

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 Prof. Schießl
Wotanstraße 70
D-80639 München

Telefon (089) 17 999 765
Telefax (089) 17 999 764
e-mail: ib.Schiessl@t-online.de

26. Oktober 2001 Schi/cl
d:\schiessl\b6008-2.doc

**Rissbildung in Stahlbetonbauteilen
- Ursachen und Erscheinungsformen -**

B 6008 / 1

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

Das Gutachten umfaßt 13 Seiten

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. RISSBILDUNGSURSACHEN UND BESCHRÄNKUNG VON RISSBREITEN	3
2. RISSBILDUNG DURCH BETONTECHNOLOGISCHE EINFLÜSSE	5
3. RISSBILDUNG AUS LAST- UND ZWANGSBEANSPRUCHUNG	8
4. RISSBILDUNG INFOLGE UMWELTEINWIRKUNGEN	10
5. BEWERTUNG VON RISSEN	12

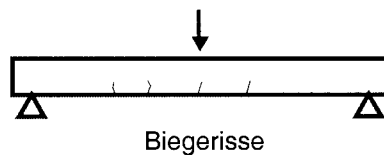
1. RISSBILDUNGSURSACHEN UND BESCHRÄNKUNG VON RISSBREITEN

Beton hat bekanntermaßen eine hohe Druckfestigkeit, aber nur eine geringe Zugfestigkeit. Da die Zugfestigkeit außerdem eine unsichere Größe ist, wird bei der Bemessung die Zugfestigkeit des Betons nicht planmäßig in Anspruch genommen. Die Zugfestigkeit wird bei üblichen Beanspruchungen auch weit überschritten, Zugkräfte werden von der Bewehrung aufgenommen. Der Beton weist im Bereich von Zugspannungen in der Regel Risse auf, d. h. Stahlbeton ist eine Bauweise, bei der Rissbildung des Betons zum Bemessungsprinzip gehört. Die Bemessungsregeln müssen sicherstellen, dass die Breite der Risse entsprechend dem Anwendungszweck zulässige Grenzwerte nicht überschreitet. Eine Rissbreitenbeschränkung kann aus verschiedenen Gründen sinnvoll bzw. notwendig sein, z. B. aus Gründen

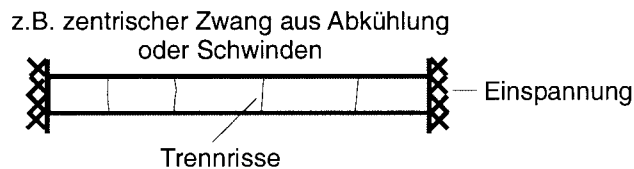
- der Tragfähigkeit,
- des Korrosionsschutzes der Bewehrung,
- der Undurchlässigkeit gegenüber Gasen und Flüssigkeiten,
- der Ästhetik.

Normen enthalten Regeln zur Beschränkung von Rissbreiten aus Last- und Zwangbeanspruchungen. Durch unsachgemäße Betontechnologie, Bauausführung und Nachbehandlung sowie in der Planung nicht ausreichend berücksichtigte Umwelteinwirkungen (z. B. Frost, Sulfat) können allerdings erheblich schädlichere Risse als durch Last- und Zwangbeanspruchungen auftreten. Eine Zusammenstellung der Rissursachen zeigt das nachfolgende Bild 1:

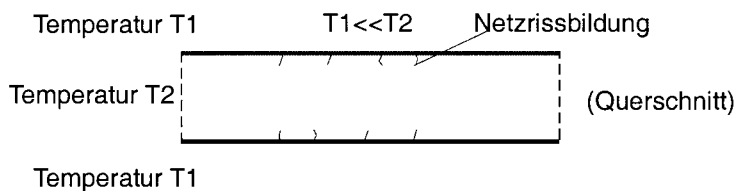
Last =>



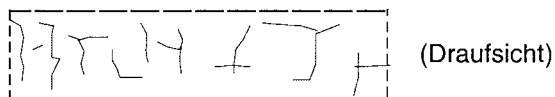
Zwang =>
(Behinderung lastunabhängiger Verformungen)



Eigenspannung
(z.B. Abfließen Hydratationswärme, Schwinden)



Betontechnologie
(Frühschwinden)
(siehe Bild 3)



Umwelteinwirkungen
(z.B. Bewehrungskorrosion, Frost, Sulfat)

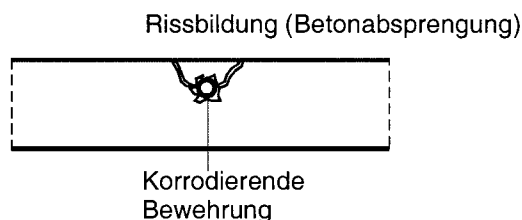


Bild 1: Ursache von Rissen

2. RISSBILDUNG DURCH BETONTECHNOLOGISCHE EINFLÜSSE

Unsachgemäße Betonzusammensetzung und insbesondere unzureichende Nachbehandlung bei ungünstigen Witterungsbedingungen (Sonne, Wind) können in den ersten Stunden nach dem Betonieren durch starkes Fröhschwinden unter Umständen Rissbildung mit über 1 mm breiten Rissen an freien, nicht geschalteten Oberflächen verursachen (Beispiel siehe Bild 4). In extremen Fällen kann die Tragfähigkeit solcher Bauteile erheblich beeinträchtigt sein.

Unzureichende Verdichtung kann Setzungen des Frischbetons in der Erstarrungsphase zur Folge haben und zu ähnlich starker Rissbildung führen.

Netzrissbildung an Betonoberflächen, die im erhärteten Beton durch Eigenspannungen aus Temperatur oder Schwinden auftreten, ist in der Regel unbedenklich. Solche Risse reichen nur wenige cm tief und beeinträchtigen weder den Korrosionsschutz der Bewehrung noch die Undurchlässigkeit oder Tragfähigkeit des Bauteils. Allerdings können Aussinterungen und Schmutzablagerungen an solchen Rissen zu ästhetisch unbefriedigenden Erscheinungen führen (Beispiel siehe Bild 3).

Temperatur und Schwinden können bei behinderter Verformung (Zwangbeanspruchung) aber auch zu Trennrissen führen, die von ihrer Auswirkung her Rissen aus Lastbeanspruchung gleichzusetzen sind (s. hierzu Abschn. 3). Arten der Rissbildung durch betontechnologische Einflüsse, ihr Erscheinungsbild und der Zeitpunkt des Auftretens solcher Risse sind in Bild 4 zusammengestellt.

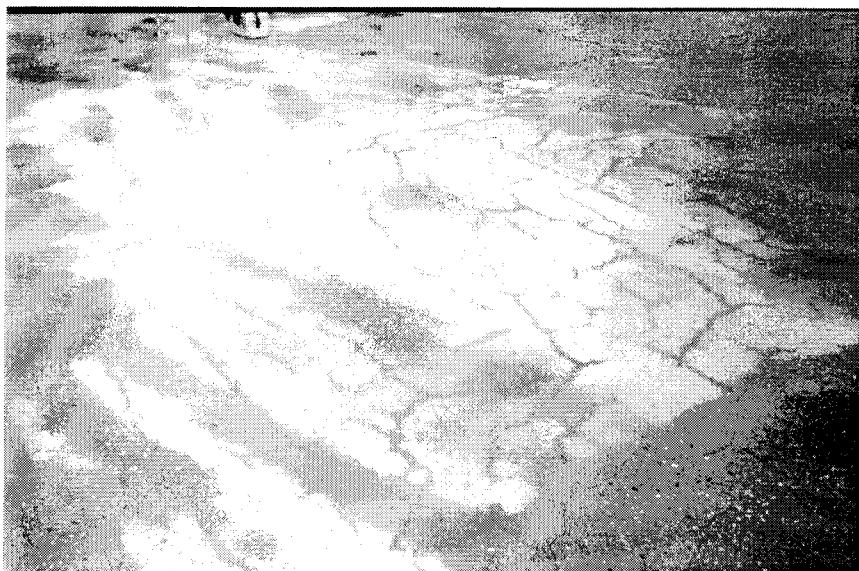


Bild 2: Rissbildung in einem Parkdeck infolge Frühschwinden

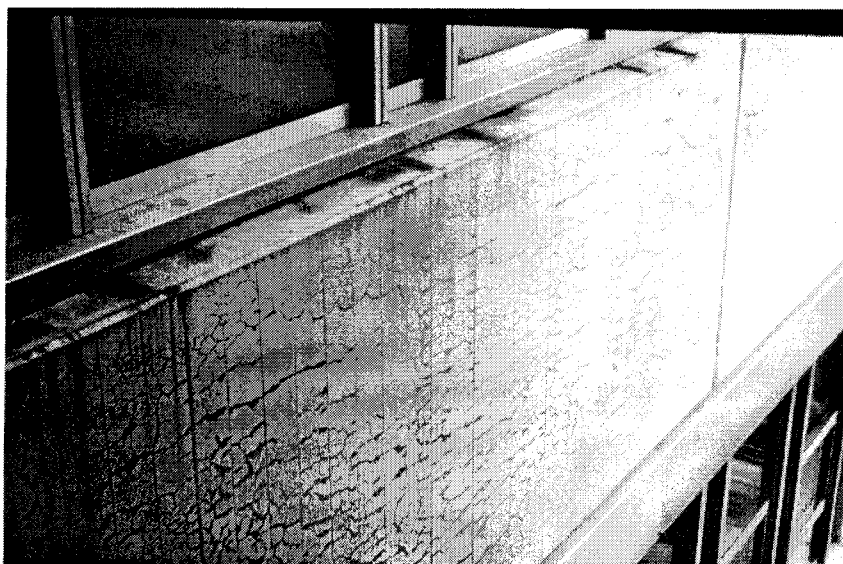


Bild 3: Eigenspannungsrissbildung in einem Leichtbetonfassadenelement.
Rissbreiten $< 0,05$ mm. Starke Aussinterungen an den Rissrändern
beeinträchtigen die Ästhetik.

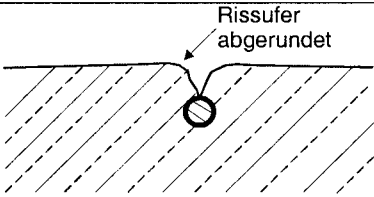
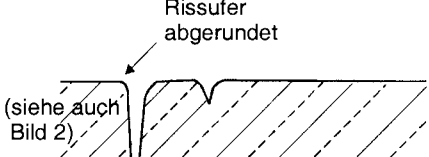
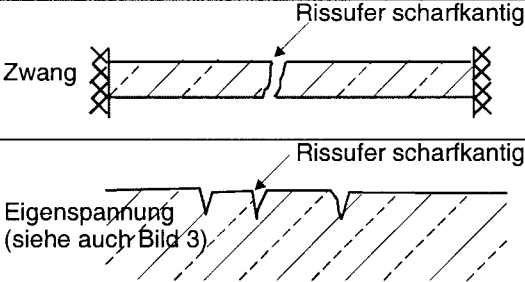
Art der Rissbildung	Erscheinungsbild	Zeitpunkt der Entstehung
Plastische Setzung		10 min ↓ 3h
Frühschwinden		30 min ↓ 6h
Abfließen Hydratations- wärme		1 d ↓ 7 d
Schwinden	Erscheinungsbild wie bei Abfließen Hydratationswärme	mon ↓ a

Bild 4: Rissbildung infolge Betontechnologie

3. RISSBILDUNG AUS LAST- UND ZWANGBEANSPRUCHUNG

Rissbildung aus Last- und Zwangbeanspruchung kann auf unterschiedliche Beanspruchungszustände zurückzuführen sein. Die Beanspruchungszustände beeinflussen dabei den Rissverlauf in entscheidendem Maße (s. hierzu Bild 5).

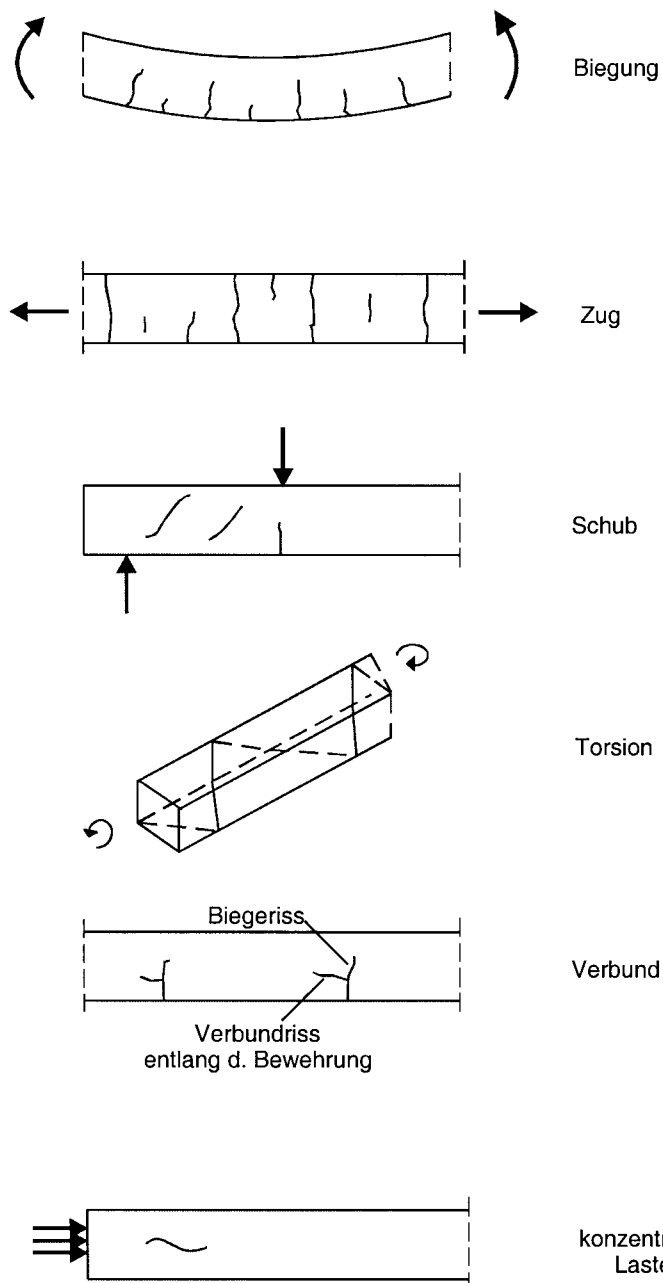


Bild 5: Rissbildung aus Last (+ Zwang) – Rissursache und typische Rissbilder

Die DIN 1045 enthielt in ihrer Fassung von 1972 erstmals Regeln zur Beschränkung der Rissbreiten. Unter Berücksichtigung der langen Bearbeitungszeit bei einer grundsätzlichen Neubearbeitung einer umfangreichen Norm wie der DIN 1045 bedeutet dies, dass die festgelegten Regeln den Kenntnisstand der 60er Jahre widerspiegeln. Damals war man aufgrund erster Versuchsergebnisse der Auffassung, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen Rissbreite und Korrosionsgefahr der Bewehrung besteht und hat deshalb in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen abgestufte zulässige Rissbreiten festgelegt. In der CEB-FIP-Mustervorschrift von 1978 wurde eine noch stärkere Abstufung kritischer Rissbreiten gewählt.

Inzwischen liegen jedoch neue Erkenntnisse aus umfangreichen Versuchsreihen vor, die eine differenzierte Beurteilung der Zusammenhänge ermöglichen. Eine Aufbereitung dieser Erkenntnisse enthält das Heft 370 der Schriftenreihe des Deutsche Ausschusses für Stahlbeton. Die Ergebnisse können im Hinblick auf Stahlbetonbauteile wie folgt zusammengefaßt werden:

- Die Korrosionsintensität im Bereich von Rissen ist sehr großen Streuungen unterworfen. Die Breite von Rissen ist von untergeordneter Bedeutung auf den Korrosionsschutz der Bewehrung, solange die Streckgrenze der Bewehrung nicht überschritten wird, d. h. solange die Risse nicht breiter als etwa 0,4 mm werden. Entscheidend ist die Qualität der Betondeckungsschicht, d. h. deren Dicke und Dichtigkeit. Dies gilt gleichermaßen für Quer- und Längsrisse in Bezug auf die betrachtete Bewehrung. Unter besonders aggressiven Umwelteinwirkungen (z. B. Tausalzbeanspruchung auf horizontale Betonoberflächen mit über den gesamten Betonquerschnitt durchgehenden Trennrissen, wie dies in Parkdecks ohne Abdichtung vorkommen kann) können im Rissbereich starke Korrosionserscheinungen an der Bewehrung auftreten. Durch eine Beschränkung der Rissbreiten ist die Gefährdung für die Bewehrung nicht zu beseitigen. In solchen Fällen sind immer besondere Schutzmaßnahmen erforderlich, die z. B. den Chloridangriff auf die Betonoberfläche (Beschichtung oder Abdichtung der Betonoberfläche) verhindern. Ein nachträgliches Verpressen solcher Risse kann weitere Korrosion an der Bewehrung nicht verhindern, wenn bereits größere Mengen an Chloriden in die Rissbildung eingedrungen sind.

In der Fassung der DIN 1045/1988, im Entwurf zum EC2 sowie in der neuen Fassung der DIN 1045-1/2001 ist man aufgrund der genannten Erkenntnisse von der Differenzierung zulässiger Rissbreiten bei Stahlbetonbauten aus Gründen des Korrosionsschutzes der Bewehrung wieder abgegangen und legt wesentlich größeren Wert auf die maßgebenden Einflussgrößen Betonqualität und Betondeckung.

Wegen der Korrosionsempfindlichkeit von Spannstählen muss in vorgespannten Bauteilen eine Depassivierung der Spannbewehrung ausgeschlossen bleiben. Differenzierte Regeln zur Rissbreitenbeschränkung sind im Spannbetonbau deshalb sinnvoll und notwendig.

Eine gezielte Beschränkung der Rissbreiten kann bei Stahlbetonbauwerken aber auch aus anderen Gründen als denen des Korrosionsschutzes, z. B. bei Bauwerken mit durchgehenden Rissen und erhöhten Anforderungen an die Wasserundurchlässigkeit, erforderlich sein. Eine Rissbreitenbeschränkung ist aber nur bei durchgehenden Rissen erforderlich. Wenn z. B. bei biegebeanspruchten Bauteilen eine Druckzonenhöhe von 5 cm verbleibt, kann man von technischer Wasserundurchlässigkeit ausgehen. Dies gilt bei Trennrissen i. d. R., wenn deren Breite 0,10 bis 0,15 mm nicht überschreitet.

Bei erhöhten Anforderungen an Gasdurchlässigkeit oder z. B. bei Einwirkung organischer Flüssigkeiten können unter Umständen wesentlich weitergehende Anforderungen an die Rissbreiten- und Risstiefenbeschränkung notwendig sein.

Wenn die genannten Regeln zur Rissbreitenbeschränkung (z. B. DIN 1045) eingehalten sind, sind auch alle Aspekte der Tragfähigkeit abgedeckt, d. h. man kann davon ausgehen, dass durch solche Rissbildung die Tragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen nicht beeinträchtigt wird.

4. RISSBILDUNG INFOLGE UMWELTEINWIRKUNGEN

Frostbeanspruchung wassergesättigter Betonbauteile, Sulfateinwirkung bei unsachgemäßer Betonzusammensetzung (Zementwahl), Durchfeuchtung bei Verwendung alkaliempfindlicher Zuschläge und unsachgemäßer Zementwahl sowie Korrosion an der Bewehrung können zu mehr oder weniger starker Rissbildung führen. In all diesen Fällen sind unverzüglich Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen und ggf. Verstärkungsmaßnahmen zu ergreifen, um die

Funktionsfähigkeit des Bauwerkes bzw. Bauteiles zu erhalten. Eine vereinfachte Zusammenstellung der Rissbildung aus Umwelteinwirkungen zeigt Bild 6.

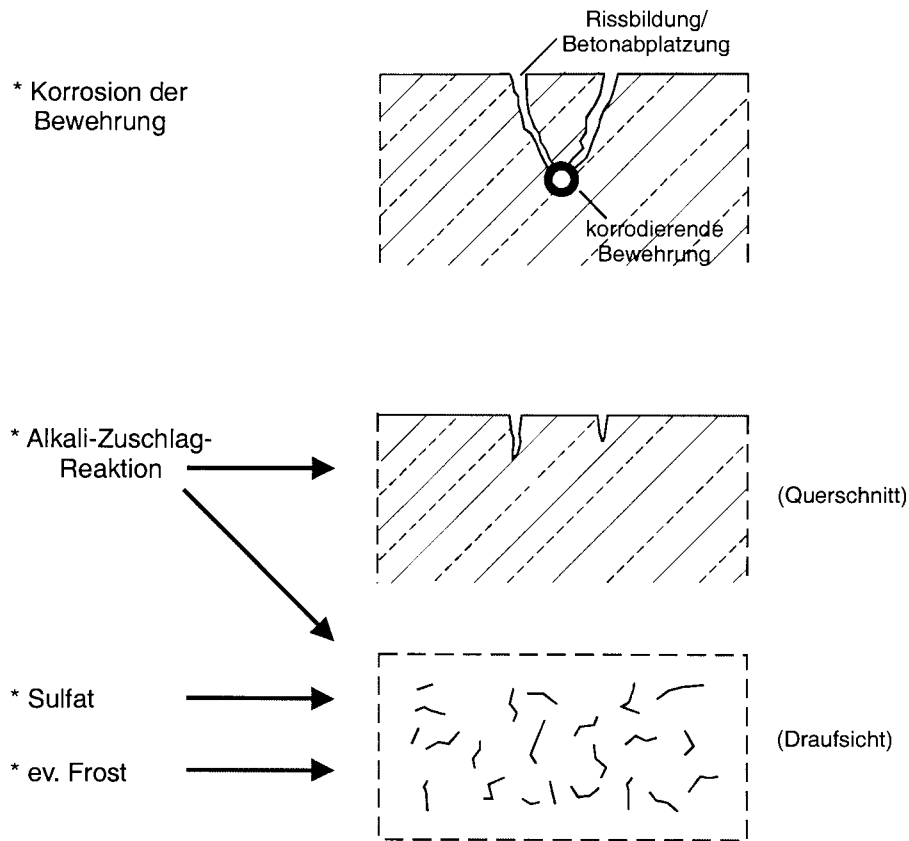


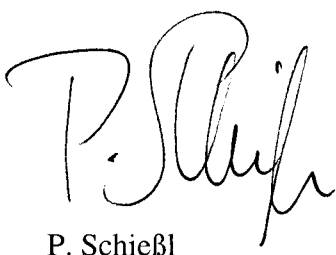
Bild 6: Rissbildung infolge Umwelteinwirkung – Schema

5. BEWERTUNG VON RISSEN

Vor einer Bewertung von Rissen muss grundsätzlich die Ursache der Rissbildung analysiert werden. Dazu gehört auch eine Aufnahme des Rissbildes. Nur auf der Basis der Kenntnis der Ursachen der Rissbildung kann eine Bewertung und ggf. eine Entscheidung über notwendige und erfolgversprechende Instandsetzungsmaßnahmen getroffen werden. Bei der Auswahl von Instandsetzungsmaßnahmen ist insbesondere zu berücksichtigen, ob es sich um Rissbildung infolge einer einmalig auftretenden Ursache (z. B. abfließende Hydratationswärme) oder um wiederholt auftretende Ursachen (z. B. Last) handelt. Dementsprechend müssen Instandsetzungsmaßnahmen ggf. zukünftige Rissbewegungen ermöglichen, um Schäden an der Instandsetzungsmaßnahme (z. B. Betonbeschichtung) bzw. neue Schäden (z. B. bei kraftschlüssiger Rissverpressung) zu vermeiden. Eine Bewertung der Instandsetzungsbedürftigkeit von Rissen muss vom sachverständigen Ingenieur in jedem Einzelfall auf die besonderen Bedingungen und Anforderungen des zu beurteilenden Bauteiles abgestimmt werden. Anhaltswerte bietet auf der Basis der voranstehenden Ausführungen das nachfolgende Bild 7. Es sei aber nachdrücklich darauf hingewiesen, dass kritische Grenzwerte im Einzelfall von diesen Anhaltswerten in beiden Richtungen erheblich abweichen können. Die Bewertung von Rissen ist ein typischer Fall, wo der wirkliche Sachverstand gefragt ist.

Rissursachen	Rissbild	Bewertung für den Regelfall
Spannungs- induzierte Risse	Netzrisbildung (Oberfläche)	Rissbreiten und Risstiefen gering → allenfalls ästhetisches Problem
	Risse aus Last oder Zwang	<u>Tragfähigkeit + Korrosion + Ästhetik:</u> $w \leq 0,4$ mm → keine Maßnahmen erforderlich <u>Ausnahme:</u> starke Chlorideinwirkung → in allen Fällen Maßnahmen erforderlich; evtl. Instandsetzung, zukünftig Cl-Angriff vermeiden <u>Wasserundurchlässigkeit:</u> - Druckzonenhöhe 3-5 cm → keine Maßnahme - Trennrisse → $w \leq 0,15 \dots 0,10$ mm → keine Maßnahme <u>Undurchlässigkeit, andere Medien</u> <u>Beurteilung im Einzelfall</u>
Beton- technologie	Netz- oder Trennriss- bildung	<u>Tragfähigkeit:</u> Risse häufig > 1 mm, bei geringer Ausnutzung der Druckzone, z. B. in plattenartigen Bauteilen und ungerichtetem Rissverlauf ggf. keine Maßnahmen erforderlich. <u>Korrosion + Ästhetik:</u> $w \leq 0,4$ mm → keine Maßnahmen erforderlich
Umwelt	div.	<u>unterschiedliche Strategien möglich:</u> - keine Maßnahme → reduzierte Lebensdauer - Konservierung des Zustandes - Instandsetzung - (Teil-) Erneuerung

Bild 7: Bewertung von Rissen – Anhaltswerte für Grenzwerte im Stahlbetonbau



P. Schießl