



Lieferung von Beton der Feuchtigkeits- klasse WS für Fahr- bahndecken

Im Januar 2013 veröf-
fentlicht: Allgemeines
Rundschreiben Straßen-
bau (ARS) Nr. 04/2013.

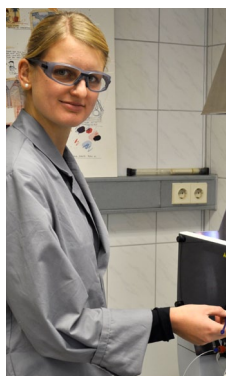
[\[mehr ...\]](#)



Umweltprodukt- deklarationen (EPD) für Beton

EPD (environmental
product declaration)
für Betone der Festig-
keitsklassen C20/25 bis
C50/60 verifiziert.

[\[mehr ...\]](#)



Zementgehalts- bestimmungen an Bauwerksbetonen – Ursache für häufige Zementgehaltsun- terschreitungen bei Laboruntersuchungen

Analytisch die Zusam-
mensetzung von Beton
bestimmen.

[\[mehr ...\]](#)

Liebe Leserinnen und Leser,

schon ist es wieder Dezember und das Jahr 2013 ist auf der Zielgerade. Rechtzeitig zum Jahreswechsel haben wir für Sie eine neue Ausgabe des Technik-Newsletters mit einigen interessanten Informationen zusammengestellt.

Ingmar Borchers, Mitarbeiter des VDZ in Düsseldorf, beschäftigt sich in seinem Bericht mit den erforderlichen Prüfungen bei der Lieferung von Gesteinskörnungen für Betone der Feuchtigkeitsklasse WS.

Dr. Peter Boos, Leiter des HeidelbergCement Zentrallabors Ennigerloh, hat sich kritisch mit den Analysemöglichkeiten zur Zementgehaltsbestimmung an Bauwerksbetonen nach DIN 52170 auseinandergesetzt. Er kam zu dem Ergebnis, dass die in den Normen genannten Bestimmungsgenauigkeiten für moderne Betone eigentlich nicht mehr anwendbar sind.

Nachdem wir vor einigen Tagen den ersten Frost hatten, darf ein Hinweis zum Betonieren bei kühler Witterung bzw. Frost natürlich nicht fehlen. Ausführlich haben wir diese Thematik in unserem Newsletter Nr. 16/2012 behandelt. Sollte Ihnen diese Ausgabe nicht mehr vorliegen, können Sie den Technik-Newsletter 16 ganz einfach unter <http://www.heidelbergcement.com/de/de/country/zement/publikationen/index.htm> downloaden.

Eine kurze Information zu den vor einigen Wochen erschienenen Beton-EPDs rundet diese Ausgabe unseres Newsletters ab.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre und schon jetzt ein schönes Weihnachtsfest mit viel Zeit für all die Dinge, die sonst immer ein bisschen zu kurz kommen. Starten Sie gut ins neue Jahr und bleiben Sie gesund!

Ihre

Dagmar Küchlin

Bauberatung Zement,

Entwicklung und Anwendung, Leimen

Lieferung von Beton der Feuchtigkeitsklasse WS für Fahrbahndecken



Dipl.-Ing. Ingmar Borchers,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der
Abteilung Betontechnik des VDZ

Im Januar 2013 veröffentlichte das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung das Allgemeine Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 04/2013, welches das vormals gültige ARS Nr.12/2006 ersetzt. Ziel des darin beschriebenen Maßnahmenpakets ist die sichere Vermeidung von Schäden infolge von Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) auf Bundesfernstraßen.

Fahrbahndecken aus Beton für den Neubau und die Erneuerung von Bundesfernstraßen in den Belastungsklassen Bk100 bis Bk1,8 gemäß RStO 12 werden über das ARS Nr. 04/2013 der Feuchtigkeitsklasse WS zugeordnet. Für Fahrbahndecken aus Beton, die der Feuchtigkeitsklasse WA zugeordnet werden können, gilt die Alkali-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb).

Gemäß ARS Nr. 04/2013 ist in der Feuchtigkeitsklasse WS die Alkalienempfindlichkeit der Gesteinskörnungen mit Korngruppen $d \geq 2$ mm bzw. des Betons durch eines der folgenden Verfahren nachzuweisen:

- 1. WS-Grundprüfung**
der groben Gesteinskörnungen
- 2. Gutachten für den Beton,**
i. d. R. auf der Basis einer AKR-Performance-Prüfung
- 3. WS-Bestätigungsprüfung**
der Betonausgangsstoffe (insbesondere der Gesteinskörnung) bei Vorliegen einer bestandenen WS-Grundprüfung oder AKR-Performance-Prüfung

Belastungsklassen nach RStO 12

In Deutschland werden Straßen gemäß den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12) in sieben Belastungsklassen eingeteilt. Ausschlaggebend für die Einteilung ist die dimensionierungsrelevante Beanspruchung **B**.

Sie wird aus der Beschaffenheit der Fahrbahn (Anzahl der Fahrstreifen, Neigung usw.), dem voraussichtlichen Verkehrsaufkommen und dem Anteil des Schwerverkehrs in der Nutzungszeit berechnet und als äquivalente 10-Tonnen-Achsübergänge angege-

ben. Diese Anzahl ist maßgebend, da die Radlast bzw. Achsübergänge des Schwerverkehrs den stärksten Einfluss auf die Lebensdauer einer Straßenbefestigung haben.

Klasseneinteilung:

Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen werden nach der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung in die in Tabelle 1 genannten Belastungsklassen eingestuft. Bis zur Einführung der RStO 12 wurde der Begriff der Bauklasse verwendet.

Belastungsklasse	dimensionierungsrelevante Beanspruchung B	typisches Beispiel	Bauklasse nach RStO 01
Bk100	> 32	Autobahnen, Schnellstraßen	SV
Bk32	> 10 und ≤ 32	Industriestraßen	I
Bk10	> 3,2 und ≤ 10	Hauptgeschäftsstraßen	II
Bk3,2	> 1,8 und $\leq 3,2$	Verbindungsstraßen	III
Bk1,8	> 1,0 und $\leq 1,8$	Sammelstraßen, wenig befahrene Hauptgeschäftsstraßen	III
Bk1,0	> 0,3 und $\leq 1,0$	Wohnstraßen	IV
Bk0,3	$\leq 0,3$	Wohnwege	V und VI

Tabelle 1: Belastungsklassen nach RStO 12 und Vergleich mit den Bauklassen nach RStO 01

Mit dem Konzept der WS-Grund- und Bestätigungsprüfung wird die Grundlage geschaffen, dass im Zuge einer Baumaßnahme mit einer zeitlich wie auch kostenseitig optimierten Prüfung nachgewiesen werden kann, dass sich eine

Gesteinskörnung nicht verändert hat, wenn ihre prinzipielle Eignung in einer WS-Grundprüfung bereits bestätigt wurde. Eine WS-Bestätigungsprüfung dauert ca. vier bis acht Wochen.



► LIEFERUNG VON BETON DER FEUCHTIGKEITSKLASSE WS FÜR FAHRBAHNDECKEN



Die Grundlage für ein Gutachten zum Beton ist i. d. R. eine AKR-Performance-Prüfung. Im Gegensatz zur WS-Grundprüfung wird bei einer AKR-Performance-Prüfung die Unempfindlichkeit einer konkreten Betonrezeptur untersucht und bewertet. Auch in diesem Fall kann eine WS-Bestätigungsprüfung genutzt werden, um kurzfristig die Alkaliunempfindlichkeit des Betons zu bestätigen.

Das ARS Nr. 04/2013 ist unter folgendem Link zum Download verfügbar:
http://www.bast.de/cln_032/nn_38252/DE/Qualitaetsbewertung/Listen/Strassenbau/pdf/allgemeines-rundschreiben_templateId=raw.property=publicationFile.pdf/allgemeines-rundschreiben.pdf

Wesentliche Informationen zur WS-Grundprüfung und AKR-Performance-Prüfung sowie zur WS-Bestätigungsprüfung sind in den Tabellen 1 und 2 am Ende dieses Artikels zusammengefasst.

WS-Grundprüfung

Die WS-Grundprüfung beinhaltet zum einen die Prüfung aller zur Verwendung in Fahrbahndecken aus Beton vorgesehenen groben Korngruppen ($d \geq 2$ mm) einer Gewinnungsstätte mit einem Schnelltest (Schnellprüfverfahren oder Mörtelschnelltest) nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie, Ausgabe 2007¹. Der Ablauf einer WS-Grundprüfung ist in Bild 1 dargestellt. Zur Berücksichtigung von natürlichen Schwankungen der Gesteinskörnung werden die Schnelltests an Proben von drei Probenahmen durchgeführt. Für die weiteren Untersuchungen werden die Lieferkörnungen derjenigen Probe-
nahme verwendet, mit denen die größten Dehnungen in den Schnelltests auftraten. Diese Lieferkörnungen werden mineralogisch/petrographisch charakterisiert und in einem WS-Betonversuch geprüft.

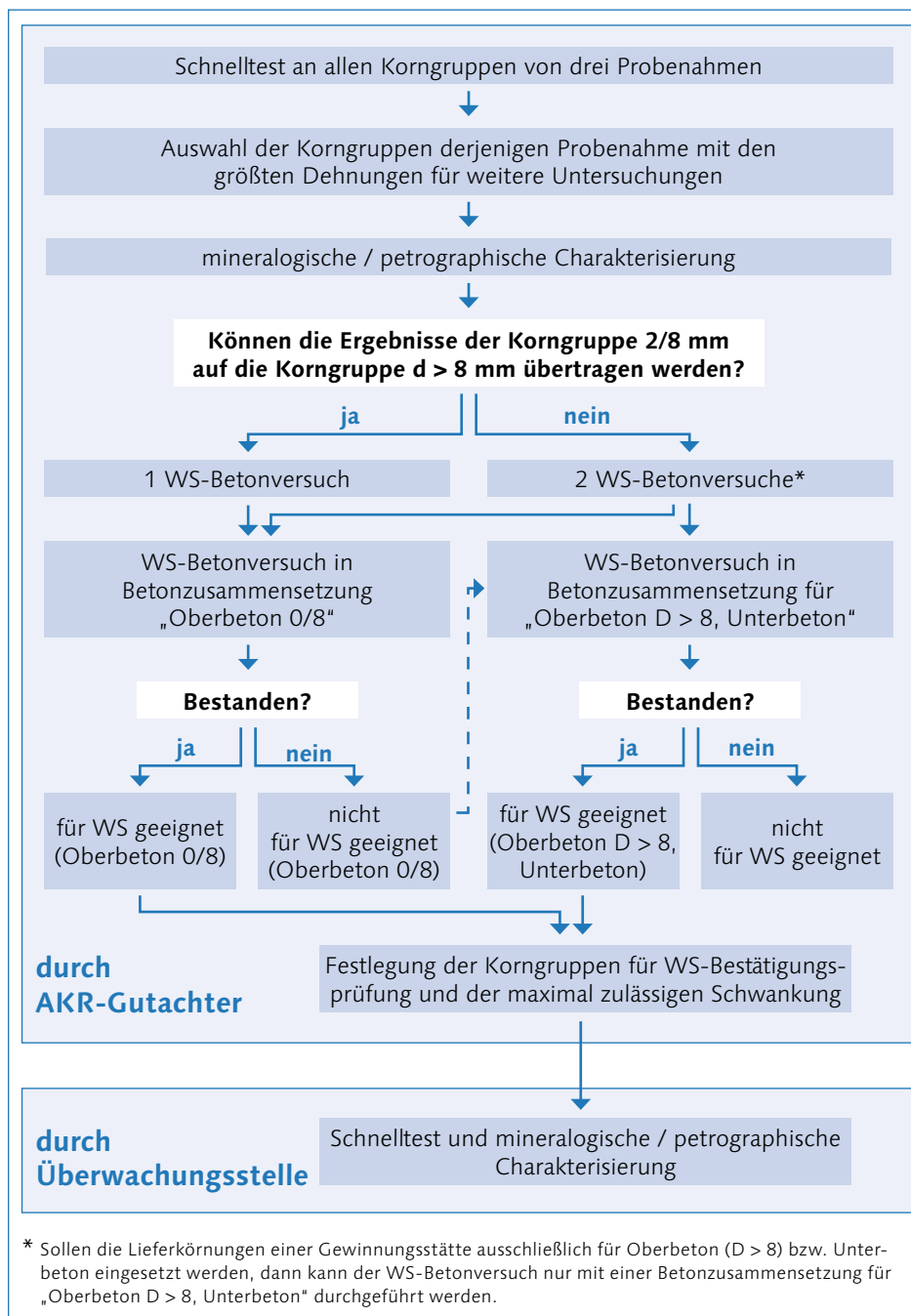


Bild 1: Prüfablauf der WS-Grundprüfung

¹ Im Frühjahr 2014 wird die Alkali-Richtlinie, Ausgabe Oktober 2013, erscheinen. In der neuen Ausgabe wird der Mörtelschnelltest nicht mehr beschrieben. Bei WS-Grund- und Bestätigungsprüfungen kann das Prüfverfahren aber weiterhin eingesetzt werden. Für die Einstufung und Überwachung von Gesteinskörnungen nach Alkali-Richtlinie kann das Verfahren ab der bauaufsichtlichen Einführung der neuen Alkali-Richtlinie nicht mehr angewendet werden.

► LIEFERUNG VON BETON DER FEUCHTIGKEITSKLASSE WS FÜR FAHRBAHNDECKEN

Der WS-Betonversuch kann mit dem 60°C-Betonversuch mit Alkalizufuhr oder der Klimawechselagerung durchgeführt werden. Beide Verfahren führen i. d. R. zu einer vergleichbaren Bewertung identischer Betonzusammensetzungen.

Es wird unterschieden zwischen einer WS-Grundprüfung für Beton mit einem Größtkorn von 8 mm (Oberbeton (O/8) gemäß TL Beton-StB 07) und für Beton mit einem Größtkorn größer 8 mm (Oberbeton (D > 8) und Unterbeton gemäß TL Beton-StB 07), da in Oberbeton (O/8) mindestens 420 kg/m³ und im Oberbeton (D > 8) und Unterbeton nur maximal 360 kg/m³ Zement verwendet werden. Die Unterscheidung ist erforderlich, weil eine schädigende AKR im Oberbeton (O/8) grundsätzlich wahrscheinlicher ist als beim Oberbeton (D > 8) oder Unterbeton. Dies zeigten Vergleichsuntersuchungen mit „Waschbeton O/8“ (Zementgehalt $z = 430 \text{ kg/m}^3$, Größtkorn 8 mm) und „Standardbeton O/16“ (Zementgehalt $z = 350 \text{ kg/m}^3$, Größtkorn 16 mm) eines Forschungsvorhabens des Forschungsinstituts der Zementindustrie. Die Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e. V. stellt die Ergebnisse des Forschungsvorhabens in der Broschüre Griffig 01/2010 unter folgendem Link zur Verfügung: http://www.guetegemeinschaft-beton.de/fileadmin/betonverkehrsflaechen/Redaktion/PDF-Dateien/Griffig_1_2010_Ansichts.pdf

Besteht eine Lieferkörnung 2/8 die WS-Grundprüfung in einer Betonzusammensetzung für Oberbeton (O/8), so legt der Gutachter fest, ob die Ergebnisse auch auf die anderen Lieferkörnungen (z. B. 8/16 und 16/22) übertragen werden können. Sollte die Übertragbarkeit nicht gegeben sein, muss ein zweiter WS-Betonversuch in einer Betonzusammensetzung für „Oberbeton (D > 8) und Unterbeton“ durchgeführt werden, um die Eignung der Lieferkörnungen zu bestätigen. Die WS-Grund- und



► LIEFERUNG VON BETON DER FEUCHTIGKEITSKLASSE WS FÜR FAHRBAHNDECKEN

Bestätigungsprüfung ist ausführlich in der Anlage zum ARS Nr. 04/2013 beschrieben.

Die Anlage ist unter folgendem Link verfügbar: http://www.bast.de/cln_032/nn_38252/DE/Qualitaetsbewertung/Listen/Strassenbau/pdf/anlage-allgemeines-rundschreiben.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/anlage-allgemeines-rundschreiben.pdf

Die WS-Grundprüfung wird von den Gesteinskörnungslieferanten bei einem AKR-Gutachter beauftragt, der die Alkaliunempfindlichkeit der groben Korngruppen eines Lieferwerks untersucht und bewertet. Alle vom BMVBS beziehungsweise der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) anerkannten AKR-Gutachter, wie z. B. Herr Dr.-Ing. Christoph Müller vom Forschungsinstitut der Zementindustrie, werden von der BASt auf folgender Seite aufgelistet: http://www.bast.de/cln_033/nn_38252/DE/Qualitaetsbewertung/Listen/Strassenbau/akr-gutachter/akr-gutachter.html

Für die WS-Grundprüfung ist mindestens 1 Jahr einzuplanen.

Soll die spätere WS-Bestätigungsprüfung durch die bauaufsichtlich anerkannte Überwachungsstelle, welche die betreffende Gesteinskörnung nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie fremdüberwacht, durchgeführt werden, dann ist diese bereits in die WS-Grundprüfung mit einzubeziehen. Im Anschluss an die Untersuchungen des AKR-Gutachters untersucht die Überwachungsstelle die Rückstellproben der im Gutachten festgelegten Korngruppen, um über Ausgangswerte für die WS-Bestätigungsprüfung zu verfügen. Sie führt dazu ebenfalls Schnelltests (z. B. Schnellprüfverfahren nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie) durch und charakterisiert die Korngruppen mineralogisch/ petrographisch.

Die WS-Grundprüfung für die positiv beurteilten Korngruppen einer Gewinnungs-

stätte gilt für eine Dauer von 4 Jahren ab Probenahme und muss nach Ablauf dieser Frist erneut durchgeführt werden. Erfolgt eine regelmäßige Fremdüberwachung nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie bzw. in Anlehnung daran (vierteljährliche Schnelltests), kann eine erneute WS-Grundprüfung in Abhängigkeit von den Prüfergebnissen entfallen. Die WS-Grundprüfung verliert ihre Gültigkeit, wenn sich aus Eigen- bzw. Fremdüberwachung Hinweise auf eine Erhöhung der Alkaliempfindlichkeit (z. B. durch Änderungen in der mineralogischen/ petrographischen Zusammensetzung) ergeben.

AKR-Performance-Prüfung

Mit einer AKR-Performance-Prüfung untersucht der AKR-Gutachter die Alkaliunempfindlichkeit einer konkreten Betonrezeptur, die bei Bestehen der Prüfung für unterschiedliche Baumaßnahmen eingesetzt werden kann. Das Vorgehen und die Verfahren zur gutachterlichen Bewertung der Alkaliunempfindlichkeit eines Betons sind mit der WS-Grundprüfung vergleichbar, können aber in Details von dem im Bild 1 dargestellten Ablauf abweichen. Das genaue Vorgehen muss mit dem AKR-Gutachter abgestimmt werden, da die Art und der Umfang der Untersuchung zur Bewertung der Alkaliunempfindlichkeit gemäß dem ARS Nr. 04/2013 im Ermessen des Gutachters liegt.

Weicht die Betonrezeptur von dem in der AKR-Performance-Prüfung untersuchten Beton ab, ist i. d. R. eine neue AKR-Performance-Prüfung durchzuführen. Bei einer WS-Bestätigungsprüfung auf der Basis einer AKR-Performance-Prüfung sind immer weitere Parameter (Sand, Zementart, Zementgehalt, w/z-Wert und Na₂O-Äquivalent des Zements) mit den Ausgangsdaten zu vergleichen. Gutachten zu Betonen

(Betonrezepturen) werden i. d. R. von bauausführenden Firmen bzw. den Betonherstellern beauftragt.

Das Ergebnis der AKR-Performance-Prüfung kann für eine Dauer von vier Jahren für eine Bewertung herangezogen werden. Nach Ablauf dieser Frist muss ein erneutes Gutachten erstellt werden.

WS-Bestätigungsprüfung

Gesteinskörnungen, deren Eignung durch eine WS-Grundprüfung bestätigt wurde, können unabhängig vom konkreten Bauvorhaben für den Bau von Fahrbahndecken der entsprechenden Bauweise eingesetzt werden, wenn eine WS-Bestätigungsprüfung an einer aktuellen Probe zeigt, dass sich die Gesteinskörnung nicht wesentlich verändert hat.

Analog können auch Betone, für die eine bestandene AKR-Performance-Prüfung vorliegt, verwendet werden, wenn durch eine WS-Bestätigungsprüfung nachgewiesen wird, dass sich die Betonausgangsstoffe nicht wesentlich verändert haben. Bei einer WS-Bestätigungsprüfung auf der Grundlage einer AKR-Performance-Prüfung sind zusätzlich zum Vergleich der groben Gesteinskörnungen die Anforderungen an die Betoneigenschaften, wie Zementart, Zementgehalt, w/z-Wert und Na₂O-Äquivalent des Zements einzuhalten. Darüber hinaus ist auch der Sand mit jenem der AKR-Performance-Prüfung zu vergleichen.

Informationen zu allen Gesteinskörnungen und Betonen, die eine WS-Grundprüfung oder AKR-Performance-Prüfung bestanden haben, veröffentlicht die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in einer Liste, die auf ihrer Internetseite heruntergeladen werden kann: http://www.bast.de/cln_033/nn_38252/DE/Qualitaetsbewertung/Listen/Strassenbau/pdf/AKR-Gesteinsliste.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/AKR-Gesteinsliste.pdf

► LIEFERUNG VON BETON DER FEUCHTIGKEITSKLASSE WS FÜR FAHRBAHNDECKEN



Die Liste enthält zusätzlich zur Nennung der groben Gesteinskörnung Informationen zur Zementart, dem Zementgehalt, dem Wasserzementwert und dem Na₂O-Äquivalent des Zementes.

Da das ARS Nr. 04/2013 im Januar 2013 erschienen ist und eine WS-Grundprüfung mindestens ein Jahr dauert, enthält die Liste bisher nur Betone, die eine AKR-Performance-Prüfung bestanden haben. Dies ist daran zu erkennen, dass in der Liste bei der „Art der Prüfung“ nur Kreuze bei „P“ (AKR-Performance-Prüfung) und keine in der Spalte mit „WS“ (WS-Grundprüfung) vorhanden sind. Die Liste wird zukünftig auch Gesteinskörnungen enthalten, deren Eignung in einer WS-Grundprüfung festgestellt wurde.

Die WS-Bestätigungsprüfung auf der Grundlage einer WS-Grundprüfung darf durch den AKR-Gutachter der WS-Grundprüfung oder durch die Überwachungsstelle des Lieferwerkes durchgeführt

werden, wenn diese bereits wie bei der WS-Grundprüfung beschrieben, bei der WS-Grundprüfung einbezogen war. Die Eignung der Gesteinskörnungen muss entweder im Rahmen einer regelmäßigen Fremdüberwachung nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie mit einem Schnelltest (d. h. alle 3 Monate) oder einmalig vor Betonierbeginn bestätigt werden. Der Abstand zwischen der einmaligen Probenahme und dem Betonierbeginn darf höchstens 3 Monate betragen. Wird keine regelmäßige Fremdüberwachung durchgeführt, gilt die WS-Bestätigungsprüfung für die Dauer der Betonage, jedoch maximal für 6 Monate.

Die WS-Bestätigungsprüfung auf der Grundlage einer AKR-Performance-Prüfung darf nur durch den AKR-Gutachter, der den untersuchten Beton beurteilt hat, durchgeführt werden. Gemäß dem ARS Nr. 04/2013 muss sie analog der WS-Bestätigungsprüfung für eine WS-Grundprüfung erfolgen. Das bedeutet,

dass nach dem Ende der AKR-Performance-Prüfung immer noch eine WS-Bestätigungsprüfung durchgeführt werden muss, damit der Abstand zwischen der Probenahme und dem Betonierbeginn höchstens 3 Monate beträgt.

In jeder WS-Bestätigungsprüfung wird die Alkaliempfindlichkeit der Gesteinskörnungen der aktuellen Probenahme mittels Schnellprüfverfahren (Referenzprüfverfahren) nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie oder Mörtelschnelltest (Alternativverfahren) untersucht. Die Ergebnisse und ggf. die mineralogische/ petrographische Zusammensetzung der Gesteinskörnung werden mit jenen in der WS-Grundprüfung bzw. AKR-Performance-Prüfung verglichen.

Der Auftragnehmer muss dem Auftraggeber die WS-Bestätigungsprüfung spätestens sieben Tage vor dem Betonierbeginn ergänzend zur Erstprüfung des Betons vorlegen.

Nachweisverfahren	WS-Grundprüfung	Gutachten Beton durch AKR-Performance-Prüfung
Prüfer	Von BMBVS / BAST zugelassene AKR-Gutachter	
Was wird geprüft?	Grobe Gesteinskörnungen ($d \geq 2 \text{ mm}$)	Betonrezeptur
Prüfumfang	■ Schnelltest (Schnellprüfverfahren oder Mörtelschnelltest) nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie, Ausgabe 2007 ■ mineralogische/ petrographische Charakterisierung ■ WS-Betonversuch	Art und Umfang der Untersuchungen liegen im Ermessen des AKR-Gutachters, i. d. R.: ■ Schnelltest (Schnellprüfverfahren oder Mörtelschnelltest) nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie ■ Chemische/mineralogische/ petrographische Charakterisierung ■ AKR-Performance-Prüfung
Zeitbedarf	Mindestens 1 Jahr	
Geltungsdauer	■ 4 Jahre ab Probenahme ■ Geltungsdauer kann bei regelmäßiger Fremdüberwachung der Gesteinskörnungen nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie in Abhängigkeit von den Prüfergebnissen verlängert werden	■ 4 Jahre ab Probenahme

Tabelle 1: WS-Grundprüfung und AKR-Performance-Prüfung

► LIEFERUNG VON BETON DER FEUCHTIGKEITSKLASSE WS FÜR FAHRBAHNDECKEN

Nachweisverfahren	WS-Bestätigungsprüfung	
Grundlage / Bezug	WS-Grundprüfung	AKR-Performance-Prüfung
Prüfer	■ AKR-Gutachter der WS-Grundprüfung oder ■ Überwachungsstelle des Lieferwerkes	■ AKR-Gutachter der AKR-Performance-Prüfung
Was wird geprüft	■ Grobe Gesteinskörnung ($d \geq 2 \text{ mm}$) ■ Feine Gesteinskörnungen ($D \leq 2 \text{ mm}$) mit einem Überkornanteil von mehr als 10 M.-% ■ Feine Gesteinskörnungen ($D \leq 2 \text{ mm}$) aus Gewinnungsstätten außerhalb des Geltungsbereichs der Alkali-Richtlinie	■ Feine Gesteinskörnung ($D \leq 2 \text{ mm}$) ■ Grobe Gesteinskörnungen ($d \geq 2 \text{ mm}$) ■ Zement ■ ggf. Zusatzstoffe ■ Betonzusammensetzung
Prüfumfang	■ Schnelltest (Schnellprüfverfahren oder Mörtelschnelltest) nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie, Ausgabe 2007 ■ mineralogische/ petrographische Zusammensetzung	Art und Umfang der Untersuchungen liegen im Ermessen des AKR-Gutachters, i. d. R.: ■ Schnelltest (Schnellprüfverfahren oder Mörtelschnelltest) nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie ■ Chemische/mineralogisch/ petrographische Charakterisierung ■ Alkaligehalt des Zements und ggf. der Zusatzstoffe
Zeitbedarf	Prüfdauer 4 bis 8 Wochen	
Geltungsdauer	Bei regelmäßiger Fremdüberwachung ■ Geltungsdauer wie die zugehörige WS-Grundprüfung oder AKR-Performance-Prüfung Ohne regelmäßige Fremdüberwachung ■ Abstand zwischen der Probenahme und dem Betonierbeginn höchstens 3 Monate ■ Für die Dauer der Betonage, jedoch maximal für 6 Monate.	
Nachweispflicht	Der Auftragnehmer muss dem Auftraggeber die WS-Bestätigungsprüfung und ggf. einen Nachweis zum Sand sieben Tage vor Betonierbeginn vorlegen.	

Tabelle 2: WS-Bestätigungsprüfung auf der Grundlage einer bestandenen WS-Grund- oder AKR-Performance-Prüfung

Hinweise zur Verwendung feiner Gesteinskörnungen ($D \leq 2 \text{ mm}$)

Gemäß dem ARS Nr. 04/2013 dürfen feine Gesteinskörnungen ($D \leq 2 \text{ mm}$) ohne weitere Nachweise eingesetzt werden, wenn nachfolgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Gesteinskörnung stammt aus einer Gewinnungsstätte im Geltungsbereich der Alkali-Richtlinie, Ausgabe 2007 und weist die Alkaliempfindlichkeitsklasse EI-O – EI-OF oder E I auf.
- Der Überkornanteil beträgt nicht mehr als 10 M.-%.

Feine Gesteinskörnungen ($D \leq 2 \text{ mm}$) mit einem Überkornanteil von mehr als 10 M.-% bzw. aus Gewinnungsstätten außerhalb des Geltungsbereichs der Alkali-Richtlinie, Ausgabe 2007 dürfen nur verwendet werden, wenn ein AKR-Gutachter ihre Alkaliunempfindlichkeit nachweist.

[\[zurück ...\]](#)

Umweltproduktdeklarationen (EPD) für Beton

Vor wenigen Wochen hat das Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) mehrere EPD (environmental product declaration) für Betone der Festigkeitsklassen C20/25 bis C50/60 verifiziert.

Sie wurden gemeinsam erarbeitet vom Verein Deutscher Zementwerke (VDZ), dem Bundesverband der deutschen Transportbetonindustrie (BTB) und der

Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau (FDB). Sie gelten für Transportbeton und Fertigteile.

EPD dienen als Grundlage für Ökobilanzierungen für Gebäude.

Die EPD für Beton stehen unter folgendem Link zum Download bereit: <http://www.beton.org/wissen/nachhaltigkeit/umweltproduktdeklarationen/>



[\[zurück ...\]](#)

Zementgehaltsbestimmungen an Bauwerksbetonen – Ursache für häufige Zementgehaltsunterschreitungen bei Laboruntersuchungen

Dr. Peter Boos, Michael Recker,
Nicole Bökamp,
Zentrallabor Ennigerloh,
HeidelbergCement AG

Einführung

Im Schadens- oder Streitfall wird häufig analytisch versucht die ursprüngliche Zusammensetzung von Beton zu bestimmen.

Als Verfahren kommen die vier Teile der DIN 52170 zur Anwendung, die 1980 veröffentlicht wurden:

- Teil 1 befasst sich mit der Probenahme am Bauwerk und der Trockenroh-dichtebestimmung.
- In Teil 2 wird beschrieben, wie Zement- und Gesteinskörnungsgehalte bestimmt werden können, wenn entweder salzsäureunlösliche oder salzsäurelösliche Gesteinskörnungen zur Anwendung gekommen sind. Die im Teil 2 berücksichtigten salzsäurelöslichen Gesteinskörnungen sind Dolomit und Kalkstein.
- In Teil 3 wird das Verfahren festgelegt, das anzuwenden ist, wenn neben dem Zement- und Gesteins-



körnungsgehalt auch die Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung bestimmt werden soll. Teil 3 kommt nur für Betone in Frage, die mit salzsäureunlöslichen Gesteinskörnungen hergestellt wurden.

- Teil 4 kann angewendet werden, wenn die Ausgangsstoffe ganz oder teilweise bekannt sind.

Die Teile 2 und 3 werden angewendet, wenn die Ausgangsstoffe unbekannt sind und nicht für die Analyse zur Verfügung stehen. Teil 2 und Teil 3 versagen, wenn andere salzsäurelösliche Gesteinskörnungen (wie z. B. Basalt, Diabas, Gabbro, Granit, Grauwacke etc.) zur Anwendung gekommen sind als Kalkstein oder Dolomit.

► ZEMENTGEHALTSBESTIMMUNGEN AN BAUWERKSBETONEN – URSACHE FÜR HÄUFIGE ZEMENTGEHALTSUNTERSCHREITUNGEN BEI LABORUNTERSUCHUNGEN

Gemäß DIN 52170 Teil 2 und Teil 3 liegt die Unsicherheit der Zementgehaltbestimmung bei 10%, die der Gesteinskörnung bei 5% und die des Mischungsverhältnisses bei 15%. Im Teil 4 werden keine Angaben zur Genauigkeit gemacht.

Wie oben beschrieben, datiert DIN 52170 aus dem Jahr 1980. Heutige, moderne Zemente sind jedoch insofern nicht mehr mit denen von 1980 zu vergleichen, als aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen aus dem Markt und dem Bestreben der Hersteller umweltfreundlichere Produkte anzubieten, die Produktpalette sich wesentlich erweitert hat. Heute sind CEM II- und CEM III-Zemente die Regel. Daher stellt sich die Frage, ob die in der Norm genannten Bestimmungsgenauigkeiten tatsächlich noch realistisch sind.

Versuchsprogramm

Im Zentrallabor Ennigerloh wurden die Bestimmungsgenauigkeiten der Methoden anhand von gezielt hergestellten Normmörteln nach DIN EN 196-1 überprüft. Zur Anwendung kam ein Portlandzement CEM I, ein Portlandkalksteinzement CEM II/A-LL und ein Portlandhüttenzement CEM II/A-S. Mit diesen Zementen und CEN-Normensand, also einer unlöslichen Gesteinskörnung wurden herkömmliche Normprismen

hergestellt. Normmörtel mit unlöslicher Gesteinskörnung wurden gewählt, um die Bestimmungsgenauigkeit des Verfahrens unter optimalen Bedingungen zu ermitteln. An allen Normmörteln wurde der Luftgehalt bestimmt.

Da die Dichte von Beton sich sowohl anwendungsbedingt als auch rezepturbedingt durch Verdichtungsporen oder variierende Wassergehalte verändert, wurde der Einfluss dieser Faktoren auf das Analyseergebnis ermittelt, indem weitere Normprismen hergestellt wurden, in denen gezielt zusätzlich etwa 5% Luft in die Mörtelmatrix eingebracht wurde.

Die ermittelten Luftgehalte aller Frischmörtel wurden den weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt.

Beschreibung der Prüfung nach DIN 52170 Teil 1 bis 4

Bestimmung der Trockenrohddichte δ_t nach DIN 52170 Teil 1

Die Norm unterscheidet bei der Bestimmung der Trockenrohddichte δ_t zwischen regelmäßig geformten Körpern, bei denen das Volumen der Probe durch Ausmessen bestimmt wird und unregelmäßig geformten Körpern, bei denen das Volumen mit

Analyseparameter der DIN 52170 auf einen Blick

Analyseparameter nach DIN 52170	Kurzzeichen
Glühbeständiges des Betons/Mörtels	A
unlöslicher Rückstand des Betons/Mörtels	B
Calciumoxidgehalt des Betons	C
Zementgehalt	Z
Glühbeständiges des Zements	α
unlöslicher Rückstand des Zements	β
Glühbeständiges der Gesteinskörnung	a
unlöslicher Rückstand der Gesteinskörnung	b
Calciumoxidgehalt der Gesteinskörnung	c
Calciumoxidgehalt des Zements	γ

dem Flüssigkeitsverdrängungsverfahren durch Tauchwägung zur Anwendung kommt. Das Gewicht der Proben wird bei beiden Verfahren nach Trocknung bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz ermittelt.

Da es sich bei den vorliegenden Proben um regelmäßig geformte Prismen handelt, kam die erste Methode zur Anwendung. Zusätzlich wurde die Dichte aber auch über Tauchwägung ermittelt, um die Ergebnisse der Verfahren miteinander zu vergleichen.

Bestimmung der Zusammensetzung nach DIN 52170 Teil 2

Als Basis für die Ermittlung der Betonzusammensetzung werden von den Proben der Glühverlust bzw. der glühbeständige Anteil A und der unlösliche Rückstand B des Betons bestimmt. Die Probenpräparation und Bestimmung der Parameter nach Teil 2 ist im nebenstehenden Kasten beschrieben.

Analytisches Vorgehen gemäß DIN 52170 Teil 2

Bei Analyse nach Teil 2 wird die Probe auf < 2 mm zerkleinert und von dieser eine repräsentative Probenteilmenge von 100 g gewonnen. Diese wird bis zur Gewichtskonstanz bei 105°C getrocknet und die Masse ermittelt ($m_{E 105^\circ C}$). Anschließend wird die Probe bei rund 1000°C geglüht ($m_{A 1000^\circ C}$) und der glühbeständige Anteil A der Probe ($A = m_{A 1000^\circ C} / m_{E 105^\circ C} \times 100$) berechnet.

Mit einem weiteren Gramm der repräsentativen Teilmenge wird dann der unlösliche Rückstand wie folgt bestimmt: 1 g Probe wird in ein 250 ml Becherglas gegeben, mit 100 ml H₂O versetzt, aufgerührt und auf 50°C erhitzt. Bei Erreichen der Temperatur wird verdünnte Salzsäure (HCl) zugeben und ein pH-Wert von 1 in der Lösung einstellt. Solange noch löslicher Rückstand in der Probe vorhanden ist, steigt der pH-Wert ohne weitere HCl-Zugabe wieder an. Steigt der pH-Wert innerhalb von 2 min nicht mehr von 1 auf 1,2 ist die Prüfung beendet. Der Rückstand wird abfiltriert, bei 100°C getrocknet und gewogen ($m_{E 100^\circ C}$). Anschließend wird die Probe 15 Minuten bei 800°C geglüht, gewogen ($m_{B 800^\circ C}$) und der unlösliche Rückstand B berechnet ($B = m_{B 800^\circ C} / m_{E 100^\circ C} \times 100$).

► ZEMENTGEHALTSBESTIMMUNGEN AN BAUWERKSBETONEN – URSACHE FÜR HÄUFIGE ZEMENTGEHALTSUNTERSCHREITUNGEN BEI LABORUNTERSUCHUNGEN

Der Zementgehalt (Z) berechnet sich mit dem glühbeständigen Anteil des Zements α bzw. dem der Gesteinskörnung a sowie mit dem unlöslichen Rückstand des Zements β bzw. dem der Gesteinskörnung b nach der folgenden Formel:

$$Z = 100 \times \frac{(A \times b - a \times B)}{(a \times b - a \times \beta)} \times \delta_i \times 10 \quad (\text{Gl. 1})$$

Da in den Teilen 2 und 3 davon ausgegangen wird, dass die Beton- bzw. Mörtelausgangsstoffe unbekannt sind und damit die zement- und gesteinskörnungsspezifischen Parameter a , α , b , β nicht analytisch bestimmt werden können, gibt die Norm für diesen Fall Erfahrungswerte für die Parameter vor. Diese sind in Tabelle 1 dargestellt. In Tabelle 2 sind im Vergleich die nach Teil 4 analytisch gewonnenen Werte für die einzelnen Parameter dargestellt.

Die Gleichung für den Zementgehalt vereinfacht sich somit zu:

$$Z = (1,01 A - 1,02 B) \times \delta_i \times 10 \quad (\text{Gl. 2})$$

Da die Analyse nach DIN 52170 Teil 2 bei unbekannten Ausgangsstoffen angewendet wird, ist es möglich, dass es sich bei einem Teil der Gesteinskörnung im Beton um säurelösliches Karbonatgestein handelt. Daher wird im Analysengang der CO_2 -Gehalt des Betons bestimmt. Da der CO_2 -Gehalt im Beton auch auf einen karbonatischen Neben- oder Hauptbestandteil im Zement zurückführbar sein kann, legt die Norm fest, dass eine Korrektur der Gleichung 2 erfolgen muss, wenn der CO_2 -Gehalt des Betons 0,75% überschreitet. Bei einem CO_2 -Gehalt von > 0,75% wird der rechnerische Calcium- und Magnesiumcarbonatgehalt vom Zementgehalt abgezogen und der Gesteinskörnung zugerechnet:

$$Z = (1,01 A - 1,02 B) \times \delta_i \times 10 - 1,27 \text{ CO}_2 + 0,38 \text{ MgO} \quad (\text{Gl. 3})$$

Bestimmung der Zusammensetzung bei salzsäureunlöslicher Gesteinskörnung nach DIN 52170 Teil 3

Die Methodik des Teil 3 ist im nebenstehenden Kasten verkürzt beschrieben. Es

wird ersichtlich, dass sich das Verfahren der DIN 52170 Teil 3 von dem des Teil 2 vor allem in der Probenvorbereitung unterscheidet. In Teil 3 soll die Gesteinskörnung ohne Zerstörung vom Zementstein getrennt werden, um die ursprüngliche Sieblinie zu ermitteln.

Für die Berechnung des Zementgehalts werden wiederum die Parameter a , α , b , β mit Gleichung 1 bzw. Gleichung 2 herangezogen.

Bestimmung der Zusammensetzung bei salzsäureunlöslicher Gesteinskörnung nach DIN 52170 Teil 4

Die Probenpräparation zur Bestimmung des unlöslichen Rückstandes und des Glühbeständigen des Betons erfolgt analog wie in Teil 2. Darüber hinaus werden der glühbeständige Anteil des Zements α bzw. der der Gesteinskörnung a sowie der unlösliche Rückstand des Zements β bzw. der der Gesteinskörnung b sowie weitere

Parameter	Kurzzeichen	Erfahrungswert
Glühbeständiges des Zements	α	99 %
Glühbeständiges der Gesteinskörnung	a	99 %
unlöslicher Rückstand des Zements	β	0 %
unlöslicher Rückstand der Gesteinskörnung	b	98 %

Tabelle 1: Erfahrungswerte aus DIN 52170 Teil 2 und 3

Analytisches Vorgehen gemäß DIN 52170 Teil 3

Bei Analyse nach Teil 3 erfolgt keine Zerkleinerung der Probe, da als Untersuchungsergebnis auch die Sieblinie ermittelt werden soll. Daher wird die Gesteinskörnung thermisch vom Zementstein getrennt. Die Beton- bzw. Mörtelprobe wird hierzu 8 h bei 600°C gelagert und anschließend schnell mit Luft abgekühlt. Anschließend wird der Zementstein vorsichtig von der Gesteinskörnung getrennt. Diese thermische Trennung kann, wenn nötig, mehrfach wiederholt werden. Aus der Gesamtprobe werden zwei Teilproben (T1, T2) gewonnen, die im richtigen Verhältnis zusammengesetzt sein müssen.

Eine der beiden Teilproben wird auf < 2 mm gebrochen, eine definierte Probenmenge daraus ($m_{E 600^\circ\text{C}}$), bei rund 1000°C (genau 950°C) geglüht ($m_{A 1000^\circ\text{C}}$) und der glühbeständige Anteil A der Probe ($A = m_{A 1000^\circ\text{C}} / m_{E 600^\circ\text{C}} \times 100$) berechnet.

Die Masse $m_{E 600^\circ\text{C}}$ der gesamten zweiten Teilprobe wird zur Bestimmung des unlöslichen Rückstandes B benutzt. Aus diesem wird die Sieblinie ermittelt. Das Verfahren ist sehr kompliziert und wird daher hier nur vereinfacht dargestellt. Die Probe wird mit verdünnter Salzsäure übergossen, regelmäßig aufgerührt und regelmäßig die überstehende Flüssigkeit dekantiert. Aus der dekantierten Flüssigkeit werden die Feststoffe herausgefiltert und bei der Bestimmung berücksichtigt. Die Probe wird solange mit der verdünnten Salzsäure übergossen, bis augenscheinlich kein Zementstein mehr vorhanden ist. Anschließend wird die Probe mit Sodalösung und Wasser gewaschen, bei 105°C getrocknet und die Masse ($m_{B 105^\circ\text{C}}$) des unlöslichen Rückstands der Gesamtprobe bestimmt: $B = m_{B 105^\circ\text{C}} / m_{E 600^\circ\text{C}} \times 100$. An diesem Rückstand wird die Sieblinie ermittelt.

► ZEMENTGEHALTSBESTIMMUNGEN AN BAUWERKSBETONEN – URSACHE FÜR HÄUFIGE ZEMENTGEHALTSUNTERSCHREITUNGEN BEI LABORUNTERSUCHUNGEN

Parameter	Kurzzeichen	CEM I	CEM II/LL	CEM II/A-S	CEM III/A	CEM III/B
Glühbeständiges des Zements	α	99,33	96,17	97,86	98,00	98,60
Glühbeständiges der Gesteinskörnung	a	99,70	99,70	99,70	-	-
unlöslicher Rückstand des Zements	β	0,50	2,54	2,20	0,88	0,62
unlöslicher Rückstand der Gesteinskörnung	b	99,04	99,04	99,04	-	-

Tabelle 2: Analytisch nach DIN 52170, Teil 4 bestimmte Werte für verschiedene Zementarten

Korrekturfaktoren (C: Calciumoxidgehalt des Betons, γ : Calciumoxidgehalt des Zements, c: Calciumoxidgehalt der Gesteinskörnung) analytisch bestimmt.

Diese Methode ist deutlich genauer und kann nur angewendet werden, wenn die Ausgangsstoffe vollständig oder teilweise bekannt sind, vorliegen und analysiert werden können bzw. fundierte analytische Daten vorliegen.

In Tabelle 2 sind die analytisch nach Teil 4 bestimmten Werte für die einzelnen Parameter dargestellt.

Versuchsergebnisse

Trockenrohdichte

In Abbildung 1 sowie Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Trockenrohdichtebestimmungen dargestellt. Die ermittelten Dichten der Normmörtel liegen zwischen 2,07 und 2,12 kg/dm³ beim Ausmessverfahren und zwischen 2,08 und 2,15 kg/dm³ beim Tauchwägevorgang. Die Dichten, die mit dem Ausmessverfahren ermittelt wurden, lagen bei den Normmörteln damit immer rd. 1,5 % niedriger, als die Dichten, die mit der Tauchwägung ermittelt wurden.

Die Prismenproben, in denen gezielt ca. 5 % Luft eingebracht wurden, haben erwartungsgemäß geringere Dichten. Die Differenz zwischen den beiden Bestimmungsmethoden (Ausmessverfahren, Tauchwägung) lag bei diesen Proben bei bis zu 3,4 %.

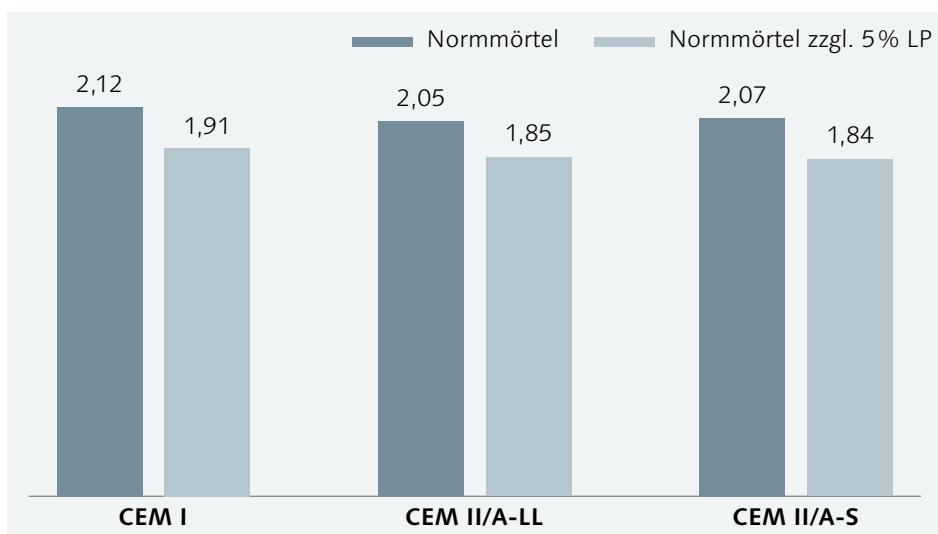


Abb. 1: Trockenrohdichten der Mörtelproben in kg/dm³

		CEM I	CEM II/A-LL	CEM II/A-S
		Trockendichte in kg/dm ³		
Normmörtel	Ausmessverfahren	2,12	2,05	2,07
	Tauchwägung	2,15	2,08	2,10
	Differenz in %	1,4	1,5	1,5
Normmörtel + 5 % Luft	Ausmessverfahren	1,91	1,85	1,84
	Tauchwägung	1,95	1,88	1,90
	Differenz in %	2,0	1,6	3,4

Tabelle 3: Trockenrohdichten in Abhängigkeit vom Bestimmungsverfahren

► ZEMENTGEHALTSBESTIMMUNGEN AN BAUWERKSBETONEN – URSACHE FÜR HÄUFIGE ZEMENTGEHALTSUNTERSCHREITUNGEN BEI LABORUNTERSUCHUNGEN

Einfluss der Trockenrohdichte auf die Bestimmung des Zementgehaltes

Die Trockenrohdichte bestimmt maßgeblich das Ergebnis der Analyse. Der Zementgehalt muss von der Normmörtelmischung auf den Gehalt pro m^3 umgerechnet werden. Da der Luftgehalt den Zementgehalt in der Mischung erniedrigt, wurde der Luftgehalt der Frischmörtel bestimmt und bei der Berechnung der Zementmenge mischungsspezifisch berücksichtigt. Der auf 1 m^3 hochgerechnete Zementgehalt² in der Normmörtelmischung mit CEM I bzw. in denen der CEM II-Zemente betrug 495 bzw. 490 kg/m^3 . In Abbildung 2 sind die absoluten Analyseergebnisse und in Abbildung 3 die relative Abweichung vom Ausgangszementgehalt dargestellt, wie sie an den herkömmlichen Normmörteln sowie an den Normmörteln bestimmt wurden, denen zusätzlich rd. 5 % Luft zugeführt wurden.

Sowohl bei den herkömmlichen Normmörteln als auch bei den Normmörteln mit erhöhtem Luftgehalt liegen unabhängig von der angewendeten Analyse-methode (d.h. Teil 2, Teil 3 oder Teil 4 der DIN 52170) die ermittelten Zementgehalte immer niedriger als der reale Zementgehalt.

Zudem zeigt die Untersuchung, dass der gemäß DIN 52170 Teil 3 bestimmte Zementgehalt immer eine Abweichung von mehr als 10% aufweist und in den hier beschriebenen Untersuchungen bei bis zu ca. -32 % lag.

Deutlich wird auch, dass erwartungsgemäß zusätzliche Luftporen die Dichte von Mörtel oder Beton erniedrigen und, unabhängig von der Analyse-methode, zu niedrigen Zementgehalten führen.

Die mit den beiden unterschiedlichen

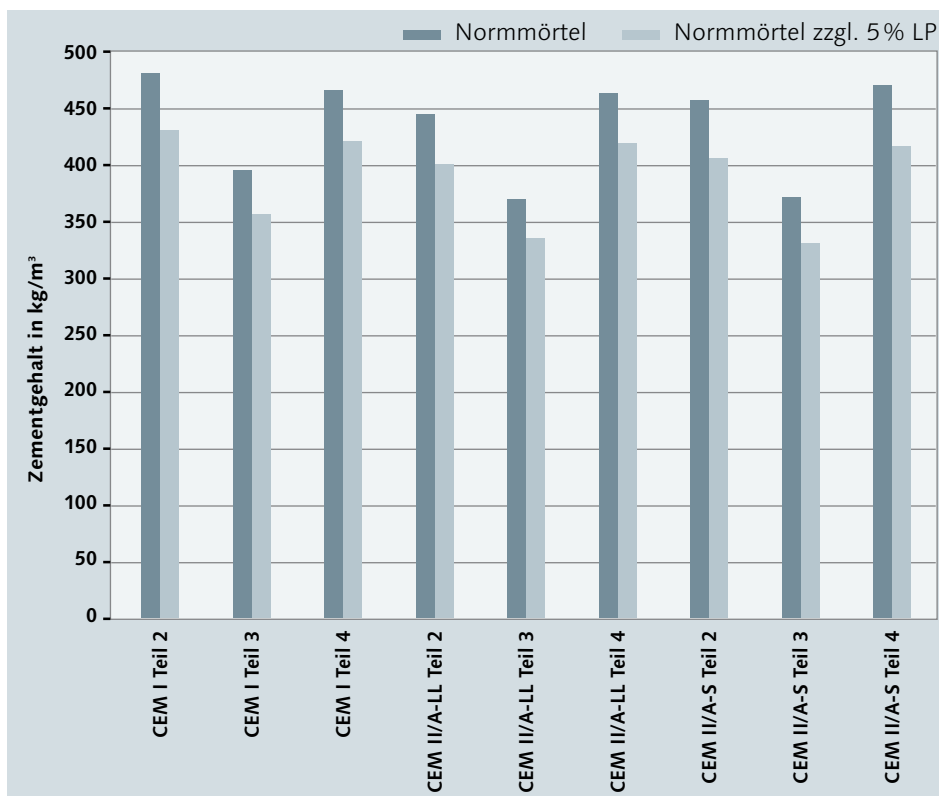


Abb. 2: Nach den Teilen 2 bis 4 der DIN 52170 ermittelte Zementgehalte in den beiden Untersuchungsreihen

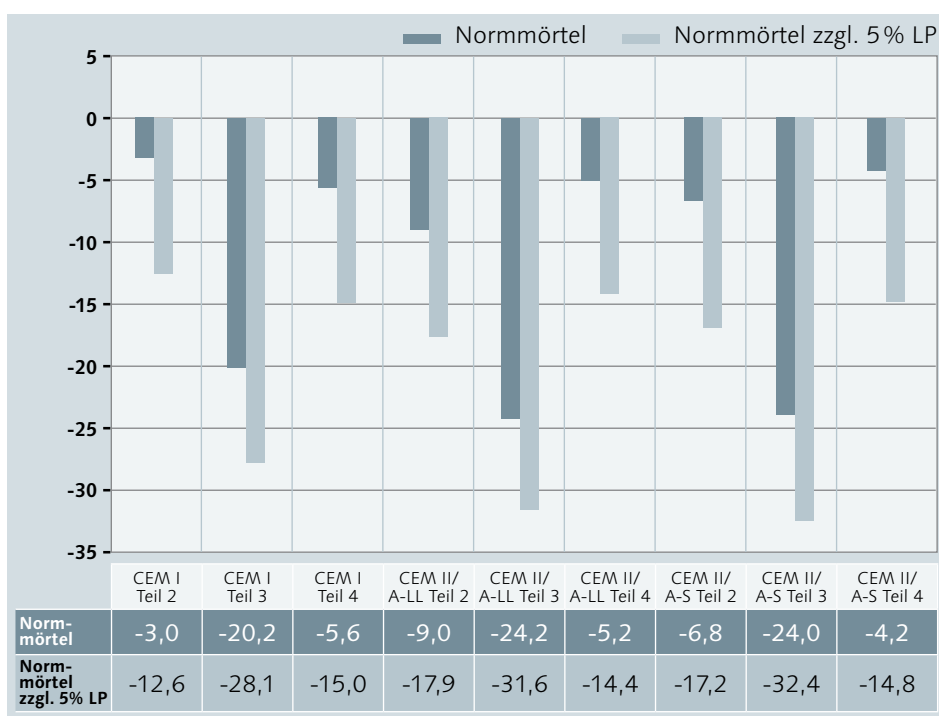


Abb. 3: Abweichungen von den realen Zementgehalten in den beiden Untersuchungsreihen

² Der Luftgehalt des CEM I-Normmörtel lag bei 2,6%, der des CEM II/A-LL-Normmörtel bei 3,5% und der des CEM II/A-S-Normmörtel bei 3,4%.

► ZEMENTGEHALTSBESTIMMUNGEN AN BAUWERKSBETONEN – URSACHE FÜR HÄUFIGE ZEMENTGEHALTSUNTERSCHREITUNGEN BEI LABORUNTERSUCHUNGEN

Analysemethoden bestimmten Trockenrohdichten wiesen Differenzen von 1,5 bis 3,4% auf. Aus diesen Unterschieden in der Trockenrohdichte resultieren Zementgehalte, die ebenfalls Differenzen aufweisen zwischen 1,5% und 3,4%.

Einfluss der Bestimmungsmethode (DIN 52170 Teil 2, Teil 3 und Teil 4) auf die Höhe des ermittelten Zementgehalts

Die Untersuchung zeigte, dass insbesondere die Methodik nach DIN 52170 Teil 3 zu sehr ungenauen Ergebnissen führt. Hier liegt der analytisch ermittelten Zementgehalt im Vergleich zum realen Gehalt der Herstellmischung bei der luftporenfreien Mischung um mehr als 20% niedriger und bei den luftporenhaltigen Proben sogar um bis zu 32% niedriger.

Die Ergebnisse von Teil 2 bzw. Teil 4 weichen demgegenüber beim Normmörtel maximal mit -3,0% bzw. -4,2% von dem realen Zementgehalt ab.

Eine Ursache für die hohe Ungenauigkeit des Teil 3 ist das thermische Trennverfahren von Zementstein und Gesteinskörnung, das der chemischen Analyse vorausgeht. Die auf der Grundlage dieses Verfahrens abgetrennten Zement- und Gesteinskörnungsanteile werden im „richtigen“ Verhältnis wieder zusammengefügt und dann für die Bestimmung des Glühbeständigen des Betons A sowie des

unlöslichen Rückstands des Beton B verwendet. So weichen die analytisch ermittelten Ergebnisse des Teil 3 erheblich von denen des Teil 2 ab. Unter Verwendung der Erfahrungswerte der DIN 52170 (siehe α, a, β, b Tabelle 1) liegt der Unterschied bei der Zementgehaltbestimmung bei der vorliegenden Untersuchung bei rd. 84 kg/m³.

Einfluss der Zementart auf die Höhe des ermittelten Zementgehalts

Die Ergebnisse zeigen eine Abhängigkeit vom verwendeten Zement. Die analytisch ermittelten Zementgehalte der Normmörtel mit CEM I liegen näher am realen Zementgehalt, als die, die an den Normmörteln ermittelt wurden, die mit dem CEM II/A-LL bzw. CEM II/A-S hergestellt wurden. Bei den Analysemethoden des Teil 2 und Teil 3 wurden die in Tabelle 2 gelisteten Erfahrungswerte für die Zementgehaltbestimmung herangezogen.

Liegt der reale Wert des glühbeständigen Anteils des Zements um nur 1% niedriger als der Erfahrungswert (d.h. bei 98% und nicht bei 99%) so führt in der vorliegenden Untersuchung die Berechnung auf Grundlage des Erfahrungswertes zu einem 5 kg/m³ niedrigeren Zementgehalt. Auch die Annahme, dass der unlösliche Rückstand von Zement β gleich 0 ist, entspricht nicht der Realität. So wurden im CEM II/A-S Werte von

2,2 M.-% gemessen. Die Verwendung des Erfahrungswertes führt bei der Zementgehaltbestimmung dieser Probe zu einem um etwa 10 kg/m³ niedrigeren Zementgehalt.

Gemäß DIN 52170 Teil 2 muss der äquivalente Kalk- und/oder Dolomitsteingehalt berechnet und der Gesteinskörnung zugerechnet werden, wenn der CO₂ Gehalt des Betons 0,75% überschreitet. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Betons entsprechen 0,75% CO₂ einem Kalksteingehalt von ungefähr 4-6 M.-% bezogen auf den Zement. De facto bedeutet dies, dass der Kalksteingehalt von CEM II/A-LL vollständig der Gesteinskörnung zugerechnet wird, wenn der CO₂-Gehalt im Beton 0,75% überschreitet. Beim vorliegenden CEM II/A-LL wurde der analytisch bestimmte Zementgehalt nicht um den CO₂-Gehalt korrigiert. Bei korrekter Berücksichtigung des CO₂-Gehaltes würde der analytisch bestimmte Zementgehalt noch einmal rd. 28 kg/m³ niedriger ausfallen und das Ergebnis damit vom realen Zementgehalt um rd. -15% abweichen.

Beim CEM I und CEM II/A-S ist Kalkstein als Nebenbestandteil zugesetzt worden. Der CO₂-Gehalt im Beton liegt unterhalb der 0,75%, so dass bei diesen Proben keine Korrektur notwendig ist.

	Teil 2			Teil 3			Teil 4		
	CEM I	CEM II/A-LL	CEM II/A-S	CEM I	CEM II/A-LL	CEM II/A-S	CEM I	CEM II/A-LL	CEM II/A-S
Glühbeständiges (A) [M.-%]	94,72	94,80	94,72	98,36	97,90	98,47	94,71	94,80	94,72
unlöslicher Rückstand (B) [M.-%]	71,60	72,56	72,16	79,12	79,19	79,87	71,60	72,56	72,16
CO ₂ -Gehalt [M.-%]	0,5	1,1	0,6	0,5	1,1	0,7	0,5	1,1	0,7

Tabelle 4: Ergebnisse aus der Analyse der Normmörtel ermittelt nach den einzelnen Normenteilen der DIN 52170

► ZEMENTGEHALTSBESTIMMUNGEN AN BAUWERKSBETONEN – URSACHE FÜR HÄUFIGE ZEMENTGEHALTSUNTERSCHREITUNGEN BEI LABORUNTERSUCHUNGEN

Zusammenfassung

Für die vorliegenden Untersuchungen der Bestimmungsgenauigkeit der Normenreihe DIN 52170 wurden Normmörtel mit nahezu reinem Quarzsand verwendet. Der Luftporengehalt in den Mörteln lag zwischen 2,6% und 3,5% und damit leicht höher als der Luftporengehalt, der unter optimalen Umständen im Beton vorliegt. Aufgezeigt wurde, dass die Ergebnisse der Trockenrohddichte abhängig sind von der Bestimmungsmethode. Die Trockenrohddichte von Beton wird auch durch Wasserzugabe auf der Baustelle oder unzureichende Verdichtung verringert. So können aufgrund von anwendungstechnischen Fehlern die Zementgehalte, die nach DIN 52170 bestimmt werden, niedriger ausfallen, als die, die in der Ausgangsmischung tatsächlich vorhanden waren.

Beton hat sich im Laufe der Jahre von einem 3-Stoffsystem zu einem 5-Stoffsystem entwickelt. Die nachträgliche Bestimmung der Zementart in einer unbekannt zusammengesetzten Mischung ist sehr schwierig und stark fehleranfällig, da mehrere bei der Herstellung von Zement zugelassenen Neben- und Hauptbestandteile auch im Beton als Bestandteile verwendet werden können. Beispielsweise können Kalkstein oder Flugasche sowohl in der Zementproduktion als auch in der Betonproduktion eingesetzt werden. Gelingt nun der Nachweis von Kalkstein oder Flugasche im Beton, ist eine Aussage, ob diese vollständig oder teilweise sowohl im Zement als auch im Beton verwendet wurden, nicht möglich. Teil 2 der Normenreihe sieht aber vor, dass der rechnerisch ermittelte Karbonatgehalt der Gesteinskörnung zugerechnet werden muss, sobald der CO_2 -Gehalt im Beton 0,75% überschreitet. Das entspricht bei

einer Betondichte von 2100 kg/m^3 einem Kalksteingehalt von 35 kg. Der Fehler der analytischen Zementgehaltsbestimmung steigt insbesondere, wenn ein CEM II/A-LL Zement im Beton zum Einsatz kam. Die Unterscheidung, ob der Kalkstein als Neben- oder Hauptbestandteil des Zements oder als beispielsweise als Bestandteil der Gesteinskörnung in den Beton gelangte, ist analytisch nachträglich nicht möglich.

Die in Teil 2 und Teil 3 der Normenreihe verwendeten Erfahrungswerte (Tabelle 1) für den unlöslichen Anteil bzw. den glühbeständigen Anteil von Zement weichen zum Teil massiv von den realen Werten moderner Zemente ab. Als Folge weichen auch die Analyseergebnisse bei der Zementgehaltsbestimmung deutlich von der Realität ab.

Der Fehler, der sich bei der Analyse durch Flugasche im Beton ergibt, wurde bei der Studie nicht betrachtet. Auch der Fehler, der eventuell aus Sulfidresten im Hütten sand bei der Bestimmung des glühbeständigen Anteils im Beton resultiert wurde nicht betrachtet.

Die Tatsache, dass der Analysefehler bereits bei einfachen Normmörteln mit reinem Quarzsand ohne Zugabe von weiteren Stoffen wie Flugasche oder Kalksteinmehl oder säurelöslichen Gesteinskörnungen und normalem Luftgehalt bereits bei bis zu 25% liegt, zeigt, dass die Aussagekraft der Bestimmungsmethoden nach DIN 52170 bei kompliziert zusammengesetzten modernen Betonen sehr kritisch betrachtet werden muss. Die Anzahl der potenziellen Fehler bei den Analyseverfahren führen zu berechtigten Zweifel, ob die in der Norm genannte Bestimmungsgenauigkeit von 10% heute noch zutrifft.

Die Analyseansätze, die 1980 in der DIN 52170 erarbeitet wurden, berücksichtigten die damaligen Zement- und Betonzusammensetzungen. Da sich in den letzten 30 Jahren sowohl die Zemente geändert haben als auch die Betone anders zusammengesetzt sind, muss die Normenreihe DIN 52170, die grundsätzlich gute Ansätze der Analyse bietet, überarbeitet werden. Zudem ist es notwendig, dass die Normenreihe um Analysemethoden erweitert wird, mit denen die Zusammensetzungen der Betonausgangsstoffe analytisch besser bestimmt werden können. Auch eine auf diesen Analyseergebnissen basierende Fehleranalyse muss in eine überarbeitete Norm aufgenommen werden.

Literaturverzeichnis

DIN 52170 Teil 1:1980-02: Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton. Allgemeines, Begriffe, Probenahme, Trockenrohddichte.

DIN 52170 Teil 2:1980-02: Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton. Salzsäureunlöslicher und kalkstein- und/oder dolomithaltiger Zuschlag; Ausgangsstoffe nicht verfügbar.

DIN 52170 Teil 3:1980-02: Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton. Salzsäureunlöslicher Zuschlag; Ausgangsstoffe nicht verfügbar.

DIN 52170-4:1980-02: Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton; Salzsäurelöslicher und/oder -unlöslicher Zuschlag, Ausgangsstoffe vollständig oder teilweise verfügbar.