

Energie- und Ressourcen-Management GmbH
Wollerstrasse 15g
CH-8807 Freienbach
Tel.: 044 371 40 90
Fax: 044 371 40 04
Natel: 079 541 38 89
rubli@energie-ressourcen.ch
www.energie-ressourcen.ch



Regionale Modelle zur Beschreibung der Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse für die elf Regionen des Kantons Graubünden

Bezugsjahr 2022 und dynamische Modellierung

Erstellt durch:

Energie- und Ressourcen-Management GmbH
Dr. Stefan Rubli

Freienbach, Februar 2025

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage	4
2. Methodische Grundlagen	4
3. Resultate.....	5
3.1 Materialflüsse zwischen den Regionen.....	5
3.2 KAR-Modellierung Bezugsjahr 2022 (statischer Modellteil).....	9
3.2.1 Materialflüsse in der Region Albula	9
3.2.2 Materialflüsse in der Region Bernina.....	10
3.2.3 Materialflüsse in der Region Unterengadin/Val Müstair	12
3.2.4 Materialflüsse in der Region Imboden.....	14
3.2.5 Materialflüsse in der Region Landquart.....	16
3.2.6 Materialflüsse in der Region Maloja	18
3.2.7 Materialflüsse in der Region Moesa	20
3.2.8 Materialflüsse in der Region Plessur.....	22
3.2.9 Materialflüsse in der Region Prättigau/Davos	24
3.2.10 Materialflüsse in der Region Surselva.....	26
3.2.11 Materialflüsse in der Region Viamala	28
4. Fazit und Ausblick	31
4.1 Fazit	31
4.2 Ausblick.....	32
5. Literatur	33
6. Anhang	34

Glossar

BFS	Bundesamt für Statistik
KAR-Modell	Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflussmodell
m^3	Kubikmeter: Alle Angaben in m^3 beziehen sich auf das Festmass!
Primärmaterialabbau	Umfasst den Abbau der mineralischen Rohstoffe Kies/Sand, Kalk, Mergel, Gestein und Tonminerale.
RC	Recycling
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen

Definitionen

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

Abkürzungen für Regionen

Imboden:	IM	Maloja:	MA
Plessur:	PL	Moesa:	MO
Landquart:	LQ	Prättigau/Davos:	PR
Albula:	AL	Surseva:	SU
Bernina:	BE	Viamala:	VI
Engiadina Bassa/Val Müstair:	EM		

1. Ausgangslage

Der Kanton Graubünden betreibt ein Modell zur Beschreibung der Kies, Aushub- und Rückbau-materialien → Abkürzung «KAR» für vorgegebene Bezugsjahre (Rubli, 2022). Mit dem Modell können mittels vorgegebener Szenarien, welche auf der Bevölkerungsentwicklung basieren, die künftigen Entwicklungen ausgewählter Materialflüsse bis zum Jahr 2050 abgeschätzt werden (dynamischer Modellteil). Damit wird ein proaktives Vorgehen zur Steuerung der Materialflüsse sowie die Planung entsprechender Deponie- und Verwertungskapazitäten möglich. Zudem unterstützen die mit dem Modell generierten Grafiken und Tabellen die Behörden bei der Kommunikation mit den betroffenen Akteuren.

In einem weiteren Schritt werden nun Modelle differenziert nach den Planungsregionen entwickelt, um die regionalen Aspekte der Baumaterialbewirtschaftung besser abbilden zu können. In einer ersten Etappe wurden regionale KAR-Modelle für die drei ausgewählten Regionen **Imboden**, **Landquart** und **Plessur** entwickelt und die Kies- Aushub- und Rückbaumaterialflüsse für die Bezugsjahre 2020 und 2021 sowie deren Entwicklung bis zum Jahr 2050 modelliert (Rubli 2023/1; 2024). In einem nächsten Schritt wurden nun Modelle für alle elf Regionen des Kantons Graubünden erstellt und für das Bezugsjahr 2022 gerechnet.

2. Methodische Grundlagen

Die methodischen Grundlagen zur Entwicklung der statischen und dynamischen Modelle sind in den Berichten zur KAR-Modellierung für die Kantone zu finden (Rubli, 2020 – 2023/2). Die statischen und dynamischen Modelle sind so aufgebaut, dass die Modellierung der KAR-Flüsse auf regionaler Basis möglich ist. Im Folgenden wird kurz der Ablauf des Modellierungsprozesses grob beschrieben:

1. **Datenerhebung:** Erfassung der Gebäudevolumen und der Daten zur Infrastruktur (Strassen- und Leitungslängen/-breiten usw.) mittels GIS-Auswertungen. Abschätzung der Materialflüsse mittels Erneuerungsraten. Erhebungen zum jährlichen Kiesabbau, zur Aushubablagerung, zur Deponierung und Aufbereitung der Rückbaumaterialien, sowie zu den Importen und Exporten von Kies,- Aushub- und Rückbaumaterial in bzw. aus den Regionen, sofern diese verfügbar sind.
2. **Input-Output-Analyse:** Auf Basis der Import-/Exportdaten und weiteren Abschätzungen werden über Input-Output-Analysen und Ausgleichsrechnungen die besten Schätzungen zu den Importen und Exporten für die einzelnen Regionen erstellt. Diese Daten werden in das statische Modell eingelesen.
3. **Erstellung der statischen Modelle:** Die Modellierung der Materialflüsse für ein Bezugsjahr (hier 2021) erfolgt mittels verschiedener Parametereinstellungen wie beispielsweise Neubau-, Sanierungs- und Rückbauraten sowie erhobenen Daten. In einem iterativen Prozess und mittels weiterer Validierungsmassnahmen werden die Materialflüsse bestimmt.
4. **Erstellung der dynamischen Modelle:** Die dynamischen Modelle basieren auf der Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahr 2050 in den verschiedenen Regionen (ARE GR, 2020). In der Abbildung 1 ist der indexierte Bevölkerungszuwachs (Referenzjahr 2019) in Prozenten für das Szenario REFERENZ für die elf Regionen (ausgezogene Linien) und den Kanton Graubünden (gepunktete Linie) dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Entwicklungen in den verschiedenen Regionen unterschiedlich verlaufen. In rund der Hälfte der Regionen ist von einer Schrumpfung auszugehen (Werte < 1). Diese Entwicklungen bilden die Basis für die Modellierung der Materialflüsse. In einem zweiten Szenario wird zudem das Bevölkerungsentwicklungsszenario «Hoch» gerechnet.

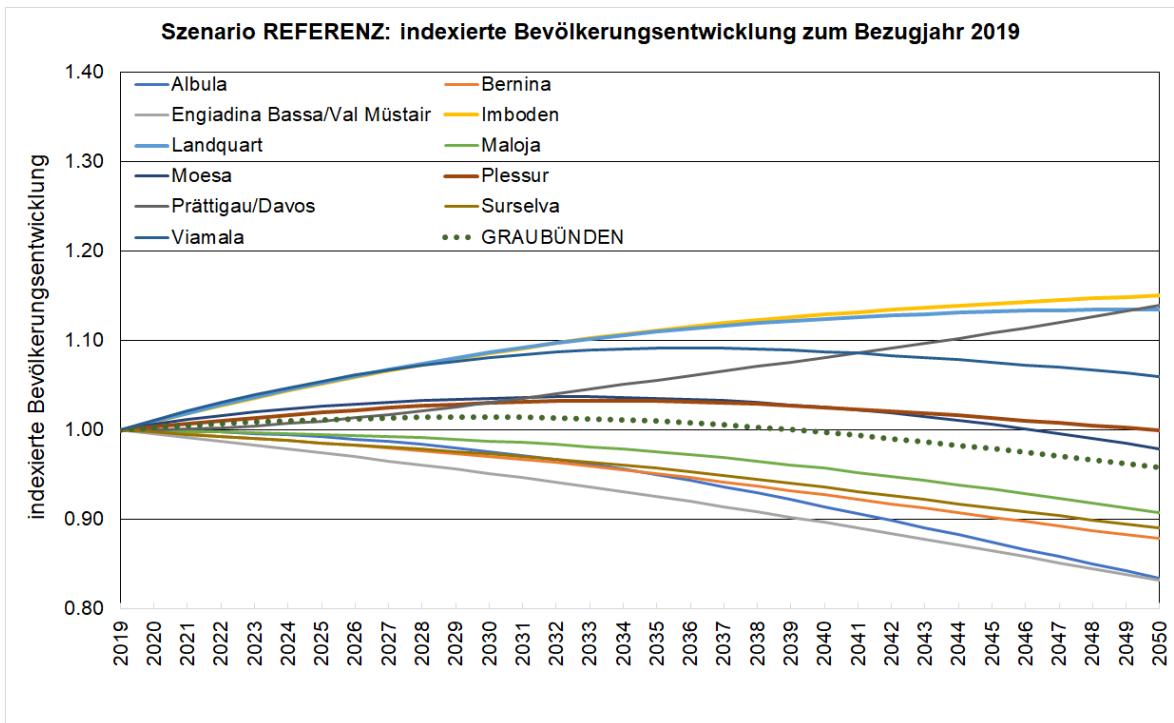


Abbildung 1: Indexierter Bevölkerungszuwachs in Prozenten (Referenzjahr 2019) für das Szenario REFERENZ für die elf Regionen (ausgezogene Linien) und den Kanton Graubünden (gepunktete Linie).

Zudem können über die Veränderung von Modellparametern zusätzliche Szenarien gerechnet werden. Im vorliegenden Fall wurden jedoch die meisten Parameter konstant gehalten, um aufzuzeigen, wie sich die Materialflüsse entwickeln, falls der heutige Zustand fortgesetzt wird und sich nur die Bevölkerungsentwicklung verändert (REFERENZ vs. HOCH). Eine Ausnahme bildet die Verwertung bzw. Deponierung von Rückbaumaterial. Hier wird angenommen, dass sich die Verwertungsquoten bis zum Jahr 2050 deutlich erhöhen und nur noch geringe Anteile des anfallenden Rückbaumaterials deponiert werden müssen.

3. Resultate

3.1 Materialflüsse zwischen den Regionen

In den Abbildungen 2 bis 4 sind die regionsübergreifenden Materialflüsse getrennt nach den Materialien Kies, Aushub- und Rückbaumaterial, dargestellt (Angabe jeweils in Kubikmeter Festmass). Die Exportflüsse sind jeweils gleich eingefärbt wie die Farbe der Regionsflächen. Die Summen der Importe und Exporte sind für jede Region und für alle elf Regionen zusammen (links oben) angegeben. Die Datengrundlagen zu den regionsübergreifenden Materialflüssen sind nicht vollständig. Teilweise müssen die Materialflüsse abgeschätzt werden, indem die Materialflüsse aus den statischen Modellen analysiert und weiter ausgewertet werden. Teilweise sind nur grobe Abschätzungen möglich. Bei den Rückbaumaterialflüssen sind die Unsicherheiten grösser als beim Kies und Aushub. Dennoch geben die Daten eine recht gute Übersicht zu den regionsübergreifenden Materialflüssen.

Kiesflüsse

Es findet ein intensiver Austausch von Kies vor allem zwischen den Regionen Landquart (LQ), Plessur (PL), Imboden (IM), Prättigau (PR), Surselva (SU) und Viamala (VI) statt (Abbildung 2). Die Region Landquart ist durch starke Import- und Exportflüsse geprägt: So exportierte die Region im Bezugsjahr 2022 57'000 m³ Kies in den Kanton St.Gallen. Sie importierte aber auch 47'000 m³ Kies aus der Region Prättigau. Die Region Imboden (IM) exportierte mit rund 100'000 m³ deutlich mehr Kies als sie importierte (20'000 m³). Umgekehrt ist die Situation in der Region Plessur (PL). Diese Region importierte rund doppelt so viel Kies (88'000 m³) wie sie exportierte (42'000 m³). In den periphereren Regionen Albula (AL), Moesa (MO), Maloja (MA) und Engadin/Val Müstair (EM) bewegt sich der Austausch von Kies über die regionalen Grenzen auf deutlich geringerem Niveau.

Auf der Ebene des Kantons Graubünden exportiert der Kanton mit 69'000 m³ deutlich mehr Kies als er importiert (15'000 m³) (in Abbildung 2 links oben). Dies ist vor allem auf die oben erwähnten Kiesexporte der Region Landquart zurückzuführen.

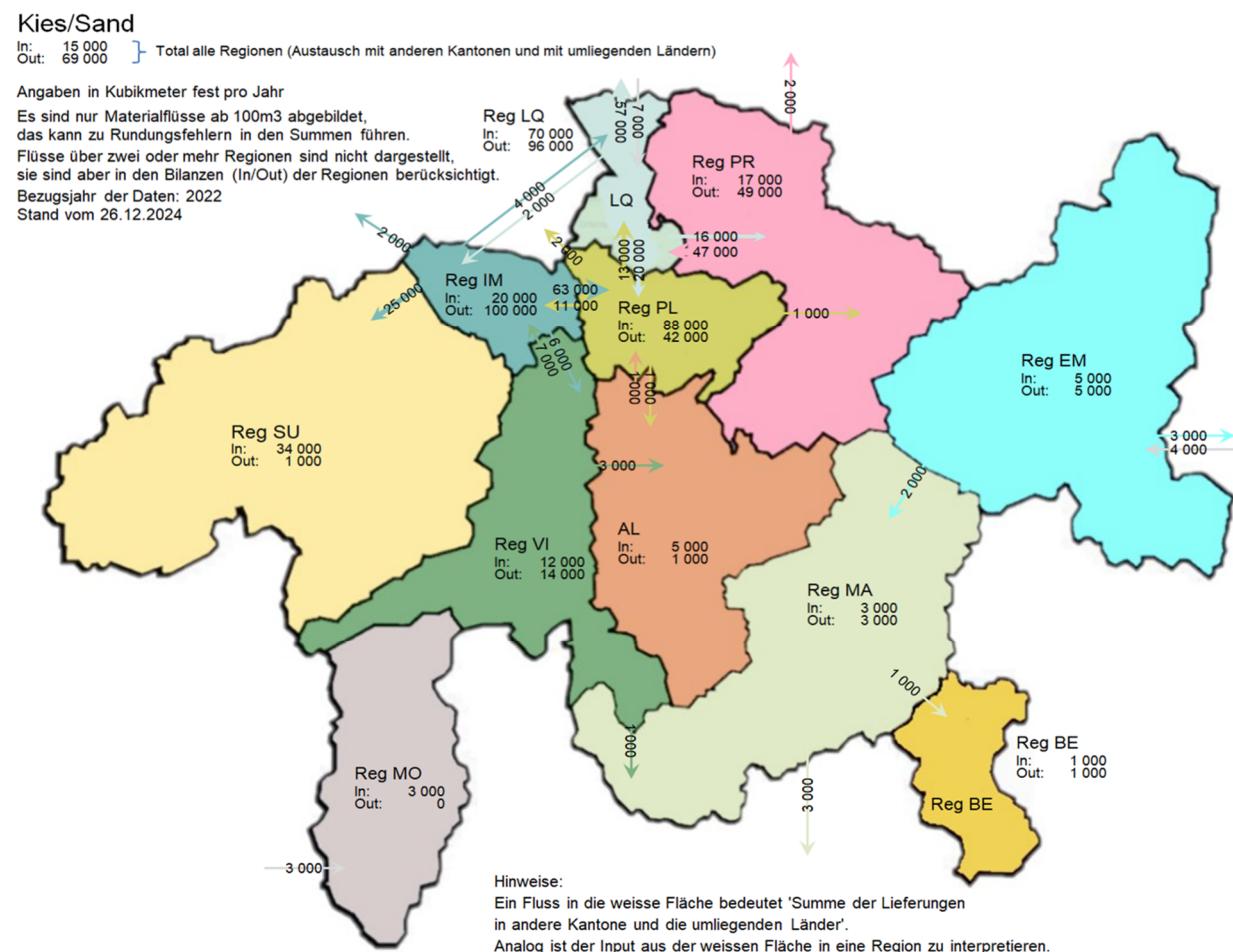


Abbildung 2: Kiesflüsse über die Regionsgrenzen im Jahr 2022. Die Werte unterhalb der Regionsbezeichnungen bzw. unter dem Grafiktitel «Kies/Sand» entsprechen jeweils der Summe der Importe und Exporte. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Aushubflüsse

Auch bei der Aushubbilanz zeigt sich ein intensiver Austausch über die regionalen Grenzen (Abbildung 3). Während die Regionen Landquart und Imboden netto grosse Mengen an Aushubmaterial importieren, exportiert die Region Plessur netto gut 67'000 m³ (Festmass) Aushub hauptsächlich in diese Regionen. Die

Region Landquart importierte zudem netto rund 90'000 m³ Aushubmaterial aus dem Kanton St. Gallen, wie oben beschrieben, wurde aber auch Kies im Umfang von 50'000 m³ auf Nettobasis exportiert. Es ist davon auszugehen, dass ein Grossteil davon Gegentransporte waren.

Der Austausch von Aushubmaterial in den anderen acht Regionen bewegt sich wiederum auf deutlich tieferem Niveau. Wobei im Vergleich zum Kies tendenziell mehr Aushubmaterial über die regionalen Grenzen verschoben wurde als Kies.

Auf der Ebene des Kantons Graubünden importierte der Kanton mit 131'000 m³ deutlich mehr Aushub als er exportierte (9'000 m³) (in Abbildung 3 links oben). Der grösste Teil davon gelangte, wie oben erwähnt, in die Region Landquart.

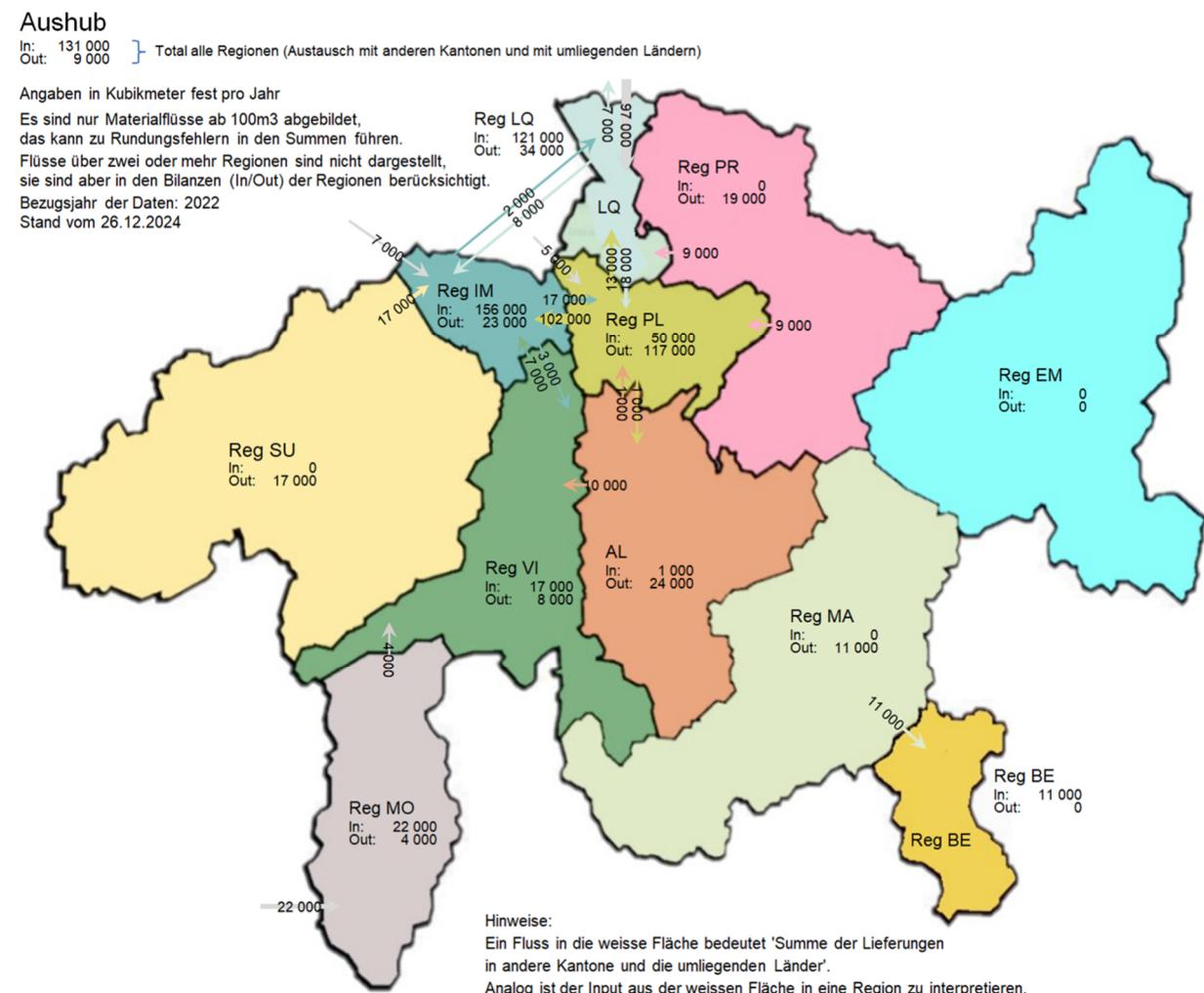


Abbildung 3: Aushubflüsse über die Regionsgrenzen im Jahr 2022. Die Werte unterhalb der Regionsbezeichnungen bzw. unter dem Grafiktitel «Aushub» entsprechen jeweils der Summe der Importe und Exporte. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Rückbaumaterialflüsse

Die Rückbaumaterialflüsse über die Regionsgrenzen hinweg (Abbildung 4) bewegen sich im Vergleich mit dem Kies und Aushubmaterial teilweise auf tieferem Niveau. Ähnlich wie beim Aushubmaterial sind

insbesondere die Regionen Imboden und in geringerem Ausmass die Region Landquart Nettoimporteure von Rückbaumaterial. Die Region Plessur exportiert hingegen netto rund 20'000 m³ Rückbaumaterial in die Nachbarregionen Landquart und Imboden.

Die Region Viamala exportierte im Bezugsjahr 2022 rund 26'000 m³ Rückbaumaterial in die Region Imboden. Die Region Engadin/Val Müstair exportierte rund 17'000 m³ Rückbaumaterial nach Italien. Die Region Moesa importierte hingegen netto rund 12'000 m³ Rückbaumaterial. In der Region Maloja fand ein intensiver Austausch von Rückbaumaterialien mit den Nachbarregionen statt. Die Rückbaumaterialimporte/-exporte bewegten sich in der gleichen Grössenordnung wie die Kies- und Aushubimporte/-exporte.

Die Region Imboden importiert grosse Mengen an Rückbaumaterialien aus den Nachbarregionen und bereitet diese zu RC-Baustoffen auf. Von dort aus werden die RC-Baustoffe (RC-Granulate, RC-Beton, RC-Asphalte usw.) zu grossen Teilen wieder in die Nachbarregionen exportiert, wo diese beispielsweise in der RC-Betonproduktion und im Mischgutwerk eingesetzt werden. Diese RC-Baustoffflüsse sind in der Abbildung 4 nicht dargestellt, da Rückbaustoffe in verschiedenen Baustoffen (lose und gebunden) eingesetzt werden, die sowohl natürliche Gesteinskörnungen als auch RC-Granulate enthalten.

Rückbaumaterial

In: 22 000 Out: 19 400 Total alle Regionen (Austausch mit anderen Kantonen und mit umliegenden Ländern)

Angaben in Kubikmeter fest pro Jahr

Es sind nur Materialflüsse ab 100m³ abgebildet, das kann zu Rundungsfehlern in den Summen führen.

Flüsse über zwei oder mehr Regionen sind nicht dargestellt, sie sind aber in den Bilanzen (In/Out) der Regionen berücksichtigt.

Bezugsjahr der Daten: 2022

Stand vom 26.12.2024

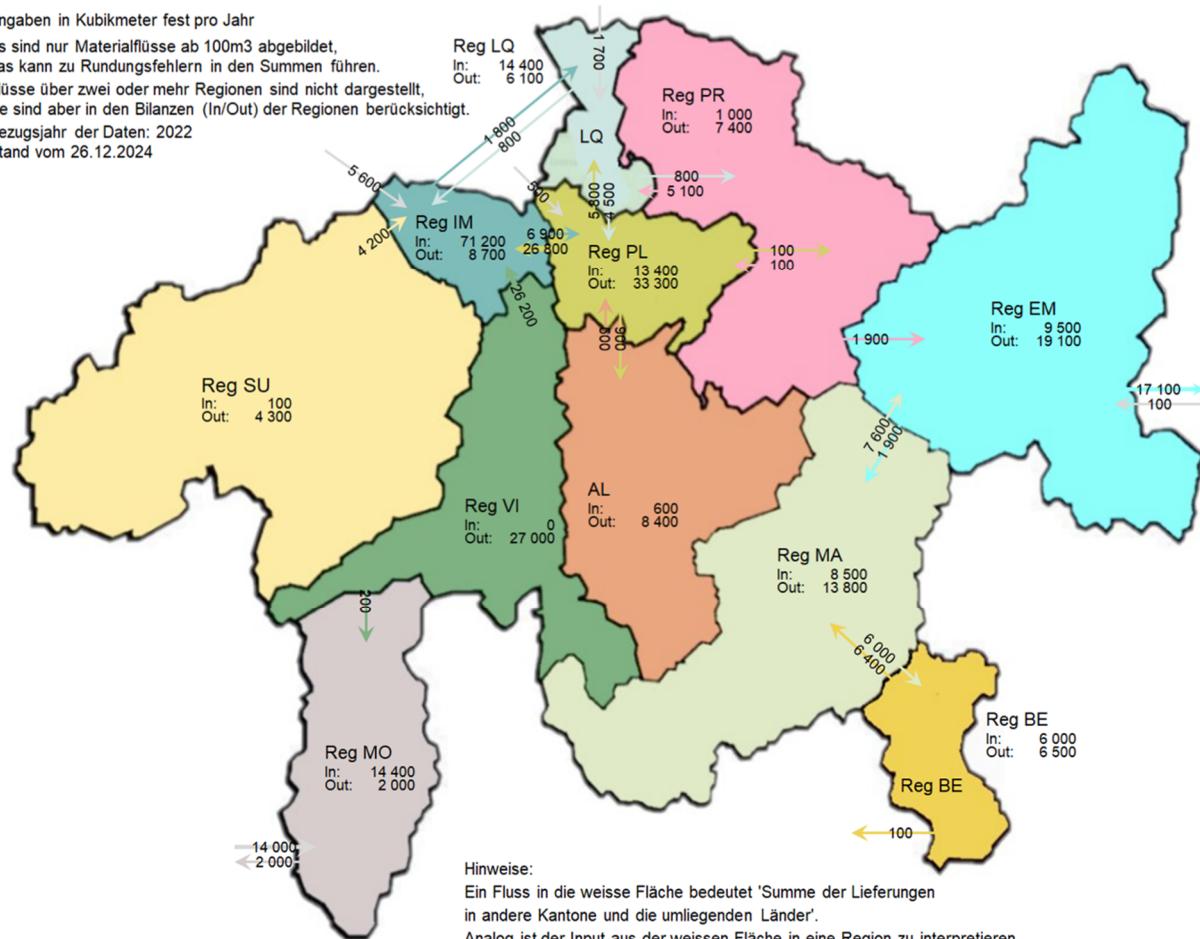


Abbildung 4: Rückbaumaterialflüsse über die Regionsgrenzen im Jahr 2022. Die Werte unterhalb der Regionsbezeichnungen bzw. unter dem Grafiktitel «Rückbaumaterial» entsprechen jeweils der Summe der Importe und Exporte. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

3.2 KAR-Modellierung Bezugsjahr 2022 (statischer Modellteil)

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird kurz auf die Materialflüsse in den einzelnen Regionen eingegangen. Diese wurden, wie im Kapitel 2 beschrieben, mittels erhobenen und abgeschätzten Materialflüssen und weiteren Parametereinstellungen abgeschätzt, wobei die modellierten Materialflüsse möglichst nahe bei den erhobenen Materialflüssen liegen sollen. Um dies zu sehen, sind in den Tabellen A.1 – A.3 im Anhang jeweils die modellierten Werte den erhobenen Daten gegenübergestellt. Bei der Modellierung der Materialflüsse wird darauf geachtet, dass diese Differenzen so klein wie möglich sind.

3.2.1 Materialflüsse in der Region Albula

Statisches Modell

Die Modellierung der Materialflüsse für die Region Albula ergibt im Grundsatz nachvollziehbare Materialflüsse, wenn angenommen wird, dass knapp 30'000 m³ Aushubmaterialien aus Grossprojekten stammen.

Wie in den anderen ländlich geprägten Regionen des Kantons Graubünden, bewegen sich die pro-Kopf-Werte deutlich über den durchschnittlichen Werten der Kantone (Tabelle A. 1). Auffällig ist der grosse Rückbaumaterialanfall für eine solch kleine Region. Liegt dieser doch bei 50% des gesamten Baustoffbedarfes.

Auch der Aushubanfall ist im Verhältnis zum Baustoffbedarf eher hoch, was wie erwähnt, mit den potenziellen Grossprojekten, in denen Aushub angefallen ist, zusammenhängen kann. Zum Kiesabbau hinzuzuaddieren ist ein Teil der «weiteren Primärmaterialien». Es ist anzunehmen, dass diese ebenfalls in der Kies- und Betonproduktion eingesetzt werden.

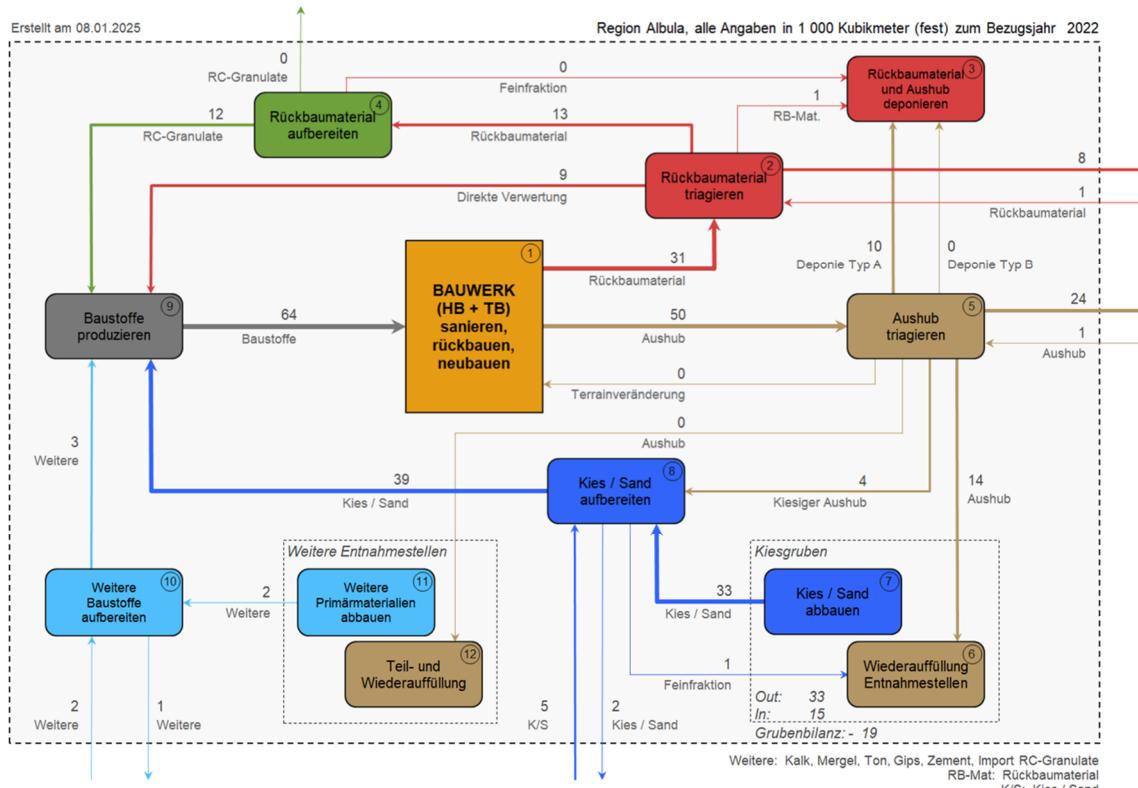


Abbildung 5: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Albula für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Die Entwicklung der meisten Materialflüsse in der Region Albula verläuft bis ins Jahr 2050 leicht rückläufig, da das Bevölkerungswachstum abnimmt (Abbildung 1). Der Rückbaumaterialanfall nimmt hingegen zu, weil der Gebäudebestand wächst. Auch bei gleichbleibenden Sanierungs- und Rückbauraten nimmt deshalb der Rückbaumaterialanfall zu. Die kumulierte Differenz aus Kiesabbau und Aushubablagerung verläuft in den negativen Bereich, was bedeutet, dass «Gruben» entstehen, weil mehr Kies abgebaut wird als Aushubmaterial abgelagert wird. Allerdings ist dabei nicht berücksichtigt, dass im Kanton Graubünden auch Kies aus Gewässern entnommen wird. Zu erkennen ist zudem, dass die Deponierung von Rückbaumaterial ab 2025 recht stark abnimmt, weil angenommen wird, dass die Verwertungsquoten in Zukunft ansteigen werden. Die dunkelblauen Säulen zeigen die Jahreswerte der Jahre 2010 und 2022 aus den entsprechenden statischen Modellen. Die hellblauen Säulen entsprechen den Angaben aus den Erhebungen der Materialflüsse. Je mehr von diesen Daten vorliegen, umso besser können die dynamischen Modelle kalibriert und validiert werden.

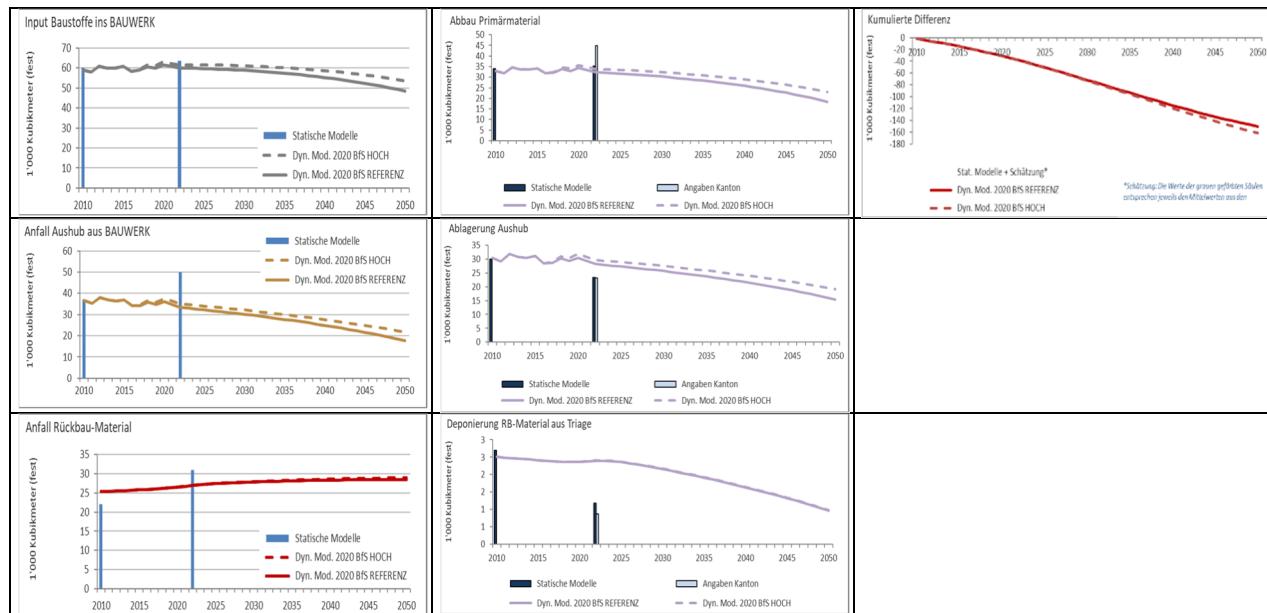


Abbildung 6: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Albula für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.2 Materialflüsse in der Region Bernina

Statisches Modell

Die Region Bernina weist für den Hochbaubereich eine geringfügige Wachstumsrate von rund 0.2% auf. Die grössten Materialflüsse werden mit grosser Wahrscheinlichkeit durch die Bautätigkeiten im Tiefbaubereich ausgelöst. Die eingesetzte Neubaurate für den Tiefbaubereich liegt bei 2.1%, was einen entsprechenden Baustoffbedarf auslöst, der über $10\text{m}^3/\text{Ew}$. Liegt (Tabelle A. 2). Der Aushubanfall fällt hingegen eher moderat aus, was darauf hinweisen könnte, dass der hohe Baustoffbedarf vor allem durch den Bau bzw. die Erweiterung von neuen Strassen/Infrastruktur ausgelöst wurde (Abbildung 7).

Die Rückbaumaterialströme sind überdurchschnittlich hoch, was erstaunt, da die Bautätigkeit im Hochbaubereich eher tief ist.

Es gilt nochmals zu klären, ob die Rückbaumaterialflüsse tatsächlich in Kubikmetern Festmass oder in Tonnen in die Erhebungsbögen eingetragen wurden. Der RC-Anteil am Baustoffbedarf würde zudem bei knapp 50% liegen, was eher unrealistisch ist.

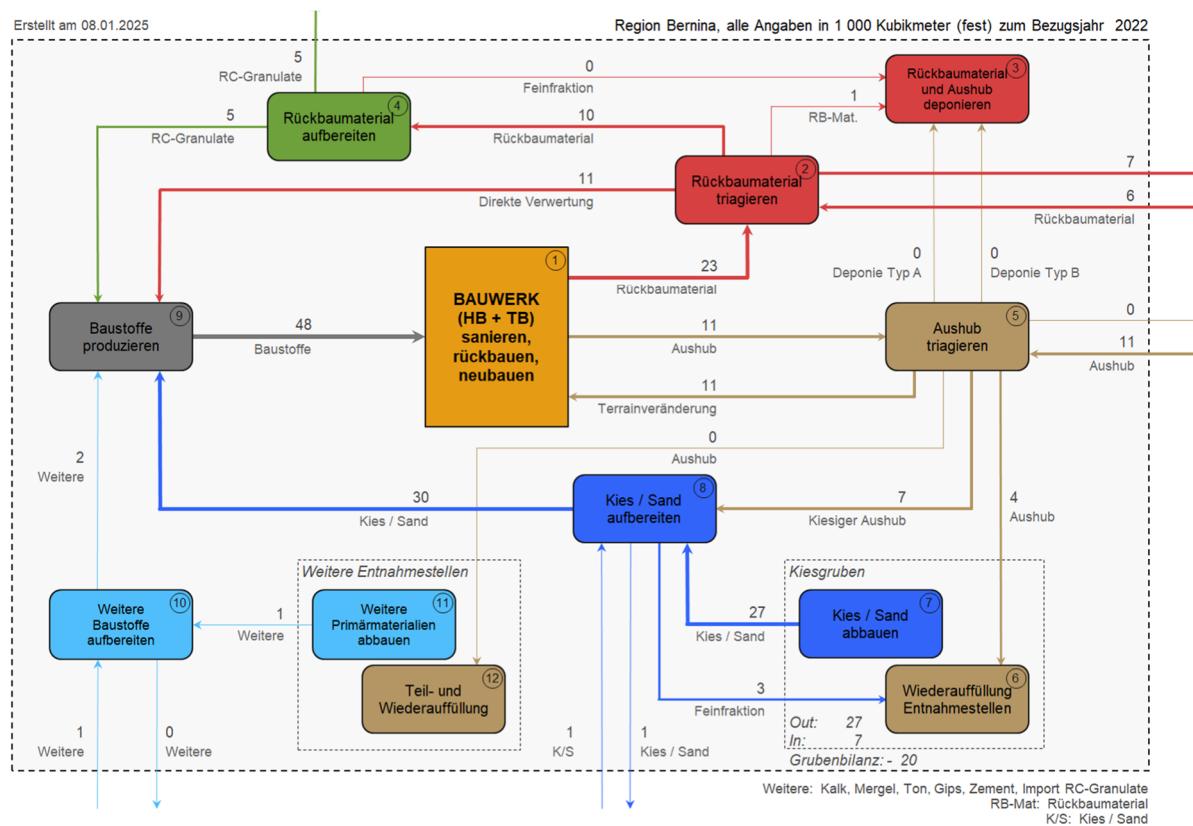


Abbildung 7: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Bernina für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Die Entwicklung des Baustoffinputs, des Primärmaterialabbau und des Rückbaumaterialanfalls verläuft in der Region Bernina zunächst relativ konstant und gegen Ende des Betrachtungszeitraumes leicht abnehmend (Abbildung 8), was hauptsächlich auf die Bevölkerungsentwicklung zurückzuführen ist, welche eine abnehmende Tendenz aufweist (Abbildung 1). Die Abnahme fällt trotzdem moderat aus, weil für diese Region relativ hohe Neubau- und Erneuerungsraten im Tiefbaubereich angenommen wurden. Ansonsten würden sich bei den oben erwähnten Materialflüssen eine ähnliche Entwicklung wie bei der Aushubablagerung abzeichnen.

Die kumulierte Differenz aus Kiesabbau und Aushubablagerung verläuft stark in den negativen Bereich, was bedeutet, dass «Gruben» entstehen, weil mehr Kies abgebaut wird, als Aushubmaterial abgelagert wird. Dies ist vor allem auf die oben erwähnte Annahme zurückzuführen, dass der Materialbedarf im Tiefbaubereich auch künftig recht hoch sein wird. Dort fällt aber im Vergleich zum Hochbau weniger Aushubmaterial an. Aus diesem Grund wird deutlich mehr Kies abgebaut, als Aushub abgelagert wird.

Sollte in der Region Bernina Kies aus Gewässern entnommen werden, dann resultiert eine weniger negative «kumulierte Differenz». Die Deponierung von Rückbaumaterial nimmt ab 2025 stark ab, weil angenommen wird, dass die Verwertungsquoten in der Region Bernina künftig ansteigen werden.

Es gilt das Gleiche wie bei der Region Albula und den nachfolgenden Regionen: Die dunkelblauen Säulen zeigen die Jahreswerte der Jahre 2010 und 2022 aus den entsprechenden statischen Modellen. Die hellblauen Säulen entsprechen den Angaben aus den Erhebungen der Materialflüsse. Je mehr von diesen Daten vorliegen, umso besser können die dynamischen Modelle kalibriert und validiert werden.

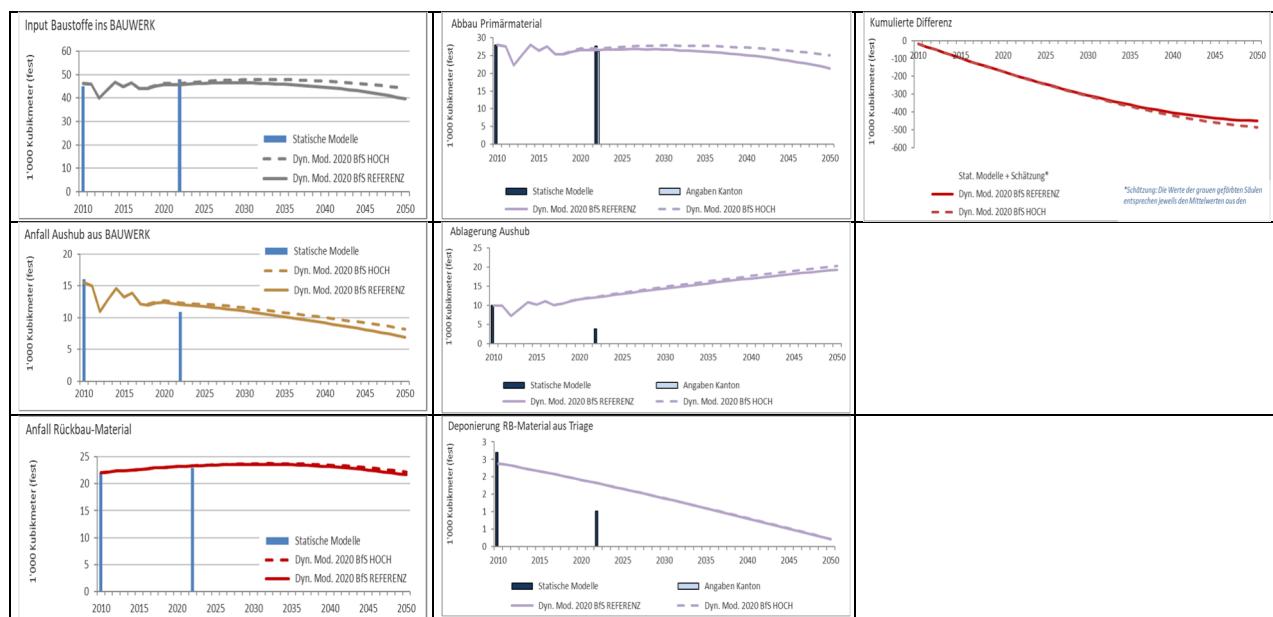


Abbildung 8: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Bernina für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.3 Materialflüsse in der Region Unterengadin/Val Müstair

Statisches Modell

Die Modellierung der Materialflüsse der Region Unterengadin/Val Müstair gestaltet sich schwierig. Die durchschnittliche Neubaurate (in Bezug auf die zugebauten Gebäudevolumen) lag in den vergangenen Jahren (2017 – 2021) bei rund 0.22% bezüglich des Gebäudebestandes. Im Tiefbau wurde eine Neubaurate von 1.2% eingesetzt, um die Baustoff- und Aushubmaterialflüsse in Einklang mit den erhobenen Materialmengen zu bringen.

Der Aushubmaterialanfall ist um rund 50% grösser als der Baustoffbedarf der Region (Abbildung 9). Dies kann nur damit erklärt werden, dass ausserordentlich viele Grossprojekte realisiert wurden, bei denen sehr viel Aushub- bzw. Ausbruchmaterial angefallen ist. Für die Modellierung wurde deshalb angenommen, dass rund 107'000m³ Aushubmaterial aus Grossprojekten stammt.

Ein Teil dieser Menge könnte aus dem Ausbau der Samnauner Strasse (Tunnel und Galerien) stammen. Zudem könnte es sein, dass in der Region vermehrt Tiefgaragen in Neubauten realisiert wurden. Die Modellierungen zeigen aber, dass der Aushubanfall auch dann deutlich zu hoch ist. Eine weitere Möglichkeit könnte sein, dass die Region Engadin/Val Müstair Aushubmaterialien aus anderen Regionen importiert, welche nicht erfasst wurden. In der Abbildung 3 ist zu erkennen, dass die Region gemäss den Angaben, im Bezugsjahr 2022 weder Aushub importiert noch exportiert hat. Eine weitere Möglichkeit ist eine unvollständige oder fehlerhafte Datenerhebung. Es ist deshalb zu empfehlen, bei der nächsten Erhebung zu überprüfen, ob die Angaben im Erhebungsbogen tatsächlich in Kubikmetern Festmass erfolgen (und nicht in loser Form oder in Tonnen) und ob es tatsächlich keine Aushubimporte gibt.

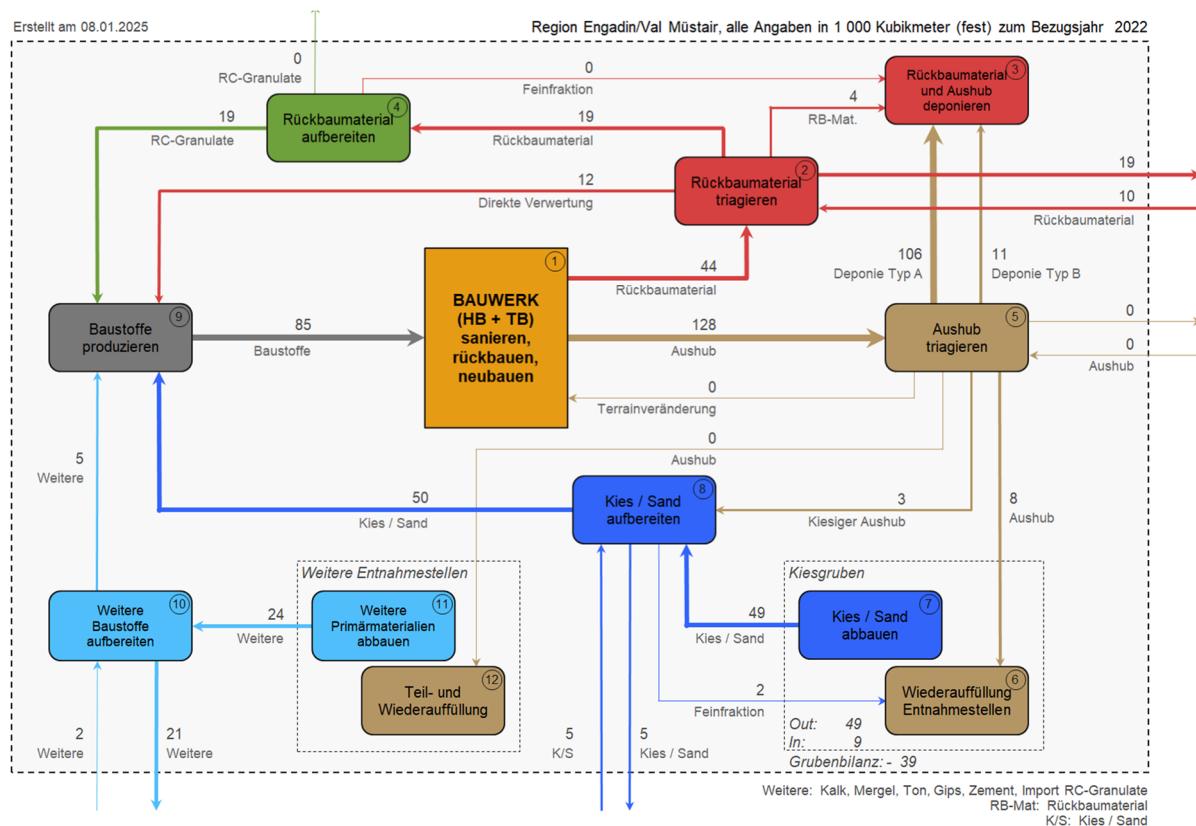


Abbildung 9: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Unterengadin/Val Müstair für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Die Entwicklung des Baustoffinputs und des Primärmaterialabbaus verläuft in der Region Unterengadin/Val Müstair je nach Szenario abnehmend (Szenario REFERENZ) oder steigend (Szenario HOCH) (Abbildung 10). Die Entwicklungen dieser Materialflüsse sind somit stark von der Bevölkerungsentwicklung in der Region abhängig, d.h. sie sind davon abhängig, welches Bevölkerungsentwicklungsszenario tatsächlich eintreffen wird.

Der Aushubanfall nimmt hingegen bei beiden Szenarien mehr oder weniger stark ab. Gerade gegensätzlich sieht es beim Rückbaumaterialanfall aus. Dieser nimmt bei beiden Szenarien kontinuierlich zu, weil auch der Gebäudebestand kontinuierlich wächst. Bei gleichbleibenden oder ansteigenden Sanierungs- und Rückbauraten nimmt deshalb der Rückbaumaterialanfall stetig zu.

Die kumulierte Differenz aus Kiesabbau und Aushubablagerung verläuft stark in den positiven Bereich, was bedeutet, dass «Aushubhügel» entstehen, weil weniger Kies abgebaut als Aushubmaterial abgelagert wird. Diese Aushubhügel würden sich noch akzentuieren, wenn in der Region über längere Zeit ähnliche Mengen wie im Bezugsjahr 2022 anfallen würden. Wie in der Abbildung 10 beim modellierten Aushubanfall zu sehen ist, verlaufen die braunen Linien deutlich tiefer als die Höhe der blauen Säule für das Bezugsjahr 2022. Würden diese Linien auf der Höhe der blauen Säule liegen, würde die kumulierte Differenz in etwa doppelt so hoch ausfallen.

Die hellblauen Säulen entsprechen den Angaben aus den Erhebungen der Materialflüsse für die Jahre 2010 und 2022. Die dunkelblauen Säulen zeigen die Jahreswerte aus den entsprechenden statischen Modellen.

Sollte die Modellierungen in den kommenden Jahren zeigen, dass sich die Jahreswerte verändern, kann das dynamische Modell entsprechend angepasst und neu kalibriert werden.

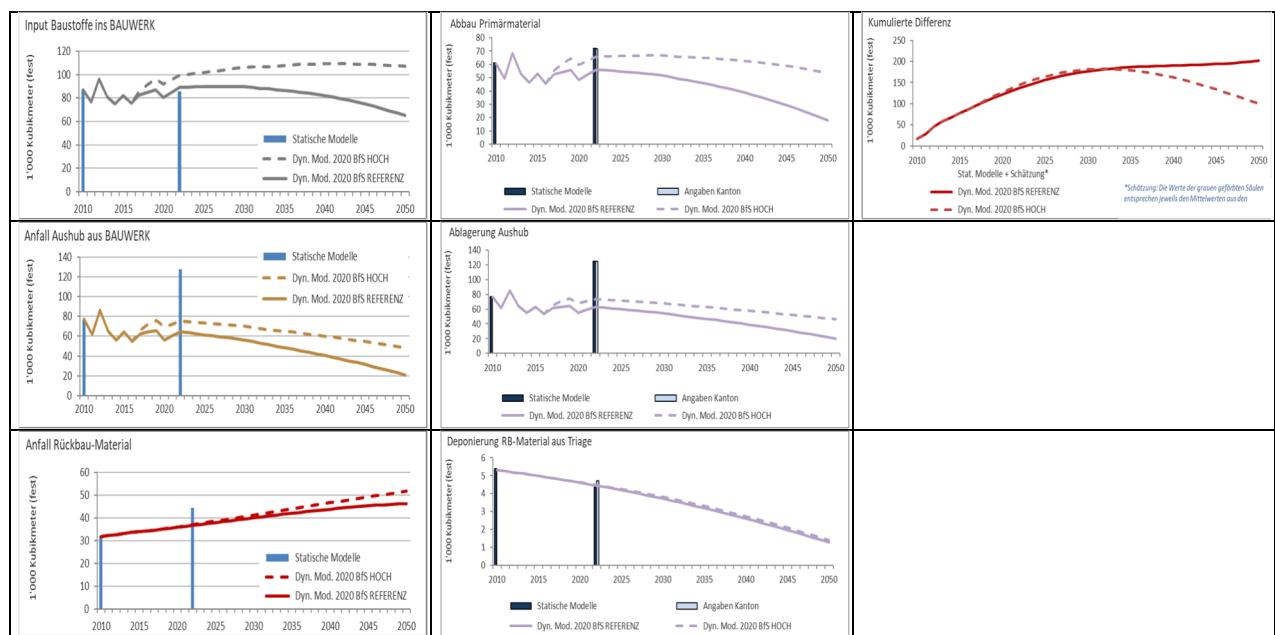


Abbildung 10: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Engadin/Val Müstair für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.4 Materialflüsse in der Region Imboden

Statisches Modell

Die Modellierung der Region Imboden ist eine Herausforderung, da diese Region stark von Rückbau- und Aushubmaterialimporten geprägt ist, welche den regionalen Rückbau- und Aushubanfall um das 3 - 4 -fache übertreffen. Demgegenüber stehen grosse Kiesexporte, welche den Kiesbedarf der Region ebenfalls um Faktoren übersteigen (Abbildung 11).

Die erhobenen Rückbaumaterial- und Rückbaustoffflüsse passen nicht zueinander. Dies bedeutet, dass keine Modellierung möglich ist, welche die erhobenen Materialflüsse abbilden. Die Modellierung zeigt, dass die Rückbaustoffflüsse deutlich höher sein müssen (60'000m³ anstatt 38'000m³), damit nachvollziehbare Materialflüsse resultieren. In der Region Imboden steht ein Belagswerk der Catram AG. Es ist durchaus möglich, dass der Asphaltgranulatanteil, welcher in die Belagsproduktion gelangt, nicht vollständig in den erhobenen Daten enthalten ist. Dies wäre zumindest eine mögliche Erklärung für die Diskrepanz zwischen modellierten und erhobenen Rückbaumaterialflüssen.

Auch beim Aushubmaterial zeigt die Modellierung, dass es Abweichungen zwischen modellierten und erhobenen Materialflüssen gibt. Die hohen Nettoimporte von Aushubmaterial gelangen vollständig in die Rekultivierung. Im Modell resultieren etwas höhere Aushubflüsse in die Rekultivierung als jene, welche im Erhebungsboden eingetragen sind. Der Aushubanfall aus der Region wurde schon auf ein niedriges Mass reduziert, trotzdem resultiert ein höherer Materialfluss in die Rekultivierung.

Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass bei der Erhebung der Importe/Exporte bzw. der abgelagerten Aushubmengen unterschiedliche Materialfaktoren (Dichten) verwendet wurden.

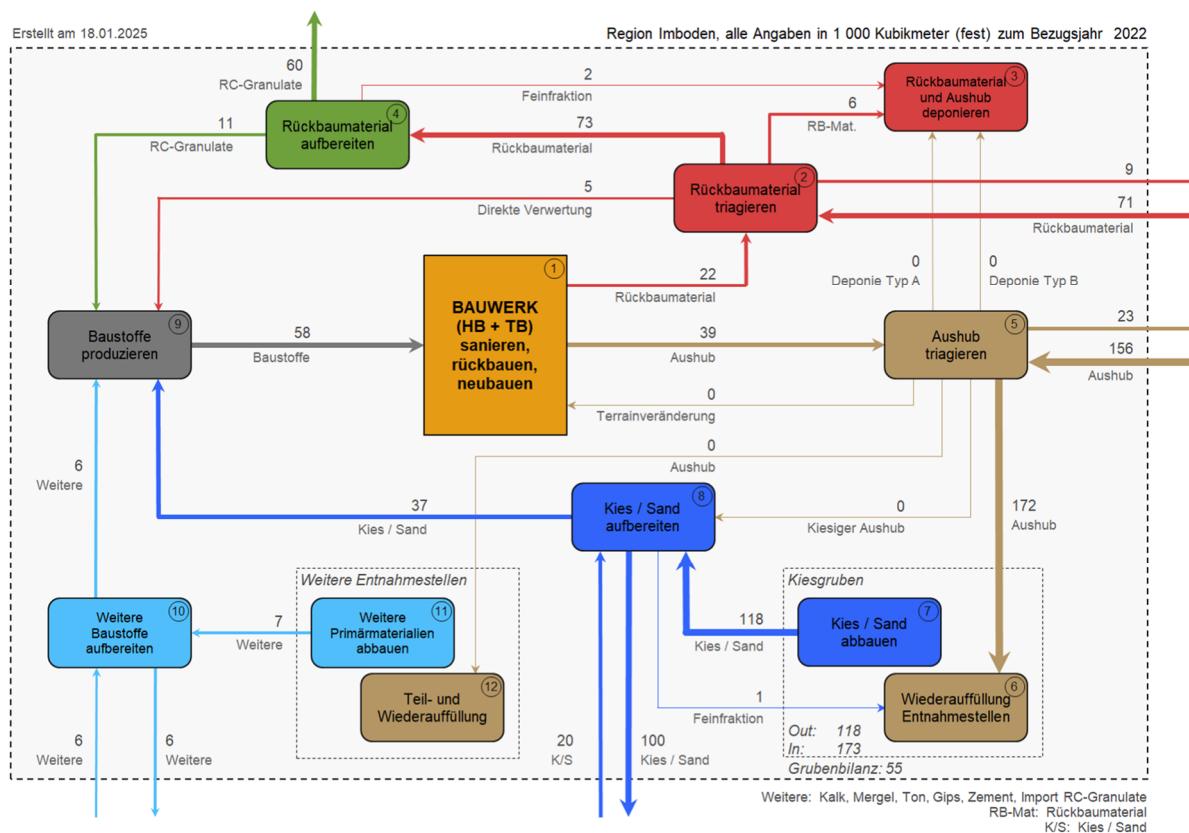


Abbildung 11: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Imboden für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Für die Region Imboden stehen bereits Daten aus den drei Bezugsjahren 2020, 2021 und 2022 zur Verfügung. Der Vergleich dieser Daten (hell- und dunkelblaue Säulen) mit der modellierten Entwicklung der Materialflüsse zeigt eine recht gute Übereinstimmung, wobei einzelne Jahreswerte für einige Materialflüsse stärker abweichen als bei den anderen Bezugsjahren (Abbildung 12).

Auffallend sind insbesondere die Abweichungen beim Aushubanfall und bei der Aushubablagerung für das Bezugsjahr 2022 zur modellierten Entwicklung des Aushubanfalls. Wie oben beschrieben ist die Region von starken Materialimporten und -exporten geprägt. Diese haben beispielsweise markante Auswirkungen auf die Aushubablagerung, so dass jährliche Schwankungen deutlich ausgeprägter sein können als in anderen Regionen. Trotzdem sollten die modellierten Entwicklungen bei einer längerfristigen Betrachtung einen guten Mittelwert darstellen.

Der modellierte Baustoffbedarf entwickelt sich für beide Szenarien in etwa in der gleichen Größenordnung wie heute. Der Primärmaterialanfall reduziert sich leicht, weil der Rückbaumaterialanfall wie in allen Regionen aus genannten Gründen kontinuierlich zunehmen wird und somit Primärmaterial substituiert wird.

Der Aushubanfall reduziert sich bis 2050 für beide Szenarien um ca. 10'000 – 20'000 m³/Jahr.

Die kumulierte Differenz aus dem Kiesabbau und Aushubablagerung verläuft unter den modellierten Rahmenbedingungen stark in den positiven Bereich, was bedeutet, dass grosse «Aushubhügel» entstehen würden, weil weniger Kies abgebaut als Aushubmaterial abgelagert wird.

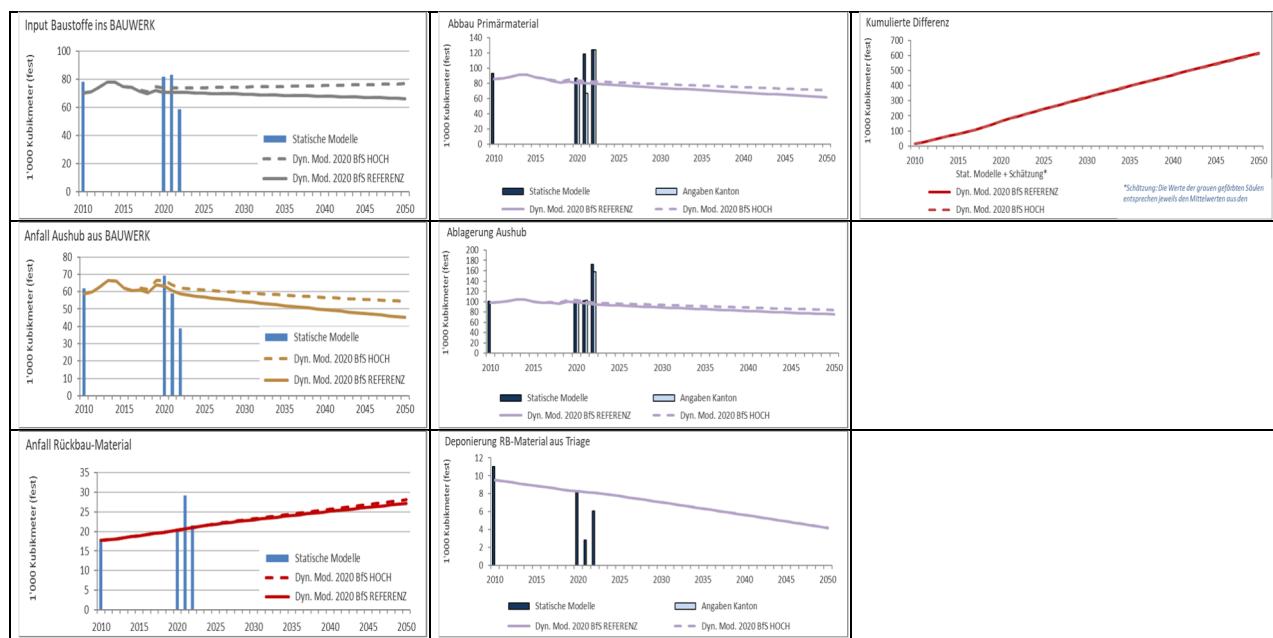


Abbildung 12: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Imboden für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.5 Materialflüsse in der Region Landquart

Statisches Modell

Die Modellierung der Materialflüsse für die Region Landquart liefert nachvollziehbare Ergebnisse, wenn angenommen wird, dass bei Grossprojekten Aushubmaterialien im Umfang von 56'000 m³ angefallen sind. Der Baustoffbedarf liegt rund 20% höher als der Aushubanfall (Abbildung 13). Dieses Verhältnis liegt im Bereich derjenigen Verhältnisse der Mittellandkantone. Insgesamt sind die pro-Kopf-Werte deutlich höher als in den Mittellandkantonen (Tabelle A. 5).

Die Region Landquart ist wie die Regionen Imboden und Plessur durch starke Importe und Exporte bei allen Materialkategorien über die regionalen Grenzen und die Kantonsgrenze geprägt. Die Region war im Bezugsjahr 2022 ein starker Nettoimporteur von Aushubmaterial. Kies wurde im geringeren Umfang netto exportiert. Die Grubenbilanz fällt deshalb positiv aus.

Die Region ist ein Nettoimporteur von Rückbaumaterialien. Sie exportiert aber rund 2/3 der produzierten Rückbaustoffe in die Nachbarregionen.

Insgesamt wurden knapp 400'000m³ Kalk und Mergel abgebaut. Der grösste Teil davon wird in Form von Zement entweder in die verschiedenen Regionen des Kantons, aber vor allem in die umliegenden Kantone exportiert.

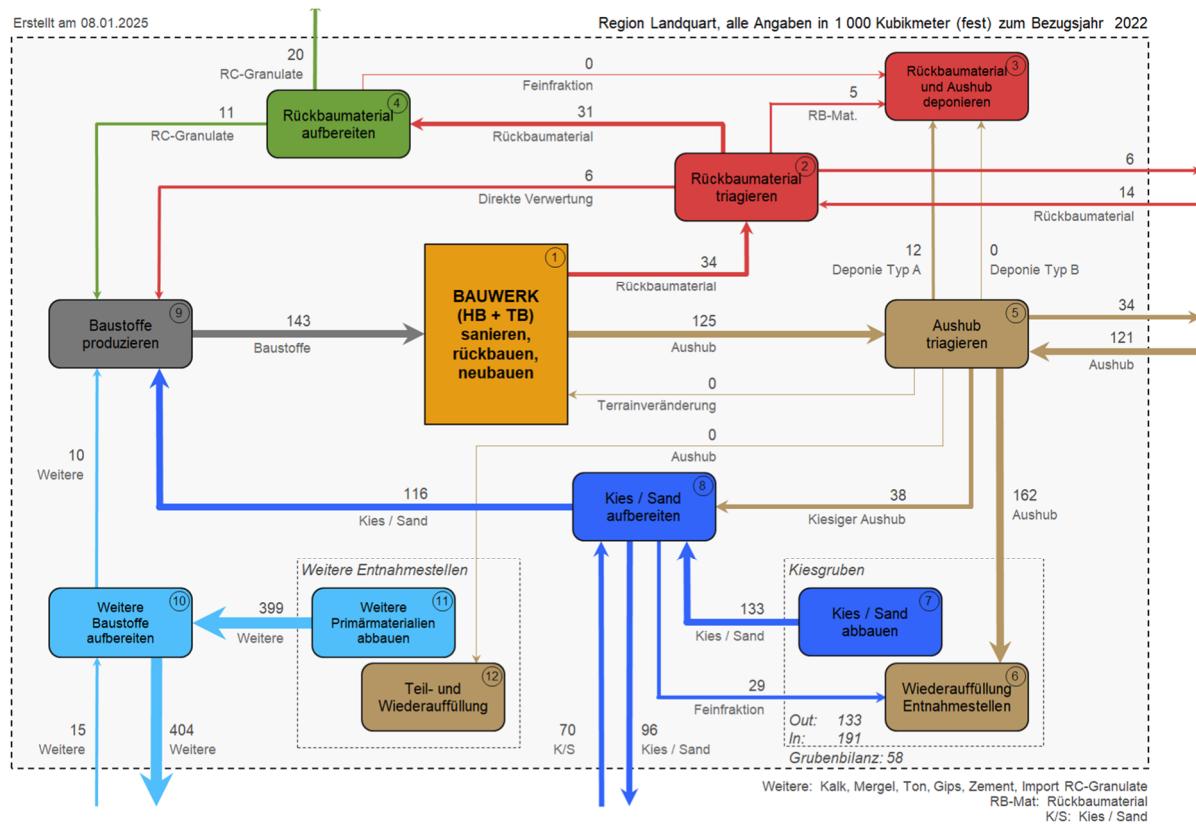


Abbildung 13: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Landquart für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Auch für die Region Landquart stehen Daten für die drei Bezugsjahre 2020, 2021 und 2022 zur Verfügung. Der Vergleich dieser Daten (hell- und dunkelblaue Säulen) mit der modellierten Entwicklung der Materialflüsse zeigt wiederum eine recht gute Übereinstimmung, wobei die Werte für das Bezugsjahr 2022 beim Baustoffinput und beim Aushubanfall stark von beiden Vorjahren abweichen (Abbildung 14). Diese «Ausreisser» könnten auf die Realisierung von Grossprojekten zurückzuführen sein, welche nicht in der modellierten Entwicklung der Materialflüsse abgebildet werden. Es wird sich in den kommenden Jahren zeigen, welche jährlichen Materialflüsse für die Modellierung der Materialflüsse ausschlaggebend sind.

Der Primärmaterialabbau bewegt sich nicht stark. Dieser ist vor allen durch den Kalk- und Mergelabbau für die Zementproduktion geprägt. Es wird im Modell davon ausgegangen, dass sich dieser bis zum Jahr 2050 kaum verändert.

Relativ gut ist die Übereinstimmung bei der Aushubablagerung. Der grössere Aushubanfall hat offensichtlich nicht zu einer höheren Aushubablagerung im Bezugsjahr 2022 geführt. Dies ist teilweise auf erhöhte Nettoexporte von Aushubmaterial zurückzuführen.

Die kumulierte Differenz entwickelt sich stark in den negativen Bereich und erreicht gemäss Modell einen Wert von rund -14 Mio. Kubikmetern Festmass. Dies ist auf den schon oben beschriebenen Kalk- und Mergelabbau zurückzuführen. Es handelt sich um einen theoretischen Wert, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass diese Abbaustelle wieder vollständig aufgefüllt wird.

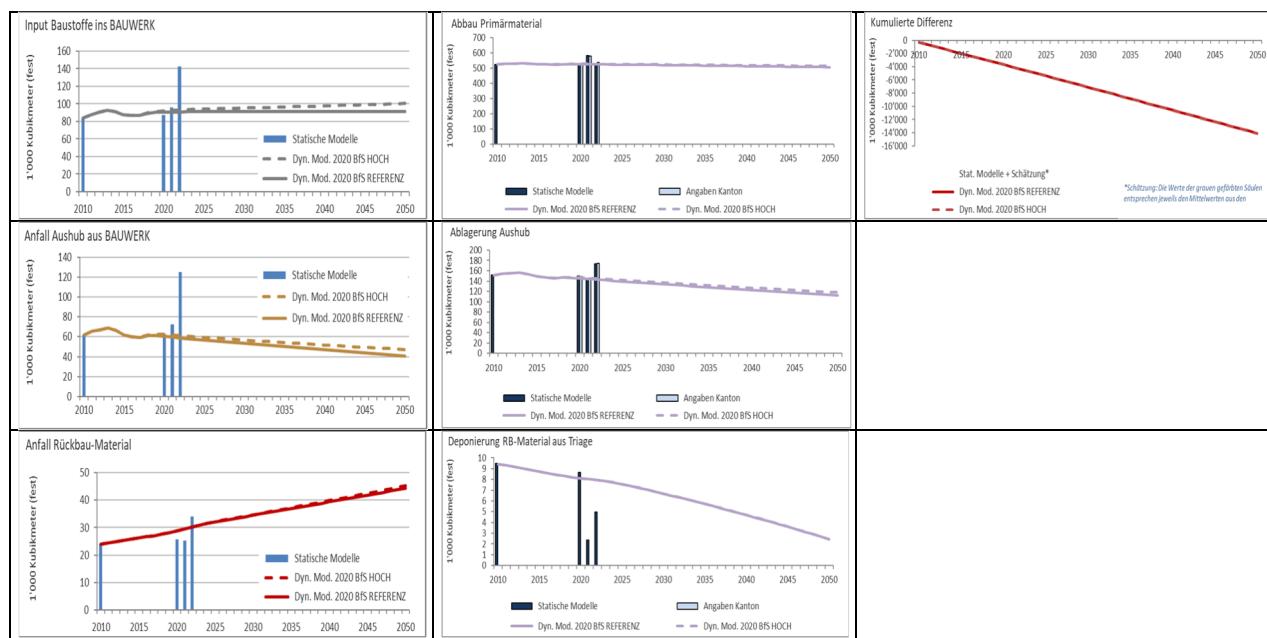


Abbildung 14: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Landquart für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.6 Materialflüsse in der Region Maloja

Statistisches Modell

In der Region Maloja sind die Verhältnisse ähnlich wie in der Region Engadin/Val Müstair. Auch hier ist der Aushubanfall deutlich grösser als der Baustoffbedarf (Abbildung 15). Dies kann auch hier nur damit erklärt werden, dass ausserordentlich viele oder überdurchschnittlich grosse Projekte stattgefunden haben, bei denen sehr viel Aushub- bzw. Ausbruchmaterial angefallen ist. Für die Modellierung wurde deshalb angenommen, dass rund 130'000 m³ Aushubmaterial aus Grossprojekten stammen. Eventuell könnten diese im Zusammenhang mit Tunnelbauten angefallen sein. Auch die anderen Materialflüsse (Baustoff- und Rückbaumaterial) liegen deutlich über der «Norm».

Die durchschnittliche Neubaurate (in Bezug auf die zugebauten Gebäudevolumen) lag in den vergangenen Jahren (2017 – 2021) bei rund 0.55% bezüglich des Gebäudebestandes. Im Tiefbau wurde eine Neubaurate von 1.55% eingesetzt, um die Baustoff- und Aushubmaterialflüsse in Einklang mit den erhobenen Materialmengen zu bringen.

Es ist zu empfehlen, nochmals zu prüfen, ob die Angaben im Erhebungsbogen tatsächlich in Kubikmetern Festmass erfolgten und nicht in Tonnen. Eventuell fanden deutlich mehr Aushubimporte als angegeben statt. Wenn deutlich mehr Aushubmaterial importiert wurde, dann würde sich der Aushubanfall entsprechend reduzieren.

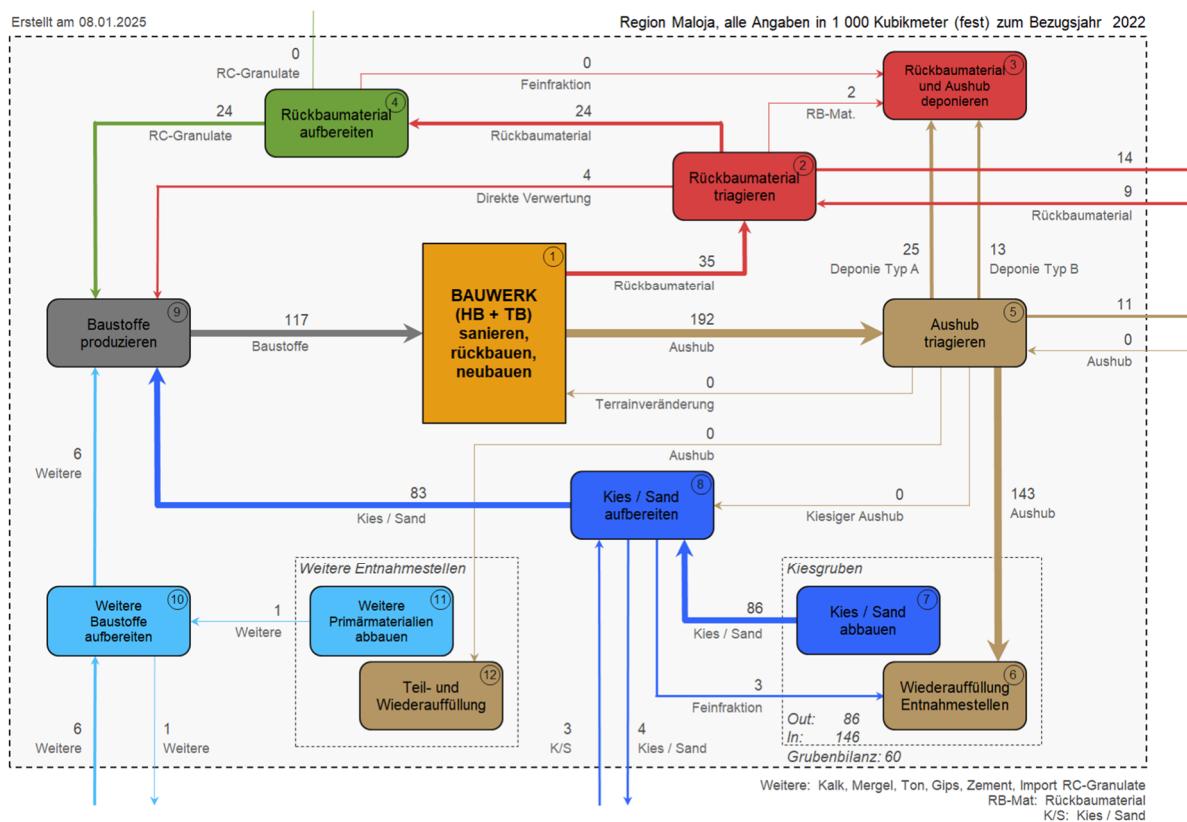


Abbildung 15: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Maloja für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Die Entwicklung des Baustoffinputs verläuft in der Region Maloja je nach Szenario leicht zunehmend (Szenario HOCH) oder leicht abnehmend (Szenario REFERENZ) (Abbildung 16). Wie bereits beschrieben, ist die Entwicklung dieser Materialflüsse von der Bevölkerungsentwicklung in der Region abhängig, d.h. sie sind davon abhängig, welches Bevölkerungsentwicklungsszenario tatsächlich eintreffen wird.

Der Aushubanfall und die Aushubablagerung nehmen bei beiden Szenarien mehr oder weniger stark ab. Zu erkennen ist (Grafiken in der Mitte), dass die hellblauen bzw. die dunkelblaue Säule(n) für das Bezugsjahr 2022 deutlich über die braune bzw. lila Linie ragt. Der Anteil über der braunen/lila Linie ist auf die oben erwähnten Grossprojekte zurückzuführen, welche im Moment noch nicht im dynamischen Modell berücksichtigt sind.

Der Rückbaumaterialanfall nimmt bei beiden Szenarien kontinuierlich zu, weil der Gebäudebestand kontinuierlich wächst. Auch bei gleichbleibenden Sanierungs- und Rückbauraten nimmt deshalb der Rückbaumaterialanfall stetig zu.

Die kumulierte Differenz aus Kiesabbau und Aushubablagerung verläuft zunächst stark in den positiven Bereich, ab ca. dem Jahr 2030 geht diese aber wieder zurück und erreicht im Jahr 2050 beinahe wieder den Ausgangszustand. Dies bedeutet, dass zunächst mehr Aushubmaterial anfällt als Kies abgebaut wird. Danach kehrt sich diese Bilanz um: Es wird ab 2030 mehr Kies abgebaut als Aushubmaterial abgelagert wird. In der kumulierten Differenz sind die Aushubvolumen, welche aus allfälligen Grossprojekten stammen, nicht berücksichtigt. Diese können einen grossen Einfluss auf die Entwicklung der kumulierten Differenz haben.

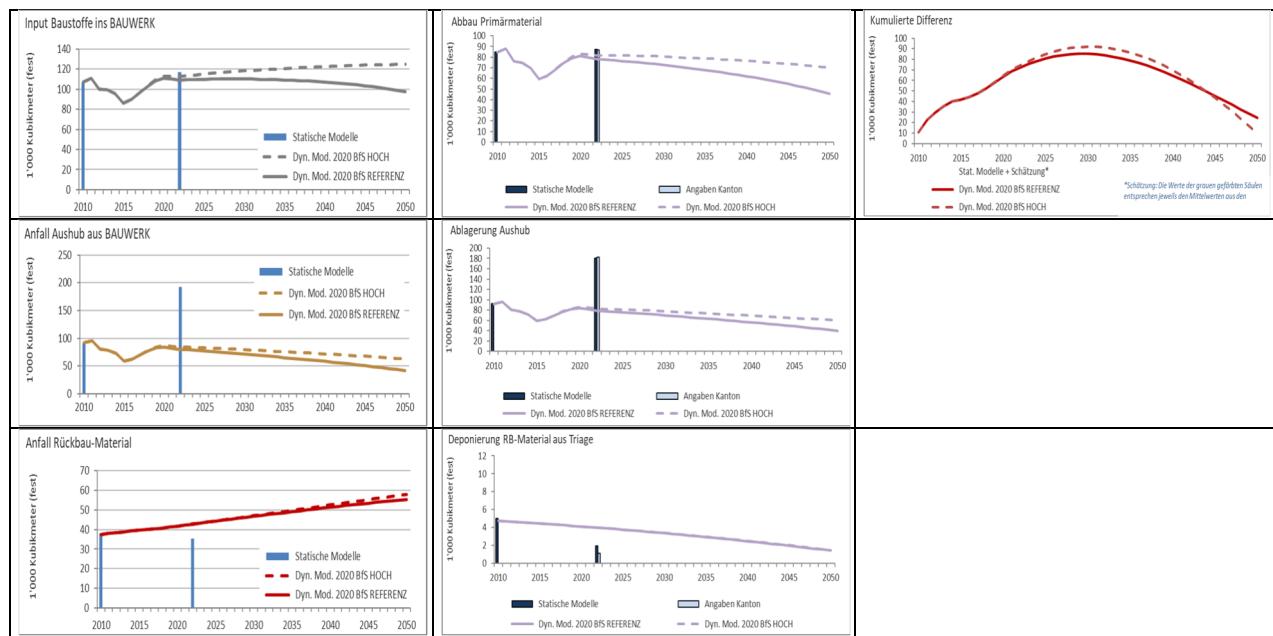


Abbildung 16: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Maloja für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.7 Materialflüsse in der Region Moesa

Statistisches Modell

Die Materialflüsse in der Region Moesa bewegen sich insgesamt auf tiefem Niveau. Trotzdem resultieren durch die Modellierung nachvollziehbare Materialflüsse. Die durchschnittliche Neubaurate (in Bezug auf die zugebauten Gebäudevolumen) lag in den vergangenen Jahren (2017 – 2021) bei rund 0.35% bezüglich des Gebäudebestandes. Im Tiefbau wurde eine Neubaurate von 0.5% eingesetzt, um die Baustoff- und Aushubmaterialflüsse in Einklang mit den erhobenen Materialmengen zu bringen.

Das Materialflussschema in der Abbildung 17 zeigt, dass die Importmengen von Aushub- und Rückbaumaterial beinahe um 100% höher liegen als der regionale Materialanfall. Der modellierte Rückbaumaterialfluss in die Aufbereitung (A24) und die RC-Granulatflüsse liegen deutlich höher als die erhobenen Materialflüsse. Dies ist das Resultat des hohen Rückbaumaterialimports. Der Rückbaumaterialanfall liegt gemäss Modell nur bei 7'000 m³/Jahr. Es ergäben sich tiefere Rückbaumaterialflüsse in die Aufbereitung, falls die importierten Rückbaumaterialmengen in die Deponien geführt würden. Alternativ könnte aber auch angenommen werden, dass ca. 5'000 – 6'000 m³ Rückbaumaterial im Bezugsjahr 2022 in einem Zwischenlager gelagert werden. Dies kann aber im Modell nicht dargestellt werden.

Falls sich die Importmenge beim Aushub auf einem deutlich tieferen Niveau als angegeben bewegen sollte, dann würde der Aushubanfall in der Region entsprechend ansteigen. Es wird sich zeigen, inwieweit die Verhältnisse (insbesondere bei den Materialimporten) den langfristigen Trend widerspiegeln.

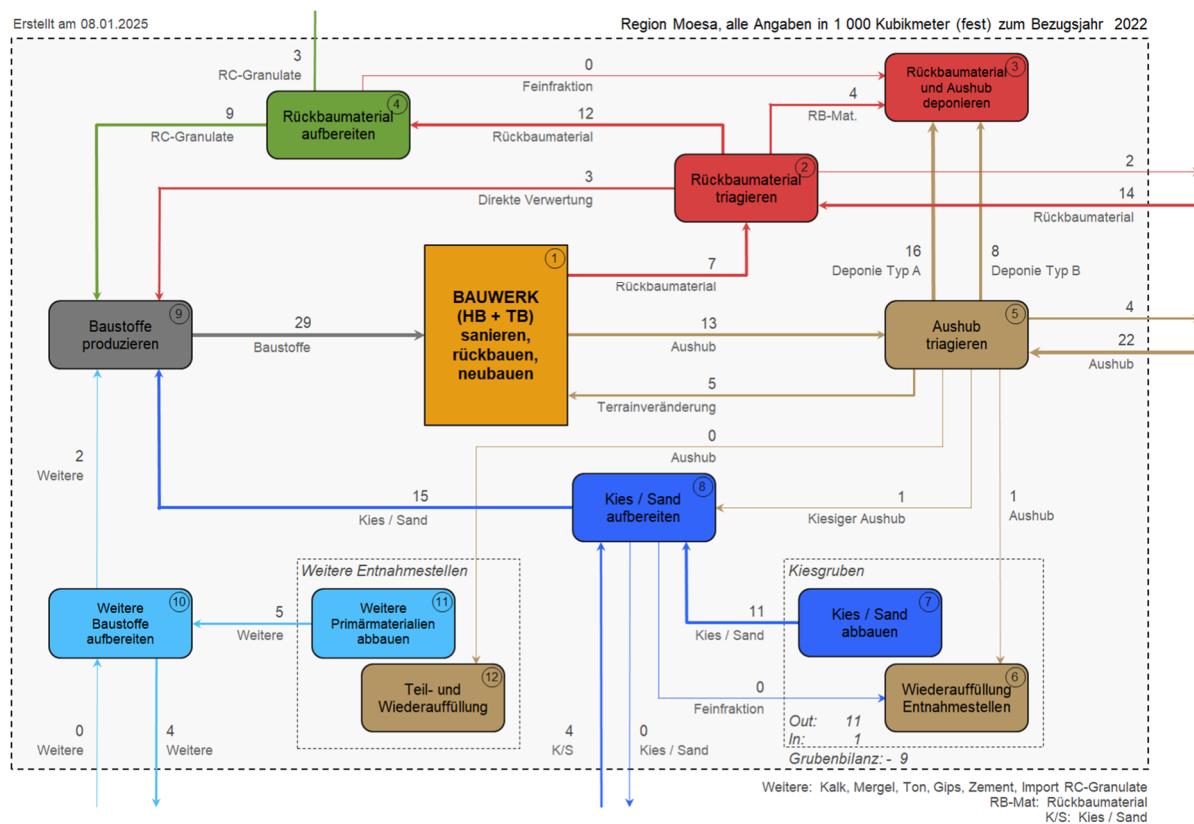


Abbildung 17: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Moesa für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Die Entwicklungen des Baustoffinputs, des Aushubanfalls, des Primärmaterialabbaus und der Aushubablagerung verlaufen in der Region Moesa für beide Modellszenarien abnehmend (Abbildung 18), weil die Bevölkerung gemäss den Bevölkerungsentwicklungsszenarien bis 2050 abnehmen wird.

Die Übereinstimmung der Resultate aus den statischen Modellen (Säulen) und der dynamischen Modellierung der Materialflüsse (Linien) ist gut. Insgesamt sind jedoch noch zu wenige Resultate aus Modellierungen von einzelnen Jahren vorhanden, um die modellierte Entwicklung der Materialflüsse abstützen zu können.

Wie bereits bei anderen Regionen erwähnt, nimmt der Rückbaumaterialanfall bei beiden Szenarien kontinuierlich zu, weil der Gebäudebestand kontinuierlich wächst. Auch bei gleichbleibenden Sanierungs- und Rückbauraten nimmt deshalb der Rückbaumaterialanfall stetig zu.

Die kumulierte Differenz aus dem Kiesabbau und Aushubablagerung verläuft unter den modellierten Rahmenbedingungen in den positiven Bereich, was bedeutet, dass «Aushubhügel» entstehen würden, weil weniger Kies abgebaut als Aushubmaterial abgelagert wird. Dieser «Aushubhügel» würde gar noch wachsen, wenn ein Teil des Kieses nicht in Kiesgruben abgebaut, sondern aus Gewässern entnommen würde.

Da sich in der Region die Materialflüsse auf einem relativ tiefen Niveau bewegen, können schon kleine Änderungen bei den Importen oder Exporten oder bei der Realisierung von Grossprojekten starke Auswirkungen auf die inneren Materialflüsse haben.

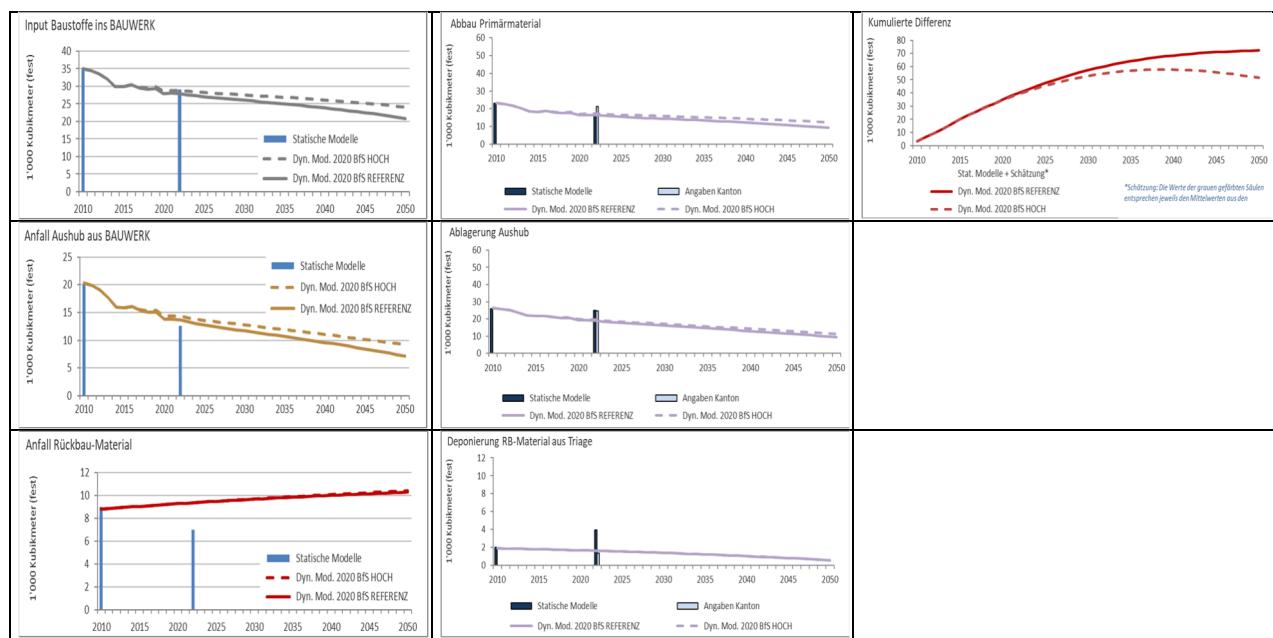


Abbildung 18: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Moesa für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.8 Materialflüsse in der Region Plessur

Statistisches Modell

Die Modellierung der Materialflüsse liefert nachvollziehbare Ergebnisse, wenn angenommen wird, dass bei Grossprojekten Aushubmaterial im Umfang von 106'000 m³ angefallen sind.

Auch diese Region ist durch starke Importe/Exporte sämtlicher Materialkategorien über die regionalen Grenzen geprägt. Die Region war im Bezugsjahr 2022 ein starker Nettoexporteur von Aushubmaterial (Abbildung 19). Kies wurde im Umfang von 47'000 m³ netto exportiert. Die Grubenbilanz fällt deshalb positiv aus.

Die Region ist ein Nettoexporteur von Rückbaumaterialien. Sie exportiert auf Nettobasis knapp 50% des Rückbaumaterialanfalls. Deshalb ist auf dem ersten Blick der Anteil an RC-Baustoffen am Baustoffbedarf kleiner 10%. Es ist aber davon auszugehen, dass die Region RC-Granulate aus anderen Regionen (v.a. Region Landquart) bezieht. Diese sind vermutlich in den Kiesimporten enthalten und können nicht beziffert werden.

Wie aus der Grafik zu entnehmen ist, liegt der Aushubanfall in dieser Region für das Bezugsjahr 2022 höher als der Baustoffbedarf. Normalerweise bewegt sich der Aushubanfall im Bereich von 60 - 80% des Baustoffbedarfs. Der hohe Aushubanfall kann nur mit aussergewöhnlich grossen Aushubprojekten in der Region erklärt werden. Dies ist durchaus möglich, da im Jahr 2022 an vielen Orten in der Region grössere Bauprojekte realisiert wurden, welche einen starken Einfluss auf den Aushubanfall haben können.

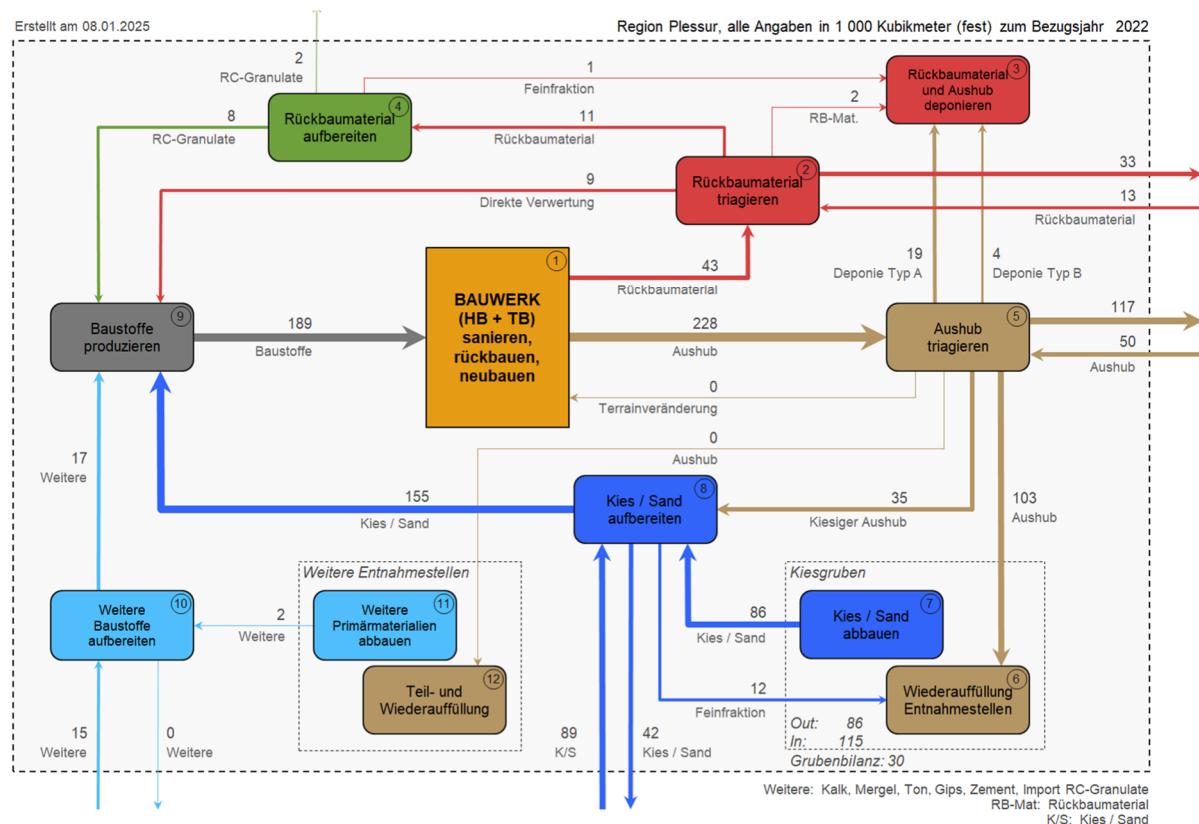


Abbildung 19: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Plessur für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Für die Region Plessur stehen bereits Daten für die Bezugsjahre 2020, 2021 und 2022 zur Verfügung. Der Vergleich dieser Daten (hell- und dunkelblaue Säulen) mit der modellierten Entwicklung der Materialflüsse (Linien) zeigt, dass die Übereinstimmung der Einzeljahre mit der modellierten Entwicklung beim Baustoffbedarf und Primärmaterialanfall recht gut ist (Abbildung 19), wobei die Werte für die Bezugsjahre 2021 und 2022 beim Baustoffbedarf etwas überschissen. Noch stärker ist dieses Überschissen beim Aushubanfall und bei der Aushubablagerung. Der Grund hierfür ist vermutlich die bereits erwähnte Realisierung von überdurchschnittlich grossen Projekten in der Region, welche im dynamischen Modell derzeit nicht abgebildet werden.

Beim Rückbaumaterialanfall und bei der Deponierung von Rückbaumaterial ist die Übereinstimmung zwischen den einzelnen Bezugsjahren und der modellierten Entwicklung hingegen recht gut.

Die kumulierte Differenz entwickelt sich in der Region Plessur stark in den negativen Bereich und erreicht gemäss Modell einen Wert von rund -2 Mio. Kubikmetern Festmass im Jahr 2050. Die kumulierte Differenz würde sich drastisch ändern, wenn die Entwicklung der Aushubmenge in die die Ablagerung im dynamischen Modell auf das Niveau der Bezugsjahre 2021 und 2022 hochgesetzt würde. Damit würden jährlich rund 100'000 m³ mehr Aushub in der Region abgelagert. Die kumulierte Differenz würde vermutlich leicht im positiven Bereich verlaufen.

Sollte die abgelagerte Aushubmenge im nächsten Modellierungsupdate 2024 im Bereich der Jahre 2021 und 2022 liegen, dann müssten die Modellparameter im dynamischen Modell entsprechend angepasst, d.h. die Aushubablagerung hochgesetzt werden.

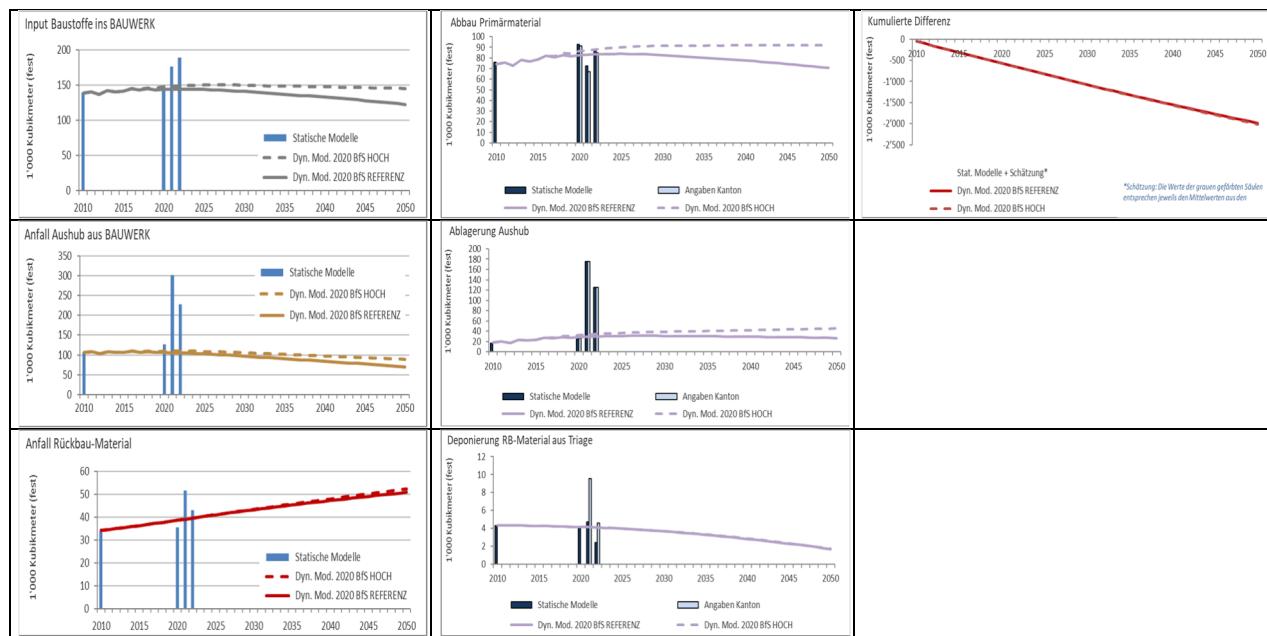


Abbildung 20: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Plessur für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.9 Materialflüsse in der Region Prättigau/Davos

Statistisches Modell

Das Modell liefert für sämtliche Baustoffflüsse nachvollziehbare Materialflüsse, welche im Bereich der durchschnittlichen Werte von verschiedenen Kantonen liegt (Tabelle A. 9). Im Vergleich zu den anderen Regionen bewegen sich die Import- und Exportflüsse in Bezug auf den Kiesabbau und den Aushub- und Rückbaumaterialanfall auf tieferem Niveau. Nur der Nettoexport von Kies ist diesbezüglich etwas höher.

Die durchschnittliche Neubaurate (in Bezug auf die zugebauten Gebäudevolumen) lag in den vergangenen Jahren (2017 – 2021) bei rund 0.7% bezüglich des Gebäudebestandes. Im Tiefbau wurde eine Neubaurate von 0.65% eingesetzt, um die Baustoff- und Aushubmaterialflüsse in Einklang mit den erhobenen Materialmengen zu bringen.

In der Abbildung 21 ist zu erkennen, dass der Baustoffbedarf knapp 15% höher liegt als der Aushubanfall. Damit bewegt sich dieses Verhältnis im Bereich des durchschnittlichen Verhältnisses der Mittellandkantone.

Der RC-Anteil am Baustoffbedarf liegt bei rund 20%. Dieser Anteil bewegt sich eher am unteren Rand der Bandbreite der Mittellandkantone. Dies liegt jedoch nicht an einer niedrigen Recyclingrate, sondern daran, dass insbesondere die Rückbauraten in der Region bzw. im gesamten Kanton Graubünden meistens niedriger liegen als in anderen Kantonen, vor allem in Kantonen mit grossen Städten und städtischen Agglomerationen.

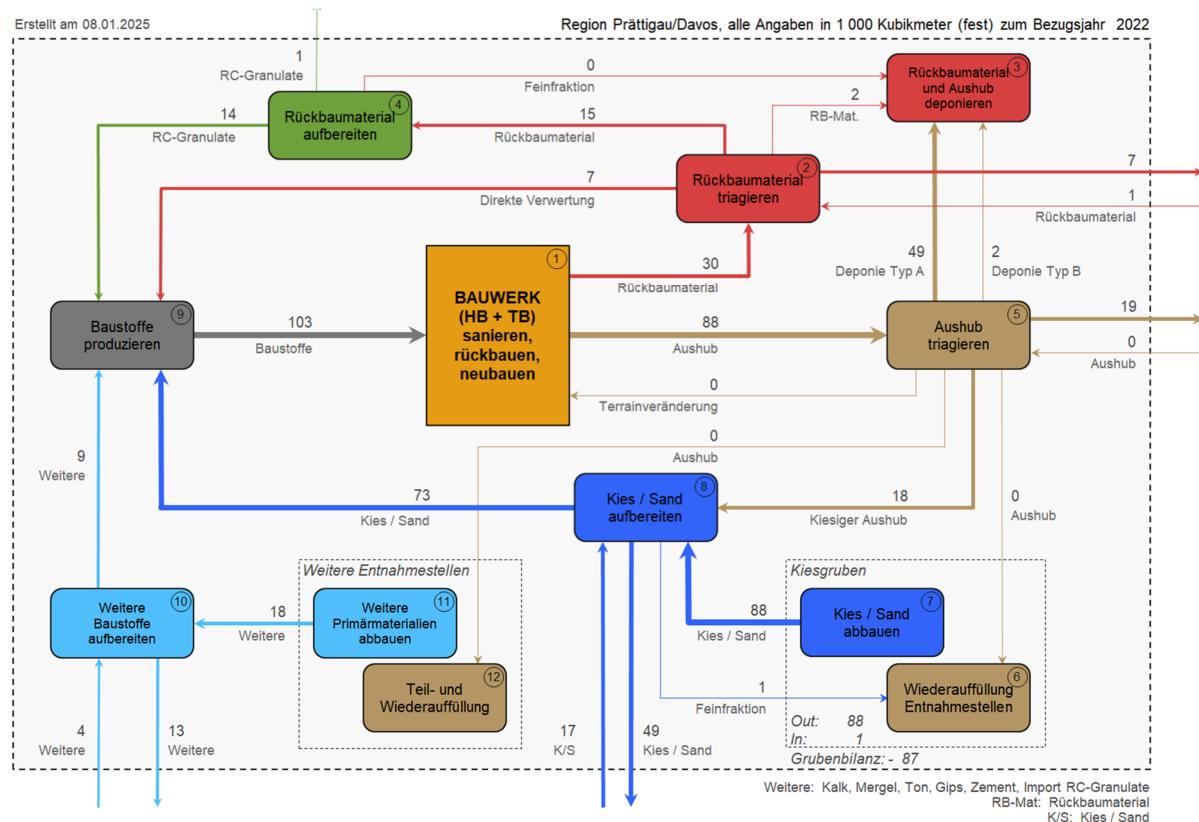


Abbildung 21: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Prättigau/Davos für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Die Entwicklung des Baustoffinputs und des Aushubanfalls verläuft in der Region Prättigau/Davos je nach Szenario zunehmend (Szenario HOCH) oder leicht abnehmend (Szenario REFERENZ) (Abbildung 21). Da die Entwicklungen dieser Materialflüsse von der Bevölkerungsentwicklung in der Region abhängig sind und insbesondere im Szenario HOCH ein deutliches Bevölkerungswachstum prognostiziert wird, steigen die Materialflüsse in diesem Szenario recht stark an.

Der Rückbaumaterialanfall nimmt bei beiden Szenarien kontinuierlich zu, weil der Gebäudebestand kontinuierlich wächst. Der Unterschied zwischen den zwei Szenarien ist deshalb nur gering.

Die kumulierte Differenz aus dem Kiesabbau und der Aushubablagerung verläuft relativ stark in den negativen Bereich. Es entstehen somit «Gruben». Sollte in der Region Kies aus Gewässern entnommen werden, dann resultiert eine weniger negative «kumulierte Differenz». Die Region könnte allenfalls auch Aushubmaterial aus anderen Regionen importieren, um ihre Gruben zu füllen. Allerdings dürfte dies nur sinnvoll sein, falls die Transportdistanzen nicht zu gross wären, was in der Region Prättigau/Davon nicht zutreffen dürfte.

Die Deponierung von Rückbaumaterial nimmt kontinuierlich ab, weil angenommen wird, dass die Verwertungsquoten in der Region künftig noch etwas ansteigen werden. Es gelangt aber schon heute relativ wenig Rückbaumaterial in die Deponien.

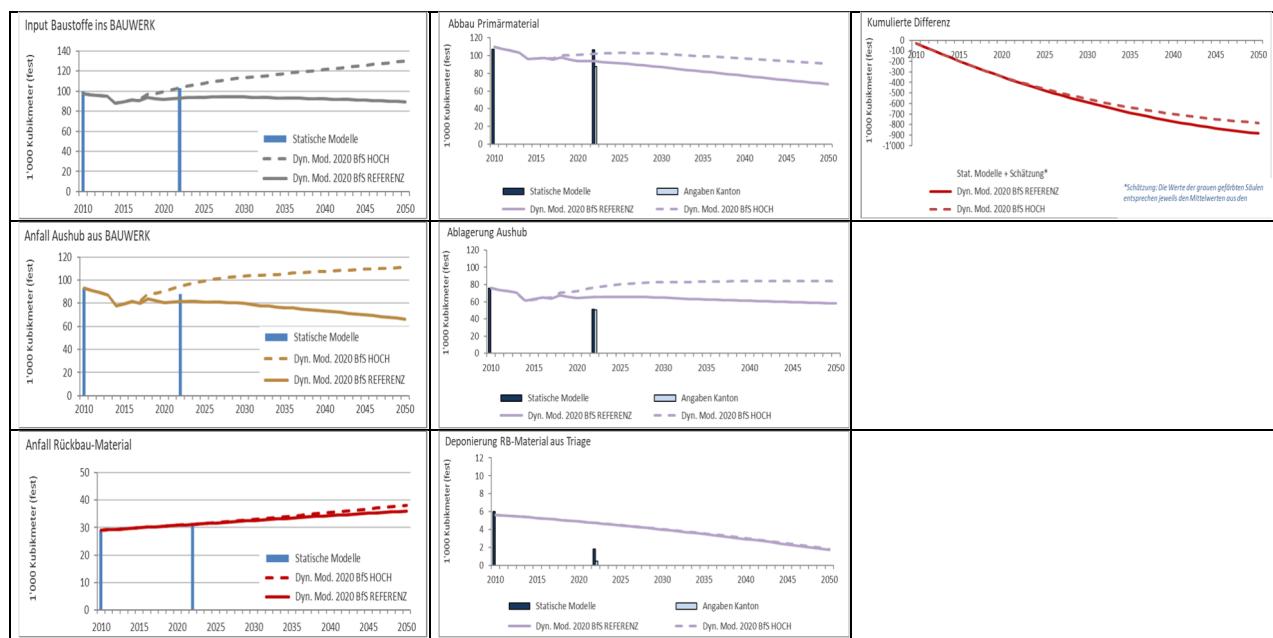


Abbildung 22: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Prättigau/Davos für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.10 Materialflüsse in der Region Surselva

Statisches Modell

Die Modellierung der Region Surselva zeigt, dass die Materialflüsse relativ stark durch die Bautätigkeit im Tiefbau/Strassenbau/Bahn geprägt sein dürfen. Nur so ergeben sich nachvollziehbare Materialflüsse (Abbildung 23). Die durchschnittliche Neubaurate (in Bezug auf die zugebauten Gebäudevolumen) lag in den vergangenen Jahren (2017 – 2021) bei rund 0.55% bezüglich des Gebäudebestandes.

Trotz dieser tiefen Neubauquote im Hochbau ist der Baustoffbedarf und der Aushubanfall im Vergleich zum Mittelwert von 10 Kantonen relativ hoch (Tabelle A. 10). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass der Kanton Graubünden wie auch die Region Surselva überdurchschnittlich grosse Strassenlängen aufweist. Diese müssen zudem intensiver unterhalten werden, was zu deutlich höheren Materialumsätzen führt. Hinzu kommt der Materialbedarf zum Unterhalt/Neubau der Bahninfrastruktur der rhätischen Bahn, welcher nicht zu vernachlässigen ist. Im Tiefbau werden gemäss Modell 65% der anfallenden Rückbaumaterialien (v.a. Kies/Schotter/Strassenaufbruch) vor Ort wiederverwertet. Es wird sich zeigen, ob sich diese Hypothese in den kommenden Jahren auf Basis der weiteren Modellierungen abstützen lässt.

Das Verhältnis von Baustoffbedarf und Aushubanfall bewegt sich in einem nachvollziehbaren Bereich.

Der RC-Anteil von rund 17% am gesamten Baustoffbedarf liegt relativ tief trotz bereits hohen Verwertungsquoten. Der geringe Anteil ist vielmehr auf die tiefen Rückbau- und Sanierungsraten im Hochbaubereich zurückzuführen. Zudem können RC-Baustoffe auch im Primärmaterial enthalten sein, weil diese teilweise in die Produktion von Baustoffen integriert werden, ohne dass diese als RC-Baustoffe deklariert werden (z.B. bei der Asphaltproduktion).

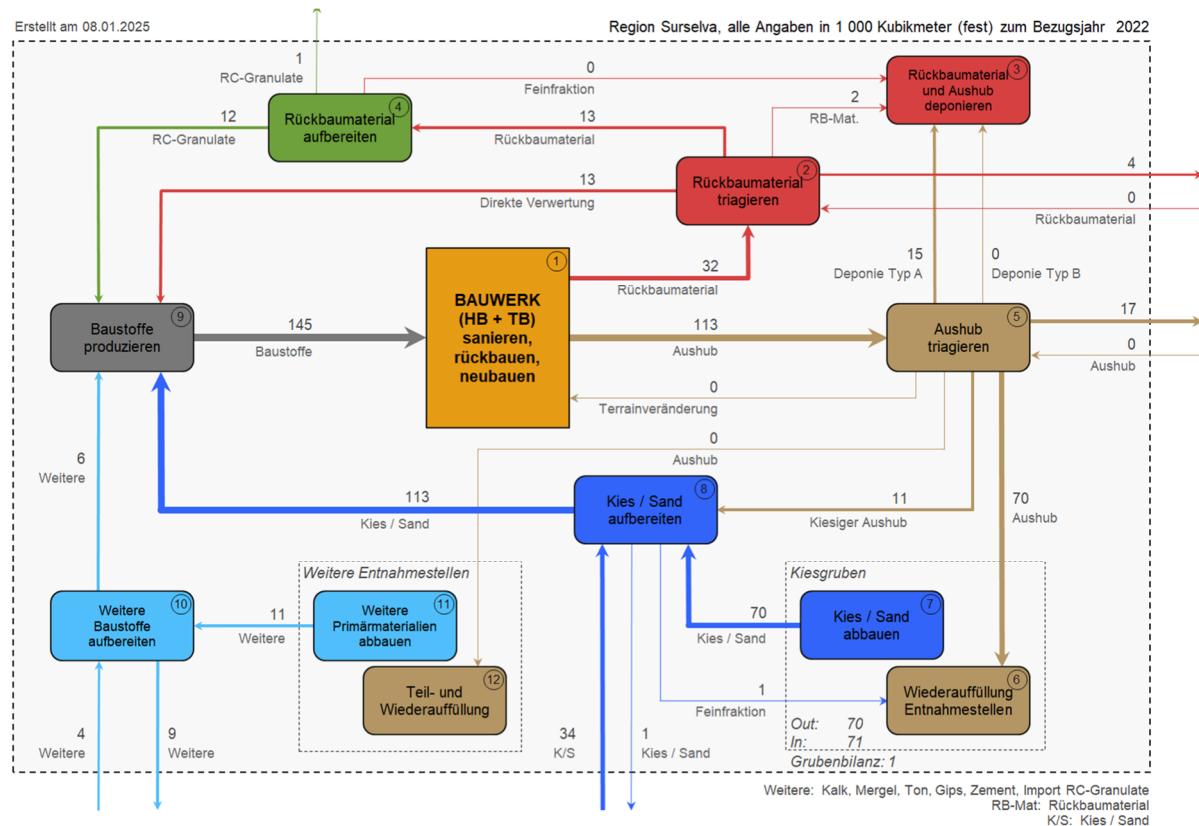


Abbildung 23: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Surselva für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

Die Entwicklungen des Baustoffinputs und des Primärmaterialabbaus verlaufen in der Region Surselva aufgrund der Bevölkerungsentwicklung für das Szenario REFERENZ abnehmend und für das Szenario HOCH zunächst leicht ansteigend und dann abnehmend. (Abbildung 23). Die Aushubflüsse nehmen bei beiden Szenarien ab, weil diese zu grösseren Anteilen aus dem Hochbaubereich stammen und die Schrumpfung der Bevölkerung zu einer geringeren Bautätigkeit im Hochbau führen wird.

Wie bereits bei anderen Regionen erwähnt, nimmt der Rückbaumaterialanfall bei beiden Szenarien kontinuierlich zu, weil der Gebäudebestand kontinuierlich wächst. Auch bei gleichbleibenden Sanierungs- und Rückbauraten nimmt deshalb der Rückbaumaterialanfall stetig zu. Trotz dieses Anstieges wird in Zukunft weniger Rückbaumaterial deponiert, weil im dynamischen Modell davon ausgegangen wird, dass die Verwertungsquoten aufgrund der eingeleiteten Massnahmen weiter ansteigen werden.

Die kumulierte Differenz aus dem Kiesabbau und Aushubablagerung verläuft unter den modellierten Rahmenbedingungen zunächst in den positiven Bereich. Ab 2030 bzw. 2035 reduziert sich die kumulierte Differenz in beiden Szenarien wieder, wobei im Szenario HOCH eine Reduktion bis zum Ausgangsniveau resultiert.

Die Modellierungen in den kommenden Jahren werden zeigen, ob die modellierten Entwicklungen der Materialflüsse im dynamischen Modell mit den einzelnen Bezugsjahren weiter übereinstimmen. Sollte dies nicht der Fall sein, können die Parameter im dynamischen Modell angepasst werden.

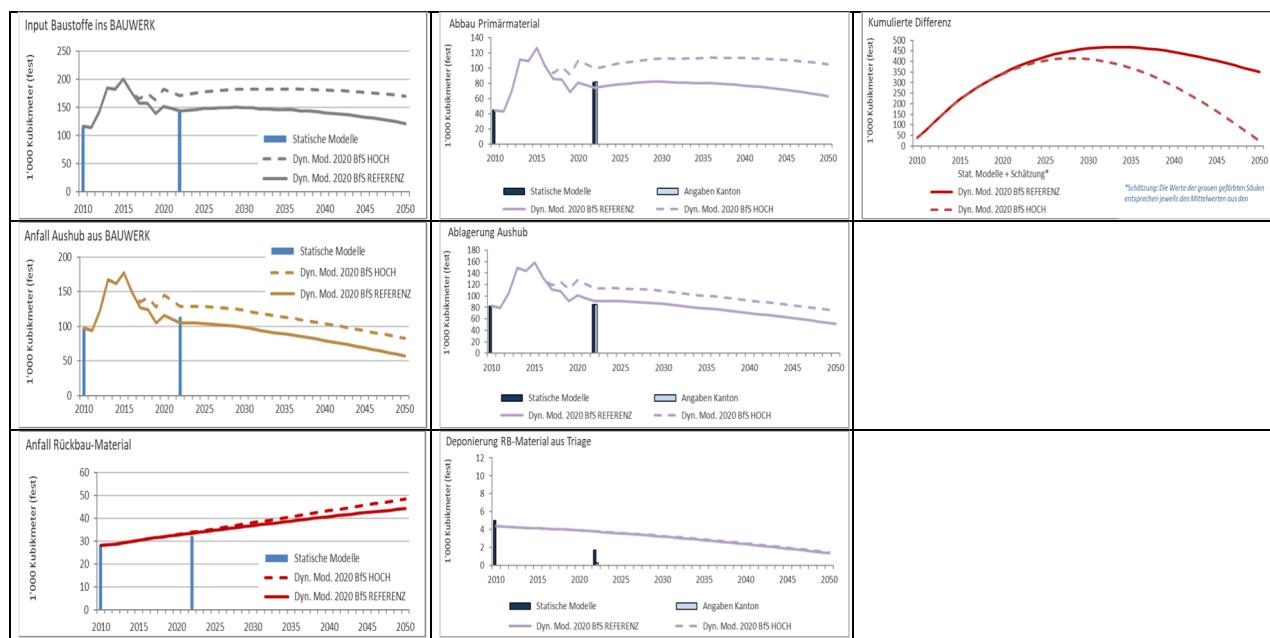


Abbildung 24: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Surselva für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

3.2.11 Materialflüsse in der Region Viamala

Statisches Modell

Die Modellierung der Region Viamala zeigt (Abbildung 25), dass die Materialflüsse sowohl durch die Bautätigkeit im Bezugsjahr 2022 im Hoch- als auch im Tiefbau geprägt sein dürfte. Die durchschnittliche Neubaurate (in Bezug auf die zugebauten Gebäudevolumen) lag in den vergangenen Jahren (2017 – 2021) bei rund 0.60% bezüglich des Gebäudebestandes. Die Neubaurate im Tiefbau lag in einem ähnlichen Bereich. Die modellierten Materialflüsse sind im Grundsatz nachvollziehbar. Vermutlich fielen im Rahmen von Sanierungsarbeiten (Strasse oder Bahn) eine grössere Menge an Rückbaumaterialien an, welche vor allem in die Region Imboden exportiert wurden (ca. 26'500 m³).

In der Region werden als «weitere Baustoffe» Steine abgebaut. Für die Modellierung wird angenommen, dass diese zu grossen Teilen in der Region Viamala als Kies/Sand eingesetzt werden. Aus diesem Grund werden diese Mengen (rund 28'000 m³) dem Kiesabbau zugeordnet. Nur so resultieren nachvollziehbare Materialflüsse.

Das Verhältnis von Baustoffbedarf und Aushubanfall bewegt sich im Bereich der Mittellandkantone. Vom anfallenden Aushub werden knapp 30% verwertet, d.h. dieser wird gewaschen und die Kiesfraktion wird in den Baustoffkreislauf zurückgeführt.

Die Region weist relativ ausgeglichene Materialimporte -und exporte auf, was darauf hindeutet, dass sich die Region weitgehend autark versorgen kann.

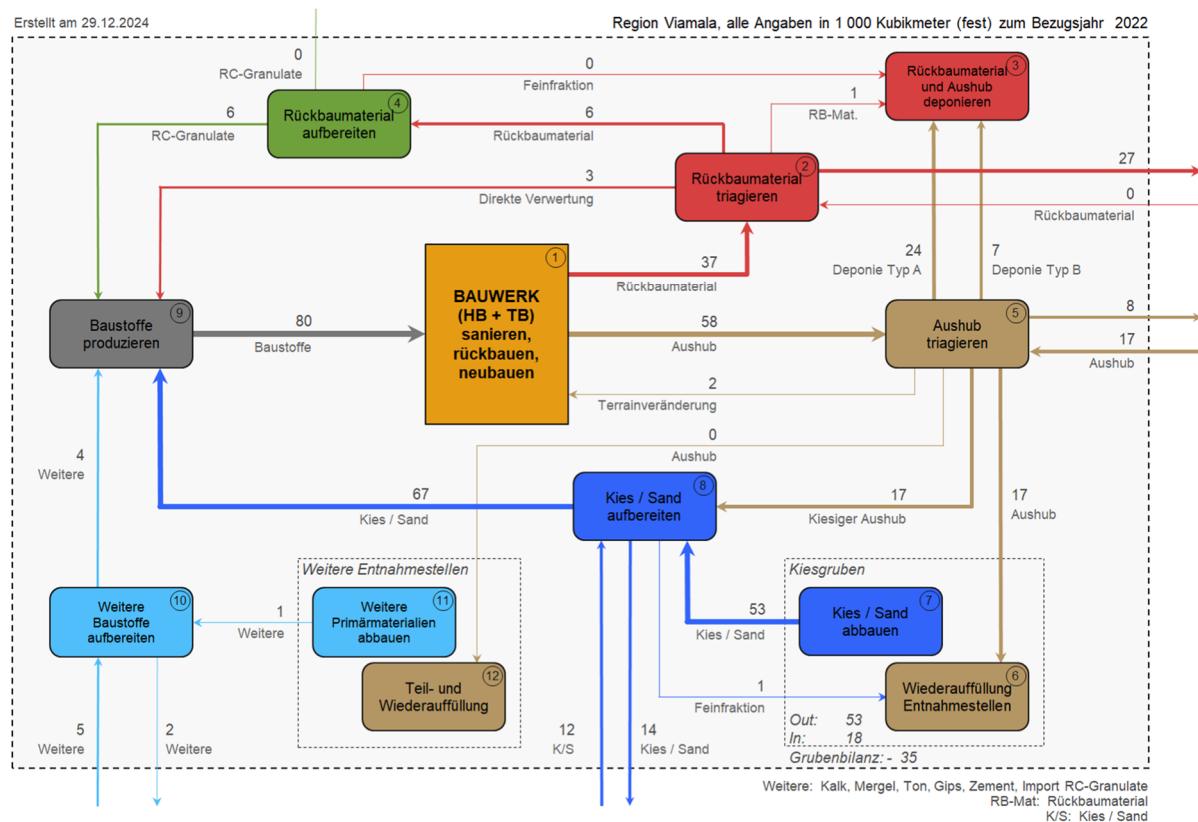


Abbildung 25: Mit dem statischen Modell modellierte Materialflüsse in der Region Viamala für das Bezugsjahr 2022. Angaben in 1'000 m³ (Festmass).

Dynamisches Modell

In der Region Viamala verläuft die Bevölkerungsentwicklung in den kommenden Jahren zunächst leicht ansteigend und nach 2035 leicht abnehmend. Die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien REFERENZ und HOCH sind gering (Abbildung 26). Der Baustoffbedarf nimmt bis 2050 leicht und die Aushubflüsse nehmen stärker ab, wobei keine wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Szenarien festzustellen sind. Die Aushubflüsse nehmen bei beiden Szenarien stärker ab, weil diese zu grösseren Anteilen aus dem Hochbaubereich stammen und das geringe Bevölkerungswachstum zu einer schwachen Bautätigkeit im Hochbau führen wird.

Der Rückbaumaterialanfall nimmt bei beiden Szenarien aus genannten Gründen kontinuierlich zu, deshalb gelangt immer mehr Rückbaumaterial in den Baustoffkreislauf zurück. Dies ist wiederum der Grund warum der Primärmaterialabbau deutlich stärker abnimmt als der Baustoffbedarf.

Die kumulierte Differenz aus dem Kiesabbau und Aushubablagerung verläuft unter den modellierten Rahmenbedingungen zunächst in den positiven Bereich. Ab dem Jahr 2030 reduziert sich die kumulierte Differenz in beiden Szenarien wieder und endet im Jahr 2050 in etwa im Bereich des Ausgangspunkts des Jahres 2010.

Auch hier wird sich in den kommenden Jahren zeigen, ob die modellierten Entwicklungen der Materialflüsse im dynamischen Modell mit den einzelnen Bezugsjahren weiter übereinstimmen. Sollte dies nicht der Fall sein, werden die Modellparameter angepasst und das Modell nachkalibriert.

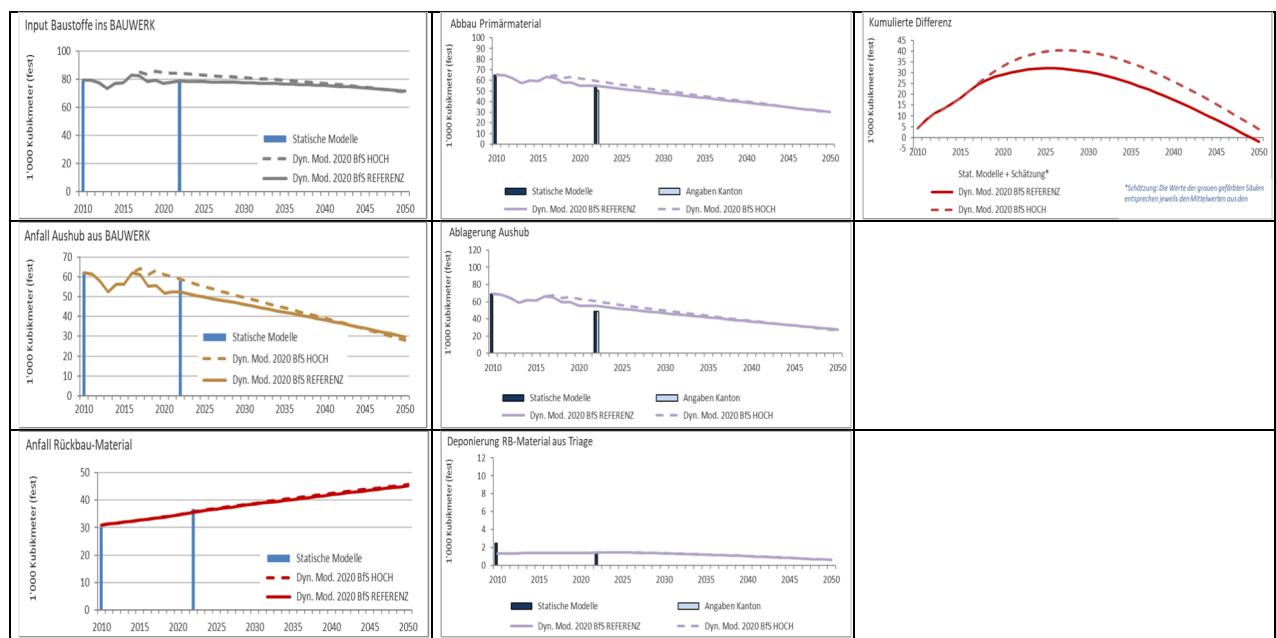


Abbildung 26: Resultate aus der dynamischen Modellierung der Materialflüsse in der Region Viamala für die Szenarien REFERENZ (ausgezogene Linien) und HOCH (gestrichelte Linien). Angaben in 1'000 m³ Festmass.

4. Fazit und Ausblick

4.1 Fazit

Die regionalen Modelle liefern im Grundsatz nachvollziehbare Materialflüsse. Somit kann schon zum jetzigen Zeitpunkt eine Beurteilung vorgenommen werden: Die Modellierungen der Baustoffflüsse auf regionaler Basis sind nicht nur möglich, sondern durchaus sinnvoll. Teilweise sind zwar erhebliche Unterschiede zwischen erhobenen und modellierten Stoffströmen festzustellen. Dies weist darauf hin, dass vermutlich noch nicht alle erhobenen Materialflüsse stimmig sind. Eine wesentliche Erkenntnis aus der Modellierung ist deshalb, dass die erhobenen Materialflüsse mit den Modellen validiert werden können (später sollte es dann umgekehrt sein).

Um dies aufzuzeigen, sind in der nachfolgenden Tabelle 1 die erhobenen Daten aus den elf Regionen den Daten für den Kanton Graubünden für das Bezugsjahr 2022 gegenübergestellt. Der Vergleich stellt eine erste Validierung der erhobenen Daten dar.

Tabelle 1: Vergleich der Materialflüsse für die einzelnen Regionen und den erhobenen Materialflüssen für das kantonale Modell für das Bezugsjahr 2022. Angaben in Kubikmetern Festmass.

	Imboden	Plessur	Landquart	Albula	Bernina	Eng/Val M.	Maloja	Moesa	Prättigau	Surselva	Viamala	Total Regionen	GR KAR 2022	
Innere Flüsse														
Abbau Primärmaterialien														
Abbau Kies / Total aus Gruben und Gewässer	117'137	84'537	132'990	36'616	26'200	47'569	85'358	10'492	87'562	71'117	22'149	721'727	693'171	
davon Erlnahme aus Gewässer	6'520	8'612	7'990	25'824		39'312	43'532	10'492	67'870	14'051		224'203	159'896	
Abbau "Weitere Primärmaterialien"	7'369		240'772	8'183		24'311	14'25	10'700		10'686	28'112	331'558	358'567	
davon Fels Ausschliesslich für Zementproduktion			240'772									240'772	326'923	
davon Ton												-	-	
davon Gips												-	-	
davon and. Bitte im Kommentarfeld rechts angeben	7'369			8'183		24'311	14'25	10'700		10'686	28'112	90'786	31'644	
Ablagerung Aushub														
Unverschmutzter Aushub in Kiesgruben (Rekultivierung)	157'288	103'065	162'469	13'321	6'522	7'787	143'937	1'000		69'613	17'389	682'391	254'442	
Unverschmutzter Aushub in "Weitere Abbaustellen" (Rekultivierung)						171						171	-	
Kiesiger Aushub in Aufbereitung	35'000	38'300	4'174	6'522	3'134					18'774	10'500	16'855	133'259	
Aushub in Depoien Typ A	375	18'690	12'132	9'909		106'169	24'932	15'990	49'007	15'369	24'404	276'977	367'000	
Aushubmaterial in Depoien Typ B		3'625		-		10'879	13'203	7'556	1'687	71	6'659	43'680	72'000	
Terrainanpassung mit Aushub												-	1'136'478	
Rückbaumaterial														
Rückbau-Material in die Depoie	4'628			867		4'726	1'119	1'369	483	312	-	13'504	11'750	
Rückbau-Mat Total	38'184	10'938	31'298	12'706	9'899	19'948	25'354	4'520	14'612	12'843	4'849	185'151	184'714	
davon Betonabbruch	7'542	2'148	7'535	3'540	3'540	3'838	11'790	2'598	5'608	3'668	3'793	55'599	55'714	
davon Mischabbruch												48'538	47'967	
davon Strassenaufbruch	12'692	8'306	4'071	2'976	2'976	1'616	6'487		7'680	1'441	293	6'078	6'078	
davon Ausbauasphalt								5'500		578		77'310	74'956	
Aufbereitung I Aushubstoss RC-Granulat aus der Aufbereitung	17'950	485	19'256	6'190	6'190	8'994	7'078	1'345	1'324	7'735	763	218'111	214'111	
Grossprojekte (nur Angaben, die oben noch nicht erfasst sind)														
Anfall von Ausbruch und Aushubmaterial														
Bedarf von Beton und Kies/Sand												-		
Anzahl Einwohner														
Anzahl Einwohner am 31. Dezember des Bezugsjahrs	21'695	43'614	26'129	8'080	4'584	9'175	18'153	9'071	26'323	21'507	14'207	202'538	202'509	
Aushub aus Grossprojekten (Modellparameter)		0	106'000	56'000	27'000	0	107'000	130'000	0	0	35'000	18'000	479'000	427'380

Der Vergleich zeigt, dass keine wesentlichen Differenzen bei den Materialkategorien Kies, weiteren Primärmaterialien und Rückbaumaterial zu erkennen sind. Beim Aushubmaterial sind die Unterschiede jedoch recht gross. So liegt das Total der Aushubmengen in die Rekultivierung von Kiesgruben beim Total der Regionen um den Faktor 3 höher als für den Kanton (KAR 2022). Beim Total für alle Ablagerungsvarianten resultiert bei den Regionen 1.136 Mio. m³ und beim Kanton 0.709 Mio. m³ Aushubmaterial, was einer Differenz von 427'000 m³ entspricht (siehe Tabelle 1 ganz unten rechts).

Die Datenanalyse hat aber gezeigt, dass vermutlich die Datenerhebung auf kantonaler Basis lückenhaft war und deshalb die Aushubmengen unterschätzt wurden. Die Datengrundlagen aus den differenzierten Erhebungen auf regionaler Ebene sollten somit aussagekräftiger sein.

Die Analyse der Resultate aus den Modellierungen der verschiedenen Regionen zeigt zudem, dass insbesondere die Grossprojekte einen wesentlichen Einfluss auf die Modelle haben können. Schon wenige Grossprojekte können zu einem Überschiessen von Materialflüssen bei einzelnen Bezugsjahren gegenüber der modellierten Entwicklung der Materialflüsse führen. Es ist deshalb wichtig, bei den nächsten Modellierungszyklen die geplanten Grossprojekte, wenn möglich, mit einzubeziehen.

4.2 Ausblick

Mit der Entwicklung der regionalen Modelle sind nun die Grundlagen für die weiteren Modellierungen einzelner Bezugsjahre geschaffen. Der nächste Modellierungszyklus steht für das Bezugsjahr 2024 an. Es wird vorgeschlagen, die Modelle alle zwei Jahre zu aktualisieren. Die aus den Modellen abgeleiteten Materialflüsse dienen dazu, die dynamischen Modelle auf regionaler Basis zu kalibrieren und zu validieren. Die Resultate aus den dynamischen Modellierungen der Materialflüsse sind wiederum die Voraussetzung für die Planung von neuen Kiesabbaugebieten und Deponiestandorten auf regionaler Basis. Die einheitlichen methodischen Grundlagen ermöglichen Vergleiche zwischen den Regionen und regionsübergreifende Planungen. Zudem wird damit erstmals die Möglichkeit geschaffen, die Auswirkungen von Massnahmen zu überprüfen oder aber auch proaktiv über Szenarien zu modellieren. Der Kanton Graubünden verfügt somit als erster Kanton über ein modernes und effizientes Werkzeug zur Planung der regionalen Rohstoffversorgung und Entsorgung von mineralischen Materialien aus der Bauwirtschaft.

5. Literatur

- Amt für Raumentwicklung des Kantons Graubünden, 2020: Bevölkerungsperspektiven Kanton Graubünden 2019 – 2050. Graubünden.
- Rubli Stefan, 2020: *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2018*. Umweltämter der Kantone Aargau, Bern, Luzern, Thurgau, Schwyz, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.
- Rubli Stefan, 2022: *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2020*. Umweltämter der Kantone Aargau, Basel Landschaft und Basel Stadt, Bern, Luzern, Thurgau, Schwyz, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.
- Rubli Stefan, 2022: KAR-Modell des Kantons Graubünden - Modellierung der Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse: Bezugsjahr 2020 und dynamische Modellierung, Amt für Natur und Umwelt Graubünden.
- Rubli Stefan, 2023/1: Entwicklung von Modellen zur Beschreibung der Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüsse in den drei Regionen Imboden, Landquart und Plessur: Bezugsjahr 2020, Amt für Natur und Umwelt Graubünden.
- Rubli Stefan, 2023/2: *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2022*. Umweltämter der Kantone Aargau, Basel Landschaft und Basel Stadt, Bern, Graubünden, Luzern, Thurgau, Schwyz, Solothurn, St.Gallen, Zug und Zürich.

6. Anhang

Tabelle A. 1: Vergleich Modell vs. Daten Region Albula

Vergleich Modell-Daten	Modell		Daten	Abweichung = (Modell / Daten) -
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)		
A23 + A43 RB-Material und Feinfraktion	2	1		81%
A24 Rückbaumaterial	13	13		2%
A29 Direkte Verwertung	9	0		na
A43 Feinfraktion	0	0		na
A49 RC-Granulat	12	18		-31%
A51 Terrainveränderung	0	0		na
A53.A Deponie Typ A	10	10		0%
A53.B Deponie Typ B	0	0		na
A56 Aushub	13	13		1%
A58 Kiesiger Aushub	4	4		-4%
A512 Aushub	0	0		na
A78 Kies / Sand	33	37		-10%
A86 Feinfraktion	1	0		na
A89 Kies / Sand	39	0		na
A91 Baustoffe	64	0		na
A1110 Weitere	2	8		-72%
A100 Weitere	1	1		0%
A010 Weitere	2	0		na

na: not available

Anzahl Einwohner 8'080 Personen

Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 2.56 t/m³ (fest)



Tabelle A. 2: Vergleich Modell vs. Daten Region Bernina

Vergleich Modell-Daten	Modell		Daten	Abweichung = (Modell / Daten) -
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)		
A23 + A43 RB-Material und Feinfraktion	1	0		na
A24 Rückbaumaterial	10	10		2%
A29 Direkte Verwertung	11	0		na
A43 Feinfraktion	0	0		na
A49 RC-Granulat	5	18		-73%
A51 Terrainveränderung	11	0		na
A53.A Deponie Typ A	0	0		na
A53.B Deponie Typ B	0	0		na
A56 Aushub	4	0		na
A58 Kiesiger Aushub	7	7		0%
A512 Aushub	0	0		na
A78 Kies / Sand	27	26		3%
A86 Feinfraktion	3	0		na
A89 Kies / Sand	30	0		na
A91 Baustoffe	48	0		na
A1110 Weitere	1	0		na
A100 Weitere	0	0		na
A010 Weitere	1	0		na

na: not available

Anzahl Einwohner 4'584 Personen

Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 2.40 t/m³ (fest)

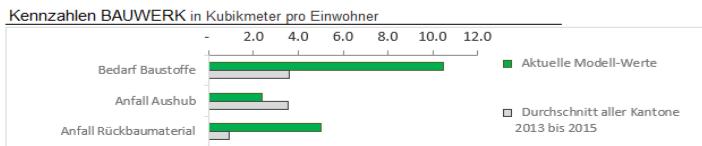


Tabelle A. 3: Vergleich Modell vs. Daten Region Unterengadin/Val Müstair

Vergleich Modell-Daten	Modell	Daten	Abweichung
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)	= (Modell / Daten) -
A23 + A43 RB-Material und Feinfaktion	4	5	-8%
A24 Rückbaumaterial	19	20	-5%
A29 Direkte Verwertung	11	0	na
A43 Feinfaktion	0	0	na
A49 RC-Granulate	19	25	-24%
A51 Terrainveränderung	0	0	na
A53.A Deponie Typ A	106	106	0%
A53.B Deponie Typ B	11	11	0%
A56 Aushub	8	8	-3%
A58 Kiesiger Aushub	3	3	-10%
A512 Aushub	0	0	0%
A78 Kies / Sand	48	48	2%
A86 Feinfaktion	2	0	na
A89 Kies / Sand	50	0	na
A91 Baustoffe	85	0	na
A1110 Weitere	24	24	-2%
A100 Weitere	21	5	351%
A010 Weitere	2	0	na

na: not available

Anzahl Einwohner 9'175 Personen

Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 2.14 t/m³ (fest)

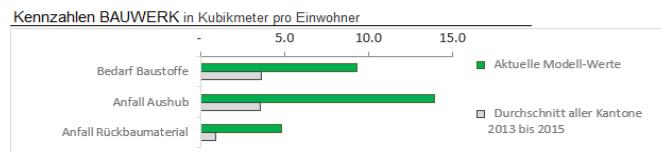


Tabelle A. 4: Vergleich Modell vs. Daten Region Imboden

Vergleich Modell-Daten	Modell	Daten	Abweichung
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)	= (Modell / Daten) -
A23 + A43 RB-Material und Feinfaktion	8	0	na
A24 Rückbaumaterial	73	38	90%
A29 Direkte Verwertung	5	0	na
A43 Feinfaktion	2	0	na
A49 RC-Granulate	10	41	-74%
A51 Terrainveränderung	0	0	na
A53.A Deponie Typ A	0	0	0%
A53.B Deponie Typ B	0	0	na
A56 Aushub	171	157	9%
A58 Kiesiger Aushub	0	0	na
A512 Aushub	0	0	na
A78 Kies / Sand	118	117	0%
A86 Feinfaktion	1	0	na
A89 Kies / Sand	37	0	na
A91 Baustoffe	58	0	na
A1110 Weitere	7	7	-8%
A100 Weitere	6	6	0%
A010 Weitere	6	0	na

na: not available

Anzahl Einwohner 21'695 Personen

Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 2.62 t/m³ (fest)

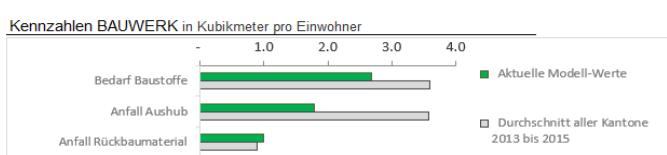


Tabelle A. 5: Vergleich Modell vs. Daten Region Landquart

Vergleich Modell-Daten	Modell	Daten	Abweichung
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)	= (Modell / Daten) -
A23 + A43 RB-Material und Feinfraktion	5	0	na
A24 Rückbaumaterial	31	31	0%
A29 Direkte Verwertung	6	0	na
A43 Feinfraktion	0	0	na
A49 RC-Granulat	11	31	-65%
A51 Terrainveränderung	0	0	na
A53.A Deponie Typ A	12	12	0%
A53.B Deponie Typ B	0	0	na
A56 Aushub	162	162	-1%
A58 Kiesiger Aushub	38	38	-1%
A512 Aushub	0	0	na
A78 Kies / Sand	133	133	0%
A86 Feinfraktion	29	0	na
A89 Kies / Sand	116	0	na
A91 Baustoffe	143	0	na
A1110 Weitere	399	405	-2%
A100 Weitere	404	227	78%
A010 Weitere	15	0	na

na: not available

Anzahl Einwohner 26'129 Personen

Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 4.40 t/m³ (fest)

Tabelle A. 6: Vergleich Modell vs. Daten Region Maloja

Vergleich Modell-Daten	Modell	Daten	Abweichung
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)	= (Modell / Daten) -
A23 + A43 RB-Material und Feinfraktion	2	1	72%
A24 Rückbaumaterial	24	25	-5%
A29 Direkte Verwertung	4	0	na
A43 Feinfraktion	0	0	na
A49 RC-Granulat	24	27	-11%
A51 Terrainveränderung	0	0	na
A53.A Deponie Typ A	25	25	0%
A53.B Deponie Typ B	13	13	0%
A56 Aushub	143	144	-1%
A58 Kiesiger Aushub	0	0	na
A512 Aushub	0	0	na
A78 Kies / Sand	86	85	1%
A86 Feinfraktion	3	0	na
A89 Kies / Sand	83	0	na
A91 Baustoffe	117	0	na
A1110 Weitere	1	1	-15%
A100 Weitere	1	0	4900%
A010 Weitere	6	0	na

na: not available

Anzahl Einwohner 18'153 Personen

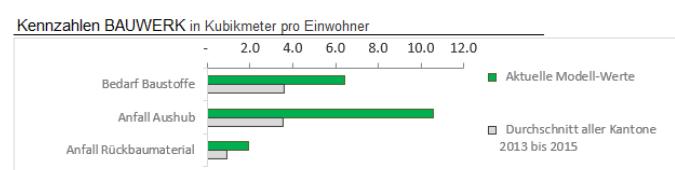
Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 3.69 t/m³ (fest)

Tabelle A. 7: Vergleich Modell vs. Daten Region Maloja

Vergleich Modell-Daten	Modell	Daten	Abweichung
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)	= (Modell / Daten) -
A23 + A43 RB-Material und Feinfaktion	4	1	215%
A24 Rückbaumaterial	12	5	171%
A29 Direkte Verwertung	3	0	na
A43 Feinfaktion	0	0	na
A49 RC-Granulate	9	6	48%
A51 Terrainveränderung	5	0	na
A53.A Deponie Typ A	16	16	0%
A53.B Deponie Typ B	8	8	0%
A56 Aushub	1	1	30%
A58 Kiesiger Aushub	1	0	na
A512 Aushub	0	0	na
A78 Kies / Sand	11	10	3%
A86 Feinfaktion	0	0	na
A89 Kies / Sand	15	0	na
A91 Baustoffe	29	0	na
A1110 Weitere	5	11	-51%
A100 Weitere	4	4	0%
A010 Weitere	0	0	na

na: not available

Anzahl Einwohner 9071 Personen
 Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 3.02 t/m³ (fest)



Tabelle A. 8: Vergleich Modell vs. Daten Region Plessur

Vergleich Modell-Daten	Modell	Daten	Abweichung
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)	= (Modell / Daten) -
A23 + A43 RB-Material und Feinfaktion	3	5	-28%
A24 Rückbaumaterial	11	11	4%
A29 Direkte Verwertung	9	0	na
A43 Feinfaktion	1	0	na
A49 RC-Granulate	8	12	-29%
A51 Terrainveränderung	0	0	na
A53.A Deponie Typ A	19	19	0%
A53.B Deponie Typ B	4	4	0%
A56 Aushub	103	103	0%
A58 Kiesiger Aushub	35	35	1%
A512 Aushub	0	0	na
A78 Kies / Sand	85	85	1%
A86 Feinfaktion	12	0	na
A89 Kies / Sand	155	0	na
A91 Baustoffe	189	0	na
A1110 Weitere	2	0	na
A100 Weitere	0	0	na
A010 Weitere	15	0	na

na: not available

Anzahl Einwohner 43614 Personen
 Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 3.86 t/m³ (fest)

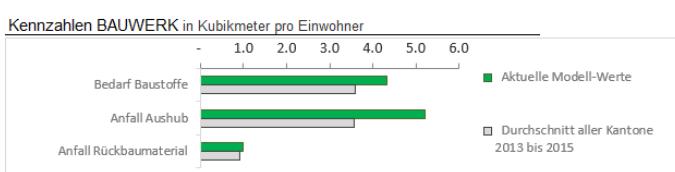


Tabelle A. 9: Vergleich Modell vs. Daten Region Prättigau/Davos

Vergleich Modell-Daten	Modell		Daten	Abweichung = (Modell / Daten) -
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)		
A23 + A43 RB-Material und Feinfraktion	2	0		281%
A24 Rückbaumaterial	15	15		4%
A29 Direkte Verwertung	7	0		na
A43 Feinfraktion	0	0		na
A49 RC-Granulate	14	16		-12%
A51 Terrainveränderung	0	0		na
A53.A Deponie Typ A	49	49		0%
A53.B Deponie Typ B	2	2		0%
A56 Aushub	0	0		na
A58 Kiesiger Aushub	18	19		-2%
A512 Aushub	0	0		na
A78 Kies / Sand	88	88		0%
A86 Feinfraktion	1	0		na
A89 Kies / Sand	73	0		na
A91 Baustoffe	103	0		na
A1110 Weitere	18	0		na
A100 Weitere	13	13		0%
A010 Weitere	4	0		na

na: not available

Anzahl Einwohner 26'323 Personen

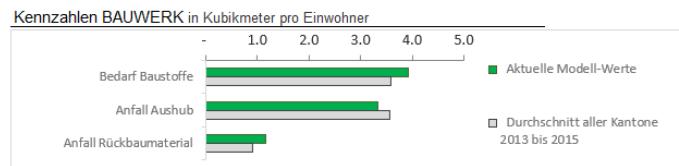
Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 2.73 t/m³ (fest)

Tabelle A. 10: Vergleich Modell vs. Daten Region Surselva

Vergleich Modell-Daten	Modell		Daten	Abweichung = (Modell / Daten) -
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)		
A23 + A43 RB-Material und Feinfraktion	2	0		453%
A24 Rückbaumaterial	13	13		4%
A29 Direkte Verwertung	13	0		na
A43 Feinfraktion	0	0		na
A49 RC-Granulate	12	17		-30%
A51 Terrainveränderung	0	0		na
A53.A Deponie Typ A	15	15		0%
A53.B Deponie Typ B	0	0		0%
A56 Aushub	70	70		0%
A58 Kiesiger Aushub	11	11		8%
A512 Aushub	0	0		na
A78 Kies / Sand	70	71		-2%
A86 Feinfraktion	1	0		na
A89 Kies / Sand	113	0		na
A91 Baustoffe	145	0		na
A1110 Weitere	11	11		5%
A100 Weitere	9	1		538%
A010 Weitere	4	0		na

na: not available

Anzahl Einwohner 21'507 Personen

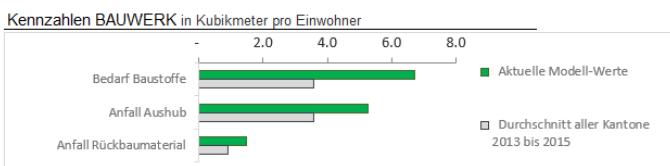
Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 3.31 t/m³ (fest)

Tabelle A. 11: Vergleich Modell vs. Daten Region Viamala

Vergleich Modell-Daten	Modell	Daten	Abweichung
	1000m3 (fest)	1000m3 (fest)	= (Modell / Daten) ·
A23 + A43 RB-Material und Feinfraktion	1	0	na
A24 Rückbaumaterial	6	5	18%
A29 Direkte Verwertung	3	0	na
A43 Feinfraktion	0	0	na
A49 RC-Granulat	6	7	-22%
A51 Terrainveränderung	2	0	na
A53 A Deponie Typ A	24	24	0%
A53 B Deponie Typ B	7	7	0%
A56 Aushub	17	17	0%
A58 Kiesiger Aushub	17	17	0%
A512 Aushub	0	0	na
A78 Kies / Sand	53	22	140%
A86 Feinfraktion	1	0	na
A89 Kies / Sand	67	0	na
A91 Baustoffe	80	0	na
A1110 Weitere	1	28	-95%
A100 Weitere	2	2	0%
A010 Weitere	5	0	na

na: not available

Anzahl Einwohner 14'207 Personen

Berechnete Dichte für Weitere (Prozesse 1C) 4.23 t/m³ (fest)