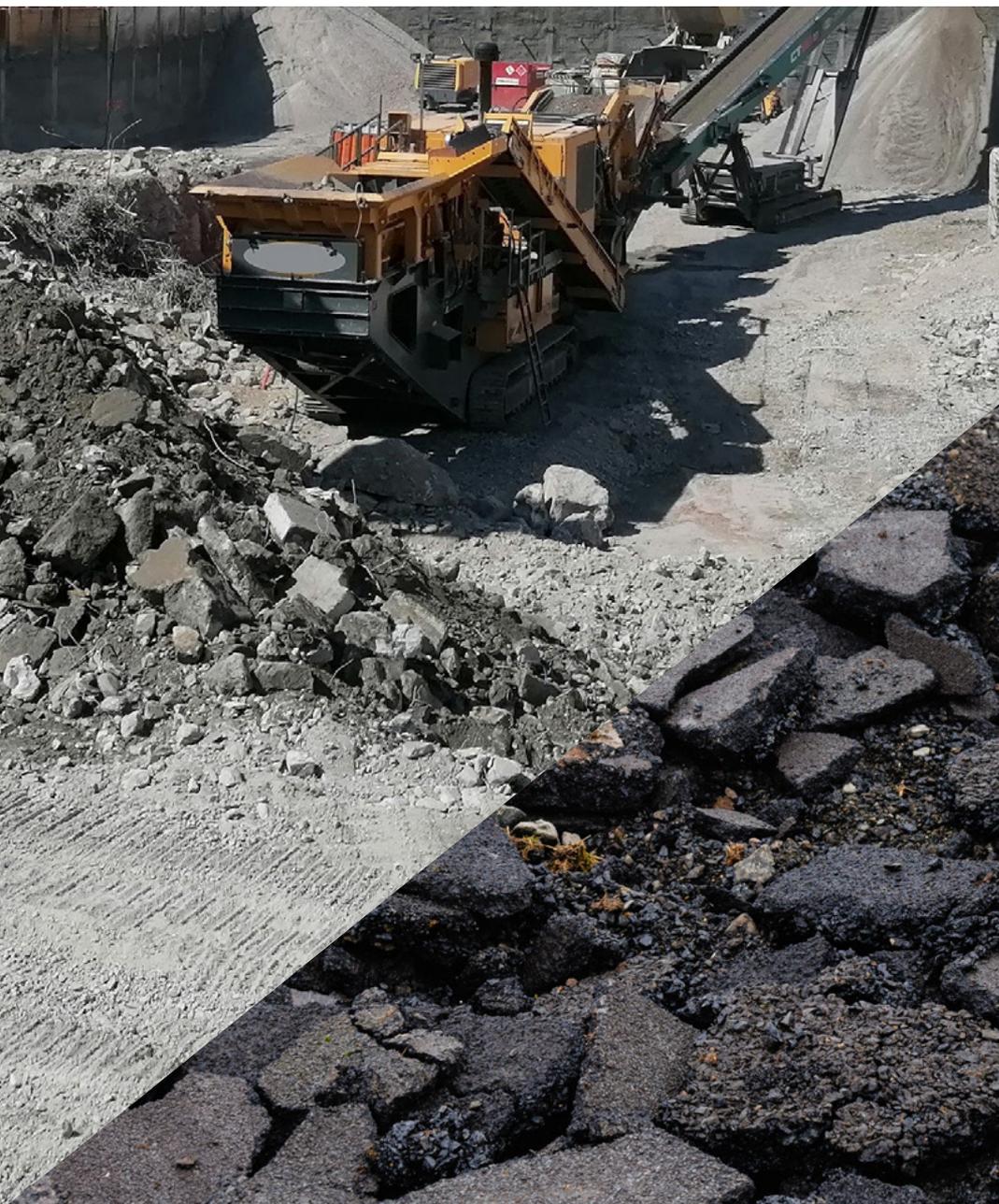


TECHNISCHER LEITFADEN

Für die Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien



CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

AVE
WBV

AVGB

AVST
AVGB

IAVS

sia

société suisse des ingénieurs et des architectes
schweizerischer ingenieur- und architektenverein
section valais - sektion wallis

Ausgabe
2024

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser

Ob Sie nun Ingenieur, Architekt, Bauunternehmer, Lieferant, Vertreter eines Bauherrn oder aus der Privatwirtschaft sind; ich wünsche Ihnen viel Spass bei der Lektüre des neuen **technischen Leitfadens für die Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien**.

Die Stärke und Besonderheit dieses Dokuments - die zweite Auflage nach der Erstausgabe von 2016 - liegen in seinem multidisziplinären Aspekt. Denn allen Akteuren, die sich mit der Verwendung von mineralischen Recyclingbaustoffen befassen, wird die gleiche Arbeitsgrundlage zur Verfügung gestellt.

Ich danke allen Personen, die in irgendeiner Weise an der Erstellung dieses Leitfadens beteiligt waren. Dieses Dokument ist das Ergebnis einer erfolgreichen öffentlich-privaten Partnerschaft. Die Konsolidierung dieser Partnerschaft ist im Übrigen die Voraussetzung für die Umsetzung dieses Leitfadens, um so das vom Staatsrat gesetzte Ziel zu erreichen: *«Förderung der Verwendung von Recyclingbaustoffen im Bauwesen»*.

Es geht darum, den Dialog zwischen Bauherren, Ingenieurbüros, Bauunternehmern und Lieferanten zu intensivieren. Der Bauherr sollte von Anfang an bei seinem Projekt an die Integration von mineralischen Recyclingbaustoffen denken. Die beauftragten Ingenieur- oder Architekturbüros müssen über diesen Willen informiert sein und zu einer Kraft für innovative Vorschläge werden. Der Lieferant wird dem Bauunternehmer qualitativ hochwertige Recyclingbaustoffe beschaffen. Der Bauunternehmer seinerseits wird diese Materialien auf intelligente und umweltfreundliche Weise verarbeiten. Denn Recyclingbaustoff darf nicht bedeuten, dass die Qualität im Vergleich zu einem edlen Material abnimmt. Im Gegenteil: Wir wollen qualitativ hochwertige und nachhaltige Walliser Infrastrukturen. In diesem Sinne soll angestrebt werden, wiederverwertete Materialien in ihrer ursprünglichen Funktion wiederzuverwenden und dadurch mehrere Recyclingzyklen zu durchlaufen. Baumaterialien sollten also so eingesetzt werden, dass sie nach der Lebensdauer eines Bauwerks getrennt zurückgebaut und erneut verwertet werden können.

Um den Inhalt dieses Dokuments zu verbreiten und seine Umsetzung zu ermöglichen, bedarf es der Information und Sensibilisierung aller Akteure. Jeder ist auf seine Weise betroffen. Nur wenn alle an einem Strang ziehen, kann die Übung gelingen und hochwertige Recyclingbaustoffe können zur Zufriedenheit jedes Partners eingesetzt werden.

Franz RUPPEN
Staatsrat

Inhaltsverzeichnis

S.		S.	
4	1. Einführung	50	4. Asphaltmischgut mit Ausbauasphalt-Recyclingasphalt
4	1.1 Hintergrund	50	4.1 Präambel
5	1.2 Aufbau des Dokuments	51	4.2 Lebenszyklus und Verwertung
5	1.3 Definitionen	52	4.3 Projektstudie
6	1.4 Anwendungsbereich	58	4.4 Ausschreibung
8	1.5 Tabelle der Aufgaben und Rollen aller Beteiligten	62	4.5 Herstellung und Einbau
10	1.6 Zusammengefasste Übersichtstabelle der Normen	63	4.6 Konformitäts- und Einbaukontrollen
12	2. Verwertung: Allgemeine Grundsätze	66	4.7 Abnahme des Werkes
12	2.1 Präambel	68	5. Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen - Recyclingbeton
13	2.2 Allgemeine Grundsätze	68	5.1 Präambel
13	2.3 Planung vor dem Rückbau	70	5.2 Normen, Richtlinien und Literatur
15	2.4 Getrennter Rückbau	71	5.3 Verwendung von Recyclingbeton
17	2.5 Behandlung von mineralischen Bauabfällen	74	5.4 Terminologie und Definitionen
19	2.6 Herstellung von Recyclingbaustoffen	76	5.5 Frisch- und Festbetoneigenschaften von Recyclingbeton
20	3. Recyclingkiesgemisch	78	5.6 Zertifizierungen und Zeugnisse
20	3.1 Präambel	79	5.7 Ausschreibung
20	3.2 Herstellung von Kiessand		
21	3.3 Spezifikationen bei der Lieferung von ungebundenen Gemischen		
24	3.4 Erlaubte Verwertungen und Einschränkungen		
29	3.5 Qualitätskontrollen und Prüfungen		
34	3.6 Referenzen		
35	3.7 Anhänge		

1. Einführung

1.1 Hintergrund

Seit 2013 hat der Walliser Staatsrat eine Kommission «*Abfall und mineralische Ressourcen*» und eine Subkommission «*Mineralische Ressourcen*» ernannt und in jeder neuen Legislaturperiode erneuert. Diese Gremien, die sich aus Vertretern der betroffenen kantonalen Departementen und der Partnerberufsverbänden zusammensetzen, haben den Auftrag, die Problematik der Abfälle und mineralischen Ressourcen anzugehen. Die Subkommission ihrerseits befasst sich speziell mit den mineralischen Ressourcen, insbesondere mit der Bewirtschaftung von mineralischen Abfällen und deren Recycling. Über diese Kommissionen und die Begleitkommission für die Verwendung mineralischen Recyclingbaustoffen will der Staatsrat die *Verwendung von Recyclingstoffen auf dem Baumarkt fördern*.

Der vorliegende **technische Leitfaden für die Verwertung mineralischen Rückbaumaterialien** ist ein Schlüsselement, mit dem dieses Ziel erreicht werden soll. Wie wichtig es ist, Lebenszyklen zu schliessen (Schlüsselbegriff: Kreislaufwirtschaft), mineralische Materialien so weit wie möglich wiederzuverwerten, ist im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung unbestritten. Der **Kantonale Abfallbewirtschaftungsplan**, Ausgabe 2023, verankert diese Ziele und erläutert allgemein die aktuellen Orientierungen in der Abfallbewirtschaftung.

Neben der Veröffentlichung der *technischen Praxishilfe zur Verwendung mineralischer Recyclingbaustoffe* im Jahr 2016 fand in den Walliser Anlagen zur Verwertung mineralischer Abfälle (AVMA) eine interessante Bewegung zur Wiederherstellung des Gleichgewichts statt: Die wiederverwendeten Mengen überstiegen in den Jahren 2015, 2016, 2017, 2020 und 2021 die Mengen, die in die AVMA gelangten. Es sind jedoch noch erhebliche Anstrengungen erforderlich, um die Ziele der nachhaltigen Entwicklung zu erreichen.

Seit 2016 ist die VVEA (Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen) in Kraft getreten (anstelle der TVA), wurde bereits acht Mal überarbeitet und hat sich durchgesetzt. Es gab zahlreiche normative Änderungen, die alle drei Kernbereiche des technischen Leitfadens betreffen: Mischgut, Kies-sand und Beton. In mehreren Bereichen wurden Forschungsprojekte durchgeführt. Es wurde dringend notwendig, eine neue Version des technischen Leitfadens herauszugeben.

Ebenfalls seit 2016 sind die IAVS (Ingenieure Architekten Wallis), die WVGB (Walliser Vereinigung der Gemeinde-Bauämter), die DUW (Dienststelle für Umwelt), die DIB (Dienststelle für Immobilien und Bauliches Erbe) und schliesslich der SIA Wallis seit Mitte 2023 der Begleitkommission der Recyclingbaustoffe beigetreten und sind an der Herausgabe des vorliegenden Leitfadens 2024 beteiligt, zusammen mit den ursprünglichen Partnern DFM (Dienststelle für Mobilität), DNSB (Dienststelle für Nationalstrassenbau), WBV (Walliser Baumeisterverband) und VWKB (Verband Walliser Kies- und Betonindustrie).

1.2 Aufbau des Dokuments

Dieser Leitfaden, der sich sowohl an Bauherren, Ingenieure und Architekten als auch an Bauunternehmer und Lieferanten (auch Hersteller genannt) richtet, basiert auf der VVEA, trägt zur Konkretisierung der politischen Ziele bei und ist vor allem praktisch ausgerichtet. Er definiert insbesondere die Rahmenbedingungen für einen verstärkten Einsatz von Recyclingbaustoffen auf Walliser Baustellen.

Der Leitfaden formuliert die Anforderungen, die bei der Verwertung von mineralischen Bauabfällen (Ausbauasphalt, Betonabbruch, Strassenaufbruch, Mischabbruch, Ziegelbruch gemäss Art. 17 VVEA) zu beachten sind, um hochwertige Recyclingmaterialien zu erhalten, die umweltverträglich eingesetzt werden können.

Der Leitfaden enthält zunächst eine Einführung, in der die jeweiligen Rollen und Aufgaben der Beteiligten in den verschiedenen Projektphasen sowie die Besonderheiten bei der Verwendung von Recyclingmaterial tabellarisch beschrieben werden. In diesem Teil wird auch der aktuelle Stand der geltenden normativen Bestimmungen für Materialien und ihre Bestandteile dargelegt. Anschliessend werden in einem allgemeinen Kapitel die allgemeinen Verwertungsprinzipien beschrieben, die den drei unterschiedlichen Materialgruppen Kies, Asphaltmischgut und Beton gemeinsam sind. Schliesslich widmen sich drei separate Kapitel den spezifischen Anwendungen: Recyclingkiesgemische, Recyclingasphalt und Recyclingbeton. Diese Kapitel können unabhängig voneinander gelesen werden, je nachdem, welche Informationen man sucht. Sie enthalten auch Daten und Überlegungen zu den Rahmenbedingungen für die Herstellung und den Einbau.

Das vorliegende Dokument orientiert sich weitgehend an der Vollzugshilfe zur VVEA, welche die Richtlinie zur Verwertung von mineralischen Bauabfällen aus dem Jahr 2006 ersetzt (BAFU 2006):

Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien, Teil des Moduls „Bauabfälle“ der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA), BAFU, 2023

Andere massgebliche gesetzliche und normative Dokumente sind in jedem Kapitel aufgelistet.

Beachten Sie, dass die verschiedenen Gesetze und Normen in diesem Leitfaden den Stand vom **30. September 2023** widerspiegeln.

Diese Fassung annulliert und ersetzt die *Praxishilfe zur Verwendung mineralischer Recyclingbaustoffe* vom 28. Januar 2016.

1.3 Definitionen

Bauabfälle. Abfälle, die bei Neubau-, Umbau- oder Rückbauarbeiten von ortsfesten Anlagen anfallen (Art. 3 Bst. e VVEA).

Mineralische Bauabfälle. Abfälle gemäss obiger Definition, aber mit mineralischer Zusammensetzung, die aus mineralischen Recyclingmaterialien, Aushub- und Durchbruchmaterial oder Erdmaterial aus dem Bodenabtrag stammen können. Die vollständige Liste befindet sich in Anhang 1 der VVEA, Kategorie 4.

Rückbaumaterial. Material, das bei der Umgestaltung oder dem Abriss von Anlagen oder Bauwerken anfällt.

Mineralisches Rückbaumaterial. Abfälle aus der Bausubstanz, die bei Rückbau- und Umbauarbeiten anfallen und zu über 95 Gewichtsprozent aus Steinen oder ähnlichen Elementen bestehen.

- Dazu gehört auch ungebundenes Rückbaumaterial mit einer bestimmten Zusammensetzung aus Materialien aus dem Rückbau von Fundamenten oder Schalungsmaterial unter einer **Deckschicht** (z. B. Strassenaufbruch), das ursprünglich legal als Teil eines Bauwerks eingebaut wurde.
- Im Gegensatz dazu ist Ausgehobenes Material aus Standorten ohne Deckschicht und ohne definierter Zusammensetzung (z.B. Schüttungen und Hinterfüllungen) *kein mineralisches Rückbaumaterial* und fällt in die Kategorie Aushubmaterial. Sie fallen daher nicht in den Geltungsbereich dieses Dokuments.

Mineralische Rückbaumaterialien können in folgende Kategorien eingeteilt werden:

Betonabbruch: Material, das beim Abbrechen oder Fräsen von Bauwerken oder Verkleidungen aus bewehrtem oder unbewehrtem Beton gewonnen wird;

Mischabbruch: Gemisch aus mineralischen Fraktionen von massiven Bauelementen aus Beton-, Backstein-, Kalksandstein- und Natursteinmauerwerk;

Ausbauasphalt: Material, das durch Fräsen oder durch Aufbrechen von Asphaltsschichten gewonnen wird;

Strassenaufbruch: Oberbegriff für ungebundenes Material, das hauptsächlich aus unverschmutzten natürlichen Gesteinskörnungen und teilweise aus mineralischen Bauabfällen (z. B. Fundations- und Kofferschichten) besteht;

Ziegelbruch: Abfall, der ausschliesslich aus grobkeramischen Dachziegeln besteht, die als solche nicht wiederverwendet werden können;

Restlichen mineralischen Bauabfälle: Abfälle, die nicht in die oben genannten Kategorien fallen, wie z. B. sortenreiner Gips, Keramik oder Glas.

1.4 Anwendungsbereich

Dieser technische Leitfadens gilt für **mineralische Rückbaumaterialien**, unabhängig davon, ob sie aus dem Rückbau von Strassen oder Gebäuden stammen.

In Bezug auf die Gebäude umfassen diese:

- Mischabbruch
- Betonabbruch
- Ziegelbruch
- Fundationsmaterial

Was die Materialien aus Strassenaufbruch betrifft, so können diese in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- Ausbauasphalt
- Koffermaterial (Fundationskoffer)
- Strassenaufbruch

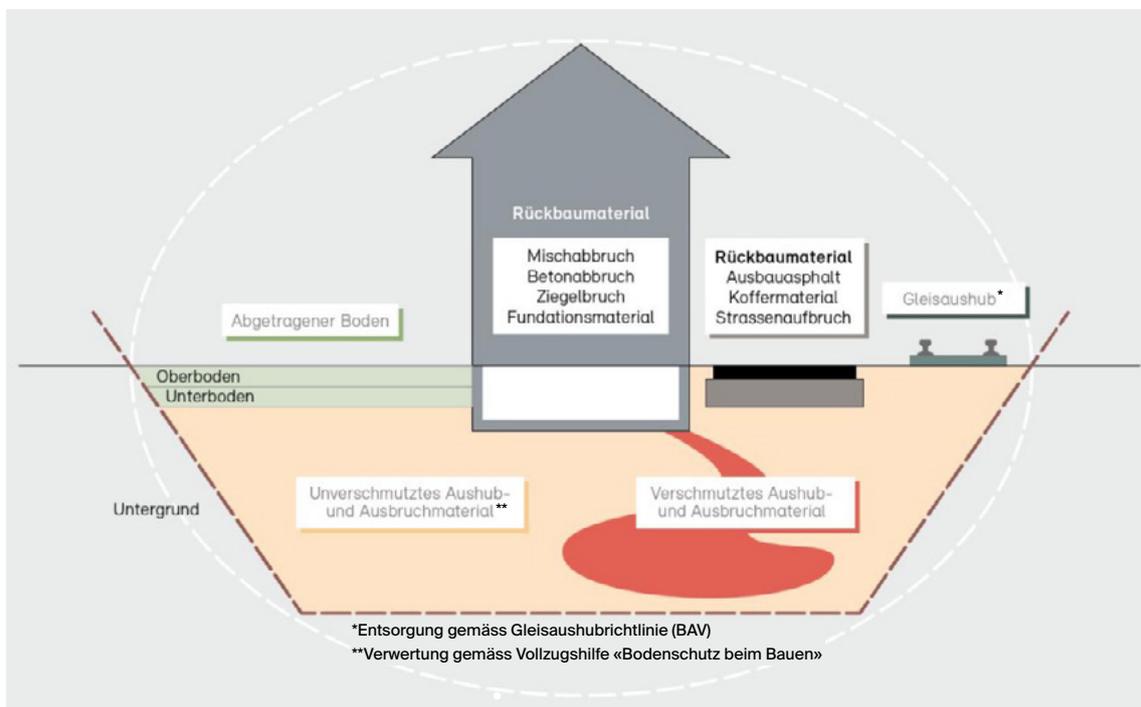


ABB. 11 - UNTERSCHIEDUNG ZWISCHEN DEN VERSCHIEDENEN KATEGORIEN VON MINERALISCHEN BAUABFÄLLEN.
Quelle: Abb. 1 aus BAFU 2023 inspiriert.

Aushub- und Tunnelausbruchmaterial ist nicht Bestandteil dieses Dokuments, sondern Teil des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA). Erdmaterial aus dem Bodenabtrag bezieht sich auf das Modul der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen».

Dieser Leitfaden behandelt

- Recyclingkiesgemisch,
- Asphaltmischgut mit Ausbauasphalt (Recyclingasphalt),
- Recyclingbeton,

und befasst sich mit ihrer Umsetzung auf den Baustellen im Wallis, hauptsächlich auf den Baustellen für Tiefbau und Stahlbeton (Hochbau).

1.5 Tabelle der Aufgaben und Rollen aller Beteiligten

	<u>Bauherr (BAUH)</u>	<u>Beauftragter</u>	<u>Bauunternehmer / Lieferant</u>	<u>Unternehmer</u>	<u>Lieferant</u>
Vorbereitungs- und/oder laufende Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> Hält: <ul style="list-style-type: none"> seinen Katalog der verfügbaren Produkte (einschliesslich zertifizierter Produkte) seine Lieferantenliste, um die Möglichkeiten der Verwendung von Produkten aus mineralischen Recycling-baustoffen auf seinen Baustellen zu bewerten. Arbeitet an der Einführung gemeinsamer Module (BAUH, Bauunternehmer und Lieferanten) für die Grundausbildung und Weiterbildung mit. Gewährleistet die interne Grund- und Weiterbildung der betroffenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Trägt zum Erfahrungsaustausch zwischen BauH - Bauunternehmer und Lieferanten bei/beteiligt sich daran. Bezeichnet eine fachkundige Bezugsperson. 	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitet an der Einführung gemeinsamer Module (BAUH, Beauftragte, Bauunternehmer und Lieferanten) für die Grundausbildung und Weiterbildung mit. Gewährleistet die interne Grund- und Weiterbildung der betroffenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Trägt zum Erfahrungsaustausch zwischen BAUH - Bauunternehmern - Lieferanten bei/beteiligt sich an diesem. 	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitet an der Einführung gemeinsamer Module (BAUH, Bauunternehmer und Lieferanten) für die Grundausbildung und Weiterbildung mit. Trägt zum Erfahrungsaustausch zwischen BAUH - Bauunternehmern - Lieferanten. 	<ul style="list-style-type: none"> Prüft und bescheinigt (durch eine externe Stelle) die Leistung, Zusammensetzung und Herkunft (Rückverfolgbarkeit) von recycelten mineralischen Materialien und den daraus hergestellten Produkten. Hält seinen Katalog der verfügbaren Produkte und seiner zertifizierten Produkte auf dem neuesten Stand. Er/sie füllt auch den Katalog des BAUH aus. Erstellt und aktualisiert kontinuierlich eine mögliche Plattform für den Austausch von Daten über die verfügbaren Mengen an recycelten mineralischen Materialien. Arbeitet an der Einführung gemeinsamer Module (BAUH, Beauftragte, Bauunternehmer und Lieferanten) für die Grundausbildung und Weiterbildung mit. Trägt zum Erfahrungsaustausch bei/beteiligt sich am Erfahrungsaustausch zwischen BAUH - Bauunternehmern - Lieferanten. 	
Projektstart	<ul style="list-style-type: none"> Entscheidet über: <ul style="list-style-type: none"> die geforderte Verwendung (= vom BAUH bestimmte Nutzung) oder die mögliche Verwendung (= Nutzung, für die der BAUH entscheidet, dass die technische Möglichkeit in der Projektphase zu bewerten ist) von recycelten mineralischen Materialien für das Projekt. Legt die einschlägigen Referenzdokumente fest (Normen, Richtlinien, Kataloge usw.). Erstellt das Pflichtenheft für die Beauftragten und berücksichtigt dabei die Aspekte der Wiederverwertung und der Verwendung von recycelten mineralischen Materialien. 	<ul style="list-style-type: none"> Schlägt die Verwendung, den Einbau von mineralischen Rückbaumaterialien für das Projekt vor. 	<ul style="list-style-type: none"> Schlägt die Verwendung, den Einbau von mineralischen Rückbaumaterialien für das Projekt vor. 	<ul style="list-style-type: none"> Schlägt die Verwendung, den Einbau von mineralischen Rückbaumaterialien für das Projekt vor. 	
In der Projektierungsphase	<ul style="list-style-type: none"> Legt die Arten von Recyclingprodukten fest, die verwendet werden sollen bzw. können (RC-C, RC-Kiesgemisch B, AC F...). Prüft die Vorschläge des Beauftragten und entscheidet. Bestätigt die <i>Nutzungsvereinbarung</i>. Validiert den <i>Qualitätssicherungsplan</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensioniert die betreffenden Bauwerkteile aufgrund der Materialeigenschaften der gewählten Materialien / Produkte. Beurteilt die technische Möglichkeit, recycelte mineralische Materialien zu verwenden. Berät den BAUH nach einem interaktiven Prozess BAUH <-> Beauftragter. Erarbeitet die <i>Nutzungsvereinbarung</i>. Erarbeitet die <i>Projektbasis</i>. Erarbeitet den <i>Qualitätssicherungsplan</i>. 			

	Bauherr (BAUH)	Beauftragter	Unternehmer	Bauunternehmer / Lieferant Lieferant
Phasen der Ausschreibung, Einladung, Verträge	<ul style="list-style-type: none"> - Legt das Ausschreibungsverfahren, die Vergabe- und Ausschlusskriterien usw. fest. - Legt die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der Ausschreibung fest. - Validiert die besonderen <i>Bestimmungen</i> der Ausschreibung. - Achtet auf die verwendeten Positionen im Zusammenhang mit recyceltem Beton, Kiessand und Mischgut und validiert diese. - Führt die Ausschreibung durch. - Entscheidet über die eventuell eingereichten Varianten. - Wählt den Bauunternehmer (eventuell den Lieferanten) aus und vergibt die Arbeiten. - Beteiligt sich an der Ausarbeitung des Werkvertrags und unterzeichnet ihn. 	<ul style="list-style-type: none"> - Erstellt das Leistungsverzeichnis, in das nach Möglichkeit möglichst viele Artikel aufgenommen werden, die die Verwendung von recycelten Materialien fördern. - Erstellt die besonderen <i>Bestimmungen</i> des Ausschreibungsdocuments und integriert alle Bedingungen in Bezug auf die Verwendung von Recyclingmaterialien/-produkten. - prüft die vom Bauunternehmer / Lieferanten übermittelten und den eingereichten Angebotsunterlagen beigefügten Zertifikate und Bescheinigungen. - Führt die technische Bewertung und Prüfung der eingereichten Angebote, einschließlich der Ausführungsvarianten, durch; unterstützt den BAUH bei der Auswahl des Bauunternehmers / Lieferanten. - Wirkt an der Ausarbeitung des Werkvertrags mit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Übermittelt dem/den Lieferanten die besonderen Bestimmungen und Ausschreibungsartikel, die sich auf die angeforderten recycelten Materialien / Produkte (Beton, Kiessand, Mischgut) beziehen. - Bietet die recycelten Materialien / Produkte in der richtigen Qualität und Menge an und reicht mit seinem Angebot die erforderlichen Zertifikate und Bescheinigungen ein. - Schlägt seine möglichen Nutzungsvarianten vor. - Beteiligt sich an der Ausarbeitung des Werkvertrags und unterzeichnet ihn. 	<ul style="list-style-type: none"> - Füllt das Angebot für den/die Auftragnehmer aus. - Übereignet dem (den) Auftragnehmer(n) die Testergebnisse, die erforderlichen Zertifikate und Bescheinigungen für die geforderten Produkte.
Realisierungsphase	<ul style="list-style-type: none"> - Übernimmt die OBL, allgemeine Bauleitung (eventuell auch die öBL, örtliche Bauleitung). - Erteilt die Materialprüfungsaufträge, die in der Zuständigkeit des BAUH liegen. - Führt die Bauabnahme durch. - Überwacht die Anwendung des <i>Qualitätssicherungsplans</i> durch Bevollmächtigte, Auftragnehmer und Lieferanten. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verfolgt und kontrolliert die Umsetzung und Implementierung. - Übernimmt eventuell die öBL der Arbeiten. - Hält die <i>Nutzungsvereinbarung</i> und die Projektbasis auf dem neuesten Stand. - Setzt den <i>Qualitätssicherungsplan</i> um, insbesondere: Bestellung und/oder Kontrolle von Prüfungen und Konformitätsbescheinigungen, Kontrolle von Lieferscheinen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Liefert bzw. verwendet die recycelten Materialien / Produkte in der erforderlichen Qualität. - Kontrolliert die Lieferung (Lieferscheine). - Wendet den <i>Qualitätssicherungsplan</i> an. 	<ul style="list-style-type: none"> - Liefert recycelte Materialien / Produkte in der erforderlichen Qualität. - stellt dem Auftragnehmer die zugehörigen Lieferscheine zur Verfügung.

Der Wille und die Bereitschaft zum Einbau von mineralischen Rückbaumaterialien auf Baustellen ist die gemeinsame Aufgabe aller Beteiligten, d. h. des Bauherrn, des Auftragnehmers, des Unternehmers und der Lieferanten. Nur durch eine vernünftige Zusammenarbeit – Hand in Hand – mit allen Beteiligten kann dieses Ziel erreicht werden.

1.6 Zusammengefasste Übersichtstabelle der Normen

DEFINITIONEN		Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien, Modul Bauabfälle, Vollzugshilfe VVEA, 2023
Mineralisches Rückbaumaterial	>	Abfälle aus der Bausubstanz, welche bei Rück- und Umbauarbeiten anfallen und zu über 95 Gewichtsprozent aus Steinen oder gesteinsähnlichen Bestandteilen bestehen. Die aber weder Aushubmaterial noch Boden sind.
Kategorien mineralischer Rückbaumaterialien	>	Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch, Ziegelbruch, restlichen mineralischen Bauabfälle.
Recyclingbaustoffe	>	Materialien, die aus mineralischen Rückbaumaterialien hergestellt werden.

HERSTELLUNG UND VERWENDUNG MINERALISCHER RÜCKBAUMATERIALIEN		UV-1826-D (BAFU 2023) und SN 670 071:2022-12 de
Kategorien mineralischer Rückbaumaterialien	Herkunft / Produktion	Recyclingbaustoffe
Ausbauasphalt	Aufbrechen / Fräsen von Asphaltsschichten	Anwendung ungebunden: > RC-Asphaltgranulatgemisch ; VSS 70 119:2021-10 de/fr --> Feinplanie Anwendung gebunden: > Ausbauasphalt für Asphaltmischgut ; SN EN 13108-8:2019-11 de > Asphaltbeton in Kaltbauweise für Fundationsschichten AFK ; VSS 40 492:2019 de/fr
Strassenaufbruch	Material, das aus ungebundenen Gesteinskörnungen besteht (Fundationsschichten)	Anwendung ungebunden: > RC-Kiesgemisch P ; VSS 70 119:2021-10 de/fr > RC-Kiesgemisch A ; VSS 70 119:2021-10 de/fr --> NICHT erlaubt für Strassen im Wallis > RC-Kiesgemisch B ; VSS 70 119:2021-10 de/fr Anwendung gebunden: > Hydraulisch gebundene Gemische ; SN 640 496-NA:2015 de/fr
Betonabbruch	Abbrechen / Fräsen von bewehrten oder unbewehrten Betonkonstruktionen	Anwendung ungebunden: > RC-Betongranulatgemisch ; VSS 70 119:2021-10 de/fr > RC-Kiesgemisch B ; VSS 70 119:2021-10 de/fr Anwendung gebunden: > Betongranulatgemisch ; SN 670 102b-NA:2009_EN 12620:2002+A1:2008 D > Recyclingbeton RC-C ; SN EN 206:2013+A2:2021 de, SIA 2030:2021 de
Mischabbruch	Aufbereiten Bauabfälle. Gemisch von Beton-, Backstein-, Kalksandstein- und Natursteinmauerwerk	Anwendung ungebunden: > RC-Mischgranulatgemisch ; VSS 70 119:2021-10 de/fr Anwendung gebunden: > Mischgranulatgemisch > Recyclingbeton RC-M ; SN EN 206:2013+A2:2021 de, SIA 2030:2021 de
Ziegelbruch	Grobkeramische nicht wieder verwendbare Dachziegel	> Herstellung von qualitätsgeprüftem Dachziegelgranulat

ZUSAMMENSETZUNG VON RECYCLINGBAUSTOFFEN							Tab. 1 VSS 70 119:2021-10 de/fr
Max. / Min. Anteile in Masse-% - ausser Kategorie FL in Volumen-%	Bitumenhaltige Materialien R _a	Ziegel, Mauersteine R _b	Beton R _c	Ungebundene und industr. hergest. Gesteinkörnungen, Naturstein R _u	Glas R _g	Sonstige Materialien X	Schwimmendes Material FL (%-vol)
RC-Asphaltgranulatgemisch: RC-AG		≤ 2		≤ 20	≤ 2	≤ 0,3	≤ 5
RC-Betongranulatgemisch: RC-BG		≤ 2	≥ 30	≤ 70	≤ 2	≤ 0,3	≤ 5
RC-Mischgranulatgemisch: RC-MG		≥ 95			≤ 2	≤ 1	≤ 5
RC-Kiesgemisch P: RC-P		≤ 1	≤ 4	≥ 95	≤ 2	≤ 0,3	≤ 5
RC-Kiesgemisch A : RC-A --> NUR bei Verwertung vor Ort		≤ 1	≤ 4	≥ 70	≤ 2	≤ 0,3	≤ 5
RC-Kiesgemisch B : RC-B		≤ 1	≤ 30	≥ 70	≤ 2	≤ 0,3	≤ 5

VERWENDUNG RECYCLINGBAUSTOFFE		Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien, Modul Bauabfälle, Vollzugshilfe VVEA, 2023		
Bezeichnung (RC-Kiesgemische gemäss VSS 70 119)	Zusammensetzung (in Gew.-%)	Einsatzform	Einsatz in der Grundwasserschutzzone S3	Einsatz im Gewässerschutzbereich A _u oder üB ⁺
RC-P	> 95 % natürliche Gesteinkörnung Summe (Fremdstoffe ¹ + Mischabbruch + Beton + Asphalt) < 5 % ¹ Fremdstoffe < 1 %	Ungebunden ohne Deckschicht	nein	ja
		Ungebunden mit Deckschicht	nein	ja
		Gebunden	oui	ja
RC-BG RC-B RC-MG Betongranulat (C) Mischgranulat (M)	< 95 % natürliche Gesteinkörnung Summe (Fremdstoffe ¹ + Mischabbruch + Beton + Asphalt ²) > 5 % ¹ Fremdstoffe < 1 % ² Asphalt < 5 %	Ungebunden ohne Deckschicht	nein	nein
		Ungebunden mit Deckschicht	nein	ja
		Gebunden	ja	ja
RC-AG RC-A Heissmischgut Fundationsschichten in Kaltbauweise AFK	< 95 % natürliche Gesteinkörnung Summe (Fremdstoffe ¹ + Mischabbruch + Beton + Asphalt ²) > 5 % ¹ Fremdstoffe < 1 % ² Asphalt > 5 %	Ungebunden ohne Deckschicht	nein	nein
		Ungebunden mit Deckschicht	nein	nein*
		Gebunden	ja	ja

* Die Anforderungen in Kap. 3.4.8 des vorliegenden Leitfadens müssen eingehalten werden.

* Der Einbau ist unter folgenden Bedingungen zulässig:

- > Reines Asphaltgranulat darf im Strassenbau als Planiematerial unter bituminöser Deckschicht verwendet werden
- > Strassenaufbruch, welcher vor Ort anfällt, darf ausschliesslich vor Ort wieder eingebaut werden.

Ungebundene Fundationsschichten, Schüttungen, Nähe zu Grundwasser

- > Wenn davon ausgegangen werden kann, dass die mineralischen Gesteinkörnungen, aus denen die Abbruchmaterialsorte besteht, bereits vor ihrer ersten Verwendung auf ihre Eignung geprüft wurden, kann auf eine erneute Eignungsprüfung verzichtet werden (vgl. SN 670 071:2022-12 DE und relevante Produktnormen).
- > Für mineralische Rückbaumaterialien, die den Qualitätsanforderungen für Recyclingprodukte entsprechen, gelten Einsatzbeschränkungen. Sie dürfen mit wenigen Ausnahmen nur unter einer Deckschicht oder in gebundener Form verwendet werden, wobei zudem Gewässerschutzvorschriften zu beachten sind (vgl. Kap. 3.4.2 bis 3.4.9 dieses Leitfadens).

Zulässige Zugabemengen von Ausbauasphalt (in Masse-%)		SN EN 13108-1:2022-09 de / SN EN 13108-7:2022-04 de / VSS 40 430:2022-09 de/fr	
Mischgutsorten und Mischguttypen	Kaltzugabe	Warmzugabe	
AC H, AC MR und SDA	0%	0%	Deckschichten aus Spezialmischgut
PA (neu)	≤ 10 %	≤ 10 %	Deckschichten aus offenerporiger Asphalt (PA)
AC S (neu), AC N und AC L	≤ 15 %	≤ 40 % *)	Deckschichten (*: begrenzt auf 20 % für AC S auf Kantonsstrassen)
AC B / AC EME	≤ 15 %	≤ 60 %	Binderschichten (AC B) und Hochmodul-Asphaltpeton (AC EME)
AC T / AC RAIL	≤ 25 %	≤ 80 %	Tragschichten (AC T) und Sperrschichten im Gleisbau (AC RAIL)
AC F	≤ 30 %	≤ 100 %	Fundationsschichten

Recyclingbeton Merkblatt SIA 2030/SN EN 206+A2

Recyclingbeton RC-C	Beton nach SN EN 206+A2, dessen Gesteinkörnungsgemisch mindestens 25 Massenprozent Betongranulat (C) enthält.
Recyclingbeton RC-M	Beton nach SN EN 206+A2, dessen Gesteinkörnungsgemisch mindestens 10 Massenprozent Mischgranulat (M) enthält.

Verwendung von Recyclingbeton Merkblatt SIA 2030/SN EN 206+A2

Recyclingbeton	Expositionsklasse				
	X0	XC2	XC3	XC4	XD, XF2-4 XA1-3
**nach entsprechenden Voruntersuchungen zulässig					
RC-C25 und RC-C50 25 M.-% ≤ C < 50 M.-% und 50 M.-% ≤ C ≤ 100 M.-%	zulässig (entspricht Sorte O, Sorte A, Sorte B und Sorte C)				Sorte D **
RC-M10 10 M.-% ≤ M < 40 M.-%	zulässig (entspricht Sorte O, Sorte A und Sorte B)			**	nicht zulässig
RC-M40 40 M.-% ≤ M ≤ 100 M.-%	zulässig (Sorte O)	**	**	**	

2. Verwertung: Allgemeine Grundsätze

2.1 Präambel

Dieses Kapitel behandelt die allgemeinen Grundsätze des Recyclings von mineralischen Baustoffen, die für rezyklierten Kiessand, Beton und Asphalt gelten. Es basiert weitgehend auf *dem Teil «Verwertung von mineralischen Rückbaustoffen» des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur VVEA* (im Folgenden *BAFU, 2023*). Alle Umweltfragen werden in diesem BAFU-Dokument behandelt, während für die technischen Aspekte die Normen herangezogen werden müssen.

Unter Bauabfällen im Sinne von Art. 3 lit. e der Abfallverordnung (*VVEA, 2023*) versteht man alle Abfälle, die bei Neubau-, Umbau- oder Rückbauarbeiten von ortsfesten Anlagen anfallen. Diese Abfälle können eine sehr unterschiedliche Zusammensetzung aufweisen. Die Tatsache, dass die VVEA spezifische Bestimmungen zur Entsorgung der betreffenden Abfälle enthält, hat keinen Einfluss auf die Einstufung des Abfalls als Baustellenabfall.

Damit die besondere Klassifizierung von Bauabfällen genau definiert werden kann, muss man sich auf den Aufbau *Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur VVEA* stützen. Dieses Modul besteht aus den folgenden Teilen:

- Ermittlung von Schadstoffen und Angaben zur Entsorgung von Bauabfällen,
- Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial,
- Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien.

In diesem Dokument interessiert uns nur der Teil «Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien». Beachten Sie, dass die Endlagerung von Bauabfälle nicht Teil des oben genannten Moduls ist.

Der Geltungsbereich des Teils «Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien» umfasst mineralische Abfälle aus dem Abbruch von Bauwerken im Sinne von Art. 20 VVEA. Dazu gehören alle legal zu Bauzwecken verwendeten Bauteile eines Gebäudes, also auch Fundamentalschichten aus Primär- oder Sekundärrohstoffen mit einer definierten Zusammensetzung und Sieblinie, die sich unter einem dichten Belag befinden.

Für Recyclingbaustoffe, die aus mineralischen Rückbaumaterialien hergestellt werden, gelten Nutzungsbeschränkungen.

Die Verwendung von Recyclingbaustoffe ist mit wenigen Ausnahmen nur unter einer Deckschicht oder in gebundener Form zulässig, wobei zudem Gewässerschutzvorschriften eingehalten werden müssen. Darüber hinaus muss die Zusammensetzung des Recyclingmaterials bestimmte Anforderungen erfül-

len, die sich hauptsächlich aus den SN- und EN-Normen ergeben.

Die Unterscheidung zwischen Aushub- und Ausbruchmaterial und ungebundenem Rückbaumaterial (z. B. Unterscheidung zwischen Kiesfundament und nicht bituminösem Material aus Strassenaufbruch) ist daher aufgrund der Unterschiede, die für die Entsorgung gelten, zwingend erforderlich.

Die Umsetzung der genannten Grundsätze und gesetzlichen Anforderungen soll dazu führen, dass die Kreislaufwirtschaft immer weiter vorangetrieben wird, indem die Auswirkungen auf die Landschaft durch eine Verringerung der abgebauten Mengen und der in Endlagern gelagerten Abfälle verringert werden.

2.2 Allgemeine Grundsätze

Die allgemeinen Grundsätze der Abfallbewirtschaftung im Wallis werden im kantonalen Abfallbewirtschaftungsplan entwickelt (DUW, 2023).

Die allgemeinen Prinzipien, die für die Verwertung von mineralischen Bauabfällen gelten, werden im Folgenden und in den folgenden Kapiteln dargestellt

- Zunächst geht es darum, den Rückbau frühzeitig und genau zu planen (Kap. 2.3), damit möglichst viel Abfall wiederverwertet werden kann
- Anschliessend ist ein selektiver Rückbau obligatorisch (Kap. 2.4, Abfalltrennung), um eine ausreichende Qualität der zukünftigen Recyclingbaustoffen zu gewährleisten.
- Die Grundsätze der Behandlung von mineralischen Bauabfällen (Kap. 2.5) bestehen darin, recyceltes Material für einen Zweck zu verwenden, der seiner ursprünglichen Funktion ähnlich ist, und so ein Downcycling zu vermeiden. Der zugrunde liegende Gedanke ist, die Möglichkeit eines erneuten Recyclings zu erhalten.
- Schliesslich ist es bei der Herstellung von Recyclingbaustoffen (Kap. 2.6) verboten, den Abfall zu mischen, um die Schadstoffe zu verdünnen.

Was die Einrichtung und den Betrieb von **Anlagen zur Verwertung mineralischer Abfälle** (AVMA) betrifft, so ist auf die kantonale Vollzugshilfe zu diesem Thema zu verweisen:

Vollzugshilfe, Einrichtung und Betrieb von Anlagen zur Verwertung mineralischer Bauabfälle (DUW, erscheint 2024)

2.3 Planung vor dem Rückbau

Wenn die Menge an Bauabfällen voraussichtlich 200 m³ überschreitet oder wenn umwelt- oder gesundheitsgefährdende Schadstoffe in den Bauabfällen zu erwarten sind (wie PCB, PAK, Blei oder Asbest), muss der Bauherr in seinem Baugesuch folgendes Dokument einreichen (Art. 16 VVEA):

Ein Entsorgungskonzept der anfallenden Bauabfälle.

Dieses Entsorgungskonzept muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- vorgesehene Abfallarten, ihre Eigenschaften und Mengen;
- die Ergebnisse der Schadstoffdiagnose, d. h. die Schadstoffe, die aufgrund der Art der vorhandenen Materialien (z. B. Teer oder Asbest) auf der Baustelle zu erwarten sind und/oder die aus der

industriellen oder gewerblichen Nutzung des Geländes resultieren könnten (eine Liste, die auf der Grundlage einer Sichtprüfung und der Einsicht in die Akten erstellt wird), sowie der Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und anderen Schadstoffen, um z. B. teerhaltige Materialien zu identifizieren und getrennt zu entsorgen;

- Die Wege und Einrichtungen zur Abfallentsorgung.

Dieses Konzept dient als Grundlage für die umweltgerechte Entsorgung aller Abfälle. Der Schwerpunkt sollte dabei auf der Verwertung liegen. Das Abfallentsorgungskonzept sollte so früh wie möglich in der Entwicklung eines Projekts erstellt werden und wird während des Projekts aktualisiert. In der Praxis bedeutet dies, dass das Dokument Entsorgungstabelle Bauabfälle ausgefüllt werden muss, das auf der Plattform <https://www.abfall.ch/> verfügbar ist. Anhang A2 des Moduls Bauabfälle der Vollzugshilfe VEA gibt ebenfalls Auskunft darüber, wie das oben genannte Dokument auszufüllen ist.

Um eine hohe Verwertungsquote zu erreichen, wird das Entsorgungskonzept die gesamte untenstehende Prozesskette (Abb. 2.1) berücksichtigen, von der Identifizierung der Schadstoffe bis hin zu den produzierten Recyclingbaustoffen.

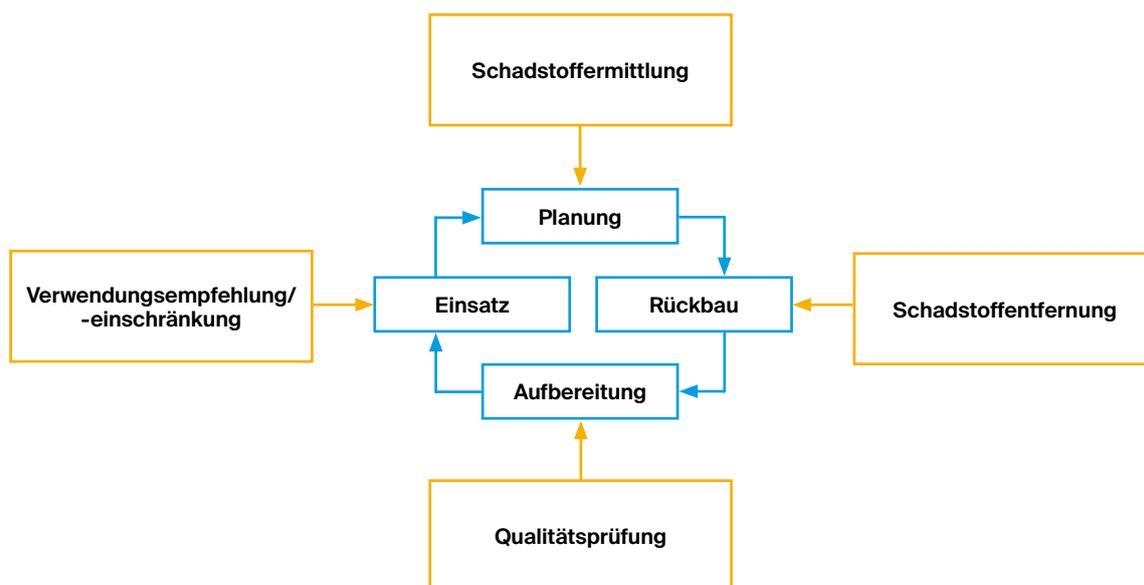


ABB. 2.1 - HERSTELLUNG UND VERWENDUNG VON RECYCLINGBAUSTOFFEN: PROZESSKETTE.

Quelle: Abb. 2 aus BAFU 2023.

2.4 Getrennter Rückbau

2.4.1 Allgemeines

Im Allgemeinen geht es darum, die wiederverwendbaren Elemente zu demontieren, ohne sie zu zerstören. Man spricht hier tatsächlich von Rückbau und nicht mehr von Abriss.

Im Einzelnen handelt es sich um:

- dafür sorgen, dass Sonderabfälle getrennt gesammelt und den richtigen Entsorgungswegen zugeführt werden (Art. 17 Abs. 1 VVEA), sowie
- **die übrigen Bauabfälle** (Art. 17 Abs. 1 VVEA) **direkt auf der Baustelle trennen** in:
 - abgetragener Ober- und Unterboden;
 - unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial;
 - andere mineralische Bauabfälle;
 - weitere stofflich verwertbare Abfälle wie Glas, Metalle, Holz und Kunststoffe, jeweils möglichst sortenrein;
 - brennbare Abfälle, die nicht stofflich verwertbar sind;
 - anderer Abfälle.
- Was **andere mineralische Bauabfälle betrifft**, so müssen diese auf der Baustelle sortiert werden in:
 - Ausbauasphalt;
 - Betonabbruch;
 - Strassenaufbruch;
 - Mischabbruch;
 - Ziegelbruch;
 - andere recycelbare mineralische Bauabfälle, die so sauber wie möglich sortiert werden, wie z. B. Gips;
 - andere mineralische Bauabfälle.

Die Behörde kann eine weitergehende Trennung verlangen, wenn dadurch zusätzliche Fraktionen des Abfalls verwertet werden können (Art. 17 Abs. 3 VVEA).

Damit die Sortierung bei Abbruch- oder Transformationsarbeiten organisiert werden kann, ist ein «Rückbau», der sich in umgekehrter Reihenfolge an die früheren Bauetappen hält, zwingend erforderlich.

Der Bauherr muss die erforderliche Qualität des Recyclingmaterials für die Kategorien mineralischer Bauabfälle gewährleisten, die nach einem Rückbau ohne Vorbehandlung direkt als Recyclingbaustoffe verwendet werden.

Wenn der Bauherr vorsieht, diese Materialien auf der Baustelle zu verwenden, wo diese angefallen, muss er vor Beginn der Bauarbeiten nachweisen, dass die recycelten Materialien die Qualitätsanforderungen dieses Dokuments erfüllen.

2.4.2 Besondere Anforderungen an Materialien aus Strassenaufbruch

In dieser Tabelle sind die Anforderungen aufgeführt, die speziell für bituminöse Abbruchmaterialien und nicht-bituminöses Materialien aus Strassenaufbruch gelten, und zwar sowohl hinsichtlich der Bestimmung der Schadstoffe als auch hinsichtlich des Rückbaus und der Entsorgung.

TAB. 2.1 - SCHADSTOFFBESTIMMUNG UND RÜCKBAU VON BITUMINÖSEN MATERIALIEN.

Quelle: Tabelle 1 aus BAFU 2023

	Schadstoffermittlung	Rückbau und Entsorgung
Ausbauasphalt	<p>Der zu entsorgende Ausbauasphalt muss gemäss der Vollzugshilfe «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich» auf seine PAK-Konzentration untersucht werden. Bis zu einer Bagatellgrenze von 30m³ ist auch eine Vor-Ort-Analytik z. B. mit einem PAK-Marker-Spray zulässig. Ob die Deck-, Trag- und Binderschicht separat oder der Belag gesamthaft untersucht werden muss, ist von der Art des Ausbaus und den dabei anfallenden Abfallchargen abhängig.</p> <p>Die Anzahl Proben ist abhängig:</p> <ul style="list-style-type: none"> > von der Homogenität und Länge des zu sanierenden Strassenabschnitts > vom Mischguttyp > vom Alter des Belags 	<p>Beim Rückbau muss eine Vermischung der bituminös gebundenen Schicht mit dem Kieskoffer verhindert werden. Nach dem maschinellen Ausbau der gebundenen Schichten sind stückige Reste von Ausbauasphalt von der Oberfläche des Kieskoffers zu entfernen.</p> <p>Ausbauasphalt ist in Abhängigkeit seiner PAK-Konzentration unter Einhaltung der Vorgaben nach Art. 20 und 52 VVEA prioritär für die Belagsproduktion zu verwerten. Ist eine Verwertung nicht möglich, kann er gemäss Anhang 5 VVEA abgelagert werden.</p>
Strassenaufbruch	<p>Ohne konkrete Hinweise auf eine Verschmutzung der Fundation mit PAK oder anderen Schadstoffen ist keine Analyse der Kiesfundation nötig.</p> <p>In folgenden Fällen muss die PAK-Konzentration des Strassenaufbruchs chemisch analysiert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Die bituminöse Schicht im Kontakt mit dem Kieskoffer weist eine PAK-Konzentration von > 1000 mg/kg auf. > In der Vergangenheit wurde eine Schottertränkung in den Strassenkörper eingebracht. > Der Strassenaufbruch riecht auffällig. > Es liegen Hinweise (z. B. Pläne, Unterlagen) vor, dass bei früheren Sanierungen bituminöse Schichten mit > 1000 mg/kg PAK oder Schottertränkungen ausgebaut wurden. <p>In folgenden Fällen muss eine Analyse aller relevanten Schadstoffe nach VVEA durchgeführt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Es sind sichtbare Fremdstoffe (z. B. alte Schlacken, Giessereisande, nichtmineralische Anteile gemäss Kapitel 3.3) vorhanden. > Es handelt sich um einen belasteten Standort. 	<p>Der Anfall von Strassenaufbruch mit > 4 % Asphalt ist durch einen geeigneten Rückbau zu vermeiden. Für die Aufbereitung gelten die Einschränkungen gemäss Kapitel 3.4, für die Verwertung vor Ort die Vorgaben gemäss Kapitel 3.4.3.</p> <p>Strassenaufbruch ist vor Ort zu verwerten. Ist eine Verwertung nicht möglich, kann Strassenaufbruch, welcher</p> <ul style="list-style-type: none"> > ursprünglich als Kiesfundation eingebaut wurde und > für den keine konkreten Hinweise auf eine Verschmutzung mit PAK (vgl. Spalte Schadstoffermittlung) vorliegen, gemäss Anhang 5 Ziffer 2.1 Bst. g VVEA auf einer Deponie Typ B abgelagert werden. <p>Der Strassenaufbruch muss gemäss seiner PAK-Konzentration vor Ort verwertet (PAK-Grenzwert Anhang 3 Ziffer 2 VVEA eingehalten), behandelt oder unter Einhaltung der PAK-Grenzwerte nach Anhang 5 Ziffern 2.3 (Deponie Typ B) resp. 5.2 (Deponie Typ E) VVEA abgelagert werden.</p> <p>Der Strassenaufbruch muss gemäss seinen Schadstoffkonzentrationen vor Ort verwertet (Grenzwerte Anhang 3 Ziffer 2 VVEA eingehalten), behandelt oder unter Einhaltung der VVEA-Grenzwerte nach Anhang 5 Ziffer 2.3 (Deponie Typ B) resp. 5.2 VVEA (Deponie Typ E) abgelagert werden.</p>

2.5 Behandlung von mineralischen Bauabfällen

2.5.1 Grundsätze

Die Aufbereitung von mineralischen Bauabfällen umfasst alle Vorgänge, die aus Sortieren, Ausscheiden von unerwünschten Verunreinigungen, Brechen und Klassieren bestehen. Ziel der Aufbereitung ist es, Recyclingbaustoffe zu erhalten, das sowohl den Umweltaanforderungen (insbesondere dem Schutz des Grundwassers) als auch den technischen Anforderungen entspricht.

Recycelte Materialien sollen optimal genutzt werden, wobei die **Möglichkeit eines erneuten Recyclings erhalten bleiben soll**. Um dieses Ziel zu erreichen, sollte ein recyceltes Material für einen seiner ursprünglichen Funktion ähnlichen Zweck verwendet und ein Downcycling vermieden werden.

Unter Downcycling versteht man die Behandlung von Recyclingbaustoffen, die im Vergleich zum Ausgangsmaterial zu geringerwertigen Stoffen führt, was eine Abwertung darstellt.

Aus diesem Grund wird ein Material, das bituminöse Bestandteile enthält, nicht mit einem hydraulischen Bindemittel gebunden. Ebenso wenig wird man ein Material, das Betonbestandteile enthält, mit einem bituminösen Bindemittel binden.

2.5.2 Mineralische Rückbaumaterialien und Qualitätsanforderungen an Recyclingbaustoffe und -produkte

Aus mineralischen Rückbaumaterialien können die folgenden Recyclingbaustoffen und -produkte hergestellt werden:

TAB. 2.2 - RÜCKBAUMATERIALKATEGORIEN UND RECYCLINGBAUSTOFFE

Quelle: Tabelle 2 aus BAFU 2023

Rückbaumaterial	Recyclingbaustoff	Technische und materialspezifische Anforderungen an Recyclingprodukte
Betonabbruch	Betongranulat	- RC-Grundnorm SN 670 071 - SN EN 13285 Ungebundene Gemische – Anforderungen
Mischabbruch	Mischabbruchgranulat	- VSS 70 119 Ungebundene Gemische – Technische Lieferanforderungen
Ausbauasphalt	Asphaltgranulat	- SN EN 206 Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
Strassenaufbruch/ungebundenes Rückbaumaterial	Recyclingkiesgemische	- Merkblatt SIA 2030, Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen - SN EN 13108-x, Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen
Ziegelbruch	Dachziegelgranulat gemäss Anhang A1	- SN EN 12620 Gesteinskörnungen für Beton

Damit die aufbereiteten Bauabfälle als Recyclingbaustoffe umweltverträglich gemäss Vollzugshilfe verwertet werden können, muss der Fremdstoffanteil weniger als 1 Gewichtsprozent betragen. Als Fremdstoffe gelten z. B.: Gips, mineralische Dämmstoffe sowie alle nicht mineralischen Anteile, insbesondere: organische Dämmstoffe, Papier und Karton, Kunststoffe, Holz, Metalle, Gummi.

Damit Recyclingbaustoffe als recycelte Produkte eingestuft werden können, müssen die Anforderungen der entsprechenden Normen erfüllt und ihre Einhaltung nachgewiesen werden.

Wenn nach der Behandlung die erforderliche Qualität nicht erreicht wird und auch nicht durch mögliche weitere Schritte erreicht werden kann, muss das Material gemäss der VVEA entsorgt werden.

2.5.3 Aufbereitungsprozess

Mineralische Recyclingbaustoffen können durch mechanische Verfahren auf trockenem oder nassem Weg aufbereitet werden.

- Bei der trockenmechanischen Aufbereitung wird das Abbruchmaterial zerkleinert und nach Korngrössen fraktioniert. Die Schadstoffe reichern sich in der Feinfraktion an.
- Bei der nassmechanischen Aufbereitung wird das Material zerkleinert und anschliessend physikalisch nach seiner Dichte getrennt. So werden die Fraktionen gereinigt und die Schadstoffe konzentrieren sich in der Feinfraktion (Flotationsschaum, Filterkuchen).

Bei der Herstellung von Recyclinggranulaten für **ungebundene Anwendungen** muss die Feinfraktion (Korngrösse kleiner als 8 mm) von unsortiertem mineralischem Recyclingmaterial vor der Trockenaufbereitung gesiebt werden, um Schadstoffe zu entfernen. Bei der Nassaufbereitung ist der Filterkuchen zu entnehmen und zu verwerten bzw. nach den Vorgaben in Abschnitt 2.5.4 zu entsorgen.

Bei der Herstellung von Recyclinggranulaten für **gebundene Anwendungen** ist es nicht notwendig, die Feinfraktion aus unsortiertem Abbruchmaterial zu extrahieren.

2.5.4 Entfernung von Feinfraktionen

Die gesiebte Feinfraktion aus der Trockenaufbereitung sowie der Filterkuchen aus der Nassaufbereitung müssen gemäss dem Modul «Probenahme fester Abfälle» der Vollzugshilfe zur VVEA, chemisch analysiert werden. Folgende Entsorgungswege sind unter Einhaltung der entsprechenden Anforderungen möglich; dabei ist die Verwertung als Sekundärrohstoff der Ablagerung vorzuziehen:

- Zuschlagstoff für Beton oder Zusatzstoff für Zement (Anhang 3 Ziff. 2 VVEA i. V. m. Anhang 4 Ziff. 3.1 Bst. f VVEA)
- Rohstoff für die Herstellung von Zement (Anhang 4 VVEA)
- Deponie des Typs B (Anhang 5 Ziff. 2.3 VVEA)
- Deponie des Typs E (Trockenbehandlung: Anhang 5 Ziff. 5.1 Bst. c VVEA; Nassbehandlung: Anhang 5 Ziff. 5.2 VVEA).

2.6 Herstellung von Recyclingbaustoffen

2.6.1 Herstellung von Recyclingmaterial

Es ist verboten, Rückbaumaterialien und Recyclingbaustoffe mit anderen Abfällen oder anderen Stoffen zu vermischen, **wenn dies in erster Linie dazu dient, den Schadstoff- oder Fremdstoffgehalt der Abfälle durch Verdünnen herabzusetzen** und dadurch Vorschriften über die Abgabe, die Verwertung oder die Ablagerung einzuhalten (**Art. 9 VVEA**).

Ebenso darf zur Schonung der natürlichen Ressourcen Primärkies **nur zu Bauzwecken** mit Recyclingmaterialien vermischt werden (**Art. 1 Bst. c VVEA**).

Andere Materialien, wie z. B. Kies, können hingegen den Recyclingbaustoffen aus der Aufbereitung zugesetzt werden, wenn dies notwendig ist, um **die von der Norm geforderten bautechnischen Eigenschaften zu erreichen**. Das Gegenteil, d. h. die Zugabe von Recyclingbaustoffen zu Primärkies, ist hingegen verboten.

Es sollte darauf geachtet werden, dass nur Recyclingbaustoffen hergestellt werden, die mehrfach wiederverwertet werden können.

Um die Einhaltung dieses Prinzips zu gewährleisten, dürfen Asphalt, Beton und Ziegelsteine nicht vermischt werden (es gelten die folgenden Regeln: «Schwarz zu Schwarz», «Grau zu Grau» und «Rot zu Rot»).

2.6.2 Einschränkungen für asphalthaltig Bauabfälle und Recyclingbaustoffe

Bituminöses Abbruchmaterial (Ausbauasphalt) und Asphaltgranulat sollten **vorrangig in gebundener Form** für die Herstellung von Asphalt **verwertet** werden.

In ungebundener Form dürfen sie ausschliesslich im Strassenbau als **Ausgleichsschicht (oder Planiematerial)** unter einer Deckschicht verwendet werden. Sie dürfen nicht mit anderen Materialarten vermischt werden.

Kiesgemisch mit einem Anteil an bituminösem Material von mehr als 4 % (früher RC-Kiesgemisch A), der beim Rückbau anfällt, **darf nur am Ort der Gewinnung in ungebundener Form wiederverwendet werden**.

Weitere Einzelheiten zur Herstellung und Verwendung von recyceltem Kiessand finden Sie in [Kap. 3.2 ff.](#) dieses Leitfadens.

3. Recyclingkiesgemisch

3.1 Präambel

Dieses Kapitel befasst sich mit recyceltem Kiessand. Es stützt sich auf die Normen (hauptsächlich VSS), was die Technik betrifft, und auf den Teil «Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien» des Moduls Bauabfälle der Vollzugshilfe zur VVEA (nachfolgend: BAFU 2023), was die Verwendungsbeschränkungen im Zusammenhang mit dem Grundwasserschutz betrifft.

Für die Aspekte, die sich auf die Praktiken der Dienststelle für Mobilität (DFM) beziehen, verweist dieses Kapitel auf den internen Bericht «Strategie zum Einsatz von ungebundenen Gemischen als Fundamentalschichten im Strassenbau» von Ende 2023 der DFM.

3.2 Herstellung von Kiessand

Die allgemeinen Prinzipien, die mit der Herstellung von Recyclingbaustoffe verbunden sind, werden in Kap. 2.6 dieses Leitfadens entwickelt.

Zur Erinnerung: Es ist verboten, Rückbaumaterialien und Recyclingprodukte mit anderen Abfällen oder anderen Stoffen zu mischen, **wenn dies in erster Linie dazu dient, den Schadstoff- oder Fremdstoffgehalt der Abfälle durch Verdünnen herabzusetzen (Art. 9 VVEA).**

3.2.1 Zugabe von Primärkies

Die Beimischung von Recyclingbaustoffe (vgl. Tab. 2.2 im Kap. Verwertung) zum Primärkies ist für die Herstellung von Recyclingkiesgemisch **nicht zulässig**. Die Zugabe von Primärkies zu Recyclingkiesgemischen ist hingegen **zulässig, und zwar ausschliesslich zur Erzielung der gewünschten technischen Eigenschaften**; der Anteil des zugegebenen Primärmaterials **darf 20 % des Recyclingkiesgemisches nicht überschreiten**.

Die Zugabe von Primärkies **ist nicht erlaubt, um aus einer Kiesfundation ein Recyclinggemisch herzustellen, der geringeren Anwendungseinschränkungen unterliegt** (z. B. eine Zugabe von Primärkies, damit der Betonanteil < 4 % beträgt).

3.2.2 Zugabe von Kies aus der Aufbereitung von Aushubmaterial

Die Kiesfraktion aus der Aufbereitung von unverschmutztem Aushubmaterial wird mit Primärkies gleichgesetzt.

Um für die Herstellung von Recyclingbaustoffe verwendet werden zu können, muss die Kiesfraktion aus der Aufbereitung von verunreinigtem Aushubmaterial (z. B. durch Bodenwäsche):

- die in Anhang 3 Ziff. 2 VVEA festgelegten Grenzwerte einhalten und
- darf neben natürlichen Gesteinskörnungen nur mineralische Rückbaustoffe im Sinne dieser technischen Anleitung (vgl. Tab. 2.2 im Kap. Verwertung) und keine anderen Fremdstoffe enthalten.

3.3 Spezifikationen bei der Lieferung von ungebundenen Gemischen

3.3.1 Bedeutung der Schweizer Standards für Recyclingprodukte

Richtlinien für die Zusammensetzung von Recyclingbaustoffe finden sich in der Schweizer Gesetzgebung und in den Normen für Bauprodukte. In dieser Hinsicht gilt insbesondere die VSS-Norm 70 119 (2021-10-30) sowie die SN EN 13242+A1 (2021-10-30) und die SN EN 13285 (2021-10-31).

Die Norm VSS 70 119 legt die technischen Anforderungen bei der Lieferung für Ungebundene Gemische fest, die aus natürlichen, industriell hergestellten und recycelten Gesteinskörnungen hergestellt werden und für den Bau und die Instandhaltung von Strassen, Flugplätzen und anderen Verkehrsflächen verwendet werden.

3.3.2 Klassifizierung und Bezeichnung der Gemische

Die Bezeichnung der Materialien bzw. der Anteil an recycelten oder industriell hergestellten Materialien, sowie die Klassifizierung der Bestandteile muss angegeben werden.

RC-Kiesgemische werden gemäss den Anforderungen des folgenden Schemas definiert:

Bezeichnungen

Die üblicherweise verwendeten Gemische sind: 0/16, 0/22, 0/45.

Die Bezeichnung eines ungebundenen Gemisches lautet wie folgt

- **Für Gemische aus natürlichen Vorkommen**
UG O/D nach SN EN 13285, aus Y, über Depot Z
- **Für Gemische aus Recyclingmaterial oder industriell hergestellten Gesteinkörnung**
UG Bez. O/D nach SN EN 13285, aus Y, über Depot Z.

Mit

D: Maximales Grösstkorn

Y: Herkunft der Mischung

Z: Depot, aus dem die Mischung geliefert wird

Bez.: Angabe des Materials aus nicht natürlichen Vorkommen oder aus industrieller Herstellung (inklusive Recyclingmaterial)

Die folgenden Abkürzungen können verwendet werden (die Prozentanteile von industriell hergestellten Gesteinskörnungen sind zusätzlich zu deklarieren)

- RC-Asphaltgranulatgemisch: RC-AG
- RC-Betongranulatgemisch: RC-BG
- RC-Mischgranulatgemisch: RC-MG
- RC-Kiesgemisch P: RC-P
- RC-Kiesgemisch A: RC-A
- RC-Kiesgemisch B: RC-B
- Elektroofenschlacken-Granulat: EOS-G

3.3.3 Bezeichnung und Zusammensetzung des Recyclingkiesgemisches

Damit wiederaufbereitete Bauabfälle als **Recyclingprodukte** eingestuft werden können, müssen die folgenden Anforderungen nach dem Stand der Technik kumulativ erfüllt sein.

Die Eigenschaften und Anforderungen an ungebundene Gemische Kiessand (UG) oder RC- Recyclingbaustoffe werden hauptsächlich in **VSS 70 119, Ausgabe 2021-10** (ungebundene Gemische, technische Lieferanforderungen), **SN EN 13285 und nationaler Anhang, Ausgabe 2021-10** (Ungebundene Gemische) sowie **SN EN 13242 + A1, Ausgabe 2021-10** (Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische, die für Ingenieur- und Strassenbau) detailliert beschrieben sind.

TAB. 3.1 - ZUSAMMENSETZUNG VON RECYCLINGKIESGEMISCHEN,
basierend auf 70 119

Bezeichnung nach (SN-670 050)	Zusammensetzung (Réf. SN EN 13242)						
	Ra	Rb	Rc	Ru	Rg	X	FL
	[Masse -%]						[cm ³ .kg ⁻¹]
RC-Asphaltgranulatgemisch (UG RC-AG)	≥ 80	Rb + Rc ≤ 2		≤ 20	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
RC-Betongranulatgemisch (UG RC-BG)	≤ 4	≤ 2	≥ 30	≤ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
RC-Mischgranulatgemisch (UG RC-MG)	≤ 4	Rb + Rc + Ru ≥ 95			≤ 2	≤ 1	≤ 5
RC-Kiesgemisch P (UG RC-P)	≤ 4	≤ 1	≤ 4	≥ 95	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
RC-Kiesgemisch A (UG RC-A)	≤ 30	≤ 1	≤ 4	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5
RC-Kiesgemisch B (UG RC-B)	≤ 4	≤ 1	≤ 30	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5

Legende:

Ra - Bituminöses Material [Masse -%].

Rb - Elemente aus gebranntem Ton (Backsteine und Dachziegel), Kalksandsteine, nicht schwimmender Porenbeton [Masse -%].

Rc - Beton, Betonprodukte, hydraulisch gebundene Gesteinskörnungen (stabilisierte Schichten), Mörtel, Betonteile [Masse -%].

Ru - Ungebundene und industriell hergestellte Gesteinskörnungen, Naturstein [Masse-%].

Rg - Glas [Masse -%]

X - Andere Materialien (Metalle, Holz, nicht schwimmende Kunststoffe und Gummi, Gips) [Masse-%].

FL - Schwimmendes Material [cm³.kg⁻¹]

Wie später ersichtlich sein wird, darf UG RC-Kiesgemisch A aus Umweltgründen nicht mehr hergestellt werden.

Speziell bei der Verwendung von Recyclinggranulaten kann der Anteil der Hauptbestandteile des Kies-sands (Betongranulat, Asphaltgranulat, ungebundene Gesteinskörnungen) um + oder - 25% (relativ) von der deklarierten Zusammensetzung abweichen. Die Höchst- und Mindestwerte der einzelnen Komponenten sind in jedem Fall einzuhalten. Quelle: SN EN 13285, Nationaler Anhang, Art. 13.1.

Die Klassifizierung der Hauptbestandteile sowie ihr angegebener Prozentsatz, unter Beachtung der Sieblinie von ungebundenen Gemischen UG sowie der verschiedenen normativen Referenzwerte, qualifizieren den gelieferten Kies und seine mögliche Verwendung eindeutig.

Altmaterial, das die erforderliche Qualität nicht erreicht, wird entweder in den Aufbereitungskanal zurückgeführt und vor der Verwendung erneut auf seine Qualität geprüft oder gemäss der VVEA entsorgt. Die folgende Abbildung veranschaulicht dies.

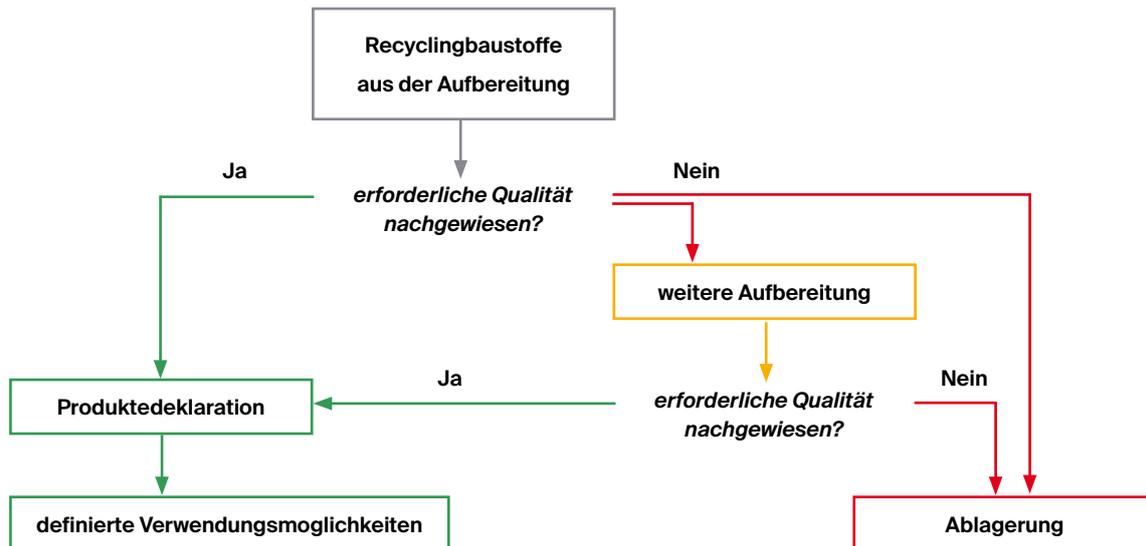


ABB. 3.1 - HERSTELLUNG UND VERWENDUNG VON RECYCLINGMATERIAL: PROZESSKETTE.

Quelle: Abbildung in Anlehnung an Abb. 3 der BAFU-Richtlinie 2006 (nicht mehr gültig)

3.4 Erlaubte Verwertungen und Einschränkungen

Im Allgemeinen gelten für eine nachhaltige Nutzung von Ressourcen die folgenden beiden Prinzipien:

- Die Zirkularität von Baumaterialien muss über mehrere Lebenszyklen hinweg aufrechterhalten werden; kein Downcycling.
- Es soll verhindert werden, dass Recyclingbaustoffe mit Wasser in Kontakt kommen und mögliche Schadstoffe ausgewaschen werden; Anwendung des Vorsorgeprinzips und Anwendung von Art. 6 GSchG.

3.4.1 DFM-Verwendungsbedingungen für Fundationsschichten im Strassenbau

Bevor die Nutzungsbeschränkungen im Zusammenhang mit dem Grundwasserschutz definiert werden (siehe folgende Kap.), werden hier zur Information die von der Dienststelle für Mobilität (DFM) des Staates Wallis zugelassenen Nutzungen eingetragen.

TAB. 3.2 - HERSTELLUNG UND VERWENDUNG VON RECYCLINGBAUSTOFFE FÜR DIE DFM

Quelle: Tab.1 Richtlinie zum Einsatz von ungebundenen Gemischen als Fundationsschichten im Strassenbau (DFM 2023)

Bezeichnung nach (SN-670 050)	Zusammensetzung (Ref. SN EN 13242)							Bestimmungen der DFM
	Ra	Rb	Rc	Ru	Rg	X	FL	
	[Masse -%]						[cm ³ . kg ⁻¹]	
RC- Asphaltgranulatgemisch (UG RC-AG)	≥ 80	Rb + Rc ≤ 2		≤ 20	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	Verwendung nur als Feinplanie (Ausgleichsschicht) und mit einer wasserdichten Deckschicht abgedeckt
RC Betongranulatgemisch (UG RC-BG)	≤ 4	≤ 2	≥ 30	≤ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	Nicht als Fundamentschicht erlaubt
RC Mischgranulatgemisch (UG RC-MG)	≤ 4	Rb + Rc + Ru ≥ 95			≤ 2	≤ 1	≤ 5	Nicht als Fundamentschicht erlaubt
RC-Kiesgemisch P (UG RC-P)	≤ 4	≤ 1	≤ 4	≥ 95	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	Wird wenn möglich im Falle von Strassenrückbau vorrangig vor Ort verwertet, eventuell Rückgewinnung aus anderem, nicht strassengebundenem Rückbau
RC-Kiesgemisch A (UG RC-A)	≤ 30	≤ 1	≤ 4	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	In-situ-Aufwertung (Zugabe von maximal 20% Primärkies, nur um die von der Norm geforderten technischen Eigenschaften zu erreichen) eines alten RC-Kiessandes A, als Fundationsschicht und abgedeckt mit einer wasserdichten Deckschicht
RC-Kiesgemisch B (UG RC-B)	≤ 4	≤ 1	≤ 30	≥ 70	≤ 2	≤ 0.3	≤ 5	-

Legende: wie Definitionen in Tabelle 3.1, oben

Für RC-BG (Betongranulatgemisch) und RC-MG (Mischgranulatgemisch) gilt eine kantonale Beschränkung für die Verwendung im Unterbau von Fahrbahnen. Diese einschränkende Anforderungen ergeben sich aus einer verminderten Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit sowie einem veränderten Wasseraufnahmekoeffizienten.

Die Herstellung und Lieferung von RC-Kiesgemisch A als Foundationsschicht ist aus offensichtlichen Umweltgründen (schwarzes und graues Gemisch) zu verbieten. Es ist nur möglich, ein altes, bereits vorhandenes RC-Kiesgemisch A am Ort des Anfalls aufzuwerten (Zugabe von maximal 20% Primärkies, nur um die von der Norm geforderten technischen Eigenschaften zu erreichen), als Foundationsschicht zu verwenden und mit einer Deckschicht abzudecken. In diesem Fall spricht man von einer eigenständigen Baustelle. Siehe Kap. 3.4.9.

Zu weiteren Einschränkungen der Verwendung von RC-Kiesgemisch, insbesondere in Bezug auf die Umwelt, siehe die folgenden Kapitel.

3.4.2 Verwertung in gebundener Form

Aus Sicht der Umwelanforderungen werden Beton aus rezyklierten Gesteinskörnungen und Recyclingasphalt mit primären Baustoffen gleichgesetzt. Die Verwertungsmöglichkeiten sind in Tabelle 3.3 detailliert aufgeführt.

Im Übrigen bezieht sich die gebundene Form ausschliesslich auf Beton oder wasserundurchlässige bituminöse Materialien. Magerbeton fällt in diese Kategorie, wenn die Menge des Bindemittels >150 kg/m³ beträgt.

TAB. 3.3 - EINSATZMÖGLICHKEITEN FÜR RECYCLINGBAUSTOFFE.

Tabelle in Anlehnung an Tab. 3 aus BAFU 2023

Bezeichnung	Zusammensetzung (Gewicht in %)	Einsatzform	Einsatz in der Grundwasserschutzzone S3	Einsatz im Gewässerschutzbereich Au oder üB+
UG RC - Kiesgemisch P	> 95 % natürliche Gesteinskörnungen Summe (Fremdstoffe ¹ + Mischabbruch + Beton + Asphalt) < 5 % ¹ Fremdstoffen < 1 %	Ungebunden ohne Deckschicht	<u>nein</u>	<u>ja</u>
		Ungebunden mit Deckschicht	<u>nein</u>	<u>ja</u>
		Gebunden	<u>ja</u>	<u>ja</u>
UG RC - BG UG RC - B UG RC - MG	< 95 % natürliche Gesteinskörnungen Summe (Fremdstoffe ¹ + Mischabbruch + Beton + Asphalt ²) > 5 % ¹ Fremdstoffe < 1 % ² Asphalt < 5 %	Ungebunden ohne Deckschicht	<u>nein</u>	<u>nein</u>
		Ungebunden mit Deckschicht	<u>nein</u>	<u>ja</u>
		Gebunden	<u>ja</u>	<u>ja</u>
UG RC - AG RC - Kiesgemisch A	< 95 % natürliche Gesteinskörnungen Summe (Fremdstoffe ¹ + Mischabbruch + Beton + Asphalt ²) > 5 % ¹ Fremdstoffe < 1 % ² Asphalt > 5 %	Ungebunden ohne Deckschicht	<u>nein</u>	<u>nein</u>
		Ungebunden mit Deckschicht	<u>nein</u>	<u>nein*</u>
		Gebunden	<u>ja</u>	<u>ja</u>

*Die Anforderungen in Abschnitt 3.4.8 unten müssen erfüllt werden.

*Der Einbau ist unter folgenden Bedingungen zulässig:

- > Reines Asphaltgranulat darf im Strassenbau als Planiematerial unter bituminöser Deckschicht verwendet werden;
- > Strassenaufbruch, welcher vor Ort anfällt, darf ausschliesslich vor Ort wieder eingebaut werden

3.4.3 Verwertung in ungebundener Form

Die Verwertungsmöglichkeiten den verschiedenen Recyclingbaustoffen sind in Tabelle 3.3 detailliert aufgeführt. Recyclingbaustoffe:

- die zu mindestens 95 Gewicht-% aus natürliche Gesteinskörnungen (Kies und Sand) bestehen, und
- die höchstens 5 Gewichtsprozent Recyclinggranulate (Summe aus unsortiertem Abbruchmaterial + Betongranulat + Asphaltmaterialgranulat) und Fremdstoffe enthalten, wobei der Anteil der Fremdstoffe jedoch höchstens 1 Gewichtsprozent betragen darf,

dürfen nicht in Grundwasserschutzzonen verwendet werden. Diese Recyclingbaustoffen unterliegen keinen weiteren Verwendungsbeschränkungen (siehe Tab. 3.3).

3.4.4 Deckschicht

Der Einbau von Materialien mit mehr als 4 Gewichts-% Recyclinggranulate ist nur unter einer Deckschicht erlaubt.

Eine Deckschicht ist eine gebundene Schicht (Asphalt oder Beton mit einem Durchlässigkeitskoeffizienten $k < 10^{-8}$ m/s), die dauerhaft verhindert, dass Wasser in das darunterliegende Material einsickert. Somit:

- Offenporige Deckschichten aus Asphalt («Sickerasphalt») sowie Oberflächenbeläge, die aus Ton oder Mergel bestehen, gelten nicht als wasserdicht im Sinne dieses Leitfadens.
- Ebenso ist ein kalt eingebautes und gewalztes Asphaltgranulat nicht gleichbedeutend mit einer Verwertung in gebundener Form und wird nicht als Deckschicht betrachtet. **Eine derartige Verwendung ist daher nicht zulässig.**
- Die Deckschicht muss spätestens zwölf Monate nach dem Einbau der Recyclingbaustoffe eingebaut werden.

3.4.5 Verwertung vor Ort

Eine Verwertung des rückgebauten Fundamentmaterials vor Ort, d. h. im Rahmen des genehmigten Bauvorhabens, ist unter folgenden Bedingungen zulässig:

- wenn kein Verdacht auf Schadstoffe - insbesondere PAK - besteht oder wenn entsprechende Analysen durchgeführt wurden, die dies belegen,
- wenn sie ursprünglich **als Foundationsschicht eingesetzt wurden**,
- wenn das Fundamentmaterial ausschliesslich aus natürlichen Gesteinskörnungen oder mineralischen Altstoffen gemäss den Normen oder der alten «Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle» (BAFU 2006) besteht.

Tatsächlich können Recyclinggranulate, wenn sie die Anforderungen der alten Richtlinie von 2006 erfüllen, vor Ort wiederverwendet werden. In der Regel ist es möglich, die Materialien genauso zu verwenden wie vor dem Rückbau.

So darf Kiesgemische mit einem Asphaltanteil von mehr als 4 % (früher Kiesgemisch A), der aus dem Rückbau stammt, nur in ungebundener Form **am Ort des Anfalls** wiederverwendet werden.

3.4.6 Asphaltfundationen in Kaltbauweise

Asphaltfundationen in Kaltbauweise dürfen nur in einer geeigneten Anlage (stationär oder mobil) durch Zugabe von Schaumbitumen hergestellt werden. Dabei dürfen die bitumengebundenen Schichten nicht mit dem Kieskoffer vermischt oder mit Zement stabilisiert werden. Wenn die Foundationsschicht auf der Grundlage dieser Vorschriften eingebaut wird, gilt sie als gebundene Anwendung.

3.4.7 Temporäre Baupisten

Auf Flächen innerhalb des Perimeters des Bauprojekts können temporäre Pisten und Baustelleneinrichtungen aus Recyclingbaustoffen errichtet werden. In diesem Fall sollte ein trennendes Geotextil verwendet werden, damit der Rückbau möglichst sortenrein erfolgen kann.

Allerdings:

- Auf Flächen, welche nach der Bauphase wieder in den ursprünglichen, natürlichen Ausgangszustand zurückgeführt werden, ist die Verwendung von Recyclingbaustoffen für temporäre Pisten und Installationsflächen nicht zulässig.
- Es ist auch nicht erlaubt, Recyclingbaustoffe für temporäre Baupisten und Baustelleneinrichtungen zu verwenden, die direkt auf dem gewachsenen Boden errichtet werden.

3.4.8 Umweltbezogene Bedingungen

Werden die Recyclingprodukte gemäss dieser Vollzugshilfe verwendet, gilt die Verwertung als umweltverträglich im Sinne von Art. 30 USG. Werden die Recyclingprodukte hingegen nicht umweltkonform verwendet, veranlasst die Behörde eine umweltverträgliche Entsorgung.

Die Behörde muss auch eine umweltverträgliche Entsorgung veranlassen, wenn die verwendeten Stoffe nicht den Qualitätsanforderungen an Recyclingprodukte entsprechen (Fremdstoffanteil <1 Gewicht-%).

Recyclingbaustoffe, die die Qualitätsanforderungen (siehe 3.4.3) nicht erfüllt, darf in ungebundener Form nicht für Anwendungen verwendet werden, bei denen ein direkter Kontakt mit dem Grundwasser nicht ausgeschlossen werden kann (Art. 6 GSchG). **Somit gelten die folgenden Nutzungsbeschränkungen:**

- Im Gewässerschutzbereich Au dürfen Recyclingbaustoffen nur verwendet werden, wenn ein direkter Kontakt mit dem Grundwasser ausgeschlossen ist. In der Regel ist ein Abstand von mindestens 2 m zwischen Recyclingbaustoffe und dem Grundwasserhöchstspiegel einzuhalten. Informationen im Zusammenhang mit der Lage und der Höhe des Grundwasserspiegels im Wallis sind auf dem Geportal der Dienststelle für Umwelt verfügbar: https://sitonline.vs.ch/environnement/nappe_phreatique/de/#/.

- In manchen Fällen kann dieser Mindestabstand mit Zustimmung der kantonalen Fachstelle unterschritten werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass ein Kontakt mit dem Grundwasser ausgeschlossen ist und somit eine Gefahr für das Grundwasser gebannt werden kann.
- In den übrigen Bereichen (üb) darf ungebundenes Recyclingbaustoffe nur oberhalb des Grundwasserhöchstspiegel verwendet werden.
- Die Verwendung von Recyclingbaustoffe als Fundationsmaterial ist im Bankettbereich von Strassen erlaubt, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:
 - die Recyclingprodukte entsprechen den Normen;
 - die Überdeckung der Foundation im Bankettbereich einen Durchlässigkeitskoeffizienten $k < 10^{-6}$ m/s auf; und
 - der Bankettbereich hat eine maximale Breite von 1 m.
- Die Verwendung von mineralischem Recyclingbaustoffe für Sickerschichten in Versickerungsanlagen und Drainageleitungen ist ausserhalb von Deponien nicht zulässig.
- Die Dicke der aufzubringenden Schicht aus mineralischem Recyclingbaustoffe sollte ausschliesslich auf der Grundlage der baulichen Anforderungen bestimmt werden. Sie sollte jedoch nicht mehr als 2 m betragen.
- In den Schutzzonen S1 und S2 sollten keine Strassen gebaut worden sein. Sollte dies aus historischen Gründen dennoch der Fall sein, ist in diesen Bereichen keine Verwendung von mineralischen Recyclingbaustoffen erlaubt.
- Generell sind alle nützlichen Dokumente zum Grundwasserschutz im Wallis auf der Website der DUW zu finden: <https://www.vs.ch/de/web/sen/grundwasser-und-bauwesen>.

3.4.9 Fall von RC-Kiesgemisch A

In Bezug auf RC-Kiesgemisch A, d. h. einen Kies mit mehr als 4 % bituminösem Material gemäss Norm VSS 70 119, ist Folgendes hervorzuheben:

- Beim Abfräsen eines Belages (Rückbau) muss verhindert werden, dass sich die gebundene bituminöse Schicht mit dem Kiesfundament vermischt. So müssen die Reste des bituminösen Materials sauber von der Oberfläche der Kiesfundationsschicht entfernt werden (gute Trennung der Schichten).
- Bituminöses Abbruchmaterial und bituminöse Zuschlagstoffe sollten vorrangig in gebundener Form für die Herstellung von bituminösen Materialien (Belägen) verwertet werden.
- In ungebundener Form können sie ausschliesslich im Strassenbau als Ausgleichsschicht (Feinplanie) unter einem dichten Belag verwendet werden. Sie dürfen nicht mit anderen Materialarten vermischt werden.
- Offenporige Deckschichten aus Asphalt («Sickerasphalt») sowie Oberflächenbeläge aus Ton oder Mergel gelten nicht als wasserdicht im Sinne dieses Leitfadens.
- Ebenso ist ein kalt eigebautes und gewalztes Asphaltgranulat nicht gleichbedeutend mit einer Verwertung in gebundener Form und wird nicht als Deckschicht betrachtet. Seine Verwendung ist daher verboten.
- Bei einer Verwertung vor Ort darf Recyclingkiesgemisch mit einem Asphaltanteil von > 4 % (früher

RC-Kiesgemisch A), der beim Rückbau anfällt, nur am Ort des Anfalls in ungebundener Form wiederverwendet werden.

- So ist es aus Umweltgründen nicht mehr möglich, neue RC-Kiesgemische A zu produzieren und zu verwenden oder neue RC-Kiesgemische A in situ im Rahmen von eigenständigen Baustellen zu schaffen, wo es keine gab (siehe Kap. 3.4.5 zur Verwertung vor Ort).

3.5 Qualitätskontrollen und Prüfungen

3.5.1 Qualitätskontrolle

Die Häufigkeit und der Umfang der Qualitätskontrollen von Recyclingbaustoffen sind in **VS 70 119, Ausgabe 2021-10** (Ungebundene Gemische, technische Spezifikationen bei Lieferung), **SN EN 13285 und nationaler Anhang, Ausgabe 2021-10** (Ungebundene Gemische, Anforderungen) sowie **SN EN 13242 + A1, Ausgabe 2021-10** (Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für Ingenieur- und Strassenbau) festgelegt.

3.5.2 Häufigkeit der Kontrollen des Hersteller und Gültigkeitsdauer der Dokumente

3.5.2.1 Zertifizierte Produktion

Im Falle einer zertifizierten Produktion (das Zertifikat muss zum Zeitpunkt der Lieferung gültig sein) wird die Häufigkeit der Kontrollen vom Lieferanten im Rahmen der Zertifizierung seines Produkts geregelt.

Die Häufigkeit muss an den Qualitätsplan für die Produktion des jeweiligen Lieferanten angepasst sein.

Ein vollständiges Dossier muss dem Bauherrn jährlich vorgelegt werden. Die Gültigkeitsdauer der Dokumente, aus denen es besteht, beträgt 1 Jahr, ausser für die Prüfungen, für die die Norm eine andere Frist vorsieht und die unten aufgelistet sind (Stand März 2023):

- Frostbeständigkeit (vgl. Normen SN EN 13286-47, VSS-70 321): 2 Jahre
- Durchlässigkeit (siehe Norm SN EN ISO 17892-11): 2 Jahre
- Tragfähigkeit (CBR1 und CBR2) (vgl. Norm SN EN 13286-47): 2 Jahre

Die für ein Produkt eingereichten Unterlagen müssen dem Material entsprechen, das tatsächlich für die Baustelle verwendet wird.

Der Bauherr kann sich das Recht vorbehalten, Kontrollen der Lieferungen auf der Baustelle durchzuführen, sowie die erforderlichen Kontrollen während des Einbaus und der Verdichtung des gelieferten Produkts.

3.5.2.2 Nicht zertifizierte Produktion oder «Los-für-Los» Produktion

Im Falle einer nicht zertifizierten Produktion, z. B. einer Einzellosproduktion, muss die Kontrolle gemäss Tabelle 3.4 und Tabelle 3.5 durchgeführt werden und dem Auftraggeber spätestens bei der Angebotsabgabe ein vollständiges Dossier vorgelegt werden.

Der Bauherr wird frühzeitig Vorkontrollen des Lagerbestandes an Materialien, die speziell für den fest-

gelegten Verwendungszweck vorbereitet wurden, im Lager des Bauunternehmers durchführen.

Er wird auch die Kontrollen bei der Anlieferung auf der Baustelle sowie die erforderlichen Kontrollen beim Einbau und der Verdichtung des gelieferten Produkts durchführen.

Die Unterlagen, die für ein Material abgegeben werden, das speziell für eine bestimmte Baustelle oder einen festgelegten Verwendungszweck vorbereitet wurde, müssen unbedingt mit dem Material übereinstimmen, das geliefert wird.

3.5.3 Übliche Prüfungen nach der Norm VSS 70 119

TAB. 3.4 - ÜBLICHE PRÜFUNGEN NACH VSS 70 119 Quelle: Tab. 2 aus DFM 2023

Prüfungen	Merkmale	Referenzen	Anforderungen		Bemerkungen
			Kiesgemisch und RC-Kiesgemisch		
Korngrössenanalyse - SN EN 933-1	Bezeichnung des Gemischs	SN EN 13285	GNT 0/22	GNT 0/45	(d/D)
	Maximales Grösstkorn D [mm]	-	22	45	(D)
	Maximaler Feinanteil	SN EN 13285	UF 12	UF 12	Tabelle 2
			Oder Siebdurchgang 0.063mm £ 12%		
	Maximal zulässige Grösstkorn	SN EN 13285	OC 75	OC 75	Tabelle 4 (2D)
			Durchgang [mm]		
			45 (2 D)	90 (2 D)	
			Sieb 100%		
			31.5 (1.4 D)	63 (1.4 D)	
			Sieb 85 bis 100%		
			22 (D)	45 (D)	
	Allgemeiner Bereich der Korngrössenverteilung	SN EN 13285	GC	GC	Tabelle 5
			11.2 mm (Durchgang A)	22.4 mm (Durchgang A)	
			Spezifikation 50 bis 90% - Angegeben (MDV) 61 bis 79%		
			5.6 mm (Durchgang B)	11.2 mm (Durchgang B)	
			Spezifikation 30 bis 75% - Angegeben (MDV) 41 bis 64%		
			2 mm (Durchgang C)	5.6 mm (Durchgang C)	
			Spezifikation 20 bis 60% - Angegeben (MDV) 31 bis 49%		
			1 mm (Durchgang E)	2 mm (Durchgang E)	
			Spezifikation 13 bis 45% - Angegeben (MDV) 22 bis 36%		
0.5 mm (Durchgang F)			1 mm (Durchgang F)		
Spezifikation 8 bis 35% - Angegeben (MDV) 13 bis 30%					
-			1 mm (Durchgang G)		
Korngrössenverteilung einzelner Lose	SN EN 13285	11.2 mm (Durchgang A)	22.4 mm (Durchgang A)	Tabelle 7	
		5.6 mm (Durchgang B)	11.2 mm (Durchgang B)		
		2 mm (Durchgang C)	5.6 mm (Durchgang C)		
		Toleranz ± 11 %			
		1 mm (Durchgang E)	2 mm (Durchgang E)		
		Toleranz ± 9 %			
		0.5 mm (Durchgang F)	1 mm (Durchgang F)		
		1 mm (Durchgang G)			
Toleranz ± 5 %					

	Stetigkeit	SN EN 13285	Differenz zwischen den Siebdurchgang von		Tabelle 8
			11.2 mm (Durchgang A)	22.4 mm (Durchgang A)	
			5.6 mm (Durchgang B)	11.2 mm (Durchgang B)	
			und zwischen	und zwischen	
			5.6 mm (Durchgang B)	11.2 mm (Durchgang B)	
			2 mm (Durchgang C)	5.6 mm (Durchgang C)	
			Differenz zwischen 7 und 30%		
			Differenz zwischen den Siebdurchgang von		
			2 mm (Durchgang C)	5.6 mm (Durchgang C)	
			1 mm (Durchgang E)	2 mm (Durchgang E)	
			Differenz zwischen 7 und 20%		
			Differenz zwischen den Siebdurchgang von		
			1 mm (Durchgang E)	2 mm (Durchgang E)	
0.5 mm (Durchgang F)	1 mm (Durchgang F)				
Differenz zwischen 4 und 15%					
CBR Versuch	Frostempfindlichkeit	SN EN 13286-47 VSS 70 321	CBR _F / CBR ₁ ≥ 0.5		Wenn Feinanteil: > 5% für Kiesgemische und > 3% für RC- Kiesgemische
	Wasserbeständigkeit	SN EN 13286-47	CBR ₂ / CBR ₁ ≥ 0.5		Siehe SN EN 13285
	Tragfähigkeit	SN EN 13286-47	CBR ₂ ≥ 40 et CBR ₁ ≥ 40		
Durchlässigkeits- keilstest	Durchlässigkeitsprüfung	SN EN ISO 17892-11	ist anzugeben		Wenn Feinanteil: > 5% für Kiesgemische und > 3% für RC- Kiesgemische
Proctor Versuch	Trockendichte und optimaler Wassergehalt	SN EN 13285	ist anzugeben		Komgruppe 0/16 Topf B Energie 1.2 MJ.m ⁻³
Plattigkeits- kennzahl EN 933-3	Kornform Fraktionen 4/8, 8/16, 16/32 und 32/D	SN EN 13242	Fl ₃₅		
Test Los Angeles EN 1097-2	Widerstand gegen Zertrümmerung Fraktionen 4/8 und 11/16	SN EN 13242	LA ₄₀		
Körner geschrotet EN 933-5	Kantigkeit der Gesteinskörnung Fraktionen 4/8, 8/16, 16/32 und 32/D	SN EN 13242	ist anzugeben		
	Verunreinigungen	SN EN 13242	keine sichtbaren		Natürlichen Gesteinskörnungen

3.5.4 Von der DFM verlangte zusätzliche Prüfungen

Zur Information: Je nach deklariertem Feinanteil werden bei Baustellen auf Kantonsstrassen von der DFM zusätzlich zu der Liste in Tabelle 3.4 oben weitere Prüfungen vorgeschrieben: siehe Tabelle 3.5 unten.

TAB. 3.5 - VON DER DFM VERLANGTE ZUSÄTZLICHE PRÜFUNGEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM ANGEGEBENEN FEINANTEIL

Quelle: Tab. 3 SDM

Kategorie	M-% bei Siebdurchgang 63 µm (Feinanteil)	Natur	Zusätzliche Prüfungen nach der Norm VSS-70 119			Zusätzliche Prüfungen* ausserhalb der Norm VSS-70 119	
			Wasserbeständigkeit CBR ₂ /CBR ₁	Frostbeständigkeit CBR _f /CBR ₁	Durchlässigkeit	Test Methylenblau	Schlamm-analyse
			SN EN 13286-47		SN EN ISO 17892-11	EN 933-9	EN ISO 17892-4
1	≤ 3	Kiesgemisch und RC-Kiesgemisch	≥ 0.5	-	-	-	-
2	> 3 et ≤ 5	Kiesgemisch	≥ 0.5	-	-	-	-
		RC-Kiesgemisch	≥ 0.5	≥ 0.5	ist anzugeben	-	-
3	> 5 et ≤ 7	Kiesgemisch und RC-Kiesgemisch	≥ 0.5	≥ 0.5	ist anzugeben	MB _{0/d} ≤ 1 g Mb/kg	-
4	> 7 et ≤ 9	Kiesgemisch und RC-Kiesgemisch	≥ 0.5	≥ 0.5	ist anzugeben	MB _{0/d} ≤ 1 g Mb/kg	P0.02mm < 3%
5	> 9 et ≤ 12	Kiesgemisch und RC-Kiesgemisch	Nicht erlaubt				
Ausserhalb der Norm	> 12	Kiesgemisch und RC-Kiesgemisch					

* Die Relevanz der vorgeschlagenen Prüfungen und die oben definierten Werte werden von der DFM jährlich überprüft. Je nach den tatsächlich erzielten Ergebnissen können sie mindestens alle zwei Jahre korrigiert und angepasst werden.

3.5.5 Dokumentation der Kontrollen

Der Hersteller garantiert, dass die von ihm angebotenen Recyclingbaustoffe die erforderliche Qualität haben und überprüft diese regelmässig selbst, indem er mindestens die folgenden Kontrollen durchführt:

- Visuelle Kontrolle im Normalbetrieb;
- Materialanalyse;

Der Anteil an Fremdstoffen in den Recyclingprodukten wird vom Betreiber der Anlage regelmässig kontrolliert.

Die Norm VSS 70 119 erläutert in Punkt 22, Seiten 10, 11 und 12 die Eigenschaften und Anforderungen an ungebundene Gemische sowie die Anforderungen an die verwendeten Gesteinskörnungen gemäss dem Anwendungsbereich der genannten Norm.

Die Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit kann in Artikel 14 des nationalen Anhangs zu EN 13285, Seiten 11 und 12, gefunden werden.

Die Mindesthäufigkeit der Prüfungen zur Bestimmung der allgemeinen Eigenschaften oder der Eigenschaften von Gesteinskörnungen besonderer Herkunft sind in den Tabellen C.1 und C.2 auf den Seiten 30 und 31 von EN 13242:2002 + A1: 2007 ersichtlich.

Die kantonale Behörde legt den Umfang und die Häufigkeit dieser Kontrollen in der Bewilligung fest.

TAB. 3.6 - MINDESTPRÜFHÄUFIGKEITEN FÜR UNGEBUNDENE GEMISCHTE

(SN EN 13285: 2021-10 Tabelle 10, Seite 20 der EN 13285:2018 D)

Eigenschaft der Gesteinkörnung	Abschnitt	Anmerkungen	Prüfverfahren	Mindestprüfhäufigkeit
Anforderungen an die Gesteinkörnung	4.2	Nach EN 13242 oder gemeinsam genutzte Ergebnisse anderer Parteien (siehe 5.2.4)	-	-
Feinanteil	4.3.2	-	EN 933-1	1-mal wöchentlich oder 1-mal je 5 000 t (je nachdem, was häufiger auftritt)
Überkorn	4.3.3	-	EN 933-1	
Korngrössenverteilung	4.3.4	-	EN 933-1	
Laboratoriums-Trockendichte, optimaler Wassergehalt	4.3.5	-	EN 13286-2 ou EN 13286-3 ou EN 13286-4 ou EN 13286-5	1-mal jährlich
Frostempfindlichkeit	4.3.6	Entsprechend den am Verwendungsort geltenden Bestimmungen		
Durchlässigkeit				
Auslaugung				

Darüber hinaus muss eine unabhängige und akkreditierte Prüfstelle damit beauftragt werden, den Anteil an Fremdstoffen regelmässig zu überwachen, mindestens alle 20'000 m³ der an einem Standort gewonnenen Recyclingprodukte und mindestens einmal pro Jahr.

Im Rahmen ihrer Aufsichtsaufgaben kann die zuständige kantonale Dienststelle (DUW) zusätzliche Kontrollen durchführen oder durchführen lassen.

3.5.6 Erklärung der Produkte

Bei jeder Lieferung von Recyclingprodukten muss der Betreiber der Anlage dem Abnehmer (Unternehmer, der das Material erhält) bestätigen, dass die in dieser Vollzugshilfe konkretisierten Anforderungen sowie weitere relevante gesetzliche Anforderungen eingehalten werden.

Darüber hinaus sollte der Betreiber der Anlage den Abnehmer über mögliche Nutzungseinschränkungen gemäss Kapitel 3.4 « Erlaubte Verwertungen und Einschränkungen » informieren.

Der Betreiber der Anlage dokumentiert die an der Anlage und an den Materialien durchgeführten Kontrollen und teilt der Behörde auf Verlangen die Ergebnisse mit.

3.6 Referenzen

- Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen VVEA (Stand 26. September 2023).
- Bundesgesetz über den Umweltschutz USG (Stand 1. Januar 2022).
- Gewässerschutzverordnung GSchV (Stand 1. Februar 2023).
- Verordnung über den Verkehr mit Abfällen VVEA (Stand 1. Januar 2020).
- Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen (Stand 1. Januar 2018).
- BAFU, Vollzugshilfe zur VVEA, Modul «Bauabfälle» (2020).
- BAFU, Vollzugshilfe zur VVEA, Modul «Bauabfälle», Teil Verwertung von mineralischen Rückbaustoffen (August 2023).
- BAFU, Vollzugshilfe zur VVEA, Modul «Bauabfälle», Teil Verwertung von Aushub- und Durchbruchmaterial (2021).
- BAFU, Vollzugshilfe «Bodenschonendes Bauen», Teil Bodenbewertung für die Verwertung (2021).
- BAV, Richtlinie für Gleisaushub (31.08.2023).
- DMRU / DFM, Richtlinien zum Einsatz von ungebundenen Gemischen als Foundationsschichten im Strassenbau (01.10.2023), abrufbar unter <https://www.vs.ch/de/web/sdm/dokumentation>.
- DMRU / DUW, Vollzugshilfe, Einrichtung und Betrieb von Anlagen zur Verwertung von mineralischen Bauabfällen (erscheint 2024), wird unter <https://www.vs.ch/web/sen/ivdm> verfügbar sein.
- DMRU / DUW, Geoportal für Grundwasserdaten: https://sitonline.vs.ch/environnement/nappe_phreatique/de/#/
- DMRU / DUW, Verschiedene Dokumente und Richtlinien zum Schutz des Grundwassers: <https://www.vs.ch/de/web/sen/grundwasser-und-bauwesen>
- VSS 70 119, Ausgabe 2021-10-31, Ungebundene Gemische. Technische Spezifikationen bei Lieferung.
- VSS 40 580, Ausgabe 2023-05-31, ungebundene Foundationsschichten (Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten).
- VSS / SN, EN 13242+A1, Ausgabe 2021-10-31, Gesteinskörnungen für mit hydraulischen Bindemitteln behandelte Materialien und unbehandelte Materialien, die im Tiefbau und im Strassenbau verwendet werden.
- VSS / SN, EN 13285, Ausgabe 2021-10-31, Ungebundene Gemische, Anforderungen.
- SIA 430:2023, Vermeidung und Entsorgung von Bauabfällen.
- Verwertung von mineralischen Rückbaustoffen, Zusammenfassende tabellarische Übersicht der Normen (vgl. Kap. 1.6).

3.7 Anhänge

Vollständiges Beispiel für die Klassifizierung von Recyclingkiesgemisch, zur Verfügung gestellt von Labco (nur auf Französisch):

- *Konformitätserklärung*
- *Leistungserklärung*
- *Technische Eigenschaften des ungebundenen Gemisches*
- *Versuch zur Klassifizierung der Bestandteile von Recyclingkiesgemisch*
- *Korngrößenverteilung*
- *Test auf Wasserdurchlässigkeit*
- *Widerstand gegen Zertrümmerung Los Angeles-Methode*
- *Prozentualer Anteil der gebrochenen Körner*
- *Plattigkeitskennzahl FI*

Déclaration de conformité 2023

N° déclaration de performance	RC-B 0-45_DC 2023	
1. Code d'identification du produit	RC-Grave B 0/45	
2. Utilisation du produit	Grave pour couche de fondation	
3. Fabricant		
4. Système d'évaluation et de vérification de la constance des performances du produit	CE 2+	
5. Norme harmonisée	VSS 70'119	
Instance de certification notifiée	SN EN 13'285	
	NB 2115 (ASMP)	
6. Performance déclarée		
Code d'identification du produit	RC-Grave B 0/45	
Caractéristiques relatives aux graves non traitées (SN EN 13'285)	Performance	
Désignation de la grave	Catégorie	0/45
Teneur maximale en fines	Catégorie	UF ₇
Teneur minimale en fines	Catégorie	LF _N
Dimension maximale des granulats	Catégorie	OC ₇₅
Tamis d'analyse	Catégorie	0/45
Plages granulométriques	Catégorie	G _C
Granularité des lots individuels	Catégorie	G _C
Résistance à l'eau ²	CBR ₂ / CBR ₁	1.30
Résistance au gel ^{1, 2}	CBR _F / CBR ₁	0.84
		→ Grave résistante au gel et à l'eau
Masse volumique sèche	[kg/m ³]	2'180
Teneur en eau optimale	[%m]	6.5
Portance	[%]	49.4 / 64.0
Perméabilité ¹	[m/s]	2.7 x 10 ⁻⁸
Classification des constituants ³	Catégorie	RC-Grave B

APD : aucune performance déterminée

² : si CBR₂/CBR₁ et CBR_F/CBR₁ ≥ 0.5¹ : à effectuer si teneur en fines > 3[%m]³ : pour graves recyclées

Les performances des produits susmentionnés correspondent aux performances déclarées. Seul le fabricant indiqué ci-dessus est responsable de l'établissement de la déclaration de performance, conformément aux prescriptions légales s'y rapportant.

Sion, le 2 juin 2023

Responsable d'exploitation

Déclaration de performance 2023

N° déclaration de performance	RC-B 0-45_DP 2023	
1. Code d'identification du produit	RC-Grave B 0/45	
2. Utilisation du produit	Grave pour couche de fondation	
3. Fabricant		
4. Système d'évaluation et de vérification de la constance des performances du produit	CE 2+	
5. Norme harmonisée	VSS 70'119	
Instance de certification notifiée	SN EN 13'242	
	NB 2115 (ASMP)	
6. Performance déclarée		
Code d'identification du produit	RC-Grave B 0/45	
Caractéristiques géométriques, physiques et chimiques relatives aux granulats (SN EN 13'242)	Performance	
Granularité	Catégorie	G _A 75
Coefficient d'aplatissement	Catégorie	FI ₂₀
Grains concassés	Catégorie	C _{50/10}
Teneur en fines	Catégorie	f ₇
Qualité des fines	-	non nocive ²
Résistance à la fragmentation Los Angeles, LA (4/8, 11/16)	Catégorie	LA ₃₅ - LA ₃₀
Masse volumique réelle ³	-	APD
Coefficient d'absorption d'eau ³	[%m]	APD
Classifications des constituants ¹	Catégorie	RC-Grave B
Sulfate soluble dans l'acide ³	Catégorie	APD
Soufre total ³	Catégorie	APD
Sulfate soluble dans l'eau ⁴	Catégorie	APD
Constituants influençant la prise et le durcissement ³	-	APD
Impuretés	-	aucune visible

APD : aucune performance déterminée

¹ : pour graves recyclées

² : selon EN 13'242, annexe A, paragraphe d

³ : pour graves traitées aux liants hydrauliques

⁴ : à vérifier en cas de doute

Les performances des produits susmentionnés correspondent aux performances déclarées. Seul le fabricant indiqué ci-dessus est responsable de l'établissement de la déclaration de performance, conformément aux prescriptions légales s'y rapportant.

Sion, le 2 juin 2023

Responsable d'exploitation

Commettant	Chantier / objet	date
	RC - Grave B 0/45	02.05.23

Caractéristiques techniques sur graves non traitées

Procès-verbal N°

Matériau : RC - Grave B

indications du com-
mettant / fournisseur

provenance :
usage : grave
granularité : 0/45

Échantillon

numéro : 23/14
prélevé par : Vv Labco
date de prélèvement : 18.04.23
mode de prélèvement : stock
date de réception : 18.04.23
remarque : -

Masse volumique sèche $\rho_{d\ opt}$

selon SN EN 13'286-2

$\rho_{d\ opt}$: 2.18 [t/m³]

Teneur en eau optimale w_{opt}

selon SN EN 13'286-2

w_{opt} : 6.5 [%]

Portance

selon SN EN 13'286-47

CBR_1 : 49.4 [%]

selon SN EN 13'286-47

CBR_2 : 64.0 [%]

selon SN EN 13'286-47 et VSS 70'321

CBR_F : 41.7 [%]

Résistance au gel

selon SN EN 13'286-47 et VSS 70'321

CBR_2 / CBR_1 : 1.30 [-]

CBR_F / CBR_1 : 0.84 [-]

Remarque : **selon la norme VSS 70'321, cette grave est considérée comme RÉSISTANTE au gel car CBR_2 / CBR_1 et $CBR_F / CBR_1 > 0.50$.**

Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées.
Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire

p.o. Vermey G. Giroud

Proctor

selon SN EN 13'286-2

Paramètres d'essai

Dame :	masse :	4500 g	
	hauteur de chute :	457 mm	
Moule :	B	diamètre :	150 mm
		hauteur de base :	120 mm
		volume :	2121 cm ³
Compactage :	nombre de couches :	5	
	nombre de coups :	25	

Proctor modifié (CBR)

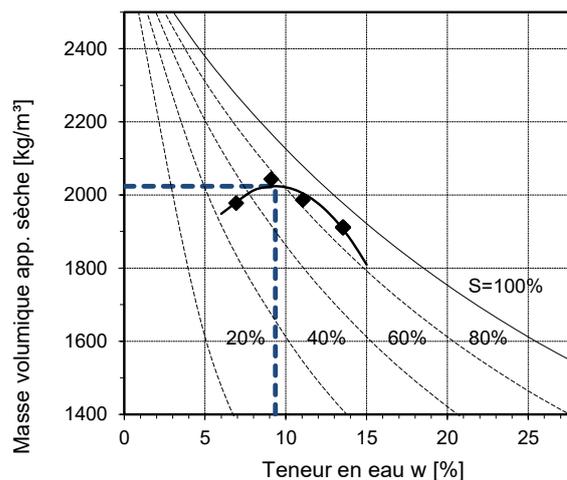
énergie de compactage :	1.19 MJ/m ³
Matériau	
masse volumique abs :	2700 kg/m ³
fraction > 16 mm :	39.0 %
teneur en eau opt. >16 :	2 %
date d'essai :	19-20.04.23

Résultats

Mesure N°	1	2	3	4	5	6	7
Masse échantil [g]	4484	4589	4667	4593	---	---	---
Teneur eau [%]	6.9	9.1	11.0	13.5	---	---	---
Masse vol. app.							
humide [kg/m ³]	2115	2229	2205	2170	---	---	---
sèche [kg/m ³]	1978	2043	1986	1912	---	---	---

Optimum Proctor	fraction <16 [mm]	Ensemble
Teneur en eau [%]	9.4	6.5
Masse volumique apparente		
humide [kg/m ³]	2210	2320
sèche [kg/m ³]	2020	2180
Degré saturation [%]	75	73

Remarque : -



Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
 Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées.
 Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire

P.O. Vermy G. Giroud

CBR 1

selon SN EN 13'286-47

Paramètres d'essai

échantillonnage : diviseur à couloir
écrêtage à : 16 mm
énergie de compactage : 1.19 MJ/m³
optimum Proctor : teneur en eau : 9.4 %
densité : 2020 kg/m³

surcharge : 7.5 kg
cure / conservation: aucune, essai immédiat
date d'essai : 01-02.05.2023

Résultats

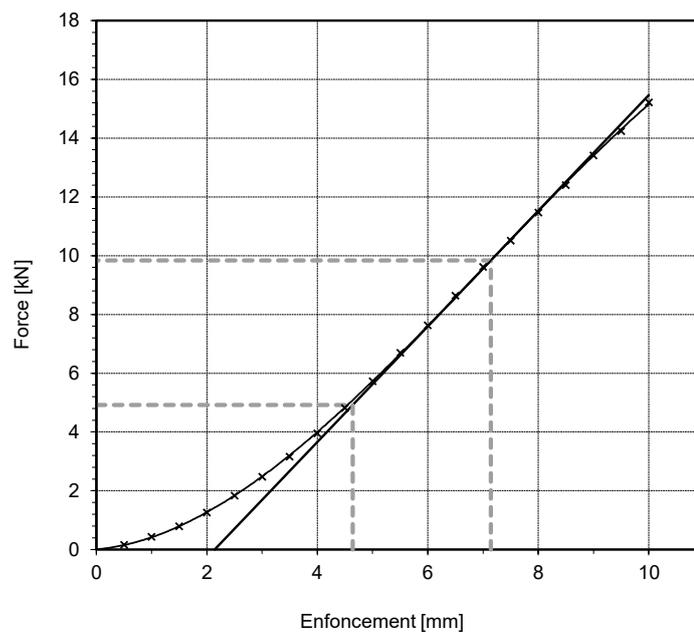
teneur en eau : 9.7 %
masse volumique sèche : 2030 kg/m³

Enfoncement corrigé *	Force	CBR
[mm]	[kN]	[%]
4.64	4.92	37.3
7.14	9.88	49.4

Indice portant Californien
CBR₁ 49.4 %

* car le point d'inflexion est inférieur à 7.5 mm d'enfoncement.

Remarque : -



Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées.
Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire

p.o. Vermy G. Giroud

CBR 2

selon SN EN 13'286-47

Paramètres d'essai

échantillonnage :	diviseur à couloir	surcharge :	7.5 kg
écrêtage à :	16 mm	cure / conservation:	96h dans l'eau (20 ± 2°C)
énergie de compactage :	1.20 MJ/m ³	date d'essai :	21-25.04.23
optimum Proctor :	teneur en eau : 9.4 %		
	densité : 2020 kg/m ³		

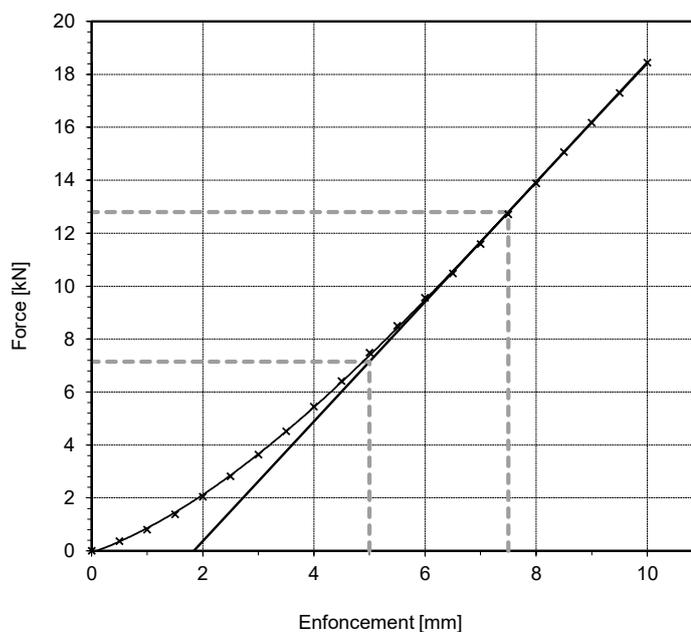
Résultats

teneur en eau initiale :	9.9 %
teneur en eau finale:	10.0 %
masse volumique sèche :	2030 kg/m ³
gonflement total :	-0.07 %

Enfoncement corrigé *	Force	CBR
[mm]	[kN]	[%]
5.00	7.15	54.1
7.50	12.80	64.0

Indice portant Californien
CBR₂ 64.0 %

* car le point d'inflexion est supérieur à 7.5 mm d'enfoncement.



Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées.

Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire

P.O. Vermy G. Giroud

CBR F

selon SN EN 13'286-47 et VSS 70'321

Paramètres d'essai

échantillonnage :	diviseur à couloir	optimum Proctor :	teneur en eau : 9.4 %
écrêtage à :	16 mm		densité : 2020 kg/m ³
énergie de compactage :	1.21 MJ/m ³	surcharge :	7.5 kg
volume échantillon :	2336 cm ³	cure / conservation :	-
masse vol. solides :	2700 kg/m ³	date d'essai :	21-25.04.23

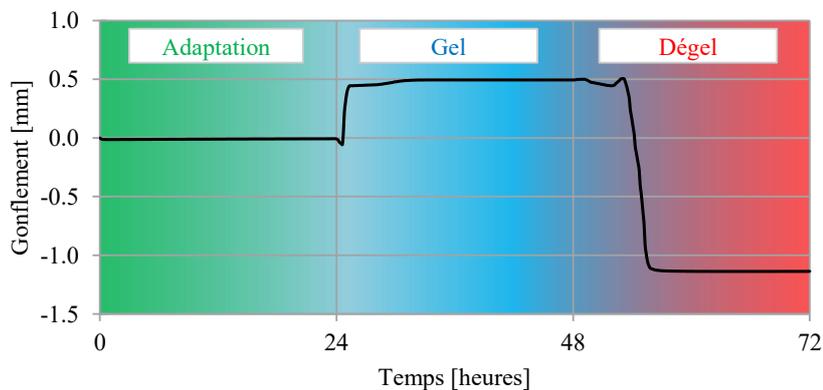
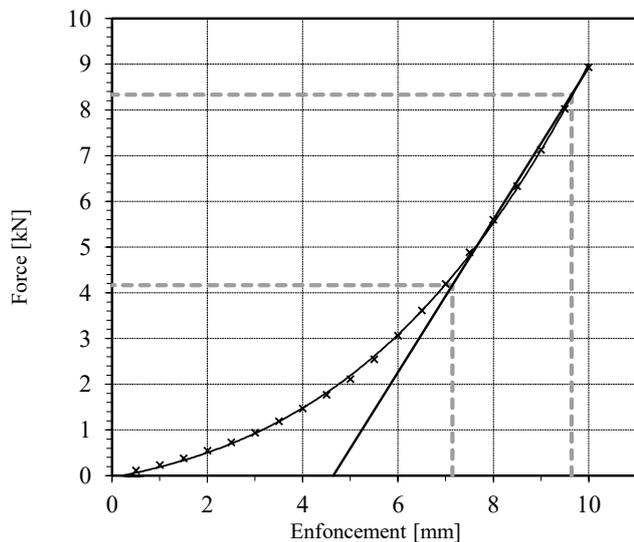
Résultats

teneur en eau initiale :	9.3 %	soulèvement maximal :	0.6 mm
eau écoulée lors de l'essai :	0.0 g	soulèvement résiduel :	-1.1 mm
teneur en eau finale :	10.9 %		
masse volumique sèche initiale :	2030 kg/m ³		
masse volumique sèche finale :	2050 kg/m ³		

Enfoncement corrigé *	Force	CBR
[mm]	[kN]	[%]
7.14	4.17	31.6
9.64	8.33	41.7

Indice portant Californien
CBR_F 41.7 %

* car le point d'inflexion est supérieur à 7.5 mm d'enfoncement.



Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
 Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées.

Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire

P.O. Vermy G. Giroud

Committant	Chantier / objet	date
	RC - Grave B 0/45	10.05.23

Essai de classification des constituants des gravillons recyclés

Procès-verbal N°

selon SN 670'902-11-NA et EN 933-11:2009/AC:2009
+ directive OFEV 3106

Granulat : RC - Grave B

indications du com-
mittant / fournisseur

provenance :
usage : grave
granularité : 0/45

Echantillon

numéro : 23/2
prélevé par : Vv et Sem Labco
date de prélèvement : 13.02.23
mode de prélèvement : stock
date de réception : 13.02.23
remarque : côté Ouest

Résultats

température de séchage t : 40 [°C]

date d'essai : 09.05.23

Constituant	Description	Proportions [cm ³ /kg]
FL	Matériaux flottants	---

Constituant	Description	Proportions [% massique]
R _c	Béton, produits à base de béton, mortier Éléments de maçonnerie en béton	29.4
R _u	Graves non traitées, pierre naturelle Granulats traités aux liants hydrauliques	70.0
R _b	Éléments en terre cuite (briques, tuiles, ...) Éléments de maçonnerie en silicate de calcium Béton cellulaire non-flottant	0.3
R _a	Matériaux bitumineux	0.3
R _g	Verre	0.0
X	Autre (ex. : cohésif (argile, sols), métaux, bois, plas-tique, caoutchouc non-flottant, gypse, plâtre, ...)	---

Remarques : analyse effectuée sur la fraction 8/63

Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément
aux normes mentionnées.
Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire

P.O. Vermy

G. Giroud

Procès-verbal N°

Constituant	Proportions [% massique]					
	selon norme SN EN 933-11	selon directive OFEV 3106				
	Fraction 8/63	Fraction 8/16	Fraction 16/32	Fraction 32/63	Fraction 63/100	Fraction 8/100
R_c	29.4	33.7	26.1	31.0	---	29.4
R_u	70.0	64.7	73.5	69.0	---	70.0
R_b	0.3	0.3	0.4	---	---	0.3
R_a	0.3	1.2	---	---	---	0.3
R_g	0.0	0.1	---	---	---	0.0
X	---	---	---	---	---	---

	Proportions [% massique] selon SN 670'119-NA						
	Matériaux bitumineux	Tuiles / briques	Béton	Granulats naturels	Verre	Matériaux flottants	Autres matériaux
	R_a	R_b	R_c	R_u	R_g	FL [% vol.]	X
RC-Grave de granulats asphalte	> 80	< 2		< 20	< 2	< 5	< 0.3
RC-Grave de granulats béton	< 4	< 2	> 30	< 70	< 2	< 5	< 0.3
RC-Grave de granulats non triés	< 4	> 95			< 2	< 5	< 1
RC-Grave P	< 4	< 1	< 4	> 95	< 2	< 5	< 0.3
RC-Grave A	< 30	< 1	< 4	> 70	< 2	< 5	< 0.3
RC-Grave B	< 4	< 1	< 30	> 70	< 2	< 5	< 0.3

Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
 Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément
 aux normes mentionnées.
 Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire

P.O. Vermy G. Giroud

Committant	Chantier / objet	date
	RC - Grave B 0/45	23.03.23

Analyse granulométrique

SN EN 933-1

Procès-verbal N°

Granulat : RC - Grave B

indications du committant / fournisseur
 provenance :
 usage : grave
 granularité : 0/45

Echantillon

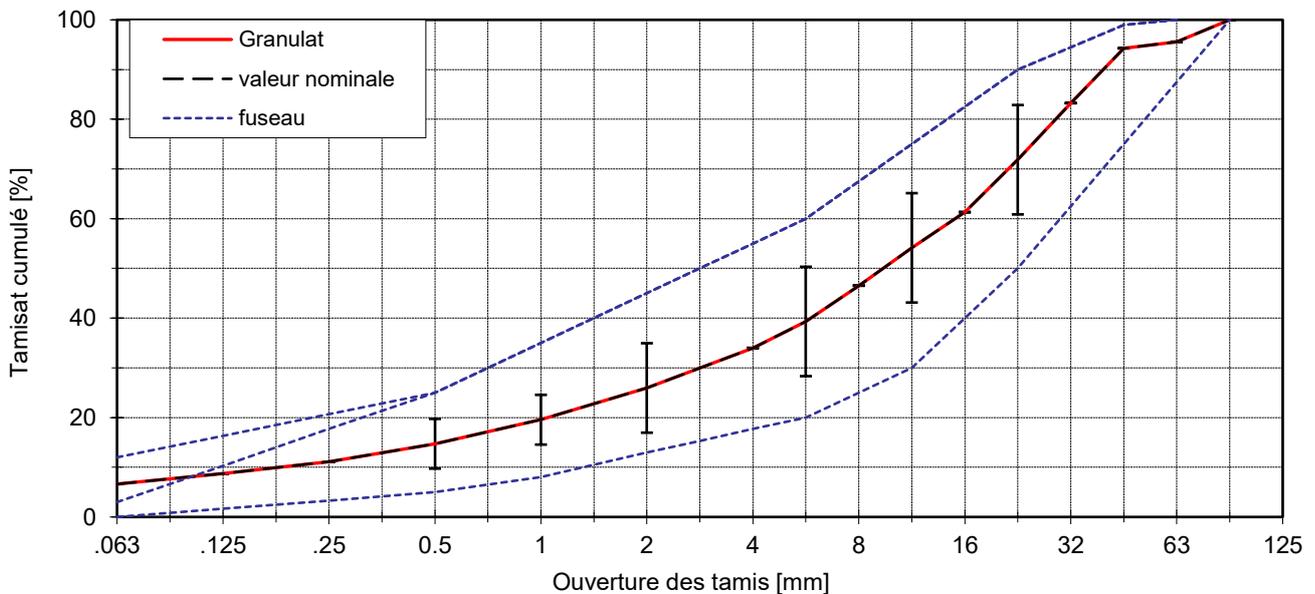
numéro : 23/2
 prélevé par : Vv et Sem Labco
 date de prélèvement : 13.02.23
 mode de prélèvement : stock
 date de réception : 13.02.23
 remarque : côté Ouest

Résultats

masse sèche de la prise d'essai : 13'032 g
 teneur en eau : --- %
 teneur en fine (<0.063 mm) : 6.6 %

méthode : lavage et tamisage à sec
 date d'essai : 15-16.02.2023
 opérateur : Vv + Sem Labco

Ouverture [mm]	.063	.125	0.25	0.5	1.0	2.0	4.0	5.6	8.0	11.2	16.0	22.4	31.5	45.0	63	90
refus tamisé [g]	12'169	11'896	11'585	11'111	10'482	9'650	8'600	7'907	6'968	5'977	5'041	3'667	2'183	747	574	0
tamisé cum [%]	6.6	9	11	15	20	26	34	39	47	54	61	72	83	94	96	100
valeur nominale [%]	6.6	9	11	15	20	26	34	39	47	54	61	72	83	94	96	100
tolérance [%]	---	---	---	-5/+5	-5/+5	-9/+9	---	-11/+11	---	-11/+11	---	-11/+11	---	---	---	---



Remarque: -

Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
 Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées.
 Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire
 P.O. Verrey G. Giroud

ESSAI DE PERMEABILITE À L'EAU

ESSAI SOUS CHARGE VARIABLE AVEC SORTIE CONSTANTE

SN EN ISO 17892-11

Type de matériau : **RC-Grave B 0/45**

N° étude : 5398	N° échantillon : C23.188	Objet :
Client : LABCO		Chantier : Qualification de granulats
Réf. client : 23/14		
Date prélèvement : 18 avril 2023	Heure : ---	Type de prélèvement : ---
Auteur prélèvement : Client		Profondeur : ---
Provenance : Côté Ouest		Diamètre maxi. des grains : ---
Lieu prélèvement : Stock		
Date réception labo : 8 mai 2023		Quantité de matériau prélevé : 1 sac 20kg
Etat visuel : OK		Préparation des échantillons d'analyses selon : SN 670'330-47
Remarques : ---		Teneur en eau naturelle : ---

Ce rapport d'essai ne concerne que les objets soumis aux essais

CARACTÉRISTIQUES DU MATERIAU

Classification U.S.C.S. / G.T.R. : --- / ---	Fraction éliminée [%] : 39
Diam. max. éch. analyse [mm] : 16	Teneur en eau de la fraction éliminée [%] : 1.0
Teneur en eau de compactage [%] : 8.6	Masse volumique des particules solides [kg/m ³] : 2700
Modalités de traitement éventuel : ---	Saturation préalable de l'éprouvette : Oui - 120 h

CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI SN EN ISO 17892-11

Type de Moule : CBR	Masse de la dame [g] : 2 490
Energie de compactage : Proctor normal / NF	Hauteur de chute [mm] : 305
Charge d'eau initiale [mm] : 281	Nombre de couches : 3
Diamètre du moule [mm] : 151.9	Nombre de coups / couche : 55
Hauteur de l'éprouvette [mm] : 116.5	Energie de compactage [MJ/m ³] : 1.3
Volume du moule [cm ³] : 2111	Masse volumique du sol sec [Mg/m ³] :

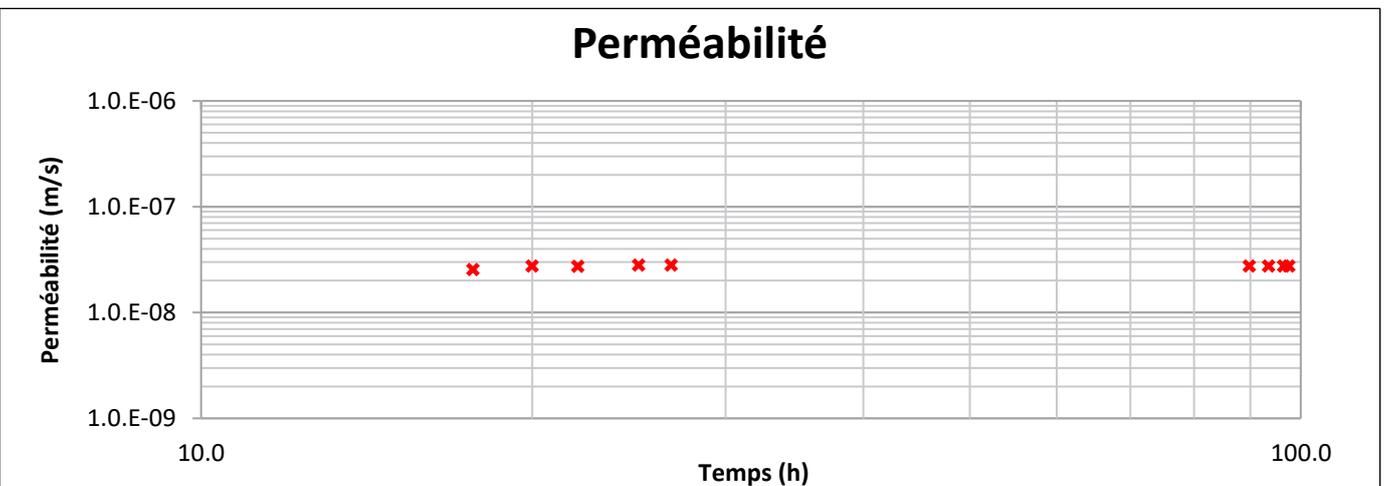
Essais perméabilité avec moule CBR

Temps [h]	t	0	17.7	20.0	22.0	25.0	26.7	89.7	93.5	96.5	97.5
Perméabilité [m/s]	ki	0.0.E+00	2.5.E-08	2.8.E-08	2.7.E-08	2.8.E-08	2.8.E-08	2.7.E-08	2.7.E-08	2.7.E-08	2.7.E-08

Temps [h]	t										
Perméabilité [m/s]	ki										

Perméabilité (k) [m/s] 2.7.E-08

Calcul sur les 4 dernières valeurs - cf. norme



L'incertitude de mesure peut être obtenue sur demande auprès de l'ingénieur

Delémont le : 17.mai.2023

L'ingénieur responsable :

M. BILLOTTE

Toute reproduction de ce document, même partielle doit être soumise à l'accord de SACR

Commettant	Chantier / objet	date
	RC - Grave B 0/45	10.05.23

Résistance à la fragmentation méthode Los Angeles

Procès-verbal N°

SN EN 1097-2

Granulat : RC - Grave B

indications du com-
mettant / fournisseur

provenance :
usage : grave
granularité : 0/45

Echantillon

numéro : 23/2
prélevé par : Vv et Sem Labco
date de prélèvement : 13.02.23
mode de prélèvement : stock
date de réception : 13.02.23
remarque : côté Ouest

Paramètres d'essai

procédé d'échantillonnage : diviseur à couloir

date d'essai : 21.04.23
opérateur(s) : Sem Labco

Résultats

		Coefficient Los Angeles LA			
		Résultats	Catégorie selon EN 13'242	Exigences	Evaluation
---	Fraction 4/8	31	LA 35	LA 40	conforme
---	Fraction 11/16	30	LA 30	LA 40	conforme
---	---	---	---	---	---

Remarque : -

Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées.
Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire

P.O. Vermey G. Giroud

Committant	Chantier / objet	date
	RC - Grave B 0/45	10.05.23

Pourcentage de surface cassées dans les gravillons

Procès-verbal N°

SN EN 933-5:1998/A1:2004

Granulat : RC - Grave B

indications du com-
mettant / fournisseur
provenance :
usage : grave
granularité : 0/45

Echantillon

numéro : 23/2
prélevé par : Vv et Sem Labco
date de prélèvement : 13.02.23
mode de prélèvement : stock
date de réception : 13.02.23
remarque : côté Ouest

Résultats

procédé d'échantillonnage : diviseur à couloir

date d'essai : 20.04.23
opérateur(s) : Sem Labco

	Classe granulaire d/D [mm]	Echantillon			analysée $M_{i,1}$	totalement concassé M_{tc}	Masse [g]		
		total M_0 [g]	tamisé				semi concassé (y compris tc) M_c	semi roulé (y compris tr) M_r	totalement roulé M_{tr}
			$M_{i,1}$ [g]	V_i [% mas.]					
Fractions issues d'une grave	32/max	7'839.0	2580.0	32.9	2'579.7	2'052.4	2'253.9	325.8	111.9
	16/32	7'839.0	4135.0	52.7	4'125.3	3'531.9	3'758.2	367.1	197.6
	8/16	7'839.0	1017.0	13.0	1'016.5	889.2	930.8	85.7	16.9
	4/8	7'839.0	107.0	1.4	106.4	100.4	101.8	4.6	0.9

	Classe granulaire d/D [mm]	Pourcentage de grains [%]			
		totalement concassé C_{tc}	semi concassé (y compris tc) C_c	semi roulé (y compris tr) C_r	totalement roulé C_{tr}
Fractions issues d'une grave	32/max	80	87	13	4
	16/32	86	91	9	5
	8/16	87	92	8	2
	4/8	94	96	4	1
	4/max	84	90	10	4

Classification selon

EN 13'242

Fraction	Catégorie
32/max	C 50/10
16/32	C 50/10
8/16	C 90/3
4/8	C 90/3
4/max	C 50/10

Remarque : -

Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées.
Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

Le chef du laboratoire

Glen Giroud G. Giroud

Committant	Chantier / objet	date
	RC - Grave B 0/45	10.05.23

Coefficient d'aplatissement FI

selon SN EN 933-3

Procès-verbal N°

Granulat : RC - Grave B

Indications du
committant

fournisseur :
usage : granulat pour grave
type : grave
granularité : 0/45

Échantillon

numéro : 23/2
prélevé par : Vv et Sem Labco
date : 13.02.23
méthode : stock
date de réception: 13.02.23
remarque : côté Ouest

Paramètres d'essai

mode d'échantillonnage : échantillonneur à couloir

masse de l'échantillon : 12216.9 g
date d'essai : 20.04.23

Résultats

Granulat élémentaire d_i / D_i [mm]	Masse de la fraction [g]	Ecartement des fentes [mm]	Passant sur la grille [g]	Aplatissement FI [-]	Par fraction pour les graves
80 / 100		50		-	
63 / 80		40		-	
50 / 63		31.5		-	
40 / 50	1267.2	25	84.7	7	31.5 / max
31.5 / 40	1393.2	20	120.8	9	8
25 / 31.5	1561.2	16	70.1	4	
20 / 25	1288.1	12.5	184.6	14	16 / 31.5
16 / 20	1315.8	10	206.3	16	11
12.5 / 16	1266.1	8	171.2	14	
10 / 12.5	1012.1	6.3	150.7	15	8 / 16
8 / 10	942.1	5	113.1	12	14
6.3 / 8	793.2	4	98.1	12	
5 / 6.3	717.0	3.15	85.6	12	4 / 8
4 / 5	558.0	2.5	65.8	12	12

Remarque : -

Coefficient d'aplatissement FI 11
catégorie selon la norme SN 670'119 FI₂₀
exigence selon la norme SN 670'119 < 35

Le chef du laboratoire

Les valeurs obtenues ne concernent que les objets soumis aux essais.
 Excepté les écarts indiqués en remarque, les essais ont été réalisés conformément aux normes mentionnées.
 Ce procès-verbal ne peut être reproduit que dans son intégralité.

P.O. Vermey G. Giroud

4. Asphaltmischgut mit Ausbauasphalt -Recyclingasphalt

4.1 Präambel

Wie bei anderen Baustoffen ist die Verwendung von **Ausbauasphalt** (kurz: **RA** vom engl. Reclaimed Asphalt) die durch Kaltfräsen oder Brechen gewonnen werden, in den entsprechenden SN- und EN-Normen gut beschrieben. Die Lieferanten von Asphaltmischgut und Gussasphalt für den Strassenbau arbeiten nach den geltenden Normen. Die Besonderheit des Bereichs Asphalt und Mischgut besteht darin, dass die Verwendung von Ausbauasphalt in den Ausschreibungen nicht speziell erwähnt werden muss, um ihre Verwendung zu genehmigen; der Normpositionenkatalog NPK 223 des CRB sieht sodann die Möglichkeit vor, dass die Bieter die «zugegebene Menge an Ausbauasphalt in Masse-%» angeben müssen. Die Beimischung von Ausbauasphalt (RA) bei der Herstellung von Asphaltbeton hängt vom gewählten Verfahren (Warm- oder Kaltzugabe) und von der Art des hergestellten Mischguts ab.

All das ist definiert:

- Für Asphaltmischgut: in der Norm SN EN 13108-1^o:2022-09 de, «Asphaltmischgut, Mischgutanforderungen - Teil 1: Asphaltbeton» und ihrem Nationalen Anhang, Anforderungen;
- Für Gussasphalt: in der Norm SN EN 13108-6^o:2022-04 de, «Asphaltmischgut, Mischgutanforderungen - Teil 6: Gussasphalt»;
- Für Ausbauasphalt: in der Norm SN EN 13108-8^o:2019-11 de, «Asphaltmischgut, Mischgutanforderungen - Teil 8: Ausbauasphalt».

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels des Leitfadens wird speziell der Fall von Asphaltmischgut (auch AC genannt) behandelt.

Für die Verwendung und Menge von Ausbauasphalt bei der Herstellung von Gussasphalt für den Strassenbau (im Englischen als MA bezeichnet) gilt die oben zitierte Norm SN EN 13108-6:2022-04 de, hauptsächlich die Abschnitte 4.2.3 für die Zugabe von neuem Bitumen und 4.4 für die Verwendung, Menge und Eigenschaften von Ausbauasphalt.

4.2 Lebenszyklus und Verwertung

Der Lebenszyklus von Ausbauasphalt (RA) kann wie folgt dargestellt werden:

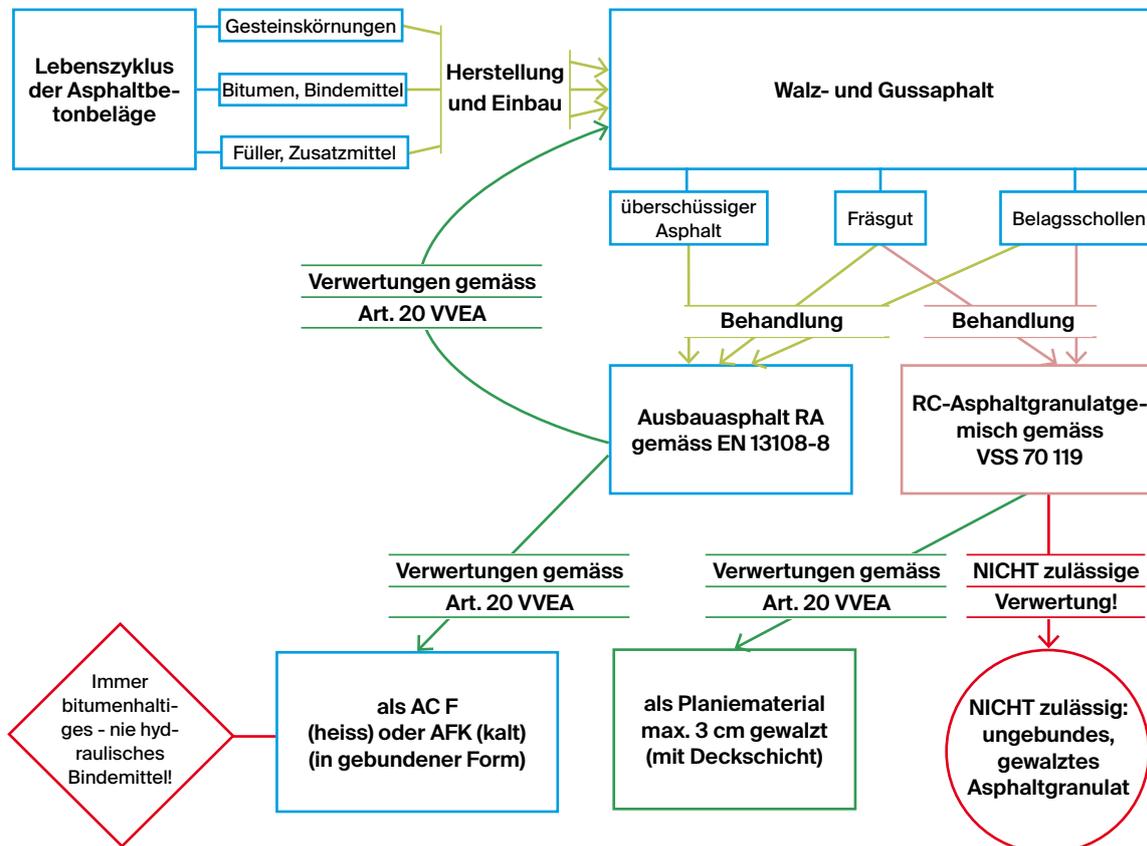


ABB. 4.1 - LEBENSZYKLUS VON ASPHALTMISCHGUT («SCHWARZBELAG»)

Dabei wird unterschieden zwischen der **Herstellung und dem Einbau** von Asphaltmischgut aus neuen Bestandteilen, der **Behandlung** von neuen Abfällen (überschüssiges Neumaterial) und bituminösem Abbruchmaterial (Fräsgut und/oder Belagsschollen) sowie den zulässigen Verwertungen und einer Verwertung, die nach der neuen Vollzugshilfe VVEA nicht mehr zulässig ist (vgl. UV-1826-D, BAFU 2023).

Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft - und in Anbetracht der Tatsache, dass das bituminöse Bindemittel viel teurer ist als mineralische Gesteinskörnungen - ist die **wichtigste Wiederverwendung**, die immer maximal angestrebt werden sollte, die Verwertung von Ausbauasphalt (RA) durch Einarbeitung in die Herstellung von Recycling-Asphaltmischgut.

Die Verwendung **in ungebundener Form** von Ausbauasphalt RA und/oder RC-Asphaltgranulatgemisch ist als Planiermaterial für das Erstellen der Feinplanie vor dem Einbau von Asphaltbelagsschichten zulässig.

Die in der Vergangenheit gängige Praxis, Fräsgut durch Walzen in ungebundener Form und ohne Abdeckung durch einen wasserdichten Belag (Asphalt oder Beton) «aufzuwerten», **ist überhaupt nicht mehr zulässig!** (Vgl. «Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien», Teil des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen VVEA, BAFU 2023).

4.3 Projektstudie

4.3.1 Einführung

Es ist von grösster Bedeutung, dass bei gegenwärtigen und zukünftigen Strassen die Kapazitäten der Belagsschichten im Oberbau optimal genutzt werden. Jede Verbesserung von Strassenprojekten in dieser Richtung ist zu begrüßen und zu bevorzugen. Das Einsparpotenzial über die Lebensdauer einer Strasse ist besonders abhängig von der richtigen Auswahl und Dimensionierung aller Belagsschichten.

Der folgende Leitfaden verfolgt dieses Ziel und integriert gleichzeitig das Wissen über die sinnvolle Verwendung von Ausbauasphalt aus dem Recycling von Asphaltstrassen sowie von Abfällen und Überschüssen aus der Asphaltproduktion.

4.3.2 Kompetenzen und Spezialisten

Das Projekt muss klar festgelegt werden und eine angemessene Dimensionierung aufweisen. Dazu müssen die spezifischen Kompetenzen der verschiedenen Beauftragten sichergestellt und gegebenenfalls Spezialisten hinzugezogen werden (Laboratorien, spezialisierte Büros, Spezialisten für «Schwarzasphalt» usw.).

– Spezialisierte Büros oder Laboratorien, wie:

- Consultest AG <https://consultest.ch>
- Ertec S.A. <https://ertec.ch/>
- IMP Bautest SA <https://www.impbautest.ch>
- Infralab SA <https://infralab.ch/>
- Laboratoire de la Construction (genannt «Labco») <http://labco-vs.ch/>
- Laboroute SA <http://laboroute.ch>

Die Liste **ist nicht abschliessend**. Weitere Labore finden sich z. B. auf:

<http://vab-ala.ch/> oder [Laborobin | Willkommen](#)

– Einzelne Spezialisten, wie u.a.:

- Dr Christian Angst – VR - Präs. IMP Bautest AG c.angst@impbautest.ch
- Dr Nicolas Bueche – IMP Bautest AG n.bueche@impbautest.ch
Tel. 079 602 16 32
- Manfred Kronig – Consultest AG manfred.kronig@consultest.ch
- Fabian Traber – ASTRA fabian.traber@astra.admin.ch
- Tony Bühler – Staat Waadt tony.buhler@vd.ch
Tel. 021 316 73 62
- Dr Martin Hugener – EMPA martin.hugener@empa.ch

- Prof. Dr. Carlo Rabaiotti – OST Ostschweizer Fachhochschule, Rapperswil carlo.rabaiotti@ost.ch
Tel. 058 257 49 75
- Prof. Dr. Aybike Öngel, – BFH Berner Fachhochschule aybike.oengel@bfh.ch
Tel. 031 848 53 39
- Dr Mehdi Ould Henia – nibuXs Sàrl mehdi.ould-henia@nibuxs.ch
- Jean-Louis Cuénoud – Infralab SA jean-louis.cuenoud@infralab.ch
- Michel Pittet – Unabhängig mpittet-consulting@bluewin.ch

Aus dieser Aufzählung können keine Ansprüche oder Forderungen abgeleitet werden. Die Angaben dienen lediglich dazu, die Suche nach Fachleuten zu erleichtern.

Letzte Aktualisierung: im Oktober 2023.

– Ausbildungsmöglichkeiten:

- ERTEC SA: <https://ertec.ch> (Möglichkeit von personalisierten Kursen zum Erwerb der Grundlagen, Auffrischung der Kenntnisse)
- IMP Bautest AG/SA: www.impbautest.ch/ (verschiedene Module in Deutsch und Französisch möglich + «Handbuch – Bituminöse Strassenbau und Brückenabdichtungen» zu bestellen + Forum Strasse deutsch/französisch in Olten)
- nibuXs Sàrl: <https://nibuxs.ch> (zu Themen wie Dimensionierung, Zustandserfassung, Strassenmaterialien, ...)
- Journée d'Étude de la Route et des Infrastructures: <https://confjeri.ch>
- asphaltuisse – der Verband der Schweizer Produzenten der Asphaltindustrie (Jährliche Fachkonferenz). <https://asphaltuisse.ch>
- VSS: <https://www.vss.ch/de/weiterbildung> (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute)
- Eurobitume – lokale Vertretung in der Schweiz (organisiert den Bitumen-Tag) <https://www.eurobitume.eu/>

– Technische Zeitschriften

- «Asphalt-Magazin» <https://asphalt-magazin.de>
- «der asphaltprofi» von MOAG <https://derasphaltprofi.ch/>
- «Nynas News» von Nynas: <https://www.nynas.com/>
- «RoadNews» der Wirtgen Group. [Startseite | Wirtgen Group \(wirtgen-group.com\)](http://Startseite|WirtgenGroup(wirtgen-group.com))
- «STRASSE UND VERKEHR» der VSS <https://www.vss.ch/de/strasse-und-verkehr>
- «Newsletter» von **asphaltuisse** <https://asphaltuisse.ch> > Downloads
- usw.

4.3.3 Methodik der Dimensionierung

Sammeln Sie immer zuerst Daten über:

- | | |
|---------------------------------|---|
| A. den Boden | SN-EN-ISO-14688-1_2019_DE - Teil 1: Identifizierung und Beschreibung von Böden (ISO 14688 :2017) und SN-EN-ISO-14688-2_2019_DE - Teil 2: Grundsätze für eine Klassifizierung (ISO 14688-2 :2017), |
| B. den Unterbau | VSS-40 324 «Dimensionierung des Strassenaufbaus; Unterbau und Oberbau», |
| C. das Klima | VSS-70 140B «Frost, inkl. Karte» und |
| D. das Verkehrsaufkommen | VSS-40 320 «Dimensionierung des Strassenaufbaus; Äquivalente Verkehrslast». |

Bestimmen Sie die Lebensdauer des Strassenprojekts oder der Strassenerhaltungsmassnahme. Bemessen Sie anschliessend den Oberbau für die festgelegte Dauer (Tragfähigkeitsdimensionierung) und prüfen Sie stets, ob eine Frostdimensionierung erforderlich ist. Folgen Sie dazu der in der Bemessungsnorm VSS-40 324 beschriebenen Methode oder verwenden Sie eine Bemessungssoftware (z. B. über spezialisierte Büros wie oben erwähnt).

4.3.4 Einteilung des Belages in Schichten

Die Schichtaufteilung und die Schichtdicken werden «in Fine» festgelegt, indem die in der Norm VSS-40 430 «Walzasphalt; Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten» enthaltenen Empfehlungen befolgt werden. Selbstverständlich kann auch eine Bemessungssoftware zur Optimierung dieses Schrittes dienen.

Das Ganze sollte mit besonderer Sorgfalt bei der Wahl des Bindemittels des fertigen Mischguts jeder Schicht erfolgen. Ab einer Höhe von 1.000 Metern sollte eine weichere Penetrationsklasse gewählt werden, um Kälterisse im Belag zu vermeiden. Auf Hauptstrassen kann diese Grenze auf 1.500 Meter Höhe angehoben werden.

4.3.5 Möglichkeiten der Wiederverwertung von vorhandenen Ausbausphaltes

4.3.5.1 Rechtliche Aspekte

Nachdem die Dimensionierung des geplanten Fahrbahnaufbaus vorgenommen wurde, muss geprüft werden, ob der vorhandene Ausbausphaltes wiederverwendet werden kann. Dazu muss beurteilt werden, ob diese Materialien Schadstoffe enthalten, die eine Wiederverwertung verhindern würden (PAK: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Asbest, etc.)

Bei PAK ist es wichtig, die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) vom 4. Dezember 2015 (Stand: 26. September 2023) zu beachten, die Grenzwerte für die Verwertung von PAK-haltigem Asphaltaufbruch festlegt. Diese Grenzwerte werden **in mg/kg des Gesamtmaterials ausgedrückt**:

- **PAK-Gehalt \leq 250 mg/kg** → uneingeschränkte Verwertung bei der Herstellung von Asphalt (Art. 20 Abs. 1 VVEA);

- **PAK-Gehalt > 250 mg/kg → Verbot***), diese Materialien zu verwerten. (Art. 20 Abs. 2 VVEA).

*) : Bis zu den in Art. 52 VVEA festgelegten Terminen gelten die folgenden Übergangsbestimmungen:

Verwertung von bituminösem Abbruchmaterial **bis Ende 2025 möglich**, wenn

- **PAK-Gehalt zwischen 250 und 1000 mg/kg** → Verwertung nur in geeigneten Anlagen und PAK-Gehalt in dem so hergestellten Asphaltmischgut immer < 250 mg/kg (Art. 52 Abs. 1 Bst. a VVEA);
- **PAK-Gehalt > 250 mg/kg** → wenn die Verwendung so erfolgt, dass PAK-Emissionen verhindert werden, ist dies nur in Absprache mit der kantonalen Behörde, die DUW im Wallis, möglich (Art. 52 Abs. 1 Bst. b VVEA).

Entsorgung von bituminösem Abbruchmaterial **bis Ende 2027 möglich**, wenn:

- **PAK-Gehalt > 250 mg/kg** → Entsorgung in einer **Deponie des Typs E** möglich. (Art. 52 Abs. 2 VVEA);
- **PAK-Gehalt ≤ 250 mg/kg** → Entsorgung in einer **Deponie des Typs B** möglich. (Art. 52 Abs. 3 VVEA).

Gemäss dem Dokument «Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien», einem Teil des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen VVEA (vgl. UV-1826-D, BAFU 2023), wenn auf einer Baustelle mehr als **30 m³ bituminöses Abbruchmaterial** (ca. 50 Tonnen) anfällt, muss der PAK-Gehalt dieses Materials durch Analysen gemäss der Vollzugshilfe «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich» bestimmt werden. Unterhalb dieser Schwelle von 30 m³ ist auch eine vor Ort durchgeführte Analyse, z. B. mit einem PAK-Marker in Sprayform, zulässig. Siehe auch das folgende Kapitel.

Im Wallis wurden PAK nur sehr selten in vorhandenem Asphaltmischgut für Strassen gefunden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Asphaltmischanlagen oder Belagswerke des Kantons üblicherweise nicht die in der Deutschschweiz beliebten Teerbitumen verwendeten. Meistens findet man sie in bituminösen Abdichtungsprodukten (Gussasphalt) von Bauwerken oder in alten Strassenfundationen aus Schottertränkung, so dass ihr Vorkommen nicht ausgeschlossen werden kann. Die oben genannten Vorschriften sind dennoch anzuwenden.

Was Asbest betrifft, so kann es auf natürliche Weise im Gestein vorkommen. Dies betrifft vor allem Tunnelbaustellen und nur selten Tagbaustellen. In der Schweiz sind zwei ausgebeutete Asbeststeinbrüche bekannt, einer in Graubünden und einer im Wallis. Laut den erhaltenen Informationen hat der Steinbruch im Val Hérens nie mineralische Zuschlagstoffe durch Brechen produziert, weder für Asphalt noch für Beton.

4.3.5.2 Methoden zum Nachweis von PAK

Die gängigsten Nachweismethoden sind folgende:

- **Laboranalysen** (cf. chapitre suivant):

Es gibt verschiedene Labormethoden zum Nachweis von PAK (IR-Spektroskopie, Flüssig- oder Gaschromatografie, Sublimationsmethode, usw.). Diese Nachweismethoden sind die genauesten und sollten im Prinzip vorrangig verwendet werden, um die Menge an PAK in einer Probe zu bewerten. Im Allgemeinen werden alle diese Nachweismethoden als qualitative und quantitative Methoden betrachtet.

– **Am Geruch:**

Bei hohen Konzentrationen erzeugen PAK einen Geruch, der von der menschlichen Nase wahrgenommen werden kann. Diese Nachweismethode ist natürlich eine subjektive Methode und dient in erster Linie dazu, Arbeitnehmende zu warnen!

– **Toluol-Test** (zulässig bis zu einem Schwellenwert von 30 mg/m³):

Das Prinzip besteht darin, einige Tropfen Toluol auf den Rand eines Stücks Asphaltbelag tropfen zu lassen, das auf einem Filterpapier (Löschpapier) liegt. Toluol löst das Bindemittel, das mit ihm auf den Filter fließt, und es bildet sich ein orangefarbener ringartiger Fleck, wenn PAK vorhanden sind (*ATI-Projekt Colas: Evaluation des moyens pour la réduction du taux de PAK dans un stock de matériaux, 2014-2015, EEIGM*). Obwohl je nach PAK-Gehalt der Probe Unterschiede in der Intensität des Aureolenflecks zu beobachten sind, wird diese Nachweismethode als überwiegend qualitativ angesehen.

– **PAK-Marker in Sprayform** (erlaubt bis zu einem Schwellenwert von 30 mg/m³):

Bei dieser Methode wird eine weiße Grundfarbe mit einem Lösungsmittel auf die Asphaltprobe aufgesprüht. Das Lösungsmittel löst die PAK und führt beim Trocknen durch eine Reaktion dazu, dass sich die Farbe des Anstrichs nach gelb/hellbraun verändert. Ändert sich die Farbe des Anstrichs, ist die Asphaltprobe mit PAK belastet (*ATI-Projekt Colas : Evaluation des moyens pour la réduction du taux de HAP dans un stock de matériaux, 2014-2015, EEIGM*). Ebenso wie der Toluol-Test ist diese Nachweismethode eine qualitative Methode.

Die PAK-Marker-Methode wird häufig verwendet, da sie einfach zu handhaben und kostengünstig ist. Mit ihr lässt sich auf den ersten Blick feststellen, ob eine Probe mit PAK belastet ist. Der PAK-Marker sollte immer wie folgt verwendet werden (Anleitung auch auf der Spraydose):

- Den PAK-Marker vor Gebrauch auf Raumtemperatur bringen;
- Schütteln der Dose - 2 Minuten lang, um die in der PAK-Flasche enthaltenen Murmeln zu bewegen;
- Verwenden des Sprays in einem Abstand von 20-30 cm auf die Asphaltprobe;
- **Besprühen - immer die Seite des Bohrkerns oder der Scholle** - und **nicht** die Oberseite, die mit Regen und Fahrzeugen in Berührung kommt!

Um die Sichtbarkeit zu optimieren, kann der Test in einem abgedunkelten Raum durchgeführt werden. Wenn bereits bei der Behandlung mit dem PAK-Marker eine Verfärbung (gelb bis hellbraun) auftritt, enthält das Material mit Sicherheit PAK (die Nachweisgrenze in Strassenasphalt liegt bei Tageslicht bei etwa 650 mg/kg).

Bei Zweifeln an der Farbe ist es ratsam, eine UV-Lampe zu verwenden. Wenn es sofort zu einer Verfärbung kommt, kann man davon ausgehen, dass der PAK-Gehalt des Bindemittels über 400 mg/kg liegt.

Im Folgenden finden Sie Beispiele für positive und negative Tests mit dem PAK-Marker:



Positiver PAK-Marker-Test (Quelle: Labco, Martigny)



Negative PAK-Marker-Tests (Quelle: Labco, Martigny)

ABB. 4.2 - BEISPIELE FÜR ERGEBNISSE VON PAK-MARKER-SPRAYTESTS

4.3.5.3 Labore, die PAK-Analysen durchführen

Best Practice zeigt, dass es empfehlenswert ist, bei allen nennenswerten Belagswechseln an alten Belägen eine Analyse durchzuführen, um die Menge an PAK im bestehenden Asphalt zu bewerten.

Zur Erinnerung: Die Probenahme für den Versand an das Labor muss gemäss dem Vollzugshilfemodul zur VVEA: Probenahme fester Abfälle, 2019 durchgeführt werden.

Im Folgenden finden Sie eine **nicht abschliessende** Liste von (akkreditierten oder nicht akkreditierten) Laboratorien, die PAK- und/oder Asbestanalysen durchführen, sowie deren Kontaktdaten:

TAB. 4.1 - NICHT ABSCHLIESSENDE LISTE VON LABORS FÜR PAK-ANALYSEN. STAND: OKTOBER 2023

Unternehmen	Adresse	Kontakt / Website	Konditionierung PAK (Mindestmenge an Asphalt)	Bearbeitungszeit für PAK-Analyse	Analysen von Asbest	Bemerkungen
Surcotec SA	Chemin du Pont-du-Centenaire 109A, 1228 Plan-les-Ouates (Genf)	022 794 73 83 labo@surcotec.ch https://surcotec.ch	200 g in Form eines Bohrkerns, Belagscholle oder Fräsgut (mindestens 50 g)	3 bis 5 Arbeitstage	Ja	Dringende Analyse auf Anfrage möglich
Laboroute SA	Beeschi Mattenstrasse, Postfach 67, 3940 Steg VS	info@laboroute.ch www.laboroute.ch 027 321 14 14	2 kg in Form eines Bohrkerns, Belagscholle oder Fräsgut	3 Arbeitstage	Ja	Dringende Analyse auf Anfrage möglich
	Route de l'Industrie 78, Case postale 131, 1564 Domdidier	026 676 92 60				
	Rue du Pré-Salomon 18, 1242 Satigny	022 301 24 21				
Laboratoires Anesa SA	Av. de la Gare 48, 1920 Martigny	027 722 99 88 laboanesa@netplus.ch	200 g in Form eines Bohrkerns, Belagscholle oder Fräsgut	10 Werkstage	Nein	Dringende Analyse auf Anfrage möglich
NeoScope SA (ehem. BAT-LAB SA)	Rue du Bourgo 2, 1630 Bulle	026 919 36 66 info@neoscope.ch https://neoscope.ch	500 g bis 5 kg in Form eines Bohrkerns, Belagsscholle oder Fräsgut	1 bis 2 Werkstage	Ja	Dringende Analyse auf Anfrage möglich
Analysis Lab SA	Route de l'Etrier 5, 1950 Sion	027 203 30 00 vs@analysis-lab.ch https://analysis-lab.ch	200 g in Form eines Bohrkerns, Belagscholle oder Fräsgut	1 bis 2 Werkstage	Ja	Dringende Analyse auf Anfrage möglich

Weitere (und alle) akkreditierten Laboratorien finden Sie in der Datenbank der akkreditierten Stellen der Schweizerischen Akkreditierungsstelle SAS unter:

<https://www.sas.admin.ch/sas/de/home/akkreditiertestellen.html> (Suchbegriff: PAK oder Asbest, Typ: STS)

4.4 Ausschreibung

Im Folgenden sind verschiedene Elemente aufgeführt, die bei der Ausschreibung berücksichtigt werden müssen:

- Verwertung von Materialien aus dem Baumarkt:
 - Einen Wiederverwendungskreis von Rückbaumaterialien direkt auf der Baustelle schaffen.
 - Eignung und Menge von Ausbauasphalten, die direkt wiederverwertet werden können.
- Gewünschte Recyclingrate und -verfahren:
 - Je nach den vom Bauherrn zur Verfügung gestellten Materialien.
 - Heissrecycling für die starke Beanspruchung neuer Beläge, Kaltrecycling für weniger stark belastet oder provisorische Schichten.
- Marktverfügbarkeit der gewählten Mischgutarten:
 - Wenn möglich, Verwendung von «Standard»-Mischgut (bei den verschiedenen Werken nachfragen)
 - > Famobit AG <https://famobit-villeneuve.business.site/>
 - > Camandona SA <https://www.camandona.ch/centrales-de-production>
 - > ChablAsphalte AG <https://www.chablasphalte.ch/>
 - > SEP – Sion <https://www.sep-sion.ch/>
 - > Seval SA <http://www.seval-vs.ch/>
 - > Tapidrance SA <http://www.tapidrance.ch/>
 - > Volken Group <https://www.volken-group.ch/de/bauen/belagsbau>
 - > BEWO <https://www.belagswerk.info/>
 - > Ulrich Imboden AG <https://www.ulrichimboden.ch/sites/leistungen/belagsbau>

Liste der wichtigsten Asphaltmischanlagen für das Wallis. Stand: Oktober 2023

Jedes neue Mischgut, das von einer Mischanlage hergestellt und/oder von einem Unternehmen zum ersten Mal eingebaut wird, erfordert eine spezielle Ausbildung auf allen Ebenen und verursacht zusätzliche Kosten für die Erstellung der Konformitätserklärung des Herstellers.

Vergessen Sie nicht, der Ausschreibung die verschiedenen Arten von Dokumenten beizufügen, die Sie vorlegen müssen (Typprüfung, Prüfberichte, Sollwerte, Konformität der Bestandteile, technische Datenblätter, Sicherheitsdatenblätter usw.), und achten Sie darauf, dass diese zum Zeitpunkt der Ausführung der Arbeiten gültig sind.

	Asphaltmischgut										Recycelt (RA)		Eingebaute Schicht						Toleranzen												
	Hohlräumgehalt			VFB		Stabilität S		Fliesen F		Spurrnentiefe		Wasserempfindlichkeit		Kaltzugabe	Wärmzugabe	Schichtstärke			Verdichtungsgrad [%]			Hohlräumgehalt [%]			Bindemittelgehalt [%]		Max. Abweichung [%]				
	min	max	[%]	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	Einzel	Mittel	Einzel	Mittel	Einzel	Mittel	gegenüber Soll-Schichtstärke (als Einzelwert)	
Bindemittelgehalt		[%]		[mm]		[kN]		[mm]		[%]		[%]		[%]		[mm]		[mm]		[mm]		[mm]		[mm]		[mm]		[mm]		[mm]	
min		max		min		max		min		max		min		max		min		max		min		max		min		max		min		max	
max		min		max		min		max		min		max		min		max		min		max		min		max		min		max		min	
Norm		SN EN 13108-1		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09	
Ausgabe		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09		2022-09	
Fundationsschichten																															
AC F 22	3.8	3.0	10.0	8.0	5.0	1.5	3.5	-	70	30	100	60	150	96.0	98.0	1.5	14.0	2.0	12.0	± 0.6	± 0.3	-	-	± 20%							
AC F 32	3.4											80	200	97.0	98.0																
Sperrschichten im Gleisbau																															
AC Rail 16	5.4	0.5	2.5	-	5.0	1.5	3.5	-	70	25	80	45	70	97.0	99.0	-	5.0	-	3.0	± 0.6	± 0.3	-	-	± 20%							
AC Rail 22	5.2											70	100																		
Deckschichten																															
AC 8H	5.8	3.0	6.0	-	-	-	-	10.0*	70	0	0	25	35	97.0	98.0	2.0	7.5	2.5	6.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	-	± 20%							
AC 11H	5.4											35	50																		
Deckschichten																															
AC MR 8	5.8	3.0	6.0	-	-	-	-	7.5*	70	0	0	25	40	97.0	98.0	2.5	8.0	3.0	7.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	-	± 20%							
AC MR 11	5.6											35	50																		
Deckschichten																															
PA 8	6.0	16	-	-	-	-	-	-	70	10	10	25	35	97.0	98.0	15.0	23.0	16.0	22.0	± 0.5	± 0.3	± 25%	-	± 20%							
PA 11	5.5	18	-	-	-	-	-	-	70	10	10	35	50																		
Binderschichten																															
PA B 16	4.0	22	-	-	-	-	-	-	70	≥ 10 ^D	≥ 10 ^D	40	80	96.0	98.0	19.0	29.0	21.0	27.0	± 0.6	± 0.3	-	-	± 20%							
PA B 22	3.5											60	150																		
Sickerschichten																															
PA S 16	3.5	18	-	-	-	-	-	-	80	≥ 10 ^D	≥ 10 ^D	40	80	95.0	97.0	14.0	22.0	16.0	20.0	± 0.6	± 0.3	-	-	± 20%							
PA S 22	3.0											60	150																		
PA S 32	3.0											80	200																		
Deckschichten																															
SDA 4 - 12	6.0	10	14	-	-	-	-	7.5*	70	0	0	25	35	97.0	98.0	9.0	17.0	10.0	16.0	± 0.5	± 0.3	-	-	± 25%							
SDA 4 - 16	6.0	14	18	-	-	-	-	-	70	0	0	25	35	97.0	98.0	13.0	23.0	14.0	20.0	± 0.5	± 0.3	-	-	± 25%							
SDA 4 - 20	6.0	18	22	-	-	-	-	-	70	0	0	25	35	97.0	98.0	17.0	25.0	18.0	24.0	± 0.5	± 0.3	-	-	± 25%							
SDA 8 - 12	5.8	10	14	-	-	-	-	7.5*	70	0	0	30	40	97.0	98.0	9.0	17.0	10.0	16.0	± 0.5	± 0.3	-	-	± 25%							
SDA 8 - 16	5.8	14	18	-	-	-	-	-	70	0	0	30	40	97.0	98.0	13.0	23.0	14.0	20.0	± 0.5	± 0.3	-	-	± 25%							

◊ **Anmerkung:** Die Dienststelle für Mobilität DFM begrenzt die RA-Quote auf 20 % für AC S. 40 % sind nur zulässig, wenn die Herkunft der Gesteinskörnungen

◻ **Anmerkung:** Die europäische Norm SN EN 13108-7 schränkt den Anteil an RA nicht ein, außer bei Deckschichten mit Verwendung von

Tabelle 4.2 mit Hauptmerkmalen: *siehe Seiten 59 und 60 oben*

- Die Tabelle ist eine **synoptische Zusammenfassung** der geltenden Anforderungen der Normen für verdichtetes Asphaltmischgut. Die Spalte mit der Überschrift «Recycelt» gibt die zulässigen Prozentsätze an Ausbauasphalt (RA) nach Typ und Sorte des Mischguts an.
- Eine Bemerkung erklärt die **Praxis der Dienststelle für Mobilität (DFM)**, den RA-Anteil in S-Deckschichten (AC 8 S und/oder AC 11 S) zunächst auf 20 % zu begrenzen.
- Der Trend bei den europäischen Normen geht dahin, **dass die Entscheidung über Ja oder Nein** und in welcher Menge Reclaimed Asphalt beizumischen ist, zunehmend den öffentlichen Auftraggebern oder sogar den Auftragnehmern **überlassen wird**.

4.5 Herstellung und Einbau

4.5.1 Aufbereitung und Verarbeitung von Asphaltaggregaten (RA)

- Im besten Fall sollte der PAK-Gehalt vor der Lieferung bestimmt werden. Wenn dies erst vor Ort geschieht, z. B. mithilfe von PAK-Markern, muss die Lieferung bis zum Ergebnis getrennt werden.
- Wenn es die Grösse des Recyclingplatzes zulässt, sollten Deck- und Tragschichten getrennt gelagert und verarbeitet werden (Bitumengehalt und Penetration sehr unterschiedlich).
- Wenn nicht genügend Platz vorhanden ist, muss auf eine sehr gute Durchmischung der Materialien geachtet werden. Es sollten Systeme verwendet werden, bei denen das Material gebrochen, dann gesiebt und das Überkorn rückgeführt wird. Dadurch wird eine homogene Siebkurve erreicht.
- Die Aufbereitung von Abbruchasphalt sollte mit Fräsbrechern oder Prallmühlen erfolgen, damit die Steine voneinander gelöst und nicht zerschlagen werden. Die Aufbereitung mit Backenbrechern sollte eher vermieden werden.
- Eine leichte Zugabe von Wasser während des Brechvorgangs ist wünschenswert, um Staub zu bekämpfen.

4.5.2 Herstellung in Asphaltmischanlagen / im Asphaltwerk

- Im Allgemeinen ist eine Warmaufbereitung einer Kaltzugabe vorzuziehen. Dadurch werden zum einen höhere RA-Raten erzielt und zum anderen wird das Material «schonender» aufbereitet. Die Kaltzugabe führt manchmal zu einem Abschrecken des neuen Bitumens und damit zu einer Versprödung. Ausserdem können die sehr hohen Temperaturen des weissen Minerals (> 220 °C) das neue Bitumen «verbrennen».
- Die Temperatur in der Recyclingtrommel hängt von den angewandten Verfahren ab und liegt zwischen 110°C und 150°C. Es ist jedoch Aufgabe des Mischgutherstellers, für die richtigen Temperaturen zu sorgen, um die Qualität des Bitumens zu erhalten sowie die Freisetzung von Schadstoffen zu begrenzen.
- Bei einem hohen Gradienten zwischen dem weissen und dem schwarzen Material können die Zeitpunkte der Zugabe der einzelnen Komponenten und die Dauer des Mischvorgangs verändert werden, was vorher mit dem Hersteller der Asphaltanlage besprochen werden sollte.
- Die Verweildauer im Vorhaltesilo sollte so kurz wie möglich sein. Denn die Restfeuchte im RA-Material führt zu einer kurzfristigen Abnahme der Viskosität und der Asphalt verdichtet sich im Silo teilweise selbst.

4.5.3 Transport und Einbau des Belags

- Die Verarbeitung auf der Baustelle sollte möglichst maschinell erfolgen, da dies eine bessere Vermischung ermöglicht.
- Die Verweildauer in der LKW-Mulde oder im Thermosilo sollte begrenzt werden, da die Feuchtigkeit in den Ausbaupasphalten zu einer Verringerung der Viskosität führt. Aus diesem Grund neigt Asphalt dazu, sich selbst zu verdichten.

4.6 Konformitäts- und Einbaukontrollen

Dieses Kapitel beschreibt hauptsächlich das Verfahren für die Kontrollen, die der Bauherr (BAUH) durchführt, um die Konformität des Asphaltmischguts (Beläge) sowie dessen ordnungsgemässen Einbau sicherzustellen. Diese Kontrollen sind von denen des Unternehmers unabhängige Prüfungen und entbinden diesen in keiner Weise von seiner Pflicht, die Qualität der von ihm vertragsgemäss eingebauten Materialien zu gewährleisten.

Das Prüfverfahren wird nach den Grundsätzen der VSS-Normen durchgeführt und umfasst die folgenden Schritte:

- Überprüfung der Konformität der vom Unternehmen vorgeschlagenen Rezepturen: Erstprüfung (neu Typprüfung genannt)
- Kontrolle der auf die Baustelle angelieferten Materialien,
- Kontrolle des Einbaus von Materialien auf der Baustelle.

Die Kontrolle des Belagseinbaus erfolgt grundsätzlich nach dem Prüfprogramm für Walzasphalt der Norm VSS 40 434 (Abb. 4.3), dieses variiert je nach Grösse der Baustelle (Tab. 4.3).

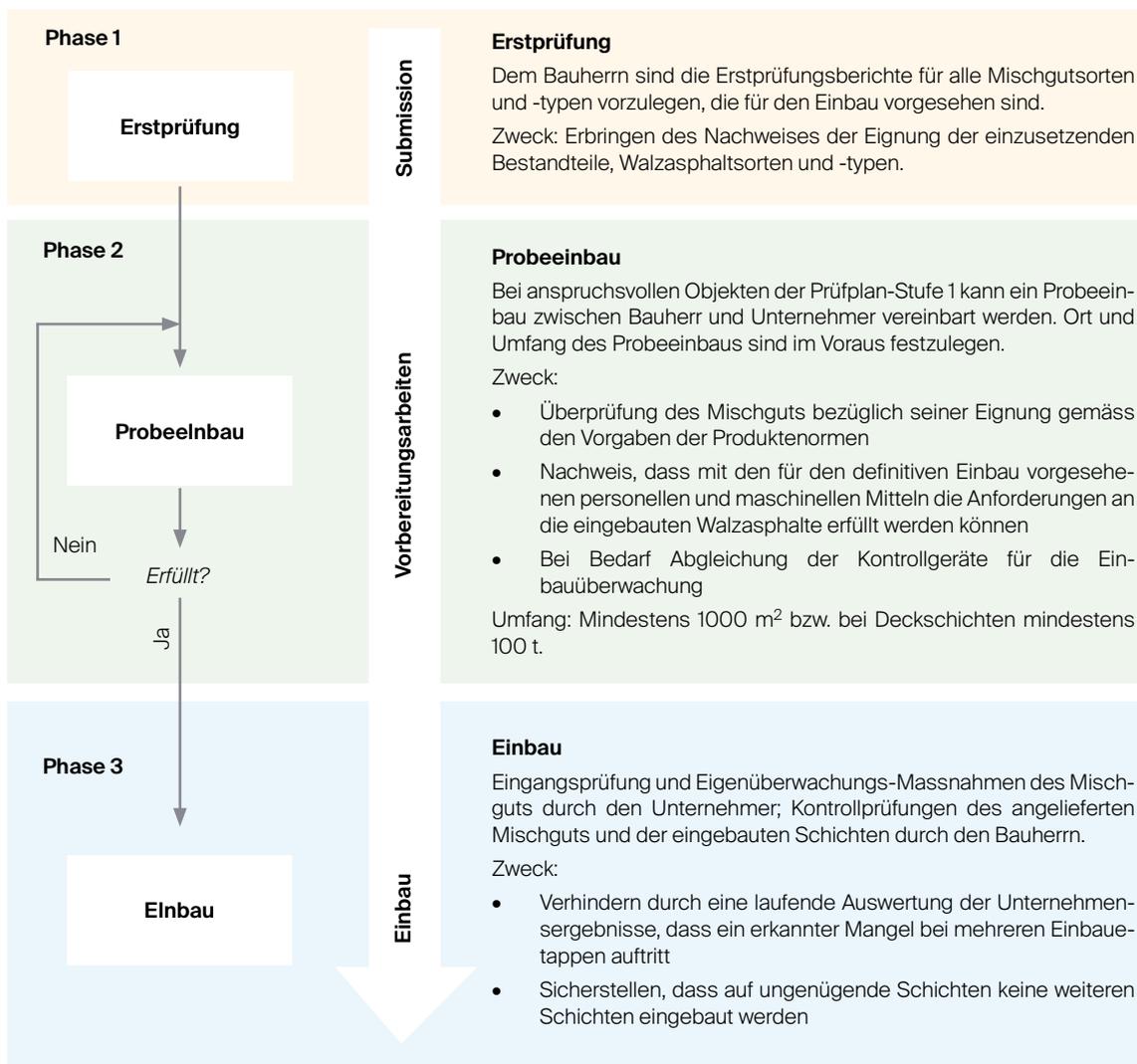


ABB. 4.3 - QUALITÄTSKONTROLLE FÜR ASPHALTMISCHGUT (inspiriert von Abb. 1 VSS 40 434)

4.6.1 Kontrolle vor Beginn der Arbeiten (Formulierungsprobe)

Im Rahmen ihrer Arbeiten führt die Dienststelle für Mobilität (DFM) des Kantons Wallis eine **Liste der zugelassenen bituminösen Mischgüter**. Analog dazu müssen die verschiedenen Bauherren, die Produkte aus dieser Liste verwenden möchten, nicht mehr die Erst- oder Typprüfungen bei den Lieferanten anfordern.

Die «Liste mit den freigegebenen Mischgutsorten und Mischguttypen» kann online unter folgender Adresse eingesehen werden: <https://www.vs.ch/de/web/sdm/dokumentation>, unter der Rubrik «Synthese ungebundenen Gemischen und Mischgutsorten und Mischguttypen zugelassen».

Typprüfungen (bisheriger Begriff: Erstprüfung) werden in der Norm SN EN 13108-20:2022-09 beschrieben. Sie müssen die Herkunft und Qualität der Bestandteile (Gesteinskörnungen, Füller und Bindemittel) und die Sollwerte des Mischguts definieren. Ein Typprüfbericht enthält in erster Linie:

- Die Bezeichnung des Mischguts mit einer Referenznummer, die **ihre Identifizierung** bei der Lieferung an die Baustelle **ermöglicht** (Lieferschein).
- Die angekündigten Sollwerte für dieses Mischgut,
- Die Herkunft der Bestandteile: Bitumen, Füller, Gesteinskörnungen nach Kornklasse Ausbauasphalt (RA),
- Der Prozentsatz an Ausbauasphalt (RA).

Die Einhaltung der in der Typprüfung angekündigten **Sollwerte** muss durch Laborversuche nachgewiesen werden. Diese Sollwerte müssen unbedingt mit dem Typprüfungsbericht mitgeliefert werden, da sie als Referenzwerte für die Einbaukontrolle dienen. Die Raumdichte auf Marshall-Prüfkörpern muss als Referenzwert für die Kontrolle der Verdichtung angegeben werden.

4.6.2 Kontrolle vor und während des Einbaus (Untergrund und Lieferung)

Vor dem Einbau des Belags muss der Zustand des Untergrunds (Sauberkeit und Temperatur) überprüft werden. Bei der Ankunft des Asphaltmischguts auf der Baustelle muss ebenfalls kontrolliert werden, ob das gelieferte Produkt dem bestellten entspricht, das im vorherigen Schritt (Kap. 4.6.1) überprüft wurde, sowie die Temperatur des gelieferten Asphaltmischguts.

Für sein Qualitätsmanagement verlangt die DFM, dass auf jedem **Lieferschein** mindestens die folgenden Angaben gemacht werden:

- Gruppe (AC, AC B, AC T, AC EME, AC F, AC MR, SDA, SMA, PA, usw.)
- Mischgutsorte (Korngrösse, d. h. max. Korndurchmesser)
- Mischguttyps (L, N, S, H oder ohne Typen)
- Resultierendes Bindemittel des Mischguts (Bindemitteltyp und -sorte).

Die Lieferkontrollen werden anhand von Mischgutproben durchgeführt, die vor dem Einbau auf der Baustelle entnommen werden. Die entnommenen Materialien dienen zur Kontrolle folgender Punkte:

- Korngrösse und Bindemittelgehalt des Mischguts,
- Marshall-Prüfung: zur Bestimmung der Resthohlräume (Herstellung) und als Referenz für die Verdichtung,

- Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels:
 - Nadelpenetration,
 - Ring-Kugel-Temperatur,
 - Elastische Rückstellung (nur bei polymermodifiziertem Bitumen).

TAB. 4.3 - KONTROLLEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GRÖSSE DER BAUSTELLE

(inspiriert von Tab. 2 von VSS 40 434)

Einbau, Anzahl Prüfungen und Entnahme von Rückstellproben							
Gegenstand	Prüfungen	Anforderungen gemäss	Prüfplan				Bemerkungen
			Stufe 1		Stufe 2		
			Bauher	Unternehmer	Bauher	Unternehmer	
Mischgut Deck-, Binder- und Tragschicht	Hohlraumgehalt Marshall [19, 21]	SN 640 431-1-NA [3] SN 640 431-5-NA [4]	A	A	B ⁴⁾	B	Für jede Mischgutsorte und jeden Mischguttyp
	Korngrössenverteilung [16]	SN 640 431-7-NA [5] SN 640 431-20-NA [6]					
	Löslicher Bindemittelgehalt [15]	SN 640 431-21-NA [7] VSS 40 436 [8]					
Bindemittel aus Rückgewinnung	Erweichungspunkt R und K [23]	Keine Anforderungen ³⁾	C	C	D ⁴⁾	D	Für jede Mischgutsorte und jeden Mischguttyp
	Penetration [22]						
	Elastische Rückstellung ¹⁾ [24]						
	Kraft-Duktilitätsprüfung ²⁾ [25]						
Bohrkerne Deck-, Binder- und Tragschicht	Schichtdicke [20]	VSS 40 430 [2] VSS 40 436 [8]	E	-	F	-	
	Hohlraumgehalt [17]						
	Verdichtungsgrad [17]						
	Schichtenverbund nach Leutner [21]						
Griffigkeit Deckschicht	Dynamisches Messsystem [9]	VSS 40 520 [11]	1	-	1	-	Pro Baumassnahme Pro Fahrspur In der rechten Radspur
Ebenheit Deckschicht	Ebenheit in Längsrichtung [10]	VSS 40 520 [11]	1	-	1	-	Pro Baumassnahme Pro Fahrspur In der rechten Radspur
Einbauprotokoll Deck-, Binder- und Tragschicht		VSS 40 430 [2]	-	1	-	1	Pro Einbauetappe

- A** A 1 pro 500 t oder 2500 m² und mindestens 2 pro Einbauetappe; zusätzlich 1 Rückstellprobe pro 500 t und mindestens 2 pro Einbauetappe
- B** Mindestens 1 pro Baumassnahme; zusätzlich 1 Rückstellprobe pro 500 t und mindestens 3 Rückstellproben pro Baumassnahme
- C** 1 pro Einbauetappe
- D** 1 pro Baumassnahme
- E** 4 par 2500 m² und mindestens 4 pro Einbauetappe
- F** 4 par 5000 m² und mindestens 4 pro Baumassnahme
- ¹⁾ Nur für elastomermodifizierte PmB (gemäss Angaben des Herstellers)
- ²⁾ Nur für plastomermodifizierte PmB (gemäss Angaben des Herstellers)
- ³⁾ Anforderungen können vereinbart werden
- ⁴⁾ Fakultativ

Die Konformität des Mischguts wird auf der Grundlage der in der Typprüfung angegebenen Sollwerte unter Berücksichtigung der zulässigen Toleranzen bewertet. Die für die Prüfung der Lieferung des Mischguts verwendeten Sollwerte sind:

- Korngrössenverteilung
- Bindemittelgehalt,
- Marshall-Eigenschaften: Hohlraumgehalt, Stabilität und Kriechen.

4.6.3 Kontrollen nach dem Einbau (dem Einbringen)

Die **Kontrolle des eingebauten Mischguts** erfolgt anhand von Bohrkernen ø 150mm, die nach dem Einbau gemäss der Norm VSS 40 434 (Entnahmeplan der Bohrkern) entnommen werden. Diese Bohrkern dienen zur Überprüfung der folgenden Elemente:

- Effektive Dicke der Schichten,
- Verdichtungsgrad,
- Resthohlraumgehalt des eingebauten Belags,
- Schichtenverbund nach Leutner (Leutner-Test).

Die Bewertung der Konformität des Einbaus basiert grundsätzlich auf dem Mittelwert von mindestens 4 Einzelwerten pro Schicht und Tagesetappe.

4.7 Abnahme des Werkes

Für den Bau, Ausbau und Unterhalt des schweizerischen Nationalstrassennetzes gilt die **ASTRA-Weisung «Qualitätsanforderungen bitumenhaltiger Schichten - Massnahmen bei Abweichungen» ASTRA 71005**. Das Dokument kann in seiner aktuellsten Version unter folgender URL heruntergeladen werden:

<https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/fachleute/dokumente-nationalstrassen/standards/weisungen.html>

Der Kanton Wallis als Bauherr für die Fertigstellung der Autobahn A9 befindet sich in dieser Situation. Dort wird das Prüfprogramm der Stufe 1 (2x Bauherr und 2x Unternehmen) gemäss VSS 40 434:2019 de/fr angewendet. (Vgl. Tab. 4.3 oben)

Das Prüfprogramm der Stufe 2 umfasst Mindestprüfungen, ermöglicht jedoch zusätzliche Prüfungen

durch Rückstellproben. Das Prüfprogramm der Stufe 2 gilt hauptsächlich für Hauptverkehrsstrassen HVS (Verkehrsklasse T4) und Verbindungsstrassen VS (Verkehrsklasse T3). (Vgl. Kap. 4.3.2 von VSS 40 434 und Kap. 2.1.2 Massgebende Prüfungen von ASTRA 71005).

Derzeit übernimmt die DFM für den Unterhalt und den Ausbau der Kantonsstrassen die erwähnten ASTRA-Weisungen, indem es sie regelmässig in ihren Ausschreibungen und Werkverträge für ausreichend grosse Bauaufträge einbezieht.

Andere Bauherren (Gemeinden, Städte, Flughäfen, Eisenbahnen, private Industrien, usw.), die die Ausführung grösserer Asphaltbeläge in Auftrag geben, können beschliessen, dies ebenfalls zu einem Vertragsdokument zu machen. In diesem Fall muss dies in den Ausschreibungsunterlagen erwähnt werden.

5. Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen - Recyclingbeton

5.1 Präambel

Im Jahr 2015 wurde geschätzt, dass etwa 7% der gesamten Betonproduktion in der Schweiz Recyclingbaustoffe enthielt. Diese bereits etablierte Praxis nimmt stetig zu und ist in allen Regionen tendenziell stärker ausgeprägt. Im Jahr 2021 erreichte dieser Anteil in der Schweiz 11% (was etwa 1.7 Millionen m³ Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen entspricht).

Die Verwendung von Recyclingbaustoffe in der Betonherstellung entspricht ökologischen und/oder ökonomischen Zielen und Herausforderungen: einerseits eine weniger schnelle Erschöpfung der vorhandenen Reserven an Gesteinskörnungen für die Betonherstellung und damit einhergehend ein Schutz der vorhandenen Ressourcen und andererseits ein Beitrag zur Beseitigung von Abbruchmaterial durch dessen - wenn auch nur teilweise - Wiederverwertung.

Im normativen Kontext, der in der Schweiz gilt, wird unterschieden zwischen:

- **der sogenannte «Normalbeton», der immerhin einen geringen Anteil an Recyclingbaustoffe von bis zu 25 Massenprozent Betongranulat (c) oder weniger als 10 Massenprozent Mischgranulat (M) enthalten kann.**
- **so genannter «Recyclingbeton», der einen höheren Anteil an rezyklierten Materialien enthält.**

Die **Rahmenbedingungen** sowie die **technischen und finanziellen Herausforderungen** für eine systematischere Nutzung und Aufwertung der Verwendung von *Recyclingbeton* sind vielfältig und umfassen insbesondere Folgendes:

A. Anwendungsbereiche von Recyclingbeton:

Die am weitesten verbreitete und empfohlene Verwendung von Recyclingbeton findet sich in Magerbeton, Füllbeton oder Strukturelementen, die sich an witterungsgeschützten Orten befinden. Da die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Module) reduziert sind, sollte die Verwendung von Recyclingbeton bereits in einem frühen Stadium des Projekts in Betracht gezogen werden, damit die Strukturelemente entsprechend dimensioniert werden können.

Recyclingbeton eignet sich jedoch nicht für Strukturelemente, die Frost und Tausalz widerstehen müssen, oder für Elemente, die sehr hohe Festigkeitswerte aufweisen müssen.

B. Verfügbares Volumen und Lokalität:

Die verfügbare Menge an rezyklierten Gesteinskörnungen steht in direktem Zusammenhang mit dem Volumen des Rückbaumarktes in einem definierten Gebiet. Die Verwendung von Recyclingbeton sollte von der «lokalen» Verfügbarkeit dieser Materialien abhängig gemacht werden, um so lange Transportwege zu vermeiden.

C. Kosten von Recyclingbeton:

Ähnlich wie bei Beton, der aus Primärmaterial hergestellt wird, können die Kosten für Recyclingbeton durch verschiedene Faktoren erklärt werden:

- Die Aufbereitung von Betonzuschlagstoffen und unsortierten Zuschlagstoffen (die durch technische Verfahren optimiert werden könnte).
- Eine manchmal höhere Dosierung von Zement und Zusatzstoffen in der Zusammensetzung der Zubereitungen.
- Die Art und Weise, wie die Kosten berechnet werden: Um einen echten Vergleich anstellen zu können, müssten alle Kosten für Abbau und Neubau berücksichtigt werden, aber auch die Kosten für die Verwertung mineralischer Abbruchmaterialien, die Kosten für die Deponierung nicht verwertbarer Materialien und die Kosten für den (ständig steigenden) Transport.

D. Beherrschen der Qualität und der Produktkonstanz (Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen):

Um eine gleichbleibende Qualität und damit eine «routinemässige» Produktion von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung zu erreichen, sind ein Entsorgungskonzept mit Schwerpunkt auf der Verwertung und eine sorgfältige Aufbereitung des Recyclingbaustoffes zwingend erforderlich. Hierfür ist der Rückbauprozess alter Bauwerke und Gebäude von entscheidender Bedeutung, um direkt eine gute Qualität der rezyklierter Gesteinskörnung zu erhalten. Die Technologie und Logistik zur *Herstellung von Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen können ebenfalls dazu beitragen, die Kosten zu senken (kostengünstigere Produktionstechniken) und die Attraktivität des Betons zu erhöhen*. Dies erfordert jedoch seitens der Lieferanten des «Rohstoffs» und der Betonhersteller spezifische Ergänzungen der Ausrüstung, d. h. logistische Anpassungen (z. B.: zusätzliche Silos), und somit Investitionen. Die Verdichtung und Verknappung von neuem Bauland wird den Rückbau alter Bauwerke beschleunigen und die Verfügbarkeit von rezyklierten Gesteinskörnungen wird steigen. Es wird ein ausreichendes Volumen erreicht werden, um Grössenvorteile zu erzielen und Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung wirtschaftlich wettbewerbsfähiger zu machen, obwohl er aus ökologischer Sicht bereits weitgehend wettbewerbsfähig ist.

Die Anforderungen an Recyclingmaterialien bzw. Recyclingbeton sind die gleichen wie für herkömmliche Materialien und Beton, damit die Endqualität nicht beeinträchtigt wird. Es liegt in der Verantwortung der Lieferanten, ihre Produktionsanlagen entsprechend anzupassen.

Um die oben festgelegten und entwickelten Ziele bestmöglich zu erreichen, sind die Unterstützung und das Engagement der kantonalen und kommunalen Behörden und der Bauherren im Allgemeinen sowie von Planern, Bauunternehmern und Lieferanten erforderlich.

Die Prozesse, Rollen und Aufgaben der verschiedenen Beteiligten bei der Verarbeitung von Recyclingbeton sind in der allgemeinen Tabelle beschrieben. Siehe Kap. 1.5 dieses Leitfadens.

5.2 Normen, Richtlinien und Literatur

Diese technische Anleitung wurde hauptsächlich nach der neuen Version des SIA-Merkblattes 2030:2021 aktualisiert.

Andere Standards und Grundlagendokumente:

SN EN 206:2013 +A2:2021	Beton - Spezifikation, Leistung, Herstellung und Konformität
SIA-Merkblatt 2030:2021	Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen
Norm SN 670 071	Recycling - Basisnorm
Norm SIA 262:2013	Betonbau
Norm SIA 262/1:2020	Betonbau - Ergänzende Festlegungen
SN EN 12620:2002 +A1:2008	Gesteinskörnung für Beton
Norme SN 670 102b-NA	Gesteinskörnung für Beton- Nationales Vorwort - Nationaler Anhang
VSS-Norm 70 115	Gesteinskörnung: Qualitative und quantitative Mineralogie und Petrographie
SIA 430 (Schweizer Norm 509 430)	Vermeidung und Entsorgung von Bauabfällen
Vollzugshilfe VVEA, 2023	<u>Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien Ein Teil des Moduls Bauabfälle der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)</u>
VVEA-Verordnung	<u>Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (26 September 2023)</u>

Die Prüfungen für Festbeton und Gesteinskörnungen sowie für Recyclingbeton sind in Ziffer 0.2 *Normative Verweisungen* bzw. in Ziffer 6 *Nachweise für Recyclingbeton* des Merkblattes SIA 2030 aufgeführt.

Literatur

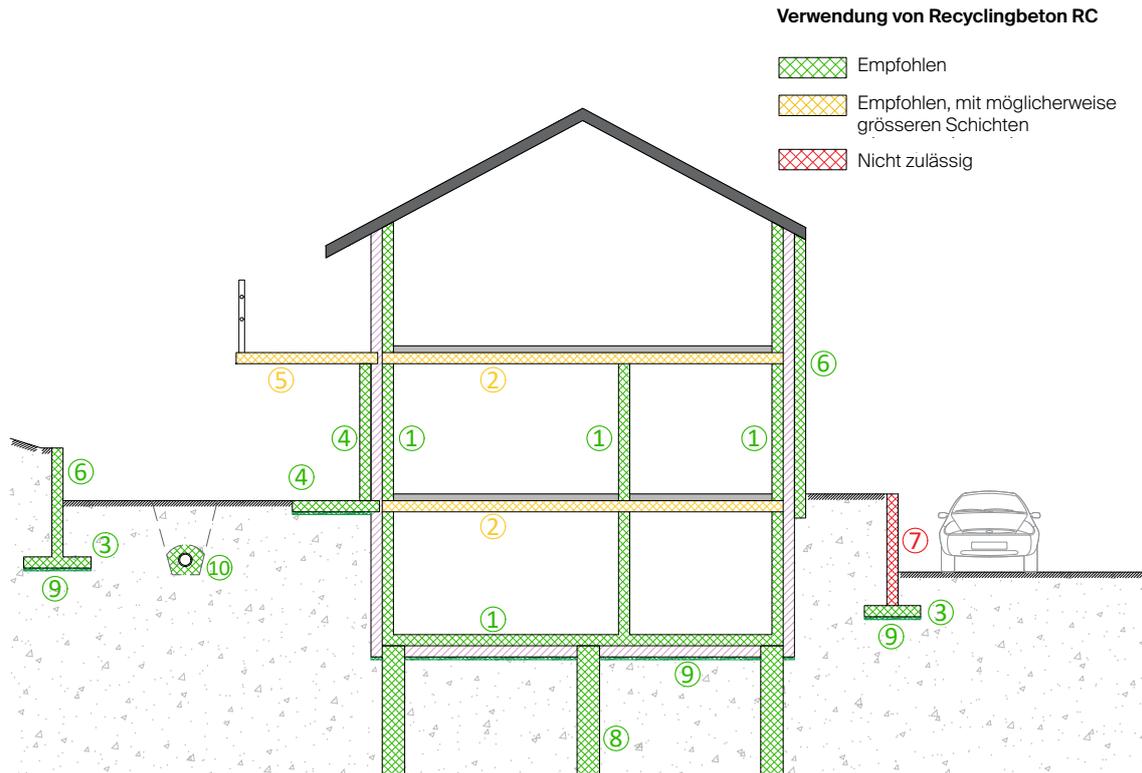
- [1] Technischer Leitfaden für empfohlene Anwendungen im Rahmen des ECOMAT-Projekts^{GE} (GE)
- [2] KBOB-Empfehlungen «Beton aus rezyklierten Gesteinskörnungen» 2007/2
- [3] Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton mit Mischgranulat (CemSuisse -Projekt 200602 - September 2011)
- [4] Korrosionsbeständigkeit eines nichtrostenden Chromstahls in karbonisiertem Normal-, Leicht- und Recyclingbeton (Beton- und Stahlbetonbau 105, Heft 12, Hunkeler F. und Baurle (2010)).

5.3 Verwendung von Recyclingbeton

5.3.1 Anwendungsbereiche

Die Anwendungsbereiche in Bauelementen sind in der folgenden Abbildung und Tabelle beschrieben:

TAB. 5.1 - ANWENDUNGSBEREICHE VON RECYCLINGBETON



Verwendung von Recyclingbeton RC

- Empfohlen
- Empfohlen, mit möglicherweise grösseren Schichten
- Nicht zulässig

		Classe d'exposition Expositionsklassen	Sorte de béton Betonart	RC béton recommandé RC Beton empfohlen
1	Radiers et murs intérieurs Innenbodenplatten und -wänden	XC1	Sorte A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
2	Dalles intérieures ¹⁾ Innendecken	XC1	Sorte A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
3	Structures extérieures enterrées (fondations) Aussenstrukturen unterirdisch (Fundamente)	XC2	Sorte A	RC-C25, RC-C50 RC-M10
4	Structures extérieures à l'abri de la pluie Aussenstrukturen vor Regen geschützt	XC3	Sorte B	RC-C25, RC-C50 RC-M10
5	Dalles extérieures ¹⁾ Aussendecken	XC4	Sorte C	RC-C25, RC-C50
6	Structures extérieures exposées à la pluie Aussenstrukturen Regen ausgesetzt	XC4	Sorte C	RC-C25, RC-C50
7	Structures exposées aux sels de déverglaçage Strukturen Taumittel ausgesetzt	XC4 - XD1 bis XD3	Sorten D bis G	-
8	Pieux forés Bohrpfähle	-	Sorten P1 bis P4	RC-C25
9	Béton de propreté Sauberkeitsschicht	X0	Sorte 0	RC-C25, RC-C50 RC-M10, RC-M40
10	Enrobage de tuyaux Rohrumhüllung	X0	Sorte 0	RC-C25, RC-C50 RC-M10, RC-M40

1) Le module d'élasticité plus faible du béton recyclé peut conduire à des épaisseurs de dalle plus importantes.
Der geringere Elastizitätsmodul von Recyclingbeton kann zu größeren Deckendicken führen.

Die Tabellen *Eigenschaften und empfohlene Anwendungen von Recyclingbeton* auf den folgenden Seiten beschreiben die empfohlenen Anwendungen in Abhängigkeit von den Expositionsclassen der betreffenden Bauteile.

5.3.2 Empfohlene Eigenschaften und Anwendungen von Recycling-Beton

TAB. 5.2 - EMPFOHLENE EIGENSCHAFTEN UND ANWENDUNGEN VON RECYCLING-BETON

Recyclingbeton			Betonsorten nach SN EN 206:2013+A2:2021, Tabellen NA.5 und NA.8							
Typ / Klasse	Gehalte [%-Masse]	O	A	B	C	D	E	F	G	Pfahlbeton P1, P2, P3, P4
RC-C*	RC-C25	$25\% \leq C < 50\%$	zulässig			1)	nicht zulässig			zulässig
	RC-C50	$50\% \leq C \leq 100\%$	zulässig			1)	nicht zulässig			1)
RC-M**	RC-M10	$10\% \leq M < 40\%$	zulässig		1)	nicht zulässig			1)	
	RC-M40	$40\% \leq M \leq 100\%$	zulässig	1)		nicht zulässig			1)	

C Rezyklierte Gesteinskörnung aus aufbereitetem Betonabbruch (siehe Tab. 5.5 zur Definition)

M Rezyklierte Gesteinskörnung aus aufbereitetem Mischabbruch (siehe Tab. 5.5. zur Definition)

1) Nach entsprechenden Vorversuchen zugelassen

***** Es ist nicht erlaubt, dem RC-C Beton gemischten Bauschutt (M) hinzuzufügen

****** Es ist erlaubt, dem RC-M Betongranulat (C) beizumischen und als gemischte Gesteinskörnung (M) zu zählen, sofern der Mindestgehalt an gemischter Gesteinskörnung (M) mindestens 40 Masse-% beträgt

Diese Tabelle basiert auf Tabelle 1 des Merkblatts SIA 2030:2021 mit Ergänzungen aus der Terminologie in Kapitel 1 desselben Merkblatts. Für weitere Einzelheiten zu den Anforderungen an die Zusammensetzung der Gesteinskörnungen C und M wird direkt auf Kapitel 5 des Merkblatts SIA 2030:2021 verwiesen.

5.3.3 Eigenschaften von Recycling-Beton

TAB. 5.3 - EIGENSCHAFTEN UND EMPFOHLENE ANWENDUNGEN VON RECYCLINGBETON

Sorte	Sorte 0 («Null»)	Sorte A ¹⁾	Sorte B	Sorte C	Sorte D (T1) ^{2,3)}	Sorte E (T2) ³⁾	Sorte F (T3) ⁴⁾	Sorte G (T4) ⁴⁾
Grundlegende Anforderungen (Konformität von Beton nach SN EN 206)								
Druckfestigkeitsklasse	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37
Expositionsklasse(n) (Kombination der aufgeführten Klassen)	X0(CH)	XC2(CH)	XC3(CH)	XC4(CH) XF1(CH)	XC4(CH) XD1(CH) XF2(CH)	XC4(CH) XD1(CH) XF4(CH)	XC4(CH) XD3(CH) XF2(CH)	XC4(CH) XD3(CH) XF4(CH)
Maximale Nenngrosse des Granulats	$D_{max}32$	$D_{max}32$	$D_{max}32$	$D_{max}32$	$D_{max}32$	$D_{max}32$	$D_{max}32$	$D_{max}32$
Klasse des Chloridgehaltes ⁵⁾	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10
Konsistenzklasse ⁶⁾	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
Zusätzliche Anforderungen für die Expositionsklassen XF2(CH) bis XF4(CH)								
Frost-Tau-Widerstand bei Anwesenheit von Auftausalzen	keine	keine	keine	keine	durchschnittlich	hoch	durchschnittlich	hoch
Zusätzliche Anforderungen (je nach Gegenstand anzugeben)								
Widerstand gegen RAG					nach Ziffer NA.5.3.4.6			
Sulfatbeständigkeit	keine	keine	keine		Ziffer NA.5.3.4.9			
Anforderungen an Zusammensetzung und Tests								
W/C-Verhältnis bzw. E/C-Verhältnis _{eq} maximal [-]	-	0.65	0.60	0.50	0.50	0.50	0.45	0.45
Mindestzementgehalt C_{min} [kg/m ³] ^{7B)}		280	280	300	300	300	320	320
Dauerhaftigkeitsgehalt ⁹⁾	keine	keine	PE 10 RCarb	RCarb	RCarb GDS	RCarb GDS	RCI GDS	RCI GDS
Andere Anforderungen	SN EN 1 2620 enthält die Anforderungen an Gesteinskörnungen							
Zulässige Zemente	Siehe Tabelle NA.1 in SN EN 206:2013+A1:2016. Bei Kombinationen von Expositionsklassen richtet sich die Wahl des Zements nach der strengsten Anforderung							

— Empfohlene Anwendungen für den RC-C25 und RC-C50

— Empfohlene Anwendungen für den RC-M10

— Empfohlene Anwendungen für den RC-M40

- 1) Die Betonsorte A deckt auch die Anforderungen der Expositionsklasse XC1(CH) ab.
- 2) Die Betonsorte D deckt auch die Anforderungen der Expositionsklasse XF3(CH) ab.
- 3) Die Sorten D und E decken die Expositionsklasse XD2a(CH) ab. Herausforderung. Siehe NA.4.1. SN EN 206:2013+A1:2016.
- 4) Die Sorten F und G decken die Expositionsklasse XD2b(CH) ab. Herausforderung. Siehe NA.4.1. SN EN 206:2013+A1:2016.
- 5) Die angegebene Klasse des Chloridgehalts ist für Stahlbeton und Spannbeton geeignet.
- 6) Die angegebene Konsistenzklasse ist informativ. Ihre Relevanz für die Rahmenbedingungen des Projekts und die Bedürfnisse des Anwenders (z.B. Betoneinbringungsmethode) ist vom Betonanwender in der Angebotsphase zu prüfen. Gegebenfalls muss er sie in seinem Angebot anpassen (vgl. Ziffer NA.5.3.4.1 SN EN 206:2013+A1:2016). Anmerkung: Gemäss Ziffer 5.4.1 (5) von EN 206 muss die Übereinstimmung der Konsistenz zum Zeitpunkt der Lieferung an den Verwender nachgewiesen werden.
- 7) Die minimale Zementdosierung gilt für Beton ohne Zusätze und für D_{max} 32 mm. Für andere D_{max} , ist die Mindestzementdosierung gemäss Tab. NA.7 der SN EN 206 :2013+A1 :2016 anzupassen.
- 8) Für Zement vom Typ CEM II/B-LLL ist die Fussnote in Tab. NA.1 von SN EN 206:2013+A1:2016 zu beachten.
- 9) Prüfungen nach SIA 262/1, Anhänge A, B, C und I, für Wasserdurchlässigkeit (PE), Chloridbeständigkeit (RCI), Frost-Tausalz-Beständigkeit (GDS) und Karbonatisierungsbeständigkeit (RCarb). Die Grenzwerte und Konformitätskriterien sind in Ziffer NA.8.2.3.4 (Tab. NA.14) von SN EN 206:2013+A1:2016 enthalten.
- 10) Die Wasserdurchlässigkeit (PE) ist zu bestimmen, wenn dieser Nachweis gemäss Ziffer NA.8.2.3.4 der SN EN 206 :2013+A1 :2016 verlangt wird.

Diese Tabelle mit den grundlegenden und zusätzlichen Anforderungen an häufig verwendete Beton-sorten (plastische Betone, Kran- oder Pumpeinbau) für den Hochbau (A bis C) und den Tiefbau (D bis G) ist eine Zusammenfassung der Tabellen NA.5 und NA.6 der Norm SN EN 206:2013+A1:2016. Die «Beton-sorten» ist gleichbedeutend mit der in der Schweiz und im NPK üblicherweise verwendeten «NPK-Beton-sorten».

5.4 Terminologie und Definitionen

Die folgenden Tabellen basieren auf dem technischen Merkblatt SIA 2030:2021.

TAB. 5.4 - BETONTYPEN

Béton		
RECYCLINGBETON		NORMALER BETON
<p>Beton nach SN EN 206 dessen Anteil der Gesteinskörnung mindestens 25 % M (Massenprozent) Betongranulat C oder mindestens 10 % M Mischgranulat M enthält.</p>		<p>Beton mit einer Dichte (nach Trocknung im Trockenschrank) von mehr als 2000 kg/m³, aber nicht mehr als 2600 kg/m³, nach SN EN 206</p>
<p>RC-C</p> <p>Beton nach SN EN 206 dessen Anteil an Gesteinskörnung mindestens 25 % M des Betongranulats C enthält und als RC-C bezeichnet werden muss.</p> <p>Qualität: Nahe an Normalbeton</p>	<p>RC-M</p> <p>Beton nach SN EN 206 dessen Anteil der Gesteinskörnung mindestens 10 % M Mischgranulat M enthält und als RC-M bezeichnet werden muss.</p> <p>Qualität: Starkes Schwinden und Kriechen, grössere Durchbiegung als bei Normalbeton</p>	<p>Beton, dessen Zusammensetzung weniger als 25 % M an Betongranulat C oder weniger als 10 % M an gemischtem Mischgranulat M enthält</p> <p>Qualität: Muss alle vorgeschriebenen Qualitäten für normalen Beton ohne rezyklierte Zuschläge einhalten.</p>
<p>RC-C Recyclingbeton wird nach dem deklarierten Gehalt an Betongranulat (C) in die folgenden Klassen unterteilt:</p> <p>RC-C25: 25 M.-% ≤ C < 50 M.-%</p> <p>RC-C50: 50 M.-% < C ≤ 100 M.-%</p> <p>In Prozent in Masse</p> <p>Es ist nicht erlaubt, dem RC-C Beton Mischgranulat (M) hinzuzufügen.</p>	<p>RC-M Recyclingbeton wird nach dem deklarierten Gehalt an (M) Mischgranulaten in die folgenden Klassen unterteilt:</p> <p>RC-M10: 10 M.-% ≤ M < 40 M.-%</p> <p>RC-M40: 40 M.-% < M ≤ 100 M.-%</p> <p>En pourcent en masse</p> <p>In Prozent in Masse</p> <p>Es ist erlaubt, dem RC-M-Beton Betongranulat (C) beizumischen und als gemischte Gesteinskörnung (M) zu zählen, sofern der Mindestgehalt an gemischter Gesteinskörnung (M) mindestens 40 Massenprozent beträgt.</p>	<p>Betonklasse nach SN EN 206</p>

TAB. 5.5 - ARTEN VON GESTEINSKÖRNUNGEN. Fotos von François Glassey

GRANULAT						
Granulares Material, das im Bauwesen verwendet wird. Ein Granulat kann natürlich oder rezykliert sein, gemäss SN EN 12620 .						
REZYKLIERT <i>Rezykliertes Granulat aus der Verarbeitung von früher im Bauwesen verwendeten anorganischen Materialien, gemäss SN EN 12620 und mit einer Zusammensetzung, die Ziffer 5.2, Tabelle 3 des Merkblattes SIA 2030:2021 entspricht, die im Folgenden dargestellt ist.</i>				NATÜRLICH <i>Gesteinskörnung mineralischen Ursprungs, die keiner anderen als einer mechanischen Bearbeitung unterzogen wurde, nach SN EN 12620</i>		
VON BETONGRANULAT C <i>Rezykliertes Granulat, das durch die Aufbereitung von sauberem Abbruchbeton gewonnen wird</i>		VON MISCHGRANULAT M <i>Rezykliertes Granulat, das durch die Aufbereitung von gemischten Abbruchmaterialien gewonnen wird</i>				
Abbruchbeton ist ein Material, das beim Abbruch von Bauwerken oder Verkleidungen aus bewehrtem oder unbewehrtem Beton anfällt.		Gemischte Abbruchmaterialien sind eine Mischung aus ausschliesslich mineralischen Bauabfällen von massiven Bauelementen wie Betonstrukturen, Keramik- oder Kalksandstein und Naturstein.				
Bezeichnung	Bestandteile von rezyklierten Granulat nach SN EN 12620:2002+A1:2008, Tabelle 20				Fremde Elemente	
	Rc+Ru M.-%	Rc M.-%	Rb M.-%	Ra M.-%	X + Rg M.-%	FL cm ³ /kg
Granulat aus Beton (C)	RcU ₉₀ (≥ 90 M.-%)	Rc ₅₀ (≥ 50 M.-%)	Rb ₁₀ (≤ 10 M.-%)	Ra ₁ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5} (≤ 0.5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm ³ /kg)
Gemischtes Granulat (M)	RcU ₉₀ (< 90 M.-%)	Rc _{deklariert} ¹⁾	Rb ₁₀ (> 10 M.-%)	Ra ₁ (≤ 1 M.-%)	XRg _{0,5} (≤ 0.5 M.-%)	FL ₂ (≤ 2 cm ³ /kg)
1) Rc _{deklariert} bedeutet, dass der Rc-Gehalt weniger als 50 Massenprozent betragen muss und der tatsächliche Gehalt deklariert werden muss, z. B. Rc40 (< 40 M.-%). Dabei handelt es sich um eine spezifische Angabe des Herstellers.						
 <p>Rezyklierte Granulate 0 / 6 mm</p>		 <p>Gemischte Bauschuttgranulate 8 / 16 mm</p>		 <p>natürliche Gesteinskörnungen 16 / 32 mm</p>		
 <p>Rezyklierte Granulate 6 / 20 mm</p>						

Legende zur Tabelle: Beziehen Sie sich auf Tabelle 3.1 im Kapitel Recyclingkiesgemisch

5.5 Frisch- und Festbetoneigenschaften von Recyclingbeton

5.5.1 Konsistenz - Verarbeitbarkeit - Nachbehandlung

Rezyklierte Gesteinskörnungen weisen **eine sehr hohe Wasseraufnahme auf**, insbesondere wenn es sich um gemischte Gesteinskörnungen mit geringer Dichte handelt, sowie einen *höheren Hohlraumgehalt als natürliche Gesteinskörnungen*. Zu diesen technischen Nachteilen kommt noch eine *starke Variabilität der Zusammensetzung und der Eigenschaften der Gesteinskörnungen* hinzu, die durch die verschiedenen Ursprünge der rezyklierten Materialien verursacht wird.

Um eine angemessene *Verarbeitbarkeit* zu gewährleisten, die das Einbringen des frischen Betons ermöglicht, werden die Dosierungen von Wasser, Zement und Zusatzstoffen sehr häufig erhöht.

Die Konsistenz muss kontrolliert werden, da Recyclingbeton aufgrund der höheren Wasseraufnahme der rezyklierten Gesteinskörnung dazu neigt, früher steif zu werden als normaler Beton.

Mit Hilfe von Zusatzstoffen ist es möglich, Recyclingbeton mit einem niedrigen W/Z-Verhältnis herzustellen, der dennoch eine *Konsistenz aufweist*, die eine gute Verarbeitbarkeit ermöglicht.

Die *Nachbehandlung* von Recyclingbeton ist genauso wichtig wie die von Normalbeton.

5.5.2 Elastizitätsmodul

Das *Elastizitätsmodul* eines Betons wird hauptsächlich von dem der Gesteinskörnung und der Menge des Zementleims (Wasser + Zement + Luft) bestimmt. Rezyklierte Gesteinskörnungen, insbesondere gemischte Gesteinskörnungen, haben ein niedrigeres Modul als natürliche Gesteinskörnungen (R_u). Daraus ergibt sich also *ein niedrigeres Elastizitätsmodul eines Recyclingbetons als das eines normalen Betons*, der aus natürlichen Gesteinskörnungen besteht. Dieser Rückgang hängt direkt von der Art (C oder M) und dem Massenanteil der rezyklierten Gesteinskörnung im Recyclingbeton ab. Die wahrscheinliche Erhöhung des Volumens des Zementleims in einem Recyclingbeton wird diesen Modulrückgang noch verstärken.

Das Elastizitätsmodul eines Recyclingbetons ist zu deklarieren, da er stark vom Gehalt und der Zusammensetzung der rezyklierten Gesteinskörnung abhängt und nicht nach der Norm SIA 262:2013 abgeschätzt werden kann. Die Deklaration des Elastizitätsmoduls eines RC-C und RC-M Recyclingbetons muss mit Hilfe der Elastizitätsmodulklassen gemäss der untenstehenden Tabelle aus dem SIA-Merkblatt 2030 erfolgen. Die Elastizitätsmodulklassen hängen vom mittleren Elastizitätsmodul E_{rcm} und dem minimalen Messwert des Elastizitätsmoduls $E_{rc,i,min}$ ab.

TAB. 5.6 - ELASTIZITÄTSMODULKLASSEN

Elastizitätsmodulkategorie	E_{rcm} N/mm ²	$E_{rc,i,min}$ N/mm ²
EX	keine Anforderung	keine Anforderung
E15	≥ 15 000	≥ 12 000
E20	≥ 20 000	≥ 17 000
E25	≥ 25 000	≥ 22 000
E30 ¹⁾	≥ 30 000	≥ 27 000

¹⁾ Höhere Elastizitätsmodulklassen sind auf der Grundlage entsprechender Vorversuche zulässig. Sie sind in Schritten von 2000 N/mm² festzulegen.

5.5.3 Fliesen und Schwinden

Das Fliesen und Schwinden von Recyclingbeton, gemessen an Probekörpern nach SIA 262/1, ist höher als das Fliesen und Schwinden eines normalen Betons aus natürlichen Gesteinskörnungen. Diese Beobachtungen resultieren sowohl aus dem höheren Zementleimvolumen des Recyclingbetons als auch aus dem niedrigeren Elastizitätsmodul der rezyklierten Gesteinskörnung.

Der Flieskoeffizient wird um den Faktor 1.25 und der Schrumpfkoeffizient um den Faktor E/E_{cmrcm} erhöht.

Aufgrund der erhöhten Flies- und Schrumpfkoeffizienten und des reduzierten Elastizitätsmoduls sind die Verformungen von Recyclingbeton grösser als die von Normalbeton mit gleicher Druckfestigkeit.

5.5.4 Werte für die Dimensionierung

Für Recyclingbeton gelten die Regeln der Norm SIA 262, wobei das deklarierte Elastizitätsmodul des Recyclingbetons zu berücksichtigen ist.

Einige zusätzliche Bemessungsregeln für RC-M-Beton sind bezüglich der maximalen spezifischen Verformungen sowie der Querkraft- und Biegezugfestigkeiten zu berücksichtigen. Sie sind in Kapitel 4.2 des SIA-Merkblattes 2030 beschrieben.

5.5.5 Volumenmasse

Die Dichte von Recyclingbeton ist etwas geringer als die Dichte von Normalbeton und liegt bei ca. 2350 kg/m³.

5.5.6 Allgemeine Bemerkungen

Das Abbruchmaterial wird zerkleinert und dann je nach Korngrösse trocken oder nass mit Wasser fraktioniert (siehe auch Kap. 2.5.3 und 2.5.4). Bei der Verwendung von trocken aufbereiteten Abbruchgemischen zeigt sich, dass die *rezyklierten Gesteinskörnungen zu viele problematische Verunreinigungen im Feinanteil enthalten*. Diese unkontrollierbaren Stoffe verursachen starke Qualitätsschwankungen und führen zu einer hohen Wasseraufnahme. Da die Wasseraufnahme von rezyklierten Gesteinskörnungen etwa viermal höher ist als die von natürlichen Gesteinskörnungen, muss das Feuchtigkeitsmanagement der rezyklierten Gesteinskörnungen sichergestellt werden. Die Entfernung der 0/8-Fraktion ermöglicht ein besseres Management der Wasseraufnahme von rezyklierten Gesteinskörnungen durch die Reduzierung von Feinanteilen und Mehlen. Soweit möglich, sollte eine vorherige Befeuchtung der rezyklierten Gesteinskörnung vorgesehen werden.

Wenn das Feinkorn bei der Aufbereitung von rezyklierten Gesteinskörnungen abgetrennt wird, kann es sowohl bei der trockenen als auch bei der nassmechanischen Aufbereitung zu hohe Mengen an Chromaten aufweisen [1]. In diesem Fall muss es je nach Schadstoffgehalt auf einer geeigneten Deponie abgelagert oder in gebundener Form gemäss der VVEA wiederverwendet werden.

Eine Überdosierung von Zement in einem Recyclingbeton kann durch das Vorhandensein von zerkleinerten Recyclingzuschlägen im Vergleich zu einem normalen Beton, der nur aus gerollten natürlichen Zuschlägen besteht, notwendig sein.

5.5.7 Erscheinungsbild von Recyclingbeton

Das Erscheinungsbild von Recyclingbeton ist identisch mit dem von normalem Beton. Nur die erste Schicht mit dem Zementschleier ist sichtbar und die rezyklierten Gesteinskörnungen sind nicht sichtbar. Wenn Vorsatzbeton mit rezyklierten Zuschlagsstoffen einer Oberflächenbehandlung (Waschen, Schleifen, ...) unterzogen wird, unterscheidet sich sein Aussehen von herkömmlichem Beton, wobei beispielsweise Backsteine oder Dachziegelzuschläge sichtbar werden können. Diese unterschiedliche Optik kann einen interessanten und begehrten architektonischen Wert haben, aber ihre Verwendung sollte geschützten und nicht exponierten Umgebungen vorbehalten bleiben.



ABB. 5.1 - BEISPIELE FÜR MAUERN AUS RC-C-RECYCLINGBETON: STÜTZMAUER FÜR EINE PRIVATPERSON UND MAUERN EINER SCHULE. Fotos aus Volken Group.

5.6 Zertifizierungen und Zeugnisse

5.6.1 Zertifizierungsstellen

Bei der Herstellung von klassifiziertem Beton müssen alle Betone mit rezyklierten Gesteinskörnungen von akkreditierten Stellen zertifiziert werden:

Technische Konformität	<u>SÜGB</u> (Schweizerischer Überwachungsverband für Gesteinsbaustoffe),
	<u>S-Cert</u> (Zertifizierungsstelle für Produkte und Personen im Bauwesen)
Umweltkonformität	<u>ASR-Label</u>

5.6.2 Zertifizierung von Recycling-Beton

Recyclingbeton wird als Beton mit festgelegten Eigenschaften gemäss SN EN 206:2013+A2 und SIA 262 behandelt, sofern die Anforderungen von SN EN 206:2013+A2 und SIA-Merkblatt 2030:2021 eingehalten werden.

Daher sind die Anforderungen die gleichen wie für normalen Beton (<25% Betongranulat C oder <10% Mischgranulat M).

Der BH behält sich jederzeit die Möglichkeit vor, den Unternehmer/Lieferanten aufzufordern, die Rezeptur des gelieferten Betons einzureichen, insbesondere den Anteil der darin enthaltenen rezyklierten Gesteinskörnung und das von der Lieferung betroffene Bauwerksteil bekannt zu geben.

5.6.3 Zertifizierter interne Werkskontrolle (WK)

Recyclingbeton muss durch eine interne Werkskontrolle (WK) zertifiziert werden. Die Zertifizierungsbescheinigung kann Teil der vom BH geforderten oder von den Unternehmen eingereichten Unterlagen sein.

5.7 Ausschreibung

5.7.1 Besondere Bedingungen für Ausschreibungshefte für Bauarbeiten

Wenn der BH die Verwendung von Recyclingbeton für ein bestimmtes Bauwerk fordert oder zulässt, müssen die besonderen Bedingungen des Ausschreibungshefts für die Arbeiten an diesem Bauwerk alle diesbezüglichen nützlichen Hinweise enthalten. RC-C Recyclingbeton ist als Beton mit festgelegten Eigenschaften nach SN EN 206:2013+A2 spezifiziert, mit zusätzlichen Anforderungen wie der Recyclingbetonklasse und der Elastizitätsmodulklasse nach SIA-Merkblatt 2030.

Beispiel:

– **Füllbeton - Sauberkeitsschicht (Betonsorte 0)**

Für Füll- und Sauberkeitsbeton, der keine besondere Betonqualität erfordert, ist ein Recyclingbeton vom Typ RC-C oder RC-M vorgeschrieben.

– **Beton (Betonsorten A, B und C)**

Bei Betonbauteilen der Sorten A bis C ist die Verwendung von Recyclingbeton vom Bauherrn vorgeschrieben. Die nach SN EN 206:2013+A2 geforderten Betonsorten sind wie folgt:

- *Betonsorte A für Wände: C20/25, XC2(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **Typ RC-C25, RC-C50 oder RC-M10, E15***
- *Betonsorte A für Platten: C20/25, XC2 (CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **Typ RC-C25, RC-C50 oder RC-M10, E20***
- *Beton der Sorte B für Wände: C25/30, XC3(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **Typ RC-C25, RC-C50 oder RC-M10, E20***
- *Beton der Sorte B für Bodenplatten: C25/30, XC3(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **Typ RC-C25, RC-C50 oder RC-M10, E25***
- *Beton der Sorte C für Wände: C30/37, XC4(CH), XF1(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **Typ RC-C25 oder RC-C50, E20***
- *Beton der Sorte C für Platten: C30/37, XC4(CH), XF1(CH), Dmax 32, Cl 0,10, C3, **Typ RC-C25 oder RC-C50, E25***

5.7.2 Artikel für die Ausschreibung von Arbeiten

Ausschreibung: Verwendung der Submissionsartikel nach NPK 241 «Ortbetonbau» F/19(V24)

241	Ortbetonbau			
600	Beton (I)			

	. Betreffend Vergütungsregelungen, Ausmassbestimmungen und Begriffsdefinitionen gelten die Bedingungen in Pos. 000.200.			
	. Ist anstelle von Beton mit natürlicher Gesteinskernung Recyclingbeton nach Merkblatt SIA 2030 zu verwenden, ist dies in Pos. 685 beschrieben.			
680	Mehrleistungen sowie Mehr- und Minderpreise zu Betonarbeiten			

685	Mehr- oder Minderpreis bei Verwendung von Recyclingbeton nach SIA 2030 anstelle von Beton mit natrlichen Gesteinskernungen.			
.100	Betonsorte NPK A RC-C.			
.110	RC-C 25.			
.111	E-Modulklasse			
	Zu Pos.			
	Bauteil	.....	m3	.....
.120	RC-C 50.			
.121	E-Modulklasse			
	Zu Pos..			
	Bauteil .....	.....	m3	.....
.200	Betonsorte NPK B RC-C.			
.210	RC-C 25.			
.211	E-Modulklasse			
	Zu Pos.			
	Bauteil .....	.....	m3	.....
.220	RC-C 50.			
.221	E-Modulklasse			
	Zu Pos.			
	Bauteil .....	.....	m3	.....

.300	Betonsorte NPK C RC-C.			
.310	RC-C 25.			
.311	E-Modulklasse			
	Zu Pos.			
	Bauteil .....	.....	m3	.....
.320	RC-C 50.			
.321	E-Modulklasse			
	Zu Pos.			
	Bauteil .....	.....	m3	.....
.400	Betonsorte NPK A RC-M.			
.410	RC-M 10.			
.411	E-Modulklasse			
	Zu Pos.			
	Bauteil .....	.....	m3	.....
.420	RC-M 40.			
.421	E-Modulklasse			
	Zu Pos.			
	Bauteil .....	.....	m3	.....
.500	Betonsorte NPK B RC-M.			
.510	RC-M 10.			
.511	E-Modulklasse			
	Zu Pos.			
	Bauteil .....	.....	m3	.....
.601	Betonsorte			
	Recyclingbetonsorte			
	E-Modulklasse			
	Zu Pos.			
	Bauteil			
	Ausmass:			
	LE =			
	Weiteres .....	.....	LE	.....

241 Total Ortbetonbau

Impressum

Dieser technische Leitfaden wurde von der *Begleitkommission für die Verwendung mineralischen Recyclingbaustoffen* sowie ihren spezifischen Arbeitsgruppen erstellt.

Begleitkommission für die Verwendung mineralischen Recyclingbaustoffen	
Raoul ZENGAFFINEN	WBV, Kommissionspräsident
Loris CHITTARO	Kommissionssekretär
Didier AEBY	VWKB
Lucien PIGNAT	DMRU / DFM
Stefan AEBERSOLD	DMRU / DNSB
Olivier SCHALBETTER	DMRU / DFM
Pierre BRUCHEZ	IAVS
Thierry PRALONG	DMRU / DUW
Zoé BONOMI	DFE / DIB
Olivier MÉNÉTREY	AVST / WVGB
Grégory MORAND	SIA, Sektion Wallis

Arbeitsgruppe « Kies »
Loris CHITTARO
Léonard JACCAUD
Lionel LATHION
Luis RICARDO
Philippe RITHNER

Arbeitsgruppe « Asphaltmischgut »
Stefan AEBERSOLD
Glenn GIROUD
Olivier SCHALBETTER
Andreas SCHMID
Diego IGLESIAS

Arbeitsgruppe « Beton »
Pierre BRUCHEZ
Zoé BONOMI
François GLASSEY
Jean-Baptiste LUYET
Martin VOLKEN