

19. März 1997

Ausgabe **1/97**

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, die im Auftrage des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt, Berlin, und der Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf, durchgeführt wurden, vorgestellt.

Diese Ausgabe behandelt die folgenden Themen:

- **Tragverhalten und Tragkapazität ausgeklinkter Walzträger**
- **Brandbedingtes Erwärmungsverhalten bei Verbundkonstruktionen**

- **Expertensystem zur brandschutztechnischen Auslegung**
- **Scherverbindungen mit Injektions-schrauben**
- **Langzeitverhalten von Sandwichplatten mit CO<sub>2</sub>-getriebenen Polyurethan-Schaumstoffkernen**
- **Schwingungsanfälligkeit für den Geschoßbau**
- **Ermittlung der Tragsicherheit abge-spannter Maste**
- **Querschwingungsverhalten von Original-Stahlschornsteinen**
- **Stahlblech-Mehrschichtverbunde**
- **Lackierbarkeit von nichtrostendem Kaltband**
- **Dachrinnen und Fallrohre aus nicht-rostendem Stahl**
- **Offshore-Bauwerke mit höherfesten Rohrknotten-Hybrid-Konstruktionen**

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

## Forschungsvorhaben

### Tragverhalten und Tragkapazität ausgeklinkter Walzträger

Aus Anlaß eines Schadenfalls vor vielen Jahren wurden experimentelle Untersuchungen an ausgeklinkten Bühnenträgern mit Stirnplatten durchgeführt. Dabei stellten sich gegenüber den herkömmlichen Berechnungsweisen erhebliche Laststeigerungen heraus, die diesbezügliche Tabellenwerte auf das 2- bis 2,5-fache überstiegen. In einem Forschungsvorhaben wurde deshalb an Walzträgern kleiner Bauhöhen mit kurzen, mittellangen und langen Ausklinkungen experimentelle und theoretische Untersuchungen durchgeführt. Es handelte sich dabei um Walzträger der Reihen HEA und HEB bis zu 200 mm Höhe. Her-

kömmliche Berechnungsweisen auf der Basis der Elastizitätstheorie bzw. der Plastizitätstheorie, die nur Steganteile und Flanschanteile innerhalb des Ausrundungsbereiches für die Übertragung der Querkraft ansetzen, sind nicht in der Lage, die hohen experimentellen Traglasten rechnerisch zu verifizieren. Deshalb müssen weitere Flanschanteile zur Querkraftübertragung herangezogen werden, wobei für die Übertragung des reduzierten plastischen Momentes nur die restlichen Teilbereiche des Querschnittes bis zur Fließgrenze ausgenutzt sind. Dieses Modell trifft die experimentellen Traglasten bei mittellangen Ausklinkungen

ziemlich genau, bei langen Ausklinkungen liegt es auf der konservativen Seite. Bei kurzen Ausklinkungen werden die Traglasten durch das Rechenmodell zum Teil deutlich überschätzt. Kurze Ausklinkungen sind allerdings beim Einwechseln von Bühnenträgern praktisch nicht gegeben. - Die vereinfachten Tragmodelle sollen in Zukunft durch entsprechende FE-Berechnungen gestützt werden, hierbei werden auch Ergebnisse für Durchlaufwirkungen bzw. Teileinspannungen angestrebt.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines Forschungsauftrags des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DASt) im Fachgebiet Stahlbau und Holzbau der Technischen Universität Hamburg-Harburg, Prof. Valtinat, durchgeführt. Dieses Vorhaben wurde aus privaten Mitteln und Mitteln des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DASt) gefördert. Der Forschungsbericht ist bei der Forschungsstelle zu beziehen.

## **Forschungsvorhaben AiF-Nr. 8180 Brandbedingtes Erwärmungsverhalten von Laschenanschlüssen bei Verbundkonstruktionen**

Die Anschlußbereiche werksseitig vorgefertigter und brandgeschützter Verbundbauteilen müssen in der Regel nach der Montage auf der Baustelle nachträglich brandgeschützt werden. Das erfolgt, da im allgemeinen die sich im Brandfall im Anschluß einstellenden Temperaturen nicht bekannt sind, durch das nachträgliche Ausbetonieren der Montageöffnungen. Diese Art des Brandschutzes ist problematisch, bauzeitverlängernd und unwirtschaftlich. Voraussetzung für die Anwendung alternativer Schutzmaßnahmen, die eine kostengünstigere, einfachere Montage erlauben, ist die Kenntnis der sich im Anschlußbereich im Brandfall einstellenden Temperaturen. Damit liegt dann auch die wichtigste Eingangsinformation für eine gezielte Bemessung der Verbindungsmittel vor.

Im vorangegangenen AiF-Vorhaben 7059 [1] konnte gezeigt werden, daß sich das im Brandfall im Anschluß einstellende dreidimensionale Temperaturfeld für beliebige Anschlußausbildungen und alternative Schutzvarianten unter Vermeidung aufwendiger Brandversuche zuverlässig auf rechnerischem Weg ermitteln läßt.

Auf dieses Vorhaben aufbauend, wurde im Rahmen des AiF-Vorhabens 8180 [2] auf rechnerischem Weg für alle in der Baupraxis gängigen Profile und Profilkombinationen der angeschlossenen Bauteile, die für eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten (ETK) infra-

ge kommen, das Erwärmungsverhalten von Laschenanschlüssen kammerbetonierter Verbundprofile in Abhängigkeit infrage kommender alternativer Schutzvarianten analysiert. Dabei wurde auch die konventionelle Variante mit nachträglich ausbetonierten Montageöffnungen und (zur Orientierung) die Variante ohne jeglichen Brandschutz (ausgesparter Kammerbeton im Anschlußbereich) in die Untersuchungen einbezogen.

Zur Aufzeigung und der möglichen Nutzung quantitativer Sicherheitsreserven wurden, neben einer allseitigen Brandbeanspruchung, auch auf dem Riegel aufliegende Deckenkonstruktionen analysiert und neben einseitigen auch mehrseitige Verbindungen einschließlich der (in der Praxis allerdings selteneren) Haupt-Nebenriegel-Verbindungen mit, betrachtet. Ziel war hierbei, eine Eingrenzung der Kombinationsvielfalt für die praktische Bemessung zu finden. Allgemein war für die Praxis auch darauf zu achten, daß für eine mechanische Warmbemessung der Verbindungsmittel (aus den dreidimensional ermittelten Temperaturfeldern) in Frage kommende repräsentative Temperaturen bereitgestellt werden.

Mit der im Bericht dargestellten Auswahl an Untersuchungsergebnissen und den dabei rd. 150 thermisch analysierten Varianten allseitig brandbeanspruchter einseitiger Stützen-Riegel-Verbindungen sind alle in der Baupraxis

gängigen Profile und Profilkombinationen eingrenzbar. Die Ergebnisse sind in praxisgerechter Vorgehensweise dargestellt.

Die grafische Ergebnisdarstellung erlaubt einen schnellen Überblick und die Entnahme von Ergebnissen für beliebige Brandzeiten unterhalb der Obergrenze von 90 ETK-Brandminuten. Es werden jeweils nur zwei repräsentative Temperaturen dargestellt, mit denen, zur sicheren Seite liegend, mit einer gewählten Schutzvariante die mechanische Warmbemessung der Verbindungsmittel vorgenommen oder mit einer aus der Bemessung vorgegebenen Maximatemperatur die entsprechende Schutzvariante ausgewählt werden kann.

Die Eingrenzung der Kombinationsvielfalt konnte zum einen durch die in Abstimmung mit dem begleitenden Arbeitskreis gewählten Profile und zum anderen durch eine 'worst case'-Strategie erreicht werden.

Für Untersuchung und Darstellung ausgewählt wurden für eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten infrage kommende, oft angewendete oder in ihren untersuchten Kombinationen mit einer entsprechenden Unter- oder Überdeckung (das brandbedingte Erwärmungsverhalten der Verbindungen wird durch die gegenseitige Abschattung der Profile beeinflusst) die gesamte in der Praxis interessierende Bandbreite kammerbetonierter Verbundprofile. Somit können hier nicht dargestellte Kombinationen ebenfalls bewertend eingeordnet werden.

Die o.a. Strategie bedeutet (wobei im Zweifelsfall die jeweilige Zulässigkeit über die wiedergegebenen Ergebnisse abgeschätzt werden kann):

- Verbindungen mit aufliegender Deckenkonstruktion werden (zur sicheren Seite liegend) als allseitig brandbeansprucht angesehen.
- Mehrseitige Verbindungen werden vereinfacht als einseitige Verbindungen angesehen.
- Hauptriegel-Nebenriegelverbindungen ordnen sich in dieses Schema dadurch ein, daß sie wie einseitige Stütze-Riegel Verbindung behandelt werden.

Für nicht wiedergegebene Profilkombinationen ist unter Berücksichtigung der zur sicheren Seite liegend dargestellten Ergebnisse eine Zwischeninterpolation möglich. Hierbei muß aber ggf. die entsprechende Unter- bzw. Überdeckung der jeweiligen Profilkombinationen (gegenseitige Abschattung der Profile im Anschlußbereich) beachtet werden. Eine allgemeine Anwendbarkeit muß daher dahingehend begrenzt werden, daß dieses nur von erfahrenen Fachleuten erfolgen darf.

Punktuell wiedergegebene Untersuchungen über das Erwärmungsverhalten unter Naturbrandbedingungen runden die Ergebnisse dieses Vorhabens ab.

Das Forschungsprojekt AiF-Nr. 8180 wurde von den Beratenden Ingenieuren Prof. Dr.-Ing. O. Hönig, Wilhelmshaven, und Dr.-Ing. J. Klaus, Braunschweig, 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. Der Bericht ist über die DASt Geschäftsstelle zu beziehen.

#### Literatur:

[1] Hönig, O., Klaus, J.. Brandschutz von Anschlüssen bei Stahlverbundkonstruktionen mit einem Strahlungsschutzschirm. Abschlußbericht des AiF-Vorhabens Nr. 7059,

[2] Hönig, O., Klaus, J.. Montagefreundliche Brandschutzalternativen für Anschlüsse bei Stahlverbundkonstruktionen. Abschlußbericht des AiF-Vorhabens Nr. 8180

# Forschungsvorhaben AiF-Nr. 8832 N

## Expertensystem zur Brandschutztechnischen Auslegung von Gebäuden

Die bauaufsichtlichen Brandschutzforderungen sind in den Landesbauordnungen verankert. Daneben gibt es zahlreiche Einzelschriften zum Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, die sich von Bundesland zu Bundesland unterscheiden, so daß der Planer eine Vielzahl verschiedener gesetzlicher Bestimmungen zu beachten hat.

Der Brandschutz entwickelte sich in den letzten Jahren aus einer rein empirischen Disziplin zu einem Fachgebiet, das wie andere Ingenieurwissenschaften berechenbar geworden ist. Es erweist sich allerdings als problematisch, die traditionellen Brandschutzmaßnahmen, die in den Landesbauordnungen festgeschrieben sind, auf die sogenannten "Baulichen Anlagen besonderer Art und/oder Nutzung" zu übertragen. Zusätzlich gilt ab 1992 für die Europäische Gemeinschaft ein einheitlicher, harmonisierter Binnenmarkt. Der Planer wird damit zusätzlich mit einem neuen begleitenden Regelwerk konfrontiert, das ihm neue Möglichkeiten bei der Auslegung und Gestaltung baulicher Anlagen gibt. Die zahlreichen Vorschriften und die sich schnell entwickelnde Technik führen dazu, daß bei Planern und den genehmigenden Behörden zum Teil noch auf die konventionellen Brandschutzmethoden zurückgegriffen wird.

Im Rahmen eines von der AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen) "Otto von Guericke" e.V. geförderten Forschungsvorhabens wurde ein auf Personal Computer lauffähiges Expertensystem (EBRAS - Expertensystem zur brandschutztechnischen Auslegung von Gebäuden) erarbeitet, das sowohl alle Berechnungsmethoden zur Ermittlung der Brandschutzklasse, der erforderlichen Rauch- und Wärmeabzüge, des erforderlichen Feuerwiderstandes aller relevanten Bauteile und zusätzliche Brandbekämpfungsabschnittsgrößen angibt, als auch über die erforderlichen Datenbanken der Konstruk-

tionsbaustoffe im Hinblick auf das Wärmespeichervermögen und vorliegenden Daten im Hinblick auf Brandlastzusammenstellungen deutscher Brandschutzgutachter, Erfahrungen aus der Schweiz und aus Österreich verfügt. Das Expertensystem ist dabei lernfähig und nimmt neue Daten nach Plausibilitätsprüfung auf.

Das Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit der brandschutztechnischen Auslegung von Gebäuden im Industriebau. Die Industriebaurichtlinie ist in den Ländern Nordrhein-Westfalen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen bekanntgemacht bzw. bauaufsichtlich eingeführt, in Hessen wird von dieser Industriebaurichtlinie versuchsweise Gebrauch gemacht.

Zur Einschätzung der Brandgefahr steht in Verbindung mit der Industriebaurichtlinie ein Rechenverfahren, das in der Vornorm DIN 18 230 festgeschrieben wurde, zur Verfügung. Hiernach können Produktions- und Lagergebäude in Brandschutzklassen eingestuft werden, woraus sich der erforderliche Feuerwiderstand der Bauteile und zulässige Brandbekämpfungsabschnittsgrößen ergeben. Eingangsparameter für das Rechenverfahren sind die vorliegende Brandlast, die Qualität der raumabschließenden Bauteile, die Ventilationsverhältnisse im Brandraum, die Ausstattung der zur Verfügung stehenden Löschkräfte, die Ausstattung mit automatischen Löscheräten und die vorliegende Brandbekämpfungsabschnittsgröße.

Ein Beispiel für einen Berechnungsschritt zur Ermittlung der Brandschutzklasse (Bildschirmausdruck) zeigt Bild I.

Über die reine Bemessungsaufgabe hinaus ist das Expertensystem auch in der Lage, bei vorgegebenen Randbedingungen eine Bemess-

### Ermittlung der Brandschutzklasse (alter Vorgang)

**Bild 1**    *Bauwerk*    **Elektronik GmbH & Co. KG Anbau einer Halle**

**Brandbekämpfungsabschnitt**    Halle G    **Variante:** 1    **BBA-Jahr:** 1

**Av =** 63,00 m<sup>2</sup>

**Ah =** 13,00 m<sup>2</sup>

**hm =** 2,43 m

**avh =** 14,64 m

**A =** 1.950,00 m<sup>2</sup>

alternative EL

**qr,BK-I =** 117,89

**qr,max =** 239,84

**täq [min] =** 35

**Begrenzungsbauteile**

erf t<sub>EB</sub>A = 36

FBBA 60

**c-Faktor**

0,20

**Ergebnisse**    w = 1,20    kr = 4,00

in der Datenbank    Av,h = 103,50 m<sup>2</sup>

[kWh/m<sup>2</sup>]    aus BL-Ermittlung

**qr =** 143,85    **qr,BL =** 143,85

**Brandschutzklasse**    **BK III**

übrige Bauteile			
SKb3	erf t <sub>F</sub> -3	36	F3 60
SKb2	erf t <sub>F</sub> -2	24	F2 30
SKb1	erf t <sub>F</sub> -1	20	F1 30

Übersicht

<<    >>

<    >

<    >

BK berechnen

Fehler zeigen

<< zurück

Normen, ...

Hilfe

### Angaben zur Entrauchung im BBA Halle G

**Bild 2**

**Ae [m<sup>2</sup>] =** 1.400,00    **Rauchabschnitt**

**Restfläche [m<sup>2</sup>] =** 0,00

AT

erf t<sub>ech</sub> (erf t<sub>ech</sub> ? (J/N))    **N**

Dachneigung > 12° (J/N)    **N**

RA    RA    RA    RA

Rauchschräge

**h<sub>r</sub> [m] =** 8,00

lichte Raumhöhe

**h [m] =** 15,00

Grundfläche [m<sup>2</sup>] = 1.950,00

**rechnen**

angestrebte Dicke der rauchfreien Schicht

**d/h =** 0,50

Löschangriffszeit < 10 min

automat. Brandmelder vorhanden (J/N)    **J**

Brandausbreitungsgeschwindigkeit = mittel

Wertänderung nur durch Mausklick!

Ergebnisse: Rauchabschnitt	BBA-Summe
Bemessungsgruppe = 3	n = 2
Aw [%] = 0,60	
.. in m <sup>2</sup> = 8,40	12,80
Anzahl der Rauchabzüge = 8	11
Anzahl der Steuereinheiten = 1	2

sung der erforderlichen Wärmeabzüge oder der zulässigen Brandbelastung zu ermitteln. Der ausdrückbare Bericht ist so gestaltet, daß er ins Baugenehmigungsverfahren eingehen kann.

Darüber hinaus kann zusätzlich eine Ermittlung der erforderlichen Rauch- und Wärmeabzugsflächen nach DIN 18 232 Teil 2 durchgeführt werden. Ein Beispiel für einen solchen Berechnungsschritt (Bildschirmausdruck) zeigt Bild 2.

Parallel zur Dateneingabe und Berechnung besteht für den Nutzer jederzeit die Möglichkeit, sich für die Eingabe bzw. Berechnung relevante Vorschriftentexte als Hypertext (Hilfetext) auf dem Bildschirm anzeigen zu lassen.

Die derzeit in Überarbeitung befindlichen DIN V 18 230 und DIN 18 232 Teil 2 sind bereits im Programm implementiert und werden derzeit ausgetestet.

Weitere Ergänzungen, wie die Bemessung der erforderlichen Rückhaltmengen nach der Löschwasser-Rückhalte-Richtlinie und Bemessungen nach den Richtlinien des Verbandes der Schadenversicherer können vorgesehen werden.

Das Forschungsprojekt AiF-Nr. 8832 N wurde von den Beratenden Ingenieuren Dr.-Ing. R. Hass, Hosser, Hass und Partner, Braunschweig, und Prof. Dr.-Ing. G. Bahr, CPU Ingenieurgesellschaft mbH, Ganderkesee, 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. Der Bericht ist über die Forschungsstelle Hosser, Hass und Partner, Braunschweig, zu beziehen.

## **Forschungsvorhaben AiF-Nr. 8893 Scherverbindungen mit Injektionsschrauben**

Für verschiedene Anwendungsgebiete müssen im Stahlbau Verbindungen schlupffrei ausgeführt werden. Das gilt z.B. dann, wenn aus Gründen der Gebrauchstauglichkeit die Verformungen beschränkt sind, ferner wenn bei Nachweisen nach Theorie 2. Ordnung die aus Schlupf stammenden Verformungen die Schnittgrößen zu sehr erhöhen oder wenn die Dauerfestigkeit bemessungsbestimmend ist. Verbindungen können geschweißt oder mit Paßschrauben, gleitfest vorgespannt oder in einer Kombination der beiden letzten ausgeführt werden. Entfällt die Anforderung an Schlupffreiheit, werden in der Praxis heute überwiegend Scher-Lochleibungs-Verbindungen mit einem Lochspiel von 2mm bevorzugt.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die allgemeine Anwendbarkeit der Injektions-Schrauben-Verbindung theoretisch und experimentell zu untersuchen und zu beschreiben. Exemplarisch wird als Versuchskörper eine zweischnittige Einschraubenverbindung mit

zwei außen- und einer innenliegenden Lasche gewählt.

In der Versuchsreihe I wurden ca. 51 Abscher- und Lochleibungsversuche SL-, SLP-, GV- und Injektions-Schrauben-Verbindungen durchgeführt. Dabei wurden 6 verschiedene Injektionsmittel getestet. Die Versuchskörper der SL- und der Injektions-Schrauben-Verbindung hatten einheitlich ein Lochspiel von 2mm, die der SLP-Verbindung  $\leq 0,3$  mm. In der Versuchsreihe II wurden 8 Lochleibungsversuche mit 4 verschiedenen Injektionsmitteln bei einem Lochspiel von 4mm durchgeführt. Das Verhalten unter nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung wurde in Versuchsreihe III (21 Versuche) untersucht, das Langzeitverhalten (2 Versuche) in Versuchsreihe IV. Für alle Versuche sind hochfeste Schrauben M 12 10.9 und Laschen aus St52 vorgesehen. Während des Versuches wird sowohl die aufgebrachte Last und der Weg der Prüfmaschine als auch die Verschiebung der Laschen gegeneinander gemessen, bei Ver-

suchsreihe III zusätzlich die Lastspielzahl N. Die dabei erzielten Ergebnissen wurden hinsichtlich der Tragfähigkeit und insbesondere des Last-Verschiebungsverhaltens miteinander verglichen. Die gemessenen Verformungen der Injektions-Schrauben-Verbindungen der Versuchsreihe I und II lagen zwischen denen der SL- und der SLP-Verbindung, d.h. der Schlupf in der Injektions-Schrauben-Verbindung war geringer als in der SL- und größer als in der SLP-Verbindung. Am Beispiel der Injektions-Schrauben-Verbindung mit dem Injektionsmittel Metalix kann anhand der Versuche eine Reduzierung des Schlupfes im Vergleich zu SL-Verbindungen auf etwa 30% und eine Vergrößerung auf etwa 50% gegenüber SLP-Verbindungen festgestellt werden. Aufgrund der geringen Versuchsanzahl können keine genaueren Aussagen getroffen werden. Im Gegensatz zu SL-Verbindungen kann die Injektions-Schrauben-Verbindung auch unter nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung zum Einsatz kommen. Aufgrund der geringen Versuchsanzahl sowie der abschließlichen Betrachtung eines Spannungs-

horizontes sollen die erzielten Ergebnisse nur als erste Näherungswerte angesehen werden.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß Injektions-Schrauben durchaus zuverlässig eingesetzt werden können. Eine normen-gemäße Regelung bedarf aber weiterer Untersuchungen, um wegen der Beschränkung der verfügbaren Mittel offen gebliebene Fragen zu beantworten.

Das Forschungsprojekt AiF-Nr. 8893 wurde vom Institut für Stahlbau der Technischen Universität Braunschweig, 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 sei für die Unterstützung und Hilfe bei den Arbeiten bestens gedankt. Der Bericht ist über die Forschungsstelle zu beziehen.

## **Forschungsvorhaben AiF-Nr. 10011 B**

### **Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Sandwichplatten mit CO<sub>2</sub>-getriebenen Polyurethan-Schaumstoffkernen**

Zum thermo-mechanischen Langzeitverhalten von Sandwichplatten mit einem Polyurethan-Schaumstoffkern, der ausschließlich durch einen chemischen Prozeß mit CO<sub>2</sub> aufgeschäumt ist, liegen noch keine Erfahrungswerte vor.

CO<sub>2</sub> weist im Vergleich zu den z. Z. noch überwiegend für die Aufschäumung von PUR-Schaumstoff eingesetzten HFCKW-Treibgasen kein umweltschädigendes ODP- und ein vernachlässigbares GWP-Potential auf und ist neben Pentan das aus umweltpolitischer Sicht unbedenklich anwendbare Treibmittel für den PUR-Schäumprozeß.

Untersucht wurde der Einfluß der Gasdiffusion und der Temperatur auf die mechanischen Eigenschaften, die Wärmeleitfähigkeit und die

Dimensionsstabilität des PUR-Hartschaumstoffes sowie auf die Verbundfestigkeit und das Kriechverhalten unter langandauernder statischer Belastung.

Die das Festigkeits- und Verformungsverhalten der untersuchten Sandwichplatten bestimmenden Kennwerte bei kurzzeitiger Beanspruchung durch Zug-Druck- und Schubkräfte liegen auf einem vergleichbaren Niveau mit den Kennwerten von Platten mit PUR-Stützkernen, bei denen die Treibgase R22/R142b, R141b, Pentan verwendet werden und deren Eigenschaften im Rahmen des Forschungsvorhabens AiF-Nr. 148 D bereits geprüft wurden.

Für das mechanische Kurzzeitverhalten von PUR-Stützkernplatten ist somit nicht die Art

des Treibgases, sondern die Rohdichte des Schaumstoffkernes bestimmend.

Der Einfluß der Zellgasdiffusion auf die mechanischen Eigenschaften der CO<sub>2</sub>-geschäumten PUR-Stützkerns äußert sich in einer zeitweisen Reduzierung der Druckfestigkeit und der kritischen Knitterspannung. Der Abfall dieser Eigenschaften beträgt jedoch nur maximal 20 % und ist somit bei einem hinreichend hohen Ausgangsniveau, d. h. einer entsprechenden Rohdichte des Schaumstoffkernes, für den praktischen Einsatz nicht kritisch.

Die Dimensionsstabilität und die Wärmeleitfähigkeit werden durch die Diffusionsprozesse des Zellgases stärker beeinflusst. Für Sandwichplatten mit CO<sub>2</sub>-getriebenen Stützkernen sind Schrumpferscheinungen vor allem in den Randbereichen der Stützkernplatten typisch.

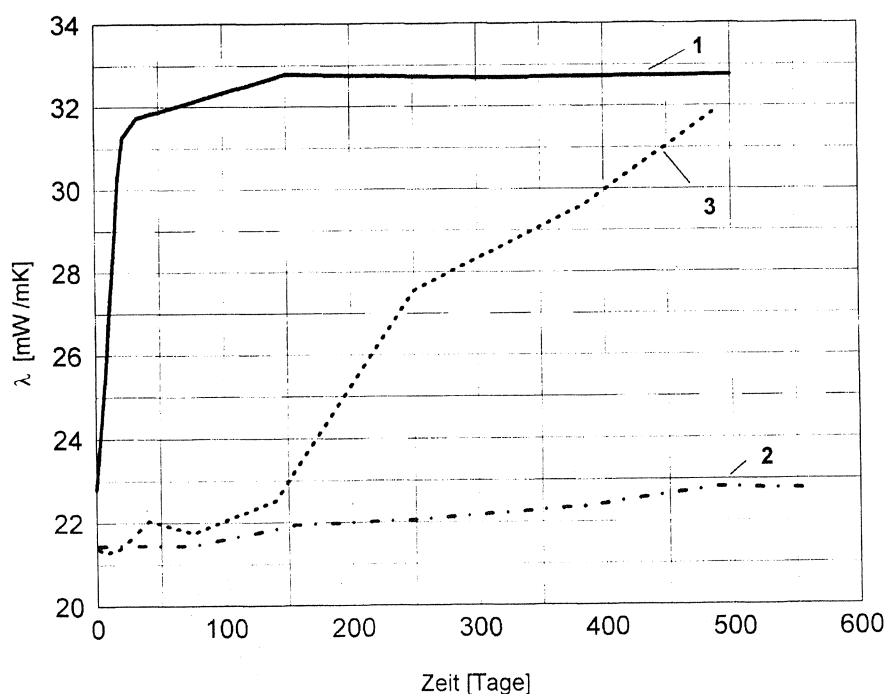
Die Wärmeleitfähigkeit CO<sub>2</sub>-getriebener PUR-Hartschaumstoffe erreicht sehr schnell den stationären Endwert von Schaumstoffen, deren Zellen ausschließlich mit Luft gefüllt sind, wenn diese diffusionsoffen gelagert werden. Im Falle von Sandwichplatten ist der PUR-Schaumstoff

großflächig durch Metaldeckschichten diffusionsgeschützt und die Zellgasdiffusion erfolgt lediglich über die Plattenränder. Die Wärmeleitfähigkeit steigt deshalb zunächst nur in den Randbereichen an, so daß in Abhängigkeit von den Plattenabmessungen im technisch interessanten Anwendungszeitraum bis zu 25 Jahren auch bei CO<sub>2</sub>-getriebenen PUR-Stützkernen voraussichtlich nur ein begrenzter Anstieg der mittleren Wärmeleitfähigkeit eintreten wird - s. auch Bild 1.

Die im Rahmen der Forschungsarbeit erhaltenen Prüfergebnisse bestätigen die in der Literatur aufgrund theoretischer Untersuchungen und Modellrechnungen zur zeitlichen Veränderung der Wärmeleitfähigkeit von CO<sub>2</sub>-getriebenen Sandwichplattenstützkernen gemachten Aussagen.

Die durchgeführten Untersuchungen zum Kriechverhalten des CO<sub>2</sub>-getriebenen PUR-Stützkernes ergaben, daß dieser im Vergleich zu FCKW- bzw. HFCKW- oder Pentan-getriebenen PUR-Stützkernen eine geringere Kriechneigung aufweist.

Bild 1 Wärmeleitfähigkeit von PUR- Hartschaumstoff, 100% CO<sub>2</sub>- getrieben



Kurve 1: Schaumstoff, diffusionsoffen, Normalklima; Kurve 2: Sandwich, Ränder offen, Normalklima; Kurve 3: Sandwich, offene Ränder, 70°C.



Die ergänzend durchgeführten Prüfungen an Sandwichplatten im fortgeschrittenen Alterungszustand zeigen, daß PUR-Sandwichbauteile generell eine günstige Langzeitbeständigkeit aufweisen.

Die Untersuchungen zum Forschungsvorhaben AiF Nr. 10011 B wurden an der IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH, Dresden, 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.

Das Versuchsmaterial wurde von den Firmen VAW Aluform-System-Technik GmbH, Bernsdorf und DOW Deutschland kostenlos bereitgestellt.

Den Förderern sei für die Unterstützung und Hilfe bei den Arbeiten bestens gedankt.

Der Bericht ist über die Forschungsstelle zu beziehen.

## **Aus der Arbeit des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin**

### **Schwingungsanfälligkeit für den Geschoßbau - eine Studie zur Klassifizierung der Gebrauchseigenschaften für den Eurocode 1**

#### **1. Aufgabe**

Zunehmender Optimierungs- und Ausnutzungsgrad moderner Stahl und Verbundkonstruktionen haben zur Folge, daß die Schlankheiten und die Spannweiten von Deckenkonstruktionen immer größer werden. Die Verwendung von hochfesten Werkstoffen (sowohl Stahl als auch Beton) hat zur Konsequenz, daß unter Beibehaltung der Tragfähigkeit die Steifigkeiten der Konstruktionen deutlich geringer werden. Diese Tendenz kann zu einer erhöhten Empfindlichkeit der Bauwerke gegenüber dynamischen Anregungen führen, was wiederum eine starke Beeinträchtigung des Komforts und der Gebrauchsfähigkeit nach sich ziehen kann.

Soll die Gebrauchstauglichkeit hinsichtlich menscheninduzierter Schwingungen sichergestellt werden, müssen mehrere Faktoren berücksichtigt und aufeinander abgestimmt werden. Hierzu zählen die dynamische Belastung, die Bauwerksreaktion und die Auswir-

kung des dynamischen Verhaltens auf die Gebrauchsbedingungen.

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens lag in einer möglichst klaren und einfachen Einteilung aller das dynamische Verhalten beeinflussender Faktoren in nachvollziehbare und definierbare Gruppen. Diese sollten dann jeweils genauer betrachtet und hinsichtlich relevanter Parameter beschrieben und wenn möglich quantifiziert werden. Weiterhin sollten die Bewertungs- und Beurteilungskriterien aus verschiedenen nationalen und internationalen Vorschriften und Empfehlungen zusammengestellt, verglichen und auf ihre Anwendbarkeit für das Problem menscheninduzierter Schwingungen hin untersucht werden.

#### **2. Vorgehensweise**

##### **2.1 Allgemeines**

Die angestrebte Klassifizierung der Gebrauchseigenschaften erforderte zunächst ei-

ne Einteilung in Hauptkriterien, die mehr oder weniger getrennt untersucht werden konnten. Die Unterteilung wurde wie folgt festgelegt:

- a) Klassifizierung nach Belastungsart
- b) Klassifizierung nach Beurteilungskriterien
- c) Klassifizierung nach Bauwerkstyp

Naturgemäß konnten die Gebiete nicht gänzlich voneinander unabhängig behandelt werden, für alle Untersuchungen gilt, daß die vorgesehene Nutzungsart als übergreifendes Kriterium berücksichtigt werden muß.

## 2.2 Klassifizierung der Belastungsarten

Die wichtigsten Belastungsarten können wie folgt definiert werden:

- a) Rhythmisches Hüpfen, Tanzen
- b) Laufen
- c) Gehen
- d) Impulsbelastung

Anlage A des Forschungsberichtes beinhaltet die Beschreibungen der einzelnen Belastungsarten und der wichtigsten Parameter dieser Belastungen. Zusammenfassend können die

Belastungen und deren Eigenschaften, wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, klassifiziert werden.

## 2.3. Klassifizierung von Bewertungs- und Beurteilungskriterien

Die Klassifizierung der Bewertungs- und Beurteilungskriterien wurde auf der Grundlage der zur Verfügung stehenden nationalen und internationalen Vorschriften und Empfehlungen durchgeführt. Vereinfacht lassen sich diese Kriterien wie folgt klassifizieren:

- a) Empfehlungen zu Begrenzung der Schwingungsanfälligkeit durch Vorgabe maximaler Verformungen oder einzuhalten der Mindesteigenfrequenzen (z.B. Eurocode 3, SIA 160)
- b) Richtlinien zur näherungsweise Überprüfung der Gebrauchstauglichkeitsbedingungen von Bauwerken mit Hilfe von Ingenieurmodellen. (z.B. "Design Guide on the Vibrations of Floors" von T. A. Wyatt)
- c) Richtlinien und Vorschriften zur Bewertung der Einwirkungen von Bauwerksschwin-

Belastungsart	Merkmale	Personengruppe	Einzelperson	synchronisiert	nicht synchronisiert	stationär	instationär	maßg. für Hallen	maßg. für Bürodecke	zyklisch	Einzelstoß
rhythmisches Hüpfen		x		x		x		x		x	
Tanzen		x		(x)	(x)	(x)	(x)	x		x	
Laufen		x	(x)				x	x		x	
Gehen		(x)	x	(x)			x		x	x	
Impulsbelastung			x		x	x			x		x

x meistens zutreffend  
(x) unter Umständen zutreffend

gungen und -erschütterungen auf Menschen anhand von gemessenen oder durch Simulationsberechnungen ermittelten dynamischen Schwingungsgrößen (z.B. DIN 4150, ISO 2631).

Eine eingehende Betrachtung der Normen und Empfehlungen, die für die Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen herangezogen werden können, ist in Anlage B des Forschungsberichtes gegeben.

## **2.4 Klassifizierung der Gebrauchseigenschaften nach Bauwerkskategorie**

Die Klassifizierung der Gebrauchseigenschaften hinsichtlich der Bauwerkskategorie berücksichtigt folgende Aspekte:

- a) Einteilung entsprechend der vorgesehenen Nutzung
- b) Einteilung entsprechend der Bauwerksausführung

Die unter a) vorgenommene Einteilung steht im direkten Zusammenhang mit der zu erwartenden dynamischen Belastung (z. B. Sporthalle - Hüpfen, Bürodecke - Gehen), sie beeinflusst auf der anderen Seite auch die entsprechend der Gebäudenutzung anzusetzenden Anforderungen an die Gebrauchseigenschaften.

Die Einteilung nach der Bauwerksausführung berücksichtigt vornehmlich die unterschiedlichen in der Literatur angegebenen Dämpfungseigenschaften, die einen direkten Einfluß auf die Reaktionen der Bauwerke auf dynamische Anregungen haben.

## **2.5 Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit mittels Zeitschrittberechnungen**

Die Verwendung von dynamischen Zeitschrittberechnungen, in denen realitätsnahe Belastungsansätze verwendet werden, ermöglicht die Ermittlung der dynamischen Kenngrößen, die für die Anwendung von Bewertungs- und Beurteilungskriterien benötigt werden. Weiterhin ist es möglich den Einfluß verschiedener

Parameter auf die dynamische Bauwerksreaktion abzuschätzen.

Es wurde eine Reihe von Simulationsberechnungen an Beispielen einer Sporthalle und einer Bürohausdecke durchgeführt, die Ergebnisse dieser Berechnungen wurden ausgewertet und den vorhandenen Ansätzen zur Begrenzung der Schwingungsanfälligkeit gegenübergestellt. Die Simulationsberechnungen sind in Anlage E dargestellt.

## **2.6 Anwendungsbeispiel zum "Design Guide on the Vibrations of Floors"**

Das "Design Guide on the Vibrations of Floors" von T. A. Wyatt stellt eine einfache und verhältnismäßig zuverlässige Möglichkeit dar, die Schwingungsanfälligkeit und die Gebrauchsfähigkeit von Bürodecken bereits im Planungsstadium zu überprüfen. Anlage C enthält ein Anwendungsbeispiel einer Verbunddeckenkonstruktion, die entsprechend dem "Design Guide ..." auf ihre Gebrauchsfähigkeit hin überprüft wird.

## **2.7 Frequenzmessungen an vorhandenen Decken**

Die Ermittlung der Deckeneigenfrequenzen stellt einen essentiellen Bestandteil von Schwingungsuntersuchungen dar. Um die üblichen Ansätze auf ihre Zuverlässigkeit hin zu überprüfen, wurde eine Reihe von Schwingungsmessungen an bereits ausgeführten Verbunddeckenkonstruktionen durchgeführt. Die Meßergebnisse wurden anschließend mit den rechnerisch ermittelten Werten verglichen. Die Ergebnisse sind in Anlage F dargestellt.

## **3. Schlußfolgerungen**

Der vorliegende Bericht liefert einen Überblick über den gegenwärtigen Kenntnis- und Normungsstand zu dem Thema menscheninduzierte Schwingungen, deren Ursachen und Auswirkungen. Es konnte festgestellt werden,

daß hinsichtlich der anzusetzenden Belastung (Laufen, Gehen, Hüpfen) die in allen herangezogenen Quellen gewählten Ansätze weitgehend ähnlich sind. Der Vergleich der Normen, die eine Bewertung und Beurteilung der Schwingungseinwirkungen auf den Menschen

ermöglichen, zeigt zum Teil deutliche Unterschiede auf. Das betrifft insbesondere die vereinfachten Ansätze mittels einer Mindesteigenfrequenz die Gebrauchsfähigkeit sicherzustellen. Hier besteht noch offensichtlich Forschungs- und Harmonisierungsbedarf.

**Forschungsbericht:** abgeschlossen Oktober 1995, 86 Seiten, Kopie DM 50,70  
Engl. Kurzbericht im IRB vorhanden, **Bezug bei:** IRB Verlag, Fraunhofer-Informationszentrum, Raum und Bau (IRB), Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, Tel: (0711)970-2500, Fax: (0711) 970-2508, e-mail: irb@irb.fhg.de, **Bestellnummer:** T 2736, **Auftraggeber/Förderer:** Deutsches Institut für Bautechnik -DIBt-, Berlin, **Ausführende Stelle:** TH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau

## Großversuche zur Ermittlung der Tragsicherheit abgespannter Maste unter der Einwirkung von Seilbruch

Bedingt durch die relativ große Zahl von Einstürzen abgespannter Maste in den letzten Jahren, wird die Frage nach der Abhängigkeit der Standsin einem einzelnen Bauelement, dem Seil, zunehmend diskutiert (vgl. z.B. den Einsturz des 642 m-Mastes bei Warschau im Sommer 1991 durch Versagen einer Seilanschlußkonstruktion). Darüberhinaus stellt eine statische Betrachtung allenfalls eine grobe Abschätzung des zu erwartenden Tragverhaltens dar: bedingt durch die dynamischen Effekte wird in der Realität bereits ein Einsturz eintreten, der durch eine statische Berechnung noch nicht prognostiziert wird.

Im Rahmen eines vom Institut für Bautechnik geförderten Vorhabens, werden zur Zeit mit Hilfe theoretischer Methoden, Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung des Traglastzustandes unter Seilbruch und Starkwind I erarbeitet. In Anbetracht der dabei zutreffenden Annahmen, z.B. über das komplizierte Verhalten des Werkstoffs unter möglicherweise wiederholter oder zyklischer Beanspruchung und der Seildynamik bei großen Schwingungsam-

plituden, ist eine experimentelle Überprüfung der theoretischen Ergebnisse notwendig.

In Anbetracht dieser Situation wurden deshalb 4 Funkmaste der Telekom AG auf der Sendestelle Mainflingen (Aschaffenburg) durch Kappen definierter Seile umgestürzt. Bei den Masten handelte es sich um 84.2 m hohe, in zwei Ebenen abgespannte Fachwerkgerüstmasten. Dehnungsmessungen erfolgten in einer Ebene ca. 2 m unterhalb der unteren Abspannung. Sämtliche Diagonalen und Eckstiele der betrachteten Ebene wurden mit jeweils einer DMS-Vollbrücke bestückt. Da mehrere Meßobjekte zur Verfügung standen, konnte bezüglich des Versagens eines Abspannseils der unteren und der oberen Abspannung unterschieden werden. Neben den Dehnungsmessungen wurden Videoaufzeichnungen mit mehreren Kameras und verschiedenen Perspektiven des Abbruchvorgangs angefertigt.

Theoretische Vergleichsrechnungen werden in einem parallelen Vorhaben durchgeführt.

**Forschungsbericht:** abgeschlossen Juli 1996, 26 Seiten, Kopie DM 23,70, **Bezug bei:** IRB Verlag, Fraunhofer-Informationszentrum, Raum und Bau (IRB), Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, Tel: (0711)970-2500, Fax: (0711) 970-2508, e-mail: irb@irb.fhg.de, **Bestellnummer:** T 2735, **Auftraggeber/Förderer:** Deutsches Institut für Bautechnik -DIBt-, Berlin, **Ausführende Stelle:** TU Braunschweig, Institut für Stahlbau

# Aus der Arbeit der Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf

## Untersuchung des Querschwingungsverhaltens von Original-Stahlschornsteinen (Projekt 230)

An freistehenden Stahlschornsteinen führen winderregte, regelmäßig alternierende Luftkräfte zu Querschwingungen. Diese sind häufig bemessungsbestimmend und beeinflussen die Schornsteinkosten. Die bauliche Auslegung der Stahlschornsteine erfolgt in Deutschland u.a. unter Berücksichtigung dieser Querschwingungen nach der DIN 4133. Es wird erwartet, daß die in Ausarbeitung befindliche Euronorm trotz teilweise konträrer Auffassungen der Vertreter anderer Nationen weitgehend der deutschen Norm folgt. Als Argumentationshilfe wird überzeugendes Meßmaterial benötigt, das an ausgeführten Schornsteinen über hinreichend lange Zeiträume gewonnen wurde.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Langzeitmessungen an vier Originalschornsteinen zur Bestimmung der Querschwingungsbeanspruchung aus Schwingweite und Schwingspielzahl (Lastkollektive) durchgeführt. Anhand dieser Messungen wurde gemäß EUROCODE 3 und nach DIN 4133 die Lebensdauerberechnung nach aktuellen Theorien der Schadensakkumulation überprüft.

Alle Lebensdauerberechnungen basieren auf materialspezifischen Kennlinien zur Lebensdauer, der Darstellung der ertragbaren Beanspruchung aus Schwingweite und Schwingspielzahl sowie auf den bei der Bemessung geforderten Sicherheitsbeiwerten. Bei Ansatz des nach DIN 4133 geforderten Sicherheitsbeiwertes für die Materialfestigkeit wurde bei allen untersuchten Kaminen eine Lebensdauer

von über 50 Jahren berechnet. Damit konnte bestätigt werden, daß die nach DIN 4133 ausgelegten Schornsteine standsicher sind. Variationsrechnungen mit unterschiedlichem Ansatz der Bauwerksdämpfung sowie der Teilsicherheitsbeiwerte lassen den grundsätzlichen Zusammenhang von Lebensdauer und Dämpfung erkennen. Sie zeigen auf, in welchen Fällen die DIN 4133 eindeutig zu scharfe Forderungen stellt, und sie weisen auf Grenzfälle hin, in denen eine Neigung zu höherer Querschwingung besteht.

Die Untersuchungen liefern eine fundierte Argumentation für die Einbringung der DIN 4133 in die europäische Normung. Sie bieten darüber hinaus Möglichkeiten der verfeinerten Berechnung in Auslegungsgrenzfällen und unterstützen die Wettbewerbsfähigkeit des Schornsteins aus Stahl.

Dieses Forschungsprojekt wurde von der IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH, Dresden, in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Stahlbau der RWTH Aachen, Bereich Windingenieurtechnik, mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto-von-Guericke" e.V., Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi) durchgeführt.

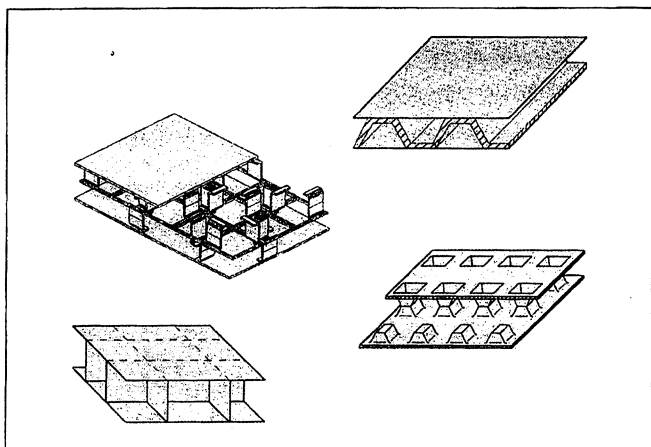
Der Forschungsbericht umfaßt 148 Seiten und enthält 100 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 50,- inkl. MWSt zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-52-5

Die beschriebenen Forschungsberichte der Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V. können gegen Entrichtung einer Schutzgebühr bestellt werden bei:

Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH  
Postfach 10 51 27, 40042 Düsseldorf  
Fax-Nr. (02 11) 8 29-518

## Strukturierung und Klassifizierung von Stahlblech-Mehrschichtbunden (Projekt 307)

Jüngste Entwicklungen haben gezeigt, daß sich durch neuartige, anwendungsorientierte Vorprodukte aus Stahl dessen Einsatzspektrum deutlich steigern läßt. Stahlblech-Mehrschichtverbunde (StMV) gehören zu einer solchen innovativen Gruppe von Vorprodukten, die mit einstellbaren richtungsabhängigen Eigenschaften vor allem auf die Anforderungen eines funktionsintegrativen Leichtbaus zugeschnitten sind. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, inwieweit anwendungsgerechte Stahlblech-Mehrschichtverbunde in Verbindung mit angepaßten Fügeverfahren dem Werkstoff Stahl ein erweitertes Anwendungspotential für innovativen Leichtbau bzw. neuartige Leichtbausysteme eröffnen können.



*Beispiele für Mehrschichtverbunde mit Stahl*

Der grundlegende Gedanke, aus Stahlblechen - allweise in Kombination mit anderen Werkstoffen - ein anwendungsorientiertes Halbzeugsystem zu erzeugen, hat zur Entwicklung einer Fülle von verschiedenartigen Stahlblech-Mehrschichtverbunden geführt. Ihnen gemein-

sam ist die Anwendung als großflächige Tragwerke, bei denen der Mehrschichtverbund zu einem niedrigeren Bauteilgewicht und höheren Steifigkeiten führt. Inzwischen gibt es eine Reihe von Verfahren zur Herstellung von endkonturnahen und z.T. nachbearbeitungsfreien komplexen Erzeugnissen.

Die vorliegende Studie beschreibt die weitgespannten Eigenschaften dieser innovativen Vorprodukte und erarbeitet eine Systematik zur Einteilung der derzeit in der Entwicklung oder bereits im Markt befindlichen unter Verwendung von Stahl angebotenen Erzeugnisse. Diese werden detailliert vorgestellt, und ihr Anwendungspotential wird diskutiert. Es wird eine Übersicht über die bisher bekannten Materialdaten und Fügемöglichkeiten gegeben und auf die noch bestehenden Optimierungsmöglichkeiten eingegangen.

Vor allem Fachleuten im Fahrzeug-, Maschinen- und Anlagenbau gibt der Bericht Hinweise auf das Innovationspotential dieser neuartigen Vorprodukte im Hinblick auf den Leichtbau mit Stahl.

Diese Studie wurde am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden mit finanzieller Förderung durch die Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf, durchgeführt.

Der Forschungsbericht umfaßt 76 Seiten und enthält 48 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 50,- inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-50-9

## Entwicklung von Verfahren zur Verbesserung der Lackierbarkeit von nichtrostendem Kaltband (Projekt 220)

Kaltband aus nichtrostendem Stahl wird überwiegend aus dekorativen, aber auch aus funktionellen Gründen lackiert. Dabei steht der Lackhaftfestigkeit auf dem Untergrund das ansonsten geforderte inerte Verhalten der Edel-

stahloberfläche entgegen. Zusätzliche Erschwernisse bilden glatte Oberflächen, beim Schweißen auftretende Nähte mit ihren Anlauffarben oder Schmiermittelrückstände. Ziel des Projektes war es, Verfahren zur Verbesse-

rung der Haftfestigkeit ausgewählter kommerzieller Lacksysteme auf nichtrostendem Kaltband aufzuzeigen.

Die Untersuchungen wurden an einem austenitischen Edelstahl (1.4301 IIIc und III d) und einem ferritischen Edelstahl (1.4003 IIa und IIIc), also mit unterschiedlich glatter Oberfläche durchgeführt. Entsprechend den Bedingungen in der Praxis wurden die Werkstoffe ohne und mit Kontamination durch Anlauffarben und Fette sowie ohne und mit Vorbehandlung durch Strahlen, Säure und Haftvermittler versehen. Bei den untersuchten Lacken kamen handelsübliche Systeme auf Lösungsmittelhaltiger und wäßriger Basis, ein- und zweischichtig, sowie im Coil-Coating-Verfahren beschichtete Bleche zum Einsatz.

Die Forschungsergebnisse weisen für die untersuchten Lacksysteme deutliche Unterschiede im Haftvermögen aus. Für jede Art der Oberflächenausführung gibt es Beschichtungssysteme mit ausreichend guten Eigenschaften. Deshalb kann bei Anwendung geeigneter Lacksysteme auf eine aufwendige Vorbehandlung der Oberfläche verzichtet werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß

bei Verwendung nichtrostender Stähle und beanspruchungsgerechter Auswahl des Lacksystems gute Haftungseigenschaften vergleichbar den Verhältnissen bei unlegierten Stählen erreicht werden.

Durch Umsetzung der Projektergebnisse lassen sich die Kosten für die Lackierung von Erzeugnissen aus nichtrostendem Kaltband senken. Der Einsatz nichtrostender Stähle in lackiertem Zustand, z. B. im Container-, Tankwagen- und Waggonbau sowie in der Bauindustrie, wird dadurch attraktiver. Darüber hinaus ergeben sich zusätzliche Absatzchancen in neuen Anwendungsgebieten.

Dieses Forschungsprojekt wurde am Forschungsinstitut für Pigmente und Lacke e.V., Stuttgart und der Krupp Thyssen Nirosta GmbH, Bochum, mit finanzieller Förderung durch die Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf, durchgeführt.

Der Forschungsbericht umfaßt 120 Seiten und enthält 100 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 35,- inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-46-0

## **Wirtschaftlicher Einsatz von Dachrinnen und Fallrohren aus nichtrostendem Stahl (Projekt 194)**

Wegen der zunehmenden korrosiven Beanspruchung von Dachentwässerungsanlagen durch verschmutzte Luft und sauren Regen bestehen für nichtrostenden Stahl gute Chancen für einen verstärkten Einsatz. Leider sind Systemteile aus diesem Werkstoff jedoch nicht flächendeckend verfügbar. Da der Werkstoff für den Handwerker "neu" ist, müssen besondere Anstrengungen unternommen werden, um ihnen insbesondere Anfangsschwierigkeiten zu ersparen.

Aus diesen Gründen sind in diesem Forschungsprojekt Fragen der Werkstoffwahl, der leichten Verbindungstechnik, der Verbesserung der Verfügbarkeit und des Verarbeitungs-Know-hows untersucht worden. Nach Korrosionsversuchen in Labor und Feld fiel in Übereinstimmung mit den gängigen Regelwerken

die Entscheidung für X 5 CrNi 18-10, Werkstoff-Nr. 1.4301; für stärker korrosiv belastenden Einsatz muß X 5 CrNiMo 17-12-2, Werkstoff-Nr. 1.4401, genommen werden. Geeignet ist das Oberflächenbehandlungsverfahren 2 B (mechanisch oder chemisch entzundert, kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt, leicht nachgewalzt).

Als Verbindungstechnik eignet sich das Weichlöten (Arbeitsanweisung für Weichlöten liegt vor), eine Kombination von Zugniettechnik plus Dichtstoff sowie eine Kombination von Zugniettechnik plus Weichlöten. Im Bericht werden dazu Hinweise gegeben.

Die Verfügbarkeit der Systemteile zeigt positive Tendenz; ein Lieferantenverzeichnis gibt Auskunft über die möglichen Bezugsquellen.

Hinweise für die Verarbeitung liegen vor.

Während der Projektarbeiten ergab sich immer mehr die Notwendigkeit, ein edelstahlspezifisches Design zu entwickeln. Von den Firmen Rösle, Marktoberdorf (bekannt als Hersteller auch von nichtrostenden Dachrinnenteilen) und 3 L-Plan, Menden (Ingenieurbüro für Architektur und Industriedesign), sind optisch ansprechende Konzepte vorgestellt worden.

Das Forschungsprojekt wurde von der Krupp Nirosa GmbH, Bochum, in Zusammenarbeit

mit dem Büro für Architektur und Industriedesign 3 L-Plan, Menden, und der Firma Rösle Metallwarenfabrik GmbH & Co. KG, Marktoberdorf, mit finanzieller Förderung durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen, durchgeführt.

Der Forschungsbericht umfaßt 188 Seiten und enthält 100 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 70,- inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-35-5

## **Sicherstellung des Einsatzes von Stahl in Offshore-Bauwerken größerer Tiefe durch Erprobung von höherfesten Rohrnoten-Hybrid-Konstruktionen in bauteilähnlichem Maßstab (Projekt 213)**

Offshore Bauwerke werden in Stahl- und Betonbauweise erstellt. Für Stahl sind beim Übergang zu immer größeren Tiefen neue Konstruktionskonzepte erforderlich, in denen durch Stahlguß-Einsätze (Hybrid-Bauweisen) die Rohrnoten-Schweißnähte aus den Bereichen höchster Beanspruchung herausgenommen werden. Ziel des Forschungsprojektes war die Erprobung dieser Konzepts für höherfeste Stähle und reduzierte Wanddicken unter offshore-typischer korrosiver und schwingender Beanspruchung.

Gegenüber früheren Untersuchungen mit dem Werkstoff StE 355 für die Rohre und GS-8 Mn 7 als Stahlguß-Einsatz (Wanddicke  $s = 38$  mm) standen hier der höherfeste Stahl StE 500 für Rohre und der neu entwickelte Gußwerkstoff GS-12 MnMo 7 4 ( $s = 28$  mm) im Vordergrund.

Hybrid-Rohrnoten im bauteilähnlichen Maßstab wurden in künstlichem Meerwasser im Einstufenversuch und unter seegangstypischer Belastung geprüft. Der Einsatz dieser höherfesten Werkstoffe erbrachte trotz Reduzierung der Wanddicke eine Erhöhung der Anrißlebensdauer in den kritischen Bereichen des Stahlgußes um den Faktor 2.

Ergänzende Untersuchungen an zwei konventionell geschweißten Rohrnoten ohne Gußeinsätze ergaben, daß eine WIG-Nachbehandlung

und Kugelstrahlen der Schweißnähte bei diesen Rohrnoten eine mit hohen Kosten verbundene zusätzliche Sicherheit gegen Anriß bedeutet.

Mit den Untersuchungsergebnissen stehen erweiterte Bemessungsgrundlagen für Rohrnoten bereit. Zusätzlich wurden Rechenmodelle zur Anwendung auf unterschiedliche Belastungskonstellationen entwickelt.

Auch für größere Meerestiefen bleibt die Offshore-Bauweise mit Stahl unter Verwendung des Hybrid-Rohrnoten-Konzeptes und von höherfesten Stählen eine langlebige, technisch-wirtschaftliche Alternative zu Beton. Die Vorteile dieses Konzeptes gelten auch für den Stahl- und Maschinenbau, z.B. in der Fördertechnik, im Stahlhoch- und Brückenbau sowie in der Fahrzeugtechnik.

Das Forschungsprojekt wurde von einer Arbeitsgemeinschaft verschiedener Unternehmen und Forschungsinstitute mit finanzieller Förderung durch die Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, Brüssel, sowie der Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen, durchgeführt.

Der Forschungsbericht umfaßt 202 Seiten und enthält 154 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 70,- inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-42-8