

# **KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Nachführung Bezugsjahr 2022**

**November 2023**

**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, Graubünden, 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),  
Christian Marchesi, Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU),  
Michael Lutz (Dienststelle Umwelt und Energie Kanton Luzern),  
Chasper Gmünder (Amt für Umwelt und Energie Kanton St. Gallen),  
Thilo Art (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),  
Martin Weder, Volker Wetzig (FSKB),  
Gregor Schquanin, Kurt Morgan (arv Baustoffrecycling Schweiz).

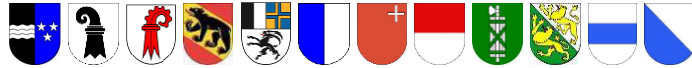
## Bezug

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

Download als pdf über:

Google: KAR-Modell - Modellierung der Bau-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse:  
Nachführung 2022

Zürich, November 2023



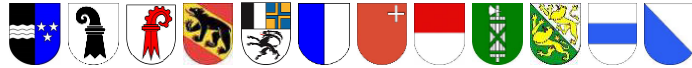
## Zusammenfassung

Obwohl die Bauwirtschaft in den vergangenen Jahren grosse Herausforderungen wie die Covid-Pandemie, den Ukrainekrieg und die damit verbundenen Lieferengpässe sowie ansteigende Zinsen zu bewältigen hatte, bewies sie sich als Stütze der Schweizer Wirtschaft. Die Veränderungen bei der Bautätigkeit, welche einen direkten Einfluss auf die Materialflüsse haben können, war nur marginal. Dennoch dürfte sich in Bezug auf den Einsatz von mineralischen Baustoffen in Zukunft einiges ändern. Der Rückbaumaterialanfall aus dem Bauwerk und die Verwertungsquoten bei der Aufbereitung von Rückbau- und Aushubmaterial werden weiterhin zunehmen, was bedeutet, dass Kies und Sand vermehrt substituiert werden. Ein Hinweis darauf ist, dass in den zwölf Kantonen die Menge an aufbereitetem kiesigem Aushub von 725'000m<sup>3</sup> (2020) auf 891'000 m<sup>3</sup> (2022) angestiegen ist. Zudem werden Innovationen im Bereich des Holzbaus und erhöhte Anforderung bezüglich des CO<sub>2</sub>-reduzierten Bauens dazu führen, dass die Materialintensität im Baubereich reduziert wird.

Die vorliegenden KAR-Modelle (Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialfluss-Modelle) lassen es zu, solche Entwicklungen abzubilden. Mittlerweile führen zwölf Kantone AG, BL+BS (BB), BE, GR, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH in Abständen von jeweils zwei Jahren die KAR-Modellierung durch. Im Rahmen der vorliegenden Aktualisierung des Bezugsjahres 2022 wurden zusätzlich die dynamischen Modelle überarbeitet. Dabei wurden die neuen Bevölkerungsentwicklungsszenarien des Bundesamtes für Statistik für den Zeitraum 2020 – 2050 implementiert (BFS, 2020) und der Endpunkt des Betrachtungszeitraums von 2035 auf das Jahr 2050 verschoben. Zudem wurden für den Zeitraum 2010 - 2019 die erhobenen Daten zur ständigen Wohnbevölkerung eingesetzt. Damit lässt sich die Dynamik der Entwicklung in diesem Zeitraum besser abbilden.

Die Nachführung der statischen Modelle ergab die folgenden Erkenntnisse:

- Autarkiegrad mineralischer Gesteinskörnungen: Die Kantone AG, BE, GR und ZH erreichen Autarkiegrade von über 100%, d.h. diese Kantone können sich mit Gesteinskörnungen selbstversorgen. Demgegenüber bewegen sich die Autarkiegrade in den Kantonen BL+BS, LU, SG, TG und ZG mit 37% – 70% auf deutlich tieferem Niveau. Diese Kantone importieren grosse Mengen an Kies aus dem Ausland oder aus den Nachbarkantonen. In den Kantonen SO und SZ liegen die Autarkiegrade mit Werten von 84% und 93% relativ nahe beim Selbstversorgungsgrad von 100%.
- Autarkiegrad der Aushubentsorgung: Die Kantone BE, SG, SO, TG und ZG erreichen Autarkiegrade von 96% - 109%. In den Kantonen AG und GR liegen diese mit Werten von 142% und 120% deutlich höher. Demgegenüber bewegen sich die Autarkiegrade in den Kantonen BL+BS (38%), SZ (75%), ZH (79%) und LU (89%) auf tieferem Niveau. Diese Kantone exportieren teilweise grosse Mengen an Aushubmaterial in die Nachbarländer (BL+BS) oder in die Nachbarkantone (v.a. ZH).
- In den Kantonen BL+BS liegen somit die Autarkiegrade für die Versorgung mit mineralischer Gesteinskörnung als auch für die Aushubentsorgung mit 37% bzw. 38% sehr tief. Der Grund hierfür ist der intensive Materialaustausch mit Kies- und Betonwerken in Frankreich und Deutschland.
- Die mit den statischen Modellen berechneten Inputflüsse ins Bauwerk und der Aushubanfall aus dem Bauwerk korrespondieren bei allen Kantonen gut mit den im dynamischen Modell

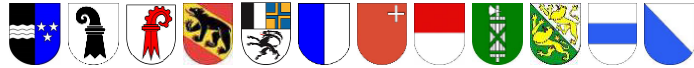


gerechneten Entwicklungen der entsprechenden Materialflüsse überein. Insbesondere die Übereinstimmungen im Zeitfenster 2010 – 2019 sind nun deutlich besser, weil die Daten zur ständigen Wohnbevölkerung in den dynamischen Modellen implementiert wurden.

- 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. Einzig in den Kantonen SG und TG liegt die modellierte Entwicklung des Primärmaterialabbaus etwas über den Einzelwerten. Der Grund hierfür ist, dass die Kiesimporte im Vergleich zu den Anfangsjahren eher höher liegen. Sollte sich dieser Trend fortsetzen, können die Entwicklungen entsprechend angepasst werden.
- Die Entwicklung der kumulierten Differenzen stimmen im überwiegenden Teil der Kantone noch immer gut mit den Werten der Bezugsjahre 2013 – 2016, 2018, 2020 und 2022 überein. Bei den Kantonen AG, BE, GR und ZH bewegen sich die jährlichen Differenzen 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, BE und GR). Andererseits sind es im Kanton Zürich vor allem die massiven Aushubmaterialexporte, welche zu dieser Entwicklung führen.
- Die Entwicklungen der kumulierten Differenz verläuft in den sieben Kantonen (BL+BS, LU, SG, 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. Im Kanton SO bewegt sich die kumulierte Differenz im neutralen Bereich, da sich die Differenz „Ablagerung – Abbau“ manchmal im positiven und dann wieder im negativen Bereich bewegt.

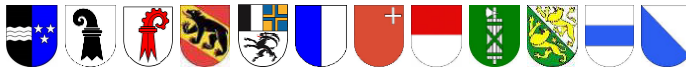
Der Baustoffbedarf sowie der Aushub- und Rückbaumaterialanfall hat sich in den verschiedenen Kantonen uneinheitlich entwickelt. So nahm der Baustoffbedarf im Kanton ZG beispielsweise um über 38% zu, im Kanton Bern ging er jedoch um rund 17% zurück. Auch der Aushubmaterialanfall bewegte sich im Vergleich zum Jahr 2020 in einem Bereich von -29% (BE) und +31% (SO). Über die gesamte Region betrachtet, fallen die Veränderungen jedoch moderater aus. Der Baustoffbedarf in den zwölf Kantonen nahm im Bezugsjahr 2022 um 3.7% ab. Der Aushubanfall hat sich gegenüber 2020 um 8.5% und der Rückbaumaterialanfall hat sich um 4.5% reduziert.

Die Abnahme der drei erwähnten Materialflüsse gegenüber dem Jahr 2020 weisen auf eine leichte Eintrübung der überregionalen Bautätigkeit hin. Eine weitere Erklärung für den Rückgang könnte jedoch auch die Reduktion der Materialintensität sein. Wenn beispielsweise mehr Holz im Bau eingesetzt wird und mehr Ersatzneubauten erstellt werden, dann werden weniger mineralische Baustoffe benötigt. Die vermehrte Erstellung von Ersatzneubauten führt zu einem geringeren Aushubanfall, da die alten Baugruben nur noch erweitert werden müssen. Es wird sich zeigen, ob bzw. inwieweit sich eine Reduktion der Materialintensität in den Materialflüssen widerspiegelt. Die diesbezüglichen Datengrundlagen fehlen im Moment noch.



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG.....</b>	<b>7</b>
1.1 Ausgangslage.....	7
1.2 Zielsetzung .....	8
<b>2. METHODEN.....</b>	<b>8</b>
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
2.5 Neuen Bevölkerungsentwicklungsszenarien im dynamischem Modellteil .....	13
<b>3. RESULTATE.....</b>	<b>14</b>
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 .....	19
3.3 Autarkiegrad bezüglich der Baustoffversorgung und Aushubentsorgung.....	19
3.4 Ausgewählte Materialflüsse auf pro-Kopf-Basis.....	22
3.5 Entwicklung der Materialflüsse bis 2050 .....	25
3.5.1 Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubmaterialanfalls .....	25
3.5.2 Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung.....	27
3.5.3 Kumulierte Differenz zwischen Aushubablagerung und Primärmaterialabbau.....	29
<b>4. DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Gesteinskörnungsbedarf und Verwertung der Rückbaustoffe (RBS) .....	31
4.2 Mineralische Gesteinskörnungen und Aushubentsorgung: Autarkiegrade .....	32
4.3 Schlussfolgerungen.....	33
<b>5. AUSBLICK.....</b>	<b>34</b>
<b>6. LITERATUR.....</b>	<b>35</b>
<b>ANHANG.....</b>	<b>36</b>
A.1. Kurzbeschreibung der Prozesse.....	36
A.2. Beschreibung der Materialflüsse im KAR-Modell.....	37
A.3. Abgelagertes Aushubmaterial aus dem Kanton, importiertes Aushubmaterial und Material in Terrainanpassungen .....	38
A.4. Materialflussschemen der einzelnen Kantone .....	39
A.5 Input-Output-Tabellen für Kies, Aushub- und Rückbaumaterial.....	45



## Glossar

BFS	Bundesamt für Statistik
BB	Beide Basel: Die beiden Kantone führen gemeinsam <u>ein</u> Modell.
KAR-Modell	Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialfluss-Modell
MFA	Materialflussanalyse
m <sup>3</sup>	Kubikmeter: Alle Angaben in m <sup>3</sup> beziehen sich auf das Festmass!
Primärmaterialabbau	Umfasst den Abbau der mineralischen Rohstoffe Kies/Sand, Kalk, Mergel, Gestein und Tonmineralien.
RC	Recycling
RBM bzw. RBS	Rückbaumaterial bzw. 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 <b>«Aushub»</b> 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.
Materialintensität	Materialverbrauch pro umgesetzter Franken an Bauinvestitionen im Hoch- und Tiefbau.
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 Kantone Aargau, beide Basel, Bern, Graubünden, Luzern, St.Gallen, Solothurn, Schwyz, Thurgau, Zug und Zürich lassen im Turnus von zwei Jahren die Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse (KAR-Materialflüsse) auf Basis der Angaben der Kantone modellieren. Die Resultate aus den Modellierungen beziehen sich im vorliegenden Bericht auf das Jahr 2022 (statischer Modellteil). Der dynamische Modellteil basiert neu auf der Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahr 2050. Die Modellierung der Entwicklungsszenarien ermöglicht Aussagen zur künftigen Entwicklung der KAR-Materialflüsse. Auf Basis dieser Resultate können frühzeitig Massnahmen zum Materialmanagement und zur Planung von Deponie- und Verwertungs-kapazitäten in den einzelnen Kantonen definiert werden.

Das Modell wird ständig aktualisiert. In der Tabelle 1 sind zur Übersicht die Modellentwicklungsschritte, die Aktualisierungen sowie die an den Modellierungen beteiligten Kantone aufgeführt.

Tabelle 1: Modellentwicklungsschritte sowie die jeweils an den Modellierungen 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
Version 5	- Integration der Bevölkerungsentwicklung (BFS, 2020) neu bis zum Jahr 2050 (bisher bis 2035).	2022	AG, BE, BL, BS, LU, SO, SG, SZ, TG, ZG, ZH GR (ab 2022)	Rubli, 2023 (vorliegender Bericht)



## 1.2 Zielsetzung

Anhand der in regelmässigen Abständen durchgeführten Modellierungen wird überprüft, ob beziehungsweise wie gut die modellierten Materialflüsse mit den erhobenen Materialflüssen übereinstimmen. Grosse Veränderungen einzelner Materialflüsse zu den Vorjahren fallen somit auf. Dies ermöglicht die Validierung der Materialflüsse bzw. der erhobenen Daten. Auf Basis der Resultate aus den statischen Modellen können bei Bedarf Anpassungen in den dynamischen Modellteilen vorgenommen werden. Auf diese Weise wird es möglich, die langfristige Entwicklung der Materialflüsse auf Kantonebene mit ausreichender Aussagekraft zu prognostizieren. Ein weiteres wichtiges Ziel des gemeinsam durchgeführten Projekts ist die Abschätzung der kantonsübergreifenden Materialflüsse mit Hilfe der Input-Output-Analyse und Ausgleichsrechnungen. Nur so sind überregionale Planungen möglich.

## 2. Methoden

Die methodischen Grundlagen und der Aufbau des Modells (statischer und dynamischer Teil) sind in vorangegangenen Berichten ausführlich beschrieben (Rubli, 2012 - 2022). In den statischen Modellteilen wurden keine methodischen Änderungen vorgenommen. Im dynamischen Modellteil wurden die neuen Bevölkerungsentwicklungsszenarien bis 2050 implementiert.

### 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.

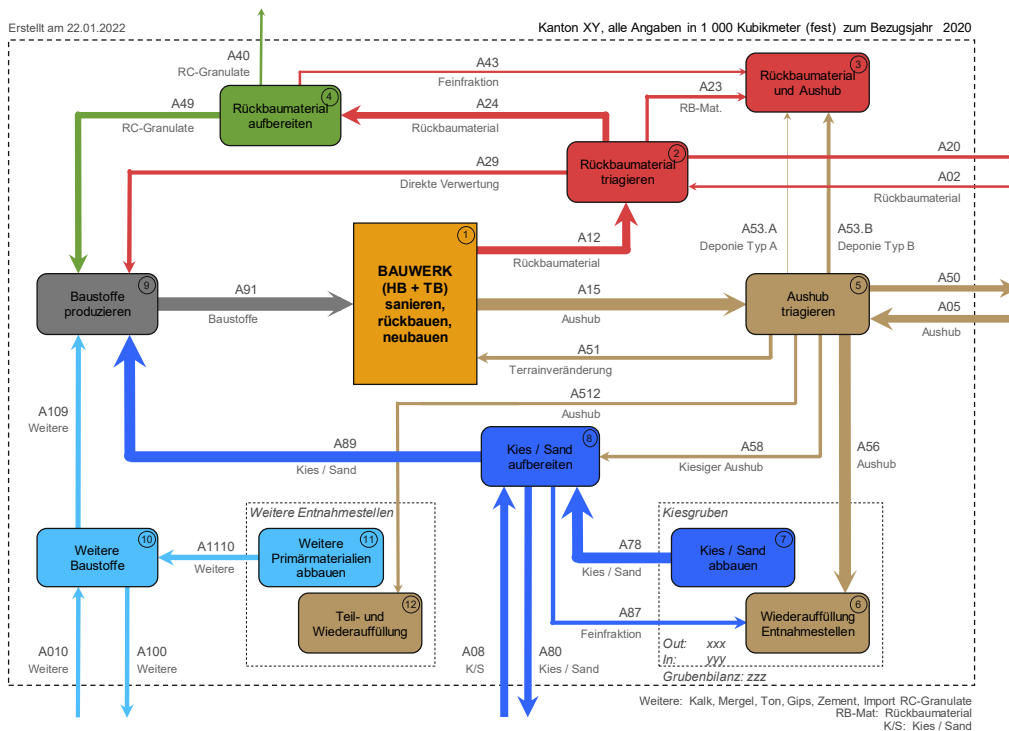
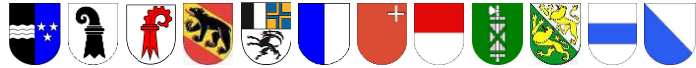


Abbildung 1: Beispiel des Materialflussschemas eines Kantons mit Bezeichnung der Materialflüsse. Beispiel: Der Materialfluss vom Prozess Nummer 9 «Baustoff produzieren» in den Prozess Nummer 1 «Bauwerk» wird als Fluss «A91» bezeichnet (Materialfluss von Prozess Nr. 9 in Prozess Nr. 1).





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).

## 2.2 Modellierung der Materialflüsse

Die Modellierung mit den statischen Modellen erfolgt mittels eines iterativen Vorgehens. Dabei werden die Modellparameter so gesetzt, dass eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen modellierten und erhobenen Materialflüssen erreicht wird. Die Abweichung zwischen erhobenen und modellierten Materialflüssen wird in einer Tabelle angegeben (siehe Beispiel in Tabelle 2, Beispiel Kanton Graubünden 2022). 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 ausfallen.

Die grosse Abweichung beim Materialfluss A100 ist deshalb so gross, weil im Kanton Graubünden ein Zementwerk betrieben wird und das ausgeschiedene geogene CO<sub>2</sub> im Materialfluss A100 enthalten ist. Bei den Angaben des Kantons «Daten» handelt es sich jedoch um den Zementexport. Die Differenz der beiden Werte entspricht daher in etwa dem geogenen CO<sub>2</sub>-Ausstoss aus der Zementproduktion. Bei der Modellierung müssen deshalb die verschiedenen regionalen Gegebenheiten berücksichtigt werden, was entsprechende Kenntnisse verlangt. Nur so können die Resultate interpretiert und die Modelle korrekt erstellt werden.

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 1000m3 (fest)	Daten 1000m3 (fest)	Abweichung = (Modell / Daten) - 1	
A23 + A43	RB-Material und Feinfraktion	14	12	17%	Modell grösser als Daten
A24	Rückbaumaterial	185	185	0%	Modell grösser als Daten
A29	Direkte Verwertung	38	0	na	
A43	Feinfraktion	8	0	na	
A49	RC-Granulate	174	214	-19%	Modell kleiner als Daten
A51	Terrainveränderung	35	0	na	
A53.A	Deponie Typ A	367	367	0%	Modell grösser als Daten
A53.B	Deponie Typ B	72	72	0%	Modell grösser als Daten
A56	Aushub	258	254	1%	Modell grösser als Daten
A58	Kiesiger Aushub	16	16	-1%	Modell kleiner als Daten
A512	Aushub	0	0	na	
A78	Kies / Sand	691	693	0%	Modell kleiner als Daten
A86	Feinfraktion	14	0	na	
A89	Kies / Sand	662	0	na	
A91	Baustoffe	955	0	na	
A1110	Weitere	357	359	0%	Modell kleiner als Daten
A100	Weitere	296	183	61%	Modell grösser als Daten
A010	Weitere	20	0	na	

na: not available

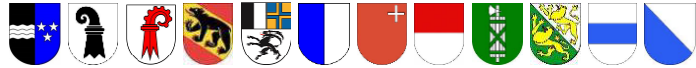


### 2.3 Relevante Materialflüsse für die Modellierung

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 relevanten Modellparameter des Moduls BAUWERK für das Bezugsjahr 2022 und für die Jahre 2018 und 2020 aufgeführt. Die Veränderungen gegenüber den Vorjahren fallen uneinheitlich aus. In den Kantonen AG, beide Basel, GR, SO und ZG sind die geschätzten Neubauraten im Jahr 2022 gegenüber 2020 leicht bis erheblich angestiegen. Im Kanton Zug hat die Bautätigkeit gegenüber 2020 stark zugenommen. Da es sich um einen kleinen Kanton handelt, können schon wenige zusätzliche Hochbauprojekte zu starken Veränderungen bei den Neubauraten führen. In den anderen Kantonen ging die Neubautätigkeit meistens nur leicht zurück. Eine Ausnahme bildet der Kanton Bern. Hier nahm die Neubautätigkeit stark ab. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Datengrundlagen, auf denen die Materialflüsse ins und aus dem Bauwerk modelliert werden (Kiesabbau, Aushubablagerung, Importe und Exporte), für das Bezugsjahr 2022 unvollständig waren. Es wurde hier erstmals mit den Daten aus eGov gearbeitet. Möglicherweise wurden im Jahr 2022 noch nicht alle Betriebe erfasst. Auch in anderen Kantonen gab es teilweise erhebliche Veränderungen bei einzelnen Materialflüssen im Vergleich zu den Vorjahren, welche möglicherweise ebenfalls auf die Erfassung mittels eGov zurückzuführen sind. Es wird sich in den kommenden Jahren zeigen, ob es sich beim Bezugsjahr 2022 um einen «Übergangseffekt» bei der Datenerfassung handelt. Über die gesamte Region (exkl. Graubünden) haben sich die Neubauraten nur geringfügig verändert. Die Neubauraten beim «Wohnen» ist von 1.68% (2020) auf 1.64% (2022) zurückgegangen. Beim «Nichtwohnen» ist sie hingegen von 1.54% auf 1.59% angestiegen. Somit hat sich die Bautätigkeit in der Gesamtregion gegenüber 2020 wenig verändert.

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	BB	BE	BE	BE	GR	GR	LU	LU	LU	SG	SG	SG	SO	SO	SO	SZ	SZ	SZ	TG	TG	TG	ZG	ZG	ZG	ZH	ZH	ZH
	2018	2020	2022	2018	2020	2022	2018	2020	2022	2018	2020	2018	2020	2022	2018	2020	2022	2018	2020	2022	2018	2020	2022	2018	2020	2022	2018	2020	2022	2018	2020	2022
<b>Veränderung Hochbau (Gebäude)</b>																																
Wohnen (EFH und MFH)																																
Neubaurate in % des Bestandes	2.35	1.93	1.81	1.29	1.43	1.54	1.33	1.33	0.88	0.56	0.71	1.75	1.84	1.79	2.00	2.08	1.74	1.52	1.38	1.48	1.69	1.65	1.58	1.75	1.62	1.49	2.25	1.85	2.57	1.68	1.71	1.51
Sanierungsrate in % des Bestandes	4.25	3.60	3.95	3.50	4.20	4.10	4.85	4.55	4.87	3.85	3.68	4.80	4.55	4.14	4.28	4.85	4.64	4.75	4.50	5.57	5.00	4.85	4.72	4.60	4.60	4.95	4.80	4.80	4.80	5.05	5.05	4.85
Rückbaurate in % des Bestandes	0.16	0.11	0.09	0.14	0.26	0.21	0.34	0.32	0.21	0.05	0.02	0.42	0.22	0.21	0.18	0.37	0.35	0.17	0.22	0.42	0.67	0.54	0.23	0.33	0.31	0.35	0.36	0.45	0.44	0.35	0.32	0.21
Nicht-Wohnen (restliche)																																
Neubaurate in % des Bestandes	2.15	1.86	1.67	1.40	1.40	1.49	1.30	1.30	0.85	0.57	0.76	1.72	1.72	1.72	1.93	1.86	1.62	1.33	1.25	1.42	1.45	1.50	1.48	1.61	1.30	1.22	2.31	1.75	2.75	1.35	1.50	1.68
Sanierungsrate in % des Bestandes	7.05	6.20	5.25	3.00	6.80	6.55	7.40	6.80	6.79	4.85	4.82	7.90	6.20	5.75	6.35	6.80	6.25	6.53	6.12	7.50	7.50	7.50	6.35	7.80	6.20	6.20	7.20	7.80	7.10	6.80	5.50	5.12
Rückbaurate in % des Bestandes	0.13	0.09	0.08	0.14	0.23	0.22	0.35	0.32	0.19	0.08	0.03	0.46	0.17	0.17	0.20	0.35	0.35	0.18	0.18	0.36	0.63	0.46	0.22	0.25	0.21	0.36	0.31	0.40	0.42	0.34	0.21	0.16
<b>Veränderung Tiefbau (Infrastruktur)</b>																																
Erneuerungsraten																																
Kies/Sand in % des Bestandes	0.20	0.55	0.55	0.50	0.40	0.54	0.26	0.29	0.29	0.44	0.24	0.15	0.60	0.54	0.70	0.65	0.65	0.53	0.45	0.50	0.50	0.50	0.52	0.20	0.20	0.20	0.60	0.60	0.60	0.45	0.45	0.51
Belag in % des Bestandes	1.20	1.20	1.20	1.60	1.50	1.50	1.60	1.80	1.80	1.80	1.25	1.50	1.20	1.20	1.40	1.40	1.40	1.50	1.10	1.50	1.80	1.80	1.10	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	0.80	0.55	0.55	0.70	0.50	0.50	0.32	0.32	0.80	1.00	0.50	0.49	0.49	0.49	0.53	0.45	0.35	0.40	0.40	0.45	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	0.90	0.95	0.80	0.80	0.96	0.96	0.50	0.50	0.50	0.96	0.96	0.96	0.90	1.00	0.80	0.80	0.80	1.00	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	1.50	1.60	1.60	1.60	1.56	1.25	1.53	1.45	1.45	1.56	1.56	1.56	1.55	1.55	1.53	1.53	1.53	1.55	1.65	1.65	1.65	1.35	1.35	1.35	1.53	1.53	1.53
Neubaura Neubaurate in % des Bestandes	1.75	1.75	1.75	1.65	0.65	0.68	1.06	1.02	0.96	0.75	0.89	1.50	1.62	1.15	1.44	1.23	1.14	0.66	0.60	0.88	0.91	0.92	0.86	0.85	0.84	0.65	1.03	0.90	1.35	1.28	1.00	1.48
<b>Grossprojekte</b>																																
Anfall Aushub in 1000m <sup>3</sup> fest	-	-	-	-	-	-	260	365	350	-	-	-	-	-	125	125	-	-	-	-	11	-	-	-	-	70	100	147	550	350	-	

Mit Hilfe der Parameter in der Tabelle 4 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 sind die Modellparameter, welche im Modul STOFFFLUSSANALYSE verwendet werden, aufgeführt. Die aufgeführten Importe und Exporte basieren auf Angaben der Kantone und weiteren Abschätzungen und 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



0.865 Mio. Kubikmetern Festmass in die umliegenden Kantone, was deutlich weniger war als im Jahr 2020 (1.2 Mio. m<sup>3</sup>). Der Grund für diese Abnahme dürfte der Wegfall von Grossprojekten, wie der Tunnelausbruch «Gubrist» sein. Der Kanton Aargau importierte hingegen unverändert 1.1 Mio. Kubikmeter aus den Nachbarkantonen, wobei der grösste Teil davon aus dem Kanton Zürich stammte. Die Kantone Aargau (0.97 Mio. m<sup>3</sup>), Bern (0.57 Mio. m<sup>3</sup>) und Graubünden (0.30 Mio. m<sup>3</sup>) exportieren grosse Mengen an weiteren primären Baustoffen. Es handelt sich dabei vor allem um Kalk-/Mergelgestein bzw. um Zement und im geringeren Umfang um Felsgesteine sowie Backsteine.

Die Importe und Exporte von Rückbaumaterialien bewegen sich im Vergleich zu den anderen Materialflüssen auf deutlich tieferem Niveau. Hier ist zu bemerken, dass es sich hier meistens um sehr grobe Abschätzungen handelt, da die entsprechenden Datengrundlagen oftmals nicht vorhanden sind.

Beim Vergleich der eingesetzten Verwertungsanteile (siehe Definition unterhalb Tabelle 5) fällt auf, dass diese mit Ausnahme des Mischabbruchs nicht stark voneinander abweichen. Diese liegen beim Betonabbruch, Strassenaufbruch und Ausbauasphalt im Bereich von 90 - 100%. Beim Mischabbruch liegen die Verwertungsanteile in den Kantonen BL+BS, BE, LU und SO 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 2022 eingesetzt wurden, um die Materialflüsse im System zu modellieren.

		Einheit	AG	BB	BE	GR	LU	SG	SZ	SO	TG	ZG	ZH	
Importe	A02	Import Rückbaumaterial (in Triage)	m <sup>3</sup> fest	18'394	48'014	4'659	250	55'044	15'175	6'094	5'024	16'000	1'501	17'176
	A05	Import Aushub	m <sup>3</sup> fest	1'108'816	15'715	379'442	139'670	129'517	217'882	54'626	284'336	120'945	176'589	131'253
	A08	Import Kies / Sand	m <sup>3</sup> fest	253'869	665'049	24'327	31'000	583'305	665'000	110'001	216'382	371'000	333'327	473'588
	A010	Import weitere Baustoffe	m <sup>3</sup> fest	75'000	145'000	15'000	20'000	161'000	72'000	50'000	95'000	56'000	68'500	415'000
Exporte	A20	Export Rückbaumaterial	m <sup>3</sup> fest	34'606	139'738	13'488	21'800	18'338	11'849	18'138	18'833	10'063	8'144	45'001
	A40	Export RC-Granulate (aufbereitet)	m <sup>3</sup> fest	15'000	5'000	5'000	2'000	32'000	27'000	13'000	10'000	15'000	14'000	25'000
	A50	Export Aushub	m <sup>3</sup> fest	248'586	476'315	190'405	14'133	294'859	152'447	163'136	206'292	99'992	201'392	865'251
	A80	Export Kies / Sand	m <sup>3</sup> fest	369'316	9'241	414'913	61'727	209'999	103'911	74'999	79'351	58'000	128'008	683'520
	A100	Export weitere Baustoffe	m <sup>3</sup> fest	970'000	27'000	565'000	296'000	61'000	135'000	87'000	96'000	72'000	-	-
Innere Flüsse	A24	Rückbaumaterial in Aufbereitung (geschätzter Verwertungsanteil der Materialfraktionen); setzt sich zusammen aus:												
		Betonabbruch: Verwertungsanteil in % (1)	%	98	95	95	98	98	98	98	91	95	98	98
		Mischabbruch: Verwertungsanteil in % (1)	%	91	50	42	92	45	90	96	67	85	98	93
		Strassenaufbruch: Verwertungsanteil in % (1)	%	97	92	90	99	90	95	99	95	95	100	95
		Ausbauasphalt: Verwertungsanteil in % (1)	%	98	95	95	99	90	97	99	98	95	98	98
	A29	Direkte Verwertung (nur Tiefbau)	%	50	40	30	32	40	30	40	39	36	45	27
	A43	Anteil Feinfraktion bzgl. Input in Bauschutttaufbereitung	%	0.5	7.0	2.3	4.5	1.0	4.5	2.0	6.0	6.0	-	1.0
	A49	Aufbereitete RC-Baustoffe für Bauwerk	m <sup>3</sup> fest	Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.										
	A51	Anteil für Terrainanpassung bzgl. Aushubanfall aus Bauwerk	%	1.5	1.3	4.3	5.7	3.0	6.2	5.2	2.0	11.4	0.5	6.1
	A56	Ablagerung Aushub	m <sup>3</sup> fest	Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.										
	A58	Anteil kiesiger Aushub in Aufbereitung bzgl. Aushubanfall	%	5.5	9.7	4.0	2.5	7.0	8.9	5.7	4.7	10.8	4.6	3.4
	A78	Abbau Kies / Sand	m <sup>3</sup> fest	Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.										
	A86	Anteil Feinfraktion aus Kiesaufbereitung	%	1.1	7.0	3.0	2.0	9.6	2.6	6.0	5.0	1.7	27.6	5.0
A53.A	Aushub auf Typ A	m <sup>3</sup> fest	475'000	-	99'000	367'000	628'000	224'000	79'000	-	348'000	-	-	
A53.B	Aushub auf Typ B	m <sup>3</sup> fest	46'000	114'000	374'000	72'000	145'000	83'000	8'229	81'000	128'000	-	165'000	
A512	Aushub in weitere Abbaustellen	m <sup>3</sup> fest	58'000	20'700	18'000	-	-	36'000	68'000	34'000	2'000	-	-	

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

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

## 2.5 Neue Bevölkerungsentwicklungsszenarien im dynamischem Modellteil

Das Bundesamt für Statistik hat im Jahr 2020 neue Bevölkerungsentwicklungsszenarien für den Zeitraum 2020 – 2050 publiziert (BFS, 2020). Diese wurden nun in den dynamischen Modellteil implementiert. Gleichzeitig wurde der Endpunkt des Betrachtungszeitraums von 2035 auf das Jahr 2050 verschoben, was eine entsprechende Anpassung im Modell bedingte. Für den Kanton Zürich wurden die Daten des Szenarios «Trend» (Statistik Zürich) anstatt des Szenarios «Referenz» verwendet. Zudem wurden für den Zeitraum 2010 - 2019 die erhobenen Daten zur ständigen Wohnbevölkerung eingesetzt. Damit kann die Dynamik der Entwicklung in diesem Zeitraum besser abgebildet werden.

In der Abbildung 2 ist die indexierte Bevölkerungsentwicklung für den Zeitraum 2020 bis 2050 für das Szenario «Referenz» bzw. «Trend ZH» (linke Grafik) und das Szenario «Hoch» (rechte Grafik) dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich die Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung stark voneinander unterscheiden. So nimmt die Bevölkerung in den Kantonen AG und ZG gemäss Szenario «Referenz» bis zum Jahr 2050 um rund 30% zu. Im Gegensatz dazu nimmt diese im Kanton Graubünden leicht ab. Sollte das Szenario «Hoch» eintreten, dann ist in allen Kantonen mit einer Zunahme der Bevölkerung zu rechnen. Insgesamt nimmt die Bevölkerung in diesem Szenario im Vergleich zum Szenario «Referenz» in allen Kantonen um 10 – 15% stärker zu. Zudem ist das Wachstum etwas linearer, was bedeutet, dass der jährliche Baustoffbedarf und der Aushubanfall in den dynamischen Modellen in etwa gleich hoch wären. In den Referenzszenarien nimmt das Wachstum vor allem ab ca. dem Jahr 2030 ab, was bedeutet, dass auch der jährliche Baustoffbedarf und Aushubanfall abnehmen würde.

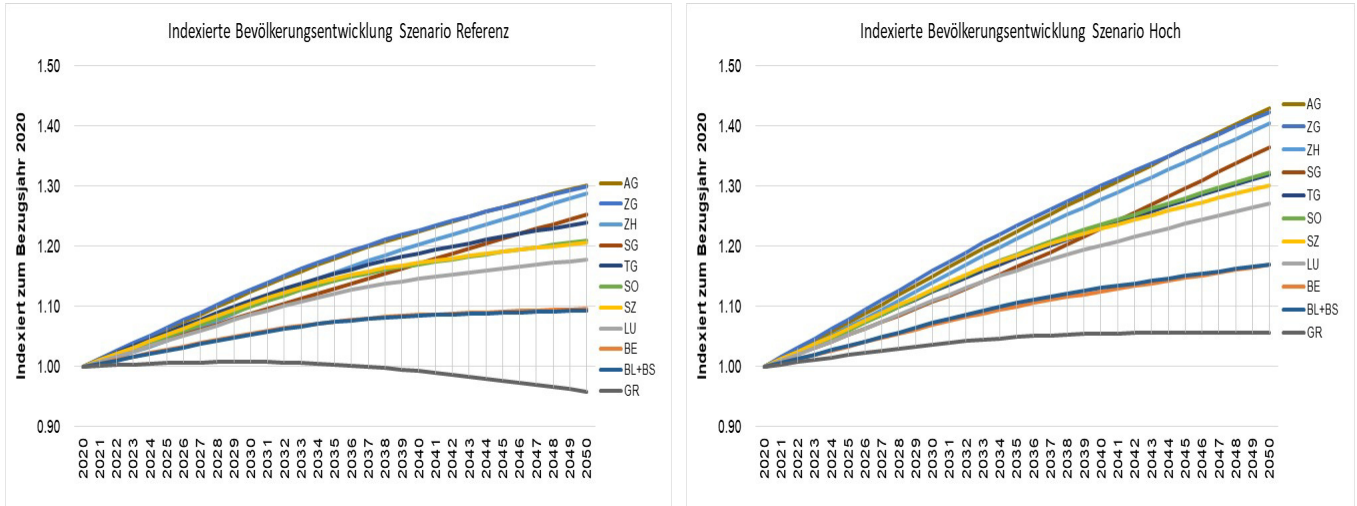
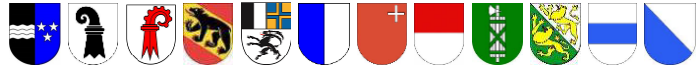


Abbildung 2: Indexierte Bevölkerungsentwicklung für den Zeitraum 2020 bis 2050 für das Szenario «Referenz» bzw. «Trend ZH» (linke Grafik) und das Szenario «Hoch» (rechte Grafik).

Im Resultatteil werden die auf beiden Bevölkerungsentwicklungsszenarien basierenden Entwicklungen der Materialflüsse dargestellt.



### 3. Resultate

Nachfolgend werden die Resultate aus den Modellierungen als Quervergleiche zwischen den Kantonen präsentiert. Im Fokus stehen dabei vor allem die über- bzw. interregionalen Aspekte. Die Resultate aus den Modellierungen der Materialflüsse der einzelnen Kantone für das Bezugsjahr 2022 sind im Anhang 1A.4 zu finden. Die Resultate aus den dynamischen Modellierungen werden im Kapitel 3.5 thematisiert. Jeder Kanton verfügt zudem über die Resultate mit sämtlichen relevanten Informationen in Form von Excel-Tabellen und Grafiken.

#### 3.1 Baustoffbedarf, Aushub- und Rückbaumaterialanfall

In einem Drittel der betrachteten Kantone ist eine Zunahme des Baustoffbedarfs gegenüber 2020 zu verzeichnen (BB, GR, SZ und ZG), wobei vor allem die Zunahme im Kanton Zug mit einem Plus von 38.4% auffällt (Tabelle 6). Aufgrund der geringen Fläche des Kantons können schon wenige grosse Hoch- oder Tiefbauprojekte einen wesentlichen Einfluss auf die jährliche Veränderung des Baustoffbedarfs haben. Auch der Rückbaumaterialanfall hat in diesem Kanton gegenüber 2020 um 16.4% zugenommen. Der Aushubanfall ist hingegen etwas zurückgegangen. Auch im Kanton Solothurn sind bei allen betrachteten Materialflüssen erhebliche Anstiege zu verzeichnen. In den Kantonen AG, BE, LU und SG reduzierte sich der Baustoffbedarf teilweise geringfügig um 3.7% (AG) bis markant 10.7% (LU) und 12.4% (SG).

Über die gesamte Region bezogen, resultiert eine Abnahme des Baustoffbedarfs von 3.7%, was einer Reduktion von rund 690'000 m<sup>3</sup> (fest) entspricht. Insgesamt lag der Baustoffbedarf der gesamten Region bei knapp 18.3 Mio. m<sup>3</sup> (fest).

Tabelle 6: Modellierter Baustoffbedarf (inkl. Rückbaustoffe), Aushub- und Rückbaumaterialanfall in den verschiedenen Kantonen und der gesamten Region in den Jahren 2020 und 2022, sowie die prozentuale Zu-/Abnahme im Vergleich zum Vorjahr. Angaben in 1'000m<sup>3</sup> fest.

Kanton	Baustoffbedarf in 1000 m <sup>3</sup> fest		Abweich. zu 2020 in %	Aushubanfall in 1000 m <sup>3</sup> fest		Abweich. zu 2020 in %	Rückbaumaterialanf. in 1000 m <sup>3</sup> fest		Abweich. zu 2020 in %
	2020	2022		2020	2022		2020	2022	
AG	2'945	2'837	-3.7	2'167	2'034	-6.1	505	492	-2.6
BB	1'149	1'220	6.2	932	741	-20.5	333	342	2.9
BE	3'370	2'783	-17.4	3'107	2'216	-28.7	1016	905	-10.9
GR	908	955	5.2	524	622	18.7	332	250	-24.8
LU	1'595	1'425	-10.7	1'054	1'440	36.5	375	339	-9.7
SG	1'979	1'734	-12.4	1'590	1'210	-23.9	488	467	-4.2
SO	794	959	20.7	657	863	31.5	254	287	12.6
SZ	553	563	1.9	506	482	-4.7	194	227	17.1
TG	950	922	-2.9	853	970	13.7	249	281	12.6
ZG	438	606	38.4	609	568	-6.7	136	158	16.4
ZH	4'271	4'256	-0.4	3'985	3'473	-12.9	1090	1'002	-8.1
<b>Total</b>	<b>18'953</b>	<b>18'261</b>	<b>-3.7</b>	<b>15'953</b>	<b>14'618</b>	<b>-8.5</b>	<b>4971</b>	<b>4'749</b>	<b>-4.5</b>

Auffallend sind die grossen Unterschiede beim Aushubanfall. Entweder sind markante Zunahmen zu verzeichnen, wie beispielsweise in den Kantonen Luzern (36.5%) und Solothurn (31.5%) oder aber erhebliche Abnahmen wie in den Kantonen (BB: -20.5%, BE: -28.7% und SG: -23.9%).



Neben Veränderungen bei den Importen und Exporten könnte auch die Umstellung der Datenerhebungen (eGov) für die grossen Veränderungen verantwortlich sein (siehe auch Kommentare im Kapitel 2.4). Der Aushubanfall in der gesamten Region nahm gegenüber 2020 um 8.5% ab und lag für die gesamte Region noch bei rund 14.6 Mio. m<sup>3</sup> (fest).

Der Rückbaumaterialanfall hat in den Kantonen BB (+2.9%), SO (+12.6%), SZ (+17.1%); TG (+12.6) und ZG (+16.4%) geringfügig bis stark zugenommen. Im Kanton Graubünden ist der Rückgang mit -24.8% hingegen am grössten. Über die gesamte Region betrachtet, resultiert eine Abnahme des Rückbaumaterialanfalls von 4.5%. Die rund 4.75% Mio. m<sup>3</sup> Rückbaumaterialien entsprechen rund 26% des Baustoffbedarfs. Dies bedeutet, dass bei einer nahezu vollständigen Verwertung der Rückbaumaterialien ein Viertel des Baustoffbedarfs in der gesamten Region mit Rückbaustoffen gedeckt werden könnte.

Wie die Auswertung zeigt, sind über die gesamte Region betrachtet, die drei Materialflüsse leicht zurückgegangen, was auf eine etwas geringere Bautätigkeit im Vergleich zum Jahr 2020 hindeutet. Eventuell hat sich aber auch die Materialintensität etwas verringert.

### 3.2 Materialflüsse über die Kantonsgrenzen

In den Abbildungen 3 bis 5 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

Der intensive Austausch von Kies sowohl zwischen den Kantonen als auch über die Grenzen der Region hinaus findet nach wie vor statt (Abbildung 3). Die gesamte Region importierte im Jahr 2022 etwas mehr als 1.8 Mio. m<sup>3</sup> und exportierte knapp 0.3 Mio. m<sup>3</sup> Kies. Die grenznahen Kantone (AG, BL+BS, SG, TG und ZH) importierten zusammen Kies im Umfang von 1.66 Mio. m<sup>3</sup> aus den Nachbarländern Frankreich, Deutschland und Österreich. Die grössten Nettoimporteure innerhalb der Region sind die Kantone BL+BS (BB) (656'000 m<sup>3</sup>; 2020: 690'000 m<sup>3</sup>), Thurgau (rund 313'000 m<sup>3</sup>; 2020: 385'000 m<sup>3</sup>) St. Gallen, (561'000 m<sup>3</sup>; 2020: 651'000 m<sup>3</sup>) und der Kanton Luzern (373'000 m<sup>3</sup>; 2020: 454'000 m<sup>3</sup>). Auch die Kantone Zug und Solothurn importierten im Jahr 2022 auf Nettobasis rund 205'000 m<sup>3</sup> (ZG) bzw. 137'000 m<sup>3</sup> (SO) Kies aus den Nachbar-kantonen. Die Kantone BE (+391'000 m<sup>3</sup>), AG (+115'000 m<sup>3</sup>) und ZH (+210'000 m<sup>3</sup>) haben netto erhebliche Mengen an Kies exportiert. Bei den Kantonen SZ und GR sind diese Bilanzen beinahe ausgeglichen.

#### 3.2.2 Aushubmaterialflüsse über die Kantonsgrenzen

Die Aushubbilanz über die gesamte Region ist relativ ausgeglichen (Abbildung 4). Insgesamt wurden netto nur rund 160'000 m<sup>3</sup> (2020: 180'000 m<sup>3</sup>) Aushub exportiert. Die beiden Basel exportierten mit netto knapp 460'000 m<sup>3</sup> die grössten Aushubmengen in die Nachbarregionen bzw. nach Frankreich. Ansonsten sind die Import- und Exportflüsse wie in der Vergangenheit durch den Kanton Zürich geprägt. Dieser exportierte netto rund 0.73 Mio. m<sup>3</sup> (2020: 1 Mio. m<sup>3</sup>) Aushubmaterial in die umliegenden Kantone. Rund 72% oder 627'000 m<sup>3</sup> des exportierten Aushubmaterials (0.866 Mio. m<sup>3</sup>) gelangten in den Kanton Aargau.

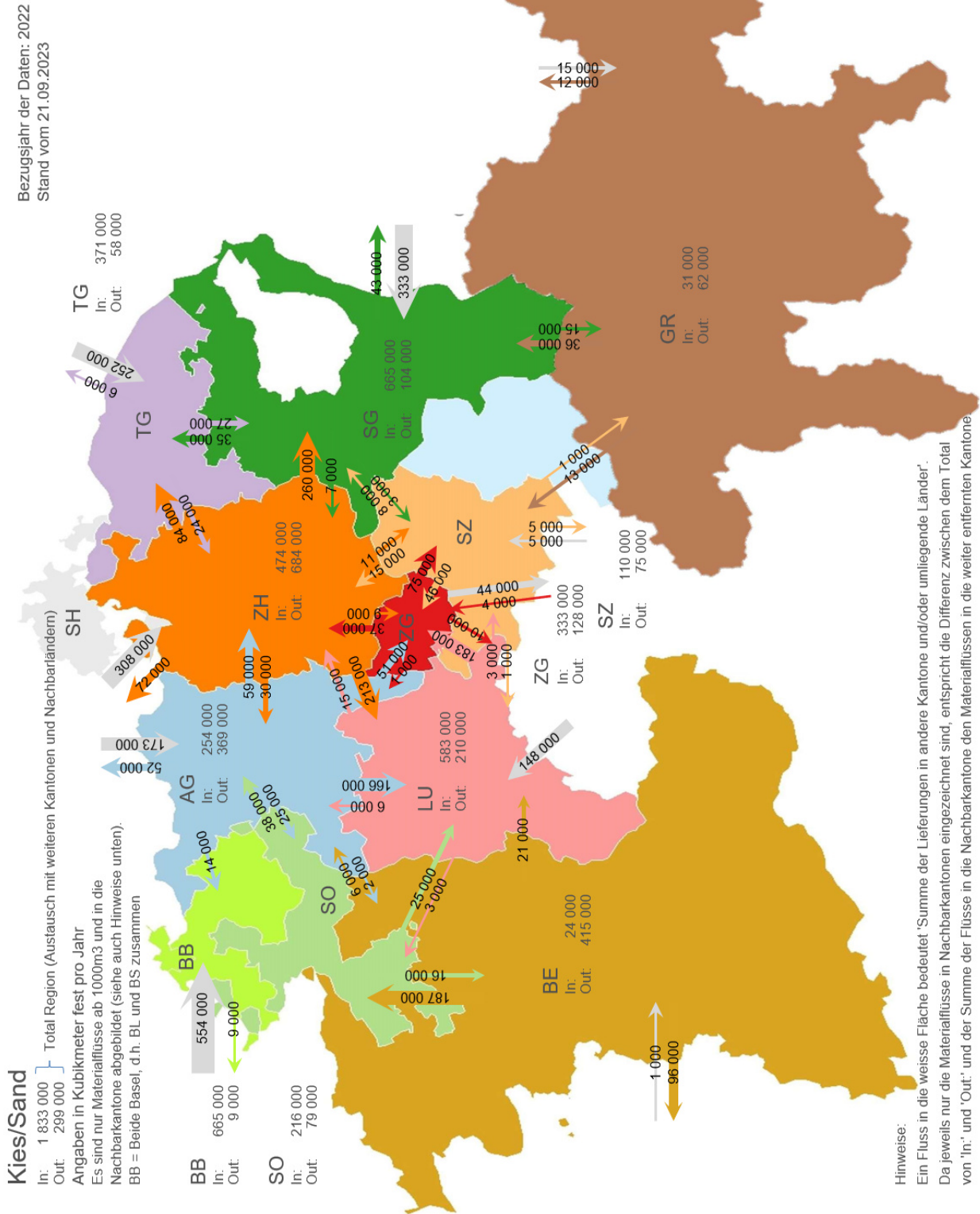


Abbildung 3: Kiesflüsse über die Kantonsgrenzen im Jahr 2022. Die Werte unterhalb der Kantonsbezeichnungen bzw. unter dem Grafiktitel «Kies» entsprechen jeweils der Summe der Importe und Exporte.





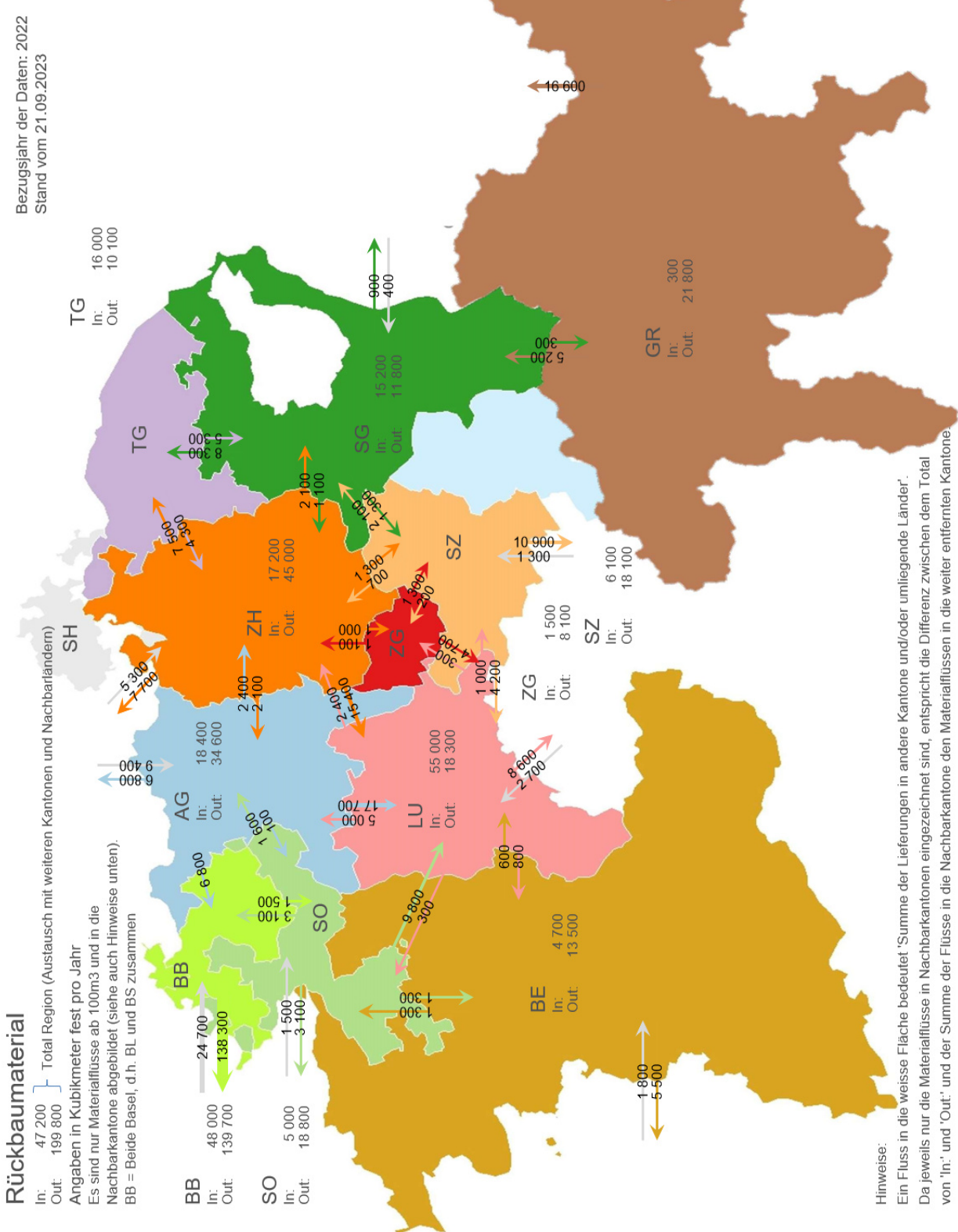
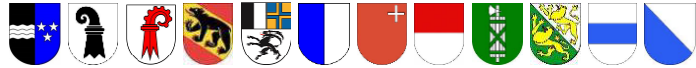


Abbildung 5: Rückbaumaterialflüsse über die Kantonsgrenzen im Jahr 2022. Die Werte unterhalb der Kantonsbezeichnungen bzw. unter dem Grafiktitel «Rückbaumaterial» entsprechen jeweils der Summe der Importe und Exporte.



Die Kantone BS + BL haben im Jahr 2022 mit 460'000 m<sup>3</sup> (2020: 295'000 m<sup>3</sup>) netto deutlich mehr Aushubmaterial exportiert. Der Kanton Luzern ist vom Nettoimporteur (2020: 80'000 m<sup>3</sup>) zum Nettoexporteur (164'000m<sup>3</sup>) von Aushub geworden. Der Kanton Graubünden importierte netto 126'000 m<sup>3</sup> Aushub, wobei der grösste Teil dieser Importe aus dem Kanton SG stammt (Nettoimporte aus SG: 72'000m<sup>3</sup>). Auch der Kanton Bern hat auf Nettobasis mit 189'000m<sup>3</sup> (2020: 13'000 m<sup>3</sup>) deutlich mehr Aushub aus den Nachbarkantonen importiert. In den Kantonen AG, TG, SO, SZ und ZG habe sich die Aushubimporte und -exporte bzw. deren Verhältnisse gegenüber dem Jahr 2020 eher geringfügig verändert.

### 3.2.3 Rückbaumaterialflüsse über die Kantonsgrenzen

Die Rückbaumaterialflüsse in der Abbildung 5 über die Kantonsgrenzen sind deutlich geringer als beim Kies und Aushubmaterial. Da die Bauschutttaufbereitungsanlagen 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 auf sehr groben Schätzungen, da oftmals keine oder nur unvollständige Daten vorliegen. Die angegebenen Materialflüsse weisen deshalb hohe Unsicherheiten auf und dienen nur als Anhaltspunkte.

### 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 Formeln<sup>1</sup> ableiten. Dabei ist zu bemerken, dass die Kantonsgrenzen zur Beurteilung der Autarkiegrade bei der Baustoffversorgung und Materialentsorgung nur bedingt die Realität abbilden, da die Ver- und Entsorgung oftmals in Kantonsgrenzen 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. Gesteinskörnungsverorgung und der Aushubmaterialentsorgung miteinander verglichen.

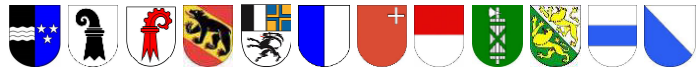
#### Baustoffversorgung bzw. Versorgung mit mineralischen Gesteinskörnungen

Die Abbildung 6 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, GR 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. Im Kanton BE ist

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



der Autarkiegrad deutlich angestiegen. Dieser liegt nun bei 115%. Die Kantone SO und SZ weisen Autarkiegrade im Bereich von 84 – 93% auf, wobei der Autarkiegrad im Kanton SO tendenziell eher abnimmt und im Kanton SZ eher zunimmt. In den Kantonen LU, SG, TG und neu ZG liegen die Autarkiegrade mit 62% – 70% 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 3) 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 in den Baustoffkreislauf geführt werden. Im Kanton Zug hat der Autarkiegrad im Vergleich zu den Vorjahren stark abgenommen. Hier nahmen die Kiesimporte stark zu und bewegten sich im Jahr 2022 auf dem höchsten Stand seit der Datenerfassung. Der Autarkiegrad für die Region «beide Basel» (BB) liegt mit 37% auf einem deutlich tieferen Niveau als in allen anderen Kantonen. Diese Region importiert den grössten Teil der kiesigen Gesteinskörnungen aus Frankreich und Deutschland. Der Autarkiegrad hat sich gegenüber 2020 jedoch um 8% erhöht. Dieser Anstieg ist darauf zurückzuführen, dass 44'000m<sup>3</sup> mehr Kies in der Region abgebaut wurde und gleichzeitig deutlich mehr Aushubmaterial (+ 59'000m<sup>3</sup>) verwertet wurde.

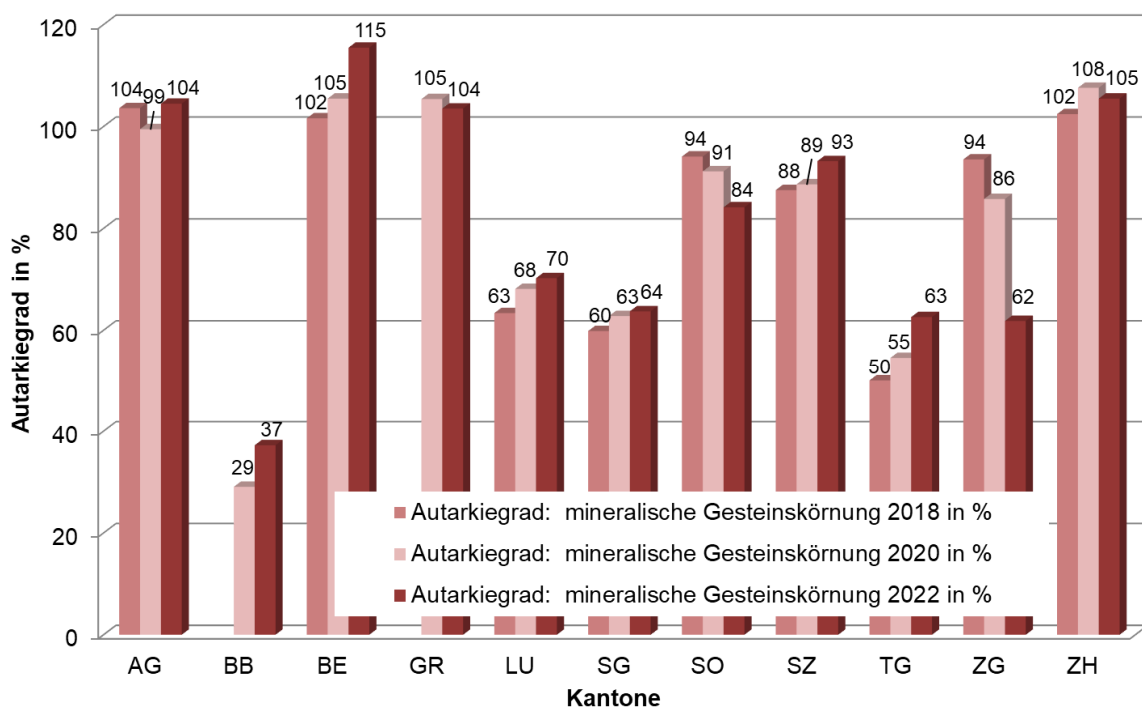


Abbildung 6: Regionale Autarkiegrade in Bezug auf die Versorgung mit mineralischen Baustoffen bzw. mineralische Gesteinskörnung für die Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022. Angaben in Prozenten.

### Aushubentsorgung

Bei der Aushubentsorgung haben sich die Autarkiegrade in den Kantonen AG, BE und GR gegenüber den Vorjahren erhöht (Abbildung 7). In den Kantonen AG und BE dürfte der geringere Aushubanfall ein Grund für den Anstieg des Autarkiegrades sein (Tabelle 6). In beiden Kantonen



liegen die Autarkiegrade mehr oder weniger deutlich über 100%. Der Grund hierfür ist, dass in beiden Kantonen «Weitere Baustoffe» abgebaut werden (z.B. Kalk/Mergel, Tonmineralien). Somit kann in diesen Abbaugeländen zusätzlich mehr Aushubmaterial abgelagert werden. Im Kanton Graubünden findet die Aushubentsorgung aufgrund der geographischen Rahmenbedingungen, wie die grosse Fläche und die abgelegenen Täler, weitgehend im eigenen Kanton statt. Zudem wird im Raum Landquart Aushub importiert und im Gegenzug Kies exportiert. Dies führt in der Endabrechnung zu einem Autarkiegrad bei der Aushubentsorgung von deutlich über 100%. In den Kantonen LU, SG, SO, TG und ZG liegen die Autarkiegrade im Bereich 89% - 109%, wobei im Kanton LU eine deutliche Abnahme von 109% auf 89% festzustellen ist. Der Grund hierfür ist, dass der Aushubanfall im Vergleich zum Jahr 2020 um 36.5% zugenommen hat (Tabelle 6) und entsprechend mehr Aushubmaterial exportiert werden musste. In den Kantonen SZ und ZH liegen die Autarkiegrade bei 75% bzw. 79%. Wie erwähnt, exportiert der Kanton ZH erhebliche Mengen an Aushubmaterial in die Nachbarkantone, insbesondere in den Kanton AG. Die Abnahme des Autarkiegrades im Kanton SZ ist auf den höheren Nettoexport von Aushub bei etwas geringerem Aushubanfall im Vergleich zum Jahr 2020 zurückzuführen.

In den Kantonen BL+BS (BB) hat sich der Autarkiegrad weiter von 68% auf 37% reduziert. Einerseits ist der Aushubanfall im Bezugsjahr 2022 deutlich zurückgegangen, andererseits nahmen die Nettoexporte von Aushub markant zu (Kapitel 3.2.2).

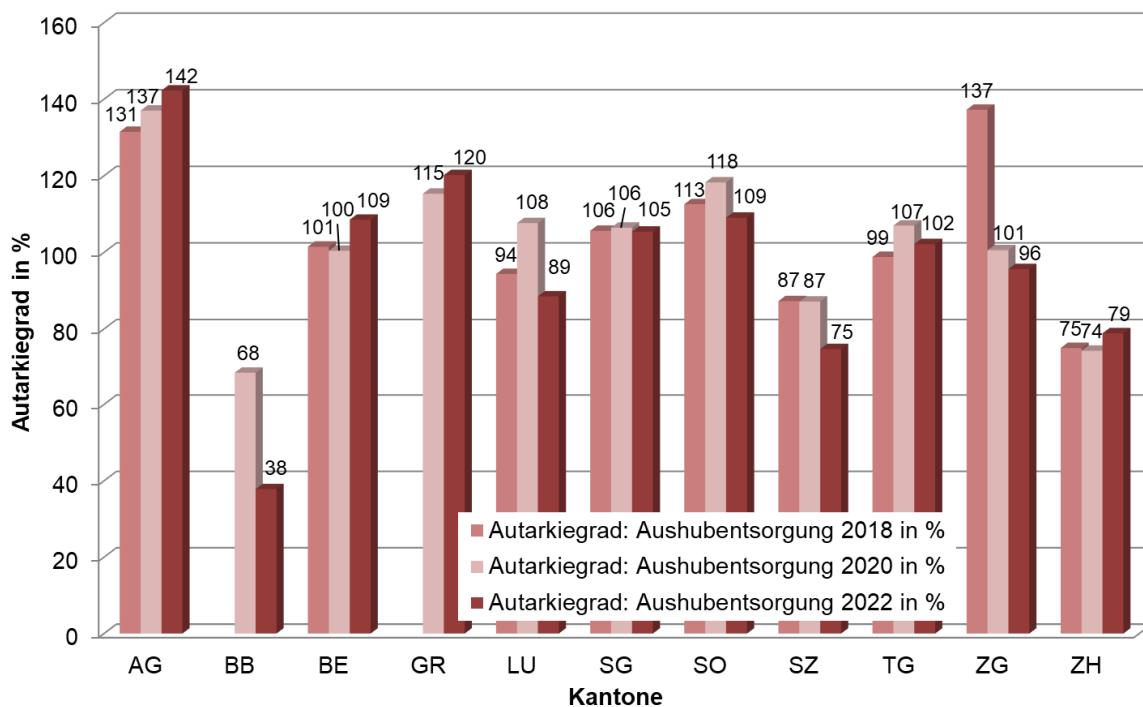


Abbildung 7: Regionale Autarkiegrade in Bezug auf die Aushubentsorgung für die Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022. Angaben in Prozenten.

### 3.4 Ausgewählte Materialflüsse auf pro-Kopf-Basis

In der Abbildung 8 ist der Baustoffbedarf sowie der Aushub- und Rückbaumaterialanfall auf pro-Kopf-Basis für das Jahr 2022 dargestellt. Der pro-Kopf-Baustoffbedarf bewegt sich im Bereich von 2.4 m<sup>3</sup>/Einwohner (BB) – 4.7 m<sup>3</sup>/Einwohner (GR).

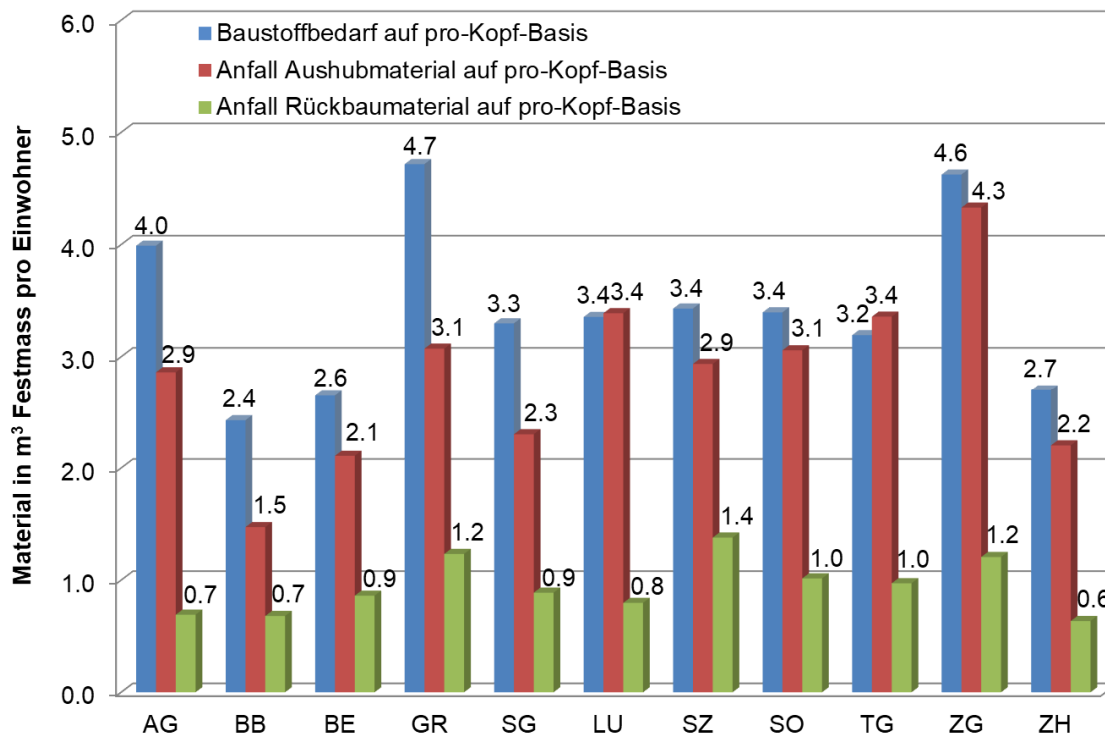


Abbildung 8: Vergleich des Baustoffbedarfs (blaue Säulen), des Rückbaumaterialanfalls (grün) und des Aushubanfalls aus dem Bauwerk (braun) auf pro-Kopf-Basis für das Bezugsjahr 2022 nach Kantonen. Die Werte sind in Kubikmetern fest pro Einwohner angegeben.

Der Höchstwert wird mit 4.7 m<sup>3</sup>/Einwohner im Kanton GR erreicht. Zwar sind die Neubauraten in diesem Kanton im Vergleich zu den anderen Kantonen deutlich tiefer, doch verfügt der Kanton Graubünden über ein deutlich grösseres Strassennetz als die anderen Kantone. So ist die spezifische Streckenlänge (in Metern pro Einwohner) bzw. das Materiallager (in Tonnen pro Einwohner) rund doppelt so gross wie der gesamtschweizerische Durchschnitt (BAFU, 2016). Damit resultieren vor allem durch den Neubau, die Sanierung und den Rückbau von Strassen entsprechend höhere Materialflüsse (Baustoffbedarf und Rückbaumaterialanfall). Die höheren Werte bei den Kantonen AG und ZG sind auf die anhaltend hohen Neubauraten zurückzuführen (siehe Tabelle 4).

In den Kantonen SG, LU, TG, SO und SZ bewegt sich der pro-Kopf-Baustoffbedarf in einem engen Bereich von 3.2 - 3.4 m<sup>3</sup>/Einwohner. Noch etwas tiefer liegen die Werte für die Kantone BB, BE und ZH; sie bewegen sich im Bereich von 2.4 – 2.7 m<sup>3</sup>/Einwohner.

Beim Aushubanfall aus dem Bauwerk liegt die Bandbreite zwischen 1.5 – 4.3 m<sup>3</sup>/Einwohner. Im Kanton Zug wird mit 4.3 m<sup>3</sup>/Einwohner der höchste pro-Kopf-Aushubanfall und in den Kantonen BL + BS mit 1.5 m<sup>3</sup>/Einwohner der tiefste Wert erreicht. Obwohl es sich bei diesen Kantonen eher um städtische Kantone handelt, unterscheiden sich diese Werte erheblich. Eine mögliche



Erklärung könnte sein, dass im Kanton Zug deutlich stärker in die Tiefe gebaut wird als im Kanton Basel-Stadt. In den Kantonen LU, SO und TG ist der pro-Kopf-Aushubanfall jeweils deutlich angestiegen (LU: +0.9 m<sup>3</sup>/Ew.; SO: +0.7 m<sup>3</sup>/Ew.; TG: +0.4 m<sup>3</sup>/Ew.). In Gegensatz dazu haben sich die entsprechenden Werte in den anderen Kantonen reduziert. Hervorzuheben sind insbesondere die Abnahmen in den Kantonen BE (-0.9 m<sup>3</sup>/Ew.) und SG (-0.7 m<sup>3</sup>/Ew.). Wie bereits im Kapitel 3.1 erläutert, ist eine Interpretation der Daten schwierig. Möglicherweise ist ein Teil der Veränderungen auf die neue Datenerhebung mittels eGov zurückzuführen.

Die pro-Kopf-Werte für die Rückbaustoffe bewegen sich für das Bezugsjahr 2022 mit 0.6 – 1.4 m<sup>3</sup>/Einwohner in einem ähnlichen Bereich wie im Jahr 2020. Mit 0.6 m<sup>3</sup>/Einwohner für ZH, liegt dieser Wert im unteren Bereich der angegebenen Bandbreite.

Mit Ausnahme der Kantone TG und LU übertreffen die pro-Kopf-Werte des Baustoffbedarfs jene des Aushubmaterialanfalls (Abbildung 8). Dies trifft jedoch nicht zu, wenn der Kies-/Sandabbau mit dem Aushubmaterialanfall verglichen wird (Abbildung 9). Hier liegen die pro-Kopf-Werte des Kies-/Sandabbaus bis auf die Kantone AG und GR meistens 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 rund 25% am gesamten Baustoffbedarf einnehmen (Abbildung 9). Die Kantone BL+BS, TG und SG sind stark von Kiesimporten geprägt. So werden in den Kantonen BL+BS (BB) pro Kopf mehr Rückbaustoffe produziert (0.6 m<sup>3</sup>/Ew.) als Kies abgebaut wird (0.3 m<sup>3</sup>/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, GR, LU, SO und ZG relativ nahe beieinander, was sich auch in den entsprechenden Autarkiegraden der Kantone in Abbildung 7 widerspiegelt. Grössere Unterschiede sind insbesondere in den Kantonen AG, BL+BS (BB), LU, SZ, TG und ZH festzustellen. Im Kanton AG liegt der pro-Kopf-Wert des abgelagerten Aushubmaterials 1.0 m<sup>3</sup>/Einwohner über dem Aushubmaterialanfall, was auf die hohe Importquote, v.a. aus dem Kanton Zürich zurückzuführen ist. In den Kantonen BL+BS, SZ, TG und ZH ist die Situation umgekehrt. Hier liegt der Aushubmaterialanfall um 0.7 – 1.1 m<sup>3</sup>/Einwohner höher als das abgelagerte Aushubvolumen, was teilweise mit den hohen Aushubexportvolumen zu erklären ist.

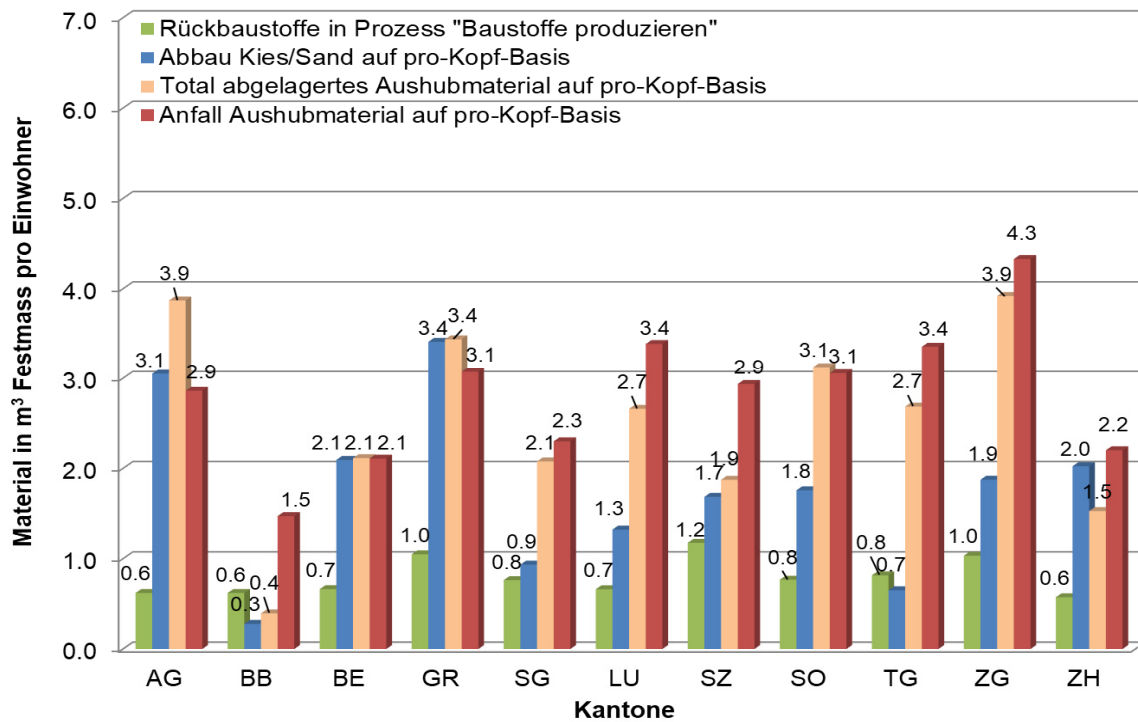


Abbildung 9: Vergleich des Rückbaustoffflusses (grüne Säulen), des Kies-/Sandabbaus (blaue Säulen), der Aushubablagerung (inkl. Ablagerung in weiteren Entnahmestellen, ohne Terrainanpassungen) (hellbraun) und des Aushubanfalls aus dem Bauwerk (rot-braun) auf pro-Kopf-Basis für das Bezugsjahr 2022 nach Kantonen. Die Werte sind in Kubikmetern fest pro Einwohner angegeben.

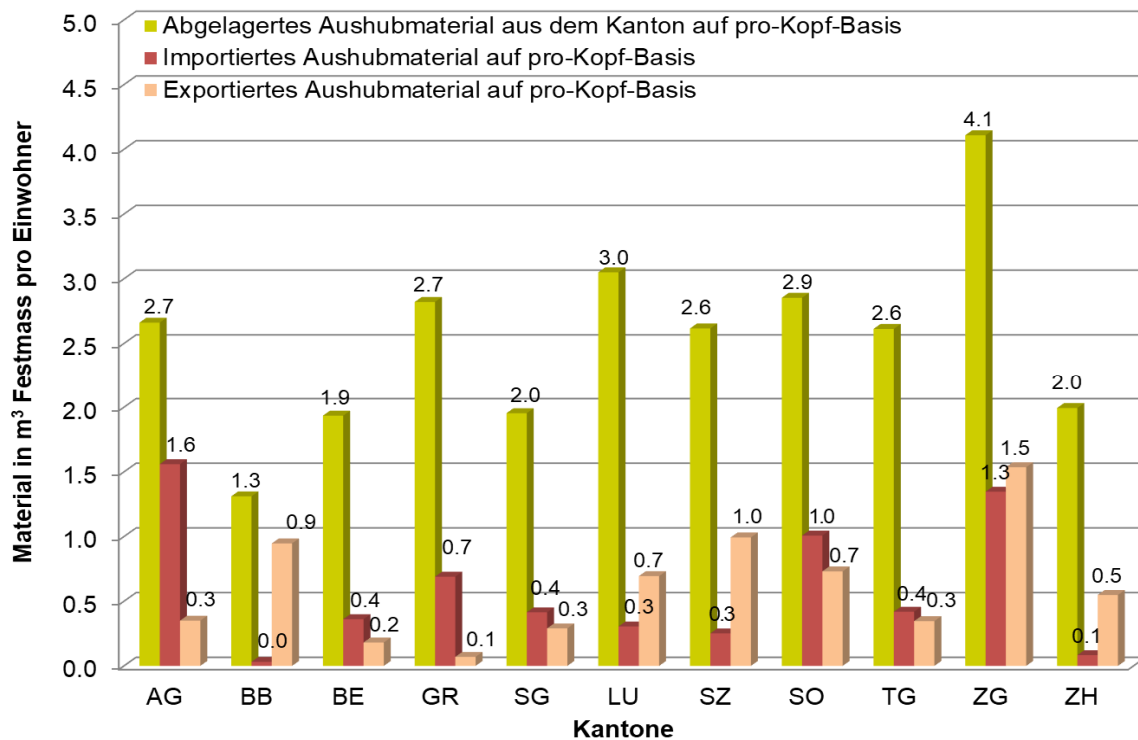
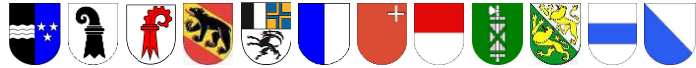


Abbildung 10: Aus den Kantonen stammende Aushubvolumina, die in den Kantonen abgelagert wurden sowie die Aushubimporte- und Exporte auf pro-Kopf-Basis für das Jahr 2022.





In der Abbildung 10 sind die abgelagerten Aushubmengen aus den eigenen Kantonen (grüne Säulen), sowie die Importe (rot-braun) und Exporte (hellbraun) dargestellt<sup>(2)</sup>. Gut zu erkennen ist, dass insbesondere die Kantone AG und GR auf pro-Kopf-Basis deutlich mehr Aushubmaterial importieren als exportieren. Auch in den Kantonen BE, SO, SG und TG sind leichte Importüberschüsse zu verzeichnen. Umgekehrt ist die Situation in den Kantonen BL+BS, SZ und ZH. Insbesondere in den Kantonen BL+BS und ZH wird wenig Aushubmaterial importiert, es werden aber grosse Volumen exportiert. 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 2050

In den nachfolgenden Kapiteln sind die zeitlichen Entwicklungen der modellierten Materialflüsse bis zum Jahr 2050 (Linien) sowie die erhobenen und modellierten Materialflüsse der einzelnen Jahre (als Säulen) der zwölf Kantone (BL + BS sind zusammengefasst) abgebildet und beschrieben. Es wurden jeweils die Szenarien «Referenz» bzw. «ZH Trend» (ausgezogene Linien in Abbildungen 11 - 13) und die Szenarien «Hoch» bis zum Jahr 2050 modelliert.

#### 3.5.1 Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubmaterialanfalls

In der Abbildung 11 sind die mit dem dynamischen Modell gerechneten, szenarioabhängigen Entwicklungen des Baustoffbedarfs und des Aushubanfalls zwischen 2010 und 2050 (früher bis 2035) sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010 – 2016, 2018, 2020 und 2022 für die Kantone ZH, BE, AG, LU, SG, BL+BS, TG, SO, GR, SZ und ZG dargestellt. Der Vergleich zeigt, dass der modellierte Baustoffbedarf und Aushubanfall (Säulen), welche jeweils auf den jährlichen Erhebungen der Kantone basieren, weiterhin in allen Kantonen relativ gut mit den modellierten Entwicklungen dieser Materialflüsse (Linien) übereinstimmen. Die Übereinstimmungen im Zeitraum 2010 – 2020 sind nun noch besser, weil die Daten zur ständigen Wohnbevölkerung der einzelnen Jahre in diesen Zeitraum in die dynamischen Modelle implementiert wurden. Damit kann für diesen Zeitraum die Dynamik der zeitlichen Entwicklung besser abgebildet werden. Für den Kanton Graubünden wurde erstmals ein dynamisches Modell erstellt. Hier ist 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.

---

<sup>2</sup> In der Abbildung 10 ist der Materialfluss von kiesigem Aushubmaterial, welcher zu Kies/Sand aufbereitet wird, nicht enthalten. Dieser Materialfluss ist jedoch in der Abbildung 9 bei der Aushubablagerung (hellbraune Säulen) berücksichtigt.

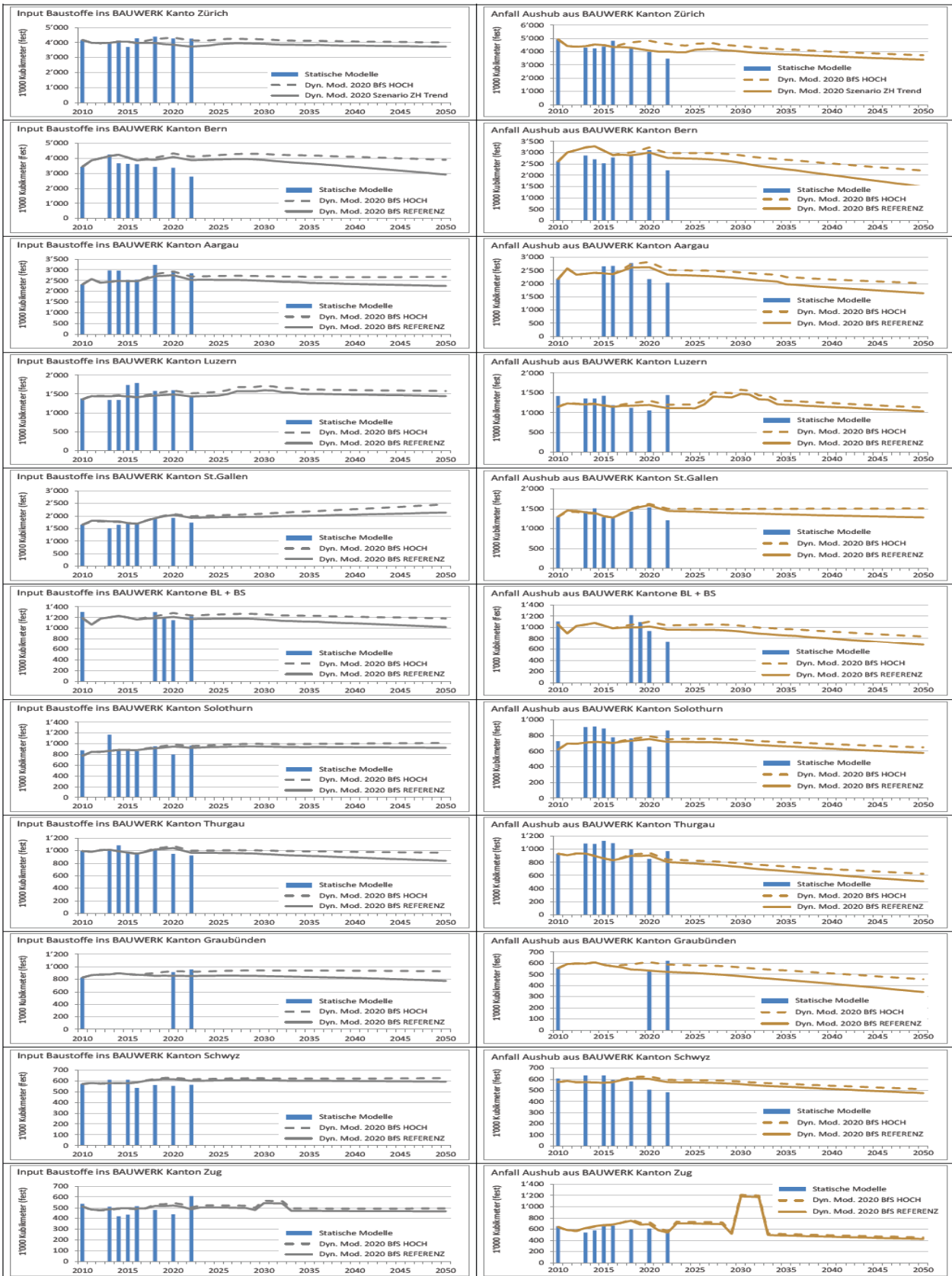
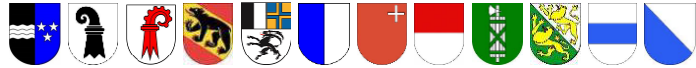


Abbildung 11: Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubanfalls in den Kantonen ZH, BE, AG, LU, SG, BL+BS (BB), SO, TG, GR, SZ und ZG zwischen 2010 und 2050 (ausgezogene Linien: Szen. «2020 BFS Referenz» bzw. «ZH Trend», gestrichelte Linien Szen. «2020 BFS Hoch»), sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 – 2016, 2018, 2020 und 2022. Angaben in 1000 m<sup>3</sup> 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 entscheidender Bedeutung für die einzelnen Kantone. In der Abbildung 12 sind die zeitlichen Entwicklungen dieser Materialflüsse analog der Abbildung 11 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 Aushubablagerung<sup>3</sup> in den meisten Kantonen gut bis sehr gut mit den modellierten Entwicklungen dieser Materialflüsse überein. Bei den Kantonen TG und SG sind grössere Abweichungen beim Primärmaterialabbau festzustellen. Die modellierte Entwicklung liegt deutlich über den jährlichen Werten. Der Grund hierfür ist, dass in diesen Kantonen in den vergangenen Jahren erhebliche Mengen an Kies aus den Nachbarländern importiert wurden und den Kiesabbau entsprechend konkurrenzieren. Diese Entwicklung ist noch nicht vollständig im Modell abgebildet. Es ist abzuwarten, wie sich dieser Materialfluss weiterentwickelt.

Bei beinahe allen Kantonen ist erkennbar, dass die Entwicklung des Primärmaterialabbaus als auch der Aushubablagerung bis zum Jahr 2050 tendenziell abnehmend verlaufen. Die Gründe hierfür sind, dass sich einerseits das Bevölkerungswachstum ab dem Zeitraum 2030 – 2035 in den meisten Kantonen abschwächt (Abbildung 2), was bedeutet, dass auch der Baustoffbedarf zurückgeht (Abbildung 11). Andererseits steigen der Rückbaumaterialanfall und die Verwertungsquoten weiter an, was dazu führt, dass Kies/Sand substituiert wird. Zudem wird das anfallende Aushubmaterial vermehrt verwertet, womit ebenfalls Kies/Sand substituiert wird und weniger Aushub abgelagert werden muss.

Eine Ausnahme bildet der Kanton SG. Hier steigt der Primärmaterialabbau je nach Szenario mehr oder weniger stark an. Die Entwicklung der Aushubablagerung verläuft eher konstant. Im Gegensatz zu den anderen Kantonen nimmt das Bevölkerungswachstum bis zum Jahr 2050 beinahe konstant bzw. überproportional (Szenario «Hoch») zu (Abbildung 2), was bedeutet, dass der Baustoffbedarf und Aushubanfall tendenziell gleichbleibend bis leicht ansteigend verlaufen.

In den Kantonen Luzern und Zug sind bei der Entwicklung der Aushubablagerung in den kommenden Jahren für begrenzte Zeiträume gewisse Anstiege zu erkennen. Es handelt sich hierbei um Grossprojekte, wie beispielsweise geplante Tunnelbauten, bei denen grössere Aushubmengen zu erwarten sind. Diese werden ebenfalls in der zeitlichen Entwicklung berücksichtigt. Insbesondere im Kanton Zug haben solche Grossprojekte einen wesentlichen Einfluss auf die Materialflüsse.

---

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

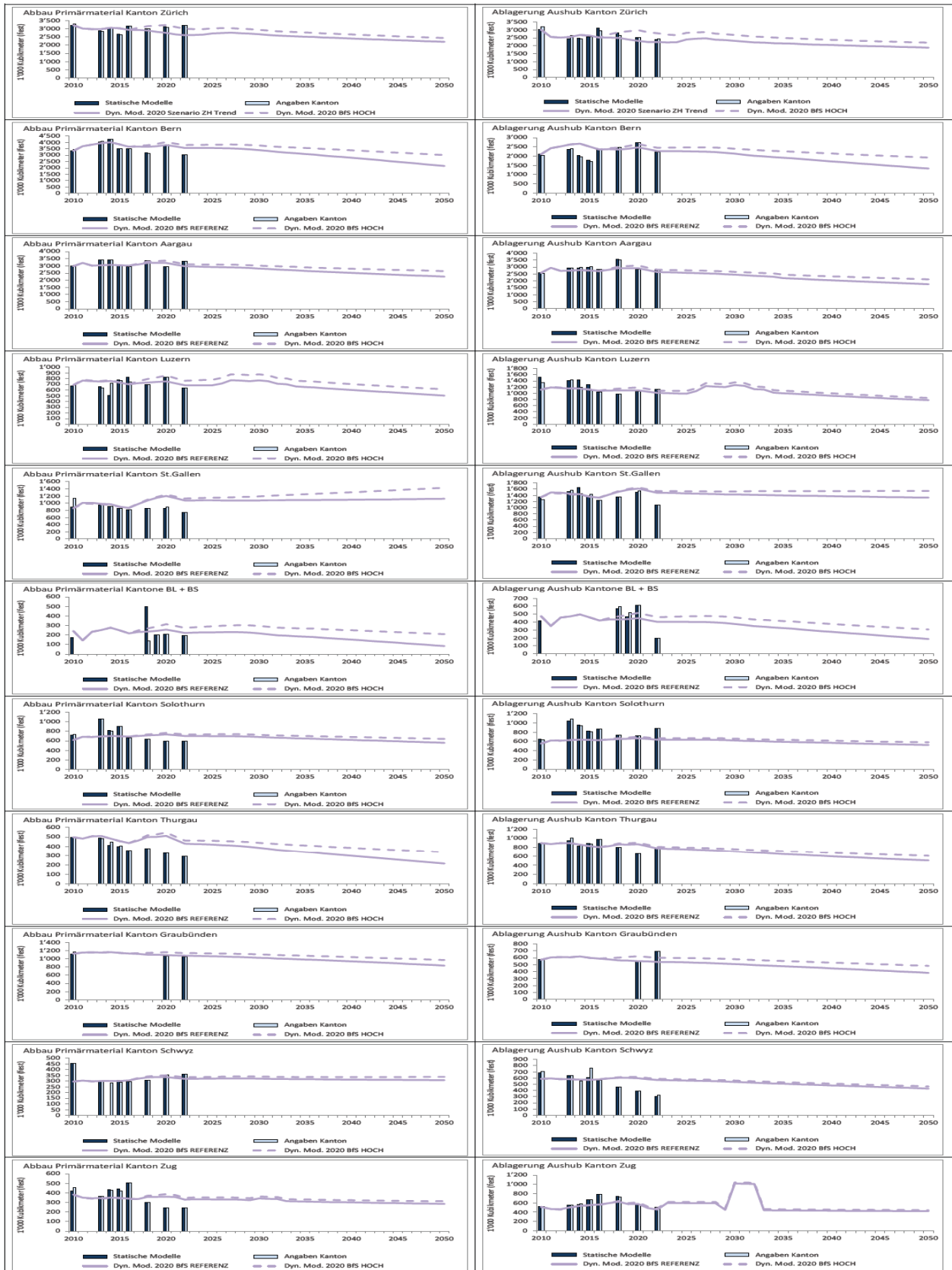


Abbildung 12: Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung in den Kantonen ZH, BE, AG, LU, SG, BL+BS, SO, TG, GR, SZ und ZG zwischen 2010 und 2050 (ausgezogene Linien: Szen. «2020 BFS Referenz» bzw. «ZH Trend», gestrichelte Linien Szen. «2020 BFS Hoch»), sowie die Daten der Bezugsjahre 2010, 2013 - 2016, 2018, 2020 und 2022. Angaben in 1000 m<sup>3</sup> 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 2050, sowie die Daten aus den Modellierungen der verschiedenen Bezugsjahre sind in der Abbildung 12 dargestellt. In der jährlichen und der kumulierten Differenz nicht, beziehungsweise nur indirekt berücksichtigt, sind die Aushub- sowie Kiesimporte und –exporte. Da die jährliche Differenz jeweils aus zwei grossen Zahlen gebildet wird, können die Schwankungen entsprechend gross sein. 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 Jahreswerten überein.

Der Kanton Solothurn wies in der Vergangenheit sowohl positive als auch negative Werte auf, welche mehr oder weniger stark vom Nullwert abwichen. Die modellierte Entwicklung der kumulierten Differenz verläuft deshalb nahe beim Nullwert. In den letzten Jahren ist eine Tendenz in die positive Richtung zu erkennen. Sollte sich dieser Trend fortsetzen, wird eine entsprechende Anpassung im Modell übernommen.

In den Kantonen AG, BE, ZH und GR 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 werden hingegen erhebliche 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 2050 auf knapp -45 Mio. m<sup>3</sup> anwächst. Beim Kanton Aargau ist die Situation ähnlich, jedoch auf tieferem Niveau. Die kumulierte Differenz erreicht bis 2050 einen Wert von rund -15 Mio. m<sup>3</sup>. Es ist davon auszugehen, dass diese Kantone jedoch bis zu diesem Zeitpunkt Massnahmen einleiten werden, um dieser Entwicklung entgegenzutreten.

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. 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. Im Kanton SZ ist die Differenz „Ablagerung – Abbau“ rückgängig und war im Bezugsjahr 2022 erstmals im negativen Bereich. Dies hat einen entsprechenden Einfluss auf die modellierte kumulierte Differenz. Im Modell wird diese zurzeit eher überschätzt.

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 verändern. Ändern sich jedoch beispielsweise die Auffüllquoten zur Rekultivierung oder die Aushubexporte/-importe, wirken sich diese entsprechend aus. Deshalb ist eine Koordination der Kantone in Bezug auf die langfristig ausgelegte Kiesabbau- und Aushubdeponieplanung notwendig.

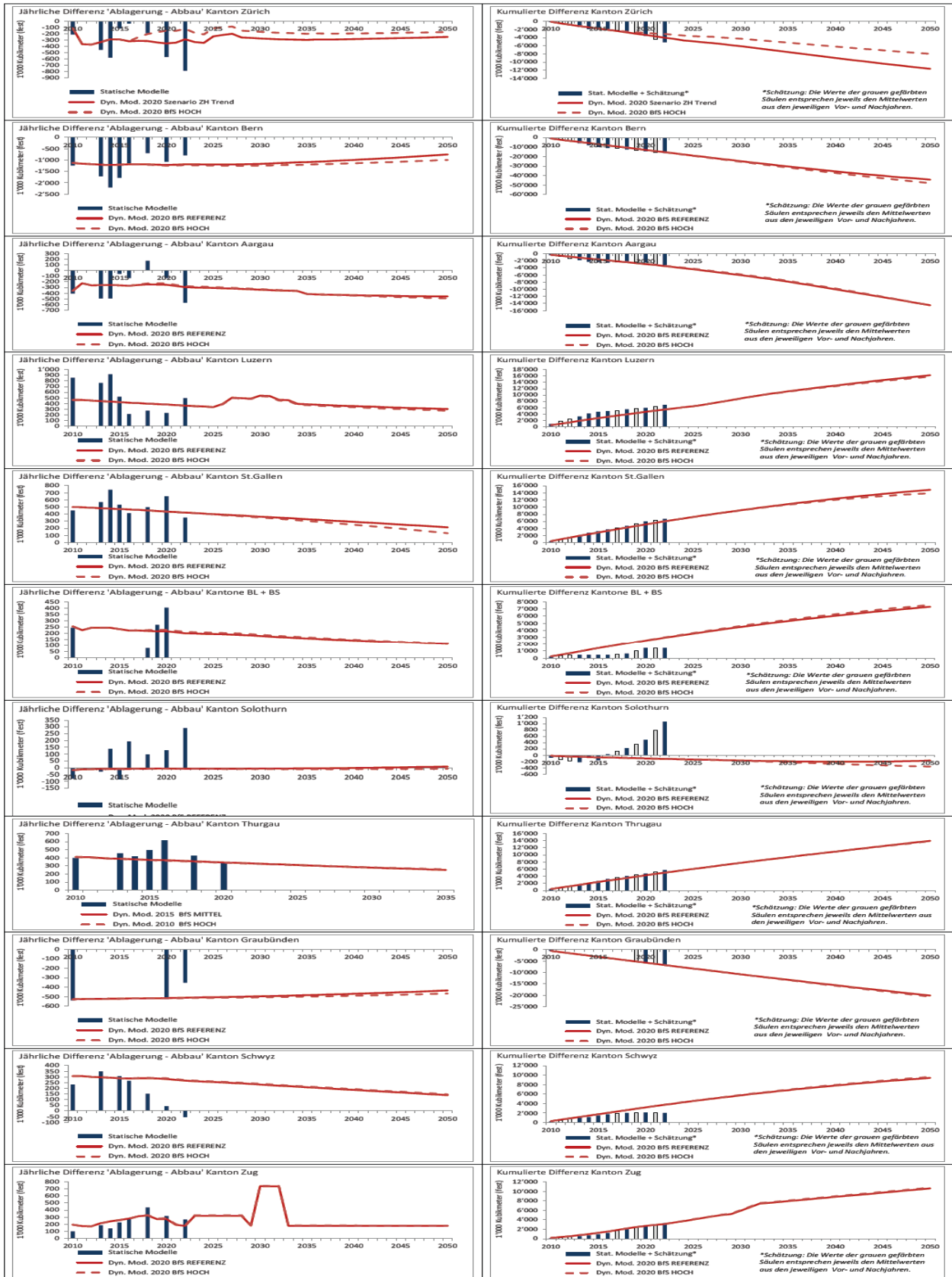
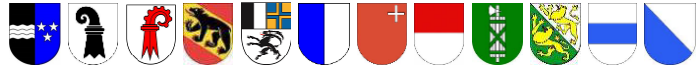


Abbildung 13: Entwicklung der jährlichen Differenz „Ablagerung - Abbau“ und der kumulierten Differenz in den zwölf Kantonen zwischen 2010 und 2050 (ausgezogene Linien: Szen. «2020 BFS Referenz» bzw. «ZH Trend», gestrichelte Linien Szen. «2020 BFS Hoch»), sowie die Daten der Bezugsjahre 2010, 2013 - 2016, 2018, 2020 und 2022. Angaben in 1000 m<sup>3</sup> fest.



## 4. Diskussion und Schlussfolgerungen

### 4.1 Gesteinskörnungsbedarf und Verwertung der Rückbaustoffe (RBS)

Anhand der modellierten Materialflüsse lassen sich wichtige Kennzahlen für die einzelnen Kantone und die gesamte Region ableiten. Das Total der Materialflüsse bzw. der Mittelwerte der Kennzahlen gibt Auskunft über die Gesamtsituation der Region der zwölf Kantone. 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, BE, GR, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH und für die gesamten Region für die Jahre 2020 und 2022 aufgeführt. Die Veränderungen der Materialflüsse und der Verhältnisse im Vergleich zu jenen des Bezugsjahres 2020 sind auf Kantonsbasis teilweise erheblich. Auf der überregionalen Ebene sind die Veränderungen jedoch deutlich geringer, was darauf hindeutet, dass die Veränderungen in den einzelnen Kantonen womöglich auf Veränderungen der Materialimporte- und -exporte basieren. Insgesamt ist auf der überregionalen Ebene bei allen betrachteten Materialflüssen eine leichte Reduktion gegenüber 2020 festzustellen. Der Gesteinskörnungsbedarf hat in jeweils der Hälfte der Kantone zu- bzw. abgenommen. Die grösste Zunahme verzeichnet der Kanton Zug (+38%) und die grösste Abnahme weist der Kanton Bern (-17%) auf. Der GK-Bedarf in der gesamten Region hat sich um rund 0.57 Mio. Kubikmeter auf knapp 16.4 Mio. Kubikmeter und somit um rund 3% reduziert.

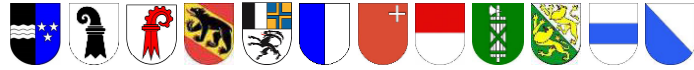
Tabelle 7: Gesteinskörnungsbedarf (GK-Bedarf), Anfall von Rückbaumaterial (RBM) inklusive Nettoimporte, total verwertete Rückbaustoffe (RBS) sowie das Verhältnis RBS/RBM und der RBS-Anteil am GK-Bedarf in den Kantonen AG, BL+BS, BE, GR, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH sowie in der gesamten Region im Jahr 2020 und 2022.

Kanton	GK-Bedarf in 1000 m <sup>3</sup> fest		RBM-Anfall <sup>(1)</sup> in 1000m <sup>3</sup> fest		Rückbaustoffe <sup>(2)</sup> in 1000m <sup>3</sup> fest		Verhältnis RBS/RBM <sup>(3)</sup> in %		RBS-Anteil am GK-Bedarf in %	
	2020	2022	2020	2022	2020	2022	2020	2022	2020	2022
AG	2'687	2'583	505	492	495	457	97.4	96.0	18.4	17.7
BL+BS	973	1'045	333	342	185	197	66.6	78.6	19.0	18.8
BE	3'039	2'526	1016	905	844	702	83.0	78.3	27.8	27.8
GR	833	874	332	250	284	214	86.7	94.0	34.1	24.5
LU	1'425	1'254	375	339	320	313	87.1	83.4	22.5	25.0
SG	1'748	1'546	488	467	432	428	90.1	91.0	24.7	27.7
SO	701	864	254	287	208	227	71.6	83.0	29.7	26.2
SZ	502	514	194	227	173	206	91.5	96.1	34.5	40.1
TG	847	837	249	281	198	251	82.7	87.5	23.4	30.0
ZG	388	538	136	158	120	150	88.7	98.7	31.1	27.8
ZH	3'843	3'841	1090	1'002	988	930	92.6	95.4	25.7	24.2
<b>Total</b>	<b>16'986</b>	<b>16'420</b>	<b>4'971</b>	<b>4'749</b>	<b>4'248</b>	<b>4'073</b>	<b>86.7</b>	<b>88.6</b>	<b>25.0</b>	<b>24.8</b>

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

<sup>(2)</sup> Rückbaustoffe inklusive Exporte und direkte Verwertung (RBS) = A49 + A40 + A29

<sup>(3)</sup> Verhältnis = RBS in 1000m<sup>3</sup> / RBM in 1000m<sup>3</sup> x 100%



Auch der Rückbaumaterialanfall und die verarbeiteten Rückbaustoffmengen haben gegenüber dem Jahr 2020 in jeweils der Hälfte der Kantone zu- bzw. abgenommen. Da vor allem bei den grösseren Kantonen eine Abnahme dieser Materialflüsse gegenüber 2020 zu verzeichnen ist, resultiert beim Total über die gesamte Region ein leichter Rückgang von rund -4%. Die RBS/RBM-Verhältnisse unterliegen aus verschiedenen Gründen grösseren Schwankungen: Neben den Materialqualitäten der Rückbaumaterialien können sich vor allem die Importe und Exporte von einem Kanton in einen anderen Kanton verändern, was entsprechende Auswirkungen auf das RBS/RBM-Verhältnis haben kann. So ist dieses Verhältnis beim Kanton ZG gegenüber dem Jahr 2020 deutlich angestiegen (von 88.7% auf 98.7%). Ein solcher Anstieg dürfte nicht nur auf eine Verbesserung bei der Rückbaumaterialverwertung zurückzuführen sein. Da der Kanton ZG zurzeit nur noch über geringe Deponiekapazitäten (Typ B) verfügt, wird vermutlich mehr Rückbaumaterial in die Nachbarkantone verschoben. Die Daten zu den Rückbaumaterialexporten sind unvollständig und können nur grob abgeschätzt werden. Zudem ist nicht bekannt, ob diese Materialien in Deponien oder in Aufbereitungsanlagen gehen. Aus diesem Grund sind die teilweise hohen RBS/RBM-Verhältnisse bei gewissen Kantonen mit grosser Vorsicht zu betrachten. Es sollten hier keine falschen Schlüsse daraus gezogen werden.

Aussagekräftiger ist das RBS/RBM-Verhältnis für die gesamte Region. Hier ist ein Anstieg von 86.7% auf 88.7% zu verzeichnen. Insgesamt liegt noch immer ein erhebliches Steigerungspotenzial vor, falls in den Kantonen BL+BS, BE, LU und SO weitere Anstrengungen im Bereich der Rückbaumaterialverwertung unternommen werden.

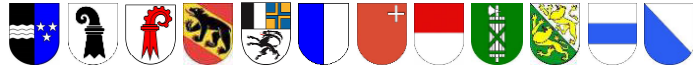
In den hintersten Spalten der Tabelle 7 sind die RBS-Anteile am GK-Bedarf aufgeführt. Die Anteile sind in der Gesamtregion von 25.0% im Jahr 2020 auf 24.8% zurückgegangen. Im Kanton GR ist der Anteil stark zurückgegangen, während die Anteile in den Kantonen TG und SZ deutlich angestiegen sind.

#### **4.2 Mineralische Gesteinskörnungen und Aushubentsorgung: Autarkiegrade und Entwicklung**

Die Autarkiegrade der mineralischen Gesteinskörnungen haben sich in den meisten Kantonen gegenüber 2020 geringfügig verändert (Abbildung 6). Die höchste Reduktion ist im Kanton ZG zu verzeichnen, hier nahm der Autarkiegrad von 86% auf 62% ab, weil netto nochmals deutlich mehr Kies importiert wurde (205'000 m<sup>3</sup>) als im Jahr 2020 (56'000 m<sup>3</sup>). Aufgrund der geringen Fläche des Kantons wirken sich Veränderungen bei den Importen/Exporten stark auf die Autarkiegrade aus. Die Kantone AG, BE, GR und ZH weisen Autarkiegrade von etwas mehr als 100% auf, was bedeutet, dass sich diese Kantone im Jahr 2022 selbst mit mineralischen Gesteinskörnungen versorgen können. Die Kantone BL+BS (BB), LU, SG und TG weisen deutlich tiefere Autarkiegrade auf. Sie liegen bei 37% (BB), 70% (LU), 64% (SG) bzw. 63% (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 und SZ liegen die Autarkiegrade der mineralischen Gesteinskörnungen bei 84% (SO) und 93% (SZ).

In den meisten Kantonen liegen die Autarkiegrade bei der Aushubentsorgung im Bereich von 100% oder darüber (AG, BE, GR, SG, SO, TG, ZG) (Abbildung 7). Die Ausnahme nach unten bilden die Kantone BL+BS, SZ und ZH mit Werten von 38% (BL+BS), 75% (SZ) und 79% (ZH).





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 13. In den Kantonen LU, SG, TG und ZG steigen diese bis zum Jahr 2035 deutlich stärker als in den Kantonen BL+BS an.

### 4.3 Schlussfolgerungen

Die Resultate der KAR-Modellierungen für die mittlerweile zwölf teilnehmenden Kantone zeigen die Zusammenhänge der Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse auf nachvollziehbare Weise auf, obwohl in jedem Kanton unterschiedliche Rahmenbedingungen vorliegen. So ist die Ausgangssituation für die grenznahen Kantone, wie beispielsweise BL+BS, SG und TG, welche einen intensiven Materialaustausch mit den Nachbarländern haben, ganz anders als in anderen Kantonen. Während in den Kantonen BL+BS Kies importiert und Aushub exportiert wird, werden in den Kantonen TG und SG erhebliche Mengen an Kies importiert aber kaum Aushub exportiert. Im Unterschied zu BL+BS führen die Kiesimporte dazu, dass mehr Aushubdeponievolumen geschaffen werden muss, weil durch den geringeren Kiesabbau weniger Rekultivierungsvolumen zur Verfügung steht.

Erstmals wurde der Kanton Graubünden in die gemeinsame Modellierung mit einbezogen. In diesem Kanton sind die Verhältnisse aufgrund der grossen Fläche und den teilweise abgelegenen Regionen nochmals anders. Der überdurchschnittlich hohe pro-Kopf-Baustoffbedarf von 4.7 m<sup>3</sup>/Einwohner (Abbildung 8) ist nicht etwa auf eine intensive Bautätigkeit im Hochbau zurückzuführen, vielmehr verursacht die Bewirtschaftung des im Vergleich zu den anderen Kantonen grossen Strassenverkehrsnetzes den höheren Baustoffbedarf. Es ist somit wichtig, die besonderen Gegebenheiten in den einzelnen Kantonen zu kennen, um die Resultate korrekt interpretieren zu können.

Der Vergleich des Aushub- und Rückbaumaterialanfalls auf kantonaler Basis zeigt (Tabelle 6), dass sich diese Materialflüsse im Vergleich zum Jahr 2020 stark verändern können und uneinheitlich sind. Über die gesamte Region betrachtet, fallen die Veränderungen jedoch etwas moderater aus. Der Aushubanfall hat sich gegenüber 2020 um 8.5% reduziert. Der Rückbaumaterialanfall ist ebenfalls um 4.5% zurückgegangen. Da auch der Baustoffbedarf um 3.7% geringer ausfiel, deuten die Abnahmen auf eine leichte Reduktion der überregionalen Bautätigkeit hin. Eine weitere Erklärung für den Rückgang könnte eine Reduktion der Materialintensität sein. Wenn beispielsweise mehr Holz im Bau eingesetzt wird und mehr Ersatzneubauten erstellt werden, dann werden einerseits mineralische Baustoffe substituiert, andererseits fällt bei Ersatzneubauten weniger Aushub an. Da sich die Neubauraten im Vergleich zum Jahr 2020 nur unwesentlich verändert haben, könnte diese Hypothese durchaus zutreffen. Allerdings müssten diesbezüglich weitere Analysen durchgeführt werden. Die Datenlage lässt aber im Moment keine vertieften Analysen zu.



## 5. Ausblick

### 5.1 Nachführung der statischen Modelle

Mittlerweile beteiligen sich zwölf Kantone an der Modellierung der KAR-Materialflüsse in ihren Kantonen. Die nächste Nachführung der Modelle ist für das Bezugsjahr 2024 vorgesehen.

### 5.2 Mitwirkung der Verbände

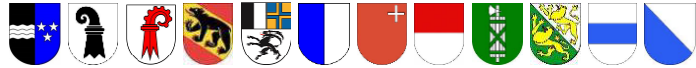
Die beiden Verbände arv Baustoffrecycling Schweiz (ARV) und Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie (FSKB) werden weiterhin in der Begleitgruppe mitwirken. Sie haben sich grundsätzlich dafür ausgesprochen, bei Bedarf zusätzliche Datengrundlagen für die Modelle zur Verfügung zu stellen.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

### 5.3 Optimierung der Datenerhebung

Die Datenlage zu den Importen/Exporten von Rückbaumaterialien über die Kantonsgrenzen ist noch immer ungenügend, so dass robuste Aussagen zu den Verwertungsquoten in den einzelnen Kantonen nicht möglich sind. Es wird sich zeigen, ob für den nächsten Modellierungszyklus aussagekräftigere Daten zu den Importen und Exporten von Rückbaumaterialien von den Kantonen zur Verfügung gestellt werden können.

### 5.4 Weitere Aktivitäten im KAR-Bereich

Der Kanton Graubünden hat im Rahmen eines Pilotprojektes für drei ausgewählte Regionen KAR-Modelle erstellen lassen. Damit hat sich gezeigt, dass die Erstellung von regionalen Modellen möglich ist, sofern die Datengrundlagen zur Verfügung gestellt werden können. Bei diesen Grundlagen handelt es sich insbesondere um GIS-Daten zu den Gebäudevolumen, differenziert nach Alters- und Nutzungsklassen, sowie Daten zu den Strassen- und Schienenlängen und zu den Infrastrukturanlagen.



## 6. Literatur

BAFU, 2016: Bauabfälle in der Schweiz – Tiefbau Aktualisierung 2015.

Bundesamt für Statistik, 2016: Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Kantone - 2015-2045, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung.assetdetail.40822.html>

Bundesamt für Statistik, 2020: Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz und der Kantone 2020-2050.

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.

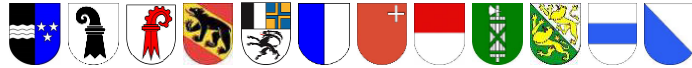
Rubli Stefan, 2016: *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2014*. Umweltämter der Kantone Bern, Thurgau, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.

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.

Rubli Stefan, 2022: *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2020*. Umweltämter der Kantone Aargau, Bern, beide, Basel, 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 virtuellen Prozess aufgenommen und auf die 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».

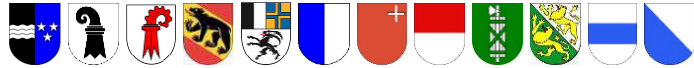
Nr.	Beschreibung des Materialflusses
A12	Anfall Rückbaumaterial aus dem BAUWERK
A15	Anfall Aushub aus dem BAUWERK
A23	Rückbaumaterial, das deponiert wird
A24	Rückbaumaterial, das aufbereitet wird
A29	Rückbaumaterial, das direkt auf der Baustelle verwertet wird (nur im Tiefbau)
A43	Feinfraktion aus der 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

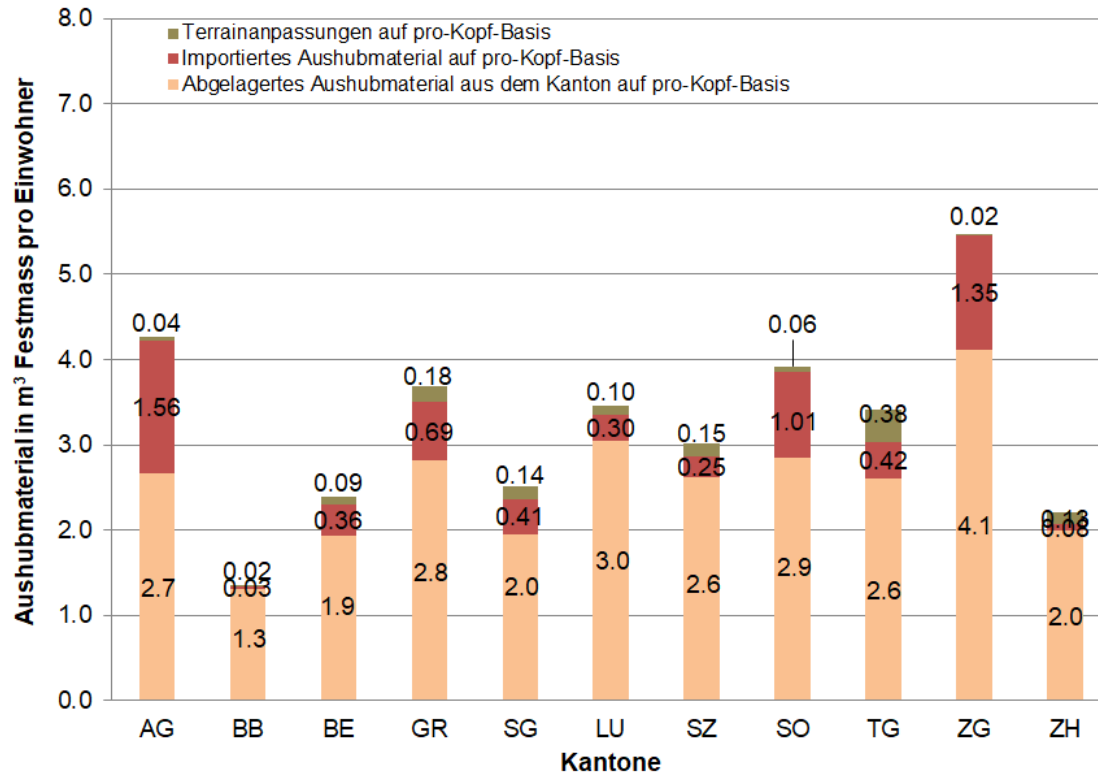
A02	Rückbaumaterial in die Triage Rückbaumaterial
A06	Aushubmaterial zur Triage Aushub
A08	Kies/Sand in die Kies-/Sandaufbereitung
A010	Weitere mineralische Baustoffe zur Aufbereitung

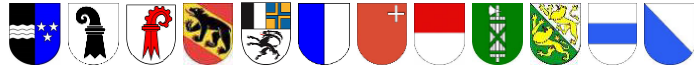
### Materialexporte

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“



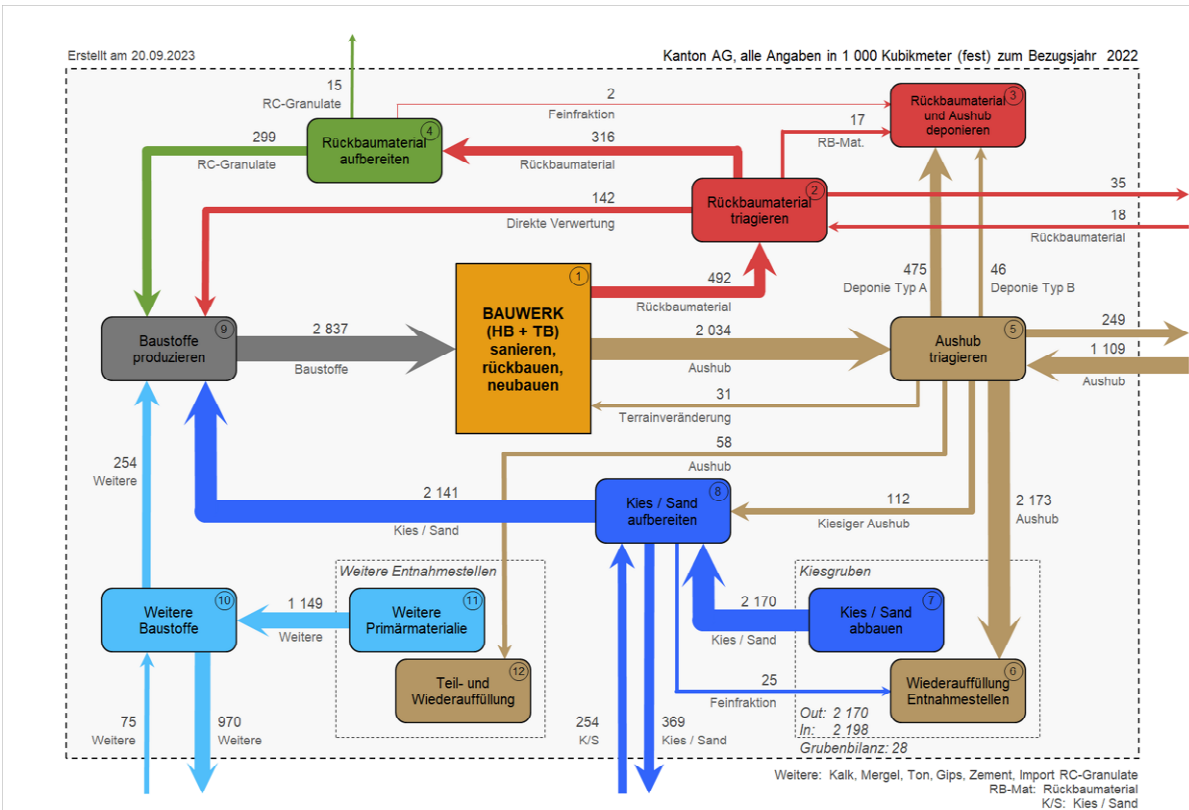
### A.3. Abgelagertes Aushubmaterial aus dem Kanton, importiertes Aushubmaterial und Material in Terrainanpassungen



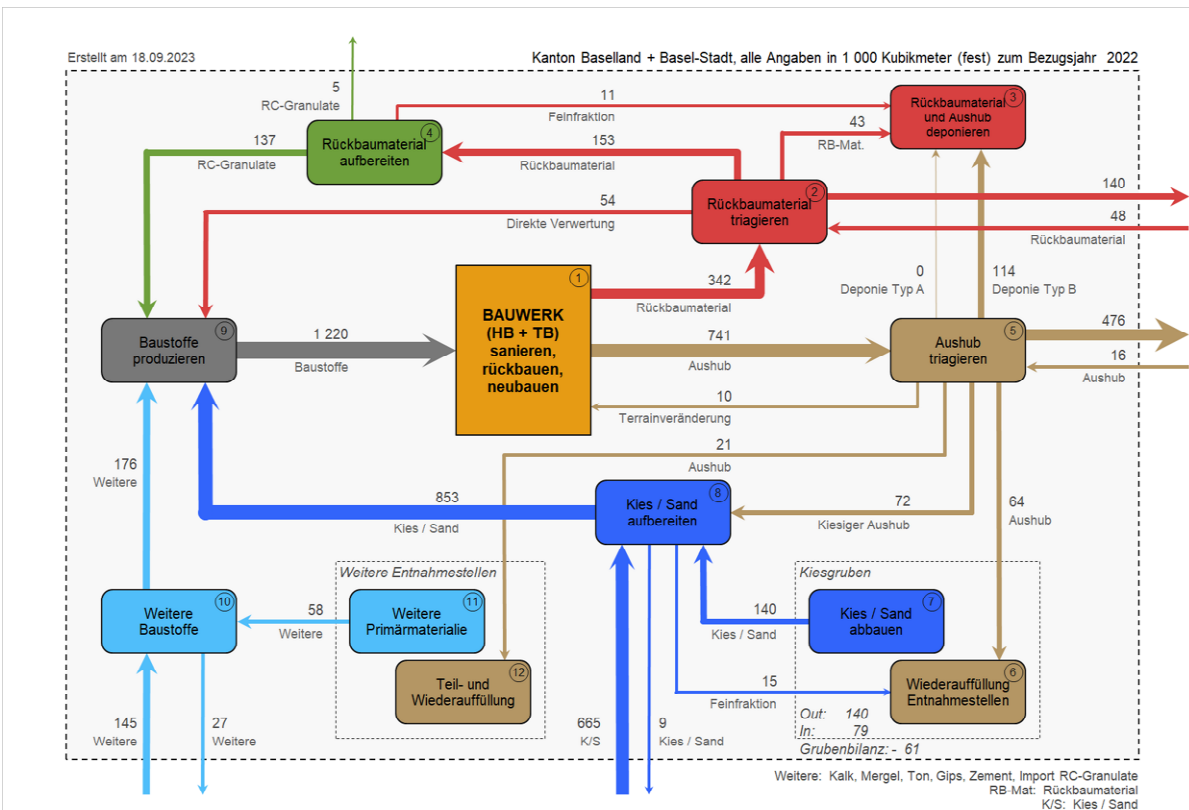


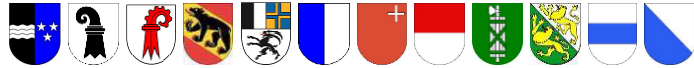
### A.4. Materialflussschemen der einzelnen Kantone

#### Materialflussschema Kanton Aargau (Bezugsjahr 2022)

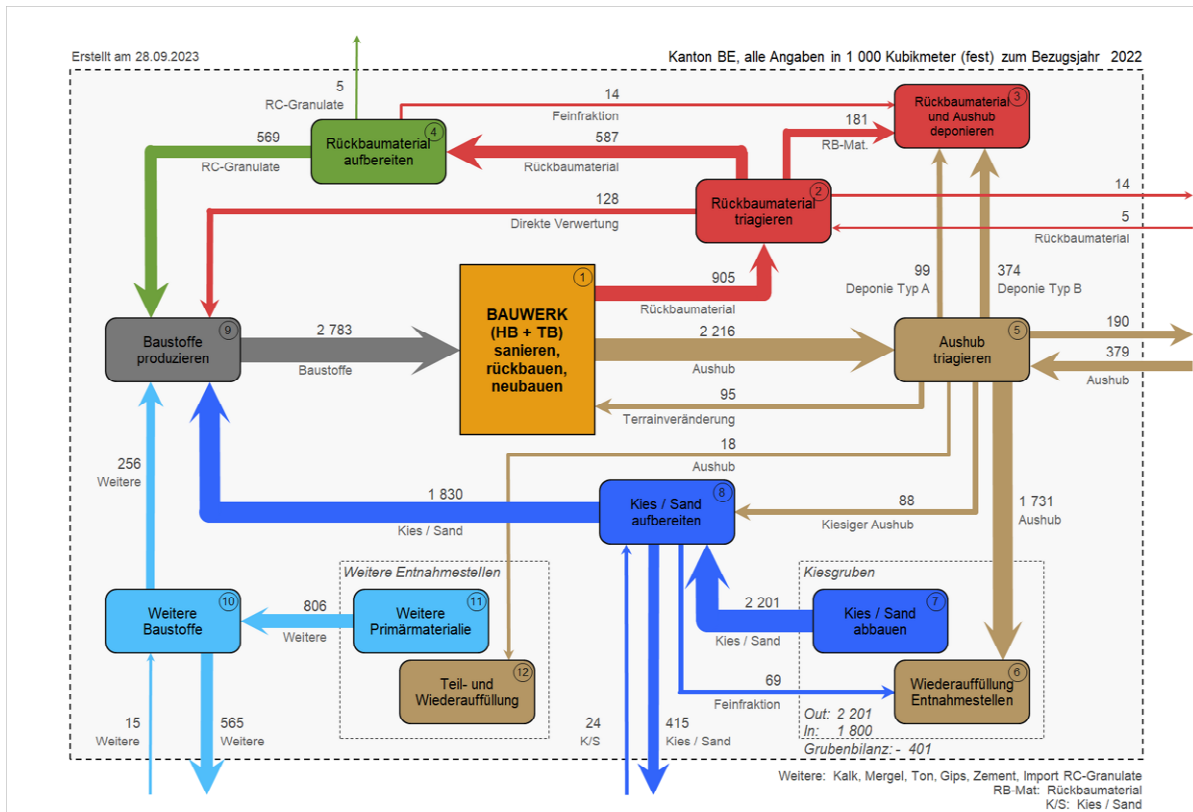


#### Materialflussschema Kanton Basel-Landschaft und Basel-Stadt (Bezugsjahr 2022)

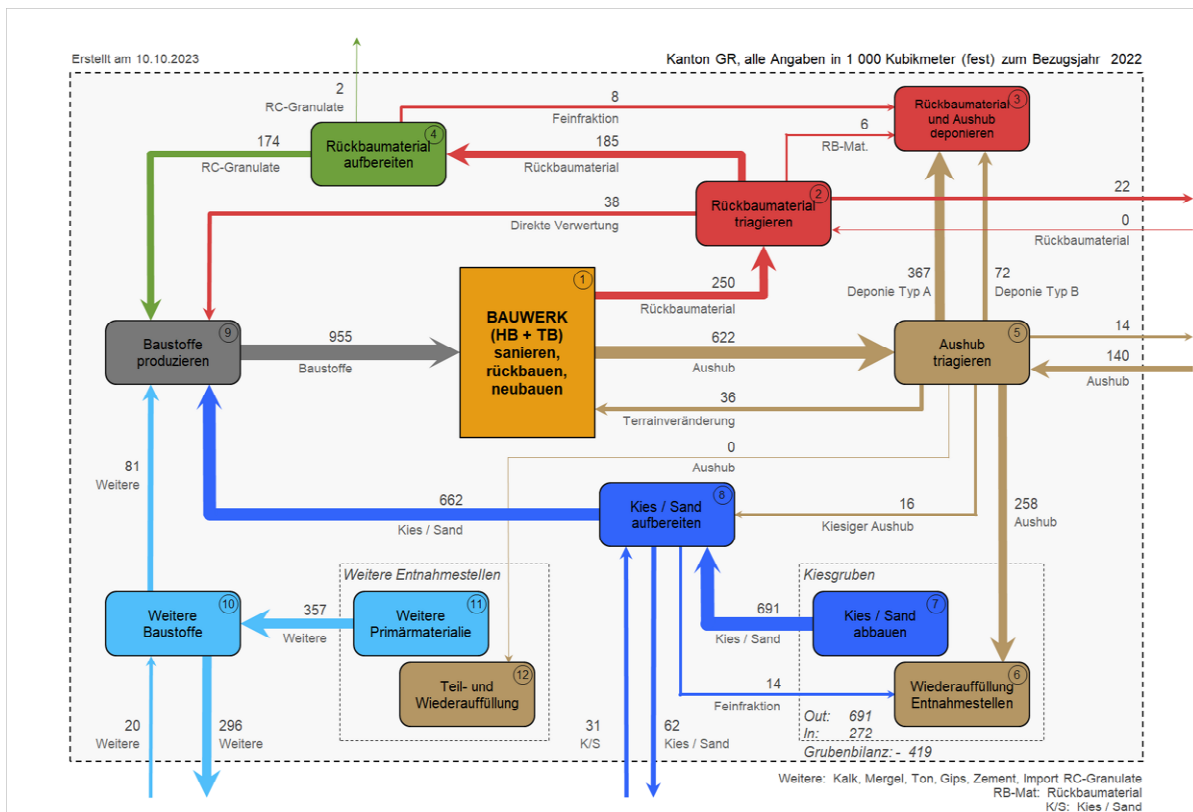




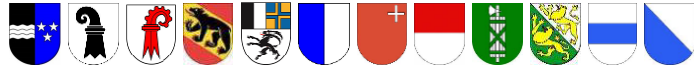
**Materialflussschema Kanton Bern (Bezugsjahr 2022)**



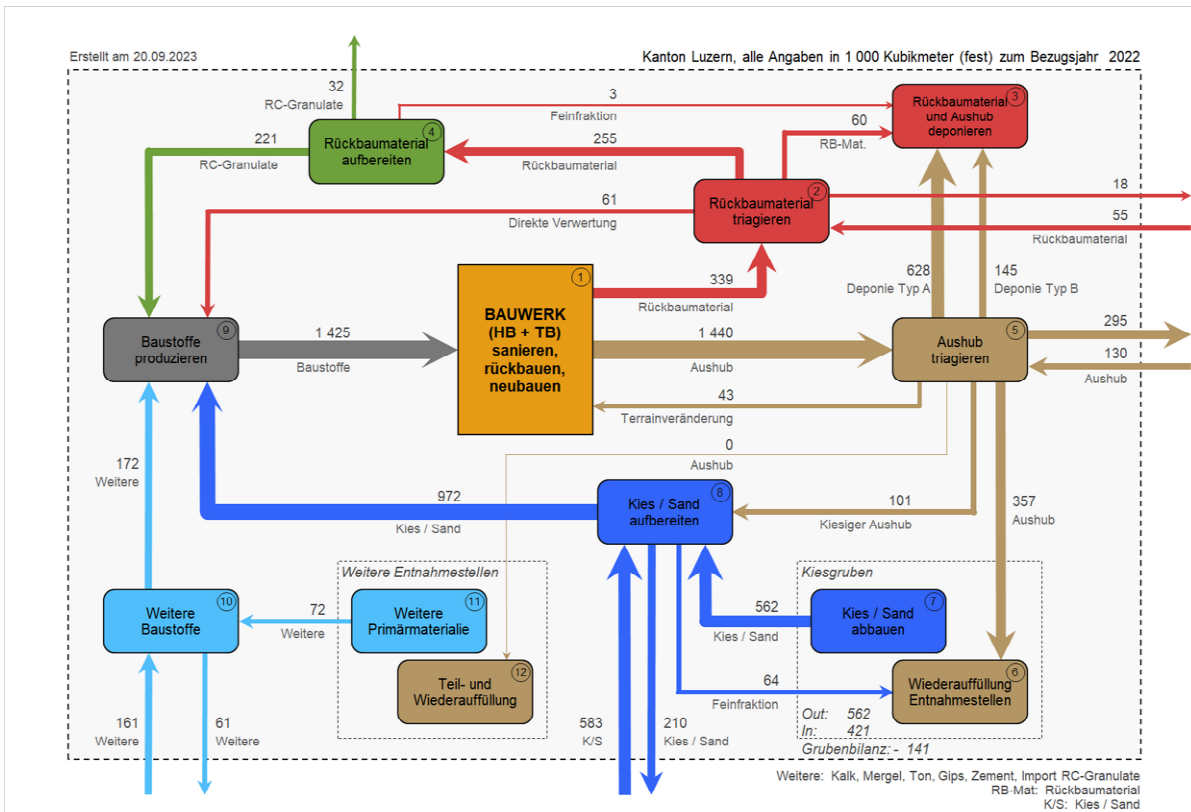
**Materialflussschema Kanton Graubünden (Bezugsjahr 2022)**



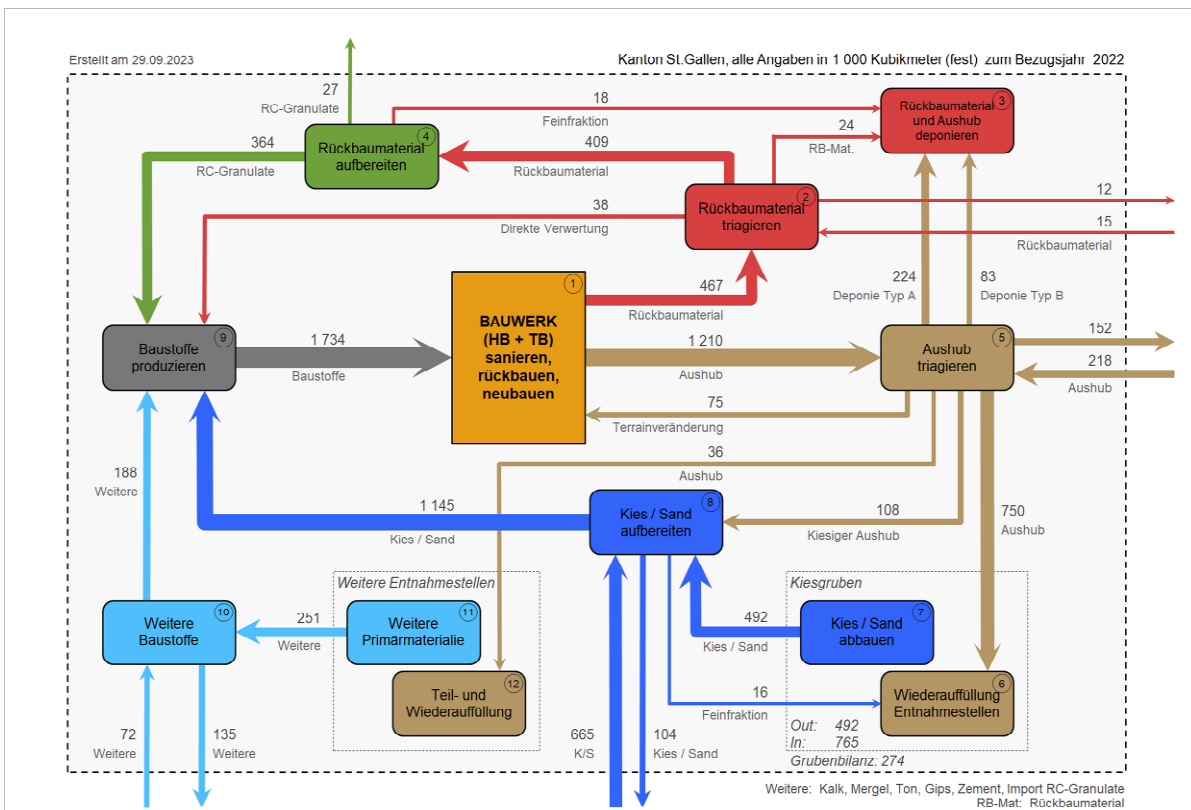


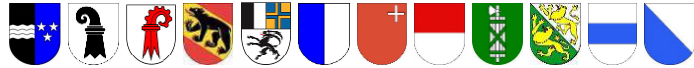


**Materialflussschema Kanton Luzern (Bezugsjahr 2022)**

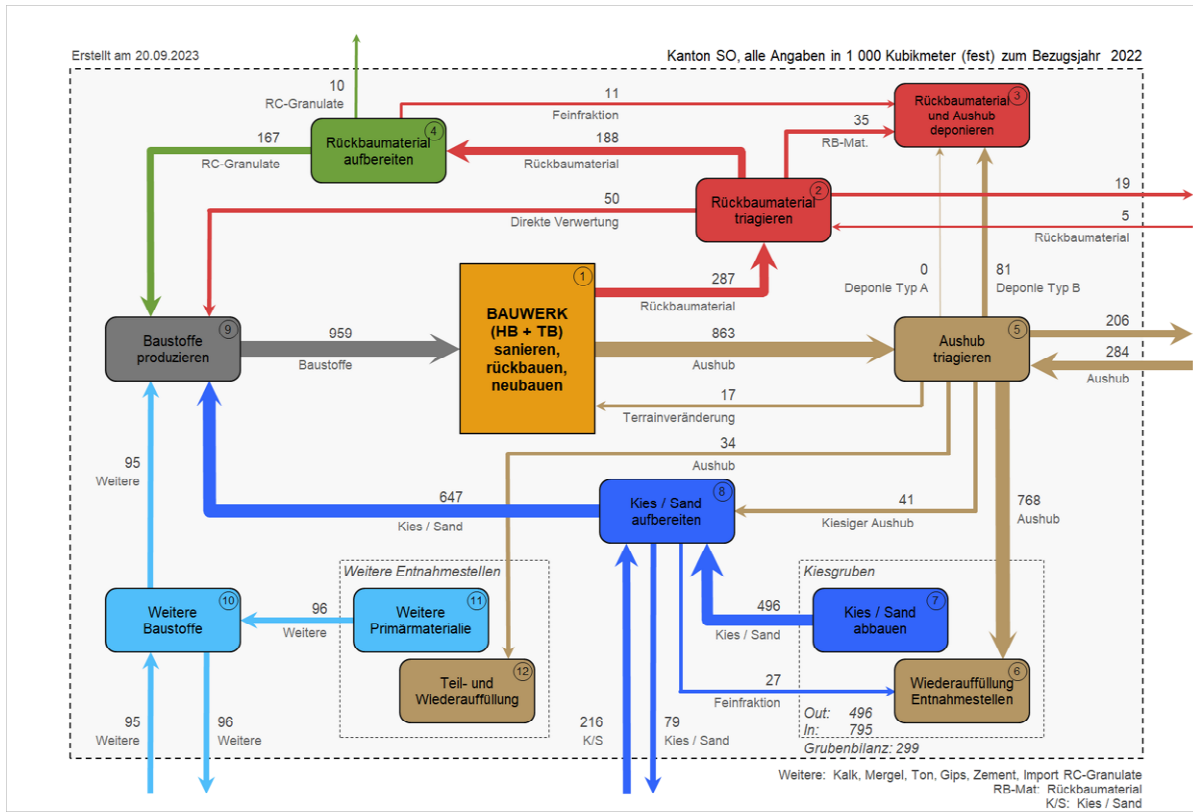


**Materialflussschema Kanton St.Gallen (Bezugsjahr 2022)**

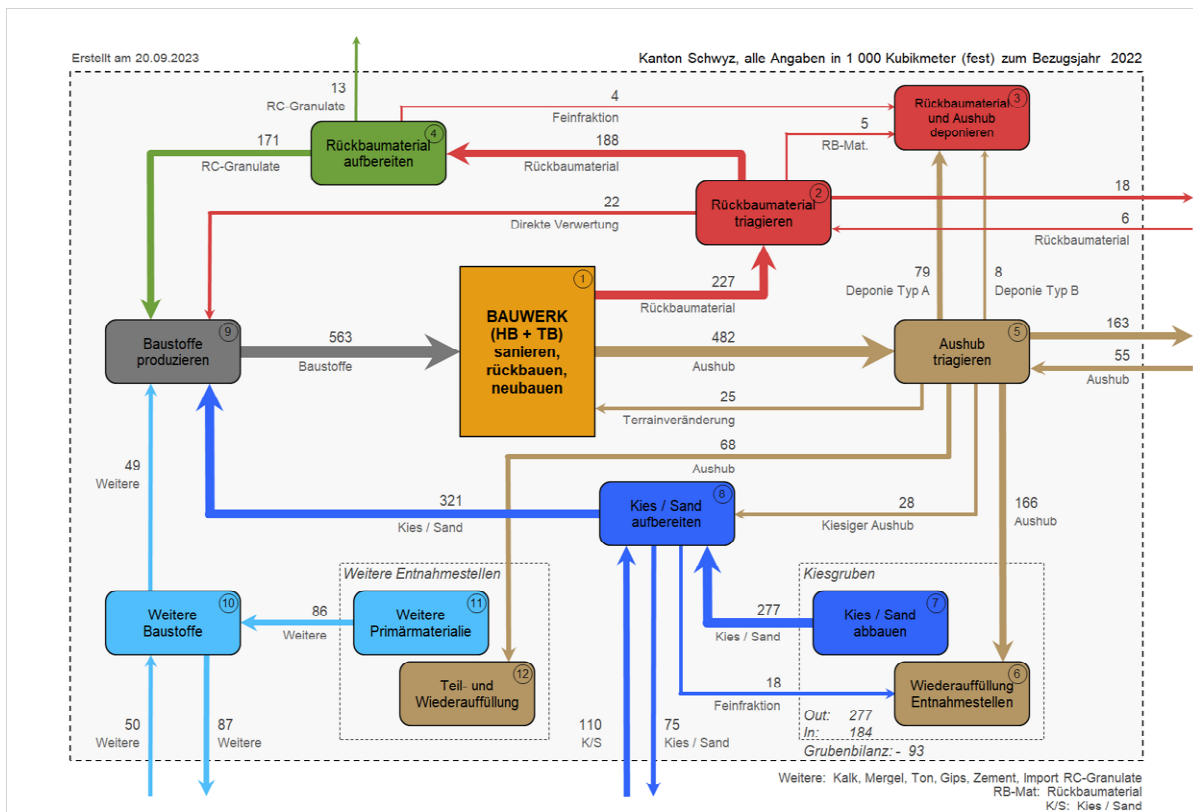




**Materialflussschema Kanton Solothurn (Bezugsjahr 2022)**

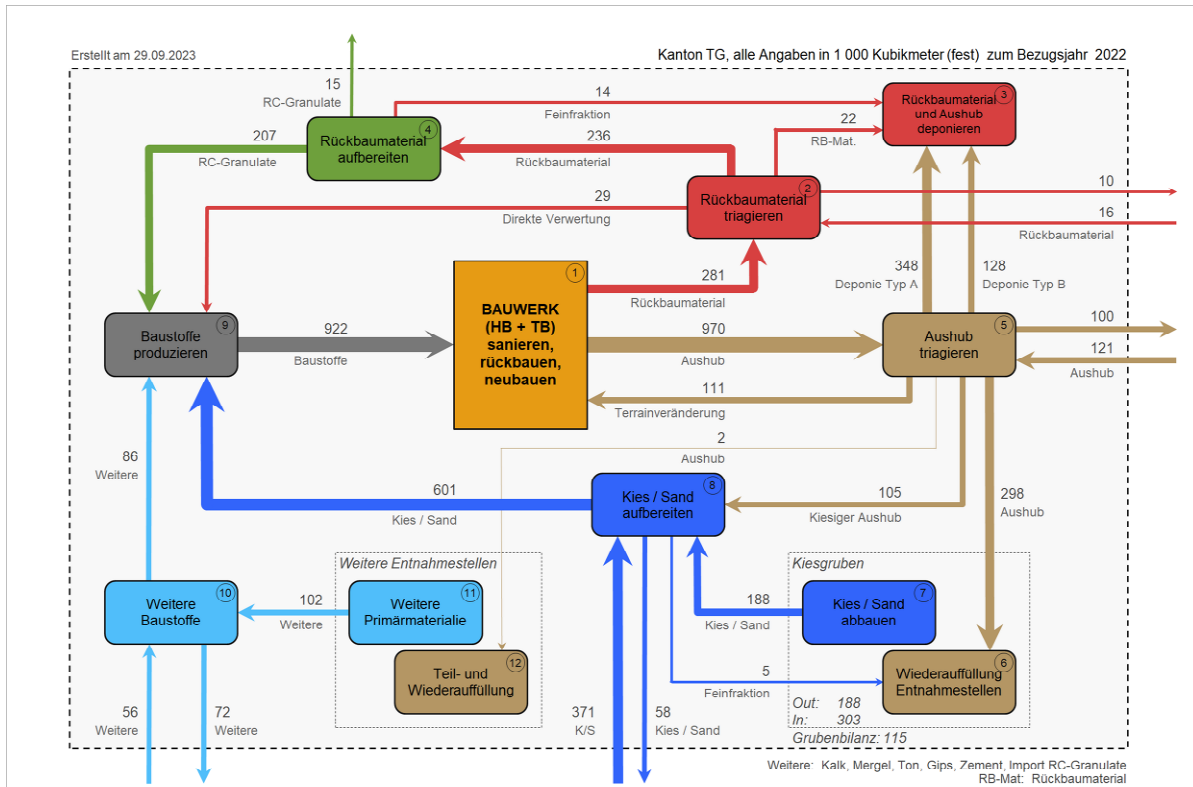


**Materialflussschema Kanton Schwyz (Bezugsjahr 2022)**

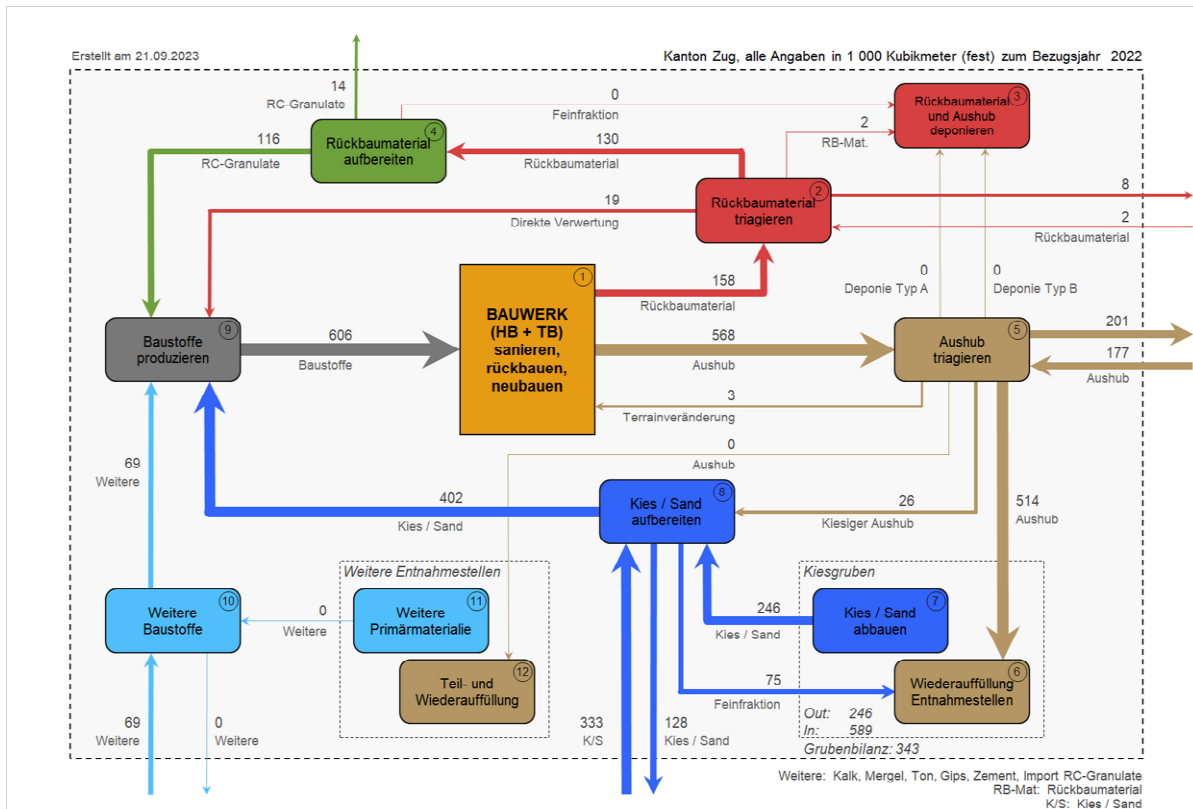


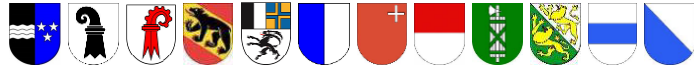


**Materialflussschema Kanton Thurgau (Bezugsjahr 2022)**

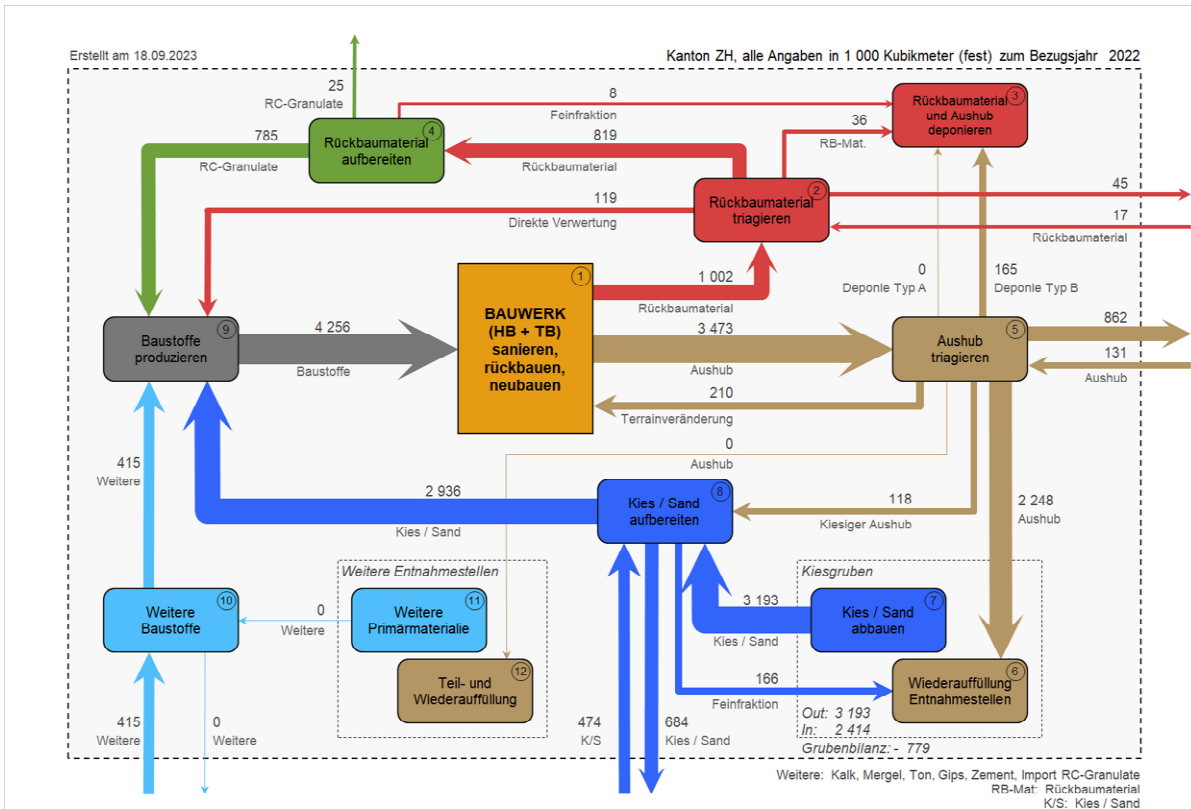


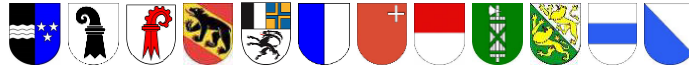
**Materialflussschema Kanton Graubünden (Bezugsjahr 2022)**





**Materialflussschema Kanton Zürich (Bezugsjahr 2022)**





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

Werte nach Ausgleichsrechnung

### I-O-Tabelle Kies

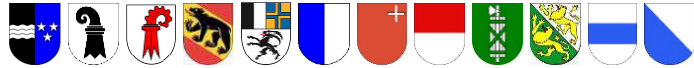
RESULTAT SOLVER															Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.				
SOLVER	AG	BE	GR	LU	SG	SZ	SO	TG	ZG	ZH	BB	Total Exporte 1	Output nach EXTERN	Total Exporte 2, SOLVER	Angaben Exporte Total	Differenz	Abweichung SOLVER zu Modell		
AG	0	1669	0	166163	0	0	25000	0	51059	59118	14400	317409	51906	369316	376000	6684	-1.8%		
BE	6480	0	0	20770	0	0	187346	0	0	7775	96743	319113	95800	414913	397000	17913	4.5%		
GR	0	0	0	0	36200	13043	0	0	0	0	0	49242	12485	61727	61727	0	0.0%		
LU	5521	119	0	0	0	2589	3058	0	183483	15228	0	209999	0	209999	210000	-1	0.0%		
SG	0	0	15048	0	0	3016	0	35121	0	7312	0	60498	43413	103911	103911	0	0.0%		
SZ	0	0	843	791	8027	0	0	0	45651	14805	0	70117	4881	74999	75000	-1	0.0%		
SO	30222	16076	0	25051	0	0	0	0	0	0	0	79349	3	79351	85000	6049	-6.0%		
TG	0	0	0	0	27389	0	0	0	0	24471	0	51860	6140	58000	58000	0	0.0%		
ZG	701	1581	0	9859	0	75092	0	0	0	36837	0	124070	3938	128008	129688	1679	-1.3%		
ZH	30169	4206	0	212835	260051	11461	0	83771	9373	0	0	611866	71654	683520	683522	-2	0.0%		
BB	0	0	0	0	0	0	489	0	0	0	0	489	8752	9241	22000	12759	-58.0%		
<b>Total Import</b>	<b>81093</b>	<b>23652</b>	<b>15891</b>	<b>435469</b>	<b>331666</b>	<b>105201</b>	<b>215893</b>	<b>118892</b>	<b>289566</b>	<b>165546</b>	<b>111143</b>	<b>1894013</b>	<b>288974</b>	<b>2192986</b>	<b>2201848</b>	<b>44658</b>	<b>-0.4%</b>		
Importe aus EXTERN	172776	675	15109	147836	333333	4800	489	252108	43761	308042	553906	1832835							
<b>Total Importe 2, SOLVER</b>	<b>253869</b>	<b>24327</b>	<b>31000</b>	<b>583305</b>	<b>665000</b>	<b>110001</b>	<b>216382</b>	<b>371000</b>	<b>333327</b>	<b>473588</b>	<b>665049</b>	<b>3726847</b>							
<b>Angaben Importe Total</b>	<b>253869</b>	<b>24217</b>	<b>31000</b>	<b>566322</b>	<b>665000</b>	<b>110000</b>	<b>215000</b>	<b>371000</b>	<b>333327</b>	<b>473588</b>	<b>665049</b>	<b>3708372</b>							
Differenz Zeilen	0	110	0	16383	0	1	1382	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18479		
Differenz Spalten	6584	17913	0	1	0	1	5549	0	1673	2	12759	44589	63167	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER					
<b>Abweichung SOLVER zu Modell</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.5%</b>	<b>0.0%</b>	<b>3.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.6%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.5%</b>							

### I-O-Tabelle Aushubmaterial

RESULTAT SOLVER															Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.				
SOLVER	AG	BE	GR	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	23123	0	40554	0	0	85000	2803	837	29006	6566	187889	60897	248586	238667	9919	4.2%		
BE	2533	0	0	2872	0	0	165000	0	0	0	0	190405	0	190405	188001	2404	1.3%		
GR	0	0	0	0	14133	0	0	0	0	0	0	14133	0	14133	13740	393	2.9%		
LU	192745	5793	0	0	0	7428	1033	0	60620	9669	0	277287	16851	294137	289885	4252	1.5%		
SG	0	0	85517	0	0	4428	0	47009	0	9669	0	146623	5824	152447	148000	4447	3.0%		
SZ	32287	0	8855	19648	35806	0	0	0	59347	9669	0	161590	1529	163120	160948	2171	1.3%		
SO	16251	172730	0	0	0	0	0	0	0	0	3723	201383	2532	204015	203495	620	0.3%		
TG	0	0	0	0	60330	0	0	0	0	0	4000	0	64330	35662	100000	0	0.0%		
ZG	109614	0	0	68310	0	13799	0	0	0	9669	0	201392	0	201392	195768	5624	2.9%		
ZH	626967	40050	12229	307	61994	8428	5162	53835	55125	0	0	864098	926	865024	850000	15024	1.8%		
BB	128562	66324	0	0	0	0	4070	1318	0	9202	0	210076	266239	476315	476315	0	0.0%		
<b>Total Import</b>	<b>1107947</b>	<b>308620</b>	<b>106602</b>	<b>127692</b>	<b>172261</b>	<b>34083</b>	<b>280265</b>	<b>104965</b>	<b>175929</b>	<b>90552</b>	<b>10289</b>	<b>2519205</b>	<b>390360</b>	<b>2909565</b>	<b>2864820</b>	<b>44745</b>	<b>1.6%</b>		
Importe aus EXTERN	5280	70822	33068	1825	45621	7200	4071	15980	661	40702	5426	230636							
<b>Total Importe 2, SOLVER</b>	<b>1113207</b>	<b>379442</b>	<b>139670</b>	<b>129517</b>	<b>217882</b>	<b>41283</b>	<b>284336</b>	<b>120945</b>	<b>176589</b>	<b>131253</b>	<b>15715</b>	<b>2749841</b>							
<b>Angaben Importe Total</b>	<b>1113208</b>	<b>380103</b>	<b>141897</b>	<b>129882</b>	<b>217971</b>	<b>42500</b>	<b>295000</b>	<b>120993</b>	<b>176648</b>	<b>0</b>	<b>15873</b>	<b>2634074</b>							
Differenz Zeilen	1	660	2227	365	89	1217	10664	48	88	131253	158	146740	191502	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER					
Differenz Spalten	9919	2404	393	4252	4447	2171	520	8	5524	15024	0	44763							
<b>Abweichung SOLVER zu Modell</b>	<b>0.0%</b>	<b>-0.2%</b>	<b>-1.6%</b>	<b>-0.3%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-2.9%</b>	<b>-3.6%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>-1.0%</b>	<b>4.4%</b>							

### I-O-Tabelle Rückbaustoffe

RESULTAT SOLVER															Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.				
SOLVER	AG	BE	GR	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	788	0	17729	0	0	63	0	19	2363	6822	27783	6823	34606	30000	4606	15.4%		
BE	142	0	0	670	0	0	1276	0	0	0	6000	7387	5501	13488	15000	1612	-10.1%		
GR	0	0	0	0	5232	0	0	0	0	0	0	5232	16567	21800	21799	1	0.0%		
LU	5000	787	0	0	0	952	315	0	290	2363	0	9707	8631	18338	18000	338	1.9%		
SG	0	0	250	0	0	1286	0	8307	0	1063	0	10906	943	11849	18000	6151	-34.2%		
SZ	0	0	0	4211	2087	0	0	0	187	739	0	7224	10914	18138	18138	0	0.0%		
SO	1975	1313	0	9764	0	0	0	0	0	0	3091	15742	3092	10633	10000	633	6.3%		
TG	0	0	0	0	5304	0	0	0	0	4304	0	9609	454	10063	10000	63	0.6%		
ZG	142	0	0	4710	0	1286	0	0	0	1063	0	7201	943	8144	8900	358	-4.2%		
ZH	2126	0	0	15408	2126	1286	425	7511	1004	0	7419	37304	7696	45001	45000	1	0.0%		
BB	0	0	0	0	0	0	1472	0	0	0	0	1472	138266	139738	139738	0	0.0%		
<b>Total Import</b>	<b>8985</b>	<b>2888</b>	<b>250</b>	<b>52391</b>	<b>14749</b>	<b>4809</b>	<b>3551</b>	<b>15818</b>	<b>1901</b>	<b>11895</b>	<b>23332</b>	<b>140167</b>	<b>199832</b>	<b>339999</b>	<b>342175</b>	<b>13853</b>	<b>-0.6%</b>		
Importe aus EXTERN	9409	1772	0	2653	425	1286	1473	182	0	5281	24683	47163							
<b>Total Importe 2, SOLVER</b>	<b>18394</b>	<b>4659</b>	<b>250</b>	<b>55044</b>	<b>15175</b>	<b>6094</b>	<b>5024</b>	<b>16000</b>	<b>1501</b>	<b>17176</b>	<b>48014</b>	<b>187331</b>							
<b>Angaben Importe Total</b>	<b>22000</b>	<b>13000</b>	<b>250</b>	<b>55044</b>	<b>17000</b>	<b>10000</b>	<b>10000</b>	<b>16000</b>	<b>1500</b>	<b>32000</b>	<b>48014</b>	<b>224808</b>							
Differenz Zeilen	3805	8341	0	0	1825	3906	4976	0	1	14824	0	37480	51340	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER					
Differenz Spalten	4606	1512	0	338	6151	0	833	63	356	1	0	13805							
<b>Abweichung SOLVER zu Modell</b>	<b>-16.4%</b>	<b>-64.2%</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-10.7%</b>	<b>-39.1%</b>	<b>-49.8%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-46.3%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-16.7%</b>							



## A.6 Verwendete Dichten und Umrechnungsfaktoren

Material	Dichte (fest)	Umrechnung	Dichte (lose)
	t/m <sup>3</sup>	fest -> lose	t/m <sup>3</sup>
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