

**Querkrafttragfähigkeit von historisch
mit Betonstabstahl bewehrten und mit
geklebter Bewehrung biegeverstärkten
Betonbauteilen**

T 3272

T 3272

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2012

ISBN 978-3-8167-8707-5

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

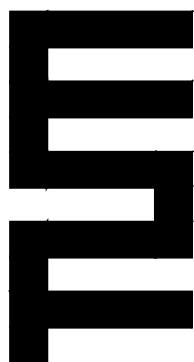
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
INSTITUT FÜR BAUSTOFFE UND KONSTRUKTION
LEHRSTUHL FÜR MASSIVBAU

**"Querkrafttragfähigkeit von
historisch mit Betonstabstahl
bewehrten und mit geklebter
Bewehrung biegeverstärkten
Betonbauteilen"**

**Konrad Zilch
Roland Niedermeier
Wolfgang Finckh**

**Forschungsbericht
September 2011**

gefördert durch das
Deutsche Institut für Bautechnik
(P 52-5 7.302-1367/11)

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

Briefanschrift:
80290 München

Hausanschrift:
Gebäude N6
Theresienstraße 90
80333 München

Tel.: +49 / 89 / 289 – 23039
Fax.: +49 / 89 / 289 – 23046
e-mail: massivbau@tum.de

Querkrafttragfähigkeit von historisch mit Betonstabstahl bewehrten und mit geklebter Bewehrung biegeverstärkten Betonbauteilen

Kurzfassung:

Im Rahmen dieses Berichtes wird die Querkrafttragfähigkeit von historisch mit Betonstabstahl bewehrten und mit geklebter Bewehrung biegeverstärkten Betonbauteilen untersucht. Dazu wurden zunächst auf Grundlage der vorherigen Untersuchungen des DAfStb Heft 594 zusätzlich 14 Querkraftversuche an historisch mit Betonstabstahl bewehrten und mit geklebter Bewehrung biegeverstärkten Betonbauteilen durchgeführt. Im Rahmen dieser Versuche wurden, um die historischen Bauteile zu simulieren, glatte Betonstabstähle in Kombination mit einem niedrigfesten Beton verwendet. Dabei wurden sowohl Bauteile mit Querkraftbewehrung und ohne Querkraftbewehrung untersucht, als Biegeverstärkung wurden bei diesen Versuchen sowohl aufgeklebte, wie auch in Schlitze verklebte CFK-Lamellen verwendet. Im Rahmen dieser Versuchserie wurden neben Einfeldträgerversuchen auch zwei Versuche an Zweifeldträgern durchgeführt, mit der Besonderheit, dass als Stützmomentenbewehrung lediglich die geklebte Bewehrung vorhanden war.

Im Anschluss an die durchgeführten Versuche wurden ausgewählte Versuche aus diesem Bericht und dem DAfStb Heft 594 mit einer nichtlinearen Finiten Elemente Berechnung nachgerechnet. Aufbauend auf dieser Nachrechnung wurden weitere Versuche simuliert.

Mithilfe der durchgeführten Versuche und der numerischen Simulation sowie Vergleiche mit zahlreichen historischen Querkraftversuchen konnte gezeigt werden, dass die Querkraftbemessung nach der der DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit dem zugehörigen nationalen Anwendungsdokument auch auf historisch mit Betonstabstahl bewehrten und mit geklebter Bewehrung biegeverstärkten Betonbauteilen angewendet werden kann. Desweiteren konnte gezeigt werden, dass die Verbundeigenschaften der Bewehrungsstränge zwar einen Einfluss auf das Querkrafttragverhalten haben, dieser jedoch von untergeordneter Bedeutung ist.

Shear resistance of historic, steel bar-reinforced structural members subsequently reinforced for flexure with adhesive reinforcing

Synopsis:

This report investigates the shear resistance of historic concrete members reinforced with steel bars and subsequently strengthened for flexure using adhesive reinforcing. Initially, 14 shear tests were performed on historic, bar-reinforced members with adhesive flexural strengthening in addition to and based on previous investigations presented in DAfStb Heft 594. In order to simulate the historic members in these tests, smooth reinforcing steel bars were used in combination with low-strength concrete. Both members with and without shear reinforcing were investigated and for the flexural strengthening the adhesively applied CFRP strips were placed on either the surface or in slits cut into the members. As part of the test series not only simply-supported girders were investigated but two experiments involved two-span continuous beams with the peculiarity that only the adhesive reinforcing was present to resist the support moment.

After these tests, selected experiments both from this research as well as some presented in DAfStb Heft 594 were simulated using finite elements. Based on these recalculations, further tests were then simulated.

Using these experiments and numeric simulations as well as comparisons with numerous historic shear tests it could be shown that shear design according to DIN EN 1992-1-1 in conjunction with the respective National Annex can be applied also to historic, steel bar-reinforced members strengthened for flexure with adhesive reinforcing. Furthermore, it was shown that the bond properties of the reinforcement bars do influence the shear behaviour but that this effect is of subordinate importance.

Résistance aux efforts de cisaillement des éléments de construction en béton armé historique avec des barres en acier, et renforcés contre la flexion avec des armatures collées

Résumé :

Ce rapport a pour objectif de tester la résistance aux efforts de cisaillement des éléments de construction en béton traditionnels armés avec des barres en acier, et renforcés contre la flexion avec des armatures scellées. Dans un premier temps, un supplément de 14 tests d'efforts de cisaillement sur des éléments de construction en béton traditionnels armés avec des barres en acier, et renforcés contre la flexion avec des armatures scellées, a tout d'abord été réalisé sur la base des études préalablement réalisées dans le cadre du cahier 594 de la directive allemande DAfStb. Afin, dans le cadre de ces tests, de simuler les éléments de construction traditionnels, des barres d'armature en acier planes ont été utilisées en combinaison avec un béton à faible résistance mécanique. Pour cela des éléments de construction avec et sans armatures contre les efforts de cisaillement ont été testés, et en guise de renforts anti-flexion, ceux sont des lamelles en polymère renforcé en fibre de carbone (PRFC) scellées ou collées en fentes qui ont été utilisées dans le cadre de ces tests. Dans le cadre de cette série de tests, en plus des tests sur poutre à une travée, deux tests sur des poutres à deux travées ont été réalisés, avec la particularité que l'armature scellée faisait office d'armature pour les moments d'appui.

A la fin des tests réalisés, une sélection de tests issus de ce rapport et du cahier 594 de la directive allemande DAfStb a fait l'objet de nouveaux calculs effectués par analyse non-linéaire par éléments finis. Des tests supplémentaires ont ensuite été simulés sur la base de ces nouveaux calculs.

Grâce aux tests effectués et à la simulation numérique ainsi qu'aux comparaisons avec de nombreuses études d'efforts de cisaillements traditionnelles, il a pu être démontré que la mesure des efforts de cisaillement selon la norme DIN EN 1992-1-1 en relation avec le manuel d'utilisation national respectif peut également être utilisé pour les éléments de construction en béton traditionnels armés avec des barres en acier, et renforcés contre la flexion avec des armatures scellées. Il a par ailleurs pu être démontré que s'il est vrai que les propriétés de liaison des barres de renforcement ont une influence sur les efforts de cisaillement, celle-ci reste toutefois minimale.

Inhalt:

0	Abkürzungen und Bezeichnungen	IX
1	Einleitung.....	1
2	Grundlagen und Stand des Wissens.....	2
2.1	Untersuchungen zur Querkrafttragfähigkeit von mittels geklebter Bewehrung verstärkter Stahlbetonbauteile	2
2.1.1	Allgemeines	2
2.1.2	Untersuchungen im DAfStb Heft 594.....	2
2.2	Untersuchungen zur Querkrafttragfähigkeit historisch bewehrter Stahlbetonbauteile	2
2.2.1	Allgemeines	2
2.2.2	Untersuchungen von Bach und Graf	3
2.2.3	Untersuchungen von Leonhardt und Walter.....	4
2.2.4	Untersuchungen von Collins.....	5
2.3	Normative Situation.....	6
2.3.1	Historische Entwicklung.....	6
2.3.2	Formulierungen in der DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit dem Deutschen NAD.....	10
2.3.3	Formulierungen im Gelbdruck der DAfStb-Richtlinie.....	12
2.4	Zukünftige Entwicklung.....	13
3	Experimentelle Untersuchungen	15
3.1	Vorbemerkung	15
3.2	Versuchsprogramm	15
3.3	Materialien und Verarbeitung.....	16
3.3.1	Beton.....	16
3.3.2	Betonstahl.....	17
3.3.3	CFK-Lamellen.....	18
3.3.4	Epoxidharzklebstoff.....	18
3.3.5	Verarbeitung	18
3.4	Versuche zum Verbundverhalten einbetonierter Bewehrung.....	19
3.4.1	Versuchsdurchführung.....	19
3.4.2	Ergebnisse	19
3.4.3	Auswertung.....	20
3.5	Querkraftversuche an Einfeldträgern.....	21
3.5.1	Versuchsdurchführung.....	21
3.5.2	Versuche an Balken.....	22
3.5.3	Versuche an Einfeldplatten.....	35
3.6	Querkraftversuche an Zweifeldträgern	45
3.6.1	Versuchsdurchführung.....	45
3.6.2	Versuche an Zweifeldplatten	46
4	Nummerische Modellierung	49
4.1	Allgemeines	49
4.2	Modellierung	49
4.2.1	Allgemeines	49
4.2.2	Beton.....	49
4.2.3	Betonstahl.....	51
4.2.4	CFK-Lamellen.....	51
4.2.5	Verbund	51
4.3	Validierung der Modellierung Anhand der Versuche.....	53
4.4	Simulation ausgewählter Bauteile.....	60
4.4.1	Bauteile ohne Querkraftbewehrung.....	60
4.4.2	Bauteile mit Querkraftbewehrung	62
5	Beurteilung der Ergebnisse	65

5.1	Beurteilung der experimentellen Ergebnisse	65
5.1.1	Beurteilung der experimentellen Ergebnisse der Bauteile ohne Schubbewehrung	65
5.1.2	Beurteilung der experimentellen Ergebnisse der Bauteile mit Schubbewehrung	68
5.2	Auswertung von historischen Versuchen aus der Datenbank	70
5.2.1	Allgemeines	70
5.2.2	Bauteile ohne Querkraftbewehrung	70
5.2.3	Bauteile mit Querkraftbewehrung	72
5.3	Beurteilung der Ergebnisse der numerischen Simulationen	73
6	Bemessungsempfehlung	74
7	Zusammenfassung	75
	Literatur	76
	Anhang A - Bewehrungspläne	81
	Anhang B – Versuchsergebnisse	87
	Anhang C – Versuchsergebnisse der Ausziehversuche	122
	Anhang D – Übersicht über die historischen Querkraftversuche	126