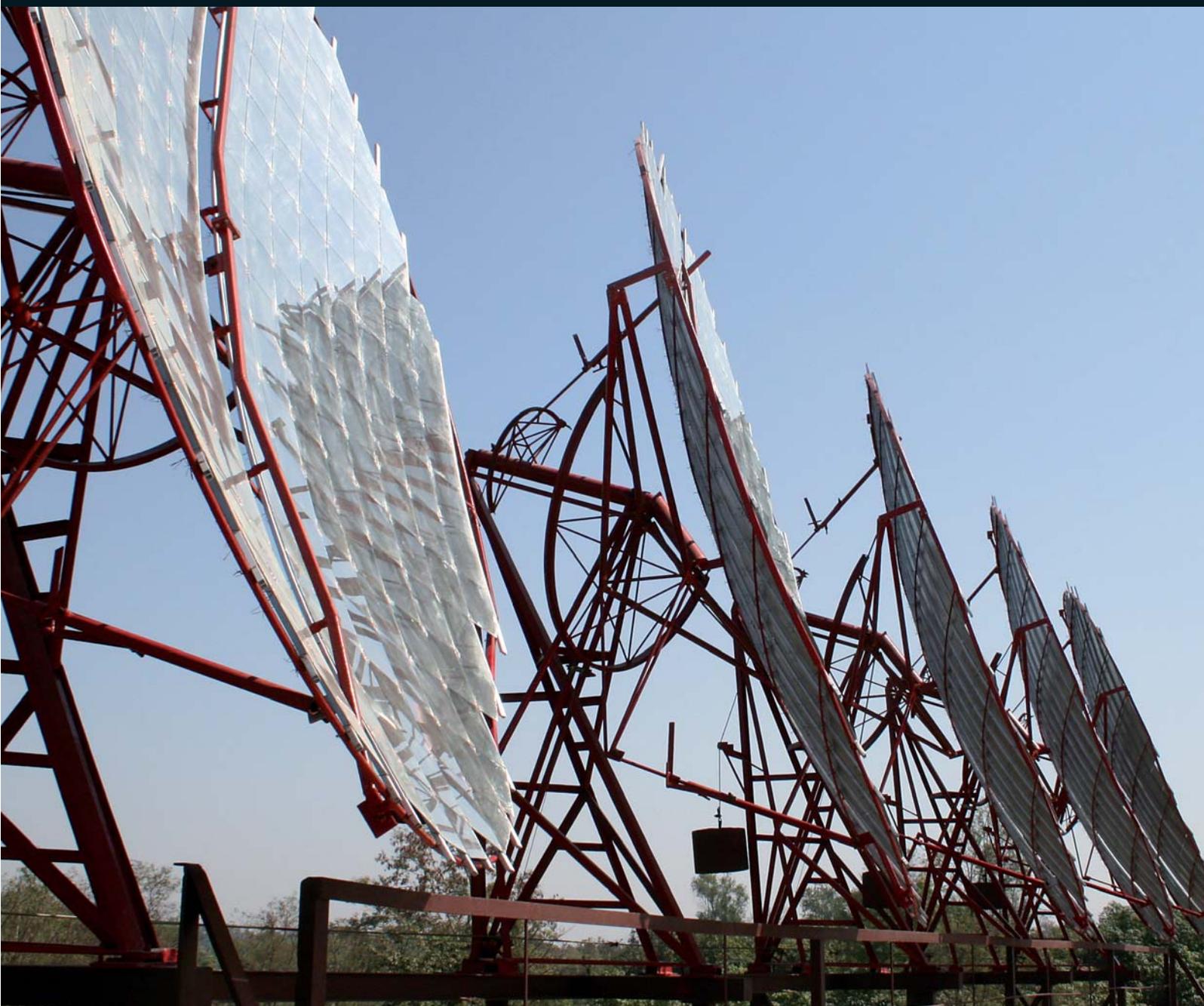


TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG
INSTITUT FÜR FÜGE- UND SCHWEISSTECHNIK

report ifs

AUSGABE 1. HJ 2009



HIGHLIGHTS

ifs goes India – Fügetechnik für erneuerbare Energien

Modularisierung und Leichtbau durch Speed-Bonding
in der Montage

Elektronenstrahlschweißen von Aluminum-Druckguss



Nein – über die Krise will ich nicht sprechen. Erstens wird zurzeit nur noch darüber gesprochen und zweitens haben die negativen Auswirkungen das *ifs* bisher nicht erreicht. Dies kann sich in der Zukunft ändern, wir sind aber darauf eingestellt.

Ich möchte, da meine zweijährige Amtszeit als Dekan der Fakultät für Maschinenbau der TU Braunschweig gerade zu Ende gegangen ist, die Gelegenheit nutzen, einige Gedanken zur Entwicklung der Fakultät und des Instituts im Hinblick auf Forschung und Lehre zu äußern.

Für die TU im Gesamten und die Fakultät im Speziellen stellt sich die derzeitige Situation sehr positiv dar. Die Schwerpunkte Kraftfahrzeugtechnik, Luft- und Raumfahrttechnik und Lebenswissenschaften haben durch die Bildung der entsprechenden Zentren (Niedersächsisches Zentrum für Fahrzeugforschung NFF, Campus Forschungsflygflughafen und Zentrum für Systembiologie BRICS) erheblich Fahrt aufgenommen. Die *ifs*-Forschungsarbeiten (Leichtbaustrukturen) zum „Bürgernahen Flugzeug“ sind nur ein Beispiel dafür.

Auch die NTH nimmt Formen an. Hier starten bald die ersten gemeinsamen Projekte und die Fakultät schließt demnächst die gemeinsame Entwicklungsplanung mit den Fakultäten in Clausthal und Hannover ab. Dies und die aufgeführte Schwerpunktbildung sind die Grundlage für exzellente Forschungsinitiativen und somit Voraussetzung für die Sicherung des Standorts auch in Krisenzeiten.

In der Lehre haben die gestiegenen Studierendenzahlen dazu geführt, dass durch die Integration dieser Studierenden in die Forschungsarbeiten, wieder mehr Freiheitsgrade möglich geworden sind. Die Bachelor- und Masterstudiengänge der Fakultät sind nun akkreditiert und akzeptiert. Wir erarbeiten derzeit die Inhalte für die Masterstudiengänge, die im WS 2010/2011 anlaufen. Eine Herausforderung werden zudem die doppelten Abiturjahrgänge zum WS 2011/2012 darstellen.

Ich hoffe, dass wir Ihnen wieder Neues und Interessantes aufzeigen konnten und wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen.

Klaus Dilger

Geschäftsführender Leiter
Uni.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Klaus Dilger

ifs goes india

Fügetechnik für erneuerbare Energien

Mit dem für Indien erwarteten Wirtschaftswachstum von ca. 8 % wächst auch der Energiebedarf stärker als in industrialisierten Ländern und würde bei Rückgriff auf fossile Energieträger die Weltklimabedingungen signifikant nachteilig beeinflussen. Aktuell wurde von der indischen Regierung ein Aktionsplan zum Kampf gegen den Klimawandel vorgestellt. Darin wird ein Schwerpunkt auf erneuerbare Energien wie Solarenergie gelegt, konkrete Ziele zur Reduzierung von Treibhausgasen fehlen aber. Die Industriestaaten verlangen von Indien und China, sich zum Abbau von Treibhausgasen zu bekennen. Die Regierung in Neu Delhi vertritt den Standpunkt, dass die Diskussion um den Klimawandel das Wirtschaftswachstum nicht behindern dürfe. Sie verweist regelmäßig darauf, dass der Pro-Kopf-Ausstoß in den Industriestaaten weit über dem in Indien liegt (dpa 2008). Eine durchgängige Energieversorgung ist

Der indische Staat sieht daher in der Nutzung von dezentralen, erneuerbaren Energieformen einen wichtigen und entscheidenden Beitrag zur Energieversorgung und damit auch zum stetigen wirtschaftlichen Wachstum des Landes. Premierminister Manmohan Singh betonte laut einer Mitteilung der Regierung erneut, dass Indien schnelles Wirtschaftswachstum benötige, um die Armut zu besiegen.

„Aber ich glaube auch, dass ökologisch nachhaltige Entwicklung nicht im Widerspruch zum Erreichen unserer Wachstumsziele stehen muss.“ Der Premierminister sagte: „Unsere Menschen wollen einen höheren Lebensstandard, aber sie wollen auch sauberes Trinkwasser, frische Luft zum Atmen und eine grüne Erde, auf der sie laufen können.“ Man werde Wissen und Gelder darin investieren, „Solarenergie zu einer ausgiebigen Energiequelle zu machen, um unsere Wirtschaft anzutreiben und das



Mitarbeiter des ifs und IWF der TU Braunschweig auf dem Messestand des BMBF auf der Internationalen Energie- und Technologiemesse in Bangalore. In der Mitte der Generalkonsul der Bundesrepublik Deutschland in Indien, Herr Friedrich Rahn.



Universitätsbesuch in Bangalore am „M...

eine wesentliche Voraussetzung für Wirtschaftswachstum. Allerdings ist die Energieversorgungssituation in Indien aufgrund der schwachen Infrastruktur in hohem Maße auf dezentrale Energieerzeugung und Bereitstellung angewiesen (60% der Landbevölkerung sind gegenwärtig entweder nicht oder sehr unzureichend über zentrale Stromversorgung an Elektrizität angeschlossen).

Leben unserer Menschen zu verändern.“ In Indien steht im Durchschnitt für 300 Tage pro Jahr ausreichend Solarenergie zur Verfügung. Erste Anwendungen auf diesem Gebiet geben der Hoffnung Anlass, dass mit geringem Kostenaufwand große Energiemengen über Solarthermie verfügbar gemacht werden können, dies aber nicht zur Warmwasserzeugung, sondern durch geeignete Techniken auch zur Erzeugung

elektrischer Energie. Zur wirkungsvollen Ausnutzung dieser Vorteile ist die Herstellung von Solarenergieanlagen auf industrielle Massenfertigung umzustellen, die die klimatischen und infrastrukturellen Bedingungen eines Schwellenlandes wie Indien angemessen berücksichtigt. Die hier geforderte Fertigungs- und Materialexpertise ist nach Meinung von Experten so gut wie ausschließlich in Deutschland zu finden. Um dieses Image in Indien zu stärken und um konkrete Kooperationen bzw. Projekte in diesem Themenfeld mit indischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu initiieren, hat das Institut für Füge- und Schweißtechnik zusammen mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) beim BMBF in der Ausschreibung „Umsetzung von Marketing-Maßnahmen im Zielland Indien“ im Rahmen der Initiative „Werbung für den Innovationsstandort Deutschland“ einen Antrag mit dem Titel „Produktionstechnologien für erneuerbare Energien (in Indien)“ gestellt. Dieser ist bewilligt worden und das zweijährige Projekt läuft seit dem 1. August 2008.

auf einem Messestand des BMBF auf der Internationalen Energie und Technologie-messe in Bangalore mit dem Projekt vertreten. Weiterhin wurden in Bangalore auch Firmen und Universitäten wie z. B. das „M.S. Ramaiah Institute of Technology“ besucht. In Mumbai wurde das IIT Bombay besucht um dort den Aufbau von einem Studierenden- und Wissenschaftleraus-tausch zu initiieren. In Valsad wurde die Fa. Gadhia Solar Energy Systems Pvt. Ltd. besucht um dort über die Weiterentwicklung ihrer Produktionstechnologien und ihrer Produkte zu sprechen. In diesem Zusammenhang wurde auch der Auftrag der Fa. Gadhia Solar Energy Systems Pvt. Ltd. an das ifs zu einem umfangreichen F&E-Projekt erteilt (siehe auch nachfolgender Artikel). Im zweiten Schritt sollen die aufgebauten Kooperationen ausgebaut und stabilisiert werden. Deshalb sind im Juli und September weitere Besuche in Indien geplant, um durch Workshops an indischen Universitäten sowohl diese, als auch lokale Firmen für gemeinsame Aktivitäten anzusprechen und zu gewinnen. Im Mittelpunkt stehen hier vor allem Themen im Bereich erneuerbare

Indien einen Markt für deutsche Technologien zu bereiten, die in der Lage sind, mit vorhandener oder leicht bereitzustellender Infrastruktur und unter Berücksichtigung des lokalen Arbeitsmarktes (Lohnniveau, Qualifizierung) qualitativ hochwertige Produkte zu erzeugen. Dies – gepaart mit dem weltweiten Vorsprung deutscher Ingenieurskunst auf dem Gebiet erneuerbarer Energien – ergibt nicht nur umweltpolitisch einen großen Vorteil, sondern garantiert Deutschland auch für Jahrzehnte einen hervorragenden Absatzmarkt für deutsche Technologie. Ziel ist also, deutsches Know-How bzgl. der Umsetzung modernster Produktionstechnologien mit der Infrastruktur (Menschen, Know-How, vorhandene Anlagen und Technologien, geringer Automatisierungsgrad) in Indien zu nutzen und die globale Klimaerwärmung durch Bereitstellung von neuartigen Herstelltechnologien für Solarenergieanlagen zu vermindern.

Die Homepage zu diesem Thema lautet: <http://www.tu-braunschweig.de/forschung/international/india>



S. Ramaiah Institute of Technology“



In Valsad, Besuch der Firma Gadhia Solar Energy Systems Pvt. Ltd.



Spiegelfläche eines Scheffler-Konzentrators der Fa. Gadhia Solar Ltd.

Das Projekt beinhaltet drei Projektstufen. Das Ziel der ersten Stufe ist das gegenseitige Kennenlernen und der Aufbau von Beziehungen zu indischen Firmen und Universitäten sowie die Identifizierung gemeinsamer Projekte und möglicher Kooperationspartner. Zu diesem Zweck sind das ifs und das IWF im Februar 2009 nach Bangalore (Karnataka), Mumbai (Maharashtra) und Valsad (Gujarat) gereist um erste Netzwerke aufzubauen. Hierbei war die TU Braunschweig

Energien und grüner Produktion. In der dritten Projektphase sollen die Kontakte intensiviert und zu andauernden Kooperationen ausgebaut werden. Hier sind weitere Besuche und auch indische Gegenbesuche geplant. Es sollen sowohl gemeinsame Forschungsschwerpunkte definiert und langfristig bearbeitet werden, als auch gemeinsame Lehrpläne mit einem Austausch von Studierenden installiert werden. Das Projekt soll das BMBF unterstützen, in

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung des Projekts.

Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Stefan Böhm
s.boehm@tu-bs.de
 Dipl.-Ing. Michael Frauenhofer
m.frauenhofer@tu-bs.de

Fügetechnik für die energie- und materialeffiziente Produktion von Scheffler-Solarkonzentratoren

Um aus der Sonne elektrischen Strom zu erzeugen sind prinzipiell zwei Ansätze möglich: die Photovoltaik (PV) und die Solarthermie Technologie. Es ist hierbei aber wichtig zu verstehen, dass mit der Solarthermie Technologie nicht in Deutschland häufig vorkommenden Solarpaneele mit Heizschlangen gemeint sind, mit denen Warmwasser erzeugt wird. Die Erzeugung von elektrischem Strom mittels Solarthermie erfolgt durch eine Konzentration von Sonnenlicht (CSP-Concentrated Solar Power) auf sogenannte Empfänger, die dann ein Medium (z. B. Wasser, Öl, unterschiedliche Gase und -gemische, etc.) so erwärmen, dass durch Gas- oder Dampfturbinen oder Sterlingsysteme elektrische Energie erzeugt werden kann. Der Wirkungsgrad kann zwischen 30 und 40 % liegen, mit einer zusätzlichen Nutzung der Abwärme als Prozesswärme zur Reinigung von Industrierwässern oder zur Gewinnung von Trinkwasser.

Photovoltaiksysteme wandeln zwar das Sonnenlicht direkt in elektrische Energie um, können aber nur während der Sonneneinstrahlung Energie erzeugen, wohingegen Solarthermiesysteme durch Wärmespeicherung auch ohne Sonneneinstrahlung elektrische Energie erzeugen können. Gerade diese Energiespeicherung macht die Solarthermie so attraktiv für Großkraftwerke.

Man unterscheidet vier Arten von Solarthermie-Sonnenkonzentratoren:

- Parabolische Konzentratoren mit einem mitwandernden Fokus („Satellitenschüsseln“)
- Kollektoren mit Zentralempfänger
- Linienkonzentratoren in Rinnenform
- und sogenannte Scheffler-Solarkonzentratoren mit festem Fokus.

Linienkonzentratoren sind nicht so effizient wie Punktfokuskonzentratoren, aber billiger und technisch einfacher. Der Linienfokus erreicht 250 °C im Fokus bei einer Konzentration von ca. 100:1. Bei diesen Temperaturen können Gasturbinen lediglich mit

einem Wirkungsgrad von ca. 25 % arbeiten. Punktfokuskonzentratoren erreichen eine Konzentration von ca. 1.000:1. Es können Fokustemperaturen von 500 °C erreicht werden. Hier können Gasturbinen einen Wirkungsgrad von bis zu 50 % erreichen. Scheffler-Solarkonzentratoren erreichen Temperaturen bis 750 °C, wodurch der Wirkungsgrad der Gasturbinen noch einmal deutlich gesteigert werden kann. Der Scheffler-Solarkonzentrator war ursprünglich für die Einsparung von Brennholz durch das dezentralisierte Kochen/Erwärmen von Speisen mit konzentriertem Sonnenlicht entwickelt worden. Systeme mit mehr als 100 Konzentratoren dienen als Energiequelle für Großküchen in Pilgerheimen in Indien. Aufgrund seiner Vorteile soll er nun weltweit erstmals im sonnenreichen indischen Bundesstaat Gujarat in einem 5 MW-Solarthermiekraftwerk eingesetzt werden. Die dazu benötigte Anzahl von Scheffler-Solarkonzentratoren ist mit der derzeitigen Produktionsmenge der herstellenden mittelständischen, indischen Firma durch ihre überwiegend manuelle Fertigung nicht zu realisieren.

Das ifs hat zusammen mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik von dieser Firma den Auftrag bekommen, das Design und die Produktionstechnologie für Scheffler-Solarkonzentratoren so zu optimieren, dass die benötigte Anzahl wirtschaftlich und vor allem in der vorgegebenen Zeit gefertigt werden kann. Berücksichtigt wird bei den Optimierungen die Tatsache, dass weiterhin verschiedene Prozessschritte – wo es wirtschaftlich sinnvoll ist – durch manuelle Verkettung verbunden sein sollen,

um einerseits das günstige Lohnniveau zu nutzen und andererseits das Personal weiterbeschäftigen zu können.

Da ifs kümmert sich bei dem Projekt sowohl um die Materialauswahl (weg von der reinen Baustahlkonstruktion zu einem Multimaterialmix), als auch um die Fügeverfahren. Diese sind sowohl für die Produktion der Scheffler-Solarkonzentratoren in der Fabrik, als auch für die Aufstellung im Kraftwerk von großer Wichtigkeit, da nahezu die Hälfte der anfallenden Fertigungskosten derzeit durch die Aufstellung vor Ort verursacht werden.

Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Stefan Böhm
s.boehm@tu-bs.de
Dipl.-Ing. Michael Frauenhofer
m.frauenhofer@tu-bs.de



*oben: Scheffler-Konzentratoren auf dem Dach einer berufsbildenden Schule für junge, indische Frauen in einem kleinen Dorf in der Nähe von Valsad/Gujarat
mitte: Deepak Ghadia führt dampfbetriebene Töpfe in der Schulküche vor, deren Dampf solar erzeugt wird
unten: Schulklasse zur Förderung der Eigenständigkeit junger indischer Frauen durch Bildung*

Modularisierung und Leichtbau durch Speed-Bonding in der Montage

Energie- und Umweltdiskussionen veranlassen die Automobilindustrie kraftstoffeffiziente und damit klimaschonende Fahrzeugkonzepte auf den Markt zu bringen. Neben dem Bedarf an alternativen Antrieben bietet der intelligente Leichtbau Entwicklungspotential zur Reduzierung des Fahrzeuggewichts. Nennenswerte Gewichteinsparungen lassen sich durch die Kombination unterschiedlicher Werkstoffe in Mischbauweise sowie neuen Fertigungs- und Konstruktionsverfahren erreichen. Um die Variantenvielfalt im Rohbau zu verringern und individuelle Kundenwünsche bei gleichzeitig kostengünstiger Produktion zu gewährleisten, rückt der Modularisierungsgedanke verstärkt in den Vordergrund (Abb. 1).

Nach der Fertigung des Rohbaus und dem Durchlaufen der Oberfläche sollen vor allem Anbauteile als funktionale Gruppen zusammengefasst werden.



Abb. 1: Modularisierungsgedanke

Diese können dezentral im Werk oder beim Lieferanten gefertigt und in der Montage als vollständige, kundenspezifische Module mit der Karosserie zusammengeführt werden. Durch das Verbinden artverschiedener Werkstoffe und lackierter Oberflächen kommen klassische Fügeverfahren, wie das im Rohbau vielfach eingesetzte Punktschweißen, an dieser Stelle nicht mehr in Betracht. Der Klebtechnik kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, da es sich gegenüber anderen thermischen Verbindungs-

techniken um ein kaltes bzw. wärmearmes Fügeverfahren handelt. Das Verbinden lackierter Bauteile lässt sich somit ohne Schädigung der Oberfläche umsetzen. Darüber hinaus bietet die Klebtechnik Vorteile in der flächigen Kraftübertragung, welche Betriebsfestigkeit und Gesamtsteifigkeit des Fahrzeugs erhöhen.

In der Endmontage ist das Einkleben der Fahrzeugscheiben in die Karosserie bereits seit mehreren Jahren Stand der Technik. Die dort verwendeten einkomponentigen Polyurethan-Klebstoffe sind feuchtigkeitsreaktive Systeme und benötigen mehrere Tage bis zur vollständigen Aushärtung. Um die Diffusion der Wasserstoffmoleküle in das Klebstoffinnere überhaupt zu ermöglichen, sind hohe Spaltmaße einzuhalten. Ein „Abrutschen“ der Scheiben wird durch die hohe Viskosität des Klebstoffs sowie

sekundäre Fixierhilfen, z. B. Klebebändern, verhindert.

Diese genannten Eigenschaften reichen für das Fügen vollständiger, auf die Außenhaut bezogener Anbauteilmodule dagegen nicht mehr aus. Aufgrund der Individualität der Module werden an diesen Prozess besonders hohe Anforderungen gestellt. Diese umfassen:

- den Ausgleich von Rohbautoleranzen,
- das Hinterlassen abzeichnungsfreier Oberflächen,
- Handhabungsfestigkeit innerhalb der Taktzeit,

- spannungsarmes Fügen,
- Schubfeldversteifung des Fahrzeugs.

Inspiziert durch das erfolgreiche Einführen induktiv beschleunigbarer Klebstoffsysteme im Karosserie-Rohbau, zeigen aktuelle Untersuchungen Vorteile in der Verwendung zweikomponentiger Montageklebstoffe zum Fügen von Montagemodulen mit lackierten Oberflächen. Die luftfeuchtigkeitsunabhängige Vernetzungsreaktion gewährleistet über die gesamte Klebnaht das Erreichen schneller Handhabungsfestigkeiten, die durch Wärmeeinbringung stark beschleunigt werden können (siehe Abb. 2).

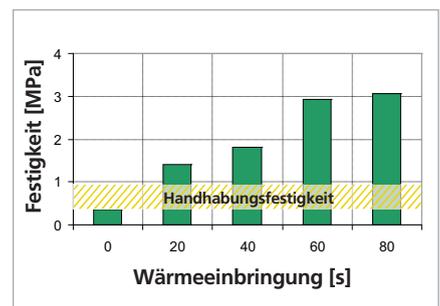


Abb. 2: Klebstofffestigkeit eine Stunde nach Wärmeeinbringung

Außenhautbezogene Anbauteile können durch ein automatisiertes Verfahren präzise eingemessen und sekundenschnell fixiert werden. Die Wärmeeinbringung lässt sich über Infrarot, Mikrowelle oder Induktion realisieren, wobei eine lokal begrenzte Erwärmungsquelle thermische Verzüge vermeidet. Zudem darf die Temperaturbelastung für lackierte Oberflächen die Einbrandtemperatur der Lacksysteme von 140 °C nicht überschreiten. Einen weiteren Vorteil bietet die 2K-Technologie durch eine Verringerung des Spaltmaßes um mehr als die Hälfte der bisherigen Montageanwendungen von 5 auf 2 mm, welches mit einem zusätzlichen Steifigkeitsgewinn einhergeht. Gegenüber den herkömmlichen Systemen bedeutet die Verarbeitung zweikomponentiger Klebstoffe allerdings aufwendigere Anlagentechnik zum Mischen der Klebstoffe und der exakten Einhaltung des Mischungsverhältnisses.

Auch die Applikationstemperatur ist entscheidend für einen stabilen und reproduzierbaren Prozess. Äußere Temperaturschwankungen und -einflüsse werden durch beheizbare Dosiersysteme ausgeschlossen. Die Applikationstemperatur darf aber aufgrund der durch Wärme beschleunigbaren 2K-Reaktion nur gering über Raumtemperatur gewählt werden, um ein vorzeitiges Abbinden des Klebstoffs vor dem Fügen der Bauteile zu vermeiden. Das Abbindeverhalten in Abhängigkeit der Temperatur ist in Abb. 3 dargestellt.

Fazit:

An die Einführung neuer Fügetechniken in der Montage sind hohe Ansprüche und gleichzeitig große Erwartungen geknüpft, da sie einen der letzten Schritte in der Fertigstellung des Fahrzeugs bedeuten. Eine elegante Lösung, diesen Anforderungen gerecht zu werden, bietet die 2K-Technologie – schnelle Fixierung mittels lokal begrenzter Wärmeeinwirkung. Neben

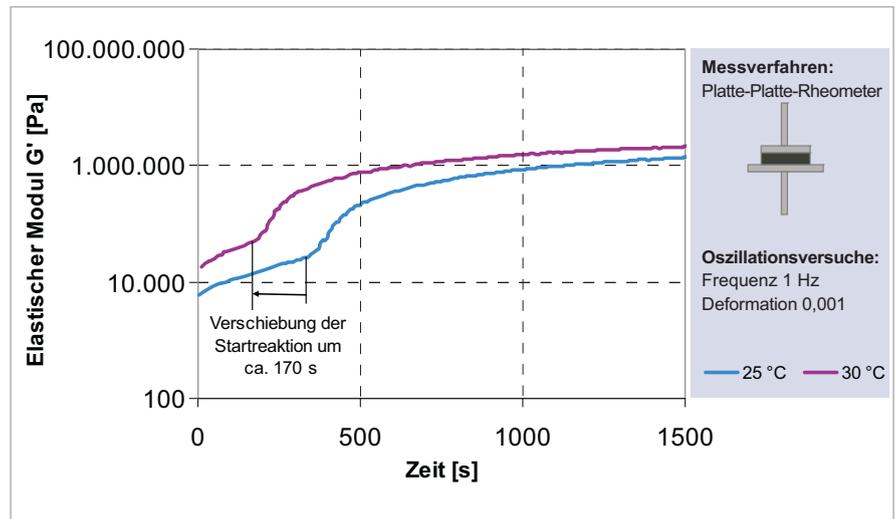


Abb. 3: Abbindeverhalten eines 2K-Klebstoffes in Abhängigkeit der Temperatur

dem Einsparungspotential weist die Einführung höhermoduliger 2K-Montageklebstoffe große Möglichkeiten hinsichtlich Modularisierung in der Serienherstellung auf, die in Zusammenarbeit mit der Produktions- und Werkstofftechnik bei der Daimler AG untersucht werden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Julia Velgersdijk
Abteilung Klebtechnik
Daimler AG Sindelfingen
j.velgersdijk@tu-bs.de
Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Stefan Böhm
s.boehm@tu-bs.de

> ELEKTRONENSTRAHLSCHWEISSEN VON ALUMINIUM-DRUCKGUSS

Einsatz der Mehrprozesstechnik beim Elektronenstrahlschweißen für eine wirtschaftliche Fertigung von hochwertigen Al-Druckguss-Komponenten

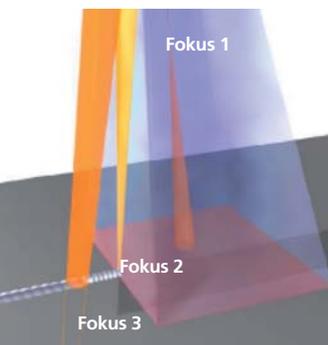


Abb. 1

Das Schweißen von Bauteilen aus Aluminium-Druckguss setzt einen schweißgeeigneten Druckguss voraus. Im ifrs-report 2.HJ 2007 wurde ausführlich über die Porenproblematik beim Einsatz von Schmelzschweißverfahren berichtet und als innovativer Ansatz zur Lösung dieser Problematik das Elektronenstrahlschweißen mit Mehrstrahltechnik kurz vorgestellt. Im folgenden Artikel werden nun die wichtigsten Ergebnisse diskutiert.

Ziel des von der Stiftung Industrieforschung geförderten Forschungsvorhabens war es, für Aluminium-Druckguss-Komponenten in Standard-Gussqualitäten das Elektronenstrahlschweißen mit Mehrstrahltechnik als

wirtschaftliches, prozesssicheres Verfahren für die Herstellung von hochwertigen, druckdichten Systemeinheiten zu qualifizieren. Standard-Gussqualität bedeutet in diesem Fall, dass keine kostenintensive Optimierung des Gießprozesses vorgenommen werden muss, um einen schweißgeeigneten Druckguss herzustellen.

Im Fokus der Betrachtung stand die Anwendung in mittelständischen Unternehmen, bei denen durch diesen innovativen Ansatz die mögliche Produktpalette und Wertschöpfungskette wesentlich erweitert sowie wirtschaftliche Vorteile erreicht werden sollen. Es wurden dabei grundlegende wissenschaftliche Untersuchungen zur Anwendung der Mehrprozesstechnik zur Minimierung der Porenbildung in Abhängigkeit von der Druckgusslegierung und deren Gussqualität durchgeführt und anschließend exemplarisch in die industrielle Anwendung überführt. Dazu

gehört auch die Erstellung von verbindlichen Qualitätsstandards und deren Verifizierung. Das Elektronenstrahlschweißverfahren ermöglicht aufgrund seiner Leistungsdichte von größer 10^6 W/cm² den sogenannten „Tiefschweißeffekt“ und dadurch schlanke Schweißnähte, einen geringen Verzug und hohe Schweißgeschwindigkeiten. Durch die Möglichkeit der trägheitsfreien, elektromagnetischen Ablenkung des Elektronenstrahls und der Entwicklung extrem schneller Ablenkgeneratoren und der Anwendung von Spulen mit geringen Induktivitäten können Technologien wie die Mehrprozesstechnik eingesetzt werden und so faszinierende Prozessfolgen realisiert werden. Mit der Kombination des Mehrbad- und Mehrfokusverfahrens (Mehrprozesstechnik) können zum Beispiel in einem Arbeitsgang das Vorwärmen eines Bauteils (Fokus 1 – über der Werkstückoberfläche fokussiert), das Schweißen

(Fokus 2 – auf der Werkstückoberfläche fokussiert) und das Glätten der Naht (Fokus 3 – unter der Werkstückoberfläche fokussiert) durchgeführt werden (s. Abb. 1).

In den umfangreichen experimentellen Versuchen wurden zunächst in der instituts-eigenen Forschungsgießerei 4-mm Platten aus den Legierungen AlSi9Cu3, AlSi10Mg und AlSi9MgMn gegossen. Die Gussqualität wurde gezielt durch Veränderung der Gießgeschwindigkeit in der zweiten Gießphase sowie des Nachdruckes in der dritten Gießphase variiert. Außerdem wurden verschiedene Trennstoffe mit unterschiedlicher Zusammensetzung in den Mischungsverhältnissen 1:50 und 1:125 eingesetzt.

Nachfolgend wurden im ersten Schritt bei dem Projektpartner pro-beam insgesamt 40 Schweißparametersätze in Hinblick auf die Nahtporosität untersucht. Variationsparameter waren dabei insbesondere die Anzahl der Überfahrten mit veränderlichen

■ Ist der räumliche Abstand der Schweißbäder zueinander zu eng gewählt, ergeben sich extrem hohe Porositäten.

■ Eine vorherige Umschmelzung der Oberfläche hat eine deutliche Verringerung der Porosität zur Folge.

■ Eine Glättung der Naht erzielt dagegen ein optisch gutes Ergebnis, jedoch wird die Porosität in der Schweißnaht nicht verringert.

In weiteren Versuchen mit ausgewählten Parametersätzen zeigte sich, dass die Gussteilqualität bekanntermaßen einen großen Einfluss auf die Schweißnahtporosität hat, der Trennstoffeinfluss aber dominierend ist, wenn nicht gerade ein Lunker direkt überschweißt wird. Es wurden sechs verschiedene wasserbasierte Trennstoffe untersucht, die sich in der Zusammensetzung der trennaktiven Komponenten unterscheiden.

Die Palette reichte von wachsfreien Trenn-

lich höhere Porosität in der Bandbreite von 4 % bis 8 %. Der Einfluss des Trennstoffes gegenüber dem Mischungsverhältnis überwiegt also deutlich. Allerdings muss auch hier beachtet werden, dass die Ergebnisse von dem gewählten Schweißparametersatz abhängig sind.

In abschließenden Bauteilversuchen konnte das Potential der neuen Mehrprozessentechnik im Vergleich zur konventionellen Einstrahltechnik auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten deutlich dargestellt werden. In Abb. 3 sind bereits bei einer Sichtprüfung die besseren Nahtqualitäten der 3 Badtechnik mit nachfolgender Glättung deutlich zu sehen.

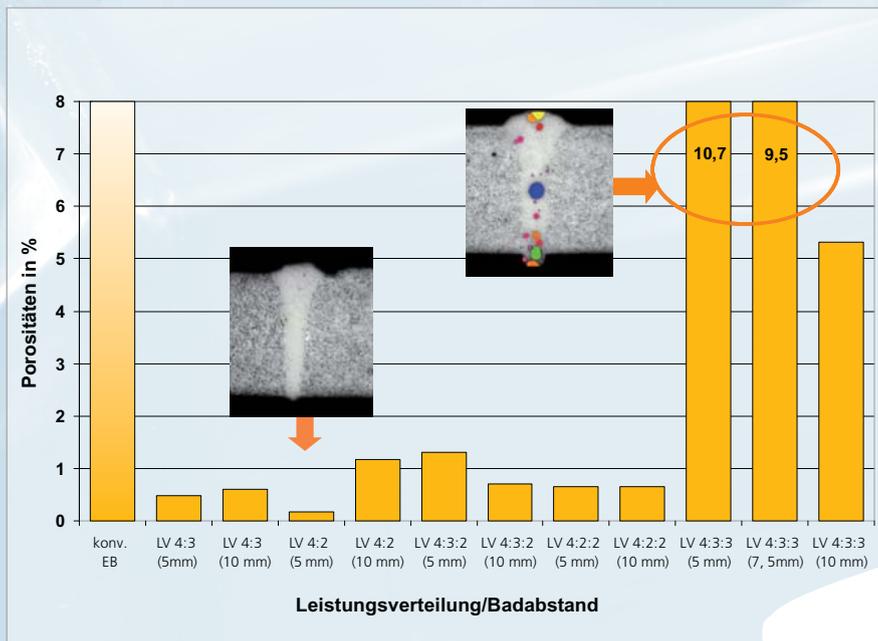


Abb. 2: Einfluss der Schweißparameter auf die Schweißnahtporosität

Strahlströmen, um mit dem zweiten bzw. dritten Strahl eine geringere Einschweißtiefe und damit eine bessere Ausgasung des Schweißbades zu erzielen.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Parameterstudie sind in der Abb. 2 durch Bewertung der Porenverlustflächen an Quer- und Längsschliffen für Platten guter Gussqualität aus der Standardlegierung AlSi9Cu3 zusammengefasst:

stoffen auf Polysiloxan-Basis bis hin zu wachshaltigen polysiloxanfreien Trennstoffen. Das beste Ergebnis mit Porositäten von unter 1 % bei einem Mischungsverhältnis von 1:125 konnte mit einem wachsfreien Trennstoff erreicht werden. Eine Erhöhung des Trennstoffanteils auf 1:50 hatte auch eine Erhöhung der Porosität auf Werte bis maximal 2 % zur Folge. Die wachshaltigen Trennstoffe zeigten wesent-



Konventionell, 6 Umläufe



3 Badtechnik + Glättung, 4 Umläufe

Abb. 3: Nahtqualitäten im Vergleich

Im Forschungsvorhaben konnte gezeigt werden, dass es mit Hilfe der Mehrprozessentechnik möglich ist, auf eine aufwändige Prozesskettenoptimierung für porenarme Schweißnähte bei Aluminium-Druckguss-Bauteilen zu verzichten und Standard-Gussqualität erfolgreich eingesetzt werden kann.

Ansprechpartner:

- Dipl.-Ing. Oliver Krahn
o.krahn@tu-bs.de
- Dr.-Ing. Helge Pries
h.pries@tu-bs.de
- Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Stefan Böhm
s.boehm@tu-bs.de

> NEU IM TEAM



Dipl.-Ing.
Christian Garthoff
Abteilung Druckguss.
Aktuelles Projekt: Gestaltung ressourceneffizienter Prozessketten am Beispiel Aluminiumdruckguss (ProGRes).



Dipl.-Ing.
Nico Hammel
Abteilung Festigkeit und Bauteilverhalten.
Aktuelles Projekt: Restlebensdauervorhersage für Schweißverbindungen an Stahlkonstruktionen und Maßnahmen zur kontrollierten Nutzungsausweitung.



Dipl.-Ing.
Stefan Kreling
Abteilung Klebtechnik. Aktuelles Projekt: Bürgernahes Flugzeug – Lösbare Mehrschalenkonzepte für integrierte Leichtbaustrukturen.



M. Sc.
Elena Minin
Abteilung Klebtechnik. Aktuelles Projekt: Wirksamkeit von Verfahren zur Entfernung von Trennstoffen auf Aluminium-Druckguss-Bauteilen.



Dipl.-Ing.
Michael Workowski
Abteilung Simulation und Berechnung. Aktuelles Projekt: Einsatz der Schweißsimulation zur systematischen Entwicklung verbesserter Modelle für die Berechnung der Tragfähigkeit komplexer Stahlleichtbaustrukturen.



Markus Töhne
Abteilung EDV Administration, Netzwerk. Beratung, Konzeption und Installationen im Netzwerk des ifs, IT-Helpdesk und Service.

IMPRESSUM

Herausgeber Institut für Füge- und Schweißtechnik **Verantwortlich** Prof. Dr.-Ing. K. Dilger **Redaktion** Dipl.-Ing. G. Hemken **Grafik** Dipl.-Des. B. Wolfrum **Anschrift** Langer Kamp 8, D-38106 Braunschweig **E-mail** ifs-bs@tu-braunschweig.de **www** ifs.tu-braunschweig.de

DVS FORSCHUNGSKOLLOQUIUM

„FESTIGKEIT GESCHWEISSTER BAUTEILE“

Die Veranstaltung mit dem Untertitel „Anwendbarkeit lokaler Nachweiskonzepte bei Schwingbeanspruchung“ wurde am 17. und 18. März 2009 in der Aula der Technischen Universität Braunschweig vom DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. und dem ifs ausgerichtet. Mit 86 Teilnehmern aus Industrie und Forschung stieß das Kolloquium auf reges Interesse.



Im Mittelpunkt standen Beiträge über die erzielten Ergebnisse in dem Forschungscluster „Anwendbarkeit von Festigkeitskonzepten für schwingbelastete geschweißte Bauteile“. Auf Basis experimenteller und numerischer Untersuchungen wurden das Nenn-, Struktur- und

das Kerbspannungskonzept im Hinblick auf deren Zuverlässigkeit bewertet. Es wurde die Treffsicherheit bei der Lebensdaueranalyse von Nahtschweißverbindungen an Bauteilen aus Stahlblechen und aus Aluminiumlegierungen für diese Konzepte aufgezeigt. Des Weiteren wurde aber auch auf den gegenwärtigen Praxisstand zur Festigkeitsbewertung durch Beiträge von Fachleuten aus den Branchen des Schienenfahrzeugbaus, des Automobilbaus, des Schiffbaus und des allgemeinen Maschinenbaus eingegangen.

Die Einzelvorhaben des Forschungsclusters wurden über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Abschlussberichte der Einzelvorhaben sowie ein gemeinsamer Abschlussbericht sind über die beteiligten Forschungsvereinigungen (CMT, FKM, DVS, FOSTA, FAT) zu beziehen. Die Vorträge des DVS-Forschungskolloquiums sind im DVS-Berichtband 256 (DVS Verlag, Düsseldorf, ISBN 978-3-87155-583-1) erschienen.



JUNI 2009

„YOUNG PROFESSIONALS“

Am 12. und 13. Juni fand im Elbcampus – dem Kompetenzzentrum der Handwerkskammer Hamburg – die Vortragsveranstaltung „Young Professionals“ gemeinsam mit dem Landeswettbewerb „Jugend schweißt“ statt. Hier hatten Nachwuchskräfte aus Industrie und Forschung Gelegenheit, von ihren Projekt- und Diplomarbeiten in Kurzvorträgen zu berichten. Prof. Dilger war Schirmherr der Vortragsveranstaltung und Frau Dr. Pries hat als Geschäftsführerin des Landesverbandes Niedersachsen maßgeblich an der Organisation mitgewirkt. Zum Abschluss der zweitägigen Veranstaltung stand eine



Schiffahrt auf der Elbe auf dem Programm, die auch genutzt wurde, neu geknüpft Kontakte zu intensivieren.

Die Siegerehrung für „Jugend schweißt“ und für den besten Vortrag in „Young Professionals“ wurde vom Hauptgeschäftsführer des DVS-Verbandes Dr. Klaus Middeldorf vorgenommen. Die Veranstaltung wurde von den DVS Landesverbänden Niedersachsen-Bremen und Hamburg-Schleswig-Holstein ausgerichtet.