

Verschiedene Regelwerke – unterschiedliche Anforderungen

Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit von Beton

Oliver Mann, Neuwied

Die Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit und der Haftzugfestigkeit der Betonoberfläche wird häufig im Rahmen von ausführungsbegleitenden und Instandsetzungsvorbereitenden Untersuchungen durchgeführt, z.B. um die Eignung für eine Beschichtung festzustellen. Obwohl es sich um häufig angewandte Verfahren handelt, gibt es oftmals Fragen zu den normativen Grundlagen, der Durchführung und der Bewertung der Ergebnisse. Das liegt mitunter daran, dass eine Vielzahl von Normen, Richtlinien und Merkblättern unterschiedliche Aussagen zur Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit und der Haftzugfestigkeit der Betonoberfläche enthalten. Der Beitrag vermittelt einen Überblick über diese Regelwerke und die darin enthaltenen Vorgaben.



Bild 1: Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit an einer Bodenfläche mittels Kurbelgerät

1 Definition der Festigkeitsbegriffe

Grundlage der Prüfung ist die Ermittlung der zentrischen Zugfestigkeit. Hierbei handelt es sich um die Spannung, die im Zugversuch aus der maximal erreichten Zugkraft bezogen auf den ursprünglichen Querschnitt der Probe ermittelt wird (vgl. Zugkraft am Bohrkern).

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Haftzugfestigkeit (Adhäsion zwischen zwei Schichten) und Oberflächenzugfestigkeit (Kohäsion innerhalb eines Materials). Die bei beiden Verfahren ermittelten Werte haben einen wesentlichen Einfluss auf die Beurteilung der weiteren Nutzung von Beton- oder auch Estrichoberflächen.

2 Normative Grundlagen

Es gibt eine Vielzahl von Normen, Richtlinien und Merkblättern, die Aussagen zur Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit enthalten. Einen Auszug hieraus zeigt Tafel 1. Leider enthalten nicht alle hier genannten Technischen Regelwerke immer dieselben Vorgaben an die Durchführung der Prüfung.

Aus diesem Grunde spielt es bei der Durchführung der Prüfung und der Bewertung der Untersuchungsergebnisse eine wesentliche Rolle, welches Technische Regelwerk im Vertragsverhältnis vereinbart ist.

3 Ablauf der Prüfung

3.1 Ringnut vorbohren

Bei der Lektüre der vorliegenden Technischen Regelwerke hinsichtlich der Vorgaben an die Erstellung einer Ringnut zeigt sich, dass deutliche Unterschiede bestehen. So finden sich die in Tafel 2 aufgeführten Vorgehensweisen.

Der Vorteil beim Bohren einer Ringnut besteht darin, dass hier eine definierte Lastfläche sichergestellt ist, die eine entsprechend genaue Ermittlung der Zugspannung ermöglicht. Ohne Ringnut ergibt sich ein ungleichmäßiges Bruchbild in der Betonoberfläche, sodass die Größe der Lastfläche hier nicht präzise bestimmbar ist.

Bei Beton- und Estrichoberflächen ist beim Vorbohren einer Ringnut besonders darauf zu achten, dass das Bohren möglichst vibrationsfrei erfolgt und der Prüfkörper nicht beschädigt wird. Die Erwärmung beim Bohrvorgang kann zu thermischen Spannungen führen, die die Messergebnisse beeinflus-

Tafel 1: Normative Grundlagen der Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit

Regelwerk	Titel/Gegenstand der Regelung
ZTV-ING, Teil 1, Abschnitt 3 [1]	Prüfungen während der Bauausführung
ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 [2]	Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen
DAFstb-Richtlinie, Teil 1-4 [3]	Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen
DIN 1048-2 [4]	Prüfverfahren für (Fest-) Beton
DIN EN 1542 [5]	Prüfverfahren – Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken
DIN EN 1543 [6]	Prüfverfahren Bestimmung der Zugfestigkeit von Polymeren
DIN EN 13408 [7]	Prüfverfahren für hydraulisch erhärtende Boden-Spachtelmassen
DIN EN 13892-8 [8]	Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen
BEB-Merkblatt [9]	Haftzugfestigkeit von Fußböden

Der Autor:

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Mann studierte Bauingenieurwesen mit der Fachrichtung Konstruktiver Ingenieurbau an der Fachhochschule Koblenz. Von 1999 bis 2008 war er in leitenden Positionen in der Betonfertigteil- und Betonwarenindustrie tätig. Seit 2009 ist er Laborleiter bei der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied.

sen. Da das Trockenbohrverfahren diesbezüglich als sehr kritisch einzustufen ist, ist dieses Verfahren z.B. in der ZTV-ING [1] bzw. [2] nicht gestattet.

Bewährt hat sich aufgrund des verhältnismäßig schonenden Bohrens das Nassbohrverfahren. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass im Rahmen der Nassbohrung Wasser auf die Prüffläche aufgebracht wird, welches vor der Aufbringung des Klebers selbstverständlich wieder vollständig entfernt werden muss. Das Abtrocknen oder Vorwärmen der Prüffläche mittels Fön ist jedoch ebenfalls als kritisch zu bewerten, da evtl. hieraus entstehende thermische Spannungen einen Einfluss auf die Prüfergebnisse haben können.

3.2 Anforderungen an den Prüfstempel

Auch bezüglich der zu verwendenden Prüfstempel ergeben sich zum Teil unterschiedliche Vorgaben aus den Technischen Regelwerken (Tafel 3). Bei der Nutzung der Prüfstempel ist besonders zu beachten, dass diese vor der Nutzung mit einem Schleifgerät oder Schmirgelpapier anzuschleifen und anschließend mit einem fusselfreien Tuch zu säubern sind, um so eine ebene, fettfreie und trockene Oberfläche zu erhalten.

3.3 Anforderungen an die Prüffläche

Auch die Prüffläche muss frei von störenden Fremdstoffen, fettfrei, trocken und glatt sein. Sie ist dementsprechend normgerecht vorzubereiten, z.B. durch Bürsten, Strahlen etc. Daneben ist der geforderten Untergrundtemperatur von mindestens 5 °C besondere Beachtung zu schenken. In diesem Zusammenhang ist nochmals darauf hinzuweisen, dass das Abtrocknen oder Vorwärmen der Prüffläche mittels Fön aus den obengenannten Gründen äußerst kritisch ist.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Aushärtezeit des Klebers mit abnehmender Temperatur auch deutlich oberhalb einer Temperatur von 5 °C schon massiv verlangsamt wird. Während die Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit mit einigen Klebern im Sommer bereits nach einer halben Stunde ohne weiteres möglich ist, kann sich

Tafel 2: Inhalte der technischen Regelwerke zum Thema „Vorbohren einer Ringnut“

Regelwerk	Vorbohren erforderlich	Bohrdurchmesser [mm]	Achswinkel [°]	Bohrtiefe in Betonunterlage [mm]
ZTV-ING [1]	ja	50	90	10
DAFStb-Richtlinie [3]	nur bei harten Flächen	50	90	5 bis 10
DIN EN 1542 [5]	ja	50	90	15 ± 5
DIN EN 13408 [7]	nein	–	90	–
BEB-Merkblatt [9]	wenn ≥ E40 bzw. B25	vgl. Stempel-Ø	90	–

Tafel 3: Inhalte der Technischen Regelwerke zum Thema „Prüfstempel“

Verfahren		Regelwerk	
Prüfstempelabmessungen	Runde Prüfstempel mit Durchmesser von 50 mm (± 0,5 mm)	ZTV-ING [1]	
		DIN EN 1542 [5]	
		DAFStb-Richtlinie [3]	
	Runde Prüfstempel mit Durchmesser ≥ 50 mm	BEB-Merkblatt [9]	
	Quadratische Prüfstempel mit Kantenlänge 50 mm x 50 mm	DIN EN 13408 [7]	
		Dicke von 5 mm (Stahl)	DIN EN 13408 [7]
		Dicke von 10 mm (Alu)	DIN EN 13408 [7]
		Dicke von 20 mm (Stahl)	ZTV-ING [1]
			DIN EN 1542 [5]
		Dicke von 25 mm (Stahl)	DAFStb-Richtlinie [3]
Dicke von 30 mm (Alu)		DIN EN 1542 [5]	
$h \geq \varnothing/2$	BEB-Merkblatt [9]		
Material des Prüfstempels	Stahl	ZTV-ING [1]	
		DIN EN 1542 [5]	
		BEB-Merkblatt [9]	
		DAFStb-Richtlinie [3]	
		DIN EN 13408 [7]	
	Aluminium	DIN EN 1542 [5]	
		DIN EN 13408 [7]	

die Wartezeit bis zur Prüfung bei kalten Temperaturen durchaus auch auf zwei Stunden belaufen. Riskiert man im Winter einen frühen „Schnellschuss“, so hat man hinterher häufig ein Prüfergebnis weniger, welches man sachgerecht auswerten kann.

Werden schlechte Oberflächenzugfestigkeiten im Objekt ermittelt, obwohl der Beton augenscheinlich einen „guten Eindruck“ macht, so sollte geprüft werden, ob die Betonoberfläche aufgrund der Untergrundvorbereitung (Fräsen und Strahlen) besonders uneben



Bild 2: Vorbohren einer Ringnut

Bild 3: Ringnut im Detail

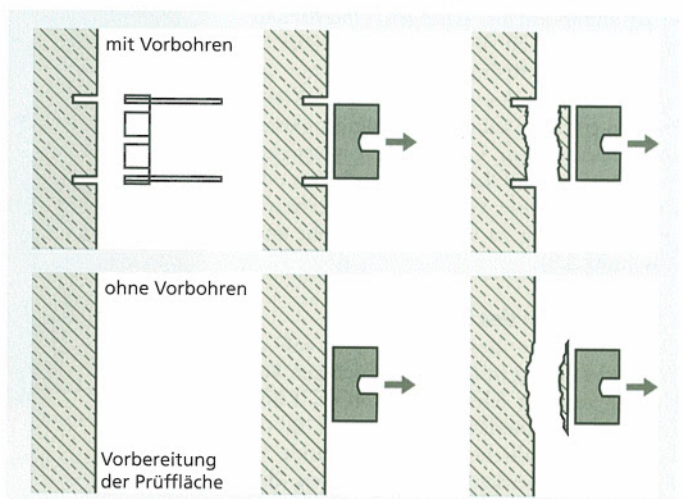


Bild 4: Abrissbild mit und ohne Ringnut nach [11]

ist. Bei besonders unebenen Untergründen werden häufig geringe Oberflächenzugfestigkeit ermittelt, was darauf zurückzuführen ist, dass der Achswinkel von 90° dann ggf. nicht mehr eingehalten werden kann. Die Prüfung erfolgt somit nicht lotgerecht zur Betonoberfläche (siehe auch Abschnitt 3.6).

3.4 Anforderungen an den Kleber

Die überwiegend genutzten Kleber sind durch die Durchführung von Prüfungen zur Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit sind Kleber auf:

- Epoxidharzbasis (EP-Kleber),
- Polymethylmetacrylatbasis (PMMA-Kleber) und
- Polyurethanbasis (PU-Kleber).

Diese Kleber unterscheiden sich stark in ihren Erhärtungszeiten. Gemäß den Herstellerangaben variieren diese zwischen 15 Minuten und 19 Stunden. Darüber hinaus weisen die

Festigkeitsentwicklung von Klebstoffen für Haftungsversuche

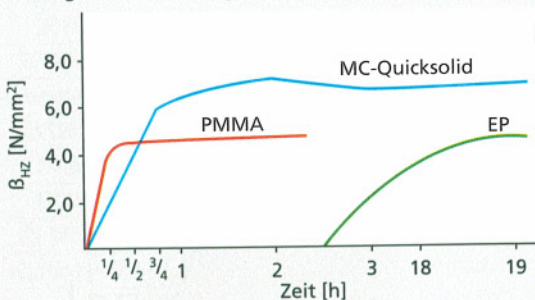


Bild 5: Reaktivität der Kleber gemäß [10]

Kleberarten unterschiedliche Feuchtigkeitsverträglichkeiten sowie deutliche Unterschiede in der Anwenderfreundlichkeit (z.B. Geruchsbelastung durch Lösemittel) auf.

Die Festlegung, mit welchem Kleber die Prüfungen durchgeführt werden, hängt somit stark von den individuellen Gegebenheiten wie Einsatzdauer, Umgebungstemperaturen, Belüftung, Untergrund usw. ab. Erfolgt der Abriss im Rahmen der Prüfung im Kleber, so ist zumindest bei geringen Oberflächenzugfestigkeiten zu prüfen, ob der Kleber für die gewählten Bedingungen überhaupt geeignet ist. Anmerkung: Ein Abriss im Kleber lässt bei geringen Oberflächenzugfestigkeiten keine Aussage zur Oberflächenzugfestigkeit bzw. Qualität der Oberfläche des Betons oder Estrichs zu. Diese Werte sind zu verwerfen und die Prüfung zu wiederholen (siehe auch Abschnitt 3.8).

3.5 Aufbringen des Prüfstempels

Das Aufbringen des Prüfstempels auf die Prüffläche erfolgt mit einer vollflächigen Verklebung in einer Kleberdicke von ca. 1 mm. Es ist dabei unerlässlich, eventuell in der Bohrnut befindliche Kleberüberstände zu entfernen. Außerdem ist zu beachten, dass der Stempel lotgerecht auf die Prüffläche aufgebracht werden muss (siehe Abschnitt 3.6).

Tafel 4: Inhalte der Technischen Regelwerke zum Thema „Geschwindigkeit des Kraftanstiegs“

Regelwerk	Anwendung	Geschwindigkeit des Kraftanstiegs [N/s]
ZTV-ING [2]	bei Beton und harten Flächen	100
	bei elastischen und thermoplastischen Flächen	300
DIN EN 1542 [5]	generell	100
BEB-Merkblatt [9]	mit Verweis auf DIN 1048-2 [4]	100
DIN EN 13408 [7]	generell	250 ± 50
DAfStb-Richtlinie [3]	bei harten Beschichtungen	100
	bei weichen Beschichtungen	300

Während das sachgerechte Aufbringen des Stempels bei Betonböden relativ einfach möglich ist, ergeben sich sowohl bei unterseitig zu prüfenden Bauteilen (z.B. Decken) oder auch bei vertikalen Flächen (z.B. Wände) häufig Probleme. So ist es nicht damit getan,

den Kleber gleichmäßig auf den Prüfstempel aufzubringen und diesen an die Decke oder die Wand zu drücken. Vielmehr ist der Prüfstempel über die gesamte Aushärtezeit auch ruck- und stoßfrei in dieser Position zu belassen. Entsprechende Sicherungsmaßnahmen über diese Zeitspanne sind bei der Durchführung einzuplanen.

Einfacher und von den Ergebnissen her sicherer ist es jedoch in diesen Fällen (Prüfung an Wänden oder Decken) Bohrkern zu entnehmen und die Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit an diesen Bohrkernen durchzuführen.



Bild 6: Senkrechte Krafteinleitung

3.6 Aufstellen des Prüfgeräts

Das Prüfgerät ist zentrisch über dem Stempel aufzustellen (90° ± 1°) und in seiner Lage zu sichern. Untersuchungen zur Ermittlung des Einflusses der Krafrichtung auf die Oberflächenzugfestigkeiten haben gezeigt, dass eine Abweichung um nur 3° von der Senkrechten zu einer um bis zu 30% verminderten Oberflächenzugfestigkeit führen kann. Vor diesem Hintergrund ist das korrekte Aufstellen des Prüfgerätes ein elementarer Baustein dieser Prüfung.

3.7 Aufbringen der Last

Die für das jeweilige Prüfverfahren vorgegebene Geschwindigkeit des Kraftanstiegs ist im Rahmen der Prüfung einzuhalten (Tafel 4). Allen normativen Vorgaben gemein ist die Anforderung, dass der Kraftanstieg konstant erfolgen soll. Dies ist mit händisch betriebenen Prüfgeräten schwerer sicher zu stellen als mit automatischen Geräten. Aus diesem Grunde haben sich die automatischen Prüfgeräte in der Praxis bewährt. In der Hand eines erfahrenen Baustoffprüfers sind aber auch die händisch betriebenen Geräte sehr gut einsetzbar.

3.8 Dokumentation der Prüfergebnisse

Eine sachgerechte Prüfungsdurchführung ist mit der Ermittlung der Prüfwerte noch nicht abgeschlossen. So sind die ermittelten Werte und auch das vorgefundene Abrissbild sachgerecht zu dokumentieren. Die optimale Dokumentation der Versagensarten, der Versagenskräfte und der Oberflächenzugfestigkeiten sowie der Prüfbedingungen erfolgt in Formblättern. Hier hat sich insbesondere das Formblatt B 1.3.2 der ZTV-ING [1] bewährt.

Besondere Bedeutung kommt hierbei der Beurteilung der Versagensart zu. So sagt der Prüfwert allein ggf. nichts über die Qualität der geprüften Betonoberfläche aus. Werden bei einer Betonoberfläche z.B. nur geringe Oberflächenzugfestigkeiten erzielt und der Abriss im Kleber erfolgt, so ist die Prüfung zu wiederholen. Es wurde hier nicht die Zugfestigkeit des Betons, sondern die des Klebers zum Prüfzeitpunkt ermittelt (siehe auch Abschnitt 3.4).

Neben den oben genannten Kennwerten kann es sinnvoll sein, zusätzlich zu diesen Daten die Abrisstiefe mit anzugeben, um hierdurch weitere Informationen über die ggf. geschädigten Bereiche zu erhalten.

Formblatt B 1.3.2

Abreifestigkeit						Seite									
Produkt / Systembezeichnung						Bauwerksnummer (ASB)									
Baumanahme						Bauwerksname									
Bauabschnitt						oben									
						unten									
Herstellungsdatum der Schichten						Prüfungsdatum									
Zugeordnete Prüffläche			Angaben zum Prüfgerät			Geprüft wird Betonunterlage vorbereitet <input type="checkbox"/> unvorbereitet <input type="checkbox"/> Betonersatzsystem <input type="checkbox"/> Grundierung/ Versiegelung/ Kratzspachtelung <input type="checkbox"/> Oberflächenschutzsystem <input type="checkbox"/> Dichtungsschicht <input type="checkbox"/> Dünnbelag <input type="checkbox"/> Haftschrift <input type="checkbox"/> Schweißbahn <input type="checkbox"/> Dichtungssystem <input type="checkbox"/> Korrosionsschutzsystem <input type="checkbox"/>									
			Geräte Typ-Nr. Messbereich Prüfstempeldurchmesser mm Prüfstempelfläche mm ²												
			Angaben zur Prüfung												
			Bohrtiefe mm Klebstoff Kraftanstiegsgeschwindigkeit [N/s] <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 300 <input type="checkbox"/>												
Nr.	Temp. d. Schichten [°C]	Abreikraft [N]	Abreifestigkeit		Versagensart [% der Bruchfläche]										
			Einzelwert [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Kohäsionsversagen					Adhäsionsversagen					
					A	B	C	D	Y	Z	A/B	B/C	C/D	D/Y	Y/Z
Unterschriften											Bezeichnung der Schichten				
..... Prüfer/ Firma		 Auftragnehmer		 Auftraggeber					A = B = C = D = Y = Kleber Z = Stempel				

Bild 7: Formblatt B 1.3.2 „Abreifestigkeit“ aus ZTV-ING [1]

Tafel 5: Inhalte der Technischen Regelwerke zum Thema „Prüfhäufigkeit“

Regelwerk	Prüfhäufigkeit	
	Fahrbahnplatten	
ZTV-ING [2]	pro angefangene 1000 m ²	Neun Stellen
	pro angefangene 250 m ² , wenn Vorbereitung durch Stemmen erfolgt	Sechs Stellen
	Andere Flächen	
ZTV-ING [2]	pro angefangene 500 m ²	Sechs Stellen
DIN EN 1542 [5]	Je Instandsetzungsprodukt	Fünf Stellen
BEB-Merkblatt [9]	mindestens	Fünf Stellen
DIN EN 13408 [7]	Je Bodenspachtelmassemischung	Acht Stellen
DAfStb-Richtlinie [3]	ab 50 m ²	Drei Stellen
	pro weitere angefangene 250 m ²	Drei Stellen

4 Prüfhäufigkeit

Die Prüfhäufigkeit ist nach den der jeweiligen Prüfung zugrundeliegenden Technischen Regeln festzulegen (Tafel 5). Die in den jeweiligen Vorgaben enthaltenen Einschränkungen bzw. Ausnahmen sind bei der Ausführung zu beachten. Bei der Festlegung der Prüfhäufigkeit im Rahmen von Betoninstandsetzungen ist zu beachten, dass in den Zulassungen der Instandsetzungssysteme häufig weitergehende Prüfungen enthalten sind, die ggf. auch über die oben genannten deutlich hinausgehen. Darüber hinaus verweisen die Technischen Regelwerke auf die Verantwortung des sogenannten Sachkundigen Planers, der bei bestimmten Materialien verantwortlich für die Festlegung entsprechender Prüfhäufigkeiten ist. Die Verantwortung zur Einschaltung eines Sachkundigen Planers und dessen Verantwortung für die Festlegung der o.g. Prüfhäufigkeiten fallen allen Beteiligten häufig erst im Rahmen von Schadensgutachten auf, woraus sich dann i. d. R. haftungsrechtliche Konsequenzen ergeben.

5 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Die Anforderungen an die Oberflächenzugfestigkeit des Betons sind abhängig von der Art des geplanten Instandsetzungsverfahrens des Betons. In der Regel werden seitens der

Bauherrn Werte von 1,0 N/mm² (Kleinstwert) und 1,5 N/mm² (Mittelwert) gefordert, obwohl in den Technischen Regelwerken bei diversen Instandsetzungsvarianten deutlich geringere Anforderungen gestellt werden.

Um das Potenzial für spätere Streitigkeiten zu reduzieren, bietet es sich in der Praxis an, grundsätzlich die Regelung der ZTV-ING [2] anzuwenden. Bei Unterschreiten des geforderten Werts sind hier zwei neue Messstellen im Abstand bis zu 1 m von der ersten Messstelle zusätzlich zu untersuchen, um zu überprüfen, ob sich der erste Wert auch in der Nachbarschaft zur ersten Messstelle bestätigt.

Bestätigt sich ein schlechtes Ergebnis, so sollte geprüft werden, ob die zu geringe Oberflächenzugfestigkeit auf eine noch nicht ausreichende Untergrundvorbereitung zurückzuführen ist oder ob der Beton grundsätzlich eine zu geringe Oberflächenzugfestigkeit aufweist. Vor diesem Hintergrund ist zu bedenken, dass Betone der Festigkeitsklasse C20/25 bei einem Prüfalter von bis zu einem Jahr die oben genannten Anforderungen häufig nicht oder nur knapp erreichen. Aus diesem Grunde ist die Anwendung von Betonen der Festigkeitsklasse größer C25/30 zu empfehlen, wenn anschließend z.B. Verbundestriche oder im besonderen Hartstoffestriche auf den Beton aufgebracht werden sollen.

6 Schlussbetrachtungen

Da die unterschiedlichen Technischen Regelwerke unterschiedliche Anforderungen an die Durchführung der Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit festlegen, ist vor der Prüfung zu klären, unter welchen Randbedingungen diese durchgeführt werden soll. Bei Neuf Flächen sollte zur Erzielung entsprechender Oberflächenzugfestigkeiten generell eine Betonfestigkeitsklasse größer C25/30 gewählt und ein besonderes Augenmerk auf die Nachbehandlung des Betons gelegt werden, die einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Betonoberfläche hat. Bei besonderen Prüfbedingungen (z.B. bei Prüfung an der Decke oder der Wand) ist immer die Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit an Bohrkernen als Alternative in Betracht zu ziehen.

Literatur

- [1] ZTV-ING „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ – Teil 1, Abschnitt 3 „Prüfungen während der Bauausführung“, Stand Dezember 2007
- [2] ZTV-ING „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ – Teil 3, Abschnitt 4 „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Stand Dezember 2007
- [3] DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Ausgabe Oktober 2001
- [4] DIN 1048-2:1991-06 „Prüfverfahren für Beton – Festbeton in Bauwerken und Bauteilen“
- [5] DIN EN 1542:1999-07 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren: Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch“
- [6] DIN EN 1543:1998-02 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Zugfestigkeitsentwicklung von Polymeren“
- [7] DIN EN 13408:2002-06 „Prüfverfahren für hydraulisch erhärtende Boden-Spachtelmasse – Bestimmung der Haftzugfestigkeit“
- [8] DIN EN 13892-8:2003-02 „Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 8: Bestimmung der Haftzugfestigkeit“
- [9] BEB Bundesverband Estrich und Belag e.V.: BEB-Merkblatt „Oberflächenzug- und Haftzugfestigkeit von Fußböden – Allgemeines, Prüfung, Einflüsse, Beurteilung (Ausgabe 2004)“
- [10] Handbuch zur Durchführung von Abreißprüfungen, MC Bauchemie, 2006
- [11] Raupach, M., Orłowski, J.: Schutz und Instandsetzung von Betontragwerken; Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 2008



Bild 8: Abriebbilder im Kleber (links) und im Beton (rechts)