

faton[®]

STAHLFASERBETON

Technische Informationen
für Tragwerk- und Objektplaner

Beton und Stahl
aus einem Guss.

Welche Pläne Sie auch haben – mit CEMEX nutzen Sie das internationale Know-how eines weltweit führenden Herstellers von Baustoffen.

Unser breites Produktportfolio umfasst Gesteinskörnungen, Zement, Beton, Spezialbaustoffe sowie Zusatzmittel.

Mit unseren Produkten lassen sich Ihre Ideen verwirklichen – ob Wohnhaus, Industrieanlagenbau oder innovative Tiefbau-Objekte.



fatton®

STAHLFASERBETON

Durch die normativ festgelegten Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken kommen der Baustoffauswahl und der Bauausführung eine große Bedeutung zu. Gleichzeitig steigen die Maßstäbe für die Nutzungsfähigkeit von Bauwerken (z. B. WU-Bauwerke aus Beton) und die damit verbundenen erhöhten Anforderungen an die Rissvermeidung und -beherrschung. Hohe Ansprüche an die Qualität einerseits und die Realität eines einschnürenden Kostendrucks auf der anderen Seite scheinen zunehmend miteinander unvereinbar zu werden.

fatton® ermöglicht fortschrittliche Konstruktionen

Der Einsatz von fatton® eröffnet dem Planer neue und vielseitige Möglichkeiten in der Konstruktion und befreit von den bisher gewohnten materialbedingten Zwängen. fatton® ermöglicht zeitgemäße Lösungen für viele Bereiche des modernen Bauens: einfacher, schneller, besser und kostengünstiger.

Bedingt durch das vielfältige Anwendungspotenzial ist der Baustoff Stahlfaserbeton in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus von Wissenschaft und Forschung im Sektor des Bauwesens gerückt. Durch umfangreiche Forschungsarbeiten sowie die umfassenden und langjährigen Erfahrungen in der Anwendung von Stahlfaserbeton liegen detaillierte und gesicherte Kenntnisse bezüglich der Wirkungsweisen und Eigenschaften von Stahlfaserbeton vor.

fatton® und nachhaltiges Bauen

Mit Vertua® fiber führen wir die Vorteile des Baustoffs fatton® mit denen eines CO₂-reduzierten Betons zusammen. Der CO₂-Fußabdruck wird um bis zu 30 % gegenüber dem Stand des Jahres 1990 verringert.



Mehr Informationen zum Thema Vertua® finden Sie auf unserer Webseite unter:



www.cemex.de/produkte/beton/vertua

Wirkungsweise

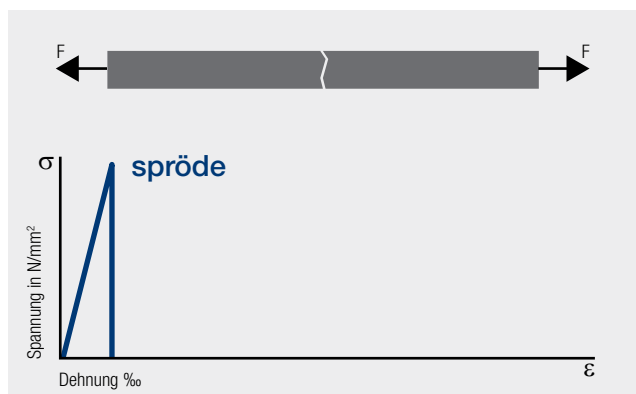
Zugkräfte können im Normalbeton nur sehr begrenzt und eingeschränkt übertragen werden. Wird diese Grenze überschritten, kommt es zur Rissbildung und das Bauteil versagt unter Lasteinwirkung ohne Vorankündigung. Im Stahlfaserbeton dagegen können, bedingt durch die feste Verankerung der Fasern im Betonstein und die Zugfestigkeit der Fasern, Zugkräfte zwischen den Rissufern übertragen werden.

Der Baustoff Stahlfaserbeton besitzt eine sogenannte Nachrissbiegezugfestigkeit, die bei Normalbeton nur durch den Einbau von entsprechender Betonstahlbewehrung erzielt werden kann. Die Nachrissbiegezugfestigkeit ist von zentraler Bedeutung, da hierdurch die Faserwirkung statisch angesetzt werden kann. Das Nachrisszugverhalten, auch als Arbeitsvermögen bezeichnet, wird zur Klassifizierung der Leistungsfähigkeit von Stahlfaserbetonen herangezogen.

Materialverhalten von Normalbeton und Stahlfaserbeton im Vergleich

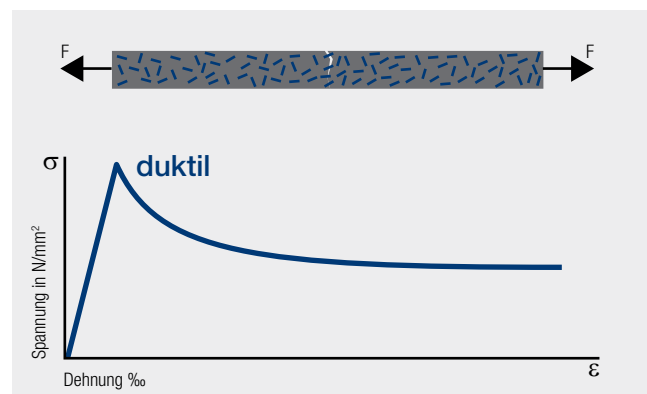
Das unterschiedliche Materialverhalten von Normalbeton und Stahlfaserbeton lässt sich sehr gut am Beispiel eines auf zentrischen Zug beanspruchten Balkens aus Beton darstellen: Wird durch die Beanspruchung die Zugfestigkeit überschritten, kommt es zur Rissbildung über den gesamten Querschnitt.

Normalbeton



Nach erfolgter Rissbildung können keine Zugspannungen mehr zwischen den Rissflanken übertragen werden. Das Bauteil versagt plötzlich, ohne Vorankündigung (sprödes Materialverhalten). Zur Übertragung der Zugkräfte ist entsprechende Betonstahlbewehrung erforderlich.

Stahlfaserbeton



Durch die Verankerung der Stahlfasern im Betonstein und ihre Zugfestigkeit können weiterhin Zugkräfte zwischen den entstandenen Rissufern übertragen werden. Selbst nach einem vollständigen Durchriss des Querschnitts und bei erheblichen Dehnungen können noch sicher Zugspannungen übertragen werden (duktils Materialverhalten). Die Nachrisszugfestigkeit ist rechnerisch ansetzbar, wodurch Betonstahlbewehrung vermindert werden oder sogar ganz entfallen kann.

Qualitäts- und Kostenoptimierung

Die Betonstahlbewehrung kann durch den Einsatz von faton® erheblich reduziert werden. Dabei entstehen nicht nur Ersparnisse durch verminderte Bewehrungskosten, sondern auch wesentliche wirtschaftliche Vorteile aus der Rationalisierung des Bauablaufs und der zielsicheren Umsetzung der geforderten Qualitätsstandards.

Bereits geringe Mängel in der Ausführung können enorme Einschränkungen hinsichtlich der Nutzungsfähigkeit hervorrufen. Aufwendungen für Nachbesserungs- und Instandsetzungsarbeiten können die Baukosten um ein Vielfaches übertreffen. Die Vermeidung von Fehlern bei der Bauausführung durch einfach zu realisierende Konstruktionen ist deshalb ein entscheidender Schlüssel zur wirtschaftlichen Umsetzung eines Bauvorhabens.

Sichere und unkomplizierte Bauausführung

Die Sicherstellung eines reibungslosen Bauablaufs beginnt bereits bei der Vorauswahl der Baustoffe als Teil der Planung. Der Einsatz von faton® sichert eine qualitative und wirtschaftliche Umsetzung von Bauvorhaben.

Problemlose Ausführung — weniger Einschränkungen in der Planung

Erstgeprüfte Stahlfaserbetone verfügen bereits über wesentliche Eigenschaften, die unbewehrte Betone erst durch den Einbau von entsprechender Stabstahl- oder Mattenbewehrung erhalten. Durch die Reduzierung der erforderlichen Bewehrung werden die Konstruktion und die Bauausführung wesentlich erleichtert.

- Die Bewehrungsführung ist bedeutend einfacher und übersichtlicher.
- Aufwendige und fehleranfällige Bewehrungsstöße können vermieden werden.
- Die erforderliche Betondeckung kann einfacher realisiert werden.
- Der oftmals sehr aufwendig und umständlich auszuführende Bereich des Anschlusses zwischen Bodenplatte und Wänden wird signifikant vereinfacht und dadurch weniger fehleranfällig (Abb. 1).
- Verdichtungsarbeiten können aufgrund des reduzierten Bewehrungsgehaltes zielsicher ausgeführt werden.

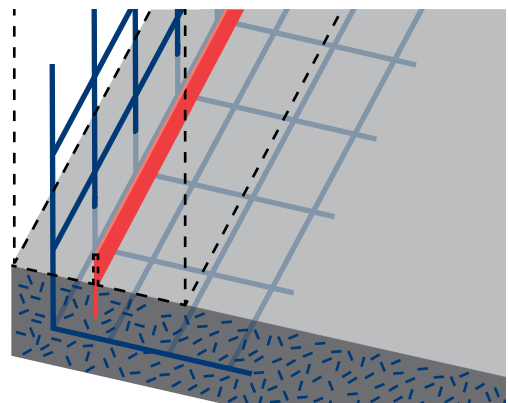


Abb. 1

Einfache und fehlerunanfällige Ausführung des Anschlusses Bodenplatte–Wand als faton®-Lösung: keine teuren HS-Matten, kein Einschneiden von Mattenbewehrung, kein aufwendiges Einfädeln, einfacher und problemloser Einbau der Abdichtungstechnik.

Wasserundurchlässigkeit

Bereits im jungen Alter werden Bauteile aus Beton durch Zwangs- und Eigenspannungen infolge von Schwindprozessen und temperaturbedingten Dehnungen (z. B. abfließende Hydratationswärme) beansprucht. Aufgrund der unterschiedlichen Steifigkeiten der Gesteinskörnungen und der Hydratationsprodukte (Abb. 2) entstehen in der Kontaktzone zwischen Gesteinskörnung und Mörtel- bzw. Zementleimmatrix feinste Mikrorisse (Abb. 3 und 4). Diese anfänglich noch sehr feinen Mikrorisse wachsen, sofern sie nicht daran gehindert werden, im weiteren Erhärtungsprozess und unter Lastbeanspruchung an und vereinigen sich zu größeren Makrorissen.

Abb. 2: Unterschiedliche Steifigkeiten zwischen Gesteinskörnung und Zementmatrix

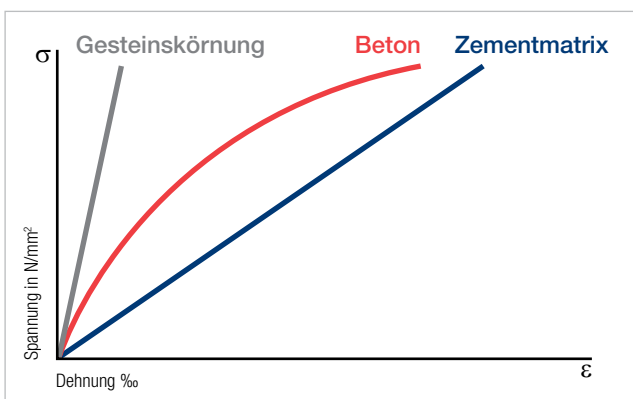


Abb. 3: Mikrorissbildung schematisch

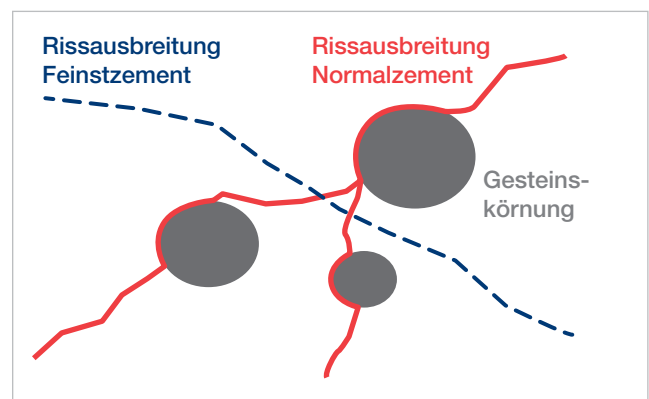
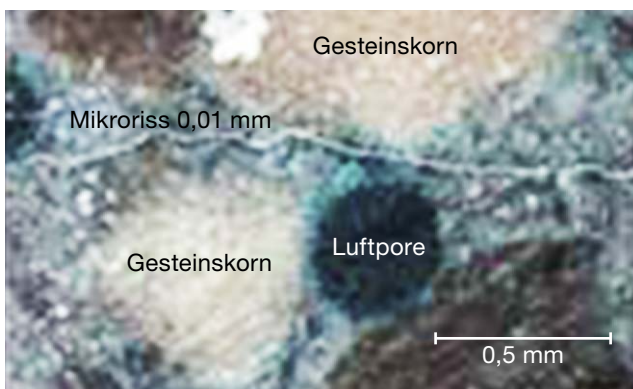


Abb. 4: Mikrorissbildung im Normalbeton



Bereits im jungen Betonalter entstehen in der Kontaktzone zwischen der Gesteinskörnung und der Zementmatrix feinste Mikrorisse, die sich zu Makrorissen entwickeln können.

Abb. 5: Rissvernadelung im Stahlfaserbeton



Die Entstehung und das Anwachsen von Mikrorissen werden im Stahlfaserbeton durch risskreuzende Stahldrahtfasern gehemmt.

Reduzierte Rissneigung – erhöhte Wasserundurchlässigkeit (WU)

Die Mikrorissbildung ist bruchmechanisch das erste Stadium der Querschnittschwächung eines Bauteils. Mikrorisse sind Ausgangspunkt für die Entstehung von Biege- und Trennrissen, die eine Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit bewirken können. Die räumliche Verteilung der Stahlfasern in der Mörtelmatrix bewirkt, dass die Mikrorisse von den Fasern gekreuzt werden. Ein Anwachsen der Mikrorisse wird im Stahlfaserbeton dadurch entscheidend behindert.

Die Stahlfasern bewirken eine „Rissvernadelung“ (Abb. 5). Diese Eigenschaft des Stahlfaserbetons ist gerade bei Konstruktionen, bei denen eine Trennrissbildung zur Gewährleistung der Nutzungsfähigkeit grundsätzlich verhindert werden muss (z. B. WU-Bauwerke im Wohnungsbau nach DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“), von entscheidendem Vorteil.

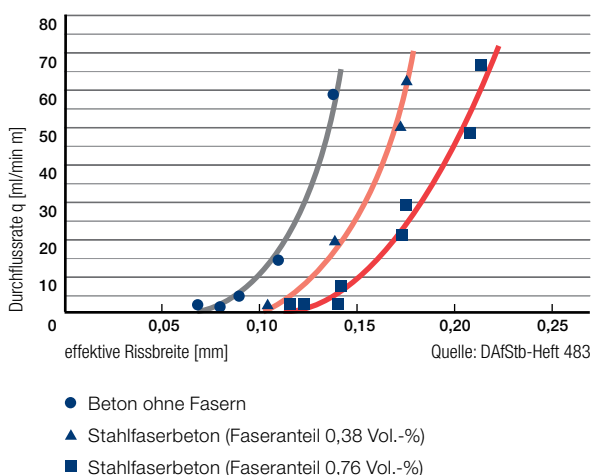
Verringerung der Durchlässigkeit

Wie breit dürfen Trennrisse in Betonbauteilen sein, damit ein Feuchtigkeitsdurchtritt sicher ausgeschlossen werden kann?

Diese Fragestellung wurde z. B. bereits in Heft 483 des DAfStb: „Einfluss von Stahlfasern auf die Durchlässigkeit von Beton“ untersucht. Es wurde festgestellt, dass der Feuchtigkeitsdurchtritt durch Bauteile aus Stahlbeton erst bei einer Trennrissbreite von etwa 0,07 mm zum Stillstand kommt. Dies deckt sich auch mit den z. B. in den Erläuterungstexten zur WU-Richtlinie des DAfStb (DAfStb-Heft 555) veröffentlichten Erkenntnissen. Im Stahlfaserbeton werden die Ent-

stehung und das Anwachsen von Mikrorissen entscheidend gehemmt. Hierdurch ist es möglich, dass sich Rissversätze über die Bauteildicke einstellen, die die Fließwege nicht nur verlängern und einengen, sondern komplett versperren. Dies bewirkt eine wesentlich verminderte Durchflussrate bei Stahlfaserbeton-Bauteilen gegenüber Stahlbeton-Bauteilen. Während die kritische Trennrissbreite (= Trennrissbreite, bei der kein Wasserdurchtritt mehr feststellbar ist) bei Stahlbeton mit 0,07 mm ermittelt wurde, ergab sich für Stahlfaserbeton eine um ca. 25 % höhere kritische Trennrissbreite von 0,10 mm (Abb. 6).

Abb. 6: Vergleich Feuchtigkeitsdurchschnitt Stahlbeton–Stahlfaserbeton



Vorteile von Stahlfaserbeton gegenüber Stahlbeton

- Verringerung der Durchflussrate bis zu 95 %
- Verringerung der Rissbreite über 50 %
- Vergrößerung der Biegedruckzone über 30 %

Quelle: DAfStb-Heft 483

Einsparung von Bewehrung zur Rissbreitenbegrenzung

Bei einer Begrenzung des Feuchtigkeitsdurchtritts durch die rechnerische Begrenzung der Trennrissbreiten („Rissbreitenbegrenzung“) sind i. d. R. hohe Betonstahlmengen erforderlich. Durch den Einsatz von faton® kann die zur Rissbreitenbegrenzung erforderliche Bewehrungsmenge erheblich reduziert werden.

Bodenplatten

fatón® – auch bei Bodenplatten im Industrie- und Gewerbebau der ideale Baustoff!

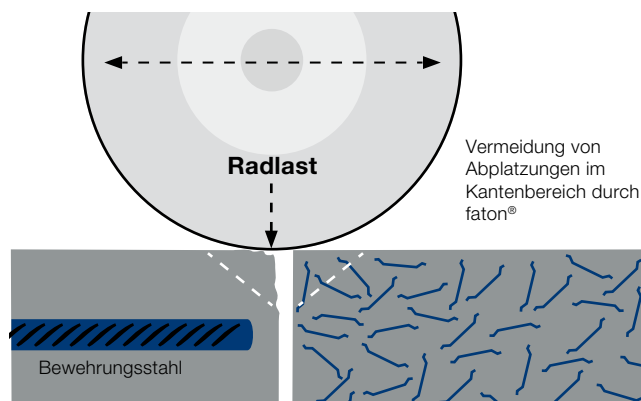
Der Baustoff fatón® bietet ungeahnte Möglichkeiten in der Konstruktion. Fugenarme Konstruktionen können einfach und sicher realisiert werden. Die enorme Leistungsfähigkeit von fatón® befreit von den Zwängen, denen der Planer bei konventionellen Konstruktionen unterliegt. Die Wünsche der Bauherren können einfach und sicher umgesetzt werden.

Vorteile

- Reduzierte Rissempfindlichkeit
- Höhere Robustheit
- Bessere Verschleißfestigkeit, höhere Schlagfestigkeit
- Betonstahlbewehrung kann oft vollständig entfallen, die Bauausführung wird einfacher und rationeller
- Höhere Einbauleistungen, größere Tagesfelder
- Weniger Arbeits- und Scheinfugen
- Geringere Baukosten

Geringe Baukosten – hohe Nutzungsfähigkeit? Der Planer kennt das Problem

Bodenplatten im Industrie- und Gewerbebau sind oft nichttragende Konstruktionen. Der Bauherr versteht sie als „Bodenbefestigung“. Was passiert schon, wenn die Bodenplatte den einen oder anderen Fehler hat? Das Gebäude wird bei derartigen Konstruktionen nicht gleich einstürzen, aber Betrieb und Nutzung können zum Erliegen kommen, oftmals mit fatalen wirtschaftlichen Konsequenzen für den Betreiber. Verbesserte Schlag- und Stoßfestigkeiten und ein gesteigerter Widerstand gegen Verschleiß verlängern Instandsetzungsintervalle und erhöhen die Nutzungsfähigkeit.



Bauwerke mit wasserrechtlichen Anforderungen

Bauwerke, bei denen mit wassergefährdenden Stoffen (z. B. LAU- oder HBV-Anlagen) umgegangen wird, unterliegen dem Besorgnisgrundsatz des Wasserhaushaltsgesetzes. Mit wassergefährdenden Stoffen beaufschlagte Betonbauteile müssen verhindern, dass diese Stoffe das Bauteil durchdringen und das Grundwasser kontaminieren. Alle gemäß der DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ zur Verfügung stehenden Konstruktionsprinzipien können mit Stahlfaserbeton einfacher, nachhaltiger und wirtschaftlicher realisiert werden.

Vorteile

- Vergrößerung der Biegedruckzonen
- Ermöglichung trennrissfreier Bauweisen
- Ermöglichung kleiner Rissbreiten (Rissbreiten < 0,10 mm sind gemäß der Richtlinie nur mit Stahlfaserbeton umsetzbar)
- Reduzierung der erforderlichen Bewehrung, kleinere Bauteildicken, größere Betonierabschnitte
- Erhöhung der Schlag- und Stoßfestigkeit
- Verbesserung der Sicherheit bei dynamischen Belastungen

Anforderungen an Bodenplatten im Industrie- und Gewerbebau

Tragsystem

Bodenplatte erhält keine Last- einwirkung aus anderen Bau- teilen und keine Aussteifungs- funktion

Stützen und Wände sind separat auf Einzel- bzw. Streifenfundamenten gegründet, Bodenplatte fungiert nicht als Zugband bei Rahmenkonstruktionen („nichttragende Bauteile“, i. d. R. außerhalb des Geltungsbereichs der DIN EN 1992-1-1 / DIN EN 1992-1-1 NA)

Tragende Bodenplatten

Aussteifungsfunktion, Belastung durch andere Bauteile, z. B. Hochregallager

Fugen und Rissentwicklung

Konstruktionen mit Fugen

Trennrissfreie Konstruktionen durch Begrenzung der Plattenabschnitte mit Arbeits- und Scheinfugen

Fugenlose Konstruktionen

Konstruktionen mit begrenzter Rissbreitenentwicklung

Trennrissfreie Konstruktionen

Bewitterung

In geschlossenen Räumen

Ganz oder teilweise im Freien

Mit Frostbeanspruchung

Mit Frost- und Taumittelbeanspruchung

Nutzungs- anforderungen

Beständig gegen mechanischen Verschleiß

Erhöhte Nutzungsanforderungen (dauerhafter Aufenthalt von Personen, Arbeitsstättenrichtlinie)

Wasserundurchlässigkeit

Dichtheit gegen das Eindringen von wassergefährdenden Medien

Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbelastungen, dynamische Beanspruchung

Hohe Anforderungen an die Oberflächenebenheit (Hochregallager, Betrieb von leitliniengeführten Flurförderfahrzeugen)

DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“

Es muss mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen werden, dass ein einwirkendes wassergefährdendes Medium nicht die dem Grundwasserhorizont zugewandte Seite der Dichtfläche erreicht. Der Nachweis kann nach folgenden Konstruktionsprinzipien erbracht werden:

Nachweise der Dichtheit

Nachweis im ungerissenen Bereich



$$h \geq 1,5 \cdot e_{tk} \quad \text{vorh } \sigma_{cN} \leq f_{ctk;0,05} / 1,25$$

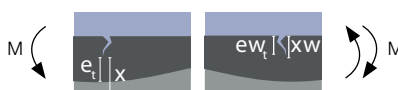
$$\text{vorh } \sigma_{cM} \leq f_{cbk;0,05} / 1,25$$

$$\frac{\text{vorh } \sigma_{cN}}{(f_{ctk;0,05} / 1,25)} + \frac{\text{vorh } \sigma_{cM}}{(f_{cbk;0,05} / 1,25)} \leq 1$$

Nachweis ungerissener Bereiche

(trenn- und biegedruckzonefreie Konstruktionen)
Mit faton® werden die Entstehung und das Anwachsen von Mikrorissen entscheidend gehemmt, faton® ermöglicht zielsicher die Realisierung trennrissfreier Konstruktionen.

Nachweis der Mindestdruckzonendicke



$$x \geq 1,5 \cdot e_{tk} \quad \text{vorh } \sigma_{cN} \leq f_{ctk;0,05} / 1,25$$

$$x \geq 30 \text{ mm} \quad \text{vorh } \sigma_{cM} \leq f_{cbk;0,05} / 1,25$$

$$x \geq 2 \cdot \varnothing_{\text{Größtkorn}}$$

Nachweis der erforderlichen Biegedruckzonenhöhe

Durch faton® kann die Biegedruckzone um bis zu 30 % vergrößert werden.

Nachweis von Trennrissen



$$w_{cal} \geq w_{krit} / 1,5 \text{ oder } h \geq 1,5 \cdot e_{tk}$$



Nachweis einer „unschädlichen“ Trennrissbreite

faton® verringert die Durchflussrate, mit faton® können zielsicher auch sehr kleine Trennrissbreiten realisiert werden.

Klassifizierung der Leistungsfähigkeit

Nachrissbiegezugfestigkeit

Die Nachrissbiegezugfestigkeit des Stahlfaserbetons ist von wesentlicher Bedeutung, da durch sie die Faserwirkung in der Bemessung eines Bauteils angesetzt werden kann. Sie wird zur Klassifizierung der Leistungsfähigkeit von Stahlfaserbeton genutzt. Die Leistungsfähigkeit wird mittels Prüfungen an balkenförmigen Prüfkörpern (Abb. 7) gemäß DAfStb-Richtlinie

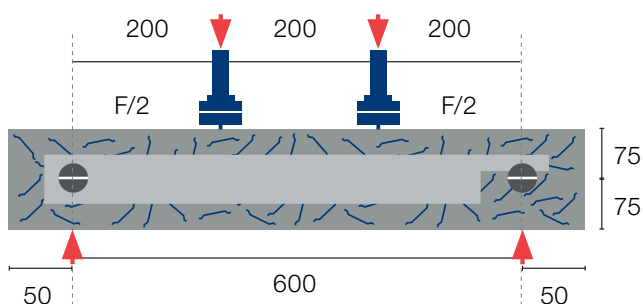
„Stahlfaserbeton“ ermittelt. In der Prüfung werden die Kraft und die zugehörige Durchbiegung als Last-Durchbiegungs-Kurve abgebildet. Die an zwei definierten Verformungswerten (0,5 mm; 3,5 mm) ermittelten Lasten dienen zur Ermittlung der Nachrissbiegezugfestigkeiten (Abb. 8).

Leistungsklassen

Auf der Grundlage der Nachrissbiegezugfestigkeiten erfolgt nach statistischer Auswertung die Einstufung in Leistungsklassen durch den Hersteller des Stahlfaserbetons. Es sind stets zwei Leistungsklassen anzugeben.

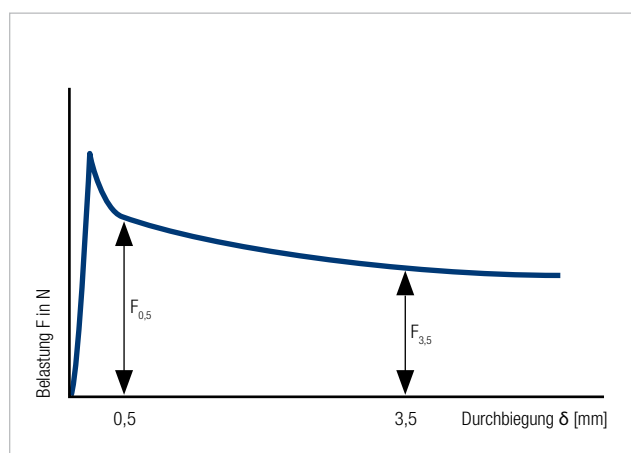
VERFORMUNGS- WERTE	NACHWEISE IM GRENZZUSTAND	LEISTUNGS- KLASSE
$\delta_{L1} = 0,5 \text{ mm}$	Gebrauchstauglichkeit	L1
$\delta_{L2} = 3,5 \text{ mm}$	Tragfähigkeit	L2

Abb. 7: Prüfung



Die Durchbiegung des Prüfbalkens wird durch Wegaufnehmer gemessen. Die Kraft und die zugehörige Durchbiegung werden als Last-Durchbiegungs-Kurven zur Bestimmung der Leistungsklassen abgebildet.

Abb. 8: Last-Durchbiegungs-Beziehung



Güteüberwachter Stahlfaserbeton

Die Leistungsfähigkeit des Stahlfaserbetons ist immer ein Produkt aus mehreren aufeinander abzustimmenden Bestandteilen:

Festbetonmatrix

- w/z-Wert
- Zementart und -gehalt
- Druck-/Zugfestigkeit (Art der Gesteinskörnungen)
- Granulometrie (Gesteinskörnungen, Sieblinien etc.)

Faserdosierung, Faserverteilung

Faserzugfestigkeit

Faserverbundeigenschaften

- Fasergeometrie (Länge, Dicke, l/d)
- Oberflächenbeschaffenheit
- Verankerungsart (Endhaken, Wellengeometrie)

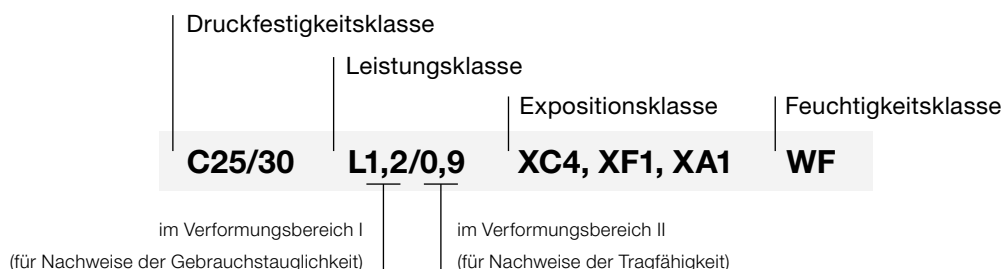
Die Einhaltung der festgelegten Anforderungen an die Frisch- und die Festbetoneigenschaften erfolgt durch Erstprüfungen. Für die Erstprüfungen ist der Hersteller verantwortlich.

In der Werksproduktion sind folgende Kriterien zu überprüfen:

- Gleichmäßigkeit der Faserverteilung im Frischbeton
- Nachrissbiegezugfestigkeit

Dies sind die Grundvoraussetzungen für eine gleichbleibend hohe Qualität werksgemischten Stahlfaserbetons. Das Zusammenmischen von Beton und Stahlfasern auf der Baustelle birgt dagegen beachtliche Risiken hinsichtlich der Qualität des Baustoffs. Aus einer Angabe des Fasergehalts allein ist auch bei gleichbleibendem Fasertyp ein Rückschluss auf die Leistungsfähigkeit des Stahlfaserbetons ausgeschlossen.

Bezeichnung für einen beispielhaft ausgewählten güteüberwachten Stahlfaserbeton:



Güteüberwachter Stahlfaserbeton ist gemäß DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 ein Beton nach Eigenschaften und wird durch die folgenden Festbetoneigenschaften festgelegt:

- Betondruckfestigkeitsklasse (z. B. C25/30)
- Leistungsklassen (z. B. L1,2/0,9 für die Verformungsbereiche 1 und 2)
- Expositionsclassen (z. B. XC4, XF1, XA1)
- Feuchtigkeitsklasse (z. B. WF)

REGION NORD

Christian Kalytta

Produktmanagement

Telefon: 030 330092 40

Mobil: 0173 968 66 12

christian.kalytta@cemex.com

REGION SÜD

Anja Zechmann

Produktmanagement

Telefon: 089 9005 51 59

Mobil: 0160 922 652 64

anja.zechmann@cemex.com



Mehr Informationen finden Sie auf unserer Webseite unter:

www.cemex.de/produkte/beton/faton

