

# **KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2014**

**Mai 2016**

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 Bern, Thurgau  
Solothurn, St. Gallen, Zug und Zürich

## Bericht

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

## Grafiken (Abbildungen. 2-4)

Martin Schneider  
Tinu Schneider Datenanalyse  
3600 Thun

## Projektgruppe

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

## Begleitgruppe

Fabian Blaser (Departement Bau, Verkehr  
und Umwelt, Kanton Aargau),  
Oliver Steiner (Amt für Wasser und Abfall  
des Kantons Bern),  
Christian Sieber, (AWEL),  
Andy Lancini (Umwelt und Energie Kanton Luzern),  
Bernhard Brunner (Amt für Umweltschutz Kanton Zug),  
Stefan Rüegg (Amt für Umweltschutz Kanton Schwyz),  
Martin Moser (Amt für Umwelt Kanton Solothurn),  
Peter Schadegg (Amt für Umwelt Kanton Thurgau),  
Daniela Marugg (Amt für Umwelt und  
Energie Kanton St. Gallen),  
David Hiltbrunner (Bundesamt für Umwelt),  
Josef Wanner (ILU)

## Bezug

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

Download als pdf über:

Google: KAR-Modell - Modellierung der Bau-,  
Rückbau- und Aushubmaterialflüsse:  
Nachführung 2014

Zürich, Mai 2016



## Zusammenfassung

Das Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialfluss-Modell (KAR-Modell) wird seit dem Jahr 2012 von den Kantonen Aargau, Bern, Luzern, Schaffhausen, Solothurn, Schwyz, St.Gallen, Thurgau, Zug und Zürich und vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) in unterschiedlicher Zusammensetzung finanziert, weiterentwickelt und nachgeführt. Die mittlerweile breite Anwendung sowie die einheitliche Erhebung der Materialflüsse in den 10 Kantonen und auf Bundesebene erlauben die Abschätzung der interkantonalen Materialflüsse sowie die Modellierung der wichtigsten Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse in den einzelnen Kantonen.

Die Umweltämter der Kantone BE, SG, SO, TG, ZG und ZH haben eine Nachführung der Modelle für das Bezugsjahr 2014 durchführen lassen, um die Resultate aus den Modellierungen im statischen Modell mit der modellierten Entwicklung der Materialflüsse (dynamische Modelle) zu vergleichen. Ziel hierbei ist, mit Hilfe der Resultate aus dem statischen Modell die Resultate der dynamischen Modellierung zu validieren und allenfalls zu kalibrieren. Weiter wurde im Rahmen einer Modellerweiterung die Aushubmaterialentsorgung weiter differenziert.

Für die am Projekt beteiligten Kantone ist es teilweise schwierig nachzuvollziehen, welche Materialflüsse im statischen Modell modelliert werden und welche Materialflüsse aus Erhebungen stammen. Deshalb wurden die methodischen Grundlagen nochmals aufgearbeitet. Anhand einer Grafik (Abbildung 1) und erklärenden Kommentaren wird aufgezeigt, welche Materialflüsse erhoben werden und wie der iterative Prozess der Modellierung abläuft. In einer separaten Tabelle sind die zu erhebenden Materialflüsse nach ihrer Relevanz für die Modellierung gegliedert. Diese Angaben dienen als Hilfestellung für die künftigen Erhebungen der Kantone.

Die Nachführung der statischen Modelle ergab die folgenden Erkenntnisse:

- Die in den statischen Modellen gerechneten Baustoffinputflüsse ins Bauwerk und der Aushubanfall aus dem Bauwerk korrespondieren für die Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014 bei den meisten Kantonen recht gut mit den modellierten Entwicklungen der entsprechenden Materialflüsse. Bei den Kantonen Thurgau und Solothurn liegt der Aushubanfall für die Bezugsjahre 2013 und 2014 relativ deutlich über der modellierten Entwicklung.
- Auch beim Primärmaterialabbau und der Aushubablagerung stimmen die Werte aus dem statischen Modell für die Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014 in allen Kantonen recht gut mit den modellierten Entwicklungen überein. Bei den Kantonen Bern und St. Gallen liegen die Werte beim Primärmaterialabbau für die Bezugsjahre 2013 und 2014 deutlich über (Bern) oder deutlich unterhalb (St.Gallen) der modellierten Entwicklung. Beim Kanton Solothurn sind die entsprechenden Werte bei der Aushubablagerung deutlich zu hoch.
- Bei der jährlichen Differenz „Ablagerung – Abbau“ und der kumulierten Differenz stimmen die modellierten Entwicklungen für die Kantone ZH, BE, TG und ZG relativ gut mit den modellierten Werten der Bezugsjahre 2013 und 2014 überein. Bei den Kantonen St.Gallen und Solothurn ist die Übereinstimmung aufgrund der vermutlich zu tiefen Werte des Startjahres eher schlecht. Im Kanton Solothurn ist der Startwert im Jahr 2010 gar negativ. Dies führt dazu, dass die Entwicklung der kumulierten Differenz in den negativen Bereich fällt und somit in die entgegengesetzte Richtung der Werte der Bezugsjahre 2013 und 2014.



Die Gegenüberstellungen der modellierten Bezugsjahre mit den langfristigen Entwicklungen der Materialflüsse bis ins Jahr 2035 zeigen, dass die Übereinstimmung zwischen den Einzeljahren und der langfristiger Entwicklung in einigen Kantonen noch nicht optimal ist. Sobald die modellierten Materialflüsse von weiteren Einzeljahren vorliegen, können die langfristigen Entwicklungen in den verschiedenen Kantonen angepasst, das heisst, die dynamischen Modelle neu kalibriert werden.



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG</b> .....	<b>7</b>
1.1	Ausgangslage.....	7
1.2	Zielsetzung .....	8
<b>2</b>	<b>METHODEN</b> .....	<b>8</b>
2.1	Verknüpfung der erhobenen und modellierten Materialflüsse.....	8
2.2	Modellierung der Materialflüsse.....	10
2.3	Relevante Materialflüsse für die Modellierung.....	12
2.4	Vergleich der Modellparameter .....	13
<b>3</b>	<b>RESULTATE</b> .....	<b>15</b>
3.1	Baustoffbedarf, Aushub- und Rückbaumaterialanfall .....	15
3.2	Materialflüsse über die Kantonsgrenzen.....	16
3.2.1	Kiesflüsse über die Kantonsgrenzen.....	16
3.2.2	Aushubmaterialflüsse über die Kantonsgrenzen .....	16
3.2.3	Rückbaumaterialflüsse über die Kantonsgrenzen .....	16
3.3	Autarkiegrad bezüglich der Baustoffversorgung und Aushubentsorgung.....	20
3.4	Ausgewählte Materialflüsse auf pro-Kopf-Basis.....	22
3.5	Entwicklung der Materialflüsse bis 2035 .....	24
3.5.1	Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubmaterialanfalls .....	24
3.5.2	Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung.....	26
3.5.3	Kumulierte Differenz zwischen Aushubablagerung und Primärmaterialabbau.....	28
<b>4</b>	<b>DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN</b> .....	<b>30</b>
4.1	Baustoffbedarf und Verwertung der Rückbaumaterialien (RBM).....	30
4.2	Primärmaterialabbau und Aushubentsorgung: Autarkiegrade und Entwicklung.....	30
4.3	Schlussfolgerungen.....	31
<b>5</b>	<b>AUSBLICK</b> .....	<b>32</b>
5.1	Nachführung der statischen Modelle.....	32
5.2	Mitwirkung der Verbände.....	32
5.3	Vorschlag zur Weiterentwicklung .....	32
<b>6</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>32</b>
	<b>ANHANG</b> .....	<b>35</b>
A.1.	Materialflussschemen der einzelnen Kantone .....	35
A.2	Input-Output-Tabellen für Kies, Aushub- und Rückbaumaterial.....	41



## Glossar

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

## Definitionen

Aushub/Aushubmaterial:	Oftmals wird bei der Entsorgung von Aushub keine Unterscheidung zwischen Bodenaushub und Aushub gemacht. Im vorliegenden Bericht entsprechen die angegebenen Volumen dem gesamten Aushub, das heisst, der Summe von A-, B- und C-Horizont.
Terrainverschiebungen:	Bei den Terrainverschiebungen handelt es sich um die Verschiebung von Aushubmaterial von einer Bauparzelle in eine Deponie bzw. Rekultivierung. Bodenverschiebungen innerhalb einer Bauparzelle und Bodenverschiebungen von einer Baustelle auf eine andere Baustelle werden meistens nicht erfasst und sind nicht vollständig berücksichtigt. Die angegebenen Volumina bei den Terrainveränderungen dürften in den Modellen deshalb eher unterschätzt sein.
Baustoffe:	Der Begriff Baustoffe beinhaltet Kies und Sand als Hauptkomponenten. Die Beiträge von Zement (bzw. Kalk(Mergel) und Backsteinen, Kalksandsteinen und Ziegeln (bzw. Tonmineralabbau) zu den Baustoffflüssen sind grob abgeschätzt. In Kantonen mit Kalk/Mergel- und Tonmineralabbau gelangt ein grosser Teil dieser Materialien in den Exportfluss von Baustoffen.



## 1 Ausgangslage und Zielsetzung

### 1.1 Ausgangslage

Die Kantone Aargau, Bern, Luzern, St.Gallen, Schaffhausen, Solothurn, Schwyz, Thurgau, Zug und Zürich haben ein Modell entwickeln lassen, mit dem die Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse in den einzelnen Kantonen auf jährlicher Basis beschrieben werden können (statisches KAR-Modell). Zudem lassen sich mit dem dynamischen Teil des Modells Szenarien bis 2035 auf der Basis der Bevölkerungsentwicklung rechnen. Im dynamischen Modellteil ist dies so implementiert, dass die Änderung des Wachstums der Bevölkerungsentwicklung für die Neubaurate massgebend ist. Die Entwicklung der Sanierungs- und Rückbauraten hängen hingegen von der Entwicklung des Bestandes des Bauwerks und damit nicht von der Bevölkerungsentwicklung ab (dynamisches KAR-Modell).

Die Modellierungen von Entwicklungsszenarien ermöglichen ein proaktives Vorgehen bei der Steuerung der Materialflüsse sowie bei der Planung entsprechender Deponie- und Verwertungskapazitäten in den einzelnen Kantonen.

Das Modell wurde und wird ständig weiterentwickelt. Es beteiligen sich nicht jedes Jahr alle Kantone an der Modellnachführung, aber alle am Projekt beteiligte Kantone stellen jedes Jahr die Daten aus den Erhebungen zu den Materialflüssen zur Verfügung. In der Tabelle 1 sind zur Übersicht die Modellentwicklungsschritte sowie die jeweils an den Projekterweiterungen und Modellnachführungen beteiligten Kantone aufgeführt.

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

Modellversion	Modellinhalt und Erweiterungen	Bezugsjahr stat. Modell	Beteiligte Kantone	Berichte zum Modell
Version 1	- Entwicklung Basismodell	2010	AG, SH, SZ, SO, SG, TG, ZG, ZH	Rubli, 2012
Version 2	- Zentralisierung Modell. - Reduktion Sensivität des Modells bezgl. Bevölkerungsentwicklung mittels Dämpfungsfunktionen. - Neuvalidierung mit Datenreihen von 1995 - 2010 von zwei Kantonen. - Automatisierung und Integration BFS-Bevölkerungsentwicklungsszenarien in Szenarienrechnung. - Nachführung Bezugsjahr 2013	2013	BE, LU, SO, SG, TG, ZG, ZH	Rubli, 2015
Version 3	- Differenzierung der Aushubmaterialflüsse in Rekultivierung, Aushub- und Inertstoffdeponien. - Nachführung Bezugsjahr 2014	2014	BE, SO, SG, TG, ZG, ZH	Rubli, 2016 (vorliegender Bericht)

Neben der Nachführung des Bezugsjahres 2014 wurde das statische Modellteil leicht ausgebaut. Neu können die Aushubmaterialflüsse in die Rekultivierung sowie in die Aushub- und Inertstoffdeponien im statischen Modell bzw. im Materialflussdiagramm differenziert dargestellt werden. Diese Zusatzinformationen sind wichtig für die Planung der Deponierungskapazitäten.



## 1.2 Zielsetzung

Die am Projekt teilnehmenden Kantone haben entschieden, dass eine jährliche Nachführung der Modelle sinnvoll ist, um diese zu validieren (siehe Protokoll zur Sitzung vom 18. Juni 2014). Es geht dabei insbesondere darum, die modellierte Entwicklung der Materialflüsse (dynamische Modellierungen) möglichst gut in Übereinstimmung mit den „realen“ Materialflüssen zu bringen.

Weiter soll das Modell je nach Bedarf ergänzt oder erweitert werden. Daraus ergeben sich die folgenden Ziele:

- Nachführung des Bezugsjahres 2014
- Anpassung des Modells: Differenzierung der Aushubmaterialflüsse

## 2 Methoden

Die methodischen Grundlagen und der Aufbau des Modells (statischer und dynamischer Teil) sind in den zwei vorangegangenen Berichten ausführlich beschrieben (Rubli, 2012 und Rubli, 2015). Dennoch ist den Projektbeteiligten oftmals nicht ganz klar, welche Materialflüsse modelliert sind und welche Materialflüsse erhoben werden und wie diese Werte in das Modell einfließen. Aus diesem Grund wird in den nachfolgenden Kapiteln zunächst auf diesen Aspekt vertieft eingegangen.

Im Anschluss werden in einem weiteren Kapitel die wichtigsten Modellparameter der an der Modellierung beteiligten Kantone aufgeführt und miteinander verglichen.

### 2.1 Verknüpfung der erhobenen und modellierten Materialflüsse

Die Datenlage bezüglich den Materialflüssen unterscheidet sich von Kanton zu Kanton. Einige Kantone verfügen über sehr detaillierte Daten, andere wiederum können nur relativ wenige Daten zu den Materialflüssen zur Verfügung stellen. Trotzdem sollen und können für alle beteiligten Kantone Modelle erstellt werden. Grundsätzlich gilt: Je mehr Angaben von den Kantonen zu den Materialflüssen gemacht werden können, umso besser stimmen die modellierten Teilflüsse mit den realen Materialflüssen überein.

Wie ist es nun möglich, trotz unterschiedlichen Angaben zu den Materialflüssen einheitliche und konsistente Modelle zu erstellen? Es gibt verschiedene Gründe dafür:

1. Es stehen für jeden Kanton die Grundlagedaten zum Gebäudepark und zur Infrastruktur zur Verfügung. Damit können der Gebäudepark und die Infrastruktur materialisiert und die Materiallager abgeschätzt werden. Über die Neubau-, Sanierungs- und Rückbauraten können die Materialflüsse in das und aus dem Bauwerk (Hoch- und Tiefbau) gerechnet werden.
2. Die Kantone machen Angaben zu den Materialimporten und, wenn möglich, auch zu den Exporten. Diese Angaben werden in Input-Output-Tabellen (IOT) bearbeitet. Oft verfügen die Kantone nur über unvollständige Informationen zu den Materialimporten und beinahe über keine Informationen zu den Materialexporten. Mittels der Angaben der umliegenden Kantone und weiteren Schätzungen können aber dennoch die kantonsübergreifenden Materialflüsse abgeschätzt werden. Dabei werden die angegebenen Werte zu den



Materialimporten und -exporten mit Unsicherheitsbereichen versehen. Mittels Ausgleichsrechnungen werden anschliessend im überregionalen KAR-Modell die Materialimporte/-exporte für die einzelnen Kantone gerechnet. Diese Werte werden anschliessend in die statischen Modelle eingelesen.

- Mittels iterativem Vorgehen werden nun die Modellparameter so verändert, dass die modellierten Materialflüsse möglichst gut mit den angegebenen Materialflüssen übereinstimmen (Validierung der Daten). Hier ist nun entscheidend, wie gut die Datengrundlagen zu den Materialflüssen sind. Je mehr bekannte Materialflüsse vorhanden sind, umso realitätsnaher sind die modellierten Teilmaterialflüsse im System.

Anhand des Materialflussschemas in der Abbildung 1 wird erläutert, welche Materialflüsse modelliert werden, welche Flüsse aus den IOT stammen und welche Flüsse auf den Angaben der Kantone basieren. Die Materialflüsse sind wie folgt differenziert (Legende zur Abbildung 1):

Legende zu Abbildung 1:

	Modellierte Materialflüsse: über Neubau-, Sanierungs- und Rückbauratzen, über Bilanzierung der Prozesse (P2 und P9) und über Schätzung (direkte Verwertung).
	Materialflüsse werden angegeben und über Parameter daran angenähert.
	Materialflüsse aus Input-Output-Tabellen (über Ausgleichsrechnungen).
	a). Falls Angaben zu Materialflüssen bekannt: Annäherung mittels Modellparameter. b). Materialflüsse unbekannt: modelliert über geschätzte Modellparameter.

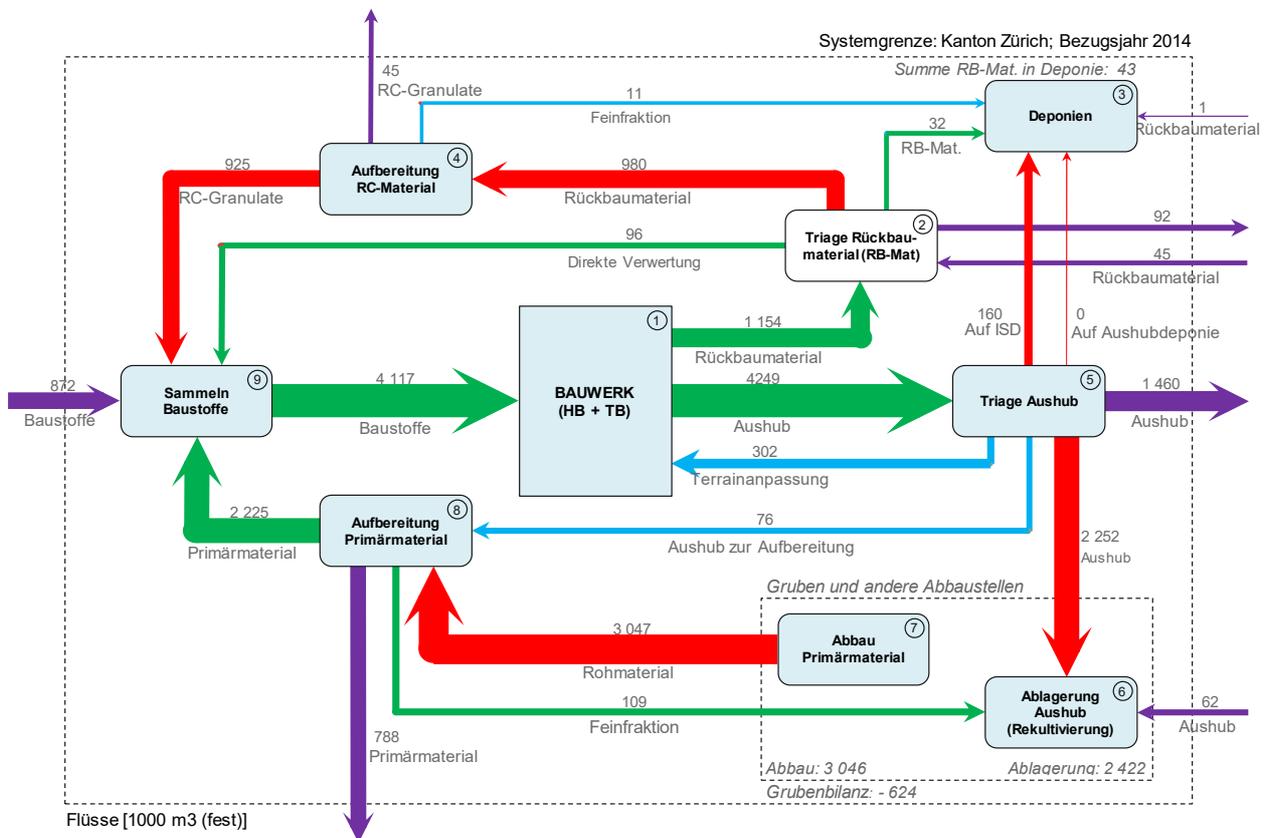


Abbildung 1: Beispiel des Materialflussschemas des Kantons Zürich.



### 1. Modellierte Materialflüsse → Grüne Pfeile:

Der Baustoffinput ins Bauwerk sowie der Aushub- und Rückbaumaterialoutput aus dem Bauwerk ergeben sich aus den Neubau-, Sanierungs- und Rückbauraten. Diese Raten werden aus Datengrundlagen zur Bevölkerungsentwicklung sowie zur Bautätigkeit abgeleitet (Statistiken, Studien, eigene Abschätzungen). Für die beiden Materialflüsse A86 (Feinfraktion) und A29 (direkte Verwertung) liegen meist keine Daten vor. Aus diesem Grund werden diese Materialflüsse über die Festlegung entsprechender Parameterwerte abgeschätzt. Die Materialflüsse A89 (Primärmaterial) und A32 (Rückbaumaterial in Deponie) ergeben sich aus der Bilanzierung der Prozesse P8 und P2.

### 2. Bekannte Materialflüsse → Rote Pfeile:

Die Materialflüsse zur Aushubablagerung in Kiesgruben (Rekultivierung), in Aushubdeponien und Inertstoffdeponien (ISD) sind meistens bekannt, wobei die Mengen der zwei letzteren Flüsse direkt (d.h. ohne Parametrisierung) ins Modell eingelesen werden. Ebenfalls bekannt sind oftmals die Materialflüsse in die und aus der Bauschutttaufbereitung. Ebenfalls sehr wichtig ist der Rohmaterialabbau (A78). Dieser Materialfluss muss immer bekannt sein und deshalb angegeben werden. Das Modell ist so aufgebaut, dass dieser Materialfluss in Abhängigkeit aller anderen Parameter modelliert wird. Das heisst, im Rahmen der Modellierung wird versucht, die Modellparameter so einzustellen, dass der modellierte Materialfluss A78 möglichst nahe am erhobenen Rohmaterialabbau liegt. Die Abweichung zwischen dem modellierten und erhobenen Rohmaterialabbau soll dabei immer kleiner als 5% sein.

### 3. Materialflüsse aus den IOT → Violette Pfeile:

Diese Materialflüsse stammen aus den Input-Output-Tabellen. Die Daten stammen somit von den einzelnen Kantonen und werden dann über die Ausgleichsrechnungen abgeschätzt (siehe Beschreibung oben). Damit können sich die Importe und Exporte im Modell etwas von den angegebenen Werten der Kantone unterscheiden.

### 4. Bekannte oder modellierte Materialflüsse → Blaue Pfeile:

Einige Kantone erheben Daten zu den Terrainanpassungen, zur Aushubaufbereitung (kiesiger Aushub) und zum Anfall der Feinfraktion aus der Bauschutttaufbereitung. Andere Kantone führen keine diesbezüglichen Erhebungen durch. Dort werden diese Materialflüsse über die entsprechenden Parameter abgeschätzt. Die blau markierten Pfeile bedeuten deshalb, dass die Materialflüsse entweder bekannt sind oder vom Modellierer abgeschätzt werden müssen.

## 2.2 Modellierung der Materialflüsse

Die Modellierung des statischen Systems erfolgt in einem iterativen Vorgehen. Dabei werden die Modellparameter so verändert bis eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen modellierten und erhobenen Materialflüssen erreicht wird. Um die Güte der Übereinstimmung zu sehen, dient eine im Modell integrierte Tabelle. Diese entspricht der Tabelle 2 (Kantons Zürich, Bezugsjahr 2014). In der Tabelle ist zu erkennen, dass die Differenzen der ersten acht Materialflüsse jeweils 0% entsprechen. Der Grund dafür ist, dass diese Daten aus den Input-Output-Tabellen stammen



und ohne weitere Änderungen ins statische Modell integriert werden. Bei den anderen Materialflüssen sind die Abweichungen zwischen modellierten und erhobenen Materialflüssen zu erkennen. Die Materialflüsse werden bei der Modellierung so optimiert, dass die Abweichungen bei den Materialflüssen A78 (Abbau Primärmaterial) und „Summe Ablagerung sauberer Aushub“ möglichst gering sind.

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 Zürich.

Vergleich Modell-Daten		Modell	Daten	Differenz Modell bzgl. Daten in Prozent
		1000m <sup>3</sup> (fest)	1000m <sup>3</sup> (fest)	
A09	Import Baustoffe	872	872	0.0
A02	Import Rückbaumaterial (in Triage)	45	45	0.0
A03	Import Rückbaumaterial (in Deponie)	1	1	0.0
A06	Import Aushub	62	62	0.0
A20	Export Rückbaumaterial	92	92	0.0
A50	Export Aushub	1'460	1'460	0.0
A40	Export RC-Baustoffe	45	45	0.0
A80	Export Primäre Baustoffe	788	788	0.0
∑	Rückbaumaterial in Deponien	43	43	-1.5
A24	In Aufbereitung RC-Baustoffe	980	1'056	7.1
A29	Direkte Verwertung (nur Tiefbau)	96		na
∑	Aufbereitete RC-Granulate	970	933	-4.0
A51	Aushub für Terrainanpassung	28	-	na
∑	Ablagerung sauberer Aushub (Rekultivierung)	2'313	2'258	-2.4
A58	Aufbereitung kiesiger Aushub	76	-	na
A78	Abbau Primärmaterial	3'047	3'086	1.3
∑	Aushub auf Deponien (ISD und MBS)	160	160	0.0

Erklärung zu den Bezeichnung der Flüsse: Beispiel Fluss A24 entspricht Materialfluss von Prozess 2 in den Prozesse 4 (siehe Abbildung 1). Fluss A09 entspricht Materialfluss von ausserhalb des Kantons (d.h. 0) in den Prozess 9.



### 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	Rohmaterialabbau	sehr wichtig	unbedingt erforderlich
A56	Aushub in Rekultivierung	sehr wichtig	unbedingt erforderlich
A53a	Aushub in Aushubdeponie	sehr wichtig	unbedingt erforderlich
A53b	Aushub in ISD	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
A06	Importe Aushub in Rekultivierung, Aushubdeponie und ISD	wichtig, wenn möglich differenziert nach Herkunftskantonen	erforderlich, wenn möglich differenziert nach Herkunftskantonen
A80	Export Primärmaterial	wichtig, wenn möglich differenziert nach Herkunftskantonen	erforderlich, wenn möglich differenziert nach Herkunftskantonen
A09	Importe Baustoffe	wichtig	Nicht unbedingt erforderlich, weil kaum zu erheben
A02	Import Rückbaumaterial in Aufbereitung (über Triage)	Wichtig, wenn grosse Mengen	wenn möglich, dann erheben
A04	Import Rückbaumaterial in ISD	weniger wichtig	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
A51	Aushub zur Aufbereitung	weniger wichtig	wenn möglich, dann erheben
A43	Feinfraktion	weniger wichtig	wenn möglich, dann erheben



## 2.4 Vergleich der Modellparameter

In der Tabelle 4 sind die wichtigsten Modellparameter des Moduls BAUWERK für die verschiedenen Kantone für die Bezugsjahre 2013 und 2014 zusammengefasst. Die unterschiedlichen Raten im Hochbau widerspiegeln die Intensität der Bautätigkeit in den einzelnen Kantonen. Mit einer Neubaurate von 2.07% (Wohnen) und 2.05% (Nicht-Wohnen) war die Bautätigkeit im Thurgau im Jahr 2014 wiederum sehr ausgeprägt. Auch in den anderen Kantonen war die Bautätigkeit mit Werten zwischen 1,65% (SO) und 1.85% (ZG) im Bereich Wohnen immer noch ausgeprägt. Einzig im Kanton Bern scheint die Bautätigkeit im Vergleich zum Vorjahr deutlich zurückgegangen zu sein. Der Vergleich zwischen den Bezugsjahren zeigt, dass die Neubauraten, aber auch die Sanierungs- und Rückbauraten, je nach Kanton zu oder abgenommen haben. Es ist somit keine einheitliche Entwicklung zu erkennen.

Tabelle 4: Vergleich der verwendeten Modellparameter mit den Parametern des Vorjahres (Rubli 2015), welche im Modul BAUWERK eingesetzt wurden, um die Materiallager und –flüsse des Prozesses Bauwerk zu bestimmen.

	BE	BE	SG	SG	SO	SO	TG	TG	ZG	ZG	ZH	ZH
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
<b>Veränderung Hochbau (Gebäude)</b>												
Wohnen (EFH und MFH)												
Neubaurate in % des Bestandes	1.65	1.15	1.66	1.72	1.88	1.65	2.05	2.07	2.05	1.85	1.58	1.68
Sanierungsrate in % des Bestandes	3.50	4.60	3.84	4.28	4.95	4.95	4.20	4.20	4.70	4.45	4.20	4.55
Rückbaurate in % des Bestandes	0.09	0.28	0.13	0.27	0.35	0.22	0.13	0.11	0.55	0.40	0.28	0.33
Nicht-Wohnen (restliche)												
Neubaurate in % des Bestandes	1.95	1.30	1.58	1.61	1.54	1.45	1.88	2.05	1.95	1.80	1.50	1.58
Sanierungsrate in % des Bestandes	7.20	7.20	7.84	7.85	8.90	7.80	7.50	8.24	8.85	7.80	7.50	7.90
Rückbaurate in % des Bestandes	0.24	0.41	0.40	0.49	0.48	0.31	0.25	0.25	1.23	0.82	0.65	0.68
<b>Veränderung Tiefbau (Infrastruktur)</b>												
Erneuerungsraten												
Kies/Sand in % des Bestandes	0.25	0.25	0.30	0.35	0.50	0.15	0.20	0.20	0.30	0.21	0.45	0.21
Belag in % des Bestandes	1.20	2.50	1.10	1.10	2.00	1.95	1.10	1.10	1.50	2.00	1.55	2.00
Beton in % des Bestandes	0.35	0.50	0.49	0.49	0.53	0.53	0.45	0.45	0.80	0.80	0.55	0.55
Mauerwerk in % des Bestandes	0.80	0.80	0.96	0.96	1.20	0.90	1.24	1.24	0.85	0.85	1.30	0.65
Mineral. Fraktion in % des Bestandes	1.60	1.60	1.56	1.56	1.55	1.55	1.65	1.65	1.69	1.69	1.53	1.53
Neubaurate Neubaurate in % des Bestandes	1.90	1.50	1.25	1.30	1.42	0.85	0.95	1.03	1.60	1.00	1.00	1.10
<b>Grossprojekte</b> Anfall Aushub in m <sup>3</sup> fest	150'000	150'000	-	-	-	-	-	-	-	-	150'000	100'000

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

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

Es ist gut zu erkennen, dass sich die Materialflüsse deutlich unterscheiden können. Auffallend ist, wie bereits in den vorangegangenen Jahren, der hohe Exportfluss beim Aushubmaterial des Kantons Zürich von über 1.46 Mio. Kubikmetern Festmass (Vorjahr 1.8 Mio. m<sup>3</sup>). Der Kanton Bern exportiert sehr grosse Mengen an primären Baustoffen. Neben dem Kies/Sand sind dies vor allem Kalk/Mergel für die Zementproduktion. Beim Vergleich der Verwertungsanteile (siehe Definition unterhalb Tabelle 5) fällt auf, dass die Anteil mit Ausnahme des Mischabbruchs nicht stark voneinander abweichen. Beim Mischabbruch sind liegen die Verwertungsanteile in den Kantonen Bern, Solothurn und Zug im Vergleich zu den anderen Kantonen deutlich tiefer.



Tabelle 5: Vergleich von ausgewählten Modellparametern, welche im Modul STOFFFLUSSANALYSE für das Bezugsjahr 2014 eingesetzt wurden, um die Materialflüsse im System zu modellieren.

		BE	SG	SO	TG	ZG	ZH
<b>Importe</b>							
A09	Import Baustoffe (in Bauwerk) in m <sup>3</sup> fest	277'798	687'000	269'999	559'981	121'368	872'002
A02	Import Rückbaumaterial (in Triage)	32'285	13'519	30'097	26'430	20'025	43'703
A03	Import Rückbaumaterial (in Deponie)	14'505	1'337	4'900	6'608	6'675	892
A06	Import Aushub (in Ablagerung) in m <sup>3</sup> fest	198'270	405'081	270'000	73'610	176'443	61'781
<b>Exporte</b>							
A20	Export Rückbaumaterial	60'000	36'228	31'036	35'000	20'108	100'384
A40	Export RC-Baustoffe (aufbereitet)	5'000	17'000	10'000	13'000	13'000	45'000
A50	Export Aushub in m <sup>3</sup> fest	289'999	120'000	182'411	189'966	95'000	1'460'000
A80	Export Primäre Baustoffe (aufbereitet) in m <sup>3</sup>	1'750'000	325'507	345'001	102'954	229'371	788'000
<b>Innere Flüsse</b>							
A24	Rückbaumaterial in Aufbereitung. Es setzt sich zusammen aus:						
	Betonabbruch: Verwertungsanteil in % (1)	95	95	98	98	90	98
	Mischabbruch: Verwertungsanteil in % (1)	50	90	60	95	70	94
	Strassenaufbruch: Verwertungsanteil in % (1)	85	95	97	100	90	100
	Ausbauasphalt: Verwertungsanteil in % (1)	95	94	97	95	90	96
A29	Direkte Verwertung im TB in % des Anfalls	10	40	45	45	35	35
A43	Feinfraktion Aufbereitung (RC-Mat.)	-	0.7	5.0	1.0	2.0	3.0
A23	Rückbaumaterial in Deponien	<i>Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.</i>					
A49	Aufbereitete RC-Baustoffe für Bauwerk	<i>Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.</i>					
A56	Ablagerung Aushub	<i>Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.</i>					
A78	Abbau Primärmaterial	<i>Dieser Materialfluss wird im Modell berechnet.</i>					

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

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



### 3 Resultate

Die Resultate aus den Modellierungen der Materialflüsse der einzelnen Kantone für das Bezugsjahres 2014 liegen wiederum für jeden der teilnehmenden Kantone in Form einer grafischen Darstellung und als Tabellen vor. Nachfolgend werden die Resultate aus den Modellierungen als Quervergleich zwischen den Kantonen präsentiert. Im Zentrum stehen dabei vor allem die über- bzw. interregionalen Aspekte.

#### 3.1 Baustoffbedarf, Aushub- und Rückbaumaterialanfall

Der Vergleich des Baustoffbedarfs, des Aushub- und des Rückbaumaterialanfalls auf kantonaler Ebene und auf der überregionalen Ebene mit dem Vorjahr zeigt folgendes Bild (Tabelle 6):

Der Baustoffbedarf, welcher ein Abbild der Bautätigkeit ist, hat in den Kantonen BE, SO und ZG gegenüber dem Vorjahr mit -14% bis -25% relativ stark abgenommen. Demgegenüber hat er im Kanton SG, TG und ZH leicht zugenommen.

Beim Aushubanfall sind die Unterschiede nicht so stark: Im Kanton SG ist eine Zunahme von 11% und im Kanton Zug von 7% zu verzeichnen. In den Kantonen Zürich und Bern ging der Aushubanfall hingegen gegenüber dem Vorjahr um 1% bzw. 6% zurück. Nur unwesentlich haben sich die Mengen in den Kantonen Thurgau und St.Gallen verändert.

Recht gross sind die Unterschiede beim Rückbaumaterialanfall. So nahm dieser im Kanton Bern um 48% zu. Dies ist nicht unbedingt auf eine starke Veränderung der Sanierungs- und Rückbautätigkeit zurückzuführen, sondern eher auf eine vollständigere Erfassung sämtlicher Rückbaumaterialien in diesem Kanton. Dementsprechend wurden die Modellparameter (Sanierungs- und Rückbauraten) angepasst (Tabelle 4). Die Abnahmen in den Kantonen SO und ZG sind eher auf die relativ geringen absoluten Mengen zurückzuführen. Hier können bereits wenige grösserer Rückbauprojekte die ausgewiesenen Rückbaumaterialflüsse relativ stark beeinflussen.

Tabelle 6: Modellierter Baustoffbedarf (inkl. Rückbaustoffe), Aushub- und Rückbaumaterialanfall in den verschiedenen Kantonen und der gesamten Region in den Jahren 2013 und 2014, 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 2013	Aushubanfall in 1000m <sup>3</sup> fest		Abweich. zu 2013	Rückbaumaterialanf. in 1000 m <sup>3</sup> fest		Abweich. zu 2013
	2013	2014	in %	in %	2014	in %	2013	2014	in %
BE	4'256	3'669	-14	2'867	2'705	-6	707	1'044	48
SG	1'511	1'644	+9	1'355	1'511	11	380	414	9
SO	1'168	877	-25	908	915	1	343	230	-33
TG	1'027	1'082	+5	1'089	1'080	-1	199	200	0.3
ZG	507	418	-18	539	578	7	161	131	-19
ZH	3'934	4'117	+5	4'299	4'249	-1	1'173	1'154	-2
<b>Total</b>	<b>12'403</b>	<b>11'807</b>	<b>-5</b>	<b>11'057</b>	<b>11'038</b>	<b>&lt;1</b>	<b>2'963</b>	<b>3'173</b>	<b>7</b>

Auf der überregionalen Ebene sind die Veränderungen gegenüber dem Jahr 2013 relativ gering (letzte Zeile in der Tabelle 6). Während der Baustoffbedarf und Aushubanfall leicht abgenommen haben, ist der Rückbaumaterialanfall aus den erwähnten leicht gestiegen.



## 3.2 Materialflüsse über die Kantonsgrenzen

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

### 3.2.1 Kiesflüsse über die Kantonsgrenzen

Die Kiesflüsse über die Kantonsgrenzen sind wiederum erheblich (Abbildung 2). Es findet ein reger Austausch über die Kantonsgrenzen statt. Die gesamte Region importierte im Jahr 2014 rund 1.64 Mio. Kubikmeter Kies und exportierte knapp 2 Mio. Kubikmeter Kies. Damit ergibt sich ein geringer Exportüberschuss. Die grössten Nettoimporteure innerhalb der Region sind die Kantone Thurgau (rund 460'000m<sup>3</sup>), St. Gallen (rund 360'000m<sup>3</sup>), und der Kanton Luzern (rund 500'000m<sup>3</sup>). Der Kanton Bern exportiert netto rund 1'500'000m<sup>3</sup> Kies und Gesteine (Kalk/Mergel für Zementproduktion) in die umliegenden Kantone. Allerdings ist hier die Datenlage bezüglich der Importe und Exporte von bzw. in die Kantone Waadt, Neuenburg, Freiburg und Jura noch etwas unsicher. Auch die Kantone Solothurn und Zug exportierte netto rund 100'000m<sup>3</sup> Kies.

### 3.2.2 Aushubmaterialflüsse über die Kantonsgrenzen

Bei den Aushubmaterialflüssen ist der Austausch zwischen den Kantonen ebenfalls intensiv (Abbildung 3). Dies ist durchaus nachvollziehbar, da die Aushub- und Kiestransporte per LKW zur Optimierung der Transportlogistik oftmals gekoppelt sind. Auffallend sind wiederum die sehr grossen Materialflüsse über die Grenze des Kantons Zürich. Mit einem Exportvolumen von 1.46 Mio. Kubikmetern wurden knapp 0.37 Mio. Kubikmeter weniger Aushubmaterial exportiert als im Vorjahr. Noch immer gelangt rund die Hälfte des exportierten Aushubvolumens des Kantons Zürich in den Kanton Aargau. Weiter grosse Abnehmer von Aushubmaterial aus dem Kanton Zürich sind Abnehmer in Deutschland sowie die Kantone St. Gallen und Zug. Der Kanton St. Gallen weist sowohl Nettoimporte beim Kies (ca. 350'000m<sup>3</sup>) als auch beim Aushubmaterial (280'000m<sup>3</sup>) auf. Sollte sich diese Entwicklung fortsetzen, dann müssten in diesen Kantonen weitere Aushubdeponiekapazitäten geschaffen werden. Andernfalls müssten die Kies- und/oder Aushubimporte künftig deutlich reduziert werden. Ähnlich ist die Situation im Kanton Luzern. Auch dort bestehen Importüberschüsse beim Kies und Aushub.

### 3.2.3 Rückbaumaterialflüsse über die Kantonsgrenzen

Die Rückbaumaterialflüsse über die Kantonsgrenzen bewegen sich im Vergleich zum Kies und Aushub auf deutlich tieferem Niveau (Abbildung 4). Der Austausch zwischen den Kantonen ist nicht sehr intensiv. Oftmals halten sich die Importe und Exporte die Waage. Die meisten Import- und Exportflüsse basieren auf Schätzungen. Aus diesem Grund sind die angegebenen Materialflüsse mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet. Diese können sich durchaus im Bereich von +/-50% bewegen.





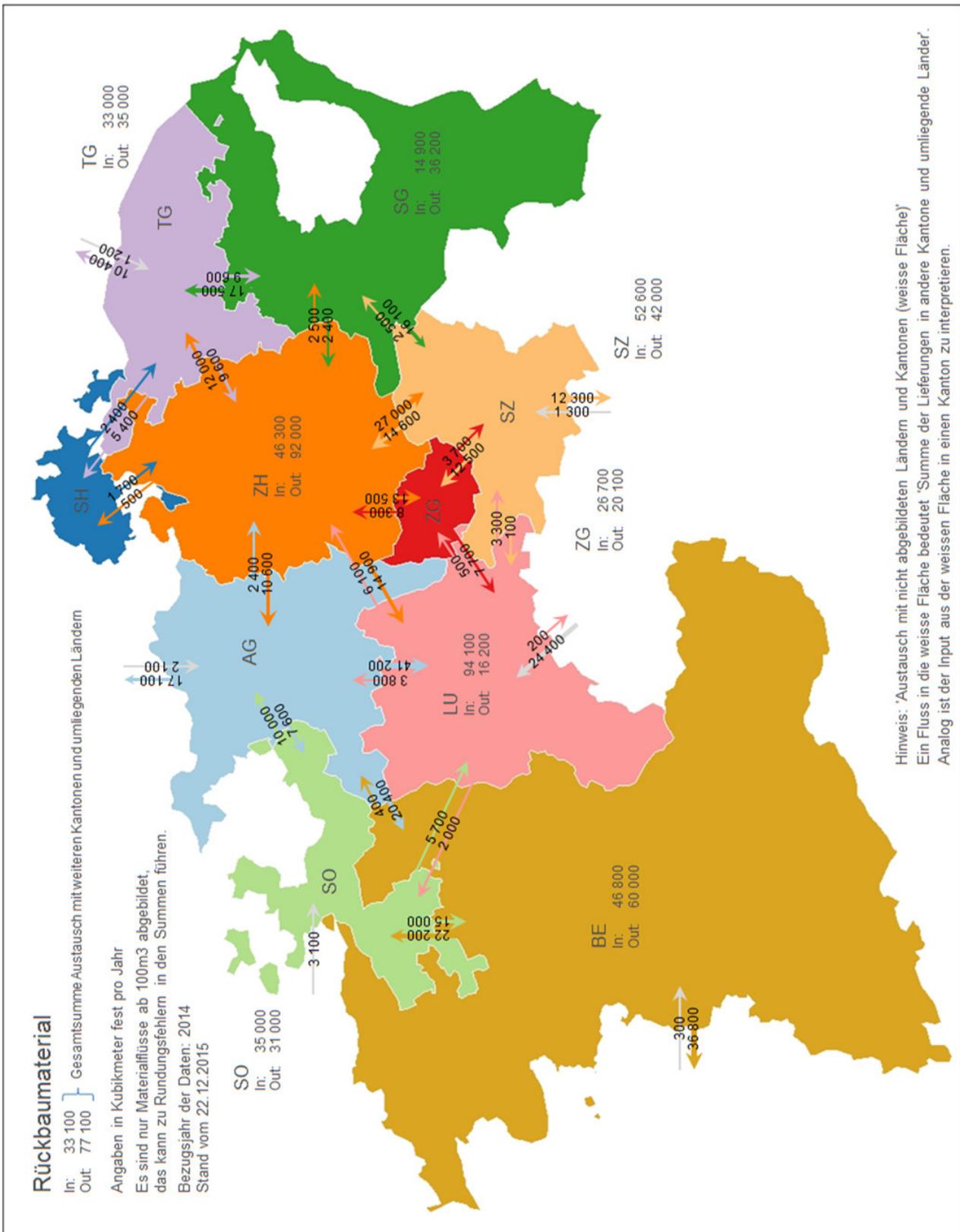


Abbildung 4: Rückbaumaterialflüsse über die Kantons Grenzen im Jahr 2014. Die Werte unterhalb den Kantonsbezeichnungen bzw. unter dem Grafittitel «Rückbaumaterial» entsprechen jeweils der Summe der Importe und Exporte.



### 3.3 Autarkiegrad bezüglich der Baustoffversorgung und Aushubentsorgung

Ein wichtiger Indikator zur Beurteilung der regionalen Rohstoffversorgung und der Materialentsorgung ist der Autarkiegrad. Aus den Modellresultaten lässt sich der Autarkiegrad in Bezug auf die regionale Baustoff- bzw. Kiesversorgung sowie auf die Aushubentsorgung mittels den entsprechenden Formeln<sup>1</sup> ableiten. Nachfolgend wird auf die Autarkiegrade in den Kantonen bezüglich der Baustoffversorgung und der Aushubmaterialentsorgung eingegangen.

#### Kiesversorgung

In der Abbildung 5 sind die regionalen Autarkiegrade der Baustoff- bzw. Kiesversorgung für die Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014 dargestellt. In den Kantonen Bern<sup>2</sup>, Solothurn<sup>2</sup> und Zug lag der Autarkiegrad im Jahr 2014 bei über 100%. Der starke Anstieg im Kanton Bern gegenüber dem Vorjahr ist darauf zurückzuführen, dass hier neu auch der Beitrag aus dem Kalk- und Mergelabbau für die Zementproduktion mit einbezogen ist. Der Autarkiegrad im Kanton Zürich bewegt sich kaum und liegt im Bereich von 100%. In den Kantonen Thurgau und St.Gallen ist eine tendenzielle Abnahme zu verzeichnen. Der Grund dafür liegt bei den zunehmenden Importen von Kies vor allem aus Deutschland und Österreich. Im Kanton Thurgau nimmt zudem auch der Autarkiegrad bei der Aushubentsorgung kontinuierlich ab (Abbildung 6), was bedeutet, dass hier in den kommenden Jahren weitere Aushubdeponien notwendig sein werden, falls die Kiesimporte nicht massiv reduziert werden. Im Kanton Solothurn nimmt der Autarkiegrad tendenziell zu. Im Kanton Zug ist keine Tendenz festzustellen. Der Autarkiegrad schwankt relativ stark zwischen 91% und 126%. Aufgrund der geringen Fläche des Kantons wirken sich Veränderungen bei den Importen und Exporten stark auf die Autarkiegrade aus.

#### Aushubentsorgung

Bei der Aushubentsorgung sieht die Situation je nach Kanton anders aus als bei der Baustoffversorgung (Abbildung 5). Bis auf den Kanton Zürich und neu auch den Kanton Thurgau (von 101% auf 89%) weisen alle Kantone im Bezugsjahr 2014 Autarkiegrade von rund 100% oder grösser auf. Im Kanton St.Gallen ist nochmals ein Anstieg auf 119% zu verzeichnen. Im Kanton Solothurn hat sich der Autarkiegrad wieder etwas reduziert (von 119% auf 110%). In den Kantonen Bern (97%) und Zug (114%) sind die Veränderungen nur geringfügig. Im Kanton Zürich ist der Autarkiegrad von 59% auf 67% angestiegen. Er verbleibt somit aber noch immer auf sehr tiefem Niveau. Der leichte Anstieg ist vor allem auf die Erhöhung der Terrainveränderung zurückzuführen.

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

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

<sup>2</sup> Bei den Kantonen Bern und Solothurn sind auch die Baustoffe Kalksteine und Tonmineralien enthalten. Würde der Autarkiegrad nur auf Kies bezogen, lägen diese tiefer.

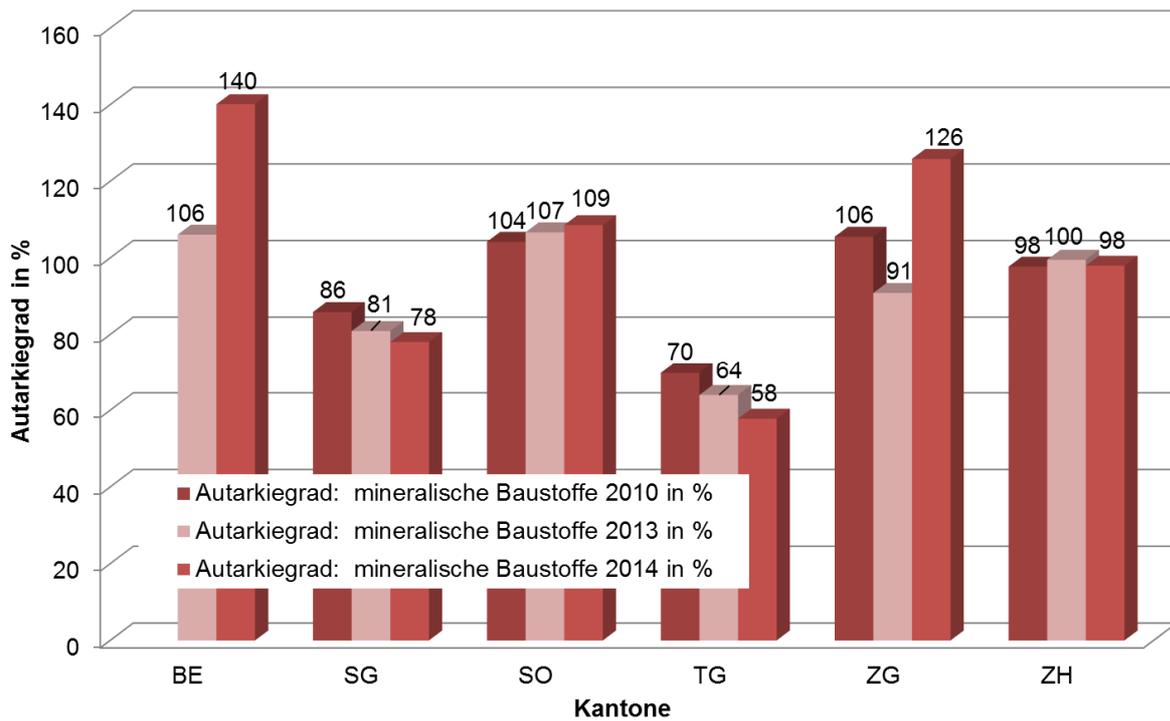


Abbildung 5: Regionale Autarkiegrade in Bezug auf die Versorgung mit mineralischen Baustoffen bzw. Kies für die Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014. Angaben in Prozenten.

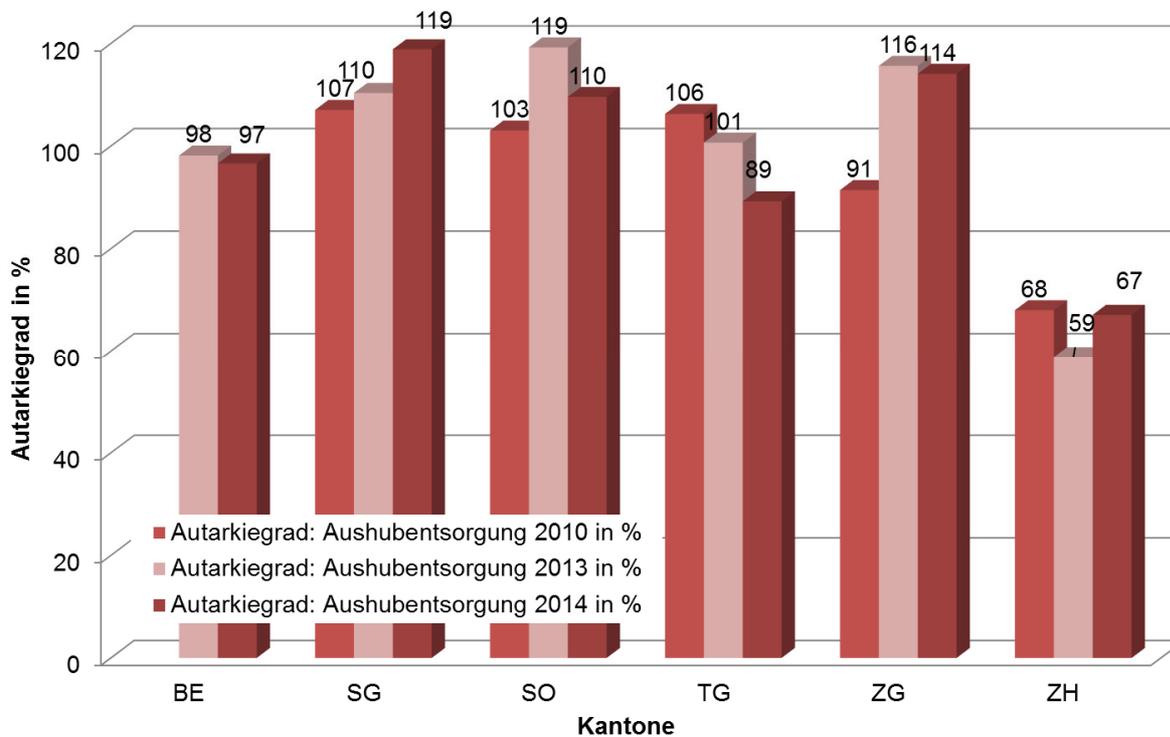


Abbildung 6: Regionale Autarkiegrade in Bezug auf die Aushubentsorgung für die Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014. Angaben in Prozenten.





Die tiefen pro-Kopf-Werte für den Kanton Bern (2 m<sup>3</sup>/Einwohner) und Zürich (1.7 m<sup>3</sup>/Einwohner) beim abgelagerten Aushubmaterial haben unterschiedliche Ursachen. Im Kanton Bern gelangt ein nicht unerheblicher Teil des anfallenden Aushubmaterials in die Terrainveränderung. In den Kantonen Thurgau und Zürich wird ein erheblicher Teil des anfallenden Aushubmaterials exportiert, womit entsprechend weniger Aushubmaterial innerhalb der Kantons Grenzen abgelagert werden muss. Dies zeigt auch der Vergleich der pro-Kopf-Werte zwischen dem abgelagerten Aushubmaterial (hellbraune Säulen) und dem Aushubmaterialanfall (braune Säulen): In jenen Kantonen, die grossen Nettoexporte beim Aushubmaterial aufweisen (siehe Abbildung 3 sowie Abbildung 9), sind die dunkelbraunen Säulen deutlich höher als die hellbraunen Säulen. In den anderen Kantonen liegen diese beinahe auf gleicher Höhe.

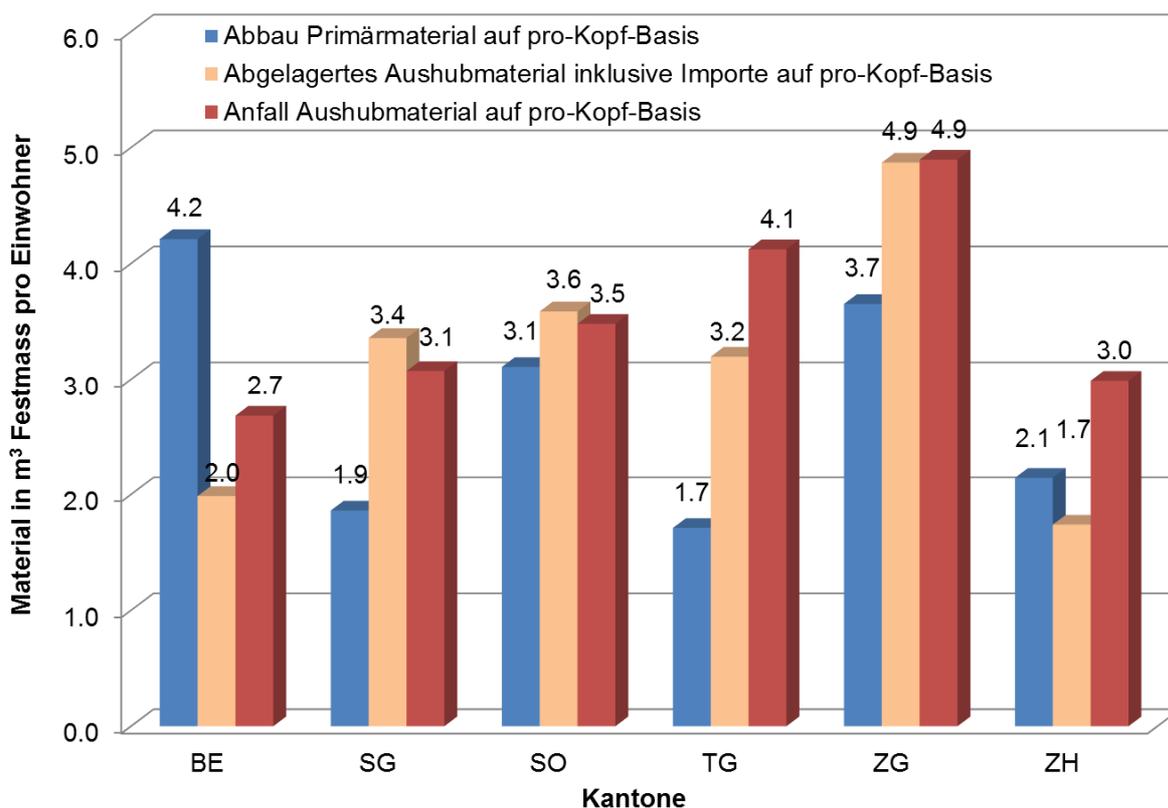


Abbildung 8: Vergleich des Primärmaterialabbaus (blaue Säulen), der Aushubablagerung inklusive Aushubimporte (hellbraun) und des Aushubanfalls (rot-braun) auf pro-Kopf-Basis für das Bezugsjahr 2014 nach Kantonen. Die Werte sind in Kubikmetern fest pro Einwohner angegeben.

In der Abbildung 9 sind die abgelagerten Aushubmengen aus den Kantonen (grüne Säulen), sowie die Importe (dunkelbraun) und Exporte (hellbraun) dargestellt. Auch in dieser Grafik ist zu erkennen, dass die Kantone Bern und Zürich deutlich tiefere pro-Kopf-Werte bei den abgelagerten Aushubmengen haben als die anderen Kantone. Beim Kanton Bern ist der tiefe Wert vermutlich auf den hohen Anteil beim Einsatz für Terrainveränderungen zurückzuführen und beim Kanton Zürich sind es die hohen Nettoexporte, welche zu diesem tiefen Wert führen. In den anderen Kantonen liegen die Nettoimporte und -exporte im Bereich von 10 - 20% der pro-Kopf-Aushubmenge, die in den Kantonen angefallen ist und dort auch abgelagert wurde.

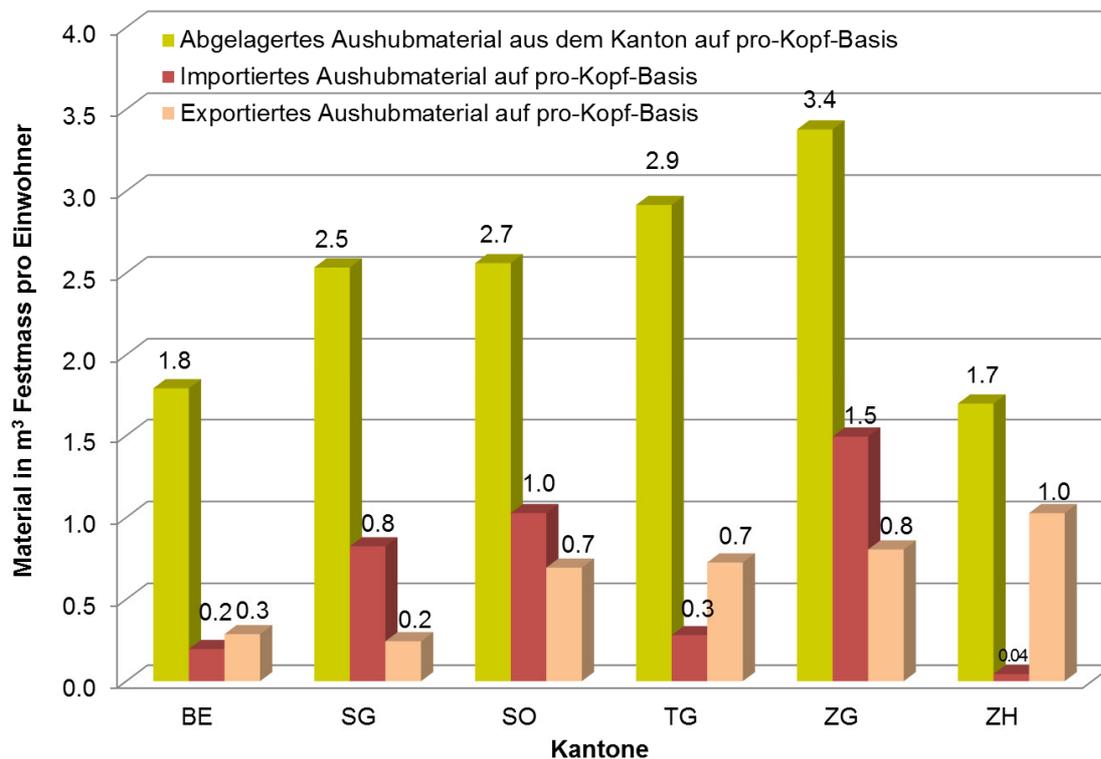


Abbildung 9: Aus den Kantonen stammende Aushubvolumina, die in den Kantonen abgelagert wurden sowie die Aushubimporte- und Exporte auf pro-Kopf-Basis für das Jahr 2014.

### 3.5 Entwicklung der Materialflüsse bis 2035

Da noch keine neuen Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung des Bundesamtes für Statistik auf Ebene der Kantone vorliegen, wurden auch keine Änderungen in den dynamischen Modellen vorgenommen. Die Resultate zur Entwicklung der Materialflüsse bis zum Jahr 2035 haben sich somit gegenüber dem Vorjahr nicht verändert. Da nun aber die Resultate zu den Erhebungen von drei Bezugsjahren aus den statischen Modellen vorliegen (2010, 2013 und 2014), können diese mit den Resultaten aus der dynamischen Modellierungen verglichen werden.

#### 3.5.1 Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubmaterialanfalls

In der Abbildung 10 sind die mit dem dynamischen Modell gerechneten, szenarioabhängigen Entwicklungen des Baustoffbedarfs und des Aushubanfalls zwischen 2010 und 2035 sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014 für die Kantone ZH, BE, SG, TG, SO und ZG dargestellt. Der Vergleich zeigt, dass der modellierte Baustoffbedarf und Aushubanfall, welche auf den jährlichen Erhebungen der Kantone basieren, in allen Kantonen recht gut mit den modellierten Entwicklungen dieser Materialflüsse übereinstimmen. In den Kantonen Thurgau und Solothurn liegt der Aushubanfall für die Bezugsjahre 2013 und 2014 jedoch mehr oder weniger deutlich über der modellierten Entwicklung. Diese Unterschiede dürften damit zu begründen sein, dass der Aushubanfall im Bezugsjahr 2010, welcher jeweils als Startpunkt für die dynamischen Modellierungen dient, nicht unbedingt repräsentativ für die nachfolgenden Jahre ist.

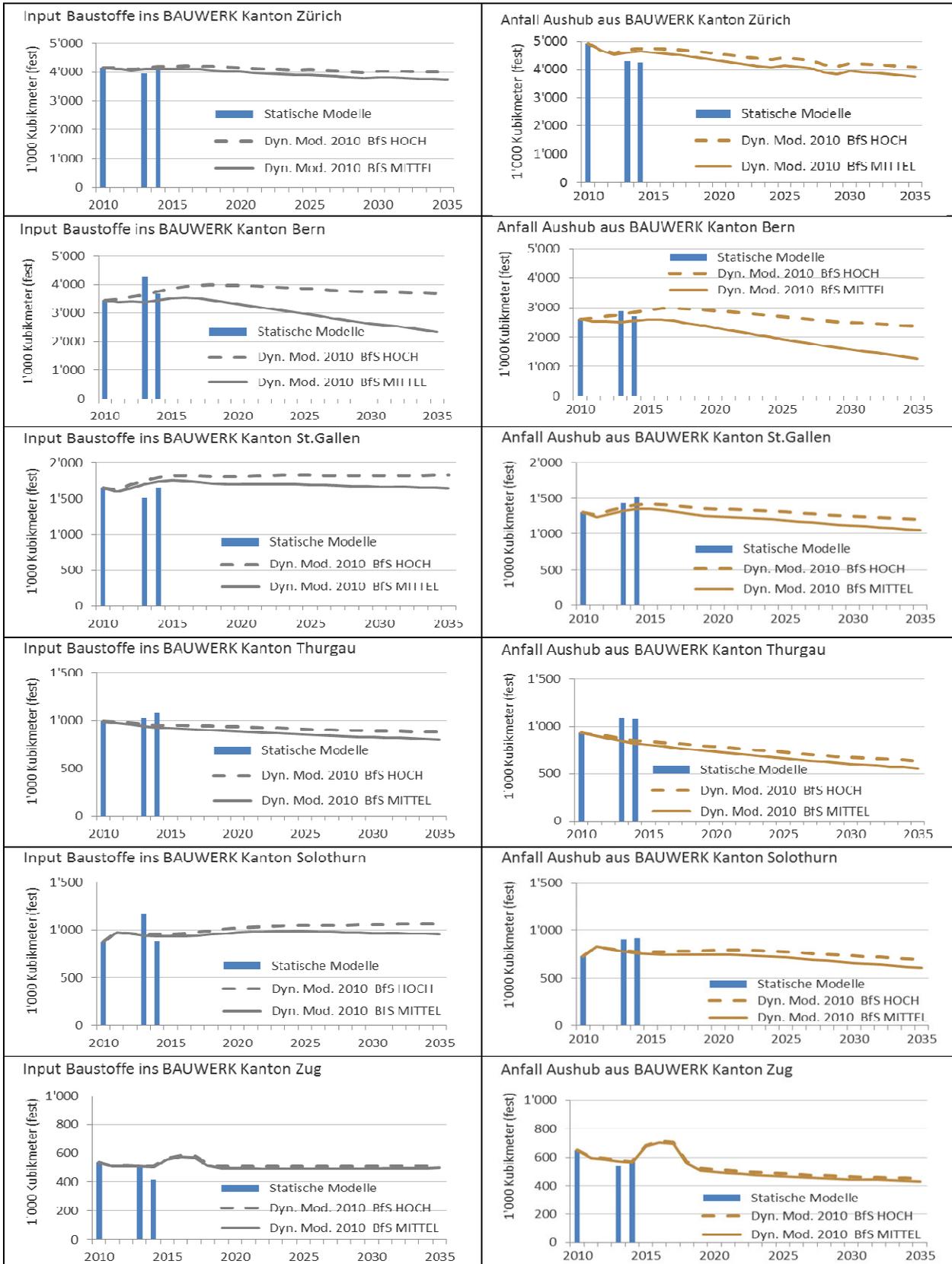


Abbildung 10: Entwicklung des Baustoffbedarfs und des Aushubanfalls in den Kantonen ZH, BE, SG, TG, SO und ZG zwischen 2010 und 2035 sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014. Angaben in 1000 m<sup>3</sup> fest.



Sollte sich diese Hypothese in den kommenden Jahren bestätigen, müssen die Modellparameter in den dynamischen Modellen dieser Kantone entsprechend angepasst, beziehungsweise die Startwerte (Aushubanfall im Jahr 2010) neu definiert werden. Die Datengrundlagen sind jedoch noch nicht ausreichend, um bereits jetzt Änderungen in den Modellen vorzunehmen.

### 3.5.2 Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung

Neben den Input- und Outputflüssen ins und aus dem Bauwerk sind für die Kantone insbesondere der Abbau von Primärmaterial und die Aushubablagerung sowie deren künftige Entwicklung von Interesse. In der Abbildung 11 sind diese analog der Abbildung 10 für alle Kantone dargestellt. Auch hier stimmen die in den statischen Modellen gerechneten Werte zum Primärmaterialabbau und zur Aushubablagerung<sup>3</sup> für die Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014 in allen Kantonen recht gut mit den modellierten Entwicklungen dieser Materialflüsse überein. Bei den Kantonen Bern und St. Gallen liegen die Werte beim Primärmaterialabbau für die Bezugsjahre 2013 und 2014 deutlich über (Bern) oder deutlich unterhalb (St.Gallen) der modellierten Entwicklung. Beim Kanton Solothurn sind die entsprechenden Werte bei der Aushubablagerung deutlich zu hoch.

Die Achsenskalierungen in den Grafiken zum Primärmaterialabbau und Aushubablagerungen für die einzelnen Kantone wurden jeweils gleich eingestellt. Damit können die zeitlichen Entwicklungen dieser Materialflüsse gut miteinander verglichen werden. Auffallend ist nun, dass die Niveaus von Primärmaterialabbau und Aushubablagerung in den einzelnen Kantonen deutliche Unterschiede aufweisen: Im Kanton Bern liegt die Aushubablagerung deutlich tiefer als der Primärmaterialabbau. Der Hauptgrund für diesen Unterschied ist der Abbau von Kalk und Mergel, welcher für die Zementproduktion benötigt wird. Zudem wird im Kanton Bern im Verhältnis zu anderen Kantonen ein relativ hoher Anteil des anfallenden Aushubmaterials für Terrainveränderungen eingesetzt. Auch in den Kantonen Solothurn und Zürich liegt die Aushubablagerung tendenziell tiefer als der Primärmaterialabbau. Während es im Kanton Solothurn ebenfalls der Abbau von Kalkgestein und Tonmineralien sind, welche den Primärmaterialabbau erhöhen, sind im Kanton Zürich die massiven Aushubexporte für den Unterschied verantwortlich.

In den Kantonen Thurgau und St.Gallen liegt die Aushubablagerung relativ deutlich über dem Niveau des Primärmaterialabbaus. Diese Kantone importieren im Verhältnis zum Kiesabbau netto sehr viel Kies. Beide Kantone verfügen zudem über Aushubdeponien, in denen der „Materialüberschuss“ abgelagert werden kann. Auch im Kanton Zug, welcher ebenfalls über Aushubdeponien verfügt, liegt die Aushubablagerung heute noch über dem Niveau des Primärmaterialabbaus. Allerdings wird dies künftig unter den gegebenen Modellvoraussetzungen nicht mehr der Fall sein. Primärmaterialanfall und Aushubablagerung nähern sich hier immer mehr an.

---

<sup>3</sup> Summe aus Aushubmaterialflüssen in die Rekultivierung, Aushub- und Inertstoffdeponien

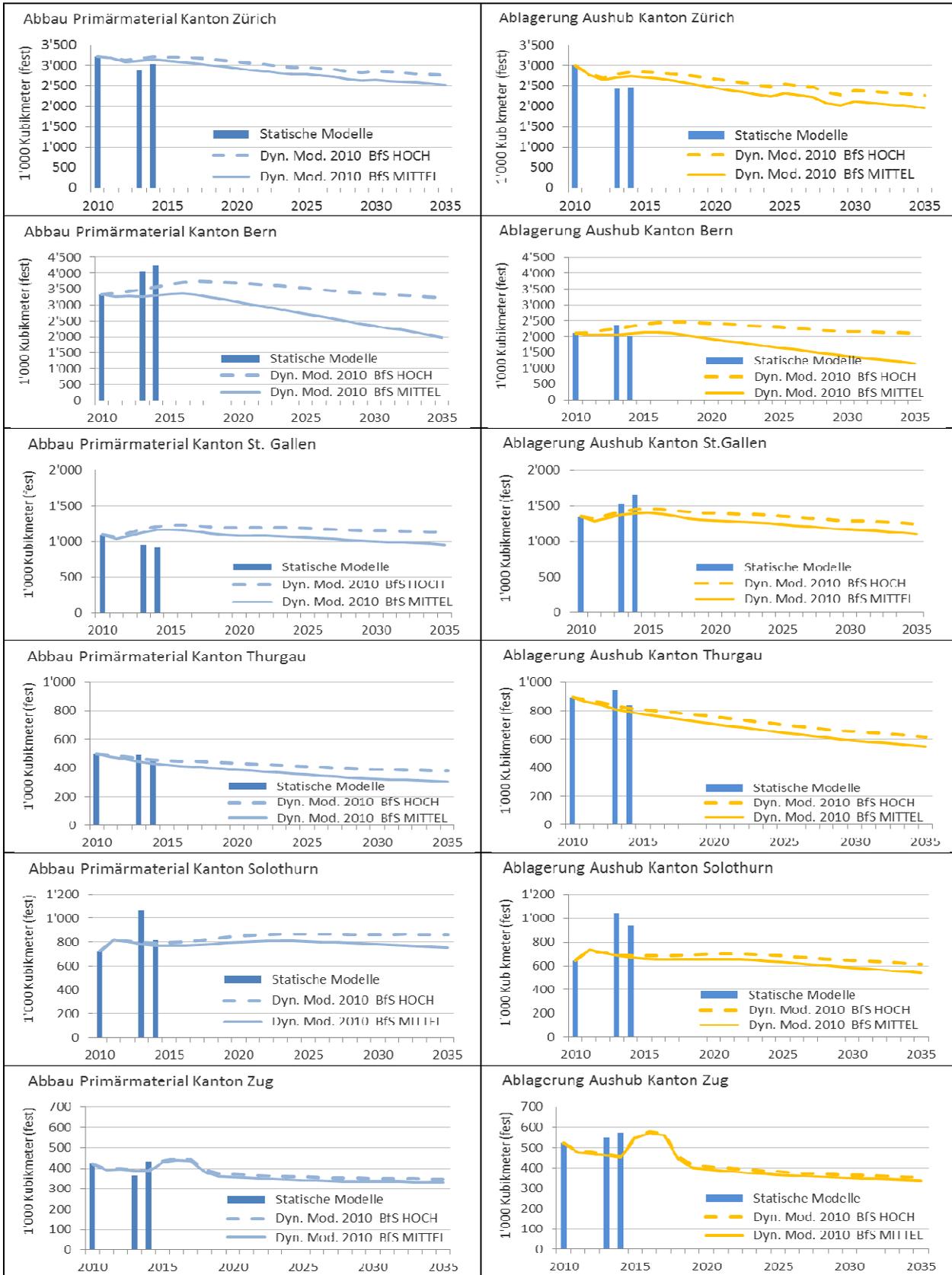


Abbildung 11: Entwicklung des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung in den Kantonen ZH, BE, SG, TG, SO und ZG zwischen 2010 und 2035 sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014. Angaben in 1000 m<sup>3</sup> fest.



### 3.5.3 Kumulierte Differenz zwischen Aushubablagerung und Primärmaterialabbau

In der

Abbildung 12 sind die Entwicklungen der jährlichen Differenz „Ablagerung – Abbau“ (siehe auch Abbildung 11) und der kumulierten Differenz für die Kantone ZH, BE, SG, TG, SO und ZG zwischen 2010 und 2035 sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014 dargestellt. In der jährlichen und kumulierten Differenz nicht, beziehungsweise nur indirekt berücksichtigt, sind die Aushub- sowie Kiesexporte und –importe. Würden im Kanton Zürich beispielsweise die Aushubimporte in die Berechnung der jährlichen und kumulierten Differenz mit einbezogen, würde ein deutlicher Aushubüberschuss entstehen.

Da die jährliche Differenz jeweils aus zwei grossen Zahlen gebildet wird, können die jährlichen Schwankungen relativ gross und die Werte der Bezugsjahre mit relativ grossen Unsicherheiten behaftet sein. Dennoch stimmen die modellierten Entwicklungen für die Kantone ZH, BE, TG und ZG relativ gut mit den Werten der Bezugsjahre 2013 und 2014 überein.

Bei den Kantonen St. Gallen und Solothurn ist die Übereinstimmung aufgrund der vermutlich zu tiefen Werte des Startjahres eher schlecht. Im Kanton Solothurn ist der Startwert im Jahr 2010 gar negativ. Dies führt dazu, dass die Entwicklung der kumulierten Differenz (Grafik rechts) in den negativen Bereich fällt und somit in die entgegengesetzte Richtung der Werte der Bezugsjahre 2013 und 2014. Bei den Kantonen Solothurn und St. Gallen müssen bei Vorliegen weiterer Bezugsjahre entsprechende Anpassungen in den dynamischen Modellen vorgenommen werden. Bei den anderen Kantonen verlaufen die modellierte Entwicklung der kumulierten Differenz und die Werte zu den Bezugsjahren bis anhin sehr ähnlich. Zu erwähnen ist hierbei, dass die Entwicklung der kumulierten Differenz für die Jahre 2011 und 2012, für die keine Modellierungen vorgenommen wurden, die Mittelwerte der Jahre 2010 und 2013 verwendet wurden.

Bei der Analyse der Entwicklungen der kumulierten Differenz fällt auf, dass diese Kurven in drei Kantonen (SG, TG, ZG) in den positiven Bereich verlaufen. Dies bedeutet, dass die in Abbaustellen geschaffenen Volumen nicht ausreichen, um das anfallende Aushubmaterial dort zu entsorgen, sondern ein Teil davon muss in Aushubdeponien abgelagert oder entsprechend exportiert werden.

In den Kantonen ZH, BE und SO verläuft die kumulierte Differenz in den negativen Bereich. Während es im Kanton Solothurn eher modellspezifische Gründe sind, welche zu einem Verlauf in den negativen Bereich führen (siehe oben), sind es im Kanton Zürich vor allem die Aushubmaterialexporte und im Kanton Bern der Primärmaterialabbau (inkl. Kalk/Mergel), welche dazu führen, dass die kumulierten Differenz stark in den negativen Bereich entwickeln. Sollte sich diese Entwicklung in den Kantonen Bern und Zürich, so wie im dynamischen Modell angenommen fortsetzen, dann würden die offenen Volumen bis zum Jahr 2035 bis auf 10 Mio. Kubikmeter (ZH) bzw. 30 Mio. Kubikmeter (BE) erhöhen. Dabei sind offenen Volumen, welche im Jahr 2010 bereits vorhanden waren, noch nicht berücksichtigt. Sollte der Kanton Zürich die massiven Aushubexporte von rund 1,5 Mio. Kubikmetern in den kommenden Jahren jedoch stark reduzieren, hätte dies ebenfalls starke Auswirkungen auf die Aushubentsorgung und damit verbunden auf die Aushubdeponieplanung in den umliegenden Kantonen. Ein ausgewogener regionaler Ausgleich bei der Aushubentsorgung ist deshalb anzustreben und entsprechend zu koordinieren.

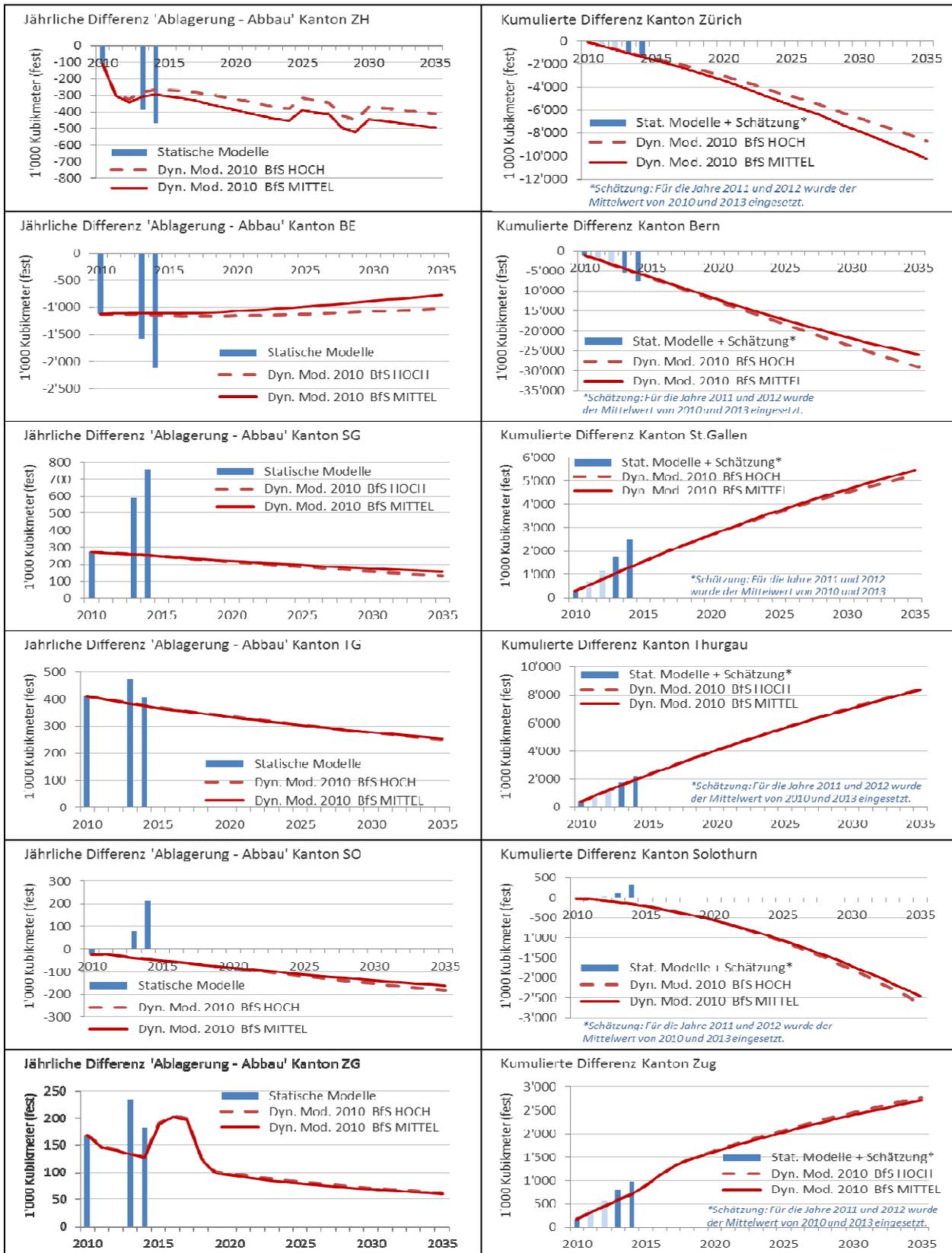


Abbildung 12: Entwicklung der jährlichen Differenz „Ablagerung –Abbau“ und die kumulierte Differenz in den Kantonen ZH, BE, SG, TG, SO und ZG zwischen 2010 und 2035 sowie die Daten aus den Modellierungen der Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014. Angaben in 1000 m<sup>3</sup> fest.



## 4 Diskussion und Schlussfolgerungen

### 4.1 Baustoffbedarf und Verwertung der Rückbaumaterialien (RBM)

Mit der Nachführung des Bezugsjahres 2014 in den statischen Modellen liegen nun für sechs Kantone zwei vollständige Datensätze plus ein Datensatz für das Startjahr 2010 vor. In der Tabelle 7 ist der Baustoffbedarf, der Rückbaumaterialanfall inklusive Nettoimporte, die verwerteten Rückbaustoffvolumen sowie die Verhältnisse RBS/RBM (Definition unterhalb Tabelle 7) und die RC-Anteile am Baustoffbedarf für die Kantone BE, SG, SO, TG, ZG und ZH sowie in der gesamten Region für die Jahre 2013 und 2014 aufgeführt. Auffallend sind die relativ grossen Veränderungen beim Kanton Bern gegenüber dem Vorjahr. Diese sind nicht unbedingt auf eine starke Veränderung der Bautätigkeit zurückzuführen. Vielmehr konnte im Kanton Bern die Datenbasis verbessert werden, was zu entsprechenden Anpassungen bei den Modellparametern führte. Der Rückbaumaterialanfall und die Rückbaustoffmenge liegen nun wie der Baustoffbedarf im Bereich des Kantons Zürich. Auch das Verhältnis RBS/RBM und der RC-Anteil am Baustoffbedarf liegen nun im Bereich der anderen Kantone.

Während sich Baustoffbedarf über die gesamte Region gegenüber dem Vorjahr leicht von 12.4 Mio.m<sup>3</sup> auf 11.8 Mio.m<sup>3</sup> reduziert hat, ist der Rückbaumaterialanfall etwas angestiegen (3.07 Mio.m<sup>3</sup>). Die Veränderungen sind hauptsächlich auf die im Kanton Bern erwähnten Anpassungen zurückzuführen. Allerdings sind auch in den Kantonen Solothurn und Zug relativ starke Änderungen bei den Materialflüssen aufgrund abnehmender Bau- und Rückbautätigkeit zu verzeichnen. In den anderen Kantonen sind die Veränderungen gegenüber dem Vorjahr weniger ausgeprägt.

Tabelle 7: Baustoffbedarf, Anfall von Rückbaumaterial inklusive Nettoimporte, total verwertete Rückbaustoffe (RBS) sowie das Verhältnis RBS/RBM und der RC-Anteil am Baustoffbedarf in den Kantonen BE, SG, SO, TG, ZG und ZH sowie in der gesamten Region im Jahr 2013 und 2014.

Kanton	Baustoffbedarf 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 %		RC-Anteil am Baustoffbed. in %	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
BE	4'256	3'669	677	1'016	354	826	52.3	81.3	8.3	22.4
SG	1'511	1'644	380	391	288	358	92.7	91.4	19.1	20.7
SO	1'168	877	343	229	307	197	90.5	86.0	26.3	21.4
TG	1'027	1'082	199	191	189	185	94.4	96.9	18.4	15.9
ZG	507	418	161	131	141	108	87.1	82.9	27.8	22.8
ZH	3'934	4'117	1'173	1'108	1084	1'065	97.2	96.2	27.5	24.8
<b>Total</b>	<b>12'403</b>	<b>11'807</b>	<b>2'933</b>	<b>3'066</b>	<b>2'363</b>	<b>2'740</b>	<b>84.3</b>	<b>89.4</b>	<b>19.8</b>	<b>22.8</b>

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

<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%

### 4.2 Primärmaterialabbau und Aushubentsorgung: Autarkiegrade und Entwicklung

Die Autarkiegrade für mineralische Baustoffe liegen bei einem Grossteil der Kantone im Bereich von 100% oder mehr. Die Ausnahme bilden die Kantone Thurgau und St. Gallen. In diesen



Kantone liegen die Autarkiegrade bei rund 80% (SG) bzw. 60% (TG) mit abnehmender Tendenz. Der Grund hierfür sind vor allem die Kies- und Betonimporte aus Deutschland und Österreich, welche unter den derzeitigen Wechselkursbedingungen sehr attraktiv sind. Der damit verbundene geringere Kiesabbau in diesen Kantonen führt dazu, dass weniger Rekultivierungsvolumen zur Ablagerung von Aushub in Kiesgruben zur Verfügung steht. Damit müssen zusätzliche Aushubdeponien geschaffen werden. Dies wird auch gemacht. Allerdings nimmt im Kanton Thurgau der Autarkiegrad für die Aushubentsorgung stetig ab und liegt nun im Bezugsjahr 2014 erstmals unter 100% (siehe Abbildung 6). Sollte sich diese Entwicklung fortsetzen, sind zusätzliche Aushubdeponien oder vermehrte Aushubexporte notwendig. Dies wird dann auch ersichtlich, wenn man die Entwicklungen des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung (Abbildung 11) sowie der kumulierten Differenz (

Abbildung 12) im Kanton Thurgau anschaut. So nimmt die kumulierte Differenz weiter zu und erreicht ohne entsprechende Massnahmen ein Volumen von über 8 Mio. Kubikmeter im Jahr 2035.

### 4.3 Schlussfolgerungen

Durch die gesamtheitliche Betrachtung aller relevanten Materialflüsse kann man die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Materialflüssen erkennen, die jährliche Entwicklung abbilden und mit den Ergebnissen der dynamischen Modellierung vergleichen. Am Beispiel des Kantons Thurgau kann das Potenzial des KAR-Modells als Ressourcenmanagement-Tool gut aufgezeigt werden:

Dort stimmen der modellierte Primärmaterialabbau und die Aushubablagerung für die Bezugsjahre 2010, 2013 und 2014 gut mit der langfristigen Entwicklung (dynamisches Modell) überein (Abbildung 11). Die grosse Differenz zwischen Primärmaterialabbau und Aushubablagerung ist somit nicht ein „Zufall“ sondern systembedingt. Dies ermöglicht es nun, eine langfristig angelegte Planung von Kiesabbau und Aushubentsorgung unter Berücksichtigung der Rückbaumaterialflüsse zu erstellen. Das KAR-Modell kann somit einen wichtigen Beitrag zur Kiesabbau- und Deponieplanung leisten, indem es die heute üblichen Planungsinstrumente ergänzt. So hat der Kanton Zug das KAR-Modell im Rahmen der „Deponieplanung 2013 - Aushub und Inertstoffe“ (Baudirektion Kanton Zug, 2014) eingesetzt, um besser abgestützte Grundlagen für die kantonale Deponieplanung zu haben.

Die in den Abbildung 10 -

Abbildung 12 dargestellten Gegenüberstellungen der modellierten Bezugsjahre mit den langfristigen Entwicklungen der Materialflüsse bis ins Jahr 2035 zeigen, dass die Übereinstimmung zwischen den Einzeljahren und der langfristigen Entwicklung in einigen Kantonen noch nicht optimal ist. Sobald die modellierten Materialflüsse von weiteren Einzeljahren vorliegen, können die langfristigen Entwicklungen in den verschiedenen Kantonen angepasst, das heisst, die dynamischen Modelle neu kalibriert werden. Danach kann ein anderer Rhythmus für die KAR-Modellierungen in Betracht gezogen werden.



## 5 Ausblick

### 5.1 Nachführung der statischen Modelle

Die zentrale Verwaltung des KAR-Modells ermöglicht den erwarteten kostengünstigen Betrieb und Unterhalt der Modelle. Die jährlichen Nachführungen und Anpassungen der Modelle, wie beispielsweise die Differenzierung der Aushubmaterialflüsse, können nun einfacher realisiert werden.

Die Nachführung der Modelle wird deshalb auch für das Bezugsjahr 2015 durchgeführt. Neben den bereits im Jahr 2014 teilnehmenden Kantonen werden zusätzlich zwei weitere Kantone (Aargau und Luzern) die Modellierungen fortsetzen. Mit dem Bezugsjahr 2015 stehen dann für sechs Kantone die Daten von drei aufeinanderfolgenden Jahren zu Verfügung. Für die Nachkalibration der dynamischen Modelle erachten wir eine Zeitreihe von 4 bis 5 Jahren als sinnvoll. Danach könnten die Erhebungen und Nachführungen allenfalls in 2- bis 3-jährigen Abständen erfolgen.

### 5.2 Mitwirkung der Verbände

Der ARV (Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verband Schweiz) und der FSKB (Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie) werden sich möglicherweise ab dem Jahr 2016 an der Entwicklung des KAR-Modells beteiligen und in der Begleitgruppe mitwirken. Neben einer allfälligen finanziellen Unterstützung könnten die beiden Verbände zusätzliche Datengrundlagen für die Modelle zur Verfügung stellen. Damit können die statischen Modelle noch besser abgestützt werden. Zudem liefern die Verbände wichtige Informationen zur Entwicklungen in ihren Branchen, welche bei Bedarf in weitere Szenarienrechnungen einfließen können.

### 5.3 Vorschlag zur Weiterentwicklung

Bisher ist die Fraktion ‚Kies/Sand‘ in den ‚mineralischen Baustoffen‘ integriert. Damit ist die Definition ‚Baustoff‘ und ‚Primärmaterial‘ oftmals etwas unscharf und für jeden Kanton etwas anders.

Um hier transparenter und vor allem konsistenter zu werden, wird vorgeschlagen, die Materialflüsse ‚Kies/Sand‘ und ‚Andere Baustoffflüsse‘ im statischen Modell vollständig voneinander getrennt zu rechnen und darzustellen (Abbildung 13). Unter dem Begriff ‚Andere Baustoffe‘ sind die folgenden Baustoffe zuzuordnen: Kalk, Mergel, Ton, Gips, Zement, usw.

Dies bedingt die folgenden Änderungen bei den Materialflüssen und -lagern:

- Primärmaterial wird ersetzt durch: ‚Kies/Sand‘ und ‚Andere Baustoffe‘
- Import und Export Baustoffe wird ersetzt durch: ‚Kies/Sand‘ und ‚Andere Baustoffe‘
- Rohmaterial wird ersetzt durch: ‚Rohmaterial Kies/Sand‘
- Neuer Prozess 10 (unten links im SFA-Diagramm) ‚Abbau und Aufbereitung andere Baustoffe‘. Damit wird im Prozess 7 ‚Abbau Primärmaterial‘ effektiv nur noch die Kiesgrube und keine ‚Andere Abbaustelle‘ mehr berücksichtigt.
- Neuer Fluss ‚Anderer Baustoffe‘ in die Produktion Baustoffe



- Neuer Fluss ‚Aushub‘ in den neuen Prozess 10
- Für die I-O-Analyse werden nur die Importe und Exporte von 'Kies/Sand' gerechnet und in die statischen Modelle übertragen. Importe und Exporte von 'Andere Baustoffe' werden von der I-O-Analyse nicht gerechnet.
- Den Prozess 9 (‚Sammeln Baustoffe‘) umbenennen in 'Produktion Baustoffe'.

Zudem muss der Fragebogen für die Erhebung der Materialflüsse angepasst werden.

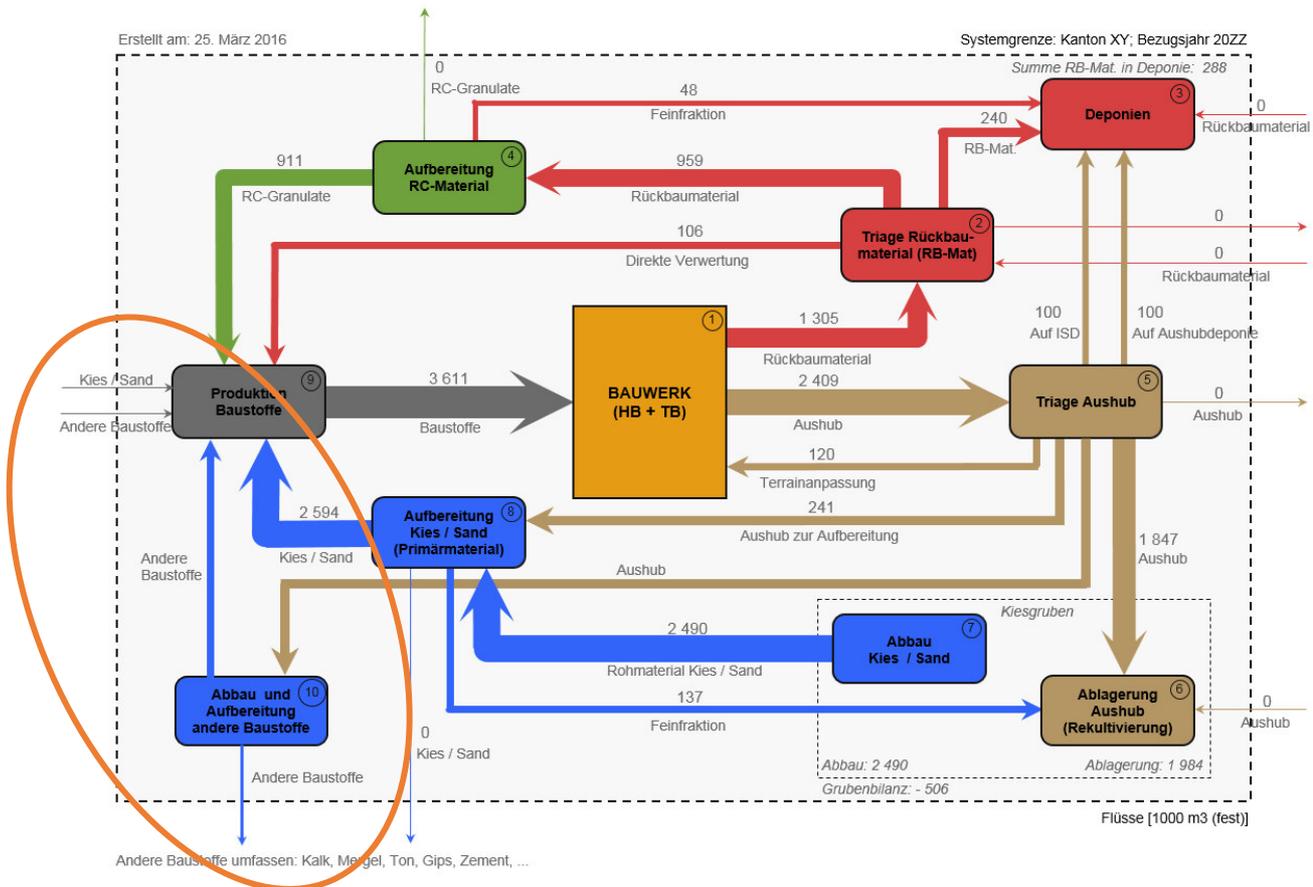


Abbildung 13: Materialflussschema in dem die Baustoff- und Kies/Sand-Flüsse separat dargestellt werden könnten.

Der Vorteil der vorgeschlagenen Trennung ist, dass man die Abbaustellen von 'Kies/Sand' und der 'Andere Baustoffe' getrennt berechnet werden und die Rekultivierung mit Aushubmaterial ebenfalls spezifisch auf diese Abbaustellen beziehen (oder ausschliessen) kann.



## 6 Literatur

Baudirektion des Kantons Zug, 2014: *Deponieplanung 2013 - Aushub und Inertstoffe. Schlussbericht*. Amt für Umweltschutz Kanton Zug.

Rubli Stefan, 2012: *Modellierung der Bau-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Überregionale Betrachtung*. Umweltämter der Kantone Aargau, Schaffhausen, St.Gallen, Solothurn, Schwyz, Thurgau, Zug und Zürich

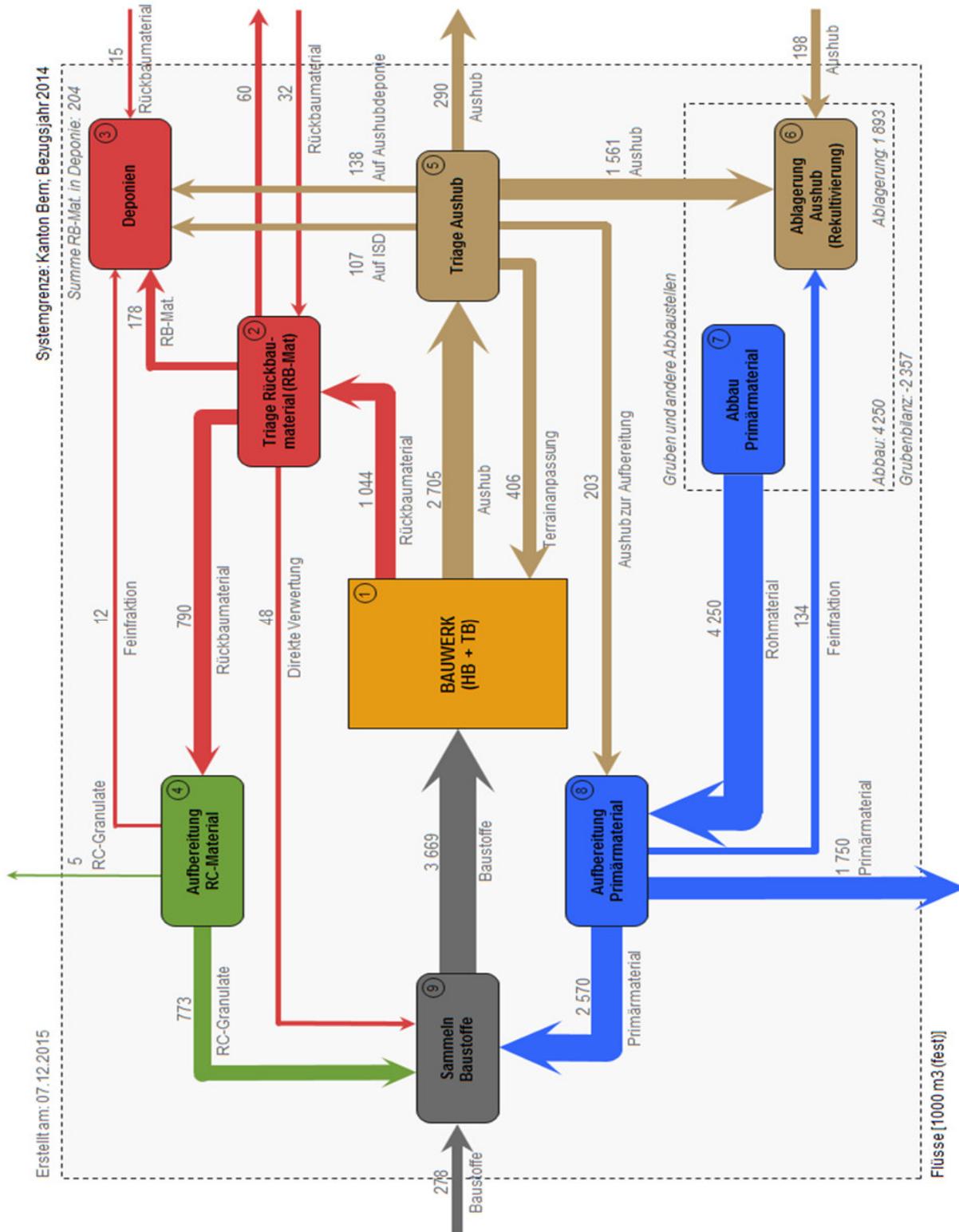
Rubli Stefan, 2015: *Modellierung der Bau-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2013*. Umweltämter der Kantone Bern, Luzern, Thurgau, Schwyz, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.



## Anhang

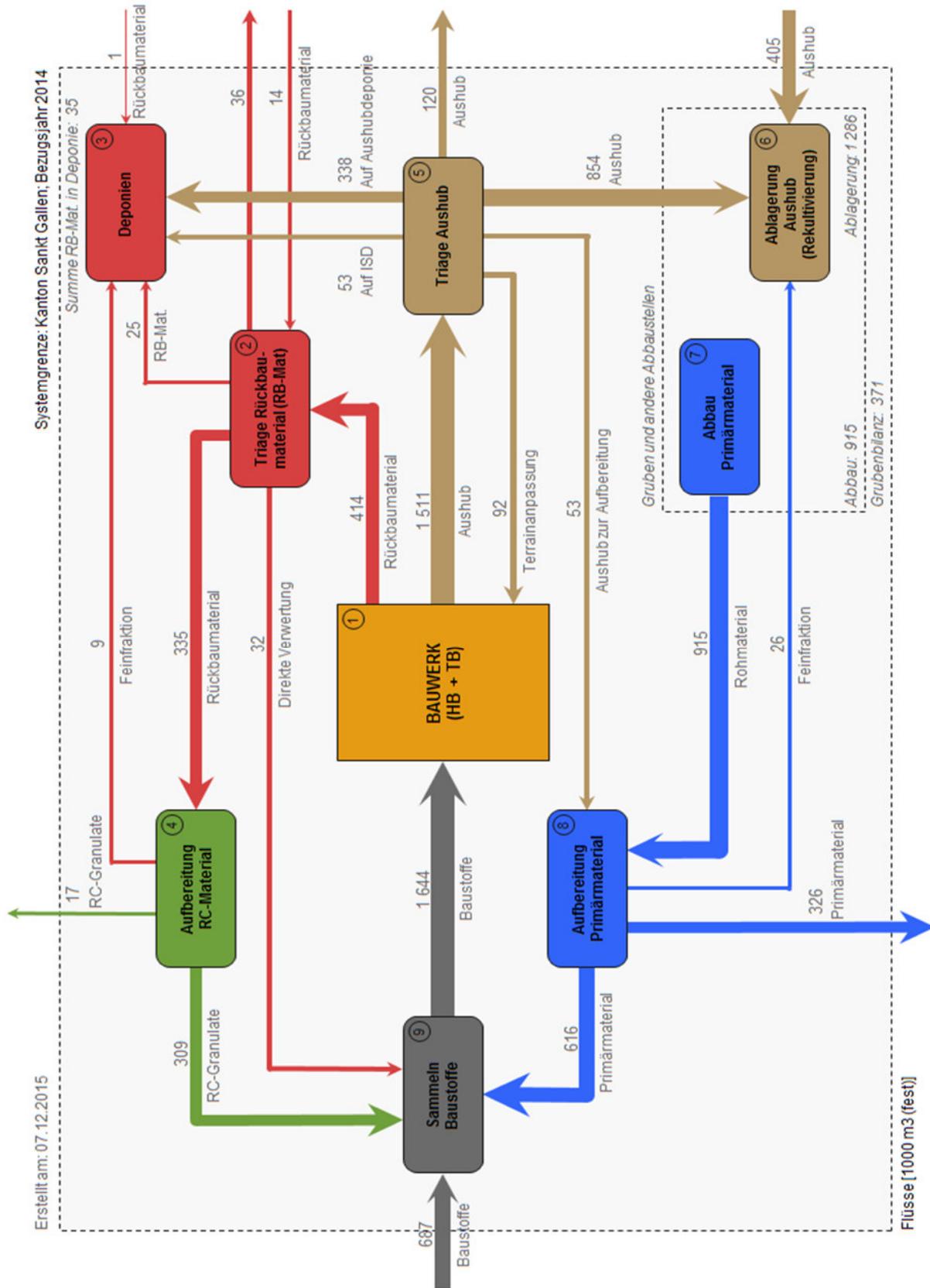
### A.1. Materialflussschemen der einzelnen Kantone

#### Materialflussschema Kanton Bern (Bezugsjahr 2014)



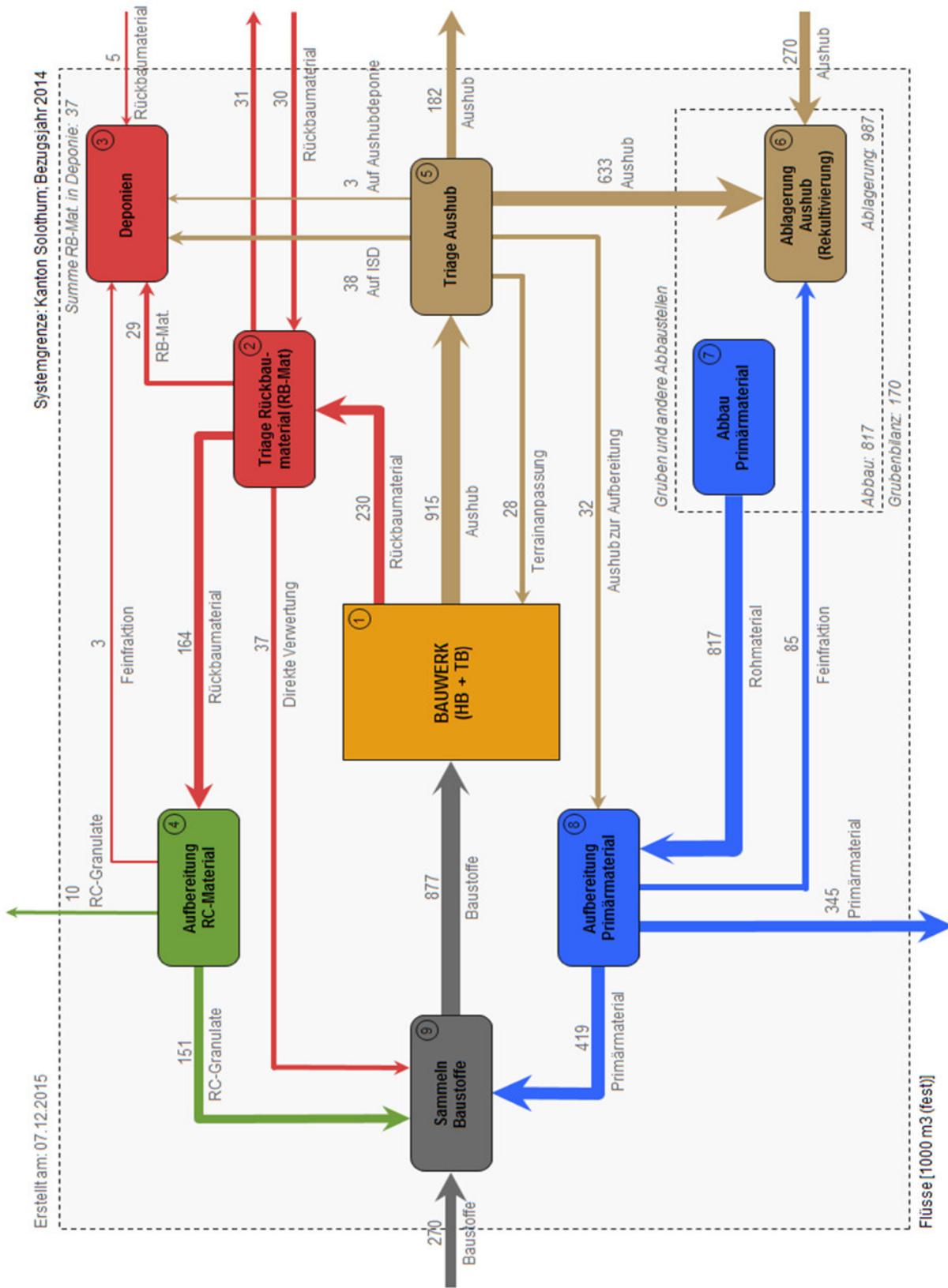


Materialflussschema Kanton St.Gallen (Bezugsjahr 2014)



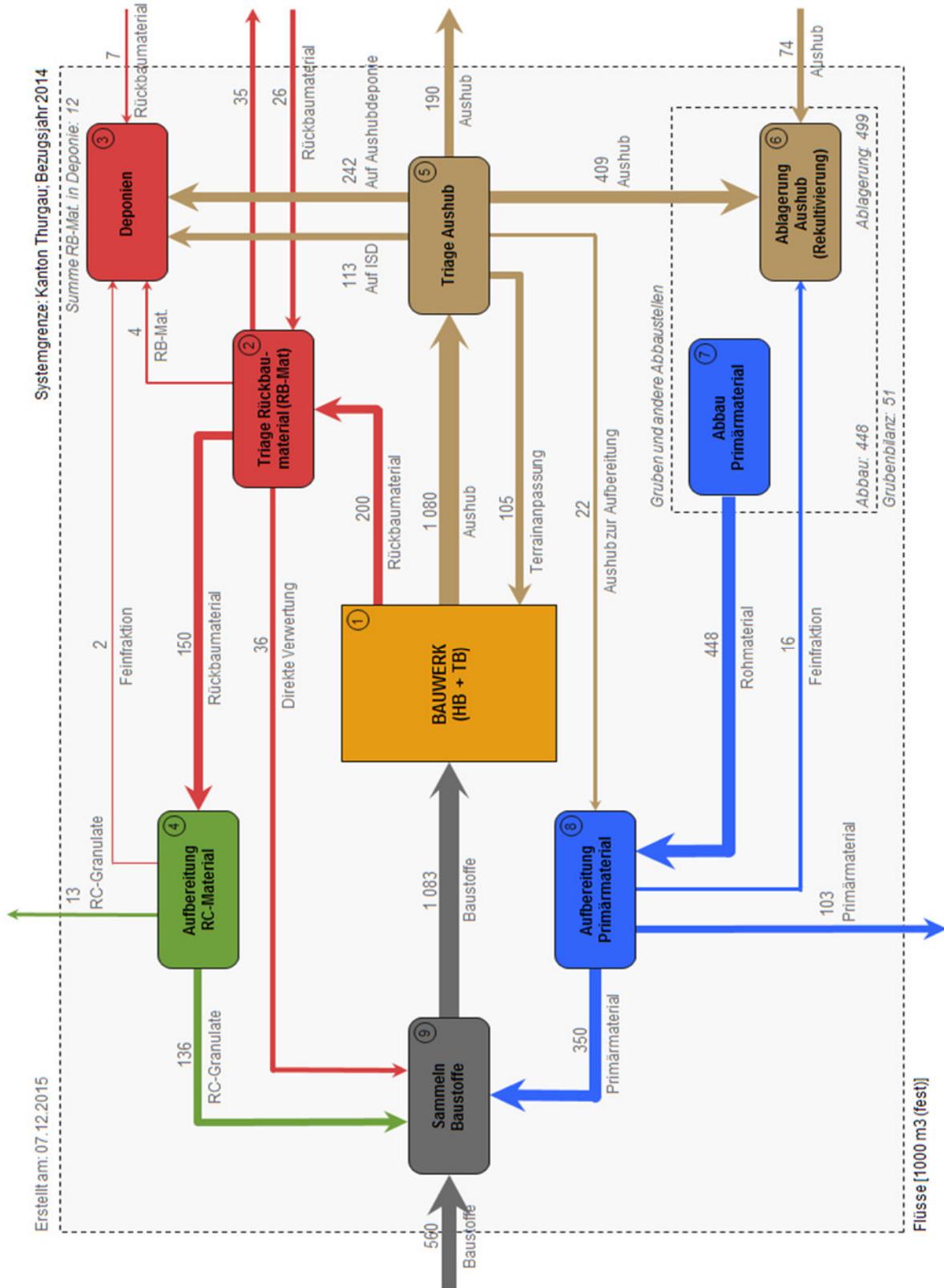


**Materialflussschema Kanton Solothurn (Bezugsjahr 2014)**



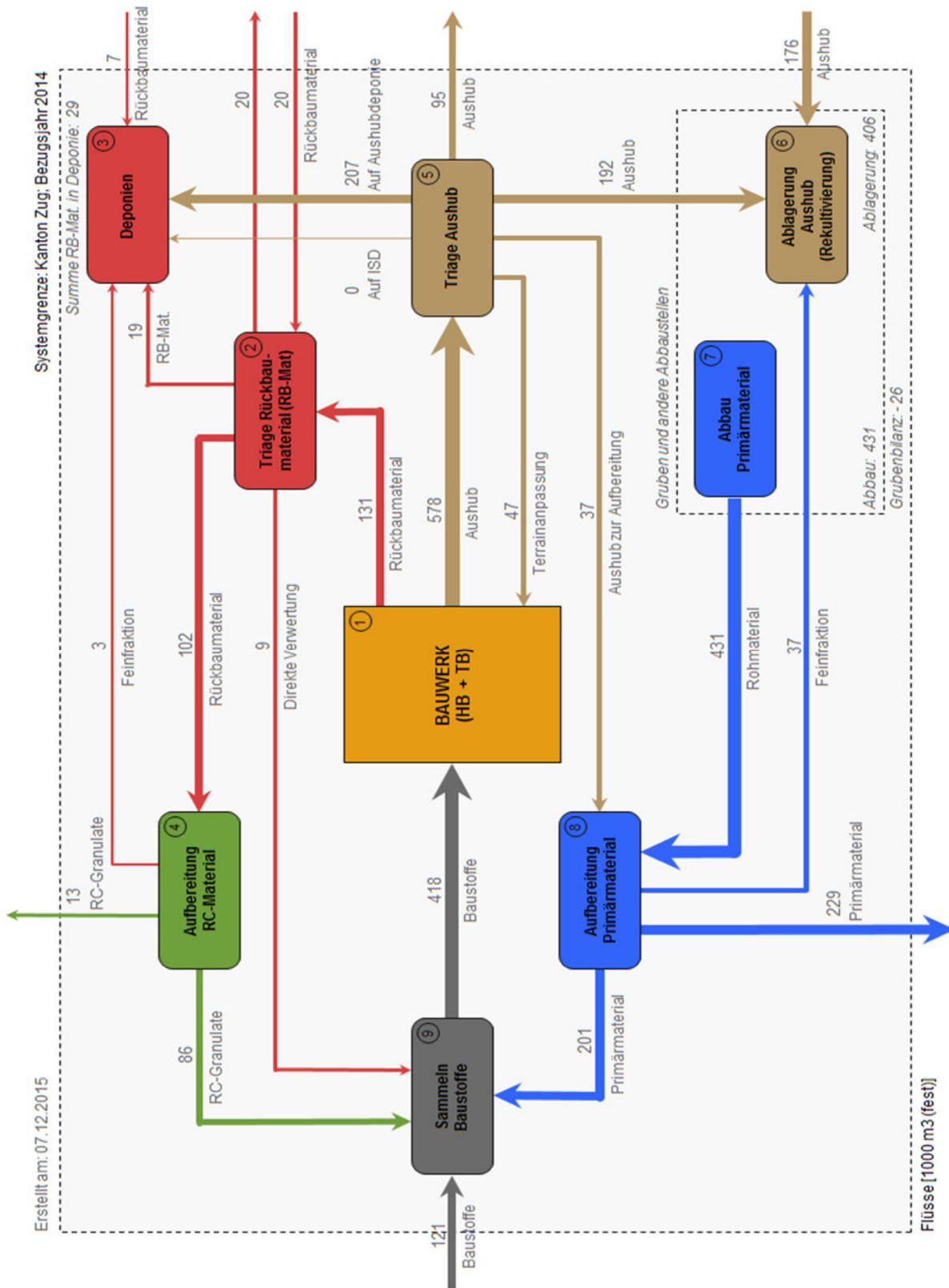


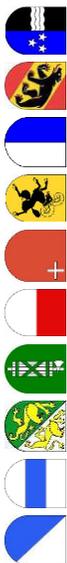
**Materialflussschema Kanton Thurgau (Bezugsjahr 2014)**



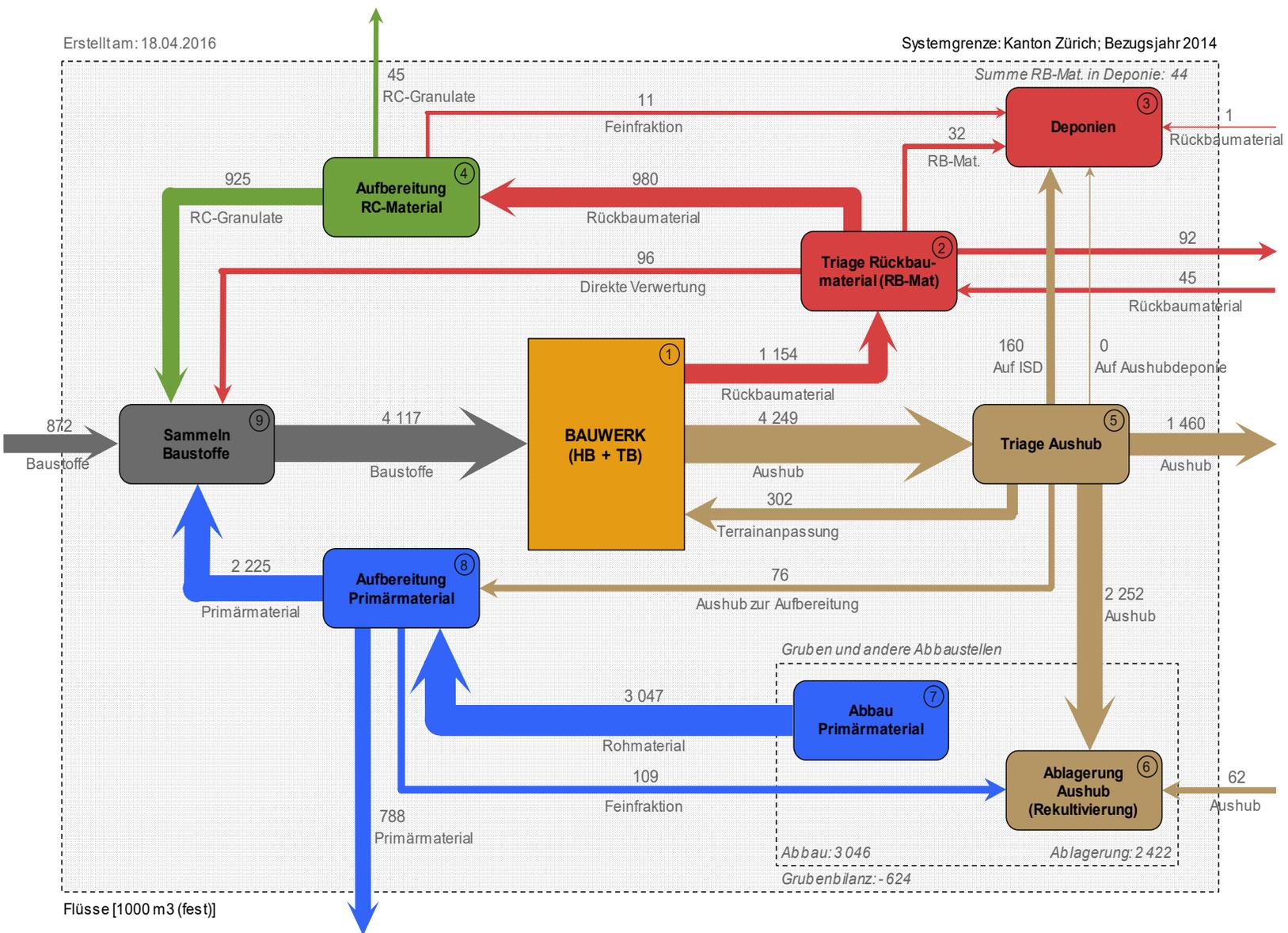


**Materialflussschema Kanton Zug (Bezugsjahr 2014)**





**Materialflussschema Kanton Zürich (Bezugsjahr 2014)**





## A.2 Input-Output-Tabellen für Kies, Aushub- und Rückbaumaterial

Werte nach Ausgleichsrechnung

### I-O-Tabelle Kies

RESULTAT SOLVER																Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.												
SOLVER	AG	BE	LU	SG	SH	SZ	SO	TG	ZG	ZH	Total Exporte 1	Output nach EXTERN	Total Exporte 2, SOLVER	Angaben Exporte Total	Differenz	Abweichung SOLVER zu Modell												
1	AG	0	5200	165497	0	0	2975	11773	0	25875	243315	454635	2	454637	449000	5637	1.3%											
6	BE	1021	0	48388	0	0	0	177432	0	0	2200	229041	1520958	1750000	1750000	0	0.0%											
12	LU	1021	83233	0	0	0	21841	6506	0	47104	27295	187001	13000	200001	200000	1	0.0%											
16	SG	0	0	0	0	291	27215	0	128737	0	56261	212504	113003	325507	325505	2	0.0%											
17	SH	0	0	0	1950	0	0	0	13500	0	21768	37218	28713	65930	65930	0	0.0%											
18	SZ	0	0	3338	13035	0	0	0	0	29347	14300	60020	3	60023	75000	14977	-20.0%											
19	SO	38281	102993	40835	0	0	0	0	0	3712	185821	159180	345001	345000	1	0.0%												
21	TG	0	0	0	75927	3024	0	0	0	0	24000	102951	3	102954	110000	7945	-6.4%											
25	ZG	2333	0	56731	0	0	79960	0	0	0	90348	229371	0	229371	227583	1788	0.8%											
26	ZH	20000	0	180263	225287	1621	24200	22374	167365	13500	0	654610	133390	788000	788000	0	0.0%											
<b>Total Importe</b>												<b>62657</b>	<b>191426</b>	<b>495051</b>	<b>316199</b>	<b>4936</b>	<b>156191</b>	<b>218085</b>	<b>309602</b>	<b>115826</b>	<b>483199</b>	<b>2353172</b>	<b>1968251</b>	<b>4321423</b>	<b>4336018</b>	<b>29452</b>	<b>-0.3%</b>	
Importe aus EXTERN												135852	86372	211450	370802	123063	12049	51914	250379	5542	388803	1636224						
<b>Total Importe 2, SOLVER</b>												<b>198508</b>	<b>277798</b>	<b>706501</b>	<b>687000</b>	<b>127999</b>	<b>168239</b>	<b>269999</b>	<b>559981</b>	<b>121368</b>	<b>872002</b>	<b>3989396</b>						
<b>Angaben Importe Total</b>												<b>1710000</b>	<b>2700000</b>	<b>7065000</b>	<b>6870000</b>	<b>1280000</b>	<b>1700000</b>	<b>2700000</b>	<b>5900000</b>	<b>116667</b>	<b>8720000</b>	<b>3981167</b>						
Differenz Zeilen												27506	7736	1	0	1	1761	1	30013	470	3	71793						
Differenz Spalten												5637	0	1	2	0	14977	1	7048	1788	0	29452	101245	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER				
<b>Abweichung SOLVER zu Modell</b>												<b>16.1%</b>	<b>2.9%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-1.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-5.1%</b>	<b>4.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.2%</b>						

### I-O-Tabelle Aushubmaterial

RESULTAT SOLVER																Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.												
SOLVER	AG	BE	LU	SG	SH	SZ	SO	TG	ZG	ZH	Total Exporte 1	Output nach EXTERN	Total Exporte 2, SOLVER	Angaben Exporte Total	Differenz	Abweichung SOLVER zu Modell												
1	AG	0	23000	103503	0	0	0	100700	0	11100	16608	254910	112826	367737	332000	35737	10.8%											
6	BE	4309	0	7974	0	0	0	123448	0	0	135731	154268	289999	290000	1	0.0%												
12	LU	21988	13640	0	0	0	6000	6653	0	22586	2400	73267	1733	75000	75000	0	0.0%											
16	SG	0	0	0	4000	163	22362	0	37960	0	10000	74485	45515	120000	120000	0	0.0%											
17	SH	0	0	0	1914	0	0	0	6900	0	5112	13926	31501	45427	50000	4573	-9.1%											
18	SZ	0	0	1131	41015	0	0	0	0	6113	4502	52761	19345	72107	80000	7893	-9.9%											
19	SO	13300	110031	37800	0	0	0	0	0	0	3322	164453	17958	182411	170000	12411	7.3%											
21	TG	0	0	0	178420	236	0	0	0	0	11038	189694	271	189966	190000	34	0.0%											
25	ZG	20122	0	37430	0	0	17923	0	0	0	6400	81874	13126	95000	95000	0	0.0%											
26	ZH	766273	6851	3729	100862	18963	33048	822	26588	136644	0	1083781	366219	1460000	1460000	0	0.0%											
<b>Total Importe</b>												<b>825982</b>	<b>153523</b>	<b>191566</b>	<b>326212</b>	<b>19363</b>	<b>79333</b>	<b>231623</b>	<b>71449</b>	<b>176443</b>	<b>59390</b>	<b>2134883</b>	<b>762764</b>	<b>2897647</b>	<b>2862000</b>	<b>60646</b>	<b>1.2%</b>	
Importe aus EXTERN												86008	44748	19760	78969	155	425	38376	2161	0	2401	272903						
<b>Total Importe 2, SOLVER</b>												<b>912000</b>	<b>198270</b>	<b>211326</b>	<b>405081</b>	<b>19517</b>	<b>79758</b>	<b>270000</b>	<b>73610</b>	<b>176443</b>	<b>61781</b>	<b>2407786</b>						
<b>Angaben Importe Total</b>												<b>9120000</b>	<b>244046</b>	<b>1820000</b>	<b>405081</b>	<b>19517</b>	<b>900000</b>	<b>2700000</b>	<b>650000</b>	<b>176443</b>	<b>530000</b>	<b>2417086</b>						
Differenz Zeilen												0	45775	29322	0	0	10242	0	8810	0	8781	102735						
Differenz Spalten												35737	1	1	0	4573	7883	12411	34	0	0	60646	163385	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER				
<b>Abweichung SOLVER zu Modell</b>												<b>0.0%</b>	<b>-18.8%</b>	<b>16.1%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-11.4%</b>	<b>0.0%</b>	<b>13.2%</b>	<b>0.0%</b>	<b>16.6%</b>	<b>-0.4%</b>						



## I-O-Tabelle Rückbaustoffe

RESULTAT SOLVER																	Abweichu ng SOLVER zu Modell
Hier nichts eintragen, wird alles berechnet.																	
SOLVER	AG	BE	LU	SG	SH	SZ	SO	TG	ZG	ZH	Total Exporte 1	Output nach EXTERN	Total Exporte 2, SOLVER	Angaben Exporte Total	Differenz		
1	AG	0	20422	41211	0	0	1252	7568	0	126	2363	72941	17059	90000	90000		0.0%
6	BE	425	0	105	0	0	0	22227	0	0	473	23229	36771	60000	60000		0.0%
12	LU	3844	284	0	0	0	3333	1950	0	487	6079	15976	189	16165	15000	1185	7.8%
16	SG	0	0	0	0	33	16148	0	17496	0	2363	36039	189	36228	35000	1228	3.5%
17	SH	0	0	0	123	0	0	0	2361	0	1693	4176	1	4177	3000	1177	39.2%
18	SZ	0	0	110	2481	0	0	0	0	12462	14694	29657	12343	42000	42000		0.0%
19	SO	10000	15000	5880	0	0	0	0	0	0	353	31033	3	31036	30000	1036	3.5%
21	TG	0	0	0	9607	5400	0	0	0	0	9604	24611	10390	35000	35000		0.0%
25	ZG	298	0	7671	0	0	3652	0	0	0	8298	19919	189	20108	20000	108	0.5%
26	ZH	10631	10800	14915	2481	496	27000	165	12000	13500	0	91989	3	91991	100000	8009	8.0%
	<b>Total Impo</b>	<b>25199</b>	<b>46506</b>	<b>69691</b>	<b>14691</b>	<b>5929</b>	<b>51384</b>	<b>31910</b>	<b>31856</b>	<b>26574</b>	<b>45829</b>	<b>349570</b>	<b>77136</b>	<b>426706</b>	<b>430000</b>	<b>12723</b>	<b>-0.8%</b>
	Importe aus EXTERN	2126	284	24410	165	33	1252	3087	1181	126	473	33137					
	<b>Total Importe 2, SOLVER</b>	<b>27325</b>	<b>46789</b>	<b>94101</b>	<b>14856</b>	<b>5962</b>	<b>52636</b>	<b>34997</b>	<b>33038</b>	<b>26700</b>	<b>46301</b>	<b>382707</b>					
	<b>Angaben Importe Total</b>	<b>51000</b>	<b>58000</b>	<b>126530</b>	<b>22000</b>	<b>7000</b>	<b>53000</b>	<b>35000</b>	<b>50000</b>	<b>26702</b>	<b>61000</b>	<b>490232</b>					
	Differenz Zeilen	23675	11211	32420	7144	1038	364	3	16362	3	14959	107526					
	Differenz Spalten	0	0	1165	1223	1172	0	1030		103	8005	12723	<b>120249</b>	Zu minimieren, die Zielzelle für den SOLVER			
	<b>Abweichu ng SOLVER zu Modell</b>	<b>-46.4%</b>	<b>-19.3%</b>	<b>-25.6%</b>	<b>-32.5%</b>	<b>-14.8%</b>	<b>-0.7%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-33.9%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-24.1%</b>	<b>-21.9%</b>					

## A.3 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