

Mitglied der



Ausgabe 1/2007
Februar 2007

- **Realitätsnahe Bestimmung der Tragfähigkeit beul- und biegedrillknickgefährdeter dünnwandiger Stahlquerschnitte (AiF-Nr. 14125)**
- **Werkstoffwahl im Stahlbrückenbau**
- **Einsatz überlanger Schrauben als Verbundmittel in Normal- und Leichtbetonplatten**
- **Abgrenzung des Anwendungsbereiches von Dächern nach DIN 18234**
- **Untersuchungen zum verstärkten Einsatz von Stahlverbundkonstruktionen bei Brücken kleiner und mittlerer Stützweiten (P 629)**
- **Effizienter Stahlbau aus höherfesten Stählen unter Ermüdungsbeanspruchung (Projekt 620)**
- **Entwicklung eines rechnerischen Modells zur Beschreibung des Tragverhaltens von biegesteifen Stirnplattenanschlüssen (Projekt 587)**
- **Leichte Tragwerke aus Stahl und Stahlverbundwerkstoffen für die Gebäude sanierung (Projekt 516)**
- **Vortragsveranstaltung Antennenträgerbau (Tagungsband 756)**
- **Schubtragfähigkeit von Verbundträgern mit Profilblechen nach Eurocode 4 Teil 1-1**
- **Zuordnung der Schneelastzonen nach DIN 1055-5E:2004**
- **Messung von erzielten Vorspannkräften unter realen Montagebedingungen**
- **Stabilisierung biegedrillknickgefährdeter Träger durch die Schubsteifigkeit**

Zusammenfassung zum Forschungsvorhaben AiF-Nr. 14125

Realitätsnahe Bestimmung der Tragfähigkeit beul- und biegedrillknickgefährdeter dünnwandiger Stahlquerschnitte

Dünnwandige Stahlträger unter Druck- und / oder Biegebeanspruchung können sowohl lokal als auch global stabilitätsgefährdet sein. Neben dem lokalem Ausbeulen der durch Druckspannungen beanspruchten Bleche kann der Träger über seine Stablänge abhängig vom Querschnittstyp, der Belastung und den Randbedingungen biegeknicken oder biegedrillknicken. Ein Verfahren zur Bestimmung der Tragfähigkeit derartiger Stahlquerschnitte ist in

Eurocode 3, Teil 1-1 und für kaltgeformte Profile in Teil 1-3 gegeben. Dieses Verfahren beruht auf dem Ersatzstabverfahren unter Anwendung der „Q-Faktor-Methode“, bei der der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit in zwei Schritten geführt wird:

- **Schritt 1: Ermittlung der Beultragfähigkeit für den vorgegebenen Spannungszustand des nicht global stabilitätsgefährdeten Trägers mit**

Hilfe der Methode der wirksamen Breiten (Lokales Stabilitätsproblem).

- Schritt 2: Ermittlung der Tragfähigkeit für den gesamtstabilitätsgefährdeten Stab unter Berücksichtigung einer aufgrund von lokalen Beulerscheinungen reduzierten Querschnittstragfähigkeit mit Hilfe der europäischen Knickspannungslinien. Die Verzweigungsgrößen werden dabei stets am Bruttoquerschnitt und damit unter Berücksichtigung der vollen Querschnittssteifigkeit ermittelt. Dieser Ansatz zur Bestimmung des Verzweigungsmoments im Eurocode 3 überschätzt jedoch die Steifigkeiten im real ausgebeulten Zustand und führt daher zu einem zu geringen bezogenen Biegedrillknickschlankheitsgrad T_{LT} , mit dem zu große und damit ggf. unsichere Stabtragfähigkeiten ermittelt werden. Daher hatte das vorliegende Forschungsvorhaben zum Ziel, ein handhabbares Bemessungsverfahren bereitzustellen, mit dem die Tragfähigkeit von kombiniert beul- und biegedrillknickgefährdeten, baupraktischen Profiltypen – insbesondere dünnwandige C-Profile – unter Druck- und/oder Biegebeanspruchung wirklichkeitsnah und auf der sicheren Seite liegend bestimmt werden kann.

Es wurden insgesamt 23 Versuche an C-Profilen unter Variation folgender Parameter durchgeführt:

- Art der Beanspruchung (reine Biegung / Kombination Biegung und Drucknormalkraft)
- Verhältnis von Plattenbreite B zur Dicke t einzelner Querschnittsteile und damit Variation der lokalen Beul-schlankheiten T_P
- Verschiedene Trägerlängen und somit die globalen Biegedrillknickschlankheiten T_{LT}
- Art der Fertigung (geschweißt / kaltgeformt)

Die Vorverformungen sowie die Kraft- und Verformungsgrößen während der Versuche wurden aufgezeichnet, dokumentiert und im Nachlauf aufbereitet, sodass eine weitestgehend lückenlose Nachvollziehbarkeit der Versuche gewährleistet ist.

Die Auswertungen der Versuche zeigten, dass die globale Ausweichrichtung einen deutlichen Einfluss auf die Tragfähigkeit und insbesondere auf das Tragverhalten hat. Neben einem möglichen, vergleichsweise gutmütigen Tragverhalten konnte in einem Großteil der Versuche ein schlagartiges Ausweichen mit rapider Zunahme der Verformungen, bei gleichzeitig ausgeprägtem Lastabfall beobachtet werden. Die Unterschiede im Tragverhalten konnten in Abhängigkeit der Imperfektion theoretisch hergeleitet und verifiziert werden.

Zur Ergänzung der experimentellen Ergebnisse wurden numerische Verzweigungs- und Traglastberechnungen mit Hilfe der Software ANSYS 10.0 durchgeführt. Das Finite-Element-Modell wurde anhand der experimentellen Versuche sowie der theoretischen Untersuchungen kalibriert. Es ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den numerischen und experimentellen Ergebnissen. So konnten die Tragfähigkeiten, das Tragverhalten und die Last-Verformungs-Charakteristiken wirklichkeitsnah abgebildet werden. Mit dem generierten Finite-Element-Modell wurden umfangreiche Analysen der maßgeblichen Einflussfaktoren, insbesondere der ungünstigsten und damit maßgeblichen geometrischen Ersatzimperfektionen durchgeführt.

Nach Auswertung der experimentellen und numerischen Analysen wurde Ersatzstabverfahren für gesamtstabilitätsgefährdete Stahlbauteile in Eurocode 3 um die Formulierung einer steifigkeitsabhängigen Definition der bezogenen Biegedrillknickschlankheit T_{LT} erweitert. Dabei wurden die maßgeblichen mechanischen Hintergründe erfasst und in die Erweiterung des Bemessungsvorschlags mit einbezogen. Es wurden die jüngsten Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Beultragfähigkeit aufgenommen und integriert. Dies sind die wirklichkeitsnahe Formulierung der kombinierten Breiten/Dicken aus dem ANNEX D des Eurocode 3-1-3 und

die Vorschläge zur Erfassung der realen Längsrandlagerungen der beulgefährdeten Bleche. So konnte die Genauigkeit und damit die Wirtschaftlichkeit des Bemessungsvorschlags signifikant erhöht werden konnte. Ebenso wurden die ursprünglich für I-Profile entwickelten Nachweisformate für das globale Biegeknicken druck- und biegebeanspruchter, dickwandiger Bauteile im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit für C-Profile modifiziert. Die Interaktion von Biege- und Biegedrillknicken bei zunehmenden Druckbeanspruchungen, sowie der Übergang zum reinen Beulknicken wurden theoretisch hergeleitet und sind im Bemessungsvorschlag erfasst.

Mit dem verbesserten Bemessungsvorschlag ist es möglich, zum Einen die Sicherheitslücke in der bestehenden Bemessungspraxis zu schließen und zum Anderen eine realitätsnahe Ausnutzung der realen Tragfähigkeiten von gesamtstabilitätsgefährdeten C-, I- und T-Profilen zu ermöglichen.

Da das bestehende Bemessungsformat im Wesentlichen nur um einen zusätzlichen Term erweitert wurde, ist der Berechnungsaufwand für den in der Praxis

Werkstoffwahl im Stahlbrückenbau

Bei der Werkstoffwahl im Stahlbrückenbau muss sowohl die Festigkeit als auch die Zähigkeit des Stahls berücksichtigt werden. Die Festigkeit bestimmt die Tragfähigkeit der Bauteile, wobei eine ausreichende Hochlagenzähigkeit zur Aufnahme plastischer Verformungen vorausgesetzt wird. Die Zähigkeit im Übergangstemperaturbereich ist für die Vermeidung von Sprödbrüchen von Relevanz. In diesem Bereich geht das Werkstoffverhalten vom reinen Verformungs- in den reinen Trennbruch über. Der Forschungsbericht „Werkstoffwahl im Stahlbrückenbau“ erläutert die historische Entwicklung der Stahlgütewahl und zeigt Wege auf, wie die Stahlgüte-

tätigen Ingenieur vergleichbar mit der ursprünglichen Formulierung im Eurocode 3. Zudem wurden, abhängig von Querschnitts- und Belastungsart, Vereinfachungen des Bemessungsvorschlags, insbesondere bei der Interaktion verschiedener Beanspruchungen vorgeschlagen, um die praktische Anwendung und den Zugang in die Baupraxis zu erleichtern.

Das Forschungsvorhaben mit der AiF-Nr. 14125 wurde am Lehrstuhl für Stahlbau, Universität Dortmund, durch Herrn Prof. Dr.-Ing. D. Ungermann und Herrn Dipl.-Ing. J. Kalameya mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (Aif), Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) 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.

wahl mit modernen Konzepten durchzuführen ist.

Beginnend mit einem kurzen historischen Rückblick auf den Ursprung und die Entwicklung des Eisenbrückenbaus wird deutlich, dass die Sprödbruchproblematik schon zu Beginn des Eisenbrückenbaus das vorherrschende Kriterium zur Wahl der Konstruktionsart war.

Mit den allseits bekannten Schadensfällen Ende der 30er Jahre des letzten Jahrhunderts begann die Entwicklung der Konzepte zur Stahlgütewahl, die in Deutschland letztendlich zur Einführung des Aufschweißbiegeversuchs führte und in den nachfolgenden Jahren in den *Vorläufigen Empfehlungen* und im Wei-

teren in die DASt-Ri 009:1973-04 mündete.

Im Rahmen der europäischen Harmonisierung wurde seit dem Beginn der 90er Jahre an einem europäischen Sprödbruchkonzept auf der Basis des bruchmechanischen Nachweiskonzeptes der französischen AFNOR-Norm gearbeitet, das letztendlich in der europäischen Norm EN 1993-1-10:2005 seinen Niederschlag gefunden hat.

Das europäische Sprödbruchkonzept ist ein bruchmechanisches Konzept, das sowohl an Kleinproben als auch an Großproben kalibriert wurde und mit den Erfahrungen der letzten Jahrzehnte abgestimmt wurde. Dabei wird davon ausgegangen, dass kleine Fehler in Form von Anfangsrissen im Bauteil vorhanden sind.

Das Konzept liefert für die im Stahlbrückenbau üblichen Baustähle die maximal zulässigen Erzeugnisdicken in Abhängigkeit von der Einsatztemperatur und der Werkstoffzähigkeit auf der Basis der bruchmechanischen Werkstoffeigenschaften der Stähle. Hierbei unterliegt das Konzept einer semi-probabilistischen Sicherheitsbetrachtung nach der Methode der Eurocodes. Die Methode eignet sich auch für Konstruktionen des Hochbaus mit vorwie-

gend ruhender Belastung, solange die konstruktiven Details sich den Ermüdungsdetails der EN 1993-1-9:2005 zuordnen lassen.

Untersuchungen verschiedener Forschungsnehmer zum Ersatz des Aufschweißbiegeversuchs, der sich auf nationaler Ebene als Nachweisverfahren zur Schweißbeugung des Stahls zweifelsohne bewährt hat, auf europäischer Ebene aber nicht harmonisierbar ist, werden erläutert und zusammengefasst. Diese Untersuchungen mündeten in einem Vorschlag zum Ersatz der Aufschweißbiegeversuchs, der zwischenzeitlich als Äquivalenzkriterium für die Stahlsorten S235, S275 und S355 in dem Norm-Entwurf der Änderung A1 zur DIN 18800-7:2002-09 als DIN 18800-7/A1:2006-05 Eingang gefunden hat.

Die Forschungsnehmerin dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung zur abschließenden Bearbeitung der Habilitationsschrift im Rahmen eines Forschungsstipendiums.

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

Einsatz überlanger Schrauben als Verbundmittel in Normal- und Leichtbetonplatten

Bei dem konstruktiven Entwurf von Bauwerken nimmt der Aspekt der Gesamtkosten des Bauwerks mehr denn je an Bedeutung zu. Daher bietet sich bei bestehenden Bauwerken vermehrt eine Sanierung als Alternative zu Abriss und Neubau an. Eine dabei erforderliche Verstärkung der Stahlkonstruktion ist durch Schaffung eines Verbundes mit einer Betonplatte möglich. Da die Altstähle oftmals keine ausreichende Schweißbeugung besitzen, kann das bewährte Verfahren mit auf dem Stahl-

trägergurt verschweißten Kopfbolzendübeln zur Sanierung nicht angewendet werden.

Im vorliegenden Forschungsprojekt sind als Alternative zu den herkömmlichen Verbundmitteln überlange Schrauben in einer umfangreichen Studie experimentell und theoretisch untersucht worden. Dadurch ist es möglich, eine Verbundtragwirkung auch bei Stählen mit unzureichender Schweißbeugung herzustellen. Zusätzlich hierzu ist das Tragverhalten von Nietköpfen und einer Kombi-

nation von überlangen Schrauben und Nietköpfen in der Verbundfuge beleuchtet worden, da es sich bei Altstahlkonstruktionen häufig um genietete Konstruktionen handelt bei denen der Ansatz von Nietköpfen als Verbundmittel zu wirtschaftlicheren Verbundkonstruktionen führt.

Für im Trägerflansch eingespannte überlange Schrauben mit halber Mutter als Abhebesicherung kann betonseitig zunächst das gleiche theoretische Tragverhalten wie bei der Verbund-sicherung durch Kopfbolzendübel aufgrund ähnlicher Geometrieabmessungen angenommen werden. Am Fußpunkt ergeben sich jedoch Abweichungen aufgrund der zur Einspannung benötigten Mutter. Der Einfluss dieser auf das Tragverhalten wurde untersucht und daraus folgend wurden Bemessungsvorschläge für das betonseitige Versagen aufgestellt.

Zusätzlich hierzu ist in der Verbundfuge ein Versagen des hochbeanspruchten Schraubenschaftes möglich. Auch für diesen Versagensfall wurde eine Bemessungsregel hergeleitet, so dass die vollständige, experimentell abgesicherte Bemessung von überlangen Schrauben als Verbundmittel möglich ist.

Die Verbundtragwirkung von Nietköpfen in der Verbundfuge kann lediglich mit einer zusätzlichen Sicherung der Betonplatte gegen Abheben aktiviert werden. Das Tragverhalten von Nietköpfen kann in zwei Bereiche unterteilt werden:

1. Den Anfangsbereich, in dem die auftretenden Schlupfverformungen reversibel sind.
2. Den anschließenden Bereich, in dem die auftretenden Schlupfverformungen irreversibel sind, da der Nietkopf „durch den Beton schiebt“.

Für die Grenzschertragfähigkeit der Nietköpfe im Bereich reversibler Schlupfverformungen konnte zunächst eine Bemessungsvorschrift hergeleitet werden.

Durch die Versuchsreihe in der die Kombination der Verbundmittel überlanger Schraube und Nietkopf untersucht wurde, konnte der aufgestellte Bemessungsansatz zur Kombination beider Verbundmittel unter Berücksichtigung der erhöhten Schubtragfähigkeit im Bereich irreversibler Verformungen des Nietkopfes bestätigt werden.

Es liegen somit statistisch abgesicherte Bemessungsvorschläge für die Berechnung der Schubtragfähigkeit von überlangen Schrauben, ggf. in Kombination mit Nietköpfen vor. Die vorliegenden Bemessungsvorschläge können sowohl für Normal- als auch für Leichtbeton unter Berücksichtigung der vorhandenen Rohdichte angewendet werden.

Durch eine weitere Versuchsstudie mit dynamischer Beanspruchung konnte die Anwendung der für Passschrauben aufgestellten Wöhlerlinie in EC3 bestätigt werden.

Aufgrund des Steifigkeitszuwachses am Fußpunkt der überlangen Schraube kann das im EC4-1-1 geforderte Duktilitätskriterium für überlange Schrauben nicht uneingeschränkt erfüllt werden. Unter Berücksichtigung der vorhandenen Geometrieabmessungen kann für überlange Schrauben jedoch eine Abgrenzung von duktilem und sprödem Tragverhalten definiert werden.

In einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wird an einem ausgeführten Beispiel (Brücke Tautendorf) gezeigt, dass der Einsatz dieser Verbundmittel über die Sanierung von bestehenden Konstruktionen hinaus auch eine Alternative zu herkömmlichen Verbundmitteln beim konstruktiven Entwurf von Neubauten darstellt.

Das Forschungsvorhaben S 629 wurde durch Herrn Prof.-Dr.-Ing. Dieter Ungermann, mit Herrn Dipl.-Ing. Björn Schmidt am Lehrstuhl für Stahlbau, Universität Dortmund durchgeführt. Eine finanzielle Unterstützung erfolgte durch die Stiftung Industrieforschung.

Der Bericht ist über die Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Sohnstr. 65,

40237 Düsseldorf, Fax: 0211/6707821 zu beziehen.

Abgrenzung des Anwendungsbereiches von Dächern nach DIN 18234

Die Novellierung der DIN 18234 für den baulichen Brandschutz großflächiger Dächer im September 2003 führte zu erheblich aufwändigeren und teureren Detaillösungen für Dachdurchdringungen und An- und Abschlüssen von Dachflächen. In der Muster-Industriebaurichtlinie (MIndBauRL) werden besondere Anforderungen an Dächer von Hallen mit einer Fläche größer als 2.500 m² gestellt. Dort wird festgestellt, dass Dächer nach DIN 18234 diesen Anforderungen genügen, wobei allerdings Bezug auf die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der MIndBauRL gültige ältere Fassung der DIN 18234 genommen wird. Die Baupraxis kritisiert an der neuen DIN 18234, dass die projektbezogenen Verhältnisse wie die tatsächliche Nutzung, Hallengeometrie und andere brandschutztechnisch relevante Parameter vernachlässigt werden.

In diesem Forschungsvorhaben sollte daher ein Parameterbereich für Industriehallen identifiziert werden, für den keine besonderen Anforderungen an die Dachkonstruktion gestellt werden müssen, so dass auf eine Anwendung der DIN 18234 verzichtet werden kann.

Der Vergleich zwischen verschiedenen Berechnungsmethoden zeigte, dass eine Untersuchung der Problemstellung mit dem Zonenmodell „Multi Room Fire Code“ (MRFC) zweckmäßig ist. Mit diesem wurde anschließend der in der DIN 18234 beschriebene Brandversuch numerisch simuliert, um einen Zusammenhang zwischen der dort verwendeten Holzkrippenbrandlast und den in der Parameterstudie angesetzten Bemessungsbränden herzustellen. In der folgenden Studie wurden am Beispiel einer repräsentativen Industriehalle

brandschutztechnisch relevante Parameter variiert. In Absprache mit dem Betreuerkreis wurden unterschiedliche Grundflächen, Hallenhöhen und Brandlasten mit insgesamt 100 Kombinationen untersucht. Bezüglich der Brandlasten ist anzumerken, dass eine mittlere Brandlasthöhe von 0,5 m angenommen wurde. Dies beschränkt den Anwendungsbereich der Forschungsergebnisse auf Industriehallen, die hauptsächlich der Produktion dienen. Lagerhallen mit großen Brandlasthöhen wurden ausdrücklich nicht untersucht.

Das Schutzziel nach DIN 18234 ist die Verhinderung der Brandweiterleitung im Dachbereich. Für die in Industriehallen üblichen Dachkonstruktionen wurde davon ausgegangen, dass diese erst ab einer Grenztemperatur höher 300°C entzünden. Im Programm MRFC wurde daher die Temperatur über der Brandlast ermittelt, und zwar 5 cm unterhalb der Unterkante der Dachkonstruktion. Wenn die dort ermittelte Temperatur unterhalb des festgelegten Grenzwertes von 300°C liegt, kann nach Ansicht der Verfasser davon ausgegangen werden, dass das Schutzziel der Begrenzung einer Brandweiterleitung im Bereich der geschlossenen Dachfläche nach DIN 18234 erfüllt wird, da eine Entzündung der Dachkonstruktion verhindert wird.

Auf der Grundlage der Parameterstudie wurde nachgewiesen, dass das Schutzziel nach DIN 18234 für bestimmte Hallengeometrien und Brandlasten eingehalten werden kann, ohne dass die in dieser Norm definierten und von der Baupraxis kritisierten erhöhten Anforderungen berücksichtigt werden müssen. In einem abschließenden Beispiel wird

die Anwendung der Forschungsergebnisse veranschaulicht.

Das Forschungsvorhaben wurde durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Peter Schaumann und Herrn Dipl.-Ing. Oliver Bahr an der Leibniz Universität Hannover, Institut für Stahlbau, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch den

Deutschen Ausschuss für Stahlbau DAST.

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

Untersuchungen zum verstärkten Einsatz von Stahlverbundkonstruktionen bei Brücken kleiner und mittlerer Stützweiten (P 629)

Bei Straßenbrücken hat die Stahlverbundbauweise in Deutschland in den letzten Jahren erhebliche Marktanteile gewinnen können. Bei Bahnbrücken sind Verbundquerschnitte weiter die Ausnahme. Gerade im kleinen und mittleren Spannweitenbereich werden hier Stahlbetonkonstruktionen gebaut. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde der Brückenbestand bei Straße und Bahn in Deutschland ausgewertet und das Marktpotential für Verbundbrücken im kleinen und mittleren Spannweitenbereich ermittelt. Unter Berücksichtigung der Marktsituation wurden neue Systeme entwickelt, anhand von Skizzen und Beispielen dargestellt und auf ihre Wirtschaftlichkeit hin bewertet. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens lassen sich wie folgt zusammenfassen und beziehen sich auf Brückenbauwerke im kleinen und mittleren Spannweitenbereich:

- Ein erheblicher Wettbewerbsvorteil ergibt sich für die Verbundbauweise unter Ansatz der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten. Diese Kosten, die sich aus der Herstellung des Bauwerks, den anfallenden Nutzerkosten während des Baus und den Unterhaltungskosten zusammensetzen, wurden im Forschungsbericht ausgewiesen. Die gängigen Bauweisen werden

dabei gegenübergestellt und in ausgeführten Beispielen verglichen.

- Für den Verkehrsträger Bahn wurden die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von Verbundträgern in Rahmensystemen berechnet und bewertet. Auf der Grundlage dieser Untersuchung wurden der Bahn für die Systeme Bogentragwerk, Trogbrücke und Rahmenbrücke die im Rahmen des Vorhabens angefertigten Konstruktionskizzen zur Verfügung gestellt.

Das Forschungsvorhaben wurde von der Schmitt Stumpf Frühauf und Partner Ingenieurgesellschaft im Bauwesen mbH, München in Zusammenarbeit mit der Deutsche Bahn AG durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 110 Seiten und enthält 81 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-31-3.

Um die Vorteile der Verbundkonstruktionen anschaulich zu beleuchten, ist eine Broschüre erarbeitet worden. Sie richtet sich an Bauherrn, denen die Verbundbauweise noch wenig bekannt ist. Die Unterlage fasst die Ergebnisse des Forschungsvorhabens mit Schwerpunkt auf die Straßenbrücken anschaulich zusammen und erläutert die Vorteile

der Verbundbauweise anhand von Beispielen. Die Broschüre ist kostenlos anzufordern per e-mail an:

info@stahlforschung.de; Betreff: Informationsflyer P 629.

Effizienter Stahlbau aus höherfesten Stählen unter Ermüdungsbeanspruchung (Projekt 620)

Die Bewertung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißverbindungen beschränkt sich in den derzeitigen Normen im Brückenbau lediglich auf den Kerbfall sowie die Spannungsschwingbreite und ist unabhängig von der Streckgrenze. Durch die Anwendung der Verfahren der Schweißnahtnachbehandlung besteht die Möglichkeit die Ermüdungsfestigkeit von Schweißkonstruktionen, wirkungsvoll zu verbessern. In diesem Zusammenhang macht besonders der Einsatz von höherfesten Stählen Sinn. Im Bauwesen ist der Einsatz der Verfahren der Schweißnahtnachbehandlung allerdings noch sehr begrenzt, da die gegenwärtig gültigen Normen sowie die zukünftigen europäischen Normen bisher keine Möglichkeit bieten, die Vorteile dieser Verfahren bei der Tragwerksbemessung auszunutzen.

Der Schwerpunkt dieses Forschungsvorhabens liegt bei der Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißverbindungen aus höherfesten Stählen durch die Anwendung von Schweißnahtnachbehandlungsverfahren. Im Rahmen einer Parameterstudie im Straßenverbundbrückenbau konnte aufgezeigt werden, dass eine effektive Anwendung von höherfesten Stählen durch den lokal begrenzten Einsatz von Nachbehandlungsverfahren an kritischen Konstruktionsdetails erreicht werden kann. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens kamen die Nachbehandlungsverfahren WIG Aufschmelzen sowie das bisher noch wenig bekannte Nachbehandlungsverfahren „Ultrasonic Impact Treatment“ (UIT) zur Anwendung. Durch umfangreiche experimentelle Untersuchungen an Klein- und

Großprüfkörpern konnte am Konstruktionsdetail der aufgeschweißten Quersteife die Wirksamkeit beider Verfahren zur Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit nachgewiesen werden.

Dabei stellte sich bei der höherfesten Stahlsorte S690 das UIT-Verfahren als effektiver heraus. Die Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit war dabei teilweise so hoch, dass sich die Bruchausgangsstellen ins Grundmaterial verlagerten. In experimentellen Untersuchungen an Trägern konnte im Weiteren die Effektivität der UIT-Behandlung auch in Bauteilen und bei hohen Mittelspannungen nachgewiesen werden. Auf Grundlage einer systematischen Auswertung bereits vorhandener Versuchsreihen konnten die bestehenden Regelungen zur Beurteilung der Ermüdungssicherheit für das im Schweißzustand belassene Konstruktionsdetail der Quersteife sowie die bestehenden Empfehlungen für die Anwendung des Nachbehandlungsverfahrens WIG-Aufschmelzen bestätigt werden. Darüber hinaus konnte auf Basis der eigenen experimentellen und numerischen Untersuchungen ein Bemessungsvorschlag nach dem Nennspannungskonzept für die Anwendung des UIT-Verfahrens am Konstruktionsdetail der Quersteife abgeleitet werden. Durch die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens besteht die Möglichkeit, höherfeste Baustähle in ermüdungsbeanspruchten Schweißkonstruktionen mittels einer lokal begrenzten Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit an kritischen Konstruktionsdetails effektiv und wirtschaftlich einzusetzen. Dadurch ergibt sich eine deutliche Verbes-

serung der Marktchancen des Stahlbaus gegenüber anderen Bauweisen.

Das Forschungsvorhaben (AiF-Nr. 13866 B) wurde am Institut für Tragwerk und Konstruktion, Universität Stuttgart und der Materialforschungs- und Prüf-anstalt an der Bauhaus-Universität Weimar, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungs-

vereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF), Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Berlin.

Der Forschungsbericht umfasst 217 Seiten und enthält 299 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 36,00 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-40-2.

Entwicklung eines rechnerischen Modells zur Beschreibung des Tragverhaltens von biegesteifen Stirnplattenanschlüssen mit einer thermischen Trennung zur Verhinderung von Kältebrücken und aus brandschutztechnischen Gründen (Projekt 587)

Der Stirnplattenstoß ist ein im Stahlhochbau sehr häufig verwendeter Anschlusstyp zur biegesteifen Verbindung zweier Tragglieder untereinander. Die beiden an die zu stoßenden Enden der Tragglieder angeschweißten Stirnplatten werden hierzu mittels Schrauben lösbar miteinander verbunden. Durchstoßen die Tragglieder eine wärmedämmende Gebäudehülle, so kann dieser Anschluss für eine thermische Trennung genutzt werden, indem zwischen beide Stirnplatten eine wärmeisolierende Zwischenplatte angeordnet wird. Zur weiteren Reduktion des Wärmeflusses werden Schrauben aus nichtrostendem Stahl wegen der geringeren Wärmeleitfähigkeit verwendet.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, das Trag- und Verformungsverhalten des thermisch getrennten Stirnplattenstoßes zu erfassen und Modellierungsansätze hierfür zu entwickeln. Ein Teil der durchgeführten Versuchsreihen umfasste die Ermittlung der Materialeigenschaften des eingesetzten Trennschichtmaterials sowie der Schrauben aus nichtrostendem Stahl. Das Kriechverhalten des untersuchten Trennschichtmaterials konnte in Form einer Kriechfunktion beschrieben werden. In den Hauptversuchen wurden thermisch getrennte Stirnplattenstoße unter einer kombinierten Momenten-Querkraftbean-

spruchung untersucht. Variiert wurden die Trennschichtdicken und die Momenten-Querkraftverhältnisse im Anschluss. Für die untersuchten Anschlussparameter konnte die Anwendung des Komponentenmodells nach Eurocode 3 zur Ermittlung der Tragmomente thermisch getrennter Stirnplattenstoße mit wenigen Einschränkungen bestätigt werden. Von einer Anwendung des Modells zur Steifigkeitsberechnung des betrachteten Anschlusses muss dagegen abgeraten werden. Es wurden stattdessen die in den Versuchen ermittelten Steifigkeiten angegeben und mit einer statistischen Auswertung für eine Anwendung und Erstellung einer Bemessungsregel aufbereitet. Die an vier dynamischen Versuchen gewonnenen Erkenntnisse deuten darauf hin, dass der Einsatz von Schrauben aus nichtrostendem Stahl in einem solchen Anschluss auch für vorwiegend ruhende Beanspruchung nur mit einem Nachweis auf Ermüdung erfolgen sollte.

Das Forschungsvorhaben (AiF-Nr. 13515 N) wurde am Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik, Technische Universität Darmstadt, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF), Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirt-

schaft und Technologie (BMW), Berlin. Der Forschungsbericht umfasst 100 Seiten und enthält 74 Abbildun-

gen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-30-5

Leichte Tragwerke aus Stahl und Stahlverbundwerkstoffen für die Gebäudesanierung (Projekt 516)

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden zunächst das Gebiet der Bauwerkssanierung und dessen beeinflussende Faktoren untersucht. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen, wurde eine Bedarfsanalyse bzw. Beurteilung gemäß Nutzwertanalyse erstellt. Ziel war die Entwicklung von neuartigen Konstruktionselementen aus vorhandenen Baukomponenten.

Ausgehend hiervon wurden die drei folgenden Bauteilgruppen untersucht:

- kinematische Tragwerke
- leichtes Deckensystem aus Einzelstäben
- leichte Träger mit Stegen aus Sandwichelementen

Während die beiden erstgenannten Felder ausschließlich theoretisch-numerisch untersucht wurden, lag der Schwerpunkt des Vorhabens bei der Entwicklung eines Leichtbauträgers einschließlich eines umfangreichen Versuchsprogramms.

Die Analyse der kinematischen Tragwerke zeigte, dass die Einsatzmöglichkeiten für ein solches System wegen der relativ großen Nachgiebigkeit sehr begrenzt sind. Das System erhält unter Belastung erst durch eine Vielzahl von eingebrachten Sperrstäben eine akzeptable Durchbiegung, wodurch der Arbeitsaufwand zu groß würde und ein wirtschaftlicher Einsatz nicht in Frage käme.

Beim Teilprojekt „leichtes Deckensystem“ wurden zunächst Überlegungen bezüglich des geforderten händischen Transports und der hieraus resultierenden zumutbaren Lasten angestellt. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen lag hier der Schwerpunkt neben der grundsätzlichen Analyse des Tragver-

haltens zunächst auf der Untersuchung geeigneter Querschnitte. Es wurde eine umfangreiche Parameterstudie durchgeführt. Hauptschwierigkeit bildete die Suche nach einer geeigneten Verbindungsmethode, wobei hier letztlich Verbindungen favorisiert wurden, die auf einer Verkeilung basieren. Das System ist für die Verwendung im Rahmen der Bauwerkserhaltung und -sanierung gut geeignet.

Bei der Entwicklung eines leichten Trägers unter Verwendung von Sandwichelementen wurden zunächst kleinmaßstäbliche Versuche zur Identifikation geeigneter Verbindungsmittel durchgeführt, begleitet von einer Analyse der verwendeten Werkstoffe. Neben fließlochformenden Blechschrauben erwiesen sich Klebverbindungen als gut geeignet für die Verbindung des Trägerstegs (Sandwichelement) mit den Gurten (gekantete Bleche). Anschließend wurden über 40 Bauteilversuche durchgeführt, wobei zahlreiche Parameter variiert wurden. Hierzu zählten die Art der Lasteinleitung, die Trägerhöhe, die Dicke und die Sicking der Deckschichten, die Geometrie der Gurte sowie die Kombination mehrerer Verbindungsmittel. Zusätzlich wurde noch das Verhalten des Trägers ohne Gurte analysiert sowie das Verhalten von Trägern mit großen Stegausschnitten für die Gebäudeausrüstung. Durch eine neuartige Versuchstechnik war es unter Ausnutzung des hydrostatischen Drucks möglich, eine Linienbelastung auf den Träger wirken zu lassen.

Der neu entwickelte Träger zeigte bei geringem Eigengewicht eine sehr große Tragfähigkeit bei gleichzeitig gutartigem Versagen. Im Traglastzustand stellte

sich neben der Biegetragwirkung durch die Ausbildung eines Zugbandes ein kombinierter Zustand ein. Als ideal in Bezug auf die eingesetzten Verbindungsmittel erwies sich eine Kombination aus Kleb- und Schraubverbindung. Eine parallel durchgeführte numerische Studie mit Hilfe der FE-Methode zeigte das Optimierungspotenzial des Trägers auf. Der vorgestellte Bemessungsvorschlag basiert auf einer Durchbiegungsbeschränkung des Trägers. Abschließend konnte festgestellt werden, dass mit dem leichten Deckensystem und den Trägern mit Stegen aus

Sandwichelementen zwei unterschiedliche Möglichkeiten entwickelt wurden, die für den Einsatz bei der Bauwerksanierung gut geeignet sind.

Das Forschungsvorhaben wurde am Institut für Stahlbau der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina Braunschweig, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 187 Seiten und enthält 202 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-39-9.

Vortragsveranstaltung

Antennenträgerbau - Neuerungen zur technischen Ausführung und zum Werkstoffeinsatz (Tagungsband 756)

Am 25. Oktober 2006 wurde im Stahl-Zentrum in Düsseldorf die Vortragsveranstaltung zum Antennenträgerbau mit dem Titel: „Neuerungen zur technischen Ausführung und zum Werkstoffeinsatz“ mit 100 Teilnehmern durchgeführt.

Die Veranstaltung nahm Bezug auf die rasante Entwicklung des Antennenträgerbaus in den vergangenen Jahren. Während zu Anfang hauptsächlich das Interesse der Branche darin bestand, an dem raschen Aufbau der Infrastruktur teilzunehmen, sind inzwischen neue Bewegungen in der Fachszene zu verzeichnen: Die Verdichtung des Mobilfunknetzes wird öffentlich diskutiert, die Betreiber optimieren die Kosten und besinnen sich auf den Erhalt der Bau-substanz, die Lieferanten verbessern die Qualität ihrer Produkte und bieten neue Lösungen an und die Ingenieurbü-

ros entwickeln neue Nachweisverfahren und Sanierungsmethoden.

Diese Trends erfordern eine Vernetzung der beteiligten Parteien im Hinblick auf eine gezielte Auswahl der Bauarten, den Einsatz von modernen Werkstoffen, die Vermeidung der wiederkehrenden Ausführungsschwächen, die Verbesserung der Dauerhaftigkeit, die Vereinheitlichung der Sicherheitsstandards und die Entwicklung von spezifischen Nachweishilfen.

Die Veranstaltung bot erstmals ein Forum zum Austausch für alle am Antennenträgerbau Beteiligten und gab den Teilnehmern zudem die Möglichkeit zur Diskussion aktueller Forschungsthemen zur Stahlanwendung in dieser Branche. Der Tagungsband als CD kann gegen eine Schutzgebühr von € 25,50 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten bestellt werden.

Mitteilungen des Fraunhofer Informationszentrums Raum und Bau

Schubtragfähigkeit von Verbundträgern mit Profilblechen nach Eurocode 4 Teil 1-1

Ausgangspunkt: In prEN 1994-1-1 und DIN V 18800-5 wird die Tragfähigkeit von Kopfbolzendübeln bei Verbundträgern mit Profilblechen aus der Tragfähigkeit der Kopfbolzen in Vollbetonplatten durch Reduktion durch einen Korrekturfaktor k ermittelt. Untersuchungen von Prof. Patrick und Prof. Bridge, Sydney/Australien, führen zu dem Ergebnis, dass die bisher getroffenen Regelungen unzureichend sind und Sicherheitsbedenken bestehen, weil Schubversuche an Verbundfugen mit Profilblechen spröde und bei geringeren Tragfähigkeiten als nach prEN 1994-1-1 erwartet versagten.

Die Zielsetzung der hier durchgeführten Untersuchungen ist die Auswertung der Untersuchungsergebnisse von Patrick und Bridge sowie weiteren Forschern zur Überprüfung der Regelungen zur Schubtragfähigkeit von Kopfbolzendübeln bei Verbundträgern mit Profilblechen nach prEN 1994-1-1. Es soll die Frage beantwortet werden, ob gegen die Regeln in prEN 1994-1-1 Sicherheitsbedenken bestehen.

Untersuchung: In diesem Forschungsvorhaben wurden die bereitgestellten Versuchsergebnisse von Patrick und Bridge ausgewertet. Die Ergebnisse anderer Forscher werden dargestellt. Die Versuchsergebnisse von Patrick und Bridge werden zusammen mit den Versuchsergebnissen der anderen Forscher eingeordnet. Der Schwerpunkt liegt bei der Untersuchung von Profilblechen mit Rippen senkrecht zur Trägerachse.

Für die Bestimmung der mittleren Tragfähigkeit von Kopfbolzendübeln in massiven Platten wurden gegenüber dem Hintergrundbericht zu Eurocode 4, Abschnitt 6.3.2: Bolzendübel von Ernst, Bridge und Wheeler aktualisierte Vor-

faktoren zur Bestimmung des Betonversagens und des Dübelversagens hergeleitet. Die Versuchsergebnisse werden den mittleren Tragfähigkeiten P_t , die mit der mittleren Tragfähigkeit in massiven Platten nach Ernst, Bridge und Wheeler und dem Faktor k_t nach prEN 1994-1-1 ermittelt wurde, sowie dem charakteristischen Wert der Tragfähigkeit P_{Rk} nach prEN 1994-1-1 gegenüber gestellt.

Ergebnis: Unter Ausschluss der Versuche mit einer Profilblechhöhe von größer als 85 mm, die für den Fall von Rippen senkrecht zur Trägerachse nicht im Anwendungsbereich von prEN 1994-1-1 liegen, hat sich gezeigt, dass die mittlere Tragfähigkeit überschätzt wird. Nur ein von Prof. Patrick durchgeführter Versuch von allen berücksichtigten Versuchen, und dann auch nur unter Vernachlässigung der zusätzlichen Versteifungsrippe bei der Bestimmung der Profilblechhöhe, erreicht den Bemessungswert der Dübeltragfähigkeit P_{Rd} nicht.

Die von Patrick und Bridge verwendeten Profilbleche weisen eine ausgeprägte Versteifungsrippe auf. Die Vernachlässigung dieser Rippe bei der Bestimmung der berechneten Tragfähigkeiten hat einen erheblichen ungünstigen Einfluss. Deshalb ist eine Änderung der Formulierung zur Festlegung der anzusetzenden Profilblechhöhe h_p in der deutschen Fassung zu prEN 1994-1-1 erforderlich.

Es gibt Hinweise, dass nicht für alle gültigen Parameterbereiche ausreichende Duktilität zur Verfügung steht. Zu einer umfassenden Beurteilung liegen nicht genug Daten vor.

Weitere Schwachpunkte und Verbesserungsmöglichkeiten der Regelungen zur Bestimmung der Tragfähigkeit von

Kopfbolzendübeln in Kombination mit Profilblechen werden in dem zugehörigen Bericht dargestellt.

Der Bericht ist im Fraunhofer IRB Verlag mit der ISBN 978-3-8167-7205-7 erschienen.

Aus der Arbeit des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt, Berlin

„Zuordnung der Schneelastzonen nach DIN 1055-5E:2004 zu Verwaltungseinheiten (Gemeinden, Landkreise).“

Der Bericht fasst die Bearbeitungsschritte und die Resultate eines im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), 10829 Berlin, durch den Deutschen Wetterdienst erstellten Gutachtens zusammen. Im Gutachten erfolgte eine Zuordnung der im Entwurf der DIN 1055, Teil 5, Stand 2004 (DIN 1055-5E:2004) festgelegten Schneelastzonen zu den Verwaltungseinheiten (Gemeinden, Landkreisen). Die Schneelastzonenkarte der DIN 1055-5E:2004 wurde digitalisiert und georeferenziert. Mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems erfolgte die Zuordnung der Schneelastzonen zu den Verwaltungseinheiten unter Verwendung der "Verwaltungsgrenzen VG1000"

(Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) auf der Grundlage der überwiegenden Flächenzugehörigkeit einer Verwaltungseinheit zu einer Schneelastzone. Die Resultate der Schneelastzonenzuordnung zu den Verwaltungseinheiten wurden ausgehend von topographischen und meteorologischen Zusatzinformationen geprüft. In einer Liste sind die Verwaltungseinheiten (Gemeinden, Landkreise) und die zugeordneten Schneelastzonen zusammengefasst.

Das Forschungsvorhaben wurde durchgeführt durch den Deutschen Wetterdienst, Herrn Wichura, Potsdam.

Messung von erzielten Vorspannkräften unter realen Montagebedingungen

Die Vorspannkraft von planmäßig vorgespannten Stahlbauverschraubungen ist bei dynamisch beanspruchten Konstruktionen eine sicherheitsrelevante Größe. Da bei bestehenden Bauwerken Vorspannkräfte beobachtet wurden, die unterhalb der Nennvorspannkraft bzw. den rechnerischen Ansätzen lagen, stellte sich die Frage, ob es sich dabei um Einzelfälle oder um die Auswirkungen eines grundlegenden Fehlers der Schraubenmontage handelt.

Schwerpunkt der durchgeführten Arbeiten war die systematische Vermessung von Schraubenvorspannkräften, die bei der Montage von vorgespannten Ringflanschverbindungen erzielt wurden. Weiterhin wurden der Rückgang der

erzielten Vorspannkräfte infolge von Setzungserscheinungen sowie die Auswirkung von Wartungsarbeiten auf die Höhe der Schraubenvorspannkräfte untersucht. Dazu wurde zunächst ein Verfahren zur Messung von Schraubenvorspannkräften unter Baustellenbedingungen entwickelt und validiert. Um eventuelle Fehlerursachen zu identifizieren, wurden weitere Einflussfaktoren der Schraubenvorspannkraft, wie etwa die Montagedrehmomente, vermessen.

Im Verlauf der Messungen traten Schraubenkräfte auf, die innerhalb der einzelnen Messkampagnen wenig, jedoch im Vergleich zu Messungen bei anderen Kampagnen stark voneinander

abwichen. Dabei lagen sie zum Teil deutlich unterhalb der Mindestvorspannkraft. Voneinander abweichende und fehlerhafte Reibeigenschaften von HV-Garnituren konnten durch vergleichende Untersuchungen der Schrauben ausgeschlossen werden. Ebenso erwiesen sich die Drehmomente der verwendeten Montagegeräte als korrekt. Die abweichenden Versuchsergebnisse in den verschiedenen Messkampagnen korrespondierten mit der unterschiedlichen Funktionsweise der jeweils verwendeten Geräte.

Ein direkter Vergleich der Anziehgeräte zeigte, dass die Höhe des maximal erzeugten Drehmomentes während des Verschraubungsvorganges in den untersuchten Fällen keine ausreichende Größe zur Bestimmung der erzielbaren Vorspannkraft ist. Die Geschwindigkeit, mit der die Schraube montiert wird, bzw. der Zeitraum, in dem das maximale Drehmoment auf die Verbindung einwirkt, haben einen nicht zu vernachlässigen Einfluss auf das erzielbare Vorspannkraftniveau bei Schrauben der untersuchten Abmessungen.

Es wurde gezeigt, dass mit allen untersuchten Montagegeräten ausreichende Vorspannkraft erzielt werden können, wenn darauf verzichtet wird, das maximale Montagedrehmoment M_A als einzigen Bestimmungswert des Drehmomentverfahrens heranzuziehen. Es kann festgehalten werden, dass die Regelungen zur Prüfung von Schrauben-

verbindungen nicht ausreichen, um die gegenwärtige Montagepraxis und die dabei verwendeten Anziehgeräte wiederzugeben. Empfehlungen können zum jetzigen Zeitpunkt ansatzweise gegeben werden, da die Einflussfaktoren auf die Reibeigenschaften von Schraubenverbindungen noch nicht ausreichend erforscht sind.

Die hier durchgeführten Untersuchungen lassen jedoch darauf schließen, dass bei den untersuchten Abmessungen von HV-Garnituren die Geschwindigkeit des Anziehvorgangs zu berücksichtigen ist.

Im Falle einer korrekten Schraubmontage erweisen sich die existierenden Vorschriften als geeignet, Vorspannkraftverluste infolge von Setzungserscheinungen hinreichend genau und konservativ abzuschätzen.

Die Arbeiten wurden am Institut für Stahlbau der Leibniz Universität Hannover unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Peter Schaumann durchgeführt. Der Autor dankt dem Deutschen Institut für Bautechnik für die Förderung des Forschungsvorhabens sowie den beteiligten Firmen für ihre Unterstützung: August Friedberg GmbH, Barbarino & Kilp GmbH, Fuchs Schraubenwerk GmbH, GE Energy GmbH, Maschinenfabrik Wagner GmbH & Co. KG, Nordex AG, Peiner Umformtechnik GmbH, Radolid Thiel GmbH, REpower Systems AG, Windwärts Energie GmbH.

Stabilisierung biegedrillknickgefährdeter Träger durch die Schubsteifigkeit zweiseitig gelagerter Trapezbleche

Nach DIN 18800-2, Bedingung (7) darf die stabilisierende Wirkung von Trapezblechen auf biegedrillknickgefährdete Träger durch den Ansatz einer Festhalterung gegen seitliches Ausweichen an der Anschlussstelle der Trapezprofile berücksichtigt werden. Die mit dieser Bedingung sichergestellte gebundene Drehachse führt zu einer sehr großen

Steigerung der Biegedrillknicklast. Der Beuth-Kommentar zur DIN 18800-2 besagt, dass die Schubsteifigkeit S nur dann zur Stabilisierung angesetzt werden darf, wenn das Schubfeld an allen Rändern befestigt ist und die aus der Schubfeldwirkung resultierenden Kräfte aufgenommen werden können. Da die allseitige Befestigung mit einem großen

Fertigungsaufwand verbunden ist, werden Trapezbleche in der Praxis entsprechend ihrem Lastabtragungsverhalten in der Regel nur an den zur Lastabtragungsrichtung rechtwinkligen Rändern an die Unterkonstruktion angeschlossen. Damit kann die vorteilhafte Wirkung der Schubbettung mangels Informationen über die Bettungswirkung rechnerisch nicht in Anspruch genommen werden.

Mit den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten experimentellen und numerischen Untersuchungen an zwei- und vierseitig gelagerten Schubfeldern aus Trapezprofilen wird eine einfache Regel für die Ermittlung der Schubsteifigkeit nur an den Querrändern gelagerter Trapezprofile hergeleitet und damit der in Rede stehende Mangel behoben. Hierzu wurden Schubfeldversuche auf einem als Vier-Gelenk-Rahmen ausgebildeten horizontalen Schubrahmen der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der Universität Karlsruhe (TH) durchgeführt. Hierbei wurde sowohl die vierseitige als auch die zweiseitige Lagerung der Profiltafeln untersucht. Begleitend zu den experimentellen Untersuchungen wurden Berechnungen mit einem Finite-Element-Programm durchgeführt. Diese Berechnungen, die vorab mit analytischen Vergleichsberechnungen nach DIN 18807-1 verifiziert wurden, berücksichtigten zum Vergleich mit den experimentellen Untersuchungen die nichtlinearen Nachgiebigkeiten der Verbindungsmittel. Die aus Versuch und Finite-Element-Berechnung ermittelten Schubsteifigkeiten stimmten gut überein. Die Auswertung zur Ermittlung der Schubsteifigkeit erfolgte in beiden Fällen beim kritischen Schubfluss nach DIN 18807-1. Das in den Berechnungen ermittelte und durch die Versuche bestätigte Last-Verformungsverhalten ist bei beiden Lagerungsarten bis zu dieser Laststufe linear. Die Traglasten des Schubfeldes lagen sowohl bei experimenteller als auch numerischer Unter-

suchung um ein Vielfaches höher als dieser kritische Schubfluss.

Mit dem verifizierten Finite-Element-Modell wurden parametrische Untersuchungen hinsichtlich der Profilgeometrien an zwei- und vierseitig gelagerten Schubfeldern unter Berücksichtigung der Nachgiebigkeiten der Verbindungsmittel durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass im Gegensatz zur vierseitigen Befestigung unter zweiseitiger Lagerung an den Rändern des Schubfelds kein umlaufend konstanter Schubfluss vorliegt. Durch die fehlende Längsrandbefestigung erfahren die Verbindungsmittel im Eckbereich des Schubfeldes eine zusätzliche Belastung, die durch die druckbeanspruchte Randrippe des Schubfeldes übertragen wird. Die Schubsteifigkeit wird zudem von der Schubfeldbreite und damit von der Anzahl der Verbindungsmittel bestimmt. Mit einer verminderten Schubfeldbreite nimmt auch die Anzahl der Verbindungsmittel ab, die zur Lastabtragung der durch die Randrippe übertragenen Kräfte zur Verfügung stehen. Die durch diese Effekte vergrößerten Kräfte der Verbindungsmittel vergrößern die Nachgiebigkeiten und mindern damit die Steifigkeit des Schubfeldes.

Die numerisch ermittelten Schubsteifigkeiten bei zwei- und vierseitiger Lagerung lassen sich unter Berücksichtigung sonst identischer Randbedingungen zueinander ins Verhältnis setzen. Diese Verhältniswerte zeigen, dass die Schubsteifigkeit bei alleiniger Lagerung an den Querrändern, d.h. zweiseitiger Lagerung, aus der Schubsteifigkeit S bei allseitiger Lagerung mit einfachen Abminderungsfaktoren ermittelt werden kann. Daraus lässt sich ein einfaches Rechenmodell ableiten, mit dem es möglich ist, die Schubsteifigkeit von zweiseitig gelagerten Schubfeldern aus Trapezblechen in Abhängigkeit des Seitenverhältnisses des Schubfeldes so wieder bekannten Schubsteifigkeit unter vierseitiger Lagerung näherungsweise

herzuleiten. Die Kenntnis dieser Schubsteifigkeit ermöglicht die Nutzung der stabilisierenden Wirkung von Trapezprofilen mit dieser Lagerungsart hinsichtlich biegedrillknickgefährdeter Träger.

Das Forschungsvorhaben wurde an der Universität Karlsruhe, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Helmut Saal und Herrn Dipl.-Ing. Markus Dürr durchgeführt.