

## **Kurzbericht**

zu dem vom Deutschen Beton - Verein E.V.  
geförderten Forschungsvorhaben  
DBV - Nr. 160

# **Verbundfestigkeit von Spritzbeton**

Bericht erstattet von:

Prof. Dr.- Ing. H.G. Schäfer  
Universität Dortmund  
Lehrstuhl für Beton- und Stahlbetonbau

Dipl. - Ing. Vera Wintscher  
Städt. Oberbaurat  
Stadt Dortmund

Dortmund, im Februar 1999

## 1. PROBLEMSTELLUNG

Hinsichtlich der Verbundeigenschaften trifft DIN 18551, Abschnitt 8.6 (2) [1] die folgenden Aussagen:

„Für die im Spritzbeton liegende Bewehrung gelten die Werte des Verbundbereiches II nach DIN 1045 / 07.88, Tabelle 19 [2]. Dabei sind die Werte der Festigkeitsklasse des nachträglich aufgebracht Spritzbetons maßgebend.“

Es wird vermutet, daß diese Festlegungen zu ungünstig sind. Deshalb sollte durch entsprechende Versuche die Verbundfestigkeit von in Spritzbeton liegender Bewehrung experimentell ermittelt werden.

## 2. VERSUCHSPROGRAMM

Insgesamt wurden 6 Versuchsbalken hergestellt und geprüft. Bei zwei Versuchsbalken waren die Übergreifungsstöße in Spritzbeton eingebettet, bei zwei weiteren Balken lagen die zu stoßenden Stäbe direkt auf dem Altbeton an. Zum Vergleich wurden zwei monolithisch gefertigte Referenzbalken herangezogen. Übergreifungslängen wurden unter Ansatz des Verbundbereichs I festgelegt. Alle Versuchsbalken wurden gleichartig bewehrt, um eine direkte Vergleichsmöglichkeit zu schaffen. Zur Nomenklatur in **Tabelle 1** sei angemerkt, daß **M** für „monolithisch hergestellt“, **S** für „spritzbetonergänzt“, **g** für „gerade Verankerung“ und **w** für „Winkelhakenverankerung“ steht. Alle Balken wurden aus der gleichen Betonmischung hergestellt. Als Mittelwerte aus drei Würfelversuchen wurde die Festigkeit des Trägerbeton im Alter von 28 Tagen zu 36 [N/mm<sup>2</sup>] festgestellt; nach 255 Tagen betrug die Festigkeit des Trägerbetons 55 [N/mm<sup>2</sup>]. Die in Würfelfestigkeit umgerechneten Werte beim Alter von 32 Tagen betrugen 46 [N/mm<sup>2</sup>]; die Festigkeit des Spritzbetons veränderte sich nur noch geringfügig nach oben.

**Tabelle 1:** Versuchsprogramm in der Übersicht

lfd. Nr.	Balkenbezeichnung	Endverankerung	Dicke der Spritzbetonschicht [mm]	Alter bei der Versuchsdurchführung Altb. / Spritzb. [Tage]
1	M 42 g - 1	gerade	0	163
2	S 42 g - 1	gerade	42	176 / 74
3	S 42 w - 1	Winkelhaken	42	252 / 150
4	S 92 w - 1	Winkelhaken	92	255 / 153
5	S 92 g - 1	gerade	92	260 / 158
6	S-M 42 g - 1	gerade	0	262

Im **Bild 1** ist der Versuchsbalken S92g-1 als Prototyp für alle Versuchsbalken dargestellt. Bei den anderen verändern sich lediglich die Parameter Spritzbetondicke und die Verankerungsart im Stoßbereich (vgl. **Tabelle 1**). In den Versuchen sollte der Schlupf an den Stabenden in Abhängigkeit von der Stahlzugkraft (Last-Schlupf-Diagramm) gemessen werden. Um eine konstante Zugkraft in den Bewehrungsstäben zu erzeugen, wurde die Belastung an den austragenden Balkenenden eingeleitet. Da in der Praxis der Fall auftreten kann, daß die Zusatzbewehrung mit Abstand zum Altbeton eingelegt werden muß, wurden die Stahleinlagen in unterschiedlicher Höhenlage angeordnet.

Folgende Größen wurden meßtechnisch erfaßt:

- Bruchlasten
- Schlupf der Längsbewehrung im Stoßbereich
- Längenänderungen der Stahleinlagen im Stoßbereich
- Längenänderung des Betons im Stoßbereich
- Rißbildung im Stoßbereich
- Durchbiegung der Versuchsbalken und
- Längenänderung der Versuchsbalken

## 3. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Im Vergleich zu konventionellen Meßmethoden waren folgende Probleme zu lösen:

- durch die hohe Aufschlaggeschwindigkeit der Partikel des Spritzbetons können herkömmliche Meßmimiken zerstört werden,
- durch die üblichen Abdeckungsmaßnahmen an den DMS wird der lokale Verbund zwischen Stahl und Beton gestört und damit das Meßergebnis verfälscht.

Schlupfmessungen, bei denen die auftretenden Verschiebungen über gedrillte Stahllitzen [3] übertragen werden, enthalten u.E. besonders bei den Anfangswerten erhebliche Systemfehler. Deshalb wurden zwei neue Meßmimiken zur Schlupfmessung sowie eine neuartige Abdeckung zum Schutze der DMS entwickelt.

Das Meßprogramm ist schematisch in **Bild 3** dargestellt.



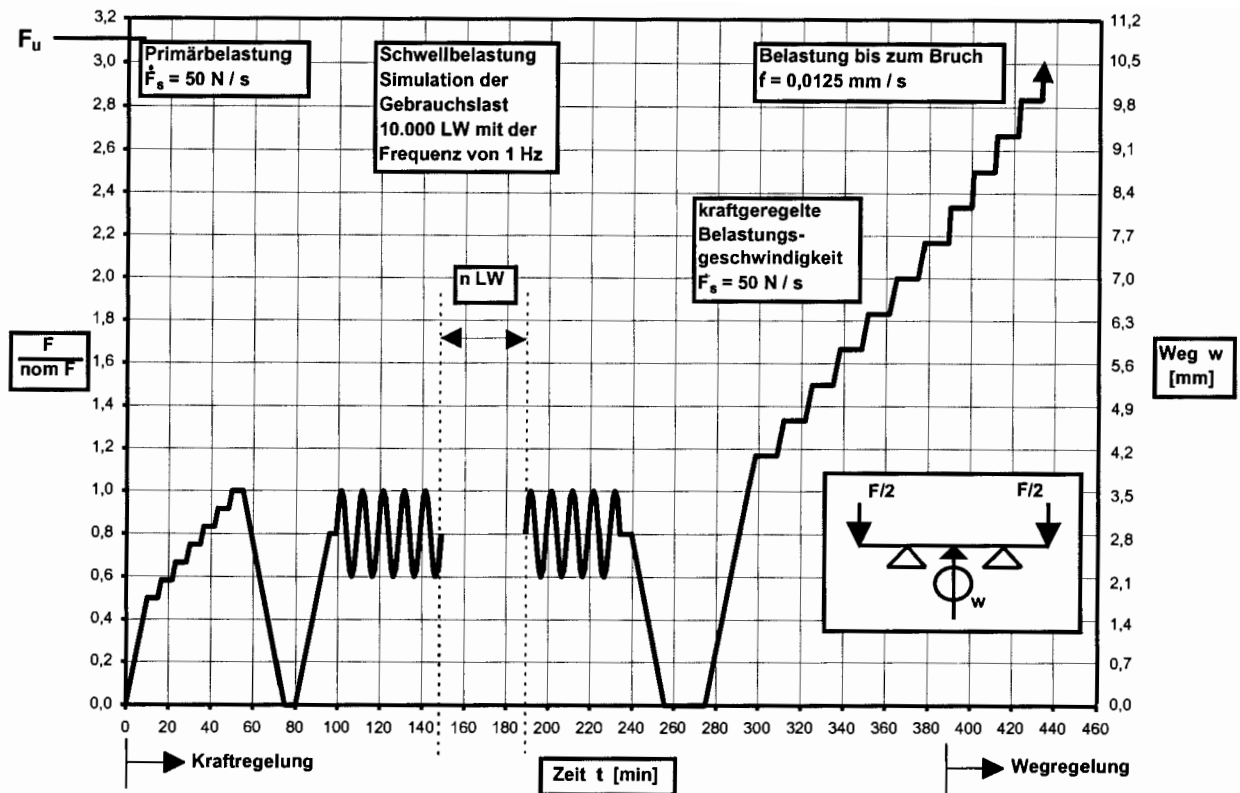


Bild 3: Kraft- und Wegmessung in Abhängigkeit von der Zeit

## 5. VERSUCHSERGEBNISSE

### Durchbiegungen

Eine Aussage über das Tragverhalten der Versuchsbalken lässt sich anhand der Diagramme in den **Bildern 4 und 5** treffen. Darin sind die Mitten- und Enddurchbiegungen in Abhängigkeit von der Kraft dargestellt. Alle Versuchsbalken zeigten bei den Versuchen ein ausgeprägtes duktilen Biegebruchverhalten, wie es für monolithisch hergestellte Biegebalken charakteristisch ist. Die Verbundfuge blieb bis zum Erreichen der Bruchlast intakt.

### Bruchlasten

Die gemessenen und rechnerischen Bruchlasten  $F_u$  sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Bruchlasten  $F_u$

Balken	$F_{u,test}$ gemessene Bruchlast [kN]	$F_{u,cal}$ rechnerische Bruchlast im GdT [kN]
M42g-1	164	136
S42g-1	175	146
S42w-1	154	127
S92w-1	177	148
S92g-1	189	158
SM42g-1	190	159

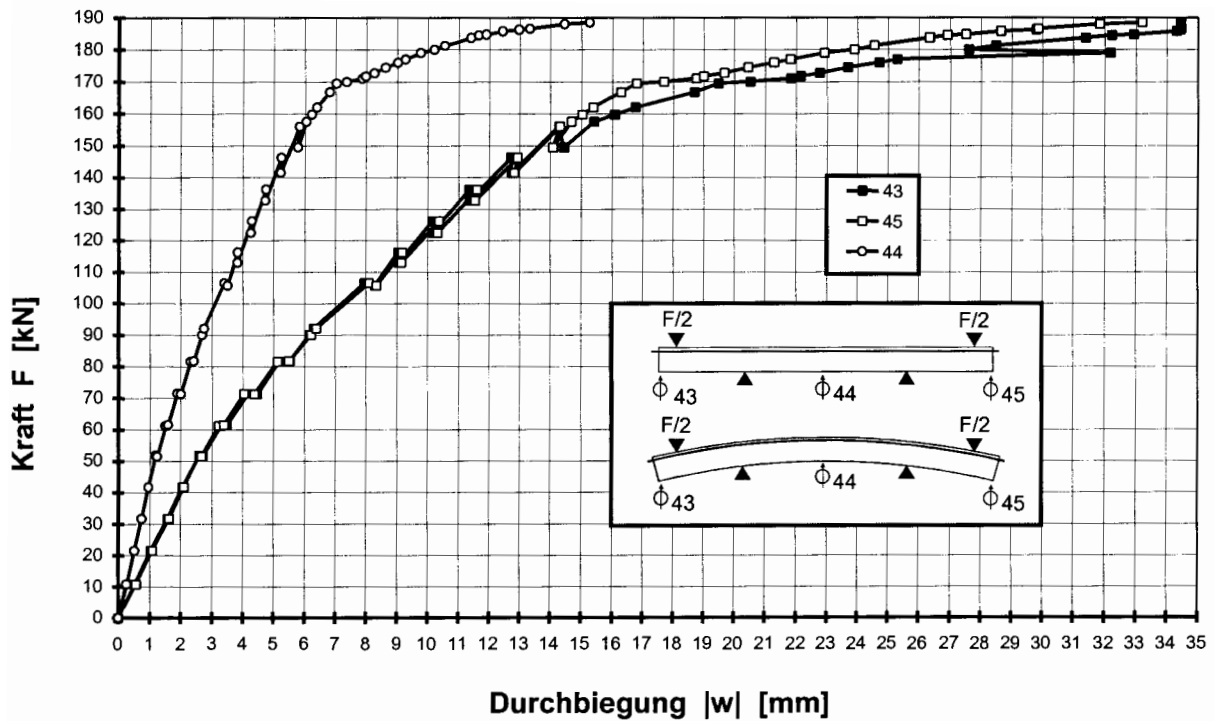


Bild 4: Versuchsbalken S92g-1, Mitten- und Enddurchbiegung

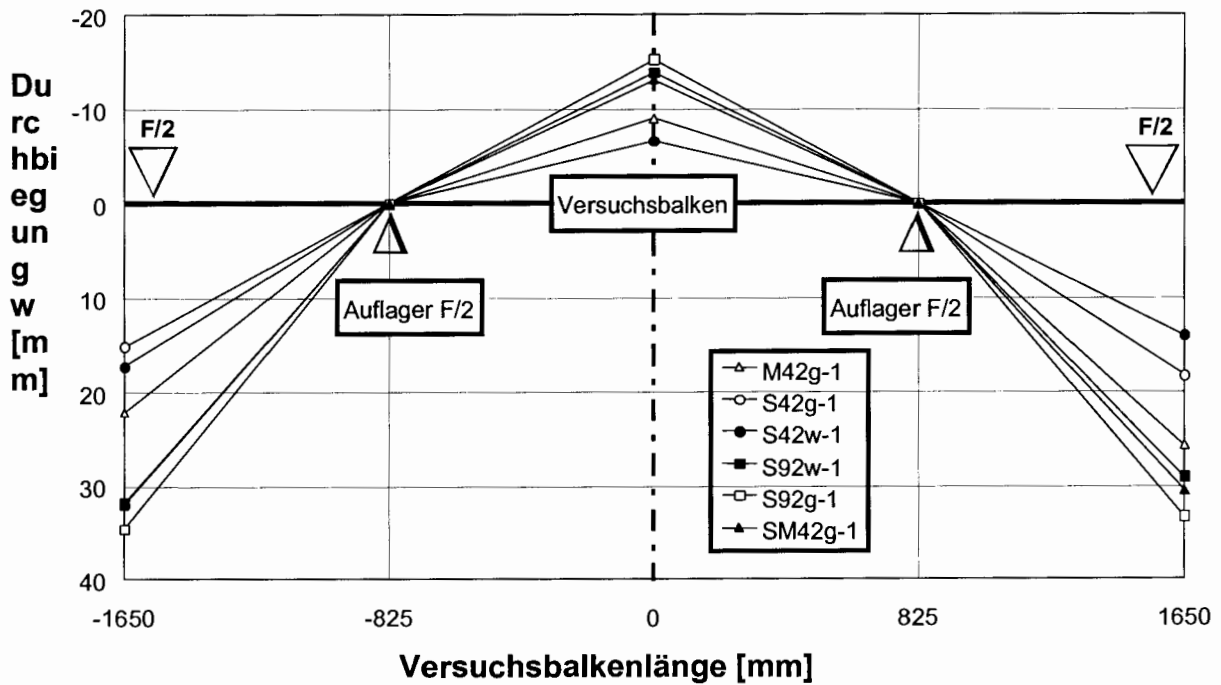


Bild 5: Mitten- und Enddurchbiegung aller sechs Versuchsbalken im Bruchzustand

### Rißbildung

Die Biegerisse im Bereich des Übergangsstoßes verlaufen bei allen Balken senkrecht und kreuzen die Verbundfuge. Die Rißbreiten aller sechs Versuchsbalken liegen unter den kalkulierten Rißbreiten  $w_{k,cal}$  nach Schießl.

## 6. FORSCHUNGSERGEBNIS

Ein Vergleich der

- Bruchlasten
- Rißbreiten
- Rißbilder
- Durchbiegungen

ergibt **keine** signifikanten Unterschiede zwischen monolithisch hergestellten und spritzbeton-verstärkten Balken. Da die Übergreifungslängen für alle Versuchsbalken unter Ansatz des **günstigen** Verbundbereiches I ermittelt worden waren, folgt daraus, daß für in Spritzbeton eingebettete Rippenstäbe die Verbundwerte des Verbundbereiches I angesetzt werden dürfen, vorausgesetzt natürlich, daß die Spritzarbeiten mit der notwendigen Sorgfalt durchgeführt werden. Die genaue Auswertung wird der Dissertation Wintscher [4] zu entnehmen sein.

## 7. LITERATUR

- [1] DIN 18551: Spritzbeton, Herstellung und Güteüberwachung. März 1992.
- [2] DIN 1045: Beton- und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung. Juli 1988.
- [3] Betzle, M., Stöckl, S., Kupfer, H.: Vollstöße durch Übergreifung von zugebeanspruchten Rippenstählen in Normalbeton.  
Stöckl, S., Betzle, M., Schmidt-Thrö, G.: Vollstöße durch Übergreifung von zugbeanspruchten Rippenstählen in Leichtbeton.  
Martin, H., Noakowski, P.: Verbundverhalten von Betonstählen, Untersuchung auf der Grundlage von Ausziehversuchen.  
Müller, F. P., Eisenbiegler, W.: Ermittlung der Verbundspannungen an gedrückten einbetonierten Betonstählen.  
Deutscher Ausschuß für Stahlbeton (DAfStb), Heft 319, Berlin (1981).
- [4] Wintscher, V.: Verbundfestigkeit von in Spritzbeton eingebetteten Rippenstäben. Dissertation in Vorbereitung, Fertigstellung voraussichtlich Dortmund 1999.