

# BERICHTE

## AUS DER ANWENDUNGSFORSCHUNG

Ausgabe 2/2004

### Ein Informationsdienst aus der Anwendungsforschung

In der Publikationsreihe "Berichte aus der Anwendungsforschung" informiert die FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. über neue Forschungsergebnisse in der Stahlanwendungsforschung. Dieser Informationsdienst richtet sich an technische Fachleute in der herstellenden und verarbeitenden Industrie sowie in der Forschung.

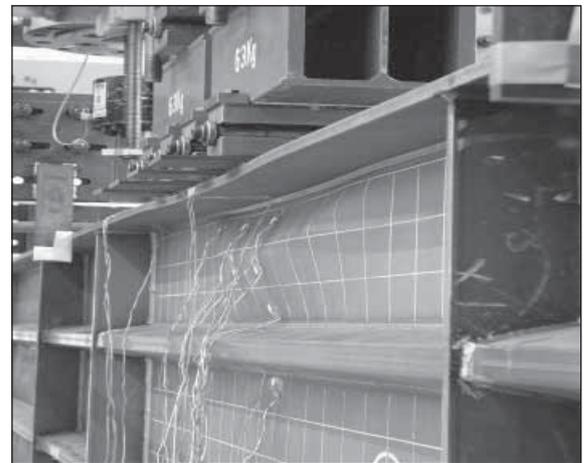
#### Inhalt:

- Beulgefährdete Querschnitte mit Längssteifen**
- Deckengleiche Verbundträger**
- Verschiebliche Verbundrahmen mit teiltragfähigen Knoten**
- Trag- und Haustechnikelemente**
- Stahldachstuhl mit integrierten Solaranlagen**
- Torsionseffekte beim Biegedrillknicknachweis**
- Feuerbeständigkeit von Hohlprofilen**
- Schichtverbundbleche**
- Körperschallreduktion**
- Stahlschutzplanken**
- Oberflächenveredelung mit Zink-Magnesium**
- Verformungssimulation von geklebten Bauteilen**
- Gratbahnoptimierung**
- Bördeln von Stahlfeinstblechen**
- Prozesskettensimulation Umformen - Laserstrahlschweißen**
- Veranstaltungen**

Interessenten, die die „Berichte aus der Anwendungsforschung“ in Zukunft regelmäßig erhalten möchten, werden gebeten, sich schriftlich an die Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. zu wenden.

### Effiziente Nachweisführung beulgefährdeter Querschnitte mit Längssteifen (Projekt 552)

Geschweißte Querschnitte des modernen Stahl- und Verbundbrückenbaus sind in der heutigen Zeit hinsichtlich einer effizienten Fertigung optimiert. Kann man nicht ganz auf Steifen verzichten, so wird zumindest versucht – beispielsweise durch die Verwendung geschlossener Längssteifenquerschnitte – die Zahl der Steifen zu minimieren. Die aktuellen Regelungen zur Bemessung längsversteifter beulgefährdeter Konstruktionen, sowohl in DIN 18800, Teil 3 als auch in ENV 1993-1-5, basieren jedoch überwiegend auf Versuchen mit einer Vielzahl offener Längssteifenquerschnitte mit geringer Torsionssteifigkeit. Aufgrund dessen können die durch Verwendung geschlossener Längssteifenquerschnitte möglichen Traglasterhöhungen nicht genutzt werden.



Um diese wirtschaftlichen Vorteile für längsversteifte Blechträger nutzen zu können, wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Weiterentwicklung der bestehenden Bemessungsregeln zur quergerichteten Krafteinleitung und Querkrafttragfähigkeit durchgeführt. Im Unterschied zu bekannten Untersuchungen lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf Querschnitten mit wenigen Längssteifen, wobei entsprechend der

gängigen Konstruktionspraxis geschlossene Steifenquerschnitte verwendet wurden.

Zur Ermittlung der Traglasten der quergerichteten Lasteinleitung wurden sieben Versuche an großmaßstäbigen Trägern durchgeführt, um damit den Einfluss der Längssteifenanordnung, der Zahl der Längssteifen und einer gleichzeitig wirkenden Momenten- und Querkraftbeanspruchung untersuchen zu können. Wie mit den Versuchen gezeigt werden konnte, ermöglicht die Verwendung geschlossener Längssteifenquerschnitte eine deutliche Steigerung der Beanspruchbarkeiten der quergerichteten Lasteinleitung. Die Versuchsnachrechnung mittels der Methode der finiten Elemente ergab eine sehr gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen, so dass diese experimentellen Untersuchungen eine Grundlage für weiterführende numerische Untersuchungen bilden. Auf der Basis umfangreicher numerischer Untersuchungen wurde eine Modifikation der bestehenden Regelungen zur Berücksichtigung des knickstabähnlichen Verhaltens vorgeschlagen, um damit eine zutreffende Ermittlung der Beanspruchbarkeiten der quergerichteten Lasteinleitung zu ermöglichen.

Im Rahmen der Untersuchungen zur Querkrafttragfähigkeit längsversteifter Träger wurden vier Versuche an großmaßstäbigen Trägern durchgeführt und für unterschiedliche Längssteifenanordnungen die Abmessungen der geschlossenen Längssteifenquerschnitte variiert. In einer ergänzenden Parameterstudie zum Einfluss der Querschnittsabmessungen der Längssteifen konnte gezeigt werden, dass die bei der Ermittlung der Querkrafttragfähigkeiten nach ENV 1993-1-5 geforderte Reduktion der Steifenträgheitsmomente für die hier untersuchten geschlossenen Längssteifenquerschnitte nicht erforderlich ist.

Fazit des Forschungsvorhabens ist, dass durch die Verwendung geschlossener Längssteifenquerschnitte für längsversteifte Blechträger eine signifikante Steigerung der Beanspruchbarkeiten ermöglicht wird, die durch eine konsequente Weiterentwicklung der bestehenden Bemessungsregelungen der Bemessungspraxis zugänglich gemacht werden kann.

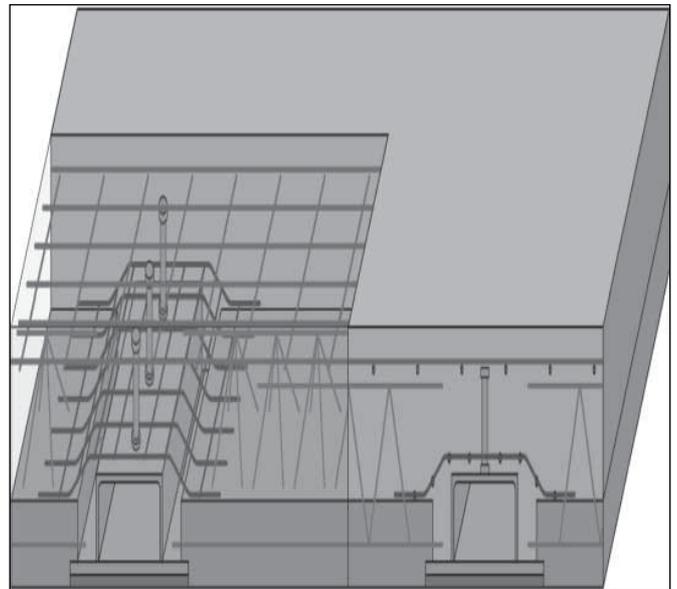
Das Forschungsvorhaben wurde am Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 214 Seiten und enthält 198 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-14-3.

## Optimierung der Bemessung von deckengleichen Verbundträgern in Hutform (Projekt 389)

Flachdecken in Verbundbauweise besitzen viele wirtschaftliche und architektonische Vorteile. Durch die Integration des Stahlprofils in die Stahlbetondecke wird die Gesamtbauhöhe reduziert. Eine glatte Deckenunterkante kann als Raumabschluss belassen werden und ermöglicht eine freie architektonische Gestaltung. Wirtschaftlichkeit wird durch höhere Tragfähigkeit, d. h. größere Spannweiten und höhere Lasten als bei konventionellen Stahlbeton-Flachdecken erzielt. Durch den hohen Grad der Stahlbauvorfertigung und den Einsatz von Betonfertigteilen bzw. Verbundprofilblechen lässt sich die Bauzeit beträchtlich reduzieren.

Flachdecken in Verbundbauweise besitzen allerdings gegenüber Verbundträgern mit hohen Baustahlgurten insbesondere durch das Aufreißen des Stahlbetons ein anderes Tragverhalten. Deckengleiche Verbundträger verhalten sich eher wie reine Stahlbetonträger als wie Verbundträger mit überdrücktem Betongurt. Bei dieser neuen Bauart ist die im Verbundbau übliche Vernachlässigung des Eigentragheitsmomentes und des Momentenbeitrags des Stahlbetons unwirtschaftlich und nicht mehr zutreffend.



Gegenstand der Untersuchungen ist die Ermittlung des Tragverhaltens und die Optimierung der Bemessung von deckengleichen Verbundträgern in Hutform. Den Hauptschwerpunkt bildet die realistische Erfassung der Verformung unter Berücksichtigung der Teilverbundwirkung.

Zur Überprüfung der auf rechnerischem Wege hergeleiteten Ergebnisse sind experimentelle Untersuchungen mit insgesamt neun Versuchsträgern durchgeführt worden. Sechs Versuchsträger sind als Einfeldträger ausge-

bildet worden. Im negativen Momentenbereich sind drei Versuchsträger geprüft worden.

Auf der Basis eines Rechenmodells, das die Nachgiebigkeit in der Verbundfuge und die materielle Nichtlinearität des Stahlbetongurtes iterativ erfasst, ist ein Vorschlag zur Ermittlung der Verformungen von Flachdecken mit Hutprofilen hergeleitet worden. Mit den neuen modifizierten Trägheitsmomenten für den Zeitpunkt  $t = 0$  bzw.  $t = \infty$  werden im Vergleich zu den für diese Bauart sehr konservativen Regelungen der Norm realistischere Verformungen ermittelt. Im üblichen Anwendungsbereich von Flachdecken mit Hutprofilen ergeben sich Reduktionen der rechnerischen Verformungen von bis zu 250 %.

Durch Erfassung der Bewehrung bei der Ermittlung der positiven Momententragfähigkeit der Flachdecke mit Hutprofil sind im üblichen Anwendungsbereich Tragfähigkeitssteigerungen von bis zu 35 % möglich. Für den negativen Momentenbereich ist zur Zeit nach Norm nur eine Ausbildung der Verbundfuge mit Vollverdübelung zugelassen. Erste Untersuchungen zeigen den Einfluss der Teilverbundwirkung bei Flachdecken mit Hutprofilen unter negativer Momentenbeanspruchung.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ermöglichen eine wirtschaftlichere Anwendung dieses neuartigen Verbundbau-Deckensystems. Tragwerksplanern werden praktische Hilfsmittel und Entscheidungskriterien zur Hand gegeben, die zu einer breiteren Akzeptanz von Verbund-Flachdecken im Hochbau führen können.

Das Forschungsvorhaben (AiF-Nr. 12017N) wurde am Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart, mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF), Köln, aus den Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) durchgeführt.

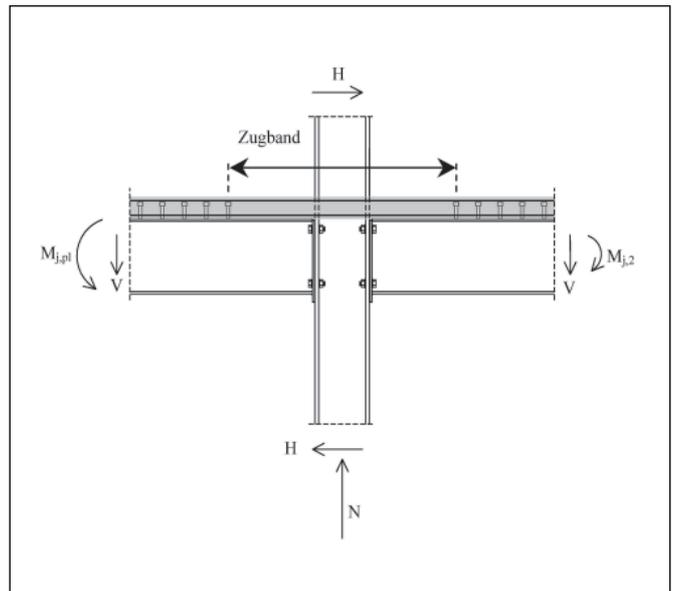
Der Forschungsbericht umfasst 170 Seiten und enthält 131 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-09-7.

## **Innovative verschiebliche Verbundrahmen mit teiltragfähigen Verbundknoten (Projekt 505)**

Durch den Verzicht auf zusätzliche Steifen in der Stütze sind teiltragfähige Verbundknoten effizient und einfach herzustellen. Gleichzeitig kann der Bewehrungsgrad in der Betonplatte auf die Mindestbewehrung reduziert werden. Die Momententragfähigkeit des Knotens liegt bei 15 bis 60 % der Riegeltragfähigkeit und reicht aus, um eine Aussteifung über Rahmenwirkung sicherzustellen, so dass zusätzliche Aussteifungsverbände überflüssig sind. Die so entstehenden innovativen verschiebli-

chen Verbundrahmen erlauben eine größtmögliche flexible Nutzung von Industrie-, Büro- und Geschäftsgeläuden und Parkhäusern und werden so den zukünftigen Anforderungen gerecht.

Um die Momentenreserve der teiltragfähigen Knoten rechnerisch berücksichtigen zu können, muss sichergestellt werden, dass bei der auftretenden Momentenumlagerung die hiermit verbundene Verdrehung des Knotens möglich ist. Es ist sicherzustellen, dass die vorhandene Knotenrotation des Knotens größer ist als die Rotationsanforderung, die aus dem System und der Belastung resultiert. Nur so können innovative verschiebliche Verbundrahmentragwerke mit einfachen teiltragfähigen Verbundknoten realisiert werden.



Die erforderliche Knotenrotationen von verschieblichen Verbundrahmen werden analytisch und mittels eines Computerprogramms ermittelt. In einer Parameterstudie werden die verschiedenen Einflüsse auf die erforderliche Rotationskapazität untersucht. Durch die Effekte aus Theorie 2. Ordnung vergrößert sich die Rotation. Zusätzlich beeinflusst der Bauablauf die Knotenrotationen: Durch Verzicht auf eine Hilfsunterstützung erhöht sich die Rotation im Stahlknoten. Die Knotenrotation wird am stärksten durch den Plastizierungsgrad des Verbundträgers im Feldbereich bestimmt. Bei hohen Plastizierungsgraden unterschätzt die Berechnung nach Fließgelenktheorie die erforderliche Knotenrotation, so dass eine Berechnung nach Fließzonentheorie durchzuführen ist oder das Feldmoment begrenzt werden muss.

In dem Forschungsvorhaben wurden besondere duktile Verbundknoten entwickelt, die den Rotationsanforderungen der untersuchten verschieblichen Verbundrahmen genügen. Neun Versuche wurden an Verbundknoten durchgeführt. Durch eine spezielle Anordnung der Kopfbolzendübel auf dem Obergurt des Verbundträgers konnte der plastische Bereich der auf Zug beanspruch-

ten Stahlbetonplatte vergrößert und damit auch die vorhandene Rotationskapazität des Verbundknotens erhöht werden. Durch die Plastizierung der Bewehrung ergeben sich wesentlich größere mitwirkende Breiten als nach Eurocode 4-1-1 (1994). Ein Versuch mit einer verminderten Anzahl an Kopfbolzendübeln zeigte, dass Teilverbund zu geringen vorhandenen Rotationskapazitäten führt. Zur Komponente „Bewehrung auf Zug“ wurden drei zusätzliche Komponentenversuche (Stahlbetondehnkörper) durchgeführt. Aus diesen und bereits vorhandenen Versuchsergebnissen geht hervor, dass der Verfestigungsfaktor  $f_u/f_y$  des Bewehrungsstabes mit der Duktilität dieser Komponente korreliert. Fünf Stahlknotenversuche wurden durchgeführt, um die Komponente „Stirnplatte auf Biegung“ bezüglich der Duktilität zu optimieren. Die Knotengeometrie wurde variiert, um ein sprödes Schraubenversagen zu verhindern, somit konnte die vorhandene Rotationskapazität des Knotens erheblich gesteigert werden.

Basierend auf diesen Untersuchungen und auf Eurocode 4-1-1 (1994) sowie ECCS Doc. No. 109 (1999) wurden Bemessungsregeln für verschiebliche Verbundrahmen mit teiltragfähigen Verbundknoten aufgestellt.

Unter anderem wird im vorliegenden Bericht die so genannte „beamline method“ vorgestellt, die idealerweise gleichzeitig den Tragfähigkeitsnachweis und den Rotationsnachweis beinhaltet. Diese Methode lässt eine Bandbreite von verschiedenen Knotenlösungen zu. Der Hersteller kann entsprechend den Gegebenheiten daraus die optimale Lösung wählen.

Das Projekt hat gezeigt, wie effiziente innovative verschiebliche Verbundrahmen mit einfach herzustellenden teiltragfähigen Verbundknoten realisiert werden können, bei denen sowohl eine ausreichende Systemtragfähigkeit als auch eine ausreichende Duktilität der Knoten vorhanden sind.

Das Forschungsvorhaben wurde am Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 332 Seiten und enthält 268 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 36,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-934238-96-3.

## **Integration von Tragwerk und Haustechnik in Büro- und Produktionsgebäuden aus Stahl für eine flexible Nutzung (Projekt 447)**

In dem Forschungsvorhaben wurden Möglichkeiten zur Integration von Elementen der Haustechnik in Tragwerksysteme erarbeitet, um aufzuzeigen, wie die oft unterschiedlichen Ansprüche an moderne Gebäude von

Tragwerksplanern und Haustechnikplanern erfüllt werden können. Es wurden Aspekte wie Nutzungs-, Bau- und Unterhaltungskosten, Klimatechnik, schnelle Anpassbarkeit an Kundenwünsche, Energieverbrauch und Brandschutz untersucht.

Im ersten Teil wird die Integration von Haustechnik in Slim Floor Flachdeckensysteme betrachtet. Diese Konstruktion ist sinnvoll, da es bei regulärer Leitungsführung zum einen aufgrund von Durchbrüchen tragender Elemente zu Behinderungen kommen kann und es zum anderen in Bürogebäuden, in denen die Etagen von unterschiedlichen Mietern genutzt werden, im Reparaturfall zu Störungen kommen kann, wenn Arbeiten an Leitungen durchgeführt werden, die in der Etage unterhalb und/oder oberhalb verlegt wurden.

Im zweiten Teil wird das in den Niederlanden entwickelte Decken- Bodenkonzept INFRA+ vorgestellt. Die stählernen Rippen der Betonplatte weisen nicht wie bisher nach unten, sondern nach oben und sind mit Durchlassöffnungen ausgestattet, so dass Leitungen und sonstige haustechnische Komponenten von oben im Tragwerk installiert werden können. Nach oben wird das System durch eine Konstruktion in Trockenbauweise abgeschlossen (Fußboden). Vorteile dieses Deckensystems sind in erster Linie die weitgehend uneingeschränkte Installationsführung innerhalb der Decke und die daraus resultierende geringe Höhe der Konstruktion. Da die Leitungen im Fußboden, von oben erreichbar, liegen, ist bei Umbau eines Gebäudes nicht das Geschoss unter-/oder oberhalb der Baustelle betroffen.

Die Entwicklung des INFRA+ Deckensystems zeigt das Interesse der Industrie an der Entwicklung marktreifer Systeme. Schließlich ist die Integration der Haustechnik in das Tragwerk eine Problematik, die bei nahezu jedem Bauwerk besteht und nur bei frühzeitiger Zusammenarbeit der konstruktiven und bauphysikalischen Fachplaner befriedigend gelöst werden kann.

Das Forschungsvorhaben wurde am Lehrstuhl für Stahlbau, RWTH Aachen, PSP Technologien im Bauwesen GmbH, Aachen, Schmidt Reuter Partner, Köln, und Peiner Träger GmbH, Salzgitter, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 122 Seiten und enthält 107 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 18,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-05-4.

## Entwicklung eines Stahl-Dachstuhls mit integrierten solarenergetischen Systemen und flexibler Innenausbaugestaltung (Projekt 448)

Inhalt dieses Forschungsvorhabens ist die Weiterentwicklung eines Dachstuhls aus Stahl unter Einbeziehung solarer Systeme. Gegenüber dem Forschungsvorhaben P 391 „Dachstuhl mit Sparren aus oberflächenveredeltem Stahl-Feinblech“ sind hier zwar auch Stahlsparren verwendet worden, aber die dort verwendete Holzlatung und die zeitaufwändige, konventionelle Schraubenverbindungen sind durch geeignete Systeme substituiert worden.

Da die im Februar 2002 eingeführte Energieeinsparverordnung sowie ein steigendes Umweltbewusstsein den Energieverbrauch eines Hauses bzw. die Nutzung regenerativer Energien immer weiter in den Vordergrund rücken lassen, ist die Möglichkeit der Nutzung des Daches zur Energiegewinnung ein interessanter Aspekt. Im vorliegenden Bericht werden zwei verschiedene solare bzw. photovoltaische Systeme vorgestellt. Diese werden für Verbrauchs- und Bedarfswerte eines typischen Einfamilienhauses ausgelegt und berechnet. Eine wirtschaftliche Betrachtung der solaren Systeme schließt sich an die Berechnungen an.



Ein wesentlicher Aspekt des Forschungsvorhabens ist die bauphysikalische Betrachtung des Daches unter besonderer Berücksichtigung des Werkstoffes Stahl. Es werden verschiedene Aufbauten diskutiert und deren Auswirkung auf die Temperaturentwicklung im Inneren des Bauwerks untersucht.

Mit Hilfe von Langzeittemperatur- und -dehnungsmessungen, die im Forschungsvorhaben P 391 durchgeführt wurden, konnten wichtige Erkenntnisse über das thermi-

sche Verhalten eines Stahldaches gewonnen und in diesem Forschungsvorhaben mit berücksichtigt werden.

Das Forschungsvorhaben wurde am Lehrstuhl für Stahlbau, RWTH Aachen, PSP Technologien im Bauwesen GmbH, Aachen, der Ingenieurgesellschaft Schmidt Reuter Partner, dem Institut für Angewandte Photovoltaik (INAP) GmbH und der Gebr. Knauf Westdeutsche Gipswerke, Neuss durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 106 Seiten und enthält 65 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 18,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-08-9.

## Untersuchungen zum Einfluß der Torsionseffekte auf die plastische Querschnittstragfähigkeit und die Bauteiltragfähigkeit von Stahlprofilen (Projekt 554)

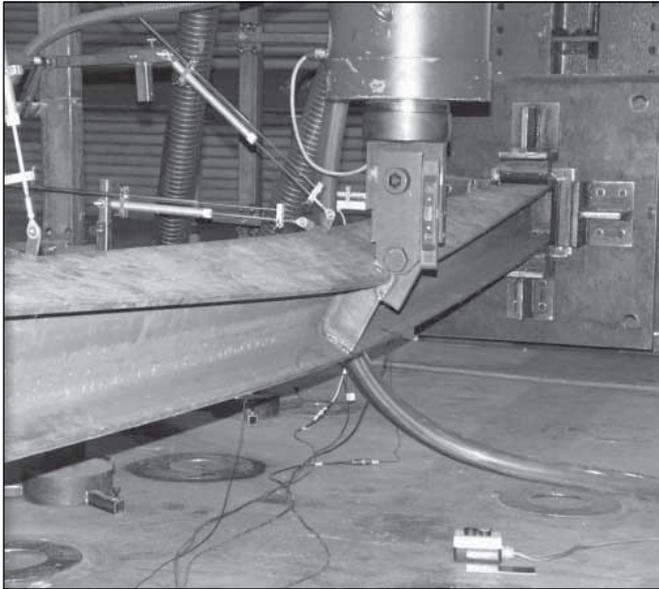
Das Forschungsvorhaben befasst sich mit dem Einfluss von Torsionseffekten auf die Querschnitts- und Bauteiltragfähigkeit von Stahlprofilen. Hierzu wurde durch systematische Untersuchungen die Grenztragfähigkeit von gedungenen und stabilitätsgefährdeten Profilen ermittelt.

Der experimentelle Teil des Vorhabens umfasste Versuche zur Querschnittstragfähigkeit biege- und torsionsbeanspruchter Walzprofile, sowie Bauteilversuche mit biegetorsionsbeanspruchten Trägern mit und ohne axiale Druckkraft. Weiterhin wurden Stützen mittlerer bis hoher Schlankheitsgrade unter exzentrischer Belastung getestet. Dabei wurden häufig verwendete Profiltypen der Reihen IPE, UPE und HEB eingesetzt.

Der theoretische Teil des Vorhabens bestätigte mittels numerischer Nachrechnungen die Plausibilität der Messergebnisse. Hierbei konnte insbesondere der tragfähigkeitsmindernde Einfluss von Bauteilimperfectionen und Eigenspannungen gezeigt werden. Die Auswirkungen von Schnittgrößenumlagerungen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit mit und ohne Stabilitätsversagen konnten untersucht werden. Ausgehend von den mit den Versuchen kalibrierten, numerischen Modellen wurden Simulationen für andere Belastungsarten, Schlankheitsgrade und weitere Parameter durchgeführt, die nicht von dem Versuchsprogramm abgedeckt waren.

Abschließend wurden Ingenieurmodelle entwickelt, deren Verwendbarkeit mit Hilfe der experimentellen und numerischen Datenbasis bestätigt werden konnten. Zum Nachweis der Querschnittstragfähigkeit für mit elastischer Berechnung ermittelte Schnittgrößen (Verfahren Elastisch-Plastisch, Eurocode 3) konnte die Anwendbarkeit des so genannten Teilschnittgrößenverfahren (TSV) gezeigt werden. Zum Nachweis der Bauteiltragfähigkeit

wurden zwei alternative Ingenieurformeln entwickelt, mit denen die bisherigen Nachweismöglichkeiten im Eurocode 3 auch unter Berücksichtigung der Torsion ergänzt werden könnten.



Das Forschungsvorhaben wurde am Lehrstuhl für Stahlbau der RWTH Aachen, dem Fachgebiet Stahlbau der TU Berlin und dem Lehrstuhl für Stahl- und Verbundbau, Ruhr Universität Bochum, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 578 Seiten und enthält 597 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 36,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-20-8.

### **Legierungskonzept für nahtlose Mannesmann Stahlbau-Hohlprofile (MSH-Profil) mit gesteigerter Feuerbeständigkeit zur Einsparung von Brandschutzmaßnahmen (Projekt 517)**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden zwei Legierungskonzepte für die Herstellung nahtloser Hohlprofile aus feuerresistentem Stahl entwickelt. Das Legierungskonzept „Feinkornbaustahl“ basiert auf einem gängigen Feinkornbaustahl mit 690 MPa Mindeststreckgrenze, das Legierungskonzept „Leitungsrohrstahl“ basiert auf einem typischen gut schweißgeeigneten Kohlenstoff-Mangan-Leitungsrohrstahl. Durch Zulegierung von Molybdän, Wolfram und Niob in bestimmten Abstufungen sollte die Warmfestigkeit und damit die Feuerbeständigkeit erhöht werden.

Die Stahlsorten beider Konzepte weisen bei Umgebungstemperatur Festigkeitseigenschaften auf, die die Anforderungen an einen herkömmlichen unlegierten Baustahl mit 355 MPa Mindeststreckgrenze übertreffen.

Die Anforderungen an die Zähigkeit (mindestens 27J bei  $-20^{\circ}\text{C}$ ) werden für Stähle beider Konzepte im normalgeglühten bzw. vergüteten Zustand erfüllt. Im Walzzustand werden die 27 J Kerbschlagarbeit bei Raumtemperatur dagegen nur von den Varianten auf Basis des Leitungsrohrstahl erreicht.

Im für feuerresistente Stähle relevanten Temperaturbereich von  $600$  bis  $750^{\circ}\text{C}$  haben die neu entwickelten Stähle eine um bis zu 100 MPa höhere Warmstreckgrenze als der Baustahl S355. Um die Einflüsse durch Kriechen während des Brandes zu berücksichtigen, wurden im Rahmen dieses Vorhabens „Warmkriechversuche“ entwickelt, bei denen belastete Proben aufgeheizt wurden. Proben, die mit bis zu 100 MPa belastet wurden, hielten im Warmkriechversuch länger als 30 min und erreichten damit eine Dauer, die für die Feuerwiderstandsklasse F30 relevant ist, ohne daß die kritische Kriechgeschwindigkeit überschritten wurde. Durch die Versuche konnte gezeigt werden, daß die Warmstreckgrenze ein konservativeres Kriterium für die Beanspruchbarkeit von Stählen bei hohen Temperaturen ist als die kritische Kriechgeschwindigkeit.

Brandversuche an industriell gefertigten Profilen, wie ursprünglich beantragt, wurden zurückgestellt, da entsprechende Bauteile aus einer Betriebsschmelze mit optimierten Wärmebehandlungen bzw. Walzparametern nicht zur Verfügung standen.

Das Forschungsvorhaben wurde von der V&M Deutschland GmbH, Düsseldorf, in Zusammenarbeit mit der Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 58 Seiten und enthält 32 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 18,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-934238-94-7.

### **Anwendung von Schichtverbundblechen für Leichtbaukonzepte (Projekt 494)**

Das Projekt will einen Beitrag leisten innerhalb der Entwicklungstendenz der Gewichtsreduzierung insbesondere in der Automobilbranche zur Energieeinsparung bei gleichzeitig zunehmendem Anspruch an Komfort und Sicherheit durch Integration verschiedener Funktionen in einen Grundbaustein eines komplexen Endproduktes. Dazu sollen in das Grundbauteil des Karosseriebleches oder in einzelne Elemente auf Stahlblechbasis im Fahrzeug- / Gerätebau elektrische Funktionen gemeinsam mit schützenden organischen Schichten integriert werden.

Ziel ist die Erstellung eines umgeformten Verbundbleches, das Stütz-, Schutz-, Isolations- und Leitungsfunktionen in einem Bauteil gewichtssparend erfüllt. Technologische Basis ist ein im Durchlaufverfahren mit

EAA-Thermoplastfolie beschichtetes Stahlblech, das sowohl verschiedenen Modellumformprozessen unterworfen wird, als auch zur Aufnahme von Kupferfolieleiterbahnen in einem Fügeprozess zu einem Dreischichtverbund dient. Diese beiden Prozesse werden in zwei unterschiedlichen Technologien nacheinander ausgeführt :

1. Herstellung des Dreischichtverbundes am Ende der Wertschöpfungskette, d.h. zuerst Umformung des EAA-beschichteten Stahlbleches und nachträgliches Einprägen eines Schaltkreises von spröder Elektrokupferfolie mittels MID-Technologie.
2. Herstellung des Dreischichtverbundes am Anfang der Wertschöpfungskette, d.h. zuerst Durchführung eines Heißpräge-Klebe-Prozesses mit hochduktilen Kupferfolieleiterbahnen auf die Polymerschicht des ebenen Verbundbleches und danach gemeinsame Umformung des Dreischichtverbundes.

Diese Schichtverbundbleche werden hinsichtlich folgender Eigenschaften untersucht: Mechanisch-technologische Kennwerte, Schichtdickenentwicklung, Isolation der Kunststoffschicht, Haftfestigkeit von Kupfer auf Polymer, Lötbarkeit, Temperaturwechselbeständigkeit, Reibwert im Streifenziehversuch, einachsige Dehnbarkeit im Zugversuch, Grenzformänderung und Umformbarkeit in mehrachsigen Modellumformprozessen. Umformtechnisches Fazit ist einerseits die uneingeschränkte Umformbarkeit des zweischichtigen Verbundbleches Stahlbasis / EAA-Kunststoffschicht bis zum Bruch des Stahlgrundwerkstoffes - andererseits die eingeschränkte Umformbarkeit eines dreischichtigen Materialverbundes Stahlblech / Polymerschicht / Kupferfoliestreifen ohne zusätzlichen Schmierstoffeinsatz in DEN Grenzen, die durch die Bruchdehnung der Kupferfolie bei mehrachsiger Beanspruchung und den werkzeugabhängigen Grad der Prägeveränderung der Kunststoffoberfläche gesetzt werden. Innerhalb dieser Umformgrenzen, d.h. bis zur Gleichmaßdehnung der schwächsten Verbundwerkstoffkomponente bleiben die Schichtverbunde bei konstanter Isolationsfähigkeit der Kunststoffschicht erhalten. Das Einprägen von Kupferfolieschaltkreisen mittels MID-Technologie nach erfolgter Umformung eines zweischichtigen Verbundbleches bis zur Gleichmaßdehnung des Stahles zu einem Dreischichtverbund ist mit Spezialwerkzeugen möglich. Das durch Füge- und Umformprozesse gefertigte Verbundblech kann neben seiner Stütz- und Schutzfunktion unterschiedliche elektrische Leitungsfunktionen bei guter Isolation der Leiterbahnen gegen das Stützblech in einem Bauteil gewichtssparend erfüllen. Die geformten, mit Kupferleiterbahnen bedruckten Stahl-Kunststoff-Schichtverbundbleche können vor allem im Bereich der Signal- oder Kleinleistungsströme im Automobilbau unter Nutzung der guten Wärmeableitung angewendet werden. Darüber hinaus ist die Anwendung dieser Schichtverbundbleche mit in Kunststoffschichten integrierten Leiterbahnen auf dem Gebiet einer in die Karosserie integrierten pla-

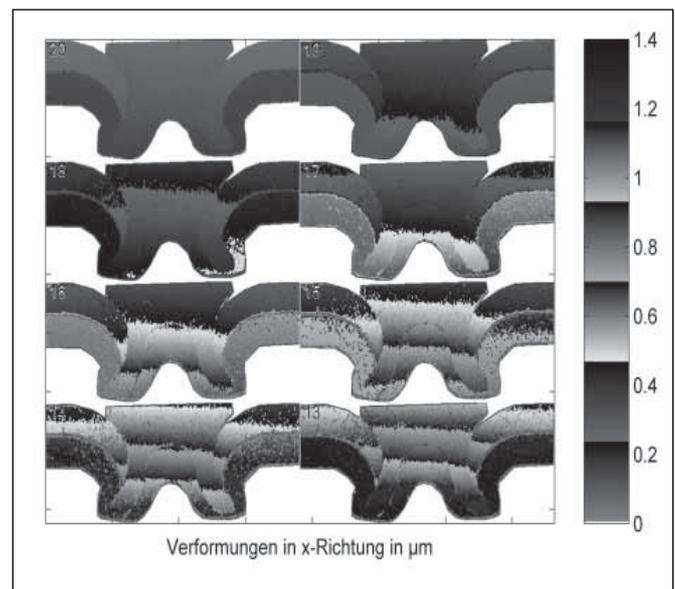
naren Autoantenne eine Möglichkeit der nahezu unsichtbaren Antennengestaltung. Ein weiteres umfangreiches Anwendungsfeld ist auch im Bereich der Haushaltgeräte / Haushaltetelektrik für platz- und gewichtssparende Kompaktbauweise gegeben.

Das Forschungsvorhaben wurde von der Professur für Umform- und Urformtechnik, Institut für Produktionstechnik an der Technischen Universität Dresden, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 188 Seiten und enthält 151 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-934238-81-5.

### Reduzierung des Körperschalls in Stahlblech-Konstruktionen durch Nutzung von Fügestellen als Dämpfungselemente (Projekt 441)

Die Schallreduzierung von Maschinen und Anlagen als „weiche“ Produkthanforderung wird durch Kundenansprüche und gesetzliche Vorgaben immer mehr zu einer unausweichlichen Pflichtvorgabe für den Konstrukteur. Strukturen aus Feinblech sind in der Schallkette besonders kritische Elemente, da sie als Verkleidungen, Designelemente oder sogar tragende Teile meist großflächig eingesetzt werden und daher gute Schallabstrahler darstellen. Sie sind oft aus konstruktionstechnischen Gründen mit der Körperschall erzeugenden Struktur verbunden und bilden zusätzlich die Schnittstelle nach außen zur lärmsensiblen Umgebung.



In dieser Arbeit werden daher die Möglichkeiten zur Körperschallreduzierung durch Dämpfung der Fügestellen in mit Feinblechstrukturen verbundenen Baugruppen untersucht. Die Fügestellen sind dafür hervorragend geeignet, weil sie ohnehin konstruktiv notwendig sind und

keinen Mehraufwand nach sich ziehen. Es liegt also auf der Hand, geeignete Fügeverfahren auszuwählen und deren Technologieparameter in Richtung Dämpfungsoptimum einzustellen.

Es wurde ein für die Dämpfungsbestimmung an Feinblechproben geeignetes Messverfahren entwickelt, das einfach adaptiert und zur Evaluierung neuer Fügeverfahren verwendet werden kann. Zur Quantifizierung der Dämpfungskapazität verschiedener Fügeverfahren wurden umfangreiche Untersuchungen und Parameterstudien durchgeführt. Der Einfluss von Überlappung, Fügestellenanzahl, Vorspannung und Schall-Frequenz sowie einiger spezieller Vorbehandlungen wurde ermittelt, und anhand eines frequenzabhängigen Rankings wird dem Konstrukteur eine praktische Auswahlhilfe gegeben. Die experimentellen Untersuchungen erlaubten eine Gut-Schlecht-Auswahl für den konkreten Anwendungsfall in der Praxis.

Die Ursachen für die Dämpfungsphänomene wurden mit Hilfe von Pressungsmessungen, Verformungsmessungen, Fügepalmmessungen u. a. aufgedeckt. Eine wesentliche Erkenntnis ist die Tatsache, dass vor allem bei steifen Fügestellen das Fügeverfahren an sich nicht den eigentlichen Dämpfungseffekt bewirkt. Viel entscheidender ist der umgebende Flanschbereich und die Notwendigkeit, dass der Fertigungsprozess eine entsprechende Kontaktkraft zwischen die Bleche einbringt.

Um dem Leser aus der Praxis einen schnellen Einstieg zu geben, werden im Hauptteil kurz die eingesetzten Methoden zur Schallreduzierung beschrieben, und es wird dargestellt, welche Zielvorgaben damit erreicht werden konnten. Die Ergebnisse sind als Schwerpunkt dieses Hauptteils aufgeführt. Der wissenschaftlich interessierte Leser findet die detaillierten Beschreibungen der Prüfaufbauten, Messmethoden, Auswerteverfahren und Theorien im Anhang.

Die Arbeiten am Forschungsvorhaben mit Ziel der Erstellung einer Dissertation wurden am Institut für Maschinenwesen, Technische Universität Clausthal, durchgeführt. Sie wurden durch dieses Forschungsvorhaben aus Mitteln der Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen, unterstützt.

Der Forschungsbericht umfasst 410 Seiten und enthält 240 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 36,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-19-4.

## **Erhöhung der Sicherheit der Verkehrssysteme durch Optimierung der Schutzwirkung von Stahlschutzplanken (Projekt 518)**

Das im „Europäischen Aktionsprogramm für die Straßenverkehrssicherheit 2003-2010“ von der Europäischen Kommission gesetzte verkehrspolitische Ziel ei-

ner Halbierung der Anzahl der Verkehrstoten bis 2010 erfordert neben der Erhöhung der Fahrzeugsicherheit eine Verbesserung der Aufhaltewirkung durch optimierte Fahrzeugrückhaltesysteme bei gleichzeitiger Reduzierung der Insassenbelastung im Anprallfall. Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines modularen, „intelligenten“ Stahlschutzplankensystems, das den in EN 1317 verankerten, erhöhten Schutzanforderungen an Fahrzeugrückhaltesysteme gerecht wird und gleichzeitig eine optimale Schutzwirkung, Nachhaltigkeit durch effektiven Einsatz der verwendeten Ressourcen und Multifunktionalität je nach Einsatzzweck gewährleistet.

Die entwickelten Stahlschutzplankensysteme liefern einen wichtigen Beitrag zur Erfüllung der hochgesteckten Schutzziele. Insbesondere die erfolgreich geprüften System Rail H2 und System Rail H3 können aufgrund des großen Bedarfs nach Fahrzeugrückhaltesystemen mit den höheren Aufhaltestufen H2 und H3 vielfache Einsatzmöglichkeiten finden und wegen ihrer Wirtschaftlichkeit aufgrund der modularen Elementbauweise wirkungsvoll in Konkurrenz zu anderen Produkten und Werkstoffen treten. Mit Hilfe von Simulationsberechnungen konnten geeignete Vorhersagen für das Verhalten der neu entwickelten Systeme in den Anprallprüfungen erzielt werden. Mit der zunehmend verbesserten, verwendeten Simulationstechnik können weitere Optimierungen an Stahlschutzplankensystemen in Zukunft noch zuverlässiger unterstützt werden.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnte die Markttöffnung für kontinuierlich oberflächenveredelte Produkte aus Stahl zur Verwendung als Schutzplankenholme durch Nachweis der Gleichwertigkeit des Korrosionsschutzes neuartiger Korrosionsschutzschichten mit den etablierten, standardmäßig stückverzinkten Produkten in Labor- und Freibewitterungsprüfungen weitgehend erreicht werden. Im Vergleich zur Stückverzinkung zeigten die kontinuierlich aufgetragenen Überzüge agozal Double-Dip® (Agozal Oberflächenveredelung), GALFAN® (ThyssenKrupp Stahl) und Zink (Stahlwerke Bremen) sowie eine diskontinuierlich applizierte Pulverbeschichtung (Tigerwerk Lack- und Farbenfabrik) und ein DUPLEX-System bestehend aus einer dünnen, kontinuierlich aufgetragenen Verzinkung und einer anschließenden Pulverbeschichtung eine bessere Beständigkeit gegenüber den für Laborprüfungen gewählten Belastungsbedingungen. In allen Laborprüfungen schnitten die untersuchten Produkte mindestens gleichwertig ab. Aufgrund der Zwischenergebnisse der noch andauernden Freibewitterungsversuche an ausgelagerten Proben kann erwartet werden, dass die untersuchten Produkte nach erfolgreichem Ablauf der Versuche von der Bundesanstalt für Straßenwesen uneingeschränkt zugelassen werden, sofern alle weiteren Anforderungen nach den dann gültigen technischen Regelwerken erfüllt sind.

Zusätzlich wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens für die neuartigen Produkte die Möglichkeit der Schnittflächenbeschichtung mittels Laser untersucht, um den Korrosionsschutz an den Schnittflächen zu verbessern. Wege zur Erhöhung der Prozessgeschwindigkeit, u. a. durch Zweistrahltechnik, d.h. gleichzeitigen Einsatz von zwei hintereinander wirkenden Laserstrahlquellen, wurden aufgezeigt und die Darstellbarkeit von Prozessgeschwindigkeiten bis zu ca. 60 m/min, die den typischen Prozessgeschwindigkeiten in Bandverzinkungsanlagen entsprechen, nachgewiesen. Die erzeugten Schichtdicken gewährleisteten einen ausreichenden Korrosionsschutz. Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung zum Lasereinsatz zeigt allerdings, dass sich aufgrund der hohen Anlagenkosten die Umsetzung in die Praxis auf absehbare Zeit als schwierig erweisen wird.

Das Forschungsvorhaben wurde am Lehrstuhl für Stahlbau, RWTH Aachen, dem Institut für Eisenhüttenkunde, RWTH Aachen, und dem Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Aachen, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 384 Seiten und enthält 489 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 46,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-13-5.

### **Anwendungsmöglichkeiten von Stahlfeinblechen mit neuartigen Zink-Magnesium-Legierungsüberzügen (Projekt 509)**

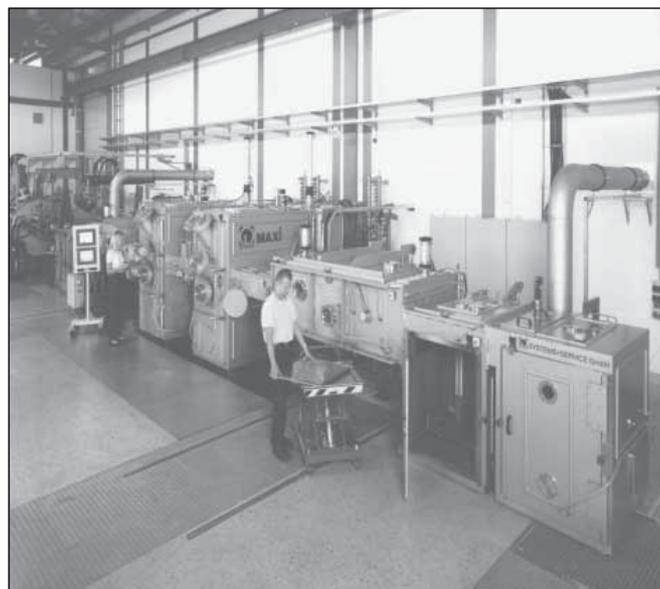
Mit der Einführung verzinkter Bleche bietet die Stahlindustrie seit vielen Jahren ihren Kunden Produkte mit einer erheblich verlängerten Lebensdauer an. Doch nicht nur für den Korrosionsschutz allein sind funktionelle Beschichtungssysteme entwickelt worden, sondern viele metallische Überzüge dienen auch der Verbesserung der Verarbeitungseigenschaften oder erfüllen dekorative Zwecke.

Bekannt ist die gute Korrosionsbeständigkeit von Spritzgussteilen aus Zn-Mg-Legierungen, so dass es wiederholt Versuche gab, entsprechende Überzüge auf Stahlfeinbleche zu applizieren. Zur Applikation derartiger Schichten auf unbeschichtetem oder verzinktem Stahlfeinblech bieten sich vor allem PVD-Vakuumbeschichtungsverfahren (Physical Vapor Deposition) an. Mit diesen Verfahren können sowohl gezielt Verteilungsgradienten im Schichtaufbau als auch gleichmäßig extrem dünne Schichten erzeugt werden. Mit speziell abgestimmten Mehrschichtsystemen ist es möglich, gleichzeitig mehreren Anwendungsprofilen gerecht zu werden.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens zur Erprobung von auf feuerverzinktem Feinblech aufgedampften Zn-Mg-Überzügen wurde beim Fraunhofer-Institut für Elek-

tronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP) eine neu aufgebaute Inline-Vakuum-Pilot-Beschichtungsanlage eingesetzt, mit der große Probetafeln (500 mm x 500 mm) ein- oder beidseitig bedampft werden können. Dies eröffnete die Möglichkeit, umfangreiches Probenmaterial für notwendige anwendungstechnische Untersuchungen bereitzustellen und die Grundlagen für die Anwendungstechnik der neuartig beschichteten Bleche zu schaffen. Im Hinblick auf die vielen Anwendungsbereiche für optimal beschichtete Bleche (Bauwesen, Hausgeräteindustrie, Phonoindustrie, Automobilindustrie und deren Zulieferbetriebe) konnten somit wichtige Beanspruchungen wie z. B. erhöhte Korrosionsbeständigkeit, verbesserte Fügbarkeit und Lackierbarkeit sowie die Eignung zum Umformen überprüft werden.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens haben gezeigt, dass durch Kombination der herkömmlichen Feuerverzinkung und der Vakuum-Bedampfungstechnik (PVD) hochkorrosionsbeständige Zn-Mg-Legierungsüberzüge mit viel versprechenden Eigenschaften erzeugt werden können. Das System Zn-Mg vereinigt ausgezeichnete Korrosionseigenschaften mit gutem Verarbeitungsverhalten. Dies konnte insbesondere auch in den praxisspezifischen Prüfungen an einem Bauteil aus der Automobilindustrie (Verstärkung Wischerachse) nachgewiesen werden.



Die Versuche in der Pilotanlage zeigten insgesamt gesehen eine gute Reproduzierbarkeit sowohl bei der Herstellung der bedampften Probetafeln als auch bei deren Eigenschaftswerten sowie das Potenzial des Verfahrens für eine Aufskalierbarkeit in einem kontinuierlichen Prozess.

Ein gegebenenfalls in Betracht kommender nächster Schritt soll die Überprüfung der Aufskalierbarkeit auf industrielle Maßstäbe unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit des Beschichtungsprozesses sein.

Das Forschungsvorhaben wurde von der BMW AG, Dingolfing, der DOC Dortmunder Oberflächencentrum GmbH, Dortmund, dem Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, Dresden, der OCAS N.V., Zelzate, der Salzgitter Flachstahl GmbH, Salzgitter, dem Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf und der voestalpine Stahl GmbH, Linz, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 224 Seiten und enthält 177 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 36,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-11-9.

### **Entwicklung von Berechnungsmodellen zur Abschätzung der Verformung geklebter dünnwandiger Stahlbauteile in Leichtbaukonstruktionen während der Wärmeaushärtung (Projekt 513)**

Im modernen Fahrzeugbau und insbesondere im Karosseriebau ist die Klebtechnik als flächiges Fügeverfahren aufgrund des möglichen Steifigkeitsgewinns sowie der Verringerung der Korrosionsgefahr infolge der Dichtwirkung weit verbreitet. Das Kleben bietet hier bei Stahlblechen geringer Dicke und hoher Festigkeit die Möglichkeit, einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung der Fahrzeuggewichte zu leisten. Die Herstellung einer Klebverbindung gliedert sich in verschiedene Einzelschritte, die das Eigenschaftsprofil der Klebverbindung bestimmen. Einen wesentlichen Einfluss auf die Eigenschaften hat der Vernetzungsprozess des Klebstoffs.

Die Simulation der aus der Fertigung resultierenden Verformungen infolge der Eigenspannungen in der Klebschicht war Gegenstand der Untersuchungen. Als Gründe für den Eigenspannungsaufbau sind die unterschiedliche thermische Ausdehnung der Fügepartner sowie die reaktionsbedingte Volumenänderung der Klebstoffe während der Vernetzung zu nennen. Zur Simulation der auftretenden Verformungen im Fertigungsprozess ist es erforderlich, den Klebstoff unter Berücksichtigung seiner Reaktionskinetik temperatur- und zeitabhängig zu beschreiben.

Zur Beschreibung der viskoelastischen Eigenschaften während der Vernetzung wurde chemo- und thermo-rheologisch einfaches Materialverhalten für die untersuchten Klebstoffe angenommen. Die Modellierung des mechanischen Verhaltens erfolgte unter der Annahme, dass ein merklicher Spannungsaufbau erst nach dem Erreichen des Gelpunktes des Klebstoffs eintritt; ein Spannungsaufbau vor dem Gelpunkt wird vernachlässigt.

Zur Untersuchung des Einflusses des temperatur- und vernetzungsbedingten Klebstoffschrumpfes auf das „lokale“ Verformungsverhalten von Stahlblechverbindungen wurde die Jochprobe verwendet. Der Einfluss von

Fügeteilrelativbewegungen im Fertigungsprozess wurde anhand eines Schiebedachdeckels aus Stahl untersucht.

Bei der Berechnung „globaler“ Verformungen am Beispiel des Schiebedachdeckels hat sich als wesentlicher Einflussparameter die örtlich-zeitliche Temperaturverteilung im Bauteil herausgestellt. Die berechnete Verformung ist im wesentlichen von den gewählten Temperaturrandbedingungen abhängig. Hier ist es wünschenswert, die Temperaturverteilung über eine vorgeschaltete Wärmeleitungsanalyse zu bestimmen und als Eingangsgröße für die weitere Simulation zu nutzen.

Die dargestellten Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass eine Simulation großflächiger Blechbauteile und die aus der Warmaushärtung des Klebstoffs resultierenden Verformungen durch ein „Einschalten“ der Klebschichtelemente in der FEM möglich ist. Voraussetzung hierfür ist, dass der Klebstoff in der Aufheizphase sehr spät oder erst in der isothermen Haltephase den Gelpunkt erreicht und in der Haltephase vollständig aushärtet. Eine Abschätzung der mechanischen Klebstoffeigenschaften für ein beliebiges Temperaturprofil ist unter Verwendung von Zeit-Temperatur- und Zeit-Vernetzungsdichte-Superposition möglich.

Das diese Arbeiten begleitende Forschungsvorhaben wurde am Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik der Universität Paderborn aus Mitteln der Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen, durchgeführt.

Der Forschungsbericht umfasst 140 Seiten und enthält 96 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-15-1.

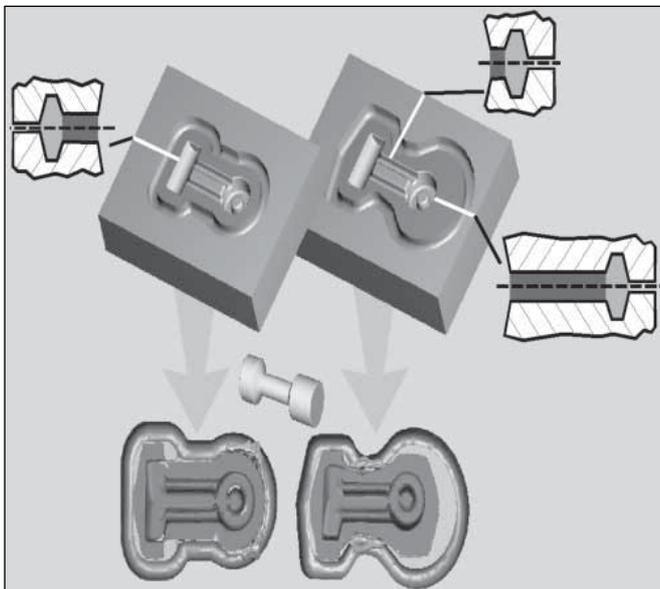
### **Werkstoffflußsteuerung durch optimierte Auslegung einer im Umlauf variierenden Gratgeometrie (Projekt 549)**

Mit dem Fertigungsverfahren Schmieden lassen sich Bauteile mit guten mechanischen Eigenschaften in hohen Stückzahlen verhältnismäßig kostengünstig fertigen. Dennoch steht auch dieses Fertigungsverfahren unter dem ökonomischen Druck einer Vielzahl konkurrierender Verfahren. Denn abgesehen von der Qualität des Bauteiles sind für den Kunden die Kosten der entscheidende Faktor bei der Vergabe von Fertigungsaufträgen. Deshalb gilt es, das Ziel zu verfolgen, Bauteile mit hoher Qualität noch günstiger zu fertigen.

Zur Verbesserung der ökonomischen Randbedingungen bietet sich im Schmiedeprozess insbesondere die Reduzierung von Umformkraft und Einsatzmasse an, da sich diese Faktoren letztlich in hohem Maße in den Gesamtkosten der Bauteile widerspiegeln.

Grundsätzlich besteht durch das Präzisionsschmiedeverfahren zwar die Möglichkeit, Schmiedeteile ohne

Werkstoffüberschuss zu fertigen, für viele Bauteile ist das jedoch nur schwierig umsetzbar. So wird aufgrund der Kombination technologischer und wirtschaftlicher Einflussgrößen der überwiegende Anteil geschmiedeter Bauteile mit einem Werkstoffüberschuss gefertigt. Dieser überschüssige Anteil muss zwischen den formgebenden Gesenken über die so genannte Gratbahn abfließen. Die Auslegung der Gestalt dieser Gratbahn besitzt wesentlichen Einfluss auf die Werkzeugbeanspruchung, das Fließgeschehen innerhalb der Gravur und den erforderlichen Werkstoffüberschuss. Da das Fließverhalten bei komplexen Schmiedeteilen nicht konstant ist, bietet es sich an, die Gratbahn variabel entsprechend der Fließbedingungen zu konzipieren. Gegenwärtig basiert die Gestaltung überwiegend auf individuellen Erfahrungswerten. Systematische Auslegungsmethoden und Lösungen zur Unterstützung des Konstruktionsprozesses innerhalb von CAD-Systemen bestehen bislang nicht.



Im Rahmen dieses Vorhabens wurden verschiedene Methoden zur Auslegung variabler Gratgeometrien entwickelt. Um den höheren Gestaltungsaufwand variabler Gratgeometrien zu kompensieren, wurden zudem in unterschiedlichen CAD-Systemen Modellierungskonzepte zur Vereinfachung und teilweisen Automatisierung der Gratbahnkonstruktion entwickelt. Zur Verifikation der positiven Auswirkungen variabler Gratbahnen auf die Einlegemasse respektive Umformkraft wurden iterativ variable Gratbahnen für Schmiedewerkzeuge konzipiert, mit Hilfe der FEM-Simulation (Finite Element Methode) überprüft und die analysierten Verbesserungen anhand durchgeführter Probeschmiedungen belegt.

Das Forschungsvorhaben wurde am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Universität Hannover durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

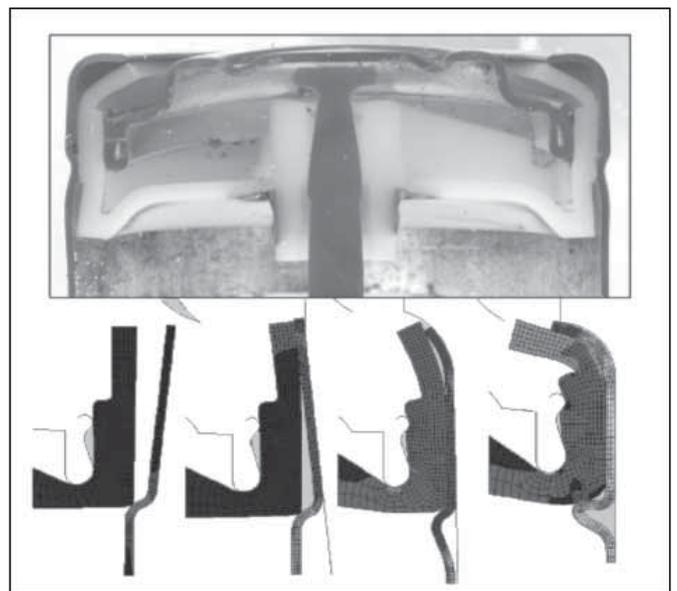
Der Forschungsbericht umfasst 110 Seiten und enthält 72 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-01-1

## Bördeln dünnwandiger Stahlblechkomponenten (Projekt 540)

Ziel des Forschungsvorhabens war es, Batterien mit zunehmend höherer speicherbarer Energiemenge unter Verringerung des Gewichts und Volumens des Batteriebeckens zu entwickeln und dabei den für die Batterieherstellung wichtigen Bördelvorgang zu optimieren. Die einzusetzenden äußeren Baugrößen sind durch den vorhandenen Einbauraum in den Geräten fest vorgegeben, so dass eine Leistungssteigerung durch Volumenzunahme nur durch eine Verringerung der Wanddicke der Batteriebecher ermöglicht werden kann. Die angestrebte Reduzierung der Blechdicke führt infolge der Volumenzunahme zu einer Leistungssteigerung der Batteriekapazität um bis zu 12 %.

In dem Forschungsvorhaben wurde der Bördelvorgang an unterschiedlichen Becherwerkstoffen mit den Wanddicken 0,18 mm, 0,15 mm sowie 0,13 mm durchgeführt. Dabei wurde er systematisch analysiert, um die auf ihn wirkenden Einflussgrößen zu identifizieren und durch Modifikationen, z.B. an der Werkzeuggeometrie, dünnere Blechwerkstoffe prozesssicherer zu bördeln.

Mit Hilfe des FEM-Programmpaketes ABAQUS wurde der Bördelvorgang simuliert. In der Simulation wurden einzelne Parameter, wie z.B. die Werkzeuggeometrie, gezielt variiert, um so deren Einfluss auf den Bördelvorgang abschätzen zu können.



Die Ergebnisse aus den experimentellen und den FEM Analysen haben gezeigt, dass Batterien mit einer Becherwanddicke von 0,13 mm im Laborbetrieb realisiert werden können.

Die Simulationsrechnungen mit variierten Werkzeuggeometrien haben weiterhin ergeben, dass die Geometrien der eingesetzten Werkzeuge bereits ein Optimum im technisch relevanten Bereich darstellen. Mit dem eingesetzten Bördelverfahren kann bei Verwendung einer neu entwickelten flachen Dichtung und einer Becherwanddicke von 0,13 mm nach derzeitigem Kenntnisstand ein stabiler Produktionsprozess nicht garantiert werden.

Das Forschungsvorhaben wurde am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 90 Seiten und enthält 58 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-16-X.

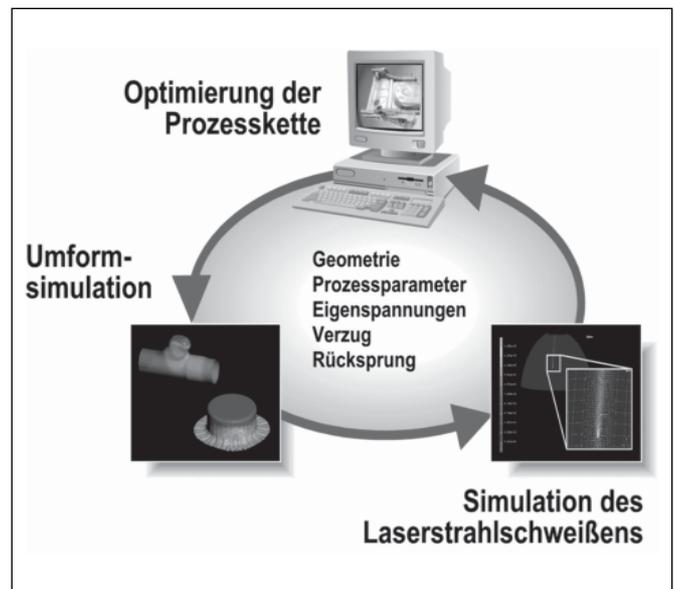
### **Simulationsgestützte Optimierung der Prozesskette Umformen - Laserstrahlschweißen (Projekt 567)**

Innovative Fertigungstechnologien im Bereich der Umformtechnik, z.B. das Innenhochdruck-Umformen (IHU), und im Bereich der Füge­technik, z.B. das Laserstrahlschweißen, ermöglichen die Herstellung von funktionalen Strukturelementen im Leichtbau. Vor allem beim Einsatz höher- und hochfester Stähle kommen die Vorteile der genannten Verfahren, wie eine Steifigkeitserhöhung trotz Reduktion von Gewicht, zum Tragen. Die Anforderungen der Industrie an die Wirtschaftlichkeit der Herstellung, die Belastbarkeit und die Gewichtsreduktion von Bauteilstrukturen erfordern weitere Innovationen auf dem Gebiet der Fertigungstechnologien. Die Kombination der genannten Verfahren bietet in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, die spezifischen Vorteile der einzelnen Fertigungsschritte, wie z.B. die hohe Automatisierbarkeit, innerhalb einer Prozesskette zu nutzen.

Als Hilfsmittel zur Betrachtung der Auswirkung des Prozesses auf das bearbeitete Bauteil dient die numerische Simulation auf Basis der Finite-Elemente-Methode (FEM). Die Zielsetzung der Simulation des Umformens besteht vor allem in der Untersuchung der Prozessparameter und der Analyse der Machbarkeit der einzelnen Umformschritte. Die Schweißsimulation dient zur Ermittlung des Bauteilverzugs infolge des Wärmeeintrags in das Bauteil. Bisher bestehen auch auf Grund der unterschiedlichen Zielsetzungen und Methoden der jeweiligen Prozesssimulationen noch keine Integrationsmöglichkeiten. Damit ist eine ganzheitliche Betrachtung in der Simulation erschwert. Die hohen Belastungen, die sich nach dem Umformprozess als Eigenspannungen in einem umgeformten Halbzeug befinden, beeinflussen das Verhalten des Bauteils im weiteren Verlauf der Fertigungskette erheblich. Beim Laserstrahlschweißen wird das innere Gleichgewicht der Eigenspannungen durch die Strahl-Stoff-Wechselwirkungen des Bauteils mit dem Laserstrahl gestört. Dadurch wird die innere Energie teil-

weise in eine Deformation des Werkstoffes umgewandelt. Diese Deformation hat in hohem Maße Einfluss auf den Verzug durch das Schweißen.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde eine Methodik entwickelt, um Ergebnisse der Simulation des IHU-Prozesses in die Simulation des Laserstrahlschweißens zu transferieren. Dazu wird das Resultat der Umformsimulation als Ausgangszustand in die Schweißsimulation implementiert. Um einen stabilen Spannungszustand als Initialzustand in der Schweißsimulation zu erhalten, wurde ausgehend vom Spannungszustand im letzten Schritt der Umformsimulation ein Dehnungstensor generiert, der den geforderten Spannungszustand hervorruft.



Die Ergebnisse beispielhafter Simulationsberechnungen zeigen eine deutliche Verbesserung der Genauigkeit durch die integrierte Betrachtung der beiden Verfahren IHU und Laserstrahlschweißen im Gegensatz zu einer bloßen Verzugssimulation des Schweißens. Tendenzen werden teilweise bei komplexen Strukturen erst durch die Verwendung der Integrationsmethodik ersichtlich. Allerdings sind quantitative Aussagen zur Deformation der Struktur durch die eingebrachte Laserenergie unter Verwendung numerischer Verfahren und stark abstrahierter Modelle, etwa die Modellierung der Einspannung oder der Wärmequelle, derzeit noch nicht möglich.

Das Forschungsvorhaben wurde vom Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz, gemeinsam mit dem Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH, durchgeführt. Eine finanzielle Förderung erfolgte durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen.

Der Forschungsbericht umfasst 106 Seiten und enthält 94 Abbildungen/Tabellen. Schutzgebühr: € 25,50 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 3-937567-17-8.

## Zur Information:

### Wechsel in der Geschäftsführung der FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V.

Dr.-Ing. Franz-Josef Floßdorf, seit 2001 Geschäftsführer der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. und gleichzeitig langjähriger Hauptabteilungsleiter des Fachbereiches Werkstofftechnik/Prüftechnik des Stahlinstituts VDEh hat im November 2004 sein 65. Lebensjahr vollendet und wird zum Ende dieses Jahres in den altersbedingten Ruhestand gehen.



Am 1. Januar 2005 tritt Dr.-Ing. Hans-Joachim Wieland, Jahrgang 1953, seine Nachfolge in beiden Funktionen an. Dr. Wieland studierte nach Abitur und Grundwehrdienst bis 1981 Werkstoffwissenschaften im Hüttenwesen an der RWTH Aachen. Anschließend war er an dieser Hochschule bis 1986 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Eisenhüttenkunde und am Gemein-

schaftslabor für Elektronenmikroskopie. Die Arbeiten dort schloss er mit der Promotion ab. Seit 1986 arbeitet er im Stahlinstitut VDEh im Fachbereich Werkstofftechnik/Prüftechnik, zuletzt als stellvertretender Hauptabteilungsleiter und auch als Geschäftsführer der im Fachbereich geführten Forschungsvereinigungen „Warmfeste Stähle“ und „Hochtemperaturwerkstoffe“.

Dr. Wieland wird zusätzlich zu seinen Aufgaben als Geschäftsführer der FOSTA ebenfalls die Leitung des Fachbereiches Werkstofftechnik/Prüftechnik des Stahlinstituts VDEh ausüben. Dadurch werden die beiden Tätigkeitsbereiche auch in Zukunft kompetent und eng verbunden sein sowie Synergien zwischen ihnen genutzt werden können.

## Veranstaltungen

### 5. Kolloquium Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik 15. und 16. Februar 2005 in Düsseldorf

Zu diesem Kolloquium laden die Veranstalter DECHEMA - Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V., Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., Forschungsvereinigung e.V. des DVS und FOSTA-

Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. unter Mitwirkung der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. und des Industrieverbandes Klebstoffe e.V. ein.

In den fachlich gegliederten Teilen des Kolloquiums werden Forschungsvorhaben zu den Schwerpunkten Kleben im Automobilbau, Kleben in der Fertigung, Kleben im Bauwesen, Normung sowie Qualität und Prüftechnik vorgestellt.

Ziel des Kolloquiums ist es, sowohl den aktuellen Stand der klebtechnischen Forschung in einer Veranstaltung gebündelt zu dokumentieren, als auch einen Ausblick in die Zukunft zu geben. Nicht zuletzt deshalb ist im Rahmen des Programmablaufs neben den Vorträgen auch genügend Zeit für den direkten Erfahrungsaustausch zwischen allen Beteiligten vorgesehen.

Das ausführliche Programm steht zur Verfügung und kann bei der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (Fax-Nr. +49 (0) 211 / 6707-840) angefordert werden. Darüber hinaus kann es im Internet unter: [www.stahlforschung.de](http://www.stahlforschung.de) abgerufen werden.

### 20. Aachener Stahlkolloquium Werkstofftechnik Zukunft für Stahl - Stahl ist Zukunft

Am 17. und 18. März 2005 findet im Eurogress Aachen das 20. Aachener Stahlkolloquium statt; entsprechend dem traditionellen dreijährigen Turnus zwischen Metallurgie, Umformtechnik und Werkstofftechnik liegt der diesjährige Schwerpunkt auf der Werkstofftechnik. Das gemeinsam von den Instituten für Eisenhüttenkunde und Bildsame Formgebung veranstaltete Kolloquium dient als Informations- und Diskussionsforum für Fachleute aus Industrie und Forschung. Das 20. ASK steht unter dem Motto: Zukunft für Stahl - Stahl ist Zukunft und soll damit auf phantasievolle neue Aspekte der Werkstoffentwicklung, -verarbeitung und -anwendung aber auch der Forschungsorganisation und -gestaltung eingehen.

In den Einführungsvorträgen wird über Ziele und Umsetzung der Stahlforschung berichtet. Die Themenschwerpunkte Stähle für die Kaltumformung, Stähle für Strukturen, Modellierung für die Stahlientwicklung, Stähle für eine Wärmebehandlung sowie Visionen für Stahl umfassen ein breites Spektrum wissenschaftlich-technischer Aktivitäten.

Referenten aus Industrie und Forschung werden zum Motto der Veranstaltung Stellung beziehen. Außerdem werden neue Forschungsergebnisse der RWTH Aachen vorgestellt. Eine Posterausstellung im Foyer des Eurogress ergänzt die Veranstaltung.

Das ausführliche Programm kann unter [www.iehk.rwth-aachen.de/ask](http://www.iehk.rwth-aachen.de/ask) abgerufen werden.

## Mitgliedsunternehmen der FOSTA stellen sich vor

# 3L<sup>®</sup>

Das Büro 3L Architekten- und Industriedesigner wurde 1989 von Veronika Lenze, Theodor Lenze und Klaus Luig in Menden gegründet. Die Dienstleistungen des Unternehmens spannen heute den weiten Bogen von der Projektentwicklung – der konzeptionellen Vorbereitung und städtebaulichen Überplanung von Grundstücken und der Überlagerung mit den Anforderungen von Investoren und Betreibern- über den Bau von Gebäuden bis zur Entwicklung von neuen Bauprodukten, die sich durch verbesserten Nutzen auszeichnen.

Bereits bei den ersten Projekten des Büros stellte sich heraus, dass lediglich ein ganzheitlicher Ansatz, der die Erfordernisse der Gestaltung der Technik und der Ökonomie vereint, dem Anspruch des jungen Teams gerecht wird.

Die Konsequenz aus dieser Grundhaltung ist die kontinuierlich betriebene Forschungs- und Entwicklung, die sich vor allem im Bereich der Anwendungsforschung bewegt. In den vergangenen Jahren wurden so erhebliche Verbesserungspotenziale insbesondere für den Einsatz des Werkstoffes Stahl im Bauwesenbereich erschlossen, die 3L unmittelbar mit den eigenen Projekten belegt.



Eine besondere Aufgabe war die Errichtung des 3L eigenen Bürogebäudes office 2015 in Menden, das als Forschungs- und Entwicklungsprojekt die Ansprüche der Gestalter mit den Notwendigkeiten der Finanzierbarkeit überlagern sollte. Der Anspruch an einen Umwelt schonenden Neubau, der kostengünstig höchste Designansprüche erfüllt, schien so unrealisierbar zu sein, dass das Land Nordrhein-Westfalen die Entwicklung des ehrgeizigen Projektes finanziell unterstützte.

Das Ergebnis kann sich sehen lassen ca. 1100 m<sup>2</sup> barrierefreie multifunktionale High-Tech Bürofläche sind entstanden, die sehr schnell errichtet wurden – Bauzeit lediglich 7 Monate- und deren Preis 30 % geringer ist, als der bei vergleichbaren Ausstattungsstandards erreichte. Das office 2015 Konzept hat sich als zukunftsweisend für das Unternehmen erwiesen. So werden heute bundesweit interessante und innovative Bauvorhaben im Neubau und im Bauen im Bestand realisiert. Darüber hinaus arbeitet das 30 köpfige 3L Team verstärkt im Ausland mit einem Schwerpunkt in Asien, wo Gebäude in extrem subtropischen Witterungslagen ohne Klimaanlage mit einem intelligenten Gebäudetechnikkonzept realisiert werden.

Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Veronika Lenze  
Dipl.-Ing. Klaus Th. Luig  
3 L Architekten Industriedesigner  
Horlecke 46, 58706 Menden  
Tel.: +49(0)2373/938350  
Fax: +49(0)2373/938399  
E-mail: info@3-l.de, www.3-l.de

## Hinweis auf die Einladung zum

### 5.Stahl-Symposium Werkstoffe, Anwendung, Forschung 13. April 2005, Düsseldorf Stahl- und Stahlverbundbau

Die Anmeldung zum 5. Stahl-Symposium kann durch das Verwenden des Anmeldeformulars (kopieren oder abtrennen) auf der letzten Seite dieser Ausgabe erfolgen. Bitte senden Sie das Anmeldeformular an:  
Fax: +49(0)211-6707-840

Die zu den beschriebenen Forschungsthemen gehörenden wie auch alle anderen bisher herausgegebenen Berichte können gegen Entrichtung einer Schutzgebühr bezogen werden von:

Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH  
Postfach 10 51 27  
40042 Düsseldorf  
Fax-Nr. +49(0)211-6707-129

#### Impressum

Herausgeber:  
Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.  
Postfach 10 48 42  
40039 Düsseldorf  
Tel.: +49(0)211-6707-856  
Fax: +49(0)211-6707-840  
Internet: www.stahlforschung.de  
E-mail: fosta@stahlforschung.de

## 5. Stahl-Symposium 13. April 2005, Düsseldorf Stahl- und Stahlverbundbau Ergebnisse aus Forschung und Anwendung

Der Einsatz von Stahlerzeugnissen im Bauwesen hat eine lange Tradition. Sowohl in der architektonischen Gestaltung als auch in der Konstruktion lassen sich mit dem Werkstoff Stahl umfassende Lösungen realisieren.

Die Anwendungsforschung im Bauwesen leistet einen wesentlichen Beitrag zur kontinuierlichen Optimierung dieser Lösungen und zur Einführung von innovativen neuen Konstruktionen mit Stahl. Somit trägt sie erheblich zur Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit des Stahl- und Stahlverbundbaus gegenüber Bauweisen mit anderen Werkstoffen bei.

Die Vorträge spiegeln das ineinander greifen von Forschung und Anwendung wider. Es wird über verschiedene abgeschlossene Forschungsvorhaben der FOSTA aus den Bereichen Brückenbau und Hochbau in Stahl- und Verbundbauweise berichtet. Die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben finden entweder in Bemessungsvorschriften für die Praxis oder in konkreten Bauvorhaben ihre direkte Anwendung. Weiterhin wird die Vielseitigkeit des Werkstoffs Stahl anhand verschiedener Einsatzmöglichkeiten von Stahlerzeugnissen im Bauwesen dargestellt.

Neben der Möglichkeit zur Diskussion aktueller Forschungsthemen, stellt das Stahl-Symposium eine ideale Plattform zum Austausch von Erfahrungen unter Fachleuten dar. Die Veranstaltung wird von der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. und dem Werkstoffausschuss des Stahlinstituts VDEh organisiert.

Es wird um Anmeldung mit der beigefügten Antwortkarte bis spätestens zum 01. April 2005 gebeten. Nach Eingang der Anmeldung werden Ihnen die Bestätigung und die Rechnung übersandt. Die Teilnahmegebühr ist erst nach Erhalt der Bestätigung und Rechnung auf das in der Rechnung angegebene Konto zu überweisen. Bei Nichtteilnahme wird die Teilnahmegebühr nicht erstattet.

Veranstaltungsort:  
Stahl-Zentrum Düsseldorf,  
Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf

## Programm

- |       |  |       |  |
|-------|--|-------|--|
| 10.00 | <b>Begrüßung und Moderation</b><br>Dr.-Ing. Volker Schwich,<br>Salzgitter AG Stahl und Technologie, Salzgitter   | 12.45 | Mittagspause   |
| 10.10 | <b>Effiziente Nachweisführung beulgefährdeter Querschnitte mit Längssteifen im Brückenbau (FOSTA - Forschungsvorhaben)</b><br>Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann,<br>Universität Stuttgart,<br>Institut für Konstruktion und Entwurf                           | 13.30 | Zum Einfluss der Torsionseffekte auf die Tragfähigkeit von Stahlprofilen<br>(FOSTA - Forschungsvorhaben)<br>Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Gerhard Sedlacek,<br>RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau  |
| 10.35 | <b>Untersuchungen zum verstärkten Einsatz von Stahlverbundkonstruktionen bei Brücken kleiner und mittlerer Stützweiten (FOSTA - Forschungsvorhaben)</b><br>Dipl.-Ing. Victor Schmitt,<br>Schmidt Stumpf Frühaur Ingenieurgesellschaft im Bauwesen, München | 13.55 | <b>Stahltragwerke im Wohnungsbau - Bauphysikalische Lösungen und weiterführende Gedanken hinsichtlich Exportmöglichkeiten</b><br>Dipl.-Ing. Hans-Ulrich Batzke,<br>Rudolstädter Stahlbau GmbH, Rudolstadt  |
| 11.00 | <b>Wirtschaftliches Bauen von Straßen- und Eisenbahnbrücken aus Stahlhohlprofilen (FOSTA - Forschungsvorhaben)</b><br>Dr.-Ing. Stefan Herion,<br>Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine,<br>Universität Karlsruhe                                      | 14.20 | <b>Bemessungshilfen für die Anwendung des Eurocode 3</b><br>Prof. Dr.-Ing. Dieter Ungermann,<br>Universität Dortmund, Lehrstuhl für Stahlbau   |
| 11.25 | <b>Kaffeepause</b>   | 14.45 | <b>Kaffeepause</b>   |
| 11.45 | <b>Einsatzgebiete von DAVEX Trägern im Bauwesen</b><br>Dipl.-Ing. Mario Schmidt,<br>ThyssenKrupp DAVEX GmbH, Gelsenkirchen   | 15.05 | <b>Salle de Concert, Luxembourg</b><br>Schwingungsgedämpfte Stahlstützen und neuartige Fassade<br>Dipl.-Ing. Gernot Wolperding,<br>Spannerbund - Gesellschaft für Verbundträger mbH, Waldems<br>Betriebswirt Ingo Miletic<br>Claus Queck GmbH, Düren |
| 12.05 | <b>Stahleinsatz im Bauwesen</b><br>PD Dr.-Ing. Matthias Niemeyer,<br>Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter  | 15.30 | <b>Lasteinleitung bei ausbetonierten Hohlprofilverbundstützen mit normal- und hochfesten Betonen (FOSTA - Forschungsvorhaben)</b><br>Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hanswille,<br>Universität Wuppertal, Institut für Stahlbau und Verbundkonstruktionen     |
| 12.25 | <b>Verwendung von Trägern im Stahlgeschossbau unter Berücksichtigung der Brandschutzanforderungen</b><br>Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Marc Blum,<br>Arcecor Long Commercial Deutschland GmbH,<br>Köln   | 15.55 | <b>Ende der Veranstaltung</b>  |

FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.  
Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf  
Fax: +49 (0) 211/67 07 840

**Anmeldung zum**

**5. Stahl-Symposium -  
Werkstoffe, Anwendung, Forschung  
Stahl- und Stahlverbundbau  
Ergebnisse aus Forschung und Anwendung**

Mittwoch, 13. April 2005, 10.00 Uhr  
Stahl-Zentrum, Sohnstr. 65, Düsseldorf

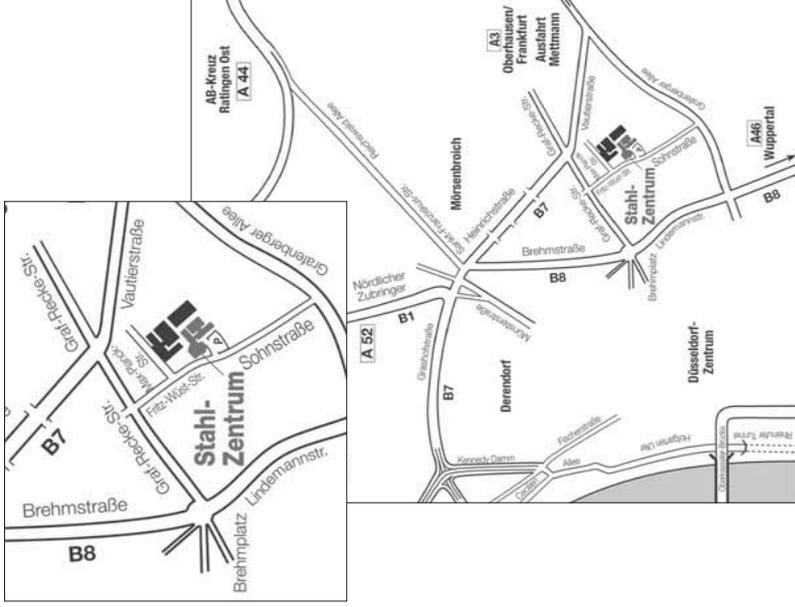
Die Teilnahmegebühr (MwSt.-frei) beträgt 95,00 € pro Person und schließt die Tagesverpflegung (Kaffeepausen und Mittagessen) ein. Für Schüler und Studenten ist die Veranstaltung kostenfrei.

**Anmeldeschluss: 01. April 2005**

Name: \_\_\_\_\_  
Vorname: \_\_\_\_\_  
Firma: \_\_\_\_\_  
Anschrift: \_\_\_\_\_  
Telefon: \_\_\_\_\_  
Fax: \_\_\_\_\_  
E-Mail: \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_ Stempel/ Unterschrift \_\_\_\_\_

Zufahrt zum Stahl-Zentrum, Sohnstr. 65, Düsseldorf



Einladung zum  
**5. Stahl-Symposium -  
Werkstoffe, Anwendung,  
Forschung**  
13. April 2005, Düsseldorf



**Stahl-Zentrum**

FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.  
Werkstoffausschuss des Stahlinstituts VDEh

Stahl-Zentrum • Sohnstraße 65 • 40237 Düsseldorf  
Tel +49(0)211-67 07-856 Fax +49(0)211-67 07-840  
E-Mail: [foستا@stahlforschung.de](mailto:foستا@stahlforschung.de)  
Internet: [www.stahlforschung.de](http://www.stahlforschung.de)



Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.  
Werkstoffausschuss des Stahlinstituts VDEh  
im Stahl-Zentrum