral, ob es sich für die Baufirma finanziell lohnt, das Material zum Aufbereitungswerk zu bringen. Durch den eben erwähnten, starken Einfluss von *Annahmepreis Deponie* wird ihre Bedeutung jedoch wieder etwas abgeschwächt.

Das System weist nur einen Loop auf. Dies ist die Verbindung von *Nachfrage Primär* und *Preis Primär*, die sich jeweils gegenseitig beeinflussen. Das System, vor allem im rechten Teil ist sehr linear aufgebaut. Von den Massnahmen ausgehend geschieht ein Schritt nach dem anderen. Die einzige Abweichung davon ist die Verbindung *RC-Architekten %* zu *RC-Bauherren %*. In Wirklichkeit gäbe es wahrscheinlich viel mehr Verknüpfungen zwischen den verschiedenen Gruppen und dadurch mehr Loops, denn Menschen sind nie unabhängig von ihrem Umfeld. So beeinflusst das Image einer Gruppe unwillkürlich das Image einer anderen und die Berufsgruppen arbeiten stärker zusammen als es hier den Anschein erweckt. Im System wäre dies allerdings sehr unübersichtlich geworden. Aufgrund der Einsicht haben die Variablen *Image RC Architekten* und *Bauherren* jeweils einen stärkeren Einfluss als die übrigen.

Die beiden Massnahmen unterscheiden sich in ihrer Wirkungsweise. *Preisliste* beeinflusst sowohl das *Image RC* der *Bauherren* sowie das *Image RC* der *Architekten*. Beides sind aktive Variablen. Das heisst, durch sie kann das System gesteuert werden.

Des Weiteren liegt ein direkter Einfluss auf *RC-Architekten %* und *RC-Bauherren %* vor, wenn die veränderte Preisliste dazu führt, dass Architekten und Bauherren einen RC-Baustoff wählen ohne seine sekundäre Herkunft zu beachten. Die Variable *RC-Architekten %* beeinflusst ihrerseits *RC-Bauherren %*, da die Architekten oftmals die Bauherren beraten. Dadurch wird *RC-Architekten %* zu einer ambivalenten Variable. Sie ist also eine kritische Grösse mit viel Einfluss auf das System, die aber schwierig zu steuern ist, da sie von vielen anderen Variablen abhängt. Es wäre möglich, diesen Einfluss in beide Richtungen zu modellieren. Allerdings wird den Architekten in der Einsicht mehr Einfluss zugesprochen.

Betonskulptur beeinflusst das *Image* der *potentiellen, zukünftigen Bauherren* und *Architekten*. Sie wirkt somit spezifisch auf zwei Zielgruppen. Es ist entscheidend, dass diese richtig gewählt und in passender Weise angesprochen werden, ansonsten geht die Wirkung ins Leere. Für die Planung bedeutet dies, dass die Bedürfnisse dieser Gruppen besonders sorgfältig abgeklärt werden müssen. Beide direkt beeinflussten Variablen sind jedoch

puffernde Variablen, das heisst sie haben relativ geringen Einfluss auf das System. Die Wirkung der Massnahme wird verzögert und eingeschränkt.

Die Massnahme *Preisliste* wirkt auf direkterem Weg auf die Zielvariable als die Massnahme *Betonskulptur* und zeigt, dem Modell nach, auch mehr Wirkung. Möglicherweise wäre es für die Erreichung des Ziels besser, wenn die Massnahmen an noch unterschiedlicheren Orten ansetzen würden, statt beide im selben Teil und nur mit unterschiedlichen Zielgruppen.

Variablenblatt

Die Reihenfolge der Variablen entspricht dem Kapitel Wirkungsweise des SystemQ-Modells. Die Variablen *Preisliste* und *Betonskulptur* sind die Einflüsse, die auf in diesem Semester erdachten Konzepten beruhen.

Die Zielvariable* ist *Menge RC-Material*. Eine zweite Zielvariable ist *Nachfrage nach RC-Beton* *.

Name	Gebt der Variable einen kurzen, prägnanten und auch für Dritte verständlichen Namen
Beschreibung	Beschreibt die Variable. Welches Element des Rich Picture soll damit abgebildet werden. Erwähnt, ob die Variable zu den 3-4 Bedürfnisvariablen gehört.
Hohe Ausprägung	Beschreibt eine hohe Ausprägung der Variable (z.B. Eine hohe Lebensqualität bedeutet, dass ...
Tiefe Ausprägung	Beschreibt eine tiefe Ausprägung der Variable (z.B. Eine niedrige Lebensqualität bedeutet, dass ...
Aktueller Zustand	Beschreibt die aktuelle Ausprägung der Variable (z.B. Die Lebensqualität ist tief)
Indikator	Überlegt, mit welchem Indikator die Ausprägung der Variable gemessen oder beschrieben werden könnte.

Name *	Menge RC-Material
Beschreibung	Diese Variable bezeichnet das Material, das wiederaufbereitet wird, und als Recyclingmaterial im Hochbau verwendet wird.
Hohe Ausprägung	Das Ziel in diesem System ist eine hohe Ausprägung an RC-Material, so wird kein Material unnötig deponiert. Hoch bedeutet, (fast) 100% des aufbereiteten Materials wird verwendet.
Tiefe Ausprägung	Eine tiefe Menge an RC-Material bedeutet entweder eine geringe Nachfrage, sehr niedrige Deponiekosten und/oder hohe Annahmepreise der Aufbereitungswerke. Mehr als 30% wird deponiert.
Aktueller Zustand	Im Moment besteht die Möglichkeit mehr RC-Material zu produzieren, als es schon getan wird. 30% des aufbereiteten Materials wird dennoch deponiert.
Indikator	Die Menge an Baumaterialien, die auf Deponien gebracht werden, obwohl sie für einen Wiederaufbereitungsprozess geeignet wären, können als Indikatoren für Verbesserung genommen werden.

Name *	Nachfrage nach RC-Beton
Beschreibung	Die Variable beschreibt, wie oft RC-Beton nachgefragt wird, anstatt Primärbeton zu verwenden.
Hohe Ausprägung	Bei einer hohen Ausprägung wird (nahezu) alles vorhandene RC-Material wieder verbaut, da die Nachfrage dazu analog ist.
Tiefe Ausprägung	Bei einer tiefen Ausprägung ist viel RC-Material vorhanden, bei dem keine Nachfrage besteht, es als Baustoff zu verwenden.
Aktueller Zustand	Es wird viel RC-Material wieder zu Baustoffen verarbeitet, jedoch nicht alles.
Indikator	Die Anzahl an Baufirmen, die Baustoffe wieder verarbeiten und die Menge an Material, das nicht wiederaufbereitet wird, weil es keine Nachfrage danach gibt, können als Indikatoren verwendet werden.

Name	Annahmepreis Deponie
Beschreibung	Diese Variable bezeichnet die Kosten, die eine Firma hat, wenn sie Baumaterial auf eine Deponie bringt.
Hohe Ausprägung	Bei hohen Deponiekosten, wird die Menge an wiederaufbereitetem Baumaterial grösser. Hoch bedeutet deutlich höher als die Annahmepreise der Aufbereitungswerke.
Tiefe Ausprägung	Bei niedrigen Deponiekosten, wird die Menge an wiederaufbereitetem Baumaterial kleiner. Tief bedeutet deutlich tiefer als die Annahmepreise der Aufbereitungswerke.
Aktueller Zustand	Deponiekosten sind so hoch, dass einiges aber nicht alles Material wiederaufbereitet wird.
Indikator	Die ausgeschriebenen Preise der Deponien können als Indikatoren verwendet werden.

Name	Menge Abbruchmaterial
Beschreibung	Die Variable beschreibt alle Materialien die als Bauabfall entstehen, wenn Häuser abgebrochen werden.
Hohe Ausprägung	Es werden überdurchschnittlich viele Häuser rückgebaut. Bei einer grossen Menge an Abbruchmaterial, kann viel wiederaufbereitet werden oder viel Material auf der Deponie landen.
Tiefe Ausprägung	Es werden unterdurchschnittlich viele Häuser rückgebaut. Bei einer kleinen Menge an Abbruchmaterial, kann wenig wiederaufbereitet werden oder wenig Material auf der Deponie landen.
Aktueller Zustand	Im Moment entsteht viel Material beim Abbruch von Häusern aus den 50ern, 60ern und 70ern.
Indikator	Es können Zahlen von Abbruchfirmen beachtet werden.

Name	Nachfrage Primär
Beschreibung	Die Variable beschreibt, wie oft Primärbeton nachgefragt wird.
Hohe Ausprägung	Eine hohe Nachfrage bedeutet, dass in absoluten Zahlen viel Primärbeton gekauft wird.
Tiefe Ausprägung	Eine niedrige Nachfrage bedeutet, dass in absoluten Zahlen wenig Primärbeton gekauft wird.
Aktueller Zustand	Die Nachfrage nach Primärbeton ist vorhanden und scheint auch nicht zurück zu gehen.
Indikator	Als Indikatoren gelten die Referenzen von Primärbetonherstellern.

Name	Preis Primär
Beschreibung	Die Variable bezeichnet die Kosten des Primärbetons für den Konsumenten.
Hohe Ausprägung	Ein hoher Preis bedeutet, dass tendenziell mehr Recyclingbeton nachgefragt wird. Hoch bedeutet deutlich höher als RC-Beton.
Tiefe Ausprägung	Ein niedrigerer Preis bedeutet, dass tendenziell mehr Primärbeton nachgefragt wird. Tief bedeutet deutlich tiefer als RC-Beton.
Aktueller Zustand	Der Preis von Primärbeton ist in einer Höhe, sodass er im Allgemeinen leistbar ist. Je nach Anbieter ist er über oder unter demjenigen von RC-Beton.
Indikator	Als Indikatoren gelten Preislisten von Primärbetonherstellern.

Name	Annahmepreis Aufbereitungswerk
Beschreibung	Diese Variable bezeichnet die Kosten, die eine Firma hat, wenn sie Baumaterial aufbereiten lässt.
Hohe Ausprägung	Bei hohen Aufbereitungskosten, wird die Menge an wiederaufbereitetem Baumaterial kleiner. Hoch bedeutet, höher als die Annahmepreise der Deponien.
Tiefe Ausprägung	Bei niedrigen Aufbereitungskosten, wird die Menge an wiederaufbereitetem Baumaterial grösser. Tief bedeutet, tiefer als die Annahmepreise der Deponien.
Aktueller Zustand	Die Annahmepreise der Aufbereitungswerke sind leicht unter demjenigen der Deponien.
Indikator	Es können Preise bei Firmen, die Abbruchmaterial wiederaufbereiten, erfragt werden.

Name	RC-Architekten %
Beschreibung	Diese Variable beinhaltet den prozentuellen Anteil aller Architekten, die vorzugsweise mit RC-Beton arbeiten.
Hohe Ausprägung	Falls über 50% der Architekten regelmässig mit RC-Baustoffen arbeiten, gilt dies für uns als hohe Ausprägung.
Tiefe Ausprägung	Falls unter 20% der Architekten regelmässig mit RC-Baustoffen arbeiten, gilt dies für uns als tiefe Ausprägung.
Aktueller Zustand	Im Kanton Zug beträgt der Anteil an RC-Architekten rund 15%.
Indikator	Durch Analysen der Aufträge verschiedener Baufirmen kann eruiert werden, wie viele Architekten RC-Material bevorzugen.

Name	RC-Bauherren %
Beschreibung	Diese Variable beinhaltet den prozentuellen Anteil aller Bauherren, die vorzugsweise mit RC-Beton bauen wollen.
Hohe Ausprägung	Falls über 50% aller Bauherren mit RC-Baustoffen bauen wollen, gilt dies für uns als hohe Ausprägung.
Tiefe Ausprägung	Falls unter 20% aller Bauherren mit RC-Baustoffen bauen wollen, gilt dies für uns als tiefe Ausprägung.
Aktueller Zustand	Zum aktuellen Zeitpunkt will keine bemerkenswerte Zahl an Bauherren mit RC-Beton bauen.
Indikator	Durch Analysen der Aufträge verschiedener Baufirmen kann eruiert werden, wie viele Bauherren RC-Material bevorzugen.

Name	Image RC (Bauherren)
Beschreibung	Die Variable beschreibt das irrationale Bild, das Bauherren von RC-Beton haben.
Hohe Ausprägung	Ein gutes Image hat zur Folge, dass viel Recyclingbeton gekauft und eingesetzt wird. Hohe Ausprägung des guten Images bedeutet, dass Vertrauen in den Baustoff und seine Ästhetik vorhanden sind. Der Baustoff und seine Verwendungsmöglichkeiten sind bekannt.
Tiefe Ausprägung	Ein schlechtes Image führt dazu, dass statt Recyclingbeton Primärbeton verwendet wird. Tiefe Ausprägung des guten Images bedeutet, dass Vertrauen in den Baustoff und seine Ästhetik nicht vorhanden sind. Der Baustoff und seine Verwendungsmöglichkeiten sind unbekannt.
Aktueller Zustand	Zum aktuellen Zeitpunkt ist das Image oft schlecht.
Indikator	Diese Variable kann durch Umfragen ermittelt werden.

Name	Image RC (Architekten)
Beschreibung	Die Variable beschreibt das irrationale Bild, das Architekten und Ingenieure von RC-Beton haben.
Hohe Ausprägung	Ein gutes Image hat zur Folge, dass viel Recyclingbeton gekauft und eingesetzt wird. Hohe Ausprägung des guten Images bedeutet, dass Vertrauen in den Baustoff und seine Ästhetik vorhanden sind. Der Baustoff und seine Verwendungsmöglichkeiten sind bekannt.
Tiefe Ausprägung	Ein schlechtes Image führt dazu, dass statt Recyclingbeton Primärbeton verwendet wird. Tiefe Ausprägung des guten Images bedeutet, dass Vertrauen in den Baustoff und seine Ästhetik nicht vorhanden sind. Der Baustoff und seine Verwendungsmöglichkeiten sind unbekannt.
Aktueller Zustand	Zum aktuellen Zeitpunkt ist das Image oft schlecht.
Indikator	Diese Variable kann durch Umfragen ermittelt werden.

Name	Image RC (potentielle, zukünftige Bauherren)
Beschreibung	Die Variable beschreibt das irrationale Bild, das Studierende von RC-Beton haben, die in der Zukunft einmal Bauherren werden.
Hohe Ausprägung	Ein gutes Image hat zur Folge, dass in der Zukunft viel Recyclingbeton gekauft und eingesetzt werden wird. Eine Hohe Ausprägung des guten Images bedeutet, dass der Baustoff und seine Verwendungsmöglichkeiten bekannt sind und positiv assoziiert werden.
Tiefe Ausprägung	Ein schlechtes Image führt dazu, dass in der Zukunft statt Recyclingbeton Primärbeton verwendet werden wird. Eine tiefe Ausprägung des guten Images bedeutet, dass der Baustoff und seine Verwendungsmöglichkeiten wenig bekannt sind und eher negativ assoziiert werden.
Aktueller Zustand	Zum aktuellen Zeitpunkt ist das Image oft schlecht.
Indikator	Diese Variable kann durch Umfragen ermittelt werden.

Name	Image RC (potentielle, zukünftige Architekten)
Beschreibung	Die Variable beschreibt das irrationale Bild, das Studierende von RC-Beton haben, die einmal Architekten werden.
Hohe Ausprägung	Ein gutes Image hat zur Folge, dass in der Zukunft viel Recyclingbeton gekauft und eingesetzt werden wird. Eine Hohe Ausprägung des guten Images bedeutet, dass der Baustoff und seine Verwendungsmöglichkeiten bekannt sind und positiv assoziiert werden.
Tiefe Ausprägung	Ein schlechtes Image führt dazu, dass in der Zukunft statt Recyclingbeton Primärbeton verwendet werden wird. Eine tiefe Ausprägung des guten Images bedeutet, dass der Baustoff und seine Verwendungsmöglichkeiten wenig bekannt sind und eher negativ assoziiert werden.
Aktueller Zustand	Zum aktuellen Zeitpunkt ist das Image oft schlecht.
Indikator	Diese Variable kann durch Umfragen ermittelt werden.

Name	Preisliste
Beschreibung	Die Massnahme mit dem Titel «Neugestaltete Preisliste» ist eine Umstrukturierung einer Preisliste, dabei sind Primär- und RC-Beton nicht mehr separat aufgelistet, sondern sind zusammen nach Qualitätsmerkmalen sortiert.
Hohe Ausprägung	Bei einer hohen Ausprägung, wird die Preisliste bei der Auswahl beachtet und so entweder einfach die günstigere Alternative gewählt oder realisiert, dass RC-Beton im Hochbau genügend grosse Qualitätsmerkmale aufweist und problemlos verwendet werden kann. Hoch bedeutet, dass (nahezu) alle Preislisten so gestaltet sind.
Tiefe Ausprägung	Bei einer tiefen Ausprägung, wird die Preisliste nicht ernsthaft beachtet oder gezielt versucht herauszufinden, bei welchem Beton es sich um Primärbeton handelt, um diesen zu verwenden. Tief bedeutet, dass nur vereinzelte Preislisten so gestaltet sind.
Aktueller Zustand	Zum aktuellen Zeitpunkt ist die Preisliste noch nicht im Einsatz und damit beeinflusst diese Variable zum jetzigen Zeitpunkt nicht.
Indikator	Als Indikator könnte die Zahl der RC-Beton-Käufe nach Einsicht der Preisliste verwendet werden.
Hintergrund	In der Massnahmendokumentation lassen sich weitere Informationen finden.

Name	Betonskulptur
Beschreibung	Die Massnahme mit dem Titel «Betonskulptur als Aufklärungs- & Diskussionsmittel» ist ein Kunstobjekt, auf dem Fakten über RC- und Primärbeton stehen. Es soll im Frühling 2019 auf dem ETH-Campus stehen, um von vielen Studierenden gesehen und beachtet zu werden.
Hohe Ausprägung	Bei einer hohen Ausprägung, nehmen viele Studierende das Kunstwerk wahr, wenn sie daran vorbeilaufen und beschäftigen sich danach noch genauer mit dem Thema Recycling von Baustoffen. Hohe Ausprägung bedeutet, dass viele Menschen erreicht und nachhaltig beeinflusst werden.
Tiefe Ausprägung	Bei einer tiefen Ausprägung, laufen viele Studierende einfach an der Skulptur vorbei und beschäftigen sich nicht weiter damit. Die Massnahme wäre (fast) keine Beeinflussung mehr. Tiefe Ausprägung bedeutet, dass wenige Menschen erreicht und nachhaltig beeinflusst werden.
Aktueller Zustand	Zum aktuellen Zeitpunkt ist die Betonskulptur noch nicht ausgestellt und beeinflusst das System somit nicht.
Indikator	Als Indikator können die Zugriffe mittels QR-Code auf eine Website mit weiterführender Information genannt werden.
Hintergrund	In der Massnahmendokumentation lassen sich weitere Informationen finden.

Name	Verkaufspreis RC
Beschreibung	Die Variable bezeichnet die Kosten des Recyclingbetons für den Konsumenten.
Hohe Ausprägung	Ein hoher Preis bedeutet, dass auch der Preis von Primärbeton hoch ist und in Folge die Nachfrage nach RC-Beton sinken wird. Hoch bedeutet, höher als der Preis von Primärbeton.
Tiefe Ausprägung	Ein niedrigerer Preis bedeutet, dass tendenziell mehr Recyclingbeton nachgefragt wird. Tief bedeutet, tiefer als der Preis von Primärbeton.
Aktueller Zustand	Der Preis von Recyclingbeton ist je nach Anbieter über oder unter dem Preis von Primärbeton.
Indikator	Als Indikatoren gelten Preislisten von Recyclingbetonherstellern.

Nachhaltigkeitsbeurteilung

Einleitung

Nachhaltige Entwicklung ist ein weit gefasster Begriff. Im Brundtland-Bericht wurde nachhaltige Entwicklung definiert als „Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“ Das Ziel dieser Nachhaltigkeitsbeurteilung (im Folgenden als NHB bezeichnet) ist herauszufinden, ob die vorgestellten Massnahmen dazu beitragen, das Baugeschäft nachhaltiger zu gestalten. Da es das Ziel der Massnahmen ist, einen erhöhten Verbrauch von RC-Beton zu erzielen, liegt der Fokus dieser NHB auf der Prüfung, ob diese Absicht auch wirklich ressourcenschonender ist.

Methoden

Wir arbeiten mit einer vereinfachten Form der MONET-Methode. Für vier Indikatoren bestimmen wir eine gewünschte Entwicklung (steigend, stabilisierend oder sinkend). Anschliessend beurteilen wir die tatsächliche Entwicklung und ziehen daraus Schlüsse über die Nachhaltigkeit des Baugeschäftes. Dazu stützen wir uns auf das Systemmodell mit *SystemQ*, die Ergebnisse der Teilanalysen vom letzten Semester sowie den Schlussbericht einer Gruppe der Hochschule für Technik Rapperswil „Vorzüge nachhaltigen Bauens mit Beton“(Kytzia et al., 2009).

Die gewählten Indikatoren sind: Primärkiesförderung, Kalk- und Mergelförderung, CO₂-Emissionen und die benötigte Deponiefläche. Sie stehen im direkten Zusammenhang mit effizienter Ressourcennutzung und schädlichen Emissionen. Genauer werden die Indikatoren im Kapitel „Indikatoren“ beschrieben.

Für diese Beurteilung vergleichen wir die heutige mit einer möglichen zukünftigen Situation. Dazu müssen zeitliche und räumliche Systemgrenzen definiert werden. Wir schauen relativ weit in die Zukunft. Obschon die Massnahme „Neugestaltete Preisliste“ bereits kurz nach der Realisierung eine Veränderung bewirken kann, entfaltet die Massnahme „Betonskulptur als Informations- und Diskussionsmittel“ ihre Wirkung erst in rund 20 Jahren, wenn die heutigen Studenten ihr Studium abgeschlossen haben und ihren Beruf ausüben. Die Beurteilung bezieht sich auf die kombinierte Wirkung der beiden Massnahmen. Das Wirkungsgebiet ist auf die Schweiz begrenzt. Betroffen sind, nebst den direkt an der Entwicklung und Umsetzung der Massnahmen beteiligten Stakeholdern, Kunden der Richi AG und die Betrachter des Kunstwerkes. Indirekt ist es jedoch die ganze Bevölkerung. In dieser NHB werden wir nicht weiter auf einzelne betroffene Gruppen eingehen.

Die Projekte befinden sich in der Planungsphase. Ihre genauen Auswirkungen sind noch unklar. Daher ist es schwierig exakte Angaben zu machen bezüglich der zukünftigen Situation. Da wir uns auf Sekundärquellen stützen sind Ungenauigkeiten der technischen Daten wahrscheinlich. Aus diesen Gründen und wegen des eher geringen Umfanges dieser NHB werden viele Aspekte vernachlässigt und sie bietet kein umfassendes Bild, sondern dient der Orientierung.

Ergebnisse

Beton gilt als nicht erneuerbare Ressource, da sich die benötigten Rohstoffe nur sehr langsam regenerieren. Dazu gehören hauptsächlich Kies, Zement (bestehend aus Mergel und Kalk) und Wasser.

Pro hergestellter Tonne Beton werden 2.3 Tonnen CO₂ ausgestossen. Der grösste Teil davon entsteht bei der Zementherstellung. Ansonsten spielt der Transportweg die grösste Rolle. Weiter wird auch beim Bau und Abbruch des Gebäudes CO₂ emittiert. Für die Herstellung von Betongranulat werden nur halb so hohe CO₂-Emissionen angegeben.

Dies obwohl bei der Wiederverwendung von Betongranulat immer neuer Zement beigemischt werden muss, denn Zement ist nicht recycelbar. Je nachdem wird sogar mehr Zement benötigt als bei der Verwendung von Primärmaterialien. Tiefere CO₂-Emissionen lassen sich jedoch damit erklären, dass der Transportweg dank mobilen Aufbereitungsstationen beeinflussbar ist. Nur bei deutlich kürzeren Transportwegen ist deshalb die CO₂-Bilanz von RC-Beton signifikant besser. Eine Art dies zu beurteilen sind Umweltbelastungspunkte (UBP). Sie sind Emissionswerte, die in der Ökobilanz verwendet werden, um Vergleiche zwischen den Umweltverträglichkeiten verschiedener Stoffe ziehen zu können. Primärmaterial wie natürliche Gesteinskörnung verursacht pro hergestellter Tonne 35'300 UBP. Recyclinggranulat verursacht etwa 15-mal weniger. Dabei wird wahrscheinlich von einem Optimalfall ausgegangen, das heisst sehr kurze Transportwege und ein tiefer Zementanteil.

Heutige Situation

Die Stoffkreisläufe können nicht ganz geschlossen werden, einerseits, da Zement immer neu hergestellt werden muss, andererseits aufgrund der Diskrepanz zwischen Betonbedarf im Hochbau und der Abbruchmenge: Es wird sieben- bis zehnmal mehr verbaut als abgebrochen. Das rückgebaute Material wird nicht vollständig verwendet: Obwohl 100% des Abbruchmaterials wiederaufbereitet werden, fliessen nur 25% davon wieder in den Hochbau. Der Rest wird entweder im Tiefbau wiederverwendet und 30% werden sogar deponiert.

Veränderte Situation

Laut dem Systemmodell wird die Nachfrage nach Recyclingprodukten steigen und dadurch die Menge an verwendetem RC-Material. Dennoch wird die Nachfrage nach Kies und Zement aus den oben genannten Gründen bestehen bleiben. Es wird lediglich das Gleichgewicht verschoben.

Indikatoren

Rohstoff	Erwünschter Trend	Heutiger beobachteter Trend	Trend mit Einfluss der Massnahmen	Dienen die Massnahmen dem Ziel?
CO ₂ -Emissionen				
Menge an gefördertem Kies				
Menge an gefördertem Kalk und Mergel				
Benötigtes Deponievolumen				

Tabelle 1: Beurteilung der Indikatoren nach Monet (siehe Legende am Schluss des Dokuments)

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Beurteilung der Indikatoren kurz zusammengefasst. Im Folgenden werden sie jeweils noch etwas ausführlicher erläutert.

Indikator „CO₂-Emissionen“

CO₂ ist ein Treibhausgas und trägt zur Klimaerwärmung bei. Die Menge an ausgestossenem CO₂ sollte für eine intakte Umwelt möglichst klein gehalten werden. Die jährlich ausgestossene Menge kann direkt gemessen werden. Mit der vermehrten Verwendung von Recyclingbeton können die Emissionen gesenkt werden. Allerdings nehmen die Massnahmen nicht direkt Einfluss auf die relevanten Prozesse zur Senkung der Emissionen, weshalb zu diesem Trend keine Vorhersage möglich ist.

Indikator „Menge an gefördertem Kies“

Kies ist eine endliche Ressource. Zwar sind die Vorräte in der Schweiz gross, oftmals jedoch unzugänglich, weil sie unter Siedlungs- oder Naturschutzgebieten liegen. Der Kiesabbau birgt ökologische Probleme wie die Abwertung von Gewässern und die Zerstörung von Lebensräumen. Gemessen werden kann die Entwicklung dieses Indikators anhand der Nachfrage nach natürlichen Gesteinskörnungen. Durch die vermehrte Verwendung von RC-Beton kann die Nachfrage leicht gesenkt werden. Sie bleibt jedoch gross, da die Nachfrage nach Baustoffen nicht komplett durch Recyclingmaterial gedeckt werden kann. Der Trend geht also in die gewünschte Richtung, für wirklich nachhaltigen Umgang mit dieser Ressource braucht es aber noch andere Massnahmen.

Indikator „Menge an gefördertem Kalk und Mergel“

Kalk und Mergel sind Bestandteile von Zement. Die Vorkommen in der Schweiz sind begrenzt. Schätzungen zufolge könnten die Schweizer Zementressourcen in zehn Jahren erschöpft sein. Wie bei Kies birgt der Abbau ökologische Probleme. Gemessen werden kann die Veränderung anhand der Nachfrage nach Zement. Diese wird bei der vermehrten Verwendung von RC-Beton gleich hoch bleiben oder sogar steigen. Auch hier sind weitere Massnahmen nötig, um die Zementherstellung rundum nachhaltiger zu gestalten.

Indikator „Benötigtes Deponievolumen“

Platz und Landressourcen sind in der Schweiz knapp, nur 40 bis 50 % der Fläche gilt als besiedelbar. Es ist schwierig neue Deponieplätze zu finden. Falls ein Gebiet zur Deponie wird, ist es für nichts anderes nutzbar, das Material liegt dann lange dort. Bei einer erhöhten Nachfrage nach RC-Beton wird weniger Deponievolumen benötigt, da ein grösserer Anteil des abgebrochenen Material auch wiederverwendet wird.

Wasser

Wasser ist eine wichtige Ressource. Sie ist endlich, auch wenn das Vorkommen in der Schweiz gross ist. In den verwendeten Quellen wird sie nicht behandelt, deshalb wird sie auch in dieser NHB vernachlässigt.

Fazit

Aus dem SystemQ-Modell geht hervor, dass durch die Umsetzung der Massnahmen die verwendete Menge an RC-Beton steigen wird. Dieser sind aber Grenzen gesetzt. Aufgrund der Diskrepanz zwischen abgebrochenen und neugebauten Häusern kann nie der ganze Bedarf an Baustoffen mit RC-Material gedeckt werden. Die zusätzlich nachgefragte Menge würde also von den 30% des aufbereiteten Betonabbruchs gedeckt, der heute noch deponiert wird.

Ist dies ressourcenschonender?

Sicher kann man dies behaupten in Bezug auf das benötigte Deponievolumen und die Menge an abgetragenem Kies. Die Verringerung dieser beiden Faktoren lässt sich als positiv bewerten.

Die Menge an Kalk und Mergel verändert sich durch einen erhöhten RC-Beton Verbrauch wahrscheinlich nicht massgeblich. Im schlechtesten Fall erhöht sie sich jedoch. Um bei diesem Indikator einen Rückgang zu erzielen, müssen Materialien, Techniken und Verfahren weiterentwickelt werden. Auf diesem Gebiet geschieht heute schon viel und in den nächsten Jahren wird es sicher einige Fortschritte geben. Daraus ergibt sich die Hoffnung, dass der Verbrauch generell sinkt oder zumindest bei RC-Beton nicht steigt.

Im Kapitel „Heutige Situation“ wird erwähnt, dass RC-Beton das Potential hat, die Menge an CO₂-Emissionen erheblich zu reduzieren. Da dies aber hauptsächlich von der Menge und Art des verwendeten Zements und den Transportwegen abhängt und die Massnahmen auf diese Faktoren keinen Einfluss nehmen, kann die Veränderung an dieser Stelle nicht bewertet werden.

Die Massnahmen führen also einerseits zu positiven (Deponievolumen und Kies), andererseits zu neutralen oder unklaren (Zement und CO₂) Auswirkungen. Insgesamt kann man also sagen, dass eine gesteigerte Verwendung von RC-Beton zwar zu Verbesserungen aber noch nicht umfassend zu mehr Nachhaltigkeit führt. Die veränderte Situation bietet jedoch mehr Möglichkeiten zur Erhöhung der Nachhaltigkeit als die heutige. Wichtiger als die absolute Menge an RC-Beton ist, genau abzuklären, von wo der Beton kommt, wie er zusammengesetzt ist und wie langlebig das Gebäude ist.

Wir empfehlen abschliessend, die Massnahmen umzusetzen und zur Verbesserung der nicht beachteten Faktoren Begleitmassnahmen zu treffen. Diese sollten darauf abzielen, über die Herkunft der Rohstoffe im Beton aufzuklären und die Entscheidungsfindung zu erleichtern, wie das zum Beispiel unsere Partner von ("VollConcrete," 2018) tun. Ausserdem sollte in die Forschung investiert werden, damit Ressourcen wie Kalk, Mergel und Wasser reduziert werden können.

Da die Massnahmen per se nicht eine enorm starke Steigerung der Nachfrage hervorrufen werden, sind die ökologischen Auswirkungen vielleicht geringer als es den Eindruck erweckt. Für diese Massnahmen ist es von ebenso grosser Bedeutung, die Menschen allgemein auf die Thematik des nachhaltigen Bauens zu sensibilisieren und das schlechte Image von RC-Produkten zu verringern. Diese Einstellungen können sich auch in anderen Bereichen auswirken als bei RC-Beton. Hier spielt Psychologie und Menschlichkeit eine grosse Rolle und manchmal braucht es nur einen kleinen Input um Grosses auszulösen. Obwohl also die Systemgrenzen in der Schweiz gesetzt sind, ist nicht vorherzusagen, wo überall sich Auswirkungen bemerkbar machen werden.

Legende Tabelle 1

Angestrebte Entwicklung



Beobachtete Entwicklung



Beobachtete Entwicklung mit Massnahmen



Zusammenfassung*



*Monet System: beobachtete Entwicklung im Vergleich zur angestrebten Entwicklung
 Hier: beobachtete Entwicklung im Vergleich zur beobachteten Entwicklung mit Massnahme