

VollConcrete!

«Concrete Coordinates»

Webtool zur Bestimmung des ökologischsten Betons

Dokumentation Projektgruppe 3

1.06.2018

AutorInnen

Samira Amos

Sabina Canovic

Olivier Pfeuti

Kaj Wiklund

Luca Zehnder

1 Zusammenfassung

Der Transport des Betons für Bautätigkeiten hat einen negativen Einfluss auf die Umwelt (C. Knoeri, E. Sanye-Mengual, & H. J. Althaus, 2013). Dennoch wird der Transportweg vom Fabrikator zur Baustelle in bisherigen Nachhaltigkeitsbeurteilungen von Betonen kaum berücksichtigt. Dies, obwohl eine Reduzierung der Umweltbelastungen in Anbetracht der Umweltziele der Stadt Zürich hochaktuell ist (Stadt Zürich, 2016). Das Webtool «Concrete Coordinates» trägt dem Rechnung: Unter Einbezug der durch den Transport verursachten Umweltbelastungspunkten (UBP) vergleicht das Tool die Nachhaltigkeit von Betonen derselben Verwendungsklasse nach Standortangabe. Ziel ist die Verwendung des nachhaltigsten Betons. Bauherren und Planern wird eine einfache Entscheidungsgrundlage bei der Wahl des Betons geboten.

2 Ausgangslage und Ziel

2.1 Einsicht

Der folgende Text basiert, falls nicht anders angegeben, auf der Teilanalyse Stofffluss von Kaufmann, Maier, Scheiwiller, Strini, und Wiklund (2017).

Die Stadt Zürich hat ambitionierte Umweltziele bis 2020. Darunter fallen die Reduktion der CO₂-Emissionen und des Rohstoffverbrauches. Basierend auf diesen Zielen fordert die Stadt in ihren Aufträgen die Verwendung von Recyclingbeton (RC-Beton) (Stadt Zürich, 2016). Dennoch landen immer noch Anteile des rohen Abbruchmaterials direkt auf Deponien. Zusätzlich wird rund ein Drittel des aufbereiteten Materials nicht wiederverwendet, sondern gelagert.

Dies ist unter anderem der Fall, da sich aufgrund von diversen Vorbehalten gegen RC-Beton keine Abnehmer finden lassen (Van der Haegen, 2017). Die Vorurteile entstehen aufgrund der Assoziation des Begriffs «Recycling» mit Abfall, also etwas qualitativ Minderwertigem. Sie sind auf veraltetem oder falschem Wissen begründet, das sich während jahrelanger Bauerfahrung etabliert hat und zur Norm wurde. Tatsächlich ermöglicht der heutige Stand der Technik, RC-Beton mit gleicher Qualität, derselben Ästhetik und demselben (oder tieferen) Preis wie Primärbeton anzubieten. Allerdings führen die Normen dazu, dass nach alten vertrauten Mustern gebaut wird. Es besteht wenig Anreiz, sich über RC-Beton oder andere neue Bauformen zu informieren. Dadurch geht die Progression zu einer nachhaltigen, fortschrittlichen Bauweise nur langsam voran.

RC-Beton schneidet in bestehenden Ökobilanzen besser ab als Primärbeton, wobei aber wichtige Parameter (Bsp. Transportweg von der Fabrik zur Baustelle) nicht einbezogen werden (KBOB, 2016a). Gerade diese Transportwege leisten oft einen entscheidenden Beitrag zur Ökobilanz (C. Knoeri, E. Sanye-Mengual, & H.-J. Althaus, 2013). Stakeholdern mit dem Bedürfnis nachhaltig zu bauen, stehen momentan wenig Instrumente zur ganzheitlichen Beurteilung von Beton zur Verfügung.

2.2 Problemstellungen der Stakeholder

Private Bauherren und Architekturbüros mit nachhaltigen Zielen wollen sich darauf verlassen können, dass sie den umweltfreundlichsten Beton verwenden. Allerdings ist eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsbeurteilung von Betonen mit viel Aufwand verbunden, da einfache Entscheidungsgrundlagen fehlen.

Minergie will mit dem Standard Minergie-ECO eine besonders gesunde und ökologische Bauweise garantieren (Minergie, 2018b). Dabei setzen sie grundsätzlich auf RC-Beton, insofern sich dieser in einem Radius von 25km befindet (Minergie, 2018a). Da die UBP von Beton von verschiedenen Parameter abhängen, garantiert diese Klausel nicht in jedem Fall die Verwendung des nachhaltigsten Betons.

Die Stadt Zürich hat eine Vorbildfunktion und will bis zum Jahr 2020 ihre Umweltziele erreichen, wobei eines die Verwendung von umweltschonenden Baumaterialien anstrebt (Stadt Zürich, 2016). Vorhandene Instrumente zur Nachhaltigkeitsbeurteilung fördern RC-Beton, ohne weitere Parameter miteinzubeziehen.

2.3 Ziele der Massnahmen

Die Ziele der Massnahmen wurden zur besseren Übersicht angelehnt an das Wirkungsmodell der Stiftung Mercator Schweiz formuliert (Stiftung Mercator Schweiz, 2016). Die «Outcomes» stellen die Ziele dar. Eine kurze Erklärung zu den Begrifflichkeiten befindet sich im Anhang A.

Zielgruppe sind primär Bauherren und Planer.

Das Wirkungsmodell ist in Abbildung 1 abgebildet. Dabei bezieht sich Outcome B-1 direkt auf die Massnahme «Concrete Coordinates», während sich B-1.1 und B-1.2 auf die Broschüre beziehen und die Grundlage für den Outcome B-1 schaffen.

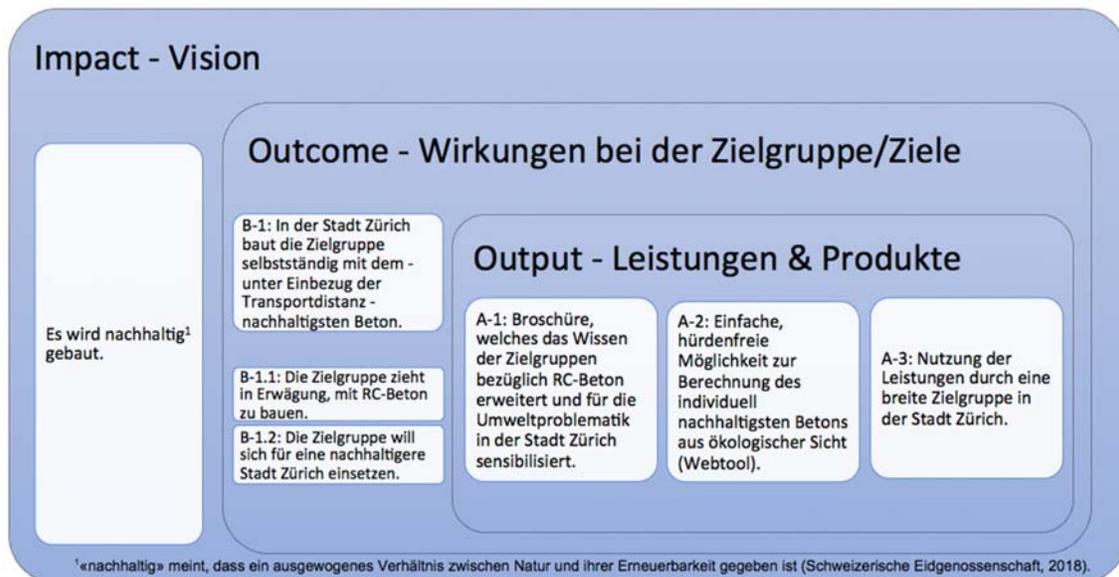


Abbildung 1: Wirkungsmodell

Die Problemstellungen der Stakeholder werden berücksichtigt, indem:

- **privaten Bauherren und Architekturbüros** eine niederschwellige Entscheidungsgrundlage zur Wahl des nachhaltigsten Betons haben.
- **Minergie** die Möglichkeit hat, ihre 25km-Klausel durch einen genauen Rechner zu ersetzen.
- **der Stadt Zürich** durch den Rechner eine Hilfestellung zum Erreichen ihrer Umweltziele im öffentlichen Bau zur Verfügung steht.

3 Stand der Entwicklung

Es gibt bereits Vergleiche mittels Webtools in diversen Variationen (Bsp. Flugtickets, Hotels). Auch in Bezug auf die ökologische Nachhaltigkeit existieren Rechner (Bsp. Betonsortenrechner, ökologische Fussabdrücke). Umweltrechner für Produkte, welche auch die Lieferung (Transportweg) miteinkalkulieren, gibt es momentan nicht. Aus diesem Grund ist es schwierig, aufgrund bestehender Produkte Rückschlüsse auf die Massnahme zu ziehen. Es steht jedoch fest, dass Umweltrechner und Vergleichsseiten weit verbreitete Instrumente sind.

4 Darstellung der Massnahme

4.1 Prototyp

4.1.1 Einbettung auf Website

Das Webtool «Concrete Coordinates» befindet sich auf der [Website](#) (Abbildung 2) der Organisation «Voll Concrete!» - eine fiktive Repräsentation der Projektgruppe. «Voll Concrete!» klärt auf der Website über seine zwei Projekte (Massnahmen) auf und plädiert für nachhaltiges Bauen in der Stadt Zürich. Die Website dient dazu, die beiden Massnahmen einzubetten.



Abbildung 2: Website

Bekannt gemacht wird die Website über die Broschüre und über die Zusammenarbeit mit Minergie (Kapitel 4.1.4).

4.1.2 Funktionsweise, Methodik & Datengrundlage

Das Webtool «Concrete Coordinates» addiert die UBP des Transportes zu den UBP aus der Produktion und Entsorgung der Betone und berechnet so den gesamthaft nachhaltigsten Beton.

Nachhaltigster Beton bestimmen:

Adresse: Rämistrasse 101, 8092 Zürich

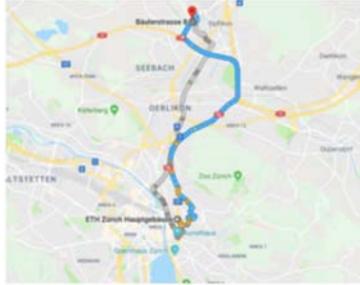
Nachhaltigster Beton:

Holcim Kies und Beton AG, Bäulerstrasse 8, 8152 Glattbrugg

Recyclingbeton NPK C XY

Entfernung: 9.3 km

UBP/m³: 220341



Rangliste:

1. Holcim Kies und Beton AG, Recyclingbeton NPK C XY, 9.3 km, 220341 UBP/m³
2. KIBAG Beton AG Regensdorf, Recyclingbeton NPK C XY, 11.5 km, 221604 UBP/m³
3. KIBAG Beton AG Wollishofen, Primärbeton NPK C XY, 4.3 km, 221828 UBP/m³

Abbildung 3: «Concrete Coordinates»

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, liefert das Programm eine Liste der nachhaltigsten Produzenten sowie eine Empfehlung für Primär- respektive RC-Beton.

Die gesamte UBP berechnet sich gemäss:

$$N_{km} \times UBP_T \times \rho + UBP_{P\&E} = UBP_{Gesamt}$$

N_{km} = Anzahl Kilometer für den Transport vom Betonwerk zum angegebenen Standort (aus Google Maps)

UBP_T = UBP aus dem Transport pro Kilometer und Kilogramm Beton (aus Transportwegrechner von treeze)

ρ = Dichte des Betons (aus Betonsortenrechner von treeze)

$UBP_{P\&E}$ = UBP aus der Produktion und Entsorgung pro Kubikmeter Beton (aus Betonsortenrechner treeze)

UBP_{Gesamt} = Gesamte UBP pro Kubikmeter Beton

Vergleichen lassen sich nur Betone desselben Anwendungsbereichs, da diese auf dieselben für einen bestimmten, gleichwertigen Nutzen erforderlichen Materialmengen basieren (KBOB, 2016a). Die funktionelle Einheit für die Nachhaltigkeitsbeurteilung ist daher 1m³ Beton desselben Anwendungsbereichs. Als Umweltindikator wurden die UBP gewählt, da diese ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen aufzeigen (KBOB, 2016b).

Als Datengrundlage für die $UBP_{P\&E}$ dient der «Betonsortenrechner für Planer», für die UBP_T der Transportwegrechner von «treeze». Die den Rechner zugrunde liegenden Ökobilanzen basieren auf der Methode der ökologischen Knappheit und sind auf die Umweltziele der Schweiz zugeschnitten (A. Grieder, P. Hubler, & M. Pöll, 2016). Dies ist adäquat, da die Massnahme die Umweltziele der Stadt Zürich zu unterstützen sucht. Die beiden Werte lassen sich addieren, da sie auf derselben Methode basieren und in den $UBP_{P\&E}$ der Transport ab der Fabrik zur Baustelle noch nicht enthalten ist (KBOB, 2016a).

Die Systemgrenzen der beiden Rechner wurden übernommen (Armin Grieder, Philipp Hubler, & Michael Pöll, 2016; KBOB, 2016a) und durch eigene, unten aufgeführte Einschränkungen ergänzt.

Das dem Rechner zugrundeliegende Programm ist ein Python-Skript (Anhang B).

4.1.3 Vereinfachungen des Prototyps

«Concrete Coordinates» beschränkt sich auf 30 Betonwerke im Kanton Zürich (Anhang B) und bietet Nachhaltigkeitsbeurteilungen für eine RC- und eine Primärbetonsorte des Anwendungsbereichs NPK C an. In dieser Klasse wird am meisten Beton verwendet (Hoffmann, 2018).

Die gewählten Betonsorten sind im Anhang beschrieben. Auch beim Transport werden Vereinfachungen gemacht: Der Prototyp funktioniert nur mit einer Lastwagengrösse und -auslastung (Anhang B).

4.1.4 Einbettung in den Minergie-ECO-Standard

Minergie-ECO schreibt im Vorgabenkatalog für Neubauten vor, dass Antragsteller RC-Beton verwenden müssen, insofern sich ein Betonwerk in einem Radius von 25km von der Baustelle befindet (Minergie, 2018a). Minergie ist sich der Umweltproblematik der Transporte bewusst, hat aber eine allgemeine Regelung verabschiedet. Gemäss Absprache mit Minergie gibt es Potential für Synergien (Lenel, 2018). Bei einer Weiterentwicklung des Prototyps könnte das Webtool in den Standard Minergie-ECO eingebaut werden und die «25km-Klausel» ersetzen.

Eine Zusammenarbeit mit Minergie ist zu befürworten, da die Stadt Zürich sowie mehrere Genossenschaften nach dem Standard Minergie-ECO-P bauen (Stadt Zürich, 2018a, 2018b). Dadurch kann eine breitere Zielgruppe erreicht werden, als bei der blossen Berufung auf die Umweltfreundlichkeit.

4.2 Umsetzung der Massnahme

4.2.1 Umsetzung durch Kunde

Konkret könnte die Umsetzung der Massnahme bei einer Weiterentwicklung wie folgt aussehen (fiktives Beispiel):

O. Wicky, Privatarchitektin, muss entscheiden, welchen Beton von welchem Standort bezogen werden soll. Durch die Broschüre von «Voll Concrete!» wird sie auf deren Webtool aufmerksam und realisiert, dass sie die Umwelt durch die Wahl des richtigen Betonwerks schonen kann. Sie besucht deshalb die Website von «Concrete Coordinates» und gibt beim Webtool den Standort ihres Projektes ein. Als Resultat bekommt sie eine Liste der nachhaltigsten Betonwerke sowie eine Empfehlung für Primär- respektive RC-Beton.

Analog könnten andere Stakeholder das Tool benutzen und sich bei ihrer Betonwahl beraten lassen.

4.2.2 Weiterentwicklung

Das Webtool bedarf einiger Weiterentwicklungen, bevor es aufgeschaltet wird:

Einerseits ist ein Tool mit zwei Betonsorten in seinem Gebrauch eingeschränkt. Das Tool soll eine Liste von mehreren benötigten Betonsorten erfassen können (Lenel, 2018). Dafür müssen alle Betonsorten in das Tool integriert und jeweils eine Primärbetonsorte mit einer äquivalenten RC-Betonsorte gekoppelt werden. Dies lässt sich verwirklichen, indem der Kunde anstelle einer vordefinierten Betonsorte selbst die gewünschten Parameter (Bsp. Anwendungsbereich, Zementart) oder gewünschten Eigenschaften (Bsp. Druckfestigkeit, Witterungsverhältnisse) eingeben kann.

Analog müssen alle Lastwagengrößen und -auslastungen sowie alle Hersteller in Zürich eingebaut werden.

Viele Betonwerke bieten gemäss S. Lenel (2018) nur RC-Beton an, wenn sie über genügend Recycling-Gesteinsmaterial verfügen. Die aktuelle Liefersituation soll im Tool abgebildet werden.

Andererseits wollen Baumeister das billigste, nicht das ökologischste Produkt kaufen. Das Tool muss den ökonomischen Aspekt, am besten durch eine Abwägung zwischen Umweltfreundlichkeit und Preis, gewichten. Hierzu kann man die UBP über einen wählbaren Gewichtungsfaktor in CHF umrechnen, zum Preis addieren und schliesslich den Gesamtpreis auflisten. Hierbei muss beachtet werden, dass die Preise in der Baubranche instabil sind (Van der Haegen, 2018).

In der finalen Version werden eigene Datenerhebungen gemacht. Die Rechner als Datengrundlage verfälschen das Ergebnis: Beispielsweise wird beim Transport der Ressourcen zum Betonwerk mit Durchschnittswerten gerechnet, während das Webtool beim Transport des Betons zu den Baustellen mit exakten Werten rechnet und bereits bei kleinen Transportdistanz-Differenzen einen anderen Beton empfiehlt.

Weitere Möglichkeiten sind eine Erweiterung des Tools auf die ganze Schweiz oder die Einbindung von weiteren Baustoffen (Hoffmann, 2018).

4.3 Kosten & Gewinne

Die Kosten für die Maintenance der Website betragen circa 350 CHF (für Webserver und Google Maps Lizenz) (Google Maps APIs, 2018; Wordpress, 2018).

Höhere Kosten fallen bei der Weiterentwicklung des Programms und der Datenerhebung für das Webtool sowie der anschliessenden Wirkungsanalyse an. Insbesondere die Datenerhebung bedarf eines hohen Arbeitsaufwands von Experten. Gemäss Van der Haegen (2018) sind viele Daten allerdings bereits vorhanden.

«Voll Concrete!» ist auf gemeinnützige Geldgeber (Bsp. Stiftungen, Fonds der Stadt) oder eine Finanzierung durch Partner (Bsp. Minergie, KBOB) angewiesen. Die Entwicklung der als Datengrundlage verwendeten Rechner von «treeze» wurden von der KBOB und dem Amt für Hochbauten der Stadt Zürich finanziert (Frischknecht, 2018). Die Stadt Zürich wird als potentieller Geldgeber für «Concrete Coordinates» eingeschätzt, da das Webtool auf die Ziele der Stadt Zürich zugeschnitten ist.

Gewinne fallen - neben den Einsparungen der durch Umweltbelastung verursachten externen Kosten - keine an, da das Tool zum freien Gebrauch zur Verfügung gestellt wird.

4.4 Prototypen-Test

C. Hoffmann vom Baustoffhersteller «Lafarge Holcim» und der Architekt M. Angst unterstützen die Massnahme. P. Noger von der Fachstelle Nachhaltiges Bauen Stadt Zürich ist neutral eingestellt, da für ihn vor allem die Landschaftsgewinnung das zentrale Argument in der Debatte um RC-Beton ist (Angst, 2018; Hoffmann, 2018; Noger, 2018).

Bei einer Umsetzung der Massnahme müssen neben der Zielgruppe noch folgende Stakeholder zustimmen, wobei keine Argumente gegen eine Kooperation sprechen:

- **Minergie** (Kapitel 4.1.4)
- **mögliche Geldgeber** (Kapitel 4.3)
- **Weitere Betonwerke** (für Datenerhebung)

5 Nachhaltigkeit der Massnahme

Die Nachhaltigkeit der Massnahmen wurde anhand einer vereinfachten Form der Nachhaltigkeitsbeurteilung (NHB) nach dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) und dem Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) durchgeführt. Im Anhang C befindet sich die ausführliche Nachhaltigkeitsbeurteilung mit den Quellen. Die NHB bezieht sich auf die kombinierte Wirkung beider Massnahmen.

Vor der NHB werden die Ziele der Massnahmen definiert und eine Relevanzanalyse durchgeführt. Es wurde folgendes Oberziel definiert: Die Massnahmen gewährleisten eine nachhaltigere Nutzung von Beton im Kanton Zürich. Darunter fallen der vermehrte Einsatz von RC-Beton und eine Minimierung der Transportwege von RC- und Primärbeton sowie die Verwendung des standortbezogen nachhaltigsten Betons.

Die Relevanz der Massnahmen zeigt sich anhand des Masterplan Umwelt der Stadt Zürich 2017–2020. Die Stadt Zürich strebt bis 2020 unter anderem die Reduktion der CO₂-Emissionen und des Rohstoffverbrauchs an. Die beiden Massnahmen helfen bei der Erfüllung dieser Ziele.

In der NHB wurden die Auswirkungen der Massnahmen auf die drei Aspekte der Nachhaltigkeit (Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt) untersucht. Es zeigt sich, dass sich die Massnahmen positiv auf alle drei Aspekte der Nachhaltigkeit auswirken, sei es indirekt durch die Reduktion von Lärmbelastungen oder direkt durch die Verbesserung des Verhältnisses von wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und Rohstoffverbrauch. Zusätzlich tragen die Massnahmen zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft sowie der Verringerung von Treibhausgasemissionen und der Schonung des Landschaftsbildes bei.

6 Massnahme in System

6.1 Wichtigste Annahmen und Vereinfachungen

Die Bedürfnisse der Stakeholder sind nicht direkt im Systembild abgebildet, sondern in den Variablen «Präferenz für Primärbeton» und «Präferenz für RC-Beton» enthalten. Diese beiden Variablen beschreiben die Tendenz der Stakeholder zur Nutzung der genannten Betone und vereinen unter anderem die Erfahrungen, die Vorurteile und der Wissensstand derselben.

Analog beinhaltet die Variable «Benötigter Deponieplatz» auch die dadurch erhöhte Bodenbelastungen durch Ablagerungsmaterial sowie die Störung des Landschaftsbildes und der Biodiversität.

6.2 Analyse

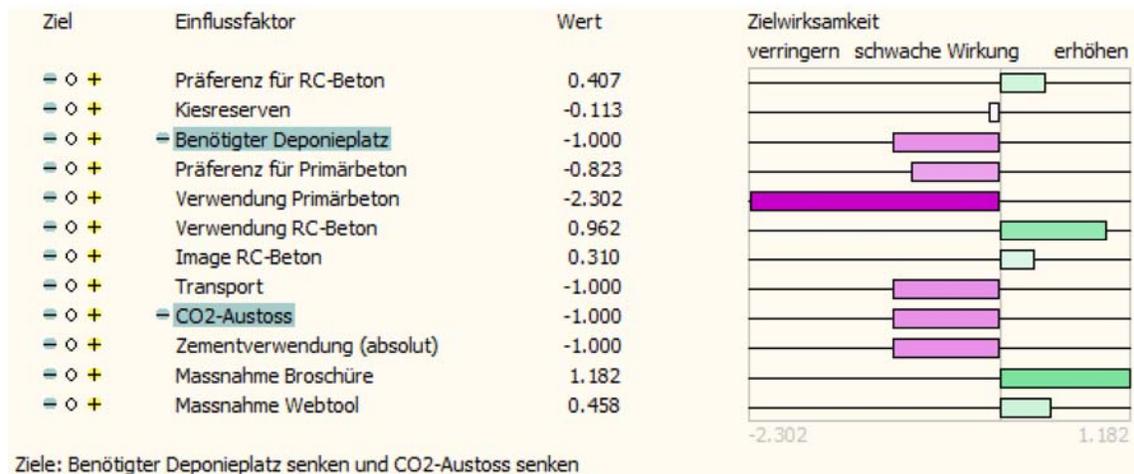


Abbildung 4: Zielwirksamkeit

In der Abbildung 4 ist die Zielwirksamkeit abgebildet. Das Hauptziel, die Gewährleistung einer nachhaltigeren Nutzung von Beton im Kanton Zürich, wird durch folgende Zielsetzung erreicht:

- Rückgang des benötigten Deponieplatzes
- Verringerung des CO₂-Ausstosses
- Schonung der Kiesreserven (da Kiesreserven nicht erneuerbar sind, bleiben sie im Idealfall auf gleichem Niveau)

Es ist ersichtlich, dass die Variable “Verwendung Primärbeton” den grössten negativen Einfluss auf die Ziele hat. Die Massnahmen beeinflussen idealerweise diese Variable. In der Praxis ist dies nicht direkt möglich, weshalb die Broschüre die Verwendung von Primärbeton indirekt beeinflusst, in dem sie das Image von RC-Beton erhöht.

Der CO₂-Ausstoss wird hauptsächlich durch den Transportweg und die Zementverwendung beeinflusst. Das Erstgenannte wird durch das Webtool verringert. Da das Webtool auf die Verwendung des nachhaltigsten Betons ausgerichtet ist, führt es zu kürzeren Transportwegen. Die Zementverwendung kann nicht verringert werden, ohne die Eigenschaften des Betons zu verändern (Andersen et al., 2017).

Aus den Abbildungen 5 und 6 kann anhand des Veränderungsdrucks bestätigt werden, dass die Massnahmen die Ziele positiv beeinflussen.

Die Broschüre hat folgende signifikante Veränderungen zufolge:

- Verringerung des benötigten Deponieplatzes
- Steigerung des Images von RC Beton
- Promotion des Webtools

Das Webtool bewirkt folgendes:

- Verringerung der Transportwege
- Verringerung des CO₂-Ausstosses

Die schwindenden Kiesressourcen konnten nicht direkt beeinflusst werden.

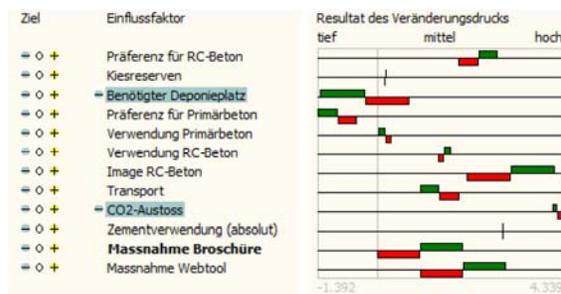


Abbildung 5: Veränderungsdruck Broschüre

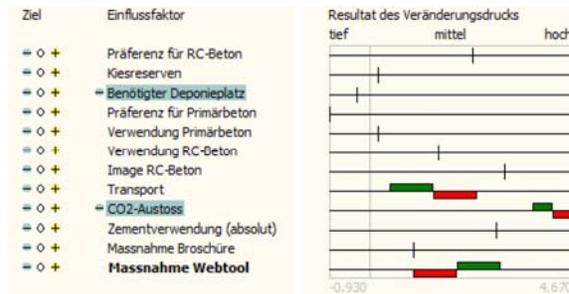


Abbildung 6: Veränderungsdruck Webtool

7 Weiteres Vorgehen

Auf den zeitlichen Aspekt wird nicht eingegangen, da die Massnahme nicht bis zu einer gewissen Deadline umgesetzt werden muss. Die entstandenen Kosten und deren Finanzierung werden in Kapitel 4.3 erläutert.

Erster Schritt ist die Entscheidung, ob eine Zusammenarbeit mit Minergie respektive einem anderen Partner, der das Programm in ein Planungstool integrieren kann, anzustreben ist. Mit Minergie und LafargeHolcim ist «Voll Concrete!» bereits im Gespräch.

Bei einer Weiterführung werden mit den Partnern Ziele, ein Projekt-Zeitplan sowie Zuständigkeiten definiert. Danach wird ein Budget aufgestellt und Finanzierungsgesuche geschrieben. Ist die Finanzierung sichergestellt, kann mit der Realisierung der Massnahme begonnen werden.

Im Vordergrund steht die Ergänzung der Datenbank des Tools. Zusätzlich werden in Zusammenarbeit mit den Stakeholdern und Partnern aus den möglichen Weiterentwicklungen die wichtigsten ausgewählt, ausgefeilt und umgesetzt. Die Datenerhebung wird von einem professionellen Partner übernommen.

Programmtechnisch wird das Python-Skript gemäss den Anpassungen überarbeitet.

Fundamental bei der Umsetzung der Massnahme ist eine regelmässige Standortbestimmung und Evaluation. Ist das Produkt fertiggestellt, wird mit der Werbekampagne (Broschüre) gestartet. Nach einem Jahr wird eine umfassende Wirkungsanalyse durchgeführt.

Folgende Fragen sind noch zu klären:

- Ist eine solch umfassende Datenerhebung realistisch?
- Besitzt jede Primärbetonsorte eine äquivalente RC-Betonsorte, mit der sie verglichen werden kann?
- Gibt es bereits einen Ansatz, welcher UBP in CHF umrechnet und ebenfalls auf der Methode der ökologischen Knappheit beruht?

8 Fazit

Durch die Nachhaltigkeitsanalyse hat sich gezeigt, dass das Webtool «Concrete Coordinates» durchaus zu einer grüneren Stadt Zürich beiträgt. Dies wird durch das Ziel der Massnahme, die UBP gesamthaft zu reduzieren, bekräftigt. Auch die Systemwirksamkeit ist gegeben: Langfristig führt das Webtool zu einer nachhaltigeren Bauweise, da es durch kürzere Transportwege den CO₂-Ausstoss verringert. Die Transportwege machen allerdings nur einen Teil der gesamten Umweltbelastungen durch das Baugewerbe aus. Bezogen auf die Vision von «Voll Concrete!», die ein nachhaltiges Baugewerbe anstrebt, ist «Concrete Coordinates» eines von vielen kleinen Schritten.

In Hinblick auf die Kosten-Nutzen-Analyse ist das Webtool noch nicht ausgefeilt. Es setzt eine umfassende Datenerhebung voraus, deren Aufwand gross ist. Da bereits viele Daten vorhanden sind und der Nutzen der Massnahme über die eingesparten UBP hinauswächst, ist eine Umsetzung dennoch in Betracht zu ziehen.

Referenzen

- Andersen, D., Linley, R., Porfido, P., Rossi Orts, P., Stahl, A., & Zehnder, L. (2017). *Häuser aus Häusern bauen - Teilanalyse - Technische Situation*.
- Angst, M. (2018, 09.05.2018). Pretest der Prototypen [persönliche Mitteilung].
- Bundesamt für Statistik. (2003, 12.05.2018). Monitoring der Nachhaltigen Entwicklung.
- Bundesamt für Statistik. (2018a, Herbst 2017). Alle Indikatoren nach Themen. Zugriff am 12.05. Abgerufen von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet/alle-nach-themen.html>.
- Bundesamt für Statistik. (2018b). MONET - Material-Fussabdruck. Zugriff am 30.05. Abgerufen von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet/alle-nach-themen/produktion-konsum/material-fussabdruck.html>.
- Bundesamt für Statistik. (2018c). MONET – Treibhausgasemissionen. Zugriff am 26.05. Abgerufen von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet/alle-nach-themen/energie-klima/treibhausgasemissionen.html>.
- Eberhard Unternehmungen. (2017). Einführung ETH RC Teilanalyse Technik.
- Frischknecht, R. (2018, 17.05). Email zu Finanzierung der Rechner [persönliche Mitteilung].
- Google Maps APIs. (2018). Preise und Nutzungsmodelle. Zugriff am 10.05. Abgerufen von <https://developers.google.com/maps/pricing-and-plans/?hl=de>.
- Grieder, A., Hubler, P., & Pöll, M. (2016). Betonrechner.
- Grieder, A., Hubler, P., & Pöll, M. (2016). *Hintergrundbericht Betonrechner*. Abgerufen von: http://treeze.ch/fileadmin/user_upload/images/Projects/building_and_construction/551-Hintergrundbericht_Betonrechner_v1.0.pdf
- Hoffmann, C. (2018, 30.04.2018). Pretest der Prototypen [persönliche Mitteilung].
- Kaufmann, A., Maier, A., Scheiwiller, M., Strini, L., & Wiklund, K. (2017). Teilanalyse Stoffflussanalyse und Ökobilanz Gruppe 2.
- KBOB. (2016a). Empfehlung Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1. Abgerufen von https://www.kbob.admin.ch/dam/kbob/de/dokumente/Publikationen/Nachhaltiges%20Bauen/Archiv_2005-2009/Empfehlung_Oekobilanzdaten_Baubereich_2009_1_2016.pdf.download.pdf/Empfehlung_Oekobilanzdaten_im_Baubereich_2009_1_2016.pdf
- KBOB. (2016b). *Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1*.
- Knoeri, C., Sanye-Mengual, E., & Althaus, H.-J. (2013). Comparative LCA of recycled and conventional concrete for structural applications. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(5), 909-918. doi:10.1007/s11367-012-0544-2
- Knoeri, C., Sanye-Mengual, E., & Althaus, H. J. (2013). Comparative LCA of recycled and conventional concrete for structural applications. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(5), 909-918. doi:10.1007/s11367-012-0544-2
- Lenel, S. (2018). Email zu Zusammenarbeit mit Minergie.
- Minergie. (2018a). Vorgabenkatalog und Umsetzungshinweise für Neubauten. Abgerufen von https://www.minergie.ch/media/180125_vorgabenkatalog_de_neubauten_2018_v1.4.pdf
- Minergie. (2018b). Zusatzprodukte. Zugriff am 12.05. Abgerufen von <https://www.minergie.ch/zusatzprodukte>.
- Noger, P. (2018). Pretest der Prototypen.
- Ochsenbein, G., Wachter, Daniel, Von Stokar Thomas, & Steinemann, M. (2004, 12.05.2018). Nachhaltigkeitsbeurteilung. Abgerufen von <https://www.are.admin.ch/are/de/home/nachhaltige-entwicklung/evaluation-und-daten/nachhaltigkeitsbeurteilung/nachhaltigkeitsbeurteilung-beim-bund.html>
- Stadt Zürich. (2016, 12.05.2018). Masterplan Umwelt der Stadt Zürich 2017-2020. Abgerufen von https://www.stadt-zuerich.ch/epaper/GUD/UGZ/Masterplan_Umwelt_2017_2020_output/web/html5/index.html?&locale=DEU

- Stadt Zürich. (2018a). *Mehr als Wohnen*. Abgerufen von https://www.stadt-zuerich.ch/content/gud/de/index/umwelt_energie/2000-watt-gesellschaft/stadt-handelt/siedlung/mehr-als-wohnen.html
- Stadt Zürich. (2018b). mehr als wohnen. Zugriff am 30.05. Abgerufen von https://www.stadt-zuerich.ch/hbd/de/index/entwicklungsgebiete/leutschenbach/projekte_realisiert/Mehr%20als%20Wohnen.html.
- Stiftung Mercator Schweiz. (2016). Leitfaden Wirkungsmodell. Abgerufen von https://www.stiftung-mercator.ch/fileadmin/documents/Dokumente/Wirkungsmodell_Leitfaden.pdf
- Van der Haegen, P. (2017, 21.09.2017). Einführungsvorlesung zu UPL [persönliche Mitteilung].
- Van der Haegen, P. (2018). Massnahmenmarkt.
- Wordpress. (2018). Erstellen wir eine Website. Zugriff am 10.04. Abgerufen von <https://wordpress.com/start/about/de>.

Anhang

A. Kurze Erläuterung zum Wirkungsmodell der Stiftung Mercator Schweiz

Der folgende Abschnitt ist auf den «Leitfaden zum Wirkungsmodell» der Stiftung Mercator Schweiz gestützt (Stiftung Mercator Schweiz, 2016).

In dieser Arbeit wurde nur einige Aspekte des Wirkungsmodells übernommen und angepasst, namentlich für die Zielformulierung.

Nachfolgend werden die verwendeten Begrifflichkeiten erklärt. Bei den Outputs handelt es sich um Voraussetzungen, um die angestrebten Outcomes bei den Zielgruppen zu erreichen. Diese wiederum tragen zum Erreichen der übergeordneten Wirkung, des Impacts bei.

- **Outputs (Leistungen und Produkte):**
Zu den Outputs gehören die Leistungen und Produkte eines Projekts. Dies umfasst, was aus einer Aktivität resultiert beziehungsweise was das Projekt der Zielgruppe anbietet. Darunter fallen Leistungen und Produkte, die der Zielgruppe zur Verfügung gestellt werden sowie deren Nutzung durch die Zielgruppe und die Zufriedenheit der Teilnehmenden.
- **Outcomes (Wirkungen bei den Zielgruppen/Ziele):**
Outcomes sind die Wirkungen des Projekts auf Ebene der Zielgruppen. Sie verdeutlichen, welche positiven Veränderungen das Projekt bei den Teilnehmenden bewirken will. Dies kann beispielsweise eine Veränderung auf Ebene des Wissens oder des Verhaltens sein.
- **Impact (Vision):**
Der Impact umfasst Wirkungen, die über die eigentliche Zielgruppe hinausgehen und übergeordnet auf die Gesellschaft oder Teile von ihr einen Einfluss haben. Dies können beispielsweise Veränderungen auf gesellschaftlicher beziehungsweise systemischer Ebene sein.

B. Details Prototyp «Concrete Coordinates»

Gewählte Betonsorten, Lastwagengrösse und -auslastung

Der Rechner arbeitet momentan nur mit zwei Betonsorten und einer Lastwagengrösse und -auslastung.

Die gewählten Betonsorten sind:

- **Primärbeton:**
Zusammensetzung: 100% natürliche Gesteinskörnung
Zementtyp: CEM II/CH-Mix
Anwendungsbereich: NPK C
Zusatzstoffe, Wasseranteil usw.: Durchschnittswerte aus Betonsortenrechner
- **RC-Beton:**
Zusammensetzung: 70% natürliche Gesteinskörnung, 30% Betongranulat

Zementtyp: CEM II/CH-Mix
 Anwendungsbereich: NPK C
 Zusatzstoffe, Wasseranteil usw.: Durchschnittswerte aus Betonsortenrechner

Mischgranulat wurde vernachlässigt, da dieser hauptsächlich in der Anwendungsklasse NPK A (Innenbereich) angewendet wird (Hoffmann, 2018).

Bezüglich der Berechnung der UBP_T wurden ebenfalls Vereinfachungen getroffen und lediglich mit folgenden Werten gerechnet:

- Lastwagen-Grösse: 16-32 t
- Auslastung des Lastwagens: 5.8t

Die Ergebnisse aus dem Tool fallen anders aus, wenn die Zusammensetzung der Betonarten oder die Lastwagengrösse und -auslastung anders gewählt wird.

Die Auswirkungen der Zementart und des Betongranulat-Anteils auf die $UBP_{P\&E}$ sind in Grafik 7 dargestellt, die Auswirkungen der Lastwagengrösse und -auslastung auf die UBP_T in Grafik 8.

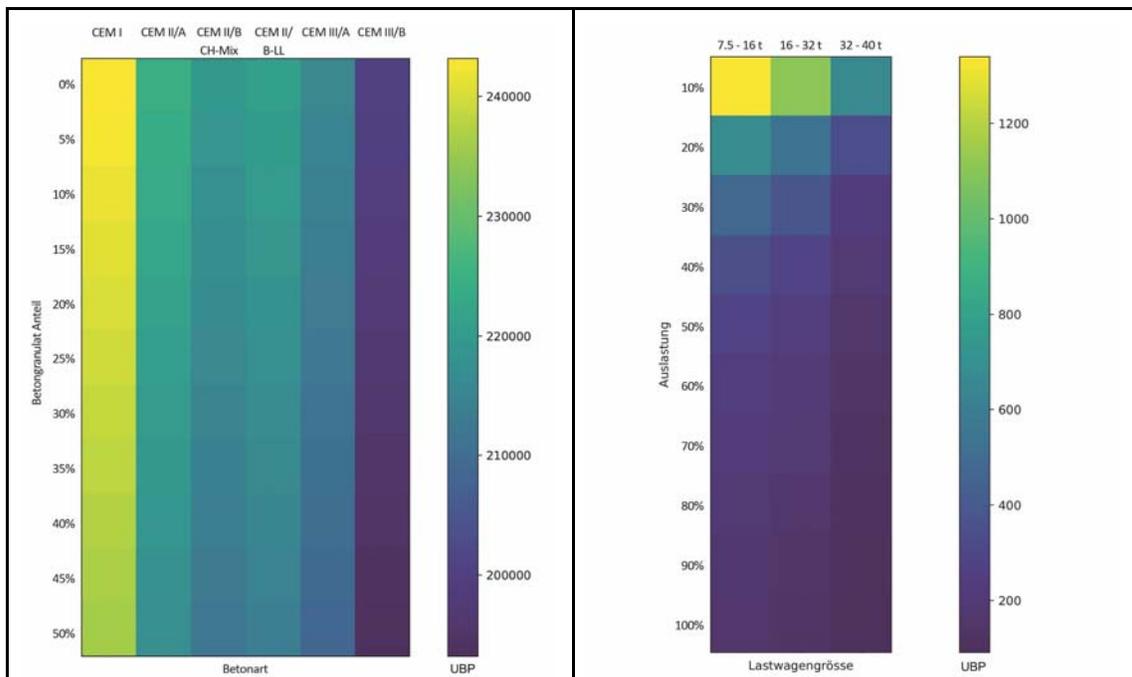


Abbildung 7 UBP Betongranulat-Anteil und Zement

Abbildung 8 Lastwagengrösse und -auslastung

- Die UBP nehmen von CEM I zu CEM III/B stetig zu. Bei der gewählten Zementart von CEM II/B CH-Mix muss also bei niedriger bezifferten Zementarten mit mehr UBP , bei höheren mit weniger UBP gerechnet werden.

- Bei zunehmender Auslastung nehmen die UBP ab, wobei die Abnahme logarithmisch ist. Ausgehend von der gewählten Auslastung von 48% muss bei kleineren Auslastungen mehr

<ul style="list-style-type: none"> Die UBP nehmen mit zunehmendem Betongranulat-Anteil ab. Somit macht es grundsätzlich Sinn, RC-Beton zu verwenden. Der Zementanteil ist bezüglich der UBP weitaus von grösserer Bedeutung, als der Betongranulat-Anteil. 	<p>UBP gerechnet werden, bei einer grösseren mit weniger.</p> <ul style="list-style-type: none"> Je grösser der Lastwagen, desto kleiner die UBP. Am nachhaltigsten ist ein voll ausgelasteter, möglichst grosser Lastwagen.
--	--

Betonwerke

Hersteller	Adresse	Betonart	UBP/m ³	Dichte
Beton AG Etzel+Linth	Industriestrasse 3, 8808 Freienbach	Primär	219332	2330
Beton AG Etzel+Linth	Allmeindstrasse 5, 8730 Uznach	Primär	219332	2330
Beton Willikon AG	Willikon 46, 8618 Oetwil am See	RC	215012	2300
Eberhard Bau AG	Breitloostrasse 7, 8154 Oberglatt	Primär	219332	2330
Eberhard Bau AG Ebirec	Oberglattestrasse 17, 8153 Rümlang	RC	215012	2300
Ernst Schütz Kies + Beton AG	Allmendstrasse 49, 8320 Fehraltorf	Primär	219332	2330
Hastag (Zürich) AG	Hardstrasse 31, 8604 Volketswil	RC	215012	2300
Holcim Kies und Beton AG	Bäulerstrasse 8, 8152 Glattbrugg	RC	215012	2300
Holcim Kies und Beton AG	Bahnhofstrasse, 8194 Hüntwangen	Primär	219332	2330
KIBAG AG	Rütistrasse 21, 8952 Schlieren	Primär	219332	2330
KIBAG Beton AG	Bellerivestrasse 308, 8008 Zürich	Primär	219332	2330
KIBAG Beton AG Adliswil	Soodring 15 8134 Adliswil	Primär	219332	2330
KIBAG Beton AG Bassersdorf	Zürichstrasse 45, 8303 Bassersdorf	Primär	219332	2330
KIBAG Beton AG Mineralisches Recycling Effretikon	Vogelsangstrasse, 8307 Effretikon	RC	215012	2300
KIBAG Beton AG Regensdorf	Moosackerstrasse 65, 8105 Regensdorf	RC	215012	2300
KIBAG Beton AG Stadel	Witschgenächer, 8175 Windlach	Primär	219332	2330
KIBAG Beton AG Wollishofen	Mythenquai 383, 8038 Zürich	Primär	219332	2330
Kies AG Glattfelden	Eichstrasse 33, 8604 Volketswil	Primär	219332	2330
Kies- & Betonwerk Frei AG	Werkhofstrasse 6, 8451 Kleinandelfingen	RC	215012	2300
Richi AG	Im Riesentobel, 8104 Weiningen	RC	215012	2300
Schneider Beton AG	Seuzachstrasse 108, 8412 Riet (Neftenbach)	Primär	219332	2330
Toggenburger Zürich AG	Hagenholzstrasse 121, 8050 Zürich	Primär	219332	2330
Toggenburger Zürich AG	Aarütistrasse 52, 8192 Glattfelden	RC	219332	2330
Toggenburger Zürich AG	Steinacker 620, 8460 Marthalen	Primär	219332	2330
Toggenburger Zürich AG	Kieswerkstrasse 8, 8355 Aadorf	Primär	219332	2330
Toggenburger Zürich AG	Tösstalstrasse 306, 8405 Winterthur	Primär	219332	2330
Toggenburger Zürich AG	Kieswerk Toggenburger AG, 8196 Wil	Primär	219332	2330
Toggenburger Zürich AG	Wehntalerstrasse 7, 8162 Steinmaur	Primär	219332	2330
Trüb Trachselau AG	Einsiedlerstrasse 499, Horgen	RC	215012	2300

C. Nachhaltigkeitsbeurteilung der Massnahmen

Die Nachhaltigkeit der Massnahmen wurde anhand einer vereinfachten Form der Nachhaltigkeitsbeurteilung nach dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) und dem Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) durchgeführt (Ochsenbein, Von Stokar Thomas, & Steinemann, 2004).

Ziel

Das kombinierte Massnahmen-Set von Broschüre und Website mit Webtool gewährleistet eine nachhaltige Nutzung von Beton im Kanton Zürich. Die Zielgruppe sind Bauherren, Planer und entfernter auch Bauingenieure. Die Hauptziele sind, dass Stakeholder aufgrund der Broschüre vermehrt Recyclingbeton anstatt Primärbeton verwenden und durch die Verwendung des Webtools die Transportwege und damit Umweltbelastungen wie CO₂-Emissionen insgesamt verringert werden.

Da die beiden Massnahmen eng miteinander verknüpft sind, wird eine kombinierte Nachhaltigkeitsbeurteilung (NHB) gemacht.

Relevanz

Die Stadt Zürich definiert in ihrem Masterplan Umwelt der Stadt Zürich 2017–2020 unter anderen die folgenden langfristigen Umweltziele (Stadt Zürich, 2016):

- Reduktion grauer Energie und grauer CO₂- und Treibhausgasemissionen
- Reduktion Rohstoffverbrauch

Die beiden Massnahmen unterstützen diese Ziele direkt und sind daher relevant innerhalb der gesetzten Systemgrenzen.

Analyse

Systemgrenzen

Die Analyse wird erst nach der Implementierung der Massnahmen gemacht, da die effektive Wirkung im Voraus schwer abschätzbar ist. Geeignete Zeitpunkte sind beispielsweise ein Halbjahr nach der Implementierung oder nach einer längeren Zeitspanne (ca. 3 Jahre). Der Vorteil der frühen Analyse ist, dass früh erkannt werden kann, ob die Massnahmen in diesem Format überhaupt Sinn machen und eine Wirkung zeigen, während die spätere Analyse besser die Verbreitung der Massnahmen, beziehungsweise die effektiven Auswirkungen aufzeigen kann.

Als räumliche Grenzen dienen die Kantonsgrenzen des Kantons Zürich, da für die Massnahmen nur Werkstandorte und Informationen bezogen auf den Kanton Zürich berücksichtigt wurden.

Zusätzlich beschränkt sich der Prototyp der Massnahme lediglich auf eine RC-Betonsorte und eine Primärbetonsorte der Anwendungsklasse NPK C.

Nachhaltigkeitsziele

Die Nachhaltigkeitsprinzipien nach dem MONET - Monitoring der nachhaltigen Entwicklung - des Bundesamtes für Statistik (BFS) bilden die Grundlagen für die Indikatoren zur Beurteilung der nachhaltigen Entwicklung der Schweiz (Bundesamt für Statistik, 2003). Jeder Indikator muss mindestens auf ein Prinzip bezogen sein. Die Prinzipien werden in folgende drei Zieldimensionen eingeteilt: gesellschaftliche Solidarität, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und ökologische Verantwortung.

Für die NHB wurden die von den Massnahmen beeinflussten Prinzipien und Indikatoren analysiert. Die Prinzipien, auf die sich die Indikatoren beziehen, stehen hinter den Indikatoren in Klammern.

Gesellschaft:

Weder die Broschüre noch das Webtool tragen direkt zur Förderung der gesellschaftlichen Solidarität bei. Allerdings beeinflussen sie über die verbesserten Umweltbedingungen passiv die Lebensqualität der Gesellschaft.

Indikatoren:

- **+ Lebenserwartung in guter Gesundheit** (2b, 10a): Kürzere Transportwege minimieren Lärmbelastungen, was sich positiv auf die menschliche Gesundheit (z.B. Schlafstörungen, Konzentrationsbeschwerden) auswirkt.

- **+ Wahrnehmung der Wohnumgebung** (3b): Durch die kürzeren Streckenlängen die Lastwagen zurücklegen geht auch die Anzahl Personen zurück, die von den Lärmemissionen der Lastwagen betroffen sind und die Wohnumgebung wird als ruhiger wahrgenommen.

Wirtschaft:

Eine Nutzung des anfallenden Bauschutts wirkt sich positiv auf die Wirtschaft aus. Durch die Verwendung dieser günstigen, einfach zugänglichen Sekundär-Ressourcen können die teureren, knapper werdenden Primär-Ressourcen ergänzt werden.

Indikatoren:

- **- Materialintensität** (10a, 12a, 15a, 16a, 16b): Dieser Indikator stellt das Verhältnis von inländischem Rohstoffverbrauch und Bruttoinlandsprodukt dar. *“Die Herausforderung besteht darin, die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit zu erhalten oder zu steigern und gleichzeitig den Materialverbrauch zu senken (Prinzipien 10a und 12a)” (Bundesamt für Statistik, 2018a)*
Idealerweise sind wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und Materialverbrauch absolut entkoppelt. Das heisst, dass die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit steigt, während der Materialverbrauch sinkt. Weil RC-Beton günstiger ist als Primärbeton ergibt sich bei Baustoffrecycling eine Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit bei sinkendem Materialverbrauch. Somit sinkt die Materialintensität bei erhöhtem Gebrauch von RC-Beton.
- **+ Anteil Investitionen am Bruttoinlandsprodukt** (10a): Durch die Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit durch die Förderung von Baustoffrecycling werden Investitionen in das Recyclinggewerbe attraktiv und lohnend. Dadurch steigt der Anteil von Investitionen am Bruttoinlandsprodukt.

Umwelt:

Durch Kiesgruben werden Flächen für Ökosystemdienste wie Wasser- und Luftaufbereitung unbrauchbar. Die Wiederverwertung von Baustoffen schont diese Flächen und trägt zusätzlich zu einem schöneren Landschaftsbild bei.

Weiter ist der Austoss von CO₂ ein ernst zunehmendes Umweltproblem, da CO₂ mit einem Anteil von über 80% relativ zu anderen Treibhausgasen am stärksten zur Klimaerwärmung beiträgt (Bundesamt für Statistik, 2018c). Die Verkürzung von Transportdistanzen führt zu geringeren CO₂-Emissionen und trägt deshalb dazu bei, dass der Zielwert des CO₂-Gesetzes für 2020 (48,6 Mio. Tonnen/Jahr) erreicht werden kann.

Indikatoren:

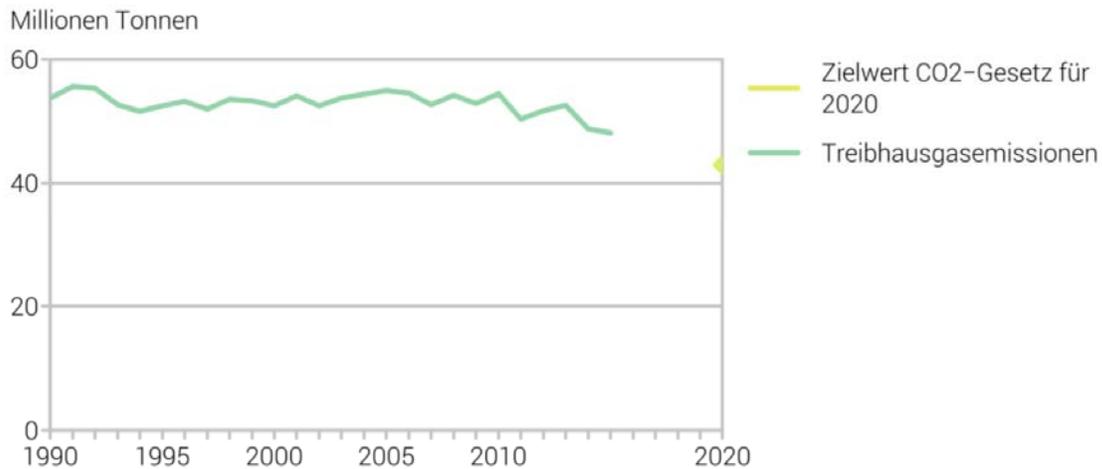
- **+ Ackerland** (2a, 15a, 16b, 20): Seit 1979 ist das Ackerland in der Schweiz um eine Fläche von der Grösse des Kantons Schaffhausen zurückgegangen. Dafür verantwortlich ist vor allem die Zunahme der Siedlungsfläche. Auch der Abbau und die Lagerung von Stoffen in Gebieten mit Ackerland vermindert die Ackerlandflächen. Ackerland ist eine nicht erneuerbare Ressource. Der Druck auf diese Flächen lässt sich durch weniger Deponien und weniger Kiesabbau verringern.
- **- Material-Fussabdruck** (12a, 14a, 15a, 16a, 16b): Der Material-Fussabdruck repräsentiert den jährlichen inländischen Rohstoffverbrauch. Durchschnittlich 41% des gesamten Fussabdrucks belaufen sich auf nichtmetallische Mineralien (Sand, Kies usw.) (Bundesamt für Statistik, 2018b). Dadurch wird ersichtlich, dass eine Reduktion des

primären Ressourcenverbrauchs Kies durch die Förderung einer Kreislaufwirtschaft einen grossen Einfluss auf diesen Indikator hat.

- – **Treibhausgasemissionen** (17a, 18c, 19): Die Verkürzung von Transportwegen hat einen signifikanten Einfluss auf die CO₂-Emissionen und hilft so bei der Verringerung der Treibhausgasemissionen und der Erreichung der CO₂-Ziele für 2020 (Bundesamt für Statistik, 2018c).

Treibhausgasemissionen

CO₂-Äquivalente ohne Senkenleistungen des Waldes und Emissionsminderungszertifikate



Quelle: BAFU – Treibhausgasinventar

© BFS 2017

Ergebnis

Anhand der oben durchgeführten Analyse lässt sich erkennen, dass sowohl die Broschüre, wie auch das Webtool die Indikatoren in die von MONET gewünschten Richtungen beeinflussen. Es wird auch veranschaulicht, dass nicht nur die ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit, sondern auch die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aspekte verbessert werden.

Postulate

Prinzipien zur gesellschaftlichen Solidarität

Allgemeiner Grundsatz	1a	Gewährleistung der Menschenrechte	Jedes Mitglied der Gesellschaft hat das Recht auf ein menschenwürdiges Leben und auf die freie Entfaltung der Persönlichkeit. Demokratie, Rechtssicherheit und kulturelle Vielfalt sind gewährleistet.
	1b	Grenzen der individuellen Freiheit	Die individuellen Entfaltungsmöglichkeiten haben ihre Grenzen dort, wo die Menschenwürde gleichzeitig lebender Individuen oder künftiger Generationen beeinträchtigt wird.
Objektive Lebensbedingungen	2a	Bedürfnisdeckung	Die Deckung der Grundbedürfnisse aller Individuen ist langfristig sicherzustellen. Zur Deckung der darüber hinaus gehenden materiellen und immateriellen Bedürfnisse soll den Individuen ein angemessener Spielraum eingeräumt werden.
	2b	Gesundheitsförderung	Die Gesundheit des Menschen soll geschützt und gefördert werden.
	2c	Armutsbekämpfung	Ein menschenwürdiges Leben ist frei von Armut. Bedürftige Mitglieder der Gesellschaft sollen Solidaritätsleistungen erhalten.
Subjektive Lebensbedingungen	3a	Zufriedenheit und Glück	Die Möglichkeiten für gegenwärtige und künftige Generationen, Lebenszufriedenheit und Glück zu finden, sollen erhalten und gefördert werden.
	3b	Wohlbefinden berücksichtigende Entwicklung	Der sozioökonomische Wandel und die Veränderungen der Umwelt dürfen nicht auf Kosten des physischen und psychischen Wohlbefindens des Individuums gehen.
Verteilungsgerechtigkeit, Chancengleichheit	4a	Diskriminierungsverbot	Niemand darf aufgrund äusserer oder innerer Eigenschaften diskriminiert werden.
	4b	Chancengleichheit und Verteilungsgerechtigkeit	Jedes Mitglied der Gesellschaft soll dieselben Rechte und Chancen haben. Ein gerechter Zugang zu Ressourcen und deren gerechte Verteilung ist anzustreben.
	4c	Integration Benachteiligter	Die Integration benachteiligter Bevölkerungsgruppen und Regionen ins wirtschaftliche, soziale, kulturelle und politische Leben soll gefördert werden.
Sozialer Zusammenhalt	5a	Interkulturelle und personelle Verständigung	In Anerkennung der Tatsache, dass die Funktionstüchtigkeit und Überlebensfähigkeit der Gesellschaft wesentlich im solidarischen Handeln ihrer Mitglieder gründen, sollen der Austausch und die Verständigung zwischen Einzelnen, Gruppen und Menschen verschiedenen Alters gefördert werden.
	5b	Soziale und politische Partizipation	Die soziale und politische Partizipation soll gefördert werden.
Internationale Solidarität	6a	Entwicklungszusammenarbeit	Eine weltweit gerechte Entwicklung soll gefördert werden. Dies beinhaltet den Abbau von Ungleichheiten auf globaler Ebene. Zentral sind die Armutsbekämpfung und die Unterstützung der benachteiligten Länder, Regionen und Bevölkerungsgruppen.
	6b	Friedens- und Demokratieförderung	Das friedliche Zusammenleben der Völker und Nationen, die Achtung der Menschenrechte und demokratische Staatsstrukturen sollen gefördert werden.
	6c	Multilaterale Politik	Die multilaterale Politik soll den Erhalt der natürlichen Ressourcen und die Einhaltung der Menschenrechte fördern.
Humankapital	7a	Entwicklung des Humankapitals	Das kollektive Wissen und das soziokulturelle Erbe sollen vermehrt, zwischen Bevölkerungsgruppen ausgetauscht und für künftige Generationen erhalten werden.
	7b	Informations- und Meinungsfreiheit	Informationen sollen ungehindert fließen. Freie Meinungsbildung und Meinungsäusserung sind zu gewährleisten.
	7c	Förderung der Lernfähigkeit	Die Fähigkeit, Informationen differenziert aufzunehmen und zudeuten, soll gefördert werden.
	7d	Kindergerechtes Umfeld	Kinder und Jugendliche sollen in einem offenen, motivierenden und zukunftsgerichteten Umfeld leben können.

Prinzipien zur wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit

Allgemeiner Grundsatz	8	Wirtschaftsordnung im Dienste des Gemeinwohls	Wirtschaftliches Handeln soll individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse effektiv und effizient befriedigen. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind so zu gestalten, dass sie die persönliche Initiative fördern und dabei das Eigeninteresse in den Dienst des Wohlergehens derzeitiger und künftiger Bevölkerung stellen.
Wirtschaftssystem	9a	Markt als Wirtschaftsordnung	Die Güterallokation soll grundsätzlich auf freien Märkten erfolgen. Bei Marktversagen oder bei Gütern mit überwiegend öffentlichem Interesse (meritorischen Gütern) sind Eingriffe in den freien Markt gerechtfertigt.
	9b	Kostenwahrheit und Verursacherprinzip	Die Preise sollen die Knappheit der natürlichen Ressourcen und Senken widerspiegeln sowie die externen Kosten enthalten. Das Verursacherprinzip soll konsequent angewendet werden.
	9c	Systemkonforme Markteingriffe	Bei Eingriffen ins Marktgeschehen sollen in erster Linie marktwirtschaftliche Instrumente eingesetzt werden.
Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit	10a	Förderung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit	Die ökonomische Leistungsfähigkeit einer Gesellschaft muss über die Zeit zumindest erhalten werden. Ein effizienter Einsatz der natürlichen Ressourcen, sowie eine zukunftsgerichtete Wirtschaftsstruktur sollen gefördert werden.
	10b	Innovations- und wettbewerbsfreundliche Wirtschaftsordnung	Die Rahmenbedingungen des marktwirtschaftlichen Systems sollen so gestaltet werden, dass Innovationen und Wissenstransfer angeregt und funktionsfähige Märkte aufrechterhalten beziehungsweise verbessert werden. Die Wettbewerbsfähigkeit und die Standortqualität sollen erhalten und gefördert werden.
	10c	Forschungsförderung	Forschung und Entwicklung, welche die Nachhaltige Entwicklung unterstützen, sollen gefördert werden.
	10d	Langfristige Ausrichtung der öffentlichen Finanzen	Der gegenwärtige Umgang mit den öffentlichen Finanzen darf die individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisdeckung künftiger Generationen nicht gefährden.
	10e	Erhaltung des produzierten Kapitals	Bereits produziertes Kapital wie Hoch- und Tiefbauten, Maschinen oder Ausrüstungsgüter soll durch Investitionen erhalten, erneuert oder durch nachhaltigere Alternativen ersetzt werden.
Flexibilität und Stabilität	11a	Voraussehbarkeit von Systemänderungen	Die Rahmenbedingungen des marktwirtschaftlichen Systems sollen so gestaltet werden, dass sich eine langfristige Orientierung lohnt und der gesellschaftliche Wandel, der zur Anpassung an die zukünftigen Erfordernisse nötig ist, erleichtert wird.
	11b	Sozialverträgliche Veränderungsgeschwindigkeit	Die Geschwindigkeit respektive Langsamkeit von Veränderungen der Rahmenbedingungen des wirtschaftlichen Systems darf den sozialen Frieden nicht gefährden.
Produktion und Konsum von Gütern und Dienstleistungen	12a	Umweltgerechte Produktion	Die von Produktionsbetrieben ausgehenden Umweltbelastungen und -risiken sollen minimiert, die Energie- und Materialflüsse optimiert werden.
	12b	Umwelt und sozialgerechter Konsum	Der Konsum von Gütern und Dienstleistungen soll möglichst umweltverträglich und sozial gerecht sein.
	12c	Transparente Betriebs- und Konsumenteninformation	Innerhalb und ausserhalb von Produktionsbetrieben sollen Informationen bereitgestellt werden, die für möglichst nachhaltige Produktionsweisen und Konsumgewohnheiten nützlich sind (beispielsweise mit Umweltmanagementsystemen).
Beschäftigung	13	Sinnstiftende und existenzsichernde Beschäftigung	Das wirtschaftliche System soll Personen, welche eine Erwerbstätigkeit wünschen, eine sinnstiftende Arbeit ermöglichen, mit der sie ihren Lebensunterhalt bestreiten können.
Internationaler Handel	14a	Umwelt und sozialverträglicher Welthandel	Das multilaterale Handelssystem soll die soziale Gerechtigkeit und den schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen begünstigen sowie den Transfer hierfür benötigter Technologien fördern.
	14b	Allseitig nutzbringender Welthandel	Das multilaterale Handelssystem soll die Deckung der individuellen und gesellschaftlichen Bedürfnisse einer Nation fördern, ohne dass dadurch die Bedürfnisdeckung in anderen Nationen verschlechtert wird.

Prinzipien zur ökologischen Verantwortung

Allgemeiner Grundsatz	15a	Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen	Die natürlichen Lebensgrundlagen sollen langfristig erhalten und bestehende Schäden behoben werden.
	15b	Erhaltung der Biodiversität	Die Natur muss in ihrer dynamischen Vielfalt erhalten bleiben. Jede Beeinträchtigung der Natur soll soweit kompensiert werden, dass die Erhaltung der biologischen Vielfalt sowie die Qualität und Vernetzung der Lebensräume gewährleistet bleibt.
Ressourcenverbrauch	16a	Verbrauchsbegrenzung für erneuerbare Ressourcen	Der Verbrauch erneuerbarer Ressourcen ist unter dem Regenerationsniveau zu halten.
	16b	Verbrauchsbegrenzung für nicht erneuerbare Ressourcen	Nicht erneuerbare Ressourcen sollen höchstens in dem Ausmass verbraucht werden, wie ein Ersatz durch erneuerbare Ressourcen möglich ist.
Stoffe und Abfälle	17a	Begrenzung abbaubarer Abfälle und Schadstoffe	Die Belastung der Umwelt durch abbaubare Abfälle und Schadstoffe ist zu minimieren. Die Verschmutzung soll die Absorptionsfähigkeit der Ökosysteme nicht übersteigen.
	17b	Verzicht auf nicht abbaubare Schadstoffe	Die Emission nicht abbaubarer Schadstoffe in die Umwelt soll wenn immer möglich verhindert werden.
Risiken	18a	Minimierung der Risiken bedingt durch Naturkatastrophen	Die Menschen, deren natürlichen Lebensgrundlagen sowie die Infrastruktur sollen durch Präventivmassnahmen oder Anpassungsmassnahmen vor den Auswirkungen von Naturkatastrophen geschützt werden.
	18b	Minimierung von menschenverursachten Risiken	Durch menschliche Aktivitäten verursachte Risiken mit schweren Auswirkungen auf Mensch und Biosphäre sind nur so weit zulässig, als sie keine dauerhaften Schäden über eine Generation hinaus verursachen.
	18c	Vorsorge bei Ungewissheit	Schweren oder irreversiblen Umweltschäden soll vorgebeugt werden, auch wenn noch keine absolute wissenschaftliche Sicherheit bezüglich des effektiven Risikos besteht. Dazu gehört, dass gegen den Klimawandel und dessen Auswirkungen vorsorglich Massnahmen getroffen werden sollen.
Geschwindigkeit von Veränderungen	19	Rücksicht auf das Zeitalter natürlicher Prozesse	Anthropogene Eingriffe in die Natur dürfen nicht in kürzerer Zeit erfolgen, als natürliche Prozesse für die Regeneration und Anpassung benötigen.
Natur- und Kulturlandschaft	20	Lebenswerte Natur- und Kulturlandschaft	Die Gestaltung des natürlichen Lebensraumes des Menschen muss sich von der Idee der Menschenrechte leiten lassen. Die Würde des Menschen verlangt eine lebenswerte Natur- und Kulturlandschaft, zu der alle Menschen einen gleichberechtigten Zugang haben sollen.

D. Massnahme im System

Variablen

Name	Verwendung von Primärbeton
Beschreibung	Diese Variable repräsentiert die Verwendung von Primärbeton im Hochbau.
Hohe Ausprägung	Je höher die Ausprägung, desto mehr Primärbeton wird im Hochbau verwendet.

Tiefe Ausprägung	Je tiefer die Ausprägung, desto weniger Primärbeton wird im Hochbau verwendet.
Aktueller Zustand	Momentan wird ein Grossteil der Gebäude aus Primärbeton hergestellt und die Masse an verwendetem Primärbeton ist entsprechend hoch.
Indikator	Anzahl Tonnen Primärbeton, die jährlich verbaut werden.
Hintergrund	Stoffflussanalyse 1. Semester.

Name	Verwendung von RC-Beton
Beschreibung	Diese Variable repräsentiert die Verwendung von RC-Beton im Hochbau.
Hohe Ausprägung	Je höher die Ausprägung, desto mehr RC-Beton wird im Hochbau verwendet.
Tiefe Ausprägung	Je tiefer die Ausprägung, desto weniger RC-Beton wird im Hochbau verwendet.
Aktueller Zustand	Momentan werden nur wenige Gebäude aus RC-Beton hergestellt.
Indikator	Anzahl Tonnen RC-Beton, die jährlich verbaut werden.
Hintergrund	Stoffflussanalyse 1. Semester.

Name	Präferenz für Primärbeton (Bedürfnisvariable)
Beschreibung	Diese Bedürfnisvariable beschreibt die Präferenz der Entscheidungsträger im Bau (z.B. Bauherren und Architekten) für Primärbeton. Folgende Aspekte fließen mit in die Variable ein: Vorurteile (betreffend Qualität/Stabilität.), ästhetische Vorbehalte, Erfahrungen, Wissensstand, Nachhaltigkeitsgedanke etc.
Hohe Ausprägung	Eine hohe Ausprägung bedeutet eine starke Tendenz zur Nutzung des Primärbetons.

Tiefe Ausprägung	Eine tiefe Ausprägung bedeutet eine kleine bis keine Tendenz zur Nutzung des Primärbetons.
Aktueller Zustand	In der jetzigen Situation ist die Tendenz zur Nutzung von Primärbeton gross.
Indikator	Anzahl Bauprojekte bei denen Primärbeton eingesetzt wird im Verhältnis zur gesamten Anzahl an Bauprojekten.
Hintergrund	Stoffflussanalyse 1. Semester.

Name	Präferenz für RC-Beton (Bedürfnisvariable)
Beschreibung	Diese Bedürfnisvariable beschreibt die Präferenz der Entscheidungsträger im Bau (bspw. Bauherren und Architekten) für RC-Beton. Folgende Aspekte fließen mit in die Variable ein: Vorurteile, ästhetische Vorbehalte, Erfahrungen, Wissensstand, Nachhaltigkeitsgedanke etc.
Hohe Ausprägung	Eine hohe Ausprägung bedeutet eine starke Tendenz zur Nutzung dieses Betons.
Tiefe Ausprägung	Eine tiefe Ausprägung bedeutet eine geringe Tendenz zur Nutzung dieses Betons.
Aktueller Zustand	In der jetzigen Situation ist die Tendenz zur Nutzung von RC-Beton klein.
Indikator	Anzahl Bauprojekte bei denen RC-Beton eingesetzt wird im Verhältnis zur gesamten Anzahl an Bauprojekten.
Hintergrund	Stoffflussanalyse 1. Semester.

Name	Benötigter Deponieplatz
Beschreibung	Diese Variable beschreibt den benötigten Deponieplatz für Bauabfälle. Der beim Abbruch von Häusern anfallende Bauschutt und der dadurch benötigte Deponieplatz ist einer der Hauptgründe, weshalb man Beton recycelt. Folgende Aspekte fließen in die Variable mit ein: Bodenbelastung durch abgelagertes Material, Verringerung der Artenvielfalt und Störung des Landschaftsbildes. .

Hohe Ausprägung	Eine hohe Ausprägung bedeutet, dass eine grosse Fläche für Deponien benötigt und viel Abbruchmaterial gelagert wird.
Tiefe Ausprägung	Eine tiefe Ausprägung bedeutet, dass eine kleine Fläche für Deponien benötigt und wenig Abbruchmaterial gelagert wird.
Aktueller Zustand	Baumaterialien führen die Liste der Hauptabfallströme der Schweiz an. Entsprechend ist der benötigte Deponieplatz gross, insbesondere, da viel vom aufbereiteten Material liegen bleibt. (Eberhard Unternehmungen, 2017)
Indikator	Deponieflächen oder Deponievolumen.
Hintergrund	Stoffflussanalyse 1. Semester.

Name	Kiesreserven
Beschreibung	Diese Variable beschreibt die Menge der zugänglichen Kiesreserven in der Schweiz. Je kleiner sie sind, desto mehr Aufwand ist nötig um an sie zu gelangen.
Hohe Ausprägung	Eine hohe Ausprägung bedeutet, dass eine grosse Menge Kies verbraucht wird und die zugänglichen Kiesreserven weiterhin stark abnehmen.
Tiefe Ausprägung	Eine tiefe Ausprägung bedeutet, dass nur kleine Mengen an Kies abgebaut werden und die Kiesreserven nur wenig zurückgehen.
Aktueller Zustand	Die zugänglichen Kiesreserven der Schweiz nehmen stetig ab und ein immer grösserer Aufwand ist nötig, um an sie zu gelangen.
Indikator	Kiesabbau (Volumen pro Zeitintervall)
Hintergrund	

Name	Transport
-------------	------------------

Beschreibung	Die Transport-Variable beschreibt die Summe aller Transportkilometer des Betons vom Fabrikator zur Baustelle innerhalb der Systemgrenzen.
Hohe Ausprägung	Eine hohe Ausprägung bedeutet grosse Transportdistanzen.
Tiefe Ausprägung	Eine tiefe Ausprägung bedeutet kleine Transportdistanzen.
Aktueller Zustand	Momentan wird die Transportdistanz vor allem von den Präferenzen bestimmt. Das heisst, dass für ein Gebäude im Voraus ein bevorzugter Beton gewählt und vom bevorzugten Werk/Hersteller geliefert wird. Dies resultiert in - aus umweltbedingter Sicht - nicht optimierten, langen Transportwegen.
Indikator	Als Indikator dient die Summe aller zurückgelegten Kilometer für den Transport von Beton von der Fabrik zur Baustelle innerhalb unserer Systemgrenze. Die Variable steigt an, wenn Häuser gebaut werden. Dabei ist es egal ob RC- oder Primärbeton verwendet wird, da diese einander substituieren. Die Variabel kann aber gesamthaft verringert/vergrössert werden, indem die Transportwege allgemein verkleinert werden.
Hintergrund	

Name	CO₂-Austoss
Beschreibung	Der CO ₂ -Austoss beschreibt wie viel CO ₂ in der von uns analysierten Baubranche ausgestossen wird. In der Ökobilanzierung ist der CO ₂ -Austoss eine stark gewichtete Variable.
Hohe Ausprägung	Hohe Ausprägung bedeutet, dass grosse Mengen an CO ₂ ausgestossen werden.
Tiefe Ausprägung	Tiefe Ausprägung bedeutet, dass wenig CO ₂ ausgestossen wird.
Aktueller Zustand	In der heutigen Situation liegt der Schwerpunkt in der Baubranche weder beim RC- noch bei Primärbeton direkt auf der Reduktion des CO ₂ -Austosses. Der aktuelle Zustand kann also als hohe Ausprägung interpretiert werden.
Indikator	CO ₂ -Austoss kann in Masse (Tonnen) oder Umweltbelastungspunkten angegeben werden.

Hintergrund	
--------------------	--

Name	Image von RC-Beton
Beschreibung	Das Image von RC-Beton beschreibt, wie RC-Beton von verschiedenen Stakeholdern wahrgenommen wird. Dabei werden Vorurteile wie auch Erfahrungen miteinbezogen.
Hohe Ausprägung	Eine hohe Ausprägung bedeutet, dass das Image von RC-Beton gut ist. (Gute) Erfahrungen prägen die Beurteilung.
Tiefe Ausprägung	Eine tiefe Ausprägung bedeutet, dass das Image von RC-Beton schlecht ist. Vorurteile prägen die Beurteilung.
Aktueller Zustand	Das Image von RC-Beton ist zurzeit eher schlecht.
Indikator	Die Variable lässt sich nur qualitativ und nicht quantitativ beschreiben. Umfragen bei Stakeholdern geben Aufschluss darüber. Auch wie diskrepant die Aussagen von verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten über die Qualität von RC- oder Primärbeton sind, kann Aufschluss darüber geben.
Hintergrund	

Name	Zementverwendung
Beschreibung	Diese Variable beschreibt, wie hoch der absolute Zementverbrauch für die Betonherstellung ist. Der Verbrauch ist unabhängig davon, ob Primär- oder RC-Beton genutzt wird, da die Zementanteile in beiden Betonen in derselben Verwendungsklasse vergleichbar sind.
Hohe Ausprägung	Eine hohe Ausprägung bedeutet, dass viel Zement verbraucht wird in der analysierten Bauindustrie.
Tiefe Ausprägung	Eine tiefe Ausprägung bedeutet, dass wenig Zement verbraucht wird.
Aktueller Zustand	Mit zunehmendem Bevölkerungswachstum steigt zwingend auch die Nachfrage nach neuen Wohngebäuden. In der Schweiz ist das Bevölkerungswachstum moderat, weshalb auch die Nachfrage nach Zement aus diesem Grund moderat ist. Jedoch werden auch Gebäude

	mit anderen Zwecken (Industrie, öffentlicher Sektor, ...) gebaut, die aus anderen Gründen einer steigenden Nachfrage ausgesetzt sind (z.B. Konjunkturabhängig).
Indikator	Zementverbrauch (Volumen oder Masse pro Zeitintervall)
Hintergrund	



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Eigenständigkeitserklärung

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

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

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

Titel der Arbeit (in Druckschrift):

"Voll Concrete!"
Broschüre mit objektiven Informationen über RC-Beton und
«Concrete Coordinates»: Webtool zur Bestimmung des ökologischsten Betons

Verfasst von (in Druckschrift):

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich.

Name(n):	Vorname(n):
Amos	Samira
Wiklund	Kaj
Zehnder	Luca
Pfeuti	Olivier
Canovic	Sabina

Ich bestätige mit meiner Unterschrift:

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

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

Ort, Datum

Zürich, 30. 5. 2018

Unterschrift(en)

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