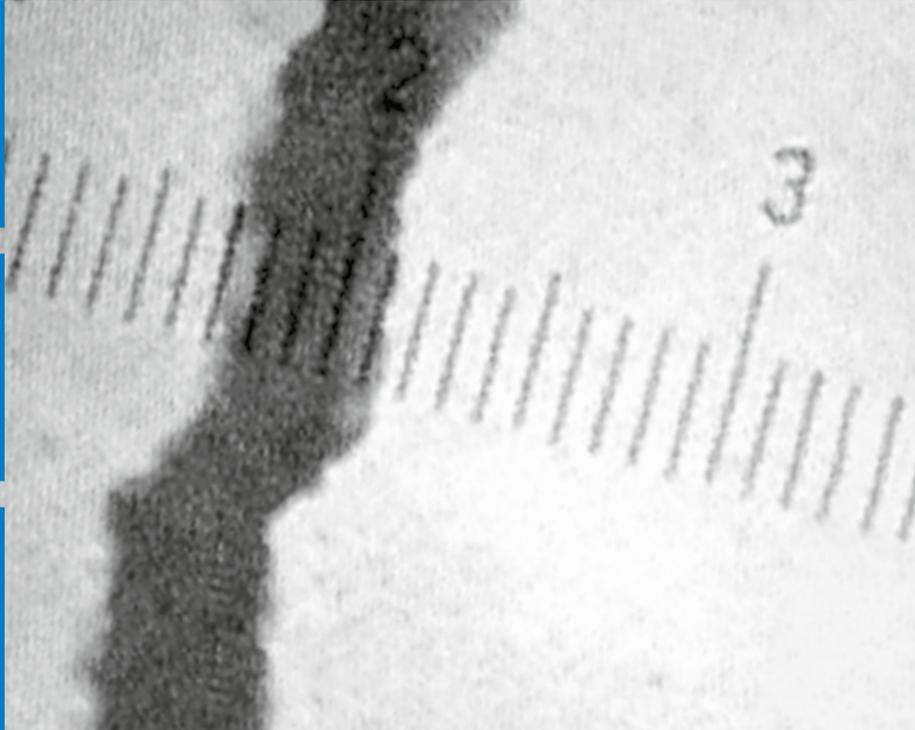


Heinz Meichsner

RISSBILDER UND RISSBREITEN IM STAHLBETONBAU

Erfassen und Dokumentieren,
Messen und Bewerten



Heinz Meichsner

Rissbilder und Rissbreiten im Stahlbetonbau

Erfassen und Dokumentieren, Messen und Bewerten

Heinz Meichsner

RISSBILDER UND RISSBREITEN IM STAHLBETONBAU

Erfassen und Dokumentieren, Messen und Bewerten

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-7388-0812-4

ISBN (E-Book): 978-3-7388-0813-1

Satz · Layout · Herstellung: Gabriele Wicker

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Druck: Offizin Scheufele Druck & Medien GmbH+Co. KG, Stuttgart

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2023

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-2500

Telefax +49 711 970-2508

irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Vorwort

Stahlbeton wäre auch ohne Risse ein idealer Baustoff, er hätte außer den heute vielfach genutzten Vorteilen einen weiteren wesentlichen: die Rissfreiheit. Leider gibt es keine Chance, dieses Ideal zu erreichen. Wir können uns ihm nur nähern. In Jahrzehnten erfolgreicher Nutzung des Baustoffs Stahlbeton haben wir gelernt, auch mit Rissbildungen dauerhaft und gefahrlos zu bauen. Insofern ist der gut konstruierte Stahlbeton auch mit den unvermeidbaren Rissen ein idealer Baustoff. In unseren aktuellen Stahlbetonnormen für den Hochbau sind immerhin Regelungen im Umfang von achteinhalb Seiten den Rissen gewidmet. Dazu kommen im Nationalen Anhang zur europäischen Norm sechs weitere Seiten, also insgesamt fast 15 Seiten Regelungen – so viele wie nie zuvor in einer deutschen Norm. Die Norm bezieht sich jedoch fast ausschließlich auf die Rechenwerte der Rissbreite w_k , die durch die Maximalwerte w_{\max} limitiert sind. Mit diesen Regelungen sind dem Tragwerksplaner gleichzeitig Arbeitsmittel an die Hand gegeben worden, um die technischen Regeln im Vorbereitungsprozess in den Planungsunterlagen umsetzen zu können. Mit dem genormten Berechnungsverfahren für den Rechenwert der Rissbreite an einem Bauteil kann zu einem konkreten Riss im Bauwerk allerdings wenig Brauchbares ausgesagt werden. Damit werden nur bestimmte Eigenschaften des potenziell größten Risses am Bauteil beschrieben. Ob der Riss mit der potenziell größten Rissbreite tatsächlich im konkreten Fall am Bauwerk auftritt, ist ungewiss und nicht überprüfbar. Dazu würden die Verbundfestigkeit zwischen Bewehrungsstahl und Beton und die zentrische Betonzugfestigkeit benötigt. Beide Festigkeitseigenschaften werden für den am Bauwerk verwendeten Beton nicht bestimmt, sondern mit Hilfe der Betondruckfestigkeit abgeschätzt. Eine recht große Streuung wird dabei in Kauf genommen.

Was die Norm außer Acht lässt, sind die realen Rissbreiten am Bauwerk, die bereits entstanden sind, wenn es Anlass zur Beschäftigung mit ihnen gibt. Sie spielen in der Arbeit des planenden Ingenieurs praktisch keine Rolle, ebenso wie im Normentext. Wenn der Tragwerksplaner seine Rissbreitennachweise bearbeitet, gibt es diese Risse noch gar nicht, und das trifft auch auf das Bauwerk zu.

Anders ist das bei Rissen am Bauwerk, die bei Schäden oder Auffälligkeiten von einem Sachverständigen zu begutachten sind oder die beim Bauen im Bestand den Entwurf beeinflussen können. Das sind konkrete Tatsachen, die sicht- und messbar sind. Die in der Planung benutzten Rechenwerte sind ideelle Werte, deren Eigenschaften nur mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten beschrieben werden können. Reale Risse und reale Rissbreiten sind Tatsachen mit einer Wahrscheinlichkeit von 100 %. Sie sind das Arbeitsfeld der Gutachter und Sachverständigen und erfordern zum Teil

etwas andere Werkzeuge und vor allem andere Maßstäbe für die Bewertung von Risserscheinungen. Auch unterscheiden sich die (vermeintlichen) Genauigkeiten der Rissbreiten in der Realität von denen mit beliebiger Nachkommastellenzahl berechenbaren rechnerischen Rissbreiten.

Bei rechnerischen Rissbreiten sind im Regelwerk Abstufungen bis herunter zu 0,05 mm enthalten. In der WU-Richtlinie werden für den Entwurfsgrundsatz \boxed{b} je nach der maximalen Wasserdruckhöhe Trennrissbreiten von 0,10 mm, 0,15 mm oder 0,20 mm empfohlen, obwohl die Messgenauigkeit der Rissbreite beim realen Riss nur etwa 0,05 mm beträgt. Trotzdem hat diese Feinabstufung der Rechenwerte ihre Berechtigung, weil damit auch eine sinnvolle Abstufung in der Bewehrungskonstruktion erreicht wird. Bei realen Rissen mutet eine so feine Abstufung von Messwerten etwas unwirklich an. Umgekehrt sollen zulässige Werte aus den Tabellen der Norm nicht einfach auf reale Messwerte der Rissbreite angewandt werden. Messwerte und Rechenwerte haben unterschiedliche Wurzeln und sind nur dem äußeren Anschein nach miteinander verwandt. Angaben zu zulässigen rechnerischen Rissbreiten sind im Normenwerk nur mit einer Nachkommastelle in Millimeter enthalten.

Steht das Bauwerk erst, dann treten auch Risse auf, und der Bauherr reagiert unzufrieden. In dieser Phase sind Risse oft Streitgegenstand zwischen Bauunternehmen und Bauherrn. Manchmal wird ein solcher Streit vor Gericht ausgetragen, und da ist es schlecht bestellt mit den anerkannten Regeln der Technik, sowohl im Vorschriftenwerk als auch außerhalb, wenn z. B. zulässige Rissbreiten als Zahlenwerte benötigt werden. Häufig werden dann Anleihen bei den Rechenwerten der Norm aufgenommen, obwohl das zu Fehlern und Trugschlüssen führen kann.

Die Frage nach der Zulässigkeit einer bestimmten Rissbreite am Bauwerk ist mit dem gültigen Regelwerk nicht zu beantworten, und die Regeln der Technik sind nicht so allgemein anerkannt, dass es unter Fachleuten keine Diskussion über solche Fragen gäbe. Der Streit kann schon mit der Messung der Rissbreite am Objekt beginnen. Es gibt keine Prüfvorschrift für die Rissbreitenmessung, obwohl in der Praxis relativ viel gemessen wird. Es gibt auch keine anerkannte Definition für die Rissbreite. Das bedeutet, dass wir im Zusammenhang mit Rissen und Rissbreiten mit mehrdeutigen Begriffen umgehen müssen, die Anlass zum fachlichen Streit geben können. Auch der Streit, der sich aus dem Vergleich einer realen Rissbreite (Messwert) mit einem Rechenwert in der Tragwerksplanung ergeben kann, steht auf schwankendem Grund und darf nicht zum Maßstab für eine Zahlung gemacht werden. Dafür ist ein solcher Vergleich ungeeignet.

In dem vorliegenden Buch wird versucht, einige dieser Fragen zu beantworten und für andere Fragen Anregungen zu geben, wie Antworten gefunden werden können. Dort, wo solche Anregungen nicht auf Zustimmung stoßen, wären sachliche Diskussionen und ein wissenschaftlicher Meinungsstreit sehr willkommen. Das Fehlen von Regeln für reale Risse hat dazu geführt, dass viele Regelungen für die Rechenwerte der Rissbreite durch flüchtiges Lesen der Texte automatisch auf reale Risse angewandt wurden und werden, obwohl das in der Einführungsliteratur zur Norm ausdrücklich ausgeschlossen wird. Da wird der Rechenwert der Rissbreite schnell zur realen Rissbreite. Damit kann ein Bedeutungswandel verbunden sein, der eine richtige Aussage verfälschen kann.

So haben wir in der Theorie der Rissbreitenberechnung ein anspruchsvolles, wenn auch noch nicht perfektes Bearbeitungsniveau. Im praktischen Umgang mit realen Rissen stoßen wir schnell an die Grenzen unseres Wissens und unserer Normen-inhalte. Auf der Baustelle gibt es nur das fachliche Allgemeinwissen des Ingenieurs, das individuell sehr unterschiedlich ist, und das Recht des Stärkeren. Wenn der Bauleiter mit Rissen zu tun hat, sind das oft unangenehme Dinge. Er muss auf Mängelanzeigen reagieren und finanzielle Ansprüche zur Instandsetzung gerissener Flächen abwehren oder minimieren. Dazu ist ein gewisses Maß an technischen Kenntnissen notwendig. Geschick und Durchsetzungsvermögen sind in dieser Situation meist wichtiger als Detailwissen. Aber noch wichtiger scheint die Kenntnis der theoretischen und praktischen Zusammenhänge zu sein, weil sie die Beurteilung auch komplexer Erscheinungen erleichtert, manchmal sogar erst ermöglicht.

Dass die meisten Begriffe mit dem Wortstamm »Riss« in der Fachsprache mit unscharfer Bedeutung benutzt werden, fällt erst auf, wenn man sich etwas gründlicher mit dem Stoff beschäftigt. Allein für den Begriff »Rissbreite« gibt es im technischen Sprachgebrauch ungefähr ein halbes Dutzend Bedeutungen. Da ist es nicht verwunderlich, wenn es in der Realität auch mehr als einen Zahlenwert der Rissbreite für ein und denselben Riss gibt. Die Folge ist, dass manchmal aneinander vorbeigeredet wird. In diesem Buch gibt es den Versuch, viele Begriffe unterscheidbar zu machen. Ein Anhang enthält einige wichtige, im Text benutzte Begriffe, deren Bedeutung im Verständnis des Autors kurz erläutert wird. Das soll helfen, Begriffe eindeutig zu verwenden.

In einem weiteren Anhang werden die Grundlagen der Rissbreitenmessung als Handlungsanweisung zusammengestellt. Diese Kurzfassung enthält Anweisungen ohne Begründungen und Erläuterungen. Die können im Buch nachgeschlagen werden.

Das Buch wendet sich an alle, die mit der Aufnahme und Beurteilung von Rissen und Rissbildern an Bauwerken aus Stahlbeton zu tun haben, aber auch an interessierte Nicht-Fachleute, die etwas mehr über reale Risse am Bauwerk erfahren möchten. Bezüglich der Berechnung von Rissbreiten wird auf die umfangreiche Fachliteratur zu dieser Thematik verwiesen. Darauf wurde hier verzichtet.

Ich hoffe, dass mit den Anregungen dieses Büchleins auch Diskussionsstoff für die interessierte Fachwelt angeboten wird, um wenigstens einige der erläuterten Probleme einer allgemein akzeptierten Lösung zuzuführen.

Bei allen Kollegen, mit denen ich einige der Fragen in diesem Buch diskutieren konnte, bedanke ich mich. Sie haben ihren Anteil am Gelingen des Buches. Besonders danke ich dem Fraunhofer IRB Verlag für die gute Ausstattung des Buches und die gewohnt angenehme Zusammenarbeit, namentlich mit Herrn Dipl.-Ing. Thomas Altmann, stellvertretend für alle beteiligten Mitarbeiter.

Im April 2023

Der Autor

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Vorwort | 5 |
| 1 Einführung | 13 |
| 1.1 Risse im Stahlbetonbau – eine ungeliebte Notwendigkeit | 13 |
| 1.2 Ein Riss ist mehr als ein Spalt mit zwei Rissufern | 16 |
| 1.3 Rissbreiten, Rissuferverschiebungen und andere mehrdeutige Begriffe | 20 |
| 2 Die Dokumentation von Rissen und das Zeichnen von Rissbildern | 25 |
| 2.1 Wann ist es zweckmäßig, ein Rissbild zu zeichnen? | 25 |
| 2.2 Was beim Skizzieren eines Rissbildes zu beachten ist | 27 |
| 2.3 Kommentierte Beispiele für gezeichnete Rissbilder bei ungewöhnlichen Rissbildungen | 30 |
| 2.3.1 Beispiel 1: Risse infolge des Auftriebs einer 300 mm dicken Bodenplatte einer Schulsporthalle bei zeitweilig drückendem Wasser | 30 |
| 2.3.2 Beispiel 2: Vergleich von unterschiedlich alten Rissbildern | 34 |
| 2.3.3 Beispiel 3: Wasserführende Risse in der 900 mm dicken Bodenplatte einer Tiefgarage | 36 |
| 2.3.4 Beispiel 4: Rissbilder an der Ober- und an der Unterseite von Zwischenebenen in Tiefgaragen | 38 |
| 2.3.5 Beispiel 5: Rissbilder in Elementdecken | 39 |
| 2.3.6 Beispiel 6: Rissbilder für zwei 3,00 m dicke Flusspfeiler eines Wasserbauwerks | 41 |
| 2.3.7 Beispiel 7: Schwach bewehrte Bodenplatte einer Tiefgarage in einem Mehrfamilienhaus | 42 |
| 3 Die Rissbreitenmessung am Stahlbetonbauwerk und im Labor | 45 |
| 3.1 Das Messobjekt Riss und seine Mehrdeutigkeit | 45 |
| 3.2 Die Rissbreitenmessung und ihre Auswertung | 46 |
| 3.3 Die verschiedenen Auswertungsmöglichkeiten einer Rissbreitenmessung verursachen weitere Möglichkeiten für Differenzen der Messwerte am gleichen Riss | 50 |
| 3.4 Standardkonfiguration für Rissbreitenmessungen, mit denen viele Messaufgaben für Rissbreiten durchführbar sind | 54 |
| 3.5 Besonderheiten der Rissbreitenmessung unter Laborbedingungen | 59 |
| 3.6 Optische Messverfahren – eine Auswahl | 63 |
| 3.6.1 Optische Messung mit dem Vergleichsmaßstab | 63 |
| 3.6.2 Optische Messung mit der Rissmesslupe | 64 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.7 | Wegmessverfahren – ausgewählte Beispiele | 65 |
| 3.7.1 | Wegmessverfahren mit induktiven Wegaufnehmern | 66 |
| 3.7.2 | Wegmessung der Rissbreite mit dem Setzdehnungsmesser | 67 |
| 3.7.3 | Eine genormte Wegmessung der Rissuferverschiebung zur Bestimmung der rissüberbrückenden Eigenschaften von Beschichtungen | 69 |
| 3.8 | Langzeitbeobachtung von Rissbreitenänderungen | 70 |
| 3.8.1 | Gipsmarken | 70 |
| 3.8.2 | Rissmonitore | 72 |
| 3.8.3 | Induktive Wegaufnehmer mit einem Datenlogger | 73 |
| 3.9 | Tipps und Ratschläge für die Messung von Rissbreiten | 74 |
| 3.9.1 | Allgemeine Regeln und Tipps für die Rissbreitenmessung | 74 |
| 3.9.2 | Ein Beispiel für ungewöhnlich breite und trotzdem, akzeptable Biegerisse während einer Instandsetzung | 80 |
| 3.10 | Die Messgenauigkeit und vermeidbare Messfehler | 83 |
| 3.10.1 | Ursache 1 für eine Messunsicherheit: Mehrere Wahlmöglichkeiten der Rissbreitenmessung und -auswertung bedingen mehrere Rissbreitenwerte am gleichen Riss | 83 |
| 3.10.2 | Ursache 2 für eine Messunsicherheit: Die natürliche Streuung der realen Rissbreiten als objektive Quelle von Messungenauigkeiten | 83 |
| 3.10.3 | Ursache 3 für eine Messunsicherheit: Subjektiv bedingte Ungenauigkeiten beim Messvorgang | 85 |
| 3.11 | Ein Beispiel für die Messunsicherheit bei realen Rissbreiten | 87 |
| 3.12 | Hinweise für die Rissbreitenmessung bei sehr kleinen Rissbreiten unter 0,2 mm | 92 |
| 4 | Die häufigsten Gefährdungen, die von Rissen ausgehen und die zugehörigen Rissbreiten | 95 |
| 4.1 | Allgemeines | 95 |
| 4.2 | Gefährdung der Dauerhaftigkeit eines Bauteils durch Korrosion der Bewehrung | 96 |
| 4.3 | Gefährdung der Dichtigkeit von WU-Bauwerken oder -bauteilen | 97 |
| 4.4 | Mögliche Überdehnung rissüberbrückender Beschichtungen durch zu große Rissbreiten | 99 |

| | | |
|---|---|------------|
| 5 | Akzeptabel oder inakzeptabel – die Bewertung von Messungen der Rissbreite | 101 |
| 5.1 | Die Suche nach einer »zulässigen Rissbreite« für den realen Riss am Bauwerk | 101 |
| 5.2 | Rechenwert der Rissbreite und angeblich zuordenbare Messwerte der Rissbreite am Bauwerk sind nicht miteinander vergleichbar | 107 |
| 5.3 | Beispiel für am Bauwerk nachgemessene Rissbreiten und Vergleich mit Grenzen für rechnerische Rissbreiten | 112 |
| 5.4 | Unter welchen Bedingungen und wie weit sich ein Riss auch nach dem Messzeitpunkt noch weiter öffnet oder schließt – Rissuferbewegungen? | 118 |
| Anhang 1 | | 125 |
| Arbeitsblatt – Zweckgebundene Messung der Rissbreite und der Rissuferverschiebung im Stahlbeton | | 125 |
| 1 | Allgemeines | 125 |
| 1.1 | Anwendungsbereich | 125 |
| 1.2 | Die Begriffe Rissbreite und Rissuferverschiebung | 125 |
| 2 | Grundregeln für die Messung der Rissbreite oder der Rissuferverschiebung | 127 |
| 3 | Die Messung von Rissbreite und Rissuferverschiebung | 128 |
| 3.1 | Die Wahl der Messstellen | 128 |
| 3.2 | Hinweise für die Langzeitmessung von Rissbreitenänderungen | 129 |
| 3.3 | Hinweise für besondere Mess-Situationen | 129 |
| 4 | Aufbereitung der Messergebnisse | 130 |
| Anhang 2 | | 133 |
| Begriffe für den Umgang mit realen Rissen im Stahlbetonbau | | 133 |
| Literatur | | 137 |
| Stichwortverzeichnis | | 139 |

1 Einführung

1.1 Risse im Stahlbetonbau – eine ungeliebte Notwendigkeit

Bereits im ersten Bemessungsansatz für biegebeanspruchte »Moniersche Cementplatten mit Eiseneinlagen« hat Matthias Koenen im Jahr 1886 die Betonzugspannungen in der Biegezugzone vernachlässigt und damit ganz bewusst die Entstehung von Biege-
rissen in Kauf genommen. Bild 1.1 zeigt die Originalskizze mit der dreieckförmigen Druckspannungsverteilung und der Nulllinienlage in der Mitte der Querschnittshöhe.

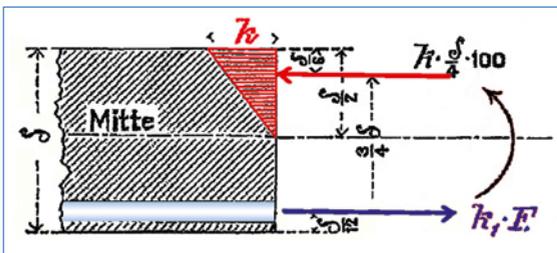


Bild 1.1 Skizze zum ersten Bemessungsansatz für eine »Moniersche Cementplatte mit Eiseneinlage« bei reiner Biegung von Mathias Koenen

Im »Centralblatt der Bauverwaltung« vom 20. November 1886 wird dazu von Koenen ausgeführt:

»Denn es darf von vornherein als unwahrscheinlich bezeichnet werden, dass das Eisen und der Cement zum gleichzeitigen Tragen gelangen; vielmehr ist anzunehmen, dass der sprödere Stoff im Anfang allein beansprucht wird, und dass der dehnbare erst in Wirkung tritt, wenn der erstere schon gerissen ist. Der Erfinder hat diesen Uebelstand zwar dadurch zu beheben versucht, dass er den Cement möglichst nur auf Druck, das Eisen nur auf Zug beansprucht...«

Der Bemessungsansatz zeichnet sich dadurch aus, dass nur Biegedruckspannungen in dreieckförmiger Verteilung in der Betondruckzone angesetzt werden. Der Beton in der Zugzone wird als gerissen und spannungslos angenommen. Die Nulllinienlage wurde in der halben Querschnittshöhe angesetzt. Heute errechnen wir sie aus dem Gleichgewicht der inneren Kräfte. Alle Biegezugspannungen werden dem Bewehrungsstahl zugewiesen und für den Beton bewusst vernachlässigt. Dieser Bemessungsansatz hatte mit einigen Verfeinerungen bis in die 1960er-Jahre Bestand und war als n-Verfahren weit verbreitet. Die Rissbildung ist in diesem Zitat als selbstverständlich vorausgesetzt, aber auch als Übelstand bezeichnet worden.

So war die Bildung von Rissen in konstruktiven Stahlbetonbauteilen von Anfang an geplant und wurde bei der Konstruktion berücksichtigt. Trotzdem haben die Preussischen Staatsbahnen 1906 für ihre Bauwerke eine Sicherheit gegen das Auftreten von Biegezugrissen von 1,5 bis 2,5 gefordert. Diese Forderung wurde erst 1925 aufgehoben.