



KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Nachführung Bezugsjahr 2020

März 2022

Energie- und Ressourcen-Management GmbH
Wolleraustrasse 15g
CH-8807 Freienbach
Tel 044 371 40 90
rubli@energie-ressourcen.ch
www.energie-ressourcen.ch

Impressum

Herausgeber

Umweltämter der Kantone Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Bern, Luzern, Schwyz, Solothurn, St. Gallen, Thurgau, Zug und Zürich

Bericht

Dr. Stefan Rubli, Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 8807 Freienbach

Grafiken (Abbildungen. 2-4)

Martin Schneider
Tinu Schneider Datenanalyse
3600 Thun

Projektgruppe

Dr. Stefan Rubli, Energie- und Ressourcen-Management GmbH,
Martin Schneider, Tinu Schneider
Datenanalyse

Begleitgruppe

David Schönbächler (Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau),
Elisabeth Papazoglou, David Odermatt (Amt für Umweltschutz und Energie Ressourcenwirtschaft und Anlagen),
Gertrud Engelhard (Amt für Umwelt und Energie – AUE BS)
Oliver Steiner, Martin Moser (Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern),
Michael Lutz (Dienststelle Umwelt und Energie Kanton Luzern),
Chasper Gmünder (Amt für Umwelt und Energie Kanton St. Gallen),
Thilo Arit (Amt für Umwelt Kanton Solothurn),
Stefan Rüegg (Amt für Umwelt und Energie Kanton Schwyz)
Achim Kayser (Amt für Umwelt Kanton Thurgau),
Bernhard Brunner (Amt für Umweltschutz Kanton Zug),
Dominik Oetiker (AWEL),
David Hiltbrunner (Bundesamt für Umwelt),
Martin Weder, Volker Wetzig (FSKB)
Yann Huet (arv Baustoffrecycling Schweiz).

Bezug

In den Umweltämtern der Kantone Aargau, beide Basel, Bern, Luzern, Solothurn, Schwyz, St.Gallen, Thurgau, Zug und Zürich

Download als pdf über:

Google: KAR-Modell - Modellierung der Bau-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse:
Nachführung 2020

Zürich, März 2022



Zusammenfassung

Die Bauwirtschaft ist der ressourcenintensivste Industriezweig in der Schweiz. Im Gegensatz zu den anderen Wirtschaftszweigen werden die Rohstoffe für die Bauwirtschaft jedoch zu grossen Teilen in der Schweiz gewonnen und verarbeitet. Zur Bewirtschaftung des Bauwerks werden nicht nur Rohstoffe benötigt, es entstehen auf der Outputseite grosse Aushub- und Rückbaumaterialströme. Immer grössere Anteile dieser Materialflüsse werden in den Baustoffkreislauf zurückgeführt, was wiederum den Ressourcenverbrauch reduziert. Ein Fließgleichgewicht ist aber noch lange nicht erreicht. Mit Hilfe der KAR-Modelle (Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialfluss-Modelle) lässt sich die vergangene, gegenwärtige und künftige Entwicklung dieser und weiterer Materialflüsse darstellen. Mittlerweile führen elf Kantone AG, BL+BS (nachfolgend auch BB genannt, weil die beiden Kantone ein gemeinsames Modell führen), BE, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH in Abständen von jeweils zwei Jahren die KAR-Modellierung durch. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Modellierungen für das Bezugsjahr 2020 vorgestellt.

Die Auswertungen zeigen, dass die mit den statischen Modellen ermittelten Materialflüsse in sämtlichen Kantonen gut mit den erhobenen Materialflüssen übereinstimmen. Auch bei den zeitlichen Entwicklungen, welche mit dem dynamischen Modellteil abgebildet werden können, stimmen die modellierten Materialflüsse in den meisten Fällen gut mit den erhobenen Materialflüssen überein. Die regelmässigen Erhebungen in den verschiedenen Kantonen bilden eine mittlerweile robuste Grundlage zur Validierung der Modelle.

Die Nachführung der statischen Modelle ergab die folgenden Erkenntnisse:

- Der Versorgungsgrad der Kantone mit mineralischer Gesteinskörnung (inkl. Rückbaustoffe) kann mittels Autarkiegrad quantifiziert werden: Die Kantone AG, BE, SO und ZH erreichen Autarkiegrade von $100 \pm 9\%$, d.h. diese Kantone können sich mit Gesteinskörnungen aus ihren Kantonen versorgen. Demgegenüber bewegen sich die Autarkiegrade in den Kantonen BL+BS, LU, SG und TG mit 29% – 68% auf deutlich tieferem Niveau. Diese Kantone importieren grosse Mengen an Kies aus dem Ausland oder aus den Nachbarkantonen. In den Kantonen SZ und ZG liegen die Autarkiegrade mit Werten von 89% und 86% relativ nahe beim Selbstversorgungsgrad von 100%.
- Bei der Aushubentsorgung bewegen sich die Autarkiegrade der Kantone BE, LU, SG, TG und ZG im Bereich von 100% - 108%. In den Kantonen AG und SO liegen diese mit Werten von 137% und 118% deutlich höher. Demgegenüber bewegen sich die Autarkiegrade in den Kantonen BB (68%), SZ (87%) und ZH (74%) auf tieferem Niveau.
- Im BL+BS liegen somit die Autarkiegrade für die Versorgung mit mineralischer Gesteinskörnung als auch für die Aushubentsorgung mit 29% bzw. 68% sehr tief. Der Grund hierfür ist der intensive Materialaustausch mit dem nahen Ausland v.a. im Raum Basel Stadt.
- Die mit den statischen Modellen gerechneten Inputflüsse ins Bauwerk und der Aushubanfall aus dem Bauwerk korrespondieren für die Jahre 2013 bis 2016, 2018 und für das Bezugsjahr 2020 bei allen Kantonen relativ gut mit den im dynamischen Modell gerechneten Entwicklungen der entsprechenden Materialflüsse überein. Teilweise wurden bei einigen Kantonen im dynamischen Modell gewisse Anpassungen bei der Entwicklung dieser Materialflüsse vorgenommen.



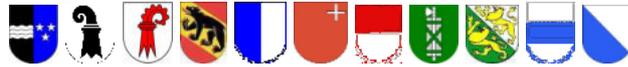
- Gleiches gilt für den Primärmaterialabbau und die Aushubablagerung: Auch hier stimmen die Werte aus dem statischen Modell in den meisten Kantonen gut mit den modellierten Entwicklungen überein. Der Vergleich von erhobenen mit den im statischen Modell gerechneten Materialflüssen zeigt bei allen Kantonen eine gute Übereinstimmung.
- Die Entwicklung der kumulierten Differenzen stimmen in allen Kantonen noch immer gut mit den Werten der Bezugsjahre 2013 – 2016, 2018 und 2020 überein. Bei den Kantonen AG, BE und ZH bewegen sich die jährlichen Differenzen weiterhin im negativen Bereich. Der Grund hierfür ist einerseits der Einbezug des Abbaus von weiteren Baustoffen wie Kalk/Mergel, Ton, Gipsstein usw. in die Bilanz (AG und BE). Andererseits sind es im Kanton Zürich vor allem die massiven Aushubmaterialexporte, welche zu dieser Entwicklung führen.
- Die Entwicklungen der kumulierten Differenz verläuft in den anderen acht Kantonen (BL+BS, LU, SG, SO, SZ, TG und ZG) mehr oder weniger stark im positiven Bereich. Dies bedeutet, dass die in Abbaustellen geschaffenen Volumen längerfristig nicht ausreichen, um das anfallende Aushubmaterial dort aufzunehmen. Es müssen somit künftig entweder weitere Aushubdeponien geschaffen oder aber Aushubimporte reduziert oder Aushubexporte erhöht werden.

Mit einem Anteil von 18% bis über 34% decken die Rückbaustoffe in den meisten Kantonen bereits einen erheblichen Teil des Gesteinskörnungsbedarfs ab. Auf die gesamte Region bezogen sind es mittlerweile etwas mehr als 24%. Der Rückbaumaterialanfall nimmt weiterhin zu (+0.3% im Vergleich zu 2018). Dies dürfte auch in Zukunft der Fall sein, weil das stetig wachsende Gebäudeparkvolumen auch bei konstanten Sanierungs- und Rückbauraten zu zunehmenden Rückbaumaterialflüssen führt. Im Einklang mit den steigenden Rückbaumaterialflüssen müssen die Aufbereitungskapazitäten erhöht werden. Die Daten zeigen, dass dies auch geschieht: Das Verhältnis «Rückbaustoffmengen zu Rückbaumaterialanfall» ist im Jahr 2020 auf 86.7% angestiegen. Allerdings sind die kantonalen Unterschiede gross. Die Werte bewegen sich zwischen 67% und 97%. Deshalb sind in vielen Kantonen in der Zwischenzeit Recyclingbaustoffstrategien entwickelt worden, um die Verwertungspotenziale besser auszuschöpfen (z.B. BL+BS und LU). Insbesondere bei der Verwertung von Mischabbruch, von unverschmutztem Aushub, sowie von schwach und wenig verschmutztem Aushub sind weitere Anstrengungen notwendig. Gelingt dies, können künftig sowohl Kiesvorkommen als auch Deponievolumen geschont werden.



INHALTSVERZEICHNIS

1. AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG	7
1.1 Ausgangslage.....	7
1.2 Zielsetzung	8
2. METHODEN	8
2.1 Materialflussschema statisches Modell.....	8
2.2 Modellierung der Materialflüsse.....	9
2.3 Relevante Materialflüsse für die Modellierung.....	10
2.4 Vergleich der Modellparameter	11
3. RESULTATE	13
3.1 Baustoffbedarf, Aushub- und Rückbaumaterialanfall	13
3.2 Materialflüsse über die Kantonsgrenzen.....	14
3.2.1 Kiesflüsse über die Kantonsgrenzen.....	14
3.2.2 Aushubmaterialflüsse über die Kantonsgrenzen	14
3.2.3 Rückbaumaterialflüsse über die Kantonsgrenzen	14
3.3 Autarkiegrad bezüglich der Baustoffversorgung und Aushubentsorgung.....	18
3.4 Ausgewählte Materialflüsse auf pro-Kopf-Basis.....	20
3.5 Entwicklung der Materialflüsse bis 2035	23
3.5.1 Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubmaterialanfalls	23
3.5.2 Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung.....	25
3.5.3 Kumulierte Differenz zwischen Aushubablagerung und Primärmaterialabbau.....	27
4. DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	29
4.1 Gesteinskörnungsbedarf und Verwertung der Rückbaustoffe (RBS)	29
4.2 Autarkiegrade und Entwicklung.....	30
4.3 Schlussfolgerungen.....	31
5. AUSBLICK	32
5.1 Nachführung der statischen Modelle.....	32
5.2 Mitwirkung der Verbände.....	32
5.3 Optimierung der Datenerhebung	32
5.4 Weitere Aktivitäten im KAR-Bereich	32
6. LITERATUR	33
ANHANG	34
A.1. Kurzbeschreibung der Prozesse	34
A.2. Beschreibung der Materialflüsse im KAR-Modell.....	35
A.3. Abgelagertes und importiertes Aushubmaterial und Material in Terrainanpassungen.....	36
A.4. Materialflussschemen der einzelnen Kantone	37
A.5. Input-Output-Tabellen für Kies, Aushub- und Rückbaumaterial.....	47



Glossar

BFS	Bundesamt für Statistik
BB	Beide Basel: Die beiden Kantone führen gemeinsam <u>ein</u> Modell.
KAR-Modell	Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflussmodell
MFA	Materialflussanalyse
m ³	Kubikmeter: Alle Angaben in m ³ beziehen sich auf das Festmass!
Primärmaterialabbau	Umfasst den Abbau der mineralischen Rohstoffe Kies/Sand, Kalk, Mergel, Gestein und Tonmineralien.
RC	Recycling
RBM	Rückbaumaterial
RBS	Rückbaustoffe
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen

Definitionen

Aushub- /Ausbruchmaterial	Oftmals wird bei der Entsorgung von Aushub- und Ausbruchmaterial keine Unterscheidung zwischen Bodenaushub- und Aushubmaterial gemacht. Im vorliegenden Bericht entsprechen die angegebenen Volumina dem gesamten Aushub, das heisst, der Summe von A-, B- und C-Horizont. In den Abbildungen und Tabellen wird das Aushub- und Ausbruchmaterial unter dem vereinfachten Begriff «Aushub» zusammengefasst.
Rekultivierung	Unter dem Begriff «Rekultivierung» ist die Wiederauffüllung von Materialentnahmestellen zu verstehen.
Aushubanfall	Aushub-/Ausbruchmaterial und Bodenaushub, das/der aus der Bewirtschaftung des Bauwerks anfällt → entspricht dem Materialfluss vom Prozess «Bauwerk» in den Prozess «Triage Aushub».
Baustoffe	Der Begriff Baustoffe beinhaltet Kies und Sand als Hauptkomponenten. Die Beiträge von Zement (bzw. Kalk/Mergel), Back- und Kalksandsteinen sowie Ziegeln (bzw. Tonmineralabbau) zu den Baustoffflüssen sind grob abgeschätzt und werden neu separat dargestellt. In Kantonen mit Kalk/Mergel- und Tonmineralabbau gelangt ein grosser Teil dieser Materialien in den Export von weiteren mineralischen Baustoffen.
Rückbaumaterial	Als Rückbaumaterial wird sämtliches während einer Sanierung bzw. eines Rückbaus anfallendes mineralisches Material (z.B. Misch- und Betonabbruch, Ausbauasphalt usw.), welches noch nicht aufbereitet wurde, bezeichnet.
Rückbaustoffe	Rückbaustoffe umfassen sämtliche mineralische Rückbaumaterialien, welche aus Aufbereitungsanlagen stammen und als rezyklierte Gesteinskörnung dem Baustoffkreislauf zugeführt werden.



1. Ausgangslage und Zielsetzung

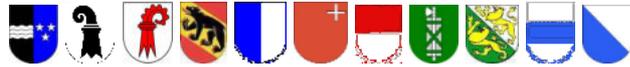
1.1 Ausgangslage

Im Abstand von jeweils zwei Jahren lassen die elf Kantone Aargau, beide Basel, Bern, Luzern, St.Gallen, Solothurn, Schwyz, Thurgau, Zug und Zürich die Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse (KAR-Materialflüsse mit dem statischen KAR-Modell) rechnen. Die statischen Modelle beziehen sich im vorliegenden Bericht auf das Jahr 2020. Im dynamischen Modellteil werden Szenarien gerechnet, die auf der Bevölkerungsentwicklung in den einzelnen Kantonen basieren. Die Modellierungen dieser Szenarien ermöglichen Aussagen zur künftigen Entwicklung der KAR-Materialflüsse bis zum Jahr 2035. Auf Basis dieser Resultate können frühzeitig Massnahmen zur Steuerung der Materialflüsse sowie zur Planung von Deponie- und Verwertungskapazitäten definiert werden.

Das Modell wurde im Zeitraum 2010 bis 2016 ständig weiterentwickelt. Seit dem Jahr 2016 werden die Modelle im Abstand von jeweils zwei Jahren nachgeführt. In der Tabelle 1 sind zur Übersicht die Modellentwicklungsschritte sowie die jeweils an den Projekterweiterungen und Modellnachführungen beteiligten Kantone aufgeführt.

Tabelle 1: Modellentwicklungsschritte sowie die jeweils an den Projekterweiterungen/Nachführungen beteiligten Kantone.

Modellversion	Modellinhalt und Erweiterungen	Bezugsjahr stat. Modell	Beteiligte Kantone	Berichte zum Modell
Version 1	- Entwicklung Basismodell.	2010	AG, SH, SZ, SO, SG, TG, ZG, ZH	Rubli, 2012
Version 2	- Zentralisierung Modell. - Reduktion Sensivität des Modells bezgl. Bevölkerungsentwicklung mittels Dämpfungsfunktionen. - Neuvalidierung mit Datenreihen von 1995 - 2010 von zwei Kantonen.	2013	BE, LU, SO, SG, TG, ZG, ZH	Rubli, 2015
Version 3	- Differenzierung der Aushubmaterialflüsse in Rekultivierung, Aushubdeponien und Deponien Typ B. - Nachführung Bezugsjahr 2014.	2014	BE, SO, SG, TG, ZG, ZH Nur Daten: LU, SZ	Rubli, 2016
Version 3	- Keine wesentlichen Änderungen.	2015	AG, BE, LU, SO, SG, TG, ZG, ZH Nur Daten: GL, SZ	Rubli, 2017
Version 4	- Weitere Differenzierung des statischen Modells: Einführung des Subprozesses «Weitere Entnahmestellen» in dem der Abbau von mineralischen Baustoffen wie Kalk, Mergel, Tonmineralabbau usw. sowie die Wiederauffüllungen mit Aushubmaterial stattfindet. - Trennung der Kiesimporte/-exporte und der Importe/Exporte der weiteren mineralischen Baustoffe - Bezeichnungen gem. VVEA	2016, 2018 und 2020	AG, BE, LU, SO, SG, SZ, TG, ZG, ZH BS+BL (ab 2020) Nur Daten: GL	Rubli, 2018, 2020 und 2022 (vorliegender Bericht)



1.2 Zielsetzung

Die Ziele des gemeinsam durchgeführten Projekts sind, die kantonsübergreifenden Materialflüsse alle zwei Jahre zu bestimmen und Aussagen zur langfristigen Entwicklung zu erhalten. Mit Hilfe der regelmässig durchgeführten Modellierungen wird überprüft, inwiefern die modellierten Entwicklungen der Materialflüsse mit den erhobenen Materialflüssen übereinstimmen und ob allenfalls Anpassungen in den dynamischen Modellteilen vorgenommen werden müssen.

2. Methoden

Die methodischen Grundlagen und der Aufbau des Modells (statischer und dynamischer Teil) sind in vorangegangenen Berichten ausführlich beschrieben (Rubli, 2012, 2015, 2016, 2018, 2020). In den statischen Modellteilen wurden keine methodischen Änderungen vorgenommen. Bei den dynamischen Modellen wurden bei einigen Kantonen teilweise die Entwicklungen einzelner Materialflüsse an die Entwicklung der erhobenen Materialflüsse angepasst.

2.1 Materialflussschema statisches Modell

Das Materialflussschema in der Abbildung 1 dient als Grundlage zur Modellierung der statischen Modelle. Die Materialflüsse sind jeweils unterhalb der Pfeile kurz beschrieben. Die für die mathematische Modellierung verwendeten Bezeichnungen sind jeweils über den Pfeilen angegeben. So wird der Materialfluss vom Prozess Nummer 9 «Baustoff produzieren» in den Prozess Nummer 1 «Bauwerk» beispielsweise als Fluss «A91» bezeichnet (Materialfluss von Prozess Nr. 9 in Prozess Nr. 1).

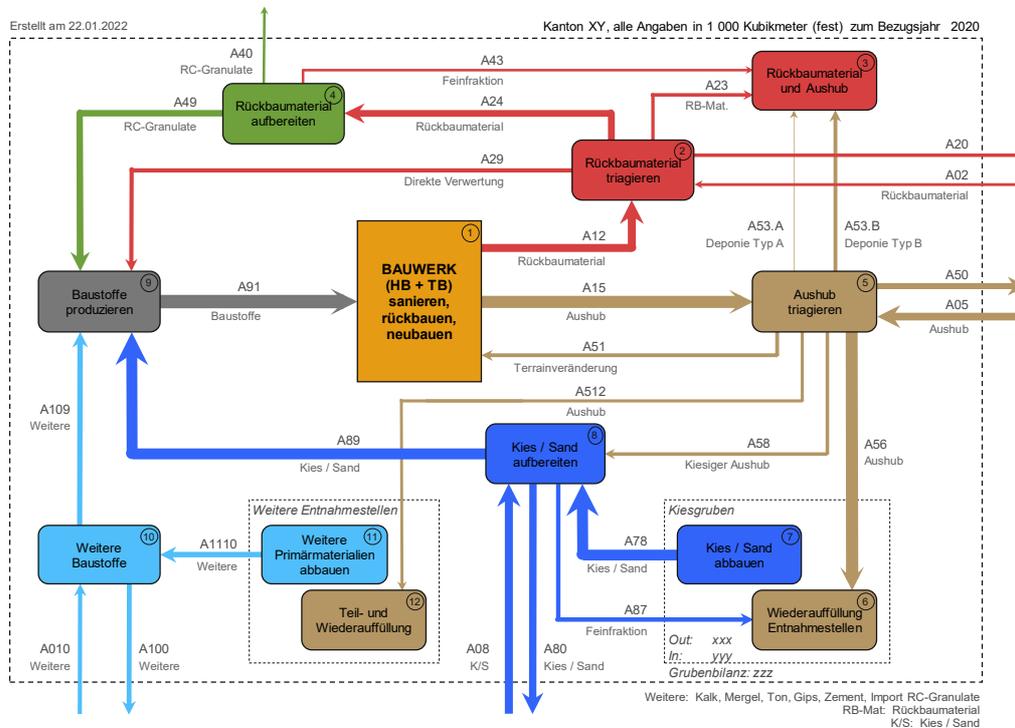
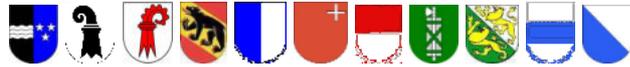


Abbildung 1: Beispiel des Materialflussschemas eines Kantons mit Bezeichnung der Materialflüsse. Beispiel: Der Materialfluss vom Prozess Nummer 9 «Baustoff produzieren» in den Prozess Nummer 1 «Bauwerk» wird als Fluss «A91» bezeichnet (Materialfluss von Prozess Nr. 9 in Prozess Nr. 1).

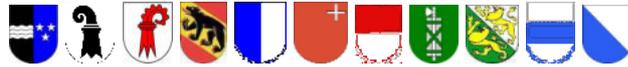


2.2 Modellierung der Materialflüsse

Die Modellierung des statischen Systems erfolgt mittels eines iterativen Vorgehens. Dabei werden die Modellparameter so verändert bis eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen modellierten und erhobenen Materialflüssen erreicht wird. Um die Qualität der Übereinstimmung zu erkennen, wird jeweils die Abweichung zwischen erhobenen und modellierten Materialflüssen in einer Tabelle angegeben (siehe Beispiel in Tabelle 2). Die Materialflüsse werden bei der Modellierung so lange optimiert, bis die Abweichungen bei den Materialflüssen A78 (Abbau Kies/Sand) und „Aushubflüsse A53.A+B. und A56)“ möglichst gering sind. Die Abweichung beim Materialfluss A49 ist deshalb so gross, weil davon ausgegangen wird, dass in den 305'000m³ RC-Granulaten ein Anteil an primärer Gesteinskörnung im Umfang von rund 15% enthalten ist.

Tabelle 2: Vergleich der modellierten (Spalte „Modell“) und der erhobenen Materialflüsse (Spalte „Daten“), sowie deren Differenz in Prozenten zum Gesamtfluss (hinterste Spalte) für den Kanton Luzern im Bezugsjahr 2018.

Vergleich Modell-Daten		Modell	Daten	Abweichung	
		1000m3 (fest)	1000m3 (fest)	= (Modell / Daten) - 1	
A23 + A43	RB-Material und Feinfraktion	69	70	-1%	Modell kleiner als Daten
A24	Rückbaumaterial	288	288	0%	Modell kleiner als Daten
A29	Direkte Verwertung	26	0	na	
A43	Feinfraktion	9	0	na	
A49	RC-Granulate	249	305	-18%	Modell kleiner als Daten
A51	Terrainveränderung	50	50	0%	Modell grösser als Daten
A53.A	Deponie Typ A	587	587	0%	Modell grösser als Daten
A53.B	Deponie Typ B	75	75	0%	Modell grösser als Daten
A56	Aushub	309	307	0%	Modell grösser als Daten
A58	Kiesiger Aushub	30	30	0%	Modell grösser als Daten
A512	Aushub	0	0	na	
A78	Kies / Sand	634	634	0%	Modell grösser als Daten
A86	Feinfraktion	60	0	na	
A89	Kies / Sand	1'113	0	na	
A91	Baustoffe	1'550	0	na	
A1110	Weitere	64	64	-1%	Modell kleiner als Daten
A100	Weitere	45	45	0%	Modell grösser als Daten
A010	Weitere	143	0	na	



2.3 Relevante Materialflüsse für die Modellierung

Für die teilnehmenden Umweltämter ist es oft schwierig zu beurteilen, welche Materialflüsse für die Modellierungen wichtig sind bzw. welche Materialflüsse erhoben werden sollen. Aus diesem Grund sind in der Tabelle 3 die verschiedenen Materialflüsse aufgeführt. Jedem Materialfluss ist die Relevanz für die Modellierung zugeordnet. In der letzten Spalte ist angegeben, welche Materialflüsse unbedingt erhoben werden sollten (grün) und bei welchen Materialflüssen eine Erhebung sinnvoll (gelb) bzw. wünschenswert wäre (orange).

Tabelle 3: Relevanz der Materialflüsse für die Modellierung und erforderliche Erhebungen.

Bezeichnung	Materialfluss	Relevanz für Modellierung	Erhebung
A78	Kies-/Sandabbau	sehr wichtig	unbedingt erforderlich
A1110	Abbau weitere Primärmaterialien	sehr wichtig	unbedingt erforderlich
A56	Aushub in Rekultivierung	sehr wichtig	unbedingt erforderlich
A53.A	Aushub in Deponie Typ A	sehr wichtig	unbedingt erforderlich
A512	Aushub in Teil- und Wiederauffüllung	sehr wichtig	unbedingt erforderlich
A53.B	Aushub in Deponie Typ B	wichtig	erforderlich
A24	Rückbaumaterial in Aufbereitung	sehr wichtig	unbedingt erforderlich
A49	RC-Granulate	sehr wichtig, wenn A24 nicht bekannt	unbedingt erforderlich, wenn A24 nicht bekannt
A05	Importe Aushub in Rekultivierung, Deponien Typ A und B	wichtig, wenn möglich differenziert nach Herkunftskantonen	erforderlich, wenn möglich differenziert nach Herkunftskantonen
A80	Export Kies und Sand	wichtig, wenn möglich differenziert nach Herkunftskantonen	erforderlich, wenn möglich differenziert nach Herkunftskantonen
A09	Importe Kies und Sand	wichtig	nicht unbedingt erforderlich, weil kaum zu erheben
A02	Import Rückbaumaterial in Aufbereitung (über Triage)	Wichtig, wenn grosse Mengen	wenn möglich, dann erheben
A23	Rückbaumaterial in Deponie	weniger wichtig	wenn möglich, dann erheben
A40	Export RC-Granulate	weniger wichtig	wenn möglich, dann erheben
A51	Terrainanpassungen	weniger wichtig	wenn möglich, dann erheben
A58	Aushub zur Aufbereitung	weniger wichtig	wenn möglich, dann erheben
A43	Feinfraktion	weniger wichtig	wenn möglich, dann erheben



2.4 Vergleich der Modellparameter

In der Tabelle 4 sind die wichtigsten Modellparameter des Moduls BAUWERK für die verschiedenen Kantone für das Bezugsjahr 2020 und für die Jahre 2016 und 2018 aufgeführt. Die unterschiedlichen Raten im Hochbau widerspiegeln die Intensität der Bautätigkeit in den einzelnen Kantonen. Im Kanton St. Gallen lagen die geschätzten Neubauraten im Jahr 2020 mit Werten von 2.08% (Wohnen) und 1.86% (Nicht-Wohnen) auf dem höchsten Niveau. Auch im Kanton Aargau bewegte sich die Bautätigkeit knapp unter 2%. Sie ist im Vergleich zum Jahr 2018 jedoch deutlich zurückgegangen. In den anderen Kantonen bewegen sich die Neubauraten für den Bereich «Wohnen» mit 1,33% (BE) bis 1.85% (ZG) innerhalb einer recht grossen Spannweite. Der Vergleich mit den Daten der Bezugsjahre 2016 und 2018 zeigt, dass die Neubauraten insgesamt uneinheitliche Tendenzen aufweisen. Ein coronabedingter Einbruch bei den Neubauraten kann jedenfalls nicht festgestellt werden. Die Sanierungs- und Rückbauraten weisen ebenfalls keine einheitlichen Tendenzen auf.

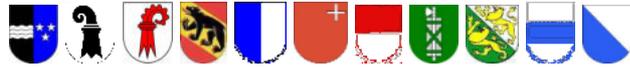
Tabelle 4: Vergleich der verwendeten Modellparameter mit den Parametern der Vorjahre, welche im Modul BAUWERK eingesetzt wurden, um die Materiallager und –flüsse des Prozesses Bauwerk zu bestimmen.

	AG	AG	AG	BB	BB	BE	BE	BE	LU	LU	LU	SG	SG	SG	SO	SO	SO	SZ	SZ	SZ	TG	TG	TG	ZG	ZG	ZG	ZH	ZH	ZH		
	2016	2018	2020	2016	2020	2016	2018	2020	2016	2018	2020	2016	2018	2020	2015	2016	2020	2016	2018	2020	2016	2018	2020	2016	2018	2020	2016	2018	2020		
Veränderung Hochbau (Gebäude)																															
Wohnen (EFH und MFH)																															
Neubaurate in % des Bestandes	1.95	2.35	1.93	1.29	1.43	1.82	1.33	1.33	2.25	1.75	1.84	1.77	2.00	2.08	1.48	1.52	1.38	1.90	1.69	1.65	1.73	1.75	1.62	2.69	2.25	1.85	1.75	1.68	1.71		
Sanierungsrate in % des Bestandes	3.70	4.25	3.60	3.50	4.20	3.40	4.85	4.55	4.85	4.80	4.55	4.28	4.28	4.85	4.50	4.75	4.50	4.50	5.00	4.85	4.50	4.80	4.60	4.45	4.80	4.80	4.55	5.05	5.05		
Rückbaurate in % des Bestandes	0.12	0.16	0.11	0.14	0.26	0.13	0.34	0.32	0.36	0.42	0.22	0.27	0.18	0.37	0.20	0.17	0.22	0.35	0.67	0.54	0.35	0.33	0.31	0.25	0.36	0.45	0.30	0.35	0.32		
Nicht-Wohnen (restliche)																															
Neubaurate in % des Bestandes	1.79	2.15	1.86	1.40	1.40	1.66	1.30	1.30	2.20	1.72	1.72	1.63	1.93	1.86	1.40	1.33	1.25	1.55	1.45	1.50	1.63	1.61	1.30	2.45	2.31	1.75	1.57	1.35	1.50		
Sanierungsrate in % des Bestandes	6.80	7.05	6.20	3.00	6.80	5.80	7.40	6.80	7.80	7.90	6.20	6.80	6.35	6.80	6.80	6.53	6.12	7.50	7.50	7.50	7.80	7.80	6.20	6.80	7.20	7.80	6.80	6.80	5.50		
Rückbaurate in % des Bestandes	0.10	0.13	0.09	0.14	0.23	0.10	0.35	0.32	0.40	0.46	0.17	0.35	0.20	0.35	0.20	0.18	0.18	0.45	0.63	0.46	0.25	0.25	0.21	0.23	0.31	0.40	0.27	0.34	0.21		
Veränderung Tiefbau (Infrastruktur)																															
Erneuerungsraten																															
Kies/Sand in % des Bestandes	0.35	0.20	0.55	0.50	0.40	0.40	0.26	0.29	0.60	0.15	0.60	0.55	0.70	0.65	0.53	0.53	0.45	0.50	0.50	0.50	0.20	0.20	0.20	0.60	0.60	0.60	0.21	0.45	0.45		
Belag in % des Bestandes	1.20	1.20	1.20	1.60	1.50	2.00	1.60	1.80	1.50	1.50	1.20	1.40	1.40	1.40	1.50	1.50	1.10	1.70	1.80	1.80	1.10	1.10	1.10	1.50	1.50	1.50	2.00	2.00	2.00		
Beton in % des Bestandes	0.50	0.50	0.50	0.60	0.55	0.50	0.70	0.50	1.00	0.80	1.00	0.49	0.49	0.49	0.53	0.53	0.45	0.40	0.40	0.40	0.45	0.45	0.45	0.50	0.50	0.50	0.55	0.55	0.55		
Mauerwerk in % des Bestandes	1.15	1.15	1.15	0.90	0.90	0.80	0.85	0.80	0.50	0.50	0.50	0.86	0.86	0.96	0.90	0.90	1.00	0.80	0.80	0.80	1.24	1.24	1.24	0.85	0.85	0.85	0.65	0.65	0.65		
Mineral. Fraktion in % des Bestandes	1.20	1.20	1.20	1.50	1.50	1.60	1.60	1.60	1.53	1.53	1.45	1.56	1.56	1.56	1.55	1.55	1.55	1.53	1.53	1.53	1.65	1.65	1.65	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35		
Neubaurate in % des Bestandes	1.25	1.75	1.75	1.65	0.65	1.08	1.06	1.02	1.50	1.50	1.62	1.15	1.44	1.23	0.70	0.66	0.60	0.84	0.91	0.92	0.68	0.85	0.84	1.27	1.03	0.90	1.05	1.28	1.00		
Grossprojekte																															
Anfall Aushub in 1000m ³ fest	-	-	-	-	-	-	260	365	-	-	-	125	125	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	147	500	550	350	

Mit Hilfe dieser Parameter werden im Modul BAUWERK die Materiallager und –flüsse des Prozesses BAUWERK berechnet. Ausgehend von den nun quantifizierten drei Materialflüssen «Baustoffbedarf», «Rückbaumaterialanfall» und «Aushubmaterialanfall» werden im Modul STOFFFLUSSANALYSE die weiteren systemrelevanten Materialflüsse modelliert.

In der Tabelle 5 ist eine Auswahl von verwendeten Modellparametern, welche im Modul STOFFFLUSSANALYSE verwendet wurden, aufgeführt. Die Angaben zu den Importen und Exporten basieren auf Angaben der Kantone und weiteren Abschätzungen. Die Daten wurden mittels Input-Output-Tabellen und Ausgleichsrechnungen berechnet.

Es ist gut zu erkennen, dass sich die Materialflüsse deutlich unterscheiden können. Wie bereits in den vorangegangenen Jahren exportierte der Kanton Zürich Aushubmaterial im Umfang von rund 1.2 Mio. Kubikmetern Festmass in die umliegenden Kantone. Der Kanton Aargau importierte hingegen rund 1.1 Mio. Kubikmeter aus den Nachbarkantonen, wobei der grösste Teil davon aus dem Kanton Zürich stammte. Die Kantone Bern (1.15 Mio. m³) und Aargau (0.63 Mio. m³) exportieren sehr grosse Mengen an weiteren primären Baustoffen. Es handelt sich dabei vor allem um Kalk-/Mergelgestein, welches im grösseren Umfang als Rohmaterial für die Zementproduktion eingesetzt wird.



Die Importe und Exporte von Rückbaumaterialien bewegen sich im Vergleich zu den anderen Materialflüssen auf deutlich tieferem Niveau.

Beim Vergleich der Verwertungsanteile (siehe Definition unterhalb Tabelle 5) fällt auf, dass diese mit Ausnahme des Mischabbruchs nicht stark voneinander abweichen. Beim Mischabbruch liegen die Verwertungsanteile in den Kantonen BL+BS und in den Kantonen Bern und Solothurn im Vergleich zu den anderen Kantonen deutlich tiefer. Sollten diese Kantone die Erhöhung der Verwertungsquote bei den Rückbaumaterialien zum Ziel haben, dann sind vor allem Massnahmen bei der Verwertung von Mischabbruch zu entwickeln.

Tabelle 5: Vergleich von ausgewählten Modellparametern, welche im Modul STOFFFLUSSANALYSE für das Bezugsjahr 2020 eingesetzt wurden, um die Materialflüsse im System zu modellieren.

		Einheit	AG	BB	BE	LU	SG	SZ	SO	TG	ZG	ZH	
Importe	A02	Import Rückbaumaterial (in Triage)	m ³ fest	25'000	12'000	14'414	40'077	15'700	10'076	55'307	20'125	6'953	38'000
	A05	Import Aushub	m ³ fest	1'103'146	51'001	269'400	216'507	227'515	74'982	379'932	161'694	205'471	188'921
	A08	Import Kies / Sand	m ³ fest	265'000	700'000	213'481	604'464	790'000	135'000	222'689	480'000	203'500	435'123
	A010	Import weitere Baustoffe	m ³ fest	69'000	92'000	5'000	114'000	70'000	51'000	36'000	56'000	50'600	410'000
Exporte	A20	Export Rückbaumaterial	m ³ fest	21'974	67'653	13'714	47'748	23'391	14'666	18'997	30'001	7'000	59'990
	A40	Export RC-Granulate (aufbereitet)	m ³ fest	15'000	5'000	5'000	30'000	17'000	3'000	10'000	10'000	-	25'000
	A50	Export Aushub	m ³ fest	300'582	346'209	256'372	135'879	124'999	139'998	259'999	102'004	202'001	1'212'646
	A80	Export Kies / Sand	m ³ fest	250'623	9'504	379'655	150'000	139'328	78'000	160'947	75'000	148'333	726'536
	A100	Export weitere Baustoffe	m ³ fest	630'000	30'000	1'150'000	45'000	97'568	85'000	75'000	22'000	-	-
	Innere Flüsse				<i>Ausgleich</i>	<i>Ausgleich</i>	<i>Ausgleich</i>	<i>Ausgleich</i>	<i>Ausgleich</i>	<i>Ausgleich</i>	<i>Ausgleich</i>	<i>Ausgleich</i>	<i>Ausgleich</i>
A24	Rückbaumaterial in Aufbereitung (geschätzter Verwertungsanteil der Materialfraktionen); setzt sich zusammen aus:												
	Betonabbruch: Verwertungsanteil in % (1)	%	99	90	95	98	98	95	93	95	95	95	95
	Mischabbruch: Verwertungsanteil in % (1)	%	95	30	55	63	87	86	40	73	72	90	90
	Strassenaufbruch: Verwertungsanteil in % (1)	%	98	80	92	90	95	95	82	90	100	95	95
	Ausbauasphalt: Verwertungsanteil in % (1)	%	95	80	95	90	95	95	90	85	90	93	93
A29	Direkte Verwertung (nur Tiefbau)	%	60	36	38	40	37	40	41	40	45	33	33
A43	Anteil Feinfraktion bzgl. Input in Bauschutttaufbereitung	%	0.5	7.0	2.5	2.0	4.5	2.0	10.0	6.0	3.0	1.9	1.9
A49	Aufbereitete RC-Baustoffe für Bauwerk	m ³ fest				Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.							
A51	Anteil für Terrainanpassung bzgl. Aushubanfall aus Bauwerk	%	3.0	1.1	6.4	4.7	5.0	5.0	5.2	26.8	0.5	6.0	6.0
A56	Ablagerung Aushub	m ³ fest				Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.							
A58	Anteil kiesiger Aushub in Aufbereitung bzgl. Aushubanfall	%	4.4	1.4	6.4	2.8	3.7	4.3	3.5	2.9	8.3	4.5	4.5
A78	Abbau Kies / Sand	m ³ fest				Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.							
A86	Anteil Feinfraktion aus Kiesaufbereitung	%	1.1	5.0	6.1	9.0	2.0	5.0	8.3	3.0	27.6	3.0	3.0
A53.A	Aushub auf Typ A	m ³ fest	453'853	34'000	387'799	598'815	497'312	76'841	-	213'500	-	-	-
A53.B	Aushub auf Typ B	m ³ fest	17'969	385'000	207'197	109'200	129'587	5'459	91'000	130'773	-	206'400	206'400
A512	Aushub in weitere Abbaustellen	m ³ fest	124'742	150'000	-	-	44'404	198'378	25'000	170	-	-	-

(1) Bemerkung: Die angegebenen Verwertungsanteile unter dem Materialfluss A24 (Rückbaumaterialien in die Aufbereitung) sind wie folgt definiert:

$$\text{Verwertungsanteil in \%} = A24 / (A12 + A02 - A20 - A29) * 100\%$$



3. Resultate

Die Resultate aus den Modellierungen der Materialflüsse der einzelnen Kantone für das Bezugsjahr 2018 liegen für jeden der teilnehmenden Kantone in Form von grafischen Darstellungen und Tabellen vor. Nachfolgend werden die Resultate aus den Modellierungen als Quervergleiche zwischen den Kantonen präsentiert. Im Zentrum stehen dabei vor allem die über- bzw. interregionalen Aspekte.

3.1 Baustoffbedarf, Aushub- und Rückbaumaterialanfall

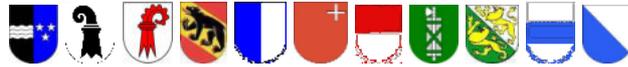
Nur in zwei von elf Kantonen ist eine Zunahme des Baustoffbedarfs gegenüber 2018 zu verzeichnen (LU und SG), wobei dieser Wert für den Kanton St.Gallen mit 5.4% am höchsten ist. In den anderen Kantonen reduzierte sich der Baustoffbedarf zwischen 0.8% (BE) und 11.5% (BB). Über die gesamte Region bezogen, resultiert eine Abnahme von 3.3%, was immerhin einer Reduktion von knapp 620'000 m³ (fest) entspricht. Insgesamt lag der Baustoffbedarf der gesamten Region bei etwas mehr als 18.6 Mio. m³ (fest).

In den Kantonen BE (+9.8%) und SG (+11.6%) hat neben dem Baustoffbedarf auch der Aushubanfall zugenommen, was auf eine tendenziell intensivere Bautätigkeit in diesen Kantonen gegenüber 2018 hindeutet. Auch im Kanton ZG ist leicht mehr Aushubmaterial angefallen (+2.0%). In allen anderen Kantonen hat sich der Aushubanfall meistens recht deutlich reduziert, insbesondere in den Kantonen AG und BL+BS (BB) sind die Reduktionen mit jeweils über 23% sehr deutlich ausgefallen. Dies wirkte sich entsprechend auf den Aushubanfall in der gesamten Region aus, welcher gegenüber 2018 um 6.7% abgenommen hat. Der Aushubanfall lag für die gesamte Region bei rund 15.5 Mio. m³ (fest).

Tabelle 6: Modellierter Baustoffbedarf (inkl. Rückbaustoffe), Aushub- und Rückbaumaterialanfall in den verschiedenen Kantonen und der gesamten Region in den Jahren 2018 und 2020, sowie die prozentuale Zu-/Abnahme im Vergleich zum Vorjahr. Angaben in 1'000m³ fest.

Kanton	Baustoffbedarf			Aushubanfall			Rückbaumaterialanf.		
	in 1000 m ³ fest 2018	2020	Abweich. zu 2018 in %	in 1000 m ³ fest 2018	2020	Abweich. zu 2018 in %	in 1000 m ³ fest 2018	2020	Abweich. zu 2018 in %
AG	3'187	2'945	-7.6	2'832	2'167	-23.5	460	505	+9.9
BB	1'298	1'149	-11.5	1'214	932	-23.3	309	333	+7.6
BE	3'397	3'370	-0.8	2'829	3'107	+9.8	1'032	1'016	-1.6
LU	1'550	1'595	+3.0	1'114	1'054	-5.3	396	375	-5.3
SG	1'878	1'979	+5.4	1'426	1'590	+11.6	380	488	+28.3
SO	855	794	-7.0	711	657	-7.7	267	254	-4.8
SZ	564	553	-2.0	581	506	-12.9	205	194	-5.7
TG	1'022	950	-7.0	998	853	-14.6	267	249	-6.8
ZG	478	438	-8.4	597	609	+2.0	119	136	+13.7
ZH	4'437	4'271	-3.7	4'274	3'985	-6.8	1'191	1'090	-8.5
Total	18'665	18'045	-3.3	16'576	15'459	-6.7	4'627	4'639	+0.3

Der Rückbaumaterialanfall hat bei je der Hälfte der Kantone zu- bzw. abgenommen, wobei die Zunahmen tendenziell höher liegen als die Abnahmen. Starke Zunahmen sind in den Kantonen



SG (+28.3%), ZG (+13.7%) und AG (+9.9%) zu verzeichnen. Im Kanton Zürich ist der Rückgang mit -8.5% hingegen am höchsten. Über die gesamte Region betrachtet, resultiert eine Zunahme des Rückbaumaterialanfalls von 1.5%. Somit hat dieser Materialfluss als einziger zugenommen. Dies dürfte dadurch zu begründen sein, dass das Gebäudeparkvolumen in der Vergangenheit stets zugenommen hat und der Rückbaumaterialanfall auch bei gleichbleibenden Sanierungs- und Rückbauraten entsprechend zunimmt.

3.2 Materialflüsse über die Kantonsgrenzen

In den Abbildungen 2 bis 4 sind die kantonsübergreifenden Materialflüsse getrennt nach den Materialien Kies, Aushub- und Rückbaumaterial, dargestellt. Die Exportflüsse sind jeweils gleich eingefärbt wie die Farbe der Kantonsflächen. Die Summen der Importe und Exporte sind für jeden Kanton und für die gesamte Region (links oben) jeweils separat angegeben.

3.2.1 Kiesflüsse über die Kantonsgrenzen

Es findet ein intensiver Austausch von Kies sowohl zwischen den Kantonen als auch über die Grenzen der Region hinaus statt (Abbildung 2). Die gesamte Region importierte im Jahr 2020 rund 2.2 Mio. m³ und exportierte etwas mehr als 0.3 Mio. m³ Kies. Vor allem die grenznahen Kantone (AG, BL+BS, SG, TG und ZH) importierten Kies im Umfang von 1.8 Mio. m³, wobei der grösste Teil davon aus den Nachbarländern Frankreich, Deutschland und Österreich stammt. Die grössten Nettoimporteure innerhalb der Region sind die Kantone BL+BS (BB) (690'000 m³) Thurgau (rund 385'000 m³; 2018: 455'000 m³) St. Gallen, (651'000 m³; 2018: 660'000 m³) und der Kanton Luzern (454'000 m³; 2018: 508'000 m³). In den anderen Kantonen lagen die Import- und Exportvolumen relativ nahe beieinander. Die Kantone SO, SZ und ZG haben netto rund 50'000 – 60'000 m³ importiert, beim Kanton AG ist die Bilanz beinahe ausgeglichen und die Kantone BE (+167'000 m³) und ZH (+292'000 m³) haben netto Kies exportiert.

3.2.2 Aushubmaterialflüsse über die Kantonsgrenzen

Die Aushubbilanz über die gesamte Region ist relativ ausgeglichen (Abbildung 3). Insgesamt wurden netto nur rund 180'000 m³ Aushub exportiert. Die beiden Basel exportierten mit netto knapp 300'000 m³ die grössten Aushubmengen in die Nachbarregionen bzw. nach Frankreich. Ansonsten sind die Import- und Exportflüsse durch den Kanton Zürich geprägt. Dieser exportierte netto rund 1 Mio. m³ Aushubmaterial in die umliegenden Kantone. Knapp 73% oder 883'000 m³ des exportierten Aushubmaterials (1.213 Mio. m³) gelangten in den Kanton Aargau, d.h. 883'000 m³. Der hohe Exportstrom ist unter anderem auf das zusätzlich anfallende Ausbruchmaterial aus dem Bau der dritten Röhre des Gubristtunnels zurückzuführen. Die Aushubexporte in die anderen Nachbarkanton haben sich nicht wesentlich verändert.

3.2.3 Rückbaumaterialflüsse über die Kantonsgrenzen

Die Rückbaumaterialflüsse Abbildung 4 über die Kantonsgrenzen sind deutlich geringer als beim Kies und Aushubmaterial. Da die Bauschuttzubereitungsanlagen oftmals in der Nähe von dichtbesiedelten Räumen stehen, bewegt sich der Austausch über die Kantonsgrenzen hinweg auf tiefem Niveau. Die meisten Import- und Exportflüsse basieren sehr auf groben Schätzungen und weisen entsprechende Unsicherheiten auf.

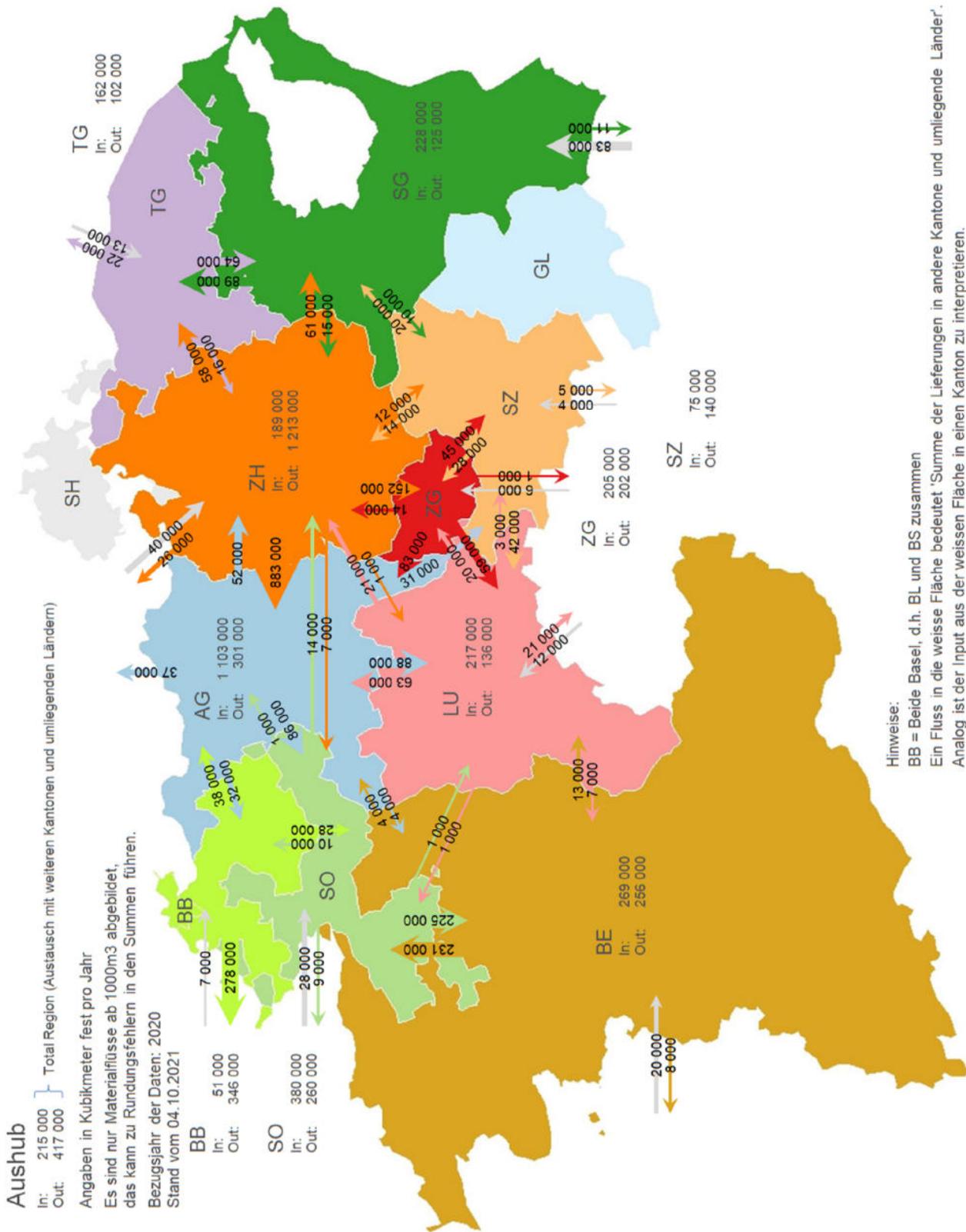


Abbildung 3: Aushubmaterialflüsse über die Kantons Grenzen im Jahr 2020. Die Werte unterhalb der Kantonsbezeichnungen bzw. unter dem Grafiktitel «Aushub» entsprechen jeweils der Summe der Importe und Exporte.

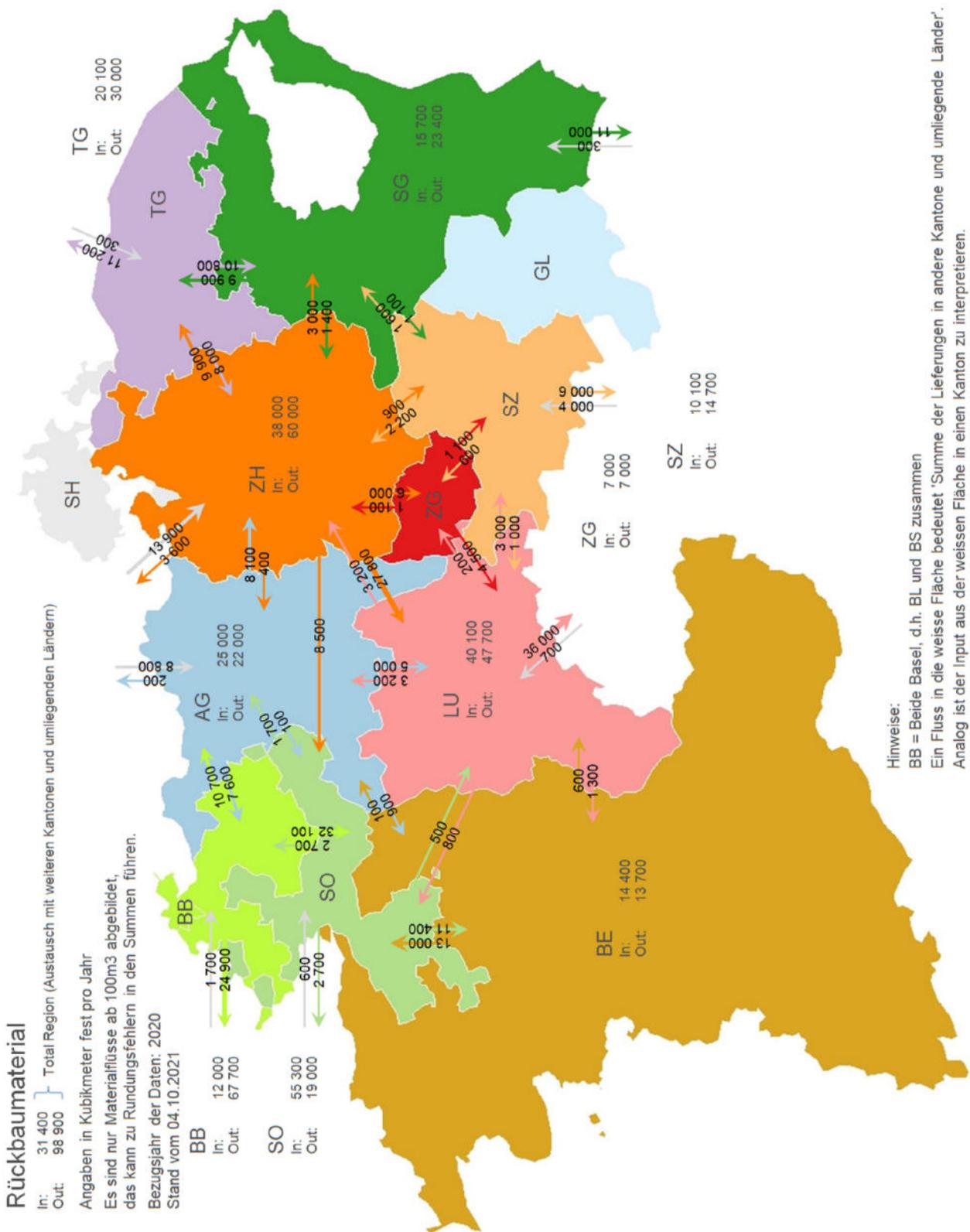
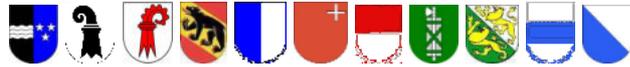
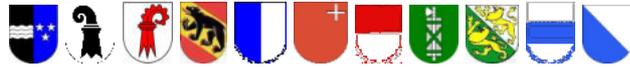


Abbildung 4: Rückbaumaterialflüsse über die Kantonsgrenzen im Jahr 2020. Die Werte unterhalb der Kantonsbezeichnungen bzw. unter dem Grafiktitel «Rückbaumaterial» entsprechen jeweils der Summe der Importe und Exporte.



3.3 Autarkiegrad bezüglich der Baustoffversorgung und Aushubentsorgung

Der Autarkiegrad gibt Auskunft über die Rohstoffversorgung und Materialentsorgung in einer bestimmten Region. Er lässt sich mittels entsprechenden Formeln¹ ableiten. Dabei ist zu bemerken, dass die Kantons Grenzen zur Beurteilung der Autarkiegrade bei der Baustoffversorgung und Materialentsorgung nur bedingt die Realität abbilden, da die Ver- und Entsorgung oftmals in Kantons Grenzen übergreifenden Wirtschaftsräumen erfolgt. Da die Rohstoffabbau- und Deponieplanungen jedoch nicht nach Wirtschaftsräumen, sondern jeweils auf kantonaler Basis erfolgen, stellen die Autarkiegrade eine gute Grundlage zur Beurteilung der Ver- und Entsorgungssituation in den jeweiligen Kantonen dar. Nachfolgend werden die Autarkiegrade der Kantone bezüglich der Baustoff- bzw. Gesteinskörnungsversorgung und der Aushubmaterialentsorgung miteinander verglichen.

Baustoffversorgung bzw. Versorgung mit mineralischen Gesteinskörnungen

Die Abbildung 5 zeigt den Vergleich der Autarkiegrade der einzelnen Kantone für die Bezugsjahre 2016, 2018 und 2020. Im Modell können die Kiesflüsse und die weiteren mineralischen Baustoffflüsse getrennt voneinander modelliert werden. Damit kann der Autarkiegrad in Bezug auf die gesamte mineralische Gesteinskörnung (Kies + RC-Gesteinskörnungen) dargestellt werden.

In den Kantonen AG, BE, SO und ZH liegen die Autarkiegrade für die angegebenen Bezugsjahre im Bereich von 100%, wobei die Schwankungen relativ gering sind. Damit können sich diese Kantone nahezu vollständig mit kantonseigenen Gesteinskörnungen versorgen. Demgegenüber bewegen sich in den Kantonen LU, SG und TG die Autarkiegrade mit 50% – 67% auf deutlich tieferen Niveaus. Die tiefen Werte für die Kantone SG und TG sind vor allem auf die hohen Kiesimporte aus den grenznahen Abbaustellen in Deutschland und Österreich zurückzuführen. Der Kanton Luzern weist ebenfalls einen tiefen Autarkiegrad auf. Hier stammen die Kiesimporte vor allem aus den Nachbarkantonen (Abbildung 2) und via Bahn aus dem Kanton Zürich. Die Situation könnte sich in diesem Kanton in den kommenden Jahren verbessern, falls die geplanten Kiesabbauvorhaben bewilligt werden und vermehrt rezyklierte Gesteinskörnungen zurückgewonnen und in den Baustoffkreislauf geführt werden. Im Kanton Zug variiert der Autarkiegrad aufgrund der stark schwankenden Importe und Exporte mit Werten zwischen 86% und 118% relativ stark. Im Kanton Schwyz hat sich der Autarkiegrad im betrachteten Zeitraum nur unwesentlich verändert. Er bewegt sich zwischen 87% und 89%. Erstmals können nun auch die Autarkiegrade für die Region «beiden Basel» (BB) bestimmt werden. Diese Region importiert den grössten Teil der kiesigen Gesteinskörnungen aus Frankreich und Deutschland. Aus diesem Grund liegt der Autarkiegrad mit 29% deutlich tiefer als in den anderen Kantonen. Sollte künftig mehr Rückbaumaterial wieder in den Baustoffkreislauf zurückgeführt anstatt deponiert werden, könnte der Autarkiegrad entsprechend erhöht werden.

¹ Formel → Autarkiegrad min. Gesteinskörnung (ab 2016) = $(\text{kiesig. Aushub} + \text{Kiesabbau} - \text{FF Kiesabbau} + \text{RC-Granul.} + \text{Rc direkte Verw.}) / (\text{Kies aus Aufber.} + \text{RC-Granul.} + \text{Rc direkte Verw.}) \times 100\%$.

Formel → Autarkiegrad Aushubentsorgung = $(1 - (\text{Aushubexport} - \text{Aushubimport}) / \text{Anfall Aushub}) \times 100\%$.

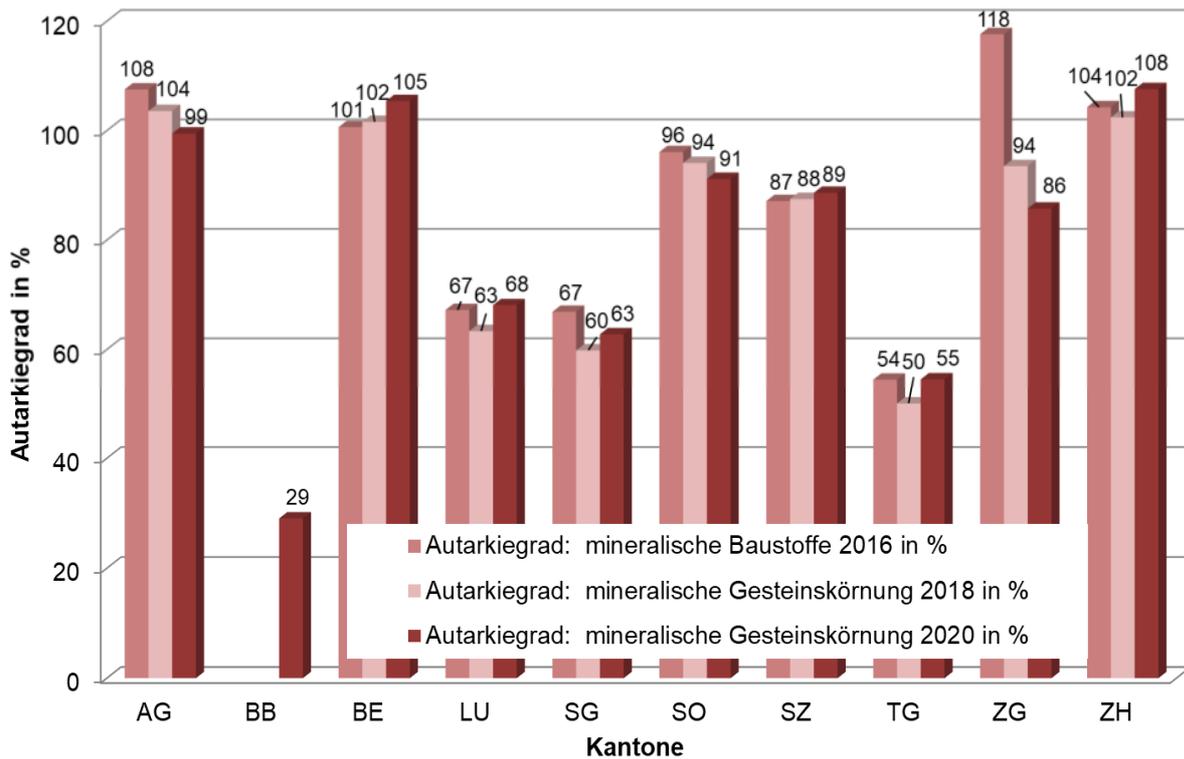
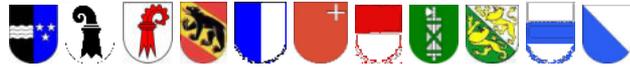


Abbildung 5: Regionale Autarkiegrade in Bezug auf die Versorgung mit mineralischen Baustoffen bzw. mineralische Gesteinskörnung für die Bezugsjahre 2016, 2018 und 2020. Angaben in Prozenten.

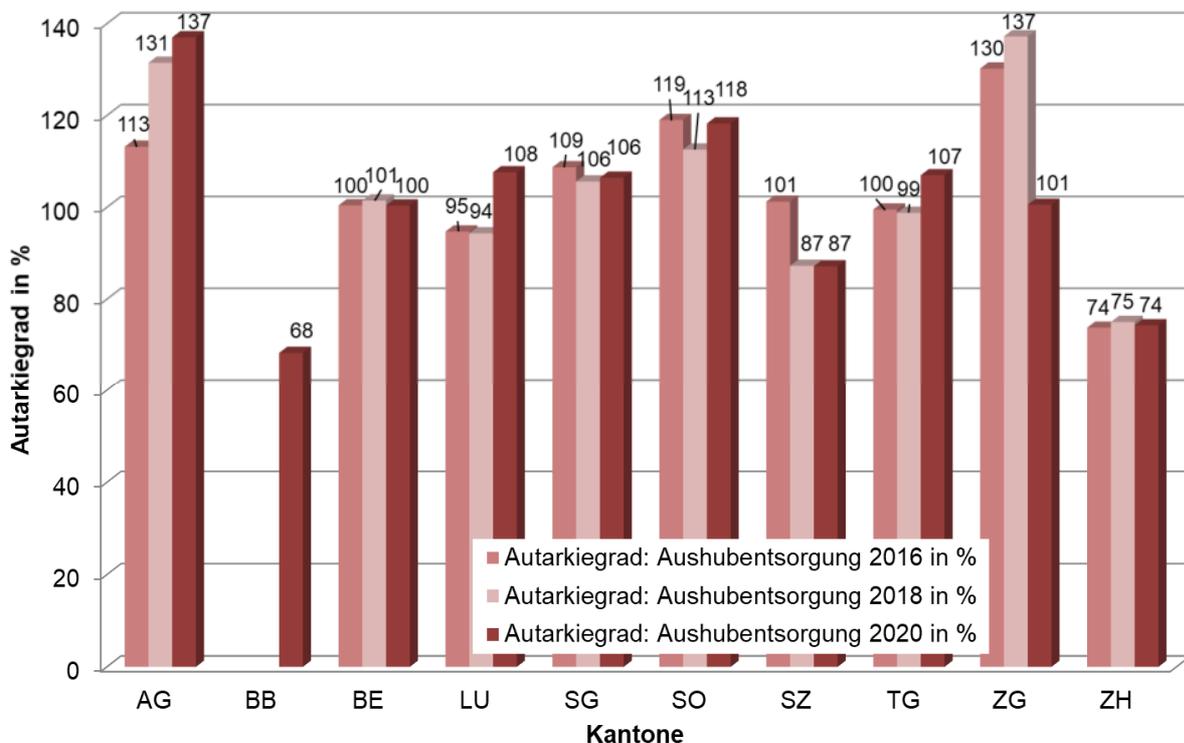


Abbildung 6: Regionale Autarkiegrade in Bezug auf die Aushubentsorgung für die Bezugsjahre 2016, 2018 und 2020. Angaben in Prozenten.



Aushubentsorgung

Bei der Aushubentsorgung haben sich die Autarkiegrade in den Kantonen AG, LU, SO und TG gegenüber den Vorjahren relativ deutlich erhöht (Abbildung 6). Der Grund hierfür könnte der meistens deutlich geringere Aushubanfall sein (Tabelle 6). Im Kanton ZG hat sich der Autarkiegrad im Jahr 2020 gegenüber den Vorjahren um über 30% auf 101% reduziert. In diesem Kanton wird davon ausgegangen, dass künftig eine temporäre Lücke beim verfügbaren Deponievolumen für Aushubmaterial entstehen wird. Entsprechend müssten vor allen die Aushubimporte beschränkt werden. Dies war zumindest im Jahr 2020 auch der Fall. Der Aushubimport hat sich gegenüber 2018 um knapp 120'000 m³ reduziert. Der Aushubexport nahm hingegen um 100'000 m³ zu, womit eine beinahe ausgeglichene Import-Export-Bilanz erreicht werden konnte. In den Kantonen BE, SG, SO, SZ und ZH haben sich die Autarkiegrade nur geringfügig verändert und liegen jeweils im Bereich von 100%, mit Ausnahme der Kantone SZ und ZH, wo sie deutlich unter 100% liegen. In den Kantonen BL+BS (BB) liegt der Autarkiegrad bei 68%. Da hier viel Kies aus dem nahen Ausland importiert wird, liegt es auf der Hand, dass entsprechende Gegenfahrten mit Aushubmaterial stattfinden, was aus ökologischer Sicht durchaus sinnvoll ist.

3.4 Ausgewählte Materialflüsse auf pro-Kopf-Basis

In der Abbildung 7 ist der Baustoffbedarf sowie der Aushub- und Rückbaumaterialanfall auf pro-Kopf-Basis für das Jahr 2020 dargestellt. Der pro-Kopf-Baustoffbedarf bewegt sich im Bereich von 2.3 m³/Einwohner (BB) – 4.2 m³/Einwohner (AG).

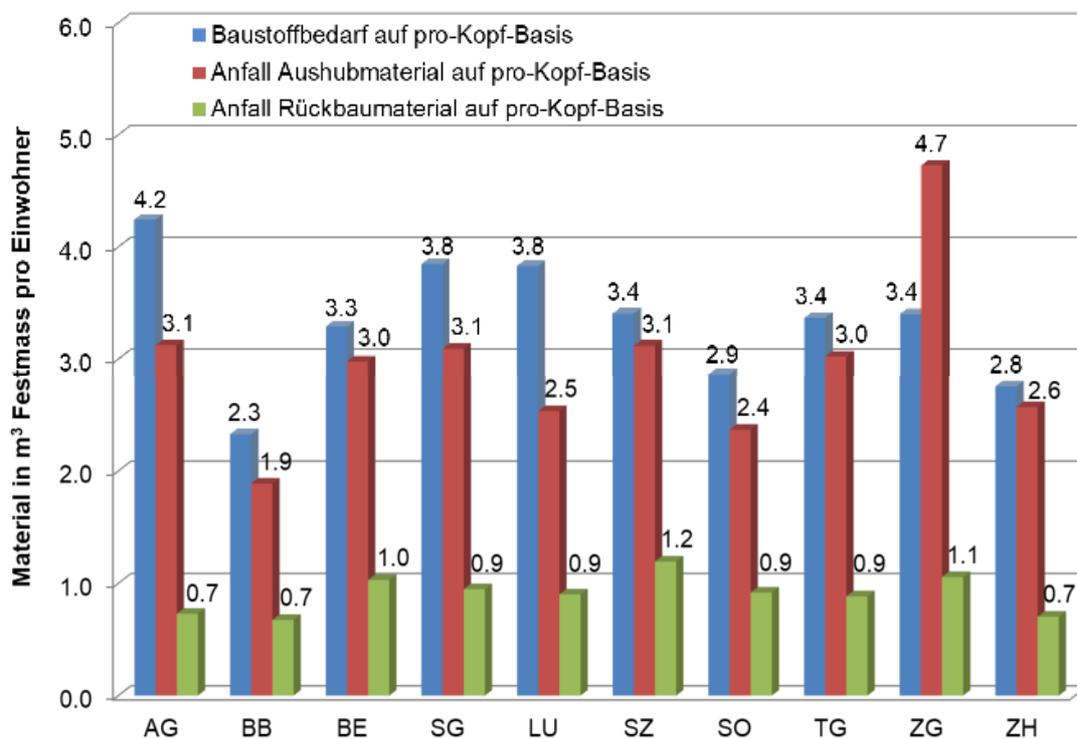
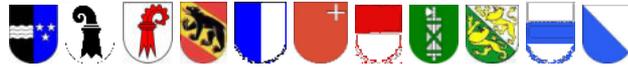


Abbildung 7: Vergleich des Baustoffbedarfs (blaue Säulen), des Rückbaumaterialanfalls (grün) und des Aushubanfalls aus dem Bauwerk (braun) auf pro-Kopf-Basis für das Bezugsjahr 2020 nach Kantonen. Die Werte sind in Kubikmetern fest pro Einwohner angegeben.



Der Höchstwert wird wie bereits im Jahr 2018 im Kanton AG aufgrund der noch immer ausgeprägten Bautätigkeit erreicht (siehe Tabelle 4). In den Kantonen BE, LU, TG, SG, SZ und ZG bewegt sich der pro-Kopf-Baustoffbedarf im Bereich von 3.3 - 3.8 m³/Einwohner. Die Werte haben sich in diesen Kantonen gegenüber dem Jahr 2018 meistens nur geringfügig verändert (± 0.2 m³/Einwohner). Nur in den Kantonen TG und ZG (-0.3 bzw. -0.4 m³/Einwohner) nahmen die pro-Kopf-Werte deutlich ab. In den Kantonen BL+BS, SO und ZH liegen die pro-Kopf-Werte mit 2.3, 2.9 und 2.8 m³/Einwohner rund 10 - 20% tiefer als in den anderen Kantonen. In diesen Kantonen ist der «städtische Anteil» ausgeprägter als in den anderen Kantonen. Die dichte Besiedlung führt vermutlich zu einer geringeren Materialintensität, weil in städtischen Räumen beispielsweise weniger Strassen/Infrastruktur pro Einwohner gebaut werden müssen und weniger auf der grünen Wiese gebaut werden kann.

Beim Aushubanfall aus dem Bauwerk liegt die Bandbreite zwischen 1.9 – 4.7 m³/Einwohner. Im Kanton Zug wird mit 4.7 m³/Einwohner wiederum der höchste pro-Kopf-Aushubanfall erreicht. In den Kantonen BE, SG, LU, SO, ZG und ZH haben sich die pro-Kopf-Werten gegenüber dem Bezugsjahr 2018 mit ± 0.3 m³/Einwohner nur geringfügig verändert. In den Kantonen AG, SZ und TG reduzierte sich der Aushubanfall um -1.1 m³/Einwohner (AG) und -0.6 m³/Einwohner (TG und SZ) deutlich. In den beiden Basel liegt der pro-Kopf-Aushubanfall mit 1.9 m³/Einwohner aus besagten Gründen (siehe pro-Kopf-Baustoffbedarf) deutlich tiefer als in den anderen Kantonen.

Die pro-Kopf-Werte für die Rückbaustoffe bewegen sich für das Bezugsjahr 2020 mit 0.7 – 1.2 m³/Einwohner in einem ähnlichen Bereich wie im Jahr 2018. Mit 0.7 m³/Einwohner für BB liegt dieser Wert im unteren Bereich der angegebenen Bandbreite.

Mit Ausnahme des Kantons ZG übertreffen die pro-Kopf-Werte des Baustoffbedarfs jene des Aushubmaterialanfalls (Abbildung 7). Dies trifft jedoch nicht zu, wenn der Kies-/Sandabbau mit dem Aushubmaterialanfall verglichen wird (Abbildung 8). Hier liegen die pro-Kopf-Werte des Kies-/Sandabbaus bis auf den Kanton AG, in dem diese Werte auf gleicher Höhe liegen, deutlich niedriger als jene des Aushubmaterialanfalls. Die teilweise grossen Unterschiede sind auf die Kiesimporte und auf die Rückführung der RC-Granulate in die Baustoffproduktion zurückzuführen, welche mittlerweile einen Anteil von 20 – 30% am Baustoffbedarf einnehmen (Abbildung 8). Die Kantone BL+BS, TG und SG sind stark von Kiesimporten geprägt. So werden in der Region BB pro Kopf mehr Rückbaustoffe produziert (0.7 m³/Ew.) als Kies abgebaut wird (0.2 m³/Ew.). Damit kann die Substitution von Kies durch die Rückbaustoffe auf nachvollziehbare Weise dargestellt werden. Ebenfalls erkennbar wird die damit verbundene Problematik des fehlenden Ablagerungsvolumens für Aushubmaterial.

Die pro-Kopf-Werte des Aushubanfalls und der Aushubablagerung liegen in den Kantonen BE, SG, LU, SO und ZG relativ nahe beieinander, was sich auch in den entsprechenden Autarkiegraden der Kantone in Abbildung 6 widerspiegelt. Grössere Unterschiede sind insbesondere in den Kantonen AG, BL+BS (BB), SZ, TG und ZH festzustellen. Im Kanton AG liegt der pro-Kopf-Wert des abgelagerten Aushubmaterials 0.9 m³/Einwohner über dem Aushubmaterialanfall, was auf die hohe Importquote, v.a. aus den Kanton Zürich zurückzuführen ist. In den Kantonen BL+BS, SZ, TG, ZH ist die Situation umgekehrt. Hier liegt der Aushubmaterialanfall um 0.7 – 1.0 m³/Einwohner höher als das abgelagerte Aushubvolumen, was teilweise mit den hohen Aushubexportvolumen zu erklären ist.

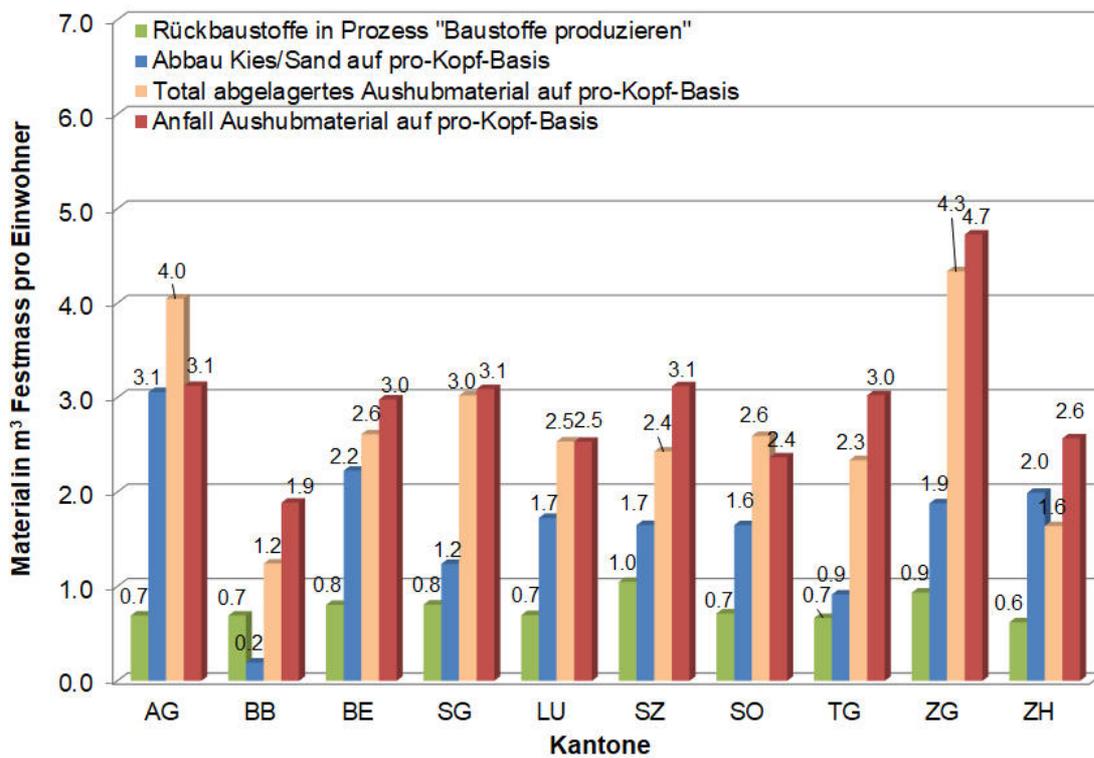
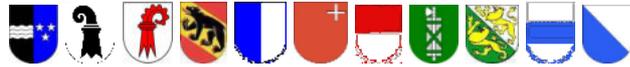


Abbildung 8: Vergleich des Rückbaustoffflusses (grüne Säulen), des Kies-/Sandabbaus (blaue Säulen), der Aushubablagerung (inkl. Ablagerung in weiteren Entnahmestellen, ohne Terrainanpassungen) (hellbraun) und des Aushubanfalls aus dem Bauwerk (rot-braun) auf pro-Kopf-Basis für das Bezugsjahr 2020 nach Kantonen. Die Werte sind in Kubikmetern fest pro Einwohner angegeben.

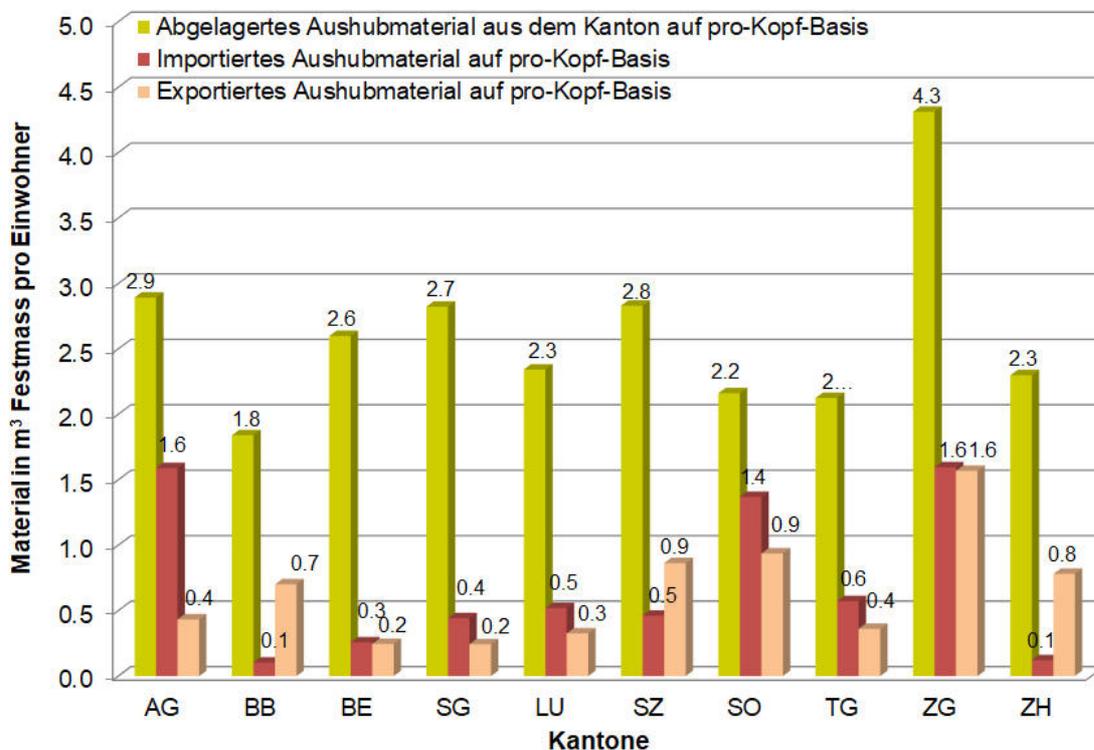
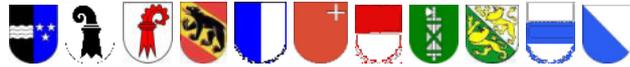


Abbildung 9: Aus den Kantonen stammende Aushubvolumina, die in den Kantonen abgelagert wurden sowie die Aushubimporte- und Exporte auf pro-Kopf-Basis für das Jahr 2020.



In der Abbildung 9 sind die abgelagerten Aushubmengen aus den Kantonen (grüne Säulen), sowie die Importe (dunkelbraun) und Exporte (hellbraun) dargestellt². Gut zu erkennen ist, dass insbesondere die Kantone AG und SO auf pro-Kopf-Basis deutlich mehr Aushubmaterial importieren als exportieren. Umgekehrt ist die Situation in den Kantonen BL+BS, SZ und ZH. Insbesondere in den Kantonen BL+BS und ZH wird kaum Aushubmaterial importiert, aber grosse Volumen exportiert. Im Bezugsjahr 2020 fiel im Kanton Zürich zusätzlich noch Ausbruchmaterial aus dem Gubristtunnel an, welches im Kanton Aargau abgelagert wurde. In den anderen Kantonen bewegen sich die Importe und Exporte von Aushubmaterial in etwa auf gleichem Niveau. Zudem bewegen sich diese im Verhältnis zum pro-Kopf-Wert des abgelagerten Aushubmaterials auf einem deutlich tieferen Niveau.

3.5 Entwicklung der Materialflüsse bis 2035

In den nachfolgenden Kapiteln sind die zeitlichen Entwicklungen der Materialflüsse bis zum Jahr 2035 (Linien) sowie die erhobenen und modellierten Materialflüsse der einzelnen Jahre (als Säulen) der neun Kantone abgebildet und beschrieben. Die Resultate der Szenarien «Mittel» (ausgezogene Linien in Abbildungen 10 - 12) entsprechen bei allen Kantonen in etwa den ehemaligen Szenarien «Hoch», welche auf den BFS-Szenarien aus dem Jahr 2010 basieren.

3.5.1 Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubmaterialanfalls

In der Abbildung 10 sind die mit dem dynamischen Modell gerechneten, szenarioabhängigen Entwicklungen des Baustoffbedarfs und des Aushubmaterialanfalls zwischen 2010 und 2035 sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010 – 2016, 2018 und 2020 für die Kantone ZH, BE, AG, LU, SG, BL+BS (BB), TG, SO, SZ und ZG dargestellt. Der Vergleich zeigt, dass der modellierte Baustoffbedarf und Aushubmaterialanfall, welcher jeweils auf den jährlichen Erhebungen der Kantone basiert, weiterhin in allen Kantonen relativ gut mit den modellierten Entwicklungen dieser Materialflüsse übereinstimmt. Beim Kanton Luzern liegt der Aushubmaterialanfall für die Jahre 2016, 2018 und 2020 deutlicher unter der modellierten Entwicklung, sollte sich dies in den kommenden Jahren wiederholen, wird das dynamische Modell entsprechend angepasst. Beim Kanton Solothurn wurden Anpassungen beim Baustoffbedarf und Aushubmaterialanfall vorgenommen. Beim Kanton Aargau liegt der Baustoffbedarf für die Jahre 2018 und 2020 deutlich über der modellierten Entwicklung. In den vorangegangenen Jahren ist die Übereinstimmung jedoch relativ gut, weshalb vorerst keine Anpassung im dynamischen Modell vorgenommen wurde. Für die «Beiden Basel» wurde erstmals ein dynamisches Modell erstellt. Hier gilt es, in den kommenden Jahren zu überprüfen, ob das dynamische Modell angepasst werden muss.

Bei den anderen Kantonen sind keine wesentlichen Änderungen im dynamischen Modell notwendig. Die Resultate zeigen, dass die Modellierung des Bauwerks in den meisten Kantonen in Bezug auf die zeitlichen Entwicklungen der Materialflüsse in das und aus dem Bauwerk nun bereits über einen längeren Zeitraum aussagekräftige Resultate liefert.

² In der Abbildung 9 ist der Materialfluss von kiesigem Aushubmaterial, welcher zu Kies/Sand aufbereitet wird, nicht enthalten. Dieser Materialfluss ist jedoch in der Abbildung 8 bei der Aushubablagerung (hellbraune Säulen) berücksichtigt.

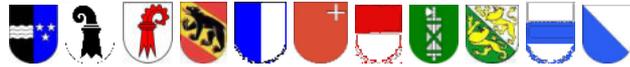
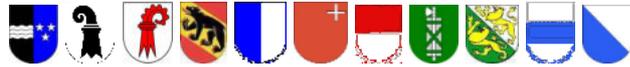


Abbildung 10: Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubanfalls in den Kantonen ZH, BE, AG, LU, SG, BL+BS (BB), SO, TG, SZ und ZG zwischen 2010 und 2035 (ausgezogene Linien: Szen. «Mittel, BFS 2015», gestrichelte Linien Szen. «Hoch, BFS 2010»), sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 – 2016, 2018 und 2020. Angaben in 1000 m³ fest.



3.5.2 Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung

Die Modellierung der Entwicklung des Baustoffbedarfs und Aushubanfalls ist von zentraler Bedeutung. Nur wenn hier eine gute Übereinstimmung der Einzeljahre mit der modellierten Entwicklung erreicht werden kann, ist eine entsprechende Übereinstimmung der nachfolgend diskutierten Materialflüsse erreichbar.

Kenntnisse zur künftigen Entwicklung des Abbaus von Primärmaterialien und zur Aushubablagerung sind insbesondere für die Planung von Kiesabbaugebieten und Aushubdeponien von grosser Bedeutung für die einzelnen Kantone. In der Abbildung 11 sind die zeitlichen Entwicklungen dieser Materialflüsse analog der Abbildung 10 dargestellt. Auch hier stimmen die in den statischen Modellen gerechneten Werte (dunkelblaue Säulen) sowie die von den Kantonen angegebenen Werte (hellblaue Säulen) zum Primärmaterialabbau und zur Aushubablagerung³ in den meisten Kantonen gut bis sehr gut mit den modellierten Entwicklungen dieser Materialflüsse überein. Beim Kanton LU sind grössere Abweichungen bei der Aushubablagerung zu verzeichnen. Sollte sich diese im nächsten Modellierungszyklus bestätigen, wird das dynamische Modell entsprechend angepasst. Gleiches gilt im Grundsatz für den Kanton Thurgau bezüglich des Primärmaterialabbaus.

Um die zeitlichen Entwicklungen der Materialflüsse besser miteinander vergleichen zu können, sind Achsen in den Grafiken für die beiden Materialflüsse jeweils auf die gleiche maximale Höhe skaliert. Die Niveaus von Primärmaterialabbau und Aushubablagerung unterscheiden sich bei den einzelnen Kantonen teilweise deutlich: Im Kanton Bern liegt das Aushubablagerungsvolumen deutlich tiefer als das Abbauvolumen der Primärmaterialien, was teilweise auf den zusätzlichen Abbau von Kalk und Mergel zurückzuführen ist. In den Kantonen BL+BS (BB), LU, SG, SZ, TG und ZG liegt die Aushubablagerung höher als Primärmaterialabbau. Dies ist entweder auf die hohen Kiesimporte (BL+BS, LU, SG, SG, SZ) oder aber zusätzlich auf höhere Nettoimporte von Aushubmaterial (ZG, mit Ausnahme 2020) zurückzuführen.

Der Kanton Solothurn weist über den gesamten Zeitraum eine relativ ausgeglichene Bilanz auf. Hier werden zudem Kalkgestein und Tonmineralien abgebaut. Im Kanton Zürich liegt die Aushubablagerung leicht tiefer als der Primärmaterialabbau. Im Gegensatz zum Kanton Bern ist dafür aber nicht der zusätzliche Primärmaterialabbau dafür verantwortlich, vielmehr sind es hier die starken Aushubexporte, welche zu dieser Bilanz führen. Würde der im Kanton Zürich anfallende Aushub vollständig innerhalb des Kantons abgelagert werden, läge das Aushubablagerungsvolumen deutlich über dem Kiesabbauvolumen.

³ Summe aus Aushubmaterialflüssen in die Teil- und Wiederauffüllung von Entnahmestellen «Kiesgruben» und «weitere Primärmaterialien», Deponien Typ A+B.

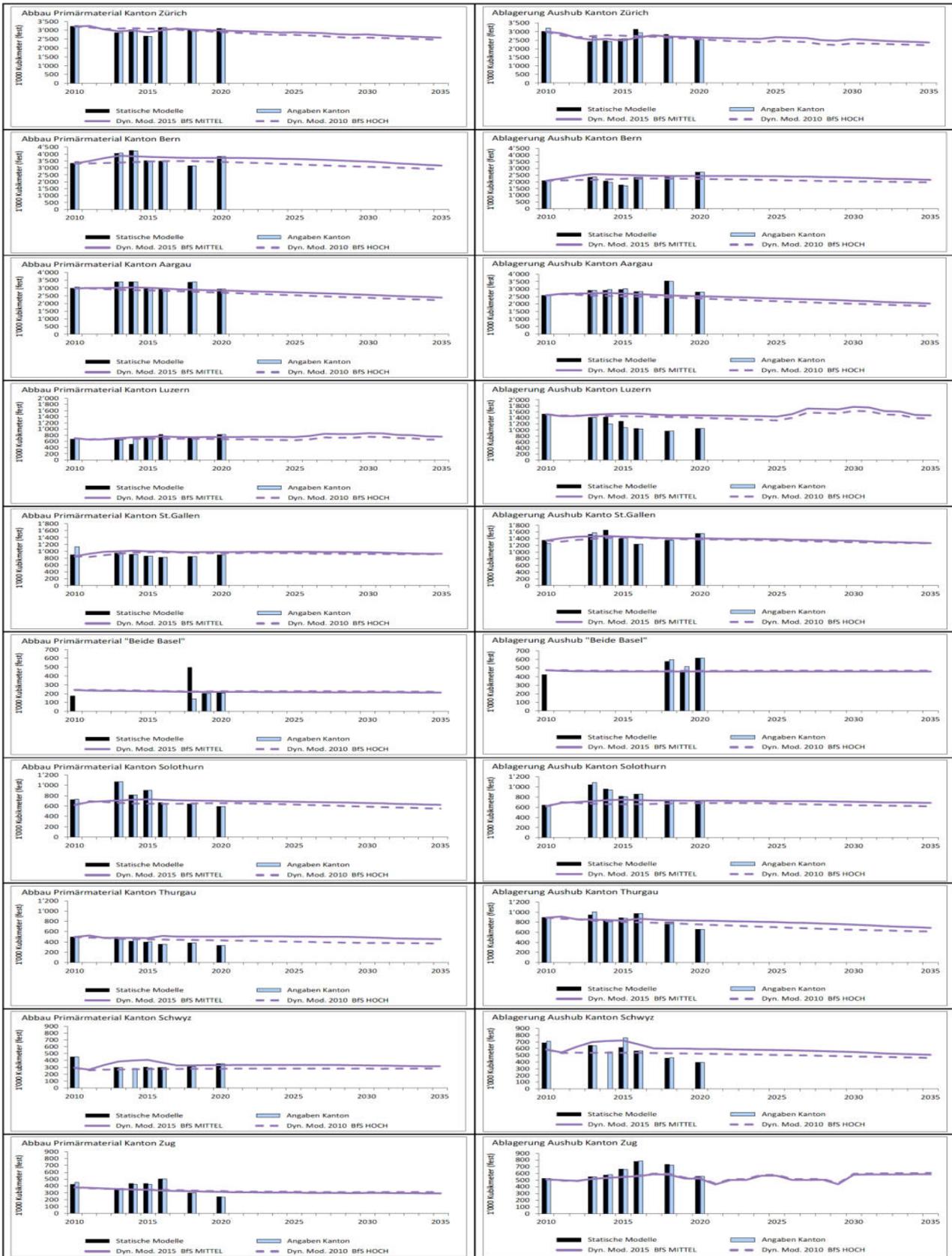
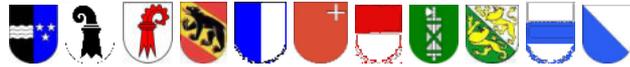
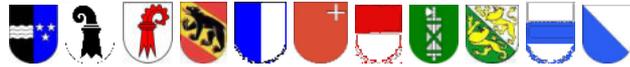


Abbildung 11: Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung in den Kantonen ZH, BE, AG, LU, SG, BL+BS (BB), TG, SO, SZ und ZG zwischen 2010 und 2035 (ausgezogene Linien: Szen. «Mittel, BFS 2015», gestrichelte Linien Szen. «Hoch, BFS 2010»), sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 – 2016, 2018 und 2020. Angaben in 1000 m³ fest.



3.5.3 Kumulierte Differenz zwischen Aushubablagerung und Primärmaterialabbau

Die Entwicklungen der jährlichen Differenz „Ablagerung – Abbau“ und der kumulierten Differenz für die Kantone zwischen 2010 und 2035, sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 bis 2016, 2018 und 2020 sind in der Abbildung 12 dargestellt. In der jährlichen und kumulierten Differenz nicht, beziehungsweise nur indirekt berücksichtigt, sind die Aushub- sowie Kiesimporte und –exporte. Würden beispielsweise die Aushubimporte im Kanton Zürich in der jährlichen und kumulierten Differenz mit einbezogen, würde ein deutlicher Aushubüberschuss entstehen. Da die jährliche Differenz jeweils aus zwei grossen Zahlen gebildet wird, sind die jährlichen Schwankungen entsprechend gross. Die Werte für die einzelnen Bezugsjahre sind somit mit relativ grossen Unsicherheiten behaftet. Dennoch stimmen die modellierten Entwicklungen der kumulierten Differenzen in den meisten Kantonen recht gut mit den Jahres-werten überein.

Der Kanton Solothurn weist sowohl positive als auch negative Werte auf, welche mehr oder weniger stark vom Nullwert abweichen. Die Entwicklung der kumulierten Differenz (Grafik rechts) verläuft relativ nahe beim Nullwert, ist jedoch leicht im positiven Bereich (Aushubüberschuss), weil mehr Werte im positiven Bereich liegen und diese zudem in absoluten Zahlen etwas höher liegen als die Werte, welche sich im negativen Bereich bewegen. Sofern in den kommenden Jahren keine starken Veränderungen stattfinden, sind keine zusätzlichen oder allenfalls nur kleine Aushubdeponien notwendig.

In den Kantonen AG, BE, und ZH verläuft die kumulierte Differenz in den negativen Bereich. Das heisst, es entsteht unter den gegebenen Bedingungen (Importe und Exporte verändern sich nicht wesentlich) mehr offenes Grubenvolumen. Allerdings sind unterschiedliche Aspekte dafür verantwortlich: Im Kanton Zürich sind es die massiven Aushubmaterialexporte, welche zu dieser Entwicklung führen. Im Kanton Bern wird hingegen werden relativ grosse Mengen an weiteren Primärmaterialien abgebaut und es wird mehr Aushubmaterial verwertet. Dies führt zu einer im Vergleich zu den anderen Kantonen grossen kumulierten Differenz, welche bis zum Jahr 2025 auf rund -29 Mio. m³ anwächst. Beim Kanton Aargau ist die Situation ähnlich, jedoch auf deutlich tieferem Niveau. Die kumulierte Differenz erreicht bis 2035 einen Wert von knapp -8 Mio. m³.

In den Kantonen BL+BS, LU, SG, TG, SZ und ZG verlaufen die kumulierten Differenzen in den positiven Bereich. Dies bedeutet, dass die in den Abbaustellen geschaffenen Volumen nicht ausreichen, um das anfallende Aushubmaterial dort aufzunehmen. Ein Teil davon muss in Aushubdeponien abgelagert oder allenfalls exportiert werden, oder aber es wird weniger Aushubmaterial importiert (z.B. LU, SZ und ZG). In den Kantonen BL+BS, LU, SG und TG sind hauptsächlich die Kiesimporte für die ansteigende kumulierte Differenz verantwortlich. Diese müssten deshalb stark reduziert werden, um eine ausgeglichene Bilanz zu erreichen.

Die Entwicklungen der jährlichen und kumulierten Differenzen basieren auf der Annahme, dass sich die heute vorliegenden Abbau- und Entsorgungssituationen in den einzelnen Kantonen in den kommenden Jahren nicht verändert. Ändern sich jedoch beispielsweise die Auffüllquoten zur Rekultivierung (z.B. im Kanton Zürich in Diskussion), reduzieren sich die Aushubexporte/-importe entsprechend. Solche Massnahmen können zu erheblichen Verschiebungen bei der Aushubentsorgung führen. Deshalb ist eine Koordination in Bezug auf die langfristig ausgelegte Aushubdeponieplanungen zwischen den Kantonen zu empfehlen.

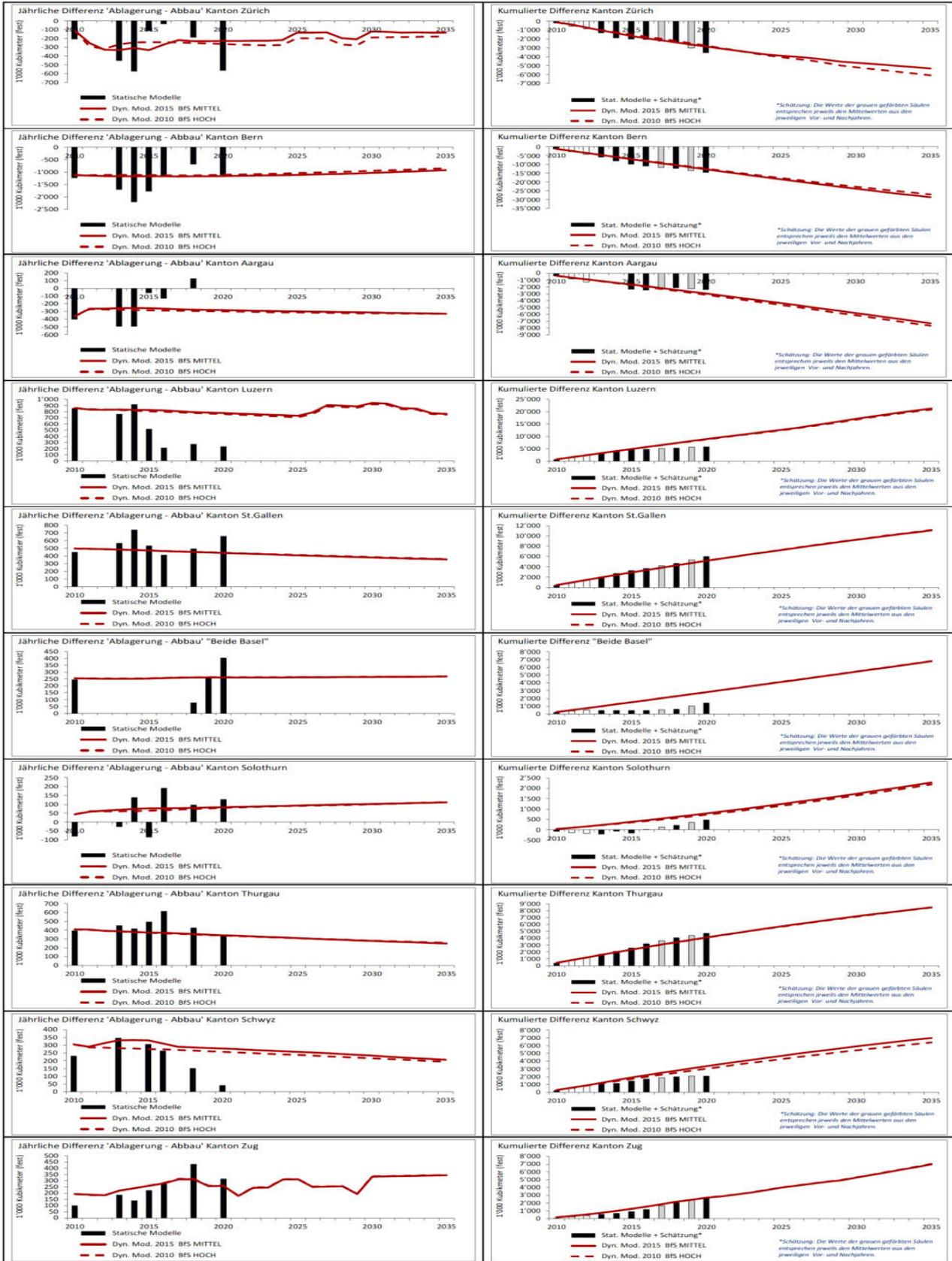


Abbildung 12: Entwicklung der jährlichen Differenz „Ablagerung–Abbau“ und die kumulierte Differenz in den Kantonen ZH, BE, AG, LU, SG, BL+BS (BB), TG, SO, SZ und ZG zwischen 2010 und 2035 (ausgezogene Linien: Szen. «Mittel, BFS 2015», gestrichelte Linien Szen. «Hoch, BFS 2010»), sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 – 2016, 2018 und 2020 in 1000 m³ fest.



4. Diskussion und Schlussfolgerungen

4.1 Gesteinskörnungsbedarf und Verwertung der Rückbaustoffe (RBS)

Mit den modellierten Materialflüssen sind Vergleiche der wichtigsten Kennzahlen zwischen den Kantonen möglich. Zudem lässt sich damit die Situation für die gesamte Region der elf Kantone darstellen. In der Tabelle 7 sind der Gesteinskörnungsbedarf, welcher durch Kies/Sand sowie den Rückbaustoffen gedeckt wird, der Rückbaumaterialanfall inklusive den Nettoimporten (RBM), die verwerteten Rückbaustoffmengen (RBS) sowie die Verhältnisse RBS/RBM (Definition unterhalb Tabelle 7) und die RBS-Anteile am GK-Bedarf für die Kantone AG, BL+BS (BB), BE, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH und für die gesamte Region für die Jahre 2018 und 2020 aufgeführt. Die Veränderungen der Materialflüsse und der Verhältnisse im Vergleich zu jenen des Bezugsjahres 2018 bewegen sich für die meisten Kantone in einer relativ engen Bandbreite. Der Gesteinskörnungsbedarf hat in zwei Kanton zu- und in acht Kantonen gegenüber dem Jahr 2018 abgenommen. Die Zunahmen des Bedarfs an Gesteinskörnung lag in den Kanton LU und SG im Bereich von 2.7% (LU) bis 6.4% (SG). In den anderen Kantonen lagen die Abnahmen im Bereich von -0.1% (BE) bis -14.8% (BB). Der GK-Bedarf in der gesamten Region hat sich um rund 0.52 Mio. Kubikmeter auf knapp 16.2 Mio. Kubikmeter und somit um rund 3% reduziert.

Tabelle 7: Gesteinskörnungsbedarf (GK-Bedarf), Anfall von Rückbaumaterial (RBM) inklusive Nettoimporte, total verwertete Rückbaustoffe (RBS) sowie das Verhältnis RBS/RBM und der RBS-Anteil am GK-Bedarf in den Kantonen AG, BB, BE, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH sowie in der gesamten Region im Jahr 2018 und 2020.

Kanton	GK-Bedarf in 1000 m ³ fest		RBM-Anfall ⁽¹⁾ in 1000m ³ fest		Rückbaustoffe ⁽²⁾ in 1000m ³ fest		Verhältnis RBS/RBM ⁽³⁾ in %		RBS-Anteil am GK-Bedarf in %	
	2018	2020	2018	2020	2018	2020	2018	2020	2018	2020
AG	2'826	2'687	455	508	418	495	91.8	97.4	14.8	18.4
BB	1'142	973	309	277	186	185	60.2	66.6	16.3	19.0
BE	3'043	3'039	1044	1'016	776	844	74.4	83.0	25.5	27.8
LU	1'388	1'425	374	367	305	320	81.6	87.1	22.0	22.5
SG	1'643	1'748	390	480	334	432	85.6	90.1	20.3	24.7
SO	763	701	253	291	219	208	86.8	71.6	28.7	29.7
SZ	515	502	188	189	173	173	91.9	91.5	33.6	34.5
TG	910	847	256	239	217	198	84.6	82.7	23.8	23.4
ZG	423	388	136	136	123	120	90.3	88.7	29.1	31.1
ZH	4'019	3'843	1'169	1'068	1'065	988	91.1	92.6	26.5	25.7
Total	16'671	16'153	4'574	4'571	3'816	3'964	83.4	86.7	22.9	24.5

⁽¹⁾ Rückbaumaterialanfall inklusive Nettoimporte/-exporte (RBM) = A12 + A02 – A20 (Bsp.: Fluss A12 = Materialfluss von Prozess 1 nach Prozess 2 → siehe auch Abbildung 1)

⁽²⁾ Rückbaustoffe inklusive Exporte und direkte Verwertung (RBS) = A49 + A40 + A29

⁽³⁾ Verhältnis = RBS in 1000m³ / RBM in 1000m³ x 100%

Im Gegensatz zum Gesteinskörnungsbedarf haben der Rückbaumaterialanfall und die verarbeiteten Rückbaustoffmengen gegenüber 2018 in den meisten Kantonen und in der gesamten Region leicht zugenommen, was darauf hindeutet, dass sich die Rückbau- und Sanierungstätigkeit leicht erhöht hat. Die RBS/RBM-Verhältnisse unterliegen aus verschiedenen Gründen grösseren Schwankungen: Neben den Materialqualitäten der Rückbaumaterialien



können die Importe und Exporte von einem Kanton in einen anderen Kanton jährlichen Veränderungen unterliegen, was entsprechende Auswirkungen auf das RBS/RBM-Verhältnis haben kann. So ist dieses Verhältnis beim Kanton SO gegenüber dem Jahr 2018 deutlich gesunken (von 86.8% auf 71.6%), weil vermutlich relativ viel Rückbaumaterial aus dem Kanton Basel-Landschaft in die Deponien des Kantons Solothurn geführt wurde. Umgekehrt ist das Verhältnis im Kanton BB entsprechend angestiegen. Oftmals sind die Rückbaumaterial- bzw. Rückbaustoffimporte und -exporte nicht bekannt. Es muss mit groben Abschätzungen gearbeitet werden. In kleinen Kantonen (z.B. Kanton ZG) haben die Importe/Exporte einen grösseren Einfluss auf diese Kennzahl als in grossen Kantonen. Es ist deshalb zu empfehlen, dass die Import-/Exportmengen künftig genauer erhoben werden.

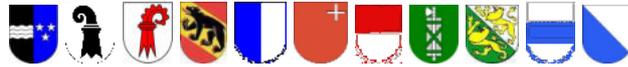
Das RBS/RBM-Verhältnis hat in der gesamten Region von 83.4% auf 86.7% zugenommen. Da neu auch BB in die Auswertung aufgenommen wurde und BB mit 60.2% (2018) bzw. 66.6% (2020) ein tiefes RBS/RBM-Verhältnis aufweist, hat sich diese Kennzahl für die gesamte Region im Vergleich zu den früheren Berichten etwas reduziert.

In den beiden letzten Spalten der Tabelle 7 sind die RBS-Anteile am GK-Bedarf aufgeführt. Die Anteile haben in den meisten Kantonen und in der gesamten Region gegenüber 2018 zugenommen. Für die gesamte Region liegt der RBS-Anteil nun bei 24.5% und somit um 1.6% höher als im Jahr 2018.

4.2 Mineralische Gesteinskörnungen und Aushubentsorgung: Autarkiegrade und Entwicklung

Die Autarkiegrade der mineralischen Gesteinskörnungen haben sich in den meisten Kantonen gegenüber 2018 geringfügig verändert (Abbildung 5). Die höchste Reduktion ist im Kanton ZG zu verzeichnen, hier nahm der Autarkiegrad von 94% auf 86% ab, weil netto nochmals mehr Kies importiert wurde (56'000 m³) als im Jahr 2018 (27000 m³). Aufgrund der geringen Fläche des Kantons wirken sich Veränderungen bei den Importen/Exporten relativ stark auf die Autarkiegrade aus. Die Kantone AG, BE, und ZH weisen Autarkiegrade im Bereich von 100% auf, was bedeutet, dass sich diese Kantone im Jahr 2020 selbst mit mineralischen Gesteinskörnungen versorgen konnten. Die Kantone BL+BS (BB), LU, SG und TG weisen deutlich tiefere Autarkiegrade auf. Sie liegen bei 29% (BB), 68% (LU), 63% (SG) bzw. 55% (TG). Der Grund hierfür sind vor allem die Kies- und Betonimporte aus Frankreich (BB), Deutschland und Österreich (in die Kantone TG und SG), sowie aus den Nachbarkantonen (LU). In den Kantonen SO, SZ und ZG liegen die Autarkiegrade der mineralischen Gesteinskörnungen im Bereich von 86% – 91%.

In den meisten Kantonen liegen die Autarkiegrade bei der Aushubentsorgung im Bereich von 100% oder darüber (AG, BE, LU SG, SO, TG, ZG) (Abbildung 6). Die Ausnahme nach unten bilden die Kantone BL+BS und ZH mit Werten von 68% (BL+BS) und 74% (ZH) und im geringeren Ausmass der Kanton SZ mit 87%. Diese Kantone weisen teilweise hohe Nettoexporte in andere Kantone oder ins Ausland auf, weil sie über zu wenig Deponievolumen verfügen. Die jährlichen Autarkiegrade bilden nur die IST-Situation in den einzelnen Kantonen ab. Längerfristig haben insbesondere Kantone mit hohen Kiesimportanteilen ein Problem bei der Aushubentsorgung, weil zu wenig Volumen zur Wiederauffüllung der Kiesgruben zur Verfügung steht (LU, SG, TG und mittel- bis langfristig auch ZG). In den Kantonen BL+BS sind die



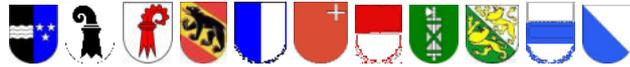
Verhältnisse etwas anders: Hier wird zwar viel Kies aus dem Ausland importiert, gleichzeitig wird aber auch viel Aushubmaterial exportiert, womit die Situation entschärft wird. Dies zeigt auch die Entwicklung der kumulierten Differenz zwischen Aushubablagerung und Primärmaterialabbau in Abbildung 12: In den Kantonen LU, SG, TG und ZG steigen diese bis zum Jahr 2035 relativ stark an, während die Entwicklung in den Kantonen BL+BS weniger stark ausfällt. Allerdings sind hier die Datengrundlagen noch eher dürftig.

4.3 Schlussfolgerungen

Anhand der Resultate der KAR-Modellierungen für die elf teilnehmenden Kantone kann das Zusammenspiel der Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse gut aufgezeigt werden. In jedem Kanton sind die Rahmenbedingungen anders. So unterscheidet sich die Ausgangssituation in den «Beiden Basel», die erstmals an der gemeinsamen KAR-Modellierung teilgenommen haben, mit einem starken Austausch von Kies (Importe) und Aushub (Exporte) über die Landesgrenzen erheblich von den anderen Kantonen. Dies hat mit der geografischen Lage der beiden Halbkantone zu tun, welche einen Kantonsgrenzen überschreitenden Materialaustausch schwierig machen.

Der Vergleich des Baustoffbedarfs, des Aushub- und Rückbaumaterialanfalls auf kantonaler Basis zeigt (Tabelle 6), dass sich diese Materialflüsse im Vergleich zum Jahr 2018 stark verändern können und uneinheitlich sind. Über die gesamten Region (d.h. alle Kantone zusammen) betrachtet, fallen die Veränderungen jedoch eher moderat aus. Der Baustoffbedarf und der Aushubanfall hat sich gegenüber 2018 um 3.3% bzw. 6.7% reduziert. Der Rückbaumaterialanfall hat jedoch leicht um 0.3% zugenommen. Die Reduktion des Baustoffbedarfs und Aushubanfalls deutet auf eine leichte Abnahme der überregionalen Bautätigkeit hin. Die Zunahme beim Rückbaumaterialanfall kann mit dem stetig zunehmenden Gebäudeparkvolumen erklärt werden. Auch bei konstanten Sanierungs- und Rückbauraten führt dies zu zunehmenden Rückbaumaterialflüssen.

Mit den steigenden Rückbaumaterialflüssen müssen die Aufbereitungskapazitäten entsprechend erhöht werden, andernfalls müsste das zusätzlich anfallende Material deponiert werden. Dies passiert dann auch: Das RBS/RBM-Verhältnis ist nicht nur konstant, sondern steigt gar leicht an, was bedeutet, dass mehr Rückbaumaterial verwertet wird. Im Jahr 2020 wurde ein Wert von 86.7% erreicht. Allerdings sind die kantonalen Unterschiede enorm. Die Werte bewegen sich zwischen 67% und 97%. Dies bedeutet, dass vor allem in den Kantonen BL+BS und SO, aber auch in den Kantonen BE, LU und TG noch erhebliches Verwertungspotenzial vorliegt. Diese Kantone haben in der Zwischenzeit Recyclingbaustoffstrategien entwickelt und es ist davon auszugehen, dass das Verwertungspotenzial bereits in naher Zukunft besser ausgeschöpft wird. Auch in den anderen Kantonen sind Bestrebungen im Gange, die Verwertungspotenziale beim Mischabbruch, beim unverschmutzten Aushub, sowie beim schwach und wenig verschmutzten Aushub besser zu nutzen. Gelingt dies, kann Kies substituiert und Deponievolumen geschont werden.



5. Ausblick

5.1 Nachführung der statischen Modelle

Mittlerweile beteiligen sich die in diesem Bericht erwähnten elf Kantone an der Modellierung der KAR-Materialflüsse in ihren Kantonen. Die nächste Nachführung der Modelle ist für das Bezugsjahr 2022 vorgesehen.

5.2 Mitwirkung der Verbände

Die beiden Verbände arv Baustoffrecycling Schweiz (ARV) und Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie (FSKB) werden sich weiterhin bei der Weiterentwicklung des KAR-Modells beteiligen und in der Begleitgruppe mitwirken. Sie haben sich grundsätzlich dafür ausgesprochen, bei Bedarf zusätzliche Datengrundlagen für die Modelle zur Verfügung zu stellen. Damit können die statischen Modelle noch besser validiert werden. Zudem liefern die Verbände wichtige Informationen zu Entwicklungen in ihren Branchen.

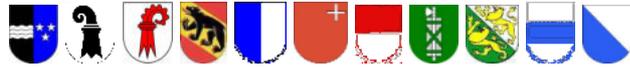
5.3 Optimierung der Datenerhebung

Die Importe/Exporte von Rückbaumaterialien über die Kantonsgrenzen sollen in Zukunft genauer erhoben werden, um robustere Aussagen zu den Verwertungsquoten zu erhalten. Die Diskussionen haben gezeigt, dass entsprechende Daten von den beiden Verbänden erhoben werden. Es braucht dazu jedoch eine Anpassung der Erfassungstools (RESSIS/ARVIS). Die Kantone haben sich zum Ziel gesetzt, bis zur nächsten KAR-Modellierung die Voraussetzungen zu schaffen, um diese Erhebungen für das Bezugsjahr 2022 durchführen zu können.

5.4 Weitere Aktivitäten im KAR-Bereich

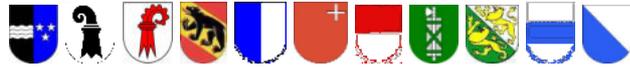
Der Kanton Luzern hat eine Baustoffrecyclingstrategie entwickelt. Im Jahr 2022 soll ein mit den Zentralschweizer Kantonen abgestimmter Massnahmenplan publiziert werden.

Der Kanton Zürich hat eine Studie zum Verwertungspotenzial von Materialien, welche heute noch auf Deponien des Typs B und E gelangen, in Auftrag gegeben. Zusätzlich wird ein Deponieprognosemodell (DPM) entwickelt. Die Erkenntnisse aus der Potenzialstudie fliessen in die Szenarienanalyse des DPM ein. Die Berichte der Studien werden im Frühling 2022 vorliegen.



6. Literatur

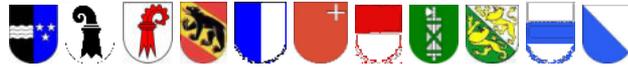
- Bundesamt für Statistik, 2016: Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Kantone - 2015-2045, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung.assetdetail.40822.html>
- Rubli Stefan, 2012: *Modellierung der Bau-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Überregionale Betrachtung*. Umweltämter der Kantone Aargau, Schaffhausen, St.Gallen, Solothurn, Schwyz, Thurgau, Zug und Zürich
- Rubli Stefan, 2015: *Modellierung der Bau-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2013*. Umweltämter der Kantone Bern, Luzern, Thurgau, Schwyz, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.
- Rubli Stefan, 2016: *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2014*. Umweltämter der Kantone Bern, Thurgau, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.
- Rubli Stefan, 2017: *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2015*. Umweltämter der Kantone Aargau, Bern, Luzern, Thurgau, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.
- Rubli Stefan, 2018: *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2016*. Umweltämter der Kantone Aargau, Bern, Luzern, Thurgau, Schwyz, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.
- Rubli Stefan, 2020: *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2018*. Umweltämter der Kantone Aargau, Bern, Luzern, Thurgau, Schwyz, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.



Anhang

A.1. Kurzbeschreibung der Prozesse

Nr.	Prozess	Beschreibung
1	Bauwerk	Das BAUWERK umfasst Hoch- und Tiefbau mit den Bautätigkeiten aus Neubau, Sanierung und Rückbau. Das ist der einzige Prozess im KAR-Modell mit einem modellierten Lager.
2	Rückbaumaterial triagieren	Im Modell wird das anfallende Rückbaumaterial aus dem BAUWERK in diesem Prozess aufgenommen und zu den Folgeprozessen 'verteilt. In der Realität passiert diese Triage auf der Baustelle oder einer Sortierstelle.
3	Rückbau- und Aushubmaterial deponieren	Die Deponien stehen im Modell für alle Deponietypen (ISO, Reaktor, 'Aushub', bzw. Typ A-E).
4	Rückbaumaterial aufbereiten	Rückbaumaterial wird aufbereitet. Dabei fällt die Feinfraktion an, welche deponiert wird.
5	Aushub triagieren	Das anfallende Aushubmaterial aus dem BAUWERK wird in diesem Prozess (virtuell) gesammelt und auf die Folgeprozesse verteilt. In der Realität passiert diese Triage auf der Baustelle oder einem Zwischenlager.
6	Wiederauffüllung Entnahmestellen	Wiederauffüllung von Kiesabbaustellen mit unverschmutztem Aushubmaterial (Rekultivierung).
7	Kies/Sand abbauen	Der Abbau von Primärmaterial umfasst Kies-, Sand-, Gips-, Ton- Abbau in Gruben und anderen Abbaustellen.
8	Kies/Sand aufbereiten	Das abgebaute Primärmaterial wird aufbereitet. Dabei fällt eine Feinfraktion an, die wieder in der Abbaustelle abgelagert wird.
9	Baustoffe produzieren	Mineralische Baustoffe werden aus primären und sekundären Rohstoffen produziert und stehen als Total für das BAUWERK zur Verfügung. In der Realität geschieht dies teilweise auf der Baustelle oder in einer Produktionsanlage.
10	Weitere Baustoffe produzieren	Weitere Baustoffe wie Kalk/Mergel, Gipsstein, Tonminerale usw. werden zu Baustoffen wie Zement, Gipswerkstoffen, Back- und Ziegelsteinen usw. aufbereitet.
11	Weitere Primärmaterialien abbauen	Weitere mineralische Baustoffe (exkl. Kies/Sand) wie Kalk/Mergel, Gipsstein, Tonminerale usw. werden abgebaut.
12	Teil- und Wiederauffüllung	Die „Weiteren Entnahmestellen“ werden mit Aushubmaterial aufgefüllt. Oftmals werden diese Entnahmestellen nicht mehr vollständig mit Aushubmaterial aufgefüllt → Teilauffüllung.



A.2. Beschreibung der Materialflüsse im KAR-Modell

Bemerkung: Die Nummernbezeichnung der Materialflüsse basiert auf der Richtung des Flusses von einem Prozess in den anderen Prozess. Beispiel: Der Fluss A12 (Anfall Rückbaumaterial aus dem BAUWERK) führt vom Prozess 1 «Bauwerk» in den Prozess 2 «Triage Rückbaumaterial».

Nr.	Beschreibung des Materialflusses
A12	Anfall Rückbaumaterial aus dem BAUWERK
A15	Anfall Aushub aus dem BAUWERK
A23	Rückbaumaterial, das deponiert wird
A24	Rückbaumaterial, das aufbereitet wird
A29	Rückbaumaterial, das direkt auf der Baustelle verwertet wird (nur im Tiefbau)
A43	Feinfraktion aus der Aufbereitung von Rückbaumaterial, die deponiert wird
A49	RC-Granulate, die als Baustoffe eingesetzt werden können; im Modell explizit ohne Primärmaterial
A51	Aushub, der für Terrainanpassungen auf der Parzelle verwendet wird
A53.A	Aushub, der auf Deponien des Typs A abgelagert wird
A53.B	Aushub, der auf Deponien des Typs B abgelagert wird
A56	Unverschmutzter Aushub, der für die Wiederauffüllung von Entnahmestellen (von Kies/Sand) verwendet wird (Rekultivierung)
A58	Kiesiger Aushub, der zu Primärmaterial aufbereitet werden kann
A78	Abgebauter Kies/Sand; dieser Fluss wird in der SFA als 'Zielfluss' modelliert
A86	Feinfraktion aus der Aufbereitung von Kies/Sand, wird direkt in der Abbau-stelle abgelagert
A89	Aufbereiteter Kies/Sand für die Baustoffproduktion
A91	Baustoffinput in das BAUWERK, bzw. der Bedarf an Baustoffen im BAUWERK
A512	Aushub, der in die „Weiteren Entnahmestellen“ zur Teil- und Wieder-auffüllung gelangt
A109	Weitere aufbereitete mineralische Baustoffe für die Baustoffproduktion (z.B. Zement für Betonproduktion)
A1110	Weitere mineralische Primärmaterialien, die in die Aufbereitung gelangen (z.B. Kalk/Mergel für die Zementproduktion)

Materialimporte

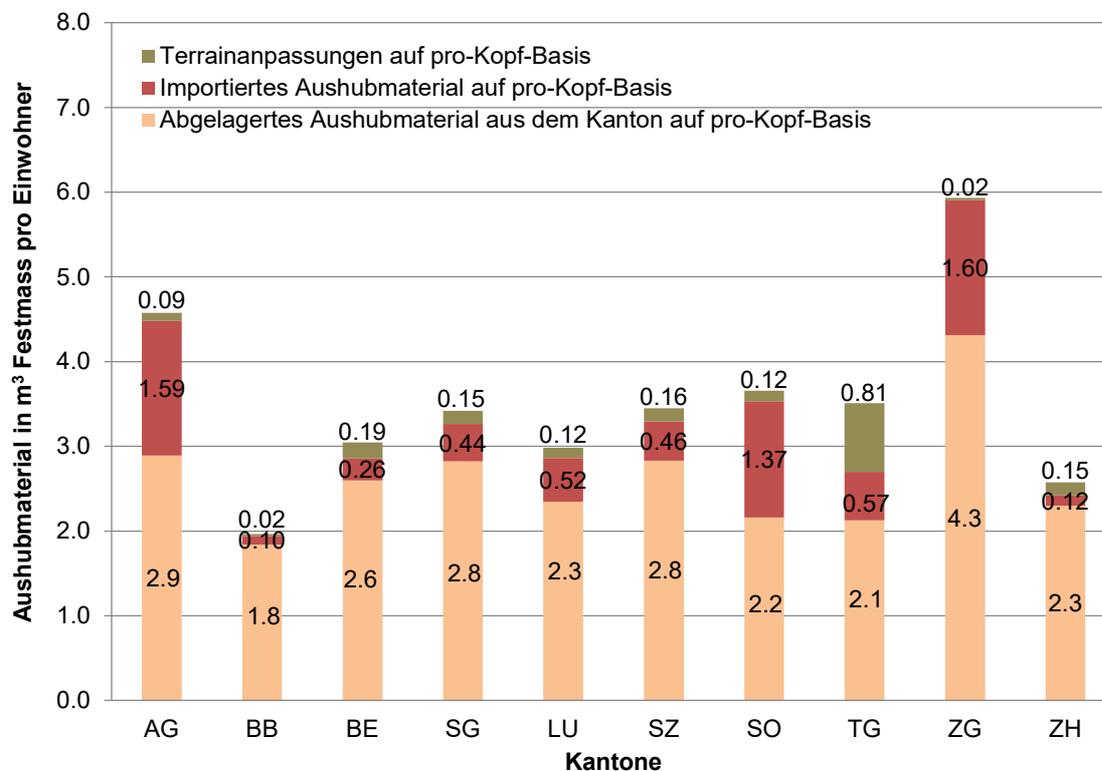
A02	Rückbaumaterial in die Triage Rückbaumaterial
A06	Aushubmaterial zur Triage Aushub
A08	Kies/Sand in die Kies-/Sandaufbereitung
A010	Weitere mineralische Baustoffe zur Aufbereitung

Materialexporte

A20	Rückbaumaterial aus der Triage Rückbaumaterial
A40	RC-Granulate aus der Aufbereitung RC-Material
A50	Aushubmaterial aus der Triage Aushub
A80	Kies/Sand aus der Aufbereitung Primärmaterial
A100	Weitere Baustoffe aus der Aufbereitung „Weitere Baustoffe“

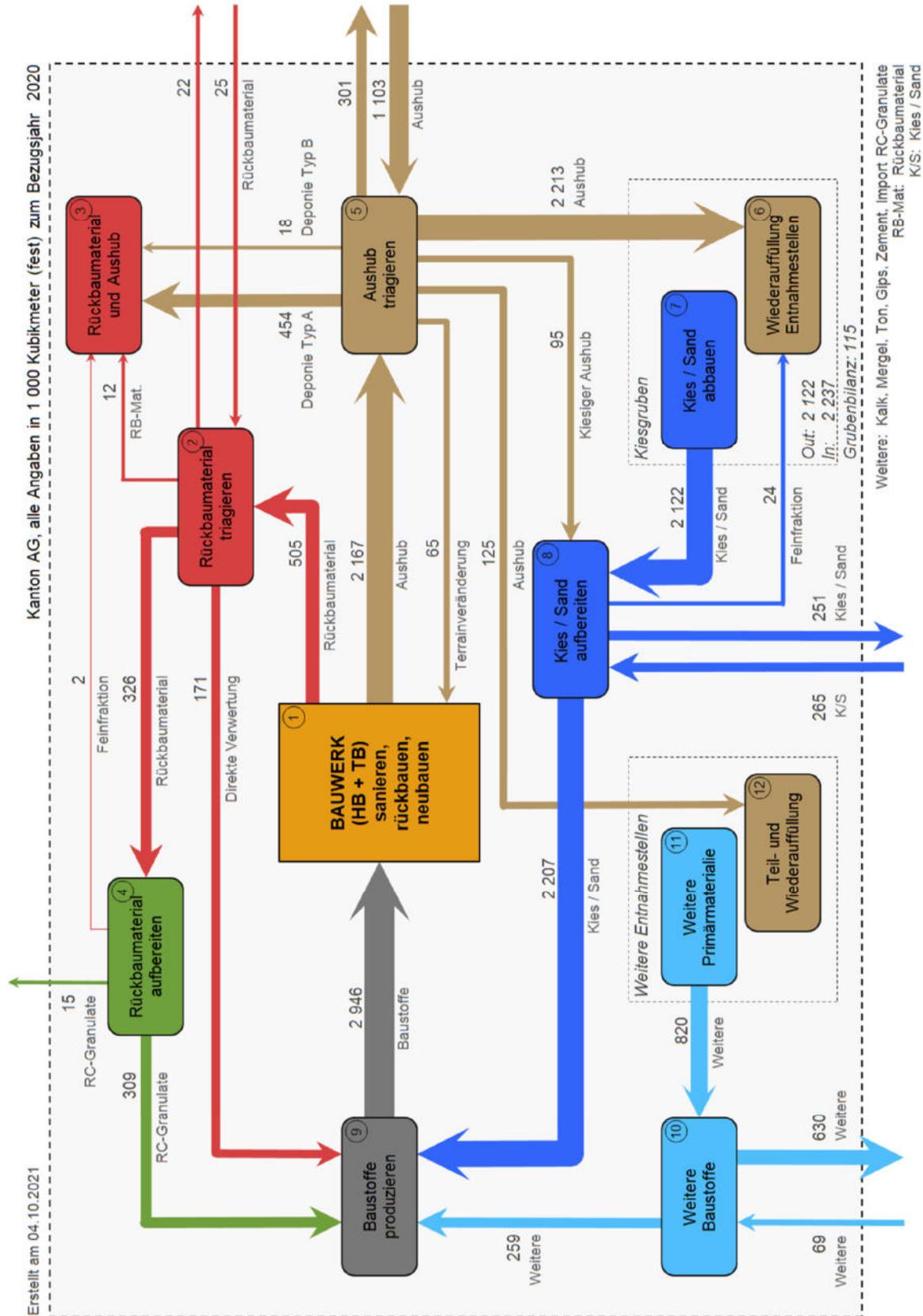


A.3. Abgelagertes Aushubmaterial aus dem Kanton, importiertes Aushubmaterial und Material in Terrainanpassungen



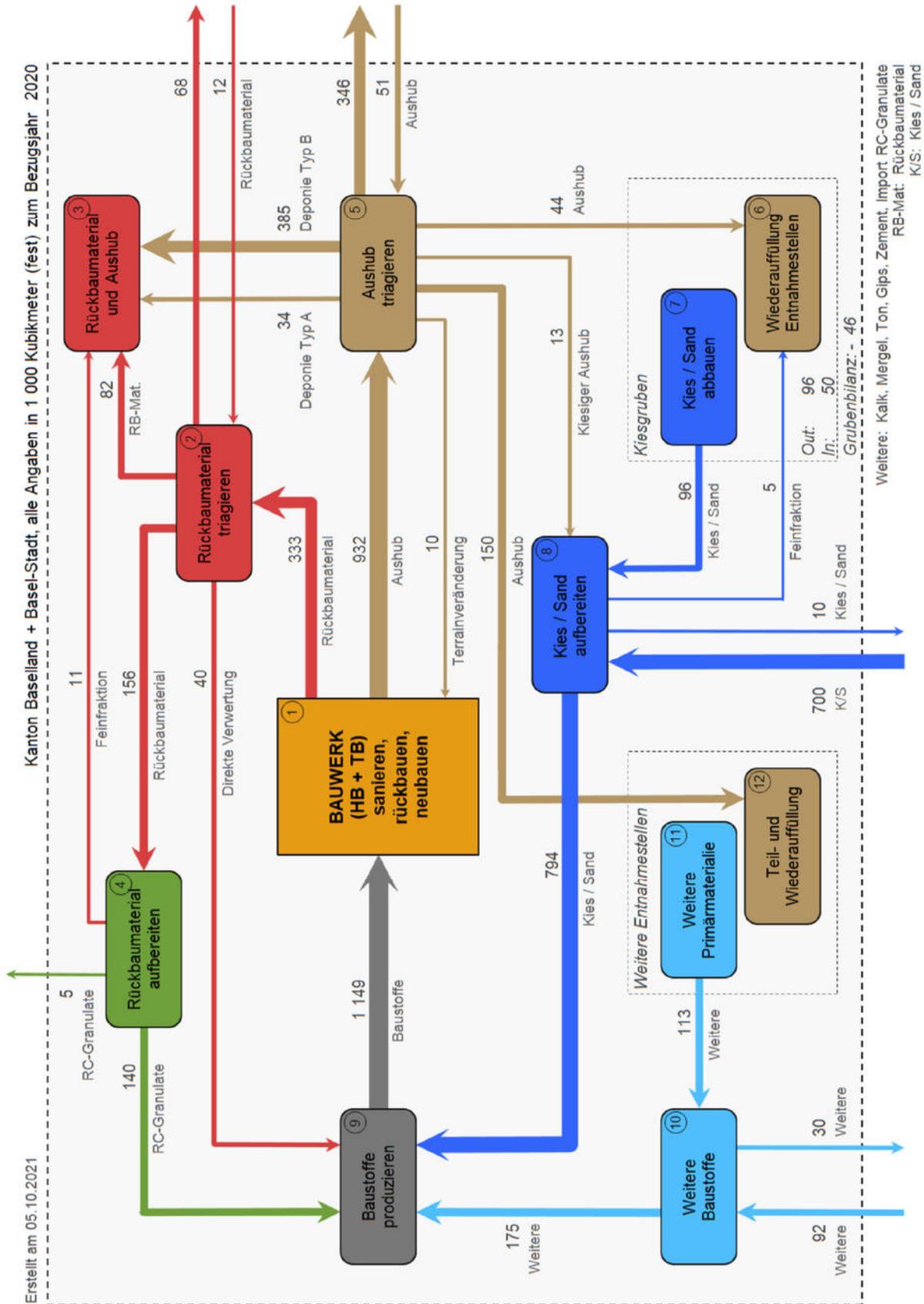


A.4. Materialflussschemen der einzelnen Kantone
Materialflussschema Kanton Aargau (Bezugsjahr 2020)



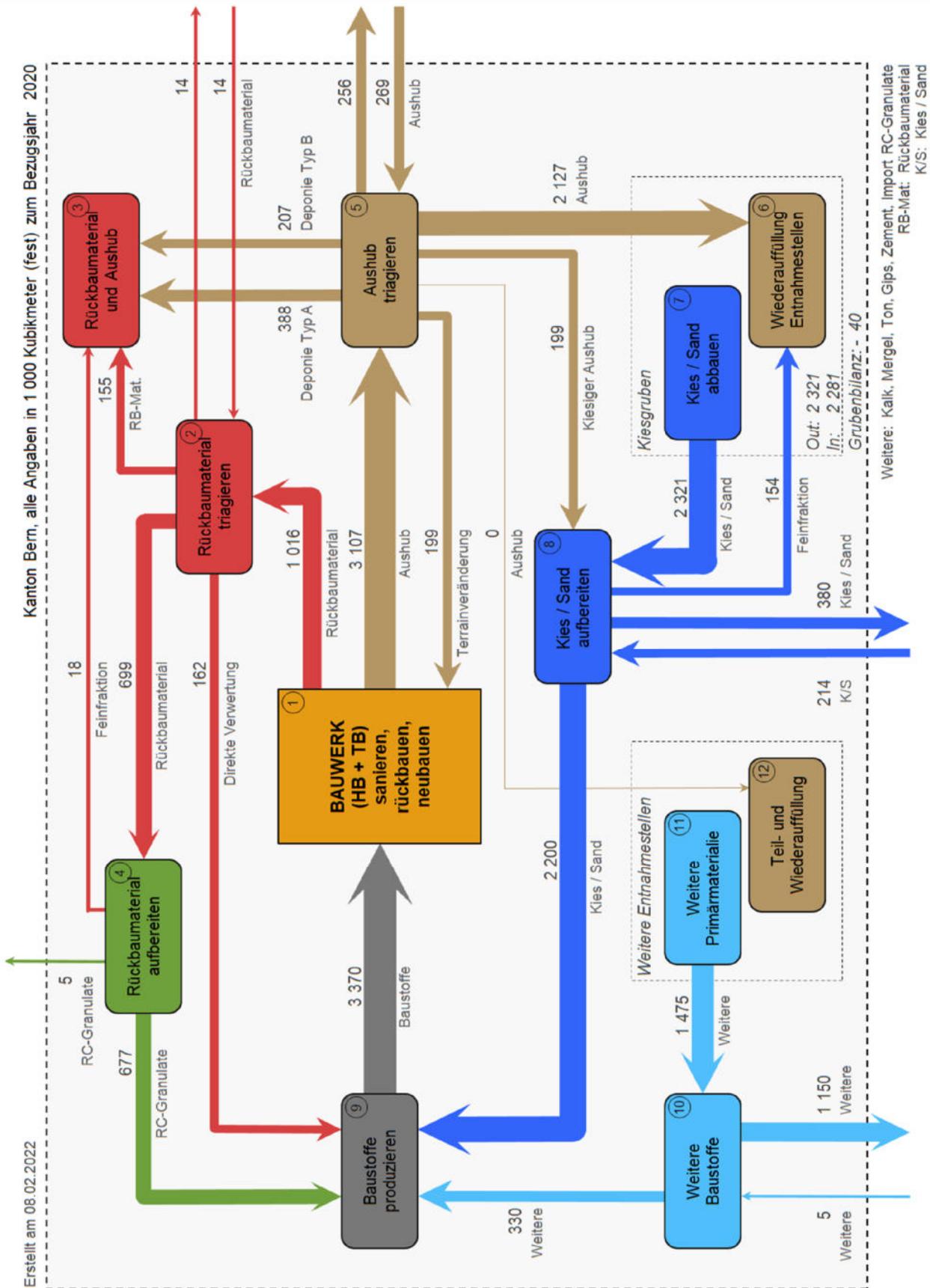


Materialflussschema «Beide Basel» (Bezugsjahr 2020)



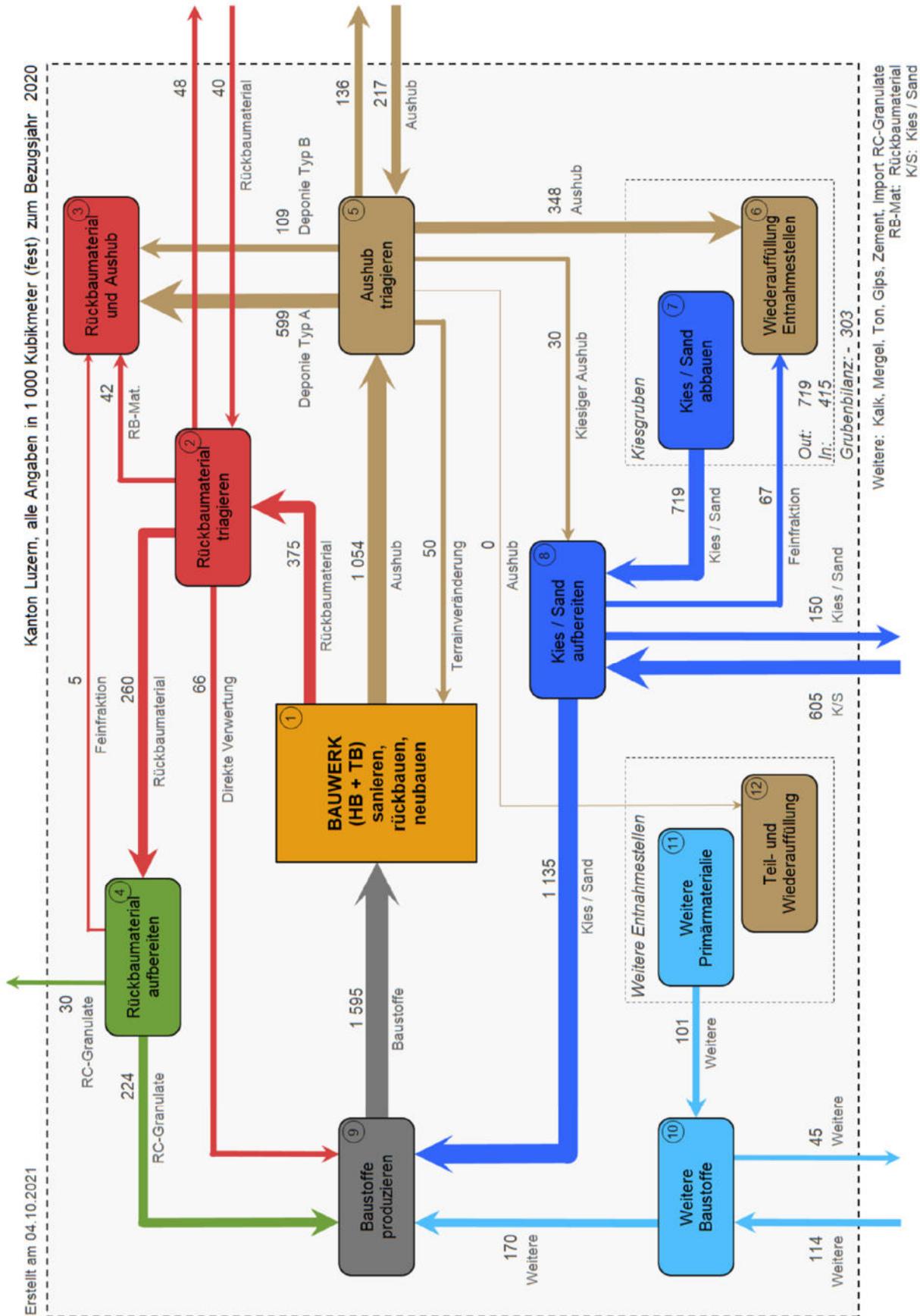


Materialflussschema Kanton Bern (Bezugsjahr 2020)



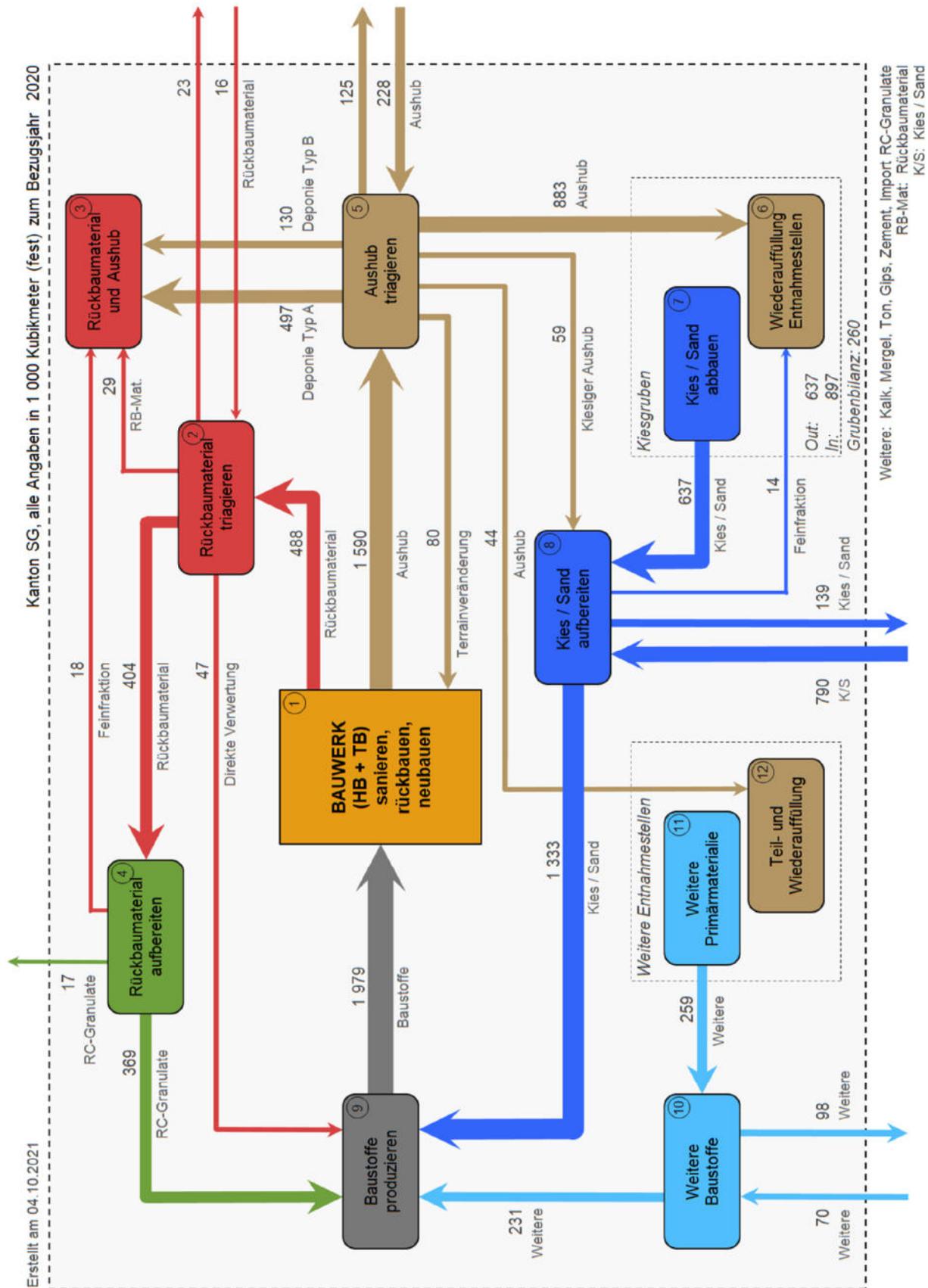


Materialflussschema Kanton Luzern (Bezugsjahr 2020)



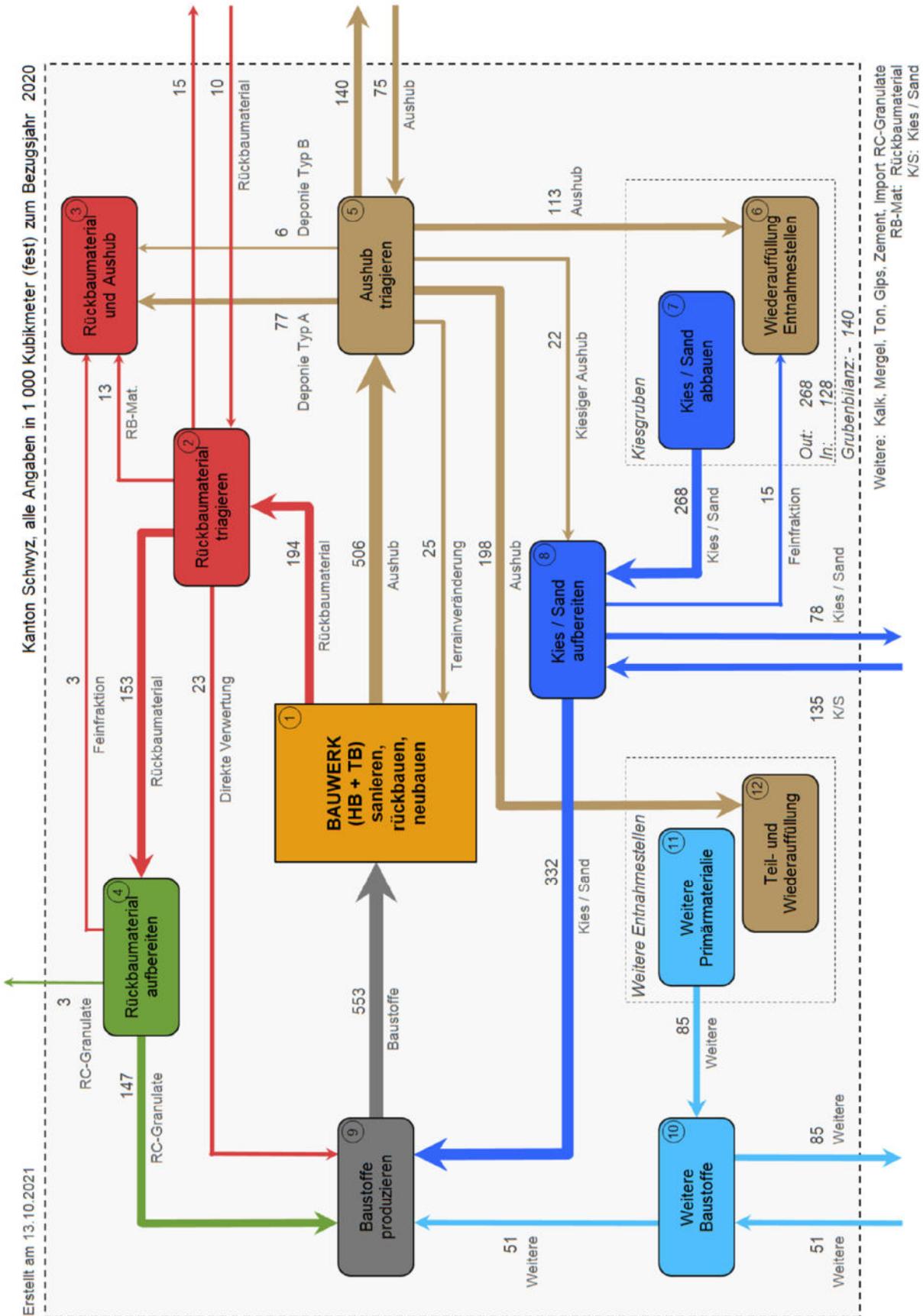


Materialflussschema Kanton St.Gallen (Bezugsjahr 2020)



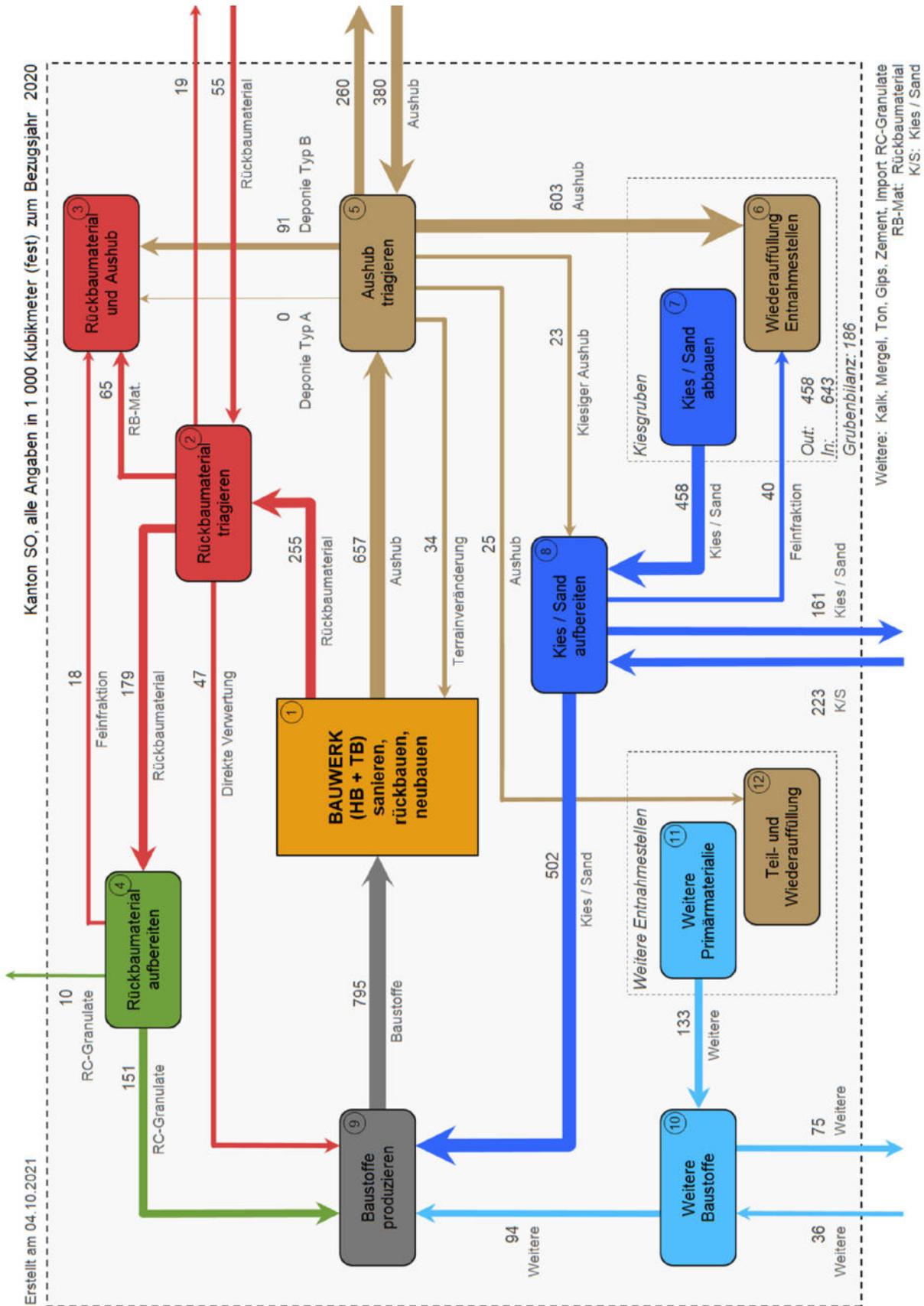


Materialflussschema Kanton Schwyz (Bezugsjahr 2020)



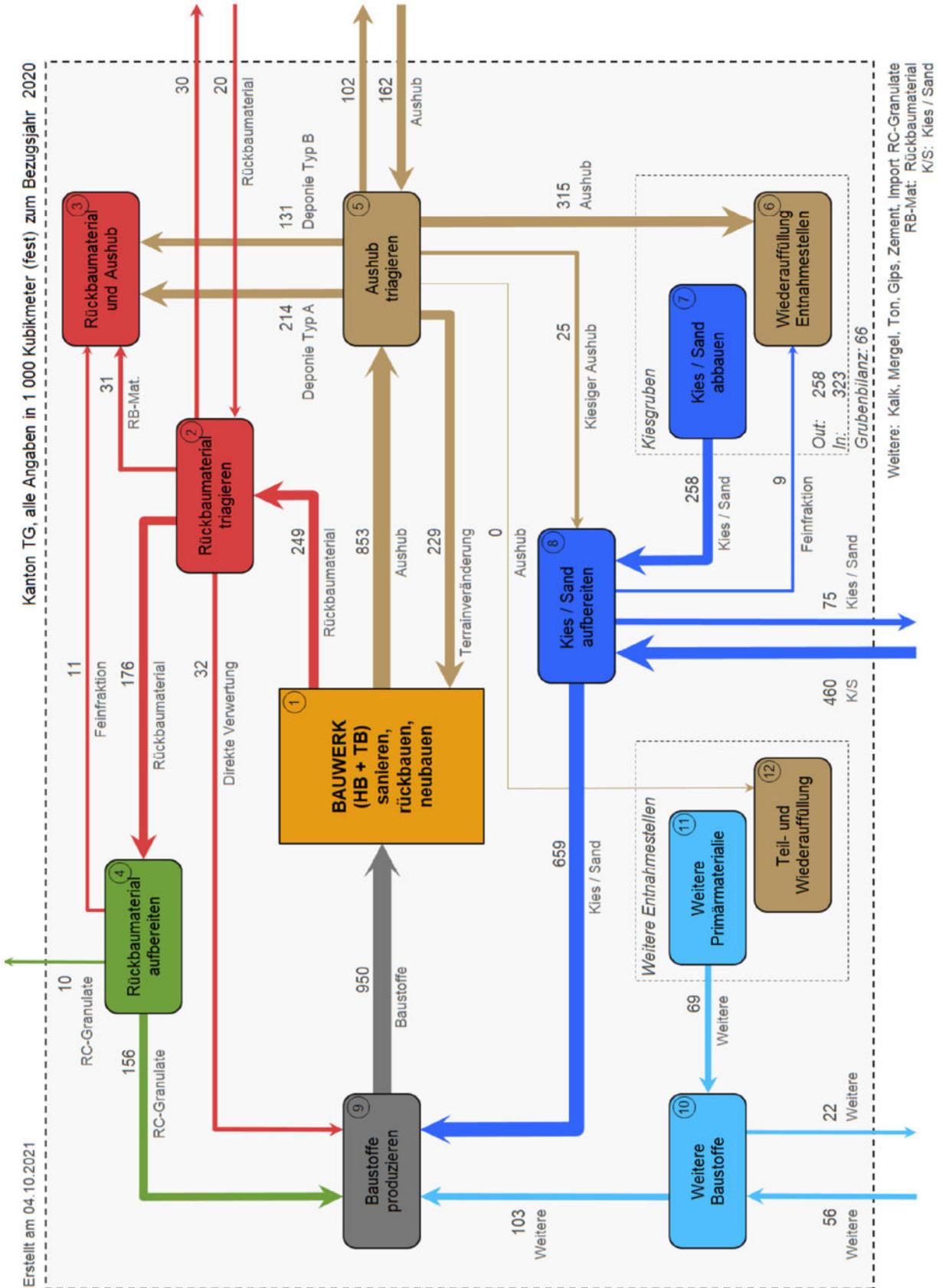


Materialflussschema Kanton Solothurn (Bezugsjahr 2020)



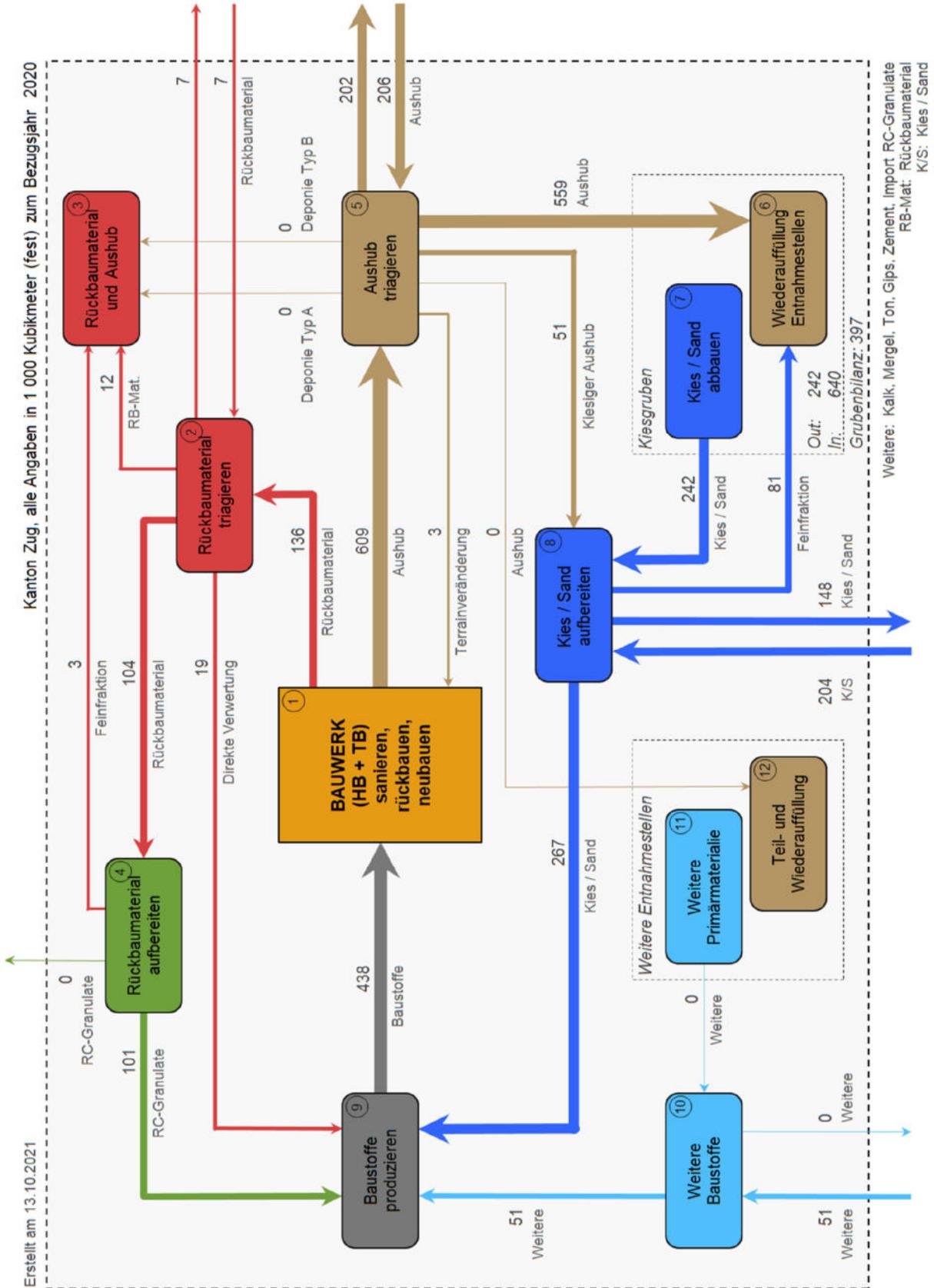


Materialflussschema Kanton Thurgau (Bezugsjahr 2020)



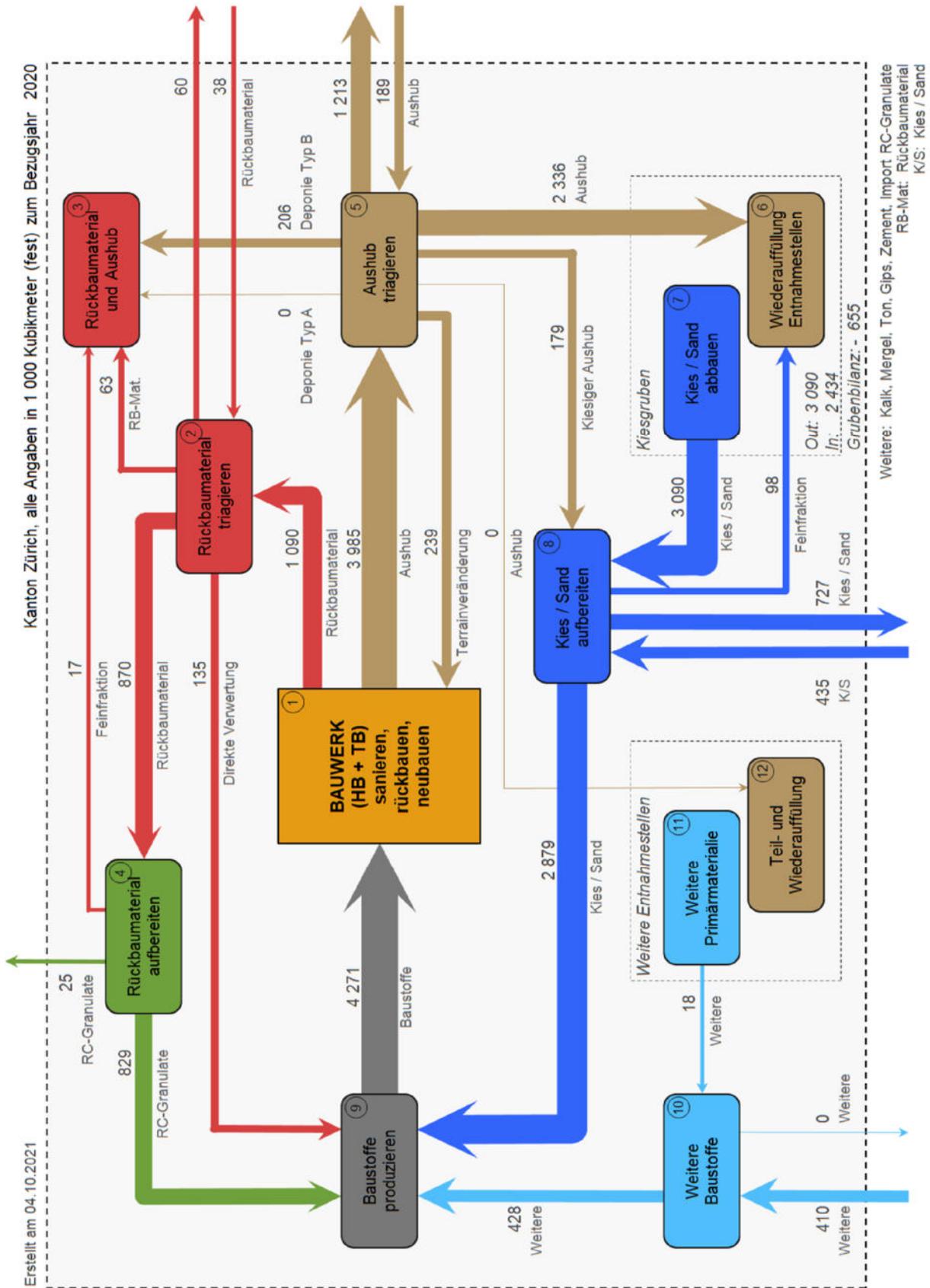


Materialflussschema Kanton Zug (Bezugsjahr 2020)





Materialflussschema Kanton Zürich (Bezugsjahr 2018)





A.5 Input-Output-Tabellen für Kies, Aushub- und Rückbaumaterial

Werte nach Ausgleichsrechnung

I-O-Tabelle Kies

RESULTAT SOLVER															Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.	
SOLVER	AG	BE	LU	SG	SZ	SO	TG	ZG	ZH	BB	Total Exporte 1	Output nach EXTERN	Total Exporte 2, SOLVER	Angaben Exporte Total	Differenz	Abweichung SOLVER zu Modell
AG	0	12 439	153 048	0	0	12 000	0	792	54 580	17 584	250 522	1	250 523	230 000	20 523	9.0%
BE	5 823	0	22 492	0	0	203 308	0	0	9 685	29 329	270 536	109 019	379 555	364 502	15 153	4.2%
LU	5 368	22 838	0	0	3 187	2 389	0	87 935	19 250	0	140 957	9 033	150 000	150 000	0	0.0%
SG	0	0	0	0	29 983	0	34 559	0	30 490	0	95 132	44 195	139 328	139 328	0	0.0%
SZ	0	0	4 954	12 082	0	0	0	41 580	14 169	0	72 585	5 414	78 000	78 000	0	0.0%
SO	37 838	31 422	9 400	0	0	0	0	0	0	24 000	102 559	58 288	160 947	170 000	9 053	-5.3%
TG	0	0	0	36 773	0	0	0	0	28 165	0	64 939	10 051	75 000	75 000	0	0.0%
ZG	5 333	0	27 395	0	68 328	0	0	0	37 930	0	139 987	8 345	148 333	148 333	0	0.0%
ZH	33 850	0	173 434	321 508	17 003	0	105 585	5 353	0	0	657 844	68 692	726 536	726 536	0	0.0%
BB	1 252	0	0	0	0	715	0	0	0	0	1 968	7 537	9 504	10 000	496	-5.0%
Total Importe	90 474	66 698	390 423	370 463	118 501	218 412	140 246	136 760	194 370	70 993	1 797 339	320 588	2 117 927	2 091 699	45 325	1.3%
Importe aus EXTERN	174 526	146 783	214 041	419 537	16 499	4 277	3 197 54	66 740	240 753	629 007	2 231 917					
Total Importe 2, SOLVER	255 000	213 481	604 464	790 000	135 000	222 689	450 000	203 500	435 123	700 000	4 029 255					
Angaben Importe Total	255 000	195 000	604 464	790 000	135 000	210 000	450 000	203 500	435 123	700 000	3 998 087					
Differenz Zeilen	0	18 481	0	0	0	12 689	0	0	0	0	31 171					
Differenz Spalten	20 523	15 153	0	0	0	9 053	0	0	0	496	45 325	75 496	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER			
Abweichung SOLVER zu Modell	0.0%	9.5%	0.0%	0.0%	0.0%	6.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%					

I-O-Tabelle Aushubmaterial

RESULTAT SOLVER															Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.	
SOLVER	AG	BE	LU	SG	SZ	SO	TG	ZG	ZH	BB	Total Exporte 1	Output nach EXTERN	Total Exporte 2, SOLVER	Angaben Exporte Total	Differenz	Abweichung SOLVER zu Modell
AG	0	3 761	88 193	0	0	85 500	1 539	175	52 447	31 818	263 532	37 050	300 582	280 000	20 582	7.4%
BE	3 761	0	12 782	0	0	230 658	0	0	0	1 536	248 846	7 525	256 372	256 425	55	0.0%
LU	62 680	6 898	0	0	3 308	1 250	0	19 557	21 221	0	114 922	20 957	135 879	140 000	4 121	-2.9%
SG	0	0	0	0	9 923	0	59 282	0	14 984	0	114 188	10 611	124 999	125 000	1	0.0%
SZ	31 435	0	42 184	19 779	0	0	0	27 934	13 794	0	135 127	4 871	139 998	140 000	2	0.0%
SO	1 291	224 795	979	0	0	0	0	13 794	10 228	0	251 087	8 911	259 999	260 000	1	0.0%
TG	0	0	0	53 840	0	0	0	0	16 372	0	80 212	21 792	102 004	102 000	4	0.0%
ZG	83 220	0	58 701	0	45 352	0	0	0	13 794	0	201 058	934	202 001	200 000	2 001	1.0%
ZH	882 929	13 232	1 320	60 692	12 000	7 087	57 532	151 545	0	0	1 185 436	26 210	1 212 646	1 212 648	2	0.0%
BB	37 828	695	0	0	0	27 614	0	0	2 033	0	68 172	278 037	346 209	345 209	0	0.0%
Total Importe	1 103 145	249 380	204 159	144 311	70 582	352 129	148 452	199 311	148 439	43 582	2 663 590	417 090	3 080 680	3 062 283	25 770	0.8%
Importe aus EXTERN	0	20 020	12 348	83 204	4 400	27 803	13 242	6 160	40 482	7 320	214 978					
Total Importe 2, SOLVER	1 103 145	269 400	216 507	227 515	74 982	379 932	161 694	205 471	188 921	51 001	2 878 569					
Angaben Importe Total	1 075 928	269 402	216 508	227 519	75 000	359 950	161 690	205 471	150 000	51 000	2 793 478					
Differenz Zeilen	25 218	2	1	4	18	19 972	4	0	38 921	1	65 113					
Differenz Spalten	20 582	55	4 121	1	2	1	4	2 001	2	0	25 771	111 910	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER			
Abweichung SOLVER zu Modell	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.5%	0.0%	0.0%	25.9%	0.0%	3.0%					

I-O-Tabelle Rückbaustoffe

RESULTAT SOLVER															Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.	
SOLVER	AG	BE	LU	SG	SZ	SO	TG	ZG	ZH	BB	Total Exporte 1	Output nach EXTERN	Total Exporte 2, SOLVER	Angaben Exporte Total	Differenz	Abweichung SOLVER zu Modell
AG	0	853	4 977	0	0	125	0	157	8 088	7 952	21 753	221	21 974	15 000	6 974	46.5%
BE	118	0	593	0	0	13 000	0	0	0	0	13 711	3	13 714	15 000	1 286	-8.5%
LU	3 250	1 300	0	0	3 000	800	0	158	3 250	0	11 758	35 990	47 748	45 000	2 748	6.1%
SG	0	0	0	0	1 063	0	9 910	0	1 418	0	12 391	11 000	23 391	25 000	1 609	-6.4%
SZ	0	0	983	1 647	0	222	0	538	2 200	0	5 690	8 975	14 655	15 000	334	-2.2%
SO	1 673	11 408	459	0	0	0	0	0	0	2 723	16 273	2 724	18 997	19 000	3	0.0%
TG	0	0	0	10 800	0	0	0	0	8 009	0	18 809	11 192	30 001	30 000	1	0.0%
ZG	57	0	4 537	0	1 063	0	0	0	1 114	0	6 771	229	7 000	7 000	0	0.0%
ZH	413	0	27 795	2 963	900	8 455	9 874	6 000	0	0	56 390	3 600	59 990	60 000	10	0.0%
BB	10 650	0	0	0	0	32 054	0	0	0	0	42 715	24 938	67 653	78 000	7 347	-9.8%
Total Importe	16 171	13 561	39 354	15 400	6 026	54 957	19 784	6 953	24 079	10 274	205 251	98 873	305 133	306 000	20 313	-0.3%
Importe aus EXTERN	8 829	853	723	300	4 050	650	341	0	13 921	1 725	31 393					
Total Importe 2, SOLVER	25 000	14 414	40 077	15 700	10 076	55 307	20 125	6 953	38 000	12 000	237 653					
Angaben Importe Total	25 000	14 000	40 073	16 000	13 000	55 000	20 000	9 000	38 000	12 000	242 073					
Differenz Zeilen	0	414	4	300	2 924	307	125	2 047	0	0	6 122					
Differenz Spalten	6 974	1 286	2 748	1 609	334	3	1	0	10	7 347	20 311	25 435	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER			
Abweichung SOLVER zu Modell	0.0%	3.0%	0.0%	-1.9%	-22.5%	0.6%	0.6%	-22.7%	0.0%	0.0%	-1.8%					



A.6 Verwendete Dichten und Umrechnungsfaktoren

Material	Dichte (fest)	Umrechnung	Dichte (lose)
	t/m ³	fest -> lose	t/m ³
Kies/Sand	2,00	1,20	1,67
Belag	2,00	1,20	1,67
Beton	2,40	1,20	2,00
Mauerwerk	1,60	1,20	1,33
Brennbares KVA	0,16	1,20	0,13
Holz	0,70	1,20	0,58
Metalle	5,90	1,20	4,92
Mineral. Fraktion	1,50	1,20	1,25
Aushub	2,00	1,20	1,67
Betonabbruch	2,40	1,20	2,00
Mischabbruch	2,08	1,20	1,73
Strassenaufbruch	2,00	1,20	1,67
Ausbauasphalt	2,00	1,20	1,67
Betongranulat	2,40	1,20	2,00
Mischgranulat	2,08	1,20	1,73
RC-Kies/Sand	2,00	1,20	1,67
RC-Belag	2,00	1,20	1,67