



KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2016

April 2018

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, Bern, Luzern, Thurgau, Schwyz
Solothurn, St. Gallen, 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),
Oliver Steiner, Martin Moser (Amt für Wasser und Abfall
des Kantons Bern),
Andy Lancini (Dienststelle Umwelt und Energie Kanton Luzern),
Chaspar Gmünder (Amt für Umwelt und
Energie Kanton St. Gallen),
Thilo Art (Amt für Umwelt Kanton Solothurn),
Stefan Rüegg (Amt für Umweltschutz Kanton Schwyz)
Nik Maurer (Amt für Umwelt Kanton Thurgau),
Bernhard Brunner (Amt für Umweltschutz Kanton Zug),
Dominik Oetiker (AWEL),
David Hiltbrunner (Bundesamt für Umwelt),
Martin Weder, (FSKB)
Cyril Inderbitzin (arv Baustoffrecycling Schweiz).

Bezug

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

Download als pdf über:

Google: KAR-Modell - Modellierung der Bau-,
Rückbau- und Aushubmaterialflüsse:
Nachführung 2016

Zürich, April 2018



Zusammenfassung

Mittlerweile beteiligen sich die neun Kantone AG, BE, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH an der Modellierung der Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse (KAR-Materialflüsse) in ihren Kantonen. Zudem lassen die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft zurzeit gemeinsam ein KAR-Modell für das Bezugsjahr 2016 entwickeln. Einige Kantone verfügen nun bereits über Daten von vier aufeinanderfolgenden Bezugsjahren (2013 – 2016). Die erhobenen und die mit den statischen Modellen ermittelten Materialflüsse können nun einerseits miteinander verglichen und andererseits den modellierten Entwicklungen der Materialflüsse aus der dynamischen Modellierung gegenübergestellt werden. Die Auswertungen zeigen, dass die modellierten Materialflüsse in den einzelnen Kantonen gut mit den erhobenen Materialflüssen übereinstimmen. Dies gilt ebenfalls für die zeitlichen Entwicklungen. Durch die regelmässigen Erhebungen in den verschiedenen Kantonen und durch die verschiedenen Modelloptimierungsmassnahmen konnten die Modelle entsprechend gut validiert werden.

Bisher konnten in den statischen Modellen die Kies-/Sandflüsse nicht gesondert betrachtet werden. In Kantonen in denen Baustoffe wie Kalk/Mergel, Tonminerale, Gipsstein usw. im grösseren Umfang abgebaut werden, ist die Analyse und Vergleichbarkeit der Materialflüsse zwischen den Kantonen schwierig. Im nun erweiterten Modell können die Kies-/Sandflüsse und die weiteren mineralischen Materialien nun getrennt voneinander betrachtet und dargestellt werden, was die Interpretation der Resultate vereinfacht.

Die Nachführung der statischen Modelle ergab die folgenden Erkenntnisse:

- Bezüglich der Versorgung mit mineralischer Gesteinskörnung liegen die Autarkiegrade in den Kantonen AG, BE, SO und ZH für das Bezugsjahr 2016 im Bereich von 100%. Demgegenüber bewegen sich diese in den Kantonen LU, SG und TG mit 54% – 67% auf deutlich tieferen Niveaus. Zudem nimmt in den Kantonen SG und TG der Autarkiegrad tendenziell weiter ab. Im Kanton SZ beträgt der Wert 87% und im Kanton ZG liegt der Autarkiegrad bei 118%.
- Bei der Aushubentsorgung bewegen sich die Autarkiegrade mit Ausnahme des Kantons Zürich in allen Kantonen im Bereich von 100% oder darüber. Im Kanton Zürich ist der Autarkiegrad im betrachteten Zeitraum von 59% auf 74% angestiegen. Er verbleibt jedoch noch immer auf tiefem Niveau.
- Die mit den statischen Modellen gerechneten Inputflüsse ins Bauwerk und der Aushubanfall aus dem Bauwerk korrespondieren für die Bezugsjahre 2010 sowie für die Jahre 2013 bis 2016 bei allen Kantonen relativ gut mit den im dynamischen Modell gerechneten Entwicklungen der entsprechenden Materialflüsse überein.
- 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. Erstmals ist in den Grafiken in Form von Säulen ein Vergleich von erhobenen mit den im statischen Modell gerechneten Materialflüssen möglich. Auch hier sind die Übereinstimmungen bei allen Kantonen als gut zu bezeichnen.
- Die Entwicklung der kumulierten Differenzen stimmen in allen Kantonen relativ gut mit den Werten der Bezugsjahre 2013 bis 2016 überein. Bei den Kantonen AG und BE bewegen sich die jährlichen Differenzen im negativen Bereich. Der Grund hierfür ist der Einbezug



des Abbaus von weiteren Baustoffen wie Kalk/Mergel, Ton, Gipsgestein usw. in die Bilanz. Diese Auffüllvolumina stehen aktuell jedoch erst beschränkt für die Auffüllung zur Verfügung.

- Die Entwicklungen der kumulierten Differenz verläuft in fünf Kantonen (LU, SG, TG, SZ, ZG) in den positiven Bereich. Dies bedeutet, dass die in Abbaustellen geschaffenen Volumen unter den gegebenen Rahmenbedingungen längerfristig nicht ausreichen, um das anfallende Aushubmaterial dort aufzunehmen.

Inzwischen decken die Rückbaustoffe je nach Kanton bereits knapp 20% bis über 30% des Gesteinskörnungsbedarfs der Kantone ab. Dies hat entsprechende Auswirkungen auf die Bewirtschaftung der anderen Materialflüsse. Durch die Substitution von Kies und Sand findet weniger Kiesabbau statt, was wiederum zu einer Reduktion der verfügbaren Auffüllvolumina führt. In einigen Kantonen begegnen die Kiesgrubenbetreiber dieser Herausforderung mit höheren Annahmegebühren für Aushubmaterial. Gleichzeitig verbilligen sie den Preis für den an sich höherwertigen Kies/Sand, um konkurrenzfähig zu den Rückbaustoffen zu bleiben. Dies führt teilweise zur eher ungewöhnlichen Situation, dass der Entsorgungspreis für unverschmutztes Aushubmaterial höher liegt als der Einkaufspreis von Kies/Sand. Gerade in Kantonen, welche viel Kies importieren oder über keine oder zu wenige Aushubdeponien verfügen, akzentuiert sich diese Marktverzerrung (z.B. Kanton Zürich). Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken, müssen entweder mehr Kiesvorkommen in den Kantonen mit hohen Kiesimporten erschlossen oder mehr Aushubdeponien geplant werden. Dazu ist jedoch ein langer Planungshorizont notwendig. Die Modelle und Modellresultate sollen die Kantone bei der Planung und Ausscheidung von neuen Kiesabbaugebieten und Aushubdeponien unterstützen. Die mit dem Modell erzeugten Grafiken können dabei unterstützend bei der Kommunikation mit den verschiedenen Akteuren bzw. zwischen den Kantonen eingesetzt werden.

Eine nächste Nachführung ist für das Bezugsjahr 2018 vorgesehen. Voraussichtlich werden die hier aufgeführten Kantone und die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft mit einem gemeinsamen Modell eine Modellierung durchführen lassen.



INHALTSVERZEICHNIS

1	AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG	7
1.1	Ausgangslage.....	7
1.2	Zielsetzung	8
2	METHODEN	8
2.1	Trennung der Kies-/Sandflüsse von den restlichen mineralischen Baustoffen.....	8
2.2	Weitere Modellanpassungen	9
2.3	Modellierung der Materialflüsse.....	10
2.4	Relevante Materialflüsse für die Modellierung	11
2.5	Vergleich der Modellparameter	12
3	RESULTATE	14
3.1	Baustoffbedarf, Aushub- und Rückbaumaterialanfall	14
3.2	Materialflüsse über die Kantonsgrenzen	15
3.2.1	Kiesflüsse über die Kantonsgrenzen	15
3.2.2	Aushubmaterialflüsse über die Kantonsgrenzen.....	15
3.2.3	Rückbaumaterialflüsse über die Kantonsgrenzen.....	15
3.3	Autarkiegrad bezüglich der Baustoffversorgung und Aushubentsorgung	19
3.4	Ausgewählte Materialflüsse auf pro-Kopf-Basis.....	21
3.5	Entwicklung der Materialflüsse bis 2035.....	24
3.5.1	Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubmaterialanfalls.....	24
3.5.2	Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung	26
3.5.3	Kumulierte Differenz zwischen Aushubablagerung und Primärmaterialabbau.....	28
4	DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	30
4.1	Baustoffbedarf und Verwertung der Rückbaumaterialien (RBM).....	30
4.2	Primärmaterialabbau und Aushubentsorgung: Autarkiegrade und Entwicklung	31
4.3	Schlussfolgerungen	31
5	AUSBLICK	33
5.1	Nachführung der statischen Modelle	33
5.2	Mitwirkung der Verbände.....	33
5.3	Vorschlag zur Weiterentwicklung	33
6	LITERATUR	34
	ANHANG	35
A.1.	Kurzbeschreibung der Prozesse	35
A.2.	Beschreibung der Materialflüsse im KAR-Modell.....	36
A.3.	Abgelagertes Aushubmaterial aus dem Kanton, importiertes Aushubmaterial und Material in Terrainanpassungen	37
A.4.	Materialflussschemen der einzelnen Kantone	37
A.5	Input-Output-Tabellen für Kies, Aushub- und Rückbaumaterial	47



Glossar

BFS	Bundesamt für Statistik
KAR-Modell	Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflussmodell
MFA	Materialflussanalyse
Mio.	Millionen
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 Tonminerale.
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 Volumen 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 Bodenaushubmaterial welches 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

Die neun Kantone Aargau, Bern, Luzern, St.Gallen, Solothurn, Schwyz, Thurgau, Zug und Zürich haben die Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse (KAR-Materialflüsse mit dem statischen KAR-Modell) für das Bezugsjahr 2016 rechnen lassen. Im dynamischen Teil des Modells wurden wiederum die Szenarien, welche auf der Bevölkerungsentwicklung in den Kantonen basieren, bis zum Jahr 2035 gerechnet. Die Modellierungen dieser Szenarien ermöglicht einerseits Aussagen zur künftigen Entwicklung der KAR-Materialflüsse in den einzelnen Kantonen. Andererseits können auf Basis dieser Resultate bei Bedarf frühzeitig Massnahmen zur Steuerung der Materialflüsse sowie zur Planung von Deponie- und Verwertungskapazitäten definiert werden.

Das Modell wurde und wird ständig weiterentwickelt. Es beteiligen sich nicht jedes Jahr alle Kantone an der Modellnachführung, aber alle am Projekt beteiligte Kantone stellen jedes Jahr die Daten aus den Erhebungen zu den Materialflüssen zur Verfügung. 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	AG, BE, LU, SO, SG, SZ, TG, ZG, ZH BS+BL: Modellierung noch nicht abgeschlossen Nur Daten: GL	Rubli, 2018 (vorliegender Bericht)



1.2 Zielsetzung

Die am Projekt teilnehmenden Kantone haben sich für eine Nachführung des Bezugsjahres 2016 ausgesprochen, um die Datengrundlagen noch besser abstützen zu können. Es wurden zudem Modellerweiterungen oder -anpassungen vorgenommen, welche im nachfolgenden Kapitel näher beschrieben werden.

2 Methoden

Die methodischen Grundlagen und der Aufbau des Modells (statischer und dynamischer Teil) sind in den drei vorangegangenen Berichten ausführlich beschrieben (Rubli, 2012, 2015, 2016). Im letztjährigen Bericht wurde insbesondere auf die Verknüpfung von erhobenen und modellierten Materialflüssen eingegangen. Einige Kantone verfügen über detaillierte Daten, andere wiederum können nur relativ wenige Daten zu den Materialflüssen zur Verfügung stellen. Trotzdem können für alle beteiligten Kantone Modelle erstellt werden. Allerdings gilt: Je mehr Angaben von den Kantonen zu den Materialflüssen gemacht werden können, umso besser stimmen die modellierten mit den realen Materialflüssen überein.

2.1 Trennung der Kies-/Sandflüsse von den restlichen mineralischen Baustoffen

In den bisherigen statischen Modellen konnten die Kies- und Sandflüsse nicht von den weiteren mineralischen Baustoffen, wie Tonmineralien, Gipsstein, Kalk- und Mergel usw. unterschieden werden. Insbesondere in Kantonen, in denen solche mineralischen Baustoffe im grösseren Umfang abgebaut werden, führte dies oftmals zu Interpretationsschwierigkeiten bei der Analyse der Materialflüsse. Aus diesem Grund wurde das Modell in der Weise differenziert, dass die Kies-/Sandflüsse und die weiteren mineralischen Materialien getrennt voneinander betrachtet und dargestellt werden können. Dazu wurden die folgenden drei Prozesse neu eingeführt (siehe Abbildung 1):

Prozess Nummer 10: In den Prozess **«Weitere Baustoffe aufbereiten»** gelangen die Importe der «weiteren Baustoffe» und der Materialfluss aus dem Prozess **«Weitere Primärmaterialien abbauen»**. Bei den Outputflüssen handelt es sich um die Materialexporte und die weiteren mineralischen Baustoffe, welche in den Prozess **«Baustoffe produzieren»** gelangen.

Prozess Nummer 11: Im Prozess **«Weitere Primärmaterialien abbauen»** ist der Abbau der weiteren mineralischen Baustoffe, wie Tonmineralien, Gipsstein, Kalk- und Mergel usw. enthalten. Hier gibt es keinen Inputfluss.

Prozess Nummer 12: Der Prozess **«Teil- und Wiederauffüllung»** fasst die Teil- und Wiederauffüllung der im Subsystem **«Weitere Entnahmestellen»** durch den Abbau der weiteren Primärmaterialien entstandenen Volumen mit unverschmutztem Aushubmaterial zusammen.

Wie in der Abbildung 1 zu erkennen ist, sind die Prozesse 11 und 12 im Subsystem **«Weitere Entnahmestellen»** zusammengefasst, da der Materialabbau und die Teil- und Wiederauffüllung jeweils am gleichen Standort stattfindet.



2.3 Modellierung der Materialflüsse

Die Modellierung des statischen Systems erfolgt weiterhin mittels eines iterativen Vorgehens. Dabei werden die Modellparameter so verändert bis eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen modellierten und erhobenen Materialflüssen erreicht wird. Um die Güte der Übereinstimmung zu sehen, dient eine im Modell integrierte Tabelle. Diese entspricht der Tabelle 2 (Kanton Aargau, Bezugsjahr 2016). Die Materialflüsse werden bei der Modellierung so optimiert, dass die Abweichungen bei den Materialflüssen A78 (Abbau Primärmaterial) und „Summe Ablagerung unverschmutzter Aushub“ möglichst gering sind. Die Abweichung beim Materialfluss A49 ist deshalb so gross, weil davon ausgegangen wird, dass in den 284'000m³ RC-Granulate ein Anteil an primärer Gesteinskörnung im Umfang von mindestens 11% 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 Aargau.

Vergleich Modell-Daten		Modell	Daten	Abweichung	
		1000m3 (fest)	1000m3 (fest)	= (Modell / Daten) - 1	
A23 + A43	RB-Material und Feinfraktion	27	24	11%	Modell grösser als Daten
A24	Rückbaumaterial	265	265	0%	Modell kleiner als Daten
A29	Direkte Verwertung	124	0	na	
A43	Feinfraktion	3	0	na	
A49	RC-Granulate	252	284	-11%	Modell kleiner als Daten
A51	Terrainveränderung	80	0	na	
A53.A	Deponie Typ A	210	210	0%	Modell grösser als Daten
A53.B	Deponie Typ B	20	20	0%	Modell grösser als Daten
A56	Aushub	2'440	2'437	0%	Modell grösser als Daten
A58	Kiesiger Aushub	109	110	-1%	Modell kleiner als Daten
A512	Aushub	158	158	0%	Modell grösser als Daten
A78	Kies / Sand	1'972	1'977	0%	Modell kleiner als Daten
A86	Feinfraktion	29	0	na	
A89	Kies / Sand	1'882	0	na	
A91	Baustoffe	2'541	0	na	
A1110	Weitere	986	986	0%	Modell grösser als Daten
A100	Weitere	743	700	6%	Modell grösser als Daten
A010	Weitere	40	0	na	

Erklärung zu den Bezeichnungen der Flüsse: Beispiel Fluss A24 entspricht Materialfluss von Prozess 2 in den Prozesse 4 (siehe Abbildung1). Fluss A010 entspricht Materialfluss von ausserhalb des Kantons (d.h. 0) in den Prozess 10.



2.4 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



2.5 Vergleich der Modellparameter

In der Tabelle 4 sind die wichtigsten Modellparameter des Moduls BAUWERK für die verschiedenen Kantone für das Bezugsjahr 2016 und für die Vorjahre aufgeführt. Die unterschiedlichen Raten im Hochbau widerspiegeln die Intensität der Bautätigkeit in den einzelnen Kantonen. Im Kanton Zug lagen die geschätzten Neubauraten im Jahr 2016 mit Werten von 2.69% (Wohnen) und 2.45% (Nicht-Wohnen) am höchsten. In diesem Kanton variieren die Neubauraten von Jahr zu Jahr relativ stark, was auf den relativ kleinen Gebäudebestand zurückzuführen ist. Werden grossvolumige Gebäude erstellt, haben diese Bauprojekte einen relativ starken Einfluss auf die Neubaurate. In den anderen Kantonen bewegen sich die Neubauraten für den Bereich «Wohnen» mit 1,48% (SO) bis 2.25% (LU) innerhalb einer recht grossen Spannweite. Der Vergleich mit den Vorjahren zeigt, dass die Neubauraten insgesamt eine konstante bis leicht zunehmende Tendenz aufweisen. Die Sanierungs- und Rückbauraten weisen 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	BE	BE	BE	LU	LU	LU	SG	SG	SG	SO	SO	SO	SZ	SZ	TG	TG	TG	ZG	ZG	ZG	ZH	ZH	ZH
	2015	2016	2014	2015	2016	2013	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2013	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Veränderung Hochbau (Gebäude)																									
Wohnen (EFH und MFH)																									
Neubaurate in % des Bestandes	1.78	1.95	1.15	1.72	1.82	1.65	2.05	2.25	1.72	1.78	1.77	1.65	1.70	1.48	2.15	1.90	2.07	1.70	1.73	1.85	1.65	2.69	1.68	1.47	1.75
Sanierungsrate in % des Bestandes	3.70	3.70	4.60	4.40	3.40	4.13	4.85	4.85	4.28	4.28	4.28	4.95	4.25	4.50	4.90	4.50	4.20	4.35	4.50	4.45	4.45	4.45	4.55	4.55	4.55
Rückbaurate in % des Bestandes	0.12	0.12	0.28	0.21	0.13	0.13	0.35	0.36	0.27	0.27	0.27	0.22	0.18	0.20	0.31	0.35	0.11	0.15	0.35	0.40	0.45	0.25	0.33	0.30	0.30
Nicht-Wohnen (restliche)																									
Neubaurate in % des Bestandes	1.75	1.79	1.30	1.95	1.66	1.55	2.25	2.20	1.61	1.69	1.63	1.45	1.55	1.40	2.05	1.55	2.05	1.65	1.63	1.80	1.55	2.45	1.58	1.53	1.57
Sanierungsrate in % des Bestandes	6.80	6.80	7.20	6.80	5.80	7.80	7.80	7.80	7.85	7.50	6.80	7.80	6.80	6.80	9.50	7.50	8.24	7.80	7.80	7.80	7.80	6.80	7.90	7.90	6.80
Rückbaurate in % des Bestandes	0.15	0.10	0.41	0.20	0.10	0.40	0.40	0.40	0.49	0.41	0.35	0.31	0.28	0.20	1.38	0.45	0.25	0.25	0.25	0.82	0.62	0.23	0.68	0.65	0.27
Veränderung Tiefbau (Infrastruktur)																									
Erneuerungsrate																									
Kies/Sand in % des Bestandes	0.45	0.35	0.25	0.35	0.40	0.54	0.60	0.60	0.35	0.45	0.55	0.15	0.15	0.53	0.50	0.50	0.20	0.20	0.20	0.21	0.31	0.60	0.21	0.21	0.21
Belag in % des Bestandes	1.20	1.20	2.50	2.00	2.00	1.50	1.50	1.50	1.10	1.40	1.40	1.95	1.95	1.50	1.70	1.70	1.10	1.10	1.10	2.00	1.50	1.50	2.00	2.00	2.00
Beton in % des Bestandes	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	0.49	0.49	0.49	0.53	0.53	0.53	0.40	0.40	0.45	0.45	0.45	0.80	0.80	0.50	0.55	0.55	0.55
Mauerwerk in % des Bestandes	1.15	1.15	0.80	0.80	0.80	0.50	0.50	0.50	0.96	0.96	0.96	0.90	0.90	0.90	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	1.60	1.60	1.60	1.53	1.53	1.53	1.56	1.56	1.56	1.55	1.55	1.55	1.53	1.53	1.65	1.65	1.65	1.69	1.35	1.35	1.53	1.53	1.53
Neubaurate/Neubaurate in % des Bestandes	1.36	1.25	1.50	1.00	1.08	1.21	1.52	1.50	1.30	1.20	1.15	0.85	0.85	0.70	0.80	0.94	1.03	0.95	0.68	1.00	0.90	1.27	1.10	0.70	1.05
Grossprojekte																									
Anfall Aushub in m ³ fest	-	-	150'000	150'000	-	-	-	-	-	-	125'000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125'000	-	100'000	370'000	500'000

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, exportiert der Kanton Zürich Aushubmaterial von über 1.3 Mio. Kubikmetern Festmass in die umliegenden Kantone. Die entspricht beinahe der Summe der Aushubexporte aller anderen Kantone (1.46 Mio. m³). Die Kantone Aargau und Bern exportieren sehr grosse Mengen an primären Baustoffen. Es handelt sich dabei vor allem um Kalk/Mergel in Form von Klinker, respektive Zement aus der Zementproduktion. Beim Vergleich der Verwertungsanteile (siehe Definition unterhalb Tabelle 5) fällt auf, dass die Anteile mit Ausnahme des Mischabbruchs nicht stark voneinander abweichen. Beim Mischabbruch liegen die



Verwertungsanteile in den Kantonen Bern und Solothurn im Vergleich zu den anderen Kantonen tiefer.

Tabelle 5: Vergleich von ausgewählten Modellparametern, welche im Modul STOFFFLUSSANALYSE für das Bezugsjahr 2016 eingesetzt wurden, um die Materialflüsse im System zu modellieren.

	Einheit	AG	BE	LU	SG	SZ	SO	TG	ZG	ZH	
Importe											
A02	Import Rückbaumaterial (in Triage)	m ³ fest	20'537	22'836	44'218	13'406	14'875	12'426	28'470	18'039	44'634
A05	Import Aushub	m ³ fest	721'812	286'490	163'000	251'680	74'183	289'999	115'000	320'581	70'000
A08	Import Kies / Sand	m ³ fest	228'555	201'451	670'728	681'893	147'003	240'562	470'000	118'445	823'029
A010	Import weitere Baustoffe	m ³ fest	40'000	30'000	145'000	45'000	56'000	46'000	56'000	62'500	425'000
Exporte											
A20	Export Rückbaumaterial	m ³ fest	44'885	5'010	43'337	15'893	19'165	28'230	36'394	6'173	49'216
A40	Export RC-Granulate (aufbereitet)	m ³ fest	10'000	5'000	30'000	17'000	3'000	10'000	10'000	5'000	25'000
A50	Export Aushub	m ³ fest	370'000	274'402	225'605	140'000	66'741	142'003	120'203	120'000	1'331'784
A80	Export Kies / Sand	m ³ fest	398'624	221'538	144'186	179'263	84'679	210'433	77'089	197'896	988'115
A100	Export weitere Baustoffe	m ³ fest	743'000	600'000	36'000	63'000	36'000	60'000	80'000	-	-
Innere Flüsse											
A24	Rückbaumaterial in Aufbereitung (geschätzter Verwertungsanteil der Materialfraktionen); setzt sich zusammen aus:										
	Betonabbruch: Verwertungsanteil in % (1)	%	93	80	95	95	95	90	95	95	96
	Mischabbruch: Verwertungsanteil in % (1)	%	88	45	77	85	90	65	75	90	90
	Strassenaufbruch: Verwertungsanteil in % (1)	%	95	85	85	95	95	90	95	98	95
	Ausbauasphalt: Verwertungsanteil in % (1)	%	90	80	80	90	95	85	90	95	95
A29	Direkte Verwertung (nur Tiefbau)	%	60	22	35	40	35	45	45	50	35
A43	Anteil Feinfraktion bzgl. Input in Bauschutttaufbereitung	%	1.0	1.5	2.5	2.5	2.0	3.0	3.0	2.0	2.5
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	10.3	4.4	7.5	2.4	5.0	7.0	0.4	6.9
A56	Ablagerung Aushub	m ³ fest			Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet						
A58	Anteil kiesiger Aushub in Aufbereitung bzgl. Aushubanfall	%	4.1	5.8	2.6	4.7	3.9	3.7	3.8	11.9	2.1
A78	Abbau Kies / Sand	m ³ fest			Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet						
A86	Anteil Feinfraktion aus Kiesaufbereitung	%	1.4	4.9	9.0	2.7	5.0	10.0	3.7	27.6	3.0
A53.A	Aushub auf Typ A	m ³ fest	209'513	138'972	566'900	369'805	108'844	-	245'000	13'617	-
A53.B	Aushub auf Typ B	m ³ fest	19'593	301'674	71'000	91'917	2'500	43'000	184'000	14'400	182'500
A512	Aushub in weitere Abbaustellen	m ³ fest	157'985	-	-	82'000	-	26'000	-	-	-

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

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



3 Resultate

Die Resultate aus den Modellierungen der Materialflüsse der einzelnen Kantone für das Bezugsjahr 2016 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

Der Baustoffbedarf bewegte sich in den Kantonen AG, BE, LU, SG, SO, SZ und TG gegenüber dem Vorjahr nur unwesentlich (Bereich: $\pm 3\%$). In den Kantonen ZG und ZH ist jedoch eine erhebliche Zunahme von +18% bzw. +15% zu verzeichnen, was auf eine verstärkte Bautätigkeit gegenüber dem Vorjahr hinweist.

In diesen Kantonen ist auch ein erhöhter Aushubanfall zu verzeichnen. Die Zunahmen fallen mit +3.7% (ZG) und +9.7% (ZH) jedoch geringfügiger als beim Baustoffbedarf aus. Bei einigen Kantonen sind die Veränderungen beim Aushubanfall gegenüber dem Vorjahr deutlich stärker ausgeprägt als beim Baustoffbedarf. Insbesondere in den Kantonen LU und SO ist der Aushubanfall mit -16.6% (LU) bzw. mit -12.6% (SO) relativ stark zurückgegangen. Im Kanton BE ist hingegen eine Zunahme von über 10% zu verzeichnen. Bei den anderen Kantonen (AG, SG und TG) gab es nur geringfügige Veränderungen. Über die gesamte Region gesehen ist etwas mehr Aushub angefallen als im Vorjahr.

Tabelle 6: Modellierter Baustoffbedarf (inkl. Rückbaustoffe), Aushub- und Rückbaumaterialanfall in den verschiedenen Kantonen und der gesamten Region in den Jahren 2015 und 2016, sowie die prozentuale Zu-/Abnahme im Vergleich zum Vorjahr. Angaben in 1'000m³ fest.

Kanton	Baustoffbedarf			Aushubanfall			Rückbaumaterialanf.		
	in 1000 m ³ fest		Abweich. zu 2015	in 1000 m ³ fest		Abweich. zu 2015	in 1000 m ³ fest		Abweich. zu 2015
	2015	2016	in %	2015	2016	in %	2015	2016	in %
AG	2'529	2'541	+0.5	2'650	2'664	+0.5	487	437	-10.3
BE	3'635	3'606	-0.8	2'528	2'786	+10.2	941	868	-7.7
LU	1'732	1'790	+3.3	1'423	1'187	-16.6	456	462	+1.5
SG	1'682	1'707	+1.5	1'291	1'280	-0.9	421	420	-0.3
SO	885	858	-3.0	890	778	-12.6	214	271	+26.7
SZ		537			594			166	
TG	986	969	-1.7	1'126	1'094	-2.9	226	265	+17.0
ZG	434	513	+18.2	640	663	+3.7	127	106	-16.4
ZH	3'705	4'276	+15.4	4'390	4'815	+9.7	1'128	960	-14.8
Total	15'588	16'798	-	14'939	15'861	-	4'000	3'956	-

Beim Rückbaumaterialanfall sind die Veränderungen deutlich stärker ausgeprägt als im Vorjahr (Rubli, 2017). Während sich die Veränderungen in den Kantonen AG, BE, LU und SG im Bereich von -10% bis +1.5% bewegen, liegen die Veränderungen in den Kantonen SO, TG, ZG und ZH deutlich über $\pm 10\%$. So nahm der Rückbaumaterialanfall in den Kantonen SO mit 26.7% und TG mit +17.0% stark zu, was mit einer verstärkten Rückbautätigkeit in diesen Kantonen zu erklären ist. Demgegenüber nahm der Rückbaumaterialanfall in den Kantonen ZG (-16.4%) und ZH (-



14.8%) relativ stark ab. Interessant ist, dass gerade in diesen Kantonen gleichzeitig der Baustoffbedarf deutlich zugenommen hat.

3.2 Materialflüsse über die Kantonsgrenzen

In den Abbildungen 2 bis 4 sind die kantonsübergreifenden Materialflüsse, welche auf den Input-Output-Analysen basieren, getrennt nach den Materialien Kies, Aushub- und Rückbaumaterial, dargestellt. Die Exportflüsse sind jeweils gleich eingefärbt wie die Farbe der Kantonsflächen. Zur besseren Nachvollziehbarkeit ist die Summe der Importe und Exporte für jeden Kanton und für die gesamte Region (links oben) jeweils separat angegeben.

3.2.1 Kiesflüsse über die Kantonsgrenzen

Der Austausch von Kies zwischen den Kantonen ist nach wie vor sehr intensiv (Abbildung 2). Die gesamte Region importierte im Jahr 2016 rund 1.67 Mio. Kubikmeter und exportierte rund 0.6 Mio. Kubikmeter Kies. Der Nettoimport von rund 1 Mio. Kubikmeter Kies in die Region ist vor allem auf die Kiesimporte aus den Nachbarländern Frankreich, Deutschland und Österreich in die Kantone AG, ZH, TG und SG zurückzuführen. Die grössten Nettoimporteure innerhalb der Region sind die Kantone Thurgau (rund 393'000 m³; VJ: 370'000 m³) St. Gallen (459'000 m³; VJ: 503'000 m³) und der Kanton Luzern (527'000 m³; VJ: 638'000 m³). Der Kanton Schwyz weist ebenfalls einen Nettoimport von 62'000 m³ auf, während die Kantone Aargau und Zug Nettoexporteure von 170'000 m³ bzw. 80'000 m³ Kies waren. Die Kantone BE, SO und ZH weisen relativ ausgeglichene Bilanzen auf.

3.2.2 Aushubmaterialflüsse über die Kantonsgrenzen

Da die Aushub- und Kiestransporte per LKW zur Optimierung der Transportlogistik oftmals gekoppelt sind, resultiert ein entsprechender Austausch von Aushubmaterial zwischen den Kantonen (Abbildung 3). Auffallend sind noch immer die sehr grossen Materialflüsse über die Grenze des Kantons Zürich. Mit einem Exportvolumen von 1.33 Mio. Kubikmetern (VJ: 1.53 Mio. m³) wurden im Jahr 2016 rund 13% weniger Aushubmaterial exportiert als im Vorjahr. Weiterhin gelangt knapp die Hälfte (594'000 m³) des exportierten Aushubvolumens des Kantons Zürich in den Kanton Aargau, gefolgt von Exporten nach Deutschland (361'000 m³) sowie in die Kantone Zug (193'000 m³) und St. Gallen (86'000 m³). Die Kantone Aargau und Zug weisen aufgrund dessen, hohe Nettoimporte von 352'000 m³ bzw. 201'000 m³ auf. Die Kantone St.Gallen und Solothurn weisen ebenfalls recht hohe Nettoimporte im Umfang von 112'000 m³ (SG: Vorjahr 200'000 m³) und 148'000 m³ (SO) auf, währenddessen der Kanton Luzern netto rund 60'000 m³ exportiert. Die Kantone BE, TG und SZ weisen relativ ausgeglichene Bilanzen auf.

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.



3.3 Autarkiegrad bezüglich der Baustoffversorgung und Aushubentsorgung

Ein wichtiger Indikator zur Beurteilung der regionalen Rohstoffversorgung und der Materialentsorgung ist der Autarkiegrad. Aus den Modellresultaten lässt sich der Autarkiegrad in Bezug auf die regionale Baustoff- bzw. Kiesversorgung sowie auf die Aushubentsorgung mittels der entsprechenden Formeln¹ ableiten. Dabei ist zu bemerken, dass die Kantons Grenzen zur Beurteilung der Autarkiegrade bei der Baustoffversorgung und Entsorgung nicht der Realität entsprechen, da die Ver- und Entsorgung regional und in den jeweiligen Wirtschaftsräumen erfolgt. Da die Abbau- und Deponieplanungen jedoch auf kantonaler Basis erfolgen, geben die Autarkiegrade einen gewissen Hinweis auf die Situation in den jeweiligen Kantonen. Nachfolgend wird auf die Autarkiegrade in den Kantonen bezüglich der Baustoffversorgung und der Aushubmaterialentsorgung eingegangen.

Baustoffversorgung bzw. Versorgung mit mineralischen Gesteinskörnungen

In der Abbildung 5 sind die regionalen Autarkiegrade der Baustoffversorgung für die Bezugsjahre 2013, 2014, 2015 und für die Versorgung mit mineralischen Gesteinskörnungen für das Bezugsjahr 2016 dargestellt. Da im Modell für das Bezugsjahr 2016 die Kiesflüsse und die weiteren mineralischen Baustoffflüsse nun getrennt voneinander modelliert werden, kann nun neu der Autarkiegrad in Bezug auf die mineralische Gesteinskörnung (Kies + RC-Gesteinskörnungen) dargestellt werden. In der Abbildung 5 sind die Autarkiegrade für Kies für das Jahr 2016 als gepunktete Säulen dargestellt. Dies führt bei gewissen Kantonen zu entsprechenden Unterschieden beim Vergleich der Autarkiegrade mit den Vorjahren. So liegen diese nun in den Kantonen Aargau², Bern² und Solothurn² im Jahr 2016 deutlich tiefer als in den Vorjahren, da in diesen Kantonen der Kalk- und Mergelabbau für die Zementproduktion sowie teilweise auch der Ton- und Gipsabbau nicht mehr mit einbezogen ist. Dafür ist nun die Vergleichbarkeit zwischen den Kantonen besser gewährleistet. In den Kantonen AG, BE, SO und ZH liegen die Autarkiegrade im Bereich von 100%. Demgegenüber bewegen sich in den Kantonen LU, SG und TG die Autarkiegrade mit 54% – 67% auf deutlich tieferen Niveaus. Zudem nimmt in den Kantonen SG und TG der Autarkiegrad tendenziell ab. Die tiefen Werte in diesen beiden Kantonen sind auf die starken Kiesimporte aus den grenznahen Abbaustellen in Deutschland und Österreich zurückzuführen. Der Kanton Luzern weist aufgrund hängiger Kiesabbaubewilligungsverfahren, welche zurzeit den Kiesabbau einschränken, einen tiefen Autarkiegrad auf. Es ist davon auszugehen, dass sich die Situation in diesem Kanton in den kommenden Jahren verbessern wird. Im Kanton Zug variiert die jährliche Veränderung des Autarkiegrades relativ stark zwischen 91% und 132%. Aufgrund der geringen Fläche des Kantons wirken sich Veränderungen bei den Importen und Exporten relativ stark auf den

¹ Formel → Autarkiegrad Baustoffe (bis 2015) = $(\text{Abbau Primärmaterial} - \text{Feinfraktion aus Primärmaterialabbau} + \text{RC-Baustoffe} + \text{direkte Verwertung RC-Baustoffe} + \text{aufbereiteter kiesiger Aushub}) / \text{Baustoffbedarf} \times 100\%$.

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

² Bei den Kantonen Aargau, Bern und Solothurn sind bis zum Bezugsjahr 2015 auch die Baustoffe Kalkstein, Mergel und Tonminerale enthalten. Ab dem Bezugsjahr 2016 bezieht sich der Autarkiegrad auf die mineralische Gesteinskörnung (Kies + RC-Gesteinskörnungen).



Autarkiegrad aus. Im Kanton Schwyz wurde der Autarkiegrad erstmals bestimmt. Dieser liegt für das Bezugsjahr 2016 bei 87%.

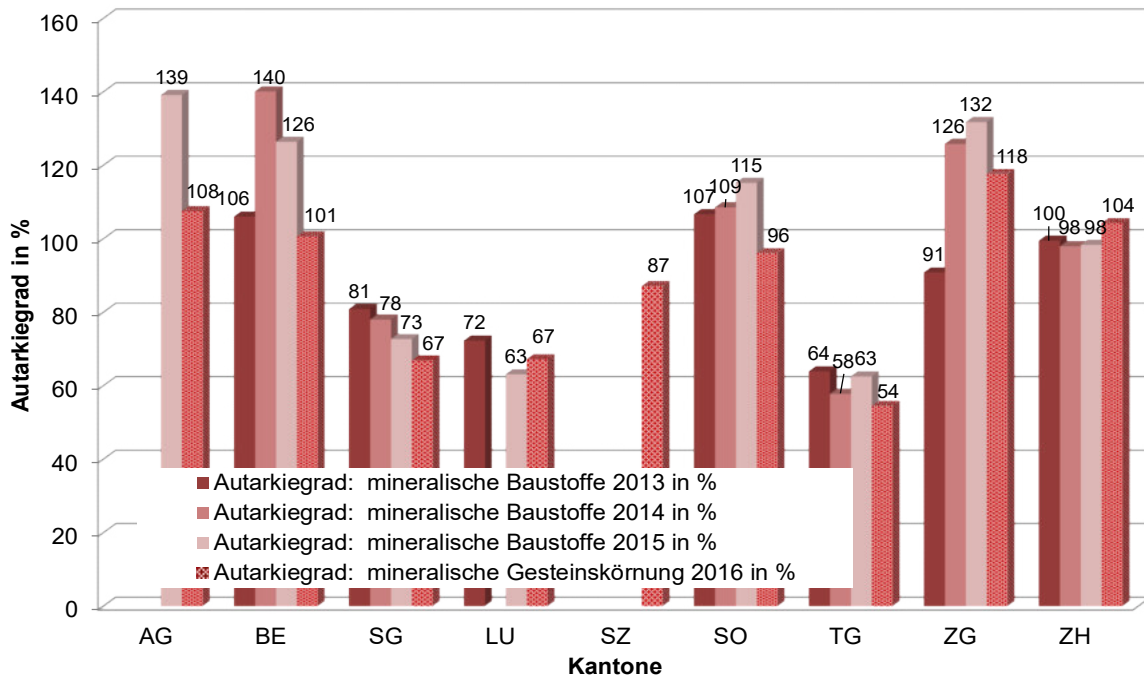


Abbildung 5: Regionale Autarkiegrade in Bezug auf die Versorgung mit mineralischen Baustoffen bzw. mineralische Gesteinskörnung (Bezugsjahr 2016) für die Bezugsjahre 2013 - 2016. Angaben in Prozenten.

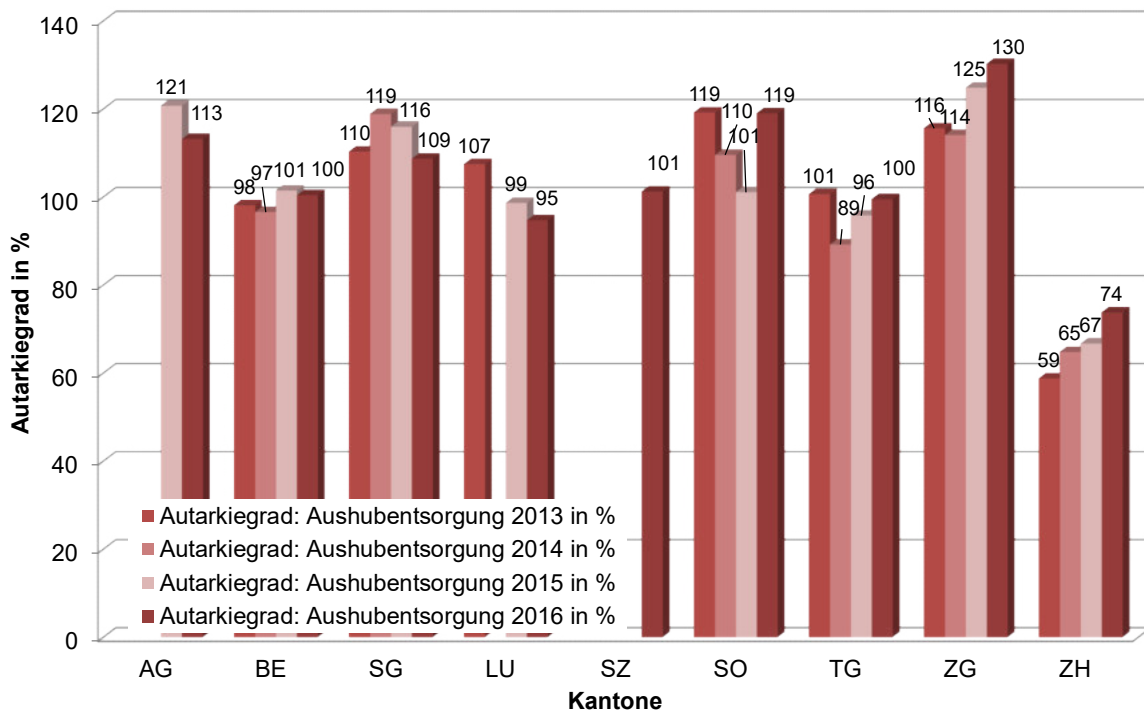


Abbildung 6: Regionale Autarkiegrade in Bezug auf die Aushubentsorgung für die Bezugsjahre 2013 - 2016. Angaben in Prozenten.

Aushubentsorgung

Bei der Aushubentsorgung haben sich die Autarkiegrade gegenüber den Vorjahren nicht sehr stark verändert (Abbildung 6). Bis auf den Kanton Zürich bewegen sich die Autarkiegrade in allen Kantonen im Bereich von 100% oder darüber. Im Kanton Zug ist der Autarkiegrad nochmals um 5% auf 130% angestiegen. Auch im Kanton Solothurn hat der Autarkiegrad mit 119% den Stand von 2013 erreicht. Im Kanton Zürich ist der Autarkiegrad im betrachteten Zeitraum von 59% auf 74% angestiegen. Er verbleibt jedoch noch immer auf tiefem Niveau.

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 2016 dargestellt. Der pro-Kopf-Baustoffbedarf bewegt sich im Bereich von 2.9 – 4.4 m³/Einwohner. Der Höchstwert wird im Kanton Luzern aufgrund der noch immer intensiven Bautätigkeit erreicht (siehe Tabelle 4). In den Kantonen AG, BE, SG LU, SO und TG veränderten sich der pro-Kopf-Baustoffbedarf im Bereich ± 0.1 m³/Einwohner. Grössere Veränderungen sind in den Kantonen Zug und Zürich zu verzeichnen, wo der pro-Kopf-Baustoffbedarf um 0.5 bzw. 0.4 m³/Einwohner gegenüber dem Vorjahr zunahm (Rubli 2017). Bei den anderen Kantonen sind die Veränderungen weniger stark. Im Kanton Schwyz liegt der pro-Kopf-Baustoffbedarf bei 3.5 m³/Einwohner, was in etwa dem Mittelwert aller Kantone entspricht.

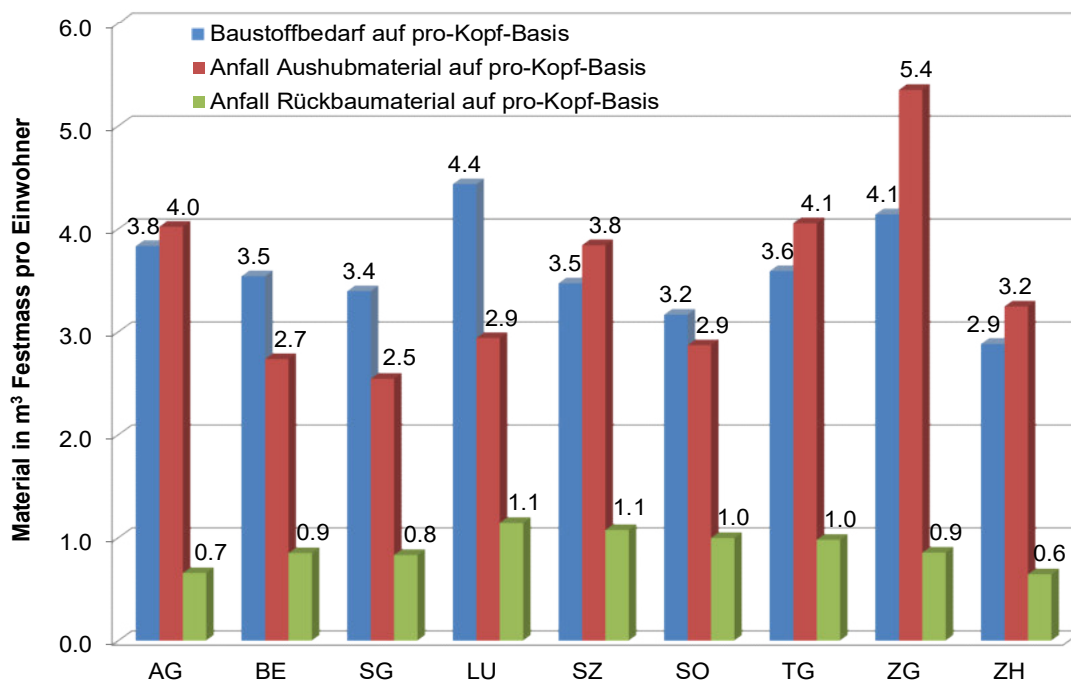


Abbildung 7: Vergleich des Baustoffbedarfs (blaue Säulen), des Rückbaumaterialanfalls (grün) und des Aushubanfalls aus dem Bauwerk (braun) auf pro-Kopf-Basis für das Bezugsjahr 2016 nach Kantonen. Die Werte sind in Kubikmetern fest pro Einwohner angegeben.

Beim Aushubanfall aus dem Bauwerk liegt die Bandbreite zwischen 2.5 – 5.4 m³/Einwohner. Im Kanton Zug wird mit 5.4 m³/Einwohner der höchste pro-Kopf-Aushubanfall erreicht. Die Veränderungen bei den pro-Kopf-Werten gegenüber dem Vorjahr sind mit Ausnahme der



Kantone LU und SO bei allen Kantonen relativ gering ($\pm 0.2 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$). Im Kanton Luzern nahm der Wert um $-0.7 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$ und im Kanton Solothurn um $-0.4 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$ ab.

Die pro-Kopf-Werte für die Rückbaustoffe haben sich kaum verändert und liegen zwischen $0.6 - 1.1 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$.

Während die pro-Kopf-Werte des Baustoffbedarfs jene des Aushubmaterialanfalls in vielen Kantonen übertreffen (Abbildung 7), ist dies beim Vergleich des Kies-/Sandabbaus und des Aushubmaterialanfalls nicht der Fall (Abbildung 8). Hier liegen die pro-Kopf-Wert des Kies-/Sandabbaus meist deutlich niedriger als jene des Aushubmaterialanfalls. Die teilweise grossen Unterschiede sind einerseits auf die Rückführung der RC-Granulate in die Baustoffproduktion zurückzuführen, andererseits auf die Kiesimporte, welche zu einem geringeren Kiesabbau führen. In den Kantonen SG und TG sind die grossen Unterschiede der pro-Kopf-Werte des Kies-/Sandabbaus und des Aushubmaterialanfalls zu einem grossen Teil auf die massiven Kiesimporte vor allem aus den Nachbarländern zurückzuführen. Bei den anderen Kantonen liegen die Differenzen jeweils im Bereich von 1.0 bis $1.3 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$. Ein grosser Teil dieser Differenz wird durch die Rückführung der RC-Granulate in den Prozess «Baustoffe produzieren» abgedeckt (grüne Säulen in der Abbildung 8). Diese pro-Kopf-Wert liegen zwischen $0.6 - 1.0 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$. 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 meisten Kantonen relativ nahe beieinander, was sich auch in den entsprechenden Autarkiegraden der Kantone in Abbildung 6 widerspiegelt. Grösser Unterschiede sind insbesondere in den Kantonen ZG und ZH festzustellen. Während im Kanton Zug der Werte für das abgelagerte Aushubmaterial mit $6.3 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$ deutlich höher liegt als jener des Aushubanfalls ($5.4 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$), ist es im Kanton Zürich genau umgekehrt. Hier liegt der Aushubanfall mit $3.2 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$ deutlich höher als das abgelagerte Aushubvolumen mit $2.1 \text{ m}^3/\text{Einwohner}$, was mit den hohen Aushubexportvolumen zu erklären ist.

In der Abbildung 9 sind die abgelagerten Aushubmengen aus den Kantonen (grüne Säulen), sowie die Importe (dunkelbraun) und Exporte (hellbraun) dargestellt³. Gut zu erkennen ist, dass insbesondere die Kantone AG, SO und ZG auf pro-Kopf-Basis deutlich mehr Aushubmaterial importieren als exportieren. Umgekehrt ist die Situation im Kanton Zürich, wo kaum Aushubmaterial importiert aber grosse Volumen exportiert werden. In den anderen Kantonen halten sich die Importe und Exporte von Aushubmaterial in etwa die Waage. Zudem bewegen sich diese im Verhältnis zum pro-Kopf-Wert des abgelagerten Aushubmaterials auf einem relativ tiefen Niveau.

³ 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 (hellbraue Säulen) berücksichtigt.

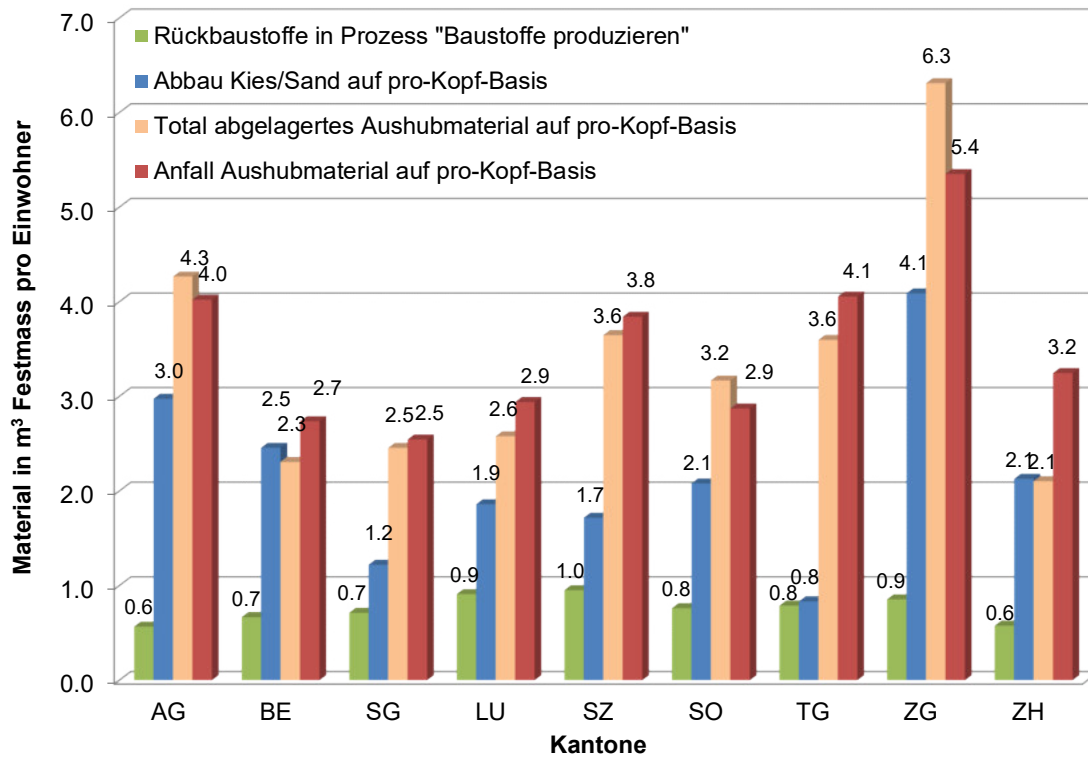


Abbildung 8: Vergleich des Rückbaustoffflusses (grüne Säulen), des Kies-/Sandabbaus (blaue Säulen), der Aushubablagerung (inkl. Ablagerung in weiteren Entnahmestellen, ohne Terrainanpassungen) (hellbraun) und des Aushubanfalls aus dem Bauwerk (rot-braun) auf pro-Kopf-Basis für das Bezugsjahr 2016 nach Kantonen. Die Werte sind in Kubikmetern fest pro Einwohner angegeben.

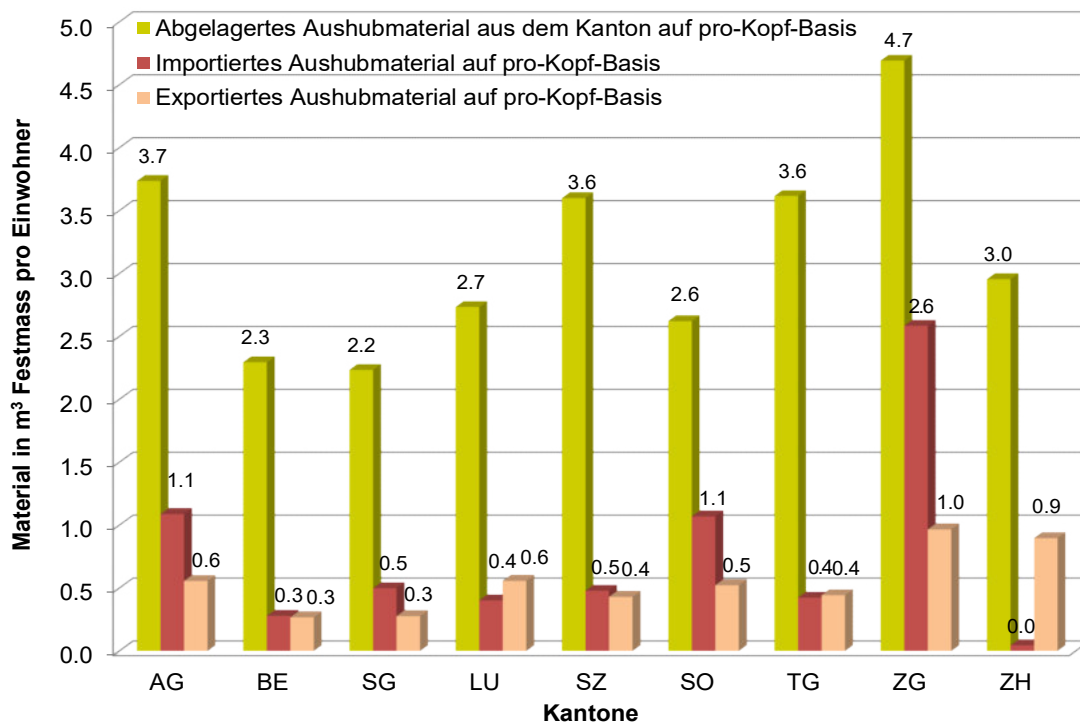


Abbildung 9: Aus den Kantonen stammende Aushubvolumina, die in den Kantonen abgelagert wurden sowie die Aushubimporte- und Exporte auf pro-Kopf-Basis für das Jahr 2016.



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 Aushubanfalls zwischen 2010 und 2035 sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010 – 2016 für die Kantone ZH, BE, AG, LU, SG, TG, SO, SZ und ZG dargestellt. Der Vergleich zeigt, dass der modellierte Baustoffbedarf und Aushubanfall, welche auf den jährlichen Erhebungen der Kantone basieren, weiterhin in allen Kantonen gut mit den modellierten Entwicklungen dieser Materialflüsse übereinstimmen. Auch beim Kanton Schwyz, welcher nach einigen Jahren erstmals wieder eine Modellierung durchführen liess, sind die Übereinstimmungen der Modellresultate gut. Beim Kanton Thurgau liegt der Aushubanfall wie im Vorjahr etwas deutlicher über der modellierten Entwicklung. Möglicherweise war der Aushubanfall im Bezugsjahr 2010, welcher jeweils als Startpunkt für die dynamischen Modellierungen dient, nicht unbedingt repräsentativ für die nachfolgenden Jahre. Im nächsten Modellierungszyklus wird deshalb der Startpunkt vermutlich entsprechend erhöht werden. Ähnliches gilt beim Kanton Solothurn für den Baustoffbedarf. Sollte der Baustoffbedarf bei der nächsten Modellierung wiederum deutlich tiefer liegen als die modellierte Entwicklung werden die Parameter der Dämpfungsfunktion so angepasst, dass die Entwicklung des Baustoffbedarfs sinkende Tendenz aufweisen wird.

Bei den anderen Kantonen sind keine 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 relativ robuste Resultate liefert.



Abbildung 10: Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubanfalls in den Kantonen ZH, BE, AG, LU, SG, 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. Angaben in 1000 m³ fest.



3.5.2 Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung

Kenntnisse zur künftigen Entwicklung des Abbaus von Primärmaterialien und zur Aushubablagerung sind insbesondere für die Planung von Kiesabbaugebieten und immer mehr auch für die Planung von Aushubdeponien von grosser Bedeutung für die einzelnen Kantone. In der Abbildung 11 sind die zeitlichen Entwicklungen dieser Materialflüsse analog der Abbildung 10 für alle Kantone 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 Aushubablagerung⁴ in allen Kantonen recht gut mit den modellierten Entwicklungen dieser Materialflüsse überein. Gut zu erkennen ist zudem die meistens gute Übereinstimmung der hell- und dunkelblauen Säulen. Dies zeigt, dass die mit dem statischen Modell gerechneten Materialflüsse möglichst nahe an die Werte der von den Kantonen erhobenen Materialflüsse «modelliert» wurden.

Die Achsenskalierungen in den Grafiken zum Primärmaterialabbau und Aushubablagerungen sind jeweils auf die gleiche maximale Höhe eingestellt. Damit können die zeitlichen Entwicklungen dieser Materialflüsse besser miteinander verglichen werden. 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. Dies ist auch beim Kanton Aargau der Fall. Allerdings ist der Unterschied nicht so stark ausgeprägt wie beim Kanton Bern. In den Kantonen Solothurn und Zürich liegt die Aushubablagerung in etwa auf gleicher Höhe wie der Primärmaterialabbau. Während im Kanton Solothurn ebenfalls der Abbau von Kalkgestein und Tonmineralien einen Beitrag zu einer ausgeglichenen Bilanz leistet, sind es im Kanton Zürich die massiven Aushubexporte, welche zu einer ausgeglichenen Bilanz von Primärmaterialabbau und Aushubablagerung führen. Müsste der im Kanton Zürich anfallende Aushub vollständig innerhalb des Kantons abgelagert werden, würde das Aushubablagerungsvolumen deutlich über dem Kiesabbauvolumen liegen.

In den Kantonen Luzern, Thurgau, St.Gallen und Schwyz liegt die Aushubablagerung relativ deutlich über dem Niveau des Primärmaterialabbaus. Diese Kantone importieren im Verhältnis zum Kiesabbau netto relativ viel Kies aus den Nachbarkantonen bzw. aus den Nachbarländern. Die besagten Kantone verfügen zudem über Aushubdeponien, in denen der „Materialüberschuss“ abgelagert werden kann. Auch im Kanton Zug, welcher ebenfalls über Aushubdeponien verfügt, liegt die Aushubablagerung aufgrund von Nettoexporten von Kies und Nettoimporten von Aushubmaterial über dem Niveau des Primärmaterialabbaus.

⁴ Summe aus Aushubmaterialflüssen in die Teil- und Wiederauffüllung von Entnahmestellen «Kiesgruben» und «weitere Primärmaterialien», Deponien Typ A+B.

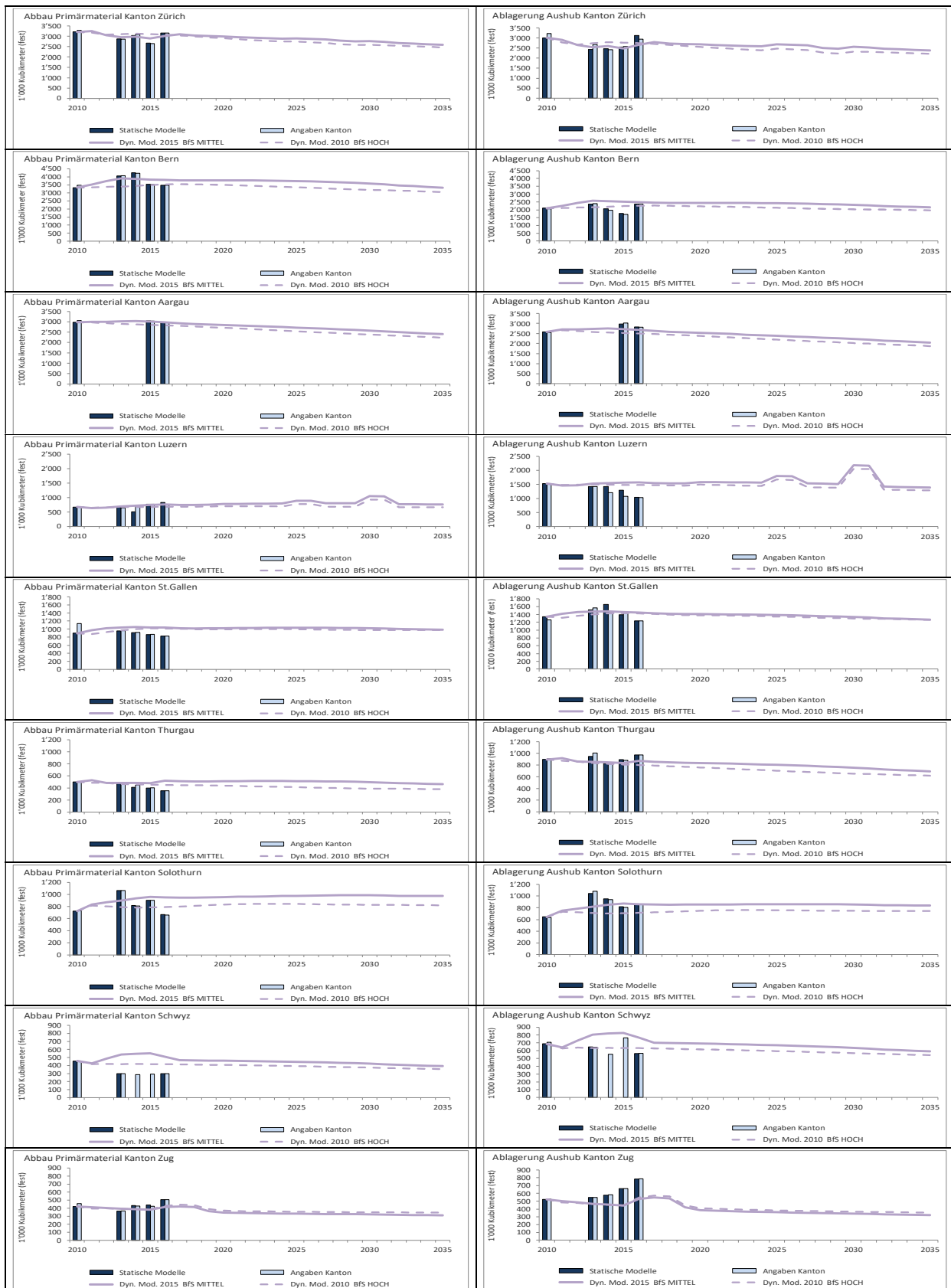


Abbildung 11: Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung in den Kantonen ZH, BE, AG, LU, SG, TG, SO, SZ und ZG zwischen 2010 und 2035 (ausgezogene Linien: Szen. «Mittel, BFS 2015», gestrichelte Linien Szen. «Hoch, BFS 2010»), sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010,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



3.5.3 Kumulierte Differenz zwischen Aushubablagerung und Primärmaterialabbau

In der Abbildung 12 sind die Entwicklungen der jährlichen Differenz „Ablagerung – Abbau“ (siehe auch Abbildung 11) und der kumulierten Differenz für die Kantone ZH, BE, AG, LU, SG, TG, SO, SZ und ZG zwischen 2010 und 2035 sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 bis 2016 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 die Berechnung der jährlichen und kumulierten Differenz mit einbezogen, würde ein deutlicher Aushubüberschuss entstehen.

Da die jährliche Differenz jeweils aus zwei grossen Zahlen gebildet wird, können die jährlichen Schwankungen relativ gross und die Werte der Bezugsjahre mit relativ grossen Unsicherheiten behaftet sein. Dennoch stimmen die modellierten Entwicklungen für die Kantone ZH, BE, SG, und SZ relativ gut mit den Werten der Bezugsjahre 2013 bis 2016 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 deshalb relativ nahe beim Nullwert. Sofern in den kommenden Jahren keine starken Veränderungen stattfinden, ist somit davon auszugehen, dass keine zusätzlichen oder allenfalls nur kleine Aushubdeponien notwendig sind.

In den Kantonen LU, SG, TG, SZ und ZG verlaufen die kumulierten Differenzen in den positiven Bereich. Dies bedeutet, dass die in Abbaustellen geschaffenen Volumen nicht ausreichen, um das anfallende Aushubmaterial dort aufzunehmen. Ein Teil davon muss in Aushubdeponien abgelagert oder entsprechend exportiert werden. Die Kantone ZG und Kanton SZ weisen vor allem Nettoimporte von Aushubmaterial auf. Hier könnten als Massnahme zur Reduktion der kumulierten Differenz die Aushubimporte reduziert werden. In den Kantonen 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.

In den Kantonen ZH, BE und AG verläuft die kumulierte Differenz in den negativen Bereich. Je nach Kanton sind unterschiedliche Aspekte dafür verantwortlich: Im Kanton Zürich sind es vor allem die massiven Aushubmaterialexporte, welche zu dieser Entwicklung führen. Im Kanton Bern wird, im Vergleich zu anderen Kantonen, mehr Aushubmaterial wieder aufbereitet und es werden relativ grosse Mengen an weiteren Primärmaterialien abgebaut. Dies führt zu einer im Vergleich zu den anderen Kantonen sehr grossen kumulierten Differenz, welche bis zum Jahr 2025 auf -30 Mio. m³ anwächst. Beim Kanton Aargau ist es ähnlich, allerdings auf deutlich tieferem Niveau. Die kumulierte Differenz erreicht bis 2035 einen Wert von knapp -8 Mio. m³.

Die Entwicklungen der jährlichen und kumulierten Differenzen basieren auf der Annahme, dass sich die heute vorliegenden Abbau- und Entsorgungssituationen in den verschiedenen Kantonen in den kommenden Jahren gleich weiterentwickeln. Dies muss nicht unbedingt der Fall sein. So können beispielsweise Auffüllquoten zur Rekultivierung verändert (z.B. im Kanton Zürich in Diskussion), Aushubimporte aus anderen Kantonen reduziert oder bestehende Abbaustellen teilweise wieder aufgefüllt werden. Solche Massnahmen können zu erheblichen Verschiebungen bei der Aushubentsorgung führen, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Entwicklung der kumulierten Differenzen.

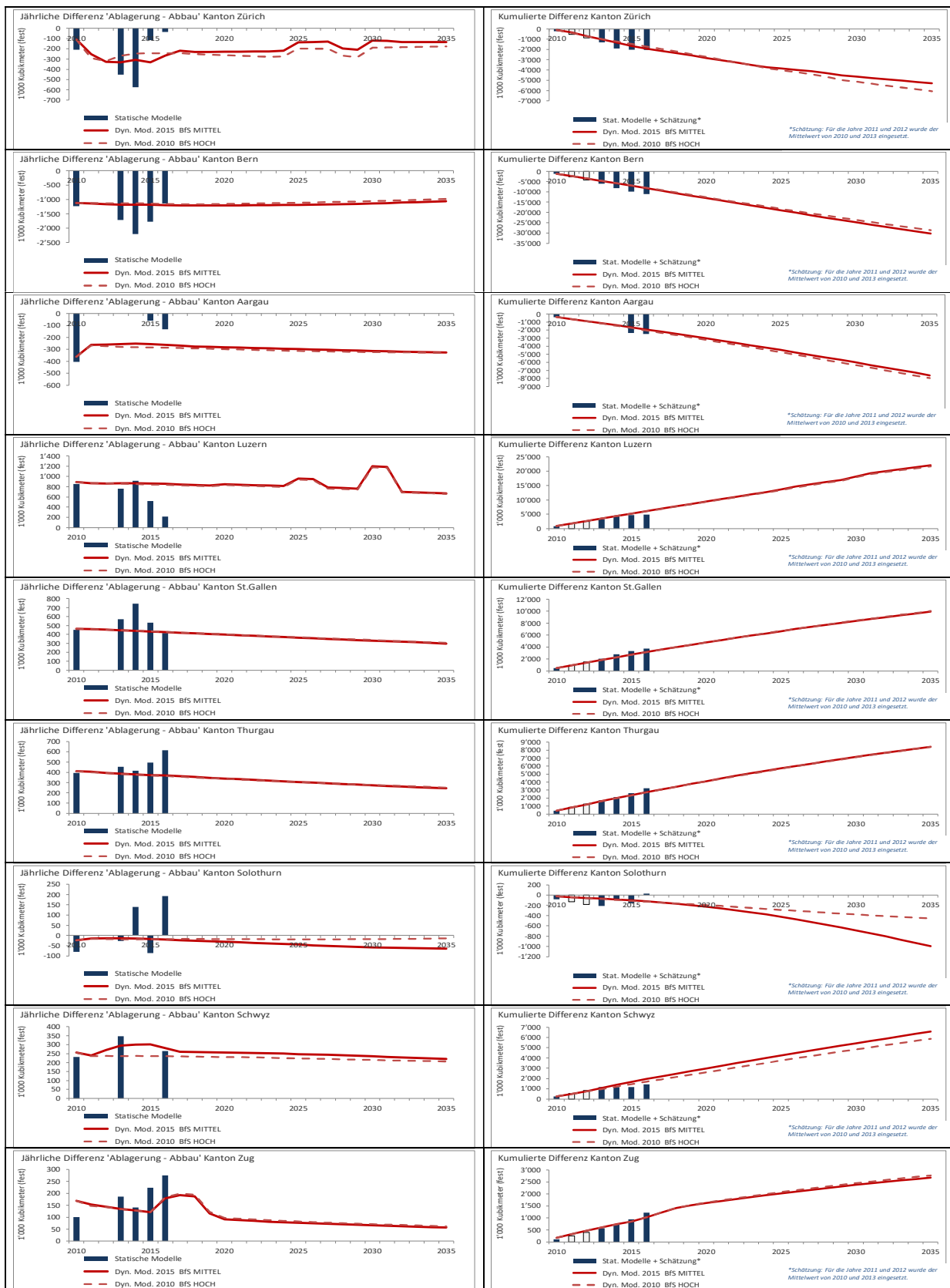


Abbildung 12: Entwicklung der jährlichen Differenz „Ablagerung –Abbau“ und die kumulierte Differenz in den Kantonen ZH, BE, AG, LU SG, TG, SO, SZ und ZG zwischen 2010 und 2035 (ausgezogene Linien: Szen. «Mittel, BFS 2015», gestrichelte Linien Szen. «Hoch, BFS 2010»), sowie die Daten aus den Modellierungen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



4 Diskussion und Schlussfolgerungen

4.1 Gesteinskörnungsbedarf und Verwertung der Rückbaustoffe (RBS)

Mit dem überarbeiteten statischen Modell kann neben dem Baustoffbedarf (siehe Tabelle 6) erstmals auch der Gesteinskörnungsbedarf (GK-Bedarf) des Bauwerks ausgewiesen werden. In der Tabelle 7 sind der Gesteinskörnungsbedarf, welcher durch Kies/Sand sowie den Rückbaustoffen gedeckt wird, der Rückbaumaterialanfall inklusive Nettoimporte, die verwerteten Rückbaustoffvolumen sowie die Verhältnisse RBS/RBM (Definition unterhalb Tabelle 7) und die RBS-Anteile am GK-Bedarf für die Kantone AG, BE, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH und in der gesamten Region für die Jahre 2015 und 2016 aufgeführt. Die Veränderungen der Materialflüsse und der Verhältnisse im Vergleich zu jenen des Vorjahres bewegen sich in einer relativ engen Bandbreite. Der Gesteinskörnungsbedarf hat in einer Mehrzahl der Kantone gegenüber dem Vorjahr zugenommen, wobei insbesondere in den Kantonen ZG und ZH aufgrund der regen Bautätigkeit relativ starke Zunahmen festzustellen sind. Der GK-Bedarf in der gesamten Region (inkl. Kanton SZ) lag im Jahr 2016 bei rund 16.8 Mio. Kubikmetern (Vorjahr 13.9 Mio. Kubikmeter ohne Kt.SZ).

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, BE, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH sowie in der gesamten Region im Jahr 2015 und 2016.

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 %	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
AG	2'247	2'258	449	413	419	386	93.2	93.5	18.6	17.1
BE	3'219	3'193	928	886	783	685	84.3	77.3	24.3	21.5
LU	1'554	1'606	443	463	371	398	83.7	85.9	25.6	24.8
SG	1'495	1'518	405	417	386	376	91.6	90.2	25.1	24.8
SO	794	770	215	255	183	217	84.8	85.0	27.3	28.1
SZ	-	484	-	162	-	150	-	92.7	-	31.1
TG	878	863	223	257	215	223	96.4	86.9	25.4	25.9
ZG	381	451	127	118	112	111	87.1	94.0	29.1	24.7
ZH	3'336	3'851	1'088	956	1'010	882	92.9	92.3	26.4	22.9
Total	13'904	16'798	3'878	3'927	3'479	3'428	89.6	87.3	24.5	22.9

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

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

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

Der Rückbaumaterialanfall und die Rückbaustoffmengen nahmen gegenüber dem Vorjahr in den meisten Kantonen und in der gesamten Region leicht ab, was darauf hindeutet, dass sich die Rückbau- und Sanierungstätigkeit leicht zurückgebildet hat. Die Verhältnisse RBS/RBM unterliegen aus verschiedenen Gründen grösseren Schwankungen. Dies kann verschiedene Gründe haben: Einerseits können sich die Materialqualitäten der Rückbaumaterialien verändern. Rückbaumaterial aus Gebäuderückbauten weisen beispielsweise höhere Qualitäten auf als Rückbaumaterial aus Sanierungen. Hier muss mehr Material in Deponien entsorgt werden.



Zudem spielt auch der Deponierungspreis für Mischabbruch eine wesentliche Rolle bezüglich des Entscheides, ob Mischabbruch aufbereitet oder deponiert wird. Das RBS/RBM-Verhältnis hat in der gesamten Region von 89.2% auf 87.3% abgenommen, bewegt sich aber noch immer auf einem relativ hohen Niveau.

Der Anteil der Rückbaustoffe am gesamten Gesteinskörnungsbedarf ist aussagekräftiger als das Verhältnis zum Baustoffbedarf. In den beiden letzten Spalten der Tabelle 7 sind deshalb neu die RBS-Anteile am GK-Bedarf aufgeführt. Die Verhältnisse haben in den meisten Kantonen und in der gesamten Region gegenüber dem Vorjahr leicht abgenommen und liegen für die Region bei einem Anteil von 22.9% (Vorjahr 24.5%). Der Grund hierfür ist die tendenziell leichte Abnahme des Rückbaumaterialanfalls bei leicht steigendem GK-Bedarf. Sollte die Neubautätigkeit in den kommenden Jahren wieder etwas zurückgehen, dann dürften die RBS-Anteile eher wieder etwas ansteigen.

4.2 Mineralische Gesteinskörnungen und Aushubentsorgung: Autarkiegrade und Entwicklung

Neu können die Autarkiegrade in Bezug auf die mineralischen Gesteinskörnungen bestimmt werden. Damit lassen sich diese auf Kantonsbasis besser miteinander vergleichen. Die Autarkiegrade der mineralischen Gesteinskörnungen haben sich in den Kantonen, in denen weitere mineralischen Primärmaterialien wie Kalk/Mergel, Tonminerale und Gipsstein abgebaut werden, gegenüber dem Vorjahr entsprechend reduziert (Abbildung 5). In den Kantonen AG, BE und SO liegen die Autarkiegrade nun im Bereich von 100%, was bedeutet, dass sich diese Kantone im Jahr 2016 selber mit mineralischen Gesteinskörnungen versorgen konnten. Dies war auch in den Kantonen ZG und ZH der Fall. Die Kantone Luzern, Thurgau, St. Gallen und im geringeren Ausmass auch der Kanton Schwyz weisen deutlich tiefere Autarkiegrade auf. Sie liegen bei 67% (LU und SG), 54% (TG) bzw. 87% (SZ). Der Grund hierfür sind vor allem die Kies- und Betonimporte der Kantone LU und SZ aus ihren Nachbarkantonen oder aus Deutschland und Österreich (in die Kantone TG und SG).

In den meisten Kantonen liegen die Autarkiegrade bei der Aushubentsorgung im Bereich von 100% (Abbildung 6). Die Ausnahme bildet, wie in den Vorjahren, der Kanton Zürich, welcher einen Autarkiegrad von 74% im Jahr 2016 erreichte. Immerhin ist hier eine zunehmende Tendenz feststellbar. Die jährlichen Autarkiegrade bilden nur die IST-Situation in den 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. Dies ist insbesondere in den Kantonen LU, SG und TG der Fall. Dies zeigt auch die Entwicklung der kumulierten Differenz zwischen Aushubablagerung und Primärmaterialabbau in Abbildung 12, welche in diesen Kantonen bis zum Jahr 2035 relativ grosse Werte erreicht. In diesen Kantonen müssen künftig Aushubdeponien geplant werden oder mehr Aushubmaterial in die umliegenden Kantone bzw. angrenzenden Länder exportiert werden.

4.3 Schlussfolgerungen

Mittlerweile beteiligen sich die in diesem Bericht erwähnten neun Kantone an der Modellierung der KAR-Materialflüsse in ihren Kantonen. Zudem haben die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft gemeinsam ein KAR-Modell für das Bezugsjahr entwickeln lassen. Dieses Modell



wird voraussichtlich in der Nachführung 2018 ebenfalls in die überregionale Betrachtung mit einbezogen werden.

Die KAR-Modelle erlauben eine gesamtheitliche Betrachtung aller relevanten mineralischen Materialflüsse, welche zur Bewirtschaftung des Bauwerks notwendig sind. Die grafische Darstellung der Materialflüsse sowie der zeitlichen Entwicklungen der verschiedenen Materialflüsse spielen eine wichtige Rolle für das Verständnis dieser Zusammenhänge und der langfristigen Entwicklung. Inzwischen decken die Rückbaustoffe je nach Kanton bereits knapp 20% bis über 30% des Gesteinskörnungsbedarfs der Kantone ab. Dies hat unmittelbare Auswirkungen auf die Bewirtschaftung der anderen Materialflüsse. Durch die Substitution von Kies und Sand findet weniger Kiesabbau statt, was wiederum zu einer Reduktion der verfügbaren Auffüllvolumina führt. Die Kiesgrubenbetreiber begegnen dieser Herausforderung mit höheren Annahmegebühren für Aushubmaterial. Gleichzeitig verbilligen sie den Preis für den an sich höherwertigen Kies/Sand, um konkurrenzfähig zu den Rückbaustoffen zu bleiben. Dies führt in einigen Kantonen zur eher bizarren Situation, dass der Entsorgungspreis für unverschmutztes Aushubmaterial höher liegt als der Einkaufspreis von Kies/Sand. Gerade in Kantonen, welche viel Kies importieren oder über keine oder zu wenige Aushubdeponien verfügen, akzentuiert sich diese Marktverzerrung (z.B. Kanton Zürich). Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken, müssen entweder mehr Kiesvorkommen in den Kantonen mit hohen Kiesimporten erschlossen oder mehr Aushubdeponien geplant werden. Nur so werden sich die Preise entsprechend verändern. Dazu ist jedoch ein langer Planungshorizont notwendig. Die Resultate aus der dynamischen Modellierung sollen die Kantone bei einer solchen Planung unterstützen. Insbesondere die kumulierte Differenz zwischen Ablagerung und Abbau zeigt recht gut auf, welche Entwicklungen sich in Bezug auf die Aushubablagerungssituation unter den gegebenen Rahmenbedingungen künftig abzeichnen.



Ausblick

4.4 Nachführung der statischen Modelle

Da nun bereits für neun Kantone Daten aus den Erhebungen und Modellierungen für bis zu vier aufeinanderfolgende Jahre zur Verfügung stehen, wird künftig auf einen Zweijahresrhythmus zur Erhebung und Modellierung der KAR-Materialflüsse übergegangen. Die nächste Nachführung der Modelle ist demnach für das Bezugsjahr 2018 geplant. Neben den bereits teilnehmenden Kantonen werden künftig auch die Kantone Baselland und Basel-Stadt ein gemeinsames Modell erstellen lassen. Die Zentralisierung des Modells erlaubt es, bei Bedarf weitere interessierte Kantone im Rahmen der Modellnachführungen mit einzubeziehen.

4.5 Mitwirkung der Verbände

Die beiden Verbände arv Baustoffrecycling Schweiz und FSKB (Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie) werden sich weiterhin bei der Entwicklung des KAR-Modells beteiligen und in der Begleitgruppe mitwirken. Neben der finanziellen Unterstützung haben sich die beiden Verbände 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.

4.6 Weiterentwicklung des Modells

Zurzeit sind keine weiteren Entwicklungsschritte geplant.



5 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.



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/Mergen, 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 mineralischen Primärmaterialien, die in die Aufbereitung gelangen (z.B. Kalk/Mergel für die Zementproduktion)

Materialimporte

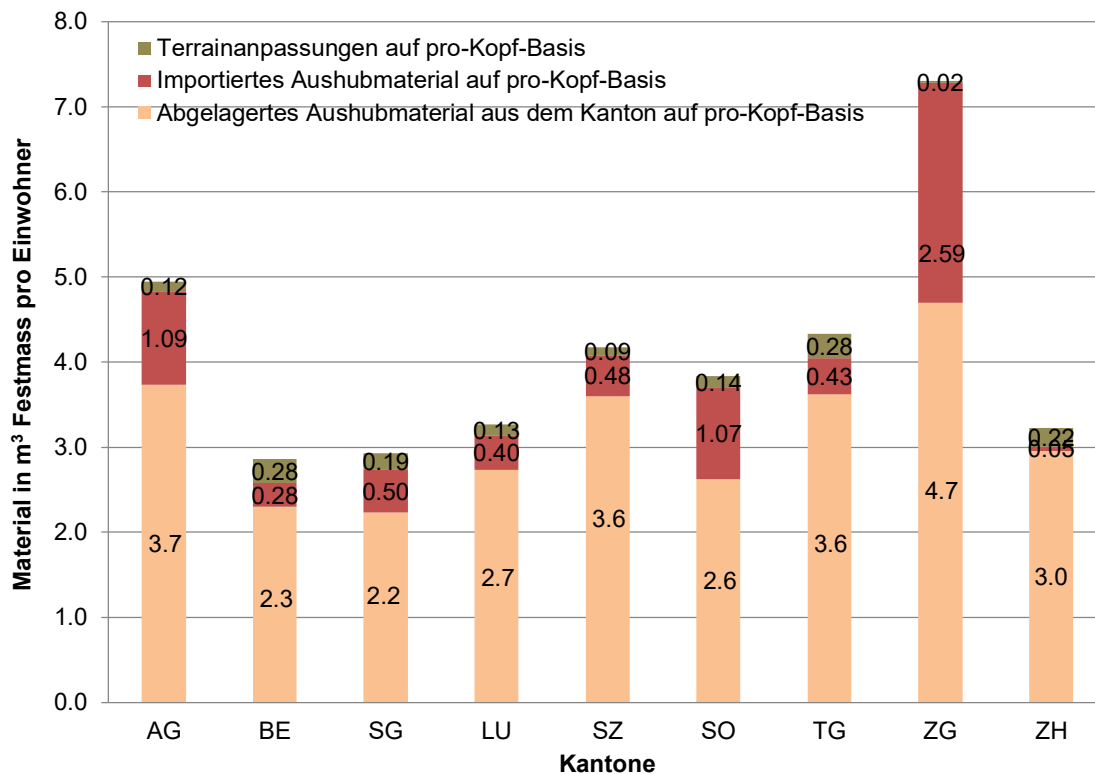
A02	Rückbaumaterial in die Triage Rückbaumaterial
A06	Aushubmaterial zur Triage Aushub
A08	Kies/Sand in die Kies-/Sandaufbereitung
A010	Weitere mineralische Baustoffe zur Aufbereitung

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“



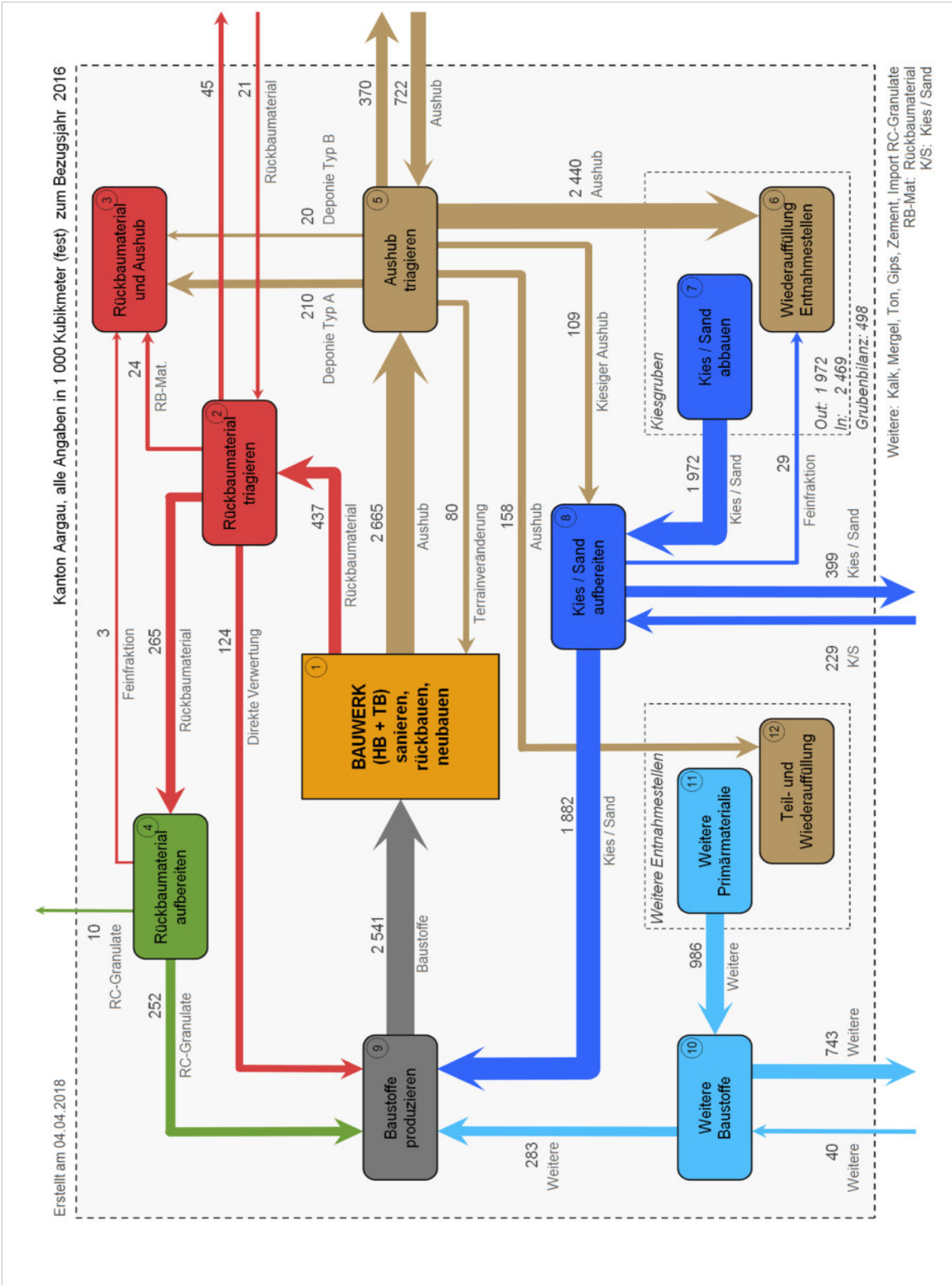
A.3. Abgelagertes Aushubmaterial aus dem Kanton, importiertes Aushubmaterial und Material in Terrainanpassungen



Bemerkung: Beim Kanton Zug sind bei den Terrainanpassungen auch die Materialverschiebungen innerhalb einer Bauparzelle bzw. jene, die von einer Baustelle auf eine andere Baustelle erfolgen, enthalten. Diese Materialverschiebungen beanspruchen dort den grössten Anteil.

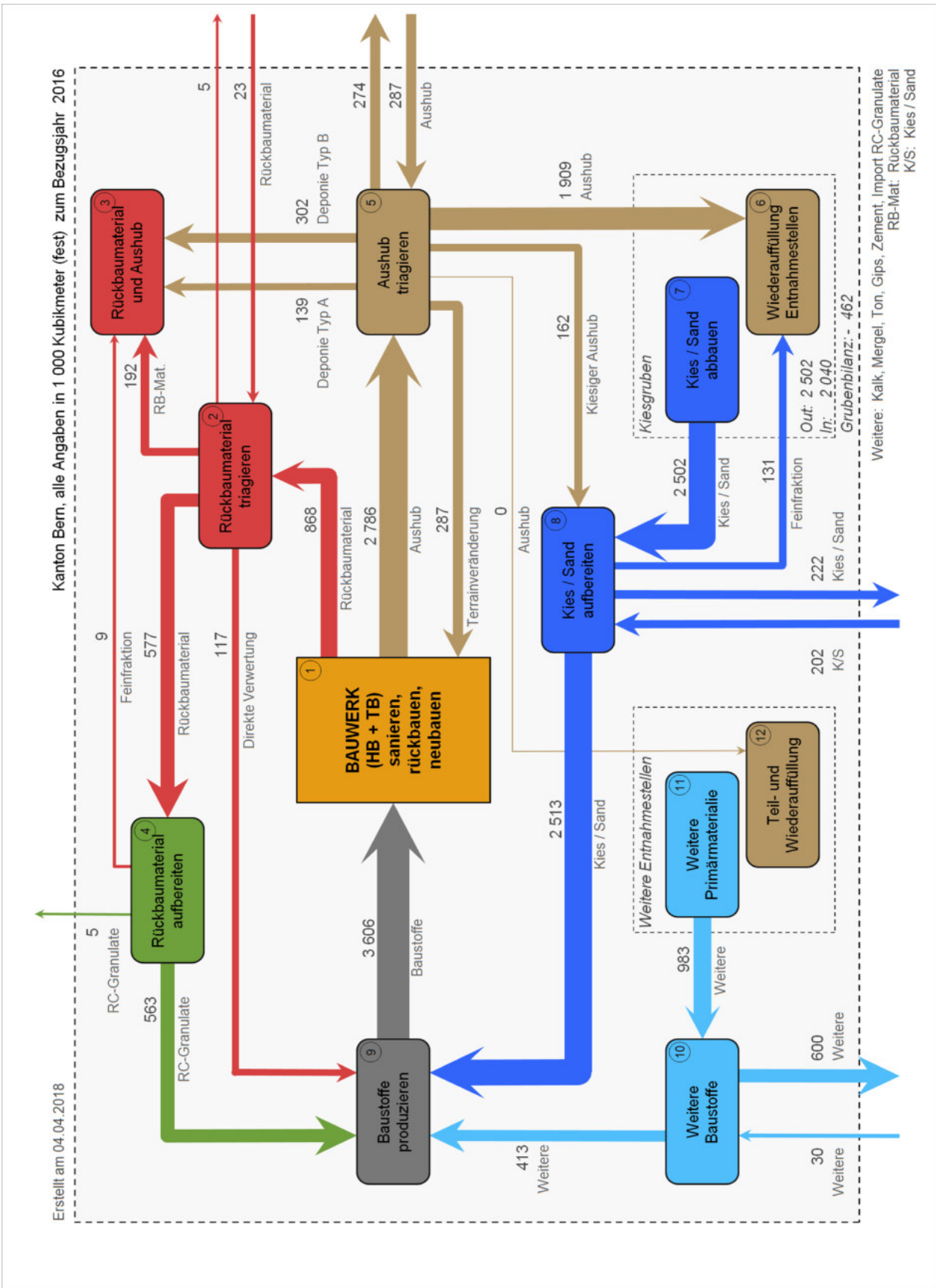
A.4. Materialflussschemen der einzelnen Kantone

Materialflussschema Kanton Aargau (Bezugsjahr 2016)



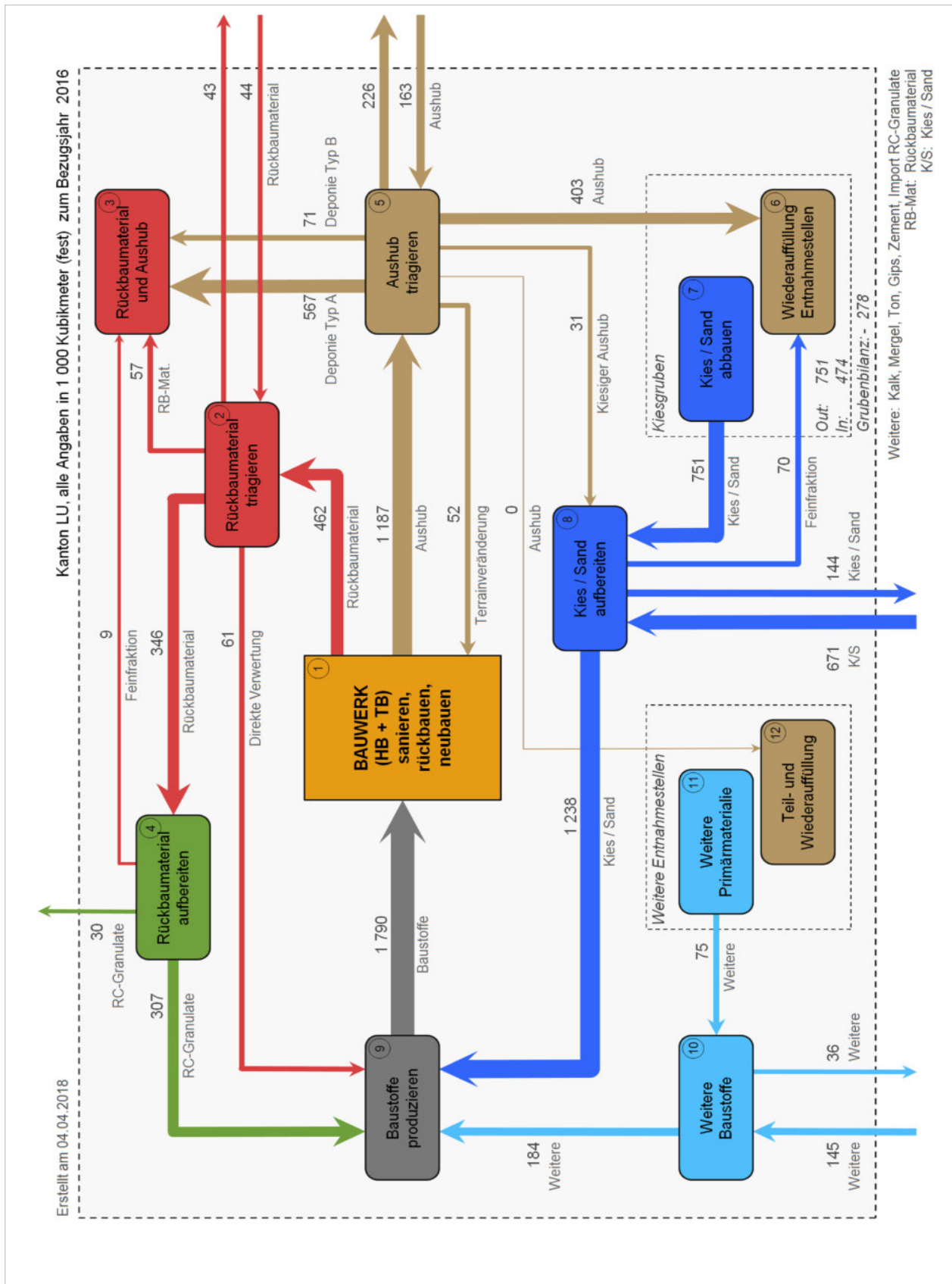


Materialflussschema Kanton Bern (Bezugsjahr 2016)



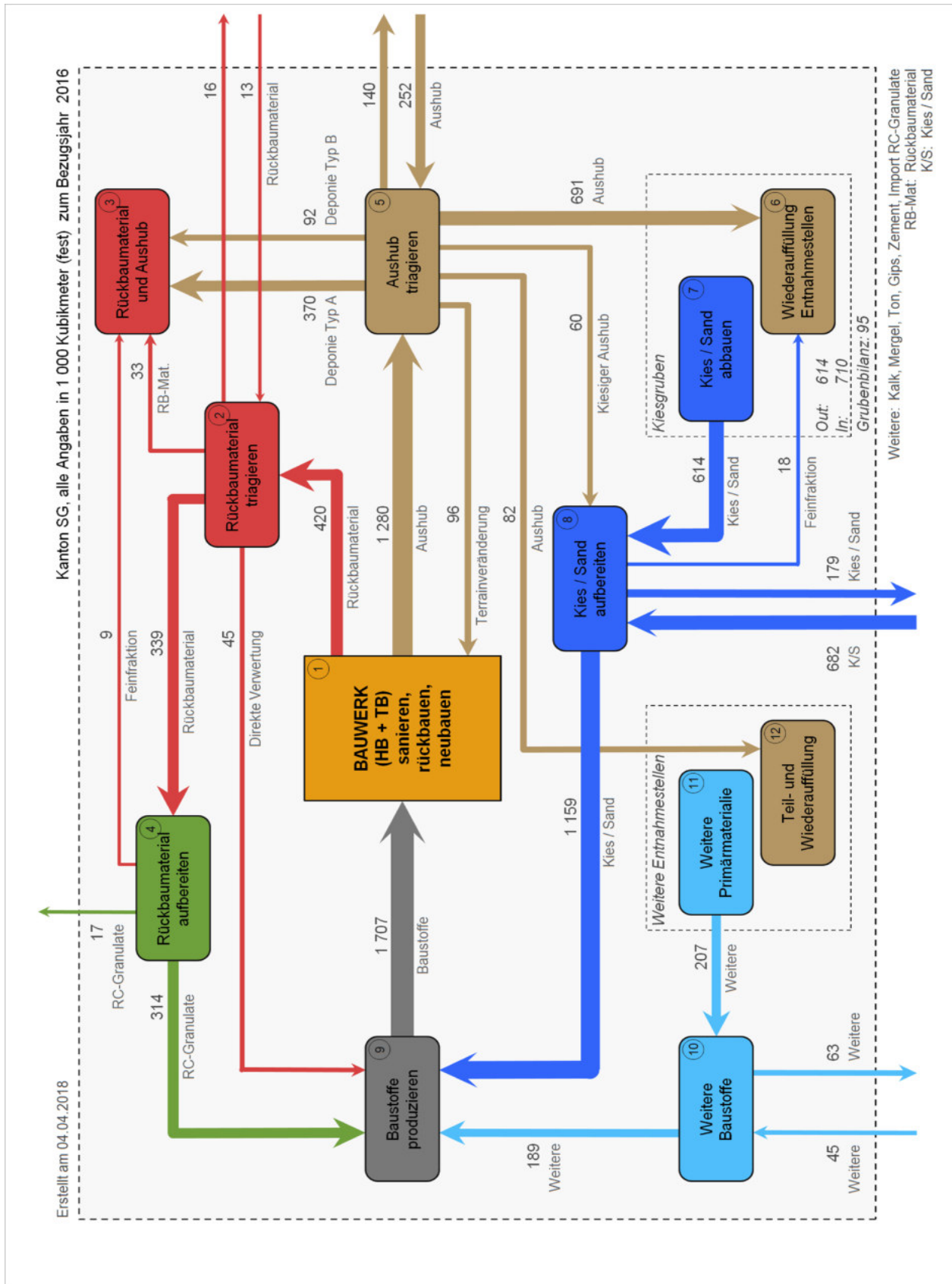


Materialflussschema Kanton Luzern (Bezugsjahr 2016)



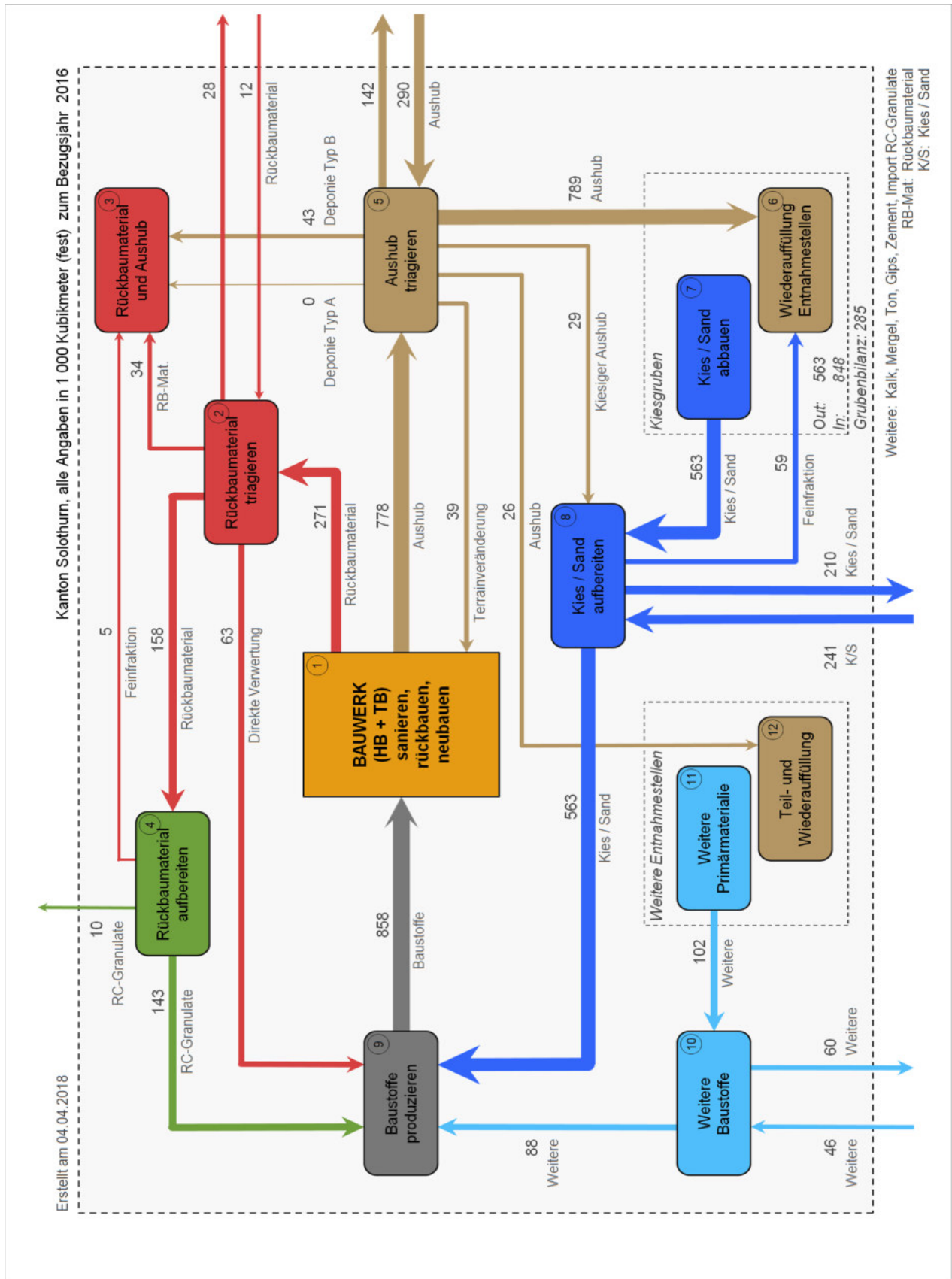


Materialflussschema Kanton St.Gallen (Bezugsjahr 2016)



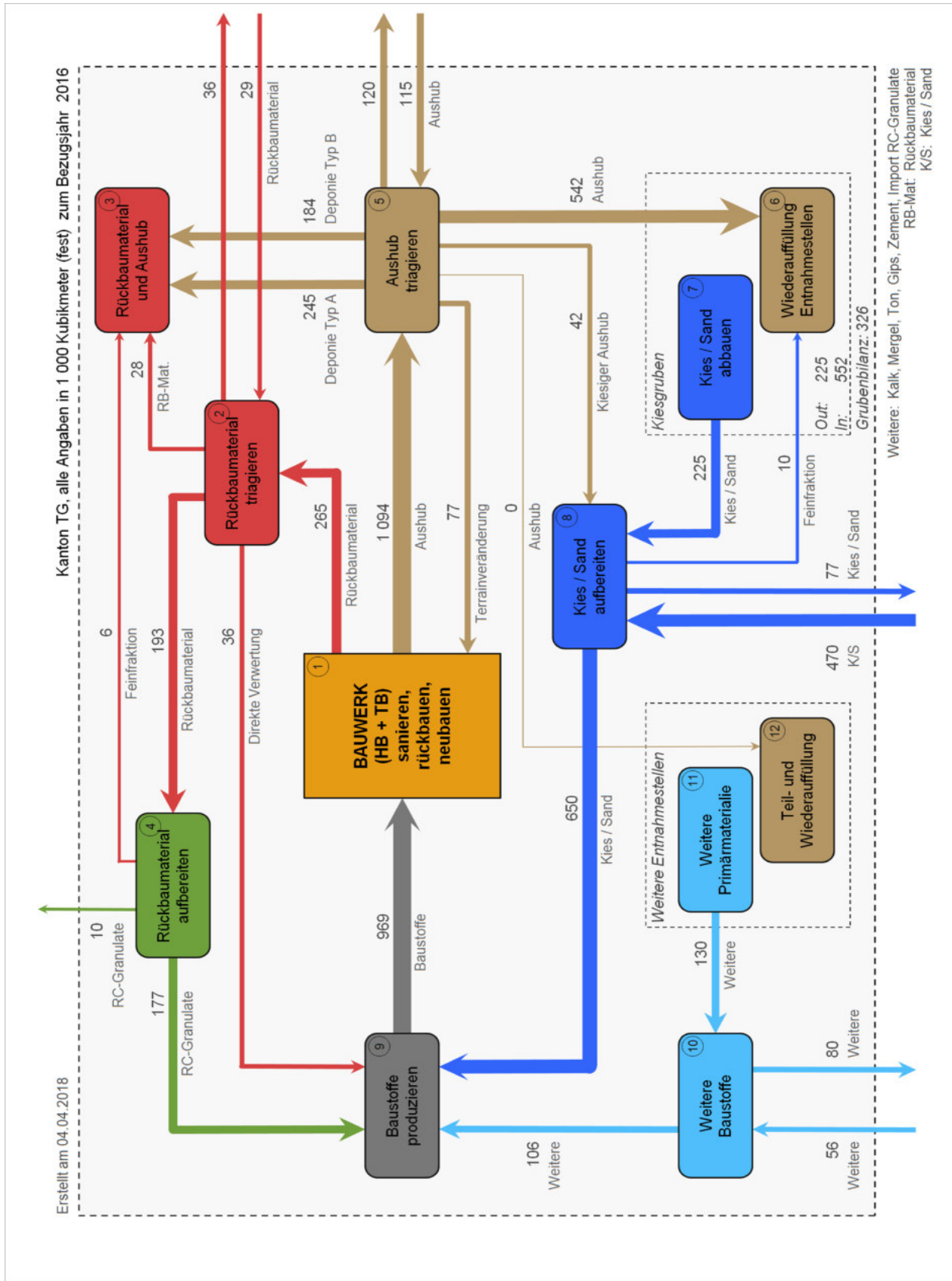


Materialflussschema Kanton Solothurn (Bezugsjahr 2016)



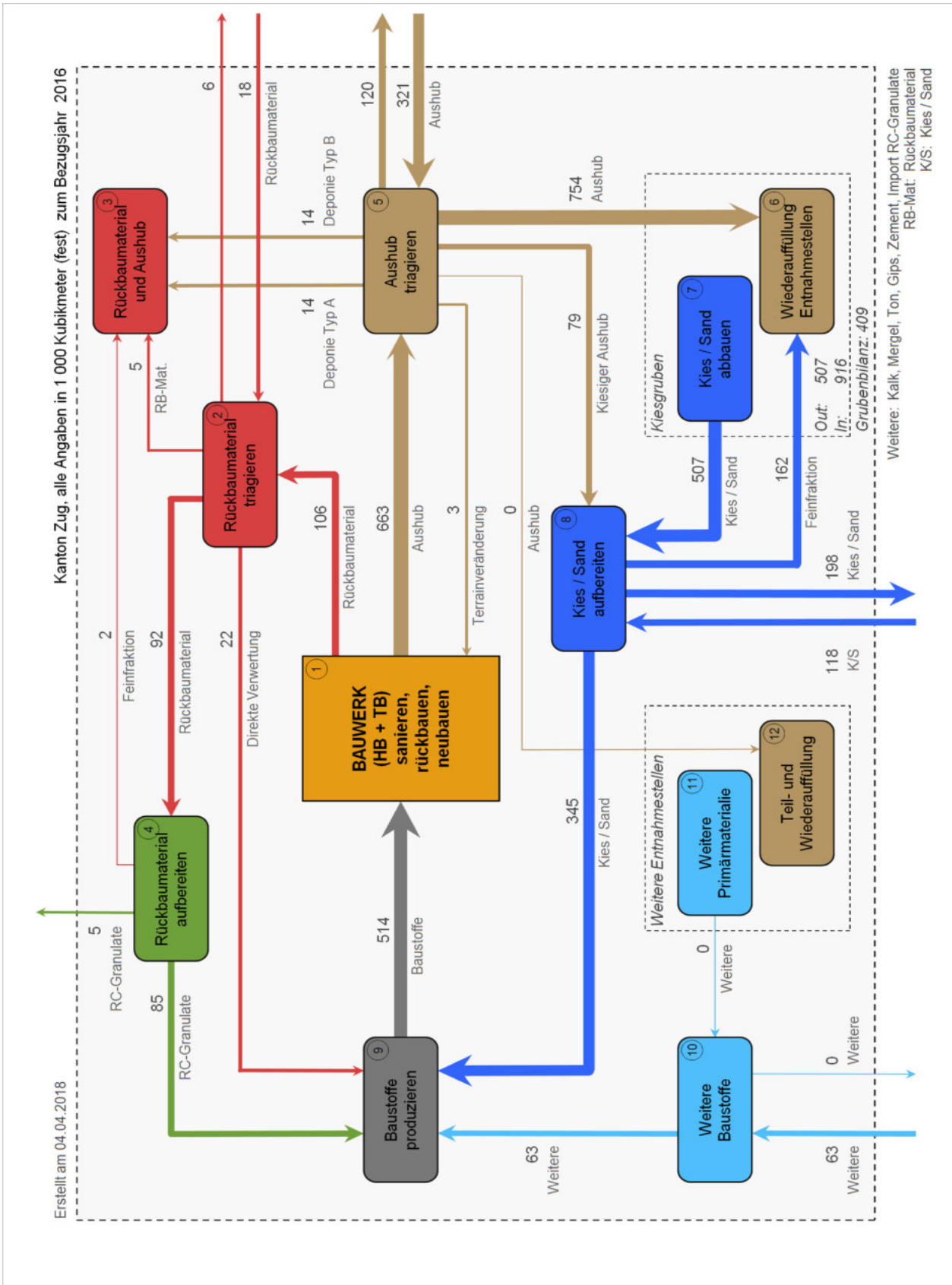


Materialflussschema Kanton Thurgau (Bezugsjahr 2016)



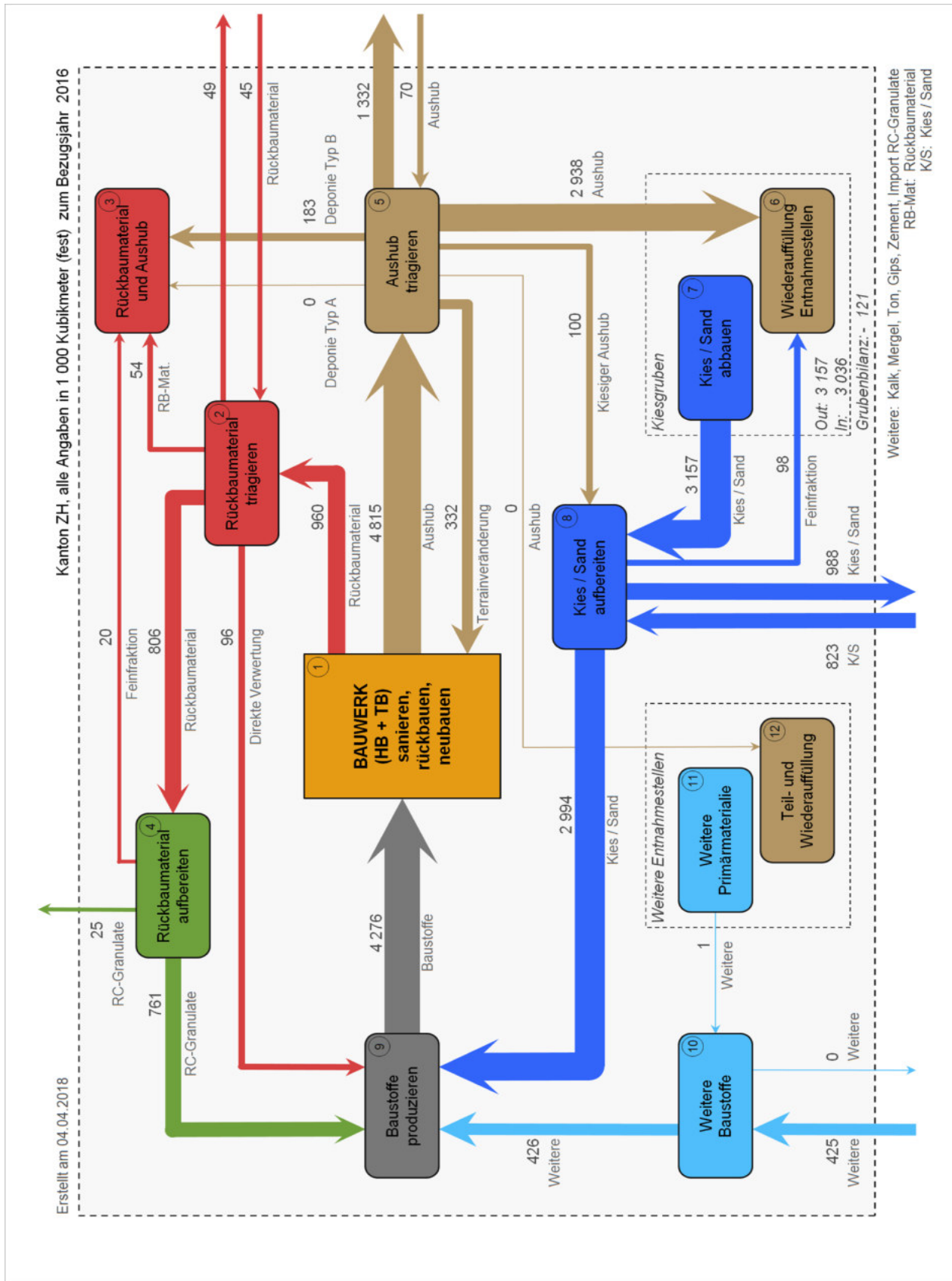


Materialflussschema Kanton Zug (Bezugsjahr 2016)





Materialflussschema Kanton Zürich (Bezugsjahr 2016)





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

Werte nach Ausgleichsrechnung

I-O-Tabelle Kies

RESULTAT SOLVER																Abweichung SOLVER zu Modell	
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		
AG	0	5'200	127'170	0	0	9'750	0	750	121'138	97'468	361'476	37'148	398'624	343'009	55'615	16.2%	
BE	1'201	0	23'752	0	0	165'283	0	0	18'286	0	208'522	13'016	221'538	250'000	28'462	-11.4%	
LU	3'902	25'213	0	0	6'750	10'495	0	57'382	27'428	0	131'169	13'016	144'186	145'000	814	-0.6%	
SG	0	0	0	0	37'314	0	42'726	0	47'091	0	127'131	52'132	179'263	178'493	770	0.4%	
SZ	0	0	6'597	9'013	0	0	0	41'074	19'151	0	75'836	8'843	84'679	85'000	321	-0.4%	
SO	45'000	80'246	21'450	0	0	0	0	0	3'734	60'000	210'430	3	210'433	320'000	109'567	-34.2%	
TG	0	0	0	45'611	0	0	0	0	31'475	0	77'086	3	77'089	80'000	2'911	-3.6%	
ZG	5'579	0	59'242	0	83'738	0	0	0	48'900	0	197'458	438	197'896	212'500	14'604	-6.9%	
ZH	25'520	0	245'880	235'147	13'200	1'043	148'205	14'739	0	0	683'735	304'380	988'115	988'091	24	0.0%	
Total Importe 1	85'104	110'659	484'092	289'771	141'001	190'211	190'931	113'945	317'202	157'468	2'080'384		428'978	2'509'362	2'602'093	220'630	-3.6%
Importe aus EXTERN	143'451	90'792	186'636	392'121	6'001	50'351	279'069	4'500	505'827	1'057'387	2'716'135						
Total Importe 2, SOLVER	228'555	201'451	670'728	681'893	147'003	240'562	470'000	118'445	823'029	1'214'855	4'796'519						
Angaben Importe Total	175'000	200'000	670'100	680'000	155'000	240'000	470'000	118'333	821'877	1'215'000	4'745'310						
Differenz Zeilen	53'555	1'451	628	1'893	7'997	562	0	112	1'152	145	67'494						
Differenz Spalten	55'615	28'462	814	770	321	109'567	2'911	14'604	24	7'542	220'631	288'124	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER				
Abweichung SOLVER zu Modell	30.6%	0.7%	0.1%	0.3%	-5.2%	0.2%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	1.1%						

I-O-Tabelle Aushubmaterial

RESULTAT SOLVER																Abweichung SOLVER zu Modell
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	
AG	0	4'080	51'885	0	0	112'822	3'639	4'881	15'149	73'020	265'477	104'523	370'000	370'000	0	0.0%
BE	1'642	0	22'990	0	0	105'597	180	0	0	0	130'409	143'993	274'402	260'000	14'402	5.5%
LU	31'057	59'999	0	0	214	20'695	0	102'609	3'030	0	217'605	8'001	225'605	190'000	35'605	18.7%
SG	0	0	0	0	5'316	0	67'390	0	3'520	0	76'225	63'774	140'000	140'000	0	0.0%
SZ	8'000	0	13'905	9'587	0	0	8'820	18'678	3'250	0	62'240	4'501	66'741	65'000	1'741	2.7%
SO	10'881	42'102	898	0	0	0	220	0	5'214	75'006	134'301	7'702	142'003	150'000	7'997	-5.3%
TG	0	0	0	102'594	0	0	0	0	17'606	0	120'200	3	120'203	130'000	9'997	-7.5%
ZG	19'615	0	66'592	0	24'000	0	0	0	3'030	0	113'237	6'763	120'000	120'000	0	0.0%
ZH	594'349	23'727	45	86'262	38'652	661	33'883	193'417	0	0	970'997	360'788	1'331'784	1'331'783	1	0.0%
Total Importe 1	721'812	129'909	156'315	198'444	68'182	288'630	114'132	319'585	50'798	148'026	2'195'831	1'875'593	4'071'425	4'041'783	73'858	0.7%
Importe aus EXTERN	0	156'582	6'885	53'236	6'001	1'370	868	997	19'202	0	244'940					
Total Importe 2, SOLVER	721'812	286'490	163'000	251'680	74'183	289'999	115'000	320'581	70'000	148'026	2'440'771					
Angaben Importe Total	721'812	356'422	163'000	251'680	75'000	290'000	115'000	320'582	70'000	25'000	2'388'496					
Differenz Zeilen	0	69'932	0	0	817	1	0	1	0	123'026	193'777					
Differenz Spalten	0	14'402	35'605	0	1'781	7'997	9'797	0	1	4'315	73'855	267'636	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER			
Abweichung SOLVER zu Modell	0.0%	-19.6%	0.0%	0.0%	-1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	492.1%	2.2%					



I-O-Tabelle Rückbaustoffe

RESULTAT SOLVER															Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.		Abweichung SOLVER zu Modell
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		
AG	0	4'725	23'672	0	945	2'481	0	95	4'607	8'358	44'882	3	44'885	50'000	5'116	-10.2%	
BE	236	0	330	0	0	4'134	0	0	307	0	5'008	3	5'010	35'000	29'990	-85.7%	
LU	3'000	700	0	0	700	3'000	0	1'650	3'413	0	12'462	30'875	43'337	40'000	3'337	8.3%	
SG	0	0	0	0	2'835	0	11'520	0	1'536	0	15'891	3	15'893	35'000	19'107	-54.6%	
SZ	0	0	2'475	2'481	0	0	0	9'600	4'607	0	19'163	3	19'165	35'000	15'835	-45.2%	
SO	10'686	12'686	284	0	0	0	0	0	307	4'266	28'228	2	28'230	28'000	230	0.8%	
TG	0	0	0	9'272	0	0	0	0	19'322	0	28'594	7'800	36'394	35'000	1'394	4.0%	
ZG	236	0	1'001	0	2'835	0	0	0	1'536	0	5'608	565	6'173	16'000	9'827	-61.4%	
ZH	5'906	0	16'313	827	2'835	165	16'005	6'600	0	0	48'652	565	49'216	65'000	15'784	-24.3%	
Total Importe 1	20'301	18'111	44'075	12'579	10'150	9'946	27'525	17'944	35'634	12'623	208'888	114'416	323'304	414'000	100'619	-21.9%	
Importe aus EXTERN	236	4'725	143	827	4'725	2'481	945	95	9'000	2'559	25'736						
Total Importe 2, SOLVER	20'537	22'836	44'218	13'406	14'875	12'426	28'470	18'039	44'634	15'183	234'624						
Angaben Importe Total	30'000	40'000	60'000	20'000	40'000	35'000	40'000	20'000	60'000	15'000	360'000						
Differenz Zeilen	9'483	17'164	15'783	6'594	25'125	22'574	11'530	1'961	15'366	183	125'742						
Differenz Spalten	5'116	29'990	3'337	19'107	15'835	230	1'394	9'827	15'784	0	100'619	226'361	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER				
Abweichung SOLVER zu Modell	-31.5%	-42.9%	-26.3%	-33.0%	-62.8%	-64.5%	-28.8%	-9.8%	-25.6%	1.2%	-34.8%						

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