

Professor Dr.-Ing. Peter Schießl

Dienststelle:

Baustoffinstitut
Technische Universität München
Baumbachstraße 7, 81245 München

Telefon (089) 289 270 62
Telefax (089) 289 270 64
e-mail: schiessl@baustoffe. bauwesen. tu-muenchen.de

Ingenieurbüro:
Schiessl · Raupach
Consulting · Engineering
Waldpromenade 56
D-82131 Gauting

Telefon (089) 89 30 90 39
Telefax (089) 89 30 91 88
e-mail: Peter.Schiessl@t-online.de

19. August 1998 Schi/MB
d:\schiessl\b6008-1.doc

Gutachtliche Stellungnahme
Beurteilung von Rissen in Elementdecken

B 6008

Auftraggeber: **BDB-Fachgruppe**
 Betonbauteile mit Gitterträgern
 Postfach 21 02 67
 53157 Bonn

Das Gutachten umfaßt 14 Seiten – davon 3 Bildseiten

INHALTSVERZEICHNIS

1. PROBLEMSTELLUNG

2. GRUNDSÄTZLICHES ZUR RISSBILDUNG IM STAHLBETONBAU
 - 2.1 PRINZIP DES STAHLBETONS
 - 2.2 NOTWENDIGKEIT ZUR RISSBREITENBESCHRÄNKUNG
 - 2.3 URSACHE VON RISSEN

3. RISSBILDUNG IN ELEMENTDECKEN
 - 3.1 URSACHEN UND ERSCHEINUNGSFORMEN VON RISSEN
 - 3.2 BEURTEILUNG VON RISSEN IN ELEMENTDECKEN

4. ZUSAMMENFASSUNG

1. PROBLEMSTELLUNG

Rißbildung in Stahlbetonbauteilen führt häufig zu Beanstandungen durch Bauherren bzw. deren Vertreter. Dies gilt auch für gelegentlich auftretende Risse in Elementdecken. In den nachfolgenden Ausführungen werden mögliche Ursachen für Rißbildungen in Elementdecken beschrieben und deren Auswirkung auf die Gebrauchsfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit beurteilt.

2. GRUNDSÄTZLICHES ZUR RISSBILDUNG IM STAHLBETONBAU

2.1 PRINZIP DES STAHLBETONS

Beton weist bekanntermaßen eine hohe Druckfestigkeit, demgegenüber aber nur eine geringe Zugfestigkeit auf. Die Zugfestigkeit des Betons beträgt größenordnungsmäßig nur etwa ein Zehntel seiner Druckfestigkeit, die dabei auftretenden Zugbruchdehnungen sind mit etwa 0,1 bis 0,15 % äußerst gering. Beton kann somit bei Zugbeanspruchung als spröder Werkstoff eingestuft werden.

Um die Druckfestigkeit bei anderen Beanspruchungen als reiner Druckbeanspruchung, z. B. Biege- oder Schubbeanspruchung, ausnutzen zu können, werden in Betonquerschnitten in den Bereichen Betonstahlbewehrungen eingelegt, in denen planmäßig Zugspannungen auftreten bzw. nicht ausgeschlossen werden können. Wird die Zugfestigkeit des Betons örtlich überschritten, treten im Beton Risse auf, die freiwerdenden Zugkräfte werden dann von der eingelegten Betonstahlbewehrung übernommen. Risse gehören somit zum Prinzip des Stahlbetonbaus und sind deshalb in der Regel planmäßig und unschädlich, sofern in Abhängigkeit von der Nutzung des Bauteils bestimmte Grenzwerte hinsichtlich Art und Breite der Rißbildung nicht überschritten werden. Die in Betonbauteile eingelegte Bewehrung kann und soll Risse nicht verhindern, lediglich die Bewehrungsführung soll sicherstellen, daß unerwünschte Rißbildung vermieden wird.

2.2 NOTWENDIGKEIT ZUR RISSBREITENBESCHRÄNKUNG

Die Notwendigkeit zur Rißbreitenbeschränkung ergibt sich aus mehreren Gründen:

Tragfähigkeit:

Wenn z. B. bei biegebeanspruchten Bauteilen die Rißbreiten zu groß werden, können die Rotationsfähigkeit des Querschnittes, d. h. die übertragbare Druckkraft und dadurch das aufnehmbare Moment durch Einschnürung der Druckzone unzulässig beeinträchtigt werden. Risse unter größenordnungsmäßig 0,5 mm sind in diesem Zusammenhang kein Problem.

Korrosionsschutz der Bewehrung:

Im Bereich von Rissen im Beton kann der durch die Alkalität des Betonporenwassers gegebene Korrosionsschutz der Bewehrung örtlich aufgehoben werden. Depassivierende Auslöser können die Carbonatisierung der Rissufer oder das Eindringen von Chloriden z. B. aus Tausalzen sein. Durch Beschränkung der Rißbreiten kann eine Depassivierung der Bewehrung im Stahlbetonbau mit wirtschaftlichen Mitteln nicht sichergestellt werden. Maßgeblich für einen ausreichenden Korrosionsschutz der Bewehrung ist bei Außenbauteilen nicht die Breite der Risse im üblichen Bereich (zwischen 0,1 und 0,4 mm), von entscheidender Bedeutung ist die Qualität der Betondeckungsschicht. Qualität bedeutet in diesem Zusammenhang geringe Durchlässigkeit (durch ausreichend geringen w/z-Wert und gute Nachbehandlung) und ausreichende Dicke. Wenn die Vorgaben der einschlägigen Vorschriften (DIN 1045) eingehalten sind, kann von einer ausreichenden Dauerhaftigkeit bezüglich Korrosionsschutz bei Außenbauteilen auch im Bereich von Rissen, die die Bewehrung kreuzen, ausgegangen werden.

Undurchlässigkeit:

An bestimmte Bauteile werden Anforderungen an die Undurchlässigkeit, z. B. Wasserundurchlässigkeit von weißen Wannen oder Wasserbehältern, gestellt. In diesem Fall spielt

die Beschränkung der Breite von Rissen, die über den gesamten Betonquerschnitt reichen, eine entscheidende Rolle. Wenn die Rißbreiten ausreichend beschränkt werden, kann man nach anfänglichen Durchlässigkeiten von einem Ausheilen der Risse ausgehen. Als ganz grober Anhaltswert, der ein Ausheilen von Rissen erwarten läßt, kann man eine Rißbreite von 0,15 mm angeben.

Ästhetik:

Die Ästhetik spielt bei der Begrenzung von Rißbreiten eine wichtige Rolle. Breite Risse verursachen beim betrachtenden Laien gegebenenfalls Unsicherheit und sind außerdem ganz generell ästhetisch unbefriedigend. Bezüglich der Ästhetik hängt die Grenzzißbreite vom Abstand des Betrachters von der Betonoberfläche ab. Für übliche Abstände von 1 bis 2 m kann als Grenzwert etwa von einer Rißbreite von 0,4 mm ausgegangen werden. Dies ist auch der Grenzwert, der in DIN 1045 für Innenbauteile festgelegt worden ist.

2.3 URSACHEN VON RISSEN

Risse in Stahlbetonbauteilen können unterschiedliche Ursachen haben. Die überwiegende Mehrzahl aller Risse können auf eine der folgenden Ursachen zurückgeführt werden:

- Lastbeanspruchungen
- behinderte Verformungen bzw. Bewegungen
- Betontechnologie
- Umwelteinwirkungen

Die Rißbreitenbeschränkungsregeln in den einschlägigen Vorschriften, z. B. DIN 1045, behandeln nur die beiden erstgenannten Aspekte. Den beiden letzten Aspekten wird in den Vorschriften nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt, obwohl Risse aus diesen Ursachen häufig sehr viel breiter werden als aus Last- bzw. Zwangbeanspruchung.

Risse aus Lastbeanspruchung:

Bei planmäßig auftretenden Lasten und ausreichend dimensionierter Bewehrung bleiben Risse infolge Lastbeanspruchung in der Regel gering ($< 0,4$ mm), auch wenn keine besonderen Maßnahmen zur Rißbreitenbeschränkung getroffen werden. Dies gilt insbesondere für biegebeanspruchte Bauteile. Wenn die Regeln zur Rißbreitenbeschränkung nicht ausreichend beachtet werden, können breitere Risse aber bei Zug- und Torsionsbeanspruchung auftreten.

Risse durch behinderte Verformungen:

Eine Behinderung lastunabhängiger Verformungen z.B. aus abfließender Hydratationswärme, Schwinden, Temperaturschwankungen während der Nutzung und Bauwerksverformungen z. B. aus Baugrundsetzungen, kann zu sehr breiten Rissen führen, wenn die Zwangbeanspruchung nicht durch entsprechende Bewehrung zur Rißbreitenbeschränkung berücksichtigt wird. Entsprechende Regeln enthält z. B. die DIN 1045.

Die genannten Beanspruchungen erzeugen aber immer auch Eigenspannungen über den Querschnitt, da z. B. bei abfließender Hydratationswärme oder Schwinden die Verformungen an den Bauteiloberflächen immer größer sind als im Kern der Bauteile. Diese Verformungsunterschiede über den Querschnitt führen zu Zugspannungen an den Bauteiloberflächen und zu Druckspannungen im Bauteilinneren. Wenn die Zugspannungen die Zugfestigkeit überschreiten, treten an der Oberfläche feine, meist netzartige Rißbildungen auf, die allerdings in der Regel nur wenige Zentimeter ins Innere reichen, sehr schmal bleiben ($< 0,1$ mm) und im allgemeinen für die Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit ohne Belang sind. Sie können bei oberflächlichen Aussinterungen allerdings ästhetisch sehr unbefriedigend werden.

Betontechnologie:

Unsachgemäße Betonzusammensetzung bzw. Verarbeitung und Nachbehandlung kann unter

Umständen starke Rißbildung zur Folge haben. Typische Erscheinungsformen solcher Rißbildung sind z. B. Risse durch plastische Verformungen (Setzung) des Betons nach dem Verdichten. Solche Risse treten in der Regel über den obenliegenden Bewehrungsstäben etwa 10 Minuten bis 3 Stunden nach dem Verdichten auf und folgen dem Verlauf der Bewehrung.

Risse aus chemischem Schwinden (auch Schrumpfen oder Frühschwinden genannt) treten in der Regel etwa 30 Minuten bis 6 Stunden nach dem Betonieren auf. Bewehrung ist nicht in der Lage, diese Art von Rißbildung zu beschränken, die Risse können sehr breit werden und auch über den gesamten Querschnitt reichen. Besonders bei ungünstigen Witterungsbedingungen (hohe Temperaturen und Wind) besteht die Gefahr für diese Art von Rißbildung. Nur unmittelbare Nachbehandlung nach dem Verdichten, z. B. durch Abdecken oder Bewässern, kann diese Art Rißbildung sicher ausschließen.

Rißbildung infolge Umwelteinwirkungen:

Durch Bewehrungskorrosion, Alkalizuschlagreaktion und auch Frosteinwirkung können unter Umständen sehr breite Risse entstehen.

Bei der Beurteilung von Rissen in Stahlbetonbauteilen muß die Ursache zweifelsfrei geklärt werden. Nur dann kann die Frage der Auswirkungen der Rißbildung sowie deren Instandsetzungsbedürftigkeit sowie gegebenenfalls die Wahl zweckmäßiger Instandsetzungsverfahren der jeweiligen Problemstellung angemessen beantwortet werden.

3. RISSBILDUNG IN ELEMENTDECKEN

3.1 URSACHEN UND ERSCHEINUNGSFORMEN VON RISSEN

Die Ursachen von Rissen in den Fertigplatten von Elementdecken können gegenüber den in Abschnitt 2 beschriebenen Ursachen und Erscheinungsformen stark eingegrenzt werden. Die Beanspruchungszustände von Elementdecken, die zu Rissen in den Fertigplatten führen können, können folgendermaßen differenziert werden (siehe hierzu auch Bild 1).

Abheben aus der Schalung:

Bei bestimmten Produktionsverfahren müssen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit die Fertigplatten zu einem relativ frühen Zeitpunkt aus der Schalung gehoben werden. In der Regel weisen die Fertigplatten zu diesem Zeitpunkt ausreichende Festigkeiten auf, um diese Beanspruchung rißfrei aufnehmen zu können. Nur in Einzelfällen kann es zur Rißbildung beim Abheben aus der Schalung kommen.

Transport und Montage:

Bei Transport und Montage gilt ebenfalls, daß bei sachgerechtem Vorgehen Risse in den Fertigplatten nicht auftreten. Lediglich bei unplanmäßigen Beanspruchungen, z. B. starke Stoßbeanspruchungen, kann vereinzelt Rißbildung auftreten.

Betonieren:

Entsprechend den Regeln in den bauaufsichtlichen Zulassungen dürfen in Abhängigkeit der Ausführung der Fertigplatten und der Dicke der aufzubringenden Ortbetonschicht bestimmte Montagestützweiten nicht überschritten werden. Diese Montagestützweiten sind in Zulassungsversuchen festgelegt worden. Kriterien bei der Festlegung der Montagestützweiten sind in den Zulassungen ausschließlich Tragfähigkeitsaspekte. Rißbildung in den Fertigplatten ist dabei ein planmäßiger Zustand. Wenn beim Aufbringen des Ortbetons also Risse auftreten, ist dies in der Regel ein planmäßiger Zustand. Rißbildung tritt allerdings nicht zwangsläufig auf, sondern nur ab bestimmten Grenzmontagestützweiten.

Nutzung:

Während der Nutzung und den dabei auftretenden Beanspruchungen verhält sich die Elementdecke im wesentlichen wie eine Ortbetondecke. Aus Last- und Zwangbeanspruchungen entstehen Kurzzeit- und Langzeitverformungen, die in bestimmten Fällen zur Rißbildung führen. Auch diese Art von Rißbildung ist planmäßig, sofern bestimmte Grenzißbreiten nicht überschritten werden.

3.2 BEURTEILUNG VON RISSEN IN ELEMENTDECKEN

Risse in Fertigplatten, die beim Abheben aus der Schalung, beim Transport und Montage oder beim Aufbringen des Ortbetons entstehen, können auch über die gesamte Dicke der Fertigplatte reichen (siehe hierzu Bild 2), da der Obergurt der Gitterträger bei Druckbeanspruchung die Biegedruckkraft überträgt. In diesem Fall tritt beim Aufbringen und insbesondere Rütteln des Frischbetons in der Regel Wasser durch die Risse, das zu einer Durchfeuchtung der Risse und der Fertigplattenunterseiten einige Millimeter bis Zentimeter neben den Rissen führt. Im durchfeuchteten Zustand erscheinen die Risse wesentlich breiter als sie tatsächlich sind. Nach dem Erstarren des Frischbetons trocknen die durchfeuchteten Rißränder in der Regel ab, gegebenenfalls bleiben weißliche Ablagerungen zurück. Dabei handelt es sich um Calciumcarbonat. Das Wasser aus dem Frischbeton enthält Calciumhydroxid, das nach dem Abtrocknen an der Betonoberfläche zurückbleibt und mit dem CO₂ der Luft zu Calciumcarbonat reagiert. Diese Calciumcarbonat-Rückstände sind zwar ästhetisch unbefriedigend, aber bezüglich der Eigenschaften der Fertigplatten als Haftgrund unschädlich. Sofern in Einzelfällen solche Ablagerungen größeres Ausmaß erreichen, reicht ein Abrüsten aus.

Im Montagezustand wird die Biegezugbewehrung in der Fertigplatte beim Aufbringen des Ortbetons planmäßig auf Zug beansprucht, wobei auch Rißbildung in diesem Beanspruchungszustand planmäßig ist. Ebenso planmäßig ist, daß nach dem Entfernen der

Montageunterstützungen ein anderes statisches System zur Aufnahme des Eigengewichts der Elementdecke und der Nutzlasten entsteht. Durch Kriechumlagerungen gleicht sich das System nach einer bestimmten Zeit dem eines monolithisch hergestellten biegebeanspruchten Bauteiles an. Bezüglich der zulässigen Rißbreiten solcher vor dem Erhärten des Ortbetons entstandener Risse gelten die Regeln der DIN 1045, d. h. Rechenwerte der Rißbreite von 0,4 mm für Innenbauteile und 0,25 mm für Außenbauteile. Rechenwerte bedeutet dabei, daß Einzelrisse auch breiter sein können und dürfen als diese Rechenwerte (siehe hierzu Erläuterungen zur DIN 1045, Heft 400 DAfStb).

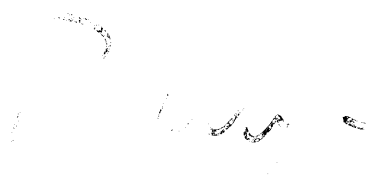
Risse, die nach dem Erhärten des Ortbetons und dem Entfernen der Montageunterstützung infolge Last- oder Zwangbeanspruchungen entstehen, sind wie Risse in monolithischen Querschnitten zu bewerten (siehe hierzu Bild 3). Bei Biegerissen, die nicht über den gesamten Querschnitt reichen, gilt aus ästhetischen Gründen und Gründen der Rotationsfähigkeit ein Rechenwert der Rißbreite von 0,4 mm. Einzelwerte sollten 0,5 mm nicht überschreiten. Für Außenbauteile ohne Chlorideinwirkung gilt ein Rechenwert der Rißbreite von 0,25 mm, Einzelwerte sollten 0,4 mm nicht überschreiten. Sofern es sich um Außenbauteile mit Chlorideinwirkung von unten handelt (wobei die Frage gestellt werden muß, in welchen Fällen dies vorkommt), sollten maximal Werte von 0,3 mm nicht überschritten werden.

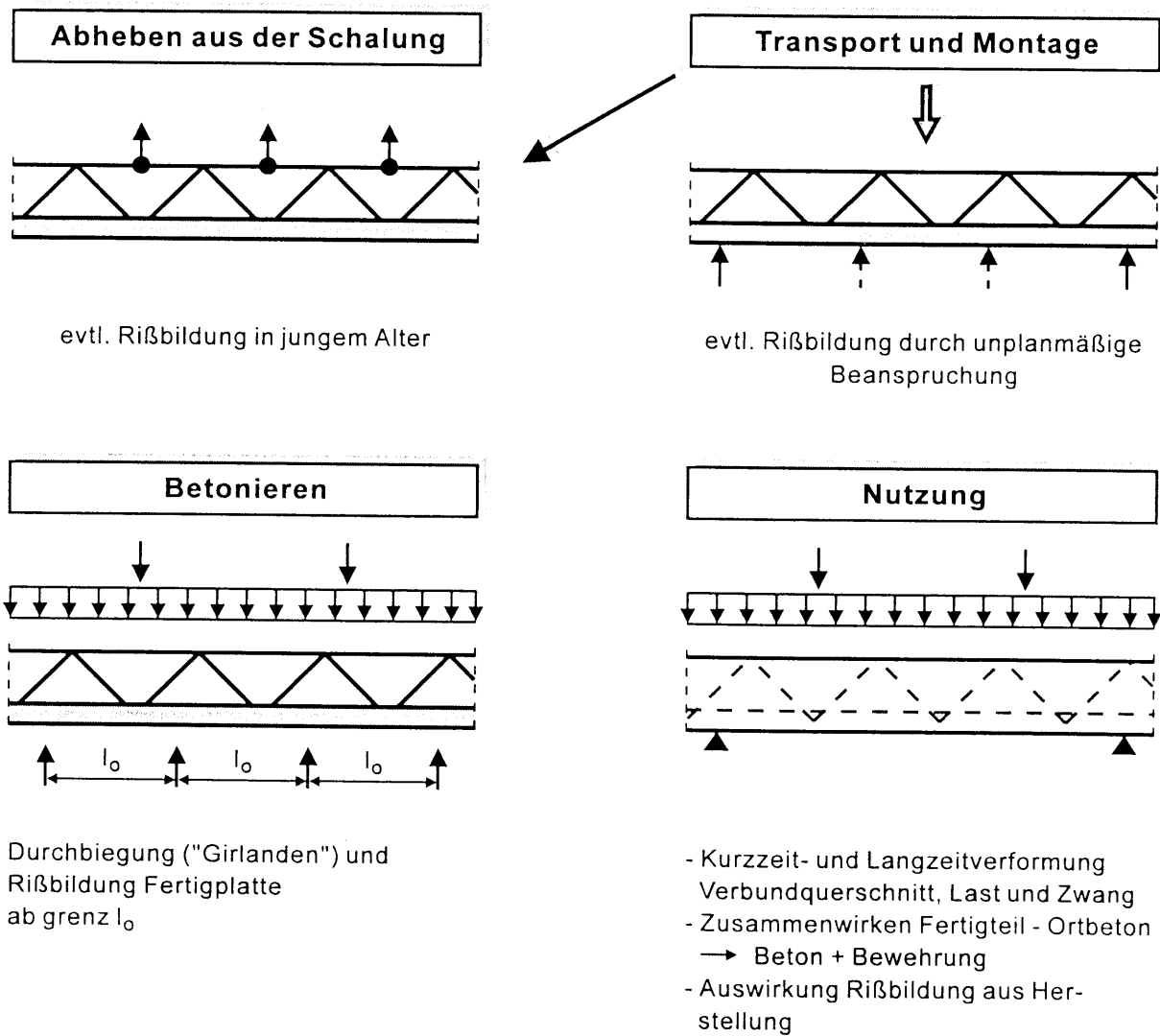
Im Fall von über den gesamten Querschnitt durchgehenden Rissen infolge Zwangbeanspruchung (solche Risse können von Rissen aus Transport- und Montagezuständen nur in der Fertigplatte auf einfache Weise dadurch unterschieden werden, daß sie in der Regel über Fertigplattenfugen hinweg verlaufen), gelten für Innenbauteile die gleichen Grenzwerte wie für Biegerisse (Rechenwert 0,4 mm, größte Einzelwerte 0,5 mm). Das Gleiche gilt für Außenbauteile ohne Chlorideinwirkung (Rechenwerte 0,25 mm und größte Einzelwerte 0,4 mm). Wenn allerdings flüssiges Wasser auf dem Bauteil aufsteht und Anforderungen an die Wasserundurchlässigkeit gestellt werden, sollten die Risse schmäler als 0,15 mm sein. Sofern auf der Bauteiloberfläche Chlordangriff z. B. aus Tausalzanwendung nicht auszuschließen ist (z. B. Tiefgaragen), ist zur Vermeidung von starken Korrosionsschäden an der Bewehrung zwingend eine Abdichtung erforderlich. Dies fordert im übrigen auch die DIN 1045 (siehe hierzu DIN 1045, Abschnitt 17.6.1 (5)).

Über den gesamten Querschnitt reichende Risse aus Zwangbeanspruchung (z. B. infolge Schwinden oder Temperatur) hängen von der Geometrie des gesamten Deckensystems, dem Schwinden des Ortbetons sowie gegebenenfalls stärkeren Temperaturunterschieden während der Nutzung zusammen. Sie haben in aller Regel mit der Ausführung des Deckensystems mit Fertigplatten und Ortbetonschicht nichts zu tun.

4. ZUSAMMENFASSUNG

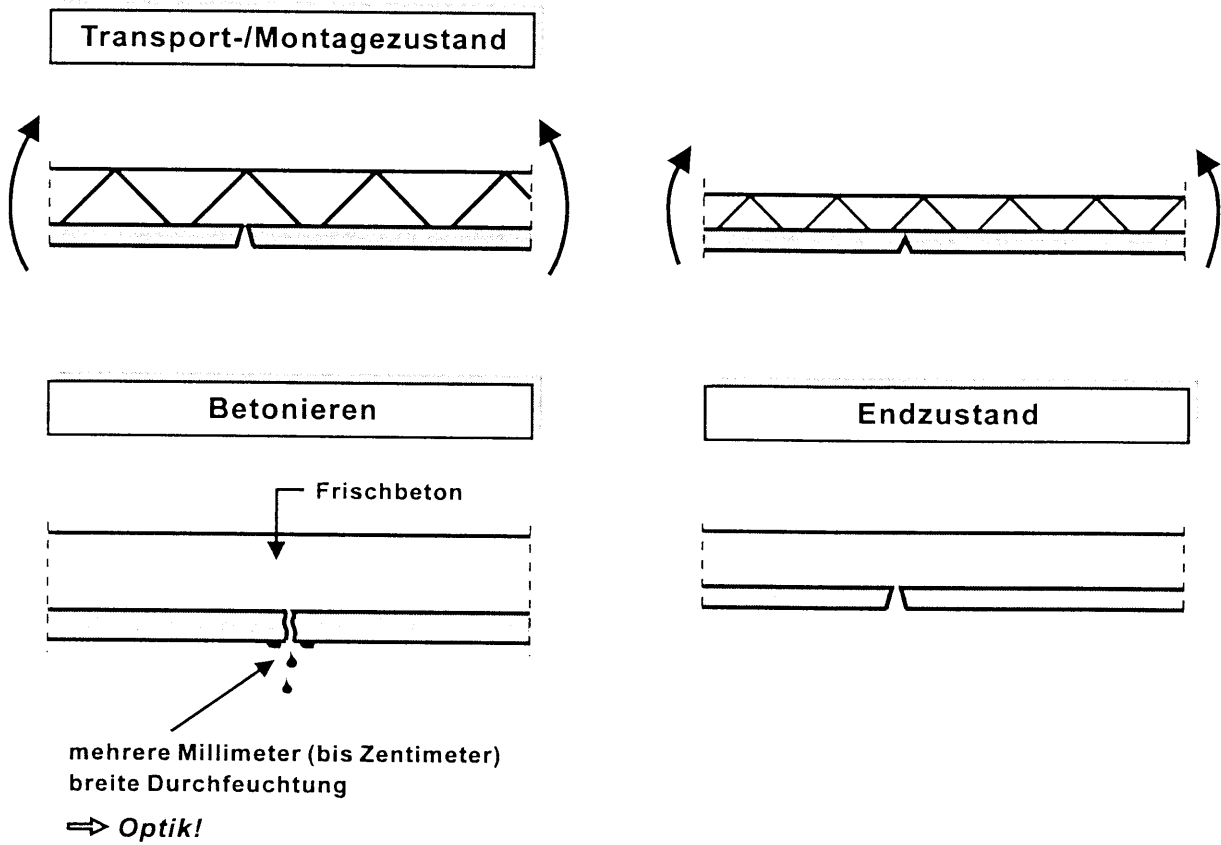
Risse gehören zu den Prinzipien des Stahlbetonbaus und stellen a priori keinen Mangel dar. Das gilt gleichermaßen für Ortbetonbauteile, Fertigteile bzw. Halbfertigteile wie Elementdecken. Bezüglich einzuhaltender Grenzwerte für Rißbreiten sind Elementdecken zu beurteilen wie Ortbetonbauteile. Gegebenenfalls vor dem Erhärten des Ortbetons aufgetretene Risse und damit verbundene Wasserdurchtritte durch die Fertigplatten beeinträchtigen die spätere Gebrauchstauglichkeit der Elementdecken nicht, sofern die dem Stand der Technik entsprechend anerkannten Grenzwerte für Rißbreiten nicht überschritten werden (siehe hierzu Abschnitt 3).





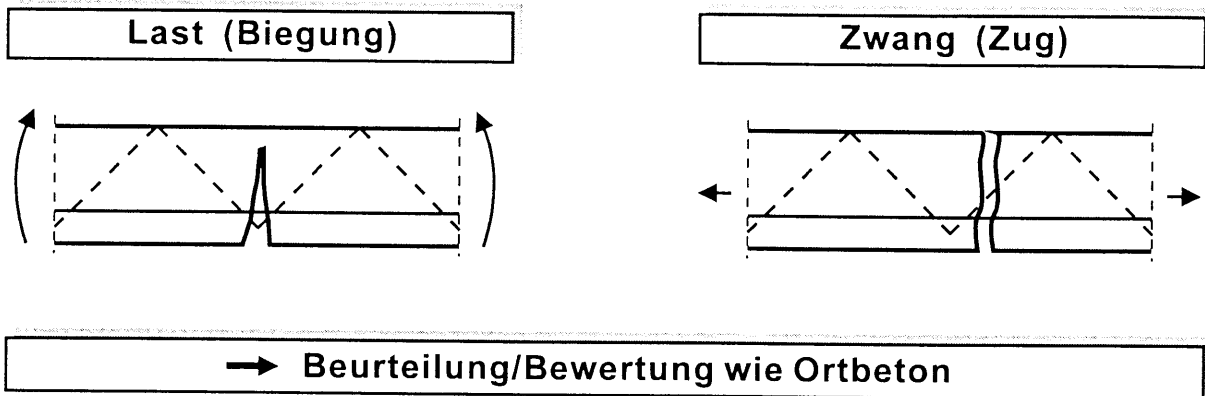
L91S1568/Schi/MK

Bild 1 : Beanspruchungszustände von Elementdecken



L91S1569/Schi/MK

Bild 2 : Rißbildung von Elementdecken (Fertigplatten) während Transport und Montage



Innenbauteil $w_{cal} \leq 0,4 \text{ mm}$
(max. 0,5)

Außenbauteil $w_{cal} \leq 0,25 \text{ mm}$
ohne Chlorid (max. 0,4)

Innenbauteil $w_{cal} \leq 0,4 \text{ mm}$
(max. 0,5)

Außenbauteil $w_{cal} \leq 0,25 \text{ mm}$
ohne Chlorid (max. 0,4) ohne Wasser
max. $w \leq 0,15 \text{ mm}$ mit
Wasser

Außenbauteil
mit Chlorid $\text{max. } w \leq 0,3 \text{ mm}$
von unten (?)
(Qualität c entscheidend!)

Außenbauteil
mit Cl^- von \rightarrow Abdichtung!
oben

L91S1570/Schi/MK

Bild 3 : Rißbildung von Elementdecken im Endzustand