

# Industrieböden aus Stahlfaserbeton

Markus Schulz, KrampeHarex GmbH & Co. KG, Hamm

## Kurzfassung

*Stahlfaserbeton wird bereits seit über zwanzig Jahren im Industrieböden eingesetzt. Neben der Möglichkeit, das Material für nicht tragende und nicht aussteifende Bodenplatten hier ohne spezielle Zulassungen und Genehmigungen einsetzen zu können, können die Stärken des Stahlfaserbetons, auf Grund der elastischen Bettung hervorragend ausgenutzt werden. Die Stärke ist sicherlich in erster Linie das duktile Materialverhalten, welches eine elastisch-plastische und plastisch-plastische Bemessung ermöglicht. Mit Erscheinen der DAfStb-Richtlinie [1] Stahlfaserbeton in diesem Jahr wird sich das Anwendungsgebiet auch auf tragende Böden ausweiten. Im folgenden Beitrag wird auf Grundlage von Beispielen aus der Praxis erläutert, was bei der Planung und Ausführung von Stahlfaserbetonböden zu beachten ist und was in der Praxis umsetzbar.*

## 1. Stärken und Schwächen des Materials

Die größte Stärke von Stahlfaserbeton ist die Eigenschaft auch nach Rissbildung noch Kräfte aufnehmen zu können. Auf Grundlage der Nachrisszug-, bzw. Nachrissbiegezugfestigkeit wird z.B. in der Richtlinie „Stahlfaserbeton“ des DAfStb eine Einteilung in Leistungsklassen vorgenommen.

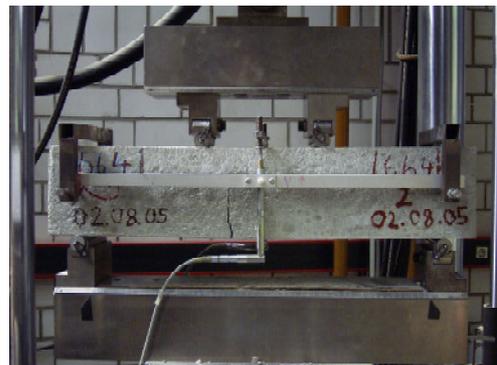


Bild 1: Biegebalkenversuch

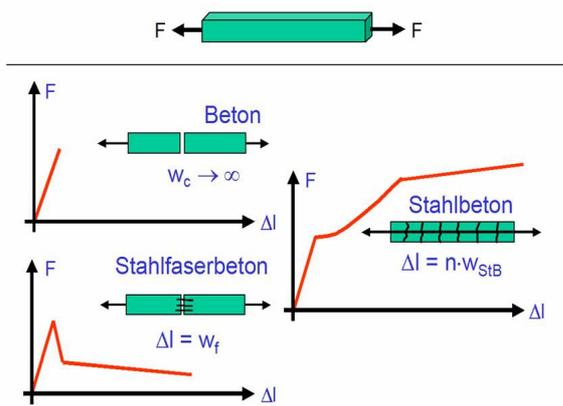


Bild 2 Rissverhalten von Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton [1]

Die größte Schwäche hingegen ist, dass es sich bei Stahlfaserbeton mit den üblichen Fasertypen und Dosierungen um ein „Endfestigendes“ Material handelt, bei dem nach Rissbildung geringere Zugkräfte aufgenommen werden können, als die Erstrisslast. Damit ist eine rechnerische Rissbreitenbeschränkung mit reinem Stahlfaserbeton für den Lastfall

zentrischen Zwang nicht möglich.

Während diese Schwäche bei der Biegebemessung durch die Interaktion mit dem Untergrund wettgemacht wird und auch nach Erstrissbildung eine weitere Laststeigerung möglich ist, ist eine

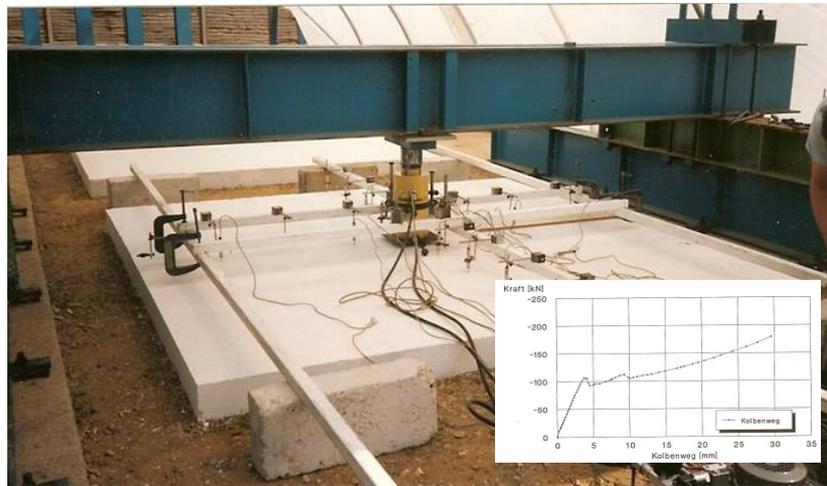


Bild 3 Plattenversuch mit Kraft-Durchbiegungsdiagramm

Rissbreitenbeschränkung für zentrischen Zwang nur mit Hilfe einer zusätzlichen Mattenbewehrung möglich. Hier allerdings kann in Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit des Stahlfaserbetons eine wesentliche Reduktion der notwendigen herkömmlichen Bewehrung erreicht werden. Gemäß des Ansatzes in der neuen Richtlinie „Stahlfaserbeton“ kann z.B. die Mindestbewehrung im Verhältnis der Zugfestigkeit zur Nachrisszugfestigkeit abgemindert werden.

$$A_s^f = f_{ct,eff} \cdot k_c \cdot k \cdot (1 - \alpha_f) \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

mit:

$$\alpha_f = \frac{f_{ctR,L2}^f}{f_{ctm}}$$

Bild 4 Formel für die Ermittlung der Mindestbewehrung [1]

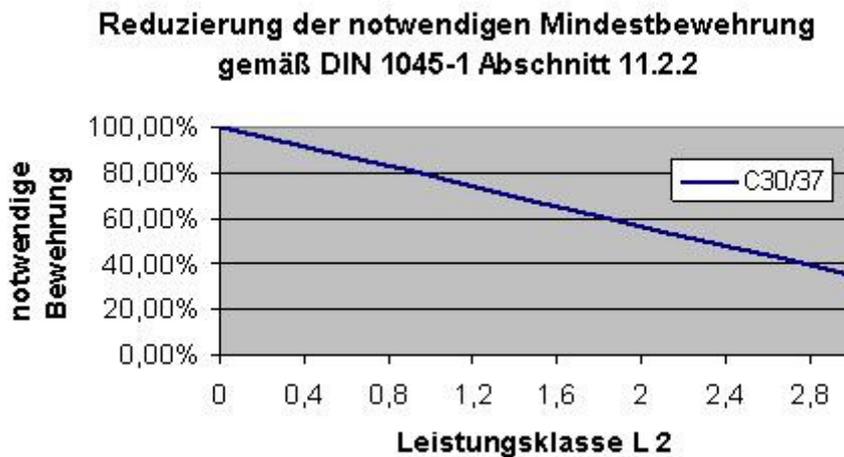


Bild 5 Reduzierung der Mindestbewehrung

## 2. Was ist bei der Planung und Ausführung von Industriefußböden aus Stahlfaserbeton zu beachten

Im Folgenden werden typische Probleme stahlfaserbewehrter Industriebodenplatten in den letzten Jahren gezeigt und erläutert, wie solche Probleme und etwaige Schäden vermieden werden können. Da es mittlerweile oft üblich ist die Industriebodenplatte mit einer Bemessung durch den Auftragnehmer zu vergeben, wird es immer wichtiger, dass der Ausführende hier das notwendige Wissen hat, um Bedenken äußern zu können.

### 2.1 Risse aufgrund von Zugkräften in der Platte

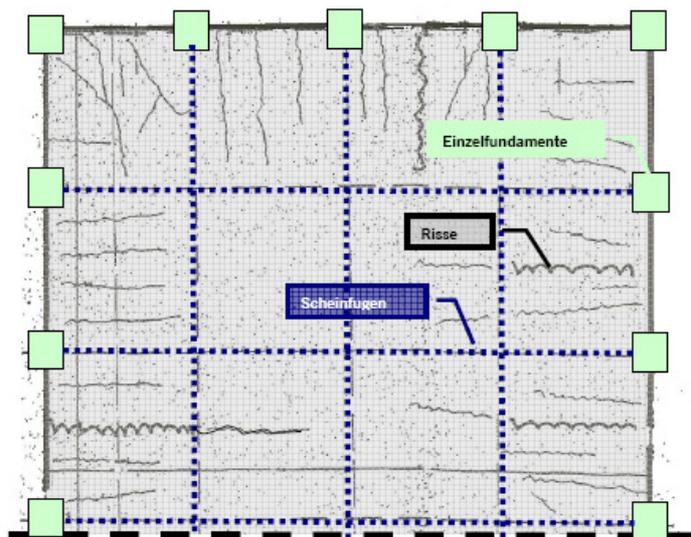


Bild 6 Mögliches Rissbild bei Einspannung in Einzelfundamente

In dem links dargestellten Fall hatte der Planer vorsorglich eine zusätzliche Mattenbewehrung im Randbereich angeordnet. Diese wurde mit den Einzelfundamenten verbunden, so dass die Platte zwischen den Fundamenten gerissen ist. Die bei Betonen für Industrieböden übliche Verkürzung von 0,4 – 0,5 mm/m musste zwangsläufig zu Rissen führen. Im Zusammenhang mit solchen

Schadensbildern werden immer wieder Äußerungen über die Faserdosierung getätigt. Zum Beispiel: Eine Rissbreitenbeschränkung ist erst ab einem Fasergehalt von z.B. 40 kg/m<sup>3</sup> möglich. In Betracht auf das bereits erläuterte „Endfestigende“ Materialverhalten des Stahlfaserbetons ist eine Rissbreitenbeschränkung aber auch dann für den Lastfall zentrischen Zugs bei den derzeit handelsüblichen Fasern nicht möglich. Vielmehr ist bei der Planung und Ausführung eine Trennung von der auf- und abgehenden Konstruktion zu berücksichtigen. Sowieso sind Angaben des Fasergehalts ohne Bezug zur Betongüte und Fasertypen wenig hilfreich, da je nach Schlankheit der Fasern, der Faserlänge, der Verankerungsart und der Betongüte vollkommen unterschiedliche Ergebnisse [2] zu erwarten sind.

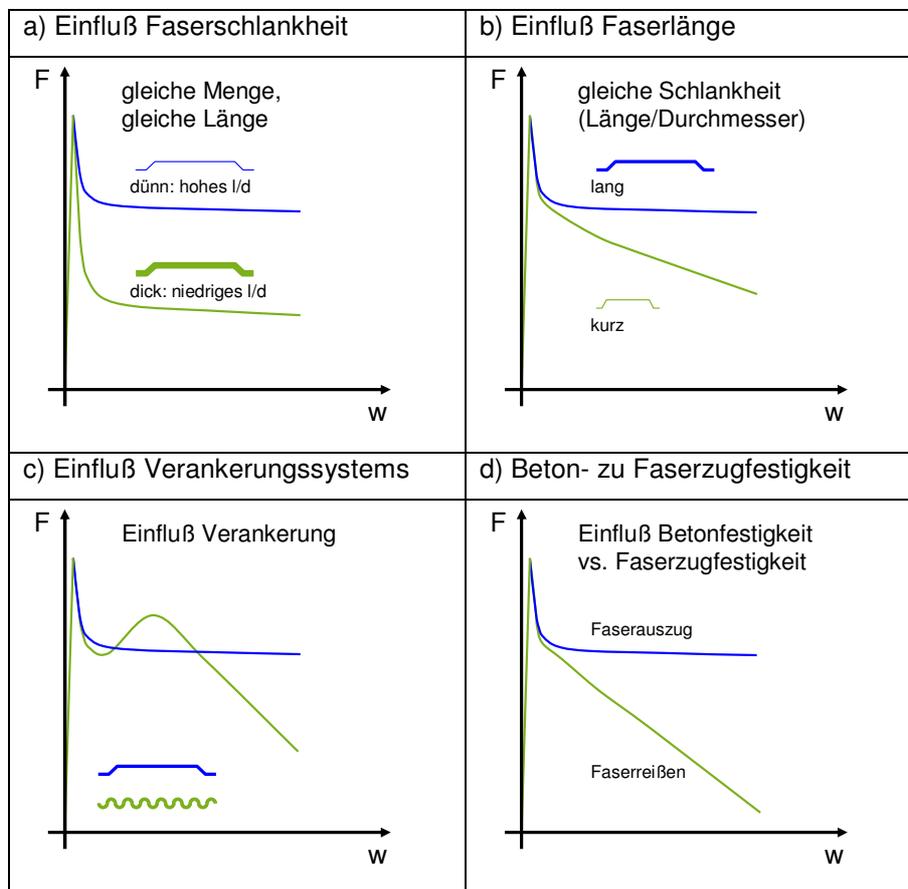


Bild 7 Einflussparameter auf die Nachrisszugfestigkeit [2]

➡ Die Bodenplatte ist von allen auf- und abgehenden Bauteilen zu trennen.

## 2.2 Fasern an der Oberfläche

Ein Mangel bei Industrieböden aus Stahlfaserbeton können Fasern an der Oberfläche darstellen. Da die Stahlfasern dreidimensional in der Betonmatrix verteilt sind, sind zwangsläufig auch Stahlfasern im Oberflächenbereich. Fasern in diesem Bereich können selbstverständlich rosten. Da der Querschnitt handelsüblicher Stahlfasern zu gering ist, um bei der Volumenzunahme beim Korrosionsprozess zu Abplatzungen zu führen, ist dies aber ein optisches Problem. Hier sollten daher zumindest Hartstoffeinstreuungen verwendet werden, die dieses Problem in der Regel verhindern können. Durch Hartstoffschichten [4] können Fasern an der Oberfläche sicher verhindert werden.

Schwieriger stellt sich das Problem dar, wenn Fasern regelrecht aus der Oberfläche herausstehen. Dieses Phänomen tritt in der Regel auf, wenn der Beton Wasser absondert, also blutet und sich die schweren Bestandteile setzen. Fasern die zwischen dem Korngerüst „klemmen“ stehen dann etwas heraus. Oft wird dann, um den Hartstoff aufbringen zu können, das überschüssige Wasser mit einem Gummiabzieher entfernt. Hierbei werden die Fasern noch weiter herausgezogen. Diese Problematik tritt bei längeren Fasern eher auf, als bei kurzen Fasern ist aber in der Regel über die Betonrezeptur zu steuern.



Bild 8 Fasern an der Oberfläche

Auch bei einer zu steifen Betonkonsistenz kann es vermehrt zu Fasern an der Oberfläche kommen, da sich die Fasern dann schwieriger einarbeiten lassen. Hier reicht in der Praxis oft schon eine Erhöhung der Konsistenz um 2 – 3 cm, um das Problem zu lösen.

➡ Der verwendete Beton sollte möglichst kein Wasser absondern (bluten) und die Konsistenz sollte deutlich im Bereich F4 liegen.

### 2.3 Risse aufgrund von Temperaturbelastung

Häufig wird der Lastfall Temperatur bei der Planung vernachlässigt. Im ungünstigsten Fall kommt es durch das Lagergut zu Temperaturunterschieden in der Bodenplatte. Ursache hierfür können zum Beispiel heiße Aschen oder aber die Lagerung von Kompost oder ähnlichem sein. Bei Außenflächen kann es hier gerade im Winter zu extremen Verwölbungen der Platte kommen. Bei der Verwendung von Stahlfaserbeton sind daher relativ kleine Fugenfelder zu planen und auszuführen. Hier eignet sich aber deutlich besser eine rissbreitenbeschränkte Konstruktion aus stahlfaserverstärktem Stahlbeton.

Der Lastfall Temperatur kann aber auch kritisch werden, wenn zwar eine Bodenplatte für eine geschlossene Halle mit üblichen Lasten, wie zum Beispiel Staplerverkehr geplant wird, die Bodenplatte aber vor dem Erstellen der Halle gegossen wird. Hier ist die Bodenplatte zumindest während einer kurzen Bauphase Temperaturunterschieden ausgesetzt [4]. Sollen Risse verhindert werden, sind kleinere Fugenfelder auszuführen.

➔ Temperaturunterschiede sind bei der Bemessung zu berücksichtigen, sollte die Bodenplatte in der Bauphase eine Freifläche sein, so sind kleinere Fugenfelder auszuführen.

### 2.4 Risse aufgrund fehlender, zu geringer Abstimmung und Kerbspannungen

Wie bereits vorher erläutert kann Stahlfaserbeton keine Zugkräfte aufnehmen. Wird also durch eine nicht vorhandene oder bei großen Fugenfeldern auch zu geringe Abstimmung zu auf- und abgehenden Bauteilen eine Zugkraft eingeleitet, reißt die Bodenplatte an dieser Stelle. Während bei einer herkömmlich bewehrten Bodenplatte mit Rissbreitenbegrenzung viele kleinere Risse entstehen, kommt es bei reinem Stahlfaserbeton in der Regel zu einem großen Riss. Dies gilt auch in Ecken in denen



Bild 9 Risse auf Grund fehlender Abstimmung

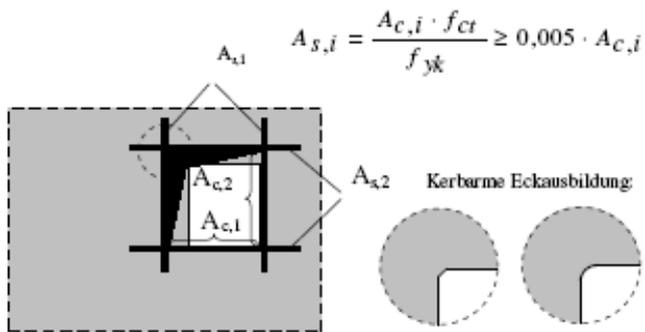


Bild 10 Ermittlung Zusatzbewehrung [6]

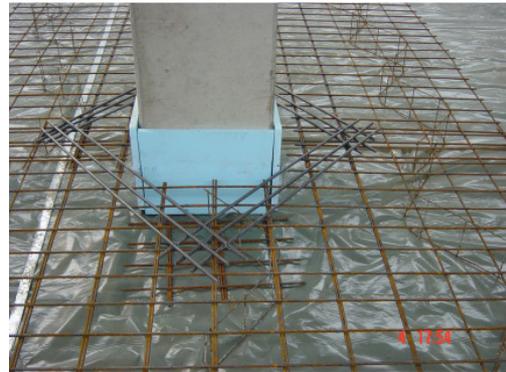


Bild 11 Zusatzbewehrung

hohe Kerbspannungen auftreten. Hier sollte eine zusätzliche Matten- oder Stabbewehrung eingelegt werden.

➔ Ausreichende Abstimmung der Bodenplatte von auf- und abgehenden Bauteilen in Abhängigkeit von der Fugenfeldgröße. Zusätzliche Bewehrung in Form von Stabstahl, oder Bewehrungsmatten an Durchbrüchen und einspringenden Ecken.

## 2.5 Risse aufgrund von Querschnittsveränderungen



Bild 13 Schlecht verlegte Folie



Bild 12 Sauber verlegte Folie

Da bei der Verwendung von reinem Stahlfaserbeton keine Rissbreitenbegrenzung nachgewiesen werden kann, kommt es bei Querschnittsschwächungen oder Versetzen durch unterschiedliche Plattenstärken in der Regel zu wenigen großen Rissen (oft nur ein Riss). Im Bereich von Verstärkungen, bzw. Vouten sind daher Fugen anzuordnen.

➔ Veränderungen und Schwächungen des Querschnitts sind zu vermeiden, oder durch die Fugenanordnung zu entschärfen.

### 3. Industrieböden aus Stahlfaserbeton und stahlfaserverstärktem Stahlbeton in der Praxis

Werden die oben angeführten Details beachtet, stellen Stahlfaserbetonböden eine technisch hochwertige und wirtschaftliche Alternative zu herkömmlich bewehrten und unbewehrten Industrieböden dar. Derzeit werden ca. 60 % aller Industrieböden in Stahlfaserbeton ausgeführt.

#### 3.1 Amazon, Bad Hersfeld

Am 03.11.08 legte der hessische Ministerpräsident Roland Koch den Grundstein zum neuen Amazon Logistikzentrum in Bad Hersfeld. Der amerikanische Internethändler baut dort ein Mega Lager von ca. 100.000 m<sup>2</sup>.

Zur Ausführung kam eine 17 cm dicke



Platte

mit 35 kg/m<sup>3</sup> KrampeHarex Stahlfasern mit einer Länge von 50 mm und einem Durchmesser von 1,0 mm. Die maximalen Fugenfeldgrößen betragen 36 x 36 m.

Zur Erhöhung der Oberflächen-Abrieb/Verschleißfestigkeit wurde der Faserarmierte

Beton mit einer Hartstoffeinstreuung versehen. Täglich wurden ca. 2500 – 3000 m<sup>2</sup> Industrieböden eingebaut.



### 3.2 Kühne + Nagel, Hamburg

Das neue Logistikzentrum von „Kühne + Nagel“ wird seit Dezember 2008 am Obergeorgswerder Deich in Hamburg gebaut. Insgesamt geht es hier um eine Fläche von ca. 50.000 m<sup>2</sup> für eine Umschlaghalle, ein Bürogebäude und zwei Logistikhallen. Die Bodenplatte



wird in einer Stärke von 18 cm mit 35 kg/m<sup>3</sup> KrampeHarex Stahlfasern mit einer Länge von 50 mm und einem Durchmesser von 1,0 mm eingebaut. Die maximalen Fugenfeldgrößen betragen 36 x 38 m. Die Oberflächen werden wie beim Bauvorhaben Amazon mit einer Hartstoffeinstreuung versehen.



### 3.3 Ascheboden/Entladehalle Energierückgewinnungsanlage, Newhaven

In der Stadt Newhaven, im Süden Englands errichtet die Hochtief Construction AG eine Energierückgewinnungsanlage gemäß neuesten europäischen Umweltstandards [5]. Innerhalb des Objektes sind im Bereich des Aschebodens und der Entladehalle auch Betonböden vorgesehen, die hohen Temperaturen, vor allem aber hohem



chemischen und mechanischem Angriff ausgesetzt sind. Aus diesen Gründen war auch eine Begrenzung der Rissbreite nachzuweisen. Um die dafür erforderliche große Menge an Baustahl möglichst gering zu halten, entschied sich die Firma Hochtief Construction AG für eine Kombilösung aus stahlfaserverstärktem Stahlbeton. Durch den Einsatz von 40 kg/m<sup>3</sup> einer mittelfesten Drahtfaser mit der Länge 60 mm

und dem Durchmesser 1,0 mm konnte die notwendige herkömmliche Stabstahlbewehrung wesentlich reduziert werden.

## **Literatur**

- [1] Druckfassung der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton, 2009
- [2] Herstellung und Prüfung von Biegebalken nach DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton, Beton- und Stahlbetonbau Ausgabe August 2009, Gerhard Vitt, Markus Schulz, Wilhelm Nell
- [3] DIN 18560-7, Estriche im Bauwesen – Teil 7: Hochbeanspruchte Estriche (Industriestriche), April 2004
- [4] DAfStb-Richtlinie Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Oktober 2004
- [5] Rissbreitenbeschränkung mit Stahlfaserbeton, Beton- und Stahlbetonbau Ausgabe August 2009, Roland Schepers, Markus Schulz
- [6] DBV-Merkblatt Stahlfaserbeton, Fassung Oktober 2001