

29. August 1997

Ausgabe **2/97**

Mit dieser Publikationsreihe „Berichte aus der Stahlbauforschung“ will der Deutsche Ausschuß für Stahlbau DAST die interessierte Fachöffentlichkeit in unregelmäßigen Abständen über die neueren Forschungsergebnisse sowie aktuelle Neuigkeiten rund um das Thema Stahlbauforschung und den DAST informieren. Dieser Informationsdienst richtet sich an technische Fachleute in der Stahlbauindustrie, bei Behörden, bei Bauherren und in der Forschung.

In der aktuellen Ausgabe werden auch Projekte der Deutschen Gesellschaft für chemischen Apparatebau, chemische Technik und Biotechnologie e.V., Frankfurt, der Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf, des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt, Berlin, und der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG, Bonn, vorgestellt.

Diese Ausgabe behandelt die folgenden Themen:

- Verhalten nachgiebiger Rahmenecken und -knoten
- Bemessungshilfen für den Nachweis von Stabquerschnitten im plastischen Zustand nach DIN 18 800, Nov. 1990
- Trapezstegträger mit Steg-Gurt-Verbindung mit mechanischen Verbindungsmitteln
- Festigkeitsnachweise von Stutzenanschlußstellen im Krepfenbereich ge-

wölbter Böden

- Bemessung von Einfeld- und Durchlaufträgern aus rundkantigem U-Stahl (DIN 1026)
- Low-cycle-fatigue-Beanspruchung von auf Abscheren beanspruchten Schrauben
- Geometrische Ersatzimperfectionen für Verbundstützen
- Systematische Untersuchungen der Einspannverteilung in thermisch vorgespannten Gläsern
- Spannungs- und Stabilitätsverhalten von punktförmig gestützten Schalenträgwerken
- Verhalten von Stützen-Riegel-Verbindungen
- Belastung des tragenden Randverbundes von Isolierglas bei Structural Glazing
- Bemessung von Tragwerken mit verbormbaren Anschlüssen
- Messung der Vorspannkräfte von Nieten in Altbrücken
- Regularität von Stahlbauwerken
- Kastenträger
- Stabilität langer, biegebeanspruchter Stahlrohre

Der Informationsdienst „Berichte aus der Stahlbauforschung“ wird als Beilage zu den Stahlbaunachrichten verteilt.

Forschungsvorhaben AiF-Nr. 10088 B

Verhalten nachgiebiger Rahmenecken und -knoten unter zyklischer Beanspruchung

Nach den (neuen) nationalen und internationalen Regelwerken (z.B. DIN 18 800, EC3/1 und DAST-Ri015) ist es erlaubt „vorwiegend ruhend belastete“ Stahlkonstruktionen unter Ausnutzung plastischer Tragreserven zu be-

messen. Dabei darf von einer einmaligen Belastung ausgegangen werden, auch wenn die Konstruktion aufgrund der realen Belastung wiederholt bis in den plastischen Bereich (zyklisch) beansprucht wird.

Die gängige Praxis im Stahlbau zeigt, daß Konstruktionsteile und Tragwerke zunehmend unter Ausnutzung plastischer Tragreserven bemessen werden. Der erzielbare Vorteil gegenüber einer Absicherung gegen die elastische Grenzlast wächst mit der Größe der plastischen Querschnitts- und Systemreserven.

Bis heute liegen jedoch keine ausreichenden experimentellen und theoretischen Erkenntnisse darüber vor, ob diese Verfahrensweise auch bei Anwendung der neuen Bemessungsverfahren zulässig ist.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde das Verhalten nachgiebiger, geschraubter Kopfplattenstöße anhand typischer Rahmenknoten des Hallen- und Geschoßbaus untersucht. (Die Bezeichnung nachgiebige Verbindung wurde hier im Sinne der Termini des EC 3, Annex J, verwendet.)

Zur Erzielung der Nachgiebigkeit in den Verbindungen wurde weitestgehend auf den Einsatz von Steifen verzichtet. Die Schweißprofile wurden aus sehr schlanken Blechen gefertigt. Aufgrund der daraus resultierenden Nachgiebigkeiten der Verbindungen ergab sich ein ausgeprägt nichtlinearer Verlauf der Last-Verformungskurven. Für alle untersuchten Versuchskörper bzw. deren Verbindungen war dieser Kurvenverlauf qualitativ gleich. In diesem Sinne konnte von einer charakteristischen Momenten-Rotations- bzw. Last-Verformungs-Beziehung für derartige Verbindungstypen ausgegangen werden. Für die Tests bedeutete dies, daß die nach den Bemessungsregeln des EC3, Annex J sich ergebenden „elastischen Momententragfähigkeiten“ ($2/3$ des Tragmomentes der Verbindung), bereits unter schwellender, niedrig-zyklischer Beanspruchung zu raschem Steifigkeitsverlust bzw. einem Kriechen ähnlichen Ermüdungsverhalten führten. Die Momentenbeanspruchbarkeiten wurden bis auf eine Ausnahme (Rahmenecke aus Walzprofilen) von diesem Verhalten nicht beeinflusst.

Die Ursache für derartige Ermüdungserscheinungen sind in der Wechselwirkung der an

der Momentenübertragung beteiligten Komponenten zu suchen. Steifenlose Konstruktionen führen zu weniger optimalen Verbindungen, das heißt die Unterschiede in der Auslastung der Komponenten sind sehr groß. Dies führt dazu, daß verschiedene Bestandteile der Verbindung lokal bereits stark beansprucht werden, während andere erst nach inneren plastischen Kräfteumlagerungen beansprucht werden. Durch die Bemessungsregeln des Eurocodes wird dieses Verhalten indirekt unterstützt, da sich hier nur an der schwächsten Komponente orientiert wird, ohne eine passende Dimensionierung anderer Bestandteile zu berücksichtigen.

Insbesondere den Schrauben im Zugbereich muß unter dem Aspekt des niedrig-zyklischen Materialverhaltens stärkere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Obwohl Eurocode 3, Annex J [3], explizit keine Vorspannung der Schrauben verlangt, wurde diese bei allen Versuchen vorgesehen. Denen im EC 3, Annex J, genannten Richtlinien der Dimensionierung des Schraubenquerschnitts für eine elastisch-plastische Bemessung wurde ebenso entsprochen. Trotzdem waren bei den Versuchskörpern aus gewalzten Profilen in zwei Fällen die Schrauben Versagensursache. In beiden Fällen trat dieses Versagen plötzlich auf, was bei derartigen Kopfplattenstößen in der Praxis mit großer Wahrscheinlichkeit zum Systemversagen führen würde. Eine Verlagerung der Problematik auf den schlanken Stegbereich war bei den Schweißprofilen erkennbar. Die schwellende Beanspruchung bis zu 2000 Zyklen konnte aber kein Versagen herbeiführen.

Eine Vorhersagbarkeit des Versagens nachgiebiger Verbindungen unter niedrig-zyklischem Verhalten erscheint auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen noch nicht möglich. Dafür notwendige Serienrechnungen mittels FEM sind nur so gut wie das implementierte Materialgesetz für die jeweilige Beanspruchungssituation. Zudem erweist sich die konkrete Erfassung der geometrischen Imperfektionen (z. B. der Kopfplatte) als relativ aufwendig. Die Qualität der FE-

Rechnung zeigt bei diesen komplizierten Konstruktionen eine große Anfälligkeit gegenüber Veränderungen der Randbedingungen, was bedeutet, daß Abweichungen zum Ergebnis des Traglastversuchs im Bereich von 10 bis 20 % durchaus normal sind. Die für die statischen Versuche durchgeführten Vergleichsrechnungen mit den in [2] beschriebenen Ansätzen unterstreichen dies.

Als relativ einfach ließen sich konstruktive Mindestmaße in Abhängigkeit von der zu erwartenden Lastspielzahl definieren. Anhand der hier untersuchten Grenzfälle der Nachgiebigkeit kann bei Einhaltung z. Z. gültiger Bemessungsregeln nach EC3, Annex J, innerhalb von 400 bis 500 schwellenden Lastzyklen von ausreichender Sicherheit ausgegangen werden, das heißt eine derartige Belastung könnte man als „vorwiegend ruhend“ einstufen. Dabei könnte weiterhin eine Unterscheidung nach der Art der zyklischen Beanspruchung sowie der zu erwartenden Lastamplituden getroffen werden.

Aspekte der statischen Unbestimmtheit des Systems wurden in dieser Versuchsreihe außer acht gelassen. Es kann aber davon ausgegangen werden, daß sich aufgrund innerer Zwängungen und der damit verbundenen Kräfteumlagerungen die oben beschriebenen Symptome noch verstärken.

Die Versuche haben gezeigt, daß der Problematik des niedrig-zyklischen Ermüdungsverhaltens vor dem Hintergrund der aktuellen Bemessungsverfahren künftig größere Auf-

merksamkeit geschenkt werden muß.

Das Forschungsprojekt AiF-Nr. 10088 B wurde vom Lehrstuhl für Stahlbau der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V., Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft, im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Stahlbau DASt, durchgeführt. Für die Förderung des Forschungsvorhabens sei an dieser Stelle der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gedankt. Der Bericht ist über die DASt-Geschäftsstelle gegen eine Schutzgebühr von 48,00 DM zu beziehen.

Literatur

[1] Scheer, J., Scheibe, H.-J., Kuck, D.: Zum Verhalten ausgeklinkter Träger unter zyklischer Beanspruchung, Bauingenieur 65 (1990), S. 463-468

[2] Pasternak, H., Kocker, R., Katula, L.: AiF-Schlußbericht, Projekt-Nr. 10088 B, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 10/96

[3] EUROCODE 3, ENV - 1993-1-1, Revised Annex J, Design of Steel Structures, CEN, European Committee for Standardization, Document CEN / TC 250 / SC 3-N 419 E, Brussels, June 1994

Forschungsvorhaben AiF-Nr. 10332 N Bemessungshilfen für den Nachweis von Stabquerschnitten im plastischen Zustand nach DIN 18 800, Nov. 1990

Aus der Einführung des Nachweisverfahrens Elastisch-Plastisch durch DIN 18 800 [1] und Eurocode 3 [2] ergibt sich für die Praxis ein dringender Bedarf an Bemessungshilfen für den Nachweis, daß die nach der Elastizitätstheorie berechneten Schnittgrößen nicht größer als die Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand sind. Im Unterschied zum Stahlbe-

tonbau ist im Stahlbau die Mannigfaltigkeit der verwendeten Querschnittsformen deutlich größer, wodurch der Darstellbarkeit von Grenzschnittgrößen durch Tabellen, Diagramme und empirische Formeln enge Grenzen gesetzt sind. Es liegt daher nahe, allgemeingültige Algorithmen zu entwickeln und den Nachweis im Einzelfall mittels Rechen-

programmen zu führen. Erforderliche Berechnungsgrundlagen werden in DIN 18800 Teil 1, Element 755 aufgeführt und im zugehörigen Kommentar [3] ausführlich erläutert.

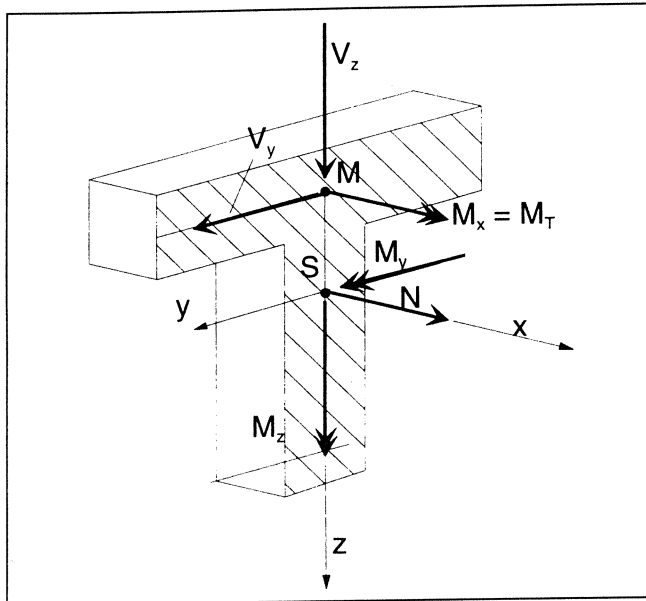


Bild 1: Schnittgrößen

Nachgewiesen werden Kombinationen aus acht Schnittgrößen. Zusätzlich zu den in Bild 1 dargestellten ist das Wölbbimoment M_p zu berücksichtigen. Das Torsionsmoment M_x setzt sich zusammen aus dem Primären Torsionsmoment M_{T1} (St. Venantsche Torsion) und dem Sekundären Torsionsmoment M_{T2} (Wölbkrafttorsion).

Die entwickelten Algorithmen sind unabhängig von der Wahl des Bezugssystems. Aus Gründen der Vergleichbarkeit mit historisch gewachsenen Berechnungsverfahren wird das Hauptachsensystem verwendet und der Schubmittelpunkt als Drillpunkt gewählt.

Die betrachteten Schnittgrößen werden entsprechend der weiteren Berechnung in drei Gruppen aufgeteilt:

$$\mathbf{F} = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N \\ M_z \\ M_y \\ M_p \end{pmatrix}, \quad \mathbf{F}' = \begin{pmatrix} F'_1 \\ -F'_2 \\ F'_3 \\ F'_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n \\ V_y \\ V_z \\ M_{T2} \end{pmatrix} \cdot M_{T1}$$

F : Schnittgrößen, die nach der technischen Biegelehre berechnet werden als Resultierende der Normalspannungen. Berechnungsgrundlage bildet das linearelastisch-idealplastische Werkstoffverhalten.

F' : Schnittgrößen, die aus Gleichgewichtsbedingungen berechnet werden als Resultierende der Schubspannungen. Die in diesem Sinne als Schnittgröße zu behandelnde Stabbelastung n wird ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit gleich Null gesetzt.

M_{T1} : Schnittgröße, die nach der St. Venantschen Torsionstheorie berechnet wird.

Für den zu führenden Nachweis ist es nicht erforderlich, die zugehörige Kombination im plastischen Grenzzustand explizit zu berechnen. Es genügt, einen Dehnungszustand zu ermitteln, dessen zugehörige Schnittgrößen mit den gegebenen übereinstimmen oder „größer“ sind als diese [3].

Die Berechnung des Dehnungszustandes kann für beliebige Querschnitte nur iterativ erfolgen. Für die Iteration wird ein Mutations-Selektions-Verfahren verwendet [4], das sich an den Prinzipien der biologischen Evolution orientiert. Der ermittelte Dehnungszustand kann auch für Berechnungen nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch verwendet werden (Fließzonentheorie).

Zusätzliche Bedingungen werden erforderlich, wenn die Verformung der Tragwerke insgesamt begrenzt werden muß. Dieses Ziel kann mit einer Begrenzung des Absolutbetrages der Dehnung auf 5 0/00 erreicht werden [5]. Der Ansatz der DIN 18 800, die Grenzbiegemomente im plastischen Zustand auf den 1,25fachen Wert der Grenzbiegemomente im elastischen Zustand zu beschränken, kann nicht unmittelbar für beliebige Schnittgrößenkombinationen übernommen werden.

Das Forschungsprojekt AiF-Nr. 10332 N wurde von Prof. Dr.-Ing. W. Maier, Arbeitsbereich Stahlbau und Holzbau der Technischen Universität Hamburg-Harburg mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft in-

dustrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF), Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft, im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Stahlbau DASt, durchgeführt. Der Bericht ist über die DASt-Geschäftsstelle gegen eine Schutzgebühr von 48,00 DM zu beziehen.

Literatur:

[1] Normenausschuß Bauwesen im DIN: Stahlbauten, DIN 18800 (Nov.90). Berlin: Beuth 1990.

[2] Deutsches Institut für Normung: Stahlbau, Stahlhochbau, Eurocode 3 Teil 1-1, DIN V ENV 1993-1-1. Berlin: Beuth 1994.

[3] Lindner, J., Scheer, J., Schmidt, H.: Stahlbauten, Erläuterungen zu DIN 18800. Berlin: Beuth 1994.

[4] Scheer, J., Maier, W.: Zu einer dehnungsorientierten Bemessung stählerner Stabwerke, in Festschrift Heinz Duddeck. Berlin: Springer 1988.

[5] Maier, W., Weiler, P.: Grenzschnittgrößen im plastischen Zustand, Stahlbau 66 (1997), S. 143-151.

Forschungsvorhaben AiF-Nr. 10333 N Trapezstegträger mit Steg-Gurt-Verbindung mit mechanischen Verbindungsmitteln

Die Verwendung dünner Stegbleche bei Vollwandträgern wird durch die zu geringe Beulkapazität beschränkt. Beim Einsatz von trapezförmigen Stegen entstehen jedoch durch die Kanten Versteifungen, die die Beullast erhöhen. Die Kanten der Trapezbleche laufen hierbei senkrecht zur Trägerachse. Dabei unterteilen die orthogonal zur Trägerlängsachse verlaufenden Felder der Trapezprofilierung den Steg in einzelne Beulfelder. Die Versagensmodi werden u. a. durch die Geometrie der Trapezblechfaltung bestimmt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde das Tragverhalten von Trapezstegträgern mit mechanischer Steg-Gurt-Verbindung experimentell und theoretisch untersucht. Es wurden experimentelle Detailuntersuchungen an den Steg-Gurt-Verbindungstypen sowie Traglastversuche an ganzen Trapezstegträgern durchgeführt und mit theoretisch ermittelten Ergebnissen sowie mit Ergebnissen der DASt-Ri 015 "Träger mit schlanken Stegen" verglichen.

Drei Steg-Gurt-Verbindungstypen wurden entwickelt und systematisch untersucht. Für die Berechnung der Beanspruchungen der

Schrauben in der Steg-Gurt-Verbindung wurde ein Ingenieurmodell vorgeschlagen.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß ein Trapezstegträger mit mechanischer Steg-Gurt-Verbindung die gleichen Traglasten erzielt, wie ein Trapezstegträger mit geschweißter Steg-Gurt-Verbindung. Ein Bemessungsvorschlag zur Ermittlung der Quertragfähigkeit des Steges der Trapezstegträger wurde gegeben.

Das Forschungsvorhaben AiF Nr. 10333 N wurde von der Technischen Universität Braunschweig, Institut für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF), Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Stahlbau DASt, durchgeführt. Den Förderern sowie den Fa. Preussag Stahl AG und EJOT Baubefestigungen GmbH sei für die Unterstützung und Hilfe bei den Arbeiten bestens gedankt.

Der Bericht ist über die DASt-Geschäftsstelle, gegen eine Schutzgebühr von 58,00 DM zu beziehen.

Von der Deutschen Gesellschaft für chemischen Apparatebau, chemische Technik und Biotechnologie e.V., Frankfurt, gefördertes Forschungsvorhaben:

Festigkeitsnachweise von Stutzenanschlußstellen im Krepfenbereich gewölbter Böden unter Berücksichtigung der Einwirkung von Stutzenlasten

Projektbeschreibung:

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden für Stutzen, die im Krepfenbereich von Klöpperböden liegen, die Spannungen in einer elastischen Parameterstudie mittels FE-Berechnungen ermittelt und anschließend mit der Spannungsbewertung des ASME-Code aufbereitet.

Die Ergebnisse wurden mit einem Produktansatz, der als Eingangsgrößen die geometrischen Abmessungen verwendet, in Diagrammen dargestellt. Außer dem Lastfall Innendruck wurden auch die Lastfälle Axiallast, Meridian- und Umfangsmoment am Stutzen untersucht. Für die Berechnung statisch unbestimmter Systeme wurden auch die Steifigkeiten des Stutzenanschlusses für die Stutzenlastfälle ermittelt und in orthogonalisierter Form dargestellt. In gleicher Weise und für den gleichen Zweck wurden die Stutzenverschiebungen im Lastfall Innendruck ausgewertet. Neben der umfangreichen Untersuchung an Klöpperböden wurden auch ausgewählte Abmessungsverhältnisse bei Korbbogenböden untersucht.

Der Festigkeitsnachweis wird mit den Diagrammen ohne aufwendige FE-Berechnung durch einfache Handrechnung ermöglicht. Im interessierenden Verschneidungsbereich von

Stutzen und Behälterboden wurde dabei ein verfeinertes Elementraster verwendet.

Die Auswertung der Spannungen erfolgte am maßgebenden Schnitt, der jeweils im Stutzen und im Behälterboden um die halbe Wanddicke von der Verschneidungslinie der Schalenmittelflächen entfernt liegt. Die vier geometrischen Abmessungen, die dem Produktansatz zugrundeliegen, erfordern die Berücksichtigung gegenseitiger Abhängigkeiten der einzelnen Erhöhungsfaktoren. Zur Berücksichtigung der gegenseitigen Abhängigkeiten wurde ein mathematisch vollständiger Ansatz verwendet. Die Bezugsgrößen und die Reihenfolge der Geometrieparameter sind so gewählt, daß sich eine für die Ablesung optimale Darstellung bei den Diagrammen ergibt. Die Ergebnisse der elastischen FE-Berechnungen wurden an Versuchen mit zwei Klöpperböden überprüft.

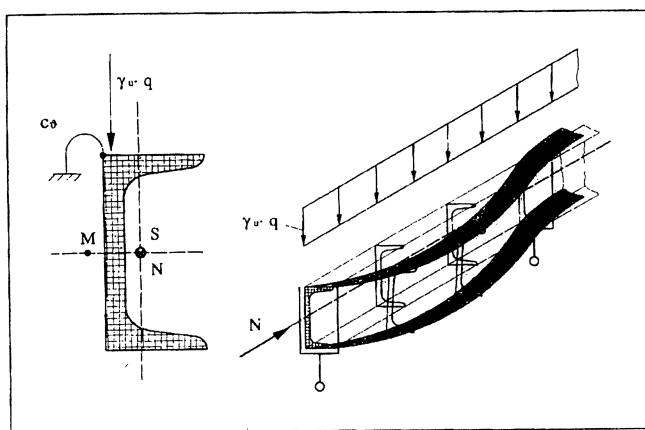
Das Forschungsvorhaben AiF-Nr. 8577 wurde von Prof. Dr.-Ing. H. Saal, vormals Universität Stuttgart, Institut für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF), Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft durchgeführt.

Von der Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf, gefördertes Forschungsvorhaben:

Bemessung von Einfeld- und Durchlaufträgern aus rundkantigem U-Stahl (DIN 1026) nach dem Traglastverfahren unter Berücksichtigung einer Drehbettung und einer Normalkraftbelastung (Projekt 251)

In der Stahlbau-Grundnorm DIN 18800 nimmt das Traglastverfahren beim Tragsicherheitsnachweis einen wesentlichen Raum ein, da seine Anwendung bei der Bemessung von Stahltragwerken eine wirtschaftlichere Auslegung ermöglicht.

In letzter Zeit sind für viele Konstruktionen und Konstruktionselemente maximal aufnehmbare Lasten (Traglasten) unter Beachtung der geometrischen und werkstofflichen Nichtlinearität ermittelt und daraus Bemessungsverfahren für den in der Baupraxis tätigen Ingenieur entwickelt worden. Die vorliegende Arbeit schließt hier eine Lücke, soweit sie Einfeld- und Durchlaufträger aus rundkantigem U-Stahl (DIN 1026) betrifft. Es gab bisher keine einfache Möglichkeit, diese Träger, belastet durch Streckenlasten in der Stegebene und einer Druckkraft bei gleichzeitiger Berücksichtigung einer Drehbettung, mit einfachen Mitteln zu bemessen.



Endfeld eines Durchlaufträgers aus U-Profil bei Erreichen der Traglast

In der DIN 18 800 werden auch Träger mit U-Querschnitt behandelt. Sie setzen jedoch eine Belastung im Schubmittelpunkt voraus, was baupraktisch nicht zu verwirklichen ist. Die Schwierigkeit bei diesen Trägern liegt in der zusätzlich zur Biege- und Normalkraftbeanspruchung auftretenden planmäßigen Torsion, so daß dieses Problem nur mit Verfahren, die das räumliche Versagen berücksichtigen, behandelt werden kann. Im Gegensatz zu Trägern mit I-Querschnitt, bei denen das ebene und das räumliche Versagen (Biegedrillknicken) in getrennten Nachweisen untersucht werden können, ist bei Trägern mit U-Querschnitt diese Auftrennung nicht möglich, so daß hier neue, das räumliche Versagen einschließende Traglasten erarbeitet werden mußten.

Die vorliegende Arbeit ermittelt Traglasten von Einfeld- und Durchlaufträgern mit U-Querschnitt, belastet durch eine Streckenlast, einer Druckkraft sowie einer evtl. vorhandenen Drehbettung und bereitet diese in Form von Traglasttabellen und Bemessungsformeln für die Anwendung in der Praxis auf. Die Nutzung dieser Tabellen bietet dem Stahlbauer, Architekten und Anwender einfache, schnelle und kostengünstige Bemessungsgrundlagen sowie eine realistische Aussage über die im Bauwerk vorhandene Sicherheit.

Dieses Forschungsprojekt (AiF-Nr. 9759) wurde am Institut für Baustatik, Universität Karlsruhe, mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto-von-Guericke" e.V., Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi), durchgeführt.

Der Forschungsbericht umfaßt 82 Seiten und enthält 108 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 35,- inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-57-6

Der Bericht kann bezogen werden bei:
Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH
Postfach 10 51 27 - 40042 Düsseldorf
Fax: 02 11 / 8 29-518

Vom Deutschen Institut für Bautechnik, Berlin, geförderte Forschungsvorhaben:

Low-cycle-fatigue-Beanspruchung von auf Abscheren beanspruchten Schrauben mit Gewinde in der Scherfuge

Die DIN 18 800 Teil 1 (11.90) läßt entsprechend Element (804) zu, daß in Scher-Lochleibungs-Verbindungen der Gewindeteil der Schraube in der Scherfuge liegt, eine entsprechende Regelung ist auch im EUROCODE 3 (ENV 1993-1-1:1992) enthalten. Die Beanspruchbarkeit ist unter Zugrundelegung des Spannungsquerschnittes als maßgebender Abscherfläche zu ermitteln. Für den Fall Gewinde in Scherfuge läßt die DIN 18 800 Teil 1 für Schrauben der Festigkeitsklasse 4.6, 5.6 und 8.8 dieselbe Beanspruchbarkeit zu wie für Abscheren im Schaftquerschnitt, für Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 ist eine Reduktion um 20 % vorgeschrieben (Anpassungsrichtlinie). Der EUROCODE hingegen mindert die Beanspruchbarkeit höherfester Schrauben, also Schrauben der Güte 8.8 und höher, um 10 % gegenüber DIN 18 800 ab. Die Festlegung über die Höhe der Beanspruchbarkeit resultierte aus einer größeren Anzahl von Versuchen an geschraubten Stab-Laschen Probekörpern, die im statischen Versuch bis zum Versagen, d.h. bis zum Abscheren der Schrauben gefahren wurden.

In der DIN 18 800 Teil 1 Element (741) wird das Erfordernis eines Betriebsfestigkeitsnachweises geregelt. Danach darf auf einen Betriebsfestigkeitsnachweis verzichtet werden, wenn die Anzahl der Spannungsspiele n kleiner ist als $5 \cdot 10^6 (26/\Delta\sigma)^3$, wobei $\Delta\sigma$ die Spannungsschwingbreite unter den Bemessungswerten der veränderlichen Einwirkungen für den Tragsicherheitsnachweis ist. Das bedeutet, daß für solche Bauwerke, die aus Windlasten oder Erdbebenlasten keine periodische

Anfachung erfahren, ein Betriebsfestigkeitsnachweis nicht zu führen ist. Solche Bauwerke sind in den Bereich der low-cycle-Beanspruchung einzustufen, und Scher-Lochleibungs-Verbindungen mit Gewinde in der Scherfuge können hier verwendet werden. Das in den Schraubenschaft gerollte Gewinde stellt aber im Vergleich zu dem glatten Schaft eine starke Kerbe dar, und es ist am Kerbgrunde mit einer größeren Spannungskonzentration zu rechnen. Inwieweit diese Spannungskonzentration Einfluß auf die Festigkeit im low-cycle-Beanspruchungsbereich hat, ist bis jetzt nicht bekannt und unseres Wissens nach auch bis heute noch nicht in Versuchen überprüft worden.

Das Forschungsvorhaben untersucht die Scher-Schwingbeanspruchbarkeit von Schrauben der Festigkeitsklasse 5.6 und 10.9 in SL-Verbindungen, deren Gewindeteil des Schaftes in die Scherfuge hineinragt im Bereich der low-cycle-Beanspruchung. Im Rahmen dieses kleinen Forschungsvorhabens werden Schrauben M 16 und M 24 geprüft. Es werden insgesamt 79 Schwingversuche mit der Scherspannungsschwingbreite von $\Delta\tau = 200$ N/mm² bis 500 N/mm² durchgeführt. Die erreichten Lastwechselzahlen liegen zwischen 27.000 und 235.000 Lastwechseln, 4 Ausreißer (M 16 x 120 DIN 933, 5.6 mit $\Delta\tau = 344$ N/mm² und $N = 100.000$ LW, M 16 x 120 DIN 933, 5.6 mit $\Delta\tau = 344$ N/mm² und $N = 317.000$ LW, HV M 16 x 120 DIN 933, 10.9 mit $\Delta\tau = 573$ N/mm² und $N = 8.000$ LW, HV M 16 x 120 DIN 933, 10.9 mit $\Delta\tau = 459$ N/mm² und

N = 8.100 LW) wurden als Ausreißer nach oben und nach unten nicht in die weitere Auswertung einbezogen. Die Darstellungen erfolgen für jede Schraube und Festigkeitsklasse getrennt, für alle Schrauben der Festigkeitsklasse 5.6 gemeinsam und für alle Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 gemeinsam sowie schließlich für alle Schrauben gemeinsam in 7 low-cycle-fatigue-Diagrammen. In den Diagrammen werden jeweils die Trendlinien (Wöhler-Linien) im low-cycle-fatigue-Bereich angegeben.

Ziel der Untersuchungen war die Bestimmung derjenigen Lastwechselzahlen, die eine Schraube in einer SL-Verbindung mit Gewinde in der Scherfuge, die im Nutzlastbereich ausgenutzt ist, ertragen kann. Hierzu können folgende Angaben gemacht werden:

5.6-Schrauben:

Ausnutzung im Nutzlastbereich:

$$\Delta\tau_{\text{serv}} = 0,6 \times f_u / 1,5 = 0,6 \times 500 / 1,5 = 200 \text{ N/mm}^2$$

ertragbare Lastwechselzahl:

$$N = 156.000 \text{ LW}$$

10.9-Schrauben:

Ausnutzung im Nutzlastbereich:

$$\Delta\tau_{\text{serv}} = 0,44 \times f_u / 1,5 = 0,44 \times 1.000 / 1,5 = 293 \text{ N/mm}^2$$

ertragbare Lastwechselzahl: N = 42.000 LW

Legt man eine aus allen 79 Versuchen ermittelte Trendlinie zugrunde, so ergeben sich bei den folgenden Ausnutzungen $\Delta\tau_{\text{serv}}$ die nachstehenden Lastwechselzahlen:

5.6-Schrauben:

$$\Delta\tau_{\text{serv}} = 200 \text{ N/mm}^2; N = 140.000 \text{ LW}$$

10.9-Schrauben:

$$\Delta\tau_{\text{serv}} = 293 \text{ N/mm}^2; N = 53.000 \text{ LW}$$

In der Regel wird nicht der gesamte Nutzlastbereich durch wechselnde Schebeanspruchungen genutzt, sondern die Gesamtbeanspruchungen bestehen aus unveränderten Beanspruchungen aus ständigen Lasten und aus veränderlichen Beanspruchungen aus nicht ständigen Lasten. Nimmt man an, daß die nicht ständigen Lasten etwa den halben Ausnutzungsgrad im Nutzlastbereich umfassen, kann die ertragbare Scherschwingbeanspruchung im low-cycle-fatigue-Bereich aus der über alle Versuche gemeinsam ermittelten Trendlinie wie folgt errechnet werden:

5.6-Schrauben:

$$\Delta\tau_{\text{serv}} = 100 \text{ N/mm}^2; N = 820.000 \text{ LW}$$

10.9-Schrauben:

$$\Delta\tau_{\text{serv}} = 150 \text{ N/mm}^2; N = 290.000 \text{ LW}$$

Die hierfür zugrundegelegte Trendlinie über alle Versuchsergebnisse ist:

$$\log N = - 2,5423 \times \log \Delta\tau + 10,9997$$

Dieses Forschungsvorhaben wurde von Prof. Dr.-Ing. Valtinat, TU Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Stahl- und Holzbau, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

Der Bericht ist über den Fraunhofer IRB-Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, unter der Bestellnummer T2743 gegen eine Schutzgebühr von 22,35 DM zu beziehen.

Geometrische Ersatzimperfektionen für Verbundstützen, die in Knickspannungskurve a eingestuft sind

Projektbeschreibung:

In DIN 18 800-5 und Eurocode 4 ist für die Bemessung von Verbundstützen ein Verfahren

vorgesehen, das auf der Benutzung der Europäischen Knickspannungskurven und von Querschnittsinteraktionskurven beruht. Dabei

wird der Imperfektionseinfluß über eine lineare Abnahme des bei der zentrischen Tragfähigkeit aus der Interaktionskurve ablesbaren Momentes gesteuert. Dieses Verfahren soll nach Beschluß des Arbeitsausschusses DIN 18 800-5 vom 1. 12. 1995 modifiziert werden, um eine Angleichung an die allgemein übliche Berechnung nach Theorie 2. Ordnung zu erreichen und damit das Verfahren für den Anwender durchsichtiger zu machen. Der Nachweis soll künftig über eine Berechnung nach Theorie 2. Ordnung unter Einschluß von geometrischen Ersatzimperfektionen analog zu den Stahlstützen geführt werden. Dazu ist die Bestimmung der geometrischen Ersatzimperfektionen, die den Einfluß des Plastifizierens, des Reißens des Betons, von Eigenspannungen und geometrischen Imperfektionen beinhalten, erforderlich. Für solche Werte liegen für Verbundstützen bisher nur exemplarische Werte vor, die die Definition allgemeingültiger Ersatzimperfektionen nicht erlauben. Ziel der Arbeiten ist, Ersatzimperfektionen für Verbundstützen festzulegen.

Da die Arbeiten umfangreich sind und mög-

lichst schnell abgeschlossen werden sollen, erfolgt eine Aufteilung der Arbeiten dergestalt, daß die Werte für die Querschnittsformen, die nach den Knickspannungskurven b und c zu beurteilen sind an anderer Stelle und diejenigen für die Knickspannungskurve a hier ermittelt werden.

Nach dem Abschluß der Arbeiten wird die Verwendung des vorgeschlagenen Bemessungsverfahrens eindeutig unter Beachtung der notwendigen Sicherheitsaspekte möglich sein. Die Ergebnisse der Arbeit sollen zunächst in die DIN 18 800 Teil 5 einfließen und gleichzeitig auch als deutscher Vorschlag für die Fortschreibung des Eurocode 4 Verwendung finden.

Dieses Forschungsvorhaben wurde vom Ingenieurbüro Bergmann, Himmelohstraße 127, D-58454 Witten, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

Systematische Untersuchungen der Eigenspannverteilung in thermisch vorgespannten Gläsern im Hinblick auf die Flächenfestigkeit, die Kantenfestigkeit und die Festigkeit im Bereich der Lochränder bei punktgestützten Glasscheiben

Projektbeschreibung:

Zur Zeit werden nicht vorgespannte Gläser (Floatglas) und thermisch vorgespannte Gläser (Einscheiben-Sicherheitsglas) nach unterschiedlichen Konzepten bemessen. Floatgläser werden entsprechend den Sicherheitskriterien der Eurocodes auf semiprobabilistischer Grundlage unter Verwendung der Ergebnisse der nichtlinearen Plattentheorie und der Bruchmechanik bemessen. Ein wichtiger Einflußfaktor auf die Glasfestigkeit ist hierbei die sta-

tistische Verteilung der Oberflächendefekte.

Einscheiben-Sicherheitsgläser werden derart bemessen, daß die durch die Einwirkungen entstehende maximale Hauptzugspannung eine bestimmte zulässige Spannung nicht überschreiten darf. Hierbei wird von der Annahme ausgegangen, daß ein bestimmtes konstantes Vorspannungsniveau in den Scheiben erreicht wird und Dekompression der vorgespannten Oberfläche den Bruch bedeutet. In jüngerer Zeit

werden zunehmend teilvorgespannte Gläser aufgrund ihrer erhöhten Festigkeit gegenüber nicht vorgespannten Gläsern und ihrer höheren Resttragfähigkeit bei Verbundsicherheitsgläsern im Vergleich zu VSG aus Einscheiben-Sicherheitsgläsern eingesetzt.

Zielsetzung ist ein systematisches, gleichartiges Berechnungsverfahren für Floatglas, teilvorgespanntem Glas und Einscheiben-Sicherheitsglas zu entwickeln, das von einer sto-

chastischen Verteilung der Oberflächenschäden und von systematischen und stochastischen Verteilungen der Druckvorspannung an den Oberflächen und Kanten ausgeht.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von Prof. Dr.-Ing. Sedlacek, RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

Spannungs- und Stabilitätsverhalten von punktförmig gestützten Schalentragswerken

Projektbeschreibung:

Da in keinem der bestehenden nationalen und internationalen Regelwerke der sehr häufige Anwendungsfall der punktgestützten Zylinderschale (Silokonstruktionen) enthalten ist, und somit der entwerfende Ingenieur keine eindeutige Aussage zum Sicherheitsniveau in seinem Spannungs- und Stabilitätsnachweis machen kann sollten für die Überarbeitung der DAST-Richtlinien 017 bzw. die Neuarbeitung des Teiles "Silokonstruktionen" des EUROCODE 3 einfache normungsfähige Formelausdrücke er-

arbeitet werden, um sowohl die Lastausbreitung in Abhängigkeit von der Steifigkeit des zumeist vorhandenen Ringträgers als auch die örtliche Baustabilität erfassen zu können.

Dieses Forschungsvorhaben wird von Prof. Dr.-Ing. Schulz, Univ. Karlsruhe, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

Verhalten von Stützen-Riegel-Verbindungen unter zyklischer Beanspruchung

Projektbeschreibung:

Das Nationale Anwendungsdokument (NAD) zur DIN V ENV 1993-1-1 Eurocode 3 gestattet die Anwendung des Annex J "Träger-Stützen-Verbindungen", der ein plastisches Bemessungsverfahren für ausgesteifte und nichtausgesteifte Verbindungen (geschraubt, geschweißt) enthält. Als eine grundlegende Voraussetzung für die Anwendbarkeit plastischer Bemessungsverfahren gilt das Vorliegen einer vorwiegend ruhenden Belastung. Es darf dann so getan

werden, als ob die Konstruktion einmalig (monoton) belastet würde, auch wenn sie in der Realität einer wiederholten (zyklischen) Belastung unterliegt. Eine gesonderte Berücksichtigung wiederholt auftretender Plastizierungen ist also nicht erforderlich. Zur Einstufung einer Konstruktion als "vorwiegend ruhend belastet" gilt derzeit die für die Bemessung gegen elastische Grenzlasten gültige und bewährte Abgrenzung mit Lastspielzahlen von n kleiner als $2 \cdot 10^6$ hoch

4. Zwei Pilotversuche an zyklisch beanspruchten steifenlosen (nachgiebigen) Verbindungen mit geschraubtem Kopfplattenstoß in Cottbus zeigten, daß bereits unter Gebrauchslast hohe plastische Dehnungen (z. B. im Flansch und in der Kopfplatte) auftreten. Bei wiederholter (konstant gehaltener) Belastung kommt es zum progressiven Plastizieren.

Dessen generelle Vernachlässigung führt bei zyklischer Belastung - zur Überschätzung der Tragfähigkeit eines Rahmensystems mit diesen Knoten und - zur Unterschätzung der Verformungen dieses Systems, d.h. bei ausreichend großen Lastspielzahlen liefert Annex J unsichere Ergebnisse. Durch Versuche an

8 Riegel-Stützen-Verbindungen unterschiedlicher Steifigkeit aus St52-3 sollen unter Gebrauchslast Lastspielzahlen gefunden werden, für die eine gesonderte Berücksichtigung wiederholt auftretender Plastizierungen nicht erforderlich ist. Untersucht werden Lösungen aus Walzprofilen (dominierend im Geschoßbau) sowie aus Blechen zusammengeschnittener Profile (typisch für den Hallenbau).

Dieses Forschungsvorhaben wird von Prof. Dr.-Ing. Pasternak, TU Cottbus, Lehrstuhl für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

Belastung des tragenden Randverbundes von Isolierglas bei Structural Glazing durch klimatische Einflüsse

Projektbeschreibung:

Anlaß des Forschungsberichtes ist die neue Entwicklung von Fassadengestaltungen mit Structural Glazing Fassaden. Wegen der Anforderungen an den Wärmeschutz kommen nur Mehrscheiben-Isolierverglasungen in Frage. Die auf die Außenscheibe einwirkenden Beanspruchungen werden über die Verklebungen auch auf den Randverbund und die Grundkonstruktion übertragen. Von wesentlicher Bedeutung sind jedoch auch die zusätzlichen Belastungen durch klimatische Einflüsse. Bei einem freiliegenden Randverbund, wie er bei Structural Glazing Fassaden verwendet wird, muß diese Last vollständig vom Randverbund abgetragen werden und überlagert sich additiv der Last aus dem Windsog. Bei kleinen Formaten kann dadurch die Beanspruchung aus der Windlast erheblich (bis zum Faktor 10) überschritten werden. Ziel der Untersuchung ist es, vereinfachte Methoden oder Grenzwerte abzuleiten, die eine Berücksichtigung der Klimabelastung im Rahmen der üblichen Klebefugen-Bemessung erlauben.

In der Durchführung sind alle maßgebenden Faktoren zu erfassen und in ihren Variationsbereichen abzuschätzen. Die vorhandenen physi-

kalischen Modelle und Rechenmethoden sind den speziellen Erfordernissen der SG Fassaden anzupassen. Die Auswirkungen auf die Belastung des Randverbundes sind zu untersuchen. Außerdem ist ein Überblick über kritische Systeme und Randbedingungen zu erstellen.

Durch Erarbeitung von Regeln soll eine Abgrenzung wenig oder nicht belasteter Systeme möglich sein. Für belastete Systeme ist eine Berechnungsmethode zur Ermittlung der Randbelastung zu erstellen, die auch im Rahmen der EOTA-Regelwerke angewendet werden kann.

Dieses Forschungsvorhaben wurde vom Institut für Fenstertechnik e.V., Theodor-Gietl-Straße 9, D-83026 Rosenheim, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

Der Bericht ist über den Fraunhofer IRB-Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, unter der Bestellnummer T2694 gegen eine Schutzgebühr von 44,40 DM zu beziehen.

Untersuchungen zur Festlegung sicherer Regeln für die Bemessung von Tragwerken mit verformbaren Anschlüssen

Projektbeschreibung:

Der klassische Stahlbau geht bei der Diskretisierung von Rahmentragwerken von den Modellen gelenkiger oder biegesteifer Anschlüsse aus. Die konstruktive Ausbildung der Anschlüsse muß derart gestaltet sein, daß die Anschlußcharakteristik der Knotenpunkte einem dieser beiden Typen genügt. Dies hat auch einen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit. Bedingt durch die klassischen Annahmen, daß Anschlüsse entweder "gelenkig" oder "biegesteif" sind, ergeben sich teilweise konservative Schnittgrößenverteilungen im Gesamtsystem, was zu ungünstigeren Bauteilquerschnitten, d. h. zu einem größeren Konstruktionsgewicht und damit zu höheren Kosten führen kann. Viele experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, daß sich das tatsächliche Verhalten von Anschlüssen nicht immer als ideal "gelenkig" bzw. "starr und volltragfähig" (= biegesteif) einstufen läßt. Viele Anschlüsse, insbesondere wenn sie nach ökonomischen Gesichtspunkten konstruiert sind (z. B. steifenlos), sind tatsächlich als "nachgiebig" (d. h. als "verformbar" oder/und "teiltragfähig") zu bezeichnen und diese Eigenschaften müssen dann bei der Tragwerksberechnung berücksichtigt werden. Testanwendungen im Stahlbau haben gezeigt, daß die Ausnutzung der Effekte, die sich bei

der Berücksichtigung des tatsächlichen Anschlußverhaltens bei der Tragwerksberechnung ergeben, nicht nur eine kostengünstigere Anschlußkonstruktion ermöglicht, sondern daß dadurch auch Materialeinsparungen von 5 - 10 %, insbesondere bei den Riegelquerschnitten, möglich sind. Im Hinblick auf eine optimale Ausnutzung des tatsächlichen Tragverhaltens von Anschlüssen waren umfangreiche Untersuchungen notwendig, um dem in der Praxis tätigen Ingenieur einfache aber auch technisch optimierte, d. h. einerseits wirtschaftliche und andererseits sichere Bemessungsregeln und -werkzeuge zur Verfügung stellen zu können. Das Ergebnis ist eine vollständig überarbeitete Fassung des Anhang J des Eurocode 3.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von Prof. Dr.-Ing. Sedlacek, RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

Der Bericht ist über den Fraunhofer IRB-Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, unter der Bestellnummer T2724 gegen eine Schutzgebühr von 98,00 DM zu beziehen.

Messung der Vorspannkkräfte von Nieten in Altbrücken - Entwicklung der Meßtechnik

Projektbeschreibung:

Anlaß: Die Messung der Vorspannkkräfte in Schrauben und Nieten erfolgt heute zum Teil mit der Technik der implantierten Dehnungsmeßstreifen. Diese Technik wurde von uns in Versuchsserien an Stahlbauverbindungen angewendet, es stellte sich heraus, daß sie mit dem Nachteil des Kriechens behaftet ist. Damit werden die Ergebnisse aus Langzeitmes-

sungen verfälscht, und der Vorspannkraftabfall wird durch die Kriecheffekte überlagert. Um diese Vorspannkraft-Meßtechnik zu verbessern, soll ein Versuchsprogramm mit Dauerstanduntersuchungen an Versuchsstücken mit implantierten Dehnungsmeßstreifen durchgeführt werden. Mit dieser Meßmethode lassen sich dann auch Vorspannkkräfte in Nieten an stählernen Altbrücken ermitteln, die dann

eine bessere rechnerische Ermittlung der Restnutzungsdauer gestatten.

Ziel: Austesten der Meßtechnik zur Messung von Vorspannkräften in Schrauben und Nieten, quantitative Ermittlung bzw. Beseitigung von Kriecheffekten.

Ergebnisse: Langzeitmessungen reagieren besonders empfindlich auf Strom- und Temperaturschwankungen. Die Versuchsaufzeichnungen über 15 Monate Standdauer mußten deshalb durch verschiedene Bereinigungen, Mittelwertbildungen und Gewichtungen sowie auch Eliminierung von Fehlmessungen zum Erhalt der endgültigen Lösung bearbeitet werden. Als Er-

gebnis kann mitgeteilt werden, daß der Kriechanteil der implantierten DMS unter 1 % bleibt und dies auch extrapoliert auf 360 Monate.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von Prof. Dr.-Ing. Valtinat, TU Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Stahl- und Holzbau, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

Der Bericht ist über den Fraunhofer IRB-Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, unter der Bestellnummer T2709 gegen eine Schutzgebühr von 49,80 DM zu beziehen.

Regularität von Stahlbauwerken

Projektbeschreibung:

Die Bauwerksregularität und die damit zu erwartenden Bauwerksverhalten sind im Eurocode 8 wie folgt definiert:

- Räumliche Regelmäßigkeit: vernachlässigbare Torsionswirkung
- Ebene Regelmäßigkeit: kein Einfluß höherer Moden
- Festigkeitsverteilung: gleichmäßige Energie-dissipation über die Struktur.

Die Konsequenzen sind die vereinfachten Modellannahmen beim Antwortspektrumverfahren und die Anwendbarkeit der Verhaltensbeiwerte zur Reduktion des elastischen Antwortspektrums (vereinfachtes Verfahren). In diesem Forschungsvorhaben wurden drei Regularitätskriterien wie folgt untersucht:

- Steifigkeit der Zwischendecken
- Eigenschwingverhalten
- Zufällige Festigkeiten.

Folgende Schlußfolgerungen für die Regularität von Stahlbauwerken wurden getroffen:

- Ausreichende Regularität im Hinblick auf die Deckensteifigkeit kann durch den Trägerrostparameter abhängig von der Auslegung der Gebäude beschrieben werden.
- Bei den Rahmenkonstruktionen ist der Einfluß der ebenen Regelmäßigkeit entscheidend. Bei den Fachwerken ist dieser Einfluß unbedeutend.

Die Streckgrenzenstreuung über die Tragwerke ist für die Bestimmung der Verhaltensbeiwerte ohne signifikante Bedeutung.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von Prof. Dr.-Ing. Sedlacek, RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, durchgeführt.

Der Bericht ist über den Fraunhofer IRB-Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, unter der Bestellnummer T2706 gegen eine Schutzgebühr von 47,10 DM zu beziehen.

Von der Deutschen Forschungsgemeinschaft - DFG, Bonn, geförderte Forschungsvorhaben:

Kastenträger

Projektbeschreibung:

18 Traglastversuche an durch Querschotten in Teilfeldern aufgeteilten Kastenträgern. Alle Versuche werden an Einfeldträgern durchgeführt, die durch zwei Einzellasten symmetrisch bezüglich der Trägermitte auf Querkraft und Biegung (äußere Teilfelder) oder reine Biegung (mittleres Teilfeld) beansprucht sind. Bei jedem Versuch werden sowohl die aufgebrachten Pressenkräfte als auch eine Auflagerkraft und die vertikalen Durchbiegungen gemessen. Außerdem werden bei einigen Trägern aus den Dehnungsmessungen verschiedene Spannungsverläufe bestimmt. Die Versuche zeigen, in Abhängigkeit von den geometrischen Abmessungen und Materialeigenschaften 3 Versagensarten: "Zugfeldversagen" mit typischer Zugfeldausbildung in den Stegen und plastischen Gelenken in den Gurten und Steifen, das durch das Ausquetschen des Kastenerobergurtes im Teilfeld mit maximalen Schnittgrößen gekennzeichnete "Gurtversagen" und sogenanntes "Interaktionsversagen" mit den Zugfeldern in Stegen und dem Quetschen des Obergurtes im höchstbeanspruchten Feld. Die Auswertung der Dehnungsmessungen bestätigt den parabelförmigen Schubspannungsverlauf über der Querschnittshöhe von Marsh. Die Übertragbarkeit der Rechen-

modelle, die an Vollwandträgern kalibriert worden sind, auf Kastenträger wird geprüft. Die Traglast der DAST-Ri 015 unterschätzt die experimentell ermittelte Traglast der Kastenträger bis zu etwa 44 %. Nachrechnungen der Traglasten nach den Modellen von Marsh und Vilnay ergeben bessere Übereinstimmungen mit den Versuchstraglasten. Zur Berechnung der Traglast des Kastenträgers wird ein Modell vorgeschlagen, das an eigenen Versuchen kalibriert worden ist. Das Berechnungsmodell berücksichtigt die Interaktion zwischen Querkraft- und Biegemoment und ermöglicht eine Aussage über die Versagensart und zu erwartende Durchbiegungen. Ein mit dem ABAQUS-Paket-Programm erarbeitetes FE-Modell für die Nachrechnung dieser Versuche wird vorgestellt.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von Prof. Dr.-Ing. Scheer, TU Braunschweig, Institut für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, Bonn, durchgeführt.

Der Bericht ist über die TU Braunschweig, Institut für Stahlbau, Beethovenstraße 51, D-38106 Braunschweig zu beziehen.

Stabilität langer, biegebeanspruchter Stahlrohre unter besonderer Berücksichtigung der Imperfektion

Projektbeschreibung:

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurden numerische Untersuchungen zur Beultragfähigkeit langer, vorwiegend auf Biegung beanspruchter kreiszylindrischer Stahlrohre durchgeführt. Das Ziel war es, die Herstellungsgenauigkeiten in Form von Ersatzimperfektionen zu berücksichtigen und deren Einfluß

auf die rechnerische Beultragfähigkeit zu bestimmen, um daraus im Vergleich mit vorausgegangenen Beulversuchen Aussagen für einen rechnerischen Beulsicherheitsnachweis zu gewinnen. Die Ersatzimperfektionen wurden anhand eigener Messungen an industriell gefertigten Versuchskörpern bestimmt, mit

den Regelungen zur numerischen Ermittlung der Beulwiderstände in der DAST-Richtlinie 017 verglichen und mit variierenden Amplituden in den FE-Berechnungen berücksichtigt. Es zeigte sich, daß bei geometrisch nicht-linear durchgeführten Berechnungen im Gegensatz zu den linearen Berechnungen die idealen numerischen Beulwiderstände ab bestimmten Geometrieparametern unter die Donnell'schen Beullasten fallen und sich der Brazierschen Lösung nähern. Bei der Messung der Herstellungsungenauigkeiten wurden bei allen Versuchskörpern Überschreitungen der Toleranzwerte festgestellt. Bei den elastischen Stabilitätsberechnungen an den imperfekten Versuchskörpern hat sich bei gleicher Imperfektionsamplitude $w_{\text{tief } 0}$ ein Ansatz affin zur Eigenform des kleinsten, geometrisch nichtlinear ermittelten Eigenwertes als der ungünstigste herausgestellt. Bei einer elastisch-plastischen Traglastberechnung, die bei den

hier vorliegenden Abmessungsverhältnissen und verwendeten Werkstoffen maßgebend wird, führte ein eigenformaffiner Imperfektionsansatz mit einer Maximalamplitude $w_{\text{tief } 0} = 1,5 \times t$ gegenüber der perfekten Geometrie zu einer Abminderung der Traglast um 7,4 %. Trotz eines Imperfektionsansatzes, der die gemessenen Formabweichungen genau wiedergab, lagen die numerisch ermittelten Traglasten um bis zu 22 % über dem Versuchswert.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von Prof. Dr.-Ing. Saal, vormals Universität. Stuttgart, Institut für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, Bonn, durchgeführt.

Der Bericht ist über den Fraunhofer IRB-Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, unter der Bestellnummer T2690 gegen eine Schutzgebühr von 98,00 DM zu beziehen.

Zur Zeit gültige DAST-Richtlinien

Stand: Aug. 1997

Nr.	Thema	Stand
006	Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen im Stahlbau (1/80)	
007	Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle (5/93)	
009	Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütegruppen für geschweißte Stahlbauten (4/73)	wird überarbeitet
012	Beulsicherheitsnachweise für Platten zusammen mit Kommentar zur DAST-Richtlinie 012 - Grundlagen-Erläuterungen-Beispiele (10/78)	gelten nur noch in Verbindung mit DIN 18800, Teil 1, 3.81
013	Beulsicherheitsnachweise für Schalen (7/80)	
014	Empfehlungen zum Vermeiden von Terrassenbrüchen in geschweißten Konstruktionen aus Baustahl (1/81)	
015	Träger mit schlanken Stegen (7/90)	
016	Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen (2/92)	
017	Beulsicherheitsnachweise für Schalen - spezielle Fälle (10/92)	
103	Nationales Anwendungsdokument (NAD) für DIN V ENV 1993 Teil 1-1, (11/93)	
104	Nationales Anwendungsdokument (NAD) für DIN V ENV 1994 Teil 1-1, (2/94)	