

2021 | Fachbereich Abfall

## Förderung des Einsatzes von RC-Baustoffen im Kanton Uri

Grundlagen zur Entwicklung von Massnahmen und Empfehlungen



## **IMPRESSUM**

### **Herausgeber**

Amt für Umweltschutz

Klausenstrasse 4

6460 Altdorf

Telefon: 041 875 24 30

E-Mail: [afu@ur.ch](mailto:afu@ur.ch)

[www.ur.afu.ch](http://www.ur.afu.ch)

### **Autorinnen und Autoren**

Stefan Rubli, Dr. sc. techn.

Energie- und Ressourcen-Management GmbH

### **Bearbeitung**

Regula Hodler, Amt für Umweltschutz

Niklas Joos, Amt für Umweltschutz

Bezugsquelle: Herausgeber

Altdorf, 30. August 2021

Titelbild: Zwischenlager RC-Betongranulatgemisch

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Zielsetzung.....</b>	<b>6</b>
1.1	Ausgangslage	6
1.2	Fragestellungen	6
1.3	Vorgehen	6
<b>2</b>	<b>Analyse der Gesamtsituation .....</b>	<b>7</b>
2.1	Analyse der heutigen Baustoffflüsse	7
2.2	Deponierte und verwertete Rückbaumaterialien	8
2.3	Hemmnisse bei der Verwertung von Mischabbruch und Ausbauasphalt	10
<b>3</b>	<b>Wichtige Grundlagen und Erkenntnisse zum Einsatz von RC-Baustoffen.....</b>	<b>11</b>
3.1	Grundlagen zur Verwertung Mischabbruch	11
3.2	Entwicklung der Ausbauasphaltflüsse	13
3.3	Recyclingstrategien und Massnahmen in anderen Kantonen	14
<b>4</b>	<b>Entwicklung von strategischen Ansätzen und Massnahmen und Empfehlungen zur Förderung der RC-Baustoffe.....</b>	<b>16</b>
4.1	Strategische Ansätze	16
4.2	Vorschläge für Massnahmen und Empfehlungen	17
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>20</b>

## Wichtige Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
MAG	Mischabbruchgranulate
NPK	Normpositionen-Katalog
NA	Nassaufbereitung
R <sub>b</sub>	Körner aus Mauer- und Dachziegeln aus gebranntem Ton, Kalksandsteinen, Porenbetonsteinen (nicht schwimmend)
R <sub>c</sub>	Körner aus Beton, Betonprodukten, Mörtel und Mauersteinen aus Beton
RCM-Beton	Recyclingbeton der Mischabbruchgranulate enthält
TA	Trockenaufbereitung
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen

## **1 Ausgangslage und Zielsetzung**

### **1.1 Ausgangslage**

Im Kanton Uri wird das Verwertungspotenzial von Recyclingbaustoffen (RC-Baustoffe) noch nicht vollständig ausgeschöpft. Insbesondere Mischabbruch, aber auch Ausbauasphalt wird noch immer zu grossen Teilen deponiert. Das Amt für Umweltschutz (AfU) des Kantons Uri hat verschiedene Aspekte in Zusammenarbeit mit dem Amt für Tiefbau, der Urner Bauwirtschaftskonferenz und dem Baumeisterverband bereits thematisiert und im Oktober 2020 das «Merkblatt Recycling-Baustoffe» herausgegeben. Die Erfahrungen zeigen jedoch, dass weitere Anstrengungen notwendig sind, um dem vermehrten Einsatz von RC-Granulaten im Kanton Uri zum Erfolg zu verhelfen.

### **1.2 Fragestellungen**

Im vorliegenden Fall geht es darum, Grundlagen zur Entwicklung von Massnahmen und Empfehlungen zur Förderung des Einsatzes von RC-Baustoffen im Kanton Uri zu erarbeiten. Grundsätzlich sind deshalb folgende Aspekte und Fragestellungen zu klären:

- Warum ist im Kanton Uri die Nachfrage nach gewissen Rückbaustoffen nicht oder nur bedingt vorhanden?
- Welche Hemmnisse bestehen beim Einsatz der verschiedenen RC-Baustoffkategorien (Preise, technische Herausforderungen, regulative Hindernisse usw.)?
- Welche Bedingungen müssen vorliegen, dass diese RC-Baustoffe möglichst vollständig in den Kreislauf zurückgeführt werden können?
- Welche Rahmenbedingungen setzen andere Kantone bei der Förderung des Einsatzes von RC-Baustoffen?
- Welche Risiken bezüglich Schadstoffgehalt/Schadstoffaustrag/Umweltbelastungen weisen die verschiedenen Verwertungswege auf?
- Welche Verwertungswege haben in Bezug auf den Produktabsatz genügend grosse Potenziale?

### **1.3 Vorgehen**

In einem ersten Schritt wurden die bestehenden Informationen und Datengrundlagen zusammengetragen, analysiert und ausgewertet. Unter anderem gilt es aufzuzeigen, wie die verschiedenen Materialflüsse im Baubereich wie Kies, weitere kieshaltige Baustoffe (Beton- und Asphaltproduktion), Rückbaumaterialien und verwertbares Aushubmaterial miteinander verknüpft sind. Nur so ist es möglich, das Verwertungspotenzial abschätzen zu können. Ergänzend dazu wird untersucht, welche Rahmenbedingungen heute und in Zukunft zu berücksichtigen sind, um die Rückbaumaterialflüsse optimal zu bewirtschaften. Die so geschaffenen Datengrundlagen dienen dazu, strategische Entwicklungsmöglichkeiten zu identifizieren und deren mögliche Wirkung einzuschätzen.

In einem zweiten Schritt werden die oben aufgeführten Fragestellungen bearbeitet. Dabei fliessen die Erkenntnisse aus der im Jahr 2020 durchgeführten Studie der Zentralschweizer Kantone zur Verwertbarkeit von in Deponien abgelagerten mineralischen Rückbau- und Aushubmaterialien mit ein. Bei Bedarf werden strategische Grundlagen aus der RC-Strategie des Kantons Luzern und von weiteren Kantonen übernommen und darauf aufbauend, mögliche Handlungsoptionen für den Kanton Uri abgeleitet. Das geschilderte Vorgehen erlaubt es, kantonsspezifische Empfehlung und Massnahmen zur Förderung des Einsatzes von RC-Baustoffen zu erarbeiten.

## 2 Analyse der Gesamtsituation

### 2.1 Analyse der heutigen Baustoffflüsse

Die Bewirtschaftung des Bauwerks (Hoch- und Tiefbau) ist materialintensiv und erfolgt heute vermehrt durch eine Verknüpfung der Outputflüsse mit der Baustoffproduktion. Mit der Rückführung von RC-Materialien in die Baustoffproduktion ist das System nicht mehr linear, d.h. vom Rohstoffabbau über das Bauwerk in die Deponien, vielmehr wird das System immer komplexer. Um die Zusammenhänge besser verstehen zu können, sind in der Abbildung 1 die relevanten Materialströme zur Bewirtschaftung des Bauwerks für das Jahr 2019 aufgeführt (Angabe in Tonnen pro Jahr). Die Daten zu den Aushub- und Rückbaumaterialflüssen stammen aus dem Bericht «Massenflüsse und Deponiekapazitäten (Kanton Uri, 2020). Die Baustoffflüsse und die weiteren Materialflüsse (kursive Schrift) wurden mittels pro-Kopf-Daten aus den Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialfluss-Modellen von anderen Kantonen abgeschätzt (Rubli, 2020). Zu den meisten Import- und Exportflüssen stehen keine Daten zur Verfügung.

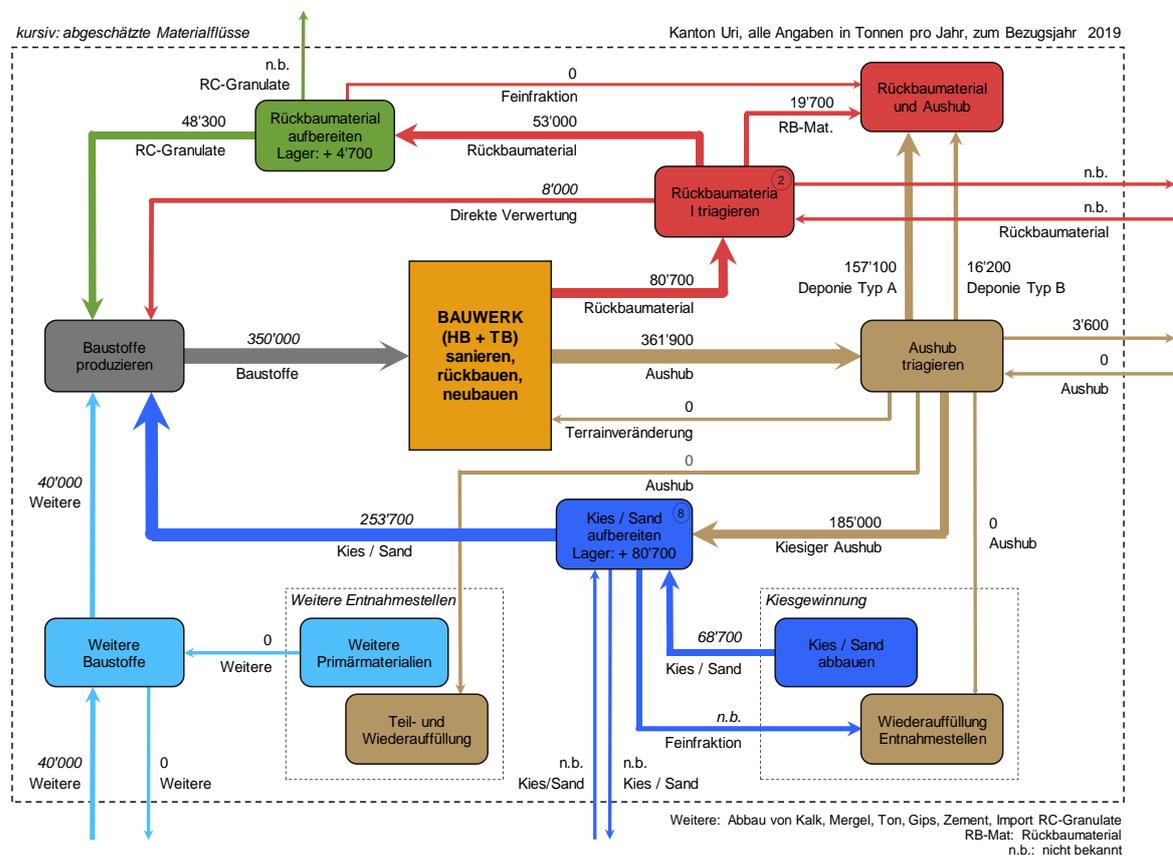


Abbildung 1: Materialflussschema zu den abgeschätzten Kies-, Aushub- und Rückbaumaterialflüssen im Kanton Uri für das Jahr 2019 (Angabe in 1'000 Tonnen pro Jahr). Bei den kursiv geschriebenen Werten handelt es sich um grob abgeschätzte Materialflüsse.

Die Abbildung 1 zeigt, dass bereits heute rund 16% des gesamten Baustoffbedarfs (350'000 t/a) durch RC-Granulate gedeckt werden. Trotzdem gelangen noch immer rund 25% der anfallenden Rückbaumaterialien in die Deponien. Dieser Anteil ist im Vergleich zu anderen Kantonen relativ hoch, dort bewegt dieser im Bereich von 8 - 25%, mit einem Mittelwert von 15% (siehe Tabelle A.3 im Anhang). Zusätzlich wurden im Jahr 2019 noch 16'200 Tonnen schwach und wenig verschmutztes Aushub-/Bodenmaterial in Deponien des Typs B abgelagert. Etwas mehr als 50% bzw. 185'000 t/a des

unverschmutzten Aushubmaterials, inklusive Geschiebe, wurde zu Kies aufbereitet. Ein erheblicher Teil davon (80'700 Tonnen) wurde im Jahr 2019 auf den Aufbereitungsplätzen zwischengelagert.

Der Anfall von unverschmutztem Aushub inklusive Geschiebe war im Jahr 2019 im Vergleich zu den beiden Vorjahren deutlich höher (Abbildung 2). Deshalb musste ein Teil des verwertbaren Aushubs zwischengelagert werden. Dieses Zwischenlager dürfte in den kommenden Jahren wieder abgebaut werden, wie die vergangene Entwicklung des Aushubanfalls, der Deponierung und Zwischenlagerung sowie der Verwertung in der Abbildung 2 zeigt.

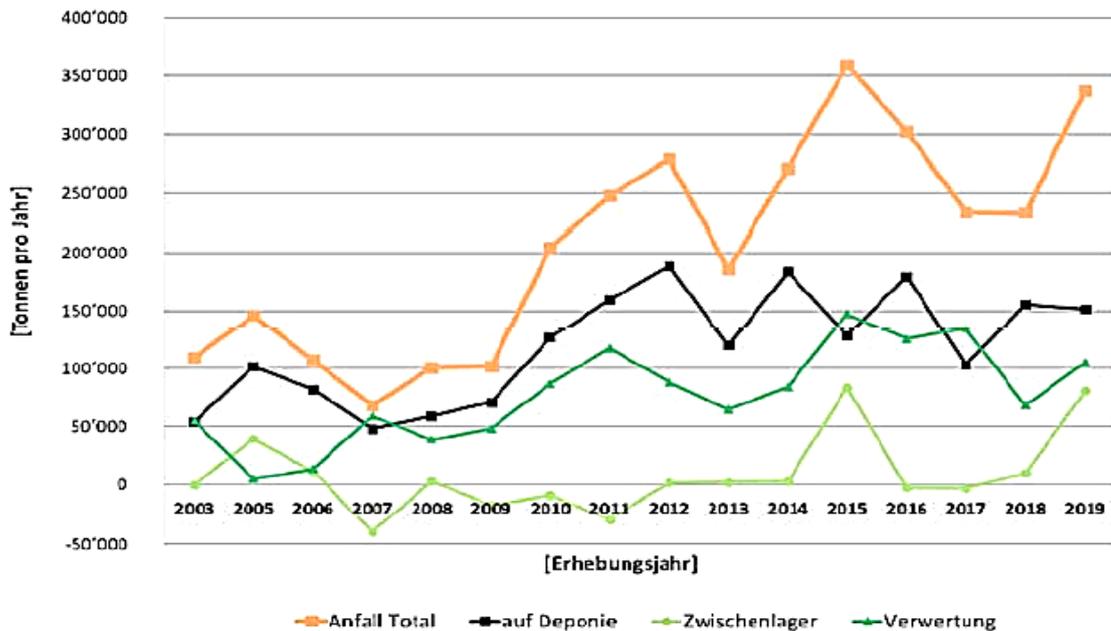


Abbildung 2: Zeitreihe zum Anfall, zur Deponierung, Zwischenlagerung und Verwertung von Geschiebe und unverschmutztem Aushub im Kanton Uri (exkl. Material ATG bis 2010). Quelle: Bericht Kanton Uri, 2020.

Zusammenfassend zeigt die Analyse der Materialflüsse, dass im Kanton Uri bereits heute knapp 70% des Baustoffbedarfs mit rezyklierten Gesteinskörnungen (Rückbaustoffe und aufbereiteter kiesiger Aushub und Geschiebe) versorgt werden kann. Dies ist ein Grund, warum bei Rückbaustoffen wie Mischabbruch- und Ausbauasphaltgranulat Absatzschwierigkeiten herrschen.

## 2.2 Deponierte und verwertete Rückbaumaterialien

Im Rahmen der Studie der Zentralschweizer Kantone zur Verwertbarkeit von in Deponien abgelagerten mineralischen Rückbau- und Aushubmaterialien wurden detaillierte Erhebungen für die Jahre 2017 – 2019 vorgenommen. In der Abbildung 3 sind die Resultate daraus zusammengefasst. Neben den oben erwähnten Aushubmaterialien wurden vor allem Mischabbruch, gemischte Bauabfälle sowie Ausbauasphalt mit einem PAK-Gehalt <250 ppm im grösseren Umfang abgelagert. Beim Mischabbruch und Ausbauasphalt handelt es sich um verwertbare Rückbaumaterialien, welche gemäss Artikel 12 der VVEA (Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen) in den Baustoffkreislauf zurückgeführt werden müssen. Die Mittelwerte aus den drei betrachteten Jahren liegen bei knapp 13'000 Tonnen (Mischabbruch) und 4'600 Tonnen pro Jahr (Ausbauasphalt).

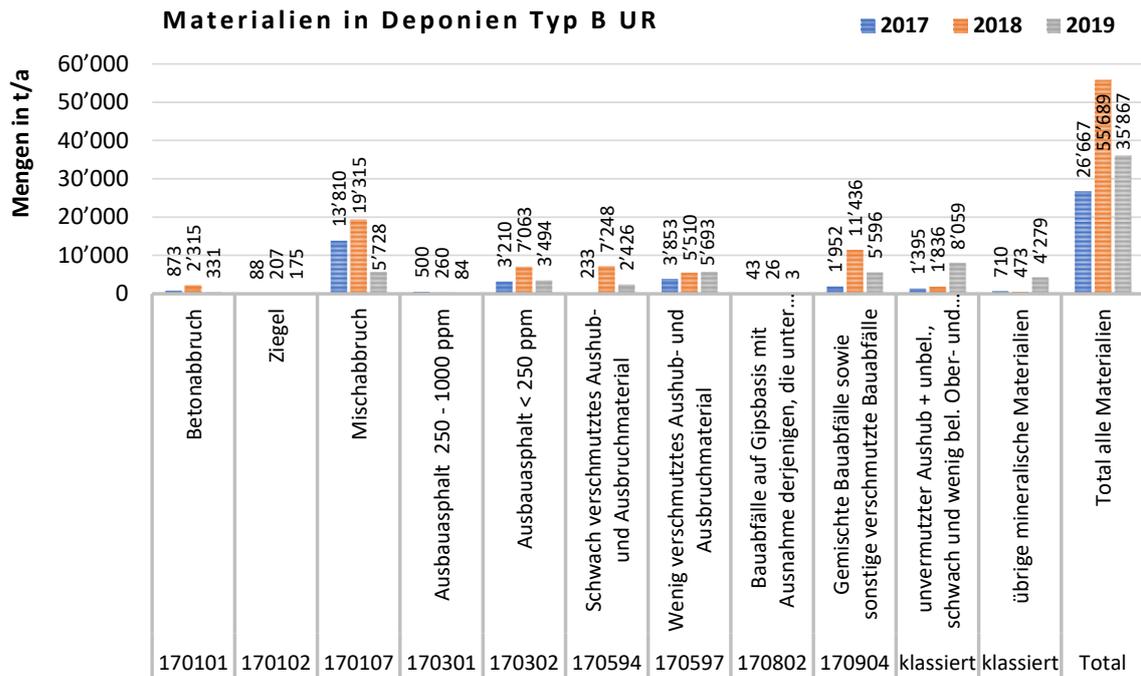


Abbildung 3: Abgelagerte Materialien in Deponien des Typs B im Kanton Uri für die Jahre 2017 bis 2019 (Angaben in Tonnen pro Jahr).

Weitere Auswertungen zum Anfall und zur Verwertung von Rückbaumaterialien wie Beton- und Mischabbruch sowie Ausbauasphalt zeigen je nach Materialkategorie sehr unterschiedliche Verwertungsquoten (Abbildung 4): Beim Betonabbruch wird bereits heute beinahe 100% der anfallenden Menge verwertet. Beim Mischabbruch liegt die Verwertungsquote nahe bei 0% und beim Ausbauasphalt bewegt sich diese im Bereich von 50 - 70%, wobei die Verwertungsquote tendenziell abnehmend zu verlaufen scheint. Diese Entwicklung dürfte sich ohne weitere Massnahmen fortsetzen, denn auch Akteure aus der Branche rechnen mit einem weiterhin zunehmendem Anfall von Ausbauasphalt. Der Absatz von Asphaltgranulaten ist jedoch aufgrund von technischen Beschränkungen bei der Asphaltbelagsproduktion im Kanton Uri limitiert. Dies dürfte sich erst ändern, wenn das bestehende Mischgutwerke modernisiert oder neue Mischgutwerke erstellt und gemäss dem Stand der Technik betrieben werden.

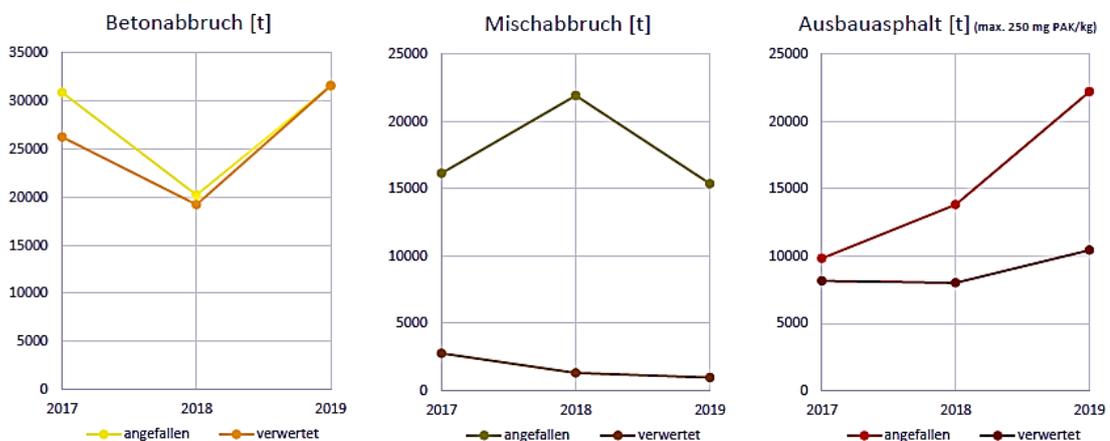


Abbildung 4: Anfall und Verwertung von Beton- und Mischabbruch sowie Ausbauasphalt für die Jahre 2017 bis 2019 im Kanton Uri in Tonnen pro Jahr (Quelle: Präsentation des AfU an der Urner Recycling Baustoff Tagung vom 9. April 2021).

Somit wird klar, dass allfällige Massnahmen und Empfehlungen vor allem auf eine Optimierung der Verwertung von Mischabbruch und Ausbauasphalt abzielen müssen. Diese dürfen jedoch keinen hemmenden Einfluss auf die Verwertung von Betonabbruch haben.

### **2.3 Hemmnisse bei der Verwertung von Mischabbruch und Ausbauasphalt**

Die Datenanalyse zeigt, dass im Kanton Uri verschiedene Hemmnisse im Bereich der Verwertung von Mischabbruch und Ausbauasphalt vorliegen müssen. Wie oben erwähnt, ist in der Gesamtbetrachtung das bestehende Angebot von rezyklierten Gesteinskörnungen im Kanton Uri so gross, dass bei einem erhöhten Anfall an kiesigem Aushub sowie Geschiebe entsprechende Zwischenlager gebildet werden müssen. Es besteht deshalb je nach Situation und Standort ein Überangebot von rezyklierter Gesteinskörnung, was dem Recycling von Mischabbruch und Ausbauasphalt nicht zuträglich ist.

Im Rahmen der im Jahr 2020 durchgeführten Studie der Zentralschweizer Kantone zur Verwertbarkeit von in Deponien abgelagerten mineralischen Rückbau- und Aushubmaterialien wurden Deponiebetreiber und Bauunternehmungen unter anderem zu den Hemmnissen beim Einsatz von RC-Baustoffen befragt. Die folgenden Aspekte wurden oftmals mehrfach genannt und widerspiegeln die heutige Situation im Kanton Uri relativ gut:

- Das Know-how für zur Herstellung qualitativ hochwertiger RC-Granulate und zum Einsatz von RC-Materialien ist grundsätzlich vorhanden.
- Es bestehen jedoch grosse Widerstände seitens der Bauherren (z.B. Abwasser Uri, der Kanton und die Gemeindewerke) RC-Material einzusetzen. Auch die Betongranulate sind teilweise betroffen.
- Es wird noch relativ wenig RC-Beton (auch RC-Magerbeton) produziert. Auch hier bestehen grosse Vorbehalte seitens der Bauherren, vor allem aber seitens der Projektleiter und Ingenieure.
- Im Kanton Uri ist der Einsatz von RC-Material «nicht erwünscht», obwohl die Kapazitäten zur Aufbereitung von RC-Materialien grundsätzlich vorhanden wären. Mit ein Grund dafür ist, dass bei der Verwendung von RC-Materialien (lose) der vorgegebene Mindestabstand von 2 m zum Grundwasserhöchstspiegel im Urner Talboden vielerorts nicht eingehalten werden kann.
- Die Entsorgung und insbesondere die Verwertung von Ausbauasphalt wird immer schwieriger, weil das einzige Mischgutwerk im Kanton bereits «ausgelastet» ist und dieses die RC-Anteile im Asphalt kurzfristig nicht mehr erhöhen kann.
- Um den Absatz der RC-Materialien zu steigern, müssten die Widerstände der Bauherren, v.a. bei der öffentlichen Hand reduziert werden. So müsste z.B. viel mehr nach Eigenschaften ausgeschrieben werden, als explizit Primärmaterialien einzufordern.
- Die geografische Lage des Kantons Uri ist / bleibt ein Nachteil gegenüber den Kantonen im Mittelland. Das in den Seitentälern anfallende Geschiebe fällt in grossen Mengen an. Zudem fallen die Rückbaustoffe eher in dichtbesiedelten Gebieten des Kantons an.

Zusammenfassend lässt sich aus den Antworten schliessen, dass das Know-how bei den RC-Produzenten grundsätzlich vorhanden ist. Die Hemmnisse liegen vor allem auf der Nachfrage- bzw. Bestellerseite. Hier bestehen noch immer Vorbehalte; oftmals aufgrund von fehlendem Wissen zum Einsatz

dieser durchaus hochwertigen Rückbaustoffe. Deshalb muss der Fokus bei der Entwicklung von strategischen Ansätzen zur Förderung des Einsatzes von RC-Baustoffe auf die Wissensbildung und den Wissenstransfer zwischen den Akteuren gelegt werden. Zudem müssen die ökologischen und ökonomischen Potenziale des Einsatzes von RC-Baustoffen aufgezeigt und hervorgehoben werden.

Um erste Grundlagen dazu zu schaffen, werden im nachfolgenden Kapitel die Erkenntnisse zum Einsatz von RC-Baustoffen (v.a. Mischabbruch und Ausbausphalte) aus verschiedenen Studien zusammengefasst und die RC-Strategien und Massnahmen von anderen Kantonen, welche bereits entsprechende Massnahmen in diesem Bereich planen bzw. umsetzen, vorgestellt.

### 3 Wichtige Grundlagen und Erkenntnisse zum Einsatz von RC-Baustoffen

Im vergangenen Jahr hat das BAFU Studien zur Verwertung von Mischabbruch (BAFU, 2020a) und zur Entwicklung des Anfalls von Ausbausphalt (BAFU, 2020b) publiziert. Die wichtigsten Erkenntnisse daraus werden nachfolgend kurz aufgeführt.

#### 3.1 Grundlagen zur Verwertung Mischabbruch

Bei einer effizienten Materialtrennung beim Rückbau und der Sanierung kann ein Material-technisch hochwertiges Mischabbruchgranulat hergestellt werden. Mischabbruch setzt sich im Mittel aus 70 - 80% Beton oder natürlicher Gesteinskörnung, 15 - 25% Backsteinen und aus ca. 0 - 5% weiteren mineralischen Stoffen bzw. Fremd- und Störstoffen zusammen (Abbildung 5).

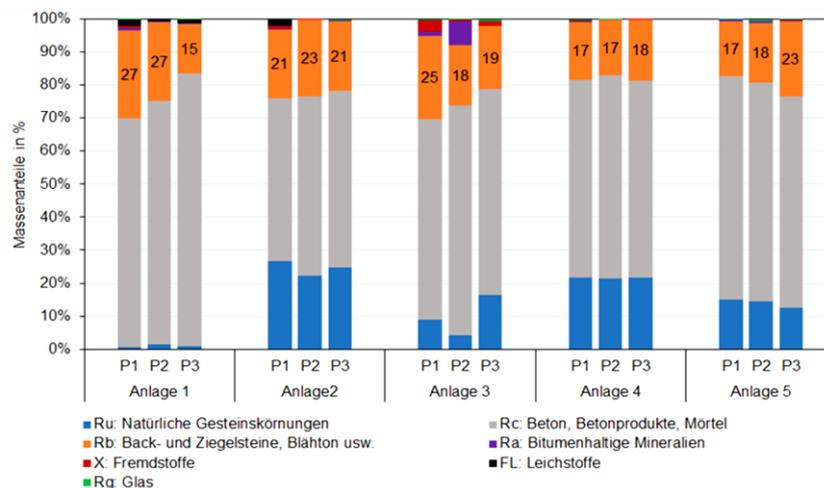


Abbildung 5: Stoffliche Zusammensetzung in Massenprozenten von Mischabbruchproben von fünf Bau- schuttaufbereitungsanlagen aus verschiedenen Standorten in der Schweiz (Quelle: BAFU, 2020a).

Aus verschiedenen Gründen sollte Mischabbruch nicht in loser Form, sondern ausschliesslich in gebundenen Anwendungen eingesetzt werden. Die vielversprechendsten Anwendungen von aufbereitetem Mischabbruch sind:

- als Zuschlagstoff im Magerbeton
- als Brechsand im Mager- und Konstruktionsbeton
- als Zuschlagstoff im Konstruktionsbeton
- und die Feinfraktion als Rohmaterialersatz in der Zementproduktion oder bei der Herstellung von Blähton verwertet wird.

Insbesondere die Herstellung von Brechsand aus Mischabbruch, bei vorheriger Abscheidung der Feinfraktion, scheint ein relativ hohes Absatzpotenzial zu haben, weil sich dieser im Konstruktionsbeton

einsetzen lässt und sich die schwimmenden Anteile beim Aufbereitungsprozess besser abscheiden lassen und somit beim Einbringen des Betons nicht aufschwimmen.

Auch die Kostenanalyse zeigt, dass das Ertragspotenzial bei der Produktion von Brechsand im Vergleich zu anderen Anwendungen interessant erscheint (Tabelle 1). Brechsand kann trocken und kostengünstig aufbereitet werden, womit sich gute Margen erzielen lassen. Nassverfahren dürften sich im Kanton Uri aufgrund des zu geringen Mengenanfalls kaum eignen.

Tabelle 1: Kostenanalyse zur Produktion von Mischabbruchgranulaten für verschiedene Anwendungen. Die grün markierten Zeilen zeigen jene Anwendungen, welche die grössten Margen bzw. theoretischen Erträge aufweisen. Kursive Schrift: Der Preisnachlass beim Magerbeton wurde auf ein tieferes Niveau heruntergesetzt, um für diese Anwendungen eine «mittelmässige» Marge zu erzielen (Quelle: BAFU, 2020a).

Produkt aus Mischabbruch-aufbereitung	Verfahren	Einsatz	Mehrverbr. Zement in kg/m <sup>3</sup> Beton	Anteil abgetrennte Feinfraktion in %	Mischabbruch Annahmepreis CHF/t	FF MA Deponiepreis CHF/t	Kosten Aufbereitung CHF/t	Kosten Mehrverbrauch Zement	theoretische Wertschöpfung (ohne Preisnachlass für RC-Produkte)	durchschnittl. Preisnachlass RCM-Produkte	theoretischer Ertrag/Marge
								Annahme: 135 CHF/t Zement	CHF/t	CHF/t	CHF/t
Mischgran. Gem. 0/45	trocken	lose	0	30	45	-50	-7	0	23	16	7
Mischgran. Gem. 0/45	nass	lose	0	12	45	-60	-15	0	23	16	7
Magerbeton inkl. Fraktion <8mm	trocken	gebunden	0	0	45	-50	-7	0	38	25	13
Magerbeton exkl. Fraktion <8mm	trocken	gebunden	0	30	45	-50	-7	0	23	15	8
Magerbeton	nass	gebunden	0	12	45	-60	-15	0	23	15	8
Konstruktionsbeton	trocken	gebunden	25	30	45	-50	-8	-3.375	19	11	8
Konstruktionsbeton	nass	gebunden	0	12	45	-60	-15	0	23	11	12
Konstruktionsbeton (Brechsand)	trocken	gebunden	10	30	45	-50	-15	-1.35	15	1	14

Durch den gebundenen Einsatz von Mischabbruchgranulaten bzw. Brechsand kann der potenzielle Schadstoffaustrag weitgehend unterbunden werden. Damit lässt sich Mager- und Konstruktionsbeton, welcher vorabgesiebte Mischabbruchgranulate enthält, in Grundwasserschutzonen einsetzen.

Sofern die Beton- und Mischabbruchgranulatanteile deutlich unter den Anforderungen des SIA-Merkblattes 2030 für Recyclingbeton liegen (SIA, 2010) liegen, muss der Beton nicht als RC-Beton deklariert werden. Somit stünden dem Einsatz von Mischabbruchgranulaten im Beton mit geringen Anteilen ( $R_b$ -Anteil <5% und  $R_c+R_b$ -Anteil <25%) nichts im Wege. Mit einer regelmässigen Zugabe von geringen Mischabbruchgranulatanteilen in RC-Konstruktionsbetonen (NPK A, B, C; Expositionsclassen XC0, XC1-3, evtl. XC4) könnte der im Kanton Uri anfallende Mischabbruch vollständig verwertet werden.

Mit dem Einsatz von Mischabbruchgranulaten in den oben erwähnten, gebundenen Anwendungen, kann das Umweltgefährdungspotenzial auf ein Minimum reduziert werden. Dies zeigt die Risikoanalyse, welche im Rahmen der BAFU-Studie durchgeführt wurde (Tabelle 2).

Bei Magerbetonen, welche Mischabbruchgranulate inklusive Feinfraktion enthalten (d.h. keine Vorabsiebung der Feinfraktion), besteht ein potenzielles Risiko des Austrages von organischen Schadstoffen (oranges Feld in Risikomatrix). Hier müsste im Rahmen von weiteren Untersuchungen zunächst abgeklärt werden, ob tatsächlich ein Schadstoffaustrag stattfinden kann. Bevor diesbezüglich keine aussagekräftigen Analysen vorliegen, sollte Magerbeton mit nicht vorabgesiebten Mischabbruchgranulaten nur dort eingesetzt werden, wo der Abstand von 2 Metern zum Grundwasserspiegel gewährleistet werden kann. Für Magerbeton, der vorabgesiebte Mischabbruchgranulate enthält, kann auf diese Einschränkung verzichtet werden (siehe dunkelgrünes Feld in Risikomatrix).

Tabelle 2: Risikomatrix zum Einsatz von Mischabbruchgranulaten (MAG) in den verschiedenen Anwendungen. Das Risikoakzeptanzniveau liegt im Bereich der grün markierten Felder. TA: Trockenaufbereitung. NA: Nassaufbereitung

Eintrittswahrscheinlichkeit	hoch			<ul style="list-style-type: none"> <li>MAG aus TA, lose, ohne Vorabsiebung, ohne Deckschicht</li> </ul>	
	mittel		<ul style="list-style-type: none"> <li>MAG aus NA, lose, ohne Deckschicht</li> </ul>		
	gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAG aus NA, lose, unter Deckschicht</li> <li>Magerbeton aus TA, vorabgesiebt</li> <li>Magerbeton aus NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAG aus TA, lose, vorabgesiebt, unter Deckschicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Magerbeton aus TA, ohne Vorabsiebung</li> </ul>	
	sehr gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konstruktionsbeton aus NA</li> <li>Konstruktionsbeton TA mit Brechsand, vorabgesiebt</li> <li>Konstruktionsbeton NA mit Brechsand</li> <li>Filler im Zement, vorabgesiebte Fraktion behandelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konstruktionsbeton aus TA</li> </ul>		
		sehr gering	gering	mittel	hoch
		<b>Schaden</b>			

### 3.2 Entwicklung der Ausbausphaltflüsse

Die Ausgangslage bei der Verwertung von Ausbausphalt unterscheidet sich im Vergleich zum Mischabbruch deutlich. Die Asphaltflüsse sind deutlich näher an einem Fließgleichgewicht, was bedeutet, dass sich der Ausbausphaltenfall und der Bedarf an neuem Asphaltbelag immer mehr annähern. Um die Deponierung von Ausbausphalt zu verhindern, muss demnach der RC-Anteil bei der Neuproduktion künftig stetig erhöht werden. Dies zeigt die Studie des BAFU (BAFU, 2020b), in der die künftige Entwicklung der Asphaltflüsse in der Schweiz für verschiedene Szenarien modelliert wurden. In der Abbildung 6 sind die szenarienabhängigen Entwicklungen der Asphaltflüsse in die Deponien dargestellt. Die Beschreibung der Szenarien und der Recyclinganteile sind in den Tabelle A.1 und A.2 im Anhang aufgeführt.

Es zeigt sich, dass die Asphaltflüsse in die Deponien künftig weiter ansteigen werden, wenn in der Asphaltproduktion die zulässige Zugabeanteile von RC-Granulat gemäss SN 640 431-1-b-NA nicht weiter erhöht werden (Szenario REFERENZ).

Eine Reduktion der Asphaltflüsse in die Deponien ist nur möglich, wenn die RC-Anteile bei der Asphaltproduktion deutlich erhöht werden und zusätzlich der überschüssige Ausbausphalt in Behandlungsanlagen gelangt, in denen das Bitumen von der Gesteinskörnung thermisch oder chemisch abgetrennt werden kann.

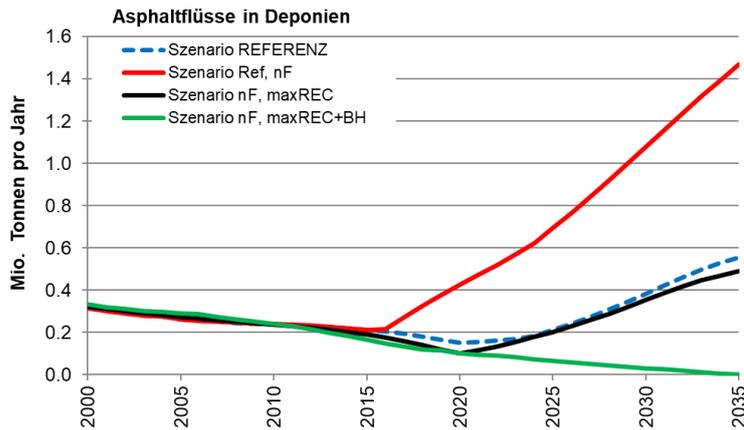


Abbildung 6: Zeitliche Entwicklung der Asphaltflüsse in die Deponie in der Schweiz für das Szenario «REFERENZ», Szenario «Referenz, aber keine Asphaltgranulate in Foundation (nF)», Szenario «nF und maximales Recycling (Sz nF; maxREC)» sowie das Szenario «nF; maximales Recycling + Behandlung (Sz nF; maxREC+BH)» (Quelle: BAFU, 2020b).

Im Kanton Uri gibt es nur ein Asphaltmischwerk, welches jedoch nur über eine Trockentrommel verfügt. Damit können im Vergleich zu Werken mit Paralleltrommeln nur geringe Anteile an Asphaltgranulaten beigegeben werden (15 - 25%). Falls im Rahmen eines Neubaus eine Paralleltrommel zur Beigabe von Asphaltgranulat installiert würde, könnte mit deutlich höheren RC-Anteilen gearbeitet werden (Trag- und Binderschicht: 60 - 80%; Deckschicht 30 – 50%). Zurzeit wird zudem die entsprechende Norm überarbeitet, in welcher die Beigabeanteile von RC-Asphaltgranulaten neu definiert werden. Eine weitere Möglichkeit wäre die Produktion von Niedertemperaturasphalt (NTA), welche ebenfalls hohen RC-Anteile ermöglicht. Zudem kann die Produktionsenergie (graue Energie) aufgrund der niedrigen Temperaturen reduziert werden. Allerdings verweisen die Vertreter des kantonalen Tiefbauamtes auf jüngst publizierte Studienergebnisse, welche zum Schluss kommen, dass die Lebensdauer der Trag- und Binderschichten durch den Einsatz von NTA beeinträchtigt werden könnte. Bei der Entwicklung einer Strategie zur Förderung des Einsatzes von RC-Baustoffen sind diese Aspekte zu berücksichtigen.

### 3.3 Recyclingstrategien und Massnahmen in anderen Kantonen

Verschiedene Kantone haben bereits Recyclingstrategien für mineralische Rückbaustoffe entwickelt und Massnahmen zur Förderung des Einsatzes von RC-Baustoffen erarbeitet. In der Tabelle 3 sind diese für die Kantone Solothurn, Thurgau, Basel-Landschaft und Luzern zusammengefasst. Der Kanton Luzern ist im Moment daran, Massnahmen und Empfehlungen in Zusammenarbeit mit den verschiedenen Akteuren des Kantons und in Koordination mit den Nachbarkantonen zu erarbeiten. Die Massnahmen und Empfehlungen lassen sich in die folgenden vier thematischen Bereiche gruppieren:

1. Stärkung der Information, Kommunikation und der Schulung.
2. Vorgaben und Empfehlungen zur Ausschreibung von RC-Baustoffen.
3. Qualitätsverbesserung bei der RC-Produktion.
4. Bei Bedarf gesetzliche Rahmenbedingungen in den Bereichen Verwertungspflicht und Lenkungsabgaben für Deponieabfälle.

Es ist zu erkennen, dass die Massnahmen und Empfehlungen des Kantons Basel-Landschaft deutlich konkreter und weitergehend sind, als in den anderen Kantonen. So soll eine Rückbaubewilligung

und eine Lenkungsabgabe für Deponieabfälle eingeführt werden. Der Kanton verpflichtet sich zum Einsatz von RC-Baustoffen und überprüft bzw. monitort, ob diese Verpflichtung vollzogen wird. Zudem wird neu eine Fachstelle «Baustoffkreislauf», welche als Vollzugsorganisation tätig sein wird, etabliert.

Die Zusammenfassung in der Tabelle 3 kann als Hilfsmittel und Übersicht für die Erarbeitung von Massnahmen und Empfehlungen des Kantons Uri dienen. Sie liefert wichtige Ansatzpunkte zur Entwicklung und Vertiefung von Ideen.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Massnahmen und Empfehlungen der Kantone SO, TG, BL und LU.

Kanton	Realisierung Strategie	zentrale Massnahmen
Solothurn	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stärkung der <b>Information und Kommunikation</b></li> <li>- Entwickeln von Schulungs- und Weiterbildungskonzepten</li> <li>- Bestellung und Submission: <b>Vorgaben in den Ausschreibungsunterlagen</b> bei öffentlichen Bauten zum Einsatz von RC-Baustoffen → Vorbildfunktion.</li> <li>- <b>Qualitätsverbesserung</b> bei der RC-Baustoffproduktion.</li> <li>- Erschwernisse bei der Deponierung: Einführen einer <b>Verwertungspflicht, Erhöhung der Deponiegebühr.</b></li> </ul>
Thurgau	2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition, Umsetzung und Begleitung von <b>Vorzeigeprojekten.</b></li> <li>- <b>Schulung, Weiterbildung,</b> Erfahrungsaustausch mittels Workshops usw.</li> <li>- Information/Kommunikation: Informationsplattform mit den wichtigsten Infos zum Einsatz von RC-Baustoffen.</li> <li>- <b>Ausschreibungsempfehlungen:</b> Das Hoch- und Tiefbauamt erstellt oder ergänzt ihre Ausschreibungsempfehlungen betreffend Einsatz von RC-Baustoffen.</li> <li>- <b>Qualitätsverbesserung:</b> Massnahmen zur Qualitätssicherung bei Produktion und Einsatz von RC-Baustoffen</li> <li>- <b>Monitoring:</b> Die RC-Materialflüsse werden erhoben und ausgewertet. Erkenntnisse und Erfahrungen aus den Vorzeigeprojekten werden im Geschäftsbericht des Kantons dokumentiert.</li> <li>- Der Kanton kann die <b>rechtlichen Rahmenbedingungen ändern,</b> um die Verwertung von RC-Baustoffen zu fördern.</li> </ul>
Basel-Landschaft	2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stärkung der <b>Information und Kommunikation</b> mittels Informationsplattform: <a href="http://www.bs krb.ch">www.bs krb.ch</a></li> <li>- Einführung einer generellen <b>Rückbaubewilligung.</b></li> <li>- Einführung einer <b>Lenkungsabgabe</b> auf zu deponierende Bauabfälle</li> <li>- <b>Selbstverpflichtung</b> des Kantons zum Einsatz von RC-Baustoffen inklusive Monitorings.</li> <li>- Aufbau einer <b>Fachstelle «Baustoffkreislauf»</b> als Vollzugsorganisation.</li> </ul>
Luzern	2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Massnahmen werden noch erarbeitet.</li> </ul>

## 4 Entwicklung von strategischen Ansätzen und Massnahmen und Empfehlungen zur Förderung der RC-Baustoffe

### 4.1 Strategische Ansätze

Aufgrund der hohen Verfügbarkeit von rezyklierten Gesteinskörnungen (inkl. kiesiger Aushub und Geschiebe) unterscheidet sich die Ausgangssituation des Kantons Uri von anderen Kantonen erheblich. Trotzdem ist es möglich, die noch brachliegenden Recyclingpotenziale zu erschliessen. Auf Basis der Situationsanalyse und der Erkenntnisse zum Einsatz von RC-Baustoffen muss der strategische Ansatz darin liegen, den Mischabbruch und Ausbauasphalt so aufzubereiten, dass die aufbereiteten RC-Granulate in die gebundenen Anwendungen gelangen können. Damit kann die Verwertungsquote bei diesen Fraktionen erhöht und gleichzeitig das Schadstoffaustragungspotential minimiert werden.

Massnahmen und Empfehlungen zur Förderung des Einsatzes RC-Baustoffen sind deshalb so auszurichten, dass die RC-Granulate künftig vermehrt in die gebundenen Anwendungen geführt werden können. Dies bedingt eine deutliche Verbesserung der Qualität der RC-Granulate und damit verbunden, der Aufbereitungsprozesse. Zusammenfassend sind die folgenden strategischen Elemente zur Förderung des Einsatzes von RC-Baustoffen zu berücksichtigen:

- Die **Materialtrennung beim Rückbau und der Sanierung** muss so gestaltet werden, dass möglichst wenig Stör- und Fremdstoffe in die Aufbereitungsprozesse gelangen. Dies ist eine Voraussetzung für die Produktion von hochwertigen RC-Granulaten.
- Die Aufbereitung von Mischabbruch muss so gestaltet werden, dass die **Feinfraktion abgetrennt** wird. Zur Produktion von Brechsand sind zudem eine **zusätzliche Brecherstufe** (z.B. Kegelbrecher) sowie **Siebdecke** notwendig.
- Gleichzeitig muss dafür gesorgt werden, dass die produzierten Mischabbruchgranulate abgesetzt werden können. Die **öffentlichen Auftraggeber** müssen dazu ihre **Vorbildfunktion wahrnehmen**, d.h. sie müssen die entsprechenden RCM-Baustoffe in ihren Projekten ausschreiben und einsetzen.
- Durch die Produktion von **RCM-Brechsand** wird es möglich, diesen **in geringen Anteilen in vielen Konstruktionsbetonen einzusetzen**. Diese Betone müssen nicht unbedingt als RC-Betone deklariert werden.
- Bei Ausbauasphalt ist die Situation etwas schwieriger. Im Kanton Uri gibt es nur ein Asphaltmischwerk, welches zudem nur über eine Trockentrommel verfügt. Damit können nur geringen RC-Anteile bei der Produktion gefahren werden. Massnahmen müssten darauf abzielen, die **RC-Anteile in der Asphaltproduktion** zu erhöhen.
- Massnahmen zur Förderung des Absatzes von Asphaltgranulaten müsste so gestaltet werden, dass die **Asphaltproduzenten gewisse RC-Mindestanteile liefern müssen**.

Die zu entwickelnden Massnahmen und Empfehlungen leiten sich aus diesen strategischen Elementen ab.

## 4.2 Vorschläge für Massnahmen und Empfehlungen

Auf Basis der oben aufgeführten strategischen Ansätze und den Erkenntnissen der Interviews mit den Akteuren aus der Branche werden die folgenden Empfehlungen und Massnahmen vorgeschlagen:

### Beton- und Mischabbruch:

- Beton- und Mischabbruch soll zwingend über eine Bauschutttaufbereitungsanlage geführt werden, bevor diese Rückbaumaterialien deponiert werden. Diese Massnahme sollte mit den Unternehmen und Deponiebetreibern, welche über Bauschutttaufbereitungsanlagen verfügen, diskutiert werden. Es gilt zu eruieren, ab wann eine solche Massnahme eingeführt werden kann und wie der Produktabsatz gewährleistet werden kann.
- Mischabbruch darf nicht unter dem VeVA-Code 17 09 04 ([ak] Gemischte Bauabfälle sowie sonstige verschmutzte Bauabfälle ...) abgelagert werden.
- Nur vorabgesiebte Mischabbruchgranulate sollen im Magerbeton eingesetzt werden.
- Das Tiefbauamt kommuniziert (vor allem zuhanden Planer/Ingenieure), dass in ihren Projekten in Zukunft RC-M Magerbeton (Beton für Baugruben und Werkleitungen) prioritär einzusetzen sind.
- Das AfU kommuniziert, dass RC-M Magerbeton (ohne Feinfraktion) in allen Anwendungen eingesetzt werden darf bzw. dem Magerbeton aus natürlicher Gesteinskörnung gleichzusetzen ist.
- Mischabbruch soll vermehrt zu Brechsand verarbeitet werden. Dieser kann auch im Konstruktionsbeton eingesetzt werden.
- In der Produktion von Konstruktionsbeton sollten standardmässig geringe Anteile (z.B. 5 - 10 M.%) Mischabbruchgranulate bzw. Brechsande eingesetzt werden. Dieser Beton muss nicht, kann aber als RC-Beton deklariert werden.
- Es ist zu überlegen, diesen Beton als besonderes, regionales Produkt zu vermarkten. Z.B. Urner RC-Beton → regional, nachhaltig und umweltschonend.

### Ausbauasphalt:

- In Ausschreibung: Asphaltgranulate werden in Asphaltbelägen zu Anteilen gemäss Walzasphalt-Zulassung ([www.walzasphalt-zulassung.ch](http://www.walzasphalt-zulassung.ch)) eingesetzt. Dies wird in den Projekten überprüft. Bemerkung: Der Kanton Uri ist bereits Mitglied der Vereinigung Interkantonale Walzasphalt-Zulassung (VIWZ) (Tabelle A.4). Entsprechende Deklarationen sollten eingefordert und bei Änderungen angepasst werden.
- Das Tiefbauamt kommuniziert der Belagsbranche, dass im Zeitraum von ca. 3 – 4 Jahren in den öffentlichen Ausschreibungen schichtabhängige Mindestanteile an Asphaltgranulaten (z.B. mindestens 40% RC-Anteil in Tragschicht) in den einzusetzenden Asphaltbelägen gefordert werden. Somit haben die Belagsproduzenten die Möglichkeit, sich auf die neuen Rahmenbedingungen einzustellen. Die Vertreter des Tiefbauamtes stützen diese Massnahme im Grundsatz.

### Allgemeine Massnahmen und Empfehlungen:

- Es ist zu prüfen, ob die Deponiebetreiber mobile Aufbereitungsanlagen auf dem Deponiekörper betreiben dürfen. Diese sollten bewilligungspflichtig sein.

- Es ist zu prüfen, ob die Feinfraktion aus der Mischabbruchaufbereitung auf den Deponie Typ B abgelagert werden darf. Bemerkung: Diese gelangt bereits heute mit dem Mischabbruch in die Deponien des Typs B.
- Es ist zu prüfen, ob eine Lenkungsabgabe auf Materialien, welche in die Deponien des Typs B geführt werden, eingeführt werden soll.

Werden die vorgeschlagenen Massnahmen und Empfehlungen umgesetzt, dürfte sich die Verwertungsquote bei den Rückbaumaterialien im Kanton Uri mittel- bis langfristig deutlich erhöhen. Die Materialflüsse in die Deponien des Typs B werden sich demnach deutlich reduzieren, womit künftig Deponieraum gespart werden kann. Die Gespräche mit den betroffenen Akteuren zeigen, dass diese durchaus gewillt sind, die Strategie mitzutragen. Somit ist die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung des Vorhabens gegeben.

## 5 Literaturverzeichnis

- BAFU. (2020a). *Mischabbruchverwertung in der Schweiz*. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- BAFU. (2020b). *Modellierung der Asphaltflüsse in der Schweiz*. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- Kanton Uri. (2020). *Massenflüsse und Deponiekapazitäten Kanton Uri – Auswertung der Erhebungsdaten, Kurzbericht Sieber Cassina + Partner AG*. Amt für Umweltschutz.
- Rubli, S. (2020). *KAR-Modell - Modellierung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse: Modellerweiterung und Nachführung 2018*. Umweltämter der Kantone Aargau, beide Basel, Bern, Luzern, Schwyz, Solothurn, St. Gallen, Thurgau, Zug und Zürich.
- SIA . (2010). *Merkblatt 2030: Recyclingbeton*. Zürich: schweizerischer ingenieur- und architektenverein.

## 6 Anhang

Tabelle A. 1: Kurzbeschreibung der vier Szenarien bei der Modellierung der Asphaltflüsse in der Schweiz (Quelle: (BAFU, 2020b)).

Szenario	Abkürzung	Kurzbeschreibung
Szenario Referenz	SZ Referenz	Das Szenario bildet weitgehend den Istzustand ab. Dieser wird bis zum Jahr 2035 fortgeschrieben.
Szenario Referenz, es gehen jedoch weder RC-Kiessand A noch Asphaltgranulat in loser und gebundener Form in die Fundation.	SZ Ref, nF	Dieses Szenario entspricht ebenfalls dem Szenario «Referenz», es wird jedoch vorgegeben, dass weder RC-Kiessand A noch Asphaltgranulate in loser und gebundener Form in der Fundation eingesetzt werden. Der Grund hierfür ist, dass es sich nur bedingt um ein Recycling handelt. Es wird nur die Lebensdauer der Materialien verlängert. Später muss dieses Material je nach Einbauverfahren wieder als Materialgemisch ausgebaut und mit grosser Wahrscheinlichkeit deponiert werden.
Szenario nichts in Fundation, maximale RC-Anteile in der Asphaltproduktion.	SZ nF, maxREC	Dieses Szenario entspricht dem Szenario «SZ nF», die maximalen RC-Anteile in Asphaltproduktion liegen jedoch teilweise über den heute in den Normen festgelegten RC-Anteilen.
Szenario nichts in Fundation, maximale RC-Anteile in der Asphaltproduktion und zusätzlich ein Behandlungsverfahren.	SZ nF, maxREC + BH	Dieses Szenario entspricht dem Szenario «SZ nF, Max Rec», ein Grossteil des Asphaltbelags mit PAK-Gehalten >250ppm, sowie ein geringerer Anteil an Asphaltbelag mit PAK-Gehalten <250ppm geht in einen Behandlungsprozess.

Tabelle A. 2: Definition der Entwicklung der Recyclinganteile in den verschiedenen Strassenschichten für die vier Szenarien. Die gelb markierten und in fetter Schrift angegebenen Anteile, verdeutlichen die Veränderungen gegenüber dem Szenario «REFERENZ».

	SZ Referenz	SZ Referenz, nichts in Foundation (nF)	SZ nF, max Rec	Szenario nF, max REC +BH
<b>Deckschicht</b>				
Jahr				
1960	0%	0%	0%	0%
1980	0%	0%	0%	0%
1990	0%	0%	0%	0%
2010	5%	5%	5%	5%
2035	5%	5%	<b>30%</b>	<b>30%</b>
<b>Binderschicht</b>				
1960	5%	5%	5%	5%
1980	10%	10%	10%	10%
1990	20%	20%	20%	20%
2010	30%	30%	30%	30%
2035	30%	30%	<b>60%</b>	<b>60%</b>
<b>Tragschicht</b>				
1960	10%	10%	10%	10%
1980	20%	20%	20%	20%
1990	55%	55%	55%	55%
2010	60%	60%	60%	60%
2035	60%	60%	<b>80%</b>	<b>80%</b>
<b>Foundation</b>				
1960	35%	35%	35%	35%
1980	35%	35%	35%	35%
1990	15%	15%	15%	15%
2010	11.0%	11.0%	11.0%	11.0%
2035	11.0%	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>

gelb markiert und fette Schrift: Werte verändert gegenüber Szenario Referenz

Tabelle A.3: Gesteinskörnungsbedarf, Anfall von Rückbaumaterial (RBM) total verwertete Rückbaustoffe (RBS) sowie das Verhältnis RBS/RBM und der RBS-Anteil am GK-Bedarf in den Kantonen AG, BE, LU, SG, SO, SZ, TG, ZG und ZH im Jahr 2016 und 2018 (Rubli, 2020).

Bemerkung: Die Werte in der zweitletzten Spalte entsprechen der Verwertungsquote. Die Differenz zu 100% entspricht demnach dem Anteil des anfallenden Rückbaumaterials, welches deponiert wurde.

Kanton	GK-Bedarf in 1000 m <sup>3</sup> fest		RBM-Anfall <sup>(1)</sup> in 1000m <sup>3</sup> fest		Rückbaustoffe <sup>(2)</sup> in 1000m <sup>3</sup> fest		Verhältnis RBS/RBM <sup>(3)</sup> in %		RBS-Anteil am GK-Bedarf in %	
	2016	2018	2016	2018	2016	2018	2016	2018	2016	2018
AG	2'258	2'826	413	455	386	418	93.5	91.8	17.1	14.8
BE	3'193	3'043	886	1044	685	776	77.3	74.4	21.5	25.5
LU	1'606	1'388	463	374	398	305	85.9	81.6	24.8	22.0
SG	1'518	1'643	417	390	376	334	90.2	85.6	24.8	20.3
SO	770	763	255	253	217	219	85.0	86.8	28.1	28.7
SZ	484	515	162	188	150	173	92.7	91.9	31.1	33.6
TG	863	910	257	256	223	217	86.9	84.6	25.9	23.8
ZG	451	423	118	136	111	123	94.0	90.3	24.7	29.1
ZH	3'851	4'019	956	1169	882	1065	92.3	91.1	22.9	26.5
<b>Total</b>	<b>16'798</b>	<b>15'529</b>	<b>3'927</b>	<b>4'265</b>	<b>3'428</b>	<b>3'630</b>	<b>87.3</b>	<b>85.1</b>	<b>22.9</b>	<b>23.4</b>

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

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

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

