

# BAUEN AUF BILDUNG



Sophie Baruth, Mathieu Cretton, Fiona Giacomini, Cyril Heim, Chantal Sempach, Noelle Siegenthaler

## Zusammenfassung

Ziel der Vorliegenden Arbeit ist die Ausarbeitung der Massnahme «Bauen auf Bildung», welche den Wissensstand der Bauingenieure in Hinsicht auf Recycling-Beton (RC-Beton) erweitern und somit zu einer Erhöhung der Verwendung dieses Stoffes im Hochbau führen soll.

Durch die Einführung einer eintägigen Exkursion, welche auf die studierenden Bauingenieure der ETH Zürich im 4. Semester zugeschnitten ist, wird ein Grundstein gelegt. In Zukunft könnte diese Exkursion theoretisch schweizweit an allen Universitäten und Fachhochschulen, welche Bauingenieure ausbilden, durchgeführt werden.

Durch den Besuch einer Aufbereitungsfirma soll den Studierenden nicht nur die Eigenschaften des RC-Betons nähergebracht werden, sondern auch das Thema des nachhaltigen Bauens thematisiert und den Studierenden mit auf den Weg gegeben werden.

## Ausgangslage und Ziel

Der Kanton Zürich ist ein Vorreiter was die Produktion und Förderung von RC-Beton angeht. Durch die vielfältigen Bauaktivitäten im Kanton fallen grosse Mengen Bauabfälle an, welche als Sekundärmaterial weiter verwendet werden können (Müller, 2018). Die Bauabfälle werden von verschiedenen Unternehmen, verteilt über den ganzen Kanton, zu Sekundärbaustoffen aufbereitet. Der Einsatz von RC-Beton ist also seitens der Verfügbarkeit im Kanton Zürich möglich.

Schweizer Architekten und Bauingenieuren ist momentan bewusst, dass RC-Beton im Hochbau eingesetzt werden kann. Seitens der Fachpersonen besteht keine direkte Ablehnung gegenüber diesem Baustoff. Dies ging aus Gesprächen mit Architekten und Bauingenieuren hervor. Trotzdem findet das Material vergleichsweise weniger Beachtung in privaten Bauvorhaben (Müller, 2018; Toggenburger, 2018). Dadurch entstehen Unsicherheiten bezüglich der Verwendungsmöglichkeiten. Es fehlt der Anreiz, entgegen der Gewohnheit mit RC-Beton zu arbeiten.

Diese Ausgangslage führt zu Problemen bei den verschiedenen Stakeholdern. Der Verband arv Baustoffrecycling Schweiz hat das Ziel, den Recyclinggedanken in der Schweiz sowie den Einsatz von RC-Materialien zu fördern. Dadurch sollen Stoffkreisläufe geschlossen werden (arv, 2018). Dies ist auf Ebene der Baustoffe schwer zu realisieren, wenn wenig RC-Beton verwendet wird. Weitere Stakeholder sind RC-Betonhersteller im Kanton Zürich, wie die Eberhard Bau AG oder die Agir AG. Sie haben keine Probleme mit der Bereitstellung von Sekundärbaustoffen, doch werden ihnen diese selten durch private Hand abgenommen (Müller, 2018; Toggenburger, 2018). Dies liege laut Urs Moor, Betriebsleiter des Recyclingzentrums Ebirec der Eberhard AG, unter anderem an mangelnder Information über RC-Beton und der schlechten Assoziationen des Namens «Recycling», wie beispielsweise, dass diese Materialien unrein seien (Moor, 2018b). Des Weiteren stellen heutige Bauweisen, zum Beispiel durch die Verwendung von Klebstoffen, ein Hindernis für die optimale Aufbereitung dar. Dies könnte auf ein ungenügendes Wissen bezüglich Stoffkreisläufen und der Wiederverwertung von Bauabfällen zurückgeführt werden, aber auch auf eine geringe Präsenz der Thematik in Fachkreisen (vgl. Moor, 2018b; Toggenburger, 2018). Auch private Bauherren haben durch die geringe Präsenz von RC-Beton einen Nachteil, da ihnen die ökonomischen und ökologischen Vorteile des RC-Betons vorenthalten werden. Die Möglichkeit der Verwendung von RC-Beton ist oftmals nicht bekannt, der Bauherr müsste von dem Bauingenieur oder Architekt darüber aufgeklärt werden.

Die Massnahme «Bauen auf Bildung» hat das Ziel, angehende Bauingenieure bezüglich RC-Beton und Baustoffkreisläufen zu sensibilisieren. Mittels einer Exkursion zum RC-Zentrum

Ebirec (vgl. «Darstellung der Massnahme») sollen Informationen zu Herstellung und Eigenschaft von RC-Beton sowie zu dessen Verwendungsmöglichkeiten weitergegeben werden. Damit sollen bestehende Vorurteile beseitigt werden und die Bauingenieure dazu angehalten werden, RC-Beton im Rahmen seiner Möglichkeiten zu verwenden. Die Massnahme hat also zum grundlegenden Ziel, durch Bildung Wissen bezüglich RC-Beton zu vermitteln. Dies soll wiederum dazu führen, dass vermehrt RC-Beton im Hochbau eingesetzt wird. Durch die erhöhte Verwendung von RC-Beton sollen Stoffkreisläufe weiter geschlossen werden und auch Bauherren die Chance kriegen nachhaltig zu bauen.

## Stand der Entwicklung

In diesem Abschnitt konzentrieren wir uns hauptsächlich auf die Schweiz. Es gibt bereits schweizer Hochschulen, die mit angehenden Bauingenieuren die Eberhard AG besichtigen, wodurch die Studierende bereits im Studium mit RC-Beton in Kontakt kommen (Moor, 2018b). So zum Beispiel die Hochschule Rapperswil. Im 4. Semester hat diese Schule im Rahmen einer eintägigen Exkursion mit den Studenten und Studentinnen das Zentrum Ebirec besucht und eine Baustelle der Eberhard AG besichtigt (Steiner, 2018). Die Rahmenbedingungen der Hochschule und der ETH sind vergleichbar. Die Hochschule Rapperswil hat die Exkursion mit 40 Studierenden durchgeführt, wobei es bei der ETH gegen die 120 sind. Deshalb wird die Exkursion in zwei Teile geteilt sein, sodass die Studierenden in kleineren Gruppen die Informationen aufnehmen können.

Weitere Schulen die sich intensiver mit RC-Beton auseinandersetzen und mit der Eberhard AG zusammenarbeiten, sind die Berner Fachhochschule Burgdorf, die Technische Universität Kaiserslautern (DE) und die Brandenburgische Technische Universität Cottbus (DE) (Moor, 2018a).

## Darstellung der Massnahme

Unsere Massnahme sieht eine Exkursion für studierende Bauingenieure an der ETH Zürich zu den Themen RC-Beton und nachhaltigem Bauen vor. Während dieser Exkursion sollen Studierende die Herstellung von RC-Beton sowie die Qualitätsprüfung des Materials kennenlernen. Außerdem sollen die Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten von RC-Beton näher betrachtet werden. Auch das Thema der Ressourcenschonung und der Baustoffkreisläufe soll angesprochen werden.

Das Ziel der Massnahme ist das Schliessen einer Informationslücke bezüglich RC-Beton sowie eine Sensibilisierung zu Themen der Nachhaltigkeit. Die Exkursion soll den Grundstein für eine vertiefte Auseinandersetzung mit RC-Beton legen, wie sie an der ETH noch nicht stattfindet (vgl. Anhang 1.1). Um dies zu erreichen, ist die Exkursion in drei Teile gegliedert.

In einem ersten Teil besichtigen die Studierenden das Recyclingzentrum Ebirec der Eberhard AG. Auf einer Führung der Anlage werden die Produktion und die Qualitätsprüfung von RC-Beton betrachtet. So können die Studierenden einen handfesten Bezug zum Material gewinnen und dessen Bestandteile kennenlernen. Die genauen Programmpunkte der Besichtigung sind im Abschnitt «Konkrete Umsetzung» beschrieben und wurden im Gespräch mit Urs Moor und Michael Strauss, Mitarbeitern der Eberhard AG, erarbeitet.

Als zweiter Teil ist ein Workshop eingeplant. Die Studierenden sollen bezüglich Ressourcenknappheit und Häusern als Baustoffressourcen sensibilisiert werden. Das Ziel besteht darin, Gebäudemodelle nach dem Motto «Bauen mit Blick in die Zukunft» zu entwerfen, welche möglichst leicht wieder rückzubauen sind. Durch diesen interaktiven Teil erhalten die Studierenden einen Bezug zur Thematik der Materialkreisläufe. Diese Thematik kann weiter mit der Herstellung von Sekundärbaustoffen verknüpft werden.

Als dritter Teil wird mittels einer Podiumsdiskussion mit verschiedenen Fachpersonen (vgl. «Konkrete Umsetzung») aus der Baubranche Auskunft über die Einsatzmöglichkeiten von RC-Beton gegeben. Ausserdem soll diskutiert werden, wann und warum der Einsatz von RC-Beton Sinn ergibt. Hierbei sollen auch ökologische Aspekte, wie beispielsweise der Zementgehalt verbunden mit dem CO<sub>2</sub>-Austoss, berücksichtigt werden. Des Weiteren sollen Methoden der Anpassung, sowie Vor- und Nachteile des Materials besprochen werden. Dadurch werden die Einsatzmöglichkeiten des Materials vermittelt und RC-Beton als ernstzunehmende Alternative zu Primärbeton etabliert. Die Podiumsdiskussion ist damit eine inhaltliche Weiterführung der Besichtigung des Betonwerkes. Die Experten sollen möglichst verschiedene Ansichten zu RC-Beton vertreten, um ein differenziertes Bild darstellen zu können.

Die folgenden Abbildungen zeigen eine modellhafte Umsetzung der Massnahme (vgl. Abb. 1 und 2).



Abbildung 1: Prototyp

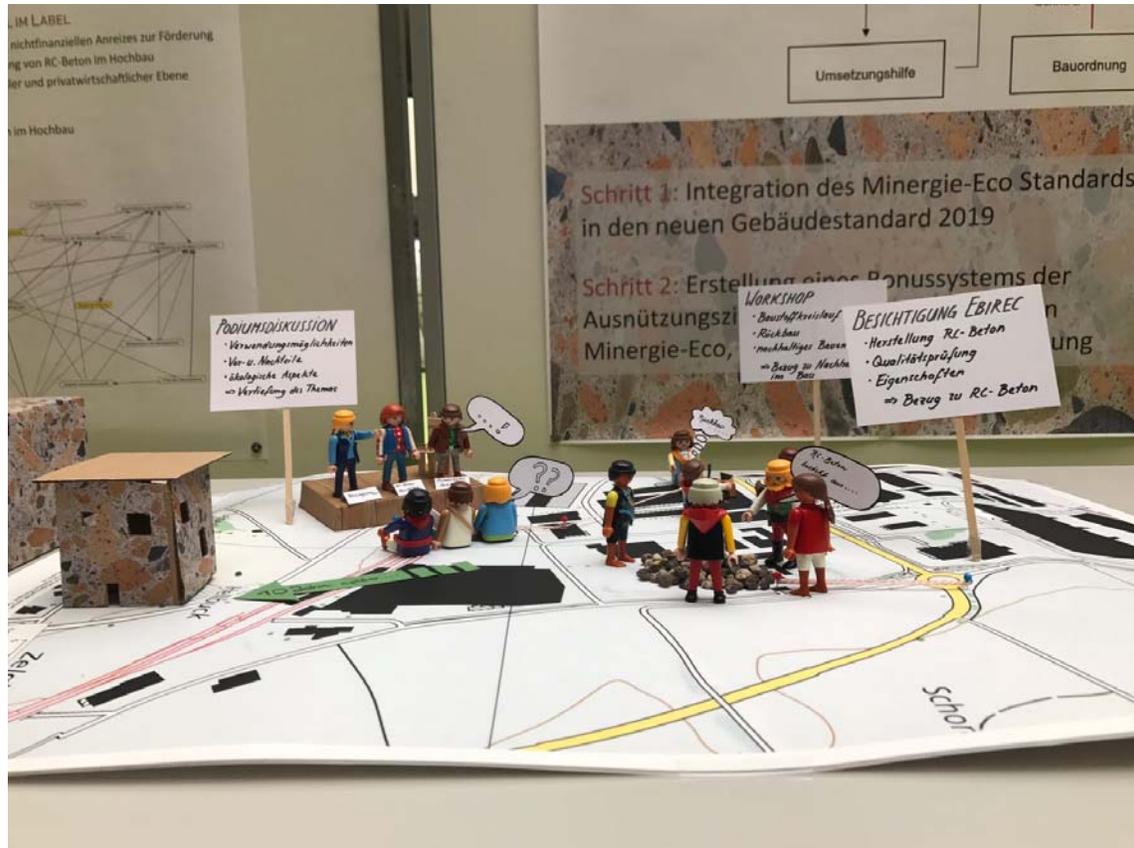


Abbildung 2: Prototyp

### Konkrete Umsetzung der Massnahme

Die Exkursion betrifft studierende Bauingenieure im vierten Semester des Bachelors. In diesem Semester besuchen die Studierenden die Vorlesung Werkstoffe I und II (D BAUG, 2018). Die Exkursion passt inhaltlich in die Thematik dieser Vorlesung. Sie soll daher als verpflichtender Teil dieser Lehrveranstaltung eingeführt werden. Vor der Exkursion sollten die Studierenden über Grundkenntnisse bezüglich der Bestandteile von RC-Beton und den geforderten Eigenschaften an einen Beton verfügen.

Der Studiengang zählt laut Marc Bast (2018), einem Studenten, zwischen 100 und 120 Studierenden. Da das Recyclingzentrum Ebirec nicht die Kapazität hat, so viele Personen auf einmal zu beherbergen, werden die Studierenden in zwei Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe wird von mindestens drei Personen, zum Beispiel Assistenten, begleitet. Es ist vorgesehen, dass die Exkursion samstags stattfinden wird, da sie zeitlich einen ganzen Tag füllt.

Die An- und Abreise wird von den Studierenden selbständig organisiert, da das RC-Zentrum vom Hauptbahnhof Zürich aus innerhalb von 20 Minuten zu erreichen ist. Die Studierenden werden bezüglich passenden Zugverbindungen informiert.

Im Folgenden werden die einzelnen Programmpunkte nochmals genauer ausgeführt. Der Tagesablauf ist im Anhang ersichtlich (vgl. Anhang 1.2). Ausserdem werden dort die verschiedenen Einschränkungen, die wir getroffen haben, erläutert (vgl. Anhang 1.3).

#### Besichtigung des RC-Zentrums Ebirec:

Den Studierenden wird ein Einführungsfilm über die Firma Eberhard und den Aktivitäten des RC-Zentrums gezeigt. Im Anschluss wird die Anlage besichtigt. Diese beinhaltet die Aufbereitungsanlagen, die Betonmischwerke, die Lager und Silos sowie das Labor. Im Labor wird die Qualitätsprüfung von RC-Beton anhand einer eigenen Probenahme durchgeführt. Die

Mitarbeiter der Eberhard AG übernehmen die Organisation der Gruppen auf der Anlage und statten die Studierenden mit Helmen und Warnwesten aus, um die Sicherheit auf der Anlage zu gewährleisten. Versicherung ist Sache der Teilnehmenden.

#### Workshop:

Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Thematik der Materialkreisläufe durch eine der Begleitpersonen. Danach entwerfen und erstellen sie in Fünfergruppen Gebäude, welche möglichst unkompliziert bezüglich des Rückbaus sind. Die Modelle und Gedanken dahinter werden anschliessend vorgestellt. Der Workshop wird von der präsentierenden Person sowie zwei weiteren Begleitpersonen geleitet.

#### Podiumsdiskussion:

Die teilnehmenden Personen sind Fachpersonen, die sich über die Eigenschaften, Herstellung und Verwendungsmöglichkeiten von RC-Beton auskennen. Daher sollte ein Hersteller von Primärbeton, wie zum Beispiel von der Holcim AG und einer von Sekundärbeton, wie von der Eberhard AG oder Toggenburger AG anwesend sein. Des Weiteren soll ein Bauingenieur, welcher Erfahrung mit RC-Beton hat sowie ein Bauingenieur, welcher hauptsächlich mit Primärbeton arbeitet, teilnehmen. Die Podiumsdiskussion wird von einer der Begleitpersonen oder dem Dozenten der Vorlesung geleitet. Am Ende können die Studierenden Fragen stellen.

#### **Kostenanalyse**

Aufgrund der guten Bahnverbindungen, ist die Anreise mit dem Zug optimal. Dadurch fallen Kosten der Hin- und Rückreise weg, da die Studenten individuell anreisen. Die Besichtigung des Recyclingzentrums wird von der Eberhard AG kostenlos angeboten (Moor, 2018b). Kosten fallen aufgrund der Raummiete für den Workshop, das Mittagessen und die Podiumsdiskussion an. Diese Programmpunkte können in der Tolba Factory durchgeführt werden. Weitere Kosten entstehen durch die Bereitstellung der Bastelmaterialien für den Workshop. Mit einem Betrag von rund 60 Franken könnten Bastelmaterialien für den Workshop bereitgestellt werden. Dazu zählen Utensilien wie Karton, Büroklammern, Strohhalme und weiteres. Diese Kosten müssten von dem BAUG-Departement getragen werden.

#### **Einstellung der Stakeholder**

Unsere Massnahme wurde mit zwei Vertretern der RC-Betonindustrie besprochen, nämlich der Eberhard AG und der Agir AG. Beide Unternehmen zeigten eine positive Einstellung der Massnahme gegenüber. Insbesondere die Eberhard AG betreibt aktive Öffentlichkeitsarbeit. Andere Hersteller im Kanton Zürich zeigen sich bereit mit Hochschulen zusammenzuarbeiten (Müller, 2018; Toggenburger, 2018).

Ein weiterer Stakeholder ist der arv. Es wurde kein Test mit einem Vertreter des Verbandes durchgeführt. Doch aus einem Interview, welches die Projektgruppe 21 mit Laurent Audergon führte, geht hervor, dass auch der arv einer Massnahme, welche bei der Ausbildung von Bauingenieuren ansetzt, positiv gegenübersteht (Audergon, 2018).

Die Massnahme betrifft ausserdem private Bauherren. Sie werden indirekt durch die Massnahme beeinflusst. Denn nur wenn die Projektleiter über den Gebrauch von RC-Beton in Kenntnis gesetzt sind, kann diese Information an die Bauherren weitergegeben werden.

Weitere wichtige Stakeholder sind das BAUG-Departement an der ETH Zürich, welche die Exkursion am Ende durchführen soll. Vor allem der Dozent der Vorlesung Werkstoffe I und II, Robert Flatt, muss vom Thema RC-Beton überzeugt werden. Dies ist in unserem System zum Teil durch die Variable «Wertschätzung des nachhaltigen Bauens» ausgedrückt (vgl. «Massnahme im System»).

## Nachhaltigkeit der Massnahme

In diesem Abschnitt wird die Nachhaltigkeit mittels einer Nachhaltigkeitsanalyse (vgl. Anhang 2) geprüft. Dabei wurde das MONET-System verwendet (Bundesamt für Statistik, 2018a).

Die Nachhaltigkeitsanalyse beruht auf der Annahme, dass die studierenden Bauingenieure der ETH Zürich, welche die Exkursion besucht haben, im späteren Berufsleben vermehrt mit RC-Material arbeiten werden.

Das würde zur Förderung der Recyclingmaterialhersteller und -vertreiber führen, die Kiesressourcen würden geschont und weniger Deponiematerial fälle an. Andererseits würde dies zu einem Rückgang des Einkommens der Primärmaterialhersteller führen (vgl. Abb. 3).

Es gibt drei Dimensionen, die bei der Nachhaltigkeitsanalyse zu berücksichtigen sind: Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Mittels der Wirkungsanalyse in Abb. 3 und dem Vergleich mit MONET Indikatoren kann gesehen werden, wie sich die Massnahme auf diese Dimensionen auswirkt. Die Dimensionen Wirtschaft und Umwelt werden von der Massnahme deutlich mehr beeinflusst als die Gesellschaft (vgl. Anhang 2). Dies kann gesagt werden, da gesellschaftlich «bloss» die Bildung der Bauingenieure gefördert wird. Wirtschaftlich verändert sich hingegen, wie oben erwähnt, die Lage der Primär- und Recyclingunternehmen. Die Umwelt würde von der Massnahme profitieren, da Kies, Mergel und Kalk geschont würden. Somit kann die Massnahme in der Dimension Umwelt als nachhaltig bezeichnet werden.

Bezüglich der Wirtschaft kann keine klare Prognose abgegeben werden, da auf der einen Seite die RC-Betonhersteller profitieren, auf der anderen Seite jedoch die Primärbaustoffhersteller mit einem kleineren Gewinn rechnen müssen. In der Gesellschaft wächst der Wissensstand der Bauherren über die Nachhaltigkeit, was sich auch positiv auswirkt.

Eine detaillierte Ausführung der Nachhaltigkeitsanalyse befindet sich im Anhang (vgl. Anhang 2).

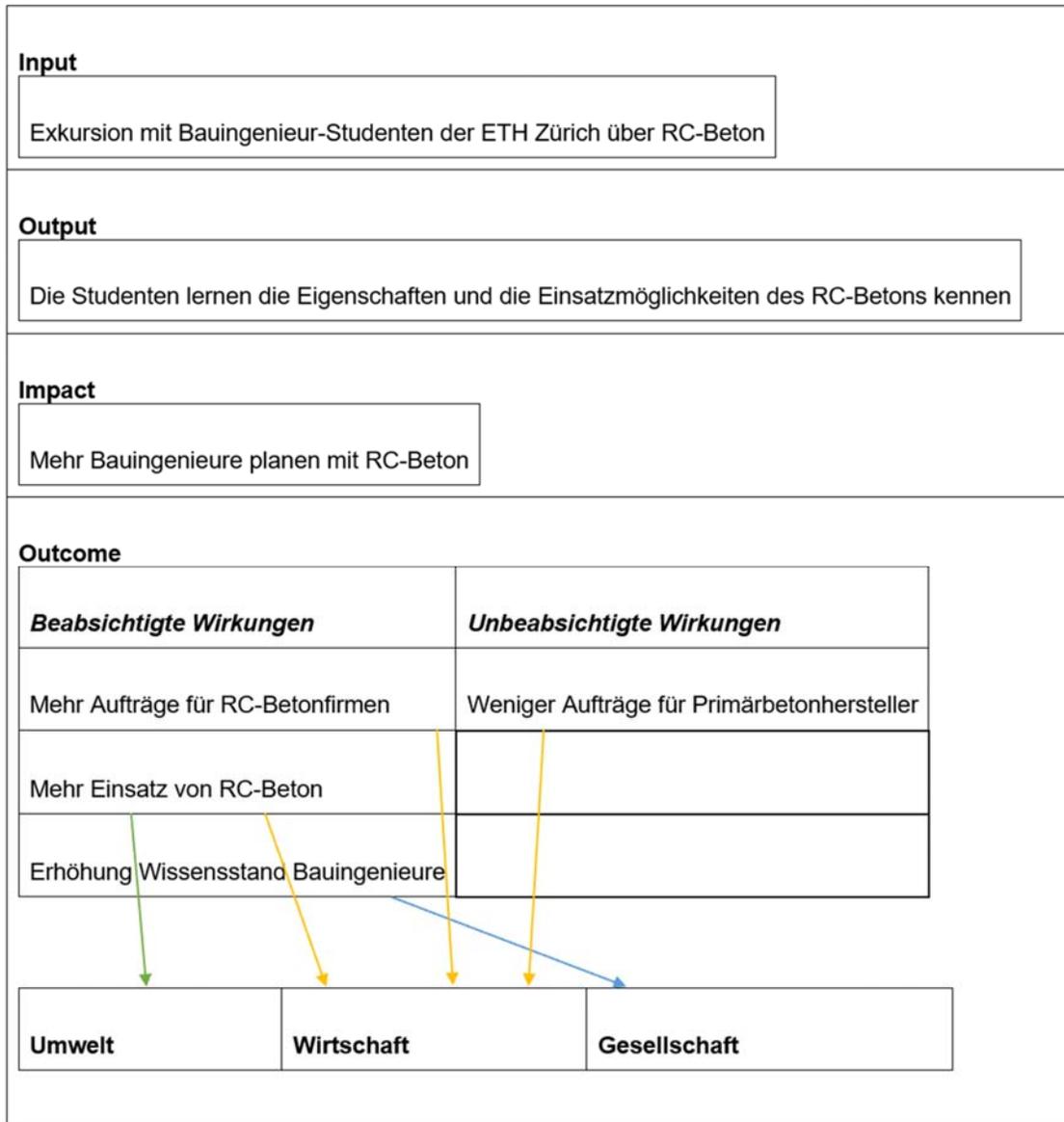


Abbildung 3: Wirkungsmodell der Massnahme, Anhand dieses Modells kann die Wirkung der Massnahme auf die drei Dimensionen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft geprüft werden.

## Massnahme in System

Wir betrachten nun das Zusammenspiel von «Bauen auf Bildung» mit «Label im Label» im System (vgl. Anhang 3). Während sich die Massnahme «Bauen auf Bildung» in erster Linie auf den Wissensstand der Bauingenieure bezieht, damit diese mit RC-Beton arbeiten können, geht letztere Massnahme (vgl. Dokumentation «Label im Label») bereits davon aus, dass dieses Wissen besteht. Ihr Ziel besteht darin, dass dieses Wissen eingesetzt wird. Denn reines Wissen über RC-Beton bedeutet nicht, dass auch damit gearbeitet wird. Es müssen Anreize und Motivationen geschaffen werden, damit eine erhöhte Verwendung von RC-Beton generiert wird. Dies kann mit «Label im Label» erreicht werden. Durch diese unterschiedlichen Ansatzpunkte ergänzen sich die beiden Massnahmen gut.

Betrachten wir die Massnahmen als Variablen im System, werden sie zudem unterschiedlich beeinflusst. «Bauen auf Bildung» ist grösstenteils von der Variable «Wertschätzung von

nachhaltigem Bauen» abhängig (vgl. Anhang 3.5). In unserem Falle bezieht sich dies auf die Wertschätzung durch die verantwortlichen Professoren. Diese können entscheiden, ob die Massnahme eingeführt wird oder nicht. Indirekt nimmt auch die Massnahme 2 Einfluss auf die Durchführung der Exkursion. Durch diese werden Anreize geschaffen mit RC-Beton zu arbeiten. Dies wiederum würde die Professoren der ETH dazu anregen, den Ingenieurstudenten dieses Themengebiet näherzubringen.

Die Einführung der Exkursion an einer einzelnen Hochschule ist allerdings eine Massnahme, die sich nur auf ein kleines Gebiet auswirkt. Ob die Verwendung von RC-Beton dadurch allgemein hochgehen wird, ist schwer zu sagen und es können nur Annahmen getroffen werden. Um grossflächigen Erfolg zu haben, müsste an allen Hochschulen eine solche oder ähnliche Exkursion einzuführen werden.

## Weiteres Vorgehen

Der nächste Schritt für eine konkrete Durchführung der Massnahme wäre, dieses Projekt den verantwortlichen Dozenten der Vorlesung «Werkstoffe I und II» vorzustellen. Diese sind Prof. Dr. R. J. Flatt und Prof. Dr. H. J. Herrmann. Weitere Verantwortliche wären Prof. Dr. I. Burgert, Prof. Dr. B. Elsener und Dr. F. Wittel. Laut Enrico Manna (2018), Mitarbeiter des BAUG Departements, haben diese Personen die Möglichkeit darüber zu entscheiden, ob sie eine Exkursion in ihre bereits bestehende Vorlesung integrieren wollen. Mit diesen Personen wäre auch darüber zu diskutieren, ob eine zusätzliche Vorbereitung auf die Exkursion für die Studierenden notwendig ist. Ein Beispiel wären Aufgaben auf Moodle, welche mit Hilfe von zur Verfügung gestellten Materialien gelöst werden können. Sobald dies geregelt ist, wäre Urs Moor von der Eberhard AG zu kontaktieren. Dieser ist Verantwortlicher für die Besichtigung der RC-Beton Firma. Die Besichtigung ist kostenlos. Zugleich ist eine Kontaktaufnahme mit der Tolba Factory nötig, damit ein Datum für die Durchführung der Exkursion gefunden werden kann und über einen Preis für die Raummiete verhandelt werden kann. Für die Podiumsdiskussion sind Experten auszuwählen und zu kontaktieren. Da die Exkursion im 4. Semester durchgeführt werden soll, müsste die Planung bereits im Herbstsemester zuvor durchgeführt werden.

## Fazit

Betrachten wir nun die gesamte Massnahme und ihre Auswirkungen, können einige Erkenntnisse gewonnen werden. Aus der Nachhaltigkeitsanalyse geht hervor, dass «Bauen auf Bildung» eine positive Auswirkung auf die Umwelt haben kann. Dies trifft allerdings nur zu, wenn man annimmt, dass durch die Massnahme in Zukunft mehr RC-Beton verwendet wird, wodurch dann auch die RC-Betonhersteller profitieren würden. Allerdings muss beachtet werden, dass die direkte Konsequenz dieser Massnahme lediglich die Erhöhung des Wissensstands bezüglich RC-Beton der Bauingenieure an der ETH Zürich ist. Dem ist so, da unsere Massnahme sehr spezifisch ist. Es sollte jedoch nicht vergessen werden, dass die Exkursion für verschiedene Hochschulen angepasst werden kann und somit schweizweit durchgeführt werden könnte. Somit könnte eine grössere Wirkung erzielt werden. Des Weiteren ist uns bewusst, dass Bauingenieure nur einen kleinen Teil in der komplexen Welt des Hochbaus darstellen. Daher kann unsere Massnahme als ein «Anfangsschritt» in die Richtung einer ökologisch nachhaltigen Bauweise angesehen werden, auf dem weiter aufgebaut werden kann.

## Referenzen

- arv. (2018). Über uns. Zugriff am 19.05. Abgerufen von <http://www.arv.ch/de/1024/Verband.htm#a-0>.
- Audergon, L. (2018). Interview bezüglich der Ausbildung von Architekten und Bauingenieuren [persönliche Mitteilung].
- Bast, M. (2018, 5.03.). Gespräch zum Bachelor Bauingenieurwissenschaften [persönliche Mitteilung].
- Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). (2004). Nachhaltigkeitsbeurteilung: Rahmenkonzept und methodische Grundlagen: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
- Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).
- Bundesamt für Statistik. (2018a). Das MONET-Indikatorensystem. Zugriff am 20.05. Abgerufen von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet.html>.
- Bundesamt für Statistik. (2018b). Methodische Aspekte. Zugriff am 20.05. Abgerufen von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet/methodische-aspekte.html#-1531495167>.
- D BAUG. (2018). Wegleitung Bachelor und Master. Zugriff am 30.05. Abgerufen von [https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/departement/studium/bauing/dokumente/reglemente/Wegleitung\\_Bauing.pdf](https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/departement/studium/bauing/dokumente/reglemente/Wegleitung_Bauing.pdf).
- Leuner, C. (2014, 1.10) *Klassisches Projektdreieck: Bauherr - Architekt - Bauingenieur/Interviewer: C. Willi*. die baustellen.
- Manna, E. (2018). Email bezüglich Informationen zu Exkursionen an der ETH [persönliche Mitteilung].
- Moor, U. (2018a, 17.05.). Email bezüglich der Massnahme [persönliche Mitteilung].
- Moor, U. (2018b, 10.04). Feedback zu dem Prototypen [persönliche Mitteilung].
- Müller, P. (2018, 2.05). Feedback und Interview zum Prototypen [persönliche Mitteilung].
- Steiner, R. (2018, 14.05.). Gespräch bezüglich der Exkursion an der Hochschule Rapperswil [persönliche Mitteilung].
- System - Mathematics and Strategies GmbH. (2013). Systemanalyse Qualitative Modellierung der Dynamik eines komplexen Systems.
- Toggenburger, T. (2018, 25.04). Telefoninterview [persönliche Mitteilung].

## Anhang

### 1) Darstellung der Massnahme

#### 1.1) Wegleitung Bachelor Bauingenieurwissenschaften 2017/2018:

##### Anhang

##### A.1 Übersicht Bachelor-Studium Bauingenieurwissenschaften

Basisprüfung		Prüfungsblock 1	Prüfungsblock 2	Prüfungsblock 3	Prüfungsblock 4
1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester	5. Semester	6. Semester
1 Analysis I	Analysis II	Analysis III	Baustatik II	Grundbau	Stahlbeton II
2					
3		3 SWS / 3 KP	4 SWS / 5 KP	4 SWS / 6 KP	4 SWS / 6 KP
4		Physik	Bodenmechanik	Stahlbau II	Bauverfahren
5					
6					
7 7 SWS / 7 KP	7 SWS / 7 KP			3 SWS / 4 KP	
8 Lineare Algebra	Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung		4 SWS / 5 KP	Stahlbeton I	4 SWS / 5 KP
9			Stahlbau I		Fels- und Untertagbau
10		7 SWS / 7 KP		4 SWS / 6 KP	
11 4 SWS / 5 KP	4 SWS / 6 KP	Hydraulik I	4 SWS / 5 KP	Bahninfrastrukturen	4 SWS / 6 KP
12 Mechanik I: Kinematik und Statik	Mechanik II: Deformierbare Körper		Verkehrsplanung	2 SWS / 3 KP	Road Transport Systems
13		4 SWS / 5 KP	2 SWS / 3 KP	Werkstoffe III	2 SWS / 3 KP
14		Baustatik I	Werkstoffe I und II		Wasserbau
15					
16 5 SWS / 5 KP				4 SWS / 4 KP	
17 Geologie und Petrographie	5 SWS / 6 KP		4 SWS / 5 KP	Systems Engineering	4 SWS / 5 KP
18	Betriebswirtschaftslehre				
19 3 SWS / 4 KP	2 SWS / 2 KP	5 SWS / 5 KP	Siedlungswasserwirtschaft	3 SWS / 4 KP	Bachelor-Arbeit
20 Recht I	Recht II	Mechanik III: Dynamics		Hydrology	
21 2 SWS / 2 KP	2 SWS / 2 KP		4 SWS / 5 KP	2 SWS / 2 KP	
22 Informatik	Chemie		Geodätische Messtechnik GZ	Projektarbeit/Entwurf	
23	2 SWS / 3 KP				
24	GESS				
25 4 SWS / 6 P	2 SWS / 2 KP	6 SWS / 6 KP	4 SWS / 6 KP	3 SWS / 3 KP	8 KP
26				GESS	
27			+ 1 Wo Feldkurs	2 SWS / 2 KP	

Recht I und II sind beide in Deutsch oder beide in Französisch (Introduction au Droit civil [851-0709-00], Introduction au Droit public [851-0712-00]) zu absolvieren.  
 GESS: Kursprogramm GESS Wissenschaft im Kontext

11

#### 1.2) Tagesablauf der Exkursion:

8:30 – 10:30 Gruppe 1: Besichtigung Ebirec

Gruppe 2: Workshop in der Tolba Factory

Wechsel der zwei Gruppen. Dies geschieht zu Fuss (siehe Abb. X)

10:45 – 12:30 Gruppe 1: Workshop in der Tolba Factory

Gruppe 2: Besichtigung Ebirec

Wechsel von Gruppe 2 zu der Tolba Factory und gemeinsames Mittagessen.

14:00 – 16:00 Podiumsdiskussion



#### 1.3) Erläuterung zu den Einschränkungen:

Wir haben uns bei dieser Massnahme auf studierende Bauingenieure im Bachelor an der ETH Zürich beschränkt. Betrachtet man allerdings den Prozess des Häuserbauens, treten auch Architekten als möglicher Ansatzpunkt auf, um RC-Beton vermehrt im Hochbau einzusetzen. Schliesslich liegt die Projektleitung in den Händen des Architekten (Leuner, 2014; Müller, 2018). Im Idealfall besteht jedoch eine enge Zusammenarbeit mit dem Bauingenieur. Dieser ist schlussendlich verantwortlich für die Auswahl der Materialien, deren Eigenschaften er kennen muss um zum Beispiel die Statik eines Gebäudes zu berechnen (Toggenburger,

2018). Dies ist nicht möglich, wenn der Bauingenieur sich noch nie mit dem Material auseinandergesetzt hat. Die hier vorgestellte Exkursion wurde daher spezifisch für Bauingenieure konzipiert. Eine ähnliche Massnahme wäre auch für Architekten denkbar, doch müsste die Exkursion andere Themenschwerpunkte haben oder anders aufgebaut sein um den unterschiedlichen Interessen der Studierenden gerecht zu werden.

Zusätzlich haben wir uns auf die ETH Zürich beschränkt, da an dieser Hochschule RC-Beton keinen Bestandteil der Grundausbildung von Bauingenieuren ist. Somit ist eine konkrete Planung der Massnahme möglich. Die Prozesse zur Einführung einer Exkursion sind selbst zwischen unterschiedlichen Departementen einer Hochschule verschieden, weshalb keine Exkursion für alle Hochschulen der Schweiz spezifisch geplant werden kann. Des Weiteren spielt die geographische Lage der Hochschule eine entscheidende Rolle in der Planung des Programms, da hierdurch die zu besichtigenden Standorte sowie Transport beeinflusst werden.

## 2) Nachhaltigkeitsanalyse

### 2.1) Relevanzanalyse:

Hintergrund, Ziel, Massnahme, Wirkungen (Gegenstand)

Das Hauptziel unserer Massnahme ist die Schliessung einer Informationslücke, welche letztendlich zu einer erhöhten Verwendung von RC-Beton im Hochbau führen soll. Somit werden die Kiesressourcen geschont und weniger Deponiematerial fällt an. Dies wollen wir durch Informationsweitergabe an die Bauingenieurstudenten der ETH Zürich erreichen. Wir nehmen dabei an, dass die Studenten, die an der Exkursion teilnehmen, vermehrt mit RC-Beton arbeiten werden, wenn sie das Studium erfolgreich abgeschlossen haben und in die Arbeitswelt eintauchen. Sprich, die Exkursion wird ihr Verhalten bezüglich Beton ändern.

Die Zielgruppe ist, wie bereits erwähnt, die angehenden Bauingenieure, die an der ETH Zürich studieren. Zudem werden auch Primär- und Sekundärbetonhersteller betroffen sein. Wenn mehr Sekundärbeton verwendet wird, werden RC-Aufbereitungsfirmen mehr und Primärhersteller weniger gefragt. Weiter sollte auch beachtet werden, dass der CO<sub>2</sub>-Ausstoss bei dem RC-Beton je nach Transportweg und Aufbereitung höher als bei dem Primärbeton sein kann (Müller, 2018).

*Relevanzklärung gemäss den Bundeskriterien:*

Umwelt		Wirtschaft		Gesellschaft	
Nicht erneuerbare Ressourcen	°°	Einkommen und Beschäftigung Primärbetonhersteller	°°	Bildung	°°°
		Einkommen und Beschäftigung Sekundärbetonhersteller	°°°		
		Wettbewerbsfähigkeit	°°°		

Diese Tabelle zeigt den potentiellen Wirkungszusammenhang zwischen unserer Massnahme und den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit auf. Die Punkte zeigen die Relevanz auf; 1 Punkt: geringe Relevanz, 2 Punkte: mittlere Relevanz, 3 Punkte: hohe Relevanz (Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2004). Die Punkte wurden spezifisch für unsere Massnahme entworfen und formuliert.

Durch die erhöhte Nutzung von RC-Beton werden die nicht erneuerbaren Kiesressourcen geschont, da weniger Primärstoffe gebraucht werden. Dies kann zu einem geringeren Einkommen und Beschäftigung der Primärbetonhersteller führen und im Gegenzug zu einer Erhöhung des Einkommens und der Beschäftigung der Sekundärbetonhersteller.

Somit wird auch die Wettbewerbsfähigkeit der RC-Betonhersteller gefördert.

Die Massnahme hat einen Einfluss auf die Bildung einiger Bauingenieurstudenten.

## 2.2) Wirkungsanalyse

*Ziel, Tiefenschärfe, Methoden:*

Die Analyse soll überprüfen, ob unsere Massnahme wirklich mit den Zielen der Nachhaltigen Entwicklung im Einklang steht. Sie soll jedoch nur den Ansatz einer Grobanalyse darstellen, da wir uns auf eine hypothetische Situation beziehen. Mit Hilfe des MONET-Indikatorensystems soll die Nachhaltigkeit beurteilt werden.

Die Systemgrenze der Zeit ist über mehrere Jahre (~10 Jahre). Die Akteure der Analyse sind Bauingenieure und die Unternehmen der Sekundär- und Primärbetonhersteller.

*Analyse:*

Die Nachhaltigkeitsbeurteilung beschränkt sich auf 10 Jahre. In dieser Zeit sollten einige Bauingenieure das Studium erfolgreich abgeschlossen und bereits im Arbeitsmarkt tätig sein. Weiter bezieht sie sich auf die ganze Schweiz, mit dem Fokus auf Zürich, da in Zürich im heutigen Stand am meisten RC-Beton hergestellt und eingesetzt wird (Müller, 2018). Inhaltlich wird der Schwerpunkt auf die Baubranche gelegt.

*Bedeutung der Beurteilungssymbole:*

Jeder Indikator des MONET-Systems wird von drei Symbolen begleitet (Bundesamt für Statistik, 2018b):

### Angestrebte Entwicklungen

Das erste zeigt die angestrebte Entwicklung gemäss den Zielen der Nachhaltigen Entwicklung. Zu diesen Zielen gehören Prinzipien der Nachhaltigen Entwicklung, Herausforderungen der Strategie des Bundesrates oder quantitative und datierte Ziele.



Zunahme

Abnahme

Stabilisierung

### Beobachtete bzw. zu erwartende Entwicklungen

Das zweite Symbol veranschaulicht die beobachtete, in unserem Fall jedoch die zu erwartende Entwicklung.



Zunahme

Abnahme

Keine wesentliche Veränderung

Beobachtete Entwicklung im Vergleich zur erwarteten Entwicklung

Das dritte Symbol fasst die ersten beiden zusammen und ermöglicht so eine Beurteilung der erwarteten Entwicklung. Diese ist positiv, wenn sie der angestrebten Entwicklung entspricht, andernfalls negativ.



Positiv

Negativ

Unverändert

Unsere Indikatoren:

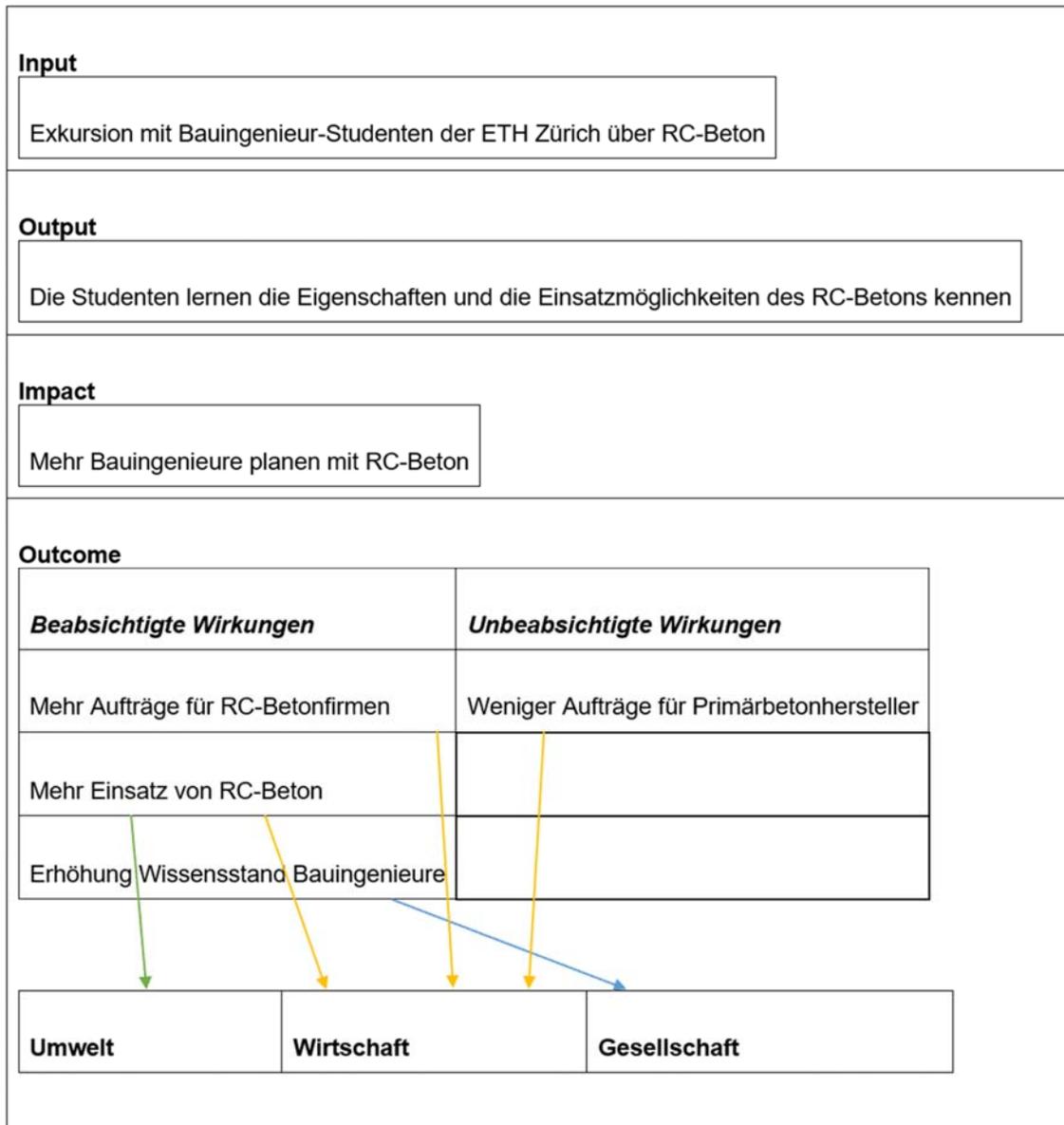
Die Analyse stützt sich auf das MONET-System. Jedoch haben wir neue Indikatoren erstellt, da die Massnahme einen spezifischen Effekt hat und mit den folgenden Indikatoren genauer dargestellt werden kann.

Die folgende Tabelle legt die Wirkung unserer Massnahme auf verschiedene Indikatoren innerhalb der drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft dar.

Indikator	Dimension	Thema	Angestrebte/ erwartende Entwicklung zu	Vergleich
Die Ressourcen Kies, Kalk und Mergel werden geschont.	Umwelt	Natürliche Ressourcen	 	
Rückbau im Hochbau wird vereinfacht	Umwelt	Natürliche Ressourcen	 	
Bauweise wird abbaubar-freundlicher	Umwelt	Natürliche Ressourcen	 	

Ressourcenschonende Bauunternehmen werden gefördert	Wirtschaft	Wirtschaftssystem		
Technik der RC-Firmen verbessert sich	Wirtschaft	Technik		
RC-Firmen haben mehr Aufträge	Wirtschaft	Wirtschaft		
Bildung legt mehr Wert auf Nachhaltigkeit	Gesellschaft	Bildung		

Wirkungsmodell:



Dieses Modell stellt die Wirkung der Massnahme dar.

*Beurteilung/Erklärung der Indikatoren:*

Die Dimensionen der Ökologie und die der Ökonomie sind in der Massnahme mehr betroffen als die Gesellschaft. Alle bereits vorhandenen MONET-Indikatoren, die sich auf die Gesellschaft beziehen, werden durch die Massnahme nicht beeinflusst. Die Massnahme hat daher weder einen grossen positiven noch negativen Einfluss auf die Gesellschaft. Deshalb wird auch nur ein Indikator zur Gesellschaft aufgezeigt.

**Umwelt:** Wenn mehr RC-Beton verwendet wird, dann werden weniger Primärressourcen verwendet. Die erhöhte Verwendung von Sekundärmaterial impliziert aber nicht die Vereinfachung der Bauweise und die abbaubar-freundlichere Bauweise, was jedoch laut Urs Moor ein sehr wichtiger Punkt wäre (Moor, 2018a).

**Wirtschaft:** Durch die Massnahme werden die ressourcenschonende, sowie die RC-Betonherstellende Betriebe gefördert, da die Nachfrage steigen wird. Es ist jedoch nicht garantiert,

dass die gewünschte Verbesserung der Technik (sodass die Materialien besser getrennt und noch umweltfreundlicher aufbereitet werden können) auch verbessert würde.

**Gesellschaft:** Durch die Exkursion wird der Wissensstand der Studenten über RC-Beton erhöht.

### 3) Massnahme im System

#### 3.1) Variablenblätter:

Bemerkung: Der Titel "Hintergrund" erläutert kurz, weshalb diese Variable gewählt wurde.

Name	Bauen auf Bildung
<b>Beschreibung</b>	Eine obligatorische Exkursion für studierende Bauingenieure, die ihnen den RC-Beton nahebringen soll. Die Ziele der Exkursion sollen sein, die Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten aufzuzeigen.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Wenn alle angehenden Ingenieure an der ETH eine Grundausbildung in RC-Beton haben
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Wenn angehende Ingenieure (der ETH) keine Grundausbildung in RC-Beton haben
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Lehrpläne
<b>Hintergrund</b>	Diese Variable stellt die Massnahme dar.

Name	Wissensstand Bauingenieure bezüglich RC-Beton
<b>Beschreibung</b>	Wie informiert angehende Bauingenieure in Bezug auf RC-Beton sind.
<b>Hohe Ausprägung</b>	In der Ausbildung (ETH) wird RC-Beton ausführlich behandelt.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	In der Ausbildung wird RC-Beton nicht behandelt.
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	(Lehrpläne, Befragung von Ingenieuren, die an der ETH studiert haben) qualitative Auswertung des Wissensstandes
<b>Hintergrund</b>	Die Massnahme "Bauen auf Bildung" beeinflusst genau diese Variable. Anhand dieser Variable kann die Wirkung von "Bauen auf Bildung" geprüft werden.

Name	Verwendung von RC-Beton im Hochbau
<b>Beschreibung</b>	Wie viel RC-Beton im Hochbau verwendet wird.
<b>Hohe Ausprägung</b>	75% oder mehr aller Hochbauten der Schweiz besitzen RC-Betonbestandteile.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Weniger als 30% aller Bauten der Schweiz besitzen RC-Betonbestandteile
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Auswertung von Bauanträgen
<b>Hintergrund</b>	Anhand dieses Einflussfaktors sollte man die Wirkung der Massnahme "Bauen auf Bildung" und "Label im Label" erkennen. Es ist eine Zielvariable. Dies ist der zu erreichende Absicht.

Name	Preis des Deponieraumes
<b>Beschreibung</b>	Wie hoch die Preise zur Deponierung des Abbruchmaterials ist.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Deponiepreise sind im Verhältnis zur Aufbereitung teuer.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Deponiepreise sind im Verhältnis zur Aufbereitung gering.
<b>Aktueller Zustand</b>	Mittlere Ausprägung
<b>Indikator</b>	Preise für Deponieraum pro Tonne Abbruchmaterial im Vergleich zu Preisen der Aufbereitung (Schätzung).
<b>Hintergrund</b>	Der Deponieraum beeinflusst das System, da bei hoher Ausprägung eine Anreiz besteht, Baustoffkreisläufe zu schliessen.

Name	Angebot Sekundärbaustoffe
<b>Beschreibung</b>	Wie viele Sekundärbaustoffe zum Verkauf bereitstehen.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Wenn die meisten schweizer Beton-Produzenten RC- Beton zur Verfügung stellen und dies zudem als Hauptverdienst ansehen und nicht als Nebenverdienst.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Wenn nur wenige schweizer Beton-Produzenten, RC-Beton zum Verkauf anbieten, und dies nur in kleinem Masse.
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Befragung verschiedener Beton-Produzenten
<b>Hintergrund</b>	Das Angebot auf dem Markt zeigt wie sehr RC-Beton nachgefragt wird, ausserdem wird so die Verfügbarkeit dargestellt.

Name	Angebot Primärbaustoffe
<b>Beschreibung</b>	Wie viele Primärbaustoffe zum Verkauf bereitstehen.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Mehr als 70% des gesamten Betons, der angeboten wird, ist Primärbeton.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Weniger als 25% des gesamten Betons, der angeboten wird, ist Primärbeton.
<b>Aktueller Zustand</b>	Hohe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Befragung Betonhersteller
<b>Hintergrund</b>	Gibt es einen Mangel an Primärbeton, beeinflusst dies die Verwendung des RC-Betons. Denn dabei würde es zu einer Steigerung der nachgefragten Sekundärbaustoffen kommen. Ausserdem werden Nachfrage und Verfügbarkeit angezeigt.

Name	Wertschätzung von nachhaltigem Bauen
<b>Beschreibung</b>	Ob die Bereitschaft in der Gesellschaft da ist, sich für Nachhaltigkeit einzusetzen und ob Wert auf die Ressourcenschonung gelegt wird.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Es wird allgemein von der Bevölkerung auf diese beiden Punkte Wert gelegt.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Die Bevölkerung legt wenig Wert auf diese beiden Punkte.
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Befragung der Bevölkerung
<b>Hintergrund</b>	Erst wenn der Bevölkerung daran liegt, sich für die Ressourcenschonung einzusetzen, wird mehr RC-Beton von den ihnen gefordert. Denn die Nachfrage (private und öffentliche Bauherren) entscheidet über das Angebot (Produzenten).

Name	Anreize
<b>Beschreibung</b>	Anreiz der Gemeinde und privaten Bauherren mit RC-Beton bzw. Minergie-Eco Standard zu arbeiten. Diese Variable beeinflusst das Kaufverhalten der Bauherren.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Mindestens 50% der Bauherren wollen mit RC-Beton arbeiten
<b>Tiefe Ausprägung</b>	0-5% der Bauherren wollen mit RC Beton arbeiten
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Relative Anzahl der Bauherren, die mit RC-Beton arbeiten wollen, Befragungen
<b>Hintergrund</b>	Der Anreiz um mit RC-Beton zu arbeiten ist essentiell, damit in der Realität auch wirklich mehr von diesem Material eingesetzt wird.

Name	Energiestadt Bedingungen
<b>Beschreibung</b>	Die Bedingungen um Energiestadt-Punkte zu bekommen werden an den Minergie-Eco Standard geknüpft.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Mindestens ein Absatz des Gebäudestandards verpflichtet Gemeinden den Minergie-P-Eco- oder Minergie-A-Eco Standard einzuhalten, falls sie die Energiestadt-Punkte erhalten wollen.
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Minergie-Eco wird nicht im Gebäudestandard erwähnt
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Anzahl Punkte die für die Umsetzung des Minergie-Eco Standards verteilt werden
<b>Hintergrund</b>	Energiestadt ist ein anerkanntes Label, das ein grosses Ansehen in schweizer Gemeinden geniesst.

Name	Minergie-Eco in der Bauordnung
<b>Beschreibung</b>	Durch die Integration des Minergie-Eco Standards in die Bauordnung erhalten Gemeinden einen Bonus der Ausnützungsziffer, wenn sie den Standard einhalten.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Der Minergie-Eco Standard ist in die Bauordnung integriert und der Bonus der Ausnützungsziffer ist bedeutend gross
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Der Minergie-Eco Standard ist nicht in die Bauordnung integriert oder der Bonus der Ausnützungsziffer ist unbedeutend klein
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Bonus der Ausnützungsziffer, vorhanden oder nicht vorhanden.
<b>Hintergrund</b>	Insbesondere wird bei Bauten, welche sich nach einem Gestaltungsplan richten, der Minergie-Eco Standard als Grundkriterium verlangt, um eine Ausnahme in der Bauordnung zu erhalten und somit mit einer höheren Ausnützungsziffer zu bauen.

Name	Verwendung von RC-Beton/Minergie-Eco Standard
<b>Beschreibung</b>	Aufgrund des Minergie-Eco Standards verwendeter RC-Beton im Hochbau
<b>Hohe Ausprägung</b>	Aufgrund des Minergie-Eco Standards wird viel RC-Beton im Hochbau verwendet
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Die Wirkung des Minergie-Eco Standards hat keinen oder einen sehr kleinen Einfluss auf die Verwendung von RC-Beton
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Anzahl Gebäude, die in einer Gemeinde nach dem Wirken von "Label im Label" mit RC-Beton gebaut werden.
<b>Hintergrund</b>	Diese Variable bezieht sich nur auf RC-Beton welcher aufgrund des Minergie-Eco Labels verwendet wird. Sie steht nur in einem indirekten Zusammenhang mit der allgemeinen Verwendung von RC-Beton.

Name	Minergie-Eco in die Umsetzungshilfe
<b>Beschreibung</b>	Integration des Minergie-Eco Standards in den Gebäudestandard von Energiestadt und dadurch in die Umsetzungshilfe. Die Labels geben den Gemeinden Sicherheit mit RC-Beton zu bauen.
<b>Hohe Ausprägung</b>	Das Label ist integriert
<b>Tiefe Ausprägung</b>	Das Label ist nicht integriert
<b>Aktueller Zustand</b>	Tiefe Ausprägung
<b>Indikator</b>	Analyse der Umsetzungshilfe
<b>Hintergrund</b>	Die Umsetzungshilfe bezieht sich auf den jeweils aktuellsten Gebäudestandard. Dadurch dass Minergie-Eco nun Teil des neuesten Gebäudestandards ist, kommt dem Label Minergie-Eco automatisch mehr Bedeutung zu. Dies kommt daher, da die Umsetzungshilfe den Gemeinden als Leitfaden dient nach was sie sich richten müssen, um die Energiestadt Punkte zu erhalten.

### 3.2) Die Massnahme

Die Massnahme «Bauen auf Bildung» kann als eine puffernde Massnahme beschrieben werden. Wenn man ihre direkten Einflüsse betrachtet, so wirkt sie einzig auf die Variable «Wissensstand der Bauingenieure». Direkt beeinflusst wird sie von «Wertschätzung von nachhaltigem Bauen». Man spricht bei einer puffernden Variable auch von einem stabilisierenden Faktor. Er ist einfach zu beeinflussen und häufig ist der Nutzen daraus gering (System - Mathematics and Strategies GmbH, 2013).

Indirekt beeinflusst die Massnahme viele Variablen. Auch selber wird sie stark indirekt beeinflusst. Es ist somit zu sehen, dass sowohl die Aktivität (Summe der Faktoren, die indirekt durch die Massnahme beeinflusst werden) als auch die Passivität (Summe der Faktoren, die die Massnahme indirekt beeinflussen) dieser Variable sehr hoch ist. Dies wiederum ist ein Zeichen für eine ambivalente Variable. Jene ist im Gegensatz zu einer puffernden Einflussgrösse schwierig zu lenken, da sehr viele Variablen einen Einfluss auf sie haben (System - Mathematics and Strategies GmbH, 2013).

Wie zu sehen ist, handelt es sich bei der Massnahme einerseits um eine puffernde und andererseits um eine ambivalente Variable. Es ist wichtig, die indirekten Einflüsse nicht zu vernachlässigen, obwohl sie im ersten Moment nicht direkt ersichtlich sind. Denn man könnte durch die direkten Einflüsse vermuten, dass man die Massnahme einfach beeinflussen kann und erst im Nachhinein bemerken, dass sie durch viele indirekte Beeinflussungen doch nicht so einfach zu lenken ist. So könnte eine Änderung durch indirekte Einflüssen wieder

rückgängig gemacht werden (Systaim - Mathematics and Strategies GmbH, 2013). Betrachtet man die Massnahme unabhängig von SystemQ wird deutlich, dass die grösste Herausforderung für den "Erfolg" der Variable bei der Einführung der Exkursion liegt. Sobald diese im Lehrplan enthalten ist, tritt die Massnahme in Aktion. Eine Streichung der Exkursion würde von dem BAUG Department ausgehen und zum Beispiel an zu schlechter Durchführbarkeit liegen. Eine Aufhebung der Exkursion kann daher nicht mehr signifikant durch andere Variablen beeinflusst werden.

### 3.3) Beschreibung des Systems und der wichtigsten Variablen:

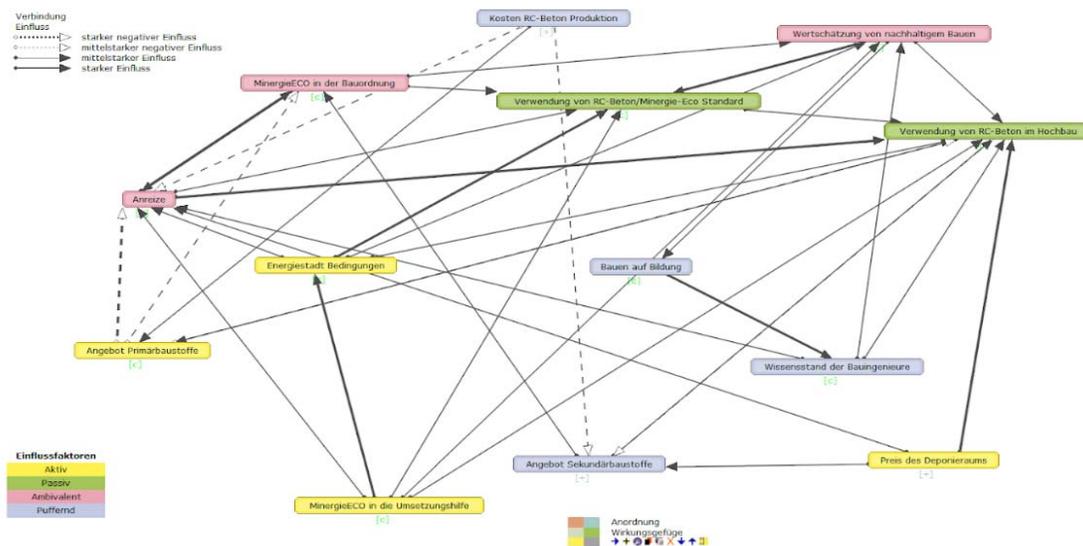


Abbildung 4: Das gesamte System in SystemQ

Um die Wirkung der beiden Massnahmen in einem breiteren Rahmen zu betrachten, wurde ein System erstellt, welches mögliche Entwicklungsszenarien beschreiben soll. Um das System übersichtlicher zu halten, beschränkt es sich auf 13 Variablen, die als einflussreichste und wichtigste Faktoren angesehen wurden (für eine Beschreibung aller Variablen siehe Anhang 3.1). In der obigen Abbildung ist das System abgebildet.

Das System sollte ein grobes Bild der Realität widerspiegeln. Damit dies gewährleistet ist, braucht es positive sowie negative Rückkopplungen. Zudem sollte man den Blick auch so halten, dass die Wirkung der Massnahmen als Ganzes betrachtet werden kann. Das System soll die Wirkung in einem grösseren Gefüge darstellt und somit nicht bedeutende Einflussfaktoren vernachlässigt. Trotzdem sollte das System übersichtlich bleiben.

Einige Variablen, die grossen Einfluss auf die Massnahmen haben, sollen hier noch vertieft angeschaut werden. Als erstes wäre dies die Variable «Wertschätzung von nachhaltigem Bauen». Werden die direkten Einflüsse auf die Variable betrachtet, so ist sie als eine ambivalente Grösse einzustufen. Dies bedeutet, dass sie sehr schwer zu lenken ist, da sie sowohl viele Faktoren beeinflusst als auch von vielen beeinflusst wird.

Eine weitere massgebende Variable ist «Anreize». Auch sie ist ambivalent. Dadurch, dass verschiedene andere Variablen einen Anreiz generieren, wird sie von einigen beeinflusst. Zugleich sind Anreize Faktoren, die den Sinn haben, ein System zu beeinflussen und in eine bestimmte Richtung zu lenken. Das Ziel ist somit viel andere Variablen zu lenken, oder zumindest in eine bestimmte Richtung zu führen. Dadurch, dass aber sehr viele Einflüsse auf

die Anreize einwirken, ist es schwierig sie in eine bestimmte Richtung zu lenken (System - Mathematics and Strategies GmbH, 2013).

Auch «Angebot Primärbaustoffe» ist eine wichtige Einflussgrösse. Durch SystemQ wurde ersichtlich, dass sie eine aktive Variable ist, wenn es um die direkten Einflüsse geht. Das bedeutet, dass sie von wenigen Faktoren beeinflusst wird, selbst aber vermehrt andere Grössen beeinflusst. Das bedeutet, dass mit ihr versucht werden kann, dass System in eine bestimmte Richtung zu lenken (System - Mathematics and Strategies GmbH, 2013).

Zuletzt ist die Variable «Verwendung von RC-Beton im Hochbau» zu erwähnen. Sie ist das eigentliche Ziel der ausgearbeiteten Massnahme. Es ist daher nachvollziehbar, dass sie passiv ist. Dies bedeutet, dass sie sehr beeinflussbar ist, selbst aber wenig beeinflusst. Man spricht hierbei auch von Zeigervariablen (System - Mathematics and Strategies GmbH, 2013). Mit ihnen kann gezeigt werden, in welchem Zustand sich das System im Moment befindet.

In den beiden untenstehenden Abbildungen 5 und 6 können die Einteilung der Variablen aufgrund ihrer direkten und indirekten Einflüsse gesehen werden.

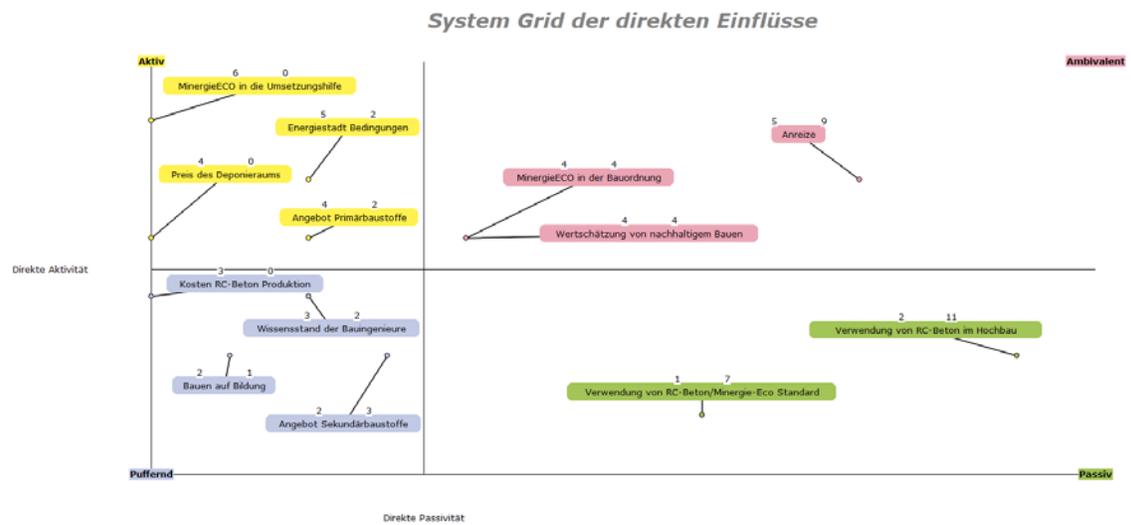


Abbildung 5: Direkte Einflüsse im System

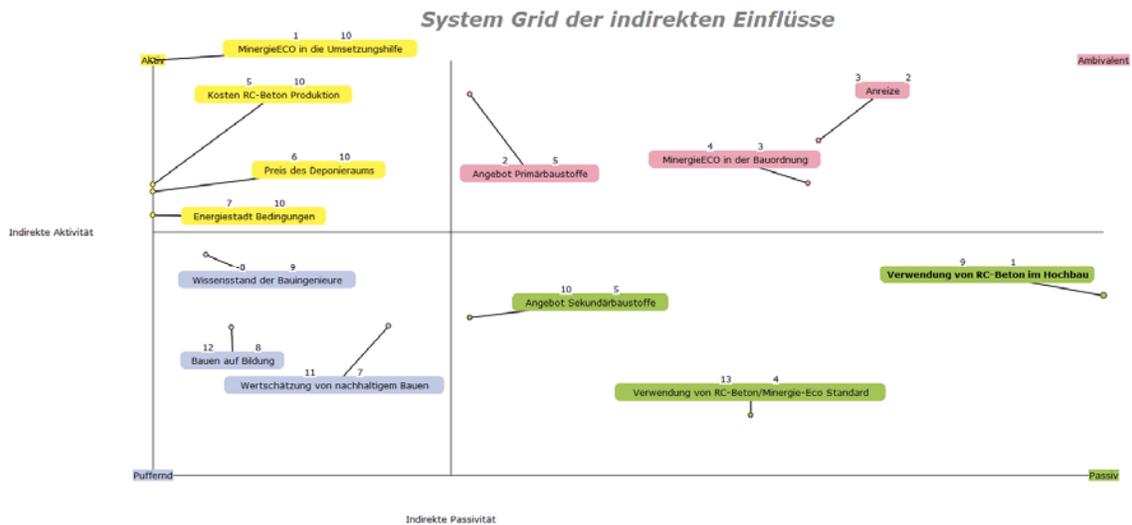


Abbildung 6: Indirekte Einflüsse im System



Als zweites sei der Zusammenhang von «Wissensstand der Ingenieure» und «Anreize» zu behandeln. Ist das Wissen der Ingenieure grösser, werden sie allenfalls ihr Wissen vermehrt mit ihren Arbeitgebern (öffentliche und private Bauherren) teilen und ihnen auch die Anreize, die der RC-Beton zu bieten hat, aufzeigen. Zuletzt kann der Einfluss von «Angebot Primärbeton» auf «Anreize» wie folgt gerechtfertigt werden. Geht das Angebot an Primärbeton nach unten, zum Beispiel aufgrund der Ressourcenknappheit, generiert dies den Anreiz mit RC-Beton zu arbeiten, da es in gewisser Weise unumgänglich wird.