

Walter Blischke

Langzeitbeobachtung von Rissbreitenänderungen

Über Risse lässt sich herrlich streiten, besonders dann, wenn eine maximale Rissbreite im Bauvertrag steht. Vereinbart wird ein Rechenwert [1] der Rissbreite. Je kleiner der Rechenwert der Rissbreite ist, umso größer wird die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung.

1 Einleitung

Im jungen Beton entstehen Risse häufig durch Wasserentzug an der Oberfläche, was zu einer Volumenverringerung führt. Das Absacken bewirkt dann Längsrisse über der oberen Bewehrung. Frühschwinden und abfließende Hydratationswärme, besonders aus voluminösen Bauteilen, bewirken ebenfalls Risse im jungen Beton. Danach setzt zudem das normale Schwinden ein. Trennrisse entstehen, wenn ein neues Bauteil auf ein bereits erhärtetes Bauteil betoniert wird. Ein bekanntes Beispiel sind die Risse einer Wand, die auf ein fertiges Fundament betoniert wurde. Diese sind wieder auf die abfließende Hydratationswärme aus der Wand zurückzuführen [2].

Ohne Risse funktioniert kein Stahlbeton, da die Bewehrung erst dann die Zugkräfte übernehmen kann, wenn der Beton gerissen ist.

Rissbreiten müssen abhängig von der Exposition des Bauteils zur Erzielung einer erwarteten Dauerhaftigkeit beschränkt werden. Die Rissbreite ist aber von einigen Eigenschaften abhängig wie der Zugfestigkeit des Betons, dem Verbund zwischen Stahl und Beton und der Dicke und Festigkeit der Betondeckungsschicht. [3] Das sind alles Eigenschaften, die große Streuungen aufweisen, entsprechend unsicher werden die Berechnungen. Um die Dauerhaftigkeit auch bei unerwartet breiteren Rissen zu gewährleisten, müssen diese mit geeignetem Material gefüllt werden.

2 Ursachen der Rissbreitenänderungen

Außer der momentan vorhandenen Rissbreite ist oft eine eventuell noch folgende weitere Rissbewegung wichtig für die Beurteilung. Sind noch größere Schäden zu erwarten, z. B. durch Setzung des Baugrunds oder bei Kappendecken durch das Versagen der Abstützung? Bleiben die lastbedingten Risse in ihrer berechneten Größenordnung oder stimmt das Verhältnis zwischen Belastung und Bewehrung nicht? Wie wirken sich unter-

schiedliche Temperaturen aus? Bewegt sich der Riss weiter? Muss bei einer Verfüllung dehnfähiges oder kraftschlüssiges Material verwendet werden? Ist das Schwinden abgeklungen oder muss mit der Verpressung noch gewartet werden?

Das sind alles Gründe, um Rissbewegungen möglichst genau im Zeitraster und unter Berücksichtigung von Temperatur und Feuchte zu verfolgen. Insbesondere vor Sanierungsmaßnahmen wie dem Füllen zu breiter, für die Dauerhaftigkeit schädlicher Risse muss das Bewegungsprofil bekannt sein und untersucht werden. Ihre Größe und Bewegung hat Einfluss auf die Wahl des Füllmaterials. Besonders wenn weitere Bewegungen zum Beispiel durch Temperatur nicht ausgeschlossen werden können, muss mit dehnbarem Material gearbeitet werden.

3 Nachteile üblicher Messmethoden

Früher hat man dafür ganz einfach Gipsmarken auf dem Riss angebracht und das Datum eingeritzt. Dann kam die Zeit der Rissmonitore mit zwei übereinander greifenden, skalierten Kunststoffplatten. Dafür gibt es inzwischen sehr viele Modelle mit Variationen. Es gibt die induktiven Messgeräte, die jede Rissbewegung aufzeichnen und speichern.

Die Gipsmarken hielten oft nur auf einer Seite des Risses. Deshalb musste man sie vor einer Beurteilung immer vorsichtig auf Hohllage abklopfen. Dann gab es entweder kein Ergebnis oder, falls sich ein Riss zeigte, war's das schon. Die Breite gemessen hat normalerweise niemand.

Die Rissmonitore halten dann an der Wand, wenn sie angedübelt sind. Vier Dübel und vier Schrauben sind erforderlich. Wenn sie nur verklebt sind, ist die Erfolgsquote deutlich geringer. Die Ablesung der Änderung ist nicht ganz einfach und augenscheinlich nur auf 0,5 mm möglich. Bei Anwendung im Freien mit starker Sonnenbestrahlung oder extremer Kälte sind Verformungen der Monitore nicht auszuschließen.

Die digitalen Messgeräte sind natürlich hervorragend, aber sehr teuer und werden (wie Rissmonitore auch) gerne zerstört oder geklaut. Der Einsatz dürfte nur wenigen besonderen Fällen vorbehalten sein.

Alle Methoden sind geeignet für die Anbringung an einer Wand, auf einem Boden erfordern sie besondere Schutzmaßnahmen mit Warnhinweisen für Fußgänger und extreme Sonnenbestrahlung vertragen sie alle nicht gut.

4 Beschreibung des neuen Messverfahrens für die Messung der Rissbreitenänderung

4.1 Messprinzip

Eine vorhandene Rissbreite zu messen ist am einfachsten durch Vergleich mit der Strichbreiten-Schablone. Mit der Lupe wird es schon schwieriger sich für die Breite zu entscheiden, wenn der Riss keine scharfen Kanten an der Oberfläche aufweist. Um kleinste Änderungen direkt am Riss im Zeitraster zu erfassen, sind beide Methoden kaum geeignet. Dazu bietet sich an, stabile und leicht messbare Punkte außerhalb zu setzen und diese mit der Schieblehre oder der Bügelmessschraube zu messen.

Wenn sich die beiden Teile rechts und links des Risses nicht in Längsrichtung gegeneinander verschieben können, genügt es, rechts und links jeweils einen festen, unverschiebbaren und gut messbaren Punkt zu setzen (Abb. 1). Die Differenz der zeitlichen Änderungen der Abstände der Punkte ist dann nur noch zur vorher gemessenen Rissbreite zu addieren bzw. zu subtrahieren.

Bei durchgerissenem Bauteil und damit der Möglichkeit, dass sich beide Teile auch in Längsrichtung gegeneinander verschieben können, setzt man zwei Punkte (Abb. 2) auf die linke Seite des Risses und einen Punkt auf die rechte Seite. Da wird die Rechnung etwas schwieriger, denn um zwischen Rissverbreiterung und Verschiebung der Bauteile zu unterscheiden, muss – wie später gezeigt – eine Berechnung nach dem Satz des Pythagoras gelöst werden.



Abb. 1: Zweipunktmessung. Nur die Rissbreite kann sich ändern.

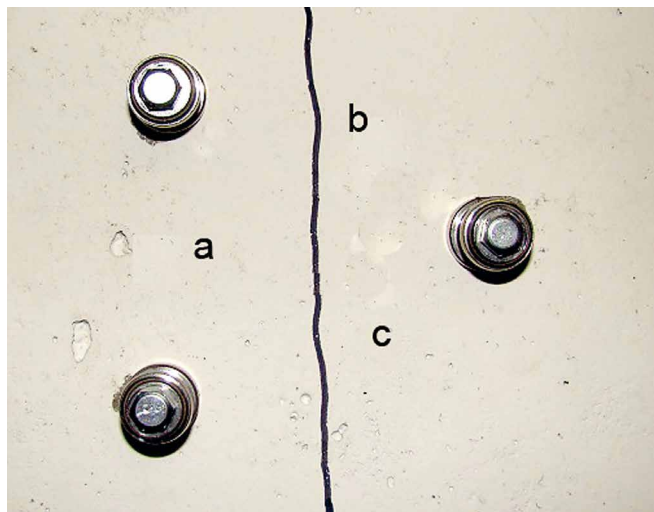


Abb. 2: Dreipunktmessung. Beide Teile können sich auch längs verschieben.

4.2 Die Gestaltung der Messpunkte – Messpilze

Am wichtigsten ist dabei die Ausbildung der Messpunkte. Dafür gibt es Messpilze aus nichtrostendem Stahl (früher: V4A).

Nichtrostender Stahl wurde gewählt, damit auch im Freien keine Korrosionsschicht die Messung verfälscht. Die Messpilze werden mit Kopfschrauben mit einem Schraubenschlüssel fest in Dübel eingedreht. Durch die Aushöhlung der Unterseite wird ein fester Kontakt mit dem anstehenden Beton oder sonstigem Material erreicht (Abb. 3).



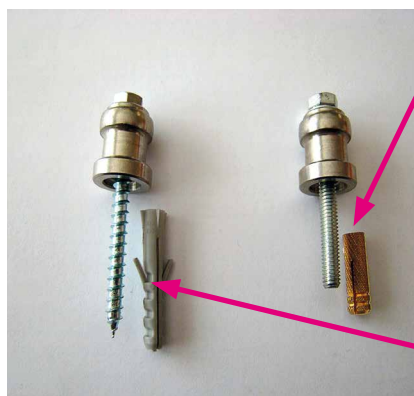
Die Messfläche ist kugelförmig ausgebildet, sodass auch ein leicht schief gesetzter Messpilz exakt mit dem Messgerät erfasst werden kann.

Die Unterseite ist leicht ausgehöhlt, damit eine gute Verspannung mit dem Untergrund erreicht wird.

Abb. 3: Messpilz

Möglichkeiten für die Befestigung der Messpilze

Die Messpilze haben nur einen Durchmesser von 15 mm. Damit sind Temperaturverformungen des Messwerkzeugs so gut wie ausgeschlossen und haben auch bei extremer Sonnenbestrahlung oder großer Kälte keinen Einfluss auf das Messergebnis. Es kann auch mit Messingdübeln und Gewindeschrauben gearbeitet werden. Dann können die Messpilze sogar zwischen den einzelnen Messungen heraus- und wieder eingeschraubt werden. Das kann in Garagen oder Werkstätten auf dem Fußboden von Vorteil sein (Abb. 4).



Mit Messingdübel und Maschinenschrauben können in stark befahrenen Flächen die Messpilze aus- und für die nächste Messung wieder eingeschraubt werden.

Im Normalfall werden Kunststoffdübel verwendet.

Abb. 4: Verschiedene Befestigungen

4.3 Schieblehre oder Bügelmessschraube

Richtig messen

Das Messen mit der Schieblehre (Abb. 5) und mit der Bügelmessschraube (Abb. 6) ist z. B. auf der Internetseite www.mw-import.de/werkzeug/messschraube.html sehr gut beschrieben. Für die Schieblehre gilt: Da wir kein festes Werkstück messen, sondern den Abstand zweier Messpilze, besteht die Gefahr, dass die Messpunkte unterschiedlichen Abstand von der Schiene haben.



Abb. 5: Messschieber

Das führt gegebenenfalls zu einem Messfehler. Der verschiebbare Messschenkel muss ein minimales Spiel auf der Schiene haben, damit er sich bewegen kann. Daraus folgt ein mögliches Kippen. Bei der Bedienung ist darauf zu achten, dass möglichst eng an der Schiene gemessen wird und die Betätigungskraft nicht größer als der Reibungswiderstand wird.

Für die Bügelmessschraube gilt: Die Messschraube hat eine Kupplung oder Ratsche, die die Aufgabe hat, die Messkraft zu begrenzen. An der Ratsche wird die Messspindel bewegt und so sichergestellt, dass der Anpressdruck 5 – 10 N nicht überschreitet. Der Bügel ist mit einer Isolierplatte überzogen. So wird verhindert, dass Handwärme das Messergebnis verfälscht.

Eine Bügelmessschraube wird immer mit einem Distanzstift geliefert, mit dem sich die Nullstellung kontrollieren und einstellen lässt (Ablesung der Skala siehe oben genannte Internetseite).

Vorsicht: Wenn man mit der Bügelmessschraube misst, sollte man wegen des engen Messbereichs eine Bohrschablone (Abb. 7) verwenden. Die Abbildung ist für 75/100 Bügelmessschrauben geeignet. Das bedeutet, die Bügelmessschraube misst den Bereich von 75 bis 100 mm.

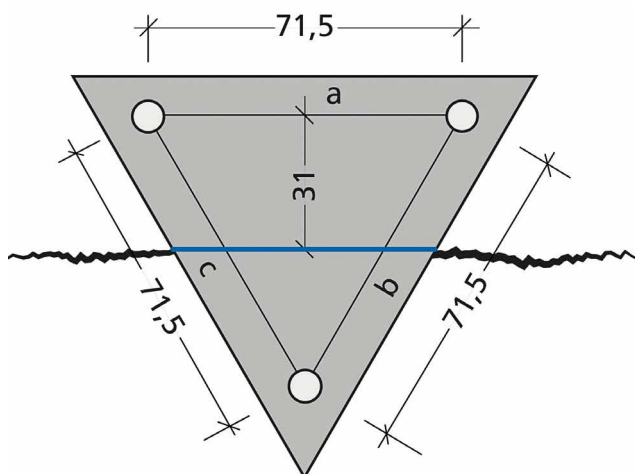


Abb. 7: Bohrschablone

Die DIN 862 (März 1979) gibt die zulässige Abweichung der Anzeige für den Messschieber bei Messlänge 0 – 200 mm mit 0,04 mm an. Für die Messschraube – DIN 863 (Nov. 1977) – wird die größte zulässige Abweichung der Anzeige bei 75 – 100 mm mit 0,005 mm angegeben. Ablesen kann man auf beiden Geräten 1/100 mm also 0,01 mm, aber in der Auswertung sollte man sich auf 0,1 mm beschränken (Siehe hierzu auch [4] – [6]).

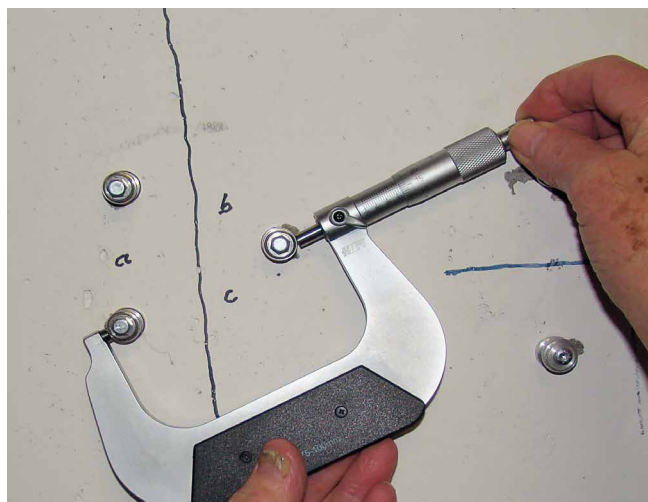


Abb. 6: Bügelmessschraube

5 Praktische Beispiele

a) Nur die Rissbreite kann sich ändern

Hier wird immer die Differenz zum ersten Messwert gebildet. Damit wird die Änderung der Rissbreite auf den ersten Messwert (hier 0,80 mm) bezogen.

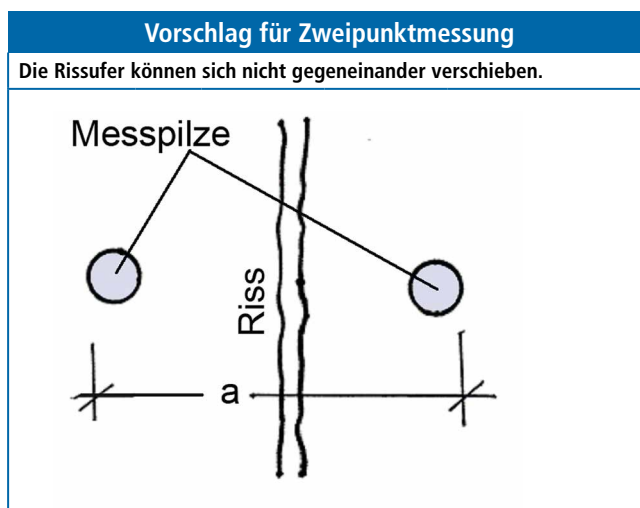


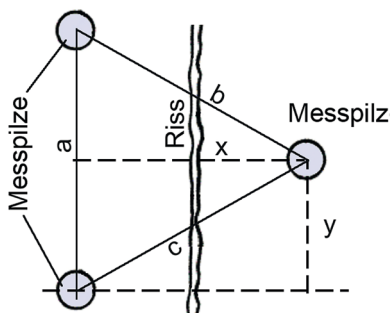
Abb. 8: Zweipunktmessung

Vorschlag für Zweipunktmessung		
Die Rissufer können sich nicht gegeneinander verschieben.		
	Datum	Rissbreite
Rissmessung am:	12.01.2016	0,80 mm
gemessen mit:		
Rissbreite max am:	02.02.2016	1,00 mm
Rissbreite min am:	10.05.2016	0,20 mm

Datum	a	mm	Δx	Rissbreite
12.01.2016	a_0	90,00	0,00	0,80
19.01.2016	a_1	90,10	0,10	0,90
26.01.2016	a_2	90,15	0,15	0,95
02.02.2016	a_3	90,20	0,20	1,00
16.02.2016	a_4	90,05	0,05	0,85
12.04.2016	a_5	89,80	-0,20	0,60
10.05.2016	a_6	89,40	-0,60	0,20
		max	0,20	1,00
		min	-0,60	0,20

b) Beide Teile können sich auch längs verschieben – Rissuferverschiebungen in X und Y Richtung sind möglich

Dreipunktmessung



Die Berechnung von x und y ist über den Satz des Pythagoras leicht möglich:
 $c^2 = x^2 + y^2$
 $b^2 = (a-y)^2 + x^2$
 aufgelöst nach x und y ergibt:
 $y = (a^2 + c^2 - b^2) / 2a$
 $x = \sqrt{c^2 - y^2}$

Abb. 9: Dreipunktmessung

Aus der ersten Messung erhält man x_0 und y_0 . Mit den zeitlich folgenden Messungen wird x_i und y_i ermittelt.

Die Differenzen:

$x_i - x_0 = \Delta x$ zeigt für $+\Delta x$, der Riss wird breiter und für $-\Delta x$, der wird Riss enger.

$y_i - y_0 = \Delta y$ zeigt für $+\Delta y$, das Einpunkt-Rissufer ist gegenüber dem Zweipunktufer nach oben gewandert und für $-\Delta y$, das Einpunktufer ist nach unten gewandert. Auch hier wird jeweils von Außenrand bis Außenrand der Messspitze gemessen. In der Berechnung muss aber mit dem Punktabstand gerechnet werden. Also wird von den gemessenen Abständen jeweils der Durchmesser der Messspitze abgezogen und dieses Maß in die anschließende Berechnung übernommen. Diesen Abzug der Durchmesser muss man nicht selbst durchführen, das wird automatisch in der Tabellenkalkulation erledigt.

In die Tabellenkalkulation werden für a, b, c die von Außenkante bis Außenkante gemessenen Werte eingetragen. Alle Maße werden immer in mm angegeben.

Nicht vergessen: Die Messspitze sind nach der letzten Messung auch wieder abzuschrauben. Die Schrauben können mehrmals verwendet werden und die V4A Messspitze können Sie später noch Ihren Nachfolgern vererben.

Praktische Messhilfe

Es empfiehlt sich, die Abstände a, b, c hintereinander für jede Messung dreimal zu messen. Die Ergebnisse trägt man vor Ort in ein Blatt ein. Aus den drei Messungen wird jeweils der Mittelwert gebildet, und erst die Mittelwerte werden in die in Abb. 10 dargestellte Tabellenkalkulation eingetragen. Grobe Messfehler werden natürlich schon vor Ort bereinigt.

Bemerkung zum Dreipunktmessverfahren

Das Verfahren wird sinnvoll nur dann eingesetzt, wenn der Riss durch das Bauteil hindurch geht (Trennriss), also zum Beispiel bei einer Setzung. Dann ist hauptsächlich interessant ob und wann die Setzung abklingt. Je nach Schaden im Untergrund können Rissbreiten und Rissuferverschiebungen beträchtlich groß werden.

6 Vorteile des Verfahrens

Wirtschaftlichkeit: Die Messspitze aus V4A-Stahl nutzen sich nicht ab und können lange und oft eingesetzt werden. Verbraucht werden nur die Dübel. Auch die Schrauben vertragen

Beispiel									
Projekt Mustermann									
Stelle	1								
		Δx	+	Riss wird breiter					
		Δx	-	Riss wird enger					
		Δy	+	Einpunktufer nach oben					
		Δy	-	Einpunktufer nach unten					
Abb. 10: Rissbreitenmessung									
gemessene Rissbreite am:	22.04.15	b_{Riss}	1,5	mm	mm				
maximale Rissbreite am:	05.08.15	b_{max}	1,5	0,4	1,9				
minimale Rissbreite am:	22.04.+10.12.15	b_{min}	1,5	0,0	1,5				
maximale Verschiebung am:	10.11.+16.06.15	Δy		0,2	-0,2				
Änderungen am Riss vom:	22.04.15 bis 10.12.15								
Datum	a	b	c	y	x	Δy	Δx	Rissbreite	
22.04.15	70,0	70,0	70,0	27,50	47,63	0,00	0,00	1,50	
15.05.15	70,0	70,1	70,0	27,40	47,69	-0,10	0,06	1,56	
30.05.15	70,0	70,2	70,1	27,40	47,80	-0,10	0,17	1,67	
16.06.15	70,0	70,3	70,1	27,30	47,86	-0,20	0,23	1,73	
14.07.15	70,0	70,4	70,2	27,35	47,95	-0,15	0,32	1,82	
05.08.15	70,0	70,4	70,3	27,40	48,04	-0,10	0,40	1,90	
30.08.15	70,0	70,3	70,2	27,40	47,92	-0,10	0,29	1,79	
15.09.15	70,0	70,2	70,2	27,50	47,86	0,00	0,23	1,73	
03.10.15	70,0	70,1	70,2	27,60	47,80	0,10	0,17	1,67	
15.10.15	70,0	70,0	70,1	27,60	47,69	0,10	0,06	1,56	
25.10.15	70,0	70,0	70,1	27,60	47,69	0,10	0,06	1,56	
10.11.15	70,0	70,0	70,2	27,70	47,75	0,20	0,12	1,62	
20.11.15	70,0	70,0	70,1	27,60	47,69	0,10	0,06	1,56	
10.12.15	70,0	70,0	70,0	27,50	47,63	0,00	0,00	1,50	
						max	0,20	0,40	1,90
						min	-0,20	0,00	1,50
Erläuterung zur Berechnung: Da Sie immer von Außenfläche zu Außenfläche der Messspitze messen, muss von Ihren Eingaben der Durchmesser des Messspitzes abgezogen werden, damit mit dem Dreieck der Mittelpunkte gerechnet werden kann. Der Durchmesser der Messspitze beträgt hier 15 mm. Falls Sie andere Messkörper verwenden, müssen Sie dies in der Berechnung ändern.									

einen mehrmaligen Einsatz. An Werkzeugen werden nur eine Schlagbohrmaschine für Löcher $\varnothing 6$ mm und ein Messschieber gebraucht.

Genauigkeit: Mit einem Messschieber ist eine Messgenauigkeit von 0,1 mm leicht zu erreichen, besonders wenn man alle Abstände dreimal misst und den auf 0,1 mm gerundeten Mittelwert für die Auswertung benutzt.

Stabilität und Unempfindlichkeit: Die Messspitze können an Decke, Wand und Boden eingesetzt werden. Auch wenn einmal ein Auto darüber fährt, ist die Messung vielleicht noch möglich.

Besser ist hierbei die Verwendung von Metalldübeln und Gewindeschrauben. Hier können die Messpilze auch abgeschraubt und für die nächste Messung wieder eingeschraubt werden. Gegen Witterungseinflüsse im Freien sind sie unempfindlich und verfälschen nicht das Ergebnis.

Sicher vor Vandalismus: Die Messpilze fallen nicht auf und das gewaltsame Abschlagen ist kaum zu befürchten.

7 Zusammenfassung

Das in diesem Beitrag vorgestellte Messverfahren ist die einfachste und billigste Methode, um Rissbewegungen mit hoher Genauigkeit (0,1 mm) und sicher vor Vandalismus zu messen und zu dokumentieren.

Tipp: Beim Verfasser können Sie ein Paket mit 15 Messpilzen, 100 Kunststoffdübel S 6, 30 Schrauben 5/50, 4 Schrauben 5/35 und 2 Winkel für Messungen über Eck, 1 Gabelschlüssel, 1 Betonbohrer \varnothing 6, 1 CD mit allen Formblättern für die Aufzeichnungen und mit allen Tabellenkalkulationen und Anweisungen für das richtige Messen bestellen. Damit ist, außer der Bohrmaschine und dem Messschieber, alles vorhanden um sieben Risse (mit je zwei Messpilzen) oder fünf Risse (mit je drei Messpilzen) gleichzeitig zu untersuchen.

Literatur

- [1] Meichsner, H.; Röhling, S.: Rissbreiten im Stahlbeton messen und auswerten. Der Bausachverständige 12(2016), Nr. 1, S. 9 - 14
- [2] Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ), Düsseldorf (Hrsg.): Zement-Merkblatt Betontechnik B 18 2.2014. Risse im Beton
- [3] Minnert, J.: Rissbreitenbeschränkung von Stahlbetonbauteilen. mb-news Nr. 2/2003 (www.minnert.de)
- [4] DIN 862:2015-03 Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Messschieber – Grenzwerte für Messabweichungen
- [5] DIN 863:1999-04 Prüfen geometrischer Größen – Meßschrauben – Teil 1: Bügelmeßschrauben, Normalausführung; Begriffe, Anforderungen, Prüfung
- [6] DIN 863-1:2017-02 [VORBESTELLBAR] Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Messschrauben – Teil 1: Bügelmessschrauben; Grenzwerte für Messabweichungen

Der Autor

Dipl.-Ing. Walter Blischke

Studium des Bauingenieurwesens an der TU Karlsruhe, selbstständiger Beratender Ingenieur seit 1966, Betonprüfstelle W+E, Ingenieurbüro für Bauwerksuntersuchungen

Eschenweg 2
69168 Wiesloch
Tel. 06222/81 44 0
blischke@bauwerkuntersuchung.de
www.bauwerkuntersuchung.de

