

**Gleichheit für Primär- und
Recyclingbeton**

Niklas
Gohm,
Alena
Kvapil,
Désirée
Oberli

Samira
Felber,
Annik
Fischer,
Gioele
Piatti

Dokumentation Gruppe 22, 01.06.18



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Department of Environmental Systems
Science
Transdisciplinarity Lab

Gleichheit für Primär- und Recyclingbeton

**Autoren: Samira Felber, Annik Fischer, Niklas Gohm,
Alena Kvapil, Désirée Oberli, Gioele Piatti**

Zusammenfassung

Recyclingbeton hat in der Schweiz einen viel geringeren Stellenwert als Primärbeton. Viel Abbruchmaterial, das aufbereitet werden könnte, wird noch deponiert und gelangt nicht in die Kreislaufwirtschaft. Die Massnahme soll deshalb den Einsatz von Recycling-Granulat fördern und somit auch den Markt dafür ausbauen. Momentan liegt die Entscheidung zwischen Primär- und Recycling-Beton bei den Architekten und Ingenieuren, die meist Primärbeton wählen. Mit unserer Massnahme wollen wir diese Entscheidungskraft zu den Betonproduzenten umlagern, indem wir die Bezeichnung Primär- und Recycling-Beton abschaffen und Beton ausschliesslich nach Eigenschaften klassifizieren. Da sich die Umsetzung dieser Massnahme als schwierig herausgestellt hat, stellen wir noch eine weitere Idee vor. Diese beinhaltet eine Vorschrift, die die öffentliche Hand verpflichtet, nur noch mit Recycling-Beton zu bauen. Die neue Massnahme wäre wirksamer und ausserdem einfacher umsetzbar, unter anderem da im Kanton Zürich bereits eine ähnliche Regelung gilt.

Ausgangslage und Ziel

Einsicht

Architekten und Ingenieure bestimmen, welche Betonsorten eingesetzt werden. Sofern von den Bauherren keine Vorgaben zu ökologischen Standards bestehen, setzen die Planenden überwiegend Primärbeton ein. Ihr Vertrauen in Recycling-Beton (RC-Beton) ist gering, einerseits weil sie gerne den altbewährten Primärbeton verwenden und wenig Erfahrung mit RC-Beton haben; andererseits haben sie Vorbehalte aufgrund abweichender Eigenschaften des RC-Betons gegenüber dem Primärbeton.

Das Betongranulat wird in der Schweiz bereits fast vollständig verwendet, das Mischgranulat hingegen wird oft ungebunden verwendet und erfährt somit ein Downcycling. Grund dafür ist unter anderem, dass Beton mit Mischgranulat nur mit vermehrtem Einsatz von Zement und Chemikalien und auch der nötigen Erfahrung als Konstruktionsbeton eingesetzt werden kann.

Problembeschreibungen

Wichtig sind alle Stakeholder, die in der Bauwirtschaft mit Beton und RC-Beton zu tun haben. Das reicht von Planenden, die entscheiden, welcher Beton eingesetzt wird, über Betonproduzenten bis hin zu Recyclingunternehmen. Des Weiteren sind auch Verbände wie der SIA (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein) oder der ARV (Verband arv Baustoffrecycling Schweiz) wichtig durch ihren Einfluss auf die Betonwirtschaft.

Architekten und Ingenieure brauchen qualitativ hochwertige, preiswerte Baustoffe, um ästhetische und langlebige Gebäude innerhalb der finanziellen Vorgaben des Bauherrn zu konstruieren. Dabei müssen sie verschiedenste Faktoren wie allfällige ökologische Standards berücksichtigen.

Betonproduzenten wollen möglichst hochwertige und preiswerte Betonsorten anbieten, um auf dem Markt konkurrieren zu können. Viele von ihnen bieten neben Primärbeton auch RC-Beton an, da sonst wichtige Abnehmer, die ökologische Labels einhalten müssen, zur Konkurrenz wechseln würden.

Betonproduzenten mit Recyclingtätigkeit wollen möglichst alle Recycling-Granulate (RC-Granulate) auf dem Markt zu einem guten Preis unterbringen, um ein lukratives Geschäft zu machen. Der bestmögliche Preis wird erzielt, wenn die Granulate in Beton Verwendung finden und nicht downgecycelt werden.

Bauunternehmen brauchen Baustoffe, die sich einfach und zeitsparend verarbeiten lassen, um den Fristen gerecht zu werden und weil sie unter Konkurrenzdruck stehen.

Der **ARV** setzt sich für die Bauabfallrecyclingbranche ein. Er will die Planer und Bauherren über die Kreislaufwirtschaft von Beton und die Einsatzmöglichkeiten von RC-Beton informieren, um die Verwendung von RC-Beton zu fördern und Ängste bezüglich des Einsatzes abzubauen.

Der **SIA** gibt Normen heraus, nach denen sich die Bauwirtschaft der Schweiz richtet. Durch seine Normen und Richtlinien möchte er eine schweizweite Vereinheitlichung der Normen im Bau erreichen.

Ziel der Massnahme

Wir wollen eine neue Einteilung der Betonsorten entwickeln, welche nicht mehr zwischen RC- und Primärbeton unterscheidet. Ziel ist es, alle Betonsorten so zu klassifizieren, dass deren Verwendung durch die angegebenen Eigenschaften klar wird. Somit wird erreicht, dass die Vorbehalte gegenüber RC-Beton umgangen werden und jeder Beton dort eingesetzt wird, wo er die Kriterien wie Elastizitätsmodul (E-Modul), Schwinden und Kriechen erfüllt. Eine Bevorzugung von Beton aus Kies wäre somit abgeschafft. Betonhersteller erhalten die Entscheidungskraft, in welche Betonsorten welche Mengen RC-Granulat beigemischt werden können. Dies erfordert allerdings viel Wissen und Erfahrung mit RC-Granulaten.

Stand der Entwicklung

Nach unserem Wissensstand wurde noch nirgendwo auf der Welt unsere oder eine ähnliche Massnahme umgesetzt. Die in Europa geltenden Betonnormen entsprechen denen in der Schweiz zu einem grossen Teil (Van der Haegen, 2018). Somit gibt es auch in Europa nicht die gesetzlichen Grundlagen für Beton ausschliesslich nach Eigenschaften, wie es unsere Massnahme fordert.

Obwohl noch keine ähnliche Massnahme bezüglich der Benennung von Beton umgesetzt wurde, gibt es generell vielerorts Bestrebungen, das Recycling von Bauabfällen zu fördern. So zum Beispiel in Japan, wo im Jahr 2000 das “Construction Material Recycling Law” in Kraft gesetzt wurde. In diesem Gesetz sind die Entsorgung und das Recycling von Bauschutt geregelt.¹ In Holland wird von der Regierung vorgeschlagen, in jedem Beton bis zu einer bestimmten Druckfestigkeit (65 MPa) 20% RC-Granulat einzusetzen.² Dies geht in die gleiche Richtung wie die Regelung in der Schweiz, die besagt, dass Beton erst ab 25% RC-Granulat als RC-Beton bezeichnet wird (SIA). In der EU soll bis zum Jahr 2020 eine Recyclingquote der mineralischen Bauabfälle von 70% erreicht werden.³

Schon bisher gilt die Schweiz als Vorbild im Bereich Baustoffrecycling.⁴ Mit der Abschaffung der Unterscheidung zwischen RC- und Primärbeton könnte sie weltweite Pionierin werden und vielleicht andere Staaten zu ähnlichen Massnahmen anregen.

¹ <http://www.env.go.jp/en/laws/recycle/09.pdf>

² <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8546.pdf>

³ <https://www.dgaw.de/veranstaltung/seminare/eqar-kongress-baustoff-recycling-in-europa/>

⁴ https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Broschuere_RC-Beton.pdf

Darstellung der Massnahme

Die neue Klassifikation der Betonsorten entspricht im Wesentlichen der bereits praktizierten Einteilung von Beton nach Eigenschaften, es wird jedoch die grundsätzliche Unterscheidung zwischen RC- und Primärbeton weggelassen. Neu wird das E-Modul für alle Betonsorten angegeben. Das E-Modul ist eine wichtige Eigenschaft des Betons für Planende und wurde bisher nur für RC-Beton angegeben, da es bei Primärbeton nicht einberechnet werden muss.

Wir haben eine Preisliste für einige Betonsorten erstellt, die als Beispiel für unsere Massnahme dienen soll. Die Werte sind Kombinationen der Preislisten der Eberhard Unternehmungen (Eberhard) und der KIBAG Entsorgungstechnik AG (KIBAG). Unsere Preisliste führt zu einer Vereinfachung bei der Bestellung von Beton, da es pro Betonsorte nur noch eine Form gibt, und nicht mehr eine RC- und eine Primär-Variante.

BETON NACH EIGENSCHAFTEN

Expositionsklassengruppe A

NPK	Sorten Nr.	Festigkeitsklasse	Expositions-klasse	Grösstkorn	Konsistenz	max. w/z _{aq}
NPK	A100	C20/25	XC2	32	C3	0.65
NPK	A101	C20/25	XC2	32	C3	0.65
	A101	C25/30	XC2	32	C3	0.65
	A101	C25/30	XC2	32	C3	0.65

CEM min. kg/m ³	E-Modul E _{rem} N/mm ²	Anwendung	Artikel Nr.	CHF/m ³
280	≥ 25000	Kran	13756	157.50
280	≥ 25000	Pump	13757	160.50
280	≥ 25000	Kran	13758	160.00
280	≥ 25000	Pump	13759	163.00

Quellen: <https://www.kibag.ch/de/gruppe/downloads.html>;
www.eberhard.ch/dnl/104_1635_RC_Primaerbaustoffe_Preisliste_2018.pdf

Unser Prototyp ist eine vereinfachte Darstellung der Wirkung unserer Massnahme. Damit können wir anschaulich aufzeigen, in welchem System sich unsere Massnahme bewegt und welchen Einfluss sie auf einzelne Positionen hat.



Abbildung 1: Prototyp

Konkrete Umsetzung

Im Merkblatt für Recyclingbeton (MB 2030) des SIA ist festgelegt, wie viel Betongranulat und Mischgranulat in einem Beton enthalten sein darf und wie dieser benannt wird. Unsere neue Klassifizierung bedingt deshalb eine Überarbeitung des MB 2030. Das neue Merkblatt würde eine Muster-Preisliste beinhalten und genau erklären, nach welchen Eigenschaften die Einteilung erfolgt. Der genaue Ablauf einer Änderung eines Merkblatts des SIA wird im Anhang beschrieben.

Um die Massnahme umzusetzen, müssten wir ein Mitglied der ständigen Kommission finden, das uns unterstützt und bewirken kann, dass vom SIA eine Fachgruppe einberufen wird. In der Fachgruppe müssten sicher Betonproduzenten (mit Aufbereitung), Planende und Bauherren vertreten sein.

Von der Massnahme profitieren vor allem Betonproduzenten, die bereits viel Erfahrung mit RC-Beton haben. Damit alle vom gleichen Wissensstand ausgehen können, müsste eine Planungsgrundlage ausgearbeitet werden. Solange dies nicht der Fall ist, haben nicht auf RC-Beton spezialisierte Produzenten zu wenig Sicherheit in der Herstellung und werden keine grossen Mengen RC-Granulat einsetzen.

Das MB 2030 wird momentan unabhängig von unserer Massnahme vom SIA überarbeitet mit dem Ziel, die Grenze zwischen Primär- und RC-Beton von 25% RC-Granulat-Anteil auf 50% zu erhöhen. Diese Änderung hat wie unsere Massnahme das Ziel, den Einsatz von RC-Granulat im Hochbau zu erhöhen, ist aber einfacher umsetzbar. Die Betonproduzenten müssen nicht komplett umdenken und es geht "lediglich" um eine Erhöhung des Prozentsatzes.

Kosten und Gewinne

Die Arbeitsgruppe des MB 2030 beansprucht kein Geld vom SIA. Die Mitglieder und ihre jeweiligen Institutionen haben grosses Interesse, in den Regelungen der Bauwirtschaft mitzuwirken und so den Markt zu gestalten, weshalb die Arbeitsstunden zu Lasten der einzelnen Institutionen gehen. Die Überarbeitung dauert etwa ein Jahr und es werden sechs bis sieben Sitzungen abgehalten zu je zwei bis zweieinhalb Stunden. Bei Einrechnung einer Vor- und Nachbearbeitungszeit von einer bis eineinhalb Stunden für beispielsweise Gespräche oder Zusammenstellungen von Daten beläuft sich der Aufwand pro Person auf grob gerechnet 21 Stunden. Da die Arbeitsgruppe sechs Mitglieder zählt, sind es schlussendlich 126 Stunden, Spesen werden vom SIA bezahlt. Der SIA übernimmt Kosten wie Druck, Übersetzung, Lektorat und Sachbearbeitung, es steht ein Teil des Budgets zur Verfügung, das der SIA aus dem Vertrieb des Normenwerks erwirtschaftet.

Von der Massnahme profitiert die RC-Industrie am meisten, weil durch den regulierenden Markt die Innovation gefördert und potentiell mehr RC-Granulat nachgefragt wird. Ausserdem haben Hersteller, die sich bereits auf RC-Beton spezialisiert haben, einen Vorteil durch ihre Erfahrung und ihr Fachwissen. Diese haben meist Rückbau und Aufbereitung in ihrer Firma integriert, wodurch sie RC-Granulat selbst herstellen können und nicht einkaufen müssen.

Expertenmeinungen

Wir sehen jedes Gespräch mit Experten gewissermassen als Massnahmen-Test, weshalb wir untenstehend die wichtigsten Erkenntnisse aus allen Gesprächen aufführen. So können wir aufzeigen, welches die Probleme sind und in welchem Spannungsfeld sich die ganze RC-Betonwirtschaft befindet. Die Meinungen der Stakeholder zu unserer Massnahme variieren sehr stark. Mehrheitlich haben wir die Rückmeldung erhalten, die Massnahme sei wirksam, aber schwierig umzusetzen.

Planende

Architekten und Ingenieure haben grosse Vorbehalte gegenüber RC-Beton. Zur Zeit verwenden Planende nur dann RC-Beton, wenn dies durch Öko-Baulabels vorgegeben oder vom Bauherr gewünscht ist. Doch sie haben nichts gegen die Massnahme einzuwenden, weil für sie in erster Linie die Qualität des Betons wichtig ist, die mit unserer Massnahme durch den Hersteller garantiert wird. Zusätzlich ist für sie entscheidend, dass keine Mehrkosten entstehen. Dies kann nicht immer gewährleistet werden, da RC-Beton-Elemente teilweise dicker eingesetzt werden müssen, aufgrund der höheren Elastizitätswerte und Schwind- und Kriechverhalten.

KIBAG/ARV

Es bestehen zwei Stossrichtungen bezüglich der Einteilung von Beton: Beton nach Eigenschaften oder Beton nach Zusammensetzung. Einerseits wollen Betonhersteller, dass Beton nach Eigenschaften klassifiziert wird. Wie ein Beton mit einem gewissen Anteil RC-Granulat diese Eigenschaften erreicht, ist dem Betonhersteller überlassen und gibt ihm somit die Freiheit, nach seinen technischen Fähigkeiten und seinem Wissen bezüglich RC-Beton zu produzieren. Durch unsere Massnahme wird die Spezialisierung auf RC-Beton zum Vorteil gegenüber anderen Betonproduzenten. Wenn man die gesparten Deponiekosten einrechnet, ist intern hergestelltes RC-Granulat günstiger als Kies. Somit lohnt es sich, Abbruch und Aufbereitung zu betreiben und das Knowhow zur Betonproduktion mit einem hohen Anteil von RC-Granulat auszubilden. Wenn diese Spezialisierung stattfindet, kann eine gesamthaft ökologischere Bauwirtschaft erreicht werden.

Die Vertreter von Baulabels andererseits sind auf die genaue Angabe der Zusammensetzung angewiesen, um festzustellen, wieviel RC-Beton für ein Gebäude eingesetzt wird. Das Label Minergie Eco wird beispielsweise vergeben, wenn ein Mindestanteil von 50% RC-Beton am Bauwerk erreicht wird.⁵

Eine Möglichkeit, beide Interessen zu vereinen, ist, dass Bauherren bei der Bestellung die gewünschte Zusammensetzung direkt angeben oder die Betonproduzenten bei der Lieferung den RC-Anteil angeben. Dazu muss der Beton trotzdem nicht als "RC-Beton" bezeichnet werden.

SIA

Die Meinung des SIA ist für die Massnahme entscheidend, weil ihm die Änderung der Normen obliegt. Von aussen haben wir auf die Normen keinerlei Einfluss. Dazu muss man Mitglied sein in einer ständigen Kommission wie der Betonkommission oder Mitglied einer Fachgruppe, die speziell für die Erarbeitung einer Normenänderung gebildet wird (Hoffmann, 2018; Mini, 2018). Laut SIA besteht das Problem, dass bei RC-Beton - nicht aber bei Primär-Beton - E-Modul, Schwindverhalten und Kriechverhalten angegeben werden müssen. Das heisst, dass diese Eigenschaften bei der neuen Einteilung zu allen Sorten angegeben werden müssten, da alle Sorten potentiell RC-Anteile haben. All diese Werte zu ermitteln, wäre mit grossem Prüfaufwand verbunden. Insgesamt unterstützt der SIA die Idee, ist jedoch der Meinung, es sei aufwendig, diese grundlegende Änderung vorzunehmen.

Bauunternehmung

Die Rückmeldung eines Vertreters einer Baufirma mit Erfahrung in der Anwendung von RC-Beton unterscheidet sich wesentlich von den bisherigen. Im Vergleich zu anderen Stakeholdern war er der Massnahme gegenüber aufgeschlossener. Einige der bisherigen Probleme konnte er mit einer anderen Sichtweise relativieren. So wurde klar, dass E-Modul, Schwindverhalten und Kriechverhalten für erfahrene RC-Beton-Hersteller schon heute bei

⁵ https://www.minergie.ch/media/1004-1_22_60420_vorgabenkatalog_neubauten_2016_neu.pdf

jedem Beton bekannt sind, obwohl diese Eigenschaften gegenwärtig nur für RC-Beton angegeben werden müssen.

Zu diesem Zeitpunkt hatten wir uns jedoch schon entschieden, nach neuen Lösungen zu suchen. Es machte für uns keinen Sinn, eine Massnahme weiter auszuarbeiten, die höchstwahrscheinlich nicht umgesetzt wird. Hier noch einmal die wichtigsten Punkte, die zu diesem Entscheid geführt haben:

- Konflikt mit Baulabels,
- E-Modul, Schwind- und Kriechverhalten müssten für alle Betonsorten ermittelt werden,
- SIA überarbeitet momentan MB 2030 in eine andere Richtung,
- der grössere Entscheidungsspielraum würde nur bei einem Teil der Betonproduzenten (denjenigen, die auch aufbereiten) dazu führen, dass sie mehr RC-Granulat verwenden.

Wir haben deshalb andere Ansatzpunkte gesucht und uns für eine neue Massnahme entschieden, die die öffentliche Hand dazu verpflichtet, mit RC-Beton zu bauen. Genauere Erläuterungen zu dieser Massnahme finden Sie im Anhang. Die folgenden Kapitel beziehen sich, sofern nichts anderes angegeben ist, auf unsere ursprüngliche Massnahme.

Nachhaltigkeit der Massnahme

Die Nachhaltigkeitsbeurteilung dient dazu, herauszufinden, wie sich eine Massnahme auf die drei Dimensionen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt auswirkt. Wir folgen der Bewertungsmethode des ARE (Bundesamt für Raumentwicklung), die die drei Schritte Relevanzanalyse, Wirkungsanalyse und Beurteilung und Optimierung beinhaltet.⁶ An dieser Stelle fassen wir lediglich die wichtigsten Ergebnisse zusammen, die vollständige Analyse finden Sie im Anhang.

Die Massnahme garantiert langfristige materielle Bedürfnisse der Bevölkerung, hat aber ansonsten keinen grossen Einfluss auf die Dimension Gesellschaft. Auf die Wirtschaft oder auf die Einkommen der Bevölkerung wirkt die Massnahme nicht direkt, aber Produktion und Konsum werden nachhaltig gestaltet. Auf die Dimension Umwelt hat sie den grössten Einfluss, da nicht erneuerbare Ressourcen geschont werden und die Abfallmenge und deren Belastung für die Umwelt minimiert wird.

⁶https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/nachhaltige_entwicklung/publikationen/nhb_rahmenkonzeptundmethodischegrundlagen.pdf.download.pdf/nhb_rahmenkonzeptundmethodischegrundlagen.pdf

Massnahme im System

Unsere ursprüngliche Massnahme, die Abschaffung der Bezeichnung RC-/Primärbeton und die neue Massnahme zu den öffentlichen Bauten aus RC-Beton lassen sich gut im gleichen System darstellen. Ihre direkten Einflüsse unterscheiden sich, aber schlussendlich wirken sich beide positiv auf den Einsatz von RC-Granulat - unsere Zielvariable - aus. Der wesentliche Unterschied liegt darin, dass die neue Massnahme stärker wirkt. Dies liegt daran, dass sie eine grössere Anzahl direkter Einflüsse aufweist und die Nachfrage nach RC-Granulat ohne Umwege erhöht. Hier müsste überprüft werden, ob unser System stimmt oder ob wir wichtige Einflüsse übersehen haben. Für uns ist das bisherige Ergebnis jedoch nachvollziehbar und es bestätigt unsere Entscheidung, Alternativen zu unserer ursprünglichen Massnahme zu suchen.

Das System beruht auf der Annahme, der höhere Entscheidungsspielraum der Betonproduzenten wirke sich positiv auf den Einsatz von RC-Granulat aus. Mit dieser Annahme haben wir ein System generiert, das uns die gewünschte Wirkung ergibt, das aber nicht zwingend der Realität gerecht wird. Unter Berücksichtigung aller möglichen Auswirkungen des höheren Entscheidungsspielraums wird die Wirkung der Massnahme noch schwächer und unter Umständen sogar negativ. Dies wäre dann der Fall, wenn die Betonproduzenten aufgrund des höheren Entscheidungsspielraums gesamthaft nicht mehr, sondern weniger RC-Granulat einsetzen würden als bisher.

Die Massnahme "Öffentlichkeitsarbeit" unterstützt die beiden hier beschriebenen Massnahmen, indem sie das Vertrauen in RC-Beton stärkt.

Weiteres Vorgehen

Um die Massnahme "Abschaffung RC/Primär" umzusetzen, muss Kontakt mit der ständigen Kommission des SIA aufgenommen werden, um zu klären, ob der SIA daran interessiert ist, das Merkblatt 2030 grundlegend abzuändern. Dies ist sehr unwahrscheinlich, da das Merkblatt momentan schon in Überarbeitung ist und die vom SIA geplanten Änderungen einfacher vorzunehmen sind. Deshalb und aufgrund der geringen Wirksamkeit der Massnahme ist es sinnvoller, unsere neue Massnahme umzusetzen. Das weitere Vorgehen dazu wird im Anhang erläutert.

Fazit

Die Bezeichnungen “RC-Beton” und “Primärbeton” abzuschaffen und so für Gleichberechtigung unter den Betonsorten zu sorgen, war eine schöne Idee, die aufgrund unserer Einsicht Sinn machte. Durch Nachforschungen, Gespräche mit Stakeholdern und die Systemanalyse wurde jedoch klar, dass die Massnahme schwierig umzusetzen ist und nicht die gewünschte Wirkung erbringt. Gründe dafür sind der Konflikt mit Baulabels, die Tatsache, dass sich der Einsatz von RC-Granulat nur für Betonproduzenten mit eigener Aufbereitung lohnt, das fehlende Knowhow vieler Produzenten und der enorme Aufwand, die Klassifizierung von Beton komplett neu zu gestalten und erfolgreich so einzuführen. Die Nachhaltigkeitsbeurteilung für diese Massnahme fällt positiv aus, in erster Linie da sie zur Ressourcenschonung beiträgt.

Die neue Massnahme “öffentliche Bauten aus RC-Beton” ist einfacher umzusetzen und hat einen grösseren Einfluss. Der Kanton Zürich, in dem schon alle neuen Gebäude nach Minergie-Eco-Standard gebaut werden, kann anderen Kantonen als Vorbild dienen. Baut die öffentliche Hand nur noch mit RC-Beton, erhöht dies die allgemeine Präsenz und Akzeptanz dieses Baustoffs, fördert den Markt und bewirkt, dass früher oder später die privaten Bauherren nachziehen werden.

Der Staat hat die einzigartige Möglichkeit, durch vorbildliches Handeln ökologische Entwicklungen ins Rollen zu bringen, einen Markt entstehen zu lassen und ein Umdenken in der Gesellschaft zu erreichen. Dies sollte für die Förderung des Einsatzes von RC-Beton im Hochbau genutzt werden.

Referenzen

Bundesgesetz über Bauprodukte, Art. 3 Abs. 4 lit. b C.F.R.
Hoffmann, C., SIA. (2018). Telefonat.
Mini, Z. N., SIA (2018, 03. 05.). [Telefonat].
SIA Normenwerk, Merkblatt 2030 C.F.R.
Vertreter einer Baufirma (2018, 08. 05.). [E-Mail].
Abfallverordnung, Art. 17 und 20 C.F.R.

Anhang

Ablauf Merkblatt-Änderung

Die Merkblätter des SIA sind drei Jahre gültig, danach entscheidet die ständige Kommission, ob eine Verlängerung möglich oder eine Revision nötig ist. Diese Entscheidung basiert auf Rückmeldungen aus dem Arbeitsmarkt oder auf neuen technischen Möglichkeiten, die eine Anpassung notwendig machen. Anschliessend wird vom SIA eine Fachgruppe einberufen und der Leitende wählt die Mitglieder so, dass Funktionen des ganzen Markts vertreten sind. Dazu zählen beispielsweise Fachleute aus der Forschung, aus der Industrie, Bauherren, Betonproduzenten und Planende. Diese Fachgruppe erarbeitet die Revision des Merkblattes und stellt einen Antrag an den SIA. Der Antrag durchläuft das Genehmigungsverfahren und es findet eine Vernehmlassung statt, in der der Antrag öffentlich auf der SIA Website⁷ zugänglich gemacht wird und von jedem kommentiert werden kann (Mini, 2018). Das Dokument wird dann anhand der Kommentare nochmals überarbeitet und der Schlusssentwurf wird den Einsprechern nochmals vorgelegt. Sind danach keine strittigen Einsprecher mehr vorhanden, wird die Revision im tech21 publiziert. Wenn kein Rekurs darauf genommen wird, wird das Merkblatt publiziert und gedruckt.

Erläuterungen zur neuen Massnahme

Ausgangslage

Gemäss Abfallverordnung (VVEA) sind Bauabfälle, darunter Betonabbruch und Mischabbruch, “möglichst sortenrein zu trennen” und “möglichst vollständig als Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen zu verwerten”. Da die Regelung in Bezug auf die Verwertung von Bauabfällen klar ist, aber eine entsprechende Regelung bezüglich Verwendung der aufbereiteten Baustoffe im Hochbau fehlt, ist diese in der Praxis mangelhaft. Oft wird zwar recycelt, aber die RC-Granulate werden vor allem im Strassenbau eingesetzt, was einem Downcycling entspricht. Zusätzlich ist die Recyclingquote in verschiedenen Teilen der Schweiz sehr unterschiedlich. Mit einer Regelung der Verwendung kann ein flächendeckender Markt für RC-Baustoffe entstehen, der eine ressourcenschonende Praxis im Bau ermöglicht.

Ziel und Wirkung der Massnahme

Es soll eine Vorschrift eingeführt werden, die den gesamten öffentlichen Hochbau der Schweiz dazu verpflichtet, mit RC-Beton zu bauen. Als Vorbild dazu dient die Stadt Zürich, welche dieses Ziel bereits erfolgreich umgesetzt hat mit der freiwilligen Verpflichtung, alle Neubauten im Minergie-Eco Standard zu realisieren. Wird eine solche Vorschrift nun schweizweit eingeführt, wird der Einsatz von RC-Granulat in Beton für den Hochbau direkt gefördert und gezeigt, dass der Bau mit RC-Beton funktioniert. Dadurch steigen sowohl die

⁷ <http://www.sia.ch/de/dienstleistungen/sia-norm/vernehmlassungen/nc/1/>

Präsenz von RC-Beton als auch die Erfahrung mit diesem Baustoff und schlussendlich die Akzeptanz von RC-Beton in der privaten Bauwirtschaft. Es wird ausserdem der Markt für RC-Baustoffe gefördert, was automatisch zu mehr Aufbereitungsanlagen und somit kürzeren Transportwegen führt. Dies hat wiederum zur Folge, dass noch häufiger RC-Beton eingesetzt wird.

Umsetzung

Um die öffentliche Hand zu verpflichten, mit RC-Beton zu bauen, gibt es verschiedene Wege. Am besten umsetzbar ist eine kantonale Vorschrift über den Einsatz der Baustoffe.

Gemäss Bundesgesetz über Bauprodukte können “die zuständigen Behörden von Bund und Kantonen technische Vorschriften erlassen über die Verwendung von Bauprodukten in Bezug auf ihre wesentlichen Merkmale” (BauPG). Die zuständige Behörde eines Kantons kann entweder der Kantonsrat oder der Grosse Rat sein. Diese ist in der Lage eine Vorschrift zu erlassen, dass jeder vom Kanton in Auftrag gegebene oder unterstützte Neubau mit RC-Beton gebaut werden muss. Dazu müsste auch festgelegt werden, für welche Bauteile RC-Beton eingesetzt werden kann und welche Eigenschaften der Beton für welche Bauteile haben muss.

Weiteres Vorgehen

Voraussetzung für die Umsetzung der neuen Massnahme ist, dass die Kantone den Einsatz von RC-Beton aktiv fördern wollen. Es müsste geklärt werden, welche Behörde zuständig ist, eine solche Vorschrift für alle öffentlichen Bauten zu erlassen, und wie dieses Verfahren genau abläuft. Vor Erlass der Vorschrift müsste erforscht werden, in welchen Bereichen nach dem neuesten Stand der Technik RC-Beton eingesetzt werden kann. Der Inhalt der Vorschrift müsste so gestaltet werden, dass die Wirkung optimal ist. Details, wie z.B. wann eine Ausnahme gemacht werden darf, in welchem Umkreis der RC-Beton verfügbar sein muss etc., bieten Schlupflöcher und hemmen die Wirkung der Massnahme.

Variablen positiv beeinflusst und somit den ganzen Kreislauf in Gang setzt. Dies ist eine weitere Erklärung dafür, weshalb die neue Massnahme besser wirkt als die ursprüngliche. (siehe Abb. 3)

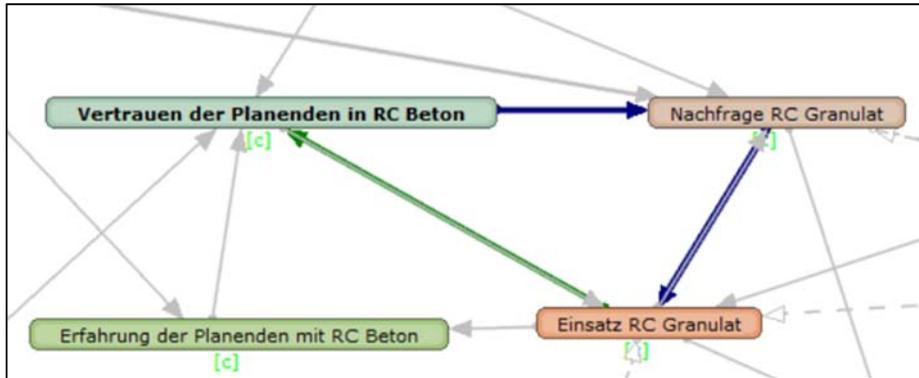


Abbildung 3: Loop 1

Loop 2: Gewinnen die Planenden an Erfahrung mit RC-Beton, bemerken sie, wie gut seine Eigenschaften sind. Dadurch steigt nach einer gewissen Zeit ihr Vertrauen in diesen Baustoff. Als Folge setzen sie mehr RC-Beton (bzw. Beton mit einem höheren RC-Granulat-Anteil) ein und gewinnen weiter an Erfahrung. (siehe Abb. 4)

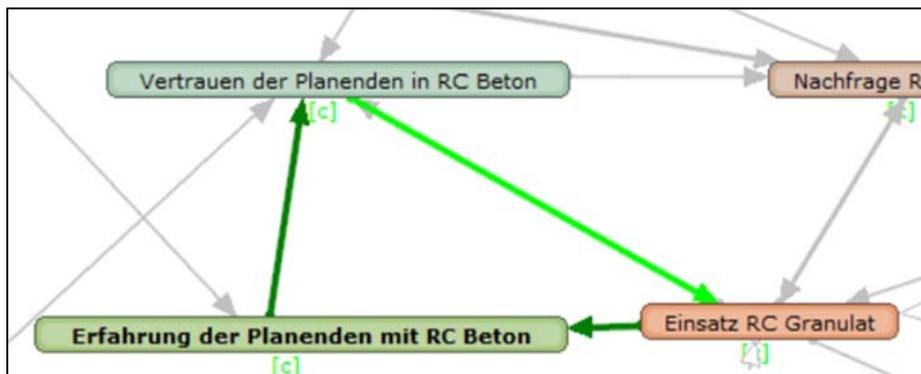


Abbildung 4: Loop 2

Loop 3: Wenn die Nachfrage nach RC-Granulat steigt, erhöhen Aufbereitungsunternehmen ihre Produktion. Dadurch sinken ihre Kosten pro Tonne RC-Granulat und sie können ihre Preise senken. Dank der tiefen Preise wird mehr RC-Granulat eingesetzt und dadurch das Vertrauen der Planenden in RC-Beton grösser. Dies erhöht wiederum die Nachfrage nach RC-Granulat. (siehe Abb. 5)

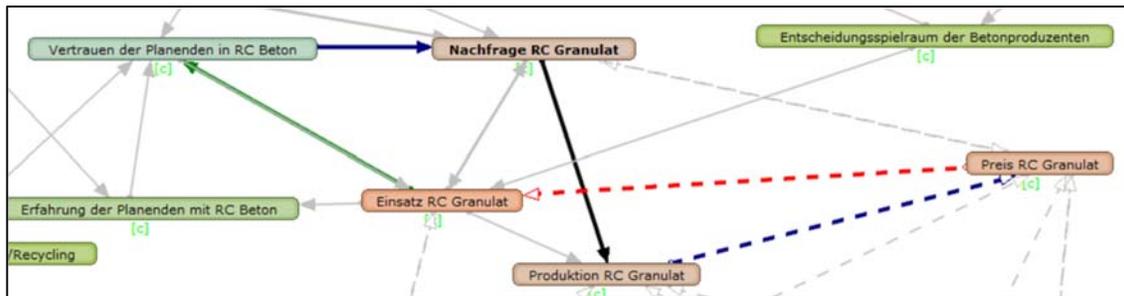


Abbildung 5: Loop 3

Diese drei Loops und das ganze System hängen natürlich zusammen. Steigt z.B. die Erfahrung der Planenden mit RC-Beton, wird Loop 2 in Gang gesetzt und dadurch automatisch auch Loop 1. Deshalb ist es trotz der einzelnen Loops schwierig abzuschätzen, wie sich alle Rückkopplungen gemeinsam auf das System und das Ziel auswirken. Dazu verwenden wir im nächsten Abschnitt die Wirksamkeitsanalyse von SystemQ.

Wirksamkeit der beiden Massnahmen

Um die Wirksamkeit der beiden Massnahmen (siehe Abb. 6 und 7) zu beurteilen, betrachten wir zunächst die Ziel-Effizienz (Goal Efficacy, mittlere Spalte). Diese sagt aus, wie effizient sich die Erhöhung eines Einflussfaktors auf die gesetzten Ziele (linke Spalte) auswirkt. Schon hier ist ersichtlich, dass die Effizienz der Massnahme "öffentliche Bauten aus RC-Beton" (neue Massnahme) deutlich höher ist als diejenige der Massnahme "Abschaffung RC/Primär". Die rechte Spalte zeigt, welche Wirkung die Erhöhung des markierten Einflussfaktors (Schrift fett) auf alle anderen Variablen hat. Auch hier ist der Unterschied zwischen der alten und der neuen Massnahme sehr deutlich.

Efficacy Analysis: How the impact factors contribute to the goals

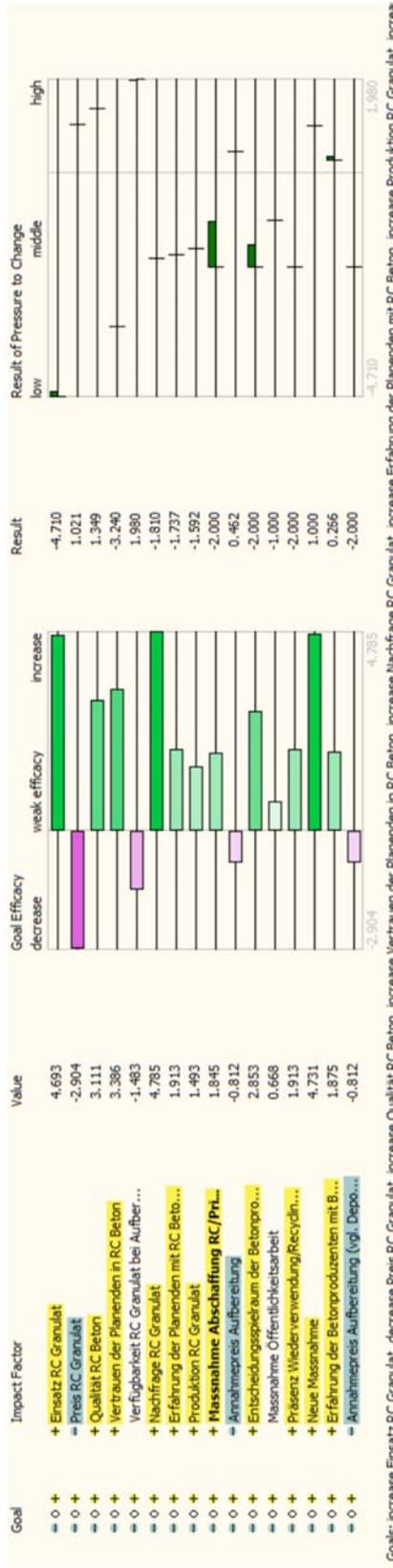


Abbildung 6: Wirkung Massnahme «öffentliche Bauten aus RC-Beton»

Efficacy Analysis: How the impact factors contribute to the goals

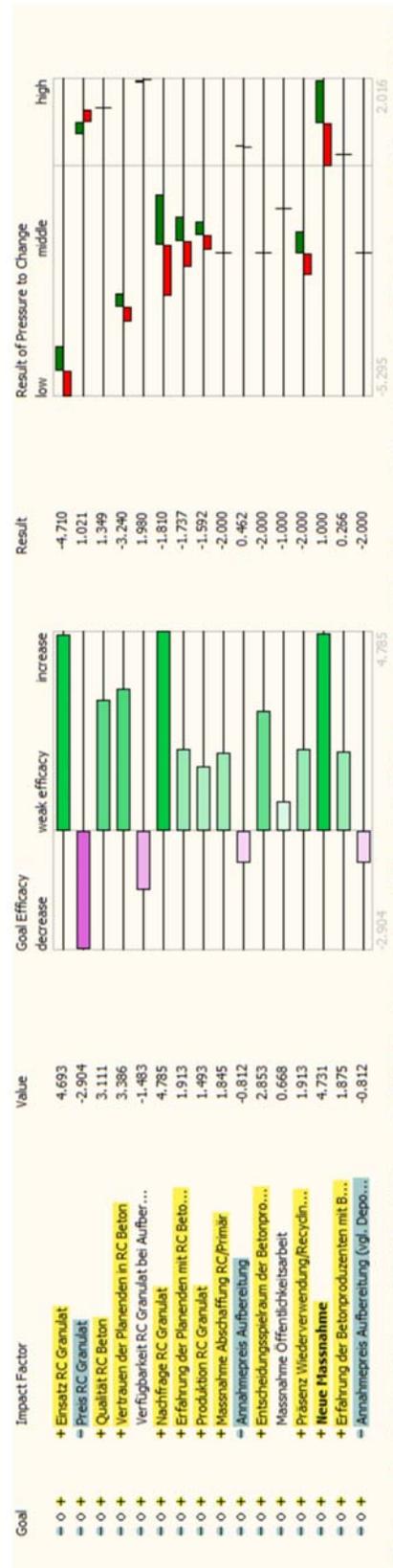


Abbildung 7: Wirkung Massnahme «Abschaffung RC/Primär»

System Grid

Im System Grid werden die Einflussfaktoren in vier Kategorien eingeteilt:

- aktive Einflussfaktoren (Schalthebel)
- passive Einflussfaktoren (Indikatoren)
- ambivalente Einflussfaktoren (kritische Grössen)
- puffernde Einflussfaktoren (stabilisierende Grössen)

Allgemein ist zu bemerken, dass unser System mehrheitlich aus puffernden Einflussfaktoren besteht und von einigen wenigen Variablen gesteuert wird. Sehr bedeutend ist der “Einsatz von RC-Granulat”, der ambivalent wirkt (siehe System Grid der direkten Einflüsse, Abb. 8). Er wird durch viele Faktoren beeinflusst - was gut ist, da dies unser Ziel ist -, hat aber auch selbst viel Einfluss. Wenn es gelingt, durch eine Massnahme den Einsatz von RC-Granulat zu erhöhen, ist die Wirkung an dieser Stelle nicht zu Ende. Der erhöhte Einsatz wirkt durch die beschriebenen Loops weiter, was schlussendlich zu einem noch höheren Einsatz von RC-Granulat führt.

Die Massnahme “Abschaffung RC/Primär” ist in unserem System ein puffernder Einflussfaktor, hat also keine grosse Wirkung. Auch der Entscheidungsspielraum der Betonproduzenten, den die Massnahme beeinflusst, wirkt puffernd. Die neue Massnahme hingegen ist ein aktiver Einflussfaktor, also gut geeignet, um das System zu steuern. Sie hat ausserdem einen grösseren Einfluss auf den Einsatz von RC-Granulat (siehe “Wirksamkeit der Massnahme”), wodurch die oben genannten Loops in Gang gesetzt werden können.

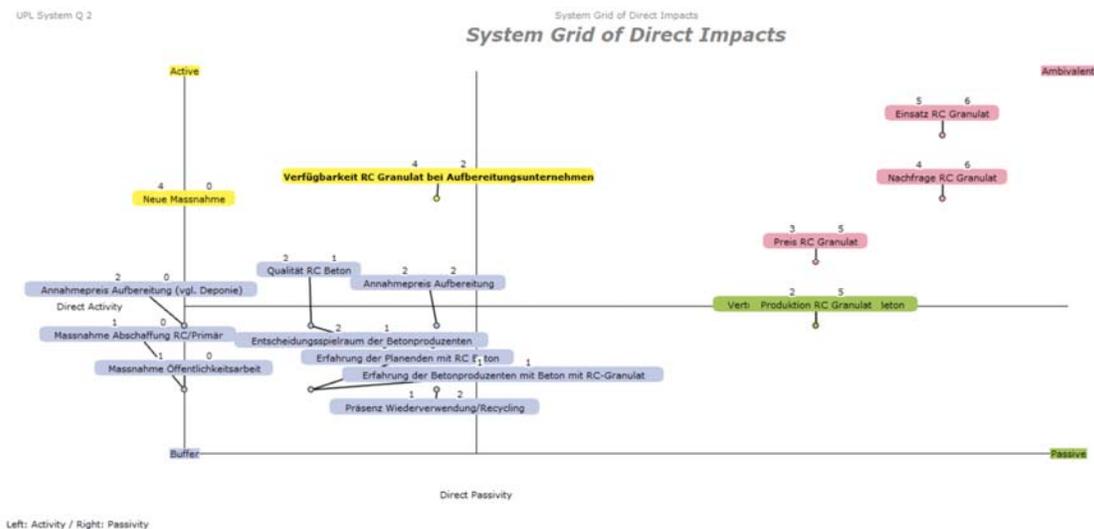


Abbildung 8: System Grid der direkten Einflüsse

Das System Grid der indirekten Einflüsse (siehe Abb. 9) sieht ähnlich aus, die beiden Massnahmen haben die gleiche Stellung wie bei den direkten Einflüssen.

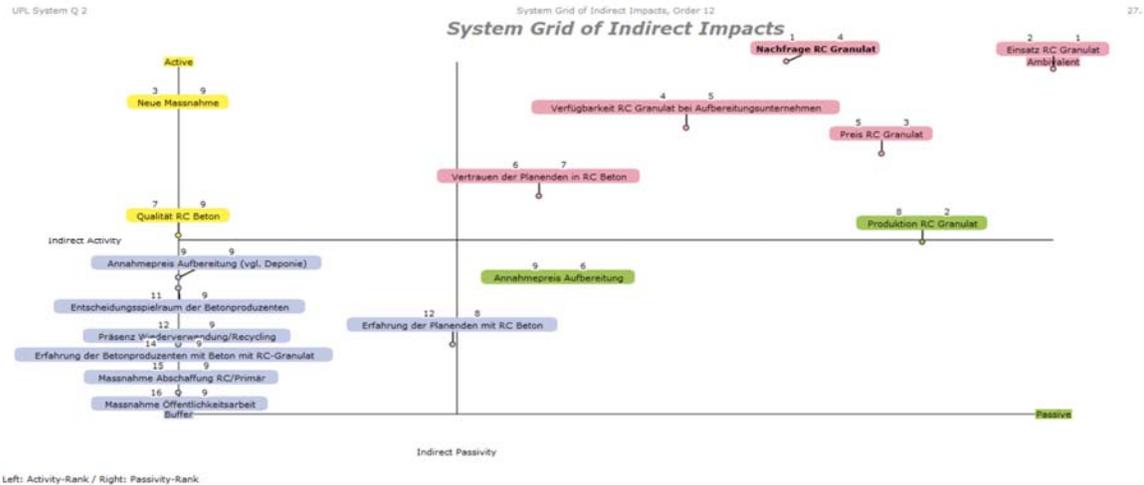


Abbildung 9: System Grid der indirekten Einflüsse

Fazit zum Systemverhalten

Mithilfe der verschiedenen Methoden von SystemQ konnten wir feststellen, dass die Massnahme “Abschaffung RC/Primär” nur eine kleine Auswirkung auf das System hat. Dies, obwohl wir zu Beginn eine Annahme getroffen haben, die ihre Wirkung idealisiert. Der Einfluss der neuen Massnahme “öffentliche Bauten aus RC-Beton” ist viel stärker. Die Analyse mit SystemQ bestärkt also unsere Entscheidung, die alte Massnahme nicht weiter zu verfolgen und uns auf die neue zu konzentrieren.

Nachhaltigkeitsbeurteilung

Die Nachhaltigkeitsbeurteilung dient dazu, herauszufinden, wie sich eine Massnahme langfristig auf die drei Dimensionen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt auswirkt. Wir wenden die Bewertungsmethode von ARE an, weshalb dieses Kapitel in die folgenden drei Schritte aufgeteilt ist: Relevanzanalyse, Wirkungsanalyse und Beurteilung.⁸

Relevanzanalyse

Ziel der Massnahme

Das Ziel unserer Massnahme ist, mehr RC-Granulat im Hochbau zu verwenden. Wir wollen dies erreichen, indem wir jegliche Einschränkungen bezüglich des RC-Granulat-Anteils beseitigen und die Entscheidung komplett den Betonproduzenten überlassen. Wir zielen damit auf einen höheren Einsatz von RC-Granulaten über die gesamte Betonproduktion.

Angesprochene Akteure

Die wichtigsten Akteure sind die Betonproduzenten. Hauptsächlich von ihnen hängt ab, ob unsere Massnahme die gewünschte Wirkung erzielt oder nicht, da sie entscheiden, wie viel RC-Granulat für die Betonproduktion verwendet wird. Architekten, Ingenieure und Bauherren werden durch unsere Massnahme indirekt angesprochen, indem wir ihnen die Entscheidung zwischen RC- und Primär-Beton abnehmen. Dadurch unterstützen auch sie automatisch ressourcenschonende Baustoffe, ohne sich aktiv dafür einzusetzen. Konsequenzen hat unsere Massnahme auch für Baulabels wie Minergie Eco, die Gebäude unter anderem nach ihrem RC-Granulat-Anteil beurteilen. Ihre Arbeit wird durch unsere Massnahme erschwert, da dieser Anteil nicht mehr auf den ersten Blick ersichtlich und einheitlich ist.

Nebenwirkungen

Es besteht die Möglichkeit, dass die Betonproduzenten weiterhin nur wenig RC-Granulat verwenden, wenn sie im Einsatz von RC-Granulat keinen Vorteil sehen. In diesem Fall würde gesamthaft vielleicht sogar weniger RC-Granulat im Hochbau verwendet als heute.

Klärung der Relevanz

Die Verfügbarkeit von Kies in der Schweiz wird, wie in Abb. 10 ersichtlich, immer geringer. Es ist deshalb wichtig, die Stoffe aus dem Abbruch erneut einzusetzen. Nur so kann die Rohstoffverfügbarkeit für die zukünftigen Generationen gesichert werden. RC-Baustoffe haben ausserdem den Vorteil, dass ihre CO₂-Emissionen gegenüber primären Baustoffen geringer sind.

⁸https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/nachhaltige_entwicklung/publikationen/nhb_rahmenkonzeptundmethodischegrundlagen.pdf.download.pdf/nhb_rahmenkonzeptundmethodischegrundlagen.pdf

Kies und Sand - Reserven

Eberhard

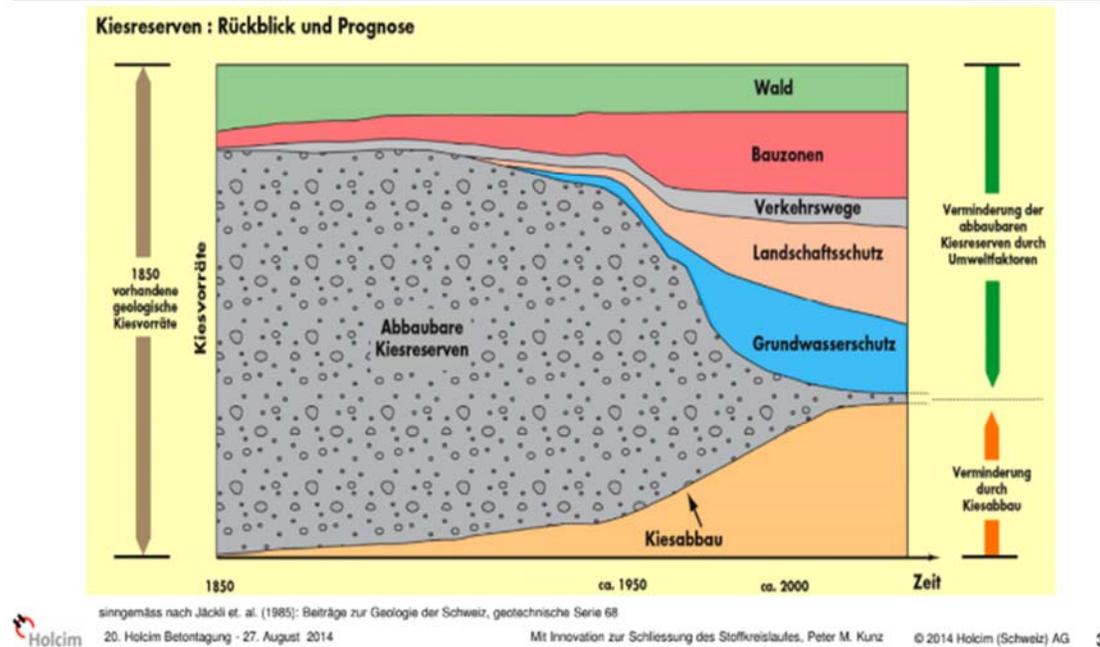


Abbildung 10: Entwicklung der Kies- und Sand-Reserven

Wirkungsanalyse

Vorgehensweise

Wir überprüfen unsere Massnahme anhand der drei Dimensionen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt der NHB mit einer Auswahl der wichtigsten Indikatoren von MONET⁹, ergänzt durch eigene, für unsere Massnahme spezifische Indikatoren. Wir erklären, inwiefern diese Indikatoren den Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung¹⁰ entsprechen.

Systemgrenze

Unsere Analyse wird anhand der drei folgenden Dimensionen überprüft: Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Da die SIA Normen schweizweit gelten, bezieht sich auch unsere NHB auf die ganze Schweiz. Unsere Massnahme gilt solange, bis die Norm geändert oder eine strengere Norm eingeführt wird.

Konkretisierung: Definition der Indikatoren und Wirkungsanalyse

Material-Fussabdruck¹¹ (Prinzipien: 12a, 15a, 16a, 16b)

Definition: Ein wichtiges Ziel der nachhaltigen Entwicklung besteht darin, die natürlichen Lebensgrundlagen langfristig zu erhalten (Prinzipien 15a, 16a und 16b). Die Förderung einer

⁹ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet/alle-nach-themen.html>

¹⁰ <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/969945/master>

¹¹ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet/alle-nach-themen/produktion-konsum/material-fussabdruck.html>

umweltgerechten Produktion, die die Material- und Energieflüsse optimiert, ist deshalb wichtig (Prinzip 12a). [...] Der Indikator präsentiert den inländischen Rohstoffverbrauch (abgekürzt RMC, vom Englischen Raw Material Consumption), auch Material-Fussabdruck genannt. (MONET)

Wirkungsanalyse: Unsere Massnahme wird den inländischen Rohstoffverbrauch senken. Anstelle von Kies wird Beton, der schon in den Gebäuden vorhanden ist und beim Abbruch wieder zugänglich wird, aufbereitet und dem Kreislauf erneut zugeführt.

Rohstoffverfügbarkeit (2a)

Definition: Nachhaltige Entwicklung bedeutet auch, dass man die materiellen Bedürfnisse der Bevölkerung langfristig garantieren kann (Prinzip 2a). Zu den materiellen Bedürfnissen gehören unter anderem die Rohstoffe. Der Indikator stellt die Verfügbarkeit der inländischen Rohstoffe in der Schweiz dar.

Wirkungsanalyse: Mit unserer Massnahme garantieren wir die Verfügbarkeit des Rohstoffs Kies für die zukünftigen Generationen.

Bauabfall (12b, 16a, 16b, 17a,)

Definition: Ein umweltgerechter Konsum der Baustoffe ist sehr wichtig für die nachhaltige Entwicklung (Prinzip 12b). Für eine gute Nutzung der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen (Prinzipien 16a, 16b) ist es sehr wichtig, Bauabfälle zu verringern. So wird auch die Belastung der Umwelt durch Abfälle minimiert (Prinzip 17a). Der Indikator zeigt die Gesamtmenge der Bauabfälle.

Wirkungsanalyse: Mit unserer Massnahme werden die Bauabfälle, die vom Abbruch kommen, wiederverwendet. Beton- und Mischabbruch werden gebraucht, um RC-Granulat herzustellen.

Beurteilung

Gesellschaft (2a)

Unsere Massnahme hat einen nicht so grossen Einfluss auf die Dimension Gesellschaft. Sie wirkt positiv auf das Prinzip "Bedürfnisdeckung" (2a), da die Verfügbarkeit von Kies langfristig garantiert wird, aber dieser Stoff ist nicht wesentlich für die materiellen Bedürfnisse der Menschen. Die Beurteilung ist deshalb leicht positiv.

Wirtschaft (12a, 12b)

Durch die Zunahme der Herstellung und des Einsatzes von RC-Beton werden umweltgerechte Produktion (12a) und umweltgerechter Konsum (12b) garantiert, welches zwei wirtschaftliche Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung sind.

Unsere Massnahme wirkt nicht direkt auf den Markt oder auf das Einkommen der Bevölkerung. Trotzdem ist die Beurteilung positiv, da Produktion und Konsum nachhaltig gestaltet werden.

Umwelt (15a, 16a, 16b, 17a)

Unsere Massnahme wirkt sehr positiv auf die Dimension Umwelt. Die Verminderung des Kiesverbrauchs trägt bei zur Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen (15a) und wirkt sich positiv auf den Material-Fussabdruck aus. Auch die Belastung der Umwelt durch Abfälle (17a) sinkt, weil durch unsere Massnahme ein Grossteil des Abbruchmaterials wiederverwendet statt deponiert wird.

Beschreibung der Variablen

Bemerkung: alle folgenden Variablen beziehen sich auf die Schweiz.

<i>Name</i>	Einsatz RC-Granulat
<i>Beschreibung</i>	Einsatz von RC-Granulat in Prozent aller mineralischen Zuschlagstoffe (inkl. Kies), die für die gesamte Betonproduktion der verwendet werden.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Für die Betonproduktion wird mehr RC-Granulat als Kies eingesetzt. (> 50%)
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Für die Betonproduktion wird fast ausschliesslich Kies eingesetzt. (< 10%)
<i>Aktueller Zustand</i>	Tief (8%)
<i>Indikator</i>	Gesamtschweizerische Statistiken
<i>Hintergrund</i>	Unser Hauptziel ist es, diese Variable zu erhöhen.

<i>Name</i>	Preis RC-Granulat
<i>Beschreibung</i>	Verkaufspreis von RC-Granulat in CHF/t. Wir unterscheiden Mischgranulat und Betongranulat. Dies ist eine Bedürfnisvariable der Aufbereitungsunternehmen und Betonproduzenten.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Mischgranulat: > 15.-; Betongranulat: > 30.-
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Mischgranulat: < 5.-; Betongranulat: < 15.-
<i>Aktueller Zustand</i>	Mittel: Mischgranulat: 8.20; Betongranulat: 23.30 ¹²
<i>Indikator</i>	Preislisten von Unternehmen, die RC-Granulate anbieten.
<i>Hintergrund</i>	Für die Umsetzung unserer Massnahme ist es wichtig, dass dieser Preis nicht zu hoch ist. Für die Betonproduzenten muss RC-Granulat einen Vorteil gegenüber Kies haben.

¹² http://www.baustoffzentrum.ch/upload/rm/preisliste-boz-2018-2.pdf?_=1513782126000
http://www.eberhard.ch/dnl/104_1635_RC_Primaerbaustoffe_Preisliste_2018.pdf
https://prbag.ch/news/preisliste-2018_ohne-lageplan.pdf
http://www.richi-weiningen.ch/default.asp?V_ITEM_ID=406
<https://www.kibag.ch/de/gruppe/downloads.html>
<https://www.hagedorn.ch/baustoffe/preislistenubersicht/preise-kiese.html>

<i>Name</i>	Qualität RC-Beton
<i>Beschreibung</i>	Ausprägung der Eigenschaften des RC Betons wie Stabilität, Aussehen etc. Eine hohe Ausprägung dieser Variable fördert den Einsatz von RC Beton massgeblich.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Gleiche Eigenschaften wie Primär-Beton.
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Ungenügende Stabilität für den Einsatz im Hochbau, Aussehen unterscheidet sich markant von Primär-Beton.
<i>Aktueller Zustand</i>	Mittel bis hoch: alle Wände und Decken gewöhnlicher Gebäude sind problemlos aus RC-Beton machbar.
<i>Indikator</i>	Befragung von Betonspezialisten.
<i>Hintergrund</i>	Wie hoch die Qualität von RC-Beton ist, ist ein wichtiger Faktor bei der Entscheidung der Planenden zwischen Primär- und RC-Beton.

<i>Name</i>	Vertrauen der Planenden in RC-Beton
<i>Beschreibung</i>	Das Vertrauen von Architekten, Ingenieuren und Bauherren in die Qualität von RC-Beton.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Das Vertrauen in RC-Beton ist gleich gross wie das Vertrauen in Primär-Beton.
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Das Vertrauen in RC-Beton ist viel kleiner als das Vertrauen in Primär-Beton. Architekten, Ingenieure und Bauherren sind der Meinung, RC-Beton lasse sich nicht für den Häuserbau einsetzen.
<i>Aktueller Zustand</i>	Tief bis mittel: Architekten, Ingenieure und Bauherren wissen, dass sich RC-Beton im Hochbau einsetzen lässt, aber ihr Vertrauen in Primär-Beton ist wesentlich grösser.
<i>Indikator</i>	Befragung von Architekten, Ingenieuren und Bauherren.
<i>Hintergrund</i>	Durch die Teilanalysen haben wir festgestellt, dass das Vertrauen in RC-Beton noch nicht sehr hoch ist und dadurch einen grösseren Einsatz verhindert.

<i>Name</i>	Verfügbarkeit RC-Granulat bei Aufbereitungsunternehmen
<i>Beschreibung</i>	Verfügbarkeit von RC-Granulat (Betongranulat und Mischgranulat) bei den Aufbereitungsunternehmen.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Mehr RC-Granulat verfügbar, als von den Betonproduzenten nachgefragt wird.
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Weniger RC-Granulat verfügbar, als von den Betonproduzenten nachgefragt wird.
<i>Aktueller Zustand</i>	Mittel: die Verfügbarkeit variiert sehr stark. In der Umgebung von Zürich ist eher viel RC-Granulat verfügbar, in anderen Regionen jedoch wenig oder gar keines, da keine Aufbereitungsunternehmen vor Ort sind.
<i>Indikator</i>	Vergleich Statistiken zu Produktion und Verkauf/Einsatz/Verbrauch von RC-Granulat.
<i>Hintergrund</i>	Ohne die Verfügbarkeit von RC-Granulat kann für die Betonproduktion kein RC-Granulat verwendet werden. Wenn das RC-Granulat weit transportiert werden muss, ist die Verwendung weder sinnvoll noch lukrativ.

<i>Name</i>	Nachfrage RC-Granulat
<i>Beschreibung</i>	Nachfrage der Betonproduzenten nach RC-Granulat. Eine Bedürfnisvariable von Aufbereitungsunternehmen.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Mehr RC-Granulat wird nachgefragt, als verfügbar ist.
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Viel weniger RC-Granulat wird nachgefragt, als verfügbar ist.
<i>Aktueller Zustand</i>	Mittel
<i>Indikator</i>	Statistiken zu Verkauf/Einsatz/Verbrauch von RC-Granulat.
<i>Hintergrund</i>	Die Nachfrage spielt eine wichtige Rolle, da sie den Markt reguliert. Durch eine höhere Nachfrage kommen automatisch mehr Anbieter auf den Markt usw.

<i>Name</i>	Erfahrung der Planenden mit RC-Beton
<i>Beschreibung</i>	Erfahrung der Architekten, Ingenieure und Bauunternehmen mit dem Einsatz von RC-Beton.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Jedes Architekten-/Ingenieurbüro und jedes Bauunternehmen hat schon einmal RC-Beton eingesetzt.
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Fast alle Architekten-/Ingenieurbüros und Bauunternehmen haben noch nie RC-Beton eingesetzt.
<i>Aktueller Zustand</i>	Mittel bis tief: die Mehrheit der Architekten-/Ingenieurbüros und Bauunternehmen haben noch nie RC-Beton eingesetzt.
<i>Indikator</i>	Auswertung von Daten zu den verwendeten Baustoffen der Projekte einer grossen Anzahl von Architekten-/Ingenieurbüros und von Bauunternehmen; Befragung von Architekten-/Ingenieurbüros und Bauunternehmen.
<i>Hintergrund</i>	Die Erfahrung ist eine wichtige Grundlage für das Vertrauen und somit den Einsatz. Besteht keine Erfahrung mit RC-Beton, ist der Einsatz mit mehr Aufwand und Ungewissheit verbunden.

<i>Name</i>	Produktion RC-Granulat
<i>Beschreibung</i>	Der Anteil des anfallenden Bauschutts, der durch die Aufbereitungsunternehmen zu RC-Granulat hergestellt wird.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Der gesamte anfallende Bauschutt wird zu RC-Granulat aufbereitet.
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Der gesamte anfallende Bauschutt gelangt auf die Deponie.
<i>Aktueller Zustand</i>	Hoch ¹³
<i>Indikator</i>	Statistiken zu Stofffluss/Hochbau Schweiz
<i>Hintergrund</i>	Diese Variable zeigt, ob noch Potential besteht in der Aufbereitungsquote des Bauschutts oder ob das Problem eher auf der Seite der Verwendung der aufbereiteten Baustoffe liegt.

¹³ Stoffflussanalyse Annik

<i>Name</i>	Annahmepreis Aufbereitung
<i>Beschreibung</i>	Preis in CHF/t, den das Rückbauunternehmen bei der Abgabe von Bauschutt an das Aufbereitungsunternehmen bezahlen muss.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Betonabbruch: > 20.-; Mischabbruch: > 55.-
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Betonabbruch: < 5.-; Mischabbruch: < 35.-
<i>Aktueller Zustand</i>	Betonabbruch: 11.50; Mischabbruch: 46.95 ¹⁴
<i>Indikator</i>	Preislisten von Aufbereitungsunternehmen, hier Durchschnittspreise aller Arten von Betonabbruch bzw. Mischabbruch, d.h. mit/ohne Armierung, kleiner/grösser als 70cm etc.
<i>Hintergrund</i>	Der Annahmepreis hat grossen Einfluss darauf, ob Bauschutt aufbereitet oder deponiert wird.

<i>Name</i>	Entscheidungsspielraum der Betonproduzenten
<i>Beschreibung</i>	Entscheidungsspielraum der Betonproduzenten, wieviel RC-Granulat (in % der gesamthaft verwendeten Gesteinskörnungen) bei der Betonherstellung eingesetzt wird. Dieser Spielraum ist durch die geltenden Normen gegeben.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Die Betonproduzenten können unter der Bedingung, die angegebene Qualität einzuhalten, über den Anteil RC-Granulat frei entscheiden.
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Für jede Betonsorte ist genau vorgegeben, wieviel RC-Granulat enthalten sein darf.
<i>Aktueller Zustand</i>	Mittel: weniger als 25% RC-Granulat darf bei Primär-Beton enthalten sein. Bei RC-Betonen muss mind. 25% RC-Granulat enthalten sein. Innerhalb dieses Rahmens dürfen Betonproduzenten frei entscheiden.
<i>Indikator</i>	SIA Normen/Merkblätter
<i>Hintergrund</i>	Diese Variable wird direkt durch unsere Massnahme beeinflusst. Wir übergeben dem Betonproduzenten den vollen Entscheidungsspielraum.

¹⁴ https://www.kibag.ch/de/umwelt-und-entsorgung.html#a_brosch_umweltentsorgung
http://www.richi-weiningen.ch/default.asp?V_ITEM_ID=406
https://prbag.ch/news/preisliste-2018_ohne-lageplan.pdf

<i>Name</i>	Präsenz Wiederverwendung/Recycling
<i>Beschreibung</i>	Allgemeine Präsenz des Themas Wiederverwendung/Recycling in der gesamten Bevölkerung.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Die gesamte Bevölkerung weiss über die Möglichkeit der Wiederverwendung bzw. des Recyclings von Baumaterialien Bescheid.
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Ausschliesslich interessierte Fachpersonen wissen über die Möglichkeit der Wiederverwendung bzw. des Recyclings von Baumaterialien Bescheid.
<i>Aktueller Zustand</i>	Tief bis mittel: ein Grossteil der Bevölkerung weiss über Recycling im Haushalt gut Bescheid. Im Bereich der Wiederverwendung von Bauteilen und dem Recycling von Baustoffen ist das Wissen jedoch gering.
<i>Indikator</i>	Umfragen
<i>Hintergrund</i>	Wir haben die Präsenz als Variable gewählt, da das Wissen über Wiederverwendungs-/Recyclingmöglichkeiten eine grundlegende Voraussetzung für die Umsetzung dieser Möglichkeiten sind.

<i>Name</i>	Erfahrung der Betonproduzenten mit Beton mit RC-Granulat
<i>Beschreibung</i>	Erfahrung der Betonproduzenten in der Produktion von Beton mit RC-Granulat. Es geht z.B. um das Wissen darüber, bis zu welchem Anteil RC-Granulat eine bestimmte Qualität eingehalten wird, wie die Rezeptur angepasst werden muss etc.
<i>Hohe Ausprägung</i>	Alle Betonproduzenten haben ausreichend Erfahrung, um die Eigenschaften des Betons in Abhängigkeit des RC-Anteils vorhersagen zu können, entsprechend die Rezeptur anzupassen und zu wissen, wieviel Prozent RC-Granulat sie bei welcher Betonsorte maximal beimischen können.
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Die meisten Betonproduzenten wissen aufgrund geringer Erfahrung nicht, worauf sie bei der Produktion von Beton mit RC-Granulat achten müssen und wieviel Prozent RC-Granulat sie bei welcher Betonsorte maximal beimischen können.
<i>Aktueller Zustand</i>	Die Erfahrung unterscheidet sich von Produzent zu Produzent stark. Einige Unternehmen sind auf RC-Beton spezialisiert und haben Fachkräfte, die über das oben genannte Knowhow verfügen. Viele haben aber weniger Erfahrung und produzieren deshalb RC-Beton nur mit dem durch die Normen festgelegten Mindestanteil an RC-Granulat.
<i>Indikator</i>	Untersuchung von RC-Betonen verschiedener Produzenten auf den RC-Granulat-Anteil.
<i>Hintergrund</i>	Die Erfahrung der Betonproduzenten beeinflusst den RC-Granulat-Anteil der Betone sehr stark. Die Bedeutung der Erfahrung wird noch grösser, je mehr Entscheidungsspielraum die Betonproduzenten erhalten.

<i>Name</i>	Annahmepreis Aufbereitung (vgl. Deponie)
<i>Beschreibung</i>	Preis in CHF/t, den das Rückbauunternehmen bei der Abgabe von Bauschutt an das Aufbereitungsunternehmen bezahlen muss im Vergleich zum Preis, den es bei der Abgabe an eine Deponie bezahlen müsste: $\frac{\text{Annahmepreis Aufbereitung}}{\text{Annahmepreis Deponie}}$
<i>Hohe Ausprägung</i>	Annahmepreis Aufbereitung höher → Quotient > 1
<i>Tiefe Ausprägung</i>	Annahmepreis Aufbereitung tiefer → Quotient < 1
<i>Aktueller Zustand</i>	Betonabbruch: 0.3; Mischabbruch: 1.06 (tief bis mittel) ¹⁵
<i>Indikator</i>	Vergleich der Preislisten von Aufbereitungsunternehmen und Deponien.
<i>Hintergrund</i>	Das Verhältnis dieser beiden Preise entscheidet darüber, ob der Bauschutt aufbereitet wird oder auf die Deponie gelangt.

¹⁵ http://mueller-transport.ch/wp-content/uploads/PL_2018_final_30010218-6.pdf
<https://www.stadt.sg.ch/home/raum-umwelt/abfall-entsorgung/gebuehren-rechnungen/gebuehren-deponie.html>
<http://www.risi-ag.ch/data/docs/download/10441/de/PR-Entsorgungsgebuehren-PARINAG-2018.pdf>
http://www.inertstoffdeponieemmet.ch/files/pdf/preisliste_inertmaterial_2018.pdf
<http://www.deponie-hoeli.ch/bilder/Preisliste2018.pdf>
<http://www.sgtuffiere.ch/DE/inertstoffdeponie.html>