

Riss- und Schleierinjektion – Erfassen und Bewerten von Rissen und Hohlräumen in Beton

Jürgen May, MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG
juergen.may@mc-bauchemie.de

Risse im Stahlbeton sind unvermeidbar! Diese Grundregel ist nahezu eine Binsenweisheit, die in der DIN 1045 -1, 2001-2007 nachzulesen ist: „ Rissbildung in der Betonzugzone ist nahezu unvermeidbar. Die Rissbreite ist so zu beschränken, dass die ordnungsgemäße Nutzung des Tragwerks sowie sein Erscheinungsbild und die Dauerhaftigkeit als Folge von Rissen nicht beeinträchtigt werden“ (DIN 1045 -1, Abschnitt 11, S.103). Deshalb geht es in der Praxis eigentlich nicht um die Verhinderung von Rissen, sondern um deren Begrenzung auf ein unschädliches Maß. „ Die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und des Erscheinungsbild eines Bauteils gelten im Sinne dieses Abschnitts als erfüllt, wenn die Anforderungen nach Tabelle 18 und Tabelle 19 eingehalten sind (DIN 1045 -1, Abschnitt 11, S.104).

Diese „planmäßigen“ Risse sind je nach Anforderungsklasse (siehe Tabelle 18) begrenzt auf:

≤ 0,4 mm Rissbreite für Innenbauteile

≤ 0,3 mm Rissbreite für Außenbauteile allgemein

≤ 0,2 mm Rissbreite für normal höher beanspruchte Außenbauteile

Für Bauwerke aus WU - Beton sind teilweise Rissbreiten ≤ 0,1 mm einzuhalten.

Hohlräume im Beton sind das Ergebnis mangelhafter Herstellung (z.B. Kiesnester oder Auswaschungen). Ein hohlraumfreies Bauteil ist nur unter Einhaltung aller betontechnologischen Maßnahmen herstellbar.

„Unplanmäßige“ Rissbildungen sind Schäden, die letztlich eine fachgerechte Instandsetzung erforderlich machen, insofern Risse oder Hohlräume die Tragfähigkeit, die Gebrauchsfähigkeit oder die Dauerhaftigkeit eines Bauwerks beeinträchtigen.

Rissarten

Ein schädlicher Riss wird immer ein unplanmäßiger Riss sein, der auf Entwurfsfehler (z.B. falsche Anordnung von Fugen, fehlerhafte Bemessungsgrundlagen) oder Fehler bei der Bauausführung (z.B. mangelhafte Nachbehandlung, falsche Lage der Bewehrung usw.)

Risse können nach ihrer Art unterschieden werden. Im DBV-Merkblatt „ Rissbildung“, Fassung Januar 2006 werden die Rissarten und ihre Erscheinungsform in einer Tabelle detailliert beschrieben:

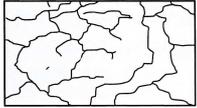
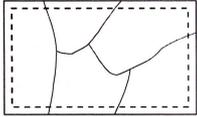
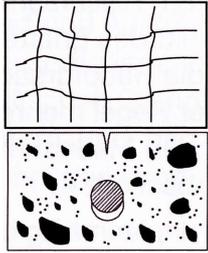
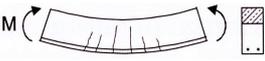
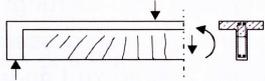
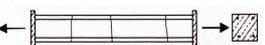
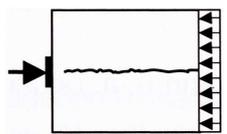
Rissart	Erscheinungsform	Beschreibung	
Risse infolge der Eigenschaften des Betons (Oberflächennahe Risse)	oberflächige NetZRisse		treten vor allem an der Oberfläche von flächigen Bauteilen auf; verlaufen in der Regel ungeordnet; die Ristiefe ist meist gering
	Schwindrisse		treten durch Volumenminderung infolge Schwindens dort auf, wo Verformungen behindert werden; gehen meist durch die ganze Bauteildicke und verlaufen gerichtet oder ungeordnet
	Risse längs der Bewehrung		verlaufen in der Regel parallel oberhalb von obenliegenden Bewehrungsstäben an nicht geschalteten Bauteilflächen, je nach Ursache entstehen Fehlstellen unter der Bewehrung
Risse infolge äußerer Kraft oder Zwang (Trennrisse)	Biegerisse		verlaufen etwa rechtwinklig zur Biegezugbewehrung; beginnen am Zugrand und enden im Bereich der Nulllinie; der Verlauf steht oft in Zusammenhang mit dem Biegemomentenverlauf
	Schubrisse		bilden sich aus Biegerissen; verlaufen in der Regel schräg zur Stabachse; treten im Bereich großer Querkräfte auf
	Risse aus zentrischem Zug		Verlaufen durch den gesamten Querschnitt; treten bei zentrischem Zug oder bei Zugbeanspruchung mit kleiner Ausmitte auf
	Spaltzugrisse		Verlaufen parallel zu den Hauptspannungen; treten z.B. im Verankerungsbereich von Spanngliedern auf

Tabelle 1: Rissarten nach DBV-Merkblatt

Außerdem lassen noch Setzrisse (Schrumpfrisse), die durch frühe Austrocknung der oberen Frischbetonschichten entstehen und entlang der oberen Bewehrungsstäbe verlaufen und Trennrisse, die durch den gesamten Querschnitt des Bauteils gehen, klassifizieren.

Darüber hinaus können Risse durch so genannte „treibende Angriffe“ verursacht werden. Solche betonkorrosiven Schäden entstehen beispielsweise durch einen Sulfatangriff oder durch eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Beide gehen einher mit einer großen Volumenausdehnung des Betons und haben daher spezielle Erscheinungsbilder.

Instandsetzungskonzept Schritt 1: Erfassen von Rissmerkmalen

Zur Planung einer Injektionsinstandsetzungsmaßnahme sind bestimmte Riss- bzw. Hohlraummerkmale zu erfassen und zu dokumentieren. Dies geschieht üblicherweise durch einen sachverständigen Planer:

1. Rissverlauf kartieren (Skizze, Fotografie)
2. Risstiefe: Bedeutend für die Schadensursache und zur Wahl des Injektionssystems (oberflächennahe Risse oder Trennrisse)
3. Rissbreite (Rissbreitenmesser, Risslupe) auf 0,1 mm genau
4. Rissbreitenänderung (Gipsmarken, Monitoring)
5. Rissursache (siehe Tabelle 1 oben)
6. Zustand der Risse (trocken, feucht, Wasser führend)
7. vorausgegangene Maßnahmen (z.B. erfolglose Injektion)
8. Aussage zur Zugänglichkeit

Bei Hohlräumen müssen andere Merkmale erfasst werden (visuelle Beobachtung, Bohrkernentnahme, Ultraschall):

1. Lage und Ausmaß
2. Durchgängigkeit für Füllgüter
3. Zustand (trocken, feucht)
4. vorausgegangene Füllmaßnahmen

Instandsetzungskonzept Schritt 2: Festlegen einer Maßnahme

Das Erfassen der Rissmerkmale und die Kenntnis der Ursache der Rissbildung sind die Grundlagen zur Festlegung der Maßnahme und Ziele.

Eine Übersicht möglicher Maßnahmen ist in Tabelle 2 aufgeführt:

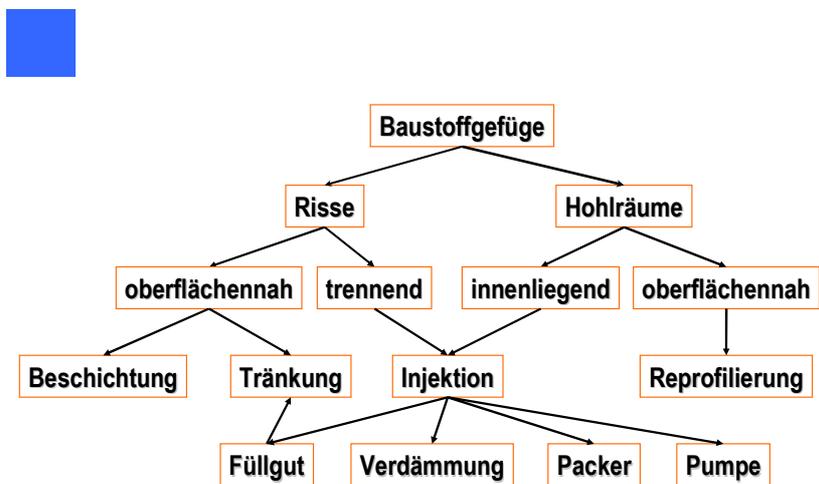


Tabelle 2: Klassifikation des Baustoffgefüges



Weitere Erläuterungen zu den jeweiligen Maßnahmen können der Instandsetzungsrichtlinie des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton entnommen werden.

Instandsetzungskonzept Schritt 3: Festlegung der Ziele

Nach der DIN EN 1504-5 werden folgende Instandsetzungsmethoden unterschieden:

- Füllen mit Kraft übertragenden Stoffen / Force transmitting filling (F)
- Füllen mit dehnbaren Stoffen / Ductile filling (D)
- Füllen mit quellbaren Stoffen / Swelling fitted filling (S)

Diesen Methoden werden verschiedene Prinzipien zur Instandsetzung zugeordnet.

In der Instandsetzungsrichtlinie des DAfStb werden andere Zielsetzungen definiert: Schließen, Abdichten, dehnfähiges Verbinden, kraftschlüssiges Verbinden.

Hier ist noch keine Kongruenz zwischen der europäischen und der deutschen Norm erreicht. Die deutsche „Anpassungsnorm“ DIN V 18028 erwähnt das Füllen mit quellbaren Stoffen (S) nicht mehr, so dass die Verwendung von quellbaren Stoffen (Hydrostrukturharze /Acrylatgele) weiterhin außerhalb des geregelten Bereichs erfolgt.

Instandsetzungskonzept Schritt 4: Auswahl Rissfüllstoffe

Injektionsstoffe können Fehlstellen in Beton dauerhaft schließen oder abdichten. Dabei kommen polymer härtende und hydraulisch härtende Injektionsstoffe zum Einsatz. Die Auswahl des Injektionsstoffes richtet sich grundsätzlich nach deren mechanischen Eigenschaften im Gebrauchstemperaturbereich. Während sich mineralische Injektionssysteme betonähnlich verhalten, weisen polymere Werkstoffe ein stark temperaturabhängiges mechanisches Verhalten auf.

Für das Abdichten mit elastischem Verbund werden erfolgreich Polyurethane angewendet. Sie decken das breiteste Spektrum ab, denn sie können in Risse und Hohlräume unabhängig von deren Feuchtezustand eingesetzt werden.

Das Abdichten von Rissen mit kraftschlüssigem Verbund kann bedingt mit Zementsuspensionen erfolgen. Einschränkend für die Injektion mit mineralischen Suspensionen wirken sich der erforderliche Feuchtezustand des Bauteils und die Mindestrissbreite aus. Hohlraumreiches Betongefüge kann mit einer Zementsuspension bei beliebigen Feuchtezuständen abdichtend und verfestigend injiziert werden.

Nur in Sonderfällen können Epoxidharze mit abdichtend kraftschlüssiger Wirkung eingesetzt werden. Epoxidharze benötigen während der Erhärtung grundsätzlich trockene Umgebungsbedingungen. Epoxidharze erhärten zu einem festen Kunststoff. Sie sind daher insbesondere für das verstärkende Füllen (Schließen und Abdichten) von trockenen Rissen ohne Rissbreitenänderung geeignet. Eine Epoxidharzinjektion zum Füllen trockener Hohlräume ist nur für kleinere Hohlraumvolumen in einer Größenordnung bis

100 cm³ zu empfehlen. Ein wiederholtes Injizieren eines bereits mit Epoxidharz gefüllten Bereiches ist nach vollständiger Aushärtung des Harzes grundsätzlich nicht mehr möglich.

Anwendungsbereiche der Füllgüter und Füllarten

Anwendungsziel	Feuchtezustand von Rissen			
	trocken	feucht	Wasser führend	
			drucklos	unter Druck
Elastisches Abdichten	PUR	PUR	PUR	PUR (SPUR)
Kraftschl. Abdichten	EP ZS/ZL	(EP) ZS/ZL	ZS/ZL	(ZS/ZL)



Tabelle 3: Anwendungsbereiche der Füllgüter und Füllarten

Alternative Injektionsstoffe

Neben den in Deutschland anerkannten und geregelten Injektionsstoffen findet insbesondere die Injektion von Acrylatgelen Anwendung. Die Injektion von Acrylatgelen in Baustoffe ist in Deutschland allerdings umstritten. Schwindprozesse bei fehlendem Feuchteangebot und Korrosionsbedenken bei Kontakt mit Bewehrungsstahl begründen Gegenargumente zur Injektion in Stahlbeton. Tatsächlich reicht die Spanne der pH-Werte verschiedener Produktsysteme von 9,5 bis 1,2. Festzustellen ist aber ebenso, dass es Produkte gibt, die keine Korrosionsgefährdung für Stahleinlagen darstellen.

In der Baupraxis zeigt sich allerdings, dass Gele von der Bauindustrie in Europa zur Abdichtung von Bauwerken im nicht standsicherheitsrelevanten als auch im standsicherheitsrelevanten Bereich eingesetzt werden. Neben kritischen Untersuchungsergebnissen zur Anwendbarkeit von Hydrogelen in Stahlbeton gibt es auch solche, die geprüften Produkten keine korrosive Wirkung nachgewiesen haben. Auch Planer befürworten den Einsatz von Hydrogelen unter bestimmten Voraussetzungen.

Diese Technologie kann eine technisch-wirtschaftliche Alternative zu geregelten abdichtenden Injektionen in Bauteile sein.

Stärken der Hydrogele auf Acrylatbasis sind die ausgesprochen niedrigen, wasser-ähnlichen Viskositäten (ca. 5 mPa*s), die schnelle, steuerbare Reaktion, die hohe Elastizität und die begrenzte Volumenzunahme bei Wasserkontakt. Der Quellprozess kann sich aber in lufttrockener Umgebung in einen Schwindprozess umkehren. Für Volumenkonstanz muss eine ständig feuchte, hydrogen neutrale bis begrenzt alkalische Umgebung gesichert sein.

Signifikante Verbesserungen des Schrumpfverhaltens, der Haftung und der Verformungseigenschaften werden mit polymerverstärkten Injektionsgelen erreicht. Bei diesen Hybriden wird die Mischkomponente Wasser durch eine Polymerdispersion ersetzt.

Die Injektion von Acrylatgelen erfordert ein anspruchvolles Equipment und eine hohe Qualifikation des ausführenden Personals. Der Einsatz einer 2-Komponentenpumpe ist Voraussetzung für die stoffspezifische Verarbeitung.

Die alternativen Injektionsmethoden mittels Acrylatgelen fasst ein Merkblatt der STUVA, Studiengemeinschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V., STUVA-Merkblatt 2005-05: Abdichten von Bauwerken durch Injektion (ABI-Merkblatt, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2005) zusammen. Das Merkblatt beschreibt Möglichkeiten der:

- Flächenabdichtungen an der Bauwerksaußenseite
- Flächenabdichtungen in der Konstruktion / zwischen zwei Bauteilen
- Partielle Abdichtungen in undichten Bauteilen (Füllung von Rissen und Fugen) in Abweichung von bestehenden Regelwerken.

Fazit

Risse in Stahlbetonbauteilen sind generell nicht zu vermeiden und in den abgesteckten Grenzen zu tolerieren.

In den meisten Fällen lassen sich festgestellte Mängel durch partielle Injektion in Risse und Hohlräume dauerhaft beseitigen. Dafür stehen verschiedene Injektionssysteme zur Auswahl. Den Schwerpunkt bildet die Wahl des Injektionsstoffes, der das Schließen oder die Abdichtung der Gefügestörung dauerhaft erbringen muss. Für eine objektgerechte Planung und Ausführung sind die Grenzwerte der Injektionsstoffe mit der Bauteilsituation abzustimmen. Alternativen zur Injektion in das Bauteil oder in Bauwerkszwischenräume bieten Injektion in den bauwerksnahen Baugrund erdberührter Bauwerke.

Eine sachgerechte Planung des Injektionsverfahrens ist notwendig. Die Dokumentation aller Arbeiten und die enge Zusammenarbeit zwischen ausführendem Unternehmen und Planer sind wichtige Voraussetzungen für den Erfolg.