

Kurzbericht:

## **Verbundverhalten und Rissbreitenbeschränkung unter Querzug**

gefördert durch den Deutschen Ausschuss für Stahlbeton

V 456

Juli 2008

Technische Universität München  
Institut für Baustoffe und Konstruktion  
Lehrstuhl für Massivbau  
Univ.- Prof. Dr.- Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. K. Zilch

Briefanschrift: 80290 München

Hausanschrift:  
Gebäude N6  
Theresienstraße 90 80333 München

Tel.: +49 / 89 / 289— 23039

Fax.: +49 / 89 / 289— 23046

[e-mail: massivbau@mb.bv.tum.de](mailto:massivbau@mb.bv.tum.de)

### **Inhalt:**

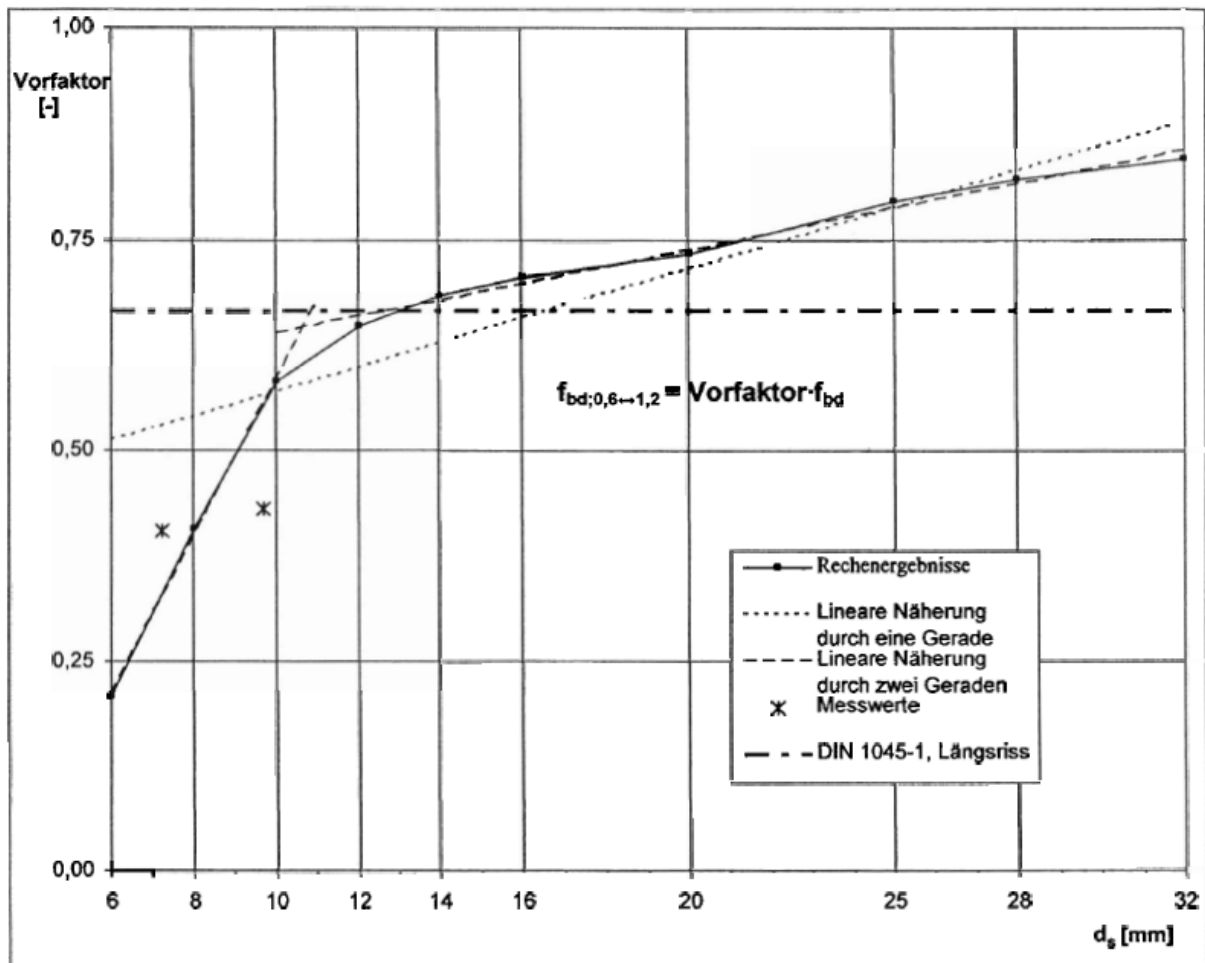
Der Verbund zwischen Stahl und Beton, welcher von einer Vielzahl von Parametern abhängt, hat einen wesentlichen Einfluss auf das Verhalten von Stahlbetonkonstruktionen. Von großer Bedeutung ist das Verbundverhalten einerseits für die Verankerung und Übergreifung von Bewehrung, andererseits für die Rissbildung quer zur Bewehrung. Im Fall von Zugspannungen senkrecht zum verankerten Stab, im Besonderen bei Auftreten von Längsrissen parallel zum verankerten Stab, wird die Verbundtragfähigkeit negativ beeinflusst. Typisch hierfür ist die Endverankerung der Feldbewehrung eines Nebenträgers, der indirekt an einen Hauptträger angeschlossen ist. Auch bei Platten, Scheiben und anderen Flächentragwerken kommen Bereiche mit Querkraft häufig vor.

In DIN 1045-1, Kap.12.5(6) wird für Längsrisse größer 0,2 mm verlangt, den Bemessungswert der Verbundspannung um 1/3 abzumindern. Diese Regelung geht auf die Arbeit von Iddas „Verbundverhalten von Betonrippenstäben bei Querkraft“ zurück. Für die Beschränkung der Rissbreite quer zum gezogenen Stab wird eine Verbundschwächung aufgrund eines Längsrisses bisher normativ nicht berücksichtigt. Für den Nationalen Anhang der DIN EN 1992-1-1 werden im vorliegenden Forschungsbericht Regelungsvorschläge erarbeitet, die die Problematik treffender erfassen. Dies gilt sowohl für die Verankerung als auch für die Rissweitenbeschränkung.

### **Verankerung von Bewehrung unter Querkraft:**

Als Grundlage der durchgeführten theoretischen Untersuchungen dient die Arbeit Iddas, in der abhängig von der Betonfestigkeit, dem Stabdurchmesser und der Längsrissbreite eine  $\tau$ - $\sigma$ -Beziehung (Verbundspannung-Schlupf-Beziehung) angegeben wird. In der Literatur werden Randbedingungen für eine Ermittlung zulässiger Verbundspannungen aus  $\tau$ - $\sigma$ -Beziehungen angegeben. Diese Randbedingungen sind jedoch hinterfragenswert, da sich abhängig vom Stabdurchmesser und durch kleine Änderungen der Randbedingungen ganz andere Verbundspannungen ergeben.

Deshalb wird darauf verzichtet, unter Vorgabe von Randbedingungen die  $\tau$ - $\sigma$ -Beziehungen Iddas auszuwerten. Stattdessen wird mit Iddas  $\tau$ - $\sigma$ -Beziehungen ein theoretisches Sicherheitsniveau für Verbundbruch im Falle eines Längsrisses ermittelt, der im quasi-ständigen Lastfall eine Breite von 0,2 mm hat (DIN 1045-1, Kap.12.5(6)). Da die Auswertung auf Bruchlastniveau erfolgt, wird die angenommene Breite des Längsrisses auf 0,6 mm erhöht. Nun werden die verringerten Bemessungswerte der Verbundspannung für ein Bauteil mit der maximalen nach Norm zulässigen Rissbreiten von 0,4 mm im quasi-ständigen Lastfall ermittelt. Hierzu wird eine Rissbreite von 1,2 mm im Bruchzustand angenommen. Die verringerten Bemessungswerte der Verbundspannung ergeben sich aus der Forderung, dass hier die Sicherheit gegen Verbundversagen gleich hoch sein soll, wie im Fall mit 0,2 mm Längsriss unter quasi-ständigem Lastfall. Das Ergebnis dieser Betrachtung im Bruchlastniveau wird in Diagramm 1 dargestellt. Man erkennt die starke Abhängigkeit vom Stabdurchmesser, welche der Annahme einer konstanten Abminderung entsprechend DIN 1045-1 widerspricht. Im Diagramm sind außerdem Näherungsvorschläge durch eine bzw. zwei Geraden eingetragen.



**Diagramm 1: Vorfaktor zur Bestimmung der abgeminderten Verbundspannung**

Man kann davon ausgehen, dass Verankerungen mit Haken und Schlaufen weniger von Längsrissen beeinflusst werden. Deshalb erscheint es denkbar, dass nur für den Fall gerader Stabenden eine solche Abminderung nötig ist.

Aufgrund fehlender Versuchsergebnisse bleibt ungeklärt, wie sich Übergreifungsstöße verhalten, die durch einen Längsriss/Querzug geschädigt sind. Besonders gilt dies für den Fall einer innen liegenden Querbewehrung bei einem außen liegendem Stoß ohne Bügelumschließung, wie er nach Norm für Stabdurchmesser unter 16 mm zulässig ist. Übergreifungsstöße mit nennenswertem Querzug sind durchaus in Flächentragwerken möglich. Hier existiert unter Umständen ein Tragsicherheitsproblem, welches mit Versuchen überprüft werden sollte.

### Rissbreitenbeschränkung mittels Bewehrung unter Querzug:

Für die Verschlechterung der Wirksamkeit der Bewehrung zur Rissbreitenbeschränkung aufgrund eines Längsrisses/Querzuges werden zwei Konzepte untersucht.

Als erstes Konzept wird die Rissbreitenbeschränkung nach Normung mit der Verbundschwächung nach Idda kombiniert. Dies führt zu höheren Rissabständen und dadurch zu höheren Rissbreiten als ohne Verbundschädigung. In Abbildung 2 sind die Abminderungsfaktoren angegeben mit denen die Verbundspannung entsprechend Konzept 1 zu verringern ist. Die Abminderungsfaktoren nach Abbildung 2 wirken sich indirekt proportional auf die Rissbreite aus.

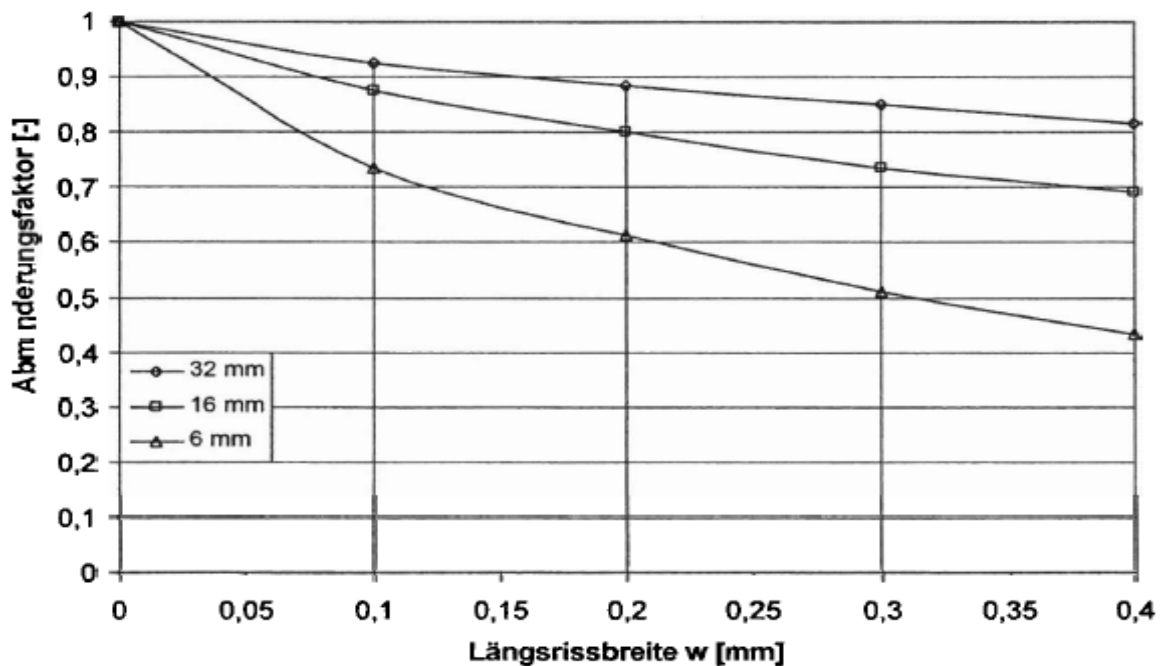


Abbildung 2: Abminderungsfaktor nach Idda. Im ersten Konzept ergibt sich ein indirekt proportionaler Einfluss dieses Faktors auf die Rissbreite.

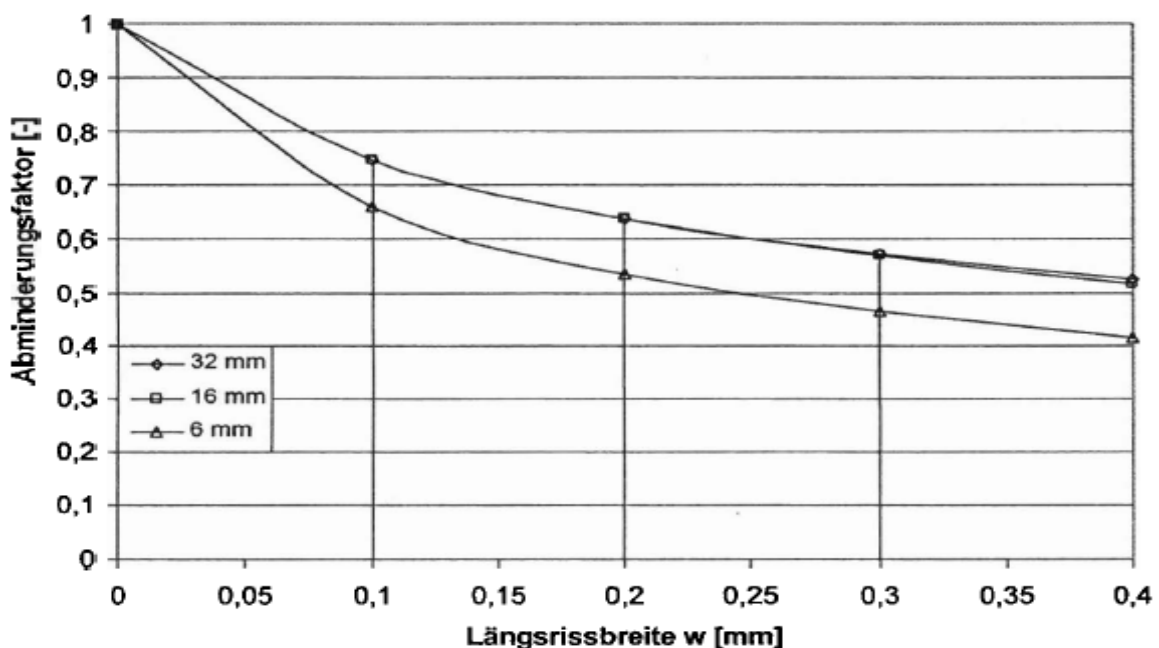


Abbildung 3: Abminderungsfaktor nach Purainer. Im zweiten Konzept nimmt dieser Faktor nur Einfluss auf den Mitwirkungsanteil des Betons auf Zug. Der maximale Rissabstand bleibt trotz Längsriss unverändert.

Als zweites Konzept wird auf Grundlage der Arbeit Purainers „Last- und Verformungsverhalten von Stahlbetonflächentragwerken unter zweiaxialer Zugbeanspruchung“ der Einfluss der Verbundschädigung berücksichtigt. Wesentlicher Inhalt der Arbeit Purainers ist, dass der Einfluss der Querbewehrung auf die entstehenden Rissabstände berücksichtigt wird. Im Falle von Längsrissen/Querzug kommt es zu keiner Vergrößerung des Rissabstandes, jedoch zu einer Verringerung der Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen. Somit ergeben sich auch nach dem zweiten Konzept höhere Rissbreiten als ohne Verbundschädigung. Ein Nachteil dieses Konzeptes liegt darin, dass es nur an Scheibenversuche mit abgeschlossenem Rissbild kalibriert worden ist. Auf Grund dessen wird eine Verringerung der Verbundfestigkeit bei der Ermittlung des Rissabstandes entsprechend Idda (erstes Konzept) empfohlen.

Vergleichsrechnungen zeigen, dass im Zustand des abgeschlossenen Rissbildes, das erste Konzept im Gegensatz zum zweiten Konzept etwas auf der sicheren Seite liegt. Im Zustand des Einzelrisses liegt das erste Konzept im Vergleich zum zweiten Konzept auf der unsicheren Seite. Jedoch ist die Anwendung des zweiten Konzeptes für den Einzelrisszustand von Purainer nicht vorgesehen und ohne Versuchsgrundlage. Grundsätzlich erscheint die Überlegung gerechtfertigt, ob statt einer reinen Abminderung der Verbundspannungen im Zustand mit Längsriss, nicht auch eine gewisse Erhöhung der bisher angesetzten Verbundspannungen für den Fall ohne Längsriss sinnvoll ist. Schließlich hat es diesbezüglich bisher keine Unterscheidung gegeben.

Im Forschungsbericht sind für das erste und das zweite Konzept Tabellen für die Grenzdurchmesser  $d_s^*$  entsprechend DIN 1045-1, Kap.11.2.3 angegeben. Es werden Modifikationsformeln zur Ermittlung des tatsächlichen Grenzdurchmessers  $d_s$  angegeben. Die Problematik liegt darin, dass bei vorhandenem Längsriss die Verbundspannung abhängig vom Stabdurchmesser ist.