

Austausch zum Thema Einsatz von GK in Beton/Zement

30.08.2024

NL Case Study

NL

- Im Rahmen der niederländischen technischen Kommission CUR VC 89 zu MSWI-Schlacke untersuchte SGS INTRON das **Verhalten von MSWI-Schlacke als Zuschlagstoff für Beton**
- CUR-Komitee VC 89 hat den Leitfaden „CUR-Empfehlung 116 (**2012**)“ formuliert.



Aanbeveling 112 Beton met betongranulaat als groottoeslagmateriaal

Beveiligingsmaatregelen voor de veiligheid van de gebruiker van de weg

De aanbeveling is bedoeld voor de toepassing van beton met betongranulaat als groottoeslagmateriaal in betonconstructies. De aanbeveling is bedoeld voor de toepassing van beton met betongranulaat als groottoeslagmateriaal in betonconstructies. De aanbeveling is bedoeld voor de toepassing van beton met betongranulaat als groottoeslagmateriaal in betonconstructies.

De aanbeveling is bedoeld voor de toepassing van beton met betongranulaat als groottoeslagmateriaal in betonconstructies. De aanbeveling is bedoeld voor de toepassing van beton met betongranulaat als groottoeslagmateriaal in betonconstructies. De aanbeveling is bedoeld voor de toepassing van beton met betongranulaat als groottoeslagmateriaal in betonconstructies.

Beveiligingsmaatregelen voor de veiligheid van de gebruiker van de weg

■ CUR-committee VC89 formulated a guideline (CUR-recommendation 116 (2012)):

- Replacement of up to 20%V/V sand and/or gravel in reinforced concrete and up to 50%V/V in plain (non structural) concrete
- Not in prestressed concrete (risk of stress corrosion)
- Strength classes up to C30/37
- Exposure classes A2/A3 not allowed; in XD and XS a CEM III/B or CEM II/B-V cement is required
- MSWI-bottom ash is regarded as potential **ASR**



- Additional requirements MSWI-bottom ash:
 - Density: reinforced: fine aggregate $> 2100 \text{ kg/m}^3$
coarse aggregate $> 2200 \text{ kg/m}^3$
plain: fine/coarse aggregate $> 2000 \text{ kg/m}^3$
 - Metallic Al + Zn $\leq 1.0 \text{ \%m/m}$
 - Sulfate (SO_3) $\leq 0.8 \text{ \%m/m}$
 - Alkali content $\leq 0.2 \text{ \%m/m Na}_2\text{O-eq}$
 - LOI $\leq 5.0 \text{ \%m/m}$
 - Effect on setting $\leq 120 \text{ min}$
- Concrete producers are now starting up production with upgraded MSWI-bottom ash. Good results so far!



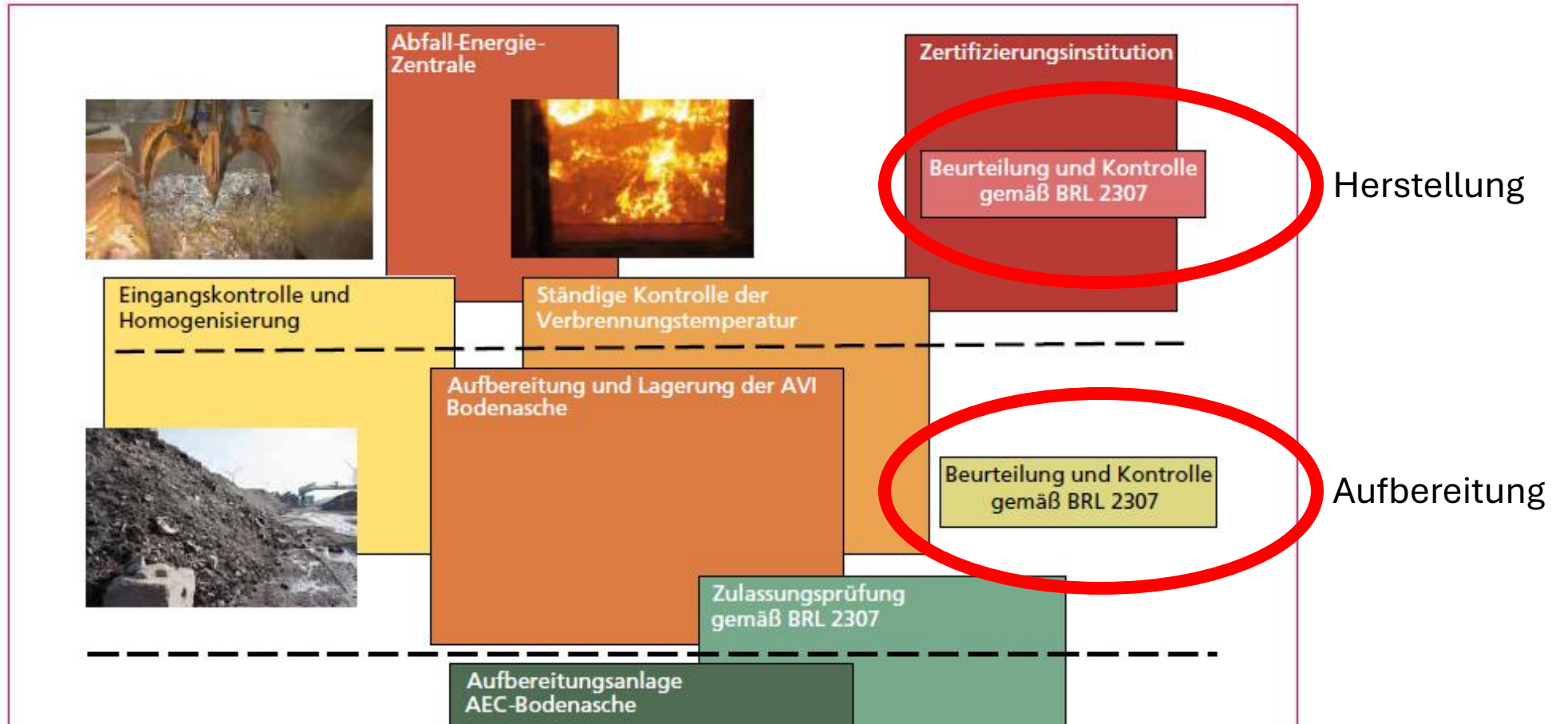
- Upgraded MSWI-bottom ash can be used as an aggregate for (structural) concrete
- It has to meet additional requirements to do so
- It can replace up to 20%V/V (structural concrete) or up to 50%V/V (plain concrete) sand and/or gravel
- If designed for the same compressive strength, other mechanical and durability properties are the same as for reference concrete, except shrinkage, creep and chloride-ingress which are much higher for MSWI-concrete
- Recycled granulates made from MSWI-concrete is of similar quality as present day recycled concrete without secondary aggregates

BRL 2307

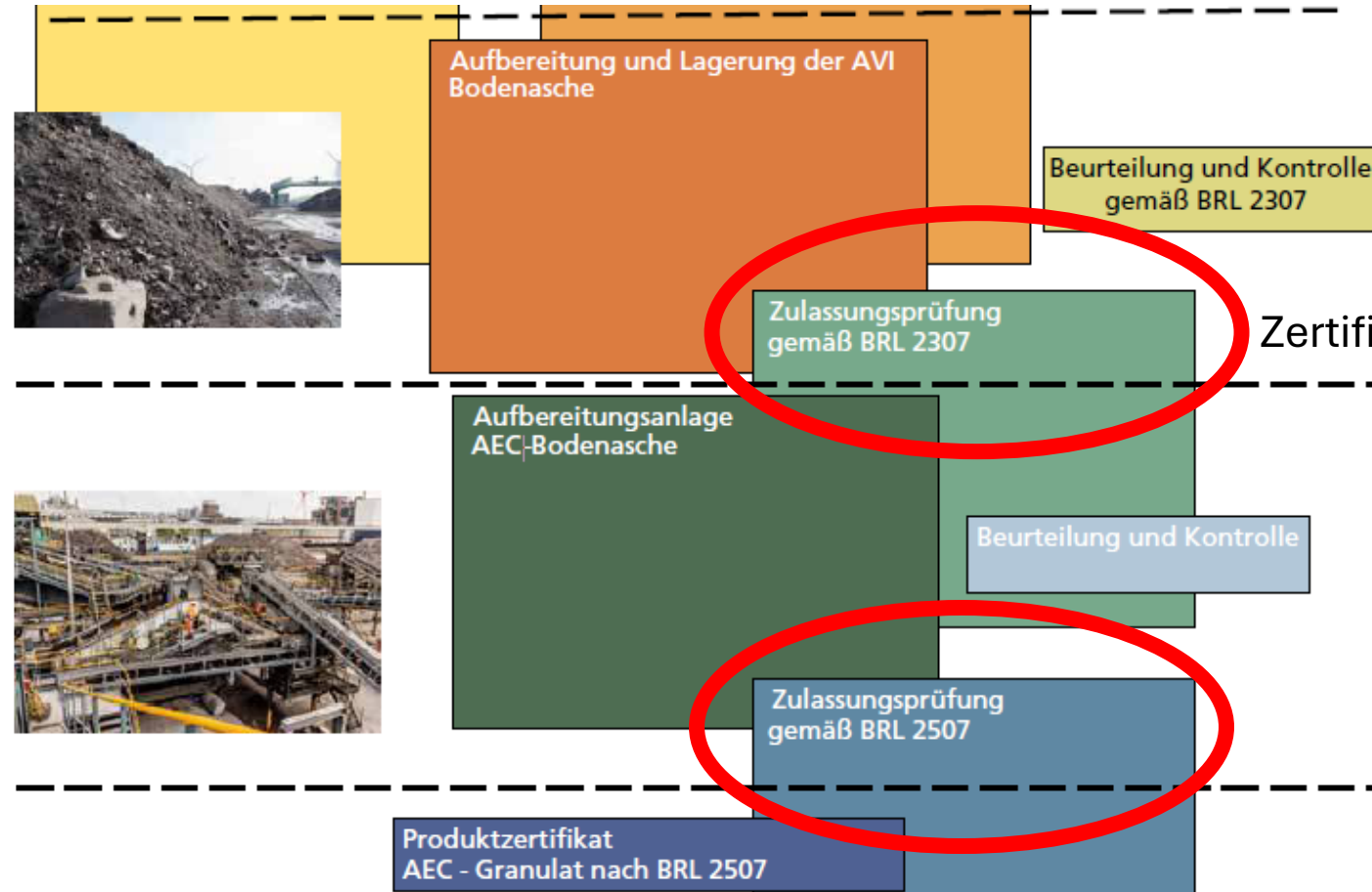
- „Zur Qualitätssicherung des Produktionsprozesses des AEC-Granulats ist aufgrund der CUR-Empfehlung eine Beurteilungsrichtlinie BRL 2307 aufgestellt worden.“
 - **BRL 2307-1: MSWI-Schlacke für die ungebundene Anwendung im Erd- und Straßenbau – Technische Bewertung**
 - [BRL 2307-1 AEC Granulaat voor Grond- en Wegenbouw \(kiwa.com\)](https://www.kiwa.com/nl/standaarden/bouwen/bouwen-voor-grond-en-wegenbouw/bouwen-voor-grond-en-wegenbouw)
 - **Output: KOMO® Product certificate** (Boskalis example: [BRL 2307-1 Modelcertificaat versie juni 2016.docx \(boskalis.com\)](#))
 - **BRL 2307-2: MSWI-Schlacke für die ungebundene Anwendung im Erd- und Straßenbau – Umweltverträglichkeitsprüfung**
 - [BRL 2307-2: AEC-Bodemas voor Grond- en Wegenbouw \(kiwa.com\)](https://www.kiwa.com/nl/standaarden/bouwen/bouwen-voor-grond-en-wegenbouw/bouwen-voor-grond-en-wegenbouw)
 - **Output: NL-BSB® Product Certificate** (Boskalis example: [brl_2307_wash.pdf \(boskalis.com\)](#))
- **Vergleichbar mit ErsatzbaustoffV?**

BRL 2307-1	MSWI bottom ash for unbound application in ground and road construction works – Technical assessment	KOMO® Product certificate
BRL 2307-2	MSWI bottom ash for unbound application in ground and road construction works – Environmental assessment	NL-BSB® Product Certificate

BRL 2307



BRL 2307



Zertifiziertes Ausgangsmaterial

BRL 2507

- „Es ist für die Produzenten möglich, ein Produktzertifikat auf Basis der Beurteilungsrichtlinie **BRL 2507 AEC-Granulate zur Verwendung in Beton** zu erhalten. Damit wird die Anwendung von AEC-Granulat in Beton vereinfacht.“
 - „Neben den technischen Anforderungen wurden für die Anwendung von Baustoffen in den Niederlanden Grenzwerte für die mögliche **Emission von Schwermetallen und Salzen** festgelegt.“
 - **Diese Emissionsgrenzwerte der unterschiedlichen Schwermetalle wurden in das Boden-Qualität-Dekret aufgenommen.**
 - **Alle Produkte, die in den Niederlanden auf oder im Boden angewendet werden, sollen die maximalen Grenzwerte unterschreiten.“**
 - „Diese umwelthygienischen Aspekte sind auch bei Betonprodukten mit AEC-Granulat zu überprüfen“.
- Sind diese Aspekte bereits in der BRL 2307-2 enthalten?
 - Gibt es eine zusätzliche Norm im Zusammenhang mit dem Boden-Qualität-Dekret?

Beispiel Rock Solid (NL)

ROCK SOLID

Produkte und Dienstleistungen

- Energie aus Abfall
- Rückgewinnung von Eisen- und Nichteisen
- MVA-Schlacke
- (Kalte) Immobilisierung
- **Zuschlagstoffe für Beton**

Zuschlagstoffe für Beton

Seit seiner Gründung hat sich das Unternehmen Rock Solid zum Ziel gesetzt, die Aufbereitung von MVA-Schlacke auf ein qualitativ höheres Niveau zu bringen.

Ein Beispiel dafür ist die Initiative der Gründer von Rock Solid im Jahr 2008 zur Errichtung eines CUR-Ausschusses (CUR = Bautechnisches Zentrum für die Durchführung von Forschung und Regulierung), das gemeinsam mit Universitäten, Forschungsinstituten und der Betonindustrie die Anwendung von MVA-Granulat in Beton erforscht hat (CUR-Nr.). 116). Die damals festgeschriebenen und für eine sichere Anwendung von MVA-Granulaten in Beton (BRL 2507) maßgeblichen Kriterien gelten weiterhin. Auch auf Initiative von Rock Solid hin wird die BRL 2507 derzeit erweitert, um sicherzustellen, dass der Beton, in dem MVA-Granulate verwendet wurden, nach der Abbruchphase, der zweiten Lebensphase, den Anforderungen entspricht.



BRL 2507



BRL 2507



Produzent von Betonprodukten

Produktzertifikat Betonprodukte
Betonpflastersteine nach EN 1338



Produktzertifikat Betonprodukte
Bordsteine aus Beton nach EN 1340

BRL 1804

- Die [NL] Zertifizierung läuft z. B. über KIWA, und folgt der CROW-CUR-Empfehlung 128:2021 [[CROW-CUR Empfehlung 128:2021 – CROW Platform](#)]:
- *„Der Einsatz von Füllstoffen aus der Abfallverbrennung in Beton ist in dieser CROW-CUR-Empfehlung auf unbewehrte Betonprodukte beschränkt, die aus erdfeuchtem Beton hergestellt werden, z.B. Pflastersteine, Platten und Bordsteine aus Beton. Mit der Erstellung dieser CROW-CUR-Empfehlung, in der die Qualitätsanforderungen für Füllstoffe aus der Abfallverbrennung festgelegt werden, wird es möglich, diese Füllstoffe als neuen Rohstofftyp in **BRL 1804 „Füllstoffe zum Einsatz in Beton und Mörtel“** aufzunehmen.*
 - Quelle: KIWA [Niederländische Technische Richtlinie CROW 128]

CROW-CUR Empfehlung 128:2021



CROW-CUR-Empfehlung 128:2021
Füllstoff aus der
Abfallverbrennung in
unbewehrtem erdfeuchtem
Beton



BRL 1804 enthält generische Anforderungen für alle Füllstoffe und somit auch für Füllstoffe aus der Abfallverbrennung. Diese Anforderungen betreffen:

- Korngrößenverteilung
- Methylenblauadsorption
- Alkaligehalt, ausgedrückt als Na_2O -Äquivalent
- Gehalt an Chloriden
- Gehalt an Sulfaten - SO_3
- Einfluss auf die Abbindezeit
- Bestimmung der Formbeständigkeit
- Einfluss auf die Festigkeitsentwicklung

Füllstoff

Füllstoffe aus der Abfallverbrennung müssen den Anforderungen in der nachstehenden Tabelle entsprechen.

Eigenschaft	Methode	Anforderung
Korngrößenverteilung	NEN-EN 933-10	100% < 2 mm 85-100% < 125 µm 70-100% < 63 µm
Alkaligehalt, ausgedrückt als Na ₂ O-Äquivalent	Röntgenfluoreszenzspektrometrie (XRF) NEN-EN 196-2	≤ 5,0 Masse-% ¹⁾
Methylenblauadsorption	NEN-EN 933-9	≤ 1,2 Masse-%
Gehalt an Chloriden	NEN-EN 196-2	≤ 1,0 Masse-% ²⁾
Gehalt an Sulfaten - SO ₃	NEN-EN 196-2	≤ 4,0 Masse-% ³⁾
Einfluss auf die Festigkeitsentwicklung ^{4,5)}	NEN-EN 196-1	≥ 65%
Einfluss auf die Abbindezeit ⁴⁾	NEN-EN 196-3	< 120 Minuten
Bestimmung der Formbeständigkeit ⁶⁾	NEN-EN 196-3	< 10 mm
TOC-Gehalt	NEN-EN 13639	≤ 6 Masse-%
Gehalt an metallischem Al + Zn	CUR-Empfehlung 116	≤ 0,2 Masse-%

Technische Anforderungen

3.1.1 Chemische Analysen und Wasserbedarf

Die Ergebnisse der chemischen Analysen und der Bestimmung des Wasserbedarfs sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1. Charakterisierung der Füllstoffe aus der Abfallverbrennung

Eigenschaft	Einheit	MVA-1	MVA-2	MVA-3	Generische Anforderung BRL 1804
Nicht löslich (HCl/Na ₂ CO ₃)	Masse-%	41,7	43,5	44,1	-
Sulfat, wasserlöslich (SO ₃)	Masse-%	1,18	0,70	0,88	-
Sulfat, säurelöslich (SO ₃)	Masse-%	2,10	1,31	1,65	≤ 4,0
Chlorid, wasserlöslich	Masse-%	0,19	0,11	0,29	-
Chlorid, säurelöslich	Masse-%	0,32	0,23	0,42	-
Alkali-Äquivalent, XRF	Masse-%	4,8	4,8	4,6	≤ 5,0
Lösliches Phosphat (P ₂ O ₅)	Masse-%	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	-
Metallisches Aluminium + Zink	Masse-%	< 0,03	< 0,03	< 0,03	-
TOC	Masse-%	5,8	2,0	0,69	-
Wasserbedarf β _p -Wert	V/V	1,54	1,18	1,32	-

Untersuchung des Betons im 2. Leben

Untersuchung des Betons im 2. Leben

Mit den vorgenannten 3 Proben des Betongranulats als grober Zuschlagstoff sind Betonmischungen mit der Zusammensetzung nach Tabelle 12 hergestellt worden. An diesen Betonmischungen ist eine Reihe von Eigenschaften bestimmt worden, wie in der Tabelle angegeben.

Tabelle 12. Zusammenstellung der Eigenschaften des Betons im 2. Leben

Eigenschaft	Betongranulat REF	Betongranulat KSM	Betongranulat MVA-3
Betonzusammensetzung (kg/m³):			
CEM I 42,5 N	320	320	320
Wasser effektiv	160	160	160
Absorptionswasser	70	70	66
Betongranulat 4-22 mm	1.049	1.049	1.049
Flusssand 0-4 mm	666	666	666
Eigenschaften der Sorte			
Setzmaß (mm)	110	120	130
Ausbreitmaß (mm)	400	390	420
Temperatur (°C)	19,3	19,0	18,8
Luftgehalt (Volumen-%)	1,8	1,8	1,9
Volumetrische Masse (kg/m³)	2.235	2.255	2.245
Eigenschaften des ausgehärteten Betons			
Würfeldruckfestigkeit (MPa) nach:			
7 Tagen	36,5	34,1	36,0
28 Tagen	42,4	42,8	44,0
Volumetrische Masse (kg/m³) nach:			
7 Tage	2.290	2.290	2.280
28 Tage	2.290	2.280	2.290
Maximale Wassereindringtiefe (mm)	24	25	13
Chloridmigrationskoeffizient ($10^{-12} \text{ m}_2/\text{s}$)	22,0	21,6	15,7

Auslaugung (Säulentest) bei zerkleinerten Betonplatten REF und REF+MVA

Tabelle 14. Auslaugung (Säulentest) bei zerkleinerten Betonplatten REF und MVA-3

Komponente	Kumulative Auslaugung L/S 10 (mg/kg)		Max. Wert BBK
	Betongranulat REF	Betongranulat MVA-3	
pH	12,5-12,8	12,5-12,8	-
Antimon	<0,0040	0,0060	0,52
Arsen	<0,050	<0,050	0,9
Barium	6,4	11	22
Cadmium	<0,00100	<0,00100	0,04
Chrom	0,16	0,27	0,63
Kobalt	<0,030	<0,030	0,54
Kupfer	0,071	0,13	0,9
Quecksilber	<0,00040	<0,00040	0,02
Blei	<0,100	<0,100	2,3
Molybdän	0,037	0,071	1
Nickel	<0,050	<0,050	0,44
Selen	<0,0070	<0,0070	0,15
Zinn	<0,020	<0,020	0,4
Vanadium	<0,20	<0,20	1,8
Zink	<0,20	<0,20	4,5
Fluorid	2,6	2,3	55
Chlorid	61	110	616
Sulfat	60	52	2.430
Bromid	<0,80	<0,80	20

L/S 10

Boden-Qualität-Dekret

BRL 1804

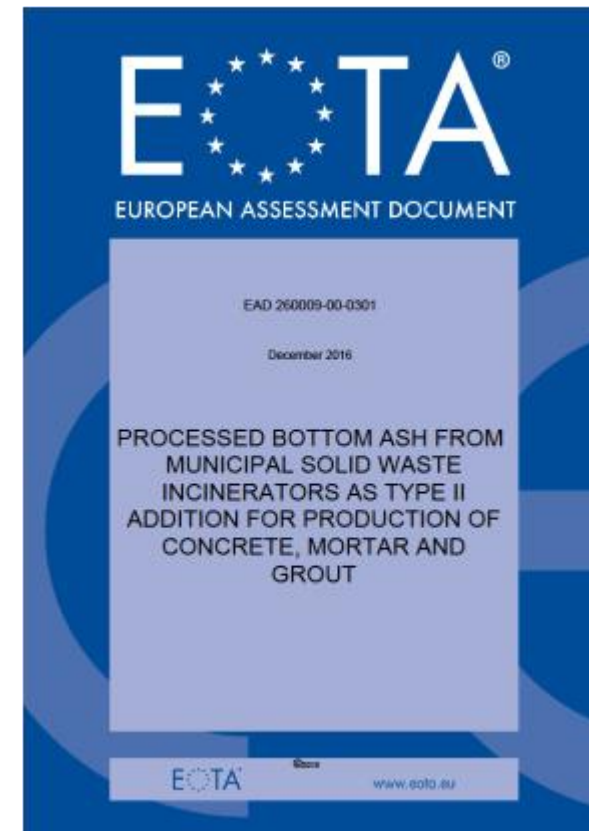
- Bei Lieferung mit einem **Zertifikat auf der Grundlage von BRL 1804 können diese Füllstoffe als Füllstoffe des Typs I in Produkten aus unbewehrtem Beton, die aus erdfeuchtem Beton hergestellt werden, ohne Bedenken eingesetzt werden, z.B. Pflastersteine, Platten und Bordsteine aus Beton**“.
- „DIN EN 206-1/DIN 1045-2 unterscheidet zwei Arten von anorganischen Zusatzstoffen:
 - **Typ I: nahezu inaktive Zusatzstoffe wie Füller (Gesteinsmehle) nach DIN EN 12620 oder Pigmente nach DIN EN 12878,**
 - **Typ II: puzzolanische oder latenthydraulische Zusatzstoffe wie Trass nach DIN 51043, Flugasche nach DIN EN 450-1 oder Silikastaub nach DIN EN 13263-1. Hüttensandmehl nach DIN EN 15167-1 ist ein latenthydraulischer Zusatzstoff, für den die Eignung als Betonzusatzstoff Typ II als nachgewiesen gilt und der über die DIBT MVV TB für die Anwendung im Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 zugelassen ist.**

Füllstoff Typ 1

EOTA → EAD

- Relevante EADs für das Projekt auf der Seite [EADs](#) | Liste der EOTA-Websites. Die folgenden Ergebnisse sind nach Zusatzstoffen Typ I/II (für Beton) gefiltert.

Free search		Product area	Published		
Type I addition		Product area	All		Filter
EAD Number	EAD Title	OJEU	Status	Comment	
260007-00-0301	Type I addition for concrete, mortar and screed materials – Aqueous solution Download	2017/C 010/02	Cited		
260009-00-0301	Processed bottom ash from municipal solid waste incinerators as type II addition for production of concrete, mortar and grout Download	2018/C 370/05	Cited		
260014-00-0301	Calcined layer silicate based type II addition Download	Decision (EU) 2019/450	Cited		
260035-00-0301	Natural calcined pozzolana as type II addition Download	2018/C 228/03	Cited		
260072-00-0301	Single or multi-component ground Type II addition for use in concrete		Pending for citation in OJEU		



Beispiel EAD 260009-00-0301

- Die nächstliegende ETA, die behandelte Schlacke umfasst, ist die EAD 260009-00-0301. Ab dem 1.1. Beschreibung des Bauprodukts: “Concrete addition obtained by **physical and chemical treatment of municipal solid waste incinerator bottom ashes** (MIBA) deriving from municipal solid waste incinerators (waste from households as well as commercial, industrial and institutional waste, which because of its nature and composition is similar to waste from households, excluding hazardous waste).
- **The treatment process is characterised by wet micronization of the mineral particles**, by the **high level reached of separation of metal scraps** initially present in MIBA and, particularly, by the fact that **the final product is metallic aluminium free and therefore does no longer induce hydrogen formation.**”

Beispiel EAD 260009-00-0301

Table 2: Chemical composition tests.

Composition	Assessment method	Performance
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	EN 196-2	Level
Total sulphates (SO_3)	EN 196-2	$\leq 3\%$, according to EN 450-1
Total chlorides (Cl^-)	EN 196-2	Level
Water soluble chlorides (Cl^-)	EN 1744-1	Level
Total phosphates (P_2O_5)	EN 196-2	$\leq 5\%$, according to EN 450-1
Notes: Before testing, all test samples shall be dried following the procedure described in EN 450-1, clause 7.		

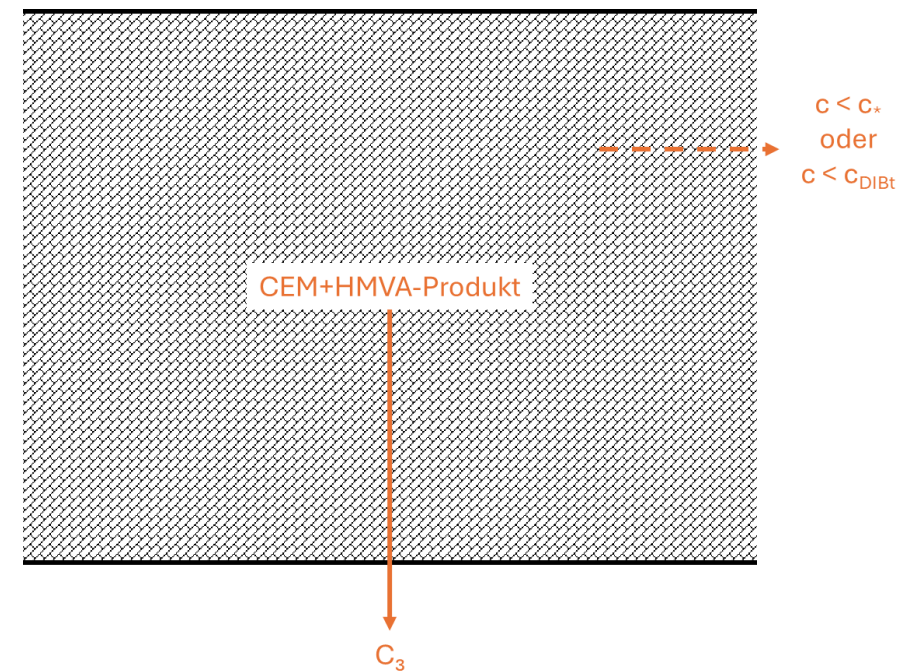
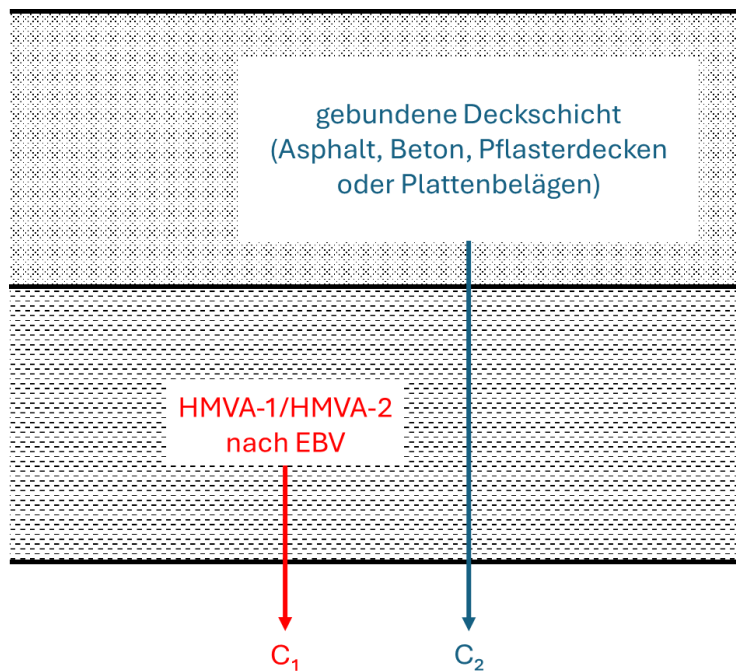
To Dos

To Dos

- Folgende Aufgaben sind zu erledigen:
 - Festlegung, ab wann Plan B greifen soll
 - **Plan A**
 - Abkehr von der Bewertung der Einsatzstoffe, stattdessen Fokus auf das fertige Bauprodukt und Nachweis, dass das Endprodukt unbedenklich ist.
 - [NL] Analyse von Bauprodukten nach der Bodenqualitätsverordnung
 - Allerdings ist die Bewertung des „Second Life“ notwendig.
 - [NL] nicht-routinemäßige Prüfung rezyklierter Produkte
 - **Plan B**
 - Eluatbasierte Bewertung der Einsatzstoffe (keine Feststoffgrenzwerte).
 - [NL] Analyse nach dem Boden-Qualität-Dekret. BRL 2307 (?)

To Dos

- Folgende Aufgaben sind zu erledigen:
 - Ergebnisse und Daten für die Auswertung und Bestimmung möglicher Eluatgrenzwerte zusammenstellen



To Dos

- Folgende Aufgaben sind zu erledigen:
 - Zusammenstellung der regulativen Anforderungen in anderen Ländern
 - [NL] Kontakt mit Blue Phoenix, Boskalis notwendig
 - [DK] Erfahrungen von Herrn Richter?
 - [CH] Interesse an unserer Arbeit von Herrn Wlodarczak - Jura Materials (Austausch möglich)