

Vergleich von normativen Ansätzen zur Rissbreitenermittlung

Comparison of Approaches for Calculating Crack Width

Busse, D.; Empelmann, M.

Abstract

Cracking is a complex phenomenon. Therefore, every approach for the calculation of crack width necessitates simplifications. As part of the formulation of the next Eurocode 2 generation, the iBMB, Division of Concrete Construction was assigned by the Initiative Practice-oriented Rules in Building Construction (PRB). In the course of project implementation, the approaches for calculating crack width as per EC2, EC2+NA and MC2010 were compiled and compared using internationally accepted test data on crack widths.

The results show that statements about the quality of the different models can only be made in limited extent because no completely consistent results were determined by the model comparison.

1. Einführung und Motivation

Aufgrund der Vielzahl an Einflussparameter bei der Rissbreitenberechnung ist eine exakte Berechnung der Rissbreite nicht möglich; vielmehr müssen vertretbare Vereinfachungen getroffen werden. Es ist zu beachten, dass am Bauteil auftretende Rissbreiten einer statistischen Verteilung folgen. Die berechnete Rissbreite kann demzufolge nur einen Wert dieser Verteilung wiedergeben, dies ist in der Regel das 95 %-Quantil.

Im Zuge der Erarbeitung der nächsten Generation des Eurocode 2 (EC2) wurde das iBMB, Fachgebiet Massivbau von der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen e.V. (PRB) mit dem Vergleich der Nachweiskonzepte zur Rissbreitenbegrenzung nach

- EN 1992-1-1 (EC2)
- DIN EN 1992-1-1/NA (EC2+NA)
- Model Code 2010 (MC2010)

mit international anerkannten Versuchsdaten zu Rissbreiten beauftragt.

2. Untersuchung

Die Auswahl der Versuchsreihen erfolgte unter dem besonderen Augenmerk einer ausführlichen Dokumenta-

tion, um Fehlinterpretationen zu eliminieren. Weiterhin wurden ausschließlich zentrische Zugversuche, die Rückschlüsse auf das 95 %-Quantil der Rissbreite zuließen bzw. hierzu Angaben enthielten, aufgenommen. Die minimale Rissbreite der Versuche bzw. Lastschritte wurde zu 0,05 mm festgelegt. Letztlich konnte eine Datenbasis von 121 Einzelwerten zur Bewertung der Normenansätze herangezogen werden.

Bei der Auswertung ist zu beachten, dass es sich bei den ausgewählten Versuchen um Kurzzeitversuche handelt. Bei den Vergleichsberechnungen wurde dennoch sowohl eine Kurzzeitbelastung ($k_t = 0,6$) als auch der allgemeingültige Fall einer Langzeitbelastung ($k_t = 0,4$) untersucht. Um den Einfluss von Eigenspannungen infolge Schwindens auf die aufnehmbare Betonzugfestigkeit möglichst gering zu halten, wurde der Rechenwert der wirksamen Betonzugfestigkeit $f_{ct,eff}$ anhand der Erstrisslasten N_{cr} bestimmt. Der gemäß MC2010 zusätzlich zu berücksichtigende Parameter ϵ_{sh} (freie Schwinddehnung) wurde durchgehend zu null gesetzt.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass die mit den Rissbreitenansätzen berechneten Rissbreiten per Definition in unmittelbarer Umgebung der Bewehrung vorliegen und eine Aufweitung der Risse zur Oberfläche zu erwarten ist. In den Versuchen wurden die Rissbreiten hingegen an der Bauteiloberfläche gemessen.

Die Bewertung der Vorhersagegenauigkeit der Ansätze erfolgt über die Verteilung des Quotienten $\gamma_{mod} = W_k/W_{0,95}$, der dem Verhältnis der charakteristischen Rissbreite zum 95 %-Quantil der Versuchswerte entspricht.

Die folgenden Diagramme (Bild 1 bis 3) und die Tabelle 1 zeigen auf Grundlage der jeweils angegebenen Norm die Gegenüberstellung der berechneten und experimentellen Rissbreiten. Die Ermittlung der statistischen Kennwerte erfolgt unter der Annahme einer logarithmisch-normalverteilten Datenbasis. Es werden die folgenden Kennwerte verwendet:

$E(x)$	Erwartungswert
v	Variationskoeffizient
$Q_{0,05;0,95}$	5 %-; 95 %-Quantil

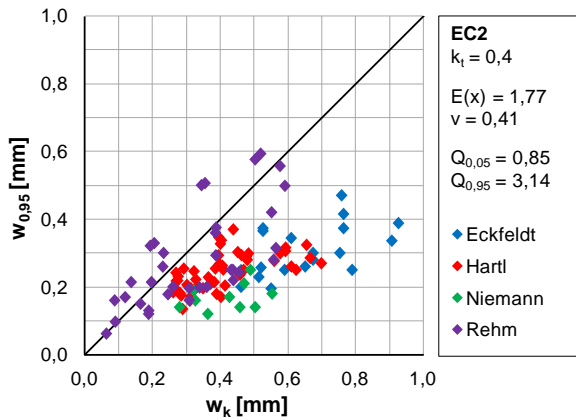


Bild 1: Vergleich der rechnerischen Rissbreiten w_k nach EC2 mit 95 %-Quantilwerten aus Versuchsergebnissen $w_{0,95}$ und statistische Auswertung /1/

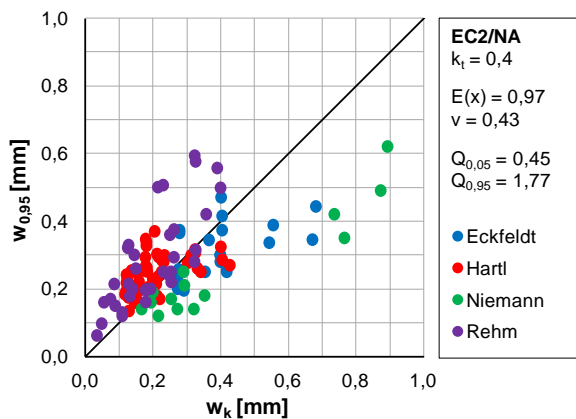


Bild 2: Vergleich der rechnerischen Rissbreiten w_k nach EC2+NA mit 95 %-Quantilwerten aus Versuchsergebnissen $w_{0,95}$ und statistische Auswertung /1/

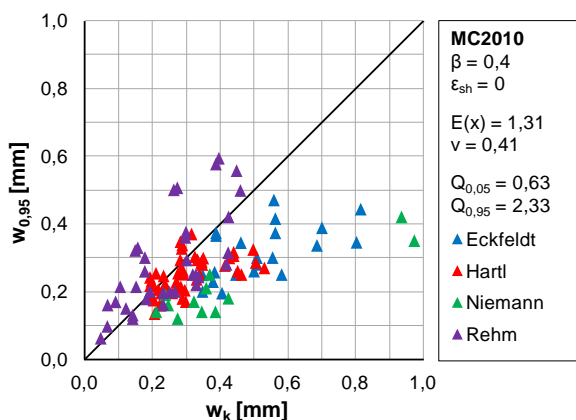


Bild 3: Vergleich der rechnerischen Rissbreiten w_k nach MC2010 mit 95 %-Quantilwerten aus Versuchsergebnissen $w_{0,95}$ und statistische Auswertung /1/

Tabelle 1: Statistische Auswertung der Vergleichsberechnungen (Annahme: logarithmisch-normalverteilte Datenbasis) /1/

$Y_{\text{mod}} = w_k/w_{0,95}$	$E(x)$	v	$Q_{0,05}$	$Q_{0,95}$
EC2 ($k_t = 0,4$)	1,77	0,41	0,85	3,14
EC2 ($k_t = 0,6$)	1,60	0,41	0,77	2,84
EC2+NA ($k_t = 0,4$)	0,97	0,43	0,45	1,77
EC2+NA ($k_t = 0,6$)	0,88	0,43	0,41	1,59
MC2010 ($\beta = 0,4$)	1,31	0,41	0,63	2,33
MC2010 ($\beta = 0,6$)	1,14	0,43	0,53	2,07

3. Zusammenfassung

Eine klare Aussage zur Qualität der Ansätze ist nicht möglich, da sich aus dem Modellvergleich kein vollkommen einheitliches Ergebnisbild ergibt. Dennoch können auf Basis der statistischen Auswertung folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Das Modell nach EC2 liefert beim Vergleich der Rechenmit den Testwerten den höchsten Mittel- bzw. Erwartungswert. Der Variationskoeffizient ist hingegen minimal geringer als bei den Modellen nach EC2+NA und MC2010. Dementsprechend liegen die Werte am weitesten auf der sicheren Seite, sodass auch das höchste 5 %-Quantil erzielt wird.

Unter Verwendung des Modells nach EC2+NA ergibt sich die beste Übereinstimmung mit dem Erwartungswert. Es ist zu beachten, dass die Vergleichswerte $w_k/w_{0,95}$ knapp unter 1,0 liegen, sodass die realen Rissbreiten größer sind als die rechnerischen. Der Variationskoeffizient ist im Vergleich zu den Modellen nach EC2 und MC2010 minimal erhöht. Hieraus folgt das im Modellvergleich geringste 5 %-Quantil.

Die Auswertung des Rechenmodells nach MC2010 liefert durchgehend Werte, die zwischen denen nach EC2 und denen nach EC2+NA liegen. Der Erwartungswert liegt im Mittel leicht über 1,0 und ist damit etwas geringer als die Werte nach EC2. Die Werte liegen dennoch tendenziell auf der sicheren Seite.

4. Literatur

/1/ Empelmann, M.; Sawicki, P.; Busse, D.: Vergleich der Nachweiskonzepte zur Rissbreitenbegrenzung nach EN 1992-1-1, DIN EN 1992-1-1/NA sowie Model Code 2010. TU Braunschweig, iBMB Fachgebiet Massivbau, Bericht Nr. P02-19-1 (AG: Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen e.V.), Juni 2015.