Zeitschrift: Cementbulletin

Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)

Band: 66 (1998)

Heft: 10

Artikel: Instandsetzung von Stahlbetonbauten (3) : Risse : Einfluss auf Dichtigkeit und Korrosion

Autor: Hermann, Kurt / Hunkeler, Fritz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153841

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Rissursache: Korrosion der Bewehrung.
Foto: Tobias Jakob, TFB

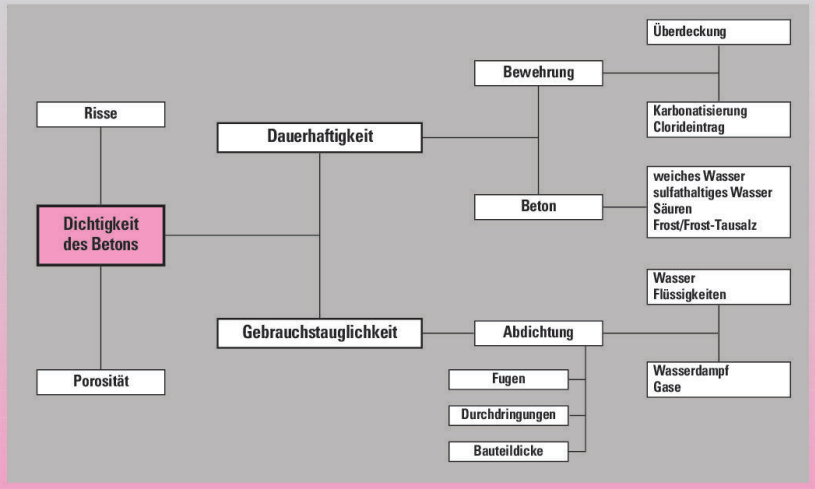
Instandsetzung von Stahlbetonbauten (3):

Risse: Einfluss auf Dichtigkeit und Korrosion

Risse haben einen grossen Einfluss auf die Dichtigkeit und damit auf die Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Betonbauten.

Die zentrale Stellung von Rissen bezüglich der Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Betonbauten geht aus *Abbildung 1* hervor [1]. Sie zeigte sich auch in einer Untersuchung über die Häufigkeit verschiedener Schadensarten an über 90 Brücken, wo Risse < 0,3 mm mit 17 % an erster und Risse > 0,3 mm mit 7,5 % an siebter Stelle lagen [2, 3]. Eine Übersicht über Rissursachen ist in *Tabelle 1* enthalten.

Im vorliegenden «Cementbulletin»-Artikel wird auf die Bedeutung von Rissen bezüglich der Dichtigkeit und Korrosion eingegangen. Er basiert grösstenteils auf Unterlagen zu einer TFB-Fachveranstaltung in Wildegg [1]. Die Ursachen für die Rissbildung haben in der Regel einen untergeordneten Einfluss auf die Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Betonbauteilen. Sie werden hier nicht behandelt.

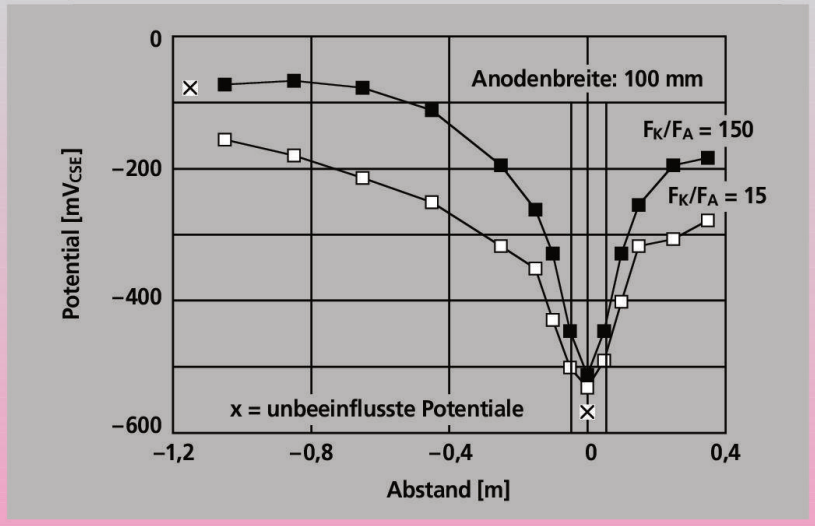


Grafik: TFB/ZSD

Abb. 1 Die Dichtigkeit des Betons – zentrale Grösse der Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit [1].

Risse beeinflussen die Dichtigkeit

Grosse Tunnelbauvorhaben wie Alp-Transit und Swissmetro in der Schweiz rücken Risse vermehrt ins Zentrum des Interesses. Die Durchlässigkeit von Betonbauten hängt von der Art, dem Verlauf, der Tiefe



Grafik: TFB/ZSD

Abb. 2 Einfluss des Flächenverhältnisses F_K/F_A auf die Ausdehnung des Potentialfelds an Rissstellen in einem künstlichen Makroelement [7].

und der Breite der Risse ab. Interessant bezüglich der Dichtigkeit sind [5]:

- porositätsbedingte Durchlässigkeit (Mikro-, Oberflächen- und Biegerisse)
- rissbedingte Durchlässigkeit (Trennrisse, also durch das Bauteil hindurchgehende Risse)

Trennrisse sind besonders wichtig, denn sie bilden die echten Undichtigkeitsstellen eines Betonbauteils. Sie lassen sich stark vereinfacht durch einen Spalt mit parallelen glatten Flanken beschreiben. Für Flüssigkeitsströmungen unter einem äusseren Flüssigkeitsdruck gilt dann das Poiseuille-Gesetz. Die damit berechnete theoretische Durchflussmenge Q_{th} ist allerdings grösser als die reale Durchflussmenge Q, da die Rauhigkeit und die verwinkelte Geometrie von wirklichen Rissflanken den Durchfluss stark reduzieren. Dies wird durch den Durchflussbeiwert ξ berücksichtigt, der zwischen 0 und 1 liegt:

$$Q = \xi \, Q_{th}$$

Nicht sichtbar in dieser vereinfachten Formulierung ist die Tatsache, dass die Rissbreite in der dritten Potenz in die Poiseuille'schen Gleichungen eingeht und damit neben dem Druckgradienten die dominierende Einflussgrösse auf die Durchflussmenge ist.

Mittels experimentell ermittelten Durchflussbeiwerten können Abschätzungen über den Durchfluss in gerissenen Bauwerken gemacht werden. Allerdings sind Durchflussbeiwerte von zahlreichen Faktoren abhängig, allem voran von der Rissbreite und von Rissbewegungen [1].

Rissursache	Merkmale der Rissbildung	Förderliche Umstände	Abhilfemassnahmen
Hydratationswärme	• Trennrisse • Biegerisse	• «massige» Bauteile	• Zement mit niedriger Hydratationswärme • Vermeidung rascher Abkühlung • Bewehrung zur Rissbegrenzung
Schwinden	• Oberflächenrisse (Frühschwinden) • Trenn- und Biegerisse (Trocknungsschwinden)	• frühe und starke Austrocknung	• Begrenzung der Austrocknung (Nachbehandlung) • Vermeidung von zu fettem Beton • Bewehrung zur Rissbegrenzung
Temperatur	• Trennrisse • Biegerisse	• Temperaturänderung • Temperaturdifferenz	• Dehnfugen • Bewehrung zur Rissbegrenzung • Aufbringen von Vorspannung
äussere (direkte) Lasten	• Haarrisse • Biegerisse • Trennrisse • Schubrisse	• nutzungsbedingt	• Rissbegrenzung durch – niedrige Stahlspannungen – niedrige Betonüberdeckung – dünne Stahldurchmesser – hohen Bewehrungsgrad – gute Stahlverbundeigenschaften

Tab. 1 Rissursachen in Betonbauteilen (Bewehrungs- und Betonkorrosion nicht berücksichtigt) [4].

Das Bewehrungseisen ist auf der Rissseite korrodiert. Foto: Heidi Ungricht, TFB

Selbstheilung von Rissen
Unter günstigen Umständen schliessen sich mit Wasserdruck beaufschlagte Risse wieder. Für diese Selbstheilung kommen in Frage [5]:

- physikalische Prozesse
  - Quellen des Zementsteins
- chemische Prozesse
  - Nachhydratation des Zementsteins
  - Bildung von Calciumcarbonat
- mechanisches Zusetzen durch
  - Feinststoffe im Wasser
  - lose Betonteilchen aus den Rissflächen

Die wichtigste Ursache für die Selbstheilung von Rissen ist die Bildung von Calciumcarbonat durch die Reaktion zwischen Calciumionen aus dem Beton und Carbonat- bzw. Hydrogencarbonationen aus dem durchfliessenden Wasser.

Salzanreicherung
Häufig sind nicht die Wasserdurchtritte an sich von Bedeutung, sondern die allenfalls im Wasser gelösten beton- oder stahlaggressiven Salze. Diese reichern sich im Beton an, wenn das Wasser verdunsten kann. Zwar gibt es darüber kaum grundlegende Untersuchungen, in der Praxis sind diese Prozesse aber sehr wichtig. Beispiele sind Aufkonzentrationen in Tunnelbauwerken, wo sie Beton- und Bewehrungsschäden verursachten [7].

Bewehrungskorrosion in Rissen

Risse im Beton führen zu einer beschleunigten Karbonatisierung der Rissflanken und erleichtern den Eintrag von Chloriden in den Beton. Zudem sind in Rissbereichen die Voraussetzungen für Korrosion (Anwesenheit von Luft, Wasser und Sauerstoff) erfüllt. Die Bewehrung kann hier deshalb früher korrodieren als in ungerissenen Bereichen. Ob dies eintritt, hängt von vielen Faktoren ab, beispielsweise von

- Rissbreite
- Überdeckung
- Betonqualität
- Betonfeuchtigkeit
- Art der Beanspruchung (Luft, Wasser)
- Schadstoffeintrag (Chloride, CO_2)

Die Korrosion in Rissnähe wird durch die Makroelementbildung beeinflusst: Der gerissene Bereich (Fläche F_A) bildet die Anode, der ungerissene Bereich (Fläche F_K) die Kathode. Charakteristisch für ein Makroelement ist das Verhältnis F_K/F_A; die Korrosion ist um so intensiver, je grösser F_K/F_A. Bei Potentialmessungen [6] zeigen sich Risse durch bandförmige Bereiche mit stark negativen Potentialwerten *(Abbildung 2).*

Rissbedingte Schäden

Unangenehm an gerissenem Beton ist nicht die Korrosion an vereinzelten Bewehrungstäben, sondern ihr linienförmiger Verlauf. Dadurch kann ein Bauteil derart geschwächt werden, dass es instandgesetzt werden muss. Beispiele für Situationen,

Rissursache: ungenügende Nachbehandlung. Foto: Tobias Jakob, TFB

wo Vorsicht und ev. besondere Abklärungen erforderlich sind, werden nachstehend kurz erwähnt.

Karbonatisierung
In Rissbereichen ist die Karbonatisierungstiefe tendenziell leicht höher, und die Narbentiefen sind in wasserführenden Rissen meistens höher als in «trockenen» Rissen. Verschiedene Untersuchungen haben aber gezeigt, dass kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Rissbreite und der Querschnittsverminderung bzw. Narbentiefe von Bewehrungsstäben in karbonatisiertem Beton besteht.

Chloridkorrosion
In Bauteilen mit gleichartiger Exposition sind Zusammenhänge zwischen Chloridkonzentrationen und Rissbreiten nachweisbar: Neben dem Chloridprofil nimmt auch der Korrosionsgrad mit zunehmender Rissbreite zu *(Abbildung 3)*.

Feuerverzinkte Betonstähle sind im Bereich von Rissen nicht ausreichend und dauerhaft vor Korrosion geschützt. Für einen Beton B 35 wurden die in *Tabelle 2* zusammengefassten kritischen Rissbreiten in Abhängigkeit von der Betonüberdekkung publiziert [5]. Auch Calciumnitrit, $Ca(NO_2)_2$, als Inhibitor bringt oft nur ungenügenden Schutz; häufig werden sogar grössere Narbentiefen als in Beton ohne Inhibitor festgestellt [4].

Abschätzung der Gefährdung im Rissbereich

Praktiker werden ständig mit dem Problem konfrontiert, wie Risse bezüglich der Korrosiongefährdung zu beurteilen sind. Grundsätzlich unterscheidet sich das Vorgehen nicht gross vom Vorgehen bei ungerissenen Bauteilen:

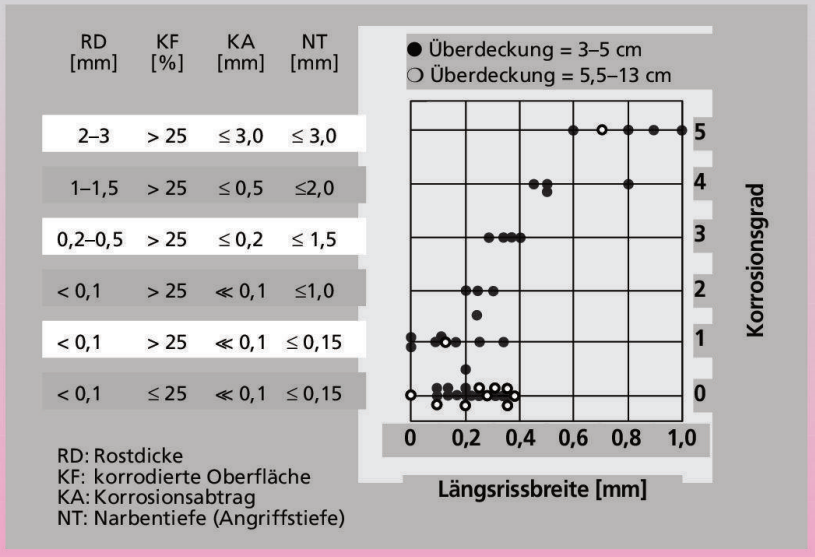
- *Visuelle Begutachtung.* Zu beachten sind Art, Menge und Verfärbung von Ausscheidungen und die Intensität von Rostspuren. Weissliche bis gelbliche Ausscheidungen sind dabei im allgemeinen harmlos, ganz im Gegensatz zu intensiv rostfarbenen. Die aus Trennrissen abfliessende Wassermenge gibt weitere Hinweise auf die Gefährdung.
- *Potentialmessungen* wurden im letzten «Cementbulletin» [6] ausführlich behandelt.
- *Sondierungen und Entnahmen von Bauwerksproben.* Sondierungen sind meistens notwendig, damit der aktuelle Korrosionszustand der Bewehrung erfasst und mit den übrigen Ergebnissen korreliert werden kann. Wie die Entnahme von Bauwerksproben müssen sie gezielt aufgrund von visuellen Beobachtungen und/oder Potentialmessungen erfolgen.

Exposition	Kritische Rissbreite für Überdeckung von		
	15 mm	25 mm	50 mm
Industrieatmosphäre	0,3 mm	0,4 mm	> 0,5 mm
Frosttausalzbeanspruchung	0,1 mm	0,2 mm	0,4 mm
Meerwasserbeanspruchung	0,1 mm	0,2 mm	> 0,5 mm

Tab. 2 Kritische Rissbreiten für feuerverzinkte Bewehrung in einem Beton B 35 [4].

Durchgehender Riss in mehr als 50 Jahre alter Betonstrasse.

Foto: Rolf Werner, TFB



Grafik: TFB/ZSD

Abb. 3 Einfluss der Rissbreite (Längsrisse über Bewehrung) und der Betonüberdeckung auf die Bewehrungskorrosion einer 35jährigen Hafenmole auf Helgoland [4].

Abdichten von Rissen

Für die Instandsetzung gerissener Bauwerke bewähren sich Injektionen mit Zementsuspensionen und Reaktionsharzen. Darauf wird im nächsten «Cementbulletin» eingegangen.

Kurt Hermann
und *Fritz Hunkeler, TFB*

Literatur

[1] **Hunkeler, F.,** «Bewertung von Rissen bei Stahlbetonbauten bzgl. Dichtigkeit und Korrosion», TFB-Kurs 4810, Schulungszentrum TFB (1998).

[2] **Hunkeler, F.,** «Dauerhaftigkeit und Schutz von Stahlbetonbauten,» TFB-Kurs 1005, Schulungszentrum TFB (1995).

[3] **Ladner, M.,** «Systematische Auswertung von Schäden an Brücken», Bundesamt für Strassenbau, Forschungsauftrag 21/87, VSS-Bericht Nr. 319 (1994).

[4] **Nürnberger, U.,** «Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen», Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin (1995).

[5] **Edvardsen, C.K.,** «Wasserdurchlässigkeit und Selbstheilung von Trennrissen in Beton», Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft Nr. 455 (1996).

[6] **Hermann, K.,** und **Hunkeler, F.,** «Instandsetzung von Stahlbetonbauten (2): Potentialmessungen», Cementbulletin **66** [9], 3–7 (1998).

[7] **Hunkeler, F.,** «Grundlagen der Korrosion und der Potentialmessung bei Stahlbetonbauten», VSS-Bericht Nr. 510 (1994).