

# RC-Beton – Qualität und Qualitätssicherung

## 1 Ausgangssituation

- Bauabfallmengen, RC- und Verwertungsquoten
- Potenzial / Verfügbarkeit von Betonsplitten
- Stand der Verwendung von RC-GK im Konstruktionsbeton
- Normative Grundlagen, Richtlinien

## 2 FO-Vorhaben „Einsatz von RC-Material aus mineralischen Baustoffen als Zuschlag in der Betonherstellung“

- Zielstellung
- Daten zum Pilotprojekt
- Projektpartner
- Ausgewählte Untersuchungsergebnisse RC-GK, RC-Beton
- Sicherung der Qualität

Dr.-Ing.  
Angelika Mettke

BTU Cottbus  
Lehrstuhl Altlasten  
FG Bauliches Recycling

Siemens-Halske-Ring 8  
03046 Cottbus  
Deutschland

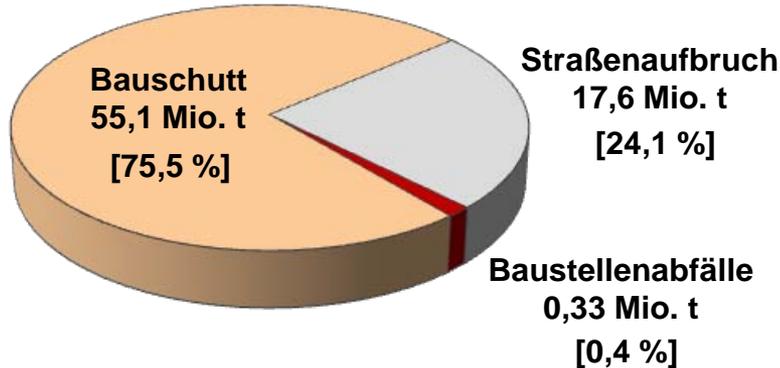
Tel.: (+49)355/69 22 70  
Fax: (+49)355/69 31 71  
mettke@tu-cottbus.de

## 3 Fazit

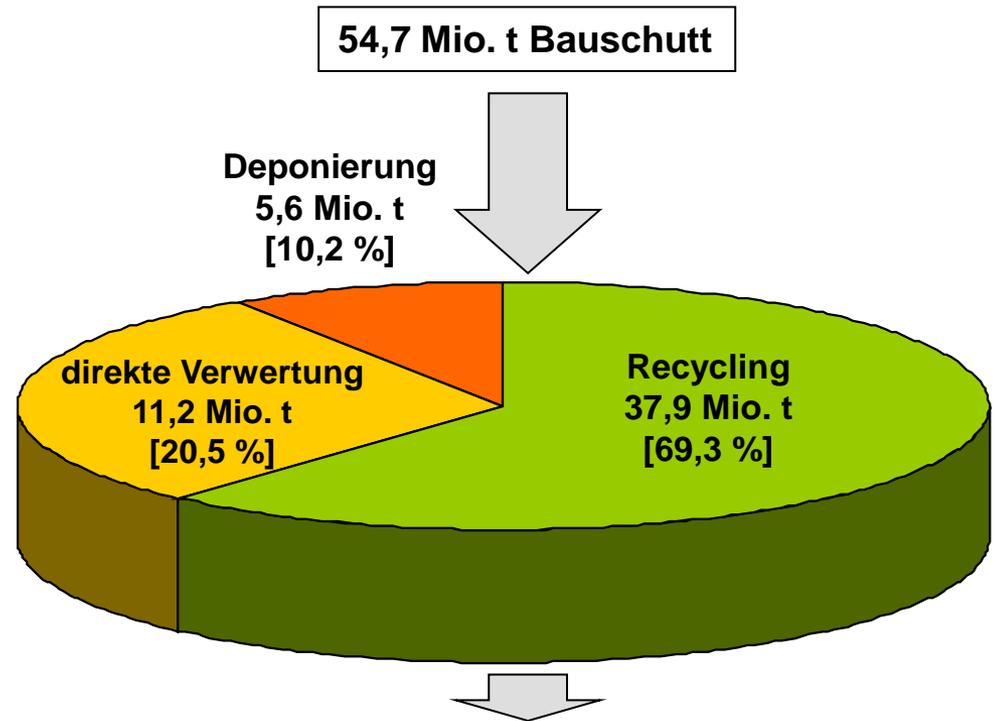
# 1 Ausgangssituation

1996 – 2006 → Abfälle gesamt D: ~ 375 Mio. t/a | Bauabfälle : ~ 213 Mio. t/a (57 %)

Bauabfallmengen ohne Boden 1996 – 2006\*



Verwertungs- und Recyclingquoten Bauschutt – 10-Jahresdurchschnitt\*\*



Haupteinsatzgebiete

Straßenbau ~ 66 %

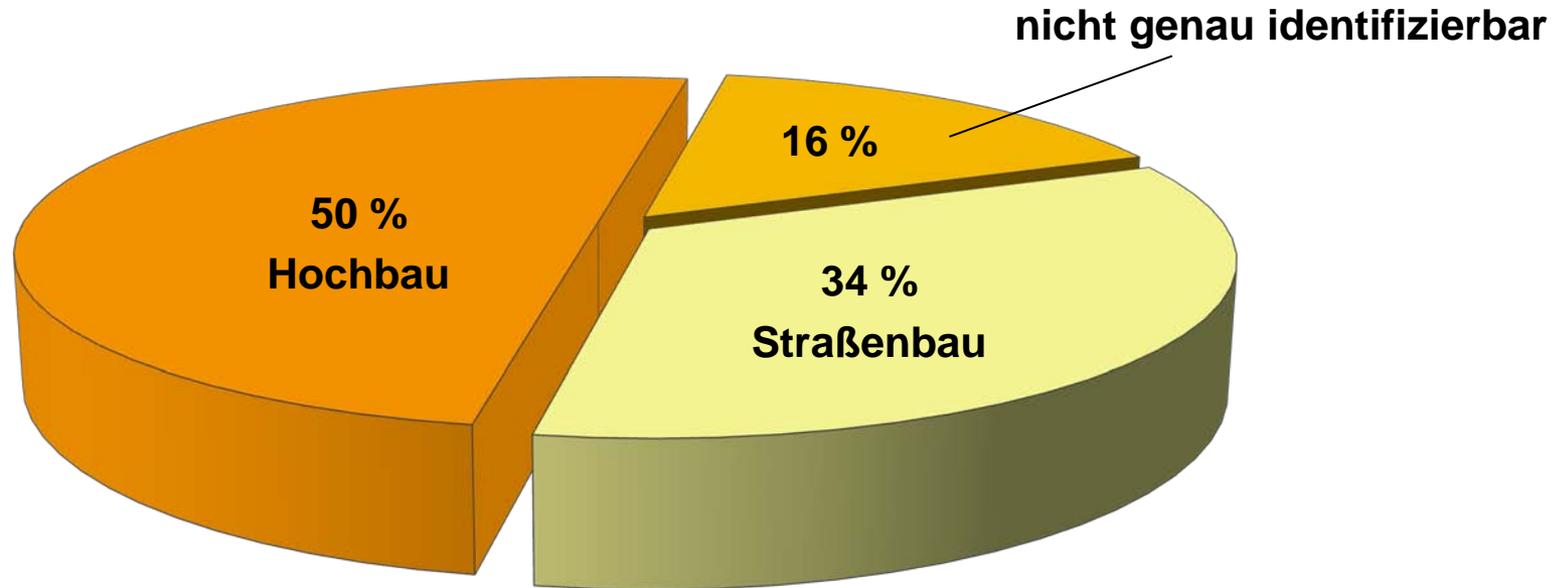
Erdbau ~ 25 %

Beton ~ 5 %

sonstige Zwecke ~ 4 %

# 1 Ausgangssituation

➤ Herkunft Bauabfälle<sup>1)</sup> → Input mineralische Bauabfälle



im Bundesdurchschnitt ca. 44 – 49 % Betongehalt im RC-Baustoff <sup>2)</sup>,  
Anfallmengen ~ 50 – 60 Mio. t/a → ca. 22 – 29 Mio. t/a Betonsplitt im Output

# 1 Ausgangssituation

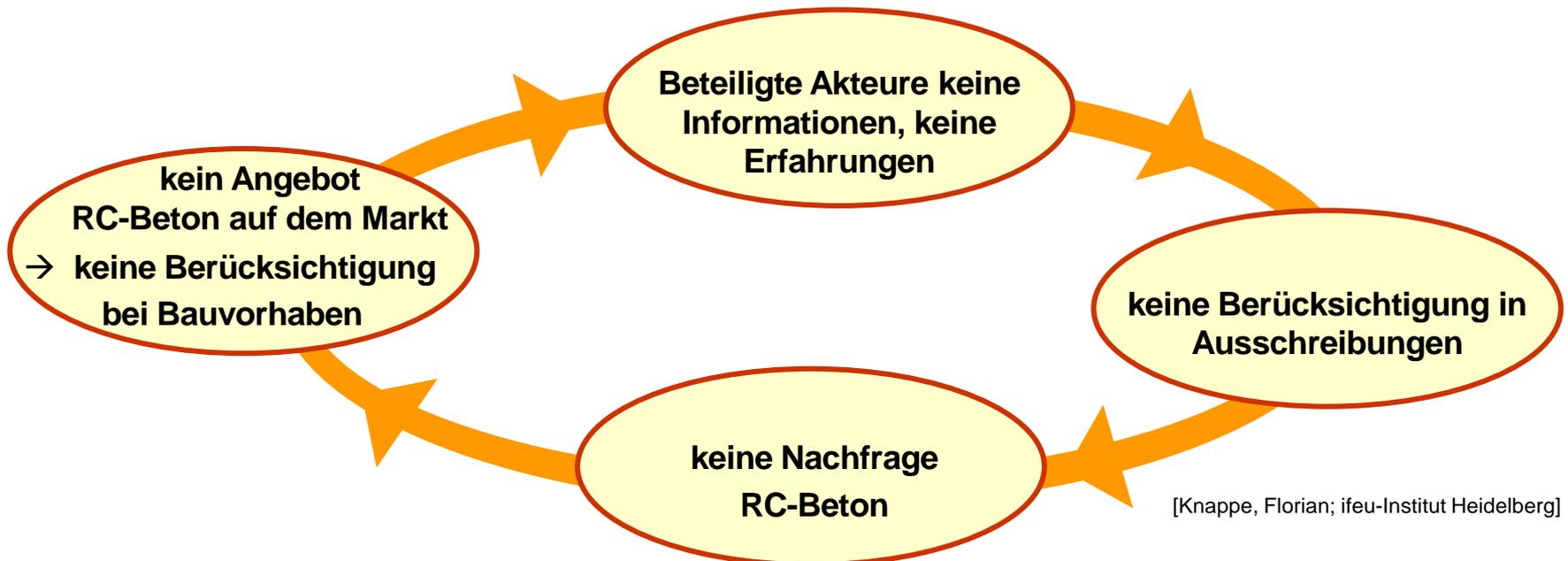
## ➤ Sachstand Verwendung von RC-Gesteinskörnungen im Betonbau

- umfangreiche Forschungsergebnisse (BIM, BayForrest, NBB-Projekte ...) liegen vor
- erfolgreich erprobt in Demonstrationsvorhaben
- normative Grundlagen, Richtlinien sind erarbeitet

**Etablierung RC-Betoneinsatz am Markt – nein**

### Problemlage:

Imageprobleme / Qualitätszweifel / Innovationsskepsis / fehlende Erfahrungen / fehlende Nachfragen ...



# 1 Ausgangssituation

## ➤ Einsatz RC-Beton im Hochbau



	Verwaltungsgebäude 1	Wohngebäude 2
Bauherr:	DBU, Osnabrück	Bauverein AG, Darmstadt
Bauzeit:	1994/95	1998/2000
Bauteil/Verwendung	Innenwände	Innenbauteile, Bodenplatte (wu-Beton)
RC-Betonmenge [m <sup>3</sup> ]	120	12.000
Betonfestigkeitsklasse	B 35 nach DIN 1045 [C30/37]	B 25; B 35 nach DIN 1045 [C20/25, C30/37]
Zementart und -festigkeitsklasse	CEM I 42,5 R	CEM I 32,5 R, CEM I 42,5 R
Zementgehalt z [kg/m <sup>3</sup> ]	290	290      300
Flugaschegehalt [kg/m <sup>3</sup> ]	70	40      50
Wasser [kg/m <sup>3</sup> ]	201	183      177
w/z	0,69	0,59      0,59
Betonverflüssiger [kg/m <sup>3</sup> ]	1,8	1,5      1,5
GK [kg/m <sup>3</sup> ] Anteil RC-GK	1.632 58% (40%: 4/16, 18%: 16/32)	1.738      1.715 20%      33%
Baurechtliche Gesichtspunkte	ZiE	nach DAfStb-Rili „Beton mit rezyklierten Zuschlägen“

# 1 Ausgangssituation

## ➤ Normative Grundlagen, Regelwerke für RC-GK und RC-Beton

Europäische Produktnorm	Mitteltende deutsche Normen und Regelwerke
<p data-bbox="104 325 653 396"><b>Gesteinskörnungen für Beton</b></p> <p data-bbox="92 428 587 508"><b>EN 12620:2002+A1:2008 (D)</b> <b>DIN EN 12620:2008-07</b></p> <p data-bbox="98 534 154 562">legt</p> <ul data-bbox="98 575 645 936" style="list-style-type: none"><li>→ Eigenschaften von GK fest, die durch Aufbereitung natürlicher, industriell hergestellter oder rezyklierter Materialien als Betonzuschlag gewonnen werden</li><li>→ QS-System zur WKP und für Konformitätsnachweis fest</li><li>→ für alle Betonsorten einschließlich Beton nach EN 206-1 und Straßenbeton, Betonfertigteile</li></ul> <p data-bbox="104 965 653 1036"><b>Beton</b></p> <p data-bbox="92 1062 483 1185"><b>EN 206-1:2000-12</b> <b>DIN EN 206-1:2001-07</b> <b>+A1:2004+A2:2005</b></p> <p data-bbox="156 1200 568 1296">Teil 1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität</p>	<p data-bbox="738 254 1574 297"><b>Mitteltende deutsche Normen und Regelwerke</b></p> <ul data-bbox="738 322 1798 662" style="list-style-type: none"><li>▪ <b>DIN 4226-100:2002-02</b> <b>Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel – Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen</b> → Festlegung spezifischer baustofflicher und umweltverträglicher Anforderungen</li><li>▪ <b>DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton (Alkali-Reaktion)“, Teil 3, Ausgabe 2007-02</b></li></ul> <p data-bbox="745 679 1846 743"><b>Beton</b></p> <ul data-bbox="738 758 1837 1315" style="list-style-type: none"><li>▪ <b>DIN 1045-2:2008-08</b> <b>Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton</b> Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zur DIN EN 206-1</li><li>▪ <b>DIN 1045-3:2008-08</b> <b>Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton</b> Teil 3: Bauausführung</li><li>▪ <b>DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100“, Ausgabe 2004-12</b> Teil 1: Anforderungen an den Beton für die Bemessung nach DIN 1045-1 <i>Ersatz Ausgabe Sept. 2010... nach DIN EN 12620</i></li></ul>

# 1 Ausgangssituation

## ➤ Normative Grundlagen

**Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen zur Verwendung im Betonbau**

### Stoffliche Kennzeichnung der Liefertypen

[DIN 4226-100:2002-02 Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel, Tab.1]

Liefertypen rezyklierter GK

- 1 Betonsplitt / Betonbrechsand
- 2 Bauwerksplitt / Bauwerkbrechsand
- 3 Mauerwerksplitt / Mauerwerkbrechsand
- 4 Mischsplitt / Mischbrechsand

Bestandteile	Zusammensetzung Massenanteil [%]			
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
Beton u. Gesteinskörnungen n. DIN 4226-1	≥ 90	≥ 70	≤ 20	≥ 80
Klinker, nicht porosierter Ziegel	≤ 10	≤ 30	≥ 80	
Kalksandstein			≤ 5	≤ 20
Andere mineralische Bestandteile <sup>a</sup>	≤ 2	≤ 3	≤ 5	
Asphalt	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 20
Fremdbestandteile <sup>b</sup>	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1

<sup>a</sup> Andere mineralische Bestandteile sind zum Beispiel: porosierter Ziegel, Leichtbeton, Porenbeton, haufwerksporiger Beton, Putz, Mörtel, poröse Schlacke, Bimsstein.

<sup>b</sup> Fremdbestandteile sind zum Beispiel: Glas, Keramik, NE-Metallschlacke, Stückgips, Gummi, Kunststoff, Metall, Holz, Pflanzenreste, Papier, sonstige Stoffe.

RC-GK nach DIN EN 12620:2008-07, Abschnitt 5.8*		
Bestandteile <sup>1)</sup>	Kategorien	
	Typ 1	Typ 2
Rc + Ru	Rcu <sub>90</sub>	Rcu <sub>70</sub>
Rb	Rb <sub>10-</sub>	Rb <sub>30-</sub>
Ra	Ra <sub>1-</sub>	Ra <sub>1-</sub>
X + Rg	XRg <sub>1-</sub>	XRg <sub>2-</sub>
FL	FL <sub>2-</sub>	FL <sub>2-</sub>

1) Dabei bedeuten:

Rc: Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton

Ru: ungeb. GK, Naturstein, hydr. geb. GK

Rb: Mauerziegel (d.h. Mauersteine und Ziegel), Kalksandstein, nicht schwimmender Porenbeton

Ra: bitumenhaltige Materialien

Rg: Glas

X: sons. Materialien: bindige Materialien (d.h. Ton und Boden),  
verschied. sons. Materialien: Metalle (Eisen- und Nichteisenmetalle),  
nicht schwimmendes Holz, Kunststoff und Gummi, Gips

FL: Schwimmendes Material im Volumen

# 1 Ausgangssituation

## ➤ Normative Grundlagen

### Anforderung an die Herstellung des Betons

- bis C30/37
- zulässige Anteile rezyklierter GK > 2 mm, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung (Vol.-%)
- keine Verwendung von rezyklierten GK für Spannbeton und Leichtbeton nach DIN 1045

Anwendungsbereich		Gesteinskörnungstyp 1 nach DIN 4226-100	Gesteinskörnungstyp 2 nach DIN 4226-100
Alkali-richtlinie	DIN EN 206-1 und DIN 1045-2		
1	2	3	4
WO (trocken)	Carbonatisierung XC1	≤ 45 Vol.-%	≤ 35 Vol.-%
WF <sup>1)</sup> (feucht)	Kein Korrosionsrisiko X0 Carbonatisierung XC1 bis XC4		
	Frost ohne Taumittleinwirkung XF 1 <sup>1)</sup> und XF3 <sup>1)</sup> und in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 35 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%
	chemischer Widerstand (XA1)	≤ 25 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%

<sup>1)</sup> zusätzliche Anforderungen s. Abschnitt 1, (3) und (4)

Minimale Kornrohddichte [kg/m <sup>3</sup> ]	2.000	
Schwankungsbreite Kornrohddichte [kg/m <sup>3</sup> ]	150	
Maximale Wasseraufnahme nach 10 min Massenanteil [%]	10	15

## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Zielstellung

#### Abbau Hemmnisse RC-Beton durch „Leuchtturmprojekt“

FO-Vorhaben „Einsatz von RC-Beton aus mineralischen Baustoffen als Zuschlag in der Betonherstellung“ gefördert von DBU, Laufzeit: 18.05.2009 – 17.05.2011

- Bewertung RC-GK + RC-Beton
- Prozessbewertung / -optimierung (Verfahren, Kosten)
- Leitfaden für die Praxis



- zeitnahe Präsentation der Arbeitsergebnisse
- Informationsveranstaltungen, Baustellenbegehungen, ...
- Stoffstrombewertungen, Umweltbe- und Entlastungen
- Gestaltung Abbruch, Rückbau, Anforderungen an Betongranulat ...
- Empfehlungen zur Ausschreibung

#### Etablierung RC-Betoneinsatz am Markt – ja

**AST:** Ermittlung Randbedingungen für Einsatz von RC-Beton



mit Blick  
Abfall = Ressource

## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Daten zum „Leuchtturmprojekt“ – Gästehaus (Haus 3)



Rhinallee-Bebauung in Ludwigshafen (Animation)



**Betonmenge:** ~ 500 m<sup>3</sup> RC-Beton (Transportbeton)  
**Druckfestigkeitsklasse:** C 30/37  
**Expositionsklasse:** XC1 (Umgebung trocken)  
**Konsistenzklasse:** F3 (Konsistenzbereich weich)  
**Einbauort im Gebäude:** alle aufgehenden Bauteile über Decke EG  
(Wände, Decken, Stützen)  
**Bauzeit:** September 2009 bis Dezember 2009

**Bauherr:** GAG Ludwigshafen  
**Architekt:** Büro Seepe und Hund,  
Kaiserslautern / Ludwigshafen  
**GU:** Fa. Weisenburger, Rastatt

## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Industrie-/Projektpartner im FO-Vorhaben

**Scherer & Kohl Co. KG, Mannheim und Ludwigshafen**

**Jahresdurchsatz: 1,5 Mio. t; davon ~ 600.000 t verwertbar**

**Einsatz 80 % Straßen-, Wege-, Tiefbau; 10 % RC-Beton; 10 % Zuschlag für Asphalt**



**Input: sortenreiner Betonschutt**



**Aufgabebunker**



**Klassierung**



**Nassaufbereitung**



**Wäsche**



**Output: Betonsplitt gewaschen**

# 2 FO-Vorhaben

## ➤ Industrie-/Projektpartner im FO-Vorhaben

### TBS Transportbeton – Service GmbH, Werk Mannheim

#### Jahresproduktion:

~ 60.000 m<sup>3</sup> Frischbeton;

~ 2.000 m<sup>3</sup> RC-Beton

#### Haupteinsatz RC-Beton:

Tiefbau



Bindemittelmischanlage



Lagerboxen für GK



Umschlag GK



Beton-  
Misanlage



## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Ausgewählte Untersuchungsergebnisse - Charakterisierung RC-Gesteinskörnung:

gewaschenes RC-Material der Körnung 2/8 mm und 8/16 mm

**Stoffliche Zusammensetzung** der Liefertypen nach DIN 4226-100:2002-02

Stoffgruppe	Anteile > 4 mm in M.-%		
	Mindestanforderung	Ist-Wert	
	Liefertyp 1	2/8 mm	8/16 mm
Beton und Gesteinskörnungen	<b>≥ 90</b>	99,2	98,6
Klinker, nicht porosierter Ziegel	<b>≤ 10</b>	0,6	1,1
Kalksandstein			
andere mineralische Bestandteile	<b>≤ 2</b>	0	0
Asphalt	<b>≤ 1</b>	0,2	0,3
Fremdbestandteile	<b>≤ 0,2</b>	0	0

Ergebnis: RC-Materialien entsprechen **Liefertyp 1**

## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Ausgewählte Untersuchungsergebnisse - Charakterisierung RC-Gesteinskörnung:

**Kornform** nach DIN EN 933-4:2008-06

Korngruppe d/D [mm]	Kornformkennzahl SI		
	Kornformkennzahl	Kategorie nach DIN EN 12620, Tab. 9	Ist-Anteil [M-%]
2/8	$\leq 15$	SI <sub>15</sub>	11
8/16	$\leq 15$	SI <sub>15</sub>	5



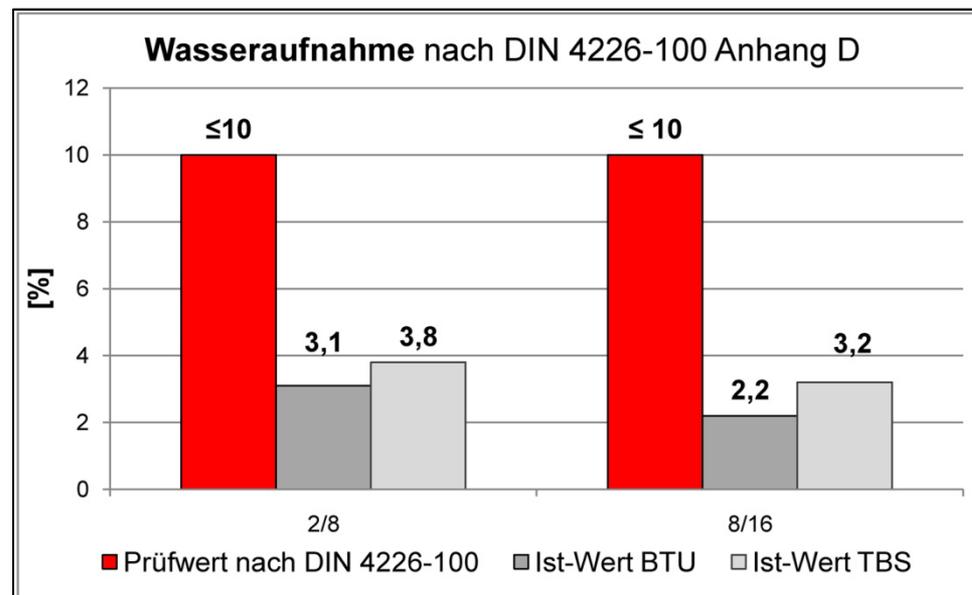
**Ergebnis:** RC-GK entsprechen den Anforderungen der DIN 4226-100:2002-02

## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Ausgewählte Untersuchungsergebnisse - Charakterisierung RC-Gesteinskörnung:

**Wasseraufnahme** nach DIN 4226-100:2002-02, Anhang D

Korngruppe d/D [mm]	Prüfwert nach DIN 4226-100, Typ 1, Tab. 2	Ist-Wert	
		BTU Cottbus	TBS
	[%]	[%]	[%]
2/8	≤ 10	3,1	3,8
8/16	≤ 10	2,2	3,2

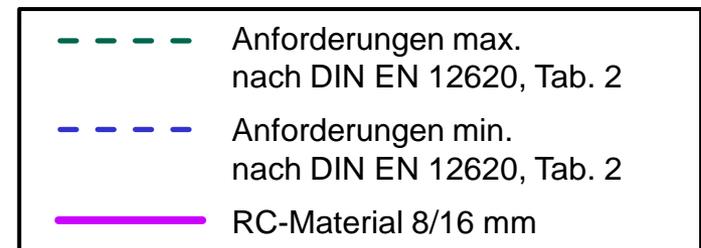
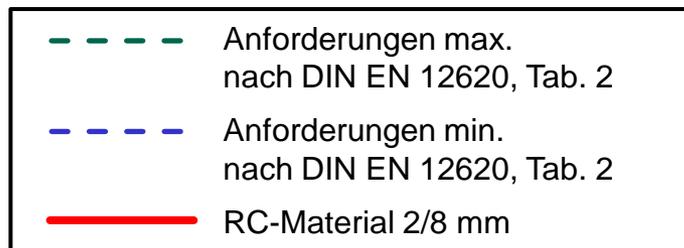
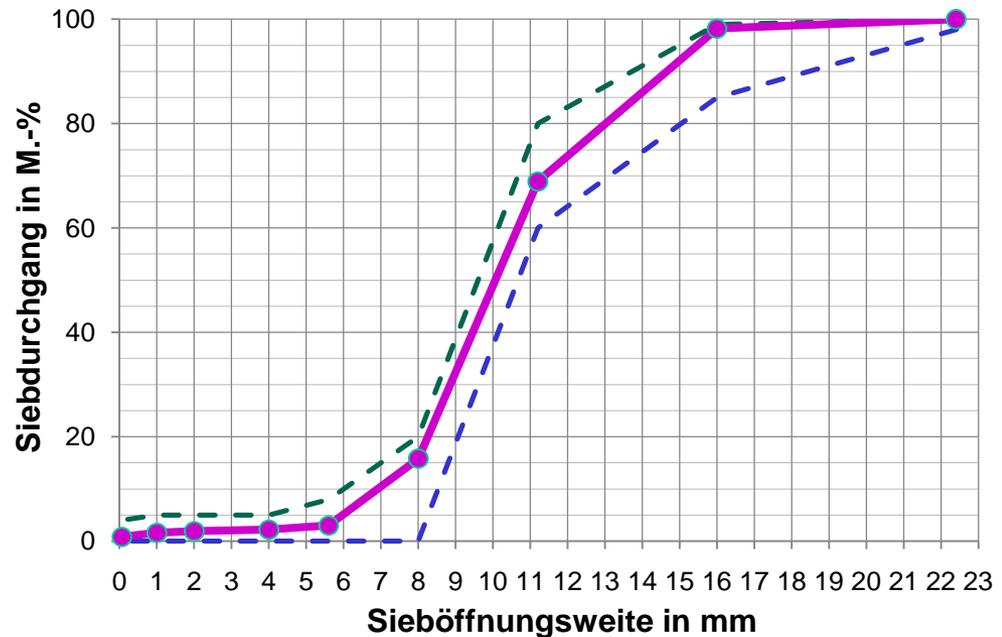
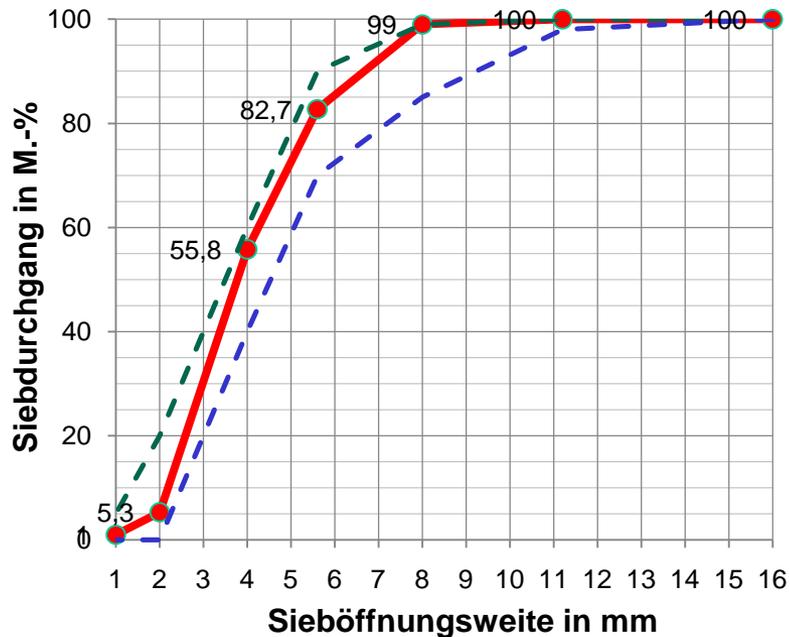


**Ergebnis:** RC-GK entsprechen den Anforderungen der DIN 4226-100:2002-02

## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Ausgewählte Untersuchungsergebnisse - Charakterisierung RC-Gesteinskörnung:

**Kornzusammensetzung** Sieblinie der RC-Gesteinskörnung 2/8 mm und 8/16 mm

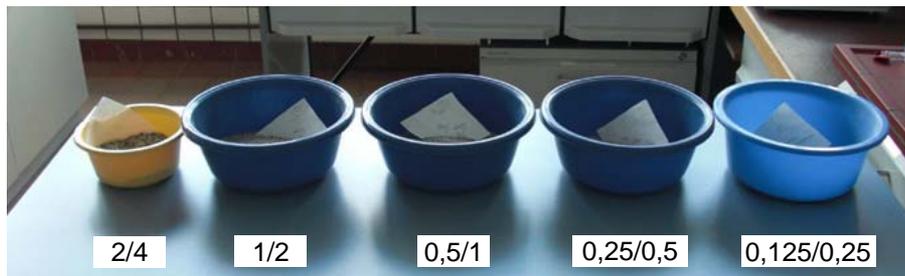


## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Ausgewählte Untersuchungsergebnisse - Charakterisierung RC-Gesteinskörnung:

**Alkali-Kieselsäure-Reaktion:** Schnellprüfverfahren (Referenzprüfverfahren)  
an gewaschenem RC-Material **8/16 mm** gemäß der **DAfStb-Rili „Alkali-Reaktion“** Teil 3 (Ausg. Febr. 2007)

Herstellung: 3 Mörtelprismen 40 x 40 x 100 mm



Dehnung $\epsilon$ [mm/m]		Körnung 8/16 mm			
Tage	Datum	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$	$\epsilon_{\text{mittel}}$
0	25.06.2009	-	-	-	-
1	26.06.2009	0,131	0,038	0,025	0,07
5	30.06.2009	0,338	0,188	0,244	0,26
8	03.07.2009	0,475	0,356	0,413	0,42
13	08.07.2009	1,013	1,113	0,988	1,04
Grenzwert gemäß Tab. 3-1 Alkalirichtlinie		1,0 mm/m			

**Die visuelle Betrachtung:** keine sichtbare Veränderungen

**Ergebnis:** Einstufung geprüfte RC-GK als alkali-unempfindlich bzw. unbedenklich  
→ Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S

# Umweltverträglichkeitsprüfung – nach DIN 4226-100:2002-02, Angang G Bewertung der Inhaltsstoffe

Eluatprüfung nach  
DIN 38414-4:1984-10

Parameter		DIN 4226-100	Prüfergebnisse (DEV S4)	
Eluat		Höchstwerte	RC 2/8 mm	RC 8/16 mm
Färbung	---	---	farblos	farblos
Trübung	TE	---	2 TE (F)	5 TE (F)
Geruch	---	---	ohne	ohne
pH-Wert*	---	12,5	12,6	12,3
elektr. Leitfähigkeit*	µS/cm	3.000	3.110	1.567
Phenolindex	µg/l	100	18	17
Chlorid	mg/l	150	21,3	14,2
Sulfat	mg/l	600	28	17
Arsen	µg/l	50	0,26	< 0,2
Blei	µg/l	100	< 20	< 20
Cadmium	µg/l	5	< 2	< 2
Chrom	µg/l	100	< 10	< 10
Kupfer	µg/l	200	< 10	< 10
Nickel	µg/l	100	< 10	< 10
Quecksilber	µg/l	2	0,17	0,11
Zink	µg/l	400	< 10	< 10
Feststoff		Höchstwerte	RC 2/8 mm	RC 8/16 mm
Kohlenwasserstoffe (H18)	mg/kg	1.000	< 100	< 100
PAK nach EPA	mg/kg	75	0,15	< BG**
EOX	mg/kg	10	< 1	< 1
PCB	mg/kg	1	< 0,01	< 0,01
<b>Höchstwerte</b>			<b>eingehalten</b>	<b>eingehalten</b>

## Ergebnis:

**Einhaltung aller  
Anforderungen der  
DIN 4226-100**

\* kein Ausschlusskriterium  
\*\* BG - Bemessungsgrenze

## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Überblick zu den entwickelten RC-Beton-Rezepturen (Auszug)

Festigkeitsklasse	C 25/30	C 25/30 wu	<b>C 30/37</b>	C 35/45
Konsistenz	F3	F3	<b>F3</b>	F3
Expositionsklasse	XC4/XF1	XC4/XF1	<b>XC4/XF1</b>	XC4/XF2
Rezepturzusammensetzung [kg/m <sup>3</sup> ]				
Zementart	CEM II/B-V 42,5 R (310 kg) CEM IV/B-V 32,5 R (20 kg)	CEM II/B-V 42,5 R (310 kg) CEM IV/B-V 32,5 R (30 kg)	<b>CEM II/B-V 42,5 R</b>	CEM II/B-V 52,5 R
Zement*	330	340	<b>360</b>	360
Wasser	191	180	<b>187</b>	173
0/2 mm Natursand	574	579	<b>566</b>	576
2/8 mm Naturkies	359	362	<b>354</b>	360
2/8 mm Betongranulat	151	152	<b>149</b>	151
8/16 mm Naturkies	233	235	<b>318</b>	414
8/16 mm Betongranulat	377	380	<b>297</b>	227
RC-Gesteinskörnung [Vol.-%]	35	35	<b>30</b>	25
w/z-Wert	<b>0,58</b>	<b>0,53</b>	<b>0,52</b>	<b>0,48</b>

CEM II/B-V Portlandflugaschezement; (21 – 35 M.-% Flugasche kieselsäurereich)

CEM IV/B-V Puzzolanement; ; (36 - 55 M Flugasche kieselsäurereich)

F3 Ausbreitmaß 420 – 480 mm; Konsistenzbereich weich

## 2 FO-Vorhaben

### ➤ Ausgewählte Ergebnisse – Betonspezifische Eigenschaften

#### RC-Beton – Betondruckfestigkeiten nach DIN EN 12390-3:2002-04

Festigkeitsklasse		C 25/30	C 25/30 wu	C 30/37	C 35/45
Konsistenzklasse		F3	F3	<b>F3</b>	F3
Druckfestigkeit $f_{ci,cube}$ nach 1 Tag	[N/mm <sup>2</sup> ]	5,7	7,1	<b>6,2</b>	7,1
Druckfestigkeit $f_{ci,cube}$ nach 2 Tagen	[N/mm <sup>2</sup> ]	13,7	15,5	<b>15,4</b>	16,4
Druckfestigkeit $f_{ci,cube}$ nach 7 Tagen	[N/mm <sup>2</sup> ]	26,1	24,4	<b>28,9</b>	32,9
Druckfestigkeit $f_{ci,cube}$ nach 28 Tagen	[N/mm <sup>2</sup> ]	40,5	42,0	<b>51,0</b>	61,0
	[N/mm <sup>2</sup> ]	40,0	41,0	<b>52,5</b>	61,5
Druckfestigkeit $f_{ci,cube}$ nach 56 Tagen	[N/mm <sup>2</sup> ]	42,5	47,5	<b>52,5</b>	64,0
	[N/mm <sup>2</sup> ]	43,0	45,5	<b>55,0</b>	61,5
<b>Mittelwert <math>f_{cm}</math> nach 28 und 56 Tagen</b>	<b>[N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>41,5</b>	<b>44,0</b>	<b>51,8</b>	<b>61,3</b>
<b>Konformitätsnachweis Druckfestigkeit Erstprüfung<sup>1)</sup></b>					
Kriterium 1: $f_{cm} \geq f_{ck} + 4$					
	$f_{ck} + 4$ [N/mm <sup>2</sup> ]	34	34	<b>41</b>	49
<b>Anforderungen Kriterium 1</b>		<b>erfüllt</b>	<b>erfüllt</b>	<b>erfüllt</b>	<b>erfüllt</b>
Kriterium 2: $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$					
	$f_{ck} - 4$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26	26	<b>33</b>	41
<b>Anforderungen Kriterium 2</b>		<b>erfüllt</b>	<b>erfüllt</b>	<b>erfüllt</b>	<b>erfüllt</b>
Maximal erfüllte Festigkeitsklasse		C 30/37	C 30/37	<b>C 35/45</b>	C 45/55

$f_{ci}$  - Druckfestigkeitsmesswert     $f_{cm}$  – Mittelwert der Druckfestigkeitsmesswerte     $f_{ck}$  – Nennfestigkeit

**Ergebnis: Erfüllung aller Anforderungen der jeweiligen Festigkeitsklasse mit hohen Sicherheiten**

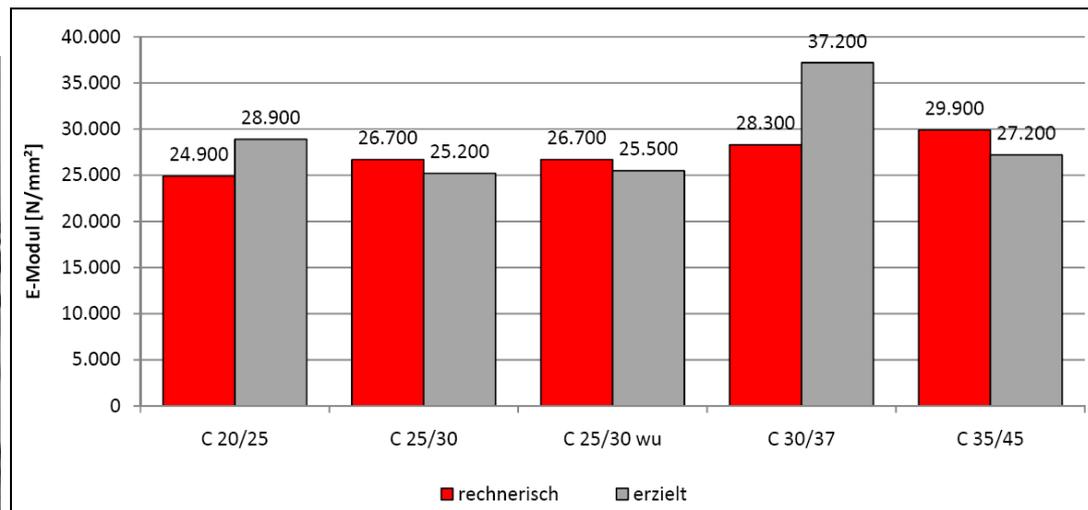
## 2 FO-Vorhaben

### ➤ RC-Beton – Elastizitätsmodul (E-Modul) in Anlehnung an DIN 1048-5:1991-06

E-Modul $E_b$		C 20/25	C 25/30	C25/30 wu	C 30/37	C35/45
rechnerisch aus $f_{ck}$ für Normalbeton <sup>1)</sup>	[N/mm <sup>2</sup> ]	24.900	26.700	26.700	<b>28.300</b>	29.900
erzielter E-Modul $E_b$	[N/mm <sup>2</sup> ]	28.900	25.200	25.500	<b>37.200</b>	27.200
maximale Differenz	[N/mm <sup>2</sup> ]	4.000	-1.500	-1.200	<b>8.900</b>	-2.700
rechnerische Werte erreicht		ja	nein	nein	<b>ja</b>	nein
prozentuale Abweichung	[%]	16 %	-6 %	-4 %	<b>31 %</b>	-9 %

<sup>1)</sup> nach DIN 1045-1:2008-08, Tab. 9

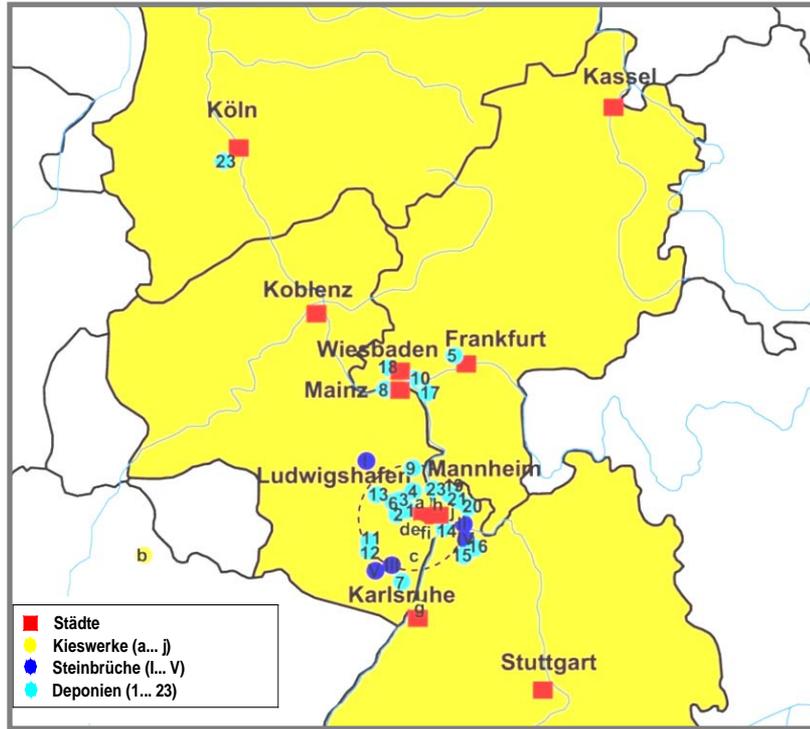
$f_{ck}$  - Nennfestigkeit



**Ergebnis:** Erreichung der rechnerischen Werte C 20/25 und C 30/37 mit hoher Sicherheit, negative Abweichungen der ermittelten E-Moduli vom Rechenwert liegen im Toleranzbereich von Normalbeton

# 2 FO-Vorhaben

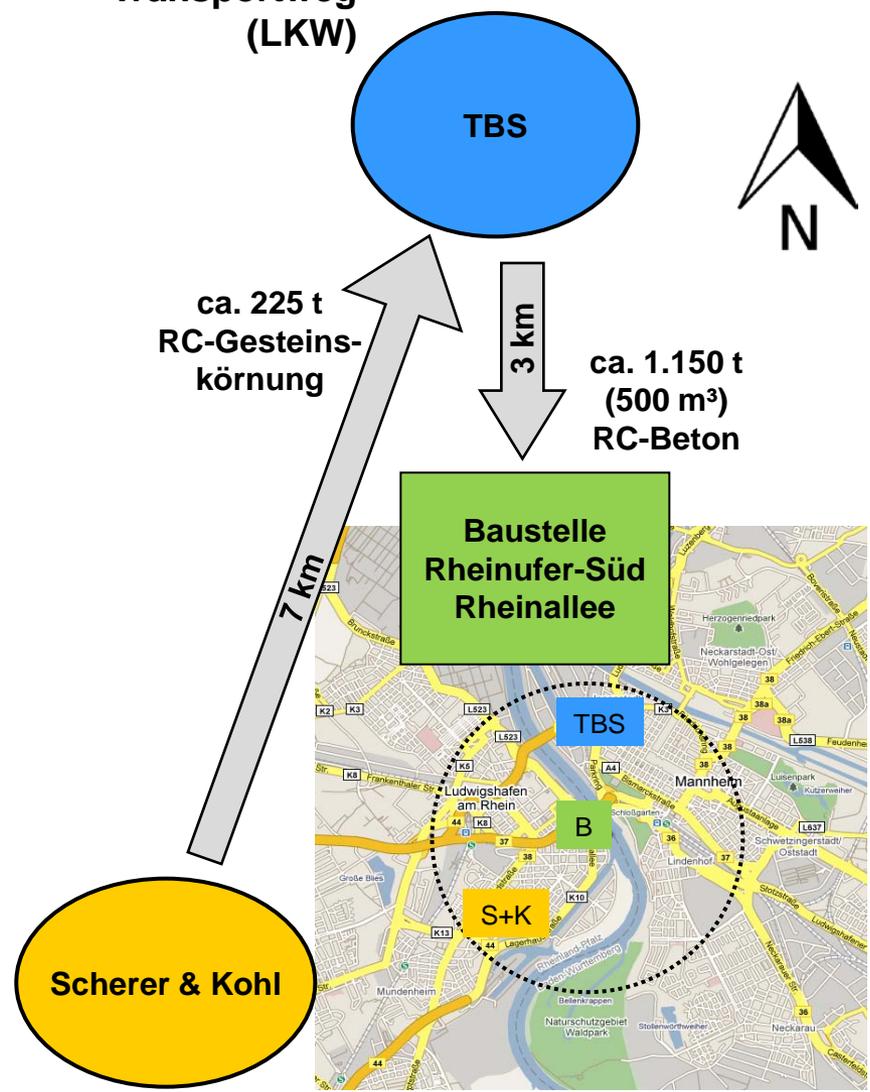
## ➤ Standortkonstellation Leuchtturmprojekt



### Rahmenbedingungen für RC-Beton

- Zuverlässigkeit des Lieferanten
- Zuverlässigkeit des Herstellers
- hohe regionale Bautätigkeit
- Entfernung Naturstein- / Kiesgruben
- Aktionsradius Betonwerk → Baustelle

Transportweg (LKW)



ca. 225 t RC-Gesteinskörnung

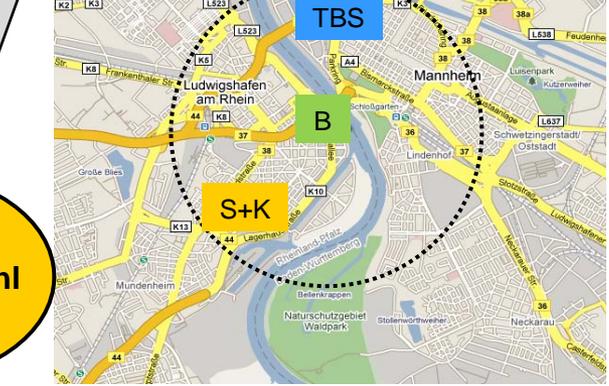
ca. 1.150 t (500 m³) RC-Beton

**Baustelle  
Rheinufer-Süd  
Rheinallee**

**Scherer & Kohl**

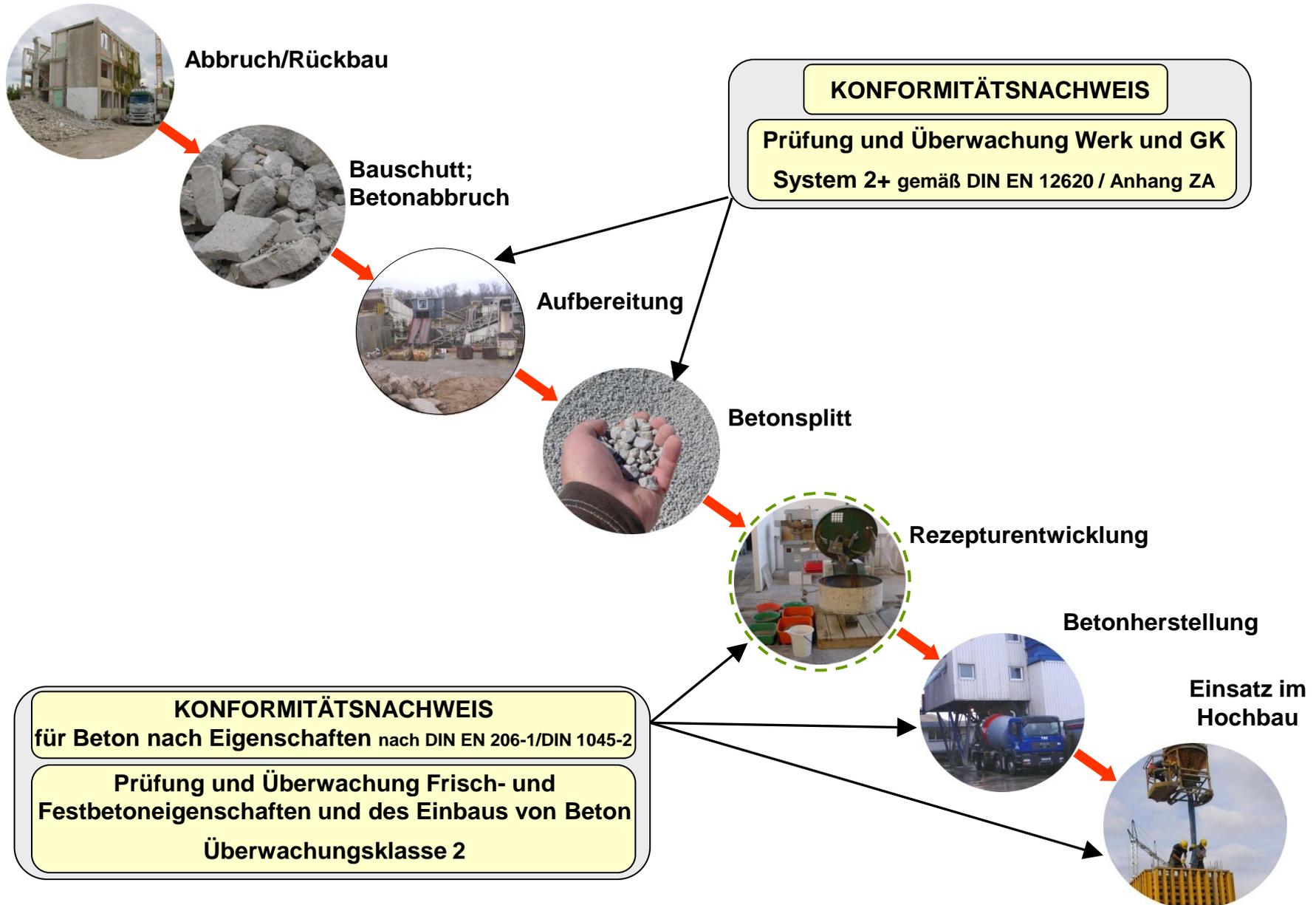
**TBS**

**N**



R '10, Weimar 23.09.2010

# Qualitätssicherung für die Herstellung und Verarbeitung von RC-Beton (Qualitätskette)



R 10, Weimar 23.09.2010

### 3 Fazit

#### ➤ Verwendung von RC-Gesteinskörnungen im Beton (Hochbau)

#### ▪ Rechtliche und normative Grundlagen sind gelegt

- KrW-/AbfG
- Abfallrahmenrichtlinie
- EN, DIN, Richtlinien des DAfStb

#### ▪ Untersuchungsergebnisse

**Die untersuchten RC-Gesteinskörnungen weisen hervorragende, definierte technische Eigenschaften auf und sind umweltverträglich**

- RC-Unternehmen = Zertifizierter Fachbetrieb mit lückenloser Überwachung

**Die untersuchten RC-Betone weisen hervorragende, definierte technische Eigenschaften auf**

- Transportbetonwerk = Zertifizierter Fachbetrieb mit lückenloser Überwachung

**Qualität der untersuchten RC-Betone ist mit Normalbetonen vergleichbar.**

- sehr gute Verarbeitbarkeit
- Sichtbetonqualität erreichbar, wu nachgewiesen

## ▪ **Ressourcenschonung und Umweltentlastung**

- keine negativen Umweltauswirkungen im Vergleich zum Normalbeton
- Verminderung von Flächen – und Deponiebedarf

## ▪ **Markt**

- die Herstellungskosten gegenüber Normalbeton sind vergleichbar  
→ Reduzierung Transportwege → Frachtkostenreduzierung
- regionale / lokale Gegebenheiten und Wettbewerbssituation

## ▪ **Ergebnisse**

- Verbesserung Ressourceneffizienz, Nutzung der Materialeigenschaften
- Beitrag zum Urban Mining – Nutzung des anthropogenen Baustofflagers
- Synergien für beteiligte Akteure

## ▪ **Herausforderungen**

- sinnvolle Umsetzung des „Neuen“ → Koordinierung
- nachhaltiges / zukunftsfähiges Bauen aktiv mitgestalten durch neutral ausgeschriebene Baustoffe (öffentliche Hand)

## ▪ **Chancen**

- Pilotprojekt schafft Transparenz / Akzeptanz → Märkte schaffen oder ausbauen
- Förderung Innovationen