

Beherrschung von Rissen im Beton

Risse im Beton sind nicht unmittelbar ein Mangel. Stahlbeton braucht sogar Risse, damit der Stahl im Beton zum Tragen kommt. Die Rissbildung muss aber beherrschbar sein, um nicht Gebrauchstauglichkeit oder Dauerhaftigkeit zu gefährden und so zum Mangel zu werden. Das 7. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung am Karlsruher Institut für Technologie widmete sich ganz dem Thema „Beherrschung von Rissen im Beton“. Mitveranstalter waren BetonMarketing Süd und der Verband Deutscher Betoningenieure e.V.

Stahlbeton braucht Risse

Prof. Dr.-Ing. Harald S. Müller ging in seinem Einführungsvortrag auf die Ambivalenz von Rissen in der Betonbauweise ein: auf der einen Seite bei Stahlbeton erforderlich, auf der anderen Seite ein Risiko für die Dauerhaftigkeit. Durch zu große Risse können schädliche Substanzen in den Beton eindringen und die Bewehrung korrodieren lassen. Risse im Beton entstehen grundsätzlich durch Zugspannungen, die die Zugfestigkeit des Betons übersteigen. Ursache dafür können Verformungen unter Last oder lastunabhängige chemisch, thermisch oder hygrisch bedingte Eigen- oder Zwangsspannungen sein.

Risse entstehen zuerst in Fehlstellen (Mikrorisse, Verdichtungsporen) und Zonen mit stark verringerter Zugfestigkeit. Mikrorisse treten z.B. in der Kontaktzone von Zementstein und Gesteinskörnung auf. Spannungsspitzen in Fehlstellen sorgen für ein Risswachstum. Die Frage, ob hier auch nicht lastinduzierte Mikrorisse ursächlich sein können, ist entscheidend für die Wahl der richtigen Zusammensetzung rissarmer Betone. Ziel führend für die Vermeidung von Rissen ist die Minimierung von im Bauteil auftretenden Zugspannungen durch eine geeignete Betonzusammensetzung, sorgfältigen Betoneinbau, richtige Nachbehandlung und eine angepasste Konstruktion einschließlich Bewehrung.

Hygrisch bedingte Risse

Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher beschäftigte sich näher mit den hygrisch bedingten Rissen. Darunter sind Risse zu verstehen, die durch Behinderungen von Verformungen bei Veränderung des Feuchtehaushalts (Schwinden und Quellen) verursacht werden. Da das Austrocknen von außen nach innen fortschreitet, wird das Schwinden der äußeren Schichten durch den noch feuchten Kern behindert: Es entstehen Eigenspannungen im Bauteil. Prof. Breitenbücher ging in seinem Vortrag auf die Ursachen und Auswirkungen der verschiedenen Arten des Schwindens ein:

- Kapillarschwinden
- Chemisches Schwinden
- Karbonatisierungsschwinden
- Trocknungsschwinden

Zu den Einflüssen der Zementart auf das Schwinden gibt es unterschiedliche Aussagen. Grundsätzlich zeigt ein Beton mit einem Zement höherer Mahlfeinheit eine größere Schwindneigung. Mit höherem C_3A -, C_4AF - bzw. Alkali-Gehalt ist ebenfalls eine größere Schwindneigung zu beobachten. Zusatzstoffe wie Silikastaub oder fein gemahlener Hütten sand können ebenfalls ein stärkeres Schwinden fördern.

Schwindverformungen können nach dem Ansatz in DIN 1045-1 oder auf Grundlage des DAfStb-Hefts 525 unter Berücksichtigung der Umgebungsfeuchte, der Bauteilabmessung und der Betonzusammensetzung abgeschätzt werden. Jedoch haben auch die Einbaubedingungen einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Schwinden. Wichtig ist auch hier eine sorgfältige Nachbehandlung.

Thermisch bedingte Risse

Die thermisch bedingten Risse waren zentrales Thema des Vortrags von Dr.-Ing. Lutz Nietner. Maßgebend sind hier die durch abfließende Hydrationswärme entstehenden Zwangsspannungen. Ein Betonbauteil kühlt außen schneller ab als innen. Die Verformung außen wird auch hier durch den noch warmen Kern behindert. Maßgebend für die Größe der Zwangsspannungen sind die Bauteilgeometrie und die Betonzusammensetzung.

Die frei werdende Wärmemenge wird maßgeblich vom Zement beeinflusst. Sie steigt mit:

- der Mahlfeinheit des Zements,
- dem Klinkergehalt und
- dem Wasserangebot bei der Hydratation.

Wird der Zementgehalt durch Zugabe und Anrechnung von Zusatzstoffen wie Flugasche reduziert, verringert sich die freiwerdende Wärmemenge. Eine hohe Frischbetontemperatur dagegen beschleunigt die Hydratation und damit die freiwerdende Wärmemenge.

Aus diesen Mechanismen ergeben sich die Maßnahmen zur Reduzierung thermisch bedingter Risse:

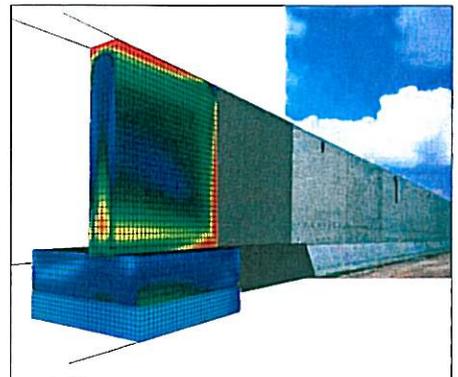
- Absenkung der Frischbetontemperatur
- Reduzierung des Zementgehalts
- Verwendung von LH-Zement

Allerdings, so Nietner, ist die zeitliche Verschiebung der Wärmeentwicklung

durch Einsatz von LH-Zement nicht immer zweckdienlich.

Reichen die erwähnten Maßnahmen nicht aus, kommt auch eine Rohrkühlung des entsprechenden Bauteils infrage. Sie ist allerdings sehr aufwendig und kostenträchtig.

Konstruktive Maßnahmen zur Reduzierung der Rissgefahr sind die Begrenzung der



Thermomechanische Simulation beim Bau der Schleuse Magdeburg-Rothensee

Betonierabschnitte und das Schaffen ebener Kontaktflächen (Gleitfolien).

Die Größe der zu erwartenden Zwangsspannungen lassen sich näherungsweise berechnen. Beim Bau der Schleuse Magdeburg-Rothensee kamen thermomechanische Simulationen zum Einsatz.

Statisch und dynamisch bedingte Risse

In seinem Vortrag über statisch und dynamisch bedingte Risse ging Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell zunächst auf die normativen Anforderungen an Rissbreiten und die unterschiedlichen Erscheinungsarten von Rissen ein. Er wies darauf hin, dass Lastschnittgrößen grundsätzlich einen anderen Charak-



Blockweises Betonieren beim Bau der Schleuse Magdeburg-Rothensee
Foto/Grafik: Bilfinger Berger

ter als Zwangsschnittgrößen haben: So verringert sich bei Durchlaufträgern durch Rissbildung über der Stütze das Stützmoment, während sich das Feldmoment vergrößert (Momentenumlagerung). Dagegen kann bei Eigen- und Zwangsspannungen eine örtliche Reduzierung von Steifigkeit (z.B. durch Risse) nie zum Anwachsen von Schnitt- oder Auflagergrößen in anderen Tragwerksteilen führen. Auch die Rissbildung unterscheidet sich unter Last und Zwang grundsätzlich. Den Schluss des Vortrags bildeten Beispiele zur steifigkeitsorientierten Begrenzung von Rissbreiten.

Bewehrung mit Fasern

Die Bewehrung mit Fasern ist ein Mittel, die Rissbildung zu beherrschen. Prof. Dr. Viktor Mechtcherine ging in seinem Vortrag auf die vorzugsweise zum Einsatz kommenden Fasern aus Stahl, alkaliresistentem Glas oder Kunststoffen ein. Beton selbst ist ein spröder Werkstoff und versagt bei Erreichen der Tragfähigkeit ohne Vorankündigung. Erst die Stahlbewehrung im Stahlbeton verleiht dem Bauteil die gewünschte Verformungsfähigkeit, die ein duktiler Bauteilversagen sicherstellt. Der Beton selbst bleibt aber spröde: „Beton ist ganz schön gerissen! Er zieht sich aus der Verantwortung zurück und lässt den Stahl die Arbeit machen.“ Eine Faserbewehrung aber wird in den Zementstein eingebettet, verringert dort die Sprödigkeit und wirkt risshemmend. Grundsätzlich steigt die Wirkung mit dem Fasergehalt. Der ist jedoch nach oben durch die schlechter werdende Verarbeitbarkeit beschränkt. Die Bemessung von Betonbauteilen mit Stahlfaserbewehrung kann auf Grundlage der entsprechenden DAfStb-Richtlinie für Stahlfaserbetone bis zur Druckfestigkeitsklasse C50/60 erfolgen. Interessante neue Verbundwerkstoffe sind der textilbewehrte Beton und der hochduktile Beton.

Das eigentlich technische Thema der Rissvermeidung bezieht in vielen Fällen auch den Architekten mit ein. So wies Dr.-Ing. Diethelm Bosold darauf hin, dass die Rissprävention ästhetische Folgeeffekte haben kann, die in der Planungsphase einer gestalterischen Abstimmung bedürfen. Der üblichen Begrenzung der Wandlängen auf 6 m bis 8 m

mit den entsprechenden Arbeits- und ggf. Bewegungsfugen stehen oft ästhetische Vorstellungen entgegen. Die betontechnologischen Maßnahmen zur Rissvermeidung beruhen häufig auf einer Reduzierung des Zementgehalts und der Wahl einer bestimmten Zementart. Bei Sichtbeton ist jedoch ein höherer Feinkornanteil gewünscht und die Auswahl der Zementart erfolgt unter dem Gesichtspunkt der Farbgestaltung. Bestimmte Bearbeitungsarten von Sichtbetonoberflächen können Risskanten abrunden und so größer erscheinen lassen.

Instandsetzung von Bauteilen

Beschäftigten sich die vorhergehenden Vorträge in erster Linie mit der Vermeidung von Rissen, standen bei den folgenden Vorträgen Erkennen, Bewerten und Instandsetzung bei bestehenden Bauteilen im Mittelpunkt.

Dem Erkennen und Einordnen von Rissen kommt bei der Entwicklung von Instandsetzungskonzepten eine entscheidende Bedeutung zu. Schon das Erkennen mancher Risse, so Dr.-Ing. Martin Günther, ist nicht einfach, da viele nicht an der Oberfläche zu sehen sind. Schalenrisse lassen sich z.B. nur durch Abklopfen der Betonoberfläche orten. Schalllaufzeitmessungen z.B. mit dem impact-echo-Verfahren können Aufschluss über tiefer im Bauteil auftretende Risse liefern. Gegenstand der Untersuchungen müssen sein:

- Rissabstände
- Risstiefe
- Rissbreite
- Rissbreitenänderung
- Feuchtezustand des Risses
- Rissflankenbeschaffenheit
- Rissinhaltsstoffe
- Rissuferbeschaffenheit

Die Dokumentation der Rissverläufe ist zwar aufwendig, ist aber die Basis für eine Feststellung der Ursachen für die Risse. Anhand einiger Beispiele von Rissbildern zeigte Dr. Günther die festgestellten Rissursachen auf.

Risikobewertung aus technischer Sicht

Dr.-Ing. Frank Fingerloos bot in seinem Vortrag eine Risikobewertung aus technischer Sicht. Da die Stahlbetonbauweise eine „geris-

sene Bauweise“ ist, sind Risse unvermeidbar bzw. sogar erforderlich. Bei der Bestellung von Stahlbeton, so Dr. Fingerloos, werden quasi Risse bestellt, bezahlt und geliefert. Sofern die Risse ausreichend verteilt sind und eine festgelegte Breite nicht überschreiten, gefährden sie weder die Gebrauchstauglichkeit noch die Dauerhaftigkeit. So haben z.B. Biegerisse keinen Einfluss auf die Undurchlässigkeit von Betonbauwerken, solange sie nicht durchgängige Trennrisse sind. Bei Sichtbeton können aber oberflächliche Krakelee-Risse oder horizontal verlaufende Risse, die durch ablaufendes Regenwasser zur Bildung von Schmutzfahnen neigen, schon als Mangel betrachtet werden.

Sind Risse aus Sicht der Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit oder Optik Mängel, sind ggf. Instandsetzungsmaßnahmen festzulegen. Folgende Ziele können nach Ansicht von Prof. Dipl.-Ing. Claus Flohrer mit Instandsetzungsmaßnahmen verfolgt werden:

- Schließen von Rissen zum Verhindern oder Hemmen des Eindringens von korrosionsfördernden Stoffen
- Abdichten von Rissen zur Beseitigung von Undichtigkeiten
- Dehnfähiges Verbinden zur Herstellung einer begrenzt dehnfähigen, dichtenden Verbindung der Rissflanken
- Kraftschlüssiges Verbinden zur Herstellung einer druck- und zugfesten Verbindung der Rissflanken

Als Füllstoffe kommen Epoxidharze, Polyurethanharze, Zementleime und Zementsuspensionen infrage. Appliziert werden diese Stoffe durch Tränkung oder Injektion. Auch durch den Einsatz von Oberflächenschutzsystemen können Risse dauerhaft geschlossen werden.

Flohrer wies ausdrücklich darauf hin, dass bei einer Bemessung für eine rechnerische Rissbreite immer davon auszugehen ist, dass auch weitere Risse auftreten. Darauf sollten ausführende Planer frühzeitig hinweisen. Der Planer muss schon in der Planungsphase festlegen, wie mit solchen Rissen umzugehen ist. Müssen Maßnahmen ergriffen werden, sind diese nicht als Instandsetzung zu betrachten, sondern als Herstellung des planmäßigen Zustands.