

**30. November 1998**  
**Ausgabe 2/98**

Dieser Informationsdienst richtet sich an technische Fachleute in der Stahlbauindustrie, bei Behörden, bei Bauherren und in der Forschung. Informieren will der Deutsche Ausschuß für Stahlbau DAST die interessierte Fachöffentlichkeit in unregelmäßigen Abständen über die neueren Forschungsergebnisse.

In der aktuellen Ausgabe werden neben den im Auftrage des DAST durchgeführten Arbeiten auch Projekte des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt, Berlin, der Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf, der Deutschen Gesellschaft für chemischen Apparatebau, chemische Technik und Biotechnologie e.V., Frankfurt, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn, der Arbeitsgemeinschaft Bauforschung, Bonn, des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e.V., Düsseldorf, und der Rationalisierungs-Gemeinschaft „Bauwesen“ RG-Bau im RKW, Düsseldorf, vorgestellt.

Diese Ausgabe behandelt die folgenden Themen:

- Entwurf der DAST-Richtlinie 009
- Tragfähigkeit von Trapezblechen
- Dächer mit Rippen- oder Rippenrostgespärre
- Rotationskapazität von 3-Punkt-Biegeträgern
- Bemessungsregeln von Anschlüssen im Stahl- und Verbundbau
- Korrosionsangriff auf Bauteile unter besonderer Berücksichtigung von nichtrostenden Stählen
- Sandwichbauteile aus Stahldeckblechen mit einem Kern aus geschäumtem Aluminium
- Vorgefertigte Stahlblechpaneele
- Eigenspannungsverteilung in thermisch vorgespannten Gläsern
- Wohnungsbau mit Skelettkonstruktionen
- Tragsicherheit abgespannter Maste
- Darstellung der Gleichwertigkeit von Brandschutznachweisen
- Optische Messungen an thermisch vorgespannten Gläsern
- Resttragfähigkeit von linienförmig gelagerten Überkopf-Verglasungen
- Tragfähigkeit zentrisch belasteter Stützen
- Kombinationsfaktoren im Eurocode 1-Teil 2.4
- Begründung der Regeln im Annex A des Eurocodes 3
- Präzisierung der quasiständigen Lastanteile der Lasten des EC 1
- Möglichkeit für einheitliche Sicherheitsfaktoren
- Feststellung vereinfachter Regeln für die Lastanordnung
- Durchlaufträgern mit schlanken, ausgesteiften Stegen
- Korrosionsschutz durch Beschichtungen und Überzüge auf Metallen
- Europäischer Stahlbauer zum Feuerverzinken
- Feuerverzinkung hochfester HV-Schrauben
- Randkorrosion bei Duplex-Systemen
- Zinkaschebildung und Zinkauflage beim Feuerverzinken
- Wohnbausysteme mit Stahl
- Trägerverbund im Industriebau

## **DAST-Richtlinie 009 „Empfehlung zur Wahl der Stahlsorte für geschweißte Stahlbauten (Ausgabe 1998)**

- 1) Die Stahlsortenwahl zielt auf eine sprödebruchsichere Konstruktion auch bei niedrigen Temperaturen hin. Die bisherige DAST-Richtlinie 009 diente diesem Zweck. Sie beruhte im wesentlichen auf empirischen Überlegungen und gab abhängig von den verschiedenen Einflußfaktoren für verschiedene Stahlsorten von S235 und S355 zulässige Blechdicken an.
- 2) Im Zuge der europäischen Vereinheitlichung der technischen Regelwerke wurde für Stahlbrücken eine neue Methode zur Stahlsortenwahl entwickelt, die auf einem nachvollziehbaren bruchmechanischen Berechnungsmodell beruht und im Anhang C zu DIN ENV 1993 Teil 2 enthalten ist. Diese neue Methode erlaubt es, an die Erfahrungen der Stahlsortenwahl der Vergangenheit anzuschließen und auch für neue Stähle S235 bis S690 nach den Technischen Lieferbedingungen DIN EN 10025, DIN EN 10113, DIN EN 10137, DIN EN 10155, DIN EN 10210 und DIN EN 10219 die Stahlsortenwahl durchzuführen.
- 3) Die neue DAST-Richtlinie 009 greift diese neue Methode auf und liefert abhängig von der Einsatztemperatur, Beanspruchungshöhe, Stahlsorte und Gütegruppe in übersichtlichen Tabellen die größten einsetzbaren Blechdicken, die bis zu 190 mm betragen können und günstigere Schweißkonstruktionen gestatten als bisher.
- 4) Die Veröffentlichung der DAST-Richtlinie 009 enthält eine Erläuterung, in der die Methoden und Hintergrundinformationen angegeben werden, die zur Berechnung der größten einsetzbaren Blechdicke geführt haben.

### **AiF-Forschungsvorhaben AiF-Nr.: 10823 N Trägerverbund im Industriebau unter nicht ruhender Belastung bei Verwendung von Profilblechen**

In diesem Forschungsvorhaben wurden 23 Push-Out- und 3 Trägerversuche zur Betriebsfestigkeit von Kopfbolzendübeln im Industriebau unter Verwendung von Profilblechen durchgeführt. Mit den Ergebnissen aus den Vorgängerprojekten liegen damit Ergebnisse von 44 Push-Out- und 18 Trägerversuchen vor.

Mit Hilfe dieser Versuche wurden Wöhlerlinien für schwalbenschwanzförmige Profilbleche in Abhängigkeit der Dübeloberlast und des Dübeldurchmessers ermittelt. Für andere Profilblechgeometrien und zur Anwendung der Durchschweißtechnik wurden exemplarische Versuche durchgeführt.

Für die  $\Delta\tau$  -  $\Delta\tau$  - Interaktion konnte die Anwendung der in EC4, Teil 2, vorgeschlagenen Interaktionsbeziehung für Verbundträger, aber jetzt auch mit Profilblechen bestätigt werden.

Damit kann - bei Anwendung der Fraktilwerte der Dübelwöhlerlinien - auch im Industriebau das in EC4, Teil 2, für den Brückenbau vorgeschlagene Nachweisformat angewandt werden, ohne daß dabei jedoch die besonders bei Anwendung des elastisch-plastischen Bemessungskonzepts unwirtschaftliche Beschränkung der Dübeloberlast im Gebrauchszustand berücksichtigt werden muß.

Bei der Nachrechnung der Trägerversuche in Negativlage (Betongurt in der Zugzone) stellte sich heraus, daß die Anwendung elementarer statischer Methoden wie der Dübelformel ("Cousinen"-Formel) zur Bestimmung der Dübelkräfte auf dem Gebrauchslastniveau kritisch beurteilt werden muß. Da auf dem Nennspannungskonzept basierende Betriebsfestigkeitsnachweise in Abhängigkeit der Wöhlerlinienneigung sehr empfindlich auf Änderungen der Dübelbeanspruchung reagieren, ist eine genaue Kenntnis der Dübelkräfte von herausragender Bedeutung für die Qualität des geführten Nachweises.

Nichtlineare Berechnungen zeigen, daß es bereits nach der Erstentlastung aufgrund des frühzeitigen nichtlinearen Verhaltens der Kopfbolzendübel zu deutlichen Kräfteumlagerungen im Verbundträger kommt. Je nachgiebiger dabei das Verbundmittel ist, desto größer ist dieser Effekt.

Durch die drei bisher in Kaiserslautern durchgeführten Forschungsprojekte wurde ein sehr praxisnahes Bemessungskonzept für Kopfbolzendübel in Verbundträgern bei Verwendung von schwalbenschwanzförmigen Profilblechen entwickelt, das leicht in das bestehende EC-Konzept zu integrieren

ist, und durch Versuche ausreichend verifiziert werden konnte. Dieses Konzept kann in Zukunft problemlos ausgebaut werden, z.B. durch Erweiterung des Wöhlerlinienkatalogs für Kopfbolzendübel, ohne daß dazu ein komplizierteres Nachweisformat nötig wäre.

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde damit ohne Einschränkungen erreicht.

Das Forschungsprojekt AiF-Vorhaben-Nr. 10823 N wurde von der Technischen Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF), Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Stahlbau DASt durchgeführt. Den Förderern sei für die Unterstützung und Hilfe bei den Arbeiten bestens gedankt. Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht. Der Forschungsbericht ist über die Stahlbauverlagsgesellschaft mbH, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf, Tel.: 0211/67078-01, Fax: 0211/67078-21, Internet: <http://www.deutscherstahlbau.de>, E-Mail: [contact@deutscherstahlbau.de](mailto:contact@deutscherstahlbau.de), zu beziehen.

## **Forschungsvorhaben AiF-Nr. 10824 N Ausnutzung der Tragfähigkeit von Trapezblechen bei konzentrierter Normalkrafteinleitung**

Das Vorhaben befaßt sich mit theoretischen und experimentellen Untersuchungen an schubsteifen Stahltrapezblechfeldern, die in ihrer Ebene durch konzentrierte Einzellasten in Spannrichtung der Profile beansprucht werden.

Der bisherige Wissensstand erfaßt das Tragverhalten von Trapezblechfeldern für diesen Lastfall nur unzureichend. So wird meistens bei der Einleitung von Einzellasten auf die Anordnung eines

Lasteinleitungsträgers verwiesen. Diese Anordnung der Lasteinleitungsträger kann jedoch entfallen, wenn die Druckkräfte in Richtung der Trapezblechprofilierung wirken und sie bereits allein von den Trapezblechen aufgenommen werden können.

Greift eine Belastung in Form einer konzentrierten Einzellast in der Ebene des Trapezbleches in Richtung der Trapezblechprofilierung an, so werden im allgemeinen Lasteinleitungsträger zur

Aufnahme und Weiterleitung der Belastung verwendet. Die Anordnung der Lasteinleitungsträger kann entfallen, wenn die Druckkräfte in Richtung der Trapezblechprofilierung wirken und sichergestellt ist, daß sie von den Trapezblechen aufgenommen bzw. weitergeleitet werden können. In der Praxis würden dann bei Hallen nur noch die ohnehin zur Montage erforderlichen Trauf- und Firstpfetten benötigt. Durch die damit verbundene Einsparung von Anschlüssen und Profilen verringern sich die Herstellungskosten. Gleichzeitig ergibt sich durch den Wegfall der Lasteinleitungsträger sowie der Verbände eine architektonisch verbesserte Untersicht des Hallendaches.

Mit dem aufgestellten Berechnungsmodell können für ein schubsteifes Trapezblechfeld, das durch eine Einzellast in Richtung der Profilierung belastet wird, nachfolgend aufgeführte Einzelheiten bestimmt werden:

- Bereich der bei der Lasteinleitung mitwirkenden Schrauben bzw. der davon betroffenen Trapezblechprofile,
- Verteilung der eingeleiteten Last auf die im Einleitungsbereich befindlichen Schrauben sowie Angabe der Größe der Schraubenkräfte,
- Verschiebung des Schubfeldes in Lastrichtung und die damit verbundene Durchbiegung des Querrandträgers in der Ebene des Schubfeldes,
- Momentenbeanspruchung des Querrandträgers im Bereich der Lasteinleitung.

Das hier entwickelte Berechnungsmodell sowie die zu seiner Absicherung durchgeführten Versuche berücksichtigen hingegen den Einfluß der wesentlichen Parameter auf das Tragverhalten eines in seiner Ebene durch Einzellasten in Spannrichtung der Trapezblechprofile beanspruchten Schubfeldes.

Dabei werden folgende Parameter berücksichtigt:

- Lagerung des Schubfeldes: einfach oder mehrfach gestützt,
- Ausbildung des vorderen Querrandträgers an der Lasteinleitungsstelle: durchgehende oder gelenkige Verbindung (dieser Fall tritt oft bei Stahlbetonfertigteilen auf),
- verschiedene Steifigkeiten des vorderen Querrandträgers.

Um die Nachgiebigkeit und die Tragfähigkeit der Verbindungen zu bestimmen, wurden Versuche an Trapezblech-ausschnitten durchgeführt. Anschließend erfolgten 21 Versuche an Schubfeldern (6405 mm x 1600 mm).

Als Vergleichsrechnung für die Versuche wird die Finite-Element-Methode herangezogen, wobei sich eine gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen ergibt.

Das entwickelte Berechnungsmodell erfaßt die Ausbildung des Trapezbleches als Schubfeld. Als Hilfsgröße sowie zur Förderung der Vorstellung wird für die vorhandene Schubsteifigkeit des Trapezbleches in der Berechnung ein vorgespanntes Seil verwendet. Die Zugkraft des Seiles entspricht dabei der Schubsteifigkeit des Schubfeldes.

Der Vergleich zwischen den berechneten und experimentell bestimmten Durchbiegungen des Schubfeldes, den Schraubenkräften und der Momentenbeanspruchung des vorderen Querrandträgers zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen. Mit den angegebenen Formeln können die Anschlußkräfte zwischen Querrandträger und Trapezblech, d.h. die Kräfte in den Verbindungsmitteln, sowie die Momente im Querrandträger bestimmt werden.

Das Forschungsprojekt AiF-Vorhaben-Nr. 10824 N wurde von der Technischen Universität Braunschweig, Institut für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF), Köln,

aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Stahlbau DASt durchgeführt. Den Förderern sei für die Unterstützung und Hilfe bei den Arbeiten bestens gedankt. Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht. Der For-

schungsbericht ist über die Stahlbauverlagsgesellschaft mbH, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf, Tel.: 0211/67078-01, Fax: 0211/67078-21, Internet: <http://www.deutscherstahlbau.de>, E-Mail: [contact@deutscherstahlbau.de](mailto:contact@deutscherstahlbau.de), zu beziehen.

## **Forschungsvorhaben AiF-Nr. 10340 N Tragverhalten von Dächern mit Rippen- oder Rippenrostgespärre**

An zwei Großtanks wurden im Forschungsvorhaben (AiF 10340 N) Versuche mit Unterdruck durchgeführt. Damit sollte das bisher in Deutschland übliche Bemessungsverfahren für Festdächer von Flachbodentanks bestätigt oder modifiziert werden. Dazu wurde in einer Umfrage der Geometriebereich der Dächer in Deutschland ausgeführter Flachbodentanks festgestellt.

Die beiden untersuchten Tanks waren zum Abriß bestimmt und konnten in den Versuchen bis zum Versagen belastet werden. Da in beiden Fällen das Beulen des Tankmantels die maßgebende Versagensart darstellte, ergab sich zusätzlich zu den Untersuchungen an den Tankdächern die Möglichkeit, zwei Beulversuche an zylindrischen Flachbodentanks realer Größe und Auflagerbedingungen durchzuführen.

Zur Untersuchung des Tragverhaltens der Tankdächer wurden die Dehnungen über die Sparrenlänge in 6 Meßquerschnitten an jeweils 3 Sparren der Tanks gemessen. Für das unverbundene Rippengespärre von Tank 1 wurden die Schnittgrößenverläufe über die Sparrenlänge aus den Dehnungsmessungen zurückgerechnet und sind im Schlußbericht zu dem Forschungsvorhaben angegeben. Tank 2 hatte ein verbundenes Gespärre, und es sind die Spannungsverläufe über die Sparrenlänge angegeben.

Die Geometrie der untersuchten Tanks (Tank 1 hatte einen Durchmesser des Tankmantels von 10 m und eine Man-

telhöhe von 13 m; Tank 2 hatte einen Durchmesser des Tankmantels von 70 m und eine Mantelhöhe von 17 m) decken einen weiten Bereich der tatsächlich ausgeführten Flachbodentanks mit festen Dächern ab. Für beide Dächer konnte in rechnerischen Untersuchungen das in früheren Versuchen bereits festgestellte gutmütige überkritische Tragverhalten nachvollzogen werden. Durch das kleine  $R/t$ -Verhältnis der kugelförmigen Dachhaut von Tank 1 mußte dazu jedoch die Dachhautdicke in den FE-Berechnungen deutlich verringert werden. Bei Tank 2 war das  $R/t$ -Verhältnis der kugelförmigen Dachhaut so groß, daß die schwache Krümmung und die bei der überlappt verschweißten Dachhaut unweigerlich vorliegenden Imperfektionen das Tragverhalten von der Schale zur Platte mit großen Durchbiegungen und damit vom Verzweigungsproblem zum Spannungsproblem Th. II.-Ordnung ändert.

Das Bemessungsverfahren von Herber für Tankdächer wurde in 2 Versuchen an Großtanks, die untere und obere Ausführungsgrenze von Festdächern erfassen, überprüft. Diese Versuche und vergleichende Berechnungen haben in den von Herber genannten Anwendungsgrenzen, wobei vor allem das Verhältnis Dachradius  $R$  zu Mantelradius  $r$  mit  $R/r = 3$  zu nennen ist, als sicher bestätigt.

Da in beiden Versuchen die Tanks infolge Mantelbeulen versagten, konnten die Beulsicherheitsnachweise für Tankmäntel nach nationalen und

internationalen Vor-schriften mit diesen Ergebnissen verglichen werden. Dabei konnte mit einer Modifikation in der Berücksichtigung der axialen Belastung gezeigt werden, daß der Anwendungsbereich von DIN 18800-4 von derzeit  $r/t \leq 2500$  auf  $r/t \leq 3500$  erweitert werden kann und die Anwendung ENV 1993-4.2 auch in diesem schlanken Bereich sicher ist.

Das Forschungsprojekt AiF-Nr. 10340 wurde von der Technischen Universität Karlsruhe, mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industri-

eller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF), Köln, aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Stahlbau DASt durchgeführt. Wir danken diesen Institutionen für die finanzielle Unterstützung bei der Durchführung dieses Forschungsvorhabens. Der Forschungsbericht ist über die Stahlbauverlagsgesellschaft mbH, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf, Tel.: 0211/67078-01, Fax: 0211-67078-21, Internet: <http://www.deutscherstahlbau.de>, E-Mail: [contact@deutscherstahlbau.de](mailto:contact@deutscherstahlbau.de), zu beziehen.

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

### **Rotationskapazität von 3-Punkt-Biegeträgern unter Normalkraft aus hochfestem Stahl (Projekt 235)**

Moderne wissenschaftliche Betrachtungen lassen die Bemessung von Stahl- und Stahlverbundbauten nach Grenzzuständen zu. Ein Verfahren im Grenzzustand der Tragsicherheit ist das Fließgelenkverfahren. Dieses sogenannte plastische Bemessungsverfahren mit Momentenumlagerungen war nach den bisherigen Normen auf sehr gedrungene Querschnitte und auf nicht höherfeste Stähle beschränkt, mit denen die für die Momentenumlagerungen notwendigen Rotationskapazitäten in den Fließgelenken durch zulässige Profilschlankheiten gewährleistet werden.

Das Forschungsprojekt wurde initiiert, um die für den hochfesten Stahl 5460 durch Versuche und Simulationen feststellbaren Rotationskapazitäten mit den derzeitigen gültigen Regeln über  $b/t$ -Verhältnisse zu vergleichen. Dabei wurden Biegeträger mit Normalkraft untersucht, die aufgrund ihrer kombinierten Belastung und Quer- und Axialkräften typisch für Rahmen und rahmenartige Strukturen sind.

Insofern ist dieses Forschungsprojekt auch eine notwendige Fortsetzung des

Projektes P 169 "Untersuchungen der Auswirkung unterschiedlicher Streckgrenzverhältnisse auf das Rotationsverhalten von I-Trägern", das sich auf das Rotationsverhalten von hochfesten Stählen bei Trägern mit nur Biegemoment konzentriert. Der Eurocode 3 schränkte bisher den generellen Einsatz von hochfesten Stählen beim Fließgelenkverfahren durch eine Forderung über einzuhaltende Streckgrenzverhältnisse ein und behinderte deswegen hier die Anwendung des 5460.

Im neuen Anhang D des Eurocode 3 (ENV 1993-1-1, Anhang D 1994) ist die Anwendung der Stähle 5460 beim Fließgelenkverfahren, auch aufgrund der Ergebnisse dieses Forschungsprojektes, nun generell möglich geworden. Trotz der begrenzten Zahl der Versuche konnte innerhalb dieses Projektes festgestellt werden, daß Profile, die nach den derzeitigen gültigen Schlankheitsbegrenzungen vom Fließgelenkverfahren ausgeschlossen sind, ausreichende plastische Rotationskapazität aufweisen. Diese Feststellung wurde durch Computersimulationen bestätigt, die wie die Experimente die Abhängigkeiten der

Tragfähigkeit und das plastische Verformungsverhalten von der Stählgüte, den Schlankheiten und den einwirkenden Normalkräften zeigen.

Darüber hinaus wird ein Vorschlag zur einfachen Abschätzung der Rotationskapazität vorgestellt, der auf der mechanischen Beschreibung der plastischen Beulprozesse im Fließgelenk aufbaut.

Das Forschungsprojekt wurde am Lehr-

stuhl für Stahlbau der RWTH Aachen in Kooperation mit dem Institut für Stahlbau GmbH, Leipzig, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfaßt 92 Seiten und enthält 60 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 35,-- inkl. MwSt zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-61-4.

## **Weiterentwicklung der Bemessungsregeln von Anschlüssen im Stahl- und Verbundbau zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit (Projekt 237)**

Ziel des Forschungsvorhabens war es, durch Ausschöpfung der technischen Möglichkeiten und entsprechende Anpassung der Bemessungsregeln die Vorteile der Stahl- und Verbundbauweise gegenüber dem Massivbau zu verbessern. Zu diesem Zweck wurden experimentelle und numerische Untersuchungen an neuen, modernen Anschlußformen mit nachgiebigen, teiltragfähigen Stahl- und Verbundanschlüssen durchgeführt. Anhand von Fallbeispielen wurden die wirtschaftlichen Vorteile der Anwendung dieser Regeln gegenüber der bisherigen Bemessungspraxis untersucht.

Die Erkenntnisse über das Tragverhalten von Anschlüssen im Stahl- und Verbundbau wurden erheblich erweitert. Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen wurden in einer Datenbank dokumentiert und stehen damit allen Interessenten zur Verfügung.

Für den Bereich der Stahlanschlüsse wurden die bestehenden Bemessungsregeln so aufgearbeitet und angepaßt, daß nun eine ökonomischere Bemessung unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften möglich ist. In der Ausschußarbeit zum Eurocode 3 (Stahlbauten), Teil 1.1 (Bemessungsregeln), wurde der revidierte Anhang J (Träger-Stützen-Verbindungen) als Normenvor-

schlag zur Verbesserung und Erweiterung der Bemessungsregeln akzeptiert. Durch die nun zur Verfügung stehenden allgemeinen Bemessungsmodelle wird dem Ingenieur ein großer Planungsfreiraum gegeben, da die Anschlußkenngrößen für fast beliebige Konfigurationen berechnet werden können. Damit ist auch für Stahlanschlüsse eine Auslegung nach modernen, wirtschaftlichen Gesichtspunkten und nicht mehr allein nach den Vorgaben der Tragwerksstatik möglich. Es konnte gezeigt werden, daß im Stahlbau mit Hilfe innovativer Anschlußformen bis zu 20% der Kosten, bezogen auf die reine Stahlkonstruktion, eingespart werden können.

Weiterhin wurden für neue Verbundanschlüsse einfache Bemessungs- und Konstruktionsregeln aufgestellt und in die Entwicklung der Europäischen Normen eingebracht. Auf Basis der Forschungsergebnisse wurde für einen entsprechenden Normenentwurf als Anhang J zum Eurocode 4 (Verbundtragwerke) ein konkreter Beitrag geleistet. Zum Thema Verbundbau fließen die Forschungsergebnisse auch ein in eine Veröffentlichung der Europäischen Kommission im Rahmen der COST C 1-Aktion.

Das Forschungsprojekt wurde im Fachbereich Bauingenieurwesen, Fachgebiet Stahlbau der Universität Kaiserslautern und am Lehrstuhl für Stahlbau an der RWTH Aachen durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen, im Auftrag der Forschungsvereinigung der Arbeitsge-

meinschaft der Eisen- und Metallverarbeitenden Industrie e.V. (AVIF), Ratingen.

Der Forschungsbericht umfaßt 210 Seiten und enthält 158 Abbildungen/Tabellen. Schutzgeb.: DM 50,- inkl. MwSt zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-73-8.

## **Untersuchung des Korrosionsangriffs auf Bauteile in eingehausten Kompostanlagen unter besonderer Berücksichtigung von nichtrostenden Stählen und des Austrages von Legierungsbestandteilen (Projekt 294)**

In der Umwelt- und Entsorgungstechnik ist der Werkstoff Stahl hohen mechanischen und korrosiven Bedingungen ausgesetzt. Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens war die Erarbeitung quantitativer Aussagen zur Korrosionsbeständigkeit von ausgewählten Stählen und damit von Hinweisen zur Werkstoffeignung nach Anwendungsbe- reichen in eingehausten Kompostanlagen. Im Hinblick auf den Umweltschutz war die Bedeutung der Legierungsbestandteile für die Zusammensetzung des Komposts besonders zu untersuchen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde anhand von Literaturrecherchen, Umfragen bei Betreibern und Begehung von Kompostanlagen ein Korrosionskataster erarbeitet. Ausgewählte Stahlwerkstoffe wurden durch Auslagerungsversuche unter Praxisbedingungen in verschiedenen Anlagentypen auf ihre Korrosionsbeständigkeit untersucht. Mit Hilfe einer Lebensdauer-Kosten-Analyse - PC-Programm: "Edelstahl Rostfrei im Lebensdauer-Kostenvergleich" der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, - wurden modellhaft verschiedene Werkstoffalternativen geprüft.

In allen eingehausten Kompostanlagen sind bisher Korrosionsschäden aufgetreten, die bei Anwendung des vorhandenen Fachwissens vermeidbar gewe-

sen wären. Auf der Basis der Informationsnorm DIN 50929 werden Bewertungsmaßstäbe für die Korrosivität unter den verschiedenen Bedingungen in Kompostanlagen aufgezeigt. Anhand der Erfahrungen in der Praxis, der theoretischen Betrachtungen und des beobachteten Werkstoffverhaltens werden für verschiedene Anforderungsprofile Werkstoffempfehlungen gegeben. Modellrechnungen auf der Grundlage der ermittelten Korrosionsgeschwindigkeiten zeigen, daß der Austrag von Schwermetallen aus nichtrostenden Stählen um Größenordnungen kleiner ist als die durchschnittliche Hintergrundbelastung der Komposte in Deutschland.

Vor dem Hintergrund, daß bisher zur Korrosion in Kompostanlagen nur vereinzelt und wenig systematisch publiziert wurde, schließt das Forschungsvorhaben eine Informationslücke. Die Ergebnisse können den Konstrukteuren und Anlagenbetreibern als Entscheidungsgrundlage für die Auswahl von Werkstoffen bei der Planung von Neuanlagen bzw. der Sanierung bestehender Anlagen dienen.

Das Forschungsprojekt wurde vom Revierlabor, Chemische Laboratorien für Industrie und Umwelt GmbH, Essen, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.



Der Forschungsbericht umfaßt 92 Seiten und enthält 47 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 35,-- inkl.

MwSt zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-83-5.

## **Charakterisierung von Sandwichbauteilen aus Stahldeckblechen mit einem Kern aus schmelzmetallurgisch hergestelltem, geschäumtem Aluminium (Projekt 368)**

Im vorgeschalteten Projekt P 281.1 "Industrielle Nutzung von Stahlblechverbundwerkstoffen mit geschäumtem Aluminium Projekt 1 Sandwichkonstruktionen aus Stahlblech mit geschäumtem Aluminium" der Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V. wurde ein neuartiger Sandwichverbund aus Stahldeckblechen und einem Aluminiumschaumkern mit einer metallischen Bindung zwischen den Komponenten entwickelt.

Dieser Sandwichverbund vereint ein geringes Flächengewicht mit den guten Festigkeits- und Oberflächeneigenschaften von Stahl sowie funktional nutzbaren Eigenschaften der Schaumkernlage (Energieabsorption, verringerte Wärmeleitfähigkeit etc.). Das nun abgeschlossene Forschungsvorhaben P 368 sollte überprüfen, ob auch ein ähnlicher Verbund zwischen Stahldeckblechen und Aluminiumschaumkern durch Kleben der beiden Metalle möglich ist.

In Experimenten mit verschiedenen Klebersystemen wurde aufgezeigt, daß sich über die Klebung mit einem viskosen Epoxidharzkleber eine haltbare, schub-steife Verbindung zwischen der Aluminiumschaumkernlage und Stahldeckblechen zur Herstellung eines Sandwichverbundes erzielen läßt. Durch eine Aufrauung der Oberflächen und eine Warmaushärtung des Klebers können reproduzierbar Sandwiches hergestellt werden, bei denen das schwächste Glied die Schaumkernlage ist. Das Kleben der Sandwichpartner ermöglicht auch Sandwiches mit

Stahldeckblechen von mehr als 2 mm (hier 3 und 5 mm) und entsprechenden Schaumkernlagen (30 und 50 mm), die über das in P 281.1 entwickelte Verfahren nicht darstellbar sind.

Bei der Prüfung geklebter Sandwiches im Schub-, Zug- und Biegeversuch zeigt sich, daß sich entsprechend der gewählten Schaumkernlegierung ähnlich gute Eigenschaften wie bei Material mit metallischer Bindung erzielen lassen. Auch die für geklebte Sandwiches ermittelten Schälfestigkeiten sind trotz der eher hartspröden Epoxidharzklebers akzeptabel. Unbeschichtete Stahlbleche weisen etwas geringere Schälfestigkeiten auf als walzaluminierte Deckbleche, aber auch diese sollten jedoch für einen Einsatz voll ausreichend sein. Zu beachten ist, daß wegen der geringen thermischen Beständigkeit des Harzklebers keine Hochtemperaturanwendungen möglich sind und ein Fügen durch Schweißen bisher experimentell nicht realisiert werden konnte. Auch dreidimensionale Formteile sind bislang nicht darstellbar.

Das Forschungsprojekt wurde am Institut für Eisenhüttenkunde (IEHK) der RWTH Aachen durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf.

Der Forschungsbericht umfaßt 52 Seiten u. enthält 27 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 35,-- inkl. MwSt zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-82-7.

## Vorgefertigte Stahlblechpaneele für den Schiffbau und für weitere Einsatzbereiche (Projekt 373)

Stahlblechpaneele sind einseitig versteifte, oft mit Ausschnitten und Markierungen versehene Flächentragwerke, die aus Grobblechen - im Dickenbereich oberhalb von 6 mm bis hin zu 45 mm - und Profilen konventionell zusammengeschweißt werden. Paneele sind heute noch ein typisches Zwischenprodukt der schiffbaulichen Fertigung. Es ist auffallend, daß die meisten deutschen Werften ihre eigene Paneelfertigung betreiben. Auch in anderen Bereichen finden Stahlblechpaneele, z.B. beim Stahlbrückenbau in Form der sogenannten "orthotropen Platte", Verwendung. Mit Blick auf die marktgängigen anwendungsgerechten Halbzeuge, die der Automobilindustrie als "tailored blanks" von der Stahlindustrie zur Verfügung gestellt werden und mit Bezug auf die in Entwicklung befindlichen "tailored beams" ist untersucht worden, ob Stahlblechpaneele als innovatives Halbzeug aus an einem Ort konzentrierter Produktion im Schiffbau und anderen Branchen eine Marktchance haben.

Die erheblichen Unterschiede in der Art der Erzeugung führen zu unterschiedlichen Erzeugnissen, was zur Folge hat, daß die Herstellung der Stahlblechpaneele, an den Erfolgsfaktoren Kosten, Zeit und Qualität gemessen, zu bemerkenswert unterschiedlichen Ergebnissen führt.

Das theoretische Marktpotential für Stahlpaneele im deutschen Schiffbau liegt zwischen 70.000 und 120.000 t pro Jahr. Im Stahlbrückenbau werden in Deutschland durchschnittlich 5.000 t Stahl für orthotrope Platten pro Jahr verarbeitet.

Mit Blick auf wünschenswerte Produktverbesserungen und Verfahrensinnovationen ist der derzeitige Wissensstand

zusammengestellt worden, wobei insbesondere Grenzen und Möglichkeiten der Lasertechnik umfassend ausgewertet worden sind.

Die komplexen Zusammenhänge, die sich im Markt durch unterschiedliche Produkte, verschiedene Herstellungsprozesse, voneinander abweichende Hersteller- und Abnehmerinteressen und durch Standortfragen ergeben, sind einer grundlegenden vergleichenden Bewertung zugänglich gemacht worden, um den Blick für innovative Produktionslinien in einer konzentrierten Stahlblech-Paneelfertigung zu schärfen. Grundsätzlich kann dieser Arbeitsansatz erfolgreich sein, allerdings erscheint das Risiko für eine einzige zentrale und mit einem Stahlerzeuger gekoppelte Paneelfertigung zu hoch zu sein.

Jedoch haben kleinere dezentrale Fertigungsvarianten, in denen mit einem wirtschaftlichen Optimum alle verfügbaren werkstofflichen und verfahrenstechnischen Innovationen gebündelt zusammengeführt werden, eine große Chance, mehrere Kunden aus einer Fertigungsstätte zu bedienen. Damit hat die hier vorliegende Untersuchung das Arbeitsfeld aufbereitet, das zukünftig zu einer wirtschaftlich und technologisch verbesserten Zusammenarbeit zwischen den Stahlherstellern und dem Schiffbau führen kann.

Das Forschungsprojekt wurde im Arbeitsbereich Fertigungstechnik I der Technischen Universität Hamburg-Hamburg durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Düsseldorf.

Der Forschungsbericht umfaßt 120 Seiten u. enthält 77 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: DM 50.-- inkl. MwSt zzgl. Versandkosten, ISBN 3-930621-75-4.

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

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

Die Größe und Verteilung der thermischen Vorspannung muß für die verschiedenen Bereiche (Plattenfläche, Kante, Ecke und Loch) gesondert untersucht werden. Nur für die Plattenmittelfläche sind die Spannungen richtungsunabhängig, während sie für alle anderen Bereiche ihre Richtung und Größe ändern. Die bekannte Spannungsparabel über die Glasdicke ist nicht mehr ohne weiteres gültig. Dies hat unmittelbaren Einfluß auf die Wirkung der schützenden Druckvorspannung an den Oberflächen, die im wesentlichen eine Sicherheit gegen Versagen infolge äußerer Lasten sicherstellen muß.

Das am Lehrstuhl für Stahlbau der RWTH Aachen entwickelte Programm Thervo Pro ermöglicht erstmals die qualitative Ermittlung der thermischen Vorspannung für alle Stellen der

Glasscheibe. Es können durch FEM-Simulation alle Ofenparameter beim Vorspannprozeß auf ihren Einfluß hin beobachtet werden.

Entscheidend für den Nachweis der thermischen Vorspannung sowohl beim Hersteller als auch auf der Baustelle sowie für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen sind die optischen Meßverfahren. Sie ermöglichen eine zerstörungsfreie Messung der Spannungen. Auftretende Inhomogenitäten, Größe und Richtung der thermisch eingepprägten Spannungen sind meßbar, Einscheibensicherheitsgläser (ESG) sind im Detail analysierbar. Am Beispiel des Kantenspannungsgeräts nach der Methode von Sénarmont wird die Handhabung und Wirkungsweise beschrieben.

### **Kosteneinsparung durch Selbsthilfe im Wohnungsbau mit Skelettkonstruktionen**

Ziel der Untersuchung ist es, festzustellen, inwieweit Skelettbausysteme beim Einfamilienhausbau geeignet sind, die Baukosten zu senken, indem sie den Bauherrn die Möglichkeit der Selbsthilfe bieten. Die Skelettkonstruktionen können, da sie aus vorgefertigten Teilen bestehen, innerhalb weniger Tage aufgebaut werden und bilden die Tragkonstruktion für die Wände, die Geschoßdecken und das Dach. Wird die Dachkonstruktion vollendet, und das Dach gedeckt, hat der Bauherr für den weiteren Ausbau in Selbsthilfe zwei Vorteile. Zum einen kann er die weiteren Arbeiten im Trockenen ohne Witte-

rungseinflüsse durchführen, zum anderen hat er mit der Tragkonstruktion eine "Richtschnur" die ihm den weiteren Ausbau erheblich erleichtert. Mit dieser "Richtschnur" wird es dem Bauherrn möglich, den Bau der Innen- und Außenwände sowie der Geschoßdecken auf der Grundlage der Skelettkonstruktion in Eigenleistung fertigzustellen, ohne daß er in weiten Bereichen die Hilfe eines Fachmannes benötigt.

Im Rahmen der Untersuchung wurden realisierte in- und ausländische Bei-

spiele von Einfamilienhäusern in Holz- oder Stahlskelettbauweise analysiert.

Die zahlreichen realisierten Wohngebäude in Holzbauweise lassen sich unterscheiden in

- Gebäude, die individuell geplant und von örtlichen Zimmer- und Holzbaubetrieben ausgeführt wurden
- Gebäude mit individueller Planung, jedoch Ausführung nach einem vom Hersteller festgelegten Konstruktionssystem
- Gebäude mit festgelegten Grundrissen, die vom Hersteller vertrieben und montiert werden und sich nur in Ausstattungsdetails unterscheiden.

Bei den Wohnhäusern in Holzbauweise wurden häufig Selbsthilfemaßnahmen durchgeführt, teilweise mit einer Ersparnis von bis zu 20% der Bauwerkskosten. Das Konstruktionsprinzip mit sichtbaren Balken in "klassischer" Skelettbauweise ist dabei für den Selbsthilfebauer wegen der zahlreichen Anschlüsse der Ausfachungen an die Balken schwieriger zu handhaben als solche Konstruktionen, bei denen die Verschalung der Wände über die Stützen- und Riegelkonstruktion durchgezogen wird.

Bei den realisierten Stahlskelettbauten - bei weitem nicht so zahlreich wie im Holzbau - sind zwei grundsätzliche Tragwerkskonzeptionen festzustellen. Zum einen werden Stützen mit großen Achsabständen und entsprechend großen statischen Querschnitten ausgeführt, wobei die Ausfachung mit Hilfsstützen oder -riegeln vorgenommen wird. Zum anderen gibt es Systeme mit sehr kleinen Stützabständen und entsprechend dünnwandigen Profilen, die eine Beplankung der Wände ohne weitere Unterkonstruktion zulassen.

Die Stahlskelettkonstruktionen werden, neben wenigen individuell realisierten Lösungen, von in- und ausländischen Systemherstellern angeboten und vertrieben. Dabei wird dem Selbsthilfege-

danken bisher wenig Rechnung getragen, da die meisten Häuser schlüsselfertig angeboten werden.

Die grundsätzlichen Untersuchungen der bauphysikalischen Problemstellungen von Skelettbauten unter dem Aspekt von Eigenleistungen haben gezeigt, daß vor allem im Bereich des Wärme- und Feuchteschutzes Schwierigkeiten bei Selbsthilfemaßnahmen auftreten können. Dabei sind weniger die konstruktionsbedingten Wärmebrücken im Bereich der Stützen und Riegel von Bedeutung, die durch entsprechende Wärmedämmschichten auf der Außenseite kompensiert werden können. Probleme liegen im Einbau der Dampfsperren bzw. im Herstellen von winddichten Anschlüssen. Hier muß in der Organisation der Selbsthilfe sichergestellt werden, daß die Bauherrn ein Bewußtsein für die Bedeutung dieser Detailpunkte bekommen, und die Ausführung von Fachleuten überwacht wird, um zu verhindern, daß Undichtigkeiten entstehen, wie sie bei Luftdichtheitsmessungen an 87 über Deutschland verteilten Holzhäusern festgestellt wurden, bei denen nur 30% die Anforderungen an Luftdichtheit nach DIN 4108 Teil 7 erfüllt haben.

Die fehlende Wärmespeicherfähigkeit von Skelettbauten wirkt sich in der Abwägung von fehlenden Speichermassen für die passive Solarenergienutzung einerseits und schnellerer Aufheizbarkeit bei Temperaturabsenkung während der Nacht andererseits nicht negativ aus. Der Einbau von schweren Konstruktionsteilen in die Skelettkonstruktion - z.B. Stahlbetondecken im Stahlskelett - erscheint deshalb unter diesem Gesichtspunkt nicht erforderlich, zumal die Eigenleistungsmöglichkeiten bei derartigen Konstruktionen erheblich reduziert werden.

Der Schallschutz im Skelettbau kann allenfalls bei den Geschoßdecken zu Problemen führen. Aber auch hier gibt es Konstruktionen, die selbsthilfegerecht sind und Werte adäquat zu denen im Massivbau aufweisen. Wird Wert auf einen erhöhten Schallschutz gelegt, ist

auch hier eine Unterweisung und Überwachung der Selbsthilfebauer in der Detailausbildung erforderlich.

Die Anforderungen des vorbeugenden Brandschutzes bei Einfamilienhäusern bis zu 2 Wohnungen und 2 Vollgeschossen machen bei Skelettkonstruktionen grundsätzlich keine Probleme, da mit einer entsprechenden Beplankung die geforderte Feuerwiderstandsdauer von F 30 B erreicht werden kann. Eine Ausnahme bildet die Gebäudetrennwand bei aneinandergereihten Gebäuden. Hier wird eine Konstruktion mit F 30 von der Innenseite und F 90 zum Nachbarhaus verlangt. Diese Feuerwiderstandswerte werden im Mauerwerksbau z.B. mit einer 17,5 cm starken Kalksandsteinwand erfüllt. Auch für den Skelettbau gibt es eine Konstruktion mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung für diese Vorgaben. Die Konstruktion besteht aus 2 x 18 mm Gipskartonfeuerschutzplatten zum Nachbarhaus, der Skelettkonstruktion aus Holz- oder Metallständern mit einer Mineralwolleausfachung sowie einer 12,5 mm starken Gipskartonfeuerschutzplatte innen. Für das erste Gebäude in einer Reihe stellt die Errichtung einer derartigen Konstruktion kein Problem dar. Die Beplankung der Wand zum Nachbarn kann von Außen vorgenommen werden. Schwierig wird es, wenn die Wand des zweiten, danebenliegenden Hauses aufgebaut wird. Hier ist eine Beplankung von Außen nach Errichtung der Skelettkonstruktion nicht mehr möglich, weshalb die Stützen und Riegel vor dem Aufrichten mit den Gipskartonfeuerschutzplatten beplankt und dann aufgestellt werden müssen. Diese Arbeitsgänge mit ihren komplizierten Fugenausbildungen sind in Selbsthilfe kaum fachgerecht auszuführen.

Die Installationsführung in Skelettbaukonstruktionen sollte von vorne herein so konzipiert sein, daß vertikale Heizungs- und Sanitärleitungen in Vorwandkonstruktionen geführt werden. Horizontale Leitungen lassen sich in Balkendecken unproblematisch verlegen. Für die Elektroinstallation sollte in

den Wandbereichen mit innenseitiger Dampfsperre eine "Installationsebene" geschaffen werden, in dem auf die erste innere Beplankung eine Lattung und darauf eine zweite Beplankung aufgebracht wird. Dies bedeutet bei Eigenleistung einen geringen Mehraufwand, führt aber durch die Abdeckung der Dampfsperre mit der ersten Beplankung zu einer größtmöglichen Sicherheit vor Beschädigungen der Abdichtung.

Um eine möglichst genaue Ermittlung der Einsparung durch Selbsthilfe mit Skelettkonstruktionen vornehmen zu können, wurde eine Modelluntersuchung durchgeführt, bei der 3 verschiedene Skelettbau-systeme mit einem Massivbau verglichen wurden. Für alle Bausysteme wurden die gleichen Wohngebäudetypen, was die äußeren Abmessungen, die Geschoszahzahl, die Dachform und -neigung, die Fensterflächen, die Ausstattung und die Wohnflächen angeht, angenommen. Die Modellrechnung basiert auf einer exakten Ausführungsplanung und Massenermittlung für alle Bauweisen. Die Kosten wurden auf der Grundlage von Einzelleistungen errechnet, die von durchgeführten und abgerechneten Bauvorhaben übernommen wurden.

Die 3 in der Modelluntersuchung betrachteten Skelettbaukonstruktionen sind:

- Holzskelett mit Pfosten-Riegel-System in einem Achsabstand der Pfosten von 2,50 m sowie Holzbalkendecken und Holzdachstuhl
- Stahlskelettsystem 1: Stützen und Riegel aus quadratischen Stahlhohlprofilen 100 x 100 mm mit einem Achsabstand der Stützen von 1,25 m sowie Stahlbeton-, Fertigteildecken und Holzdachstuhl
- Stahlskelettsystem 2: Skelettkonstruktion aus C- und U-Stahlblechprofilen mit einer Wandstärke von 1,6 mm. C-Profile als Stützen im Achsabstand von 62,5 cm in untere und obere U-Profile eingeschoben.

Decken und Dach ebenfalls mit C-Profilen.

Als Gebäudetypen wurden für die Modelluntersuchung ein Reihenend- und ein Reihenmittelhaus mit 2 Geschossen, jeweils mit und ohne Unterkellerung und jeweils mit und ohne Dachgeschoßausbau, angenommen. Die Wohnfläche beträgt ca. 130 qm ohne und 170 qm mit Dachgeschoßausbau. Die Gebäudetypen wurden für alle 3 Konstruktionsarten untersucht. Für den Keller wurde - unverändert für alle Konstruktionsarten - von Massivbauweise mit Stahlbetondecken ausgegangen, wobei Eigenleistungen hier nicht angesetzt wurden.

Die Bauwerkskosten (Kostengruppe 300 und 400 nach DIN 276) der 3 Konstruktionsarten unterscheiden sich nur geringfügig. Anders sieht es bei den Einsparmöglichkeiten durch Selbsthilfe aus. Hier wurde unterschieden in skelettspezifische Selbsthilfemaßnahmen und allgemeine Selbsthilfemaßnahmen. Unter skelettspezifischen Selbsthilfemaßnahmen werden solche verstanden, die in der Ausfachung der Skelettkonstruktionen bestehen, und die beim konventionellen Massivbau nicht anfallen:

- Beplankung der Außenwände und tragenden Innenwände innen und außen inklusive Einbau der Dämmung
- Beplankung der Gebäudetrennwände innen inklusive Einbau der Dämmung
- Montage der Deckenschalung inklusive Einbau der Dämmung und der abgehängten Decke (nicht bei Stahlskelettsystem 1).

Als allgemeine Selbsthilfemaßnahmen, die auch beim Massivbau durchgeführt werden können, wurden angenommen:

- Einbau eines Trockenstrichs auf der Kellerdecke
- Verlegen des Teppichbodens
- Montage der Holzstufen auf Stahlkonstruktion der Treppe

- Einbau der Zwischensparrendämmung
- Verschalung der Dachkonstruktion innen
- Deckung des Daches
- Tapezieren der Wände und Decke inkl. Anstrich.

Die in der Modelluntersuchung ermittelten Einsparmöglichkeiten durch die skelettspezifischen Selbsthilfemaßnahmen liegen bei einem Reihenendhaus mit Unterkellerung und Dachgeschoßausbau (Kosten des Bauwerks ca. 335.000 DM) bei ca. 51.000 DM oder 15%, bei einem Reihenendhaus ohne Unterkellerung mit Dachgeschoßausbau (Kosten des Bauwerks ca. 284.000 DM) bei ca. 18%. Werden die allgemeinen Selbsthilfemaßnahmen hinzugenommen, ergibt sich bei dem Haus mit Unterkellerung eine Einsparquote von 21% und ohne Unterkellerung von 25%. Beim Stahlskelett 1 liegen die Werte wegen der Geschoßdecken aus Stahlbetonfertigteilen, bei denen skelettspezifische Selbsthilfemaßnahmen nicht durchführbar sind, deutlich niedriger: beim Reihenendhaus mit Unterkellerung und mit Dachgeschoßausbau bei 10,5% und ohne Unterkellerung bei 12,3% für die skelettspezifischen Maßnahmen und bei 17% bzw. 20% inkl. der allgemeinen Selbsthilfemaßnahmen. Ähnlich hoch wie bei der Holzbauweise sind die Selbsthilfeeinsparquoten beim Stahlskelettsystem 2.

Die Einsparungen infolge Selbsthilfe müssen im Zusammenhang mit den dafür aufzuwendenden Arbeitsstunden gesehen werden. Der durchschnittliche Arbeitnehmer kann unter Einbeziehung des Jahresurlaubs - maximal 1300 Stunden im Jahr für Selbsthilfeleistungen am Bau aufwenden. Dementsprechend wurden für die jeweiligen Selbsthilfeleistungen die dafür benötigte Zeit eines durchschnittlich handwerklich begabten Selbsthilfebauers nach Erfahrungen aus der Praxis ermittelt und den Einsparungen gegenübergestellt. Werden alle untersuchten skelettspezifischen Eigenleistungen durch-

geführt, sind beim Holzbausystem ca. 1000 Stunden, beim Stahlbausystem 1 wegen des Wegfalls von Eigenleistungen bei den Decken 880 Stunden und beim Stahlskelettsystem 2 ca. 1150 Stunden erforderlich. Der Zeitaufwand für die allgemeinen Selbsthilfemaßnahmen, die bei allen Systemen gleich angenommen wurden, beträgt zusätzlich 73 Arbeitsstunden. Bei einem Vergleich der aufzuwendenden Stunden zu den erzielten Einsparungen wird deutlich, daß die skelettspezifischen Eigenleistungen wirtschaftlich effektiver sind. Die größte Effektivität wird bei dem Holzbausystem erreicht.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von den Herren Brillinger, M.H.; Kerschendorfer, T.; Orth, K.T., ME-Consult GmbH, Würzburg, im Auftrag und durch Förde-

rung des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau -BMBau-, Bonn, und mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik DIBt, Berlin, durchgeführt.

Der Forschungsbericht wurde im September 1997 abgeschlossen, umfaßt 170 Seiten und ist als Kopie zum Preis von DM 88, 50 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten über den Fraunhofer IRBt/Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, Tel: (0711)970-2500, Fax: (0711)970-2508, e-mail: irb@irb.fhg.de, Bestellnummer: F 2330, zu beziehen. Der Bericht ist auch als Engl. Kurzbericht im IRB vorhanden.

## **Untersuchung der Tragsicherheit abgespannter Maste unter der Einwirkung von Starkwind und Seilbruch**

### **1 Problemstellung**

Die üblichen Berechnungen abgespannter Maste werden unter stark idealisierenden Annahmen durchgeführt. Die rechnerische Traglast wird hierbei durch das Erreichen der Fließgrenze in einer Querschnittsfaser definiert. Damit werden Querschnitts- und Systemreserven nicht genutzt. Eine Berechnung nach der üblichen Fließgelenktheorie ist in der Norm DIN 4131 "Stählerne Antennentragwerke" ausdrücklich nicht zugelassen. Dieses Verbot ist im wesentlichen durch zwei Gründe bedingt:

- Abgespannte Systeme unter der Wirkung des natürlichen Windes sind hochgradig dynamisch beanspruchte Strukturen. Kinematische Fließgelenk Ketten, wie sie nach der Fließgelenktheorie dem Traglastzustand zugrundegelegt werden, können sich deshalb nicht in der üblichen Form ausbilden.

- Bei der üblichen Fließgelenktheorie muß ein einfaches, bilineares linear elastisch - ideal plastisches Werkstoffgesetz vorausgesetzt werden, dies bedingt eine stetige Belastungssteigerung bis zur Traglast. Bei nicht stetiger Laststeigerung, wie z.B. bei dynamischen Beanspruchungen durchlebt der einzelne Spannungspunkt eine stark veränderliche Beanspruchungsgeschichte. Dem Einfluß der Beanspruchungsgeschichte auf die Form des Werkstoffgesetzes überlagert sich der Einfluß der Beanspruchungsgeschwindigkeit.

Die Frage nach der tatsächlichen Tragsicherheit abgespannter Maste kann mit diesen Methoden nicht beurteilt werden. Die Kenntnis der Tragsicherheit ist jedoch wesentliche Voraussetzung für die Festlegung von Sicherheitsbeiwerten in Normen. Über die tatsächliche Tragsicherheit abgespannter Maste in Abhängigkeit von den Systemparametern

gibt es zur Zeit keine verallgemeinerbaren Aussagen.

Abgespannte Maste sind darüberhinaus in erheblichem Maße von der Sicherheit ihrer Abspannungen abhängig. Im Regelfall führt bereits der Bruch eines einzelnen Seils zum Einsturz des gesamten Systems, wie zahlreiche Schadensfälle der Vergangenheit gezeigt haben. Die Recommendations for guyed masts fordern deshalb ausreichende Standsicherheit auch bei Ausfall eines Seiles. Eine Untersuchung des Versagens mit Hilfe rein statischer Methoden ist hierbei i.a. nicht ausreichend, da die auftretenden dynamischen Effekte nicht hinreichend genau modelliert werden können. Für praktische Untersuchungen ist die Entwicklung von Näherungsansätzen wichtig, bei denen die dynamische Beanspruchung mit einfachen Mitteln auf sicherer Seite ermittelt werden können.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeiten wird mit Hilfe von ausgedehnten Parameterrechnungen das Verhalten abgespannter Maste unter den Lastfällen

- Starkwindsituation und
- Seilbruch

in Abhängigkeit von den Systemparametern systematisch studiert.

## 2 Grundlagen

Als Rechenverfahren wird ein linearisiertes Verfahren, das im Frequenzbereich arbeitet und ein Zeitschrittverfahren für nichtlineare Untersuchungen verwendet. Beim Zeitschrittverfahren können die Änderungen der Werkstoffparameter und ggf. große Geometrieänderungen erfaßt werden. Zur Beschreibung der unter hoher dynamischer Beanspruchung auftretenden zyklischen, bzw. wiederholten plastischen Verformungen werden moderne Werkstoffgesetze zur Beschreibung des komplexen Verhaltens von Baustahl zugrundegelegt.

Zunächst werden die Grundlagen der verwendeten Rechenverfahren dargestellt. Mit dem verwendeten Zeitschrittverfahren können beliebige Nichtlineari-

täten erfaßt werden, das Frequenzbereichsverfahren ist für Parameterstudien von linearisierbaren Problemstellungen wegen des relativ geringen numerischen Aufwandes sehr geeignet.

Da bei Zeitbereichsberechnungen Windschriebe in physikalisch richtig korrelierter Form vorliegen müssen, werden im Abs. 3 die Grundlagen des verwendeten Generieralgorithmus dargestellt. Mit Hilfe der Werkstoffgesetze, die auch zyklisches Verhalten gut beschreiben können, wird anschließend das Tragverhalten von Masten unter Starkwind untersucht und der Versagensmechanismus studiert.

Hieran schließen sich Untersuchungen des Falls Seilbruch an. Zunächst werden Auswertungen von Versuchen an Masten, bei denen einzelne Seile gekappt wurden, dargestellt und damit die Rechenverfahren validiert. Im Anschluß werden Parameterstudien durchgeführt, mit dem Ziel ein einfaches, auf der sicheren Seite liegendes Berechnungsverfahren für den Fall Seilbruch zu entwickeln.

Für die nichtlineare Berechnung wurde ein FEM-Programm verwendet, das auch große Verformungen erfaßt. Der Mastchaft wird durch räumliche Stabelemente simuliert, welche die Schubkraftverformungen mit erfassen können. Um die räumlich korrelierte Windlast später an mehreren Punkten der Seile ansetzen zu können, werden die Abspannseile durch eine größere Zahl biegeschlaffer, vorgespannter Fachwerkelemente modelliert, die an den Knotenpunkten verbunden sind. Die Lage der Knotenpunkte im Vorspannzustand wird zu Beginn der Berechnung als Eigengewichtslinie der Kettenlinie bestimmt. Die Berechnung erfolgt nach Theorie 3. Ordnung.

Die aerodynamische Dämpfung, die durch das sich in der Windströmung bewegende Bauwerk hervorgerufen wird, wird so berücksichtigt, daß die relative Windgeschwindigkeit, ermittelt aus der Windgeschwindigkeit und der Bau-



werksgeschwindigkeit, als resultierende Wind-einwirkung angesetzt wird.

Die Seilelemente werden als massenbehaftete Elemente, die nur Normalkräfte übernehmen können, eingeführt. Die Durchgangskurven im Ausgangszustand werden in einer Vorlaufrechnung bestimmt. Hiermit lassen sich auch große Verschiebungen unter Einbeziehung des dynamischen Verhaltens behandeln.

Zur genaueren Ermittlung des tatsächlichen Tragverhaltens ist es notwendig, entlang des Mastschaftes ausgedehnte Fließzonen zu berücksichtigen. Dies wird im Rahmen eines numerischen Modells mit Hilfe von sog. Faserquerschnittselementen realisiert. Hiermit lassen sich beliebige Querschnittsformen leicht abbilden. Für jede Faser des betrachteten Querschnitts wird dabei die unter Berücksichtigung des beanspruchungsabhängigen Werkstoffverhaltens ermittelte Spannungs-Dehnungsbeziehung zugrundegelegt.

Wegen der stark nichtlinearen Effekte muß die Untersuchung mit Hilfe eines Zeitschrittverfahrens durchgeführt werden. Hierbei können in jedem Zeitschritt die Systemwerte in Abhängigkeit von den vorliegenden Beanspruchungen berücksichtigt werden. Wegen der zu erwartenden großen Verformungen im Traglast- und Nachtraglastzustand wird die Berechnung nach einer Theorie großer Verformungen, aber kleiner Verzerrungen durchgeführt. Die Formulierung entspricht einer updated Lagrange Beschreibung. Wegen der gesicherten Stabilität des Verfahrens wurde das Newmark-Verfahren zugrundegelegt, das zu den impliziten Iterationsverfahren gehört. Bei nichtlinearen Systemen ist es notwendig, in jedem Zeitschritt eine Nachiteration des Gleichgewichtes, z.B. mit Hilfe des Newton-Raphson-Verfahrens vorzunehmen, um Abweichungen von der tatsächlichen Lösung zu vermeiden. Das sog. modifizierte Newton-Raphson-Verfahren, das stets mit der Anfangs-

tangente arbeitet, führt bei versteifenden Systemen, wie sie bei Seilkonstruktionen oft vorliegen, häufig zu Konvergenzproblemen.

Um eine realistische Beschreibung des Tragverhaltens einer hochgradig dynamisch beanspruchten Struktur im elastisch-plastischen Zustand zu ermöglichen, muß das Werkstoffverhalten auch bei unterschiedlichsten Beanspruchungsgeschichten bekannt sein. Die Materialgesetze müssen die wesentlichen, im Versuch beobachteten Phänomene wiedergeben, wie z.B. die dehnungsabhängige Ver- und Entfestigung oder die Stabilisierung von Hystereseschleifen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das von Dafalias und Popov vorgeschlagene "two-surface-model" zugrundegelegt und weiter verbessert. Mit Hilfe dieses Werkstoffmodells können auch komplexe Belastungsschichten relativ einfach behandelt werden.

Für das Rechenprogramm wurden 4 Werkstoffmodule entwickelt, die sich hinsichtlich des Aufwandes und der Genauigkeit bei der Beschreibung des zyklischen Werkstoffverhaltens unterscheiden:

- a) Idealplastisches Werkstoffmodell
- b) Kinematisches Verfestigungsmodell
- c) Werkstoffmodell auf der Grundlage des "two-surface-model" von Dafalias in eindimensionaler Form, bei der zusätzlich die in Versuchen festgestellte Reduzierung des Proportionalbereichs bei zyklischer Beanspruchung durch eine stufenweise Reduzierung des E-Moduls berücksichtigt wird.
- d) Werkstoffmodell als erweitertes Two-Surface-Model mit Berücksichtigung der beim St 52 beobachteten Unterschiede der Spannungsdehnungskurven im Anfangs- und Sättigungszustand. Hierzu müssen zusätzliche Parameter eingeführt werden, die die Erinnerungsfähigkeit des Materials mit Hilfe von sog. Stress-Memory-Surfaces erfassen. Die Reduzierung des Proportionalbereiches wird direkt

über die veränderliche Fließspannung bei konstant gehaltenem E-Modul berücksichtigt. Der sog. Overshooting-Effekt, der beim two-surface-model auftritt, wird durch Einführen eines zusätzlichen Erinnerungsparameters, der ebenfalls in Form einer Fließfläche im Spannungsraum beschrieben wird, beseitigt.

Für Berechnungen mit Hilfe des Zeitschrittverfahrens muß die Systembelastung determiniert vorliegen. Im Fall der Belastung durch den Wind müssen stochastische Zeitreihen der Windgeschwindigkeit generiert werden, die den realen Verhältnissen entsprechen, d.h. Mittelwert, Standardabweichung sowie Auto- und Kreuzkorrelationsfunktionen der Zeitreihen müssen den vorgegebenen Werten entsprechen.

Bei hohen Bauwerken spielt die richtige Beschreibung der Phasenlagen der Windprozesse und deren Korrelation eine wesentliche Rolle. Die zu generierenden Windgeschwindigkeitsverläufe müssen die wesentlichen statistischen Bedingungen des Windes, wie Auto- und Kreuzleistungsspektren, frequenzabhängige Phasenlage und AKF und KKF usw. erfüllen. Bei abgespannten Masten muß, wegen der dreidimensionalen Führung der Abspannseile, die Generierung der Windschriebe auch die räumliche Korrelation erfassen.

Die bisher in der Literatur veröffentlichten Vorgehensweisen gehen von homogener Turbulenz aus, die zugrundegelegten Kreuzspektren sind symmetrisch zum Ordinate, das imaginäre Kreuz-Quadraturspektrum verschwindet. Die Ergebnisse von Naturmessungen /34/ zeigen jedoch, daß die üblicherweise vernachlässigten imaginären Quadratur Spektren im unteren Höhenbereich die gleiche Größenordnung haben wie die reellen Co-Spektren. Hieraus resultiert eine Verschiebung des Maximums der KKF in Richtung der negativen Zeitachse. Das Maximum der KKF nimmt mit

wachsendem Abstand der Bezugspunkte ab. Die Windgeschwindigkeit ist nach ca. 200 bis 250 m Höhenabstand praktisch unkorreliert. Da diese Ergebnisse das Verhalten des Windes relativ stark steuern, sollten Windgenerierungsalgorithmen diese Effekte beschreiben können. In dem Verfahren werden die höhenabhängigen Spektren und frequenzabhängige Phasenlage berücksichtigt. Gegenüber den bisher üblichen Verfahren bietet das vorgestellte Modell folgende Vorteile:

- Kreuz-Co- und Quadspektrum der Windgeschwindigkeit werden berücksichtigt,
- Höhen- und abstandsabhängige Verschiebung der Maxima der Kreuzkorrelationsfunktion wird erfaßt.
- Höhenabhängige zweidimensionale Turbulenz wird näherungsweise erfaßt.

Grundlage der realitätsnahen Generierung von Zeitreihen der Windgeschwindigkeit ist die statistische Beschreibung der Eigenschaften des Windes. Man unterscheidet zwei große Frequenzbereiche des Windes. Der mesometeorologische Bereich erfaßt die Grob- oder Makrostruktur des Windes durch eine Mittelung über entsprechend große Wirkzeiten im Bereich von Stunden bis Tagen. Hier werden also mittlere Windgeschwindigkeiten gemessen. Dem gegenüber steht der mikrometeorologische Bereich der natürlichen Luftturbulenzen oder Windböen. Die Windgeschwindigkeit ist weder über die Zeit noch über die Bauwerkshöhe konstant. Aufgrund des stochastischen Charakters der Windgeschwindigkeit läßt sich der zeitliche und räumliche Verlauf nicht vorhersagen, die Verteilung des fluktuierenden Anteils der Windgeschwindigkeit läßt sich jedoch statistisch mit Hilfe der Gauß-Verteilung beschreiben. Durch die Angabe von Mittelwert und Standardabweichung ist dann die Verteilung der Windgeschwindigkeit vollständig definiert.

Das Kreuzleistungsspektrum ist bei realen Windprozessen zumindest für zwei Punkte in der Nähe der Erdoberfläche komplex. Lediglich bei einer Annahme einer homogenen Turbulenz verschwindet der Imaginärteil, der Realteil ist gleich dem Betrag des Kreuzleistungsspektrums. Bei inhomogener Turbulenz ist der Imaginärteil des Kreuzspektrums ungleich Null, das Verhältnis zwischen Real- und Imaginärteil wird durch den Phasenwinkel beschrieben.

Aus eigene Messungen an einem 344m-Mast in Gartow, werden Phasenwinkel ermittelt und dem Wind-Generier Algorithmus zugrundegelegt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Tragverhalten unter Starkwind

Vor der Untersuchung des Tragverhaltens abgespannter Maste wird zunächst das Verhalten von Fachwerkwänden untersucht, da diese das Tragverhalten des Gesamtsystems steuern. Im Anschluß daran wird das Tragverhalten von ganzen, abgespannten Masten studiert. Es zeigt sich, daß es nach Erreichen der Traglast in der Diagonale zu einem sprunghaften Anstieg der Horizontalverschiebung am Mastkopf bei einem gleichzeitigen Abfall der Normalkräfte in der Diagonale und dem Eckstiel kommt. Dieses Verhalten trifft grundsätzlich auf alle untersuchten Masttypen zu.

Es zeigt sich, daß die Traglast der Gesamtkonstruktion allein durch das Versagen eines Fachwerkstabes bestimmt wird. Weiterhin wird deutlich, daß die Art der Verbindung Diagonale - Eckstiel auf die Traglast des gesamten Bauwerkes einen maßgeblichen Einfluß hat. Bedenkt man, daß bereits geringe Einspanngrade der Diagonalen in den Eckstiel die Traglast der Diagonalen und damit auch des gesamten Tragwerks erheblich heraufsetzen, wird deutlich, daß bei Nichtberücksichtigung einer vorhandenen Einspannung der Diagonalen in die Eckstiele eine erhebliche Systemreserve vorhanden ist.

Beispielhaft für ganze Mastsysteme wurde ein 4fach abgespannter Fachwerkmast untersucht. Sowohl die Eckstiele als auch die Diagonalen werden als Faserquerschnitte generiert. Es zeigt sich, daß bei Fachwerkgerüsten bei üblichen Ausfachungssystemen keine Traglastreserven vorhanden sind, wenn der Mast planmäßig ausgenutzt ist. Es tritt nach Überschreiten der Diagonalentraglast ein Ausweichen der Diagonalen ein, die zu einem raschen Einsturz der gesamten Konstruktion führt. Ein starrer Anschluß an die Eckstiele führt zu einer erhöhten Traglast. Ähnlich dürfte das Tragverhalten von Rohrmantelmasten sein. Wenn der Schaft planmäßig ausgenutzt ist, tritt nach Überschreiten der Beullast des Zylinders ein starker Abfall der aufnehmbaren Lasten auf, so daß sich auch hier ein Einsturz anschließt.

#### 3.2 Tragverhalten bei Seilbruch

Das Verhalten von abgespannten Systemen nach dem Bruch eines Seiles ist ein stark dynamischer Vorgang. Infolge des entstehenden Ungleichgewichtes am Seilstern mit dem gebrochenen Seil, wird der Mastschaft schlagartig verformt und damit zu Schwingungen angeregt. Die Schwingungen finden statt um die statische Ruhelage des Mastes mit dem gebrochenen Seil. Die Ruhelage wird durch die Ungleichgewichtskraft und durch ggf. gleichzeitig einwirkenden Wind bestimmt. Ob ein Mast einen eintretenden Seilbruch "überlebt", hängt stark von der Abspannkonfiguration und der Mastschaftsteifigkeit ab. Die auftretenden Verformungen sind um so geringer, je häufiger der Mast abgespannt ist. Ein einfach abgespannter Mast wird nach Verlust eines Seiles instabil. Je nach Abspannkonfiguration ist der Mastschaft ggf. in der Lage den Seilbruch ohne Gesamteinsturz zu überstehen.

In der Arbeit wurde versucht, die dynamischen Beanspruchungen, die bei einem Seilbruch auftreten, durch eine geeignete statische Ersatzbelastung zu simulieren. Hierzu wird ein Vielfaches

der horizontalen Seilkraftkomponente des nicht gebrochenen Seils zusätzlich als Aktion in umgekehrter Richtung auf den Seilstern gesetzt und die statischen Verformungen des Mastes infolge Ungleichgewichtskräfte und der zusätzlich wirkenden Horizontalkomponente mit einer üblichen statischen Berechnung ermittelt.

Die Berechnungen wurden mit Hilfe einer linearisierten Theorie durchgeführt. Die Abweichungen von der Wirklichkeit bei einem solchen Vorgehen sind gering, wie Vergleiche mit Versuchen zeigen.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe werden umfangreiche Parameterstudien durchgeführt.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß das dynamische Verhalten abgespannter Maste bei Bruch eines Seils in weiten Grenzen schwankt. Mit Hilfe theoretischer Untersuchungen läßt sich das tatsächliche Verhalten relativ gut nachbilden, wenn die wesentlichen Systemparameter richtig erfaßt werden.

Die bei Seilbruch auftretenden dynamischen Schnittkräfte lassen sich mit Hilfe einer statischen Berechnung auf sicherer Seite abschätzen, wenn die Horizontalkraftkomponente des gekappten Seils als zusätzliche Belastung auf den Mast gesetzt wird und zusätzlich die sich ergebenden Seilkräfte bei 2fach abgespannten Systemen oder beim Kappen eines Topseils um den Faktor 1,3 vergrößert werden.

#### **4 Zusammenfassung**

Es wird über Untersuchungen zum dynamischen Tragverhalten abgespannter Maste unter Starkwind und zusätzlich bei Seilbruch unter reduziertem Wind berichtet. Die Untersuchungen zum dynamischen Tragverhalten unter Starkwind wurden im Zeitbereich durchgeführt. Die Vorgehensweise bei der Generierung der hierzu benötigten zeitveränderlichen und korrelierten Windlasten wurde dargestellt. Die Untersuchung des Tragverhaltens wurde

zunächst an Abschnitten des Mastchaftes durchgeführt, hierbei wurden große Verformungen der druck-schlaffen Diagonalen und nichtlinearen Werkstoffesetz zur Erfassung der beanspruchungsgeschichtsabhängigen Plastizierungen berücksichtigt. Es zeigt sich, daß die Traglastreserven bei Vorgabe eines ausdimensionierten Mastchaftes vernachlässigbar sind, beim Auftreten der Bemessungsböe versagt der Mastchaft durch lokales Stabilitätsversagen im Zusammenhang mit Querschnittsplastizierungen.

Der Fall Seilbruch wurde im Rahmen einer Parameterstudie auf der Basis linearisierten Verhaltens untersucht. Es zeigt sich, daß der Ansatz der Horizontalkraft, die das brechende Seil unmittelbar vor dem Ausfall aufweist, als Aktion auf den Mastchaft zu einer für die Mastchaftbiegemomente ausreichend sicheren Bemessung führt. Die Seilkräfte werden bei dieser Vorgehensweise bei einigen Konfigurationen unterschätzt. Eine einfache Regel erlaubt aber auch hier eine ausreichend sichere Bemessung.

Die Regelungen wurden in den Eurocode 3 Part 3 "Masts Towers and Chimneys" übernommen.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von Prof. Udo Peil, TU Braunschweig, Institut für Stahlbau, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik DIBt, Berlin, durchgeführt.

Der Forschungsbericht wurde im Dezember 1997 abgeschlossen, umfaßt 100 Seiten und ist als Kopie zum Preis von DM 57,00 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten über den Fraunhofer IRBt-Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, Tel: (0711)970-2500, Fax: (0711)970-2508, e-mail: irb@irb.fhg.de, Bestellnummer: T 2797, zu beziehen. Der Bericht ist auch als Engl. Kurzbericht im IRBt vorhanden.

## **Aus der Arbeit der Arbeitsgemeinschaft für Bauforschung, Bonn**

### **Aufbereitung von Forschungsergebnissen zur Darstellung der Gleichwertigkeit von Brandschutznachweisen nach den Eurocodes und nach DIN 4102-4. Gleichwertigkeit von Brandschutznachweisen nach Eurocode und DIN 4102-4; Kurztitel.**

Seit 1995 liegen die Brandschutzteile der Eurocodes als Europäische Vornormen (ENV) vor. Die deutschen Übersetzungen wurden jedoch erst im Mai 1997 vom DIN veröffentlicht. Anfang 1997 wurden die Nationalen Anwendungsrichtlinien (NADs) zu den einzelnen Eurocode-Teilen im zuständigen Spiegelausschuß verabschiedet und im Februar der Fachkommission Baunormung der ARGEBAU zur Prüfung und Festlegung der bauordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen für die künftige Anwendung in Deutschland übergeben. Die Fachkommissionen Baunormung und Bauaufsicht der ARGE-BAU setzten daraufhin eine gemeinsame Arbeitsgruppe ein, die zusammen mit Vertretern des Spiegelausschusses die Eurocodes nochmals im Detail durchsehen, die NADs redaktionell überarbeiten und den Fachkommissionen mögliche Veränderungen des bisherigen Sicherheitsniveaus bei Anwendung der Eurocodes aufzeigen soll.

In dem DIBt-Forschungsvorhaben soll als Grundlage für die Beratungen der Arbeitsgruppe schwerpunktmäßig die Vergleichbarkeit der Nachweisverfahren nach den Eurocodes mit den klassischen Brandschutznachweisen über Versuche und daraus abgeleitete Tabellen der DIN 4102 Teil 4 dargestellt werden, zugleich sollen aber auch Anwendungshilfen für die Eurocodes und NADs erarbeitet werden. Im einzelnen sind folgende Arbeiten geplant:  
Einführende Erläuterung zu den drei Nachweisstufen mit Einordnung in die bisher allgemein bzw. im Einzelfall angewendeten Nachweise und generellen

Aussagen zur Sicherheitsphilosophie und Kalibrierung des Sicherheitsniveaus.

Für alle Eurocode-Brandschutzteile: Gegenüberstellung der Regelungen im Eurocode und in der Nationalen Anwendungsrichtlinie mit Erläuterungen oder Kommentaren zum technischen Hintergrund der jeweiligen Regeln in direktem Vergleich mit der deutschen Praxis.

Demonstration der Anwendung der Eurocode-Nachweise an repräsentativen Beispielen; Vergleich der Ergebnisse mit Bemessungen nach DIN 4102-4 (soweit möglich). Das hier beantragte Forschungsvorhaben wird unter Federführung des IBMB, arbeitsteilig von den auf nationaler Ebene für die Spiegelung der "heißen" Eurocode-Teile hauptverantwortlichen Fachleuten bearbeitet werden.

Damit ist sichergestellt, daß das in Deutschland verfügbare Knowhow bezüglich rechnerischer Nachweise auf unterschiedlichen Stufen, einschließlich der zugrundeliegenden experimentellen Erfahrungen, vollständig in die Untersuchungen einfließt.

Voraussichtlicher Abschluß des Vorhabens: November 1998

Dieses Forschungsvorhaben wird von: Hosser, Dietmar, Prof. Dr.-Ing.; Richter, Ekkehard, Dr.-Ing.; Hock, Hans-Michael, Dr.-Ing.; Dorn, Thomas, Dr.-Ing.; Hahn, Christiane, Dipl.-Ing.; Kersken-Bradley, Marita, Dr.-Ing.; Schaumann, Peter, Prof. Dr.-Ing.; Scheer, Claus, Prof. Dipl.-Ing.; Winter,

Stefan, Dipl.-Ing., an der TU Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz -IBMB-, Beethovenstraße 52, D-38106 Braunschweig, mit finanzieller Förde-

rung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik -DIBt-, Berlin, durchgeführt.

## **Optische Messungen an thermisch vorgespannten Gläsern im Hinblick auf die Flächenfestigkeit, die Kantenfestigkeit und die Festigkeit im Bereich der Lochränder bei punktgestützten Glasscheiben. Optische Untersuchung der thermischen Glasvorspannung; Kurztitel.**

Forschungsergebnisse zeigen, daß die Größe und Verteilung der thermischen Vorspannung für die verschiedenen Bereiche einer thermisch vorgespannten Glasscheibe gesondert untersucht werden müssen. Systematisch können die Bereiche Mittelfläche, Kante, Ecke und Loch unterschieden werden. Nur für die Plattenmittelfläche sind die Spannungen richtungsunabhängig, während sie für alle anderen Bereiche ihre Richtung und Größe lokal ändern. Die bekannte Spannungsparabel über die Glasdicke (mit einem Verhältnis der Oberflächen- druckspannung zur mittleren Zugspannung = 2:1) ist nicht auf die Kante, Ecke und das Loch übertragbar.

Insofern kann die Sicherheit gegen Versagen eines Einscheibensicherheitsglases (ESG) oder thermisch verfestigten Glases (TVG) infolge äußerer Beanspruchungen nur gewährleistet werden, wenn Größe und Verlauf der schützenden thermischen Oberflächendruckspannungen für alle Bereiche einer Glasscheibe wissenschaftlich untersucht werden. Es liegen numerische Ergebnisse in Form von FEM-Simula-

tionen vor, deren experimentelle Bestätigung durch optische Messungen verifiziert werden sollen. Insofern soll das bereits abgeschlossene Forschungsvorhaben inhaltlich fortgesetzt werden. Dadurch kann die Sicherheit im konstruktiven Ingenieurbau erhöht werden.

- Systematische Ermittlung der Materialfestigkeit thermisch vorgespannter Gläser;
- Entwicklung einer meßtechnischen Qualitätskontrolle.

Dieses Forschungsvorhaben wird von: Sedlacek, Gerhard, Prof. Dr.-Ing.; Laufs, Wilfried, Dipl.-Ing., an der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau, Miesvan-der-Rohe-Straße I, D-52072 Aachen, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik -DIBt-, Berlin, durchgeführt.

Voraussichtlicher Abschluß des Vorhabens: Dezember 98.

## **Untersuchungen zur Resttragfähigkeit von linienförmig gelagerten Überkopf-Verglasungen**

Weitergehende Untersuchungen im Rahmen von Zustimmungen im Einzelfall und Zulassungsprüfungen lassen vermuten, daß nicht alle Anwendungsbedingungen der Überkopfrichtlinie ausreichende Resttragfähigkeiten gewährleisten. Bei nicht ausreichender

Resttragfähigkeit von Überkopf-Verglasungen ist eine Gefährdung von öffentlicher Sicherheit und Ordnung sowie ggf. von Leben und Gesundheit gegeben.

Verifikation der Regelungen der "Überkopf-Richtlinie" mit eventueller Erweiterung oder Einschränkung der Anwendungsbedingungen.

Voraussichtlicher Abschluß des Vorhabens: Dezember 99.

Dies Forschungsvorhaben wird an der TH München, Lehrstuhl für Stahlbau,

Arcisstraße 21, D-80333 München und der FB München, Fachbereich 02 Stahlbau/Schweißen, Karlstraße 6, D-80333 München, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik -DIBt-, Berlin, durchgeführt.

### **Bestimmung der Tragfähigkeit zentrisch belasteter Stützen nach Annex A, EC 3**

Die Regeln im Eurocode 3 - Annex A für das zentrische Knicken von Druckstäben sind an Versuchen kalibriert und erfüllen die Sicherheitsanforderungen für Bemessungswerte der Festigkeit gemäß Eurocode 1- Teil I.

Die Untersuchungen von Rubin sind für die Kritik der Sicherheit der Eurocode 3-Regeln ungeeignet, da die dort verwendeten Methoden nicht an Versuchen kalibriert und deshalb hierarchisch niedrig einzuordnen sind.

Die Regeln im Eurocode - Annex A wurden derart geändert, daß der Biegedrillknicknachweis für alle kaltgeformten

Profile gefordert werden muß, da er maßgebend sein kann.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von: Sedlacek, Gerhard, Prof. Dr.-Ing.; an der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau, Mies-van-der-Rohe-Straße 1, D-52072 Aachen, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik -DIBt-, Berlin, durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben ist zu beziehen über den Fraunhofer IRBt-Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart.

### **Überprüfung der Kombinationsfaktoren im Eurocode 1- Teil 2.4 "Nutzlasten in Gebäuden" im Hinblick auf ihre Anwendung für Lastkombinationen und Gebrauchstauglichkeitsnachweise**

Die Kombinationsbeiwerte  $\Psi$  tief 0 im derzeitigen Eurocode 1 - Teil 1 sind zu hoch gewählt und könnten reduziert werden. Diese Reduktion hängt aber davon ab, wie in Zukunft das Eigengewicht bei der Lastfallkombination behandelt wird.

Die  $\Psi$  tief 1- und  $\Psi$  tief 2-Werte sind für Tragsicherheitsnachweise bei accidentellen Lastkombinationen wichtig, können dafür aber kaum präziser als bisher definiert werden.

Für Gebrauchstauglichkeitsnachweise liefern die Eurocodes nur Empfehlungen, und darin treten  $\Psi$  tief 1- und

$\Psi$  tief 2-Werte für verschiedene Belastungskategorien auf. Ihre Präzisierung ist aber ohne Präzisierung der Gebrauchstauglichkeitsgrenzen und der Berechnungsmodelle für den Nachweis nicht möglich. Diese Präzisierung ist zur Zeit nicht möglich.

Für dynamische Untersuchungen zur Gebrauchstauglichkeit sind  $\Psi$  tief 1- und  $\Psi$  tief 2-Werte aus den Eurocodes nicht erforderlich, da realistische Szenarien je nach Fall simuliert werden.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von: Sedlacek, Gerhard, Prof. Dr.-Ing.; an der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau, Mies-van-der-Rohe-Straße 1, D-52072 Aachen, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch

das Deutsche Institut für Bautechnik - DIBt-, Berlin, durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben ist zu beziehen über den Fraunhofer IRB Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart.

### **Herstellung eines Hintergrundberichtes zur Begründung der Regeln im Annex A des Eurocodes 3**

Es sind neue Grundregeln für Bauteile der Querschnittsklasse IV entwickelt worden, die die Sicherheitsanforderungen des Eurocode 1 - Teil 1 erfüllen. Diese neuen Grundregeln sollen die Interaktionsregeln im Annex A des Eurocode 3, die sich auf das Zusammenwirken der Längsspannungen mit Schub und der Einleitung quergerichteter Lasten beziehen, ablösen.

Für die neuen Grundregeln sowie für die vorhandenen Grundregeln für Druck und Biegung, die im Annex A von Eurocode 3- Teil 1 übernommen wurden, sind Hintergrundberichte hergestellt

worden, so daß das Forschungsziel erreicht wurde.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von: Sedlacek, Gerhard, Prof. Dr.-Ing.; an der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau, Mies-van-der-Rohe-Straße 1, D-52072 Aachen, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik -DIBt-, Berlin, durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben ist zu beziehen über den Fraunhofer IRB Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart.

### **Grundlagenuntersuchung zur Präzisierung der quasiständigen Lastanteile der Lasten des EC 1**

Die Regelungen für die quasiständigen Lastanteile im Eurocode 1- Teil 1 sind grobe Näherungen, die für accidentielle Tragsicherheitsnachweise und Langzeitnachweise von Betonkonstruktionen entwickelt wurden, aber für empfindlichere Bemessungssituationen, z.B. für Glaskonstruktionen ungeeignet sind. Für Glaskonstruktionen wurden die quasiständigen Einflußgrößen genauer ermittelt; es ergeben sich auch für Schnee und Wind, für die der Eurocode 1- Teil 1 die Werte  $\Psi_{\text{tief } 2} = 0$  vorschlägt, beachtliche Werte, die in

Form von Äquivalenzfaktoren  $\alpha_{\text{S tief v, t}}$  ausgedrückt werden.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von: Sedlacek, Gerhard, Prof. Dr.-Ing.; an der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau, Mies-van-der-Rohe-Straße 1, D-52072 Aachen, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik - DIBt-, Berlin, durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben ist zu beziehen über den Fraunhofer IRB Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart.



## **Grundlagenermittlung zur Klärung der Notwendigkeit und Möglichkeit einheitlicher Sicherheitsfaktoren für die verschiedenen Komponenten der ständigen Einwirkungen**

Die aufgeworfene Frage konnte mit den Prinzipien, die im Eurocode 1 - Teil 1 - Grundlagen der Bemessung angegeben sind, gelöst werden. Einige Lösungen sind bereits in die Eurocodes eingegangen, z.B. in den Eurocode 3 - Teil 5 - Spundwandbemessung.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von: Sedlacek, Gerhard, Prof. Dr.-Ing.; an der RWTH Aachen, Lehrstuhl für

Stahlbau, Mies-van-der-Rohe-Straße 1, D-52072 Aachen, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik - DIBt-, Berlin, durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben ist zu beziehen über den Fraunhofer IRB Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart.

## **Vergleichs- und Grundlagenuntersuchung zu Nutzlasten in Gebäuden zur Feststellung vereinfachter Regeln für die Lastanordnung**

Die Studie betrifft die Vereinfachung der Lastanordnung bei der Bemessung von Deckenkonstruktionen in Gebäuden.

Die Abhängigkeit der Lasthöhe von der Größe der Einflußfläche kann durch mehrere Verfahren erfaßt werden.

Vereinfachte Verfahren nach dieser Studie sind aufgrund eines Mehrheitsbeschlusses in CEN/TC 250/SC 1 in der jetzigen Fassung des ENV 1991-2-1 enthalten.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von: Sedlacek, Gerhard, Prof. Dr.-Ing.; an der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau, Mies-van-der-Rohe-Straße 1, D-52072 Aachen, mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik - DIBt-, Berlin, durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben ist zu beziehen über den Fraunhofer IRB Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart.

## **Tragverhalten von Durchlaufträgern mit schlanken, ausgesteiften Stegen**

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens bestand darin, experimentell zu untersuchen, wie sich Durchlaufträger mit schlanken Stegen unter zunehmender Beanspruchung verhalten. Von besonderem Interesse war das Verhältnis der mittleren zur äußeren Auflagerkraft als Kriterium der Durchlaufwirkung.

Es wurden 10 zweifeldrige geschweißte I-Träger in 2 Serien untersucht. Die Träger unterschieden sich vom Verhältnis Steghöhe zu Stegdicke sowie Gurtbreite zu Gurtstärke. Gegenstand der ersten fünf Versuche (Serie 1) waren die Träger mit 4 Stegfeldern,

während die in der zweiten Serie untersuchten Träger mit acht Stegfeldern doppelt so lang waren. Die Versuche haben gezeigt, daß die Durchlaufwirkung für Träger mit schlanken Stegen mit zunehmender Belastung verlorengeht. Das Verhältnis der mittleren zur äußeren Auflagerkraft im Versuch war für alle kurzen Träger kleiner als das nach der Balkentheorie mit Berücksichtigung der Querkraftverformungen berechnete.

Aus der Versuchsauswertung ergab sich, daß die Ermittlung der

Schnittkräfte nach dem "Fachwerkmodell" erfolgen könnte. Die Abweichung zwischen experimentellen und nach DAST-Ri 015 bestimmten Werten der Grenzquerkraft (bei nach der Balkentheorie ermittelten Schnittkräften) betrug bis zu 30% bei voller Zugfeldwirkung ( $\eta = 1,0$ ). Beim Biegemomententragfähigkeitsnachweis sollte der effektive Querschnitt des Steges berücksichtigt werden. Es deutete sich an, daß die Bemessung von Konstruktionen dieser Art nach der Balkentheorie unsicher ist.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von: Pasternak, Hartmut, Prof. Dr.-Ing. und Branka, Piotr, Dipl.-Ing., an der BTU Cottbus, Lehrstuhl für Stahlbau, Postfach 101344, D-03013 Cottbus; mit finanzieller Förderung durch die Länder der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Deutsche Institut für Bautechnik -DIBt-, Berlin, durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben ist zu beziehen über den Fraunhofer IRB Verlag, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart.

## **Aus der Arbeit des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e.V. GAV, Düsseldorf**

### **Schutzdauer von Zinküberzügen deutlich gestiegen; Korrosionsschutz durch Beschichtungen und Überzüge auf Metallen**

Für die Beurteilung des Korrosionsverhaltens von Zinküberzügen sind primär die Dicke des Überzuges und die korrosive Belastung durch die Atmosphäre von Bedeutung. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß insbesondere durch Maßnahmen zur Reduzierung von  $\text{SO}_2$ -Emissionen in nahezu allen Ländern Europas die Korrosionsbelastung von Zinküberzügen erheblich zurückgegangen ist.

Die Korrosionsraten haben sich teilweise halbiert und für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland liegt die jährliche Korrosionsrate von Zinküberzügen im Durchschnitt bei wenig mehr als  $1 \mu\text{m}$ .

Dieses bedeutet:

Die Schutzdauer von Zinküberzügen hat sich als Folge dieser verringerten

Korrosionsbelastung durch die Atmosphäre erheblich gesteigert. Dadurch ist die Feuerverzinkung noch langlebiger und damit wirtschaftlicher als bislang angenommen.

Standardliteratur zu diesem Thema, die überwiegend in der 60er Jahren veröffentlicht wurde, sollte daher nicht mehr aktuell zitiert werden.

Es ist notwendig, die neuen Erkenntnisse möglichst rasch zu verbreiten (z.B. durch Artikel und auf dem Wege der Normung).

Das Forschungsvorhaben wurde von J. Marberg im Auftrag der GAV durchgeführt. Der Bericht ist als Handbuch im WEKA-Verlag, Augsburg, veröffentlicht worden.

### **Die Einstellungen europäischer Stahlbauer zur Feuerverzinkung Ergebnisse einer Markterhebung**

Im Jahre 1994 führte das Commodities Research Unit (CRU) eine Erhebung unter dem Titel "General Galvanizing in Western Europe" (Stückverzinken in

Europa) durch. Diese Erhebung kam zu dem Schluß, daß der allgemeine Stahlverarbeitungssektor zusätzliche Möglichkeiten bietet, die von den Marketing-

und Absatzaktivitäten der Feuerverzinkungsindustrie bisher kaum erfaßt worden sind.

Im Jahre 1995 begann die European General Galvanizers Association (EGGA) in Zusammenarbeit mit dem European Zinc Institute (EZI) und der International Zinc Association (IZA) ein Projekt mit dem Ziel der Steigerung des europäischen Verzinkungsmarktes um einen Durchsatz von 1 Mt verzinktem Stahl in fünf Jahren. Durch Interviews mit Fachleuten aus der Feuerverzinkungsindustrie verschiedener Länder und mit Fachleuten verschiedener Anwendergruppen wurden neue Erkenntnisse gewonnen. Die Interviews hatten zum Ziel, sowohl den Ist-Zustand zu erfassen, als auch Erkenntnisse über die zukünftigen Entwicklungen in den verschiedenen Anwendungsbereichen, insbesondere im Stahlbau zu gewinnen. Interviews wurden in Frankreich, Deutschland, Italien und Großbritannien durchgeführt.

#### Zentrale Ergebnisse:

Die Studie hat gezeigt, daß die Stahlbauer, welche die Feuerverzinkung anwenden, dieses in erster Linie wegen der Leistungsfähigkeit dieses Korrosionsschutzes tun und dabei zunächst der zu zahlende Preis nicht die entscheidende Rolle spielt. Nach Auffassung der befragten Feuerverzinker hingegen sind diese der Auffassung, daß die Stahlbauer in erster Linie aus preislichen Gründen eine Feuerverzinkung wählen. Diese unterschiedliche Auffassung beider Seiten von den ausschlaggebenden Gründen ist von weitreichender Bedeutung.

Es gibt Anzeichen dafür, daß die Stahlbauer glauben, daß die Feuerverzinker bestimmte Dienstleistungen verbessern könnten. Obwohl die Stahlbauer im all-

gemeinen das Feuerverzinken sehr gut einstufen, sind sie nicht ausreichend über die vielen leistungsbezogenen Aspekte oder Unterstützungsdienstleistungen im Bereich des Feuerverzinkens informiert.

Die Feuerverzinkungsindustrie hat ein hervorragendes Produkt und eine große Anzahl von loyalen Kunden und Stahlbauern, die das Produkt in jeder Hinsicht bestätigen, jedoch ist diese Gruppe nur für einen kleineren Teil der Kaufentscheidungen verantwortlich. Andere Geschäftschancen bestehen mit Sicherheit, jedoch wird es erforderlich sein, verstärkt im Marketing, im Kundendienst und in bestimmten Dienstleistungsaspekten zu investieren, wenn die Wertschöpfung maximiert werden soll. Es wird auch erforderlich sein, daß die Feuerverzinker vom Brennpunkt Preis auf den Brennpunkt Qualität und Wertschöpfung übergehen, denn es besteht immer die Gefahr, daß verstärkte Konzentration auf das Preisniveau die positiven Leistungsmerkmale und die Wertschöpfung für Stahlbauer und Planer zu unterminieren.

Die nachfolgende Tabelle zeigt, wie Feuerverzinker und Stahlbauer wesentliche Charakteristiken des Verfahrens bewerten. Insbesondere dort, wo große Differenzen zwischen der Beurteilung einer Eigenschaft durch den Verzinker bzw. durch den Stahlbauer festzustellen sind, sind Handlungsansätze gegeben. Die Untersuchung sollte von Marketing-Fachleuten der Feuerverzinkungsindustrie aufmerksam zur Kenntnis genommen werden.

Das Forschungsvorhaben wurde von L.J. Ryals und M. Burchner im Auftrag der GAV durchgeführt. Der Bericht ist im Rahmen der INTERGALVA 97, Birmingham, London 1997 erstellt worden.

## **Flüssigmetallinduzierte Rißbildung bei der Feuerverzinkung hochfester HV-Schrauben großer Abmessungen infolge thermisch bedingter Zugeigenspannungen, Materialwissenschaften und Werkstofftechnik**

Im Bereich der Feuerverzinkung von hochfesten Schrauben wurden bereits viele wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, die der Anwendung dieses leistungsfähigen Korrosionsschutzsystems in den vergangenen Jahren national und international den Boden bereitet haben. Mit dem zunehmenden Einsatz von HV-Schrauben großer Abmessungen traten jedoch zusätzliche Fragestellungen auf, die im Zusammenhang mit der Erwärmung der Schrauben beim Verzinkungsvorgang standen.

Einige Schadensfälle, bei denen zunächst ein Einfluß des Feuerverzinkens vermutet wurde, trugen dazu bei, weitere Untersuchungen in diesem Gebiet durchzuführen.

Ausgehend von Schadensfällen an feuerverzinkten HV-Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 durch flüssigmetallinduzierte Rißbildung und nachfolgenden wasserstoffinduzierten Sprödbrüchen wurde eine Untersuchung der hauptsächlichen Einflußgrößen auf die flüssigmetallinduzierte Rißbildung durchgeführt, um künftige Schäden zu vermeiden.

Es konnte kein Einfluß unterschiedlicher Eintauchtemperaturen der Schrauben in das Zinkbad auf die flüssigmetallinduzierte Rißbildung erkannt werden. Die Zinkbadtemperatur selbst ist jedoch eine wesentliche Einflußgröße. Die Hochtemperaturverzinkung führt zu ausgeprägten Zugeigenspannungen im Randbereich von Schrauben großer Abmessungen. Die Anwendung der Normaltemperaturverzinkung führte selbst bei der größten untersuchten Schraubenabmessung M56 nicht zur Ausbildung von Zugeigenspannungen in der Randschicht. Entsprechend ergaben Verzin-

kungsversuche lediglich bei hochtemperaturverzinkten Schrauben der Abmessung M30 und größer eine flüssigmetallinduzierte Rißbildung. Ein Einfluß der Festigkeitsklasse der vergüteten Schrauben konnte nicht festgestellt werden. Möglicherweise wird die erfahrungsgemäß höhere interkristalline Rißanfälligkeit der höheren Festigkeitsklasse durch die bei den niedrigeren Festigkeitsklassen erleichterte Ausbildung von Zugeigenspannungen in der Randschicht kompensiert. Die Verwendung eines warmfesten Werkstoffes zur Herstellung von Schrauben der Abmessung M36 konnte weder die Ausbildung eines Zugeigenspannungszustandes in der Randschicht der Schrauben noch eine flüssigmetallinduzierte Rißbildung bei der Hochtemperaturverzinkung verhindern. Insofern stellt die Wahl eines warmfesten Werkstoffes keine geeignete Maßnahme zur Schadensvermeidung dar. Auf der Basis der beschriebenen Untersuchungsergebnisse und einer Auswertung der Literatur konnten Maßnahmen formuliert werden, mit denen Schäden an feuerverzinkten HV-Schrauben infolge einer flüssigmetallinduzierten Rißbildung zukünftig vermieden werden können.

### **Abhilfemaßnahmen:**

Aus den dargestellten Einflüssen auf die flüssigmetallinduzierte Rißbildung beim Feuerverzinken von HV-Schrauben und nachfolgenden spröden Schraubenbrüchen lassen sich direkt konkrete Abhilfemaßnahmen ableiten, die derzeit schon mit Erfolg eingesetzt werden. Im Hinblick auf die Vermeidung flüssigmetallinduzierter Risse sind hier zu nennen:

- Anwendung der Hochtemperaturverzinkung lediglich für HV-Schrauben der Abmessungen M24 und kleiner. Der Ausschluß der Abmessung M27

stellt einen "Sicherheitsabstand" zur als kritisch erkannten Abmessung M30 dar.

- Vermeidung von scharfen Kerben, wie beispielsweise einem in der vorliegenden Untersuchung festgestellten schlecht verrundeten Gewindeauslauf, da diese zu einer Überhöhung der thermisch verursachten Spannungen führen.

Zur Verringerung der interkristallinen Sprödbuchanfälligkeit der Schrauben sind effektive Maßnahmen vor allem in der richtigen Werkstoffauswahl im Hinblick auf schädigende Begleitelemente und in der Einstellung eines geeigneten Werkstoffzustandes durch die Wärmebehandlung zu sehen. In der Hauptsache sind die folgenden zu nennen:

- Begrenzung des Gehaltes an schädigenden Begleitelementen wie beispielsweise Phosphor (P) und Schwefel (S) auf einen Maximalgehalt von in Summe 0,03%, wobei die Einzelgehalte an Phosphor und Schwefel jeweils 0,02% nicht übersteigen sollen.
- Vermeidung von großen Konzentrationsunterschieden (Seigerungen) und Einschlüssen so weit wie möglich.
- Vermeidung einer Randaufkohlung sowie einer Eindiffusion von Phosphor in die Randbereiche des Bauteils bei der Wärmebehandlung.

Ein äußeres Anzeichen für letzteres ist die Bildung der  $\delta$ -Ferrit-Schicht.

Zur Verringerung der Wasserstoffversprödungsgefahr, was im Hinblick auf die Vermeidung eines Rißfortschrittes infolge wasserstoffinduzierter Spannungsrißkorrosion geboten ist, sind alle Maßnahmen sinnvoll, welche die Möglichkeiten der Eindiffusion von Wasserstoff in das Bauteil verringern. Diese können beispielsweise sein:

- Erzeugung möglichst sauberer Oberflächen bei der Wärmebehandlung, um den nachfolgenden Reinigungsaufwand durch wasserstoffentwickelnde Medien klein zu halten.
- Verwendung geeigneter inibierter Salzsäure als Beize. Der verwendete Inhibitor darf keinesfalls als Promotor für eine Wasserstoffaufnahme wirken.
- Einhaltung möglichst kurzer Beizezeiten und gegebenenfalls eine nachfolgende Wärmebehandlung nach DIN 50 969.
- Keine Anwendung kathodischer Reinigungsverfahren.

Das Forschungsvorhaben wurde von U. Hasselmann und H. Speckhardt, Materialwissenschaften und Werkstofftechnik im Auftrag der GAV durchgeführt. Der Bericht ist im WILEY-VCH Verlag, Weinheim, als GAV-Bericht Nr. 137 veröffentlicht.

## Untersuchungen zum Problem der "Randkorrosion" bei Duplex-Systemen, GAV-Bericht 138

Bei Anwendung des Duplex-Systems (Feuerverzinken + Beschichten) wird normalerweise eine vollständige Beschichtung der bewitterten Oberflächenbereiche einer Stahlkonstruktion durchgeführt, nur in seltenen Fällen erfolgt eine teilweise Beschichtung. Unter besonderen Bedingungen trifft man jedoch hierbei auf spezielle Erscheinungen.

Bei Freibewitterungsversuchen eines Beschichtungsstoff-Herstellers wurden

zur Prüfung des Korrosionsverhaltens feuerverzinkter Stahlbleche auch solche Proben untersucht, die teilweise zusätzlich mit einer organischen Beschichtung versehen waren. Bei Proben, die im oberen Bereich beschichtet und im unteren Bereich unbeschichtet waren, fiel auf, daß im Bereich des horizontalen Überganges zwischen beschichteten und unbeschichteten Teilflächen Braunfärbung durch Eisenkorrosionsprodukte auftritt. Die Braunfärbung

am Beschichtungsrand konnte bereits nach 1,5 Jahren Freibewitterung bemerkt werden. Für sie wurde der Begriff "Randkorrosion" eingeführt.

Eine derartige "Randkorrosion" wurde bisher in der gängigen Fachliteratur nicht beschrieben. Zur Ursachenfindung wurden dem Übergangsbereich Probe-  
stücke für Schliffuntersuchungen entnommen. Nach 4,5 Jahren war der Zinküberzug in einem etwa 5 mm breiten Bereich wegkorrodiert. Die Beschichtung war aber völlig intakt. Zur Untersuchung dieses ungewöhnlichen Korrosionsverhaltens wurden vom GAV gezielt im Hinblick auf geometrische Einflußgrößen Freibewitterungsversuche durchgeführt, über die hier berichtet wird. Die Randkorrosion war bereits nach einem Jahr erkennbar.

Nach fünf Jahren wurden die Versuche abgebrochen. Im Vergleich zu den teilbeschichteten verzinkten Proben zeigten bei gleicher Auslagerung Stahlblechproben mit gleicher, jedoch vollständiger Beschichtung keinerlei Veränderungen.

Dieses sollte ein Argument sein, bei der Ausführung von Duplex-Systemen die Beschichtung konsequent bis auf den Boden / das Fundament auszuführen und nicht etwa (z. B. um den Pinsel oder die Rolle sauber zu halten) knapp oberhalb mit der Beschichtung zu enden.

Das Forschungsvorhaben wurde von Prof. Dr. W. Schwenk im Auftrag der GAV durchgeführt. Der Bericht ist als GAV-Bericht Nr. 138 veröffentlicht.

## **Abhängigkeit der Zinkaschebildung und der Zinkauflage beim Feuerverzinken von den Prozeßparametern der Vorbehandlung,**

Die Bedeutung des Flußmittels für das Verzinkungsergebnis ist seit langem bekannt, ebenso die Wichtigkeit für den Hartzink- und Zinkascheanfall. Viele Ergebnisse zu diesem Bereich beruhen jedoch auf empirischen Zahlen. Die durchgeführten Untersuchungen hierzu sollten eine verlässlichere Zahlenbasis schaffen.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurden für die Flußmittelvarianten sowohl hinsichtlich Ascheanfalls als auch Zinkverbrauch sehr große Differenzen festgestellt. Als optimal im Sinne der Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeit sind weitgehend  $\text{Fe}^{2+}$ -freie Flußmittel auf Basis  $\text{ZnCl}_2\text{NH}_4\text{Cl}$  mit 400 bis 500 g/l Salzkonzentration zu bewerten. Gegenüber z.B. durchaus auch praxisüblichen Flußmitteln mit 300 bis 400 g/l  $\text{ZnCl}_2\text{NH}_4\text{Cl}$  und 60 g/l  $\text{Fe}^{2+}$  oder auch der Verwendung von raucharmen Flußmitteln ergeben sich für Ascheanfall (ohne metallisches Zink) und Zinkverbrauch die nachfolgend aufgeführten Werte:

Es ist unzweifelhaft zu erkennen, daß bei den Bedingungen der Versuche 11, 14, 20 und 21 sowohl der Ascheanfall (2,5 bis 5fach) als auch der Zinkverbrauch (10-14%) gegenüber den optimalen Bedingungen beim Versuch 10 erhöht ist. In den Vergleich nicht einbezogen werden konnte der Zinkmehrverbrauch durch Hartzinkbildung aus dem mit der Zinkschmelze bei allen Versuchen umgesetzten Fe-Anteil des Verzinkungsgutes und des Wannenerkstoffes, wodurch die Relationen vergleichend herangezogenen Werte für den Zinkverbrauch geringfügig verändert werden.

Die Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß durch Wahl optimaler Fluxbedingungen einerseits der Ascheanfall beträchtlich reduziert werden kann und die Wirtschaftlichkeit alleine durch die ausgewiesene Möglichkeit der Senkung des Zinkverbrauchs verbessert werden kann. Zusätzlich - aber nicht quantifizierbar - ist die Verbesserung der Vorbehandlungsprozesse mit einer Er-

höhung der Verzinkungsqualität (z.B. weniger anhaftende Zinkasche und Hartzinkpickel) verbunden.

Zinkaschebildung und Zinkverbrauch werden beim Feuerverzinken nach DIN 50976 von der Art, der Konzentration, dem  $\text{Fe}^{2+}$ -Gehalt und dem pH-Wert des Flußmittels maßgeblich beeinflusst. Im Ergebnis durchgeführter Versuche mit  $\text{ZnCl}_2/\text{NH}_4\text{Cl}$  und  $\text{ZnCl}_2/\text{NH}_4\text{Cl}/\text{Alkali-chlorid}$ -Flußmitteln abgestufter Salzkonzentration,  $\text{Fe}^{2+}$ -Konzentration und pH 1,7 bzw. 4,5 wurde unter anderem festgestellt:

- Zinkascheanfall und Zinkverbrauch sind für alle  $\text{Fe}^{2+}$ -freien Flußmittel in der Konzentration 300 bis 500 g/l unabhängig vom pH-Wert am geringsten.
- In  $\text{Fe}^{2+}$ -freien Flußmittellösungen mit pH 4,5 sinkt der Zinkascheanfall mit steigender Flußmittelkonzentration; optimale Werte hinsichtlich Zinkascheanfall und Zinkverbrauch werden mit Flußmitteln, deren Salzkonzentration bei 400 bis 500 g/l liegen, erreicht.
- Für Flußmittellösungen mit einer Salzkonzentration von 300 g/l und  $\text{Fe}^{2+}$ -Gehalt bis zu 20 g/l werden hinsichtlich Ascheanfall vergleichbar gute Ergebnisse wie in  $\text{Fe}^{2+}$ -freien

Flußmitteln gefunden, der Zinkverbrauch ist jedoch um ca. 5% höher. Ascheanfall und Zinkverbrauch steigen mit zunehmender Salzkonzentration.

- Flußmittel mit hohem  $\text{Fe}^{2+}$ -Gehalt (60 bzw. 100 g/l) erhöhen den Ascheanfall auf das 1,5 bis 2,5fache ggü.  $\text{Fe}^{2+}$ -freien Flußmitteln. Der Zinkverbrauch ist um 10 bis 17% höher.

Die weitaus schlechtesten Ergebnisse wurden mit "raucharmen" Flußmitteln erhalten. Der Ascheanfall erhöht sich auf das 3 bis 5fache ggü.  $\text{UNCl}_2/\text{HN}_4\text{Cl}$ -Flußmitteln, der Zinkverbrauch ist um ca. 12% höher.

Optimal im Sinne der Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeit sind Flußmittel auf Basis  $\text{ZnCl}_2/\text{NH}_4\text{Cl}$  im pH-Bereich  $\sim 4$ . Der  $\text{Fe}^{2+}$ -Gehalt sollte so niedrig wie in der Praxis möglich gehalten werden, grundsätzlich aber  $< 20$  g/l betragen.

Das Forschungsvorhaben wurde von Dr. W. Katzung und Dr. R. Rittig im Auftrag der GAV durchgeführt. Der Bericht ist als GAV-Bericht Nr. 140 und als Sonderdruck der Fachzeitschrift „Metall“ 52 (1988) 5 veröffentlicht.

## Aus der Arbeit der Rationalisierungs-Gemeinschaft „Bauwesen“ • RG-Bau im RKW

### Industrialisiertes Bauen - Wohnbausysteme in Stahl

Stahl hat im Wohnungsbau jahrzehntelange Traditionen. Schon im letzten Jahrhundert, als kostengünstige Herstellungsverfahren Eisen in größeren Mengen verfügbar machten, spielte Stahl als wegweisender Baustoff eine entscheidende Rolle in diesem Bereich. Das Material wurde aber leider allzu oft in seinem innovativen Potential falsch eingeschätzt. Daran hat sich, zumindest was den Wohnungsbau anbetrifft, bis

zum heutigen Tag wenig geändert. Er ist noch immer der am stärksten rückwärts gewandte Sektor des Bauens geblieben und erschwert deshalb einen modernen Stahlbau. Selbst die Fertighausindustrie stellt die traditionellen Massivbauweisen als die bevorzugte Bauweise hin.

Um mit Stahl einen traditionellen Grundriß bzw. Aufriß zu erstellen, wird der Baustoff oft geradezu mißbraucht.

Das Material Stahl widerspricht schon vom Prinzip her dem vom Häuslebauer so geschätzten traditionellen Image eines Hauses, denn Stahl zwingt immer zu einem hohen Vorfertigungsgrad und einer anderen Entwurfsdisziplin als der Massivbau. Im Grunde fordert Stahl den Systembau, und dieser ist vielen Bauherren noch immer fremd. Wenn wir wirklich einen kostengünstigen Wohnungsbau wollen, so müssen alle daran Beteiligten umdenken. Ein Stahl-systemhaus ist ebensowenig nur ein Haus aus Stahl, wie ein Auto nur eine Kutsche ohne Pferde ist.

### **Systembau - eine Modeerscheinung?**

Die Voraussetzungen für ein Umdenken waren aber schlecht, da es keine kontinuierliche Entwicklung im Systembau gab. Es ist ein seltsames Phänomen, daß der Systembau, das industrialisierte Bauen, gleichsam wie eine Modeerscheinung in immer wiederkehrenden Zyklen etwa alle 25 Jahre wieder großes Interesse findet. Man könnte zynisch feststellen, daß diese Tendenz immer dann zu beobachten ist, wenn die Erkenntnisse der vorangegangenen Phase wieder in Vergessenheit geraten. So wird wiederkehrend mit den gleichen Strategien experimentiert, um jeweils erneut zu erkennen, daß sie nicht die Resultate bringen, die sie versprochen. Was heute als hochaktuelle Entwicklung des kostengünstigen Systembaus gehandelt wird, kann man in 25 Jahre alten Publikationen nachlesen, ganz gleich, ob Skelettbauweise, tragende Paneelbauweisen oder Raummodule.

Statt sich von Vorurteilen, Ideologien und Argumenten von Interessengruppen leiten zu lassen und immer wieder die gleichen Konzepte der vorausgegangenen Systembauperiode zu kopieren, wäre der richtigere Weg, von Erfolgen und Mißerfolgen früherer Konzepte zu lernen. Informationen darüber stehen jedenfalls zur Verfügung.

In den USA wurden beispielsweise wichtige Erfahrungen bei der Durchführung des Programmes "Operation

Breakthrough" gesammelt. Eindeutig klar hat „Operation Breakthrough“ gezeigt, daß Firmen, die ihre Systeme einseitig durch die Zwänge eines Materials oder eines Konstruktionsprinzips bestimmen ließen, nur geringe Erfolgchancen hatten.

### **Zügige Baustellenmontage als logistisches Prinzip**

Es zeigte aber auch, daß Systeme dann erfolgreich sind, wenn sie sich bei der Entscheidung für das eine oder andere Material und für die Skelett- oder Paneel- oder Raumzellenbauweise vor allem von logistischen Prinzipien einer zügigen arbeitskraftsparenden Baustellenmontage leiten lassen. Aus den Erfahrungen kann man schließen, daß die Raumzellenbauweise sich vor allem für den lohnintensivsten Bereich, nämlich die Gebäudetechnik (Küche, Bad, Heizung, Hausanschluß), anbietet. Die architektonische Konsequenz ist eine entsprechende Gestaltung der Grundrisse mit der Zusammenfassung der Gebäudetechnik zu einem dienenden Servicemodul und bedienten, d.h. wenig installierten, flexiblen neutralen Räumen. Auch solche Grundrisse sind nicht mehr neu, sondern schon in den 50er und 60er Jahren, z.B. bei Mies von der Rohe und bei einigen Case Study-Häusern, zu finden.

Ein anderer wichtiger Punkt für den Erfolg oder Mißerfolg ist die Frage des Einsatzes von industrialisierten Produktionsweisen. Für herkömmliches industrialisiertes Bauen, z.B. mit Betontafelbauweisen, hatte man als Erfahrungswert die Faustregel, daß die Schwelle einer industriellen Produktion bei etwa 1000 Wohnungen pro Werk pro Jahr liegen. Es erscheint wenig wahrscheinlich, daß Aufträge dieser Größenordnung in den nächsten Jahren an eine Herstellerfirma vergeben werden, auch wird es kaum noch große Demonstrativbauvorhaben und Subventionen im Bauwesen geben.

### **Neue Systemkonzepte aus den USA**

Es bedarf daher anderer Systemkonzepte als die der geschlossenen



Systeme. Ansätze zu Neuentwicklungen finden wir wiederum in den USA. Das erfolgreichste System in den USA, das SCSD-System, war ein sehr progressives und international bewundertes Stahlbausystem (für den Schulbau), das die Arbeit vieler Architekten, wie z.B. Foster, Rogers oder Piano, beeinflusst hat. Es war allerdings kein Bausystem, das von einem Architekten oder einer Firma entworfen wurde. Es beruhte auf Anforderungen und Regeln, die festlegten, was einzelne Subsysteme zu leisten hatten - nicht aus welchem Material sie sein sollten oder wie sie aussehen sollten. So wurden Firmen, die auf die Herstellung der jeweiligen Subsysteme spezialisiert waren, zu neuer Entwicklungsarbeit und Angebotsabgabe eingeladen. Wichtig war nur, nach Angaben von SCSD die Bauteile so zu entwickeln, daß sie mit den Bauteilen anderer Hersteller kompatibel waren.

So entstanden Teilsysteme unterschiedlicher Firmen, die miteinander zu neuen Bausystemen gefügt werden konnten. Dies machte den eigentlichen Erfolg dieser Baumethode aus. Das Zusammenwirken der verschiedenen Herstellerfirmen wurde zu einer ersten überzeugenden Demonstration der Effizienz offener Bausysteme (in nur wenigen Jahren wurden mehr als 1000 Neubauten errichtet).

Es handelt sich bei offenen Bausystemen um die dritte und zukunftsweisende Generation von Bausystemen.

- Bausysteme der 1. Generation bestanden aus Teilen, die für eine spezifische Situation innerhalb eines Bausystems entwickelt wurden (z.B. Betonplattenbauweisen).
- Bausysteme der 2. Generation bestanden aus Teilen, die situationsunabhängig, aber speziell für ein Bausystem entwickelt wurden (z.B. USM Haller).
- Bausysteme der 3. Generation bestehen aus Teilen, die situationsunab-

hängig und projektunabhängig entwickelt und hergestellt werden (z.B. T.E.S.T).

Die projektunabhängige Fertigung erlaubt eine kontinuierliche Serienfertigung mit kapitalintensiven Produktionsanlagen. Offene Bausysteme erlauben auch größere Flexibilität und Variabilität der Gebäude, eine Forderung, die in Zukunft sicherlich nicht unwichtiger wird.

### **Baukastensysteme aus Stahl**

Um mit anderen Subsystemen kompatibel zu sein, müssen die einzelnen Bauteile universell einsetzbar und mit einfachen Schnittstellen entwickelt werden.

Es gab in Europa schon in den 60er und 70er Jahren Bausysteme, die als Baukastensysteme auf die Austauschbarkeit und Veränderbarkeit zumindest des Ausbaus abzielten. Die besten dieser Systeme waren in Stahl konzipiert. Sie hatten einen hohen Vorfertigungsgrad, ließen sich auf der Baustelle schnell montieren und erlauben große Spannweiten bei geringen Konstruktionsflächen (z.B. System 2010 und GEAL). Einige moderne Neuentwicklungen erscheinen im Vergleich dazu wie ein Rückschritt.

Aufgrund der steigenden Anforderungen an Individualität und Veränderbarkeit wird es immer wichtiger, Wohnbauten logisch nach Systembauprinzipien zu entwerfen. Und zwar nicht nur im Hinblick auf die architektonische Gestaltung, sondern auch im Hinblick auf die Herstellung und den Montageablauf. Der Erfolg solcher Systeme wird davon abhängen, ob es Bauwillige, Entwerfer und Herstellerfirmen gibt, die sich jenseits des bisher Gewohnten bewegen wollen.

Über die vielfältigen Möglichkeiten und Perspektiven des Baustoffs Stahl informiert ausführlich das im Rahmen der vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) und der Wirtschaftsvereinigung

Stahl durchgeführten Jahresveranstaltung "Stahl '98" stattfindende Stahlforum "Modernes Bauen mit Stahl" am 12. November 1998 in Düsseldorf. Hieran beteiligen sich renommierte Architekten und Fachleute aus Wissenschaft sowie Stahl- und Bauindustrie.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von Prof. Helmut C. Schulitz Architekt BDA,

Hon. FAIA, im Auftrag der Rationalisierungs-Gemeinschaft „Bauwesen“ • RG-Bau im RKW, Düsseldorf, durchgeführt.

#### **Anmeldungen/Anschriften**

Stahl-Informations-Zentrum, Herr Horst Woeckner, PF 104842, 40039 Düsseldorf; Tel. 0211-6707846, Fax 0211-6707-344, eMail siz@stahl-info.de.

## **Neu ! DAST-Richtlinie 009**

### **Empfehlungen zur Wahl der Stahlsorte für geschweißte Stahlbauten (Entwurf September 1998)**

**Hrsg.: DAST, Deutscher Ausschuß für Stahlbau  
1998, 38 Seiten, ISBN 3-923726-72-4, 52,- DM**

Die Stahlsortenwahl zielt auf eine sprödebruchsichere Konstruktion auch bei niedrigen Temperaturen hin. Die bisherige DAST-Richtlinie 009 diente diesem Zweck. Sie beruhte im wesentlichen auf empirischen Überlegungen und gab abhängig von den verschiedenen Einflußfaktoren für die verschiedenen Stahlsorten von S235 und S355 zulässige Blechdicken an.

Im Zuge der europäischen Vereinheitlichung der technischen Regelwerke wurde für Stahlbrücken eine neue Methode zur Stahlsortenwahl entwickelt, die auf einem nachvollziehbaren bruchmechanischen Berechnungsmodell beruht und im Anhang C zu DIN ENV 1993 - Teil 2 enthalten ist. Diese neue Methode erlaubt es, an die Erfahrungen der Stahlsortenwahl der Vergangenheit anzuschließen und auch für neue Stähle S235 bis S690 nach den Technischen Lieferbedingungen DIN EN 10025, DIN EN 10113, DIN EN 10137, DIN EN 10155, DIN EN 10210 und DIN EN 10219 die Stahlsortenwahl durchzuführen.

Die neue DAST-Richtlinie 009 greift diese neue Methode auf und liefert abhängig von der Einsatztemperatur, Beanspruchungshöhe, Stahlsorte und Gütegruppe in übersichtlichen Tabellen die größten einsetzbaren Blechdicken, die bis zu 190 mm betragen können und günstigere Schweißkonstruktionen gestatten als bisher.

Die Veröffentlichung der DAST-Richtlinie 009 enthält eine Erläuterung, in der die Methoden und Hintergrundinformationen angegeben werden, die zur Berechnung der größten einsetzbaren Blechdicke geführt haben.

#### **Faxbestellung: (0211) 6 70 78 - 21**

Ich/Wir bestelle(n)

Exemplare

.....

**DAST-Richtlinie 009** (Entwurf September 1998)      **52,- DM**

zzgl. Versandkosten, inkl. Mehrwertsteuer

.....  
Datum

.....  
Unterschrift

.....  
Firmenstempel

.....