

TINU SCHNEIDER Datenanalyse

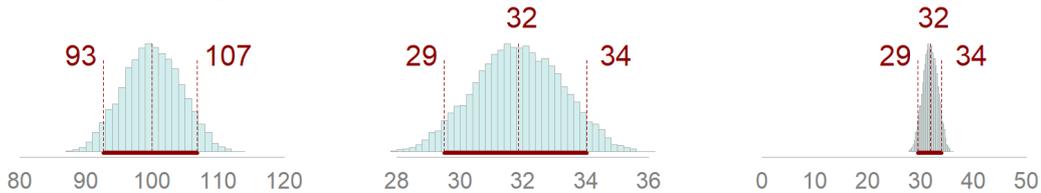
Martin Schneider
Dipl. Umwelt-Ing. ETH
Gartenstrasse 11
CH-3600 Thun

+41 (0)76 445 83 01
schneider@tinuschneider.ch
www.tinuschneider.ch

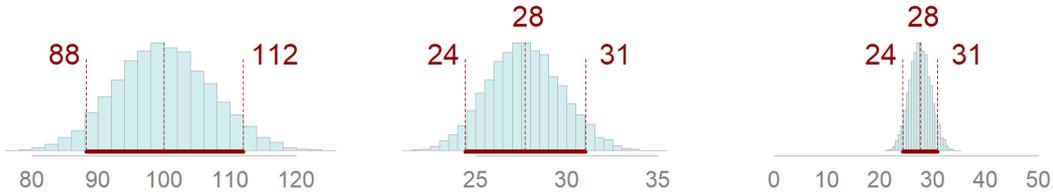
Kurzbericht: KAR-Modell Schweiz

Modellierung der Materialflüsse von Kies, Aushub und Rückbaumaterial zum Bezugsjahr 2018

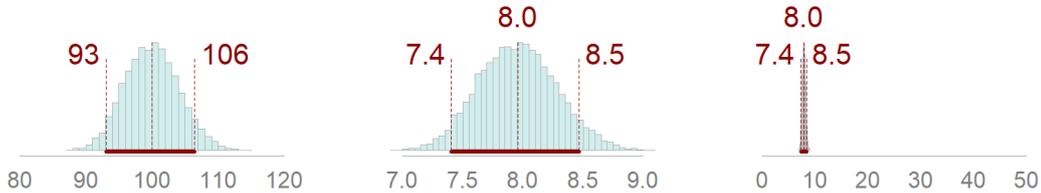
Bedarf Baustoffe im BW



Anfall Aushub aus BW



Anfall Rückbaumaterial im BW



Inhalt

1	Einleitung	3
2	Resultate	4
2.1	SFA-Diagramm in Tonnen	4
2.2	Tabelle der Materialflüsse in Tonnen und Kubikmeter	5
2.3	Vergleich mit den dynamischen Modellen	6
2.4	Plausibilisierungen	8
2.5	Monte Carlo Simulationen	9
	Quellen	12
3	Résultats, Risultati, Results	13
3.1	Résultats en Français	13
3.2	Risultati in Italiano	15
3.3	Results in English	17
	Anhang	19

Auftraggeber David Hiltbrunner
Sektion Rohstoffkreisläufe
Bundesamt für Umwelt BAFU

Autor Martin Schneider
Tinu Schneider Datenanalyse
Gartenstrasse 11
3600 Thun

Disclaimer

Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst.
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

1 Einleitung

In diesem Kurzbericht werden die Resultate der KAR-Modellierung (Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse; ausschliesslich mineralische Materialien) zum Bezugsjahr 2018 gezeigt und kurz diskutiert.

Grundlagen, Methoden und Hintergründe zum KAR-Modell sind im Bericht [\[BAFU 2016\]](#) ausführlich dargestellt.

Zusätzlich zum statischen KAR-Modell (Bezugsjahr 2018) wurden zum KAR-Modell mit Bezugsjahr 2017 Monte Carlo Simulationen durchgeführt. Damit erhalten wir eine Verteilung der Resultate auf Grund der Unsicherheiten der Modellparameter.

2.2 Tabelle der Materialflüsse in Tonnen und Kubikmeter

Die Tabelle 1 zeigt die modellierten Resultate aller Materialflüsse in Mio. Tonnen (linke Spalte) und Mio. Kubikmeter fest (mittlere Spalte). Die rechte Spalte zeigt erhobenen bzw. aufbereiteten Daten von Verbänden (FSKB, ARV), BAFU (Deponiestatistik), Zollverwaltung (Importe und Exporte) und BFS (Bundesamt für Statistik, Materialflüsse), welche zur Kalibration des Modells benutzt werden. Beim Modellieren werden die Modellparameter so gewählt, dass sie einerseits plausibel sind und gleichzeitig die erhobenen Daten so gut wie möglich abbilden.

Die Kürzel in der ersten Spalte ergeben sich aus den Nummern der Prozesse (siehe Figur 1), beispielsweise bedeutet "A12": Materialfluss aus dem Prozess 1 in den Prozess 2.

Tabelle 1 Resultate der Modellierung zum Bezugsjahr 2018 in Mio. Tonnen und Mio. m^3 und die dazu erhobenen Daten (rechte Spalte). Die erhobenen Daten der Importe und Exporte fliessen direkt in das Modell ein, daher sind dort die modellierten Werte identisch mit den erhobenen Daten.
min: Mineralisches Rückbaumaterial

Kürzel	Bezeichnung	Modell Mio. Tonnen	Modell Mio. m^3	Daten Mio. m^3
A12	Mineralisches Rückbaumaterial	16.46	7.84	*
A15	Aushub	57.82	28.91	*
A23	Mineralisches Rückbaumaterial	4.91	2.33	1.80
A24	Mineralisches Rückbaumaterial	10.16	4.81	4.27
A29	Direkte Verwertung (TB)	1.19	0.59	*
A43	Feinfraktion	0.41	0.19	*
A49	RC-Granulate	9.75	4.62	4.13
A51	Terrainveränderung	2.89	1.45	*
A53.A	Deponie Typ A	9.40	4.70	*
A53.B	Deponie Typ B	2.28	1.14	1.14
A56	Aushub	32.45	16.22	*
A58	Kiesiger Aushub	2.89	1.45	1.33
A512	Aushub	5.11	2.56	*
A78	Kies / Sand	36.01	18.00	17.62
A86	Feinfraktion	1.94	0.97	*
A89	Kies / Sand	45.67	22.84	*
A91	Mineralische Baustoffe	67.24	31.82	*
A109	Weitere**	10.63	3.77	*
A1110	Weitere**	7.70	2.73	3.22
A02	Import min. Rückbaumaterial	0.00	0.00	*
A20	Export min. Rückbaumaterial	0.21	0.10	0.10
A40	Export RC-Granulate	0.00	0.00	*
A05	Import Aushub	0.00	0.00	*
A50	Export Aushub	2.80	1.40	1.79
A08	Import Kies / Sand	9.07	4.54	4.31
A80	Export Kies Sand	0.35	0.18	0.16
A010	Import Weitere**	3.38	1.20	1.30
A100	Export Weitere**	0.45	0.16	0.16

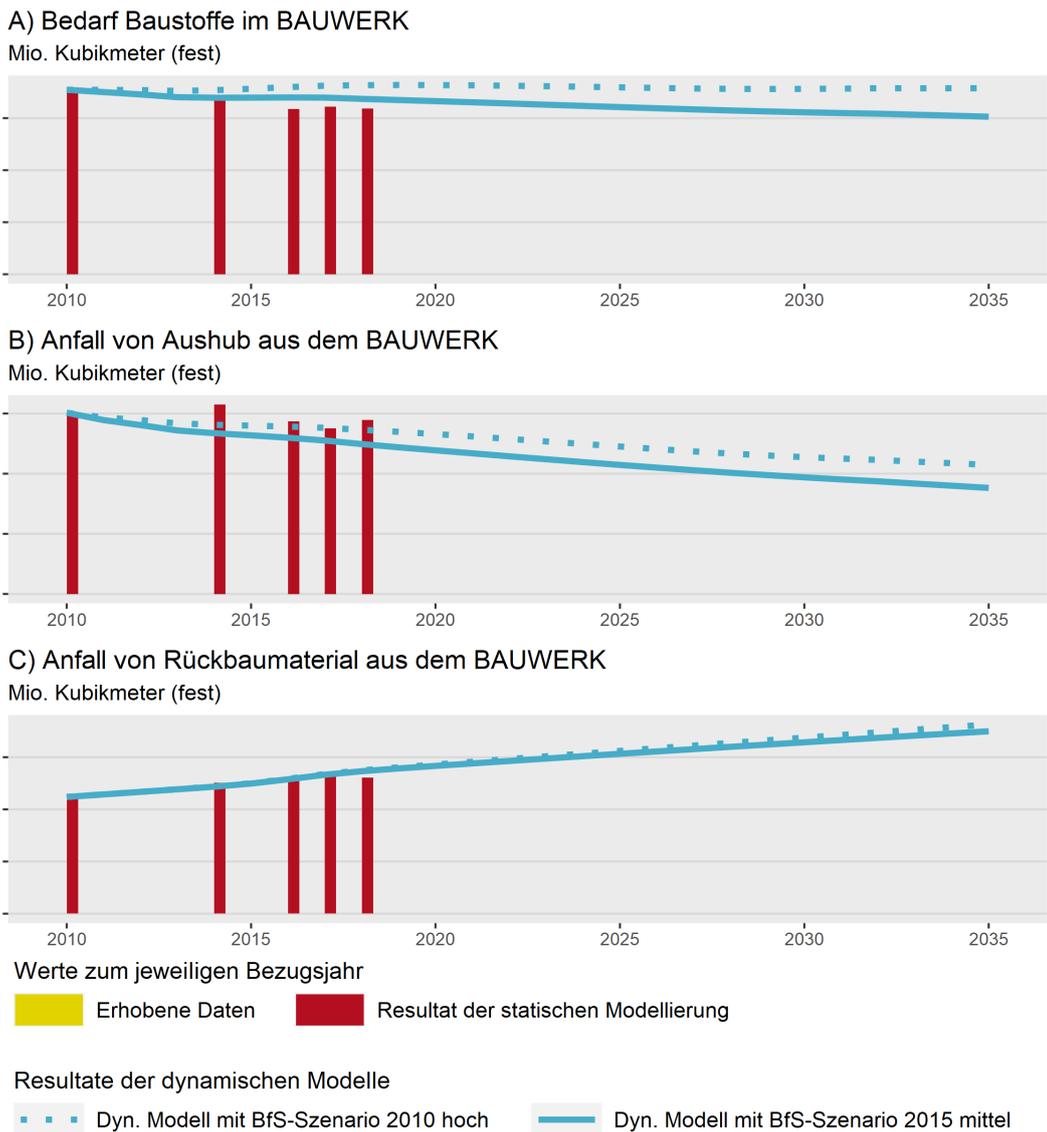
*Diese Flüsse werden ausschliesslich modelliert, es gibt keine Daten dazu

**Weitere: Kalk, Mergel, Ton, Gips, Zement, Import RC-Granulate

2.3 Vergleich mit den dynamischen Modellen

Wir können die bisher gerechneten statischen Modelle (Säulen, retrospektiv) mit dem dynamischen Modell 2010–2035 vergleichen. Die dynamischen Modelle starten ab dem statischen KAR-Modell zum Bezugsjahr 2010 und entwickeln sich proportional der vom BFS veröffentlichten Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung.

2.3.1 Materialflüsse BAUWERK



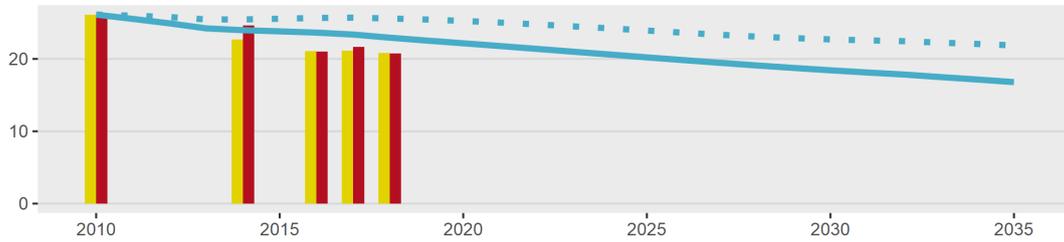
Figur 2 Materialflüsse BAUWERK (Input und Output). Diese drei Materialflüsse werden ausschliesslich modelliert, es existieren keine Daten dazu, die erhoben werden könnten. In dieser Abbildung fehlen daher alle gelben Säulen.

In den letzten Jahren wurde in der Schweiz sehr viel neu gebaut. Sollte die Baukonjunktur nachlassen, dürften in Zukunft tiefere Materialflüsse beim Bedarf von Baustoffen (A) und beim Anfall von Aushub (B) erwartet werden. Der Anfall von Rückbaumaterial (C) hingegen wird wohl weiterhin steigen, da das BAUWERK immer noch wächst und dessen Unterhalt Rückbaumaterial generiert.

2.3.2 Materialflüsse SFA

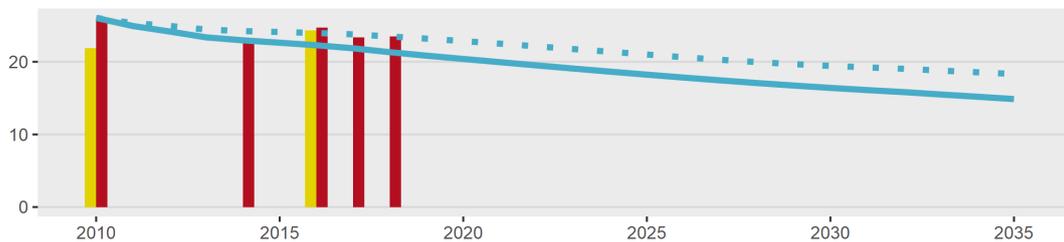
A) Abbau Primärmaterial (aus Entnahmestellen)

Mio. Kubikmeter (fest)



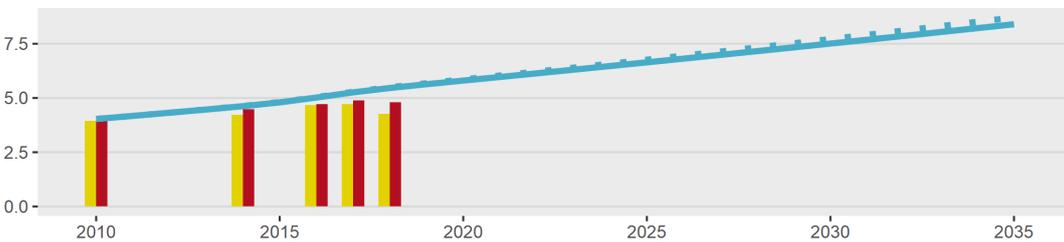
B) Ablagerung Aushub in Entnahmestellen

Mio. Kubikmeter (fest)



C) Aufbereitung Rückbaumaterial

Mio. Kubikmeter (fest)



Werte zum jeweiligen Bezugsjahr

■ Erhobene Daten ■ Resultat der statischen Modellierung

Resultate der dynamischen Modelle

- - - Dyn. Modell mit BfS-Szenario 2010 hoch — Dyn. Modell mit BfS-Szenario 2015 mittel

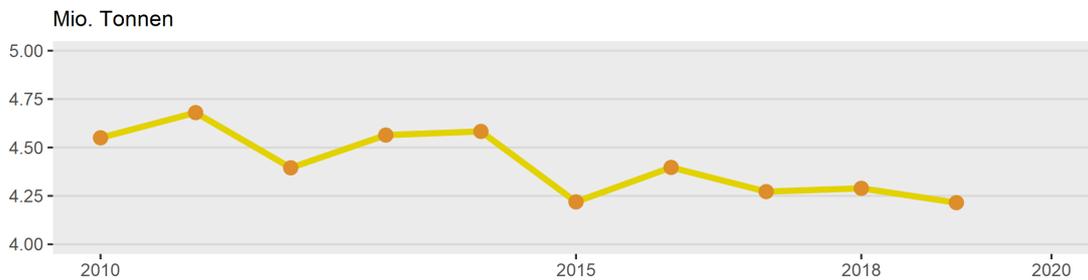
Figur 3 Drei 'grosse' Materialflüsse im System. Die modellierten Resultate sind so gut wie möglich an erhobene und aufbereitete Daten angepasst.

Zusätzlich zu den modellierten Resultaten (dunkle Säulen) sind bei diesen drei ausgewählten Materialflüssen auch die erhobenen Daten (helle Säulen, falls Daten vorhanden sind) gezeigt. Die statischen Modelle bilden die erhobenen Daten sehr gut ab.

Das zeigt, dass die Erhebung von robusten Daten für die Qualität des Modells entscheidend ist, da mit den erhobenen Daten das Modell kalibriert wird.

2.4 Plausibilisierungen

Zementlieferungen



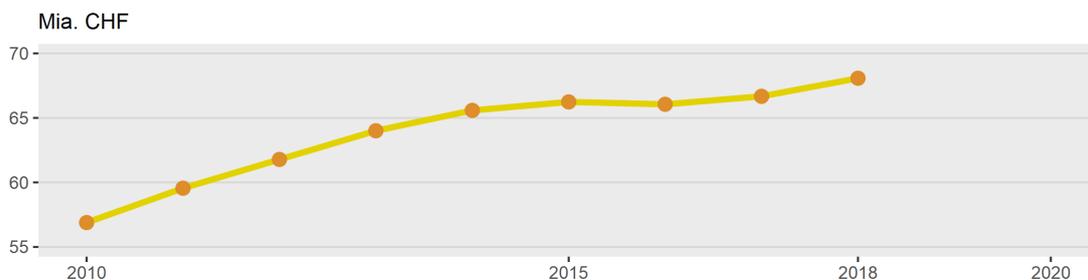
Figur 4 Zementlieferungen (inkl. Importe) der Jahre 2010 – 2019. Die Zementlieferungen im Inland im Jahr 2018 sind annähernd gleich hoch wie im Vorjahr. Quelle: cemsuisse

Der Bedarf von Beton hängt direkt von den Zementlieferungen ab. Diese liegen im Jahr 2018 ungefähr gleich hoch wie 2017. Wir können daher annehmen, dass auch die ähnliche Menge von Beton verbaut wurde.

Leerwohnungsziffer

Die Leerwohnungsziffer hat auch weiter 2018 zugenommen und liegt bei 1.66 %, ähnlich wie im Vorjahr. Eine hohe Leerwohnungsziffer zeigt, dass mehr gebaut wurde, als der Markt absorbieren kann, das Bevölkerungswachstum betrug 0.7 %. Gleichzeitig ist das Umfeld für längerfristige Geldanlagen so, dass weiterhin viel in Immobilien investiert wird. Hohe Materialflüsse der Bautätigkeit scheinen daher plausibel.

Bauausgaben



Figur 5 Bauausgaben der Jahre 2010 – 2018. Quelle: BFS

Die Bauausgaben haben 2018 gegenüber dem Vorjahr um 2.1 % zugenommen. Wir können davon ausgehen, dass die Materialflüsse mit den Bauausgaben positiv korrelieren. Es ist damit plausibel, dass die Materialflüsse im Jahr 2018 auf dem ähnlichen Niveau wie 2017 waren.

Unsicherheiten

Die Unsicherheiten der Rohdaten, die in das KAR-Modell fließen, sind teilweise relativ gross. Die meisten Werte werden nicht "gemessen", sondern müssen für das Modell aus anderen Quellen aufbereitet werden; so gibt es beispielsweise keine schweizweit verbindliche standardisierte Messmethode für die Ablagerung von Aushub.

Das bedeutet für die modellierten Daten, dass sie nicht als absolute – präzise – Punktwerte interpretiert werden dürfen, sondern als Grössenordnung. Im nächsten Abschnitt wird die Unsicherheit des Modells weiter untersucht.

2.5 Monte Carlo Simulationen

Für die Monte Carlo Simulation wurde das KAR-Modell mit Bezugsjahr 2017 verwendet. Die Ergebnisse sind für das KAR-Modell zum Bezugsjahr 2018 vergleichbar.

In das KAR-Modell fliessen viele Parameter zur Steuerung ein, z. B. 'Neubaurate Wohngebäude', 'Anteil von Aushub bei neuen Nicht-Wohngebäuden', ... und jeder dieser Parameter hat eine gewisse Unsicherheit. Mit einer Monte Carlo Simulation können wir diese Unsicherheiten auf die Resultate der Modellierung quantifizieren.

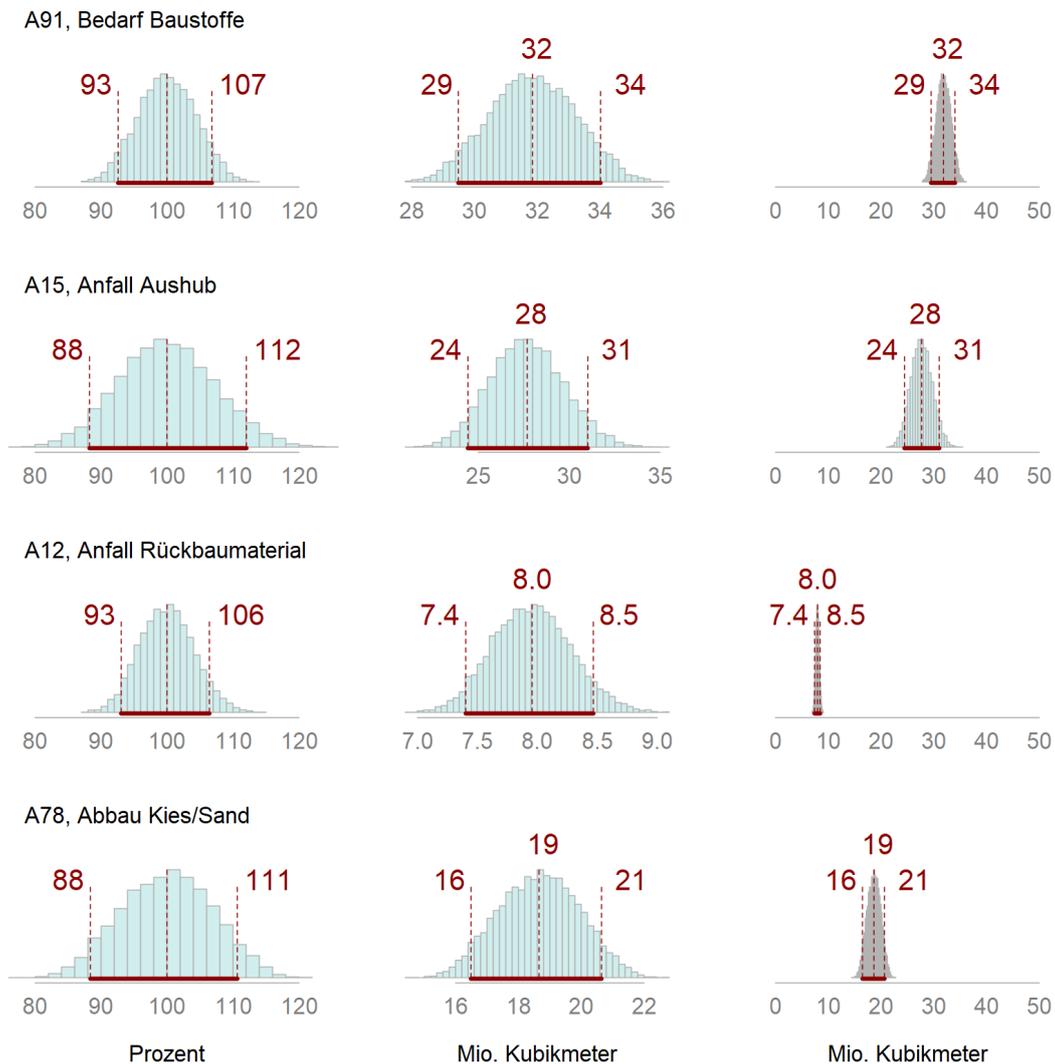
Dazu geben wir für jeden Parameter einen Unsicherheitsbereich in Prozent an, beispielsweise $\pm 15\%$. Wenn wir im Modell für die Neubaurate der Wohngebäude den Wert von 2.20 einsetzen, ergibt sich damit ein Unsicherheitsbereich von $2.2 \pm 15\% = [1.87, 2.53]$.

Über die statistische Verteilung der Unsicherheit wissen wir im Allgemeinen nichts. Wir nehmen daher an, dass alle Werte innerhalb des Bereiches gleiche Wahrscheinlichkeiten haben, d. h. sie sind innerhalb dieses Bereichs gleichverteilt. Die gewählten Werte sind im Anhang aufgeführt (Tabelle 6).

Die Tabelle 2 zeigt das Modellresultat (wie Tabelle 1) sowie die Mittelwerte und Unsicherheiten aus den Monte Carlo Simulationen. Die Differenzen zwischen Modell und dem Mittelwert der Monte Carlo Simulationen sind gering.

Tabelle 2 Das Resultat des KAR-Modells zum Bezugsjahr 2017 (Spalte 'Modell') und die Resultate der Monte Carlo Simulation (MC) in Mio. Kubikmeter (fest). Die Flüsse sind nach der prozentualen Unsicherheit sortiert. Die Spalten 'lower' und 'upper' umfassen die 90 % Intervalle aller Simulationen. Drei Flüsse mit Wert 0 sind nicht dargestellt (A02, A05, A40).

Fluss	Modell	Mittelwert MC	±	lower	upper	Unsicherheit in %
A12	7.96	7.96	0.53	7.40	8.47	± 7 %
A91	31.83	31.85	2.26	29.49	34.02	± 7 %
A89	23.35	23.40	2.00	21.39	25.40	± 9 %
A08	4.54	4.54	0.40	4.15	4.95	± 9 %
A20	0.10	0.10	0.01	0.09	0.11	± 9 %
A24	4.82	4.82	0.47	4.35	5.29	± 10 %
A49	4.63	4.62	0.45	4.17	5.07	± 10 %
A109	3.23	3.23	0.35	2.87	3.58	± 11 %
A78	18.61	18.66	2.08	16.49	20.65	± 11 %
A15	27.69	27.70	3.29	24.44	31.03	± 12 %
A1110	2.94	2.94	0.36	2.59	3.32	± 12 %
A010	0.41	0.41	0.05	0.35	0.46	± 13 %
A512	2.90	2.90	0.39	2.48	3.25	± 13 %
A100	0.12	0.12	0.02	0.10	0.14	± 13 %
A50	1.50	1.50	0.20	1.30	1.70	± 13 %
A43	0.19	0.19	0.03	0.17	0.22	± 13 %
A80	0.18	0.18	0.02	0.15	0.20	± 13 %
A86	1.00	1.00	0.15	0.86	1.15	± 15 %
A23	2.42	2.43	0.39	2.01	2.80	± 16 %
A53.A	6.10	6.08	1.08	4.95	7.12	± 18 %
A53.B	0.65	0.65	0.12	0.54	0.77	± 18 %
A56	13.77	13.81	3.21	10.71	17.12	± 23 %
A29	0.62	0.62	0.15	0.46	0.75	± 24 %
A51	1.38	1.38	0.35	1.03	1.73	± 25 %
A58	1.38	1.39	0.35	1.02	1.72	± 25 %



Figur 6 Verteilung der Resultate der Monte Carlo Simulation für die drei Materialflüsse des Bauwerk (Bedarf mineralischer Baustoffe, Anfall Aushub und Anfall Rückbaumaterial) und Abbau von Kies / Sand. Die rote Linie überdeckt 90 % aller Werte.

Linke Spalte: Unsicherheit bezüglich dem Mittelwert (=100 %) in Prozent.

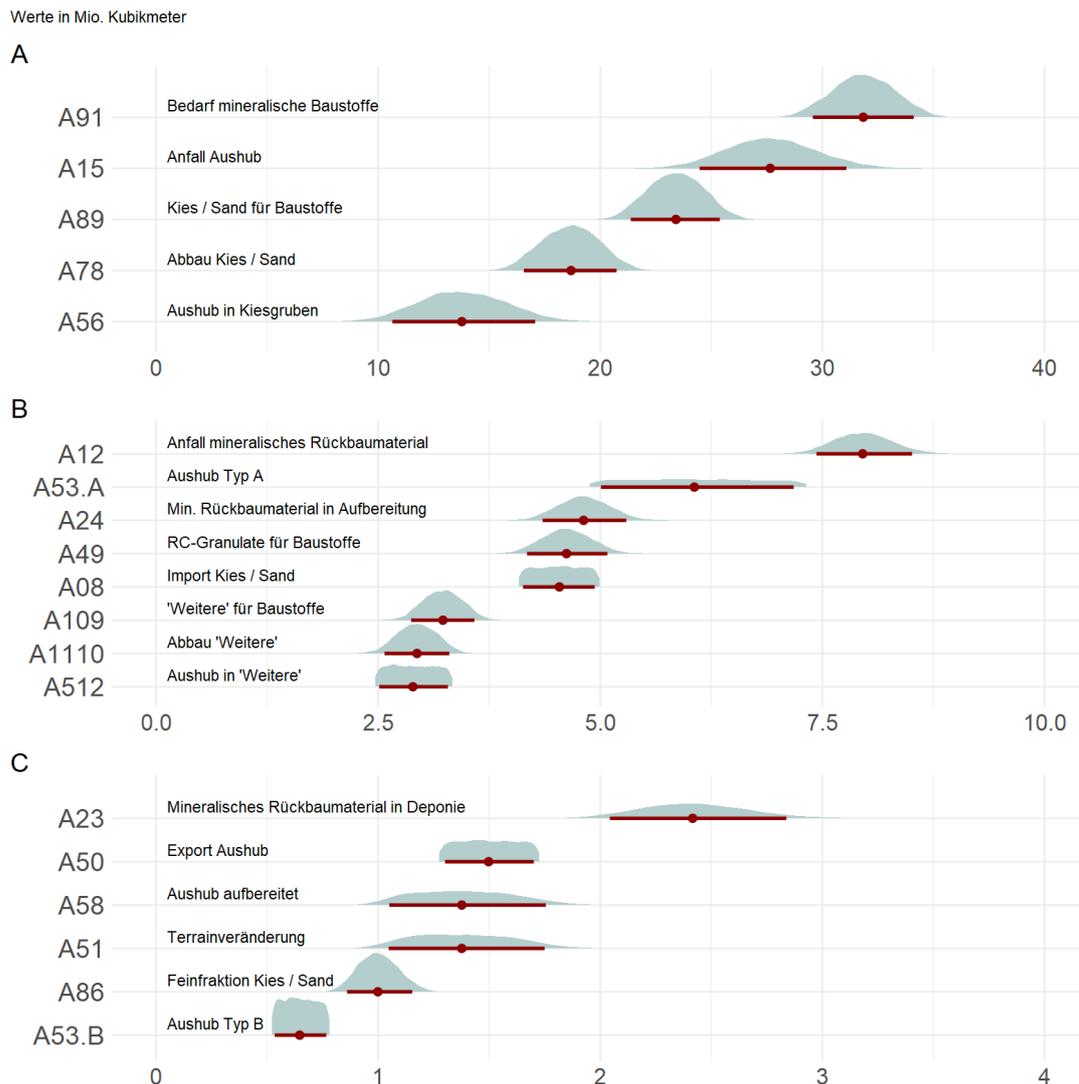
Mittlere Spalte: Absolute Werte, individuelle x-Achsen.

Rechte Spalte: Absolute Werte, fixe x-Achse für alle Zeilen.

Für die Monte Carlo Simulation werden 10'000 Simulationen des KAR-Modells 2017 gemacht. Dazu wird vor jeder Simulation für jeden Parameter ein Wert zufällig aus seinem Unsicherheitsbereich gezogen und anschliessend mit diesem Satz Parameter das KAR-Modell neu gerechnet. Wir erhalten so 10'000 unterschiedliche Resultate, welche die Verteilung der Materialflüsse auf Grund der Unsicherheit der Parameter zeigen.

In der Figur 6 sind für die vier "grossen" Materialflüsse die Ergebnisse gezeigt. Die linke Spalte ist zentriert als Abweichung vom Mittelwert (in Prozent), die mittlere Spalte hat verschiedene Werte auf der x-Achse und die rechte Spalte hat eine fixe x-Achse für den Vergleich der absoluten Grössen.

Das rote Intervall überdeckt 90 % der simulierten Resultate.



Figur 7 Die Verteilung der Resultate der Monte Carlo Simulation in Mio. m^3 nicht dargestellt sind A05, A100, A80 und A010.
Die x-Achsen sind für die drei Gruppen A, B, C unterschiedlich skaliert.

Fazit

Mit der Monte Carlo Simulation wird es erstmals möglich, die Unsicherheiten der Ergebnisse der KAR-Modellierung quantitativ differenziert anzugeben. Obwohl einige Parameter Unsicherheitsbereiche von bis zu $\pm 25\%$ haben, liegen die Resultate der meisten Flüsse des KAR-Systems innerhalb von $\pm 15\%$.

Das heisst aber auch, wie oben bereits angetönt, dass es keinen Sinn macht, die Resultate des KAR-Modells als 'exakte' Punktwerte zu lesen. Die Ergebnisse liegen innerhalb des Unsicherheitsbereiches und können mit den aktuell zur Verfügung stehenden Daten nicht genauer abgeschätzt werden.

Kleine Schwankungen der Resultate von Jahr zu Jahr sind somit eher als 'Rauschen' zu interpretieren und nicht als Trend.

Literatur

[BAFU 2016] M. Schneider, 2016. *KAR-Modell für die Schweiz. Ein integrales Modell von Kies, Aushub und Rückbaumaterial, Ergebnisse der Modellierung zum Bezugsjahr 2010 und 2014.*
Erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU
kar-modell.ch/uploads/KAR-Modell_Schweiz_Bezugsjahre_2010_und_2014.pdf

Weitere Informationen zum KAR-Modell findet sich unter dem Link www.kar-modell.ch

Datenquellen

Materialflüsse

Jahresbericht FSKB 2016 www.fskb.ch/aktuell/publikationen-und-produkte/#jahresberichte
Homepage ARV www.arv.ch/de/

Bundesamt für Statistik

[www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/
statistiken/raum-umwelt/umweltgesamtrechnung/materialfluesse.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/umweltgesamtrechnung/materialfluesse.html)

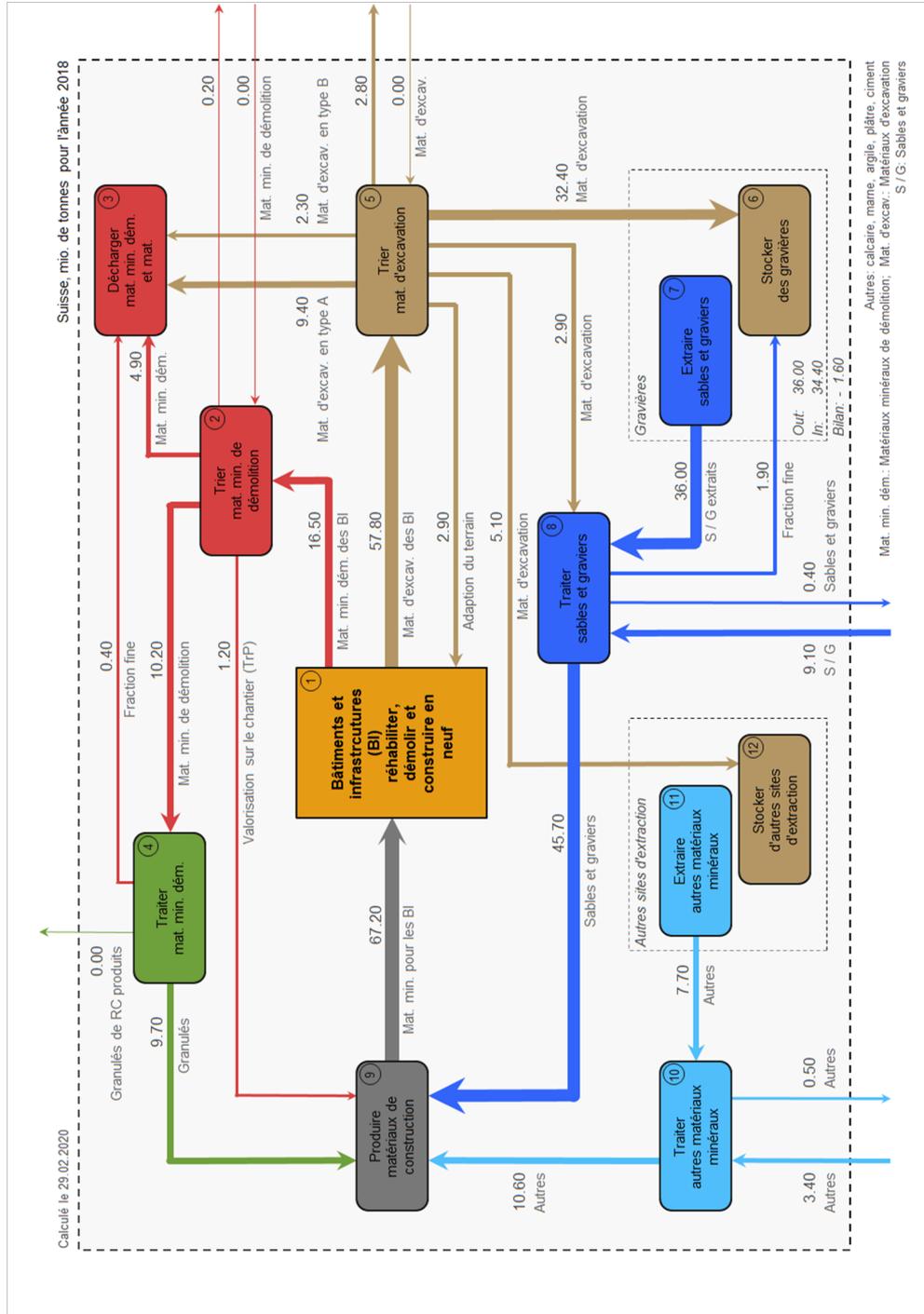
Lehrwohnungsziffer

Bundesamt für Statistik

www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen/

3 Résultats, Risultati, Results

3.1 Résultats en Français



Figur 8 Les flux des matériaux minéraux (millions de tonnes) du modèle en 2018.

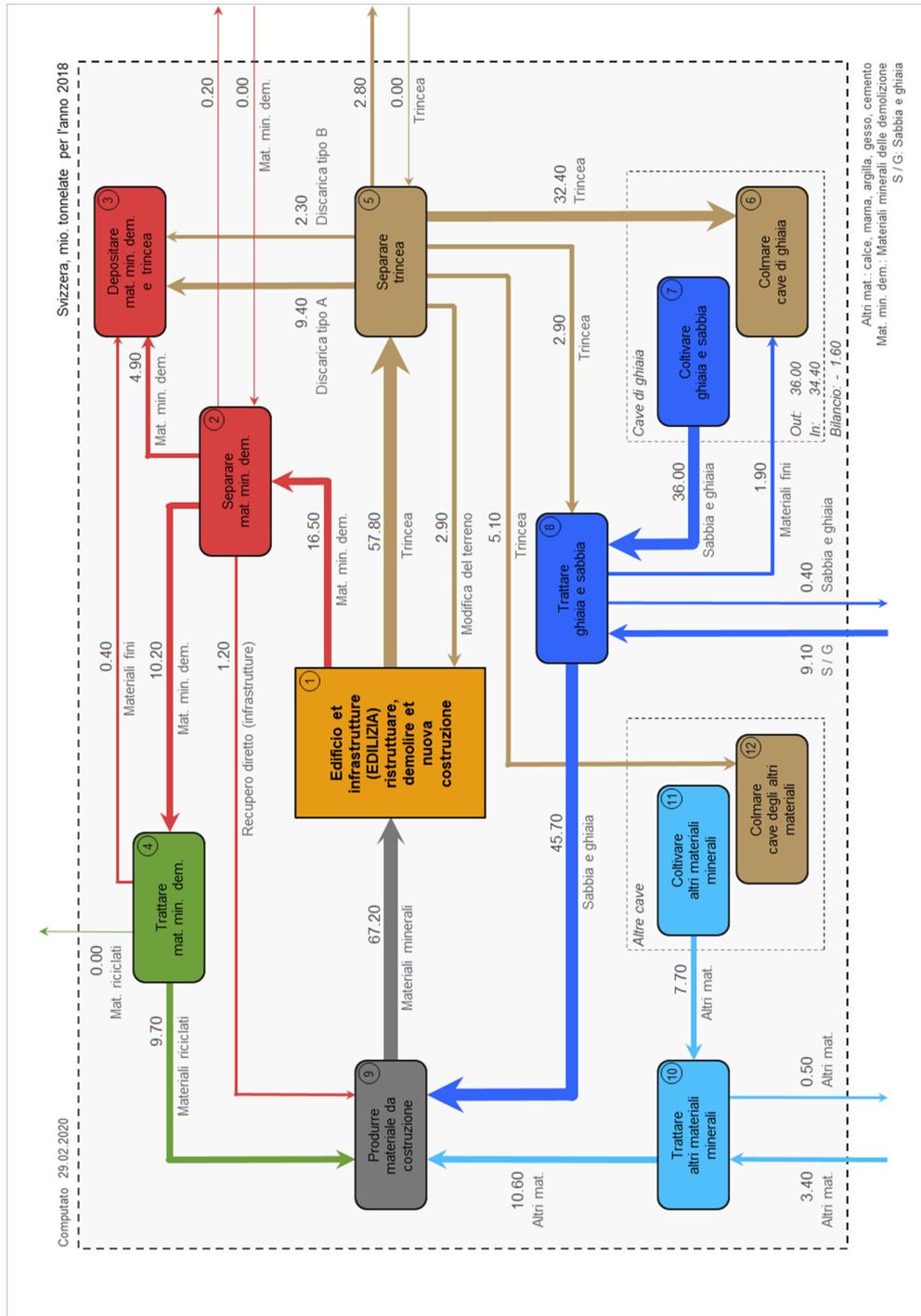
Table 3 Les flux des matériaux (millions de tonnes et millions de mètres cubes) du modèle en 2018 ainsi que les données relevées (colonne droite)
 Mat: matériaux; Mat. min: matériaux minéraux; BI: bâtiments et infrastructures (BAUWERK); RC: recyclage; TrP: travaux public; Abr: abréviation;
 Ex: A12 signifie le flux entre la procédure 1 et la procédure 2 (voir figure 8).

Abr.	Description	Modèle mio. t	Modèle mio. m ³ _f	Données mio. m ³ _f
A12	Mat. min. de démolition des BI	16.46	7.84	*
A15	Mat. d'excavation des BI	57.82	28.91	*
A23	Mat. min. de démolition mis en décharge	4.91	2.33	1.80
A24	Mat. min. de démolition traites	10.16	4.81	4.27
A29	Valorisation sur le chantier (TrP)	1.19	0.59	*
A43	Fraction fine du traitement de mat.	0.41	0.19	*
A49	Granulés de RC produits	9.75	4.62	4.13
A51	Adaption du terrain (mat. d'excavation)	2.89	1.45	*
A53.A	Mat. d'excavation en décharge de type A	9.40	4.70	*
A53.B	Mat. d'excavation en décharge de type B	2.28	1.14	1.14
A56	Mat. d'excavation dans des sites d'extraction	32.45	16.22	*
A58	Mat. d'excavation pour traitement	2.89	1.45	1.33
A512	Mat. d'excavation dans des sites d'extraction	5.11	2.56	*
A78	Sables et graviers extraits	36.01	18.00	17.62
A86	Fraction fine du traitement de mat.	1.94	0.97	*
A89	Sables et graviers	45.67	22.84	*
A91	Besoin des mat. minéraux pour les BI	67.24	31.82	*
A109	Autres matériaux minéraux**	10.63	3.77	*
A1110	Autres matériaux minéraux**	7.70	2.73	3.22
A02	Importation des mat. min. de démolition	0.00	0.00	*
A20	Exportation des mat. min. de démolition	0.21	0.10	0.10
A40	Exportation de granulés de RC produits	0.00	0.00	*
A05	Importation du mat. d'excavation	0.00	0.00	*
A50	Exportation du mat. d'excavation	2.80	1.40	1.79
A08	Importation de sables et graviers	9.07	4.54	4.31
A80	Exportation de sables et graviers	0.35	0.18	0.16
A010	Importation d'autres mat. minéraux**	3.38	1.20	1.30
A100	Exportation d'autres mat. minéraux**	0.45	0.16	0.16

*Pas de donnée disponible, flux modélisée

**Autres matériaux minéraux: calcaire, marne, plâtre, ciment, importations des granulés de RC produits

3.2 Risultati in Italiano



Figur 9 I flussi materiali minerali (mio. tonnellate) dal modello per l'anno 2018.

Tabella 4 I flussi materiali (mio .tonnelate et mio. metri cubi) dal modello per l'anno 2018 e le dati (colonna a destra).

Abbr: Abbreviazione; mat. min: materiali minerali;

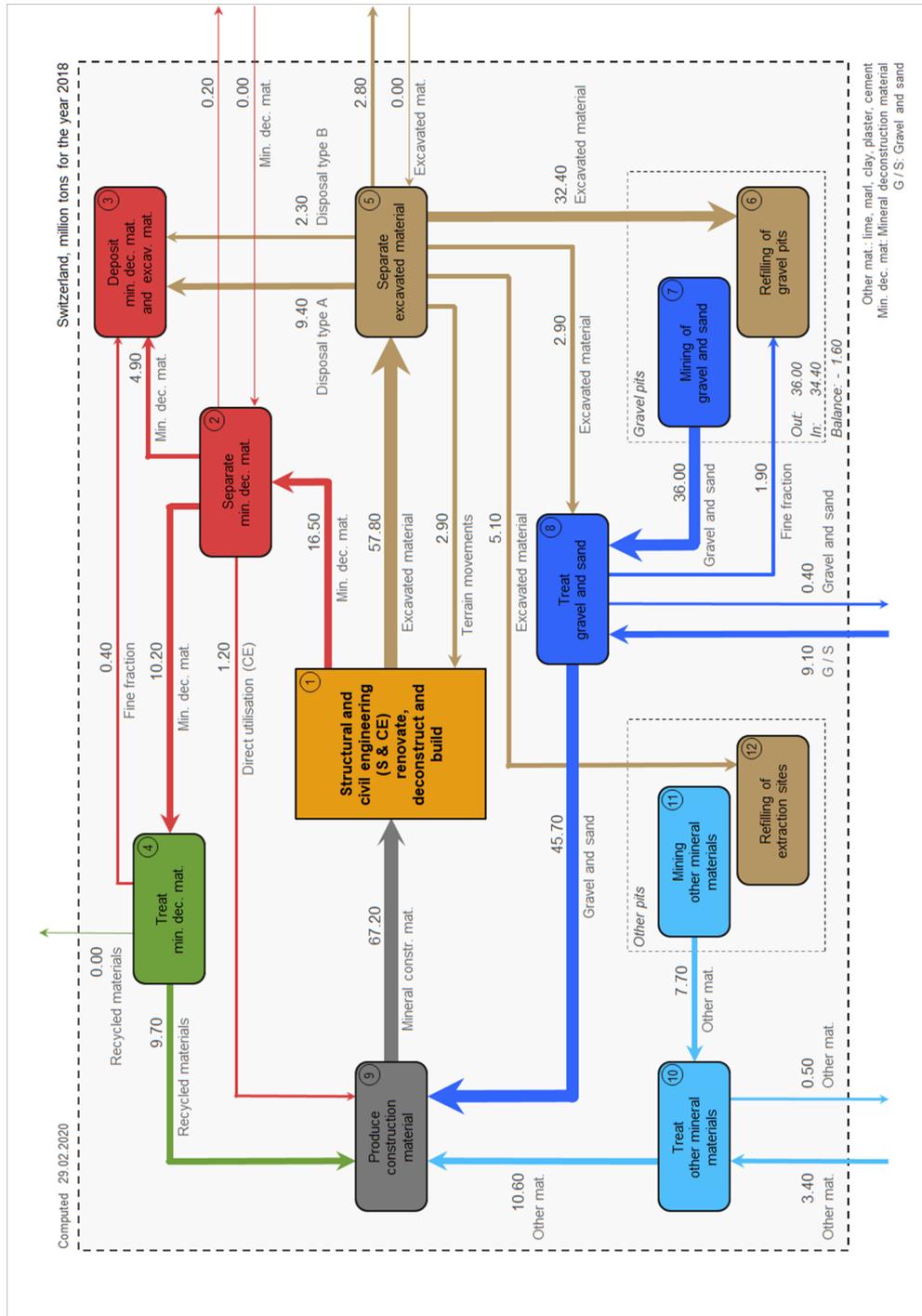
Es: A12 significa il flusso di materiale della produzione 1 a la produzione 2 (vedia anche la figura 9).

Abbr.		Modello mio. t	Modello mio. m ³ _f	Dati mio. m ³ _f
A12	Materiali minerali delle demolizioni	16.46	7.84	*
A15	Trincea	57.82	28.91	*
A23	Materiali minerali delle demolizioni	4.91	2.33	1.80
A24	Materiali minerali delle demolizioni	10.16	4.81	4.27
A29	Recupero diretto (infrastrutture)	1.19	0.59	*
A43	Materiali fini	0.41	0.19	*
A49	Materiali riciclati	9.75	4.62	4.13
A51	Modifica del terreno	2.89	1.45	*
A53.A	Discarica di tipo A	9.40	4.70	*
A53.B	Discarica di tipo B	2.28	1.14	1.14
A56	Trincea	32.45	16.22	*
A58	Trincea per trattare	2.89	1.45	1.33
A512	Trincea	5.11	2.56	*
A78	Sabbia e ghiaia	36.01	18.00	17.62
A86	Materiali fini	1.94	0.97	*
A89	Sabbia e ghiaia	45.67	22.84	*
A91	Materiali minerali	67.24	31.82	*
A109	Altri**	10.63	3.77	*
A1110	Altri**	7.70	2.73	3.22
A02	Import mat. min. delle demolizioni	0.00	0.00	*
A20	Export mat. min. delle demolizioni	0.21	0.10	0.10
A40	Export mat. riciclati	0.00	0.00	*
A05	Import trincea	0.00	0.00	*
A50	Export trincea	2.80	1.40	1.79
A08	Import sabbia e ghiaia	9.07	4.54	4.31
A80	Export sabbia e ghiaia	0.35	0.18	0.16
A010	Import altri**	3.38	1.20	1.30
A100	Export altri**	0.45	0.16	0.16

*Alcuni dati disponibile

**Altri materiali minerali: calce, marna, argilla, gesso, cemento

3.3 Results in English



Figur 10 The modeled mineral material flows (mio. tonnes) for the year 2018.

Tabelle 5 Material flows of mineral materials (millions of tons and millions of cubic meters) for the year 2018 and the given data (right column)
 CE: civil engineering; min. deconstr. mat.: Mineral deconstruction materials
 E.g.: A12 is the material flow from the process 1 to the process 2 (see figure 10).

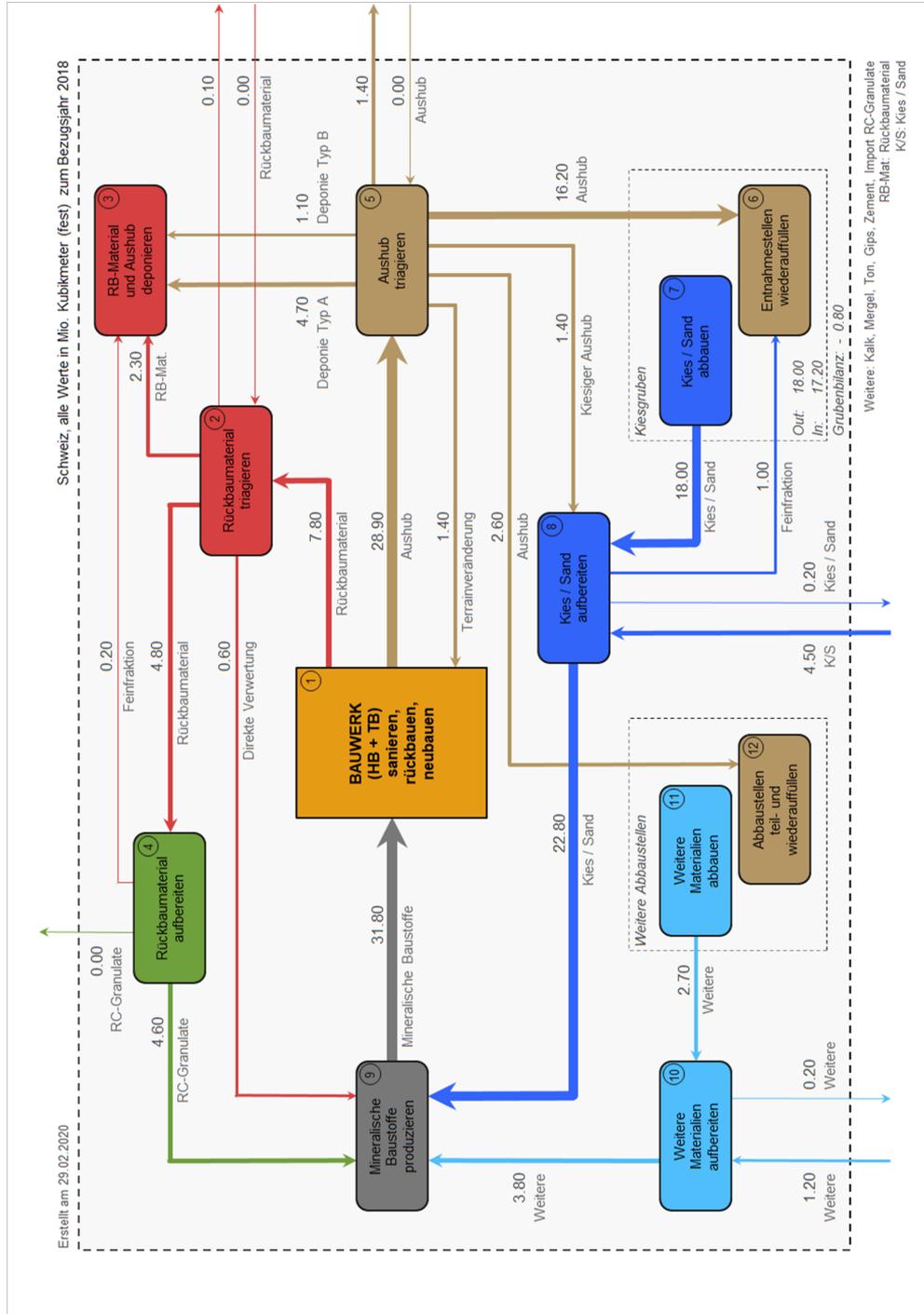
Short		Model mio. t	Model mio. m _f ³	Data mio. m _f ³
A12	Mineral deconstruction materials	16.46	7.84	*
A15	Excavated material	57.82	28.91	*
A23	Mineral deconstruction materials	4.91	2.33	1.80
A24	Mineral deconstruction materials	10.16	4.81	4.27
A29	Direct utilisation (CE)	1.19	0.59	*
A43	Fine fraction	0.41	0.19	*
A49	Recycled materials	9.75	4.62	4.13
A51	Terrain movements	2.89	1.45	*
A53.A	Disposal type A	9.40	4.70	*
A53.B	Disposal type B	2.28	1.14	1.14
A56	Excavated material	32.45	16.22	*
A58	Excavated material	2.89	1.45	1.33
A512	Excavated material	5.11	2.56	*
A78	Sand and gravel	36.01	18.00	17.62
A86	Fine fraction	1.94	0.97	*
A89	Sand and gravel	45.67	22.84	*
A91	Mineral construction material	67.24	31.82	*
A109	Other**	10.63	3.77	*
A1110	Other**	7.70	2.73	3.22
A02	Import min. deconstr. mat.	0.00	0.00	*
A20	Export min. deconstr. mat.	0.21	0.10	0.10
A40	Export recycled materials	0.00	0.00	*
A05	Import excavated material	0.00	0.00	*
A50	Export excavated material	2.80	1.40	1.79
A08	Import sand and gravel	9.07	4.54	4.31
A80	Export sand and gravel	0.35	0.18	0.16
A010	Import other**	3.38	1.20	1.30
A100	Export other**	0.45	0.16	0.16

*No data available

**Other mineral materials: lime, marl, clay, plaster, cement

Anhang

SFA-Diagramm in Mio. Kubikmeter



Figur 11 Das SFA-Diagramm in Mio. Kubikmeter zum Bezugsjahr 2018.

Daten für das Modell 2018

Rohdaten für das KAR-Modell (aus dem Excel-Modell)

		Menge (m ³ fest)	Kommentar, Quelle
Importe			
Import Kies / Sand	Nur Kies / Sand	4'306'500	Data_BFS_2018; neue Berechnung 'BAU'
Import Aushub	Total	-	vernachlässigbar, nicht bekannt
Import Rückbaumaterial	Total	-	vernachlässigbar, nicht bekannt
Import "Weitere Baustoffe"		1'300'000	Data_BFS_2018
Exporte			
Export Kies / Sand		157'000	Data_BFS_2018; neue Berechnung 'BAU'
Export Aushub		1'792'500	Data_BFS_2018; bezüglich Notifikationen, nicht bzgl. Zollstatistik
Export Rückbaumaterial		100'000	Analog Vorjahre, TSD
Export "Weitere Baustoffe"		160'000	Data_BFS_2018
Export RC-Granulate		-	vernachlässigbar, nicht bekannt
Innere Flüsse			
Abbau Primärmaterialien			
Abbau Kies / Sand	inkl. aus Gewässer	17'624'500	Data_BFS_2018
Abbau "Weitere Primärmaterialien"		3'215'875	Data_BFS_2018; zu hoch, reduziert
Ablagerung Aushub			
Unverschmutzter Aushub in Kiesgruben (Rekultivierung)		15'085'819	analog Vorjahre
Unverschmutzter Aushub in "Weitere Abbaustellen"		2'555'726	analog Vorjahre
Kiesiger Aushub in Aufbereitung		1'325'191	analog Vorjahre
Aushub in Deponien Typ A		4'738'031	analog Vorjahre
Aushubmaterial in Deponien Typ B		1'142'000	'Typ_B_BAFU.xls', D. Hiltbrunner
Terrainanpassung mit Aushub		1'045'008	analog Vorjahre
Rückbaumaterial			
Rückbau-Material in die Deponie		1'800'000	'Typ_B_BAFU.xls', Sheet 'Zeitreihen'
Rückbau-Material in die Aufbereitung		4'269'905	Daten ARV aufbereitet und ergänzt
Aufbereitete RC-Granulate	Total	4'132'183	Daten ARV aufbereitet und ergänzt

Parameter für die Modellierung

Parameter für das BAUWERK (aus dem Excel-Modell)

Modul BAUWERK			
Veränderung Hochbau (Gebäude)			
Wohnen (EFH und MFH)			
	Neubaurate	2.40	Prozent bzgl. Bestand
	Sanierungsrate	6.00	Prozent bzgl. Bestand
	Rückbaurate	0.21	Prozent bzgl. Bestand
Nicht-Wohnen (restliche)			
	Neubaurate	2.20	Prozent bzgl. Bestand
	Sanierungsrate	7.30	Prozent bzgl. Bestand
	Rückbaurate	0.22	Prozent bzgl. Bestand
Veränderung Tiefbau (Infrastruktur)			
Erneuerungsraten			
	Kies/Sand	0.45	Prozent bzgl. Bestand
	Belag	1.10	Prozent bzgl. Bestand
	Beton	0.40	Prozent bzgl. Bestand
	Mauerwerk	1.00	Prozent bzgl. Bestand
	Mineral. Fraktion	1.20	Prozent bzgl. Bestand
	Neubaurate	0.80	Prozent bzgl. Bestand
Grossprojekte			
	Anfall Aushub	1'000'000	Kubikmeter (fest) pro Jahr

Parameter für die Stoffflussanalyse SFA (aus dem Excel-Modell)

Modul Stoffflussanalyse (SFA)			
Importe und Exporte			
A02	Import Rückbaumaterial (in Triage)	-	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A05	Import Aushub	-	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A08	Import Kies / Sand	4'535'356	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A010	Import weitere Baustoffe	1'200'000	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A20	Export Rückbaumaterial	100'000	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A40	Export RC-Granulate (aufbereitet)	-	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A50	Export Aushub	1'400'000	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A80	Export Kies / Sand	175'451	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A100	Export weitere Baustoffe	160'000	Kubikmeter (fest) pro Jahr
Innere Flüsse			
A23	Rückbaumaterial in Deponien	<i>Ausgleich</i>	Dieser Fluss wird berechnet und als Ausgleich auf 100% verwendet
A24	Rückbaumaterial in Aufbereitung.		
	Betonabbruch	80	Prozent
	Mischabbruch	55	Prozent
	Strassenaufbruch	75	Prozent
	Ausbauasphalt	80	Prozent
A29	Direkte Verwertung (nur Tiefbau)	18	Prozent bzgl. Anfall Strassenaufbruch und Belag aus dem Tiefbau
A43	Feinfraktion Aufbereitung (RC-Mat.)	4.0	Prozent bzgl. Input in Aufbereitung RC
A49	Aufbereitete RC-Baustoffe für Bauwerk	<i>Ausgleich</i>	Dieser Fluss wird berechnet und als Ausgleich auf 100% verwendet
A51	Aushub für Terrainanpassung	5.0	Prozent bzgl. Anfall Aushub aus dem Bauwerk
A56	Ablagerung Aushub	<i>Ausgleich</i>	Dieser Fluss wird berechnet und als Ausgleich auf 100% verwendet
A58	Aufbereitung kiesiger Aushub	5.0	Prozent bzgl. Anfall Aushub aus dem Bauwerk
A78	Abbau Kies / Sand	<i>Ziel der SFA</i>	Dieser Fluss wird berechnet
A86	Feinfraktion Aufbereitung (Primärmat.)	5.0	Prozent bzgl. Input in Aufbereitung
A53.A	Aushub auf Typ A	4'700'000	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A53.B	Aushub auf Typ B	1'140'000	Kubikmeter (fest) pro Jahr
A512	Aushub in weitere Abbaustellen	2'555'726	Kubikmeter (fest) pro Jahr

Unsicherheitsbereiche für die Monte Carlo Simulation

Tabelle 6 Die gewählten Unsicherheitsbereiche der 42 Parameter.

Bereich	Parameter	Unsicherheitsbereich (\pm %)
Grossprojekte	Anfall Aushub	25
A29	Direkte Verwertung (nur Tiefbau)	25
A51	Aushub für Terrainanpassung	25
A58	Aufbereitung kiesiger Aushub	25
EFH, MFH	Sanierungsrate	20
EFH, MFH	Rückbaurate	20
DLG, PRG, UBR	Sanierungsrate	20
DLG, PRG, UBR	Rückbaurate	20
Alle Fraktionen	Neubaurate	20
A53.A	Aushub auf Typ A	20
A53.B	Aushub auf Typ B	20
EFH, MFH	Eingriffstiefe Sanierung	20
DLG, PRG, UBR	Eingriffstiefe Sanierung	20
EFH, MFH	Neubaurate	15
DLG, PRG, UBR	Neubaurate	15
A010	Import weitere Baustoffe	15
A50	Export Aushub	15
A80	Export Kies / Sand	15
A100	Export weitere Baustoffe	15
A24	Mischabbruch	15
A24	Ausbauasphalt	15
A512	Aushub in weitere Abbaustellen	15
EFH, MFH	Aushub bei Neubau	15
DLG, PRG, UBR	Aushub bei Neubau	15
Alle Fraktionen	Aushub bei Neubau	15
Rückbaumaterial	Anteil Betonabbruch im Mischabbruch	15
Kies/Sand	Erneuerungsrate	10
Belag	Erneuerungsrate	10
Beton	Erneuerungsrate	10
Mauerwerk	Erneuerungsrate	10
Mineral. Fraktion	Erneuerungsrate	10
A08	Import Kies / Sand	10
A20	Export Rückbaumaterial	10
A24	Betonabbruch	10
A24	Strassenaufbruch	10
A43	Feinfraktion Aufbereitung (RC-Mat.)	10
A86	Feinfraktion Aufbereitung (Primärmat.)	10
Alle Typen	Anpassung BAUWERK	10
Grossprojekte	Bedarf Beton	10
A02	Import Rückbaumaterial (in Triage)	0
A05	Import Aushub	0
A40	Export RC-Granulate (aufbereitet)	0