



## tV (technische Vorgabe)

---

# Einsatz von mineralischen Sekundärbaustoffen im Schutzbau Immobilien

---

Dokument-ID:	70085
Version:	00
Freigabedatum:	01.04.2006
Dokumenttyp:	tV
Ausgabedatum:	25.09.2015
Dokumenteigner:	Jaun Markus

**Hardcopies unterliegen nicht dem Änderungsdienst!**

**© Copyright by armasuisse, 3003 Bern**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Prozess-Information</b>	<b>3</b>
1.1	Ziel	3
1.2	Geltungsbereich	3
1.3	Prozessmessgrößen	3
1.4	Kritische Erfolgsfaktoren	3
<b>2</b>	<b>Übersicht über geltende Gesetze, Normen und Richtlinien</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Anwendung von Sekundärbaustoffen im Schutzbau</b>	<b>5</b>
3.1	Allgemeine Grundsätze	5
3.2	Allgemeine Übersicht über Anwendungsbereiche im Schutzbau	5
3.3	Anwendung im Strassenbau	6
3.4	Anwendung im Betonbau	6
3.4.1	Klassifikation und Bezeichnung	6
3.4.2	Schutzbauteile mit Recyclingbeton	6
<b>4</b>	<b>Ausführungsbestimmungen</b>	<b>9</b>
4.1	Strassen- und Pistenbau	9
4.1.1	Qualitative Anforderungen:	9
4.1.2	Umweltaspekte:	9
4.2	Betonbau	9
4.2.1	Zu beachtende Eigenschaften von klassifiziertem Recyclingbeton nach Fall C	9
4.2.2	Herstellung und Verarbeitung von klassifiziertem Recyclingbeton nach Fall C (bei erhöhtem RC-Anteil > 20%)	10
4.2.3	Hinweise für die Ausschreibung	11
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>12</b>
5.1	Eigenschaften von Recyclingbeton aus Betongranulat [14]	12
5.2	Druckfestigkeit	12
5.2.1	Verformungsverhalten:	12
5.2.2	Schwinden / Kriechen:	12
5.3	Karbonatisierung	12
5.4	Marktsituation Sekundärbaustoffe und Recyclingbeton	13
5.4.1	Gütesiegel ARV	13
5.4.2	Marktsituation	13
<b>6</b>	<b>Dokumenten-Information</b>	<b>14</b>
6.1	Mitgeltende Unterlagen	14
6.2	Glossar	14

# 1 Prozess-Information

## 1.1 Ziel

Die vorliegende Technische Weisung bezweckt die Förderung von mineralischen Sekundärbaustoffen bei der Anwendung im Schutzbau. Sie soll gewährleisten, dass auch bei Armeebauten ein Stoffkreislauf zwischen der Liquidation von Altanlagen und der Erstellung von Neuanlagen hergestellt wird. Die auf dem Rohstoffmarkt angebotenen mineralischen Sekundärbaustoffe sollen zielgerichtet eingesetzt werden.

Die Weisung richtet sich an den projektierenden Bauingenieur. Sie dient als Vorgabe, dass mineralische Sekundärbaustoffe bei der Erstellung von Neu- und Umbauanlagen einzusetzen sind sowie als Richtlinie für die Umsetzung und Ausführung mit diesen Baustoffen.

## 1.2 Geltungsbereich

Zusammen mit dem bestehenden Grundlagenpapier „Umweltgerechte Liquidation von Anlagen BAGF“ (März '94) erfüllt die vorliegende Technische Weisung die Anforderungen eines umweltgerechten Stoffkreislaufes.

Die Weisung hat Gültigkeit für alle Anlagen der Verteidigungsinfrastruktur der Armee, insbesondere für Neu- und Umbauten bei militärischen Unterflur- und Unterfelsanlagen. Der Geltungsbereich umfasst den Einsatz von mineralischen Sekundärbaustoffen, soweit sie nach den Regeln der SN-Norm 640 740a [6] aus den Bauschuttfractionen Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch und Mischabbruch aufbereitet werden. Betonzuschlagstoffe hergestellt aus Tunnelausbruchsmaterial fallen nicht in den Geltungsbereich dieser Technischen Weisung. Material solcher Art wird wie natürlicher Alluvialkies den Primärbaustoffen zugeordnet.

Das Anwendungsgebiet umfasst den eigentlichen Schutzbau zuzüglich die Bauwerke in der Anlagenumgebung, welche zur Erschliessung des Schutzbaus erforderlich sind.

## 1.3 Prozessmessgrößen

Für diesen Prozess sind keine Prozessmessgrößen festgelegt.

## 1.4 Kritische Erfolgsfaktoren

Für diesen Prozess sind keine kritischen Erfolgsfaktoren festgelegt.

## 2 Übersicht über geltende Gesetze, Normen und Richtlinien

<b>Gesetzliche Grundlagen des Bundes</b>		
[1]	USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz, 1983
[2]	TVA	Technische Verordnung für Abfälle, 1990
<b>Normen und Dokumentationen</b>		
	<b>SIA</b>	<b>Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein</b>
[3]	Dok. D 0146	Umweltaspekte von Beton, 1998
[4]	Norm SIA 162	Betonbauten
[5]	Norm SIA 162/4	Recyclingbeton, 1994
	<b>VSS</b>	<b>Vereinigung Schweiz. Strassenfachleute</b>
[6]	SN 640 740a	Recycling; Allgemeines, 1998
[7]	SN 640 741a	Recycling; Ausbauasphalt, 1998
[8]	SN 640 742a	Recycling; Strassenaufbruch, 1998
[9]	SN 640 743a	Recycling; Betonabbruch, 1998
[10]	SN 640 744a	Recycling; Mischabbruch, 1998
<b>Richtlinien</b>		
[11]	BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Abfall; Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle, 1997
[12]	ARV	Abbruch-, Aushub- und Recyclingverband ARV-Gütesicherung für Sekundärbaustoffe als Kiesersatz, 1998
[13]	DAfStb	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton <sup>1</sup> Beton mit rezyklierten Zuschlägen, 1998 (Baustoffkreislauf-Richtlinie) inkl. Erläuterungen zur Richtlinie
<b>Weiterführende Informationen</b>		
[14]	www.b-i-m.de	Forschungsvorhaben „Baustoffkreislauf im Massivbau (BiM)“ Hochschulen, Forschungsinstitute der Bundesrepublik Deutschland

Legende

1 Diese Richtlinie wird überarbeitet und erweitert; sie ist insofern als vorläufig zu betrachten.

### 3 Anwendung von Sekundärbaustoffen im Schutzbau

#### 3.1 Allgemeine Grundsätze

Wenn die Umwelt gesamthaft durch das Recycling von Bauabfällen weniger belastet wird als durch eine andere Entsorgung und die Herstellung neuer Produkte, sollen mineralische Bauabfälle der Verwertung zugeführt werden [11].

Solange die regionale Versorgung sichergestellt und die Wirtschaftlichkeit<sup>1[2]</sup> gegeben ist, soll diesem Grundsatz nachgelebt werden und sollen in erster Linie nur noch Sekundärbaustoffe verwendet werden.

Zweckmässig ist ein Einsatz der Sekundärbaustoffe in dem Bereich, in dem sie primär eingesetzt wurden resp. aus dem sie entnommen wurden.

#### 3.2 Allgemeine Übersicht über Anwendungsbereiche im Schutzbau

Eine Übersicht über die im Schutzbau möglichen Anwendungen von Sekundärbaustoffen gibt die Tabelle 1. Es bedeuten:

✓	Diese Anwendung ist anzustreben
(✓)	Diese Anwendung ist möglich, aber im Sinne einer ressourcengerechten Verwertung nur bedingt zweckmässig. Beispiel: Für Unterlags- / Hüll- und Füllbeton sollten bevorzugt Mischabbruchgranulate verwendet werden, damit diese grosse Bauschutfraktion Eingang in den Stoffkreislauf findet. Betongranulate sollten dagegen, auch mit natürlichen Zuschlägen vermischt, vorzugsweise bei höherwertigeren Betonanwendungen angewendet werden.
	Diese Anwendung ist aus umweltrelevanten Gründen nicht erwünscht oder bautechnisch nicht geeignet.

Neben dem Einsatz in Schutzbau – Teilen ist die Anwendung von Sekundärbaustoffen hauptsächlich in der Umgebung einer Schutzbauwerks möglich.

	Zerschellerplatte	Tragkonstruktionen	Unterlags- / Füll- und Sickerbeton	Portalwände, Stollenauskleidung	Fahrbahnen Verkehrszonen		Galerien, Stützmauern	Zufahrtswege, Strassenbau	Kanalisation
Asphaltgranulat					✓			✓	
Recycling-Kiessand P	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	✓		(✓)	✓	(✓)
Recycling-Kiessand A					✓			✓	
Recycling-Kiessand B (Stabi – Granulat)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	✓		(✓)	✓	(✓)
Betongranulat	✓	✓	(✓)	✓	✓		✓	(✓)	✓
Mischabbruchgranulat	(✓)	(✓)	✓	(✓)			(✓)	(✓)	(✓)

Tabelle 1: Übersicht über Anwendungsbereiche im Schutzbau (basierend auf [6])

<sup>1[2]</sup> Allenfalls höhere Materialkosten von 5-10 % für Sekundärbaustoffe werden als wirtschaftlich tragbar akzeptiert.

### 3.3 Anwendung im Strassenbau

Die schwach frequentierten Strassen, Wege und Plätze bei militärischen Schutzbauten sind prädestiniert um rezyklierte Baustoffe einzusetzen.

Zusammenfassend ist folgender Einsatz anzustreben oder zweckmässig [6]:

Einsatzbereiche	Einsatz Sekundärbaustoff	
	anzustreben	zweckmässig
Asphalt-Deckschichten	Asphaltgranulat	
Asphalt Fundations- und Tragschichten (HMF und HTM)	Asphaltgranulat	Recycling-Kiessand A Recycling-Kiessand P
Bituminös stabilisierte Schichten (KMF)		Asphaltgranulat Recycling-Kiessand B Recycling-Kiessand P
Betonbeläge	Betongranulat	Recycling-Kiessand B Recycling-Kiessand P
Hydraulisch stabilisierte Schichten	Recycling-Kiessand B Stabi-, Beton- und Mischabbruchgranulate	Recycling-Kiessand P
Ungebundene Fundations-schichten	Recycling-Kiessand B Recycling-Kiessand P	Recycling-Kiessand A Beton-, Asphalt- und Mischabbruchgranulate <b>Zulässig nur unter gebundener Deckschicht!</b>
Ungebundene Deckschichten	Recycling-Kiessand B Recycling-Kiessand P	Asphaltgranulat

Tabelle 2: Einsatz von Sekundärbaustoffen im Strassenbau

### 3.4 Anwendung im Betonbau

#### 3.4.1 Klassifikation und Bezeichnung

Für die Bemessung und Ausführung beim Einsatz von Recyclingbeton gilt die Norm SIA 162/4 [5].

Recyclingbeton	Qualitätsanforderungen	Einsatz Sekundärbaustoff
<b>klassifiziert</b> z.B. nach B35/25	Nach Norm SIA 162	Betongranulate mit oder ohne natürliche Zuschläge
<b>nicht klassifiziert</b>	Ohne besondere Qualitätseigenschaften	Kiessand P Betongranulat Mischabbruchgranulat

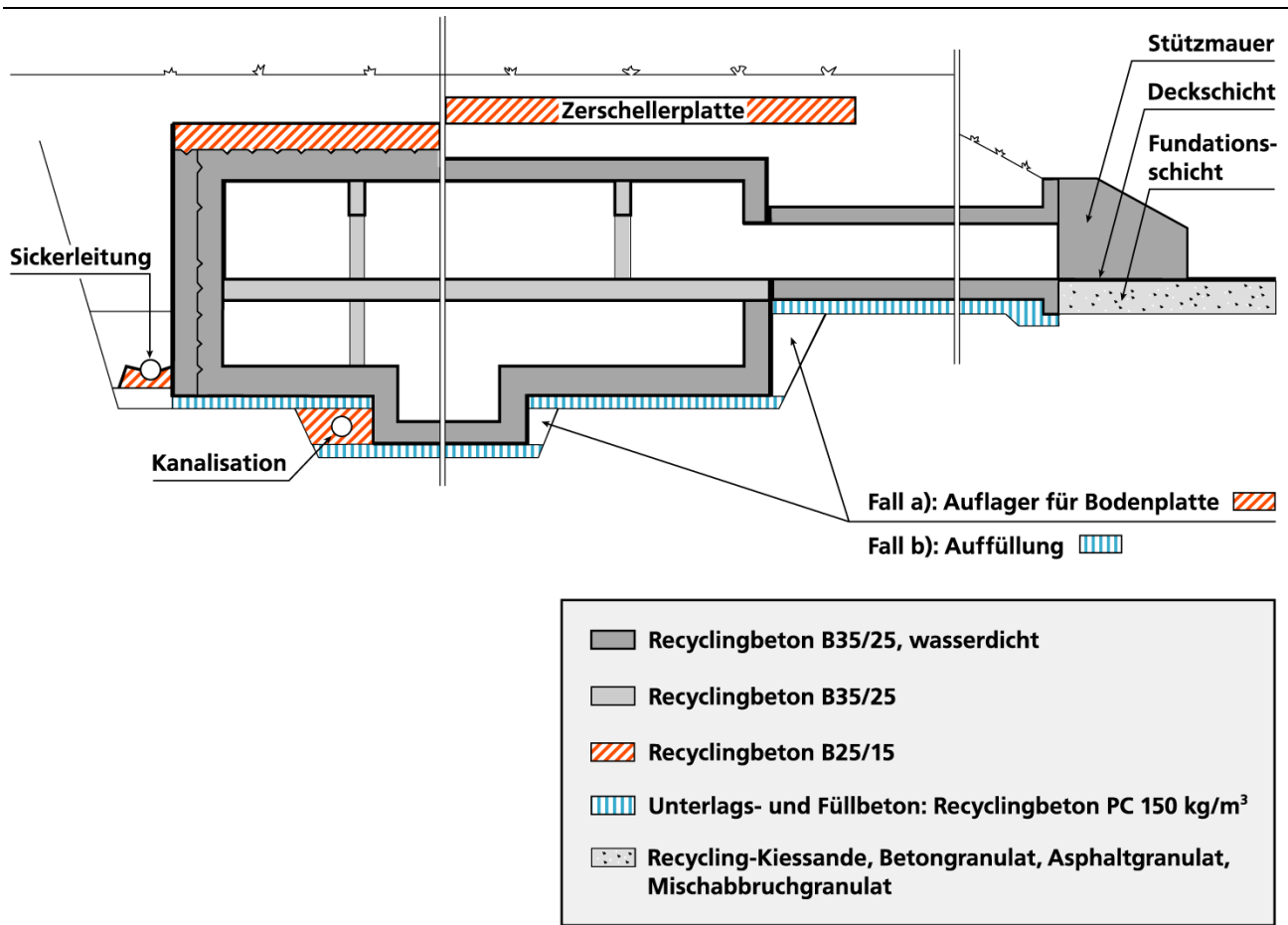
Tabelle 3: Einsatz von Sekundärbaustoffen im Betonbau

Die Anforderungen an Beton mit hohen Festigkeiten und / oder besonderen Eigenschaften gemäss SIA 162 Ziffer 5 [4] sind ohne Zugabe von natürlichen Zuschlägen und spezifischen Rezepturen nur schwer zu erfüllen [5].

Die Herstellung von Beton mit rezykliertem Anteil bis zu einer Festigkeitsklasse B 45/35 ist aber unter Beigabe von natürlichen Zuschlägen oder mit geeigneten Betongranulaten und Betonrezepturen nachgewiesenermassen möglich [13, 14].

#### 3.4.2 Schutzbauteile mit Recyclingbeton

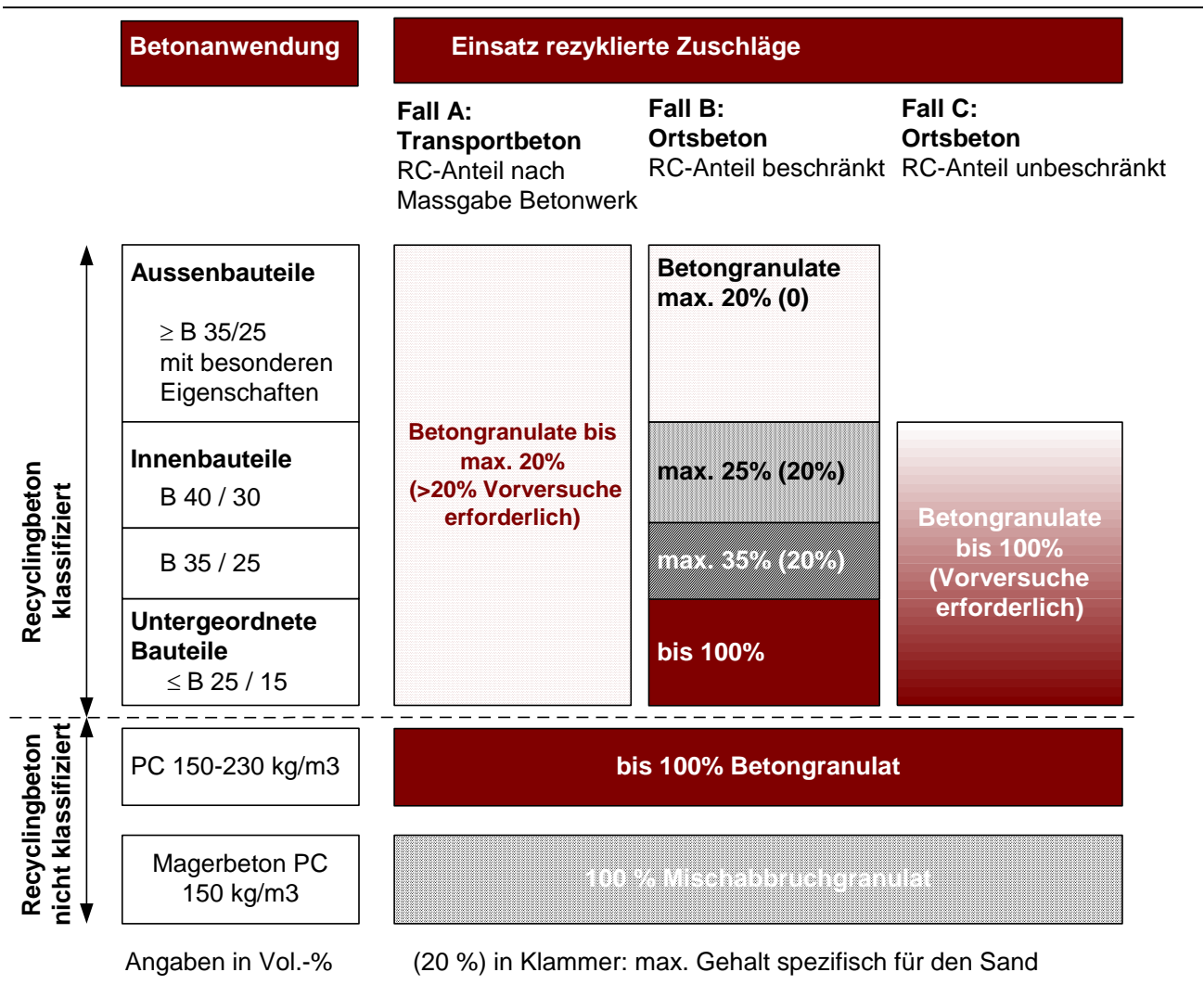
Grundsätzlich können sämtliche Betonbauteile eines Schutzbauwerkes mit Recyclingbeton hergestellt werden. Die bei einem Schutzbau üblicherweise verwendeten Betonsorten sind in der Figur 1 dargestellt.



Figur 1: Übliche Betonsorten im Schutzbau

### Grundsätze für die Anwendung

Für die Anwendung bei Armeebauten soll – wann immer dies versorgungstechnisch möglich ist - Recyclingbeton eingesetzt werden. Es ist folgender Einsatz anzustreben oder möglich:



Figur 2: Einsatzmöglichkeiten der rezyklierten Zuschläge (Gehalte bezüglich Gesamtzuschlag)

Für nicht klassifizierten Recyclingbeton sollen ausschliesslich noch Beton- oder Mischabbruchgranulate verwendet werden:

- Mischabbruchgranulate für Unterlags-, Füll- und Magerbeton
- Betongranulate für CEM Dosierungen ab 150 kg/m<sup>3</sup>

Für die Herstellung der Schutzhülle und der Tragkonstruktion mit zu garantierenden Qualitätseigenschaften soll klassifizierter Recyclingbeton unter dosierter Verwendung von Betongranulaten eingesetzt werden:

#### A Fall A: Transportbeton (Werksbeton):

Der Gehalt ist durch den Lieferanten so festzulegen, dass die Qualitätsanforderungen eingehalten und der Frischbeton gut verarbeitet werden kann (max. Gehalt 20 Vol.-%)

#### B Fall B: Ortsbeton mit beschränktem RC-Anteil:

Der Gehalt ist – differenziert nach den Betonanforderungen – auf ein höchstzulässiges Mass zu beschränken. Die Einhaltung der in der Figur 2 angegebenen Höchstmengen bedeutet, dass der Recyclingbeton einem Beton mit 100% natürlichen Zuschlägen in Bezug auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften gleichwertig ist [13]. Bei der Planung und Bemessung eines Betonbauteils muss deshalb nicht berücksichtigt werden, ob Standardbeton oder Recyclingbeton verwendet wird.



## **C Fall C: Ortsbeton mit unbeschränktem RC-Anteil:**

Der Einsatz ist (vorläufig noch) auf einen Beton ohne besondere Eigenschaften zu beschränken<sup>1[3]</sup>. Bei der Planung und der Ausführung ist den abweichenden Frisch- und Festbetoneigenschaften im Vergleich zum Standardbeton Rechnung zu tragen. Vor dem Einsatz ist der Nachweis durch systematische, schlüssige Vorversuche nach Norm SIA 162 [4] zu erbringen.

## **4 Ausführungsbestimmungen**

### **4.1 Strassen- und Pistenbau**

#### **4.1.1 Qualitative Anforderungen:**

An die Sekundärbaustoffe dürfen keine höheren Anforderungen gestellt werden als an Primärbaustoffe.

Gemäss [6] gelten für Beläge, Tragschichten und Foundationsschichten, die unter Mitverwendung von Sekundärbaustoffen hergestellt werden, die Anforderungen der entsprechenden SN-Normen uneingeschränkt. Die Eignung der Sekundärbaustoffe ist für den entsprechenden Verwendungszweck nachzuweisen.

Bei Kiesersatzmaterialien für den Bau von Foundationsschichten, welche vom Abbruch-/ Aushub- und Recyclingverband (ARV) mit dem Gütezeichen versehen wurden, kann vorausgesetzt werden, dass sie die bautechnischen und umweltrelevanten Anforderungen (siehe Umweltaspekte) erfüllen und dass die Qualitätsüberwachung dieser Produkte sichergestellt ist.

Vom Produzenten / Lieferanten ist eine Produktedeclaration sowie eine kontinuierliche Qualitätsüberwachung nach der BUWAL-Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle [11] zu verlangen.

#### **4.1.2 Umweltaspekte:**

Für alle mineralischen Recyclingbaustoffe gelten nachstehende generelle Verwendungseinschränkungen, um den Schutz der Gewässer zu gewährleisten [11]:

In Grundwasserschutzzonen und -arealen dürfen mineralische Recyclingbaustoffe in ungebundener Form nur mit Bewilligung der zuständigen kantonalen Fachstelle eingesetzt werden.

Recyclingbaustoffe dürfen für Verwendungen, bei denen ein direkter Kontakt mit Grundwasser nicht auszuschliessen ist, nicht eingesetzt werden. Dies verlangt in der Regel einen Mindestabstand vom Grundwasser von 2 Metern. Damit ist z.B. die Verwendung von mineralischen Recyclingbaustoffen für Sicker- und Drainageschichten nicht gestattet.

Mit Ausnahme von Recycling-Kiessand P sind Damm- und Geländeschüttungen mit mineralischen Recyclingbaustoffen verboten. Für solche Vorhaben soll unverschmutztes Aushubmaterial verwendet werden.

Mit Ausnahme von Recycling-Kiessand P darf beim Einbau von mineralischen Recyclingbaustoffen die Schichtstärke 2 Meter nicht überschritten werden.

Für mineralische Recyclingbaustoffe, die in ungebundener Form ohne Deckschicht nicht verwendet werden dürfen, sind bei der Materiallagerung Massnahmen zum Schutz der Gewässer erforderlich.

### **4.2 Betonbau**

#### **4.2.1 Zu beachtende Eigenschaften von klassifiziertem Recyclingbeton nach Fall C**

Wird klassifizierter Recyclingbeton mit 100 % rezyklierten Zuschlägen eingesetzt, müssen die besonderen begleitenden Eigenschaften eines solchen Betons beachtet werden. Dies betrifft haupt-

---

<sup>1[3]</sup> Evtl. mit Ausnahme von Pilotanlagen zu Demonstrationszwecken

sächlich den Elastizitätsmodul, das Kriechen, und Schwinden sowie die Karbonatisierung. Die heutigen Kenntnisse zu diesen Eigenschaften sind im Anhang dargelegt.

Die geforderte Druckfestigkeit für einen Beton B 35 /25 ist mit der richtigen Wahl der Betonmischung einzustellen (WZ-Wert, Zementdosierung, Betonverflüssiger, Zusatzstoffe). Die Zusammensetzung des Betons ist aufgrund einer Eignungsprüfung festzulegen.

Mögliche Mischungsbeispiele für Recyclingbeton mit überwiegendem Anteil an rezyklierten Zuschlägen können der einschlägigen Fachliteratur entnommen werden [14].

Der Unternehmer hat die Einhaltung der Betonanforderungen vor Ausführungsbeginn nachzuweisen. Für die Prüfungen gelten die entsprechenden Ziffern der Normen SIA 162 [4] und 162/1 mit den Ergänzungen von Ziffer 5.2 der Norm SIA 162/4 [5].

#### **4.2.2 Herstellung und Verarbeitung von klassifizierten Recyclingbeton nach Fall C (bei erhöhtem RC-Anteil > 20%)**

##### **A Herstellung und Verarbeitung:**

Der rezyklierte Zuschlag besitzt zwei Eigenschaften, die einen Einfluss auf die Betonherstellung und Verarbeitung haben:

- das Wassersaugen und
- die unterschiedliche Kornrohddichte.

Betonbrechsand (Anreicherung von feinem Zementstein) sowie grössere Betongranulate (anhaltender Zementleim) weisen verhältnismässig geringe Kornrohddichten und dadurch ein hohes Wasseraufnahmevermögen auf.

Infolge des Wassersaugvermögens der Zuschläge wird dem Frischbeton während des Mischens und auch danach Wasser entzogen. Das führt zu einem beschleunigten Ansteifen und damit zu einer steiferen Konsistenz. Die Veränderung der Konsistenz in Abhängigkeit von der Zeit muss vor dem Einsatz festgestellt werden.

Der Verlust der Verarbeitbarkeit ist mit einer nachträglichen Zugabe eines Betonverflüssigers zu kompensieren. Die Wiederherstellung der Konsistenz durch nachträgliche Wasserzugabe ist zu unterlassen, weil sie mit einem Festigkeitsverlust verbunden ist (Erhöhung des wirksamen WZ-Wertes).

##### **B Erhöhter WZ-Wert:**

Bei der Festlegung des Wasserzementwertes ist der gegenüber der Verwendung von natürlichen Zuschlägen generell höhere Wasseranspruch zu berücksichtigen. Ein sog. „wirksamer“ Wassergehalt für rezyklierte Zuschläge lässt sich nach [13] ermitteln. Der wirksame Wassergehalt berechnet sich als Gesamtwassergehalt (Zugabewasser plus Feuchtegehalt des Zuschlags) abzüglich der Wassermenge, welche der rezyklierte Zuschlag innerhalb von 10 Minuten Wasserlagerung aufsaugt.

##### **C Genügender Zementgehalt:**

Wegen des erhöhten Hohlraumgehaltes (kantige Körner und Rauigkeit des Zuschlags) wird ein erhöhter Anteil an Zementleim benötigt, um den Frischbeton gut verarbeiten zu können. Die übliche Zementdosierung liegt bei einem Recyclingbeton mit rund 330 kg / m<sup>3</sup> um ca. 10 % über einem vergleichbaren Standardbeton.

##### **D Grösstkorn der Betongranulate:**

Grössere Betongranulate lassen sich beim Mischvorgang wegen ihrer verhältnismässig geringen Kornrohddichte oftmals nicht ausreichend untermischen, womit es im Gefüge des verdichteten Betons zu Unregelmässigkeiten kommen kann. Aus diesem Grund ist für Bauteile mit Abmessungen bis 30 cm und bei hohen Bewehrungsgehalten bevorzugt Beton mit Grösstkorn 16 mm zu verwenden.

## **E Chemischen Verunreinigungen:**

Grosse Konzentrationen von chemischen Verunreinigungen in den Zuschlägen können die Dauerhaftigkeit insbesondere von bewehrtem Recyclingbeton beeinträchtigen. Die chemischen Verunreinigungen sind deshalb zu kontrollieren.

## **F Vor- / Nachbehandlung (Schwinden):**

Die Schwindverformungen steigen mit zunehmendem Recycling-Anteil. Mit einer angemessenen Nachbehandlung ist der Schwindverlauf zu verzögern (längere Austrocknungszeit). Das Vornässen der Rezyklate wird häufig angewendet, um das Wasseraufsaugen auszugleichen. Es ist dem Umstand Rechnung zu tragen, dass das Vornässen zu einem Quellen des Zuschlags führt, das bei der Austrocknung reversibel ist. Dadurch wird das Schwinden des Betons verstärkt.

### **4.2.3 Hinweise für die Ausschreibung**

Die Verfügbarkeit von Betonwerken, welche in der Region des Bauobjektes Recyclingbeton anbieten, ist vor der Ausschreibung abzuklären. Der ökologische Nutzen des Einsatzes von Recyclingbeton nimmt rasch ab, sobald überproportionale Transportdistanzen vom Betonwerk zum Bauobjekt zurückgelegt werden müssen. Die üblichen Transportdistanzen für Transportbeton in der Schweiz bewegen sich im Mittel um 7 Kilometer, maximal um 20 Kilometer [3]. Sollte sich in der Region kein Recyclingbeton-Anbieter befinden, so ist zu prüfen, ob der Beton immer noch auf der Baustelle als Ortbeton unter Zumischung von lose gelieferten Recycling-Zuschlägen hergestellt werden kann.

Als Absicherung einer eventuell eingeschränkten Liefermöglichkeiten und zur Aufrechterhaltung der Konkurrenzsituation empfiehlt es sich, bei den klassifizierten Betonsorten eine Zusatzposition **Variante Unternehmer** auszusetzen. Mit dieser Position kann der Unternehmer auch einen konventionellen Beton anbieten, falls er nicht in der Lage ist, einen klassifizierten Recyclingbeton zu liefern.

Ein Unternehmer, welcher klassifizierten Recyclingbeton anbietet, ist vertraglich zu verpflichten, diesen Lieferungen tatsächlich nachzukommen. Vom Unternehmer ist eine Produktedeklaration zu verlangen, aus welcher die Betonzusammensetzung hervorgeht.

## 5 Anhang

### 5.1 Eigenschaften von Recyclingbeton aus Betongranulat [14]

Bei der Verwendung von rezyklierten Zuschlägen wird als geläufige Massnahme der Betonbrechsand durch Natursand ersetzt.

Wie Tabelle 4 deutlich veranschaulicht, werden die Festbetoneigenschaften, insbesondere das Schwind- und Kriechmass, durch den Betonbrechsand am meisten beeinflusst.

Zusammensetzung	0/4mm: 100% Natursand 4/32 mm: 100% Betongranulat	0/4 mm: 100% Betongranulat 4/32 mm: 100% Betongranulat
Druckfestigkeit	ca. 10% tiefer	ca. 30% tiefer
E-Modul	ca. 20% tiefer	ca. 30% tiefer
Schwindmass	ca. 10% grösser	ca. 100% grösser
Kriechmass	ca. 30-40% grösser	ca. 100% grösser

Tabelle 4: Eigenschaften von Recyclingbeton in Abhängigkeit vom Zuschlag [14]

### 5.2 Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit von Betonen mit rezyklierten Zuschlägen wird von der Festigkeit der verwendeten Zuschläge direkt beeinflusst. Diese ist wiederum abhängig von der Rohdichte des Materials. Da rezyklierte Zuschläge aufgrund des anhaftenden Zementleims und einer in der Regel inhomogeneren Zusammensetzung eine geringere Rohdichte haben als Naturzuschläge, ist die Druckfestigkeit von Betonen mit rezyklierten Zuschlägen im Allgemeinen kleiner.

Durch bestimmte betontechnologische Massnahmen wie höherer Zementgehalt (ca. 10 % mehr) oder verringerter WZ-Wert erhält man Festigkeiten wie bei Beton mit natürlichen Zuschlägen.

#### 5.2.1 Verformungsverhalten:

Der Elastizitätsmodul ist eine begleitende Eigenschaft (d.h. ist bei der Festlegung der Betonzusammensetzung in der Regel keine Zielgrösse). Der Elastizitätsmodul von Beton mit überwiegend rezyklierten Zuschlägen ist im Vergleich zu Beton mit natürlichen Zuschlägen niedriger. Das Verformungsverhalten des Bauteils darf keine wesentliche Rolle spielen.

#### 5.2.2 Schwinden / Kriechen:

Das Schwinden und Kriechen gehört ebenfalls zu den begleitenden Eigenschaften. Betone mit rezyklierten Zuschlägen neigen zu höheren Kriech- und Schwindverformungen. Diese Tendenz ist um so ausgeprägter, je grösser der Anteil an rezykliertem Zuschlag ist. Besonders gefördert wird Kriechen und Schwinden bei einer Verwendung von Betonbrechsand und bei vorgehärtetem Zuschlag.

### 5.3 Karbonatisierung

Aufgrund der höheren Porosität ist die Karbonatisierungsgeschwindigkeit bei Betonen mit rezykliertem Zuschlägen höher als bei einem Beton mit natürlichen Zuschlägen, dies hauptsächlich wenn Betonbrechsand verwendet wird. Die Karbonatisierungstiefen sind bei der Verwendung von Betongranulaten > 4 mm ähnlich wie bei Betonen aus Naturzuschlag. Es muss beachtet werden, dass sich von dem verwendeten Altbeton bereits durchkarbonatisierte Zuschlagkörner oberflächennah anreichern können und somit lokal zu grösseren Karbonatisierungstiefen führen können.

Nach der im August 1998 erschienenen Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [13] darf rezyklierter Zuschlag auch für Konstruktionsbeton im Sinne der deutschen Norm DIN 1045-1 verwendet werden. Die in dieser Baustoffkreislauf-Richtlinie [13] definierten Höchstmengen für die rezyklierten Betonzuschläge werden in dieser Weisung bis zum Vorliegen neuerer Kenntnisse berücksichtigt.

## **5.4 Marktsituation Sekundärbaustoffe und Recyclingbeton**

### **5.4.1 Gütesiegel ARV**

Das Verzeichnis mit den Herstellern von gütegesicherten Sekundärbaustoffen für Fundamentalschichten, kann beim Abbruch-, Aushub- und Recycling-Verband Schweiz (ARV), Gerbegasse 10, 8302 Kloten, bezogen werden (Tel.: 044 / 813 76 56).

### **5.4.2 Marktsituation**

Die Marktsituation bezüglich der Herstellung und Lieferung von Recyclingbeton ist einem raschen Wandel unterworfen und entwickelt sich stetig. Informationen über das Angebot von Recyclingbeton werden am besten beim ARV (Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verband Schweiz) eingeholt:

- Tel: 044 / 813 76 56, Internet: [www.arv.ch](http://www.arv.ch)

In der deutschsprachigen Schweiz kann heute davon ausgegangen werden, dass die meisten Betonwerke unklassifizierten Recyclingbeton in ihrem Sortiment anbieten. Wie auch für die konventionellen, unklassifizierten Betone, werden für diese Betonsorten von den Herstellern allerdings nur Garantien für den Zementgehalt des Recyclingbetons abgegeben. Über die zu erwartenden Frisch- und Festbetoneigenschaften werden keine verbindlichen Angaben gemacht.

## 6 Dokumenten-Information

### 6.1 Mitgeltende Unterlagen

Unterlagen des Managementsystems			Sprache			
Typ	MS-Nr	Dokumentenbezeichnung	d	f	i	e
VA	10078	Normen und Standards	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weitere Unterlagen						
[1] Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz (USG)), 07.10.1983, SR 814.01		<a href="http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_01.html">http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_01.html</a>				
[2] Technische Verordnung über Abfälle (TVA), 10.12.1990, SR 814.600		<a href="http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_600.html">http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_600.html</a>				
[14] Forschungsvorhaben „Baustoffkreislauf im Massivbau“ BiM, Hochschulen, Forschungsinstitute der Bundesrepublik Deutschland		<a href="http://www.b-i-m.de">www.b-i-m.de</a>				

### 6.2 Glossar

Begriff / Abkürzung	Erläuterung
Ausbauasphalt / Asphaltgranulat	Ausbauasphalt ist der Oberbegriff für den durch schichtenweises Kaltfräsen von Asphaltbelag gewonnenen kleinstückigen Fräsasphalt und den beim Aufbrechen bituminöser Schichten in Schollen anfallenden Aufbruchasphalt. Asphaltgranulat ist der durch Aufbereiten des Ausbauasphaltes hergestellte Sekundärbaustoff.
Bauschuttfraktionen / Mineralische Bauabfälle	Bauschutt ist der Sammelbegriff der verschiedenen Sorten von mineralischen Bauabfällen und somit Ausgangsmaterial für die Herstellung von Sekundärbaustoffen. Für die Verwertung wird Bauschutt in folgende Fraktionen unterteilt: Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch und Mischabbruch.
Betonabbruch / Betongranulat / Betonbrechsand	Betonabbruch ist das durch Abbrechen oder Fräsen von bewehrten oder unbewehrten Betonkonstruktionen und -belägen gewonnene Material. Als Betongranulat wird der durch Sortieren und/oder Brechen von Betonabbruch hergestellte Sekundärbaustoff bezeichnet. Als Betonbrechsand wird der beim Aufbereiten von Betonabbruch anfallende Sand 0/4 mm bezeichnet.
Mischabbruch / Mischabbruchgranulat	Als Mischabbruch wird ein Gemisch mineralischer Fraktionen von Massivbauteilen wie Beton, Backstein-, Kalksandstein- und Natursteinmauerwerk bezeichnet. Mischabbruchgranulat ist der durch Aufbereiten aus dem Mischabbruch hergestellte Sekundärbaustoff.
Recyclingbeton	Recyclingbeton ist ein klassifizierter oder nichtklassifizierter Beton, dessen Zuschlag vollständig oder teilweise aus Beton- oder Mischabbruchgranulat oder Recycling-Kiessand besteht.
Sekundärbaustoffe	Als Sekundärbaustoffe werden die aus den Bauschuttfraktionen durch Aufbereiten hergestellten Baustoffe bezeichnet.
Strassenaufbruch / Recycling-Kiessand / Stabi-Granulat	Strassenaufbruch ist der Oberbegriff für das durch Ausheben, Aufbrechen oder Fräsen von nicht gebundenen Foundationsschichten und von hydraulisch stabilisierten Foundations- und Tragschichten gewonnenen Material. Als Recycling-Kiessand wird der durch Aufbereiten von Strassenaufbruch aus nicht gebundenen Foundationsschichten hergestellte Sekundärbaustoff bezeichnet. Je nach Zusammensetzung wird zwischen Recycling-Kiessand P, A und B unterschieden. Stabi-Granulat ist der durch Aufbereiten von Strassenaufbruch aus hydraulisch stabilisierten Foundations- und Tragschichten hergestellte Sekundärbaustoff.