



Nachhaltiges Bauen mit mineralischen Baustoffen

Bern, 06.05.2024
Version 1.0

Wussten Sie, dass...

- ... sich mineralische Baustoffe teilweise **direkt als ganze Bauteile wiederverwenden lassen?**
- ... bereits die **Planung den Rahmen für einen bauteilerhaltenden Rückbau** bzw. die künftige Trennbarkeit, Wiederverwendbarkeit und Rezyklierbarkeit der Bauteile bzw. Baustoffe **setzt?**
- ... mineralische Baustoffe in der Schweiz **regional und dezentral**, nahe dem Anwendungsort aufbereitet werden und somit Treibhausgas (THG)-Emissionen für lange Transporte vermieden werden?
- ... sich die Schweiz **theoretisch aufgrund der Rohstoffvorkommen und Recyclingmaterialien zu 100%** selbst mit mineralischen Baustoffen versorgen könnte?¹
- ... insbesondere die Herstellung von gebrannten Baustoffen **sehr viele THG-Emissionen verursachen** und diese sich in vielen Fällen in der Nutzungsphase nicht vollständig mit Energieeinsparungen kompensieren lassen? Daher ist ein sparsamer Umgang erforderlich und eine möglichst **lange Nutzung** des hergestellten Bauteils anzustreben.
- ... **Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen die natürlichen Ressourcen an Sand und Kies schont?** Die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen ist heute Stand der Technik.
- ... intensive **Forschung und Entwicklung** erste Erfolge erzielt haben, um die **Treibhausgasemissionen des Betons respektive Zements zu reduzieren?**
- ... mineralische Baustoffe beim Rückbau eines Bauwerks bis **zu über 80% im Kreislauf belassen werden?**

¹ Ausstellung Materia Helvetica, 2022, <https://materia-helvetica.ch/de>, aktuell werden ca. 20% mineralische Baustoffe importiert.

Inhaltsübersicht

1	Vorwort	3
2	Begriff mineralische Baustoffe	3
3	Gesetzgebung	4
4	Bisheriger Verbrauch und Materialflüsse der mineralischen Baustoffe	6
5	Verwertung: Zu berücksichtigende Normen und Stand der Technik	7
6	Vorzunehmende ökologische Beurteilung von mineralischen Baustoffen	9
7	Mineralische Baustoffe in einer Kreislaufwirtschaft	11
8	Empfohlene nachhaltige Anwendung von mineralischen Baustoffen	13
9	Baustoff Beton: Entwicklungen und Innovationen	20
10	Empfehlungen nach Bauphasen	21
11	Weitere empfohlene Umsetzungshilfen	24

Impressum

Redaktion

Leitung René Bähler, KBOB
Autoren Intep – Integrale Planung GmbH

In Zusammenarbeit mit

Vertreterinnen und Vertretern von Bauenschweiz, NEROS, BAFU, KBOB Fachgruppe Nachhaltiges Bauen

Herausgeberin

KBOB, c/o BBL-Bundesamt für Bauten und Logistik,
Fellerstrasse 21, 3003 Bern
<http://www.kbob.admin.ch>

1 Vorwort

Ziele dieser Empfehlung sind:

- Eine Übersicht über das nachhaltige Bauen mit mineralischen Baustoffen geben, sodass eine entsprechend nachhaltige Bauweise sinnvoll umgesetzt werden kann
- Grundlagen schaffen, damit die Eigenschaften von mineralischen Baustoffen in der Einbau- und Beanspruchungssituation zielgerichtet genutzt werden
- Wissen über Klima- und Ressourcenschutz beim Einsatz von mineralischen Baustoffen vermitteln sowie die Abwägungen, die beim Verfolgen dieser beiden Ziele vorzunehmen sind, erläutern
- Vorteile und Nachteile der mineralischen Baustoffe für die Nutzerinnen und Nutzer aufzeigen
- Referenzen auf bestehende Instrumente, aktuelle Entwicklungen und Informationsquellen weitergeben

Diese Empfehlung richtet sich an:

- Die Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes (BLO des Bundes)
- Die öffentlichen Bauherrschaften des Bundes, der Kantone und der Gemeinden
- Die bundesnahen Betriebe

Abgrenzung:

- Es werden beispielhaft Arten und Anwendungen von mineralischen Baustoffen aufgeführt. Der Umfang dieser Empfehlung erlaubt es nicht, alle Arten und Anwendungen zu erwähnen.
- Der Schwerpunkt dieser Empfehlung liegt auf der Anwendung im Hochbau, wobei auch einige Beispiele aus dem Tiefbau behandelt werden.
- Diese Empfehlung stellt keine Anleitung für Planende dar.
- Es wird keine umfassende Behandlung des Themas Kreislaufwirtschaft im Bauwesen beabsichtigt, sondern es werden lediglich relevante Aspekte im Zusammenhang mit mineralischen Baustoffen aufgezeigt, sodass diese von den Interessierten idealerweise auch praktisch umgesetzt werden.

2 Begriff mineralische Baustoffe

Mineralische Baustoffe

Bei den mineralischen Baustoffen handelt es sich im Wesentlichen um Baustoffe aus geologischen Rohstoffen. Dazu gehören sog. Lockergesteine wie Sande, Kiese, Tone oder auch Lehme. Lockergesteine umfassen primäre Bildungen (Sedimente) oder auch sekundäre Bildungen (Verwitterungsprodukte).²

Festgesteine können aufgrund ihrer je nach Härtegrad sehr unterschiedlichen Eigenschaften auch als Weich-, Halbfest- oder Hartgesteine bezeichnet werden. Als Weichgesteine werden z.B. Kalke, Mergel, Tone und Gipse bezeichnet. Relevante Hartgesteine sind z.B. Granite, Gneise oder auch Basalte. Diese Aufzählung ist nicht abschliessend.

Insbesondere Hartgesteine finden als Natursteine (z.B. als Schotter vorwiegend im Tiefbau) regelmässig Verwendung beim Bau.

Einige aus verschiedenen Materialkomponenten hergestellte Bauprodukte³, wie z.B. Beton, werden bei fast allen Bauwerkstypen oder Bautätigkeiten eingesetzt. Auch aus keramischen Materialien können wichtige Baustoffe hergestellt werden, die namentlich für den Innenausbau verwendet werden können.⁴

² Zu beachten gilt, dass der Begriff «Baustoff» in der Bauproduktgesetzgebung nicht explizit normiert wird, der Begriff schweizweit in der Baubranche aber vielfältig verwendet wird. Bei normierten Baustoffen im herkömmlichen Sinne handelt es sich daher im gesetzlichen Umfeld um Bauprodukte

³ Z.B. werden aus geologischen Rohstoffen Bauprodukte wie Sand, Kies usw. gewonnen, welche wiederum z.B. zu Beton weiterverarbeitet werden können

⁴ Mineralische Rohstoffe: <https://www.geologieportal.ch/de/themen/resources.html> / <https://www.swisstopo.admin.ch/de/wissen-fakten/geologie/georessourcen/minerale.html>

Keramische Baustoffe: [Keramische Baustoffe \(schulungsstelle-traunstein.de\)](https://www.schulungsstelle-traunstein.de)

Lehm: https://materialarchiv.ch/de/vacuum/s=ma:MaterialGroup;detail=ma:group_898 sowie ASTRA

3 Gesetzgebung

Die Bauprodukteerlasse des Bundes sind das Bauproduktgesetz (BauPG) und die Bauprodukteverordnung (BauPV). Diese übernehmen in der Schweiz die europäische Gesetzgebung für Bauprodukte.

Das BauPG regelt das Inverkehrbringen aller Bauprodukte und ihre Bereitstellung auf dem schweizerischen Markt. An das Inverkehrbringen und an die Bereitstellung auf dem Markt können unterschiedliche Pflichten der Wirtschaftsakteurinnen geknüpft sein. Zudem gilt es zu beachten, dass manche Bauprodukte nicht ausschliesslich Bauprodukte sind und allenfalls zusätzlich anderen Sektorvorschriften entsprechen müssen, um in Verkehr gebracht oder auf dem Markt bereitgestellt werden zu dürfen.

Zu unterscheiden sind das Inverkehrbringen und Bereitstellen auf dem Markt auf der einen Seite und das Verwenden, die Anwendung, die Inbetriebnahme und die Installation eines Bauproduktes auf der anderen Seite. Die Bauproduktgesetzgebung regelt grundsätzlich nur das Inverkehrbringen von Bauprodukten und ihre Bereitstellung auf dem schweizerischen Markt.

3.1 Geltende Gesetzgebung

Der folgende Abschnitt hebt einige Rechtsvorschriften hervor, die im Zusammenhang mit dem Bauen / Rückbauen mit mineralischen Baustoffen wichtig sind. Für Fachpersonen ist jedoch eine vertiefte Konsultation der Gesetzgebung im Zusammenhang mit der konkreten Fragestellung unabdingbar. Die Aufzählung ist nicht abschliessend. Je nach Baustandort können zudem kantonal oder lokal strengere Regelungen gelten. Auf Normen wird im Kapitel 5 «Verwertung: Zu berücksichtigende Normen und Stand der Technik» eingegangen.

In der Verordnung über Bauprodukte **BauPV** ([Link](#)) Anhang 1 zu Art. 1 Ziffer 7 werden die Anforderung an Bauprodukte bezüglich nachhaltiger Nutzung der natürlichen Ressourcen behandelt⁵:

«Das Bauwerk muss derart entworfen, errichtet und abgerissen werden, dass die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden, damit insbesondere Folgendes sichergestellt wird:

- a. die Wiederverwendbarkeit und Rezyklierbarkeit des Bauwerks, seiner Baustoffe und Teile nach dem Abriss;*
- b. die Dauerhaftigkeit des Bauwerks;*
- c. die Verwendung umweltverträglicher Rohstoffe und Sekundärbaustoffe im Bauwerk».*

Ist ein Rückbau geplant oder fallen auf der Baustelle Abfälle an, kommt die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen **VVEA** ([Link](#)) zur Anwendung. Es ist zu beachten, dass die VVEA demnächst revidiert werden soll. Die VVEA sieht in Art. 12 eine allgemeine Verwertungspflicht von Abfällen nach dem Stand der Technik vor. Sie regelt auch die sortenreine Trennung von Abfällen auf der Baustelle und gibt für bestimmte Materialien und Verwertungszwecke Grenzwerte vor. Der Art. 20 der VVEA definiert spezifische Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen aus dem Abbruch von Bauwerken folgendermassen:

¹ *Ausbauasphalt mit einem Gehalt bis zu 250 mg PAK pro kg, Strassenaufbruch, Mischabbruch und Ziegelbruch ist möglichst vollständig als Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen zu verwerten.*

² *Ausbauasphalt mit einem Gehalt von mehr als 250 mg PAK pro kg darf nicht verwertet werden.*

³ *Betonabbruch ist möglichst vollständig als Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen oder als Baustoff auf Deponien zu verwerten».*

Die Anforderungen an die Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial sind in Art. 19 in Verbindung mit dem Anhang 3 der VVEA geregelt.

Das Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen **BöB** ([Link](#)) bezweckt unter anderem den wirtschaftlichen und volkswirtschaftlich, ökologisch und sozial nachhaltigen Einsatz der öffentlichen Mittel. (vgl. Art. 2 lit. a BöB).

Das BöB legt einen eindeutigen Schwerpunkt auf nachhaltige Ausführungslösungen, weshalb gemäss Art. 41 BöB jeweils dem vorteilhaftesten Angebot – das heisst, demjenigen mit dem besten Preis-Leistungsverhältnis

⁵ Zu beachten gilt, dass der Anhang I der BauPV nicht die Anforderungen an Bauwerke festlegt, sondern die Anforderungen an Bauprodukte

– der Zuschlag erteilt wird. Die Angebote werden anhand von Zuschlagskriterien bewertet, wobei Qualitätsaspekten eine wesentliche Bedeutung zukommt.⁶ Weiterführende Informationen sind bei der Beschaffungskonferenz des Bundes BKB verlinkt ([Link](#)).

3.2 Strategie des Bundes als Richtschnur und Ausblick

Ressourcenschonende Produktion und ressourcenschonender Konsum werden im Rahmen der Strategie Nachhaltige Entwicklung des Bundes angestrebt. Der Bund unterstützt die Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft als einen «ganzheitlichen Ansatz, der den gesamten Kreislauf betrachtet: Von der Rohstoffgewinnung, über das Design, die Produktion und die Distribution eines Produkts bis zu seiner möglichst langen Nutzungsphase und zum Recycling.»⁷ Weitere Informationen zur Kreislaufwirtschaft und den Aktivitäten auf Bundesebene sind beim BAFU ([Link](#)) verfügbar.

Im Zusammenhang mit der parlamentarischen Initiative Schweizer Kreislaufwirtschaft stärken (Nr. 20.433) wurde eine Anpassung der Gesetzgebung (vorwiegend des Umweltschutzgesetzes **USG**, aber auch weiterer Gesetze) vorgenommen, sodass die Kreislaufwirtschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette gefördert wird. Die Änderungen betreffen insbesondere auch die Bauwirtschaft (z.B. E-USG, Art. 35j über Anforderungen zum ressourcenschonenden Bauen). Die Dokumente zur PaIV können hier eingesehen werden ([Link](#)).

Die Schweiz verfolgt auch eng die Entwicklungen rund um den Green Deal in Europa und begleitet z.B. den Review-Prozess der Bauprodukteverordnung der EU (CPR). Künftig dürften aus der revidierten Gesetzgebung auch Anforderungen an gebrauchte und wiederverwendete Bauprodukte gestellt werden.

Zudem wirkt die Schweiz bei der internationalen Normierung im Bereich der Bauprodukte mit.⁸

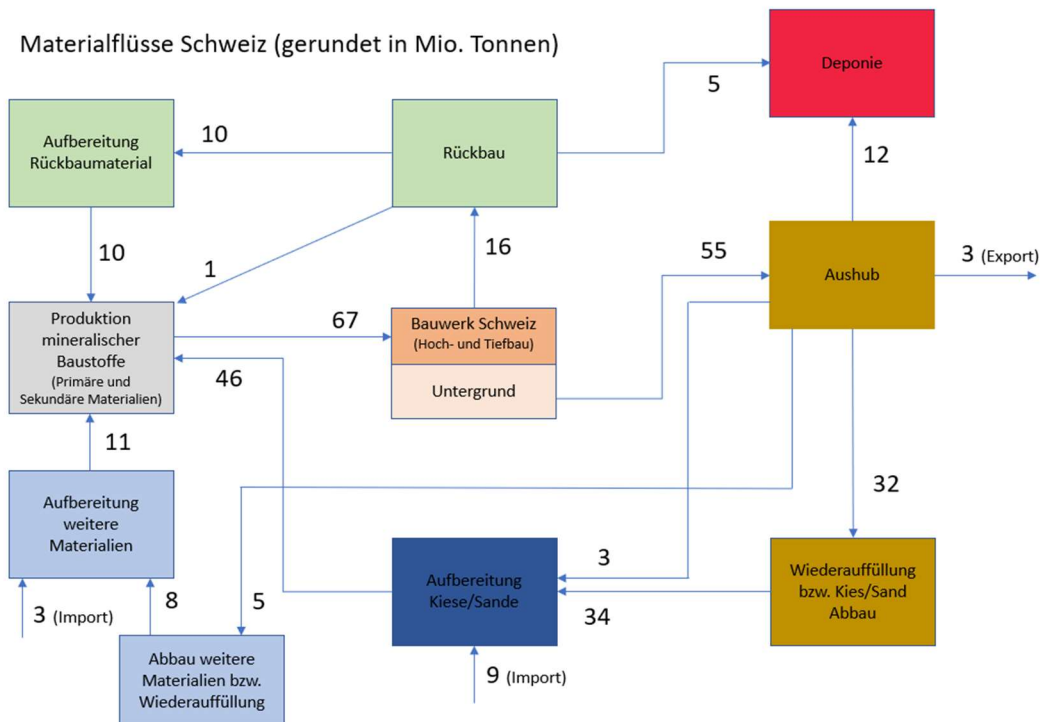
⁶ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wirtschaft-konsum/fachinformationen/oekologische-oeffentliche-beschaffung/politischer-und-rechtlicher-rahmen-der-oekologischen-oeffentlich.html>

⁷ BAFU, Kreislaufwirtschaft, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wirtschaft-konsum/fachinformationen/kreislaufwirtschaft.html> (Stand August 2022)

⁸ BAFU Faktenblatt zuhanden der Subkommission, Berücksichtigung der Kreislaufwirtschaft in der Bauproduktegesetzgebung: Möglichkeiten und Grenzen, 11. März 2021, <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefte-weiterfuehrende-links?AffairId=20200433>

4 Bisheriger Verbrauch und Materialflüsse der mineralischen Baustoffe

Gemäss dem Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflussmodell (nachfolgend: KAR-Modell) flossen im Jahr 2018 rund 68 Mio. Tonnen mineralische Baustoffe in das Bauwerk Schweiz. Zum Vergleich: Der gesamte jährliche Materialverbrauch der Schweiz betrug im Jahr 2018 knapp 150 Mio. Tonnen (BFS, inländischer Rohstoffverbrauch⁹). Die nachfolgende Abbildung zeigt die Mengenströme der mineralischen Baustoffe in der Schweiz (vereinfachte Darstellung aus KAR-Modell).



Die wesentlichen Materialflüsse der mineralischen Baustoffe in der Schweiz mit Zahlen aus dem KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau und Aushubmaterialflüsse 2018¹⁰. Die Abbildung ist rein illustrativ zu lesen. Die Zahlen stammen aus einer Modellierung. Die Darstellung wurde zudem stark vereinfacht und Zahlen gerundet, woraus sich kleine Unstimmigkeiten in der Massenbilanz ergeben. Des Weiteren können sich gewisse Reservebestände tatsächlich ändern (z.B. mehr Abbau als Auffüllung).

Gegenüber dem jährlichen Zufluss von rund 68 Mio. Tonnen mineralischer Baustoffe, betrug der jährliche Abfluss von mineralischen Baustoffen durch Rückbauten (vor allem Beton- und Mischabbruch, Strassenaufbruch und Ausbausphal) aus dem Bauwerk Schweiz hinaus im Jahr 2018 rund 16 Mio. Tonnen. Aus der Differenz des Zu- und Abflusses ist somit ein jährliches Wachstum von rund 51 Mio. Tonnen ersichtlich. Bei Bautätigkeiten wurden zudem aus dem Untergrund jährlich gegen 55 Mio. Tonnen Aushubmaterial entfernt. Der grösste Teil des Aushubs wird für die Wiederauffüllung von Abbaustellen eingesetzt.

Von den rund 68 Mio. Tonnen zugeflossenen mineralischen Baustoffen, stammten 16% (11 Mio. Tonnen) aus der Kreislaufführung der Baustoffe (Recycling (RC)-Anteil aus Rückbau, RC-Anteil nicht separat abgebildet), 18% (12 Mio. Tonnen) aus Importen (Summe Import) und 66% (45 Mio. Tonnen) wurden in der Schweiz abgebaut. Der Anteil an aufbereiteten Rückbaumaterialien, der zurück in den Baustoffkreislauf floss, lag bei 63% (10 Mio. Tonnen). Die Wiederverwendung von Aushub (Wiederauffüllungen ausgenommen) und von Baustoffen und Bauteilen wurde im KAR-Modell noch nicht erfasst.

⁹ BFS, Umweltindikator Materialverbrauch, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/umweltindikatoren/alle-indikatoren/nutzung-natuerliche-ressourcen/materialverbrauch.html>

¹⁰ Originaldarstellung Kurzbericht: Tinu Schneider Datenanalyse im Auftrag des BAFU, KAR-Modell Schweiz vom Mai 2020, Bezugsjahr 2018

5 Verwertung: Zu berücksichtigende Normen und Stand der Technik

Der Verband arv Baustoffrecycling unterhält eine Liste an Gesetzen und Normen sowie Richtlinien, arv Merkblättern und Vollzugshilfen rund um das Thema RC-Baustoffe ([Link 1](#), [Link 2](#)).

Sortierung von Bauabfällen



Sortieranlage EbiMIK von Eberhard (Eberhard Recycling AG)

Für ein hochwertiges RC-Produkt müssen Bauabfälle möglichst gut sortiert werden. Dank modernen Sortierrobotern können aus Mischabbruch «homogene Sekundärrohstoffe mit gleichmässigen Eigenschaften» hergestellt werden.¹¹

Beton mit RC-Gesteinskörnungen

Allgemein

Die Anwendung von Beton mit RC-Gesteinskörnungen ist heutzutage Stand der Technik und seit 2010 im SIA-Merkblatt 2030 «Recyclingbeton» geregelt. Beton mit RC-Gesteinskörnungen besteht aus Betongranulat (RC-C-Beton) oder Mischgranulat (RC-M-Beton aus Backstein, Kalksandstein, Beton).

Bisher regelmässig verwendete Betonsorten mit RC-Gesteinskörnungen sparen zwar Material (Sand, Kies), der für ihre Herstellung benötigte Zement verursacht aber aufgrund des Herstellungsprozesses weiterhin hohe THG-Emissionen. Es laufen jedoch verschiedene Projekte, um diese Emissionen mit Innovationen zu vermindern. Im Kapitel 9 «Baustoff Beton: Entwicklungen und Innovationen» werden Beispiele aus der Forschung und neue Produkte vorgestellt.

Betongranulat



Mischabbruchgranulat



RC-C-Beton wird aus Betongranulat, RC-M-Beton aus Mischgranulat hergestellt.

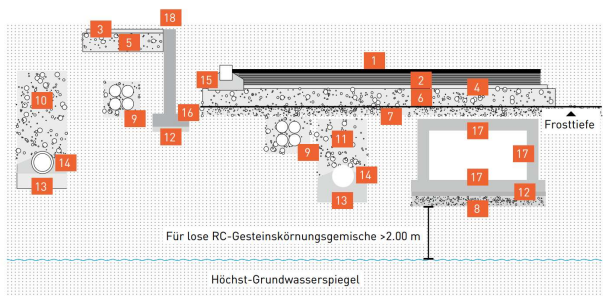
Einsatzbereiche von RC-Produkten

Die Broschüre von arv und FSKB «Verwendungsempfehlungen» zeigt Bauherren/-innen, Planer/-innen, Architekten/-innen und Ingenieuren/-innen anschaulich auf, welche mineralischen Recyclingbaustoffe für welche Anwendungen im Hochbau sowie im Tief- und Strassenbau empfohlen werden ([Link](#)).¹² Die in dieser Broschüre empfohlenen RC-Gesteinskörnungen erfüllen die in der Schweiz massgebenden gültigen gesetzlichen, technischen und normativen Rahmenbedingungen.

Grundsätzlich ist RC-C-Beton im Hoch- wie auch im Tiefbau anwendbar, während sich RC-M-Beton wegen seinen weniger guten Eigenschaften bezüglich Frostbeständigkeit und Dauerhaftigkeit nicht für jede Umweltsituation eignet. Für Mischgranulat sind über die Anwendung in Beton hinaus weitere Einsatzgebiete in Entwicklung, wie zum Beispiel seine Verwendung zur Herstellung von Zement oder Dämmplatten.

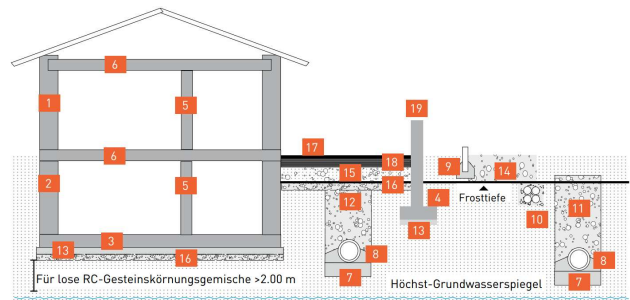
¹¹ <https://eberhard.ch/ebimik>

¹² Im Mai 2024 haben die Delegierten des arv und FSKB ihre Fusion zum Fachverband «Baustoff Kreislauf Schweiz» beschlossen.



Recycling im Tiefbau: Anwendungsbereiche mineralischer Recycling-Baustoffe im Tief- und Strassenbau

Quelle: FSKB und arv-Verwendungsempfehlung ([Link](#))



Recycling im Hochbau: Anwendungsbereiche mineralischer Recycling-Baustoffe im Hochbau

Quelle: FSKB und arv-Verwendungsempfehlung ([Link](#))

RC-Asphalt



Ausbauasphalt, ([Link](#))

Beim Asphalt sind Recyclinganteile bis zu 60 Massenprozent, bzw. 70 Massenprozent in den Trag-, Binder- und Fundationschichten technisch möglich und angestrebt, vgl. SN EN 13108-1. Eine Ökobilanz von «OST - Ostschweizer Fachhochschule» bestätigt, dass hohe RC-Anteile ökologischer sind als die Neuerstellung: «Obwohl bei der Produktion von Recycling-Asphalt am Werksstandort mehr Schadstoffe an die Luft abgegeben werden, sprechen die Gesamtökobilanzen deutlich für das Recycling.»¹³

Weitere Literatur: Wiederverwendung Ausbauasphalt und Einsatz Niedertemperaturasphalt, Best Practice Guideline 2021 der Plattform Kies für Generationen (KFG). ([Link](#))

¹³ Ökobilanz der Herstellung von Asphaltbelägen, Themenheft Asphaltrecycling, 08.2021 (UBP-Methode)

6 Vorzunehmende ökologische Beurteilung von mineralischen Baustoffen

Bei der ökologischen Beurteilung von mineralischen Baustoffen im Vergleich zu alternativen Baustoffen muss eine Betrachtung über sämtliche Lebenszyklusphasen eines Bauwerks geführt werden. Entstehende Umweltbelastungen bei der Erstellung eines Bauwerks können in der Nutzungsphase teilweise aufgewogen werden oder z.B. durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen oder wiederverwendeten Bauteilen respektive einer sorgfältigen Planung reduziert werden. In diesem Kapitel wird auf die in der Erstellungsphase entstehenden Umwelteinwirkungen eingegangen und es werden Möglichkeiten zu ihrer Minimierung aufgezeigt. Vorteile von mineralischen Baustoffen zur Einsparung von Energie bzw. Umweltbelastung in der Nutzungsphase werden in Kapitel 8 dargestellt.

6.1 Mitzuberücksichtigende Umweltauswirkungen

Umweltbelastungen durch mineralische Baustoffe entstehen beim Abbau von Rohstoffen, bei der Herstellung von Baustoffen (z.B. Brennprozesse, Herstellung Baustoffe mit RC-Gesteinskörnungen), der Verarbeitung (z.B. Zuschneiden von Steinblöcken), der Wiederaufbereitung (z.B. Waschen von Kies), dem Transport sowie der Deponierung von Baustoffen.

Wichtige Umweltaspekte, die z.B. in die Berechnung der ökologischen Nachhaltigkeit von mineralischen Baustoffen einfließen, sind insbesondere:

- Landnutzung (Eingriff in Lebensraum und Renaturierung)
- Ressourcenaufwand (Materialintensität von Bauteilen)
- Energieaufwand für Herstellung, Verarbeitung, Transporte (graue THG-Emissionen)
- Wasserverbrauch
- Klimaerwärmung (THG-Emissionen wie z.B. CO₂)
- Humantoxizität (für den Menschen schädliche Emissionen)
- Ökotoxizität (für die Umwelt schädliche Emissionen)
- Weitere Umweltwirkungen wie Versauerung und Überdüngung
- Lärm

Beispiel Landnutzung: Die Gewinnung von primären Rohstoffen stellt einen Eingriff in das Umweltsystem dar, welcher zu nicht unbeachtlichen Verlusten oder Beeinträchtigungen führen kann¹⁴. Durch eine erfolgreiche Reaktivierung nach Kiesgewinnungsaktivitäten¹⁵ können jedoch auch positive Beiträge zur Biodiversitätssteigerung erzielt werden.

Beispiel Klimaerwärmung: «Beton bzw. der für die Betonherstellung verwendete Zement ist für ca. 5% des Schweizer CO₂-Ausstosses verantwortlich.»¹⁶ Die Zementherstellung in der Schweiz setzte im Jahr 2022 gemäss cemsuisse etwa 2,4 Mio. Tonnen CO₂ in die Atmosphäre frei¹⁷.

6.2 Ökobilanzdaten und Hilfsmittel beim nachhaltigen Bauen

Hersteller erstellen für ihre Produkte Umweltproduktdeklarationen (EPD)¹⁸, die von ihnen zusammen mit den technischen Deklarationen der Produkte bereitgestellt werden. Auf der Homepage der Verifizierungsstelle kann die Gültigkeit der EPD verifiziert werden. Die Umweltproduktdeklarationen können auf Datenbanken abgerufen werden (z.B. Environdec: [Link](#)). Weitere Datenquellen und Hilfsmittel im Zusammenhang mit Ausschreibungen sind in Kapitel 10.3 «Ausschreibung» aufgeführt.

Für die ökologische Beurteilung sind sowohl die unterschiedlichen Umweltauswirkungen eines Baustoffs als auch dessen erforderliche Einsatzmenge in einem Gebäude massgeblich. Eine entsprechende ökologische

¹⁴ swisstopo (2017): Bericht über die Versorgung der Schweiz mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen (Bericht mineralische Rohstoffe). – Ber. Landesgeol. 11 DE

¹⁵ Stiftung Natur und Wirtschaft, Wildbienen fördern in Kiesgruben, https://www.naturundwirtschaft.ch/de/assets/Daten/Files/Publikationen/Plattform_Bienengesundheit_Merkblatt_Kiesgruben_de.pdf

¹⁶ https://www.ecobau.ch/resources/uploads/Veranstaltungen/2107_zmittagKomakt/20210617_zmittagKompakt_Faktenblatt%20Beton_Zement.pdf (Stand 2021)

¹⁷ Report 2023 Cemsuisse

¹⁸ Eine künftige gesetzliche Normierung der Betrachtung der ökologischen Nachhaltigkeit von Bauprodukten ist zu erwarten

Gesamtbetrachtung, die sich am Bauwerk, den verwendeten Bauteilen und Baustoffen und deren Lebenszyklen orientiert, muss so früh wie möglich in der Phase der strategischen Planung von Bauprojekten erfolgen.

Die KBOB Liste der Ökobilanzdaten im Baubereich ([Link](#)) führt für die wichtigsten mineralischen Baustoffe Daten zur Umweltbelastung (Energiebedarf, THG-Emissionen, Gesamtumweltbelastung), in Bezug auf die Herstellung und Entsorgung auf. Innerhalb der Gruppe der mineralischen Baumaterialien gibt es sehr grosse Unterschiede in der Umweltbelastung. Mineralische Baustoffe mit reduzierter Umweltbelastung, wie innovative Produkte oder RC-Varianten, werden zunehmend aufgeführt (Stand 2023). Des Weiteren gilt es den Betonsortenrechner der KBOB – welcher in Zusammenarbeit mit dem Amt für Hochbauten der Stadt Zürich erarbeitet wurde – zu beachten, mit dem die Umweltwirkungen von einem m³ Beton nach Wahl berechnet werden können ([Link](#)).

6.3 Zu treffende Massnahmen zur Verringerung der Umweltbelastung

Nachfolgend werden Beispiele von Massnahmen zur Verringerung der Umweltbelastung aufgrund der Herstellung von Baustoffen und Bauteilen aufgeführt. Neben den Herstellern können auch die Planerinnen und Planer darauf Einfluss nehmen, denn die Ressourcenschonung in der Planung vermeidet zusätzliche Neuherstellungen. Entscheidend ist in der Planungsphase wiederum die Gesamtbetrachtung über den Gebäudelebenszyklus und eine Abwägung zwischen Ressourcenschonung in der Erstellung und den angestrebten Gebäudequalitäten über die Nutzungsphase (z.B. Nutzlastreserven für Umnutzung).

- Landschaft: Bei Bauprojekten, bei welchen es möglich und sinnvoll ist, Flächenversiegelung vermeiden. Gute Beispiele der ökologischen Planung werden von FSKB bzw. den kantonalen Fachverbänden und dem Bund zusammengestellt ([Link 1](#), [Link 2](#), [Link 3](#))
- Ressourcenaufwand: Lebensdauer der Gebäude verlängern, Gebäude mit minimalem Ressourceneinsatz konstruieren, Bauteile aus dem Rückbau wiederverwenden, Baustoffe verwerten – wenn aus Qualitätsgründen keine Möglichkeit der Wiederverwendung oder Weiterverwendung besteht, Produkte mit weniger Materialeinsatz oder aus sekundären Rohstoffen nutzen (Bsp. dichterreduzierte Materialien, RC-Baustoffe), Herstellungs- und Verarbeitungsabfälle minimieren / Komplementärprodukt herstellen, Abfälle auf der Baustelle vermeiden, Design von Bauprodukten / Bauteilschichten für die zerstörungsfreie Demontage (Wiederverwendung durch «Design for disassembly» ermöglichen), Bauteile im Modell Product-as-a-service inkl. Rücknahmesystem anbieten
- Energieaufwand der Herstellung: Neue Herstellungsverfahren unter grösstmöglicher Energieeffizienz berücksichtigen
- THG-Emissionen: Umstieg auf erneuerbare Energien, wobei es aber zu berücksichtigen gilt, dass erneuerbare Energien nicht per se klimaneutral sind. In der vorgelagerten Lieferkette können weiterhin THG-Emissionen anfallen, die es langfristig ebenso zu vermeiden gilt. Bei bestimmten industriellen Herstellungsverfahren fällt auch rohstoffbedingtes CO₂ an (z.B. geogene CO₂-Emissionen der Zementherstellung). Diese nicht vermeidbaren THG-Emissionen können künftig durch Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (= Carbon Capture and Storage) abgeschieden und gespeichert werden

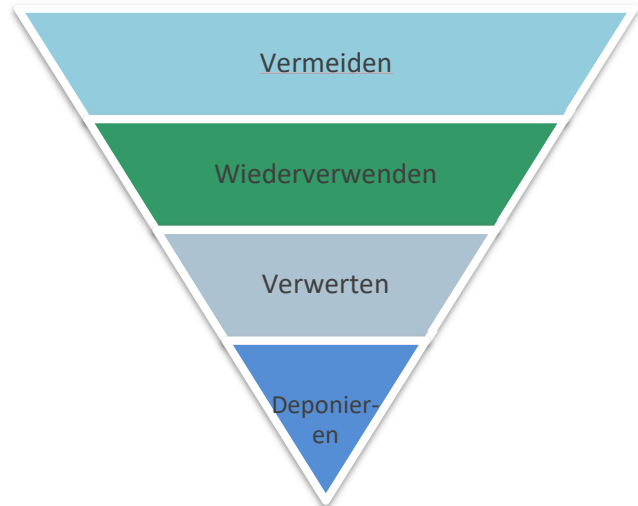
7 Mineralische Baustoffe in einer Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen hat sich in den letzten Jahren zu einem zentralen Ansatz entwickelt, um die Umweltauswirkungen der Bauindustrie zu minimieren und die Ressourceneffizienz zu steigern. Im Zentrum dieses Ansatzes steht das Schliessen von biologischen und technischen Kreisläufen. Während sich der biologische Kreislauf auf regenerative Ressourcen konzentriert, werden im technischen Kreislauf endliche Ressourcen betrachtet. Mineralische Baustoffe fallen in den technischen Kreislauf.

7.1 Einführung in die Thematik der Kreislaufwirtschaft

Ansätze der Kreislaufwirtschaft im Bereich der «technischen», respektive «nicht-erneuerbaren Ressourcen» bewegen sich in den drei Hauptfeldern «Vermeiden», «Wiederverwenden», und «Verwerten».

Zirkulär bauen bedeutet in erster Linie «anders» bauen respektive **«Vermeiden»** (engl. Rethink and Refuse), Hierzu gehört insbesondere die Vermeidung von nicht zwingend nötigem Materialverbrauch (z.B. durch die Wahl von Konstruktionen mit einem reduzierten Materialverbrauch) und die Vermeidung von Abfall. Letzteres bedeutet auch die Vermeidung von künftigen Rückbauten durch eine flexible Gebäudekonzeption, wodurch Anpassungen und Nutzungsänderungen zugelassen werden. Bestehende Gebäude sollen im Sinne der Abfallvermeidung und der Verringerung des Bedarfs an neuen Materialien erst dann rückgebaut werden, wenn mit einem Ersatzneubau die zu verursachenden Umweltauswirkungen geringer ausfallen als mit einer Anpassung und Weiternutzung des Bestands. Dabei müssen die Lebenszyklen beider Varianten inklusive Herstellung und Entsorgung von Materialien sowie Gebäudebetrieb betrachtet werden.



Die Verwendung der Ressourcen ist gemäss der Ressourcenpyramide in der Reihenfolge von oben nach unten zu priorisieren (Darstellung Intep).

Sollte ein Rückbau unvermeidbar sein, kommt die **Wiederverwendung** (engl. Reuse oder Re-Use) von Bauteilen zur Anwendung. Dazu muss der Rückbau der entsprechenden Bauteile explizit mit dem Ziel der Wiederverwendung und vor allem frühzeitig geplant werden. Um eine künftige Wiederverwendung zu ermöglichen, ist bei der Gebäudeplanung auf sortenrein trennbare Verbindungen von Materialien zu achten. Wenn die Wiederverwendung technisch nicht möglich bzw. aus nachweislichen Gründen nicht sinnvoll ist, ist ein bestmögliches Verfahren für die **Verwertung** (engl. Recycling) des mineralischen Bauteils bzw. Baustoffes zu wählen. Ist auch eine Verwertung nicht möglich oder sinnvoll, werden Baumaterialien als letzte Lösung **deponiert**.

7.2 Ökologische Beurteilung von Wiederverwendung versus Verwertung bei mineralischen Baustoffen

Zur Minimierung der Umweltbelastung dient primär die Hierarchie der Ressourcenpyramide als Orientierung, wobei im Einzelfall nach einer Gesamtbetrachtung die passende Massnahme getroffen werden muss.

- Generell gilt es zu beachten, dass jeder Verarbeitungsschritt mit einem Aufwand verbunden ist und zu Verlusten an Masse und Qualität führen kann. Aus diesem Grund sind erhaltende Massnahmen zur Lebensdauererlängerung von erstens ganzen Gebäuden und zweitens unbelasteten Bauteilen und Baustoffen wie die Wiederverwendung gegenüber der Verwertung zu priorisieren.
- Die Lebensdauer von Bauteilen innerhalb eines Gebäudes kann durch sorgfältige Pflege und Reparaturen verlängert werden. Oft werden Gebäude rückgebaut, obwohl viele individuelle Bauteile noch gut erhalten sind (z.B. Mauersteine oder Stahlträger), in einem solchen Fall bietet sich die Wiederverwendung der Bauteile in einem neuen Gebäude besonders an. Um die Wiederverwendung der Bauteile in einem neuen Gebäude zu ermöglichen, muss frühzeitig ein Konzept für einen bauteilschonenden Rückbau und die Vermittlung der Bauteile an neue Abnehmer erarbeitet werden.

- Die Verwertung ist wichtig für die Schliessung der Stoffkreisläufe. Schadstoffbelastete Bauteile können in geeigneten Recyclingverfahren aufbereitet und verwertet werden. Dabei müssen die Schadstoffe entfernt und vernichtet oder vorschriftsgemäss entsorgt werden, während der Baustoff als Sekundärmaterial eingesetzt werden kann. Um einen möglichst hohen Verwertungsanteil der Bauabfälle zu erwirken und ein Downcycling zu vermeiden, ist ein sorgfältiger Rückbau und eine konsequent sortenreine Trennung der Materialfraktionen auf der Baustelle zu verfolgen.

Allgemeine Erläuterungen zur Wieder- und Weiterverwendung versus Verwertung

Wiederverwendung (Reuse oder Re-Use)

Unter Wiederverwendung im Baubereich ist der erneute Einsatz von ganzen Bauteilen gemeint. Die Wiederverwendung ist eine Massnahme der Produktlebensdauererlängerung, wodurch aus der bereits investierten Umweltbelastung, welche bei der Herstellung des Bauteils angefallen ist, ein maximaler Nutzen gezogen wird.

Vor einer Wiederverwendung kann ein Zwischenschritt der Auffrischung oder Reparatur erforderlich sein. Bei diesem Schritt zur Wiederherstellung der Qualität, z.B. dem Schleifen einer beschädigten Oberfläche, bleibt die wesentliche Form des Bauproduktes erhalten. Weite fossilbetriebene Transporte zu einem neuen Verwendungsort sind dabei zu vermeiden.

Weiterverwendung

Wenn eine **Wiederverwendung (Einsatz für den gleichen Zweck)** nicht mehr möglich ist, kann im nächsten Schritt der Ressourcenkaskade die **Weiterverwendung (Einsatz für einen anderen, meist minderwertigen Zweck)** zum Zuge kommen.

Verwertung

Eine Reihe von Baustoffen kann mehrfach stofflich verwertet werden. Bei der Verwertung werden Bauteile zertrümmert oder eingeschmolzen, sodass die enthaltenen Materialien als Rohstoffe zurückgewonnen werden können. Die ursprüngliche Form des Bauteils wird dabei nicht erhalten. Die Verwertung von mineralischen Rückbaumaterialien wie Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch und Mischabbruch ist in der Schweiz seit Jahren etabliert. Die aus der Aufbereitung entstehenden RC-Baustoffe wie Betongranulat und Mischgranulat werden dabei beispielsweise als Ersatz von natürlicher Gesteinskörnung zur Herstellung von Beton bzw. Beton mit RC-Gesteinskörnungen verwendet.

Obwohl beim Verwerten meist von «Recycling» gesprochen wird, geht damit oft ein «Downcycling» einher. Streng genommen bezieht sich das **«Recycling» auf die Verwertung für denselben Zweck** (z.B. Beton im Hochbau wird zu Beton mit RC-Gesteinskörnungen wiederum im Hochbau eingesetzt), das **Downcycling** hingegen auf eine **Verwertung für einen minderwertigen Zweck** (z.B. zertrümmerte Mauerziegel, die im Wegebau eingesetzt werden).¹⁹

(eigene Darstellung Intep)

¹⁹ Insgesamt gilt es hierbei zu berücksichtigen, dass der nCPR zudem noch gesetzliche Definitionen vorsieht

8 Empfohlene nachhaltige Anwendung von mineralischen Baustoffen

In der Bauwirtschaft existieren viele Beispiele, die aufzeigen, wie mineralische Baustoffe bereits heute nachhaltig eingesetzt werden können und sollten. Die nachfolgenden Beispiele sind nummeriert und umfassen folgende Aspekte:

1. Dauerhaftigkeit, 2. Widerstandsfähigkeit, 3. Wiederverwendung, 4. Regionale Verfügbarkeit 5. NoTech-Low-Tech, 7. Einsatz im Hoch- vs. Tiefbau, 8. Kombination mit anderen Baustoffen, 9. Beton mit RC-Gesteinskörnungen und RC-Asphalt, 10. Lehm, 11. Boden und Aushub als Ressource.

8.1 Dauerhaftigkeit der mineralischen Baustoffe

Es empfiehlt sich insbesondere wegen der Dauerhaftigkeit von mineralischen Baustoffen, diese dort einzusetzen, wo Langlebigkeit gefordert ist. Die Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Baustoffen sind vielfältig und müssen unterschiedlichsten Anforderungen genügen. Dies sind neben den Festigkeitseigenschaften auch Anforderungen an die Dauerhaftigkeit (Frost-, Tausalz-widerstand, Wasserdichtigkeit, Stabilität) und die Umweltverträglichkeit. Der Vorteil der Dauerhaftigkeit kommt aber nur zum Tragen, wenn die lange Lebensdauer der Baustoffe auch genutzt wird und die Bauwerke und Baustoffe nicht vorzeitig rückgebaut und entsorgt werden.



Pantheon, Rom



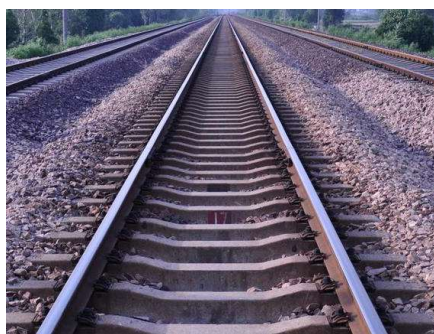
Rustici-Steinhäuser, Maggiatal

8.2 Widerstandsfähigkeit von mineralischen Baustoffen

Des Weiteren empfiehlt sich die Verwendung von mineralischen Baustoffen aufgrund der ausgeprägten Widerstandsfähigkeit gegen zahlreiche Umwelteinflüsse: Tiefbauobjekte (z.B. Brücken, Pfeiler, Tunnelportale, Stützmauern) sind in der Regel einer Vielzahl von Umwelteinflüssen ausgesetzt, die das Bauwerk extrem belasten. Hier kommt den Dauerhaftigkeitseigenschaften des Baustoffs Beton grösste Bedeutung zu. Das heisst Ausgangsstoffe und Rezeptur müssen sorgfältig ausgewählt und konstant gehalten werden. Inspizierte Betonwerke ([Link](#)) bieten dafür grösstmögliche Gewähr²⁰. Im Gleisbau werden mit Betonschwellen leistungsfähige Verkehrswege mit langer Lebensdauer geschaffen. Alle Werkstoffe im Wasserbau sind durch klimatische / feuchte Wechselbelastungen und den Strömungsabgriff des Wassers – teilweise mit Feststoffen – höchsten Belastungen ausgesetzt. Die richtige Auswahl der Rohstoffe und das optimierte Mixdesign des Betons gewährleisten möglichst langlebige Bauwerke. Zudem kann Beton optimal mit anderen Baustoffen verbaut werden. Am Ende einer langen Nutzungszeit lassen sich der Beton sowie der Bewehrungsstahl vollständig recyceln.



Taminabrücke, St. Galler Tagblatt.ch



Gleiskörper mit Betonschwellen



Tragfester Beton aus EOS-Granulat vom Stahlrecycling für den Ausbau der erneuerbaren Energieproduktion mit Wasserkraft

8.3 Die zentrale Bedeutung der Wiederverwendung von Bauteilen

Es gilt, Bauteile wiederzuverwenden, um so möglichst viele Ressourcen sparen zu können. Die Wiederverwendung schont natürliche Ressourcen und lohnt sich zudem ökologisch, insbesondere bei energie- und THG-intensiven Produkten.

Zement ist der grösste Verursacher von THG-Emissionen in der Schweizer Industrie.²¹ Daher empfiehlt sich dessen Vermeidung. Durch die Wiederverwendung von Bauteilen (bzw. durch das Wegfallen der Neuherstellung) werden auch weitere Umweltbelastungen vermieden.

Beispielsweise wurden in den letzten Jahren bereits einige Leuchtturmprojekte mittels Wiederverwendung von Beton in der Schweiz realisiert, wie z.B. die Wiederverwendung von Stahlbetonblöcken als Brücke an der ETH-Lausanne (s. Bild unten links), was letztlich zu einer erheblichen Ressourceneinsparung geführt hat.

Ebenso wurden in Meyrin (GE) Betonplatten aus verschiedenen in Genf verteilten Baustellen für den Boden von zwei Hangars wiederverwendet (s. Bild unten Mitte). Die wiederverwendeten Platten wurden zusammengesetzt und ersetzen insgesamt eine Sohlplatte, die sonst vor Ort hätte gegossen werden müssen.

Insbesondere Mauerziegel oder Mauersteine aus Ton sind aufgrund des Brennprozesses sehr energie- und THG-intensiv in der Herstellung, wobei sie jedoch sehr langlebig sind. Als Beitrag an eine ökologische Verwendung von Ziegeln bietet sich daher eine direkte Wiederverwendung als Bauteile an. Hierbei ist eine Option die Wiederverwendung von einzelnen Ziegelsteinen, wobei aber zu berücksichtigen ist, dass je nach verwendetem Mörtel die Ziegelsteine nicht leicht zerstörungsfrei trennbar sind. Als Alternative könnten daher flächig Teile aus der Ziegelfassade ausgeschnitten und in neue Gebäude eingesetzt werden. Letzteres wurde beispielsweise an einem Mehrfamilienhaus in Kopenhagen umgesetzt (s. Bild unten rechts, [Link](#)).

²⁰ Abgrenzung zur Zertifizierung: Im Sinne des BauPG werden ausschliesslich harmonisierte Produkte (in den Systemen 1 und 1+) sowie die werkseigene Produktionskontrolle (im System 2+) zertifiziert

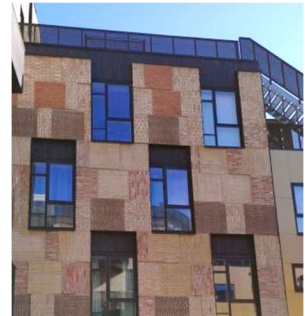
²¹ BAFU, Treibhausgasemissionen der Industrie (Zahlen Jahr 2020), <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/zustand/daten/treibhausgasinventar/industrie.html>



Bögen bilden die ideale Tragstruktur für die Wiederverwendung von Betonblöcken, da das Material nur Druckkräften ausgesetzt ist. Quelle: zvg



Betonplatten zur Wiederverwendung, Quelle: © Faz architectes



Im Gebäude «Resource Rows» in Kopenhagen wurden Ziegelmodule wiederverwendet. Foto Nadja Lavanga.

8.4 Vorteil der Regionalität von mineralischen Baustoffen

Die Regionalität von mineralischen Baustoffen spricht ebenfalls für ihre Verwendung beim Bau: Es müssen nur kurze Distanzen zurückgelegt werden, um an die Baustoffe gelangen zu können.

Die Schweiz versorgt sich aktuell zu ca. 80% selbständig mit mineralischen Baustoffen, es wäre jedoch – aufgrund des steinreichen Untergrunds und der ausreichenden Vorkommen – auch möglich, diese Prozentzahl zu erhöhen²². Dies anzustreben wäre sinnvoll, denn die mineralischen Baustoffe werden regional und dezentral, nahe dem Verwendungsort aufbereitet, was die Umweltbelastung durch die Transporte minimiert.²³ Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Abbau einen erheblichen Einfluss auf die Landschaft hat.



Kiesgrube Bethlehem, quadragmbh.ch

Neben dem positiven Beitrag der kurzen Transportwege bieten lokale Abbaustellen wichtige Pionierstandorte für seltene Tier- und Pflanzenarten: Bereits während des Rohstoffabbaus entstehen vegetationslose Tümpel, brachliegende Flächen oder unbesiedelte Steilwände, die der Flora und Fauna als Lebensraum dienen.

²² Ausstellung Materia Helvetica, 2022, <https://materia-helvetica.ch/de>, aktuell werden ca. 20% mineralische Baustoffe importiert

²³ Die Schweiz ist reich an mineralischen Rohstoffen, FSKB-INFO-2020-DE-WEB-Artikel.pdf (arv.ch)

8.5 NoTech-LowTech: eine Massivbauweise aus mineralischen Baustoffen kann den Bedarf an Gebäudetechnik reduzieren



Beton mit RC-Gesteinskörnungen im Schulhaus Gebenstorf

Beispiele:

Schulhaus Gebenstorf:

Das Schulhaus Gebenstorf verfolgt für das gesamte Gebäude einen "LowTech"-Ansatz. Beton wird für den Ausbau verwendet: alle Böden und Treppenstufen sind in pigmentiertem Hartbeton mit Patina-Schliff ausgeführt. Roper Beton an Boden und Decke ermöglicht eine optimale Wärmeübertragung und dient so als thermische Speichermasse. Im Sommer beispielsweise wird während der Nachtauskühlung Kälte aufgenommen, die tagsüber wieder abgegeben wird und so vor Überhitzung schützt. Durch die thermische Masse werden Temperaturschwankungen im Gebäude reduziert, somit Heiz- und Kühllasten reduziert sowie der thermische Komfort erhöht.

Der Verzicht auf zusätzliche Schichten spart Ressourcen, THG-Emissionen und Finanzen. Es wurden keine technischen Einrichtungen in die Betonstruktur eingeführt. Alle Räume können über die Fassade ohne mechanische Lüftung quergelüftet werden. So konnte den unterschiedlichen Lebenszyklen der Strukturen Rechnung getragen werden.²⁴

Baukonzept 2226:

Das innovative, nachhaltige Baukonzept 2226 basiert auf einer Konstruktion mit massiven Wänden, die dank ihrer thermisch wirksamen Masse den Wärmeverlust reduzieren und gleichzeitig für ein angenehmes Raumklima mit optimalen Temperaturen zwischen 22 und 26 Grad sorgen. Dazu tragen auch die bewusst dimensionierten und zurückgesetzten Fenster bei. So kann auf den Einbau von Heizungs-, Lüftungs- und Kälte- (HLK-) Systemen sowie auf Sonnenstoren verzichtet werden. Die beinahe 80 cm dicke Gebäudehülle besteht aus zweischaligem Mauerwerk, wobei die Vorteile zweier unterschiedlicher Funktionen von Ziegelstein kombiniert werden: Die äussere Schicht besteht aus grobporigen Ziegeln zur Isolation, während die innere Schicht aus feinporigen Ziegeln mit höherer Dichte besteht und damit sowohl thermische Masse als auch eine statische Funktion bringt. Die Oberflächen und Materialien in Kalkputz sind zudem so konzipiert, dass sie Temperaturschwankungen optimal ausgleichen können.

Für einen ökologischen Entwurf muss die Ökobilanz im Einzelfall gerechnet werden, denn die dicken Mauern bedeuten einen Mehraufwand an Ressourcen und grauer Energie. Um die ökologischen Auswirkungen zu minimieren, wird empfohlen, wiederverwendete oder rezyklierte mineralische Materialien wie z.B. Kalk aus rückgebautem Kalkstein-Sekundärmaterial zu verwenden. Bei der Herstellung von Kalkmörteln oder -putzen sollte auf die Verwendung von Zement verzichtet werden, um den Kreislauf für Ziegel nicht zu unterbrechen. Dazu kann auf eine Reihe von Zusatz- und Bindemitteln aus Lehm und Bauabfällen zurückgegriffen werden, die für Böden, Wände oder im Lehmmauerwerk verwendet werden können. Weiter muss beachtet werden, dass für das Funktionieren dieses LowTech-Ansatzes eine Mindestpräsenz von Personen im Gebäude erforderlich ist, um die nötige Wärme zu generieren.



Bürohaus in Emmen «2226»

²⁴ <https://www.baudokumentation.ch/m11/47/868547/223edc6109373eefb480f562d4051493.pdf>

8.6 Mineralische Bauabfälle können im Hoch- oder Tiefbau eingesetzt werden

Es empfiehlt sich, mineralische Bauabfälle möglichst wieder für einen gleichwertigen Zweck einzusetzen. Der Verband arv gibt dementsprechend im Merkblatt «Neue Perspektiven für alte Steine» ([Link](#)) Empfehlungen für Verwendungsmöglichkeiten von mineralischen Abbruchmaterialien ab und listet die zugehörigen gesetzlichen Vorgaben und Normen auf.

8.7 Mineralische Baustoffe lassen sich mit anderen Baustoffen kombinieren



Grünbrücke, Espazium.ch

Mineralische Baustoffe sind nicht nur widerstandsfähig an exponierten Stellen, sondern sie lassen sich auch optimal mit anderen Baustoffen kombinieren. Dies spricht daher ebenfalls für die Verwendung von mineralischen Baustoffen beim Bauen.

Hybridbauten, wie die Kombination von mineralischen Baustoffen und Holz, ermöglichen es beispielsweise, mehrere Anforderungen zu erfüllen: Bei Hybridbauten wird Holz oft auf der soliden Grundlage eines Betonsockels oder -kerns eingesetzt. Es ist darauf zu achten, dass jeder Baustoff seine Funktionalität optimal entfalten kann und diese durch die Kombination von Baustoffen nicht geschmälert wird (z.B. Verhinderung von thermischer Aktivierung von Beton durch Holzverkleidung).

Die höchste Holz-Beton-Hybridkonstruktion der Schweiz mit einer Höhe von 60 m wurde im Jahr 2019 in Risch Rotkreuz ZG gebaut. Der Holzskelettbau entwickelt sich auf der Basis eines betonierte Erdgeschosses und um zwei Kerne aus Ortbeton. «Holz-Beton-Hybriddecken trennen die Geschosse und nehmen die haustechnischen Installationen auf.»²⁵ Durch das verwendete Holzhybridbausystem mit integrierter Deckenklimatechnik konnte die Betonschicht aufgewertet werden. «Durch den Einsatz von Holz spart das Deckensystem in der Produktion graue THG-Emissionen und durch die Massenaktivierung bis zu 30 Prozent Energie im Betrieb.»²⁶



Suurstoffi 22 Risch-Rotkreuz, burkardmeyer.ch

²⁵ <https://burkardmeyer.ch/projekte/suurstoffi-22-risch-rotkreuz/>

²⁶ <https://issuu.com/lignum/docs/hbu135>

8.8 Rezyklierte statt primäre mineralische Baustoffe schonen die Ressourcenvorkommen

Beispiel Beton:

Die Stadt Zürich setzt seit 2002 für ihre Hochbauten konsequent Beton mit RC-Gesteinskörnungen ein, mindestens RC-C-Beton, und wenn es technisch möglich ist RC-M-Beton. Es werden z.B. Sichtbetondecken aus RC-M-Beton eingesetzt.



Busgarage Hardau: Amt für Hochbauten, Foto: Andrea Helbling Arazebra, Zürich



Schulanlage Schauenberg: Amt für Hochbauten, Foto: Roland Bernath, Zürich



Schulanlage Schütze: Amt für Hochbauten, Foto: Theodor Stalder, Zürich



Wohnsiedlung Werdwies: Amt für Hochbauten, Foto: Georg Aerni, Zürich



Wohnsiedlung Kronenwiese: Amt für Hochbauten, Foto: Roman Keller, Zürich



Erweiterung Kunsthaus Zürich: Amt für Hochbauten, Foto: Juliet Haller, Zürich

Beispiel Asphalt:

In der Schweiz werden vergleichsweise wenig zusätzliche Strassen neu gebaut, sondern vorwiegend bestehende Strassen erneuert. Dabei wird regelmässig auf RC-Asphalt für den Strassenbau zurückgegriffen.

RC-Asphalt wurde z.B. bei der Sanierung der Verbindungsstrasse zwischen Oetwil a.L. und Würenlos (AG) für den Einbau eines Radweges verwendet. Auch Städte wie Bern, Küsnacht, Uster und Zürich setzen bei Quartier- und Hauptstrassen auf recycelten Asphalt.



Quelle: SBB

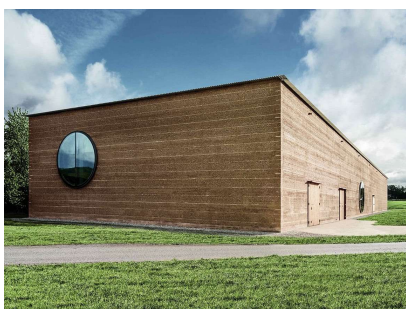
Auch die SBB setzt RC-Asphalt für die Perrons ein. Im Rahmen der Pilotierung wurde die Machbarkeit geprüft und bestätigt. Gegenüber einem Perron aus Frischasphalt kann – gemäss der SBB – die Umweltbelastung um einen Viertel gesenkt werden.²⁷

²⁷ <https://company.sbb.ch/de/ueber-die-sbb/verantwortung/nachhaltigkeit/umweltschutz/kreislaufwirtschaft.html>

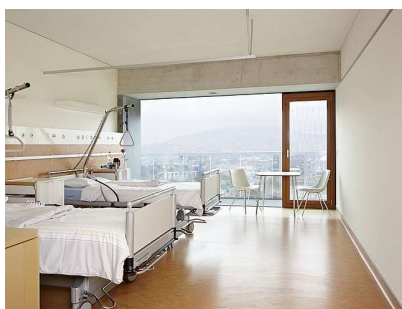
8.9 Empfohlene Anwendung von Lehm

Lehm ist ein besonderer mineralischer Baustoff, der ein angenehmes Raumklima fördert. Leider ist die Verwendung von Lehm im Bau derzeit in der Schweiz noch selten. Es wird aber unbedingt eine Änderung dieses Umstandes empfohlen und angestrebt, denn an Lehmressourcen mangelt es in der Schweiz nicht, Gegenteiliges ist der Fall: Die Lehmkarte Schweiz ([Link](#)) zeigt, dass ein grosses Lehmvorkommen über das ganze Landesgebiet verteilt besteht.

Das grösste Potenzial für die Verwendung von Lehm liegt derzeit im Innenbereich. Lehm als Putz wirkt sich positiv und energetisch nachhaltig auf das gesamte Raumklima aus. Der Lehmputz kann den Feuchtigkeitsgehalt der Luft auf natürliche Weise regulieren, den Schall dämmen, die Wärme speichern und Gerüche absorbieren. Ein anderer grosser Vorteil von Lehm ist, dass er vollständig recycelbar ist. Beispiele des Einsatzes von Lehm:



Kräuterzentrum Laufen: IG Lehm, Foto: Andrea Helbling Arazebra, Zürich



Stadtspital Triemli: IG Lehm, Foto: Ralph Freiner, Zürich



Büro Laufen: IG Lehm, Foto: fnp-architekten, Zürich

8.10 Es gilt, den Boden und Aushub als Ressourcen zu erkennen

Auch Boden ist eine knappe Ressource, weshalb insbesondere auf eine nach Innen lenkende Siedlungsentwicklung zu achten ist. Zudem müssen Flächen in Gebäuden sparsam bemessen werden, denn überdimensionierte oder nicht nutzbare Flächen erhöhen den Materialverbrauch und die Umweltbelastung der Gebäude. Bei der Flächenplanung spielen jedoch auch soziale Bedürfnisse eine grosse Rolle (z.B. Bereitstellung von Gemeinschaftsräumen und umgebendem Erholungsraum).

Im Zusammenhang mit dem Boden ist auch der Aushub zu erwähnen: Aushubmaterial kann je nach Qualität für unterschiedliche Anwendungen verwertet werden. Auch der Einsatz in bewilligten Terrainveränderungen ist möglich. Siehe Vollzugshilfe des BAFU zur Abfallverordnung, Modul Bauabfälle ([Link](#)).

9 Baustoff Beton: Entwicklungen und Innovationen

Diverse innovative Rezepte für Öko-Beton werden derzeit entwickelt. Nachfolgend werden ein paar Beispiele aufgeführt:

Das Potenzial von Öko-Zement

Die Empa forscht an alternativen Zement- und Betonarten, bei deren Herstellung weniger schädliches Klimagas entsteht oder Kohlendioxid gebunden wird. Laut den Zementforschern an der Empa reduziert der CSA-Zement aus Calciumsulfoaluminat die Treibhausgasemissionen von Zement um knapp 30%. Sein Vorteil liegt in der geringeren Menge an Kalkstein in der Rohstoffmischung und einer geringeren Brenntemperatur. Die Art der Zusatzstoffe im Zement liesse sich sogar derart verändern, dass der Vorgang des Brennens komplett entfiel²⁸.

Ein weiterer Ansatz für kohlenstoffarmen Zement besteht im Ersatz von CO₂-intensivem Klinker mit einer Mischung von Metakaolin-Ton, Gips, Hochofenschlacke und Natriummetasilikat. Das Verfahren ist interessant für Ingenieurbeton (selbstverdichtend, Spezialfundamente, Estriche) und Fertigteilebau.²⁹ Durch den Verzicht auf den Brennprozess kann die CO₂-Bilanz von Gebäuden langfristig um 70% gesenkt werden.³⁰ Ein solcher klinkerfreier Zement wurde beispielweise beim Bau einer Wohnanlage mit Villen in der Gemeinde Onex (GE) für Fundamente, Bodenplatten und Wände eingesetzt.

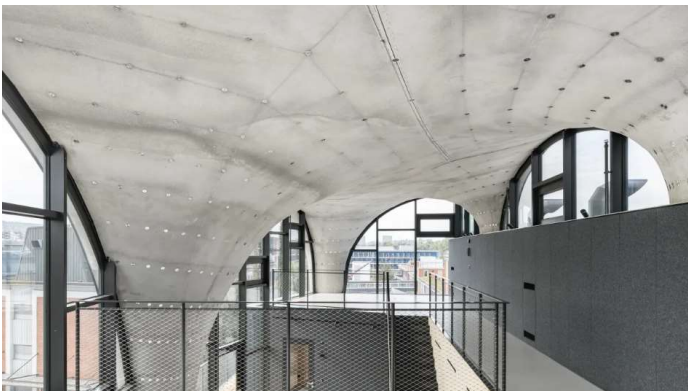
Bei der Gesamtbeurteilung solcher neuartiger Zementsorten sollten neben den CO₂-Emissionen in der Herstellung jedoch immer auch die Herkunft und Verfügbarkeit der Rohstoffe sowie Angaben zur technischen Verwendbarkeit beachtet werden.

CO₂-Bindung in Beton durch Carbonatisierung

Betongranulat hat das Potential, CO₂ durch chemische Bindung langfristig einzulagern. In speziellen Verfahren wird Betongranulat mit CO₂ in Kontakt gebracht, wobei eine oberflächliche Carbonatisierung der Zementmatrix stattfindet und so das CO₂ in kristalliner Form langfristig gebunden wird. Das so behandelte Betongranulat wird als Kiesersatz dem Frischbeton zugegeben.³¹ Die Verfahren unterschiedlicher Firmen weisen aktuell verschiedenen hohe Wirkungsgrade der Carbonatisierung im einstelligen Prozentbereich auf.

Beton mit carbonatisiertem Granulat weist identische statische Eigenschaften auf wie ein Primärbeton und kann folglich für eine Vielzahl von Bauelementen (Aussen- und Innenwände, Bodenplatten) eingesetzt werden.

Design mit minimalem Materialeinsatz



Selbsttragendes HiLo-Deckensystem, ETH Forschungsgruppe Block Research Group

Die Innovationsplattform NEST der Empa nutzt die Technologie des 3D-Drucks, um ein ultraleichtes Deckensystem herzustellen. «Die Leichtbau-Deckenkonstruktion im HiLo Unit zeichnet sich durch eine gewölbte, druckstabile Rippenstruktur aus, die eine Materialersparnis von 50% gegenüber herkömmlichen Betondecken erzielt»³². Durch dieses filigrane Design werden die grauen CO₂-Emissionen pro Quadratmeter Nutzfläche erheblich reduziert. Die Deckenelemente, die als Zuschlagstoff aufbereitetes Mischgranulat aus Rückbauprojekten enthalten, erlauben eine energiesparendere technische Installation. «Die digital gesteuerte Fertigung der Elemente ermöglicht einen flexibleren Materialeinsatz, der sich gezielt an

²⁸ <https://www.empa.ch/web/s604/a-recipe-for-eco-concrete>

²⁹ <https://www.ciments-hoffmann.fr/dossier-ciment-decarbone/>

³⁰ <https://www.batimag.ch/monde-de-la-construction/le-ciment-francais-sans-carbone-se-menage-une-place-en-suisse-romande-3682>

³¹ <https://www.kibeco.ch/de/produkte/kibeco-beton>

³² <https://www.holcim.ch/de/nachhaltiger-holcim-beton-fuer-innovatives-leichtbau-forschungsprojekt-der-eth-zuerich>

der Tragstruktur orientiert. Die Dicke der Betondecke variiert je nach statischer Anforderung. Zudem ist die Ausführungsqualität gleichmässig hoch und es lassen sich anspruchsvollere geometrische Formen realisieren. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten für Design, Statik und Funktionalität.»³³

10 Empfehlungen nach Bauphasen

10.1 Allgemeine Bemerkungen

Für das nachhaltige Bauen mit mineralischen Baustoffen müssen bereits in der strategischen Planung klare Zielkriterien für die Nachhaltigkeit formuliert werden. Insbesondere ist die Erhaltung statt eines Ersatzneubaus zu prüfen. In der ökologischen Dimension beginnt dies im Sinne des «Reduzierens». Eine Leitfrage kann dabei sein: Wie kann möglichst ressourcenleicht und zirkulär gebaut werden? Dies muss selbstverständlich auf konkrete Teilaspekte heruntergebrochen werden.

Auch in der Ausschreibung befinden sich wichtige Hebel für die Nachhaltigkeit. Genügend fordernde Ausschreibekriterien, die dennoch innovative Vorschläge zulassen, helfen die idealen Umsetzungspartner zu finden.

Die Wiederverwendung von Bauteilen ist eine der Stellschrauben, die eine Verlängerung der Lebensdauer ermöglichen und damit die CO₂ Emissionen bei Baumassnahmen und den Ressourcenverbrauch reduzieren. Für Projekte, die den Ansatz der Wiederverwendung verfolgen und mit gebrauchten Bauteilen arbeiten, ist zu beachten, dass diese nicht nach den herkömmlichen SIA-Phasen bearbeitet werden können. Einige Schritte greifen vor, andere fliessen ineinander. Insbesondere verschieben sich die Kosten der Bauteilbeschaffung nach vorn, denn die Bauteile müssen für die Erstellung des Entwurfs weitgehend vorliegen.

Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich vorwiegend auf den Einsatz von RC-Produkten (z.B. Beton mit RC-Gesteinskörnungen). Für das zirkuläre Bauen und das Bauen nach dem Wiederverwendungsprinzip wird vertiefende Literatur empfohlen, in Kapitel 11 «Weitere empfohlene Umsetzungshilfen» sind beispielhaft einige Quellen aufgeführt.

10.2 Strategische Planung, Vorstudie und Projektierung

Idealerweise werden bereits in der Phase Strategische Planung die Ziele und Rahmenbedingungen für das nachhaltige Bauen mit mineralischen Baustoffen definiert. Dabei legt die Bauherrschaft die geforderten Eigenschaften eines Bauwerks sowie die Zielsetzungen bezüglich Nachhaltigkeit und Baustoffwahl fest. Basierend darauf ist das Planungsteam gefordert, in Abstimmung mit Produktherstellern und der Bauherrschaft entsprechende Lösungen zu erarbeiten. Mineralisch errichtete Konstruktionen sind sehr tragfähig, robust und nicht brennbar. Mineralische Baustoffe können bei richtiger Planung beim Rückbau als ganze Bauteile wiederverwendet oder zumindest rezykliert werden.

Beispiel Beton mit RC-Gesteinskörnungen:

Bereits in den Phasen 1/2 legt die Bauherrschaft in der Nutzungsvereinbarung mit dem Planungsteam die Zielsetzungen in Bezug auf die Nachhaltigkeit fest. Ausgehend von dieser Zielsetzung und verfügbaren Produkten mit bestimmten Eigenschaften wird evaluiert, ob der Einsatz von Beton mit RC-Gesteinskörnung zielführend ist oder nicht.

Vorabklärungen sichern die Verfügbarkeit des Betons mit RC-Gesteinskörnungen in der Region. Phasengerecht ist die Umsetzung zu sichern, z.B. wird in Phase 3 Projektierung bei der statischen konstruktiven Durchbildung von Bauteilen definiert, welche Bauteile aus Beton mit RC-Gesteinskörnungen oder Primärbeton erstellt werden können. In dieser Phase kann die Definition durch den Bauingenieur mit dem Hilfstool von ECO «Nachweis Recyclingbeton und Zementarten (XLSX)» festgehalten werden ([Link](#)).

³³ <https://www.swissbau.ch/de/aktuell/blog/neue-nest-unit-step2-3d-druck-und-gebaeudehuelle-im-fokus>

Empfehlungen für Bauherren/-innen, Projektleiter/-innen und Planer/-innen (Reihenfolge impliziert keine Priorisierung oder Effektivität)

- Prüfen Sie vor dem Entscheid zum Abriss eines Gebäudes alternative Nutzungsformen, um den Bestand zu erhalten.
- Tragen Sie zum nachhaltigen Umgang mit Bauressourcen bei, indem Sie zunächst die Wiederverwendung von Bauteilen bevorzugen und erst in zweiter Priorität RC-Produkte verwenden.
- Vereinbaren Sie die Weiter- oder Wiederverwendung von Bauteilen / Bauteilgruppen oder von Beton mit RC-Gesteinskörnungen bereits in der strategischen Planung und Vorstudienphase.
- Verwenden Sie Beton mit RC-Gesteinskörnungen für die aufgeführten Einsatzbereiche (s. Broschüre von arv und FSKB «Verwendungsempfehlungen» ([Link](#)) sowie das SIA-Merkblatt MB 2030)
- Entsprechend dem neuen öffentlichen Beschaffungsrecht soll nicht das wirtschaftlich günstigste Angebot, sondern das im Sinne der Nachhaltigkeit vorteilhafteste Angebot den Zuschlag erhalten ([Link](#) BAFU und [Link](#) KBOB).
- Sehen Sie frühzeitig die zerstörungsfreie Demontierbarkeit von Bauteilen und Bauprodukten bei der Auswahl von Baustoffen, Bauprodukten und den Konstruktionslösungen vor, um später bei Reparaturen und beim Rückbau die Zirkularität zu ermöglichen.
- Berücksichtigen Sie die Lebenszykluskosten der Baustoffe / Bauprodukte und Ihres Gebäudes und wenn möglich die externen Kosten der Umweltbelastung von mineralischen Baustoffen (s. Faktenblatt zur neuen Vergabekultur [Link](#)).

10.3 Ausschreibung

Eine neue Vergabekultur

Das revidierte Bundesgesetz über das Beschaffungswesen (BöB) sowie die revidierte Verordnung über das öffentliche Beschaffungswesen (VöB) sind am **1. Januar 2021** in Kraft getreten. Mit den Revisionen soll ein «Kulturwandel» im Schweizerischen Vergaberecht eingeführt werden. Die öffentlichen Vergabestellen sind aufgefordert, auf Qualität und Nachhaltigkeit ausgerichtete Zuschlagskriterien in ihre Ausschreibungsunterlagen aufzunehmen. Es soll somit nicht mehr «nur» das wirtschaftlich günstigste, sondern das vorteilhafteste Angebot den Zuschlag erhalten.» Weitere Informationen hierzu finden sich im zugehörigen KBOB-Faktenblatt «Neue Vergabekultur – Qualitätswettbewerb, Nachhaltigkeit und Innovation im Fokus des revidierten Vergaberechts» ([Link](#)).

Beispiel Beton mit RC-Gesteinskörnungen

In der Phase 4 Ausschreibung wird Beton mit RC-Gesteinskörnungen nach Eigenschaften für geeignete Anwendungen bestellt und dort als Hauptposition offeriert, wo Beton und RC-Gesteinskörnung innerhalb vernünftiger Distanz (bspw. Minergie- Eco: 25 km für Betonwerk) verfügbar sind. Entsprechende Primärbetone werden zum Preisvergleich in PER-Positionen gestellt.

Im eco-devis sind die gängigsten Sorten von RC-C-Beton als ökologisch interessant gekennzeichnet. Sie werden bereits in den meisten Festigkeitsklassen angeboten. RC-M-Beton ist unter bestimmten Voraussetzungen realisierbar. Das E-Modul ist als zusätzliche Eigenschaft zu den grundlegenden Anforderungen an den Beton nach Eigenschaften nach der Norm SN EN 206 festzulegen.

Gestaltung der technischen Spezifikationen

Nachhaltigkeitskriterien sollten als technische Spezifikationen gefordert werden. Graue THG-Emissionen und CO₂-Emissionen können beispielsweise durch die Wahl von Zementarten mit tiefem Portlandzementklinker-Anteil reduziert werden. Minergie-Eco hat die Vorgabe M4.010 und Massnahmen für Zementarten für normal beanspruchte Betone erstellt. Diese Vorgaben dienen als Werkzeug für die ökologische Planung und Ausschreibung.

Gestaltung der Zuschlagskriterien

Umweltbezogene Zuschlagskriterien und technische Spezifikationen können sich gegenseitig ergänzen. Zum Vergleich unterschiedlicher Angebote gibt es für Planer/-innen und Bauherren/-innen einen Online-Rechner

zur ökologischen Bewertung von unterschiedlichen Betonsorten. Der Einfluss des RC-Anteils und der Zementwahl auf die Betonökobilanz kann berechnet werden ([Link](#)). Dabei ist stets ein gleichzeitiger Einbezug der geforderten technischen Eigenschaften erforderlich.

Für Mörtel- und Betonzusatzmittel kann die Anforderung an Emissionsstandards gemäss FSHBZ gestellt werden. Dieses Label legt ökologische Kriterien fest, um die Auswirkungen von Zusatzmitteln auf den Menschen und die Umwelt zu verringern. Bei der Verwertung von Betonabbruch zur Herstellung von neuem Beton werden oft Betonzusatzmittel zudosiert. Wird dieser Vorgang mehrmals wiederholt, erhöht sich der kumulierte Zusatzmittelgehalt.

Die KBOB publizierte im November 2023 eine Empfehlung zur nachhaltigen Beschaffung im Bau, die praxisnah erläutert, wie Nachhaltigkeit als Zuschlagskriterium in die Ausschreibungen von Hochbauprojekten integriert werden kann ([Link](#)). Eine entsprechende Empfehlung im Bereich Infrastruktur liegt bereits vor ([Link](#)).

10.4 Realisierung

Der wichtigste Beitrag zur Nachhaltigkeit in der Realisierungsphase ist die tatsächliche Umsetzung der Planung mit Nachweisführung. Auf der Baustelle sind Fachleute mit der Überwachung und Qualitätskontrolle der Ausführung zu beauftragen, insbesondere auch für die Prüfung der Nachhaltigkeitsanforderungen in der Umsetzung. Während der Ausführung sind die Qualität der mineralischen Materialien und die Mengen anhand der Lieferscheine zu kontrollieren. Es empfiehlt sich, die zuständigen Personen der beauftragten Unternehmen rechtzeitig zu informieren, die Lieferscheine zu sammeln und die Übereinstimmung der Mengen zu überprüfen. Bei Beton kann nachträglich beim Betonwerk eine Übersicht aller Lieferungen nach Betonsorten gelistet bestellt werden.³⁴

Der Einsatz von Beton mit RC-Gesteinskörnungen kann weiter optimiert werden, indem die erforderlichen Mineralstoffe direkt vor Ort aus nahegelegenen Rückbau-Baustellen gewonnen werden und der Beton mit RC-Gesteinskörnungen vor Ort hergestellt wird, um lange Transporte zu vermeiden.³⁵

³⁴ Minergie ECO

³⁵ <https://www.ftige.ch/la-maitrise-de-leconomie-circulaire-sera-un-vrai-avantage/>

11 Weitere empfohlene Umsetzungshilfen

Tools, Bewertungshilfen und Gebäudelabels

- KBOB Liste der Ökobilanzdaten im Baubereich ([Link](#))
- Minergie-ECO ([Link](#))
- ecoDevis | Ökologische Leistungsbeschreibungen nach NPK ([Link](#))
- ecoProdukte – zertifizierte und bewertete ökologische Produkte ([Link](#))
- SNBS Hochbau ([Link](#))
 - 332 Ökologische Baustoffe
- SNBS Infrastruktur ([Link](#))
 - W 1.2.2 | Einfache Erhaltung und Rückbau
 - W 2.2.1 | Regional verfügbare Rohstoffe
 - U 1.4.1 | Unverschmutzte Abfälle
 - U 1.5.1 | Ressourceneffizienz
 - U 1.5.3 | Rückbaubarkeit
- DGNB / SGNI ([Link](#))
 - ENV 1.2 Risiken für die lokale Umwelt
 - ENV 1.3 Verantwortungsbewusste Ressourcengewinnung
 - TEC1.6 Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit

Wiederverwendung

- Übersicht der Akteurinnen und Akteure der Wiederverwendung in der Schweiz, Plattform des Vereins Cirkla ([Link](#))
- Merkblatt – Wiederverwendung von Bauteilen, Zirkular und ZAHW ([Link](#))
- Buchempfehlung: Bauteile wiederverwenden - Ein Kompendium zum zirkulären Bauen ([Link](#))
- Studie: Salza und matériuum im Auftrag des BAFU, Wiederverwendung Bauen, 2020 ([Link](#))
- Standards, Methoden und Tools zum zirkulären Bauen, eine Übersichtsliste von intep ([Link](#))

Mineralische RC-Baustoffe

- Merkblatt SIA 2030 Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen (2021) ([Link zu Shop](#))
- Verwendungsempfehlungen für Bauherren/-innen, Planer/-innen, Architekten/-innen und Ingenieuren/-innen arv / FSKB ([Link](#))
- SN EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte
- Betonsortenrechner für Planende ([Link](#))

Einsatz von Ausbausphal und Niedertemperaturasphal

- Best Practice Guideline KfG / arv ([Link](#))