

**Ausgabe 1/2008**

**Dezember 2008**

- **Entwicklung und Aufbereitung wirtschaftlicher Bemessungsregeln von Stahl- und Verbundträgern mit schlanken Stegblechen im Hoch- und Brückenbau AiF-Nr. 14771**
- **Neue Konstruktionen durch Einsatz von Klebverbindungen im Stahlbau P 654**
- **Durchknöpfftragfähigkeit der Befestigungsmittel von Sandwichelementen**
- **Trag- und Verformungsverhalten querkraftbeanspruchter dübelartiger Verbindungen im Stahlbau**

**Zusammenfassung zum Forschungsvorhaben AiF-Nr. 14771**

**Entwicklung und Aufbereitung wirtschaftlicher Bemessungsregeln von Stahl- und Verbundträgern mit schlanken Stegblechen im Hoch- und Brückenbau**

Thema des Forschungsprojektes ist die Entwicklung und Aufbereitung wirtschaftlicher Bemessungsregeln von Stahl- und Verbundträgern mit schlanken Stegblechen im Hoch- und Brückenbau.

Hauptaugenmerk wurde hierbei auf eine verständliche Darstellung und Erläuterung der Regelungen in Eurocode 3 – DIN EN 1993-1-5 für Beulnachweise und eine Ergänzung der Regelungen durch einen neuen Leitfaden für die Bemessung von Stahl- und Verbundträgern mit Stegausschnitten gelegt.

DIN EN 1993-1-5 bietet für Beulnachweise zwei Methoden an. Methode 1 für Standardausführungen von Beulfeldern mit Zerlegung des

Spannungsfeldes in Komponenten, für die jeweils Einzelnachweise geführt werden, die dann über eine plastische Interaktion in einen Gesamtnachweis überführt werden. Methode 2 für beliebige Ausbildungen von Beulfeldern (auch solche mit Stegausschnitten), bei der in einem Schritt nachgewiesen wird, ob das vorhandene Spannungsfeld stabil ist oder nicht.

Beide Methoden wurden analysiert und verglichen und festgestellt, dass sich Methode 2 für einen zweistufigen Nachweis eignet, bei der die zweite Stufe eine zusätzliche „plastische Rotation“ bewirkt, die ähnliche Ergebnisse bewirkt wie die Methode 1. Unterschiede liegen dann nur in der Art der Längsspannungs-Schub-

Interaktion: Bei Methode 1 aufgrund von plastischen Schnittgrößeninteraktionen, bei der Methode 2 mit dem v. Mises-Kriterium.

Die in dem Forschungsbericht niedergelegte Aufarbeitung mit Beispielen dient der Nutzerfreundlichkeit der Eurocode-Regeln und kann als „nicht widersprüchliche Ergänzung (NCCI)“ der Eurocode-Regelungen verstanden werden. Sie ist gleichzeitig ein Beitrag für die Weiterentwicklung der Eurocodes.

Das Forschungsvorhaben mit der AiF-Nr. 14771 wurde durch die

Arbeitsgemeinschaft „Otto von Guericke“ e.V. (AiF), Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Berlin, finanziert und im Auftrage des Deutschen Ausschusses für Stahlbau DASt durchgeführt. Den Förderern sei für die Unterstützung und Hilfe bei der vorliegenden Arbeit bestens gedankt.

Der Bericht ist über die Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf, Fax 0211/6707821 zu beziehen.

## **Aus der Arbeit der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. im Stahl-Zentrum**

### **Neue Konstruktionen durch Einsatz von Klebverbindungen im Stahlbau P 654**

Kleben als Alternative zu strukturellen Füge-techniken im Stahlbau spielt derzeit trotz vielfältiger Anwendungsmöglichkeiten noch eine untergeordnete Rolle. Dabei kann die relativ neue Technik „Kleben“ im Bauwesen in vielen Fällen wirtschaftlich und technologisch gegenüber vorhandenen etablierten Füge-techniken nicht nur bestehen, sondern bietet vielfältige Vorteile. Potentielle Anwendungsfelder ergeben sich insbesondere dort, wo die technischen und wirtschaftlichen Grenzen herkömmlicher Füge-techniken erreicht sind. Das hier vorgestellte Forschungsvorhaben möchte einen Beitrag zur Etablierung des Klebens im Stahlbau leisten.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden exemplarisch Konstruktionen aus dem Brückenbau und dem Fassadenbau als Anwendungsfelder für Klebverbindungen ausgewählt:

Stellvertretend für den Bereich „Bauwerke der Infrastruktur“ wurden geklebte Sandwichfahrbahnplatten für Straßenbrücken entwickelt und

untersucht. Neben dem klebgerechten Entwurf und der Dimensionierung wurden umfassende numerische und analytische Berechnungen durchgeführt. Das Tragverhalten und die Fertigungsabläufe der geklebten Fahrbahnplatten wurden zusätzlich experimentell anhand von großmaßstäblichen Demonstratoren und Kleinteilproben analysiert.

Für den Brückenbau ergibt sich somit die Möglichkeit, mit Hilfe dieser neuen, hoch belastbaren geklebten Stahl-fahrbahnen die Grenzen zu überwinden, an die herkömmliche orthotrope Fahrbahnplatten gestoßen sind.

Im Bereich des Stahlfassadenbaus waren zwei potentielle Anwendungen der Klebtechnik Gegenstand der Untersuchungen. Die erste Anwendung konzentrierte sich auf die klebtechnische Verstärkung von Hohlprofilen in Pfosten-Riegel-Fassaden. Als zweite Klebanwendung im Stahlfassadenbau wurde eine geklebte Alternative zur Befestigung von Stahltrapezprofilen im Fassaden-

bereich untersucht. In Versuchen wurde die Tragfähigkeit geklebter Anschlüsse nachgewiesen und auf Basis theoretischer Untersuchungen die Systemparameter hinsichtlich der Tragfähigkeitssteigerung optimiert.

Bezüglich der Auswahl und Charakterisierung von möglichen Klebstoffsystemen für den Einsatz im konstruktiven Stahlbau stand eine repräsentative Bandbreite kommerziell angebotener Produkte zur Verfügung. Neben den mechanischen Eigenschaften erfolgte eine Untersuchung des Verarbeitungs- und Applikationsverhaltens der Klebstoffsysteme, welche entscheidend für die Einsatzmöglichkeit im Stahlbau sind. Insbesondere wurde auch auf die Vorbereitung der Oberflächen und auf den Einfluss von Korrosionsschutzmaßnahmen eingegangen.

Um die an geklebte Konstruktionen gestellten bauaufsichtlichen Anforderungen erfüllen zu können, wurden im Rahmen des Projekts Monitoringsysteme entwickelt, die eine kontinuierliche und kostengünstige Überwachung der Klebfugen erlauben.

Die Fertigung von geklebten Stahlstrukturen erfordert in gewissem Maß ein Umdenken bei der Ausführung. Besonderer Wert ist auf die Vorbereitung der Klebflächen zu legen. Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Erfahrungen zeigen, dass für die Herstellung großer Bauteile wie dem vorgestellten Brückendeck derzeit weder die

vorhandenen Mischanlagen noch die Möglichkeiten zu Fixierung der Fügepartner ausreichend sind. Hier müssen weitere Produktionsverfahren unter Berücksichtigung einer Baustellen- oder Werkstattfertigung entwickelt werden. Des Weiteren ist sicherzustellen, dass die Arbeiten nur von geschultem Fachpersonal mit Fertigungsbegleitenden Maßnahmen zur Kontrolle und Qualitätssicherung durchzuführen sind.

Es konnte nachgewiesen werden, dass geklebte Bauteile gegenüber anderen Bauausführungen als gleichwertig zu betrachten sind. Es zeigte sich, dass geklebte Konstruktionen im Stahlbau realisierbar sind und bei entsprechender Ausführung eine dauerhafte Konstruktionsform darstellen.

Es bietet sich an, zukünftig das Potential des Klebens im Stahlbau durch ausgewählte Pilotprojekte aufzuzeigen, deren Ziel es sein muss, die bezüglich des konstruktiven Klebens bestehenden Vorbehalte und Hemmnisse systematisch abzubauen.

Der Forschungsbericht umfasst 346 Seiten und enthält 251 Abbildungen / Tabellen und kann gegen eine Schutzgebühr von: € 36,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-63-1. über Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Postfach 10 51 27, 40042 Düsseldorf, Fax-Nr. +49(0)211-6707-129, E-mail: verlagvertrieb@stahlzentrum.de bezogen werden

## Mitteilungen des Fraunhofer Informationszentrums Raum und Bau

### Durchknöpffragfähigkeit der Befestigungsmittel von Sandwichelementen

Die Ermittlung der Durchknöpffragfähigkeit von Verbindungselementen bei direkter Befestigung zur Aufnahme in die

allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-14.4-407 erfolgt analog zur Vorgehensweise zur Aufnahme in die Zulassung Z-14.1-4 durch Versuche an

Bügelproben. Während bei einer Bemessung nach Z-14.1-4 jedoch in Abhängigkeit vom Abstand des Verbindungselementes zu den die zu befestigenden Bauteile aussteifenden Stegen eine Abminderung der Zugtragfähigkeit erfolgt, erfolgt diese bei einer Bemessung nach Z-14.4-407 nicht, obgleich in diesem Fall davon ausgegangen werden kann, dass aussteifende Stege (z.B. bei quasiebenen Wandelementen) nicht vorhanden sind.

Es wurden Abminderungsfaktoren ermittelt, die eine sichere Bemessung mit an Bügelproben ermittelten Tragfähigkeitswerten ermöglichen.

Hierbei wurde auch der Einfluss des Abstandes zu unversteiften Rändern, wie sie z.B. am Querrand oder am Längsrand geteilter Elemente auftreten können, untersucht.

Für Sandwichelemente mit PUR- oder PIR-Schaumkern lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

- Die Ergebnisse aus Versuchen mit Bügelproben sind konservativ und die bisherige Zulassungspraxis damit gerechtfertigt. Dies gilt nur, solange  $f_{wB} = 0,67$  oder kleiner angesetzt wird.
- Für Randabstände  $20\text{mm} \leq e_1 < 45\text{mm}$  ist die Durchknöpffragfähigkeit ergänzend mit dem Faktor

$$f_{e1} = 1,4 - 0,03 \cdot \varnothing_s \begin{cases} \leq 1,0 \\ \geq 0,9 \end{cases}$$

mit dem Scheibendurchmesser  $\varnothing_s$  in mm abzumindern. Für kleinere Randabstände ist keine Aussage möglich.

- Bei Dachelementen mit Obergurtbefestigung ohne Kalotte darf nur 50% der in Versuchen mit Bügelproben ermittelten Durchknöpffragfähigkeit angesetzt werden.
- Die vergleichend an Dachelementen mit Obergurtbefestigung ohne Schaumkern durchgeführten Versuche zeigen, dass auch bei Trapezprofilen nur 50% der in Versuchen mit Bügelproben ermittelten Durchknöpffragfähigkeit angesetzt werden darf.

Für Sandwichelemente mit Mineralwollekern lässt sich nur verallgemeinernd sagen, dass sich diese hinsichtlich der Durchknöpffragfähigkeit schlechter verhalten.

Der Bericht ist im Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, unter der Best.-Nr. T 3160 zum Preis von € 37,50 erschienen.

## Trag- und Verformungsverhalten querkraftbeanspruchter dübelartiger Verbindungen im Stahlbau

Der Verwendbarkeitsnachweis dübelartiger Verbindungselemente für Verbindungen an Hohlprofilen und anderen rückseitig schwer zugänglichen Konstruktionen ist durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung zu erbringen. Bei den genannten Verbindungselementen erfolgt die Fixierung durch Spreizung

einer Hülse mittels eines im unzugänglichen Bereich der Verbindung liegenden Konus.

Große Verformungen bei ausgeführten Anschlüssen, deren Einfluss auf die tatsächliche Tragfähigkeit unklar blieb, bildeten den Ausgangspunkt für die Untersuchungen. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Um den Versagensmodus Durchziehen unter Querkraft bei rechnerisch durch Abscheren versagenden Systemen zu verhindern, ist der Bohrlochdurchmesser bezüglich des Hülsendurchmessers  $d_{Hü} = d_2$  zu beschränken auf

$$d_L \leq 1,15 \cdot d_2$$

- Das Lochspiel hat in erster Linie einen Einfluss auf die Verschiebungen in der Verbindung, weniger auf die Verdrehung. Während die Verschiebungen unter Gebrauchslasten beim größten zulässigen Lochspiel ( $d_L = 1,15 d_{Hü}$ ) bis zu etwa dem 2,5-fachen der Verschiebung der Verbindung mit dem kleinsten geprüften Lochspiel betragen, liegen die Verdrehungen einheitlich zwischen  $3^\circ$  und  $6^\circ$ . Unterhalb des Gebrauchslastniveaus können sich jedoch Unterschiede in den Verdrehungen ergeben, je nachdem ob das Tragverhalten durch Abscheren oder Lochleibung dominiert wird.
- Die Lochleibungstragfähigkeit entspricht der Lochleibungstragfähigkeit der Schraubverbindungen. Die Regelungen in den Zulassungen zur Lochleibungstragfähigkeit sollten jedoch durch die Regelungen der DIN 18800-1:1990-11 ersetzt werden, wobei die Obergrenzen  $\sigma_i \leq 2,0$  für außenliegende Bauteile und  $\sigma_i \leq 3,0$  für innenliegende Bauteile beibehalten werden sollten.
- Sollen alternativ die Regelungen der DIN EN 1993-1-8:2007-05 zur Ermittlung der Lochleibungstragfähigkeit herangezogen werden, sollte der Nachweis in Anlehnung an

DIN 18800-1:1990-11, Element (807) in der Form

$$\frac{V_l}{V_{l,R,d}} \leq \frac{1}{1,2}$$

geführt werden.

- Die Hülsenausbildung hat keinen Einfluss auf die Tragfähigkeit oder auf das Verformungsverhalten der Verbindung. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass ein Gummiring die Tragfähigkeit oder das Verformungsverhalten negativ beeinflusst.
- Verbindungen mit Stahlbaudübeln führen gegenüber Verbindungen mit Schrauben zu größeren Verschiebungen in der Anschlussebene. Dies ist in erster Linie auf die vergleichsweise größeren Verdrehungen zurückzuführen. Ein negativer Einfluss auf die Tragfähigkeit existiert aber nicht.

Der Bericht ist im Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, unter der Best.-Nr. T 3163 zum Preis von E 50,- erschienen



## STAHLBAU BREVIER

### Inhaltsverzeichnis

- Formulare statisch: Einflusslinien, Stabilitätsnachweise, Baustatik, Durchbiegung
- Schrauben: Tragkräfte, Vorspannkräfte, Lochabstände für  $a_L=3$  und 2, Abmessungen, Klemmlängen- und Gewichtstabellen
- Diverse Angaben: Stahlbauprofile, Kreisfunktionen, Trägerüberhöhungen Parabelform, Anstrichflächen, Spanplatten, Holzbalken, Bühnenbleche, Windlasten, Schneelasten, Porenbetonplatten
- Stirnplattenanschlüsse querkraft beansprucht
- Doppelwinkelanschlüsse Nebenträger mit Ausklinkung
- Doppelwinkelanschlüsse Nebenträger ohne Ausklinkung
- Stegrippenanschlüsse 1-schnittig
- Aussteifungsrippen Voll- und Halbrippen
- Schweißnahtanschlüsse
- Stützenverankerung: Spazierstockanker, HILTI-Durchsteck- und Verbundanker; M10; M12; M16; M20; M24 Nelson-Kopfbolzen  $\varnothing 22$
- Einspannstützen: Einspanntiefe E erforderlich, Aufstelltraversen, Fußplattendicken, profilbündige Plattengrößen
- Ausklinkungen an Profilträgern ein- und beidseitig, HEA- / HEB- / IPE-Profile
- Kranbahnen: Kranbahnkonsolen, Kranbahn-Flachstahlschienen, Kranbahnpuffer, Kranbahnträgerquerschnitte, Hub- und Beanspruchungsklassen, zulässige Durchbiegung
- Biegesteife HV-Stöße: Träger und Rahmenecken
- Konstruktions-Details: Trägerstöße und Rahmenecken
- Rippenlose Trägenerauflager am Ende und in Trägermitte
- Angaben über Materialbeschaffung, Werkstattverladung, LKW-Transport zur Baustelle, Angaben über Straßenbeschaffenheit

Auf über 470 Seiten hat Stahlbauingenieur Ewald Hartmann eine umfangreiche und anwenderfreundliche Arbeitshilfe erstellt. In Zusammenarbeit mit Prof. Dr.-Ing. habil. Frank Werner, VBI-Prüfingenieur für Baustatik, Bauhaus-Universität Weimar. **Statische Typenprüfung: Thüringer Verwaltungsamt, Ref. 330 Bauaufsicht/Bautechnik, Prüfamts für Standsicherheit.**

Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Sohnstr. 65, D- 40237 Düsseldorf, Tel.: (0211) 67078-01

**Faxbestellung: (0211) 67078-21**

Ich/Wir bestelle(n):

..... Exemplare

**Stahlbau Brevier**

**498,00 EUR**

Preise inkl. Versandkosten, inkl. Mehrwertsteuer

.....  
Datum

.....  
Unterschrift

.....  
Firmenstempel