

Geschäftsbericht **2008**

Innovationen für die Wirtschaft

# Forschung in der Fügetechnik

Die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS  
ist Mitglied in der

 **Arbeitsgemeinschaft  
industrieller Forschungsvereinigungen  
„Otto von Guericke“ e.V.**

***Ideen eine Zukunft geben***

Das Jahr 2008 verlief für die Forschungsvereinigung des DVS erneut überaus positiv. Der vorliegende Geschäftsbericht 2008 gibt einen fundierten Überblick über die Forschungs-, Entwicklungs- und Transferleistungen der Forschungsvereinigung und der Forschungsstellen und beleuchtet die aktuellen Handlungsschwerpunkte und Forschungsaktivitäten.

Im Jahr 2008 wurde das Aktivitätsfeld der Forschungsvereinigung nochmals erweitert. Die Herausforderung des im Jahr 2007 gestarteten neuen Fördermittelansatzes einer wettbewerbs- und quotenorientierten Bewilligung von Forschungsvorhaben der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) wurde erfolgreich fortgeführt. Im Geschäftsjahr 2008 konnte die Forschungsvereinigung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über 7,1 Mio. EUR für fügetechnische Projekte der IGF einwerben. 105 Forschungsvorhaben wurden damit realisiert. Davon wurden 44 Forschungsvorhaben neu begonnen, 33 Vorhaben weitergeführt und 28 Vorhaben erfolgreich abgeschlossen.

Darüber hinaus hat die Forschungsvereinigung ihr Engagement bei der Initiierung und Antragstellung von AiF / DFG Gemeinschaftsvorhaben verstärkt. Gerade durch diese, umgangssprachlich noch als „Cluster“ bezeichneten Forschungswerkzeuge, die aufeinander abgestimmte Elemente der Anwendungs- und der Grundlagenforschung beinhalten, lassen sich im Vergleich zu den Normalvorhaben der IGF weitreichendere Synergien für Forschungsstellen realisieren. Nicht zuletzt der interdisziplinäre Ansatz dieser Forschungswerkzeuge bietet neue Lösungsansätze für klein- und mittelständische Unternehmen. Zwei AiF / DFG Gemeinschaftsvorhaben zur Themenstellung „thermisches Spritzen“ und „Lichtbogenphysik“ wurden im Jahr 2008 begonnen. Weitere befinden sich im Status der Begutachtung und der Erarbeitung.

„Chancen nutzen in der Krise“, frei nach diesem Motto engagiert sich die Forschungsvereinigung in der aktuell wirtschaftlich schwierigen Zeit. Die Schweiß- und Fügetechnik hat eine hohe Bedeutung für die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt in Deutschland. Daher gilt, trotz Krise die Bedeutung der Branche für den Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken, technologische Entwicklungen der Unternehmen zu fördern und noch intensiver in die schweißtechnische Forschung zu investieren. Kosteneinsparungen, eine Verbesserung der Geschäftsprozesse, neue Produkte, neue Dienstleistungen und Technologien sowie die Erschließung neuer Märkte sollen dem sinkenden Umsatz in der Branche entgegenwirken. Eine grundlegende Voraussetzung dafür sind ausreichend hohe Forschungsbudgets bei den Unternehmen. Der Zugang zu den neuesten Forschungsergebnissen und der Zugang zu neuen Forschungsinitiativen ist notwendig.

Trotz Krise weiter in die schweißtechnische Forschung investieren! Die Forschungsvereinigung des DVS versteht sich als anwendungs- und transferorientierte Einrichtung. Sie ist Initiator und Trendsetter und ist damit dem unmittelbaren Nutzen für die klein- und mittelständischen Unternehmen am Wirtschaftsstandort Deutschland verpflichtet.

*Dr.-Ing. Godehard Schmitz*

Stuttgart/Düsseldorf  
Im April 2009

# Inhaltsverzeichnis

---



- 5 1 Aufgaben und Strukturen
- 12 2 Fügetechnische Gemeinschaftsforschung 2008
- 21 3 Forschungsschwerpunkte und Forschungsfelder
- 26 4 Das Team der Forschungsvereinigung
- 27 5 Die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung

## *Dokumentation*

- 83 Mitglieder der Forschungsvereinigung
- 95 Fügetechnische Gemeinschaftsforschung 2008  
Veröffentlichungen
  
- 99 Impressum



Bild 1

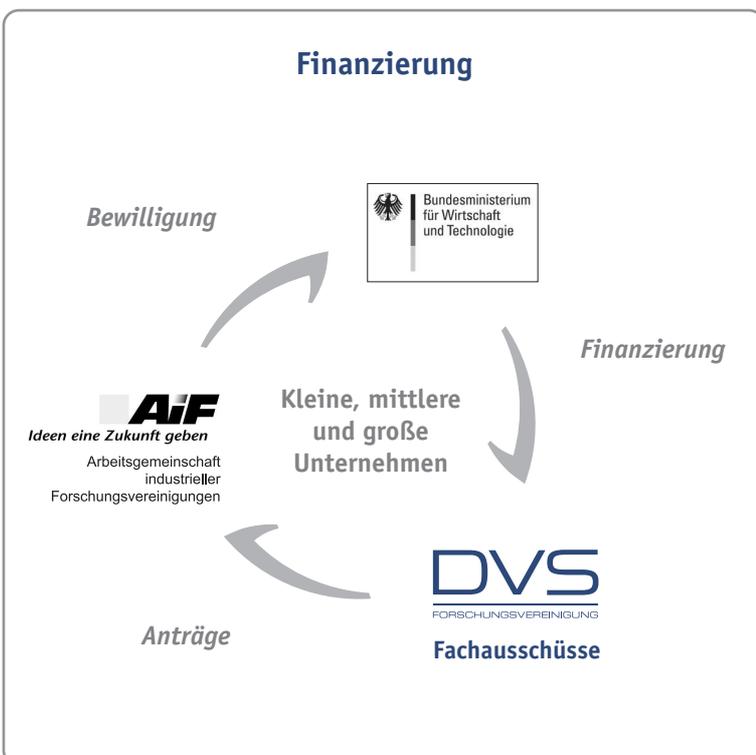


Bild 2

## Fügetechnische Gemeinschaftsforschung

Das zentrale Tätigkeitsfeld der Forschungsvereinigung des DVS ist die industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) auf den Gebieten des Fügens, Trennens und Beschichtens. Kennzeichnend ist die aktive Mitwirkung von Unternehmen, Körperschaften und Forschungsinstituten aus allen Bereichen der Fügetechnik, die durch ihre Mitgliedschaft und ihr Engagement das tragende Rückgrat der Forschungsvereinigung bilden.

Die Unternehmen definieren hierbei den Forschungsbedarf unter Festlegung geeigneter Forschungsschwerpunkte, die auf den nachfolgenden Transfer und die abschließende Umsetzung der Ergebnisse aus den Projekten in die Unternehmen ausgerichtet sind. Die Forschungsinstitute nehmen den aktuellen Forschungsbedarf auf und führen Forschungsvorhaben unter direkter Beteiligung der Unternehmen in den projektbegleitenden Ausschüssen durch.

Diese Vorgehensweise lässt eine größtmögliche Anwendungsnähe der Forschungsthemen und eine optimale Nutzung der Ergebnisse zu. Die Beteiligung von Industrievertretern an allen Prozessschritten ermöglicht einen frühzeitigen Wissenstransfer in die Unternehmen, im Idealfall sogar einen konformen Verlauf von Forschungsarbeit und Ergebnisnutzung.

## Kooperation zwischen Industrie und Forschung

Der Erfolg der industriellen Gemeinschaftsforschung bemisst sich nach dem Grad der Nutzbarkeit der Forschungsergebnisse durch die Unternehmen.

Im optimalen Fall bedeutet dies, dass die von den Forschungsinstituten erzielten Ergebnisse von der Industrie umgehend in die Anwendung umgesetzt werden können.

Als Partner für Maßnahmen zur Qualifizierung im Rahmen der Aus- und Weiterbildung sowie für die Erarbeitung von Regelwerken in der Füge-technik stellen auch die Unternehmen selbst in entscheidender Weise die Weichen für den Erfolg der industriellen Gemeinschaftsforschung in der Forschungsvereinigung des DVS.

Die Instrumente der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung sind die Forschungsvorhaben im Normalverfahren, die Stellung von Forschungsanträgen im Initiativprogramm ZUTECH (Zukunftstechnologien) sowie die Bildung von AiF/DFG-Gemeinschaftsvorhaben. Auch ist das Förderprogramm CORNET II in die Aktivitäten der Forschungsvereinigung einbezogen.

### Ergebnistransfer und Anwendernutzen

Mit ihren dreizehn Fachausschüssen stellt die Forschungsvereinigung im Bereich des Fügens, Trennens und Beschichtens die zentrale Forschungsplattform in Deutschland zur Verfügung, mit deren Hilfe alle Abläufe der IGF, angefangen von der Idee bis zur Anwendung unter zentraler Mitwirkung von den Akteuren aus Industrie und Forschung professionell organisiert und begleitet werden.

Mittelpunkt aller Aktivitäten der Forschungsvereinigung ist der Wissenstransfer und der Anwendernutzen der Forschungsvorhaben für die Unternehmen (**Bild 1**).

Zur finanziellen Förderung der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung arbeitet die Forschungsvereinigung eng mit der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) zusammen (**Bild 2**).

Die wesentlichen Bestandteile der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung sind in **Bild 3** zusammengefasst.

### Kernelemente der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung

- *Forschungsvorhaben ergeben sich unmittelbar aus dem Bedarf der Unternehmen*
- *Entscheidungen über Forschungsvorhaben erfolgen ausschließlich durch die Unternehmen*
- *Ausarbeitung von Forschungsanträgen erfolgt von den Forschungsinstituten in Zusammenarbeit mit interessierten Unternehmen*
  - > *Übersetzung eines betrieblichen Problems in ein Forschungsvorhaben*
  - > *erste Lösungsvorschläge*
  - > *Transfer von Wissen*
  - > *Ergebnisumsetzung in den Unternehmen*
- *Forschungsvorhaben dann, wenn eine hinreichende Anzahl von Unternehmen zur aktiven Mitwirkung in projektbegleitenden Ausschüssen bereit ist, um es zu unterstützen und die angestrebten Ergebnisse zu nutzen*
- *Mitwirkung in den projektbegleitenden Ausschüssen der laufenden Forschungsvorhaben gibt den Unternehmen – speziell kleinen und mittelständischen Unternehmen – direkten Zugang zu Forschungsergebnissen*
- *Berichterstattung in den Fachausschüssen macht Forschungsergebnisse sehr früh verfügbar*
- *Nach Abschluss des Vorhabens*
  - > *Bewertung der Ergebnisse und der Nutzungsmöglichkeiten durch die Fachausschüsse*

Bild 3

### Motivation für die Gründung der Gemeinschaftsausschüsse

- Erfassung weiterer branchenübergreifender, für die Zukunft bedeutsamer Forschungsthemen und Technologie- und Verfahrensfelder
- Zukünftige Vermeidung von „Doppelforschung“ und inhaltlicher Überschneidungen von Forschungsvorhaben
- Kompetenzerhöhung der Gremien durch Bündelung des Expertenwissens (Bedarfsermittlung, Bewertung und Begleitung von Forschungsvorhaben)
- Weitere Professionalisierung der Abwicklung von Forschungsvorhaben der industriellen Gemeinschaftsforschung
- Verbesserung des Ergebnistransfers in die Unternehmen

Bild 4

### Mitglieder der Forschungsvereinigung

263	Industrieunternehmen
87	Körperschaften
8	DVS-Forschungsinstitute (5 GSI-Mitglieder / 2 SLV / 1 ifw)
34	Hochschulinstitute
8	Fraunhofer Institute
11	Sonstige Forschungsinstitute
<b>411</b>	<b>Mitglieder</b>

Bild 5

### Kooperationen mit anderen Forschungsvereinigungen

Mit der Bildung von Gemeinschaftsausschüssen auf den Fachgebieten „Klebtechnik“ (2005) und „Anwendungsnahe Schweißsimulation“ (2006) wurden auf besonders zukunftsweisenden Forschungsfeldern weitreichende, branchenübergreifende Kooperationen mit anderen Mitgliedsvereinigungen der AiF geschaffen. Das erklärte strategische Ziel dieser Kooperationen ist die Bündelung aller Aktivitäten zur Verbesserung der Auswahl, Beantragung, Betreuung sowie des Ergebnistransfers von Forschungsvorhaben in diesen Fachbereichen (**Bild 4**).

### Die Mitglieder in der Forschungsvereinigung

Insgesamt haben im Berichtszeitraum 411 Mitglieder in der Forschungsvereinigung mitgewirkt (**Bild 5**), darunter 263 Industrieunternehmen, 87 Körperschaften sowie 61 Forschungsinstitute.

Zu den Forschungsinstituten gehören 8 Forschungsinstitute des DVS, 34 Hochschulinstitute, 8 Fraunhofer Institute sowie 11 sonstige Forschungsinstitute. Detaillierte Informationen finden sich in den **Übersichten 1 bis 3 in der Dokumentation** (S. 83 - 94 ).

## Die Fachausschüsse

Die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung (**Bild 6**) repräsentieren umfassend das gesamte Spektrum der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung und sind verantwortlich für die Planung, Begleitung, Steuerung und Bewertung von Forschungsvorhaben. Darüber hinaus haben sie entscheidenden Einfluss auf den Prozess des Transfers der Ergebnisse in die Unternehmen.

Wesentliches Element der Tätigkeit der Fachausschüsse ist der technisch-wissenschaftliche Meinungsaustausch zwischen den Vertretern der Industrie, der Körperschaften und der Forschungsinstitute. Die Identifizierung eines Forschungsbedarfes und die daraus folgende Definition eines Vorhabens ist der erste entscheidende Schritt zur Erarbeitung und Bereitstellung des benötigten Anwenderwissens. Die Institute formulieren Forschungsanträge, die in den Sitzungen der Fachausschüsse diskutiert werden. Anschließend entscheiden die Vertreter aus den Unternehmen, ob die Anträge an den Projektträger, die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) zur weiteren Entscheidung über eine Förderung weitergereicht werden. Durch das Votum der Gutachter der AiF entscheidet sich aus fachlicher Sicht, ob Vorhaben mit den Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert werden sollen.

Durch die Diskussion laufender und abgeschlossener Forschungsvorhaben ergänzen die Fachausschüsse die Arbeit der projektbegleitenden Ausschüsse, die von den Industrieunternehmen gebildet werden. Dies sind die Gremien, die vom Beginn bis zum Abschluss eines jeden Vorhabens der industriellen Gemeinschaftsforschung die Arbeit der Forschungsstellen und den Fortgang des Projektes aktiv begleiten und bei Bedarf lenkend eingreifen, um das Vorhaben gegebenenfalls an die aktuellen Bedürfnisse der Unternehmen anzupassen. Die Ergebnisse der Forschungsvorhaben können dadurch schnell in die Anwendung der Unternehmen transferiert werden.

## Fachausschüsse

FA 1



Metallurgie und  
Werkstofftechnik

FA 8



GA-K  
Klebtechnik

FA 2



Thermisches  
Beschichten  
& Autogentechnik

FA 9



Konstruktion  
& Berechnung

FA 3



Lichtbogen-  
schweißen

FA 10



Mikroverbindungs-  
technik

FA 4



Widerstands-  
schweißen

FA 11



Kunststoff-  
fügen

FA 5



Sonderschweiß-  
verfahren

FA I2



Anwendungsnahe  
Schweißsimulation

FA 6



Strahl-  
verfahren

FA Q6



Arbeitssicherheit  
und Umweltschutz

FA 7



Löten

\* GA-K Gemeinschaftsausschuss Klebtechnik

\*\* I2 Hauptbereich I „Information“  
des AiF

\*\*\* Q6 Hauptbereich Q  
„Qualitätssicherung, Konstruktion,  
Berechnung und Arbeitsschutz“

## DVS-Forschungsseminare / DVS-Forschungsstudien

Januar 2000

*Innovative Füge-Techniken für die Produktion von morgen:  
Serientaugliche Fertigungsverfahren zur Nutzung neuer Werkstoffe  
und innovativer Leichtbau*

Januar 2001

*Herausforderungen an die Füge-Technik im innovativen Anlagenbau*

Juni 2001

*Fügbare Bauteile aus innovativen Werkstoffen*

Januar 2002

*Auslegung von gefügten metallischen Konstruktionen  
einschließlich der Festigkeitsberechnung  
(Studie gefördert aus dem DVS-Forschungsfonds)*

Januar 2003

*Fügen im Produktlebenszyklus  
Forschungsbedarf aus Sicht mittelständischer Anlagenhersteller  
und Systemanbieter  
(Studie gefördert aus dem DVS-Forschungsfonds)*

Januar 2004

*Fügeprozesssimulation - Innovative Anwendungen der Informatik  
(Studie gefördert aus dem DVS-Forschungsfonds)*

Januar 2005

*Integration der Füge-Technik in die Fertigung  
(Studie gefördert aus dem DVS-Forschungsfonds)*

Januar 2006

*Nanotechnologie  
(Studie gefördert aus dem DVS-Forschungsfonds)*

Januar 2007

*Die Technik des thermischen Spritzens –  
Potentiale, Forschung und Märkte  
(Studie gefördert aus dem DVS-Forschungsfonds; unter-  
stützt von der Gemeinschaft thermisches Spritzen e.V. (GTS))*

Januar 2008

*Lichtbogenschweißen - heute  
(Studie gefördert aus dem DVS-Forschungsfonds)*

Januar 2009

*Polymere Verbindungstechnik in der Elektronik  
(Studie gefördert aus dem DVS-Forschungsfonds)*

Januar 2010

*Strahlverfahren in der Füge-Technik (geplant)*

## Forschung und Innovation

Die Umsetzung der erzielten Ergebnisse in die Anwendung und damit in wettbewerbsfähige Lösungen ist die wesentliche Aufgabe jedes einzelnen Unternehmens während und im Anschluss eines Forschungsvorhabens. Die Verantwortung für die Planung und Durchführung, die Darstellung der Ergebnisse und die Durchführung von Maßnahmen zum Transfer der Forschungsergebnisse obliegt auch der Forschungsvereinigung mit ihren Mitgliedern.

Die Umsetzung als Folge von unternehmerischen Entscheidungen kann zu Innovationen auf dem Markt führen. Elemente der Erfolgskontrolle und der Erfolgssteuerung werden in Kombination mit jährlich durchgeführten DVS-Forschungsseminaren und DVS-Forschungsstudien zu einem System der Forschungsplanung zusammengeführt. Im Rahmen einer aktiven Erfolgskontrolle sollen zukünftig die Fachausschüsse noch intensiver in diesen Prozess direkt eingebunden werden.

Eine Übersicht über die DVS-Forschungsstudien und DVS-Forschungsseminare zeigt **Bild 7**.

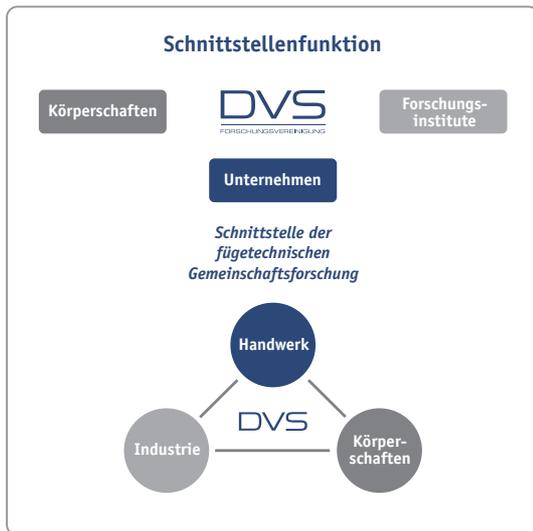


Bild 8

Alle Maßnahmen und forschungspolitischen Aktivitäten in der Forschungsvereinigung des DVS dienen dazu, eine aktive Schnittstelle der fügen-technischen Gemeinschaftsforschung zu den Mitgliedern des DVS aus Industrie, Handwerk und Körperschaften zu bilden. **(Bild 8)**

### Der Vorstand und weitere Gremien der Forschungsvereinigung

**Bild 9** zeigt die Mitglieder des Vorstandes.

Neu in den Forschungsrat aufgenommen wurden:

- Dr.-Ing. Sven-Frithjof Goecke,  
EWM HIGHTECH WELDING GmbH, Mündersbach
- Professor Dr.-Ing. habil. Johannes Wilden,  
Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF,  
Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik, TU Berlin
- Professor Dr.-Ing. Kirsten Bobzin  
Institut für Oberflächentechnik (IOT),  
Fakultät für Maschinenwesen, RWTH Aachen,  
in Nachfolge von Herrn Professor Dr. techn. Erich Lugscheider

Durch Beschluss des Forschungsrates wurden folgende neue Forschungsstellen in die Forschungsvereinigung aufgenommen:

- Institut für konstruktiven Ingenieurbau,  
FG Werkstoffe des Bauwesens der Universität Kassel
- GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH
- Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF,  
Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik, TU Berlin

## Zusammensetzung des Vorstandes der Forschungsvereinigung



**Dr.-Ing. Godehard Schmitz (Vorsitzender)**

*Robert Bosch GmbH, STUTTGART  
Vorsitzender des Fachausschusses 10*



**Prof. Dr.-Ing. Thomas Reiner  
(stellvertretender Vorsitzender)**

*Siebe Engineering GmbH & Co. KG,  
NEUSTADT-FERNTHAL  
Mitglied des Vorstandes des Gemeinschafts-  
ausschusses „Klebtechnik“  
Vorsitzender des Fachausschusses 8  
Stellvertretender Präsident der Arbeitsgemein-  
schaft industrieller Forschungsvereinigungen  
„Otto von Guericke“ e.V.*



**Dipl.-Ing. Frank Palm  
(stellvertretender Vorsitzender)**

*EADS Deutschland GmbH, MÜNCHEN  
Vorsitzender des Fachausschusses 1*

## Forschungspolitische Aktivitäten

Die Forschungsvereinigung des DVS hat ihre Aktivitäten, die AiF bei ihrer politischen Arbeit zur Förderung der Forschung zu unterstützen, auch im Jahr 2008 weiter intensiviert. In zwei AiF-Geschäftsführerkreisen (Düsseldorfer Geschäftsführerkreis und Westdeutscher Geschäftsführerkreis) ist die Forschungsvereinigung kontinuierlich vertreten und steht darüber hinaus im Dialog mit Mitgliedern aus Parlamenten und Ministerien auf Landes- und Bundesebene.

# Fügetechnische Gemeinschaftsforschung 2008

2

## Forschungsvorhaben und Fördermittel

Seit 2006 ist ein Anstieg des Gesamtförderhaushaltes des BMWi für die industrielle Gemeinschaftsforschung der AiF zu verzeichnen. Für 2007 waren insgesamt 112 Mio. EUR Fördermittel veranschlagt.

2008 wurden 123,1 Mio. EUR für die IGF aufgewendet. 539 IGF-Vorhaben wurden 2008 neu bewilligt, 2007 waren es 471 Vorhaben, die gestartet wurden.

Für die Jahre 2009-2011 werden vom BMWi etwa jeweils etwa 123 Mio. EUR Fördermittel für die industrielle Gemeinschaftsforschung in Aussicht gestellt.

Im Jahr 2008 wurden von der Forschungsvereinigung 105 Forschungsvorhaben betreut (44 neu begonnene, 33 fortgeführte und 28 abgeschlossene Forschungsvorhaben).

Insgesamt konnten 7,1 Mio. EUR Fördermittel eingeworben werden. Die Zahl der Vorhaben der industriellen Gemeinschaftsforschung und die Höhe der Fördermittel in einem Zehn-Jahreszeitraum zeigen die **Bilder 10, 11** und **12**.

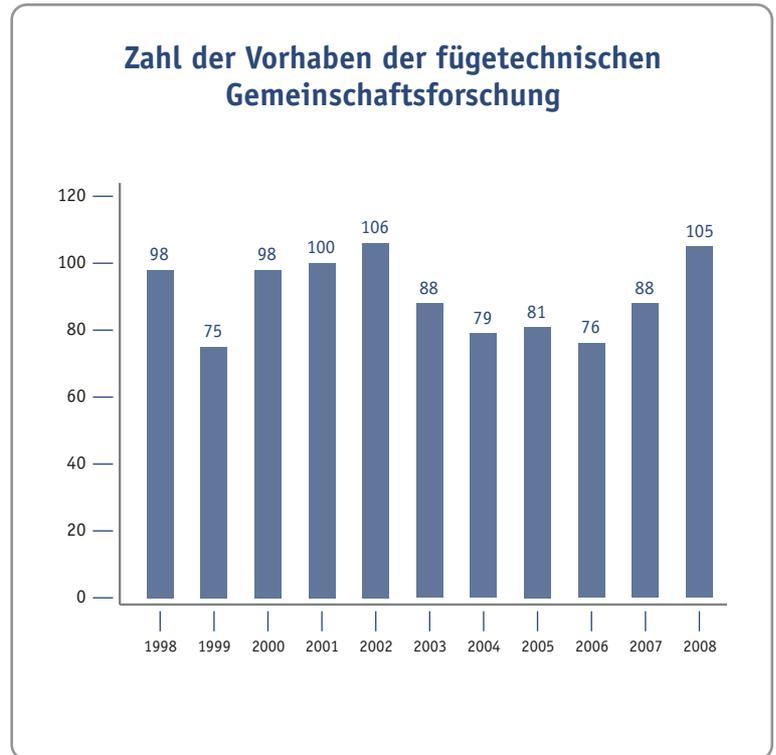


Bild 10

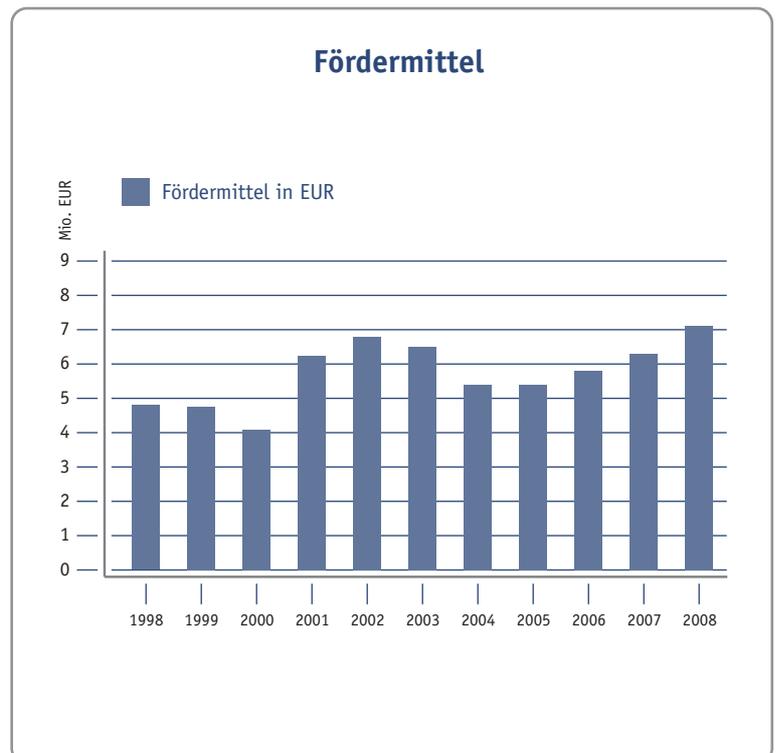


Bild 11

### Anzahl neu begonnener Vorhaben 1999 - 2008

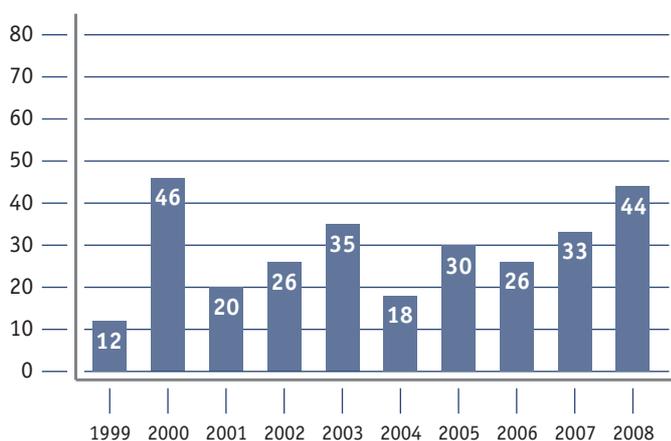


Bild 12

### Veröffentlichungen 2008

- 25 Veröffentlichungen in „Schweissen & Schneiden“
- 5 Veröffentlichungen in „Welding & Cutting“
- 2 Veröffentlichungen in  
„Joining Plastics - Fügen von Kunststoffen“
- 1 Veröffentlichung in „Thermal Spray Bulletin“

Bild 13

### Abgeschlossene Forschungsvorhaben

Von den 28 Forschungsvorhaben, die im Jahr 2008 abgeschlossen wurden, sind die Abschlussberichte bei den Forschungsstellen, der AiF und bei der Forschungsvereinigung auf der Internetseite [www.dvs-ev.de/fv](http://www.dvs-ev.de/fv) verfügbar.

Die Titel der begonnenen, fortgeführten und abgeschlossenen Vorhaben mit den beteiligten Forschungsinstituten können den jeweiligen Übersichten im Kapitel „Fachausschüsse“ entnommen werden.

### Transfer der Forschungsergebnisse

Mit entscheidend für einen schnellen Transfer der erzielten Forschungsergebnisse sind die in den projektbegleitenden Ausschüssen aktiven Unternehmen sowie die Unternehmen in den Fachausschüssen, die ebenfalls ausführlich und zu einem frühen Zeitpunkt über die Forschungsergebnisse informiert werden. Neben diesem direkten Transfer sind die Veröffentlichungen der Ergebnisse in Fachzeitschriften und anderen Publikationen wie in den Kongressbänden der DVS Media GmbH sowie die Weitergabe der Schlussberichte zu nennen.

In der **Übersicht 4** (S. 95) in der Dokumentation im Anhang sind die entsprechenden Veröffentlichungen im Jahr 2008 zusammengefasst. (**Bild 13**)

### Technologieübergreifende Forschungsk Kooperationen für den Mittelstand

Im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) fördert das BMWi branchenorientierte Projekte von Mitgliedsvereinigungen der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF). Ausgebaut wird die Förderung branchenübergreifender Projekte im Rahmen der Fördervariante ZUTECH.

Darüber hinaus werden AiF / DFG - Gemeinschaftsvorhaben (vormals als „Cluster“ bezeichnet) unterstützt, die den gesamten Innovationsprozess – von der Grundlagenforschung bis zur Umsetzung in neue Produkte – umfassen. Der grundlagenorientierte Teil wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der anwendungsorientierte Teil im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) der AiF und die Produktentwicklung durch die Wirtschaft finanziert. Die interdisziplinäre Erforschung von Grundlagen und deren direkte Anwendung auf technisch relevante Problemstellungen zielt auf die nachhaltige Stärkung des Wirtschaftsstandortes Deutschland auf internationaler Ebene sowohl im wissenschaftlichen als auch im industriellen Umfeld.

### Realisierung von Forschungsk Kooperationen durch den DVS

2008 hat die Forschungsvereinigung ihr Engagement bei der Initiierung und Antragstellung von AiF/DFG - Gemeinschaftsvorhaben verstärkt. Im Vergleich zu den Normalvorhaben der IGF lassen sich mit diesem Forschungswerkzeug noch weitreichendere Synergien für Forschungsstellen realisieren. Der interdisziplinäre Ansatz bietet neue Lösungsansätze für klein- und mittelständische Unternehmen. Zwei AiF/DFG - Gemeinschaftsvorhaben zur Themenstellung „thermisches Spritzen“ und „Lichtbogenphysik“ wurden im Jahr 2008 begonnen, wovon letzteres nachfolgend vorgestellt wird.

### AiF/DFG-Gemeinschaftsvorhaben

#### „Lichtbogenschweißen - Physik und Werkzeug“

Laufzeit: 1. Oktober 2008 - 30. September 2011

Internet: [www.schweisslichtbogen.de](http://www.schweisslichtbogen.de)

In dem AiF/DFG-Gemeinschaftsvorhaben entsteht ausgehend von diagnostischen Untersuchungen am Schweißlichtbogen das grundlegende physikalische Verständnis in enger Wechselwirkung mit Modellierungsansätzen, so dass das Prozessverhalten mittels Simulation vorhergesagt / abgeschätzt werden kann. Parallel zu diesen Arbeiten erfolgt in anwendungsorientierten Projekten die Umsetzung unter technologischen Aspekten. Besondere Bedeutung wird hierbei der signifikanten Verbesserung der Prozesssicherheit beigemessen. Die zu entwickelnden Brenner- und Regelungskonzepte führen synergetisch auch zu neuen metallurgischen Möglichkeiten (**Bild 14**).



Bild 14

### Motivation

Die Fertigung von Produkten aller Branchen, vom Behälter- und chemischen Apparatebau, Stahl-, Schiff- und Schienenfahrzeugbau über den Automobil- oder Luftfahrzeugbau bis hin zum Bau von Sportgeräten, Möbeln oder Haushaltprodukten verlangt unabhängig von den jeweiligen Anwendungsfällen nach Technologien, mit denen werkstoff- und applikationsgerecht Halbzeuge, Bauteile oder Baugruppen miteinander gefügt werden können. Unter den stoffschlüssigen Fügeverfahren haben Schweißverfahren auf Grund der verfahrensinhärenten Eigenschaften eine überragende Bedeutung erlangt. Neuere Entwicklungen in der Lichtbogenschweißtechnik, die zum Teil auch öffentlich gefördert wurden, zeigen völlig neue Möglichkeiten zur Regelung des Energieeintrages und eröffnen der Lichtbogentechnik neue Möglichkeiten hinsichtlich Prozesssicherheit, Umweltverträglichkeit sowie Erweiterung von Anwendungsfeldern.

Ein „Quantensprung“ mit industrieller Marktrelevanz lässt sich jedoch erst dann erzielen, wenn es gelingt, die physikalischen Grundlagen von Schweißlichtbögen in ihrer Komplexität, die von der Strömung des Prozessgases mit teilweiser Einmischung von Umgebungsgasen, dem Werkstoffübergang der abschmelzenden Elektrode, der Metaldampfentstehung, der Entstehung von Emissionen etc. geprägt ist, zu verstehen und in einem Modell abbilden zu können. Mit diesem Verständnis ergeben sich dann neue Möglichkeiten zur Steuerung der Metallurgie während der Erstarrung, so dass die bei vielen Werkstoffen und deren Kombinationen problematische Heißrissbildung beherrscht werden kann. Vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Bedeutung und dieser sich abzeichnenden Möglichkeiten mit hohem Innovationspotenzial besteht insbesondere für MIG/MAG-Fügeprozesse hoher grundlegender und anwendungsbezogener Forschungsbedarf in der interdisziplinären Kooperation zwischen Ingenieuren, Physikern, Mathematikern/Informatikern und Metallurgen mit der im Folgenden dargestellten Zielsetzung.

### Zielsetzung

Mit dem Forschungscluster wird die Zielsetzung verfolgt, die Prozess- und Anwendungsgrenzen für Lichtbogenschweißverfahren signifikant zu erweitern. Letztlich soll eine höhere Produktivität und gesteigerte Prozesssicherheit bei verringerter Umweltbelastung resultieren. Es sollen außerdem bisher als nicht oder schwer schmelzschweißbar geltende Werkstoffe bzw. deren Kombinationen mit einer „neuen“ Lichtbogenschweißtechnik gefügt werden können. Diese wird in der Lage sein, sich an veränderte Umgebungsbedingungen wie größere Toleranzen anpassen zu können, und so im Wettbewerb zu der erheblich höheren Prozessgeschwindigkeit des Laserstrahlschweißens in der übergeordneten Prozesskette wirtschaftliche Vorteile bieten.

### Methodik

Methodisch ist das Konzept des Clusters so angelegt, dass in einem grundlagenorientierten Projektbereich mittels diagnostischer Verfahren die Vorgänge im Lichtbogen, an Anode und Kathode sowie der Werkstoffübergang untersucht werden. Ziel ist hierbei das Verständnis grundlegend zu verbessern und experimentell ermittelte Daten für die Modellierung bereit zu stellen. Die Modellierung zielt auf die vollständige Beschreibung des MIG-Prozesses, so dass das Prozessverhalten sowie der Einfluss von Prozessgrößen vorhersagbar werden. Im Bereich der Modellierung werden zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze verfolgt: zum einen erfolgt die Modellierung auf der Basis der physikalischen Grundsätze und zum anderen sollen mittels inverser Modellierung Prozesszusammenhänge direkt aus dem Prozess gewonnen und in ein physikalisches Modell implementiert werden. Die ersten Ergebnisse belegen schon nach 6 von 36 Monaten Projekt-

laufzeit mit der Übereinstimmung von Simulation und Experiment (**Bild 15**) das hohe wissenschaftliche Niveau und die Erfolgsaussichten für die Umsetzung in die Anwendung.

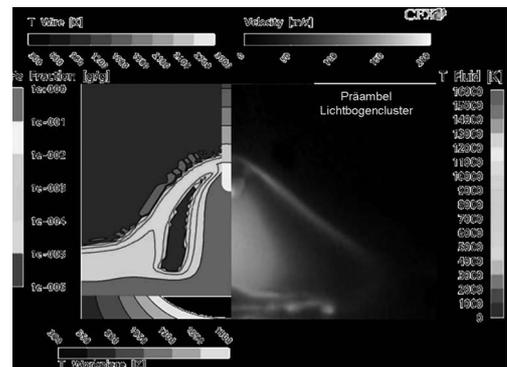


Bild 15 - Vergleich von Simulation und Experiment (Quelle: Füssel, TU Dresden)

Die grundlagenorientierten Arbeiten sind untereinander eng verzahnt und fließen simultan in die anwendungsbezogenen Projekte ein. Hier soll der Lichtbogen so geregelt werden, dass einerseits die Metallurgie und Erstarrung des Schmelzbades gezielt beeinflussbar wird, um beispielsweise die Problematik der Heißrissbildung mit einem neuen prozesstechnischen Ansatz zu beherrschen. Darüber hinaus werden in dem anwendungsbezogenen Projektbereich Methoden erarbeitet, mit denen es gelingen wird, die Stromquelle selber zur Prozesssensorik zu benutzen und hierüber letztlich einen erheblichen Fortschritt hinsichtlich Prozessfähigkeit zu erzielen.

Somit wird mit den Forschungsarbeiten in dem „Cluster“ ein Innovationssprung in der Lichtbogenschweißtechnik hinsichtlich Prozessfähigkeit und Prozessführung möglich.

### Forschungspartner

Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF),  
Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik, TU Berlin  
(Koordination)

Lehrstuhl für Fügetechnik und Montage  
Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik (IOT)  
Technische Universität Dresden

Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF)  
RWTH Aachen

Fachbereich  
Informatik-Elektrotechnik-Maschinenbau  
Hochschule Lausitz

Institut für Plasmatechnik und Mathematik  
(LPT) Universität der Bundeswehr München

Leibniz-Institut für Plasmaforschung  
und Technologie e.V. (INP), Greifswald

Bild 16

### Beteiligte AiF-Mitgliedsvereinigungen



Forschungsvereinigung Schweißen und  
verwandte Verfahren e.V. des DVS,  
Düsseldorf



Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V.,  
Düsseldorf

Bild 17

### „Forschungspakete“ in der IGF

Eine weitere Projektform sind die so genannten „Forschungspakete“, in denen mehrere aufeinander abgestimmte Einzelvorhaben der Anwendungsforschung zusammengefasst sind. Zwei Paketvorhaben mit den Themen „Rührreißschweißen“ und „Anwendungsnahe Schweißsimulation“ befinden sich in der laufenden Förderung, das dritte Projekt zum Thema „Festigkeit geschweißter Bauteile“ ist im Oktober 2008 erfolgreich abgeschlossen worden.

&gt;

### „Anwendbarkeit von Festigkeitskonzepten für schwingbelastete geschweißte Bauteile“

Laufzeit: 1. September 2005 – 31. Oktober 2008

Internet: [www.festigkeitskonzepte.de](http://www.festigkeitskonzepte.de)

Die wirtschaftliche und sichere Auslegung von Schweißkonstruktionen erfordert eine ständige Weiterentwicklung der Methoden des Festigkeitsnachweises. Durch die Entwicklung neuer Nachweiskonzepte und numerischer Berechnungsverfahren sowie der Computertechnik ist heute eine sehr detaillierte Festigkeitsbewertung von Schweißverbindungen vor allem unter Berücksichtigung lokaler Einflüsse möglich. Die Festigkeitsbewertung von geschweißten Konstruktionen mit der Finite-Elemente-Methode gehört inzwischen zum Stand der Technik. Mit örtlichen Nachweiskonzepten können die Vorteile dieser Berechnungsmethode voll ausgeschöpft werden. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichende Akzeptanz dieser Nachweiskonzepte im Vergleich zum bewährten Nennspannungskonzept. Dies gilt vor allem für Industriebranchen, deren Produkte auf der Grundlage von Regelwerken auszulegen sind, wie z. B. im Schiff- und Schienenfahrzeugbau oder im Behälter- und Kranbau. Aber auch regelwerksunabhängige Branchen, wie der Automobil- oder Maschinenbau, benötigen den Nachweis, dass mit örtlichen Festigkeitskonzepten die Beanspruchbarkeit der Verbindungen geschweißter Bauteile zuverlässig bewertet werden kann.

#### Bauteilprobe Wagenkasten

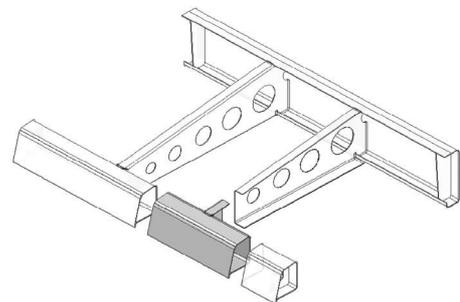


Bild 18

Um diese Anforderungen an lokale Festigkeitskonzepte zu erfüllen, wurden vom DVS und vier weiteren technisch-wissenschaftlichen Verbänden (**Bild 19**) umfangreichere Forschungsaktivitäten initiiert. In einem Gemeinschaftsverbundprojekt mit sechs Teilprojekten (**Bild 21**) haben fünf Forschungsstellen (**Bild 20**) im Zeitraum von 2005 - 2008 rechnerische und experimentelle Untersuchungen an Musterbauteilen und zugehörigen Detailproben aus unterschiedlichen Industriebereichen zur Schwingfestigkeitsbewertung mit unterschiedlichen Nachweiskonzepten durchgeführt. Somit können einerseits Übergänge zwischen den einzelnen Nachweiskonzepten und andererseits Anwendungsgrenzen der einzelnen Konzepte dargestellt werden.

**Umfassender Überblick zum Projekt:** DVS-Berichte / Band 256, „Festigkeit geschweißter Bauteile - Anwendbarkeit lokaler Nachweiskonzepte bei Schwingbeanspruchung“, erschienen bei: DVS Media GmbH 2009

#### Beteiligte AiF-Mitgliedsvereinigungen



Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS, Düsseldorf



Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V., Düsseldorf



Forschungskuratorium Maschinenbau e.V., Frankfurt a.M.



Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V., Frankfurt a.M.



Center of Maritime Technologies e.V., Hamburg

Bild 19

#### Beteiligte Forschungsstellen

ifs · Institut für Füge- und Schweißtechnik, TU Braunschweig

IFW · Materialprüfungsanstalt und Institut für Werkstoffkunde, TU Darmstadt

IMAB · Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, TU Clausthal

LBF · Fraunhofer Institut für Betriebsfestigkeit, Darmstadt

TU HH · Schiffstechnische Konstruktionen und Berechnungen, TU Hamburg-Harburg

Bild 20

## Projektergebnisse – „Benefit“ für die Industrieunternehmen

Dr.-Ing. Manfred Kaßner, Alstom LHB GmbH, Salzgitter

Die durchgeführten Forschungsarbeiten haben eine Reihe neuer Erkenntnisse für die Nutzung der verschiedenen Konzepte ergeben. Dies gilt insbesondere für die örtlichen Konzepte, mit denen die geometrischen Verhältnisse von Schweißverbindungen zielgenauer erfasst werden können und sich dadurch deutliche Anwendungsvorteile gegenüber dem bisher vorrangig genutzten Nennspannungskonzept ergeben. Durch die Berücksichtigung von geschweißten Bauteilen aus verschiedenen Industriebranchen ist auch eine breite Anwendung der Forschungsergebnisse entstanden. So sind Musterbauteile und zugehörige Detailproben aus dem Schiffs-, Schienenfahrzeug-, Maschinen- und Automobilbau konzeptbezogen untersucht wurden, wodurch eine relativ große Konstruktionsvielfalt von geschweißten Bauteilen aus Stahl und Aluminiumlegierungen erfasst werden konnte. Des Weiteren hat die Projektbegleitung von über 65 Industrieunternehmen wesentlich zu einer praxisnahen Bearbeitung des Verbundprojektes und damit zur Erreichung anwendungsnahe Forschungsergebnisse beigetragen.

Um die konzeptbezogenen Versuchsergebnisse untereinander aber auch mit dem derzeitigen Kenntnisstand vergleichen zu können, wurde der Bezug zu den Schwingfestigkeitsangaben der IIW-Empfehlungen für die Auslegung schwingbelasteter Schweißverbindungen hergestellt. Diese IIW-Empfehlungen enthalten Festigkeitswerte für alle 3 betrachteten Festigkeitskonzepte, sind anwendungsunabhängig und bilden die Basis für eine Reihe von verschiedenen branchenbezogenen Normen. Sie können daher als die derzeit modernste Richtlinie für die Schwingfestigkeitsauslegung von Schweißkonstruktionen betrachten werden.

Die Gegenüberstellung der erzielten Versuchsergebnisse mit den vergleichbaren Angaben der IIW-Empfehlungen zeigt zunächst auf, dass mit diesen Empfehlungen die Auslegung von Schweißverbindungen sehr konservativ erfolgt. Damit wird einerseits die sichere Schwingfestigkeitsauslegung mit allen 3 Konzepten bestätigt. Andererseits wird aber auch ein Festigkeitspotenzial sichtbar, welches durch die Untersuchungsergebnisse für die wirtschaftlichere Anwendung der IIW-Empfehlungen erschließbar und für den Leichtbau von Schweißkonstruktionen von besonderer Bedeutung ist.

Darüber hinaus haben sich vor allem neue Erkenntnisse für die Anwendung der lokalen Konzepte ergeben. Dies betrifft insbesondere das Kerbspannungskonzept und bezieht sich auf den Referenzradius, mit dem im Berechnungsmodell die Nahtübergangs- und Nahtwurzelkerbe zu erfassen ist. So sind für den Wanddickenbereich bis 5mm neue Vorgaben für den maßgebenden Referenzradius ( $r_{ref} = 0,3\text{mm}$  oder  $r_{ref} = 0,05\text{mm}$ ) abgeleitet worden, welcher von der Wanddicke abhängt und für Nahtübergang oder -wurzel unterschiedlich ist. Damit wird für die Anwendung des Kerbspannungskonzeptes eine Lücke geschlossen, denn in den IIW-Empfehlungen ist bisher für Schweißkonstruktionen ab 5mm Wanddicke ein einheitlicher Referenzradius von  $r_{ref} = 1,0\text{mm}$  und in ergänzenden

IIW-Dokumenten für sehr dünnwandige Strukturen pauschal von  $r_{ref} = 0,05\text{mm}$  aufgeführt. Des Weiteren wurde für die Anwendung aller untersuchten Festigkeitskonzepte aufgezeigt, dass mit einer vom konstruktiven Detail und von der Belastung abhängigen Neigung der Wöhlerlinie die Auslegungsgenauigkeit erhöht werden kann. In den IIW-Empfehlungen fehlt bisher eine solche Differenzierung.

Insgesamt ist festzustellen, dass die erzielten Forschungsergebnisse wesentlich zu einer treffsicheren und zugleich wirtschaftlicheren Auslegung von geschweißten, schwingbelasteten Konstruktionen beitragen.

**Eine komplette Zusammenstellung aller IGF-Abschlussberichte zu den Teilvorhaben ist abrufbar unter:**

[www.dvs-ev.de/fv/festigkeit](http://www.dvs-ev.de/fv/festigkeit)

### Übersicht über die Einzelvorhaben

- Nr.1 Versteifte Plattenstrukturen aus dem Stahlschiffbau (TU HH)
- Nr.2 Offene und geschlossene Stahlprofile aus dem Schienenfahrzeugbau
  - 2.1. Querträgeranbindung aus dem Untergestell eines Wagenkastens (ifs)
  - 2.2. Drehgestellrahmen (IMAB)
- Nr.3 Gelenkwelle aus Stahl als Beispiel für rotationssymmetrische Bauteile des Maschinenbaus (IFW)
- Nr.4 Laserstrahlgeschweißte Stahlstrukturen geringer Wanddicke aus dem Automobilbau (LBF)
  - 4.1. Verbindung von Längsträger und Schottplatte
  - 4.2. Hochdruck-Einspritzventil
- Nr.5 Schutzgasgeschweißte Stahlstrukturen geringer Wanddicke aus dem Automobilbau (ifs)
- Nr.6 Strangpressprofil- und Blechstrukturen aus Aluminiumknetlegierungen im Fahrzeugbau (LBF)
  - 6.1 Verbindung des Wagenkastenunterbodens aus dem Schienenfahrzeugbau
  - 6.2. Lagerbockenanbindung an einem Hinterachsager aus dem Automobilbau

Bild 21

Das Projekt wurde gefördert von:



### Beteiligungen der Institute an Vorhaben und Anträgen 2008

Hochschul institute

Nr.	Institutsleiter	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
1.	BACH		1	3	2	6
2.	BERGER					
3.	BLECK					
4.	BOBZIN	1	2	3	1	7
5.	CROSTACK					
6.	DIETRICH *				1	1
7.	DILGER	3	4	2	2	11
8.	EIFLER		1			1
9.	ESDERTS			1		1
10.	FRANKE					
11.	FÜSSEL	2			1	3
12.	GEHDE				1	1
13.	GEIGER / SCHMIDT					
14.	GEISS *				2	2
15.	GESSNER *				1	1
16.	GRAF			1		1
17.	HAHN	1	2	1		4
18.	HEIM		2			2
19.	HEROLD / MARTINEK	1	3	1	3	8
20.	KLASSEN	1				1
21.	KRUSCHA *	1			1	2
22.	LINDEMANN			1		1
23.	MATTHES	3			2	5
24.	MICHAELI		1	1		2
25.	MICHAILOV *	1			1	2
26.	MÜLLER	1				1
27.	POTENTE	1	1			2
28.	REISGEN	7	1	3	8	19
29.	ROOS	2	1			3
30.	SCHEIN	1				1
31.	SCHMACHTENBERG / OSSWALD				1	1
32.	SCHMIDT		1	1		2
33.	SCHÖPPNER *				1	1
34.	SCHUBERT *				1	1
35.	TILLMANN	1	1		1	3
36.	WESLING					
37.	WIELAGE	3	1	1	4	9
38.	WILDE	1		1		2
39.	WILDEN	4	3	2	5	14
40.	WOLTER		1	1		2
41.	ZÄH	2	1			3

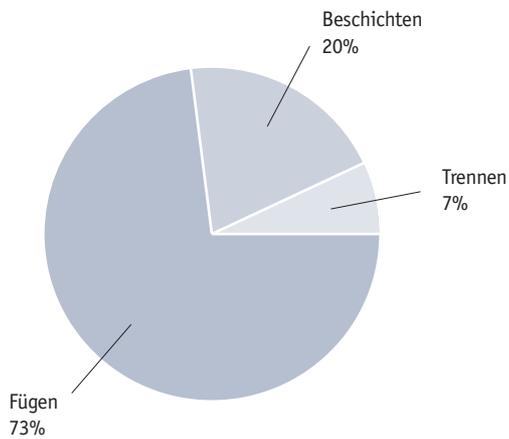
(\* kein forschendes Mitglied in der Forschungsvereinigung)

### Beteiligungen der Institute an Vorhaben und Anträgen 2008

	Nr.	Institutsleiter	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	AiF-Anträge	Gesamt
DVS-Institute	1.	HOFFMANN					
	2.	KEITEL		2	2		4
	3.	MITTELSTÄDT					
	4.	PAULINUS			2		2
	5.	ROTH					
	6.	SÄNDIG				2	2
	7.	STRÖFER				1	1
	8.	ZECH	4	1	3		8
Fraunhofer Institute	1.	BEYER			2	1	3
	2.	GUMBSCH	1	2		1	4
	3.	HANSELKA	1		2	1	4
	4.	KRÖNING					
	5.	MICHAELIS *			2		2
	6.	POPRAWA					
	7.	REICHL	1	3		1	5
	8.	SCHÄFER	3	4	1	1	9
	9.	WINDBRACKE / BENECKE	1	1		1	3
sonstige Institute	1.	BARTHELMÄ	1			1	2
	2.	BASTIAN	1	1			2
	3.	BOUAIFI	1			1	2
	4.	HAFERKAMP	1	1	1		3
	5.	HANEL					
	6.	HUBER					
	7.	KRAUS				1	1
	8.	MICHEELS *			1		1
	9.	RETHMEIER	1			4	5
	10.	SCHLARB / MITSCHANG		1			1
	11.	VIRIAN					
	12.	VOIGTSBERGER *				1	1
	13.	VOLLERTSEN				1	1
	14.	WIEDEMANN *				1	1

(\* kein forschendes Mitglied in der Forschungsvereinigung)

## Fügen, Trennen & Beschichten



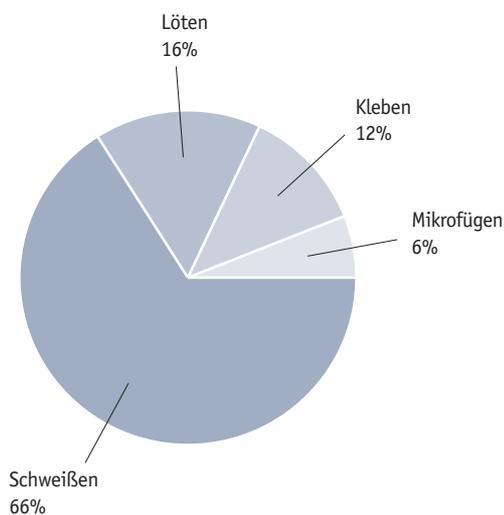
Stand 1/2009 aus 44 Vorhaben (2007-2008)

### Forschungsschwerpunkte

Auch im Berichtszeitraum 2008 wurde die Analyse der Forschungsvorhaben fortgeführt. Die Ergebnisse der Analyse (**Bilder 24 - 28**) dienen der kontinuierlichen Bewertung der Ziele und Inhalte der Forschungsarbeiten und geben die Möglichkeit, mit Blick auf zukünftige Antragsthemen Schwerpunkte zu setzen.

Bild 24

## Fügeverfahren



Stand 1/2009 aus 32 Vorhaben (2007-2008)

Bild 25

### Ausrichtung der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung

Die Umfragen via Online-Verfahren unter den Industrievertretern in der Forschungsvereinigung und im Ausschuss für Technik wurden nach den Berichtsjahren 2005-2007 auch im Jahr 2008 wiederholt, um die aktuellen und zukünftigen Forschungsbedarfe und -schwerpunkte kontinuierlich festzustellen und zu bewerten. Während an der Umfrage im März 2005 390 Industrievertreter mit 1144 Bewertungen teilgenommen hatten, haben sich in 2006 465 Industrievertreter mit 1359 Bewertungen beteiligt. In der Umfrage für 2007 haben sich 483 Industrievertreter mit 1403 Bewertungen beteiligt. Die Umfrage 2008 ergab eine Beteiligung von 457 Personen aus der Industrie, die insgesamt 1331 Bewertungen abgegeben haben (letzter Stand der Auszählung April 2009). Zur regelmäßigen Überprüfung der Antragsberechtigung der Fachausschüsse wird die Umfrage unter den Unternehmensvertretern auch in den folgenden Jahren fortgesetzt. Zur regelmäßigen Überprüfung der Antragsberechtigung der Fachausschüsse wird die Umfrage unter den Unternehmensvertretern auch in den folgenden Jahren fortgesetzt.

In allen Fachausschüssen wird die Diskussion über die zukünftige Ausrichtung der Forschungsaktivitäten intensiv geführt. Schwerpunkte dieser Strategiediskussion sind die Vernetzung der Forschung sowie eine Fokussierung auf bestimmte Forschungsfelder. Das 2004 verabschiedete Leitbild und die Strategie der Forschungsvereinigung werden kontinuierlich überprüft und weiterentwickelt. Bereits identifizierte Forschungsschwerpunkte werden präzisiert. Für die nächsten Jahre werden neue Schwerpunkte definiert. Erste Umsetzungen wie die Bildung interdisziplinärer Forschungsverbände und von Forschungsk Kooperationen sind bereits erfolgreich umgesetzt worden.

### Schweißverfahren

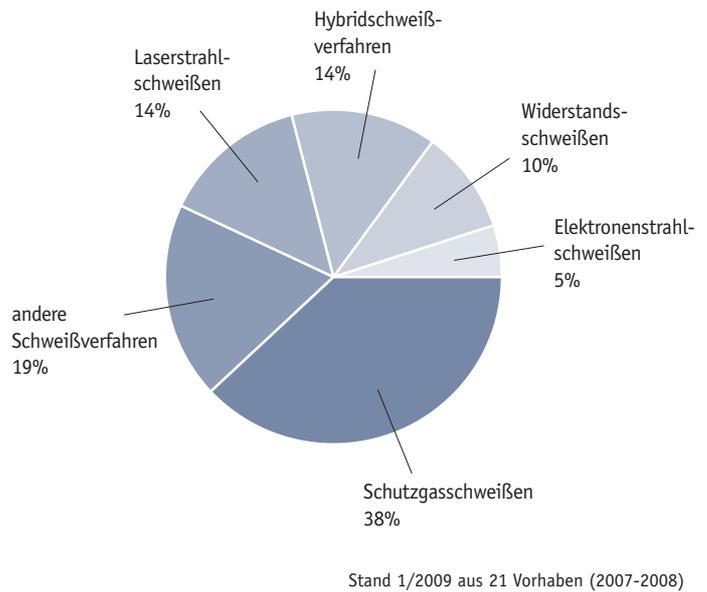


Bild 26

### Werkstoffe

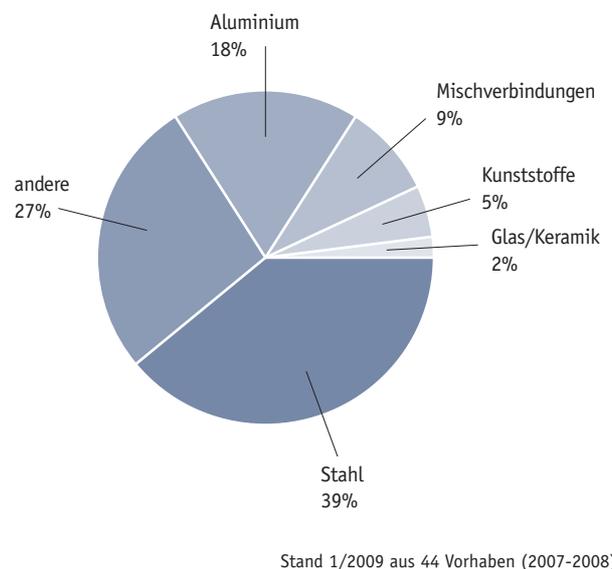


Bild 27

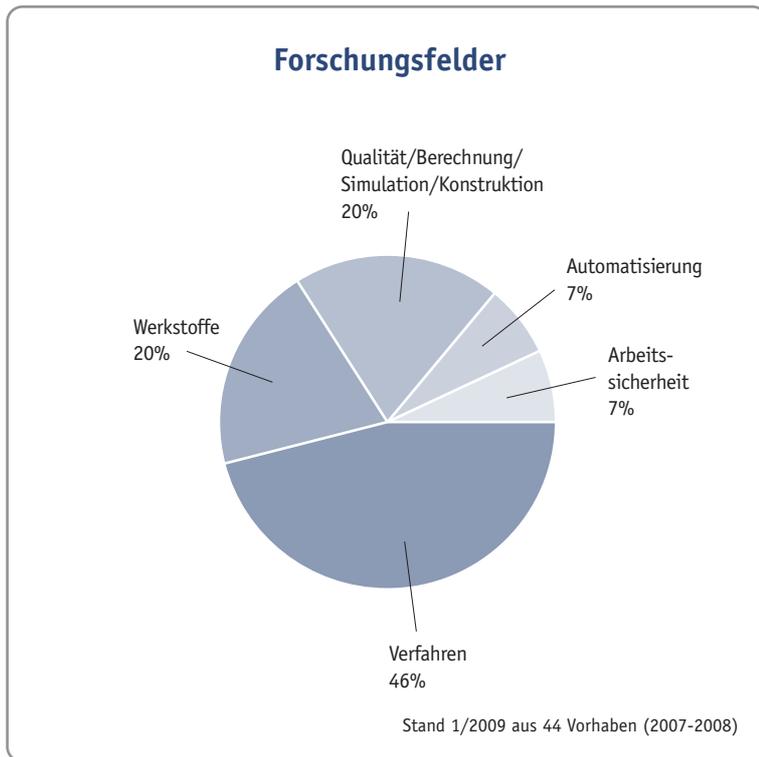


Bild 28

### Perspektiven

Der Schwerpunkt der Aktivitäten der Forschungsvereinigung des DVS bleiben die Koordinierung und Förderung von Projekten der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF).

Ergänzend steht auch die Förderung von Projekten mit erweiterten oder spezifischeren Zielrichtungen im Blickfeld. Perspektiven der fuge-technischen Gemeinschaftsforschung sind in **Bild 29** auf der folgenden Seite zusammengefasst.

### ZUTECH

Schwerpunkt der im Initiativprogramm ZUTECH „Zukunftstechnologien für kleine und mittlere Unternehmen“ geförderten IGF-Forschungsvorhaben ist die Erarbeitung branchenübergreifender Lösungen in interdisziplinärer Zusammenarbeit. Besonderer Wert wird dabei auf den Transfer der Ergebnisse gelegt.

## CORNET II

CORNET steht für Collective Research Networking, die Vernetzung von nationalen und regionalen Programmen der Gemeinschaftsforschung in Europa. An dem von der AiF koordinierten ERANET CORNET sind 20 Ministerien und Projektträger aus 13 Ländern und Regionen Europas beteiligt. Ziel ist es, die europäische Zusammenarbeit zwischen nationalen und regionalen Programmen für Gemeinschaftsforschung zu vertiefen. Neben einem strukturierten Erfahrungsaustausch werden Ausschreibungen für gemeinsam geförderte Projekte der Gemeinschaftsforschung organisiert, Datenbanken und Broschüren erstellt und Workshops durchgeführt. Im Rahmen von CORNET organisieren Ministerien und Förderinstitutionen aus verschiedenen Ländern und Regionen Europas gemeinsam die Ausschreibungsrunden für transnationale Projekte der Gemeinschaftsforschung. Projektkonsortien, bestehend aus Unternehmensverbänden aus mindestens zwei Ländern und Regionen Europas haben die Möglichkeit, Anträge für gemeinsame Projekte der Gemeinschaftsforschung zu stellen.

Die Förderung der Projekte erfolgt auf Basis der existierenden nationalen bzw. regionalen Fördermechanismen. Antragsberechtigt sind Unternehmensverbände und andere Zusammenschlüsse von Unternehmen aus Ländern und Regionen, die sich an der Ausschreibung beteiligen. In Deutschland sind ausschließlich AiF-Mitgliedsvereinigungen antragsberechtigt. Zuwendungsgeber in Deutschland ist das BMWi.

### Einzelne Förderbedingungen:

- max. Projektdauer: 2 Jahre
- Konsortien, bestehend aus Unternehmensverbänden und aus mindestens 2 teilnehmenden Ländern und Regionen Europas
- Projektbegleitender Ausschuss mit mindestens 5 KMU pro Land/Region aus teilnehmenden Ländern und Regionen Europas

Weitere Informationen unter:

[www.cornet-era.net](http://www.cornet-era.net) und  
[www.aif.de/igf/cornet.php](http://www.aif.de/igf/cornet.php)

Die bereits seit mehreren Jahren durchgeführten DVS-Forschungsstudien und DVS-Forschungsseminare werden aktiv fortgeführt. Sie bilden inzwischen eine anerkannte Plattform zur Darstellung des Standes der Technik und sind Initiationsveranstaltungen für zukünftige Forschungsansätze.

## Perspektiven der fūgetechnischen Gemeinschaftsforschung

Maßnahmen	Partner	Ziel / Status
IGF-Forschungsvorhaben im Normalverfahren Initiativprogramm: ZUTECH AiF / DFG - Gemeinschaftsvorhaben („Cluster“) CORNET II	AiF BMW BMBF	Kontinuierliche Beteiligung
Jährliche DVS-Forschungsseminare Fachkolloquien / Fachveranstaltungen	Mitglieder der Forschungsvereinigung	Transfer von Forschungsergebnissen
ECONWELD als „Collective-Research“- Projekt im 6. Forschungsrahmenprogramm der EU	Projektträger EU-Kommission	Status: abgeschlossen
DVS-Forschungsfonds	Unternehmen	Finanzierung von Studien

### Evaluierung der Forschungsvereinigung des DVS durch das RWI

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) wurde die Forschungsvereinigung des DVS 2008 erfolgreich vom Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) evaluiert:

„Die Forschungsvereinigung hat die Heterogenität des Forschungsfelds und die Vielfalt des branchenübergreifenden Einsatzes der hier angewandten Technologien zu bewältigen. Auch wenn die Verfahren Gemeinsamkeiten aufweisen, so ist ihr Einsatz in Unternehmen höchst differenziert. Die Fachausschüsse des DVS leisten hier einen bemerkenswert positiven Beitrag, nicht nur durch die organisatorische Zusammenführung der technischen Debatte aus den unterschiedlichen Kontexten, sondern auch durch die Verknüpfung des Dialogs der Fachkräfte mit der Wissenschaft. Die Forschungsvereinigung ist zu ermuntern, in dieser Aufgabe nicht nachzulassen und vor allem den Weg der interdisziplinären Diskussion technischer Fragen durch eine Einbeziehung von Vertretern anderer, benachbarter Forschungsvereinigungen fortzuführen. Die Forschungsvereinigung administriert ausschließlich Projekte der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF). Der DVS hat hier eine Vorreiterrolle in der IGF übernommen, nämlich die Kooperation unter den Forschungsvereinigungen auf Fachausschussebene zu intensivieren. Dies bietet sich im Falle der Füge- und Verbindungstechnik an, die in zahlreichen Branchen bei unterschiedlichen Werkstoffen Verwendung findet.

Der DVS trägt mit seinen Publikationen (insbesondere den Fachzeitschriften „Schneiden und Schweißen“, „Welding and Cutting“ „der praktiker“, „Joining Plastics“ und „Thermal Spray Bulletin“), mit seiner Funktion als Bildungsträger sowie durch die Organisation zahlreicher nationaler und internationaler Konferenzveranstaltungen, Kolloquien und Workshops und einer Fachmesse zu einer unmittelbaren Weiterleitung der Forschungsergebnisse in die Praxis bei.

Die Forschungsvereinigung profitiert dabei von der engen Einbindung in die Verbandsaktivitäten. Herzstück der Forschungsvereinigung sind 13 Fachausschüsse, in denen sich rund 400 Fachleute aus Industrie und Instituten an der fachlichen Diskussion beteiligen. Durchschnittlich werden 80 Forschungsvorhaben pro Jahr bearbeitet, von denen rund 30 neu begonnen und jeweils 25 weitergeführt bzw. erfolgreich abgeschlossen werden. Die Zusammenarbeit beruht auf engen Kontakten zu 70 Forschungsinstituten und rund 220 Unternehmen. Das in den Projekten generierte fachliche Wissen wird direkt in die anerkannten und führenden Ausbildungsstätten für die Fügetechnik (den „Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten“ SLV) transferiert. Forschungsergebnisse finden so über die Ausbildung direkt den Weg in die berufliche Praxis.

Die mit der Forschungsvereinigung in Kontakt stehenden Unternehmen reichen vom traditionellen kleinen Handwerksbetrieb bis zu Großunternehmen der Automobil- und Elektroindustrie. Die Zusammenführung dieser in heterogenen Bereichen agierenden Akteure ist als äußerst verdienstvoll zu erachten. Die Forschungsvereinigung hat für sich ein Leitbild und eine Strategie entwickelt. Demnach will sie als Organisation einen Beitrag zur Sicherung der Innovationskraft und der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen leisten und hierzu effektiv und effizient Wissen zum Fügen, Trennen und Beschichten generieren und transferieren.“

# Das Team der Forschungsvereinigung

4



**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck**  
(Geschäftsführung)  
Tel.: 0211 / 1591-173  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: jens.jerzembeck@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 2, Q6**



**Dipl.-Ing. Christoph Eßer-Ayertey**  
Tel.: 0211 / 1591-178  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: christoph.esser@dvs-hg.de  
**Fachausschuss 6**



**Dipl.-Ing. Axel Janssen**  
Tel.: 0211 / 1591-117  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: axel.janssen@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 4, 11**



**Marcus Kubanek**  
Tel.: 0211 / 1591-120  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: marcus.kubanek@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 1, 5, 9, GA-K, GA I2**



**Dipl.-Ing. Wolfgang Queren**  
Tel.: 0211 / 1591-116  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: wolfgang.queren@dvs-hg.de  
**Fachausschuss 3**



**Dipl.-Ing. Michael Weinreich**  
Tel.: 0211 / 1591-279  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: michael.weinreich@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 7, 10**



**Jutta Altenburger**  
Tel.: 0211 / 1591-181  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: jutta.altenburger@dvs-hg.de  
**Sekretariat**



**Ingrid Günther**  
Tel.: 0211 / 1591-119  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: ingrid.guenther@dvs-hg.de  
**Administrative Bearbeitung von  
Forschungsvorhaben**



**Christian Habel**  
Tel.: 0211 / 1591-118  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: christian.habel@dvs-hg.de  
**System-Administration**



**Andrea Pierschke**  
Tel.: 0211 / 1591-304  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: andrea.pierschke@dvs-hg.de  
**Sachbearbeitung**



[www.dvs-ev.de/fv/FA01](http://www.dvs-ev.de/fv/FA01)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Marcus Kubanek**

Tel.: 0211 / 1591-120

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [marcus.kubanek@dvs-hg.de](mailto:marcus.kubanek@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dipl.-Ing. Frank Palm**  
EADS Deutschland GmbH, München

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Herbert Heuser**  
Böhler Schweißtechnik Deutschland GmbH, Hamm

### Grundsätze

Der Fachausschuss beschäftigt sich mit schweißtechnischen Forschungsvorhaben, in denen die Grundwerkstoffe, die Zusatz- und Hilfswerkstoffe und die beim Fügen, Trennen oder Beschichten resultierenden, lokalen Werkstoffveränderungen maßgeblich die Prozessergebnisse in Bezug auf die Eigenschaften des Fertigprodukts bestimmen. Dies beinhaltet die Bewertung von thermischen, metallurgischen und mechanischen Einflüssen unmittelbar vor, während und nach der Ausführung des Prozesses auf die Werkstoffeigenschaften des Produktes.

Das Ziel ist es, sichere Aussagen über die im schweißtechnischen Fertigungsprozess beeinflussten Werkstoffe und somit ihrer Anwendbarkeit in bestimmten Produkten zu treffen.

### Forschungsfelder

Folgende Forschungsfelder werden im FA 1 bearbeitet:

- Tiefergehende Erkenntnisse über das metallurgische Verhalten und die technologischen Eigenschaften von Werkstoffen bei schweißtechnischen Füge-, Trenn- und Beschichtungsverfahren
- Fragen zur Fügbarkeit neu entwickelter oder modifizierter Werkstoffe
- Neue, anforderungsangepasste Zusatzwerkstoffe
- Modifizierung und Anpassung von Fügeverfahren aus Sicht der Metallurgie und Werkstofftechnik
- Einflüsse von thermischen, mechanischen oder thermo-mechanischen Maßnahmen vor, während und nach dem Schweißen bzw. Beschichten
- Fragen zum Umgang mit den speziellen kurzzeit-metallurgischen Vorgängen, langfristigen Werkstoffveränderungen im Gebrauch, werkstoffmechanischen Fragen und anderen Wirkungen beim Schweißen (z.B. Eigenspannungen)
- Bewertung und Nutzung von Vorhersageinstrumenten auf Basis von „Finite Element Methoden“ (FEM - Modellierung) zur Abschätzung bestimmter Effekte und Einflüsse auf das Schweißergebnis
- Einsatz von statistischen Versuchsmethoden

### Schwerpunkthemen

- Erarbeitung werkstoffkundlicher Zusammenhänge beim thermischen Fügen, Trennen und Beschichten
- Beeinflussung von Werkstoff- und Gebrauchsverhalten von schweißtechnisch gefertigten Bauteilen
- Entwicklung von Methoden und Maßnahmen zur Qualitätssicherung und -kontrolle
- Einsatz und Modifikation von Fügeverfahren zur gezielten metallurgischen Beeinflussung der Werkstoffe
- Metallurgische Beeinflussung der Füge- und Beschichtungszone durch Zusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe
- Entwicklung und Qualifizierung anforderungsgerechter Zusatzwerkstoffe mit speziellen Füge- und Beschichtungseigenschaften
- Untersuchungen zum Fügeverhalten von Werkstoffverbunden und Verbundwerkstoffen

- Eigenschaftsverbesserung und Bewertung geschweißter Verbindungen durch optimierte thermische und/oder mechanische Vor- bzw. Nachbehandlungsprozesse
- Schnelle Anwendung und Implementierung/Verbreitung von neuen Erkenntnissen durch Aufbau und Nutzung wissensbasierter Systeme (Datenbanken, Expertensysteme, etc.) und neuer Simulations- und Modellierungstechnologien
- Fragen zur Arbeits- und Prozesssicherheit, welche durch werkstoffbezogene Größen beeinflusst werden

### Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- W1 „Technische Gase“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W1](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W1)
- W2 „Schweißen von Gusswerkstoffen“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W2](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W2)
- W3 „Fügen von Metall, Keramik und Glas“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W3](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W3)
- W4 „Fügen von Kunststoffen“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W4](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W4)
- W5 „Schweißzusätze“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W5](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W5)
- W6 „Schweißen von Aluminium und Magnesium“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W6](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W6)

**IIW - Gremien (International Institute of Welding)** - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)

Commission II „Lichtbogenschweißen und Zusatzwerkstoffe“

### Forschungsbilanz - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Erarbeiten der metallurgischen Grundlagen für das Beschichten mit hochwolframhaltigen Pseudolegierungen

(IGF-Nr. 15.203 B / DVS-Nr. 01.059)

Laufzeit: 1. August 2007 – 31. Juli 2009

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Wilden, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF, Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik, TU Berlin

Im Rahmen des vorliegenden Projektes werden die metallurgischen Grundlagen für das Beschichten mit hochwolframhaltigen Pseudolegierungen erarbeitet. Bereits während der Projektlaufzeit setzte die Barradas Schweißtechnik Ergebnisse um.

Die Firma Barradas Schweißtechnik weist eine langjährige Erfahrung in der Wiederaufbereitung und Neuanfertigung von verschleißbeanspruchten Werkzeugen im Bereich der Massivumformung, Blechumformung und des Nichteisenmetallgusses auf. Neben der werkstoffgerechten Auslegung des Schweißprozesses (Folgeplan, Auswahl der Prozessrandbedingungen) spielt auch die Auswahl des Beschichtungswerkstoffes eine entscheidende Rolle, was für Kunden als Lösung entwickelt und angeboten wird.

Speziell im Bereich des Nichteisenmetallgusses besteht ein hoher Bedarf an werkstoffkundlichen Lösungen gegen auftretenden Verschleiß in Verbindung mit Korrosion durch die Metallschmelzen, welche sich fertigungstechnisch und wirtschaftlich umsetzen lassen. Die Barradas Schweißtechnik fertigt und regeneriert verschleißbeanspruchte Ur- und Umformwerkzeuge. Dafür verfügt das KMU über eine große Erfahrung und Kompetenz in den Bereichen Auftragschweißen und Endbearbeiten. Das firmeneigene Wissen wird durch die aktive Mitarbeit in projektbegleitenden Ausschüssen erweitert, beispielsweise durch Projekte im Bereich des Beschichtens der TU Berlin, Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik.

Aluminiumgussformen aus Stahl verschleißten aufgrund der korrosiven Wirkung der Aluminiumschmelze sehr schnell. Mittels Auftragschweißen ist es möglich, die Formen zu regenerieren, jedoch werden an die Schweißtechnik besondere Ansprüche gestellt. Durch die thermische Belastung des Werkstoffs während des Beschichtens und der daraus resultierenden Wärmeinflusszone ergeben sich lokale Gefügeveränderungen, die an den Gussteilen später zu erkennen sind. Des Weiteren hat die Legierungszusammensetzung des Schweißmaterials einen großen Einfluss auf die Schweißstrategie. Die Beständigkeitseigenschaften und die Nachbearbeitbarkeit sind gegenläufige Einflussfaktoren bezüglich des Wolframgehalts in der Legierung. Eine Optimierung des Gesamtsystems, hinsichtlich verschiedener Anwendungsfälle, stellt eine große Herausforderung dar.

**Nach Rui Barradas, Inhaber der Barradas Schweißtechnik** führten die Ergebnisse, die im Projekt bisher an Standardproben erzielt wurden, dazu, dass die Barradas Schweißtechnik auf Basis der verfügbaren Erkenntnisse das Beschichten mit hochwolframhaltigen Werkstoffen eigenständig weiterentwickelte:

„Dadurch sind wir nun in der Lage, das Beschichten von Formen mit verschleißbeständigen hochwolframhaltigen Pseudolegierungen anzubieten. Exemplarische Umsetzungen sind im Bereich von Auswerferstiften und Gießrinnen realisiert worden.“



**Bild 1** - Beschichtete Gießrinne



**Bild 2** - Beschichteter Auswerferstift nach Endbearbeitung

# Durchlaufende/abgeschlossene Forschungsprojekte 2008 im FA 1

5

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
15.201 B 01.058	<b>Metallkundlich-technologische Untersuchungen zur Schweißseignung neuartiger austenitischer Fe-Mn-Stähle</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, TU Braunschweig Prof. Dr.-Ing. habil. Herold/Prof. Dr.-Ing. Martinek, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	01.04.2007	30.06.2009
15.203 B 01.059	<b>Erarbeiten der metallurgischen Grundlagen für das Beschichten mit hochwolframhaltigen Pseudolegierungen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, TU Ilmenau/TU Berlin	01.08.2007	31.07.2009
15.564 N 01.061	<b>Untersuchung zur Vermeidung der Wasserstoffversprödung beim Lichtbogenbolzenschweißen an Stahlwerkstoffen</b> Dipl.-Ing. Zech, SLV München	01.03.2008	28.02.2010
15.596 N 01.063	<b>Entwicklung von Füge-technologien für Leichtbauanwendungen mit schmiedbaren Gamma-Titanaluminiden verbesserter Duktilität</b> Dipl.-Ing. Zech, SLV München	01.06.2008	31.05.2010
15.637 N 01.060	<b>Metallurgische Grundlagen zum Fügen mittels im Puls modulierbarer Laserstrahlquellen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, TU Berlin	01.07.2008	30.06.2010
15.816 B 01.062	<b>Entwicklung von Verschleißschutzschichten auf Basis von Nickelhartlegierungen auf Aluminiumbauteilen mittels Plasma-Pulver-Auftragschweißen</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen Prof. Dr.-Ing. Martinek, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	01.10.2008	30.09.2010
15.915 N 01.064	<b>Werkstoffgerechtes Fügen von hochfesten Pipelinestählen der Qualitäten X100 und X120 unter Baustellenbedingungen</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen	01.12.2008	30.11.2010

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
14.839 N 01.057	<b>MSG-Löten mit Fülldrähten zur Steigerung der Festigkeits-eigenschaften am Beispiel höherfester Stahlwerkstoffe</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen
14.961 B 01.051	<b>Schweißtechnische Untersuchungen zum Einsatz nichtrostender austenitischer Edelstähle für Anwendungen im Automobilbau</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Herold/Prof. Dr.-Ing. Martinek Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg



[www.dvs-ev.de/fv/FA02](http://www.dvs-ev.de/fv/FA02)

Geschäftsstelle des DVS, Düsseldorf

**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck**

Tel.: 0211 / 1591-173

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [jens.jerzembeck@dvs-hg.de](mailto:jens.jerzembeck@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dr.-Ing. Gregor Langer**

Terolab Surface GmbH, Langenfeld

**Stellvertr. Vorsitzender Dipl.-Ing. Peter Heinrich**

Linde Gas AG, Unterschleißheim

### Grundsätze

Der Fachausschuss befasst sich mit den Verfahren zum thermischen Spritzen, zur Autogentechnik und zum PTA-Schweißen. Ausdrücklich nicht gefordert sind die Optimierung von Verfahren, die mittelständischen Unternehmen nicht zugänglich sein werden, oder Optimierungen bereits markteingeführter Spritzanlagen sowie die Optimierungen neuer Werkstoffe, für die keine Anwendungen bekannt sind. Die Aktivitäten des Fachausschusses unterstützen unter anderem die Darstellung von Einsatzmöglichkeiten thermisch gespritzter Schichten und geben auch eine Hilfestellung bei der Schichtauswahl. Dabei werden auch Kostengesichtspunkte zur Werkstoff- und Verfahrensoptimierung berücksichtigt. Als Beispiel hierfür sind die Werkstoffsubstitution und neue Technologien wie Mikroplasma-spritzen, Kaltgasspritzen, Lichtbogen-Eindrahtspritzen oder reaktives Spritzen genannt. Thermische Spritzverfahren sollen sich dabei zu anderen Beschichtungstechniken abgrenzen.

### Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

#### Werkstoffe

- Neue Werkstoffe (Substrate: Magnesium, Intermetallics (TiAl, NiAl)),
- Verbundwerkstoffe und Spritzwerkstoffe: Nanostrukturierte Werkstoffe, Oxidkeramiken
- Hartchromersatz
- Realisierung schwer spritzbarer Werkstoffe, wie z.B. SiC, BC, SiN TiC zur Schichtherstellung
- Weiterentwicklung des thermischen Spritzens mit nanokristallinen und quasikristallinen Pulvern
- Einsatz von Chromoxid bei Oberflächen, die Berührung zur Lebensmitteltechnik haben

#### Verfahren

- Optimierung der Auftragsrate
- Düsendesign
- Abgrenzungen und Anwendungen des Kaltgasspritzens für mittelständische Unternehmen
- Vergleichende Untersuchungen des thermischen Spritzens von Oxidkeramiken mit Plasma- und Flamspritzens hinsichtlich der resultierenden Eigenschaften
- Vergleichende Untersuchungen zum HVOF-Spritzens, z.B., WC-Co-Cr hinsichtlich Schichteigenschaften (z.B. Eigenspannungen)
- Hybridverfahren, simultanes Trockeneisvorbehandeln

#### Prüfung/Qualität/Umwelt

- Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung von thermisch gespritzten Schichten (z. B. Wirbelstromschichtdickenmessung bei Wärmedämmschichten)
- mechanische Bearbeitbarkeit
- Verfahren einer kostengünstigen Qualitätssicherung für mittelständische Unternehmen
- Versiegelung von thermischen Spritzschichten, wobei Hersteller von Sieglern mit einbezogen werden sollen
- Untersuchungen zur Staubbelastung des Personals
- Entsorgung von Spritzstäuben

#### Veranstaltungen

International Thermal Spray Conference and Exposition (ITSC)

#### Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- Gemeinschaftsausschuss DIN NA 092-00-14 AA / DVS AG V 7 - [www.dvs-aft.de/AfT/V/V7](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V7)  
„Thermisches Spritzen und thermisch gespritzte Schichten“

**IIW-Gremien (International Institute of Welding)** - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)

Commission I „Thermisches Schneiden und verwandte Verfahren“

#### Forschungsbilanz - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

##### **Thermisch gespritzte Diffusionssperrschichten für CFC-Bauteile in Hochtemperaturanwendungen (IGF-Nr. 14.880 N / DVS-Nr. 2.050)**

Laufzeit: 1. Juli 2006 – 30. Juni 2008

Prof. Dr.-Ing. K. Bobzin, Institut für Oberflächentechnik (iot), RWTH Aachen

Kohlefaserverstärkte Kohlenstoffe (CFC) zeichnen sich durch ihre besonderen Eigenschaften aus. Sie sind leicht, mechanisch hoch belastbar, thermisch hoch stabil und sehr thermoschockbeständig. Aufgrund dieser Eigenschaften finden CFC-Werkstoffe immer häufiger Anwendung in Hochtemperaturbereichen. Beispiele für neue Anwendungen im Hochtemperaturbereich u. a sind Komponenten in Ofenanlagen. Der Ersatz von Graphit- und Stahlkomponenten durch CFC-Werkstoffe führt zu einer deutlichen Erhöhung der Produktionseffizienz und -sicherheit. Der Einsatz von CFC in Ofenanlagen kann jedoch problematisch werden, wenn ein direkter Kontakt der CFC-Komponenten mit metallischen Bauteilen besteht, da eine ungewollte Diffusion von Kohlenstoff in die metallischen Bauteile zur Aufkohlung bzw. Karbidbildung führen kann. Aus dieser Situation heraus begründet sich klar der Bedarf an der Entwicklung einer Diffusionssperrschicht mit Hilfe der thermischen Spitztechnik, der den Anlass zu diesem Forschungsvorhaben darstellt. Sowohl für Ofenbauer als auch für Ofenbenutzer ist eine standfeste Diffusionssperrschicht auf CFC-Komponenten von großem Interesse.

Zielsetzung dieses Forschungsvorhabens war die Entwicklung von standfesten, thermisch gespritzten Diffusionsbarrieren auf CFC-Werkstoffen für Hochtemperaturanwendungen. Da die Beschichtung von CFC-Werkstoffen mittels thermischer Spritztechnik neu ist, trägt die Bearbeitung des Forschungsvorhabens auch zur systematischen Erarbeitung der Kenntnisse bezüglich der CFC-Beschichtung stark bei.

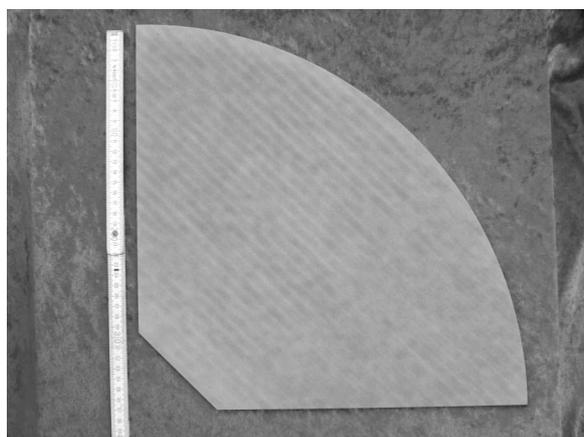
Im Rahmen des Projekts wurde zunächst die Vorbereitung des CFC-Substrats für die Beschichtung untersucht und ein geeignetes Verfahren entwickelt. Damit kann die Oberfläche des empfindlichen CFC-Substrats einerseits aufgeraut und der Massenabtrag andererseits minimiert werden. Verschiedene Schichtsysteme auf Oxidkeramikbasis wurden anschließend erfolgreich als Diffusionsbarrieren für CFC-Komponenten entwickelt. Die Schichtsysteme wurden in Bezug auf die Schichtbildung, -struktur, -haftung, die Thermo-schockbeständigkeit und Barrierenfunktion untersucht. Darauf beruhend konnten verschiedene CFC-Chargenträgerplatten als Demonstratoren beschichtet werden, die heute in der industriellen Produktion im Einsatz sind.

Die Ergebnisse des Projekts wurden während und nach dem Ablauf des Vorhabens bei den Mitgliedern des pbA direkt umgesetzt. Durch Veröffentlichungen, Berichterstattungen im Fachausschuss und Tagungsteilnahmen wurden die Ergebnisse auch Firmen, die nicht zum pbA gehörten, zugänglich gemacht.

**Herr Dr.-Ing. Broich, PVA Löt- und Werkstofftechnik GmbH:** „Als Dienstleistungsanbieter in der Löttechnik sind wir mit den Ergebnissen aus dem Projekt sehr zufrieden. Die beschichteten Chargenträgerplatten aus CFC sind bei uns seit September 2008 in der Produktion im Einsatz. Der Einsatz der beschichteten Chargenträgerplatten wird in kommenden Jahren deutlich steigen.“

**Herr Dr. rer. nat. Weiß, Schunk Kohlenstofftechnik GmbH:** „Dieses IGF-Projekt war für uns als Hersteller von CFC-Werkstoffen ein großer Erfolg. Das Projekt hat klar gezeigt, dass thermisches Spritzen ein geeignetes Beschichtungsverfahren für CFC-Werkstoffe ist. Die Erkenntnisse ermöglichen es uns, unseren Kunden neue Beschichtungen auf CFC-Werkstoffen neben konventionellen CVD- und PVD-Schichten anzubieten.“

**Herr Kalawrytinis, Pallas Oberflächentechnik GmbH & Co. KG:** „ Die neuen Erkenntnisse über CFC-Beschichtung aus diesem Projekt sind bei der Erweiterung unsere Beschichtungsservice sehr hilfreich. Wir konnten einen Teil der Erkenntnisse bei einem Kunden direkt umsetzen.“



**Bild 1** - Eine beschichtete Chargenträgerplatte für Lötöfenanlagen, die seit September 2008 in der industriellen Produktion im Einsatz ist.

# Durchlaufende Forschungsprojekte 2008 im FA 2

5

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
14.930 N 02.053	<b>Reproduzierbare und vergleichbare Ermittlung von Haftfestigkeitswerten für thermische Spritzschichten - Untersuchung und Bewertung der Fehlergrößen im Haftzugversuch nach DIN EN 582</b> Prof. Dr.-Ing. Bobzin, RWTH Aachen Dr.-Ing. Schäfer, Fraunhofer-Institut, Bremen	01.01.2007	31.03.2009
15.232 B 02.043	<b>Untersuchung des Einflusses der Morphologie der Wolframcarbide auf die Eigenschaften von Verschleißschichten am Beispiel des Plasmapulverauftragschweißen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Herold/Prof. Dr.-Ing. Martinek Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	01.06.2007	31.05.2009
15.501 N 02.001	<b>Entwicklung und Herstellung nachbearbeitungsarmer Schichtsysteme zum kostenkünstigen Korrosions- und Verschleißschutz mit Fe-Basis-Feinstpulvern</b> Prof. Dr.-Ing. Bobzin, RWTH Aachen	01.02.2008	31.01.2011
15.502 N 02.002	<b>Entwurf, Aufbau und Anwendung mobiler Diagnostiken für den Hartchromersatz-Beschichtungsprozess</b> Prof. Dr.-Ing. Schein, Hochschule der Bundeswehr München	01.02.2008	31.01.2011
15.503 N 02.003	<b>Kaltgasgespritzte Schichten zum Lasergravieren für Tiefdruckwalzen</b> Prof. Dr.-Ing. Klassen, Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg	01.02.2008	31.01.2011
15.504 B 02.004	<b>Zerstörungsfreie Charakterisierung thermisch gespritzter Schichten mittels thermografischer Prüfmethoden</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, TU Chemnitz	01.02.2008	31.01.2011
15.505 N 02.005	<b>Feinstrukturierte Werkstoffe auf Fe-Basis und korrespondierende Verarbeitungsverfahren für den Verschleiß- und Korrosionsschutz</b> Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Tillmann, TU Dortmund	01.02.2008	31.01.2011
15.563 B 02.055	<b>Einsatz wasserverdünster Metallpulver zum thermischen Beschichten</b> Dr.-Ing. habil. Bouaifi, CeWOTec, Chemnitz Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, TU Chemnitz	01.09.2008	31.08.2010

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

<b>IGF-Nr. DVS-Nr.</b>	<b>Titel / Institutsleiter</b>
14.966 B 02.000	<b>Korrosion thermisch gespritzter oxidkeramischer Schichten</b> Prof. Dr. Beyer, Fraunhofer-Institut, Dresden Prof. Dr. habil. Michaelis, Fraunhofer-Institut, Dresden
14.509 N 02.042	<b>Entwicklung und Charakterisierung von plasma- und hochgeschwindigkeitsflamngespritzten, endkonturnahen, nachbearbeitungsreduzierten Schichten aus feinstfraktionierten Pulvern</b> Prof. Dr.-Ing. Bach, Leibniz-Universität, Hannover
14.510 N 02.051	<b>Herstellung und Charakterisierung HVOF-gespritzter Cermet-Beschichtungen mit Titankarbidverstärkung</b> Prof. Dr.-Ing. Bobzin, RWTH Aachen
14.880 N 02.050	<b>Thermisch gespritzte Diffusionssperrschichten für CFC-Bauteile in Hochtemperaturanwendungen</b> Prof. Dr.-Ing. Bobzin, RWTH Aachen
14.926 B 02.045	<b>Entwicklung multifunktionaler keramischer Schichten im System <math>TiO_2-Cr_2O_3</math></b> Prof. Dr. habil. Michaelis, Fraunhofer-Institut, Dresden Prof. Dr. Beyer, Fraunhofer-Institut, Dresden



[www.dvs-ev.de/fv/FA03](http://www.dvs-ev.de/fv/FA03)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung:

**Dipl.-Ing. Wolfgang Queren**

Tel.: 0211 / 1591-116

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [wolfgang.queren@dvs-hg.de](mailto:wolfgang.queren@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dr.-Ing. Wolfgang Scheller**

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Sven-Frithjof Goecke**

EWM Hightec Welding GmbH, Mündersbach

### Grundsätze

Generelles Ziel der Forschungsarbeiten des Fachausschusses ist die Weiterentwicklung der Effektivität und der Rentabilität der Lichtbogenschweißprozesse zum Fügen in der industriellen Praxis. Insbesondere soll der Bedarf kleiner und mittlerer Unternehmen beachtet werden. In den Forschungsarbeiten sind Rand- und Umgebungsbedingungen wie beispielsweise Vorbearbeitung, Nacharbeit, Toleranzen, Verzug, Emissionen, Verunreinigungen und typische Qualitätskriterien der Praxis zu berücksichtigen. Die Prozesse müssen verständlich gemacht werden. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und -abschätzungen müssen Teil der Forschungsarbeiten sein. Diese ergeben sich u.a. aus den technologischen Randbedingungen der Prozesse. Im Rahmen der Forschungsarbeiten sind Lösungsansätze zu erarbeiten und zu dokumentieren. Wünschenswert sind Parameterangaben zu Schweißaufgaben, die eine Vergleichbarkeit mit Ergebnissen anderer Forschungsprojekte und Praxisaufgaben ermöglichen. Lichtbogen-Schweißarbeiten müssen planbar, simulierbar, emissionsarm, überwachbar, qualitativ bestimmt und fertigungssicher werden.

### Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Lichtbogenfügeprozesse für leistungsfähige Werkstoffe und Werkstoffkombinationen
- An Fügeaufgaben angepasste Prozessvarianten und Hybridprozesse
- Geräte- und Anlagentechnik
- Sensorik, Qualitätssicherung
- Modellierung, Simulation, Visualisierung und Berechnung von Lichtbogenprozessen; in diesem Bereich befindet sich ein Clustervorhaben in Vorbereitung

### Veranstaltungen

Der Transfer der Ergebnisse in die Industrie erfolgt neben der Mitarbeit der Unternehmen in den projektbegleitenden Ausschüssen

- über eingeladene Vorträge und Diskussion bei Sitzungen der Arbeitsgruppen des Ausschusses für Technik des DVS (über 45 prozess- und technologisch bezogene Arbeitsgruppen mit ca. 100 Sitzungen pro Jahr)
- über ein jährlich stattfindendes Lichtbogenkolloquium, in dem neben den abgeschlossenen Vorhaben der industriellen Gemeinschaftsforschung auch Ergebnisse von Industrieprojekten und Arbeiten Dritter im Lichtbogenbereich vorgestellt werden
- über Veröffentlichungen in den DVS-Fachzeitschriften „Schweissen und Schneiden“ und „der praktiker“
- durch Vorträge auf DVS-Tagungen und Kongressen

### Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V 2 „Lichtbogenschweißen“ mit über 45 Untergruppen - [www.dvs-aft.de/AfT/V/V2](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V2)

**IIW - Gremien (International Institute of Welding)** - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)

- Commission II „Lichtbogenschweißen und Zusatzwerkstoffe“
- Commission IX „Verhalten der Metalle beim Schweißen“

### Forschungsbilanz - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Bewertung von Schweißrauchemissionen bei Anwendung moderner Schutzgasschweißverfahren

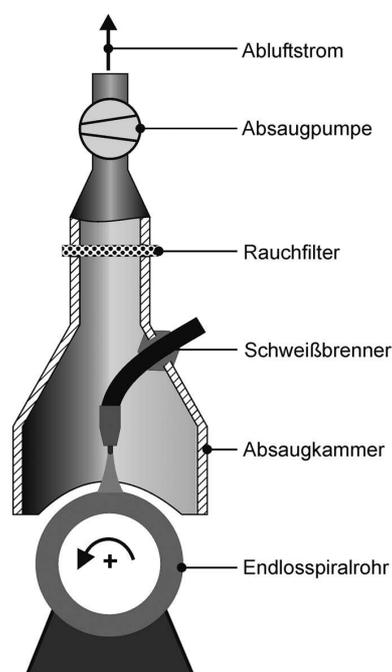
(IGF-Nr. 14.459 BR / DVS-Nr. 3.071)

Laufzeit: 1. Juli 2005 - 30. Juni 2007

Prof. Dr.-Ing. habil. K.-J. Matthes, Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik der TU Chemnitz

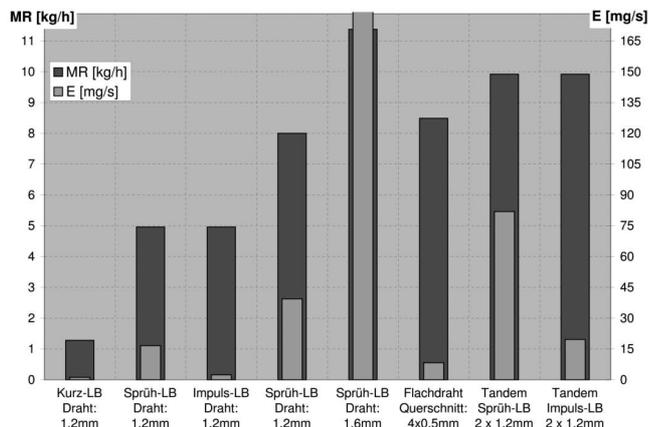
Bei der Auslegung und Dimensionierung von Lüftungstechnischen Anlagen in schweißtechnischen Betrieben spielt die Prognose der zu erwartenden Schweißrauchemissionen eine entscheidende Rolle. Für konventionelle Schweißverfahren existieren dazu eine Vielzahl von Kenngrößen.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche neue Prozessvarianten zum Schutzgasschweißen entwickelt. Zielrichtungen dieser Neuerungen waren zum Einen die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und zum Anderen das Erschließen neuer Anwendungsgebiete. Der verstärkte Einsatz von beschichteten Werkstoffen und Fülldrähten sowie die Anwendung von Hochleistungsprozessen, Hybridtechniken oder der Technologie des Lichtbogenlötens haben ein geändertes Emissionsverhalten der Fügeprozesse zur Folge. Zur Einordnung der neuen Prozessvarianten in das bisherige Schema der Gefährdungsbeurteilung wurden entsprechende Emissionskennzahlen nach EN ISO 15011 ermittelt und mit den Werten konventioneller Schutzgasschweißtechnologien verglichen.



**Bild 1** - Messapparatur

Am Beispiel des MSG-Schweißens von Baustahl unter dem Schutzgas M 21 wurde der Einfluss verschiedener Lichtbogenzustände und -anordnungen auf die Emissionswerte der Prozesse untersucht. Im konventionellen Bereich mit Abschmelzleistungen von  $MR \leq 8 \text{ kg/h}$  ließ sich ein nahezu proportionaler Anstieg der freigesetzten Schweißrauchemissionen in Abhängigkeit von der Abschmelzleistung bzw. der an der Drahtelektrode umgesetzten elektrischen Leistung feststellen. Zum Schweißen im Hochleistungsbereich mit Abschmelzleistungen von  $MR > 8 \text{ kg/h}$  wurden drei verschiedene Prozessvarianten untersucht, die Vergrößerung des Drahtelektroden-durchmessers, der Einsatz von Flachdrahtelektroden und die Zuführung von zwei Drahtelektroden in Tandemanordnung (**Bild 1**). In Bezug auf die Menge des emittierten Schweißrauches schnitt die Variante Flachdraht am besten und die Variante vergrößerter Drahtelektroden-durchmesser am schlechtesten ab. Der Einsatz des Tandemschweißens bewirkte ebenfalls einen überproportionalen Anstieg der Schweißrauchemissionen. Bei im Vergleich zum Eindrahtschweißen verdoppelter Abschmelzrate wurden vier- bis fünffach höhere Emissionsraten gemessen. Durch den Einsatz von Impulstechnik lassen sich die Schweißrauchemissionen sowohl im konventionellen als auch im Hochleistungsbereich stark reduzieren. Bei identischen Abschmelzraten und ähnlichen elektrischen Leistungswerten wurden um bis zu 80% geringere Emissionsraten gemessen. Eine weitere Möglichkeit zur Verringerung der Emissionswerte beim MAG-Hochleistungsschweißen besteht in der Anwendung vergrößerter Kontaktrohrabstände. Das verlängerte freie Drahtende erhöht den Leistungs-umsatz durch ohmsche Erwärmung und führt in der Folge zu verringerten Lichtbogenleistungen. Dies bewirkt bei konstanter Abschmelzrate eine Reduktion der Emissionsrate um bis zu 30%.



**Bild 2** - Emissionswerte unterschiedlicher MSG-Verfahrensvarianten

Weitere Messungen wurden beim Schweißen von Aluminium und beim Lichtbogenlöten durchgeführt. Die untersuchte Verfahrenspalette reichte dabei vom konventionellen MIG-Techniken über modifizierten Kurzlichtbogenvarianten und die MIG-AC-Technik bis hin zu Hochleistungsprozessen wie dem Tandem- oder Plasma-MIG-Schweißen. Die ermittelten Emissionsdaten fließen in verschiedene Regelwerke zur Arbeitssicherheit ein. Sie wurden u.a. auch als Stand der Technik in die Diskussionen zur Erarbeitung der Technischen Regel zur Gefahrstoffverordnung TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“ einbezogen.

Über das Kompetenzzentrum Fügetechnik der TU Chemnitz erfolgt eine Beratung von Anwendern bei Einsatz neuer Fügetechnologien oder der Verarbeitung neuer Werkstoffe. Die ermittelten Vergleichszahlen zwischen den einzelnen Schweißtechnologien dienen dabei als Entscheidungsgrundlage für den Ausbau oder die Neuinvestition von Absaug- und Lüftungstechnik.

**Herr Haase, Schweißtechnische Fertigung Chemnitz GmbH:** „Die ermittelten Kennwerte ermöglichen uns eine Bewertung der von uns eingesetzten Schweißtechnologien unter dem Gesichtspunkt der Arbeitssicherheit. Beim Einsatz neuer Technologien oder Zusatzwerkstoffe können wir auf Grundlage der erzielten Forschungsergebnisse gezielt emissionsarmer Verfahrensvarianten auswählen.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
15.231 N 03.080	<b>Erstellung von Eigenschafts- und Bewertungsprofilen für den schweißtechnischen Einsatz von Wolframelektroden</b> Dr.-Ing. Keitel, SLV Duisburg	01.06.2007	31.05.2009
15.296 N 03.076	<b>Entwicklung eines Schweißkopfführungssystems für das automatisierteMSG-Schweißen von Stahl- und Aluminium- Legierungen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, TU Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen	01.08.2007	31.07.2009
15.562 B 03.078	<b>Bestimmung von Wirkungsgraden moderner Schutzgasschweißverfahren</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Matthes, TU Chemnitz	01.07.2008	30.06.2010
15.635 N 03.081	<b>Steigerung der Prozesssicherheit bei gleichzeitiger Verringerung der Produktionskosten durch den Einsatz gasförmiger Flussmittel beim Lichtbogenlöten</b> Prof. Dr.-Ing. Müller, TU Berlin Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, TU Berlin	01.08.2008	31.07.2010
15.745 B 03.083	<b>Ursachen und Bewertung von Unregelmäßigkeiten lichtbogengelöteter Verbindungen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Matthes, TU Chemnitz	01.08.2008	31.07.2010
15.774 B 03.082	<b>Numerische und experimentelle Untersuchungen zur gezielten Beeinflussung des Lichtbogens und des Schweißbads beim Schutzgasschweißen durch die Schutzgaseigenschaften und die Schutzgaszusammensetzung</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, TU Dresden	01.09.2008	31.08.2010
15.859 N 03.085	<b>Auftragschweißen von nanokristallin erstarrenden Eisenbasiswerkstoffen auf Aluminiumsubstraten mittels geregelter Kurzlichtbogentechnik</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, TU Berlin	01.11.2008	31.10.2010
15.871 B 03.090	<b>Strömungstechnische Auslegung von Brennersystemen zum wirtschaftlichen und emissionsreduzierten Lichtbogenschweißen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, TU Dresden	01.11.2008	31.10.2011
15.872 B 03.091	<b>Entwicklung einer ereignisorientierten Regelung auf Basis der inversen Modellierung zur robusten Prozessführung komplexer MSG-Impulsschweißprozesse</b> Prof. Dr. rer. nat. Kruscha, Fachhochschule Lausitz Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen	01.11.2008	31.10.2011
15.914 B 03.087	<b>Einsatz von neuen Nicht-Kupferwerkstoffen zur Schweißdrahtkontaktierung in MSG-Schweiß- und Lötprozessen, insbesondere für Aluminium und niedrigschmelzende Zusatzwerkstoffe</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Matthes, TU Chemnitz	01.12.2008	30.11.2011
15.916 N 03.088	<b>Vollmechanisiertes Schweißsystem zum Wurzelschweißen von V- und X-Nahtvorbereitungen mit modernen geregelten Lichtbogenverfahren und digitaler Kurzschlussauflösung</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen	01.12.2008	30.11.2011



[www.dvs-ev.de/fv/FA04](http://www.dvs-ev.de/fv/FA04)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung:

**Dipl.-Ing. Axel Janssen**

Tel.: 0211 / 1591-117

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [axel.janssen@dvs-hg.de](mailto:axel.janssen@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dr.-Ing. Karl Pöll**

Matuschek Meßtechnik GmbH, Alsdorf

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Heiko Beenken**

ThyssenKrupp Steel AG, Dortmund

### Grundsätze / Tätigkeitsfeld

Die Forschungsarbeiten des Fachausschusses werden eng mit den Arbeiten der AG V3 mit 9 Untergruppen gekoppelt. Ein gemeinsames Kolloquium wird jährlich durchgeführt, in dem ein reger Informationsaustausch zwischen Forschungsinstituten und Industrieunternehmen stattfindet. Der Fachausschuss unterstützt geeignete Maßnahmen zum Transfer der Forschungsergebnisse. Verfahrensoptimierungen bilden einen Schwerpunkt der Arbeit des Fachausschusses, dabei soll die Konkurrenzsituation zu anderen Fügeverfahren, zum Beispiel zum Laserstrahlschweißen und zum Kleben berücksichtigt werden (kombinierte Fügeverfahren/Punktschweißkleben).

### Forschungsfelder

- Qualitätssicherung/zerstörungsfreie Prüfung und Schweißprozessregelung/ Online-Prüfung
- Forschungsarbeiten zu Fragen der Arbeitssicherheit bleiben von Bedeutung (EMV/EMVU und weitere Aspekte der Arbeitssicherheit)
- Kennwertermittlung bleibt eine stetige Aufgabe, auch zur Anwendung von Simulationsverfahren/Simulationsunterstützung/Schweißsimulation zur Produktoptimierung
- Kleinteilschweißen von Elektrowerkstoffen wird weiter berücksichtigt
- Die Betrachtung der Fügechnik als Teil der gesamten Fertigungskette, besonders im Zusammenhang mit einer vorgeschalteten Umformtechnik oder einer nachgeschalteten Lackierung, steht im Schwerpunkt
- Hoch- und höchstfeste Stahlwerkstoffe (mit Beschichtungen) in Kombination mit weichen Stahlwerkstoffen
- Qualitätssicherung beim Widerstandsschweißen
- Berücksichtigung aktueller Themen, die sich ad hoc ergeben

### Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- Gemeinschaftsausschuss DIN NA 092-00-12 AA / DVS AG V 3 - [www.dvs-aft.de/AFT/V/V3](http://www.dvs-aft.de/AFT/V/V3)  
„Widerstandsschweißen“

**IIW - Gremien (International Institute of Welding)** - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)

Commission III „Widerstandsschweißen und verwandte Verfahren“

### Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Beurteilung und Beeinflussung von Magnetfeldexpositionen beim Widerstandsschweißen

(AiF-Nr. 14818 BG / DVS-Nr. 4.042)

Laufzeit: 1. Juli 2006 – 30. Juni 2008

Prof. Dr.-Ing. A. Lindemann, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg -

Lehrstuhl für Leistungselektronik

Dr.-Ing. S. Keitel, SLV Duisburg, Niederlassung der GSI mbH

#### Untersuchungsgegenstand

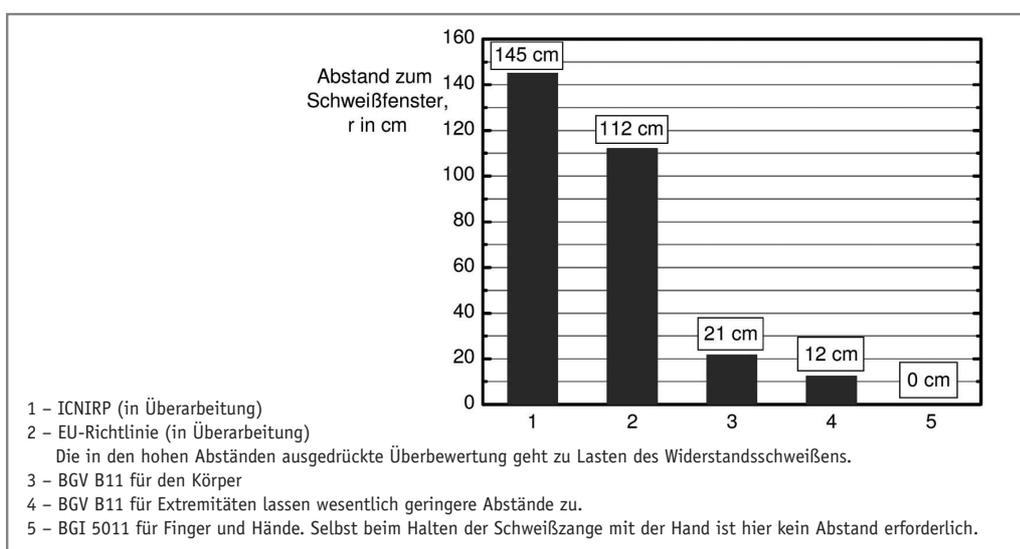
- Magnetfelder beim Widerstandsschweißen, deren Bewertung und Möglichkeiten zur Reduzierung der Felder am Arbeitsplatz des Schweißers.

#### Ausgangspunkte

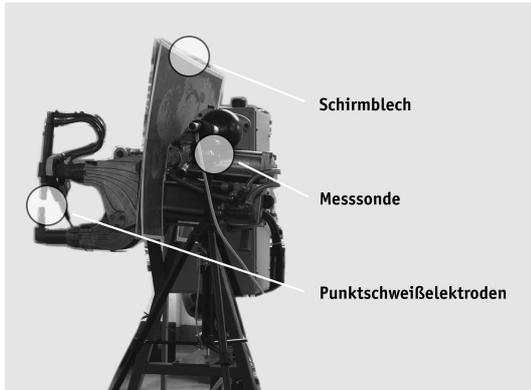
- Das Widerstandsschweißen nutzt prinzipbedingt hohe bis sehr hohe Schweißströme. Aus diesem Grund treten in der unmittelbaren Umgebung der Schweißwerkzeuge hohe Magnetfelder auf.
- Es wird befürchtet, dass das Widerstandsschweißen aktuell geltende Grenzwertfestlegungen für Felder an Arbeitsplätzen nicht einhält.
- Fragen aus den Unternehmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz.

#### Forschungsergebnisse

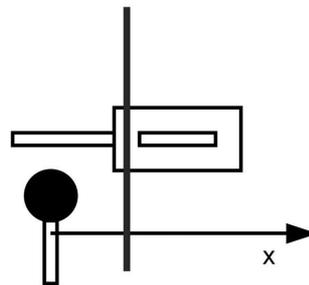
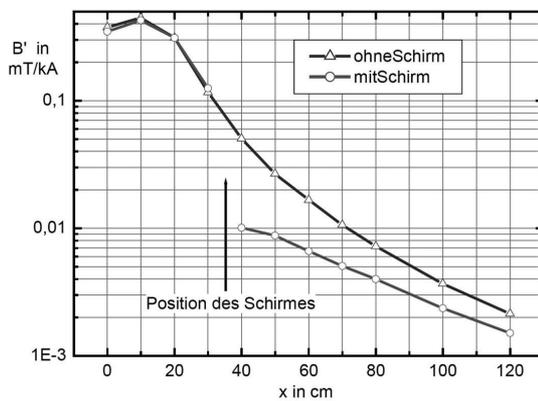
- Aufgrund von umfangreichen Literaturrecherchen und Befragungen von Arbeitsmedizinern und Berufsgenossenschaften konnte festgestellt werden, dass es keine Anhaltspunkte für durch Magnetfelder an Widerstandsschweißeinrichtungen verursachte Erkrankungen gibt.
- Die Bewertung der Felder wurde untersucht. Nach aktuellen Erkenntnissen kann davon ausgegangen werden kann, dass einige aktuelle Grenzwertfestlegungen um einen Faktor von etwa 100 über tatsächlich reizwirksamen Wirkungen liegen.
- Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben sind in Form von höheren zulässigen Werten für Finger und Hände in die berufsgenossenschaftliche Information BGI 5011 „Beurteilung magnetischer Felder von Widerstandsschweißeinrichtungen“ eingeflossen.



**Bild 1** - Abstandsfestlegung bei unterschiedlichen Bewertungsvorgaben und Expositionssituationen an einer Widerstandsschweißmaschine.



Bilder 2 und 3 - Beispiel einer untersuchten Anordnung von Schirmblechen an einer Punktschweißzange



**Wirkung der Schirmbleche:** Reduzierung der Magnetflussdichte um einen Faktor von 3 bis 4.

- Technische Maßnahmen zur Feldminderung (z. B. Schirmung, Erzeugung von Gegenmagnetfeldern) sind sehr aufwendig, von der Wirkung her auf relativ enge Bereiche begrenzt und führen zu Nachteilen bei der Anwendung des Widerstandsschweißens.
- Gemessen an der Überbewertung der Felder in bisherigen Vorschriften ist in der Praxis davon abzuraten, vorschnell auf technische Feldminderungsmaßnahmen zu verweisen. Die Einführung einer auf physikalisch-physiologisch begründeten Vorgaben basierenden Bewertung sollte Priorität haben.

Auf Basis der Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens können die im DVS zusammengeschlossenen Unternehmen zeigen, dass technische Maßnahmen zur Minderung von Magnetfeldern nur bedingt zur Lösung von Konflikten mit aktuellen Magnetfeld-Grenzwerten taugen. Somit kann Fragen nach derartigen, naheliegend und einfach erscheinenden Maßnahmen begründeterweise begegnet werden. Stattdessen erweist sich der unter Mitwirkung der Forschungsstellen und des DVS begonnene Weg einer aktiven Einflussnahme auf die Grenzwertfestlegung als sinnvoll. Die Fachgesellschaft SEMFIRA/EMF wird für den DVS diese Aufgabe übernehmen und die Unternehmen in diesen Fragen unterstützen. Mit der Beteiligung an dem Forschungsvorhaben stellt sich der DVS aktiv der Diskussion über Magnetfelder und liefert Antworten auf entsprechende Fragen aus den Unternehmen.

### Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Untersuchung des Bruchverhaltens von Widerstandspunktschweißungen an höherfesten Stählen

(AiF-Nr. 14.573N / DVS-Nr. 4.040)

Laufzeit: 1. April 2006 – 31. März 2008

Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF), RWTH Aachen

Vor dem Hintergrund konkurrierender Konstruktionswerkstoffe wie Aluminium und Magnesium hat die Stahlindustrie in den letzten beiden Jahrzehnten eine Reihe von Stählen mit erhöhter Festigkeit und Streckgrenze entwickelt. Diese neuen Werkstoffe ermöglichen eine Verringerung der notwendigen Blechdicken und damit im Vergleich zur Verwendung konventioneller Tiefziehstähle eine Reduzierung des Gewichts von Automobilrohkarosserien. Zur Fertigung der Karosserien aus Blechhalbzeugen hat sich das Widerstandspunktschweißen bewährt. Gründe dafür sind unter anderem die hohe Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit. Als fertigungsbegleitendes und relativ einfaches Prüfverfahren hat sich die Meißelprüfung etabliert. Dabei hat das Bruchverhalten für Schweißungen an herkömmlichen tiefziehfähigen Stählen entscheidende Bedeutung. Obwohl Normen und Merkblätter Schweißungen an tiefziehfähigen Stählen, die durch Ausknöpfbruch versagen, gegenüber abscherenden Verbindungen nicht als qualitativ höherwertig einstufen, gilt in Anwenderkreisen hingegen ein Ausknöpfbruch oftmals als notwendiges Qualitätskriterium. Höherfeste Stähle neigen allerdings vermehrt zu Scher- und Mischbrüchen. Folglich können qualitativ ausreichende Schweißverbindungen von höher- und höchstfesten Stählen aufgrund ungeeigneter bzw. unzureichender Bewertungskriterien als unzulässig eingestuft werden. Das Forschungsprojekt sollte Erkenntnisse darüber liefern, ob und wenn wie vom Bruchverhalten bei einfachen Werkstattprüfungen auf das Tragverhalten unter mit Laborprüfung nachgebildeten Betriebsbeanspruchungen geschlossen werden kann.

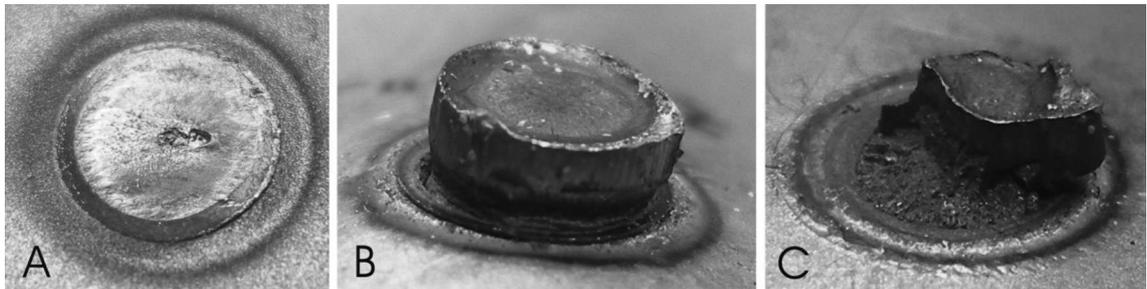
Zu diesem Zweck wurden für Schweißungen an verschiedenen hoch- und höherfesten Werkstoffen Schweißparameter bestimmt, die Schweißpunkte mit den angestrebten Punktdurchmessern von  $4\sqrt{t}$ ,  $4,5\sqrt{t}$  und  $5,5\sqrt{t}$  erzeugen und entweder zu Scherbruch oder zu einem Versagen durch Ausknöpfen führen. Die verwendeten Bleche hatten eine Dicke von 2mm. Es wurden keine Mischverbindungen untersucht. Die so ermittelten Parametersätze, welche im Meißelversuch zum jeweils angestrebten Bruchverhalten geführt haben, wurden für die Erzeugung von Schweißverbindungen an den unterschiedlichen Probekörpern genutzt. Diese Probekörper wurden im

- statischen Scher- und Kopfzugversuch,
- Schlagscher- und Schlagkopfzugversuch und
- zyklischen Scher- und Schälzugversuch

geprüft.

Es zeigte sich, dass für keinen Werkstoff eine eindeutige Aussage getroffen werden kann, ob eine Schweißung mit dem Schweißparameter, welcher im Meißelversuch vermehrt zu Ausknöpfbrüchen führt, grundsätzlich eine merklich höhere oder niedrigere Tragfähigkeit besitzt, da hier in den unterschiedlichen Versuchen gegenläufige Tendenzen gefunden wurden. Die zerstörende Meißelprüfung ist auch bei den neuen Stählen sinnvoll einzusetzen. Jedoch darf ein Versagen im Scherbruch nicht als Ausschlusskriterium gelten. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, hängt das Bruchverhalten, und damit die Frage, ob nun ein Scherbruch oder ein Ausknöpfbruch zu erwarten ist, im Wesentlichen von der Belastungsrichtung ab. Als allgemeingültiges und kritisches Qualitätsmerkmal ist vielmehr der Durchmesser des Schweißpunkts zu sehen, auf dem daher bei der Prüfung das Hauptaugenmerk liegen sollte.

Bei Einsatz der Meißelprüfung sollte darauf geachtet werden, dass die Prüfung automatisiert durchgeführt wird, um den Einfluss des Prüfers zu minimieren. Weiterhin muss gut geschultes Personal zur Verfügung stehen, das in der Lage ist, den Punktdurchmesser bei einem Scherbruch zu erkennen und zu messen sowie den Scherbruch sicher von einer „Haftschweißung“ zu unterscheiden. Bei der Messung des Punktdurchmessers eines Ausknöpfbruchs muss dem Prüfer gewahr sein, dass der Linsendurchmesser bedingt durch die Messmethode immer kleiner sein wird als der Punktdurchmesser.



**Bild 4** - Verschiedene Brucharten bei Widerstandspunktschweißungen:  
Scher- (A), Ausknöpf- (B), Mischbruch (C)

**Robert Laurenz, ThyssenKrupp Steel AG:** „Die Ergebnisse des Forschungsprojekts vereinfachen die Bewertung des Bruchverhaltens von Widerstandspunktschweißverbindungen in Abhängigkeit des Belastungsfalls für uns insofern, indem aufgezeigt wurde, dass die generelle Forderung eines bestimmten Bruchverhaltens über alle Güten oder Belastungsfälle nicht sinnvoll begründbar ist. Auch wurden Hinweise zur möglichen Beeinflussung des Bruchverhaltens einiger Güten durch die Wahl geeigneter Schweißparameter gegeben. Die Ergebnisse helfen uns insgesamt bei der Interpretation des Tragverhaltens von Widerstandspunktschweißverbindungen und können z.T. auch bei der Bewertung anderer, im Forschungsprojekt nicht betrachteter Güten herangezogen werden. Wir sind mit dem Ablauf des Forschungsvorhabens zufrieden.“

**Ralf Bothfeld, Harms & Wende GmbH & Co. KG:** „Bei diesem IGF-Forschungsprojekt konnten grundsätzliche Erkenntnisse für die Beurteilung von Widerstandspunktschweißverbindungen von höherfesten Stählen gewonnen werden. Insbesondere die Auswirkungen verschiedener Schweißprogramme waren für uns als Steuerungsexperte hilfreich.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
14.927 N 04.038	<b>Untersuchungen zu den werkstoffspezifischen Versagensmechanismen von Widerstandspunktschweißungen unter Crash- und Ermüdungsbeanspruchungen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Roos, Universität Stuttgart	01.08.2006	31.01.2009
15.115 B 04.044	<b>Untersuchungen zur Erhöhung der Qualität beim Widerstandspunktschweißen von hoch- und höchstfesten sowie hochlegierten austenitischen Stählen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Herold/Prof. Dr.-Ing. Martinek, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	01.02.2007	31.01.2009
15.295 N 04.043	<b>Bestimmung des Einflusses von fertigungsbedingten Imperfektionen und betriebsbedingten Eigenschaftsänderungen auf die Festigkeit von Punktschweißverbindungen unter Crashbelastung</b> Prof. Dr.-Ing. Hahn, Universität Paderborn	01.08.2007	31.07.2009
15.534 N 04.045	<b>Optimierung der Geometrie geprägter Buckel für das Widerstandsbuckelschweißen an höher- bis höchstfesten Stahlwerkstoffen</b> Dipl.-Ing. Zech, SLV München	01.03.2008	28.02.2010
15.710 N 04.046	<b>Grundlegende Untersuchung zur Kontaktsituation beim Widerstandsschweißen von Kupferwerkstoffen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Roos, Universität Stuttgart	01.07.2008	30.06.2010

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
14.573 N 04.040	<b>Untersuchung des Bruchverhaltens von Widerstandspunktschweißungen an höherfesten Stählen</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen
14.818 B 04.042	<b>Beurteilung und Beeinflussung von Magnetfeldexpositionen beim Widerstandsschweißen</b> Dr.-Ing. Keitel, SLV München Prof. Dr.-Ing. Lindemann, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

# Fachausschuss 5

5



[www.dvs-ev.de/fv/FA05](http://www.dvs-ev.de/fv/FA05)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Marcus Kubanek**

Tel.: 0211 / 1591-120

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [marcus.kubanek@dvs-hg.de](mailto:marcus.kubanek@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dipl.-Ing. Jürgen Silvanus**  
EADS Deutschland GmbH, München

**Stellvertr. Vorsitzender Dipl.-Ing. Christian Walz**  
InnoJoin GmbH & Co. KG, Bremen

## Grundsätze

Die stetige Weiterentwicklung im Bereich der Werkstofftechnik, der Verkehrstechnik, der Optik sowie der Mikrotechnologie etc. verlangt nach neuen innovativen Fügeverfahren, die auf die spezifischen Werkstoffeigenschaften und Produktanforderungen abgestimmt sind. Diesen Anforderungen werden konventionelle Fügeverfahren nicht gerecht. Vor diesem Hintergrund kommt Fügeverfahren, die heute als Sonderschweißverfahren bezeichnet werden, eine besondere Bedeutung zu.

Der Fachausschuss 5 behandelt sowohl Fügeverfahren, die teilweise schon etabliert sind und ein besonders hohes Potenzial für neue Anwendungsfelder aufweisen, als auch neue innovative Technologiekonzepte, bei denen eine wirtschaftliche Anwendbarkeit erkennbar ist oder bereits industriell relevante Nischen existieren.

## Forschungsfelder

Der Fachausschuss verfolgt kontinuierlich Forschungsarbeiten auf den Gebieten:

- Pressschweißen / Reibschweißen / Rührreibschweißen
- Diffusionsschweißen / Fügen mit Folien oder Zwischenschichten
- Ultraschallschweißen
- Lichtbogenbolzenschweißen
- Schweißen mit bewegtem Lichtbogen
- Reaktive Fügeprozesse
- Fügen durch Ausnutzen von Nanoeffekten etc.
- Hybrid- und Kombinationsverfahren wie „Fügen durch Umformen“, „Anodisches Fügen“ und „Magnetimpuls-Schweißen“ sind ebenfalls Gegenstand der Forschungsarbeiten im Fachausschuss „Sonderschweißverfahren“

Mit der Zielstellung, neuen Werkstoffentwicklungen und Anwendungsanforderungen gerecht werden können, erfolgt keine Einschränkung in Bezug auf die Werkstoffsysteme. Somit beziehen sich die Forschungsarbeiten auf Stähle, Nichteisenmetalle, Leichtmetalle Glas und Keramik sowie deren Kombinationen.

## Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V 11 „Reibschweißen“ - [www.dvs-aft.de/AfT/V/V11](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V11)

### Forschungsbilanz - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

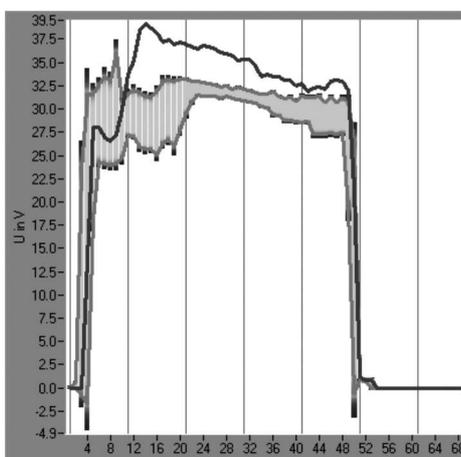
#### Qualitätsbeurteilung von Bolzenschweißverbindungen mit Hubzündung durch Prozessüberwachung

(IGF-Nr. 14.881 N, DVS-Nr. 5.035)

Laufzeit: 1. Juli 2006 – 30. Juni 2008

Dipl.-Ing. F. Zech, SLV München, Niederlassung der GSI mbH

Die Einflüsse wichtiger Schweiß- und Randbedingungen auf die Schweißqualität von Bolzenschweißungen mit Hubzündung an Bolzen der Durchmesser 6 bis 22 mm wurden untersucht. Die Schweißungen wurden an unlegierten Stählen S235, hochlegierten Stählen X5CrNi18 10 sowie  $AlMg_3$  unter Zuhilfenahme von Keramikringen oder Schutzgas je nach Verfahrensvariante ausgeführt. Anhand der Messgrößen Stromstärke, Lichtbogenlänge und Bolzenbewegung werden Zusammenhänge zur Erkennbarkeit einer schlecht ausgeführten Bolzenschweißverbindung durch ein handelsübliches Überwachungssystem PQS-Weld oder STUD-DI\_H für verschiedene Anwendungsfälle umfassend dargestellt.



**Bild 1** - Erkennung fehlerbehafteter Hubzündungsbolzenschweißungen anhand eines abweichenden Spannungsverlaufs; grauer Bereich: Referenzband

Bei der Bewertung des Prozesses zeigt der Spannungsverlauf signifikante Abhängigkeiten von der Schweißstromstärke, der Lichtbogenlänge sowie von Randbedingungen wie feuchter Keramikring, wasser- oder ölbenetzte Blechoberfläche. Blaswirkungen infolge einseitigen Masseanschlusses werden anhand der Eintauchtiefe des Bolzens in Abhängigkeit von Schweißenergie und Durchmesser erkannt. Weiterhin hat sich gezeigt, dass beinahe jede untersuchte Störung des Bolzenschweißprozesses zu einer signifikanten Merkmalsänderung einer Prozessgröße gegenüber den Referenzschweißungen oder dem Referenzband im Falle von Serien-schweißungen führt.

Die Ergebnisse nutzen den Anwendern bei der Bewertung von Bolzenschweißungen im Rahmen von Verfahrensprüfungen, der Überwachung von Schweißaufgaben, aber auch in der Serienfertigung durch Vergleich charakteristischer Merkmale anhand von Referenzbändern. Beim Keramikringbolzenschweißen kann das System PQS-Weld bereits jetzt Qualitätsaussagen treffen.

Die Ergebnisse wurden bereits interessierten Bolzenschweißfachleuten u.a. auch aus dem Gemeinschaftsausschuss AG V2.2/DIN NAS AA16.1 „Bolzenschweißen“ präsentiert. Daraus entwickelte sich bereits eine weitere Zusammenarbeit mit der Industrie zur weiteren Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis.

**Herr Dr. Gödde, Dr. Gödde Schweissüberwachungen, Greifenstein-Nenderoth:** „Die Ergebnisse des AiF-Projektes konnten bei der Weiterentwicklung von STUD-DI\_H bereits während der Projektlaufzeit umgesetzt werden. Umfangreiche eigene Untersuchungen wurden bzw. werden dadurch vermieden.“

**Herr Schramm, BTH-Tech GmbH, Dachau:** „Aufgrund der Mitarbeit in dem projektbegleitenden Ausschuss wurde in unserem Hause das Thema Qualitätsüberwachung intensiviert. Die Kenntnisse über die Möglichkeiten und Grenzen insbesondere der Bolzenbewegung sind bereits in die Weiterentwicklung unserer neuen Hubzündungsbolzenschweißgeräte eingeflossen.“

**Herr Trillmich, Köster & Co, Ennepetal:** „Die Qualitätsüberwachung von Hubzündungsbolzenschweißungen wurde von unseren Kunden bereits häufig angefordert. Die weitere Umsetzung der Ergebnisse führt zu einer deutlichen Qualitätsverbesserung sowohl bei manueller Bedienung der Bolzenschweißgeräte als auch in der Serienfertigung. Die Grenzen der Verfahrenstechnik werden in verschiedenen Anwendungsfällen aufgezeigt.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
15.112 N 05.039	<b>Metall-Ultraschallschweißen von flexiblen Flachbandkabeln</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Eifler, TU Kaiserslautern	01.02.2007	31.01.2009
15.233 B 05.040	<b>Entwicklung einer Technologie zum Fügen bei niedrigen Temperaturen durch die kombinatorische Nutzung von Größeneffekten und exothermen Reaktionen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden TU Ilmenau/TU Berlin	01.06.2007	30.11.2009
15.317 N 05.041	<b>Reibpunktschweißen von Überlappverbindungen an Aluminiumknet- und -gusslegierungen im Vergleich</b> Dipl.-Ing. Zech, SLV München	01.09.2007	31.08.2009
15.687 N 05.001	<b>Untersuchung des konduktiv unterstützten Rührreibschweißens an Stahl- und Aluminium</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen	01.07.2008	30.06.2010
15.688 N 05.002	<b>Erarbeitung von Konzepten zur Bewertung der Eignung von Anlagen für das Rührreibschweißen sowie zur Übertragbarkeit von Schweißparametern</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Roos, Universität Stuttgart Prof. Dr.-Ing. Zäh, TU Garching	01.07.2008	30.06.2010
15.689 B 05.003	<b>Entwicklung einer online Prozesskontrolle für das Rührreibschweißen auf der Basis einer werkzeugintegrierten Sensorik</b> Dr.-Ing. Barthelmä, Gesellschaft für Fertigungstechnik, Schmalkalden Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, TU Berlin	01.07.2008	30.06.2010

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
14.537 N 05.033	<b>Untersuchungen zum plastischen Fügen von Mischverbindungen mit speziell konturierter Kegelgeometrie</b> Dipl.-Ing. Zech, SLV München
14.574 N 05.036	<b>Rührreibschweißen von Stahl und Stahl- Werkstoffkombinationen mit lokaler induktiver Erwärmung</b> Prof. Dr.-Ing. Paulinus, SLV Berlin
14.881 N 05.035	<b>Qualitätsbeurteilung von Bolzenschweißverbindungen mit Hubzündung durch Prozessüberwachung</b> Dipl.-Ing. Zech, SLV München
14.928 B 05.037	<b>Entwicklung einer Füge-technologie zum Herstellen von Mischverbindungen mit Titanwerkstoffen bei niedrigen Temperaturen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, TU Ilmenau
14.962 N 05.038	<b>Untersuchungen zum Orbitalreibschweißen von metallischen Werkstoffen und Mischverbindungen an nichtrotationssymmetrischen Verbindungsquerschnitten</b> Dipl.-Ing. Zech, SLV München



[www.dvs-ev.de/fv/FA06](http://www.dvs-ev.de/fv/FA06)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Christoph Esser-Ayertey**

Tel.: 0211 / 1591-178

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [christoph.esser@dvs-hg.de](mailto:christoph.esser@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dr.-Ing. Ronald Holtz**

LASAG AG, Thun/Schweiz

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Johannes Weiser**

BBZ Lasertechnik GmbH, Prutting

### Grundsätze der Forschungsplanung

Die Forschungsarbeiten des FA 6 werden eng mit den Arbeiten der AG V9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ und AG V9.2 „Laserstrahlschweißen und verwandte Laserstrahlverfahren“ abgestimmt. Ein gemeinsames Kolloquium wird nach Bedarf durchgeführt, um einen regen Informationsaustausch zwischen Forschungsinstituten und Industrieunternehmen zu gewährleisten.

Die Aufgabe der Forschungsaktivitäten im Fachausschuss „Strahlverfahren“ ist es, neu- bzw. weiterentwickelte Strahlschweißprozesse unter anwendungstechnischen Aspekten zu beurteilen und Prozessinnovationen durch unterstützende Forschung beschleunigt in kleine und mittelständische Unternehmen zu transferieren. Es wird auf eine Ausgewogenheit zwischen den beiden Technologien Laser- und Elektronenstrahl geachtet. Hierbei steht nicht nur die Entwicklung von Prozessen und Verfahren sowie deren Simulation im Vordergrund.

Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass häufig schon Verbesserungen in der Handhabung, Hilfen für die Vereinfachung und Verfahrensoptimierungen bzw. anwendungsspezifische Optimierungen von Anlagenkomponenten, z.B. verbesserte Strahlführungs-, Strahlauskopplungssysteme oder Bearbeitungsoptiken, sehr schnell zu umsetzbaren Ergebnissen in klein- und mittelständischen Unternehmen führen.

Eine wichtige Hilfestellung für die KMU ist es, im Rahmen von Projekten sinnvolle Prozess- und Anwendungsgrenzen aufzuzeigen. Neben der Prozesstechnik ist das besondere Verhalten der Werkstoffe beim wärmearmen, strahltechnischen Bearbeiten mit hohen Abkühlgeschwindigkeiten zu berücksichtigen. Den Besonderheiten der so genannten Kurzzeitmetallurgie soll ebenso Rechnung getragen werden wie den dadurch bedingten mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften. Neue Entwicklungen der Technologien Laser- bzw. Elektronenstrahl sowie Werkstoffentwicklungen sollen bereits in einem frühen Entwicklungsstadium durch grundlegende bzw. technologische Untersuchungen begleitet werden.

### Forschungsfelder

In Zukunft sollen verstärkt die Fügемöglichkeiten von Werkstoffkombinationen untersucht werden, da hier ein hohes Anforderungspotenzial in nahezu allen Industriezweigen besteht und sich hieraus Produktionsinnovationen erwarten lassen. Die Kombinationen oder Kopplungen von Strahlprozessen untereinander oder mit konventionellen Technologien und somit die Erweiterung der Anwendungsgebiete der Laserstrahltechnik soll weiter im Fokus der Forschungsaktivitäten stehen.

Die strahltechnischen Prozesse gelten hierbei als Hauptprozesse, die durch unterstützende Werkzeuge, z.B. den Lichtbogen, überlagert werden. Die Simulation der Prozesse und des Werkstoffverhaltens ist ein weiteres wichtiges Gebiet. Arbeiten zur Verbesserung der Prozessüberwachung und -führung und somit die Verbesserung der produktionsrelevanten Sicherstellung der Reproduzierbarkeit und Prozesssicherheit von Laser- und Elektronenstrahlprozessen sind weiterhin von außerordentlich hoher Bedeutung, da diese häufig eines der wichtigsten Kriterien für die Anwendung der Strahltechnik in der Industrie darstellen.

### Veranstaltungen

Gemeinsames Kolloquium mit den Arbeitsgruppen

V9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ und V9.2 „Laserstrahlschweißen“

**Korrespondierende Gremien**

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ - [www.dvs-aft.de/AfT/V/V9.1](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V9.1)
- V9.2 „Laserstrahlschweißen“ - [www.dvs-aft.de/AfT/V/V9.2](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V9.2)

**IIW-Gremien (International Institute of Welding)** - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)

Commission IV „Schweißen mit hoher Energiedichte“

**Forschungsbilanz - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:****Untersuchungen zum strahlschweißtechnischen Fügen von artfremden metallischen Werkstoffkombinationen**

(IGF-Nr. 14.815 N / DVS-Nr. 6.055)

Laufzeit 1. Juli 2006 bis 30. Juni 2008

Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF), RWTH Aachen

In vielen unterschiedlichen Industriebranchen, wie der Elektronikindustrie, der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrtindustrie sowie dem Maschinenbau werden höchste Anforderungen an die zu verarbeitenden Werkstoffe und Werkstücke gestellt. Vielfach sind dabei Verbundbauteile aus unterschiedlichen Metallen konstruktiv erforderlich. Das Fügen von artfremden Werkstoffen stellt daher bei der Herstellung von Produkten, die aus mehreren unterschiedlichen Materialien bestehen, einen wesentlichen Fertigungsprozess dar.

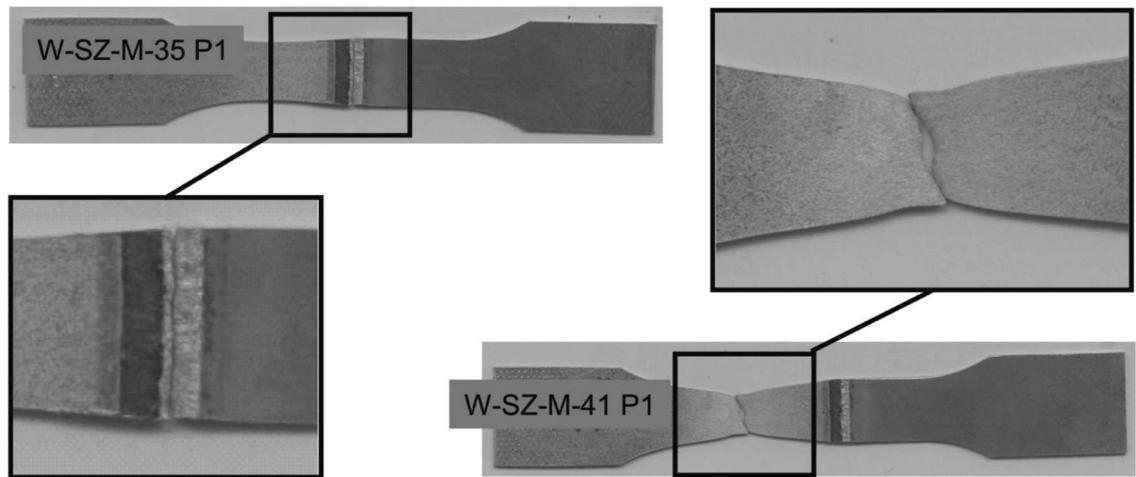
Ziel des Forschungsprojektes war die Untersuchung der Möglichkeiten des thermischen Fügens von Materialkombinationen aus Al-Cu, Al-Mg, Cu-Messing und Stahl-Messing mittels der Strahlschweißverfahren Elektronenstrahlschweißen unter Vakuum und an Atmosphäre sowie dem Laserstrahlschweißverfahren. Unterschiedliche Materialien zeigen aufgrund ihrer physikalischen und metallurgischen Eigenschaften unterschiedliches Verhalten beim Fügen. So führen ungleiche Schmelz- und Verdampfungspunkte zu Problemen hinsichtlich der Wärmeverteilung, einige Verbindungen bilden nach der Durchmischung im schmelzflüssigen Zustand spröde und damit unerwünschte intermetallische Phasen.

Im Bereich Al-Cu konnte durch das EB Schweißen unter Vakuum eine hauptsächlich adhäsive Anbindung erzielt werden, die sich durch teilweise aufgeschmolzenes Kupfer in der Festigkeit steigerte. Hier musste jedoch ein Kompromiss zwischen intermetallischer Phasenbindung und Festigkeit eingegangen werden, da eine zu starke Vermischung mit dem Kupfer zur Bildung spröder intermetallischer Phasen führte.

Die Verbindung Cu-Messing ließ sich mit dem Non-Vac EB Verfahren bei sehr hohen Schweißgeschwindigkeiten fügen, bei denen eine eruptive Zinkverdampfung weitestgehend unterdrückt werden konnte. Auch mit dem Laserstahl, der eine sehr gute Strahlqualität aufweist, konnten schmale Schweißnähte bis zu 2mm Dicke erzielt werden, die durch das geringe aufgeschmolzene Volumen nur zu geringer Randkerbenbildung führte. Trotz Querschnittsverminderung durch Nahteinfall zeigten Festigkeiten und Biegeversuche gute Werte.

Die Verbindung Stahl-Messing ließ sich mit dem Laserstrahlschweißverfahren im Blechdickenbereich bis 1mm fügen. Die schmalen Schweißnähte verhinderten in Verbindung mit der hohen Schweißgeschwindigkeit eine zu starke Zinkverdampfung, so dass über eine hauptsächlich adhäsive Anbindung hohe Festigkeiten erzielt wurden. Mit dem Non-Vac EB Verfahren ließen sich bei dieser Verbindung ähnlich gute Festigkeitseigenschaften erzielen, wobei die Anbindung durch eine höhere schmelzflüssige Durchmischung erfolgte. Bedingt durch den diffuseren Strahl floss das schmelzflüssige Messing dabei über die Kanten des Stahles hinweg und erhöhte so den Anbindungsquerschnitt.

Das Laserstrahlschweißen mit Festkörperlaser, insbesondere dem gepulsten YAG-Laser und dem Faserlaser, hat sich als geeignetes Verfahren für Blechdicken bis zu 1mm erwiesen. Die Werkstoffkombination Cu-Messing sowie Stahl-Messing ließen sich in guter Qualität verbinden.



**Bild 1** - li.: 1-lagige Non-Vac EB geschweißte Verbindung Stahl-Messing  
re.: Lage-Gegenlage Non-Vac EB geschweißte Verbindung Stahl-Messing, nach Zugversuch

**Dr. Johannes Weiser, BBW Lasertechnik, Prutting:** „In diesem Forschungsprojekt wurde die Machbarkeit zum Verschweißen von ausgewählten, insbesondere für die Elektronik- und Automobilindustrie wichtigen Werkstoffkombinationen gezeigt. Hierdurch werden in Zukunft neue Anwendungsfelder für die Strahlverfahren erschlossen. Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen ist geplant, diese Technologien in der Automobilzulieferindustrie zu etablieren.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
15.297 N 06.054	<b>Nahtschweißen mit gepulsten Nd:YAG-Lasern und Anpassung der Nahteigenschaften an mit Dauerstrichlasern geschweißte Nähte</b> Prof. Dr.-Ing. Haferkamp, Laserzentrum Hannover	01.08.2007	31.07.2009
15.373 B 06.059	<b>Wärmearmes Laserstrahllöten von verzinkten Stählen mittels niedrigschmelzender Lotwerkstoffe</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, TU Ilmenau/TU Berlin	01.10.2007	30.09.2009
15.536 N 06.065	<b>Mikro-Laser-MSG Hybridschweißen von Dünnblechen und Metallfolien</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen	01.03.2008	28.02.2010
15.560 N 06.064	<b>Qualifizierung und Optimierung des Fügens mit dem Elektronenstrahl in Zwangspositionen</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen	01.08.2008	31.07.2010
15.744 N 06.063	<b>Einfluss des Umformgrades (Kaltverfestigung) auf die Schweiß- und Löteignung von beschichteten Feinblechen mit <math>R_p \geq 800 \text{ N/mm}^2</math></b> Dipl.-Ing. Zech, SLV München	01.11.2008	31.10.2010
15.917 N 06.067	<b>Laser-MSG-Hybridschweißen von dickwandigen Präzisionsrohren</b> Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin	01.12.2008	30.11.2010

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
14.815 N 06.055	<b>Untersuchungen zum strahlschweißtechnischen Fügen von artfremden metallischen Werkstoffkombinationen</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, RWTH Aachen
14.959 N 06.061	<b>Gestaltung und Kontrolle des Nahtdurchhanges beim Strahlschweißen</b> Prof. Dr. rer. phil. Graf, Universität Stuttgart
14.960 N 06.062	<b>Einsatz von Wirbelstromtechnik zur Nahtverfolgung beim Laserstrahlschweißen von Nullspaltfugen</b> Prof. Dr.-Ing. Haferkamp, Laserzentrum Hannover Prof. Dr.-Ing. Bach, Leibniz-Universität Hannover

# Fachausschuss 7

5



[www.dvs-ev.de/fv/FA07](http://www.dvs-ev.de/fv/FA07)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Michael Weinreich**

Tel.: 0211 / 1591-279

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [michael.weinreich@dvs-hg.de](mailto:michael.weinreich@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Hans van't Hoen**  
Wirges

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Harald Krappitz**  
Innobraze GmbH für Löt- und Verschleißtechnik, Esslingen

## Grundsätze der Forschungsplanung

Die Löttechnik ist in vielen Industriebereichen zum festen Bestandteil der Fügetechnik geworden. Flexible Fertigungsverfahren und Verfahrenskombinationen weisen für die Löttechnik bezüglich der Verfahrensentwicklungen und der Steigerung der Prozesssicherheit ein großes Potenzial auf. Dabei müssen Fragen der Qualitätssicherung und des Umweltschutzes in besonderer Weise berücksichtigt werden. Der Fachausschuss führt daher die Forschung für die umweltschonenden Verfahren (flussmittelfreies Löten, bleifreies Löten) auch in Kooperation mit anderen AiF-Forschungsvereinigungen durch. Er sieht die Notwendigkeit zur Einrichtung von geeigneten Beratungs- und Informationssystemen mit dem Ziel eines schnellen Transfers von Forschungsergebnissen auch in die berufliche Qualifikation.

## Forschungsfelder

- Lote und Lötverfahren bei niedrigen Temperaturen und gleichzeitig hohen Festigkeiten
- Applikationstechniken (Atmosphäre, PVD, CVD, thermisches Spritzen, Galvanik)
- Verfahrensentwicklung (verstärkte Lote, Metallisieren)
- Löten von Leichtmetallen (Aluminium, Magnesium, Titan)
- Löten von Keramik
- Löten von Werkstoffen mit stark unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten
- Wirkung von diversen Elementen sowie un-/bekannten Rückständen im Lot
- Ersatzstoffe für teure Legierungselemente
- Prüfmethode und Qualitätssicherung (Online-Systeme)
- Versagensverhalten / dynamische Prüfung / zerstörungsfreie Prüfung / Zuverlässigkeit
- Korrosionsverhalten

Diese Forschungsfelder werden bezüglich zukünftiger Anforderungen und Entwicklungspotenziale bewertet und Forschungsschwerpunkte daraus abgeleitet. Dabei werden besonders die Belange der Industrie berücksichtigt, um anwendungsnahe Forschung zu betreiben. Die dem Fachausschuss angehörenden Forschungsstellen und Institute sind für diese Herausforderungen bestens gerüstet.

## Veranstaltungen

Internationales Kolloquium „Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen“

DVS / GMM-Tagung „EBL – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten“

Fachtagung „Weichlöten - Forschung & Praxis für die Elektronikfertigung“

### Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG A2 „Fügen in Elektronik und Feinwerktechnik“ - [www.dvs-aft.de/Aft/A/A2](http://www.dvs-aft.de/Aft/A/A2)
- AG A2.5 „Mikrolöten in der Elektronik und Feinwerktechnik“ - [www.dvs-aft.de/Aft/A/A2.5](http://www.dvs-aft.de/Aft/A/A2.5)
- AG V6.1 „Hart-Und Hochtemperaturlöten“ - [www.dvs-aft.de/Aft/A/A6.1](http://www.dvs-aft.de/Aft/A/A6.1)
- AG V6.2 „Weichlöten“ - [www.dvs-aft.de/Aft/A/A6.2](http://www.dvs-aft.de/Aft/A/A6.2)

- Fachgesellschaft „Löten“ im DVS - [www.dvs-loeten.de/loeten](http://www.dvs-loeten.de/loeten)



**IIW-Gremien (International Institute of Welding)** - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)

Commission XVII „Hartlöten, Weichlöten und Diffusionsschweißen“

### Forschungsbilanz - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

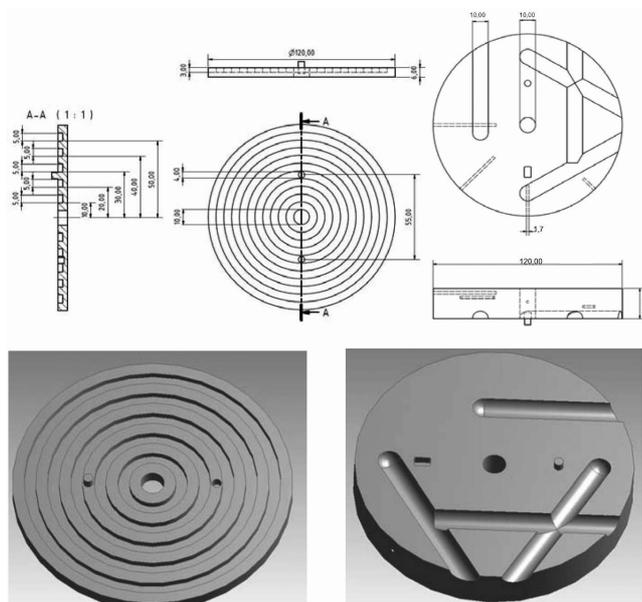
#### Entwicklung von lötgerechten Konstruktions- und Verfahrensstrategien/ -empfehlungen zum Fügen von temperierbaren Werkzeugen mittels Hochtemperaturlötens

(DVS-Nr. 07.052 / IGF-Nr. 14.814 B)

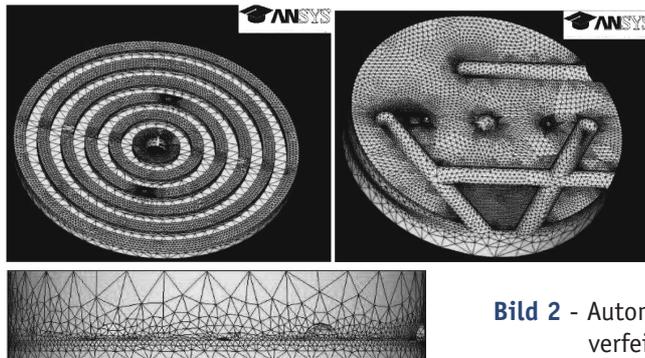
Laufzeit: 1. Juli 2006 bis 30. Juni 2008

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Wilden, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF, Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik, TU Berlin

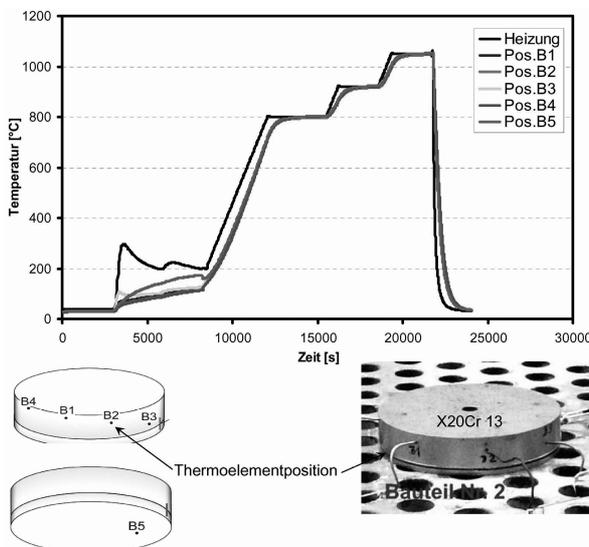
Das Forschungsziel war, lötgerechte Konstruktions- und Verfahrensstrategien zum Hochtemperaturlöten mit prozessintegrierter Wärmebehandlung von temperierbaren Formwerkzeugen zu entwickeln. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ein Modell des Lötprozesses erstellt, in dem auch Umwandlungen der Werkstoffe berücksichtigt sind. Die Validierung des Modells erfolgte unter anderem mit experimentellen Messungen wie der Temperaturverläufe bei der Demonstratorfertigung. Diese belegen, dass während des Hochtemperaturlötens von Bauteilen mit komplexen Innengeometrien größere Temperaturgradienten in den Komponenten entstehen. Durch die Bereitstellung der erarbeiteten lötgerechten Konstruktionsstrategien wird der Fertigungsprozess insgesamt positiv beeinflusst.



**Bild 1** - Demonstratorgeometrie – 2D-Zeichnungen und 3D-Modelle der Einzelteile



**Bild 2** - Automatisierte Modellvernetzung mit Netzverfeinerung an den Kontaktoberflächen



**Bild 3** - Temperaturdaten während der Demonstratorfertigung aus dem Werkstoff X20Cr13

**Dipl.-Ing. Ingo Reinkensmeier, Siemens AG:** „Am Standort Berlin werden Gasturbinen für Kraftwerke, unter anderem die derzeit größte und leistungsstärkste Gasturbine der Welt, gefertigt. Diese und andere Entwicklungen erfordern bei den im Heißgasbereich eingesetzten Ni- und Co-Basislegierungen extreme Anforderungen an die Performance. Das bedeutet für die Komponente, dass besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen, um charakteristischen Schädigungsmechanismen (nach extremer Beanspruchung und Betriebsdauer) wie Rissbildung und ausgeprägte Verschleißentwicklungen vorzubeugen. Demzufolge hat sich der von starkem Wachstum gekennzeichnete Gasturbinenmarkt mit seinen vielfältigen Lötaufgaben für das Neuanlagen- und Servicegeschäft zu einem zukunftsweisenden Anwendungsschwerpunkt für die Vakuumlöttechnik entwickelt. Dieser Trend ist konsequenterweise am Standort in Berlin mit dem Invest eines modernen Vakuumlötofens umgesetzt worden.“

Ausgehend von der Nichtvorhersehbarkeit von Spannungen während des Fügeprozesses und dem für den Werkstoff resultierendem Abkühlvorgang wurde die Mitarbeit in dem Projekt begleitendem Ausschuss mit großem Interesse verfolgt, um Ergebnisse dieser Arbeit auf Lötprozesse im eigenen Hause umzusetzen. Das firmeneigene Wissen wird durch die aktive Mitarbeit in diesen Ausschüssen erweitert.

Übertragen werden die Projektergebnisse gegenwärtig auf den Bereich der Brennerkomponenten. Durch die vereinfachte Nutzung von FEM-Methoden mit den entwickelten Abfragemasken ist es möglich, Bereiche mit hohem Spannungsniveau nach dem Löten bereits während der Konstruktionsphase zu detektieren. Hier wird Siemens diese Möglichkeiten in Kooperation mit der TU Berlin (Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik) weiter verfeinern und in Standardprozesse implementieren.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
15.113 N 07.006	<b>Systematische Untersuchung der Fügeverbundeigenschaften von Lötungen mit Ag-, Cu- und Ni-Basisloten mit anwendungsrelevanten Prüfverfahren</b> Prof. Dr.-Ing. Bobzin, RWTH Aachen Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Tillmann, Universität Dortmund	01.07.2007	30.06.2009
15.374 N 07.054	<b>Untersuchung zu den thermischen und prozesstechnischen Eigenschaften von Flussmitteln für bleifreie Lotlegierungen auf hochzuverlässigen Baugruppen</b> Prof. Dr. Dr.-Ing. E.h. Reichl, Fraunhofer Institut, Berlin Prof. Dr.-Ing. Benecke, Fraunhofer Institut, Itzehoe	01.10.2007	31.03.2009
15.405 B 07.056	<b>Entwicklung von Eisenbasisloten zum Hochtemperaturlöten von trinkwasserkontaktierten Werkstoffen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, Technische Universität Chemnitz	01.11.2007	31.10.2009
15.444 N 07.058	<b>Niedrig schmelzende Aluminiumhartlote aus dem System Al-Si-Zn</b> Prof. Dr.-Ing. Bach, Leibniz Universität Hannover	01.12.2007	30.11.2009
15.535 N 07.057	<b>Lötwärmebeständigkeit und Zuverlässigkeit neuer Konstruktionen im manuellen Reparaturprozess bleifreier elektronischer Baugruppen</b> Prof. Dr.-Ing. Benecke, Fraunhofer Institut, Itzehoe	01.02.2008	31.07.2010
15.711 N 07.059	<b>Entwicklung eines neuen Prüfverfahrens zur Klassifizierung von Flussmitteln</b> Prof. Dr. Dr.-Ing. E.h. Reichl, Fraunhofer Institut, Berlin	01.07.2008	30.06.2009

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
14.814 B 07.052	<b>Entwicklung von lötgerechten Konstruktions- und Verfahrensstrategien/ -empfehlungen zum Fügen von temperierbaren Werkzeugen mittels Hochtemperaturlötens</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, TU Ilmenau
14.975 B 07.004	<b>Online-Lotbaddiagnostik zur Qualitätssicherung beim Wellen und Selektivlöten</b> Prof. Dr.-Ing. Bach, Leibniz-Universität Hannover Prof. Dr.-Ing. habil. Wolter, Technische Universität Dresden Prof. Dr.-Ing. Bobzin, RWTH Aachen Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, Technische Universität Chemnitz

# Fachausschuss 8

5



[www.dvs-ev.de/fv/FA08](http://www.dvs-ev.de/fv/FA08)

[www.klebtechnik.org](http://www.klebtechnik.org)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Marcus Kubanek**

Tel.: 0211 / 1591-120

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [marcus.kubanek@dvs-hg.de](mailto:marcus.kubanek@dvs-hg.de)

**Vorstandsvorsitzender Dr.-Ing. Gerson Meschut**

W. Böllhoff GmbH & Co. KG, Bielefeld

**Vorstandsmitglieder**

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Rainer**

Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Neustadt-Fernthal

**Dr.-Ing. Wilko Flügge**

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter

**Dipl.-Ing. Karl Moser**

MERK-Project GmbH, Aichach

**Dr. Hans-Günther Cordes**

Jork

**Vertreter der vier Forschungsvereinigungen**

**FA 8 „Klebtechnik“:**

**Vorsitzender Prof. Dr.-Ing. Thomas Reiner**

Siebe Engineering GmbH & Co KG, Neustadt/Wied

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Horst Stepanski**

STEPANSKI ENGINEERING, Leverkusen



## Grundsätze der Forschungsplanung

Der Gemeinschaftsausschuss „Klebtechnik“ ist der Zusammenschluss zu einer noch engeren Kooperation zwischen den folgenden AiF-Mitgliedsvereinigungen:

- **Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA)**  
Arbeitskreise „Fertigung und Konstruktion“ und „Adhäsion und Klebstoffchemie“ der DECHEMA



- **Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA)**  
Expertenausschuss „Kleben von Stahl“ der FOSTA



- **Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V. (DGfH)**  
Mitglieder der DGfH aus Forschung und Industrie



- **Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS**  
Fachausschuss 8 „Klebtechnik“ der Forschungsvereinigung des DVS



## Funktion

- Gemeinschaftsgremium mehrerer AiF-Mitgliedsvereinigungen zur Bündelung von Kompetenzen und Aktivitäten auf dem Gebiet der Klebtechnik

### Forschungsfelder

Die hier eingereichten Forschungsvorhaben umfassen das gesamte Gebiet der Klebtechnik von der Konstruktion über die Fertigung bis hin zur Reparatur und zum Recycling, auch in Kombination mit anderen Fügeverfahren. Einschränkungen auf bestimmte Werkstoffe, Einsatzgebiete oder Prozesse gibt es nicht. Weitere Schwerpunkte: Entwicklung, Anpassung und Beurteilung von Verfahren zur Oberflächenbehandlung, Entwicklung neuer Prüfmethode für Klebstoffe und Klebverbindungen, Berechnung von Klebverbindungen, Simulation, Kennwertermittlung, Methoden zur Klebstoffaushärtung, Fertigungstechnik und Fertigungsintegration von Klebsystemen, Qualitätssicherung, Konstruktionsmethodik und klebgerechte Gestaltung, Hybridverfahren in unterschiedlichsten Anwendungen, Disbonding, Reparatur, das Fügen im Produktlebenszyklus.

### Veranstaltungen

Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“

### Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS  
 · AG V8 „Klebtechnik“ - [www.dvs-aft.de/AFT/V/V8](http://www.dvs-aft.de/AFT/V/V8)

**IIW-Gremien (International Institute of Welding)** - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)

Commission XVI „Fügen von Polymeren und Klebtechnologie“

### Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### **Auslegung von strukturellen FVK-Metall-Klebverbindungen für Windenergieanlagen**

(IGF-Nr. 14.840 N / DVS-Nr. 08.040)

Laufzeit: 1. Juli 2006 – 30. Juni 2009

Dr.-Ing. H. Schäfer, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen

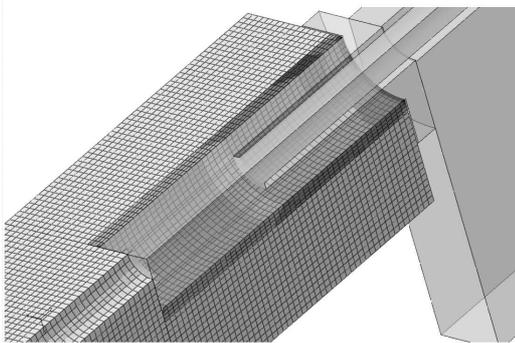
Gegenstand des Vorhabens sind Fügeverbindungen im Bereich des Blattanschlusses von Rotorblättern für Windenergieanlagen. Es ist beabsichtigt, die Nachteile der üblichen mechanischen Verbindung durch den Einsatz von Klebverbindungen zu vermeiden. Dabei sollen wesentliche Eigenschaften wie Lösbarkeit des Blattes von der Nabe und Fail-Safe-Prinzip erhalten bleiben. Deshalb wurde eine konstruktive Lösung in Kombination mit einer Verschraubung erarbeitet. Dies erfordert eine Berücksichtigung der Vorspannungen durch die erforderlichen hohen Anzugsmomente.

Der Einfluss variabler Amplituden auf die Lebensdauer wurde an Klebstoff-Substanzproben untersucht. Variiert wurden die Kollektivform und die Reihenfolge der Belastung. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lebensdauer bei Belastung mit variablen Amplituden von der Kollektivform abhängt. Die mit der linearen Schadensakkumulationshypothese abgeschätzte Lebensdauer weicht vom tatsächlichen Wert ab. Für das betrachtete Klebstoffsystem und die spezifischen Kollektivformen wurden für die theoretische Lebensdauer Werte kleiner oder gleich der tatsächlichen Lebensdauer abgeschätzt. Bei konstant gehaltener Kollektivform konnte ein Reihenfolgeeffekt auf die tatsächliche Lebensdauer nachgewiesen werden.

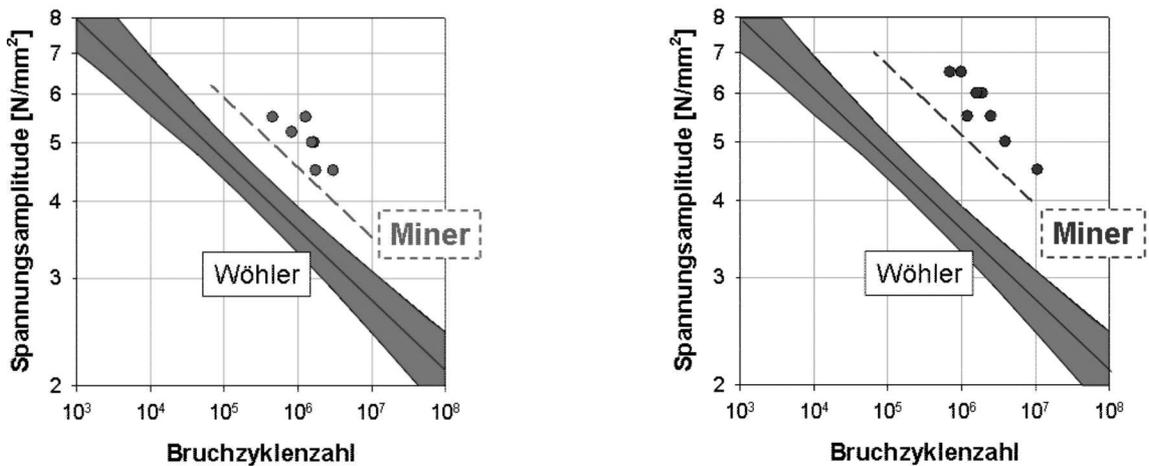
Die Lebensdauer geklebter Bauteile unter schwingender Beanspruchung wurde mit Hilfe eines spannungsbasierten Konzepts abgeschätzt. Die Methode setzt kohäsives Versagen innerhalb der Klebschicht voraus und kommt nicht ohne zusätzliche Versuche an Klebverbindungen aus. Am geklebten Bauteil wurden FE-Berechnungen zur Ermittlung der lokalen Beanspruchung in der Klebfuge durchgeführt.

Hierbei wurde die Vorspannung durch die Verschraubung berücksichtigt. Auf Grundlage der berechneten Spannungen wurde eine postprozessorbasierte Lebensdauerschätzung durchgeführt.

Experimentelle Untersuchungen an geklebten Bauteilen unter Einstufenbelastung zeigen, dass die nach dem spannungsbasierten Konzept abgeschätzte Lebensdauer erreicht wird. Die höchstmögliche Last, die auf die Klebverbindung im Bauteil aufgebracht werden kann, wird durch die Geometrie der Vorspanneinrichtung festgelegt. Die Schwingspielzahl bei dieser höchstmöglichen, einstufigen Last liegt im Experiment aktuell bei 8107. Nach den vorliegenden Erkenntnissen treten im Lastkollektiv solch hohe Schwingspielzahlen nur bei merklich kleineren Lasten auf.



**Bild 1** - FE-Modell einer GFK-Stahl-Klebverbindung mit Spannungsverlauf in der Klebschicht; Überlagerung von Vorspannung und Betriebslast



**Bild 2** - Lebensdauerlinien für unterschiedliche Kollektivformen und Lebensdauer-Abschätzungen nach Miner-Regel, ermittelt an Schulterstäben aus 2K-Methacrylat-Klebstoff bei Raumtemperatur. Breites Kollektiv mit hoher Schädigung (links), schmales Kollektiv mit niedriger Schädigung (rechts).

**Hierzu Herr Dr. Bernd Burchardt, Sika Services:**

„Sika als globaler Anbieter von Systemlösungen basierend auf Klebstoffen profitiert bei diesem Projekt von der ingenieurtechnischen Vorgehensweise zur Evaluierung von Klebverbindungen mit sehr anspruchsvollem Anforderungsprofil in einem Marktfeld, in welches wir heute schon Klebstoffe liefern. Durch den Vergleich der verschiedenen chemisch bedingten Technologien erhalten wir wertvolle Informationen im direkten Vergleich. Diese Ergebnisse ermöglichen uns eine gezielte Weiterentwicklung der Klebtechnologie als universell einsetzbares Fügeverfahren und schaffen damit die Voraussetzungen für ein weiteres profitables Wachstum unseres Konzerns.“

### Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Plasmagestützte Abscheidung von Haftvermittlerschichten bei Atmosphärendruck

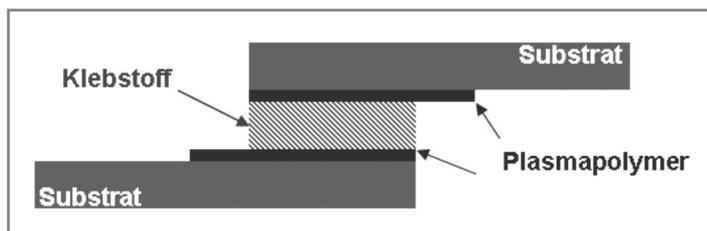
(IGF-Nr. 14.817 N / DVS-Nr. 08.043)

Laufzeit: 1. Juli 2006 – 30. Juni 2009

Dr.-Ing. H. Schäfer, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen

Haftvermittler dienen zur Verbesserung der Festigkeit und des Alterungsverhaltens von Klebungen. Sie sind daher eine entscheidend wichtige Komponente beim Einsatz des Klebens als industrielle Fügetechnik, insbesondere im Hinblick auf die Erhöhung der Langzeitbeständigkeit von strukturellen Klebungen (z.B. im Fahrzeugbau oder bei Dachkonstruktionen). Im allgemeinen werden Haftvermittler heute auf naßchemischer Basis appliziert. Nachteile beim Einsatz von lösemittelbasierten Haftvermittler sind dabei das Gefährdungspotential für Mensch und Umwelt sowie die applikationsbedingten Limitationen in der Fertigung (z.B. durch lange Abluftzeiten).

Ziel dieses Vorhabens war die Abscheidung haftvermittelnder Schichten durch Plasmapolymerisation bei Atmosphärendruck (**Bild 1**). Als Plasmasystem wurde dabei ein nicht-thermisches Plasma-Jet-System eingesetzt, welches eine lokale Behandlung der zu beschichtenden Bauteile ermöglicht (**Bild 2**). Der technologische und wirtschaftliche Nutzen dieses neuen Verfahrens besteht u.a. in einer höheren Ressourceneffizienz und einer Vereinfachung des Fertigungsablaufes bei industriellen Klebprozessen. Prinzipiell eignet sich das Verfahren für alle Anwendungsgebiete bei denen zur Zeit ein naßchemischer Haftvermittlerauftrag erfolgt.

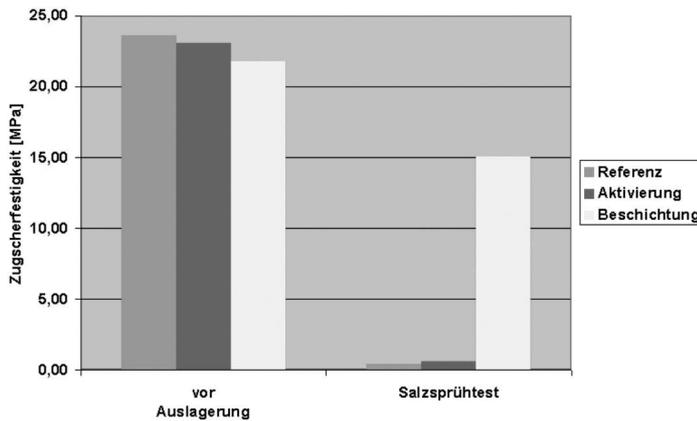


**Bild 1** - Schematischer Aufbau des Klebverbundes mit dem Plasmapolymer als haftvermittelnde Schicht



**Bild 2** - Plasmadüsen bei der Beschichtung

Im Rahmen des Vorhabens gelang es durch Untersuchung des Beschichtungsprozesses eine haftvermittelnde Schicht auf siliziumorganischer Basis im Plasma bei Atmosphärendruck abzuscheiden. Das Anwendungspotential der haftvermittelnden Schicht wurde für metallische und polymere Substrate sowie Epoxid- und Acrylatklebstoffe untersucht. Dabei zeigte sich eine deutliche Verbesserung der Alterungsbeständigkeit der Klebung durch die im Plasma abgeschiedene haftvermittelnde Schicht. Insbesondere bei der Klebung metallischer Substrate kommt es zu einer deutlichen Verbesserung von bis zu 100%, wenn die künstliche Alterung zu einer Degradation der Grenzfläche Substrat/Klebstoff führt (**Bild 3**).



**Bild 3** - Verbesserung der Alterungsbeständigkeit der Klebung nach Auslagerung im Salzsprühtest.

**Hierzu Herr Dr. Knospe, Plasmatreat GmbH:**

„Die Mitarbeit im projektbegleitenden Ausschuss hat uns das Potential der Atmosphärendruck-Plasmatechnik auch im Bereich der Beschichtung gezeigt. Die Ergebnisse helfen uns bei der Umsetzung von industriellen Systemen, insbesondere bei der Realisierung alterungsbeständiger Metallverklebungen.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
00.235 Z 08.001	<b>Neue konstruktive Möglichkeiten im Betonbau durch Kleben von Bauteilen aus ultra-hochfestem Beton</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Schmidt, Universität Kassel Prof. Dr.-Ing. Heim, Universität Kassel Prof. Dr.-Ing. Dilger, Technische Universität Braunschweig	01.01.2007	30.06.2009
14.929 N 08.045	<b>Einfluss der Klebstoffverarbeitung auf das Betriebsverhalten von Dosieranlagen und die mechanischen Eigenschaften von Klebverbindungen</b> Dr.-Ing. Schäfer, Fraunhofer Institut, Bremen Prof. Dr.-Ing. Hahn, Universität Paderborn	01.01.2007	30.06.2009
15.595 N 08.049	<b>Eigenschaftsprofil schnell gehärteter Klebverbindungen unter zyklischer Belastung</b> Prof. Dr.-Ing. Hahn, Universität Paderborn	01.06.2008	31.05.2010
14.840 N 08.040	<b>Strukturelle FVK-Metall-Klebverbindung für Windenergieanlagen</b> Dr.-Ing. Schäfer, Fraunhofer Institut, Bremen	01.07.2006	30.06.2009
15.636 N 08.047	<b>Wirksamkeit von Verfahren zur Entfernung von Trennstoffen auf Al-Druckguss-Bauteilen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, Technische Universität Braunschweig	01.08.2008	31.07.2010
15.443 N 08.048	<b>Kleben auf Kunststoffen mit Rückständen aus Formtrennmittel</b> Dr.-Ing. Schäfer, Fraunhofer Institut, Bremen	01.09.2008	31.08.2010

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
14.817 N 08.043	<b>Plasmagestützte Abscheidung von Haftvermittlerschichten bei Atmosphärendruck</b> Dr.-Ing. Schäfer, Fraunhofer Institut, Bremen



[www.dvs-ev.de/fv/FA09](http://www.dvs-ev.de/fv/FA09)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Marcus Kubanek**

Tel.: 0211 / 1591-120

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [marcus.kubanek@dvs-hg.de](mailto:marcus.kubanek@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dr.-Ing. Manfred Kaßner**  
Alstom LHB GmbH, Salzgitter

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Genbao Zhang**  
Volkswagen AG, Wolfsburg

### Grundsätze der Forschungsplanung

Die sichere und wirtschaftliche Nutzung gefügter Bauteile und daraus gefertigte Produkte erfordert eine optimale konstruktive Gestaltung und eine ausreichende Festigkeit. Um dieses zu gewährleisten, werden einerseits Gestaltungsregeln für die Konstruktion und andererseits Auslegungsverfahren für die Dimensionierung bzw. für den Festigkeitsnachweis von gefügten Bauteilen benötigt. Dabei sind die im Betrieb auftretenden Belastungen und Einwirkungen ausreichend zu berücksichtigen. Mit den durch den Fachausschuss angeregten und betreuten Forschungsarbeiten sollen die Grundlagen und Möglichkeiten hierfür weiterentwickelt werden. Dies beinhaltet auch die Erstellung von Vorschlägen für Regelwerke und Grundlagen für künftige Softwareentwicklungen.

### Forschungsfelder

Folgende Problembereiche werden in den Forschungsvorhaben im Fachausschuss bearbeitet:

- Die konstruktive Ausbildung von gefügten Bauteilen, d.h. Entwicklung bzw. Erweiterung von Vorgehensweisen zur Konstruktion und die Erarbeitung bzw. Ableitung von Gestaltungsgrundsätzen und -regeln;
- Die Auslegung gefügter Bauteile, d.h. die Entwicklung von Berechnungsverfahren zur Beanspruchungsermittlung, die Ermittlung von Beanspruchbarkeiten und die Weiterentwicklung von Konzepten für den Festigkeitsnachweis;
- Die Simulation von Fügeprozessen zur Ermittlung mechanischer Auswirkungen, welche die prozessbedingte Verformungen, die Eigenspannungen und deren Auswirkung auf die Beanspruchbarkeit sowie mechanische Eigenschaften bzw. Materialkennwerte der Fügezone für die Festigkeitsauslegung umfasst.

### Schwerpunkthemen

Anwendbarkeit von Festigkeitskonzepten für die Auslegung schwingbelasteter gefügter Bauteile für:

- linienförmig geschweißte Verbindungen (Vergleichbarkeit von Nenn-, Struktur-, Kerbspannungs- und Bruchmechanikkonzept - „Festigkeits-Cluster“)
- punktförmige Verbindungen (mechanisch gefügte Bauteile, Punktschweißungen) mit analogen Untersuchungen wie bei den linienförmigen geschweißten Verbindungen
- Erstellung von Auslegungsgrundlagen für schwingbelastete geschweißte Bauteile aus Mg-Legierungen, crashbelastete gefügte Strukturen, mehrachsig, nicht phasengleich belastete Fügeverbindungen, Klebverbindungen, gefügte Bauteile aus höherfesten und hochfesten Stählen
- Systematische Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Festigkeit und Fertigungsqualität
- Simulation des Fügeprozesses von realen Bauteilverbindungen zur Ermittlung von prozessbedingten Verformungen (Verzugsminimierung) und Eigenspannungen und zu deren Auswirkungen auf die Festigkeit
- Problemstellungen zum Werkstoffverhalten bei schwingbeanspruchten Al-Schweißverbindungen

### Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG Q1 „Konstruktion und Berechnung“ - [www.dvs-aft.de/AFT/Q/Q1](http://www.dvs-aft.de/AFT/Q/Q1)

In der Forschungsvereinigung des DVS

- Fachausschuss I2 „Anwendungsnahe Schweißsimulation“

**IIW-Gremien (International Institute of Welding)** - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)

- Commission X „Strukturverhalten von Schweißverbindungen – Versagensvermeidung“
- Commission XIII „Schwingfestigkeitsverhalten geschweißter Bauteile“
- Commission XV „Grundlagen der Konstruktion, Berechnung und Fertigung von Schweißkonstruktionen“

### Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

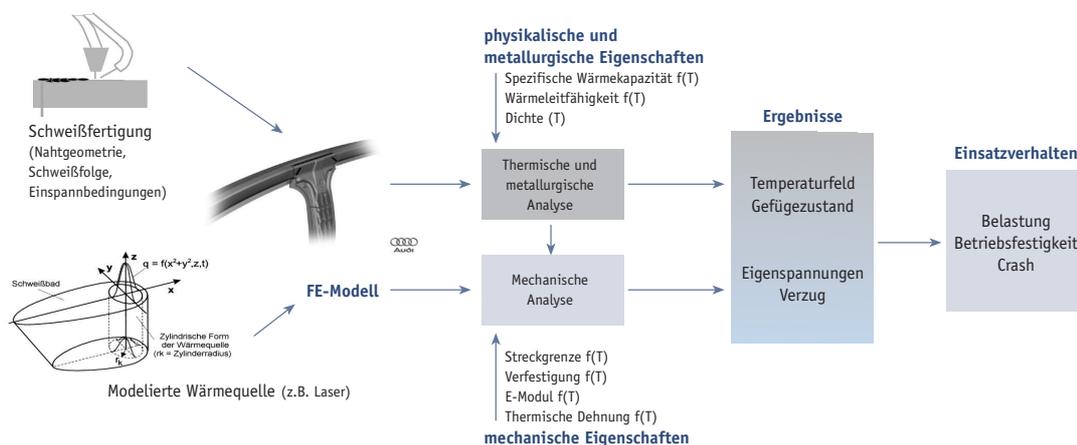
#### Numerische Simulation von Verzug und Eigenspannungen geschweißter Komponenten aus Al-Guss und Strangpressprofilen

(IGF-Nr. 13.716 N / DVS-Nr. 9.032)

Laufzeit: 1. Mai 2003 – 30. September 2005

Prof. Dr. rer. nat. P. Gumbsch, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg

Ziel des Forschungsvorhabens war die Weiterentwicklung und beispielhafte Anwendung der numerischen Simulation schweißtechnischer Fertigungsschritte zur Bewertung geschweißter Komponenten aus Aluminium-Strangpressprofilen und Gussteilen. Hierfür wurden am Beispiel von geschweißten Aluminiumprofilen die verfahrensspezifischen Einflüsse beim Laserstrahl- und MIG-Schweißen erfasst, die erforderlichen Werkstoffeigenschaften bestimmt und der sich durch das Schweißen einstellende Verzug sowie die Eigenspannungen numerisch simuliert und mit Ergebnissen aus Versuchen an Serienbauteilen verglichen. **Bild 1** zeigt die prinzipielle Vorgehensweise einer numerischen Schweißsimulation.



**Bild 1** - Vorgehensweise der numerischen Schweißsimulation

Schmelzschweißverfahren zeichnen sich dadurch aus, dass sich konzentrierte Energiequellen, wie z.B. der Lichtbogen, der Laser- oder Elektronenstrahl, über das Werkstück bewegen und dabei den Werkstoff mit oder ohne Zusatzwerkstoff lokal aufschmelzen. Das dabei entstehende Temperaturfeld ist die wesentliche Größe für das Entstehen von Verzug und Eigenspannungen. Es führt letztlich zu plastischen Verformungen, zu Änderungen der Mikrostruktur und zu Eigenspannungen, die auch bei vollständiger Abkühlung erhalten bleiben.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die Möglichkeiten der numerischen Schweißsimulation für praxisrelevante Serienbauteile demonstriert und die rechnerischen Ergebnisse durch Vergleich mit Messergebnissen verifiziert. Als Anwendungsbeispiele wurden laserstrahl- und MIG geschweißte Dachträger-B-Säule-Verbindungen sowie ein MIG-geschweißter Motorträger ausgewählt. Die Materialeigenschaften wurden direkt an aus den Originalbauteilen entnommenen Proben für die verschiedenen Zonen (Grundwerkstoff, Schweißgut, Wärmeeinflusszone) ermittelt und den numerischen Simulationen zugrunde gelegt. Als Messergebnisse für die Verifikation dienten Temperatur-, Verzugs- und Eigenspannungsmessungen sowie Makroschliffe der einzelnen Schweißnähte.

Die Untersuchungen zeigten, dass die realitätsnahe Temperaturfeldberechnung mit einer aus Experimenten angepassten Ersatzwärmequelle entscheidend für die Qualität der Verzugs- und Eigenspannungsergebnisse ist. Es zeigte sich, dass für das Laserstrahlschweißen ein genauer Abgleich der Rechenergebnisse mit den Messungen mit den in kommerziellen Rechenprogrammen als Standard zur Verfügung stehenden Wärmequellen nicht oder nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand möglich ist. In Erweiterung zu den Standardwärmequellen wurde daher eine Methode entwickelt, bei der über eine „anisotrope“ Wärmeleitung in der Schmelze eine gute Anpassung von gerechnetem und gemessenem Temperaturfeld erreicht und realitätsnahe Verzugsergebnisse erzielt werden. Auf Basis dieser Lösung wurden die Einflüsse unterschiedlicher Parameter auf das Verzugsergebnis untersucht. Für die untersuchten Bauteile zeigte es sich, dass neben der Wärmequelle vor allem die Werkstoffverfestigung und die Haltezeiten vor dem Entspannen des Bauteils den Verzug wesentlich beeinflussen. Auf der Basis der vorliegenden Simulationsergebnisse und Parametervariationen wurden dem industriellen Anwender Hinweise an die Hand gegeben, welche Schritte für eine sachgerechte Durchführung einer numerischen Schweißsimulation zu berücksichtigen sind.

Insgesamt bilden die verifizierten Anwendungsbeispiele eine wichtige Basis für die Weiterentwicklung und Optimierung der Simulationstechniken. Dabei wurde für die Simulation von Al-Schweißverbindungen eine umfangreiche Basis an Werkstoffkennwerten zur Verfügung gestellt, die für künftige Schweißsimulationen genutzt werden können. Damit stehen insbesondere auch für kleine und mittlere Unternehmen eine Datenbasis und eine experimentell verifizierte Methodik für die numerische Schweißsimulation zur Verfügung. Die Nutzungsmöglichkeiten der Forschungsergebnisse sind nicht nur auf den Automobilbau beschränkt, sondern können überall dort verwendet werden, wo geschweißte Leichtbau-Strukturen realisiert werden sollen, z.B. in der Luft- und Raumfahrttechnik und im Schienenfahrzeugbau aber auch im allgemeinen Maschinen- und Anlagenbau.

**Dazu Dr. Uwe Alber, AUDI AG:**

„Das Forschungsvorhaben lieferte eine umfangreiche Datenbasis und wichtige Erkenntnisse für die Anwendbarkeit der numerischen Schweißsimulation in der industriellen Praxis. Für ein praktisches Anwendungsbeispiel konnte der Schweißverzug berechnet werden. Für einen breiten industriellen Einsatz muss die Effizienz bei der Modellerstellung, die Rechenzeit und die Benutzerfreundlichkeit der Rechenprogramme noch deutlich verbessert werden.“

### Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Ermittlung von Grundlagen für die praktische Anwendung örtlicher Konzepte zur Schwingfestigkeitsbewertung geschweißter Aluminiumbauteile

(IGF-Nr. 12.536 N / DVS-Nr. 9.026)

Laufzeit: 1. Juli 2000 - 30. Juni 2003

#### Grundlagen für die praktische Anwendung des Kerbspannungskonzeptes zur

#### Schwingfestigkeitsbewertung von geschweißten Bauteilen aus Magnesiumknetlegierungen

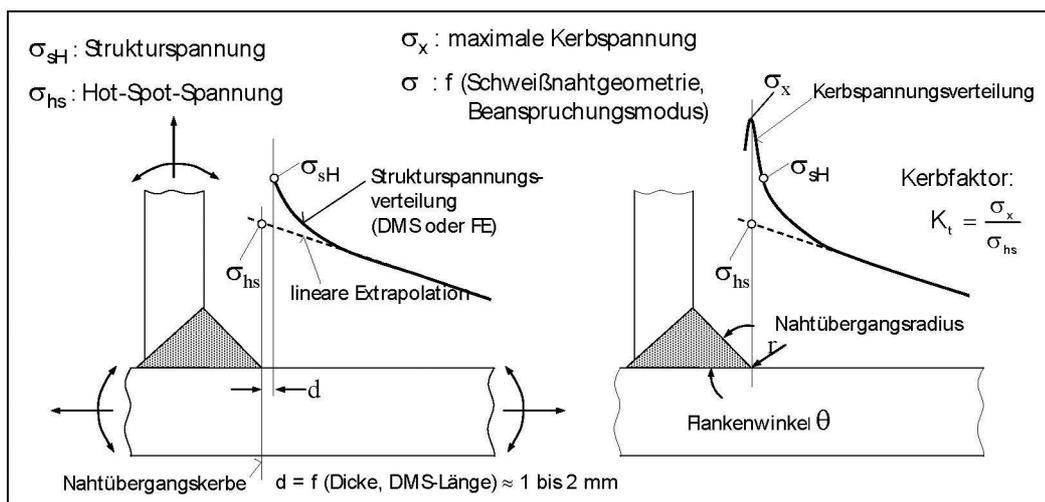
(IGF-Nr. 13.457 N / DVS-Nr. 9.036)

Laufzeit: 1. August 2003 - 31. Juli 2006

Prof. Dr.-Ing. H. Hanselka, Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt

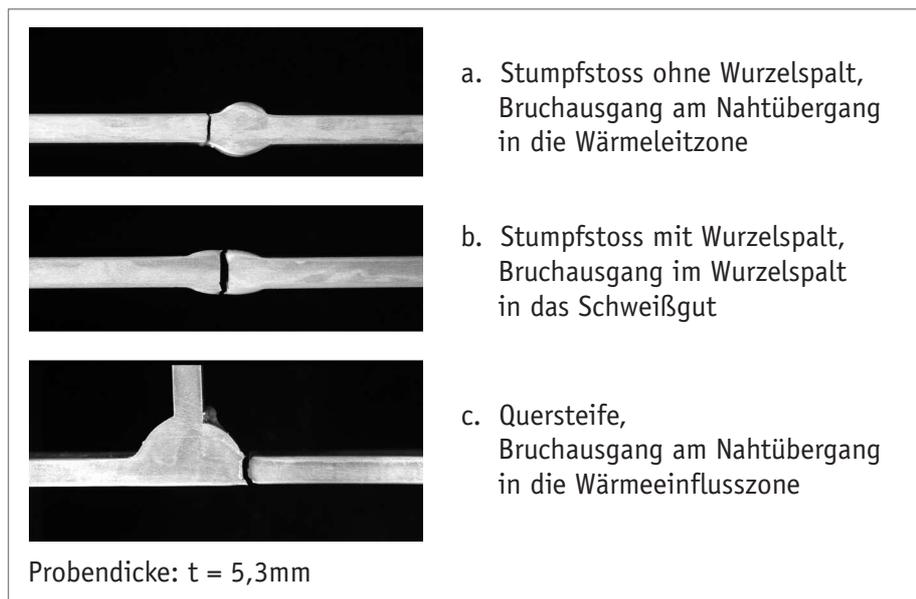
Prof. Dr.-Ing. K. Dilger, Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs), TU Braunschweig

Der vermehrte Einsatz der Methode der finiten Elemente in den vergangenen Jahren bei der Auslegung von geschweißten Strukturen führte zu einer stärkeren Verwendung lokaler Berechnungskonzepte, insbesondere des Hot-Spot-Konzeptes (**Bild 1**). Allerdings sind der Anwendung dieses Konzeptes Grenzen gesetzt, wenn die ermüdungskritischen Stellen nicht von der Extrapolation der berechneten Strukturspannung erfasst werden. Wurzelspalte und andere versteckte Konstruktionsdetails fallen hierunter. Hierzu wurden seit einigen Jahren für Schweißverbindungen aus Stahl verstärkt lokale Berechnungskonzepte entwickelt, so z.B. das Konzept des Referenzradius mit  $r_{ref} = 1.00\text{mm}$  für Blechdicken  $t > 5\text{mm}$  und  $r_{ref} = 0.05\text{mm}$  für  $t < 5\text{mm}$ . Da allerdings für Schweißverbindungen aus Aluminium und Magnesium bisher keine Erkenntnisse bestanden, ob dieses Konzept auch für diese Leichtmetalllegierungen anwendbar ist, wurden vom DVS hierzu zwei Forschungsprojekte initiiert.



**Bild 1** - Definition der Spannungen im Nahtübergang einer Schweißnaht für verschiedene Bemessungskonzepte

Die hier zusammengefassten Ergebnisse basieren auf Schwingfestigkeitsuntersuchungen mit drei verschiedenen MIG- und WIG geschweißten Aluminiumverbindungen aus AlMg4.5Mn und AlMgSi1 T6 sowie Magnesiumverbindungen der Legierung AZ31, Stumpfstöße mit und ohne Wurzelspalt und Quersteifen (**Bild 2**).



**Bild 2** - Makroschliffe der Schweißverbindungen mit Versagensstellen

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass das Kerbspannungskonzept mit dem Referenzradius von  $r_{ref} = 1.00\text{mm}$  auf Aluminium- und Magnesiumschweißverbindungen mit Dicken von  $t \leq 5\text{mm}$ , unabhängig von der Schweißnahtgeometrie, angewendet werden kann. Ebenso wurde die Anwendbarkeit des Referenzradius von  $r_{ref} = 0.05\text{mm}$  nachgewiesen. Die ermittelten FAT-Werte für beide Referenzradien werden mit denjenigen für Stahl verglichen. Die Ergebnisse beider Projekte wurden regelwerksfähig aufgearbeitet und in die IIW-Empfehlungen aufgenommen (Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components; IIW Document XIII-1823-07).

**Hierzu Dr.-Ing. Manfred Kaßner, Alstom LHB GmbH, Salzgitter:**

„Durch die Übernahme der hier erzielten Forschungsergebnisse in die IIW-Empfehlungen ist deren breite Anwendung gewährleistet, denn diese Empfehlungen haben Richtliniencharakter, sind international sehr anerkannt und bilden die Basis für wichtige branchenbezogene Normen zur schwingfesten Auslegung geschweißter Bauteile, wie für Eurocode 3 (Stahlbau).“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
15.007 N 09.043	<b>Betriebsfestigkeit von geschweißten Fahrradrahmen</b> Prof. Dr.-Ing. Heim, Universität Kassel	01.10.2006	31.01.2009
15.202 N 09.045	<b>Bedeutung von Eigenspannungen für die Schwingfestigkeit geschweißter Aluminiumlegierungen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, Technische Universität Braunschweig	01.04.2007	31.03.2009
15.377 N 09.046	<b>Experimentelle Untersuchungen und numerische Modellierung des Verformungs- und Schädigungsverhaltens crashrelevanter Al-Schweißverbindungen</b> Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, Fraunhofer-Institut, Darmstadt	01.10.2007	30.06.2010
15.378 N 09.047	<b>Mikromagnetische Eigenspannungsbestimmung geschweißter Stähle</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, Technische Universität, Braunschweig	01.08.2008	31.07.2010
15.913 N 09.049	<b>Lebensdauerbewertung von Schweißverbindungen mit werkstoffmechanischen und statistischen Modellen unter besonderer Berücksichtigung von Eigenspannungen</b> Prof. Dr.-Ing. Hanselka, Fraunhofer-Institut, Darmstadt Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, Fraunhofer-Institut, Darmstadt	01.12.2008	31.05.2011

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
14.519 N 09.001	<b>Offene und geschlossene Stahlprofile aus dem Schienenfahrzeugbau</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, Technische Universität Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Esderts, Technische Universität Clausthal-Zellerfeld
14.520 N 09.003	<b>Strangpressprofil und Blechstrukturen aus Aluminiumknetlegierungen im Fahrzeugbau</b> Prof. Dr.-Ing. Hanselka, Fraunhofer-Institut, Darmstadt
14.570 N 09.042	<b>Untersuchung des Versagensverhaltens von stanzgenieteten und punkt- und nahtgeschweißten Verbindungen aus Aluminiumwerkstoffen im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Schwingfestigkeitsergebnisse punktgeschweißte Dünnblechproben</b> Prof. Dr.-Ing. Hahn, Universität Paderborn Prof. Dr.-Ing. Hanselka, Fraunhofer Institut, Darmstadt



[www.dvs-ev.de/fv/FA10](http://www.dvs-ev.de/fv/FA10)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Michael Weinreich**

Tel.: 0211 / 1591-279

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [michael.weinreich@dvs-hg.de](mailto:michael.weinreich@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dr.-Ing. Godehard Schmitz**  
Robert Bosch GmbH, Stuttgart

**Stellvertr. Vorsitzender Dipl.-Ing. Bernhard Petermann**  
Miele & Cie. KG, Gütersloh

### Grundsätze der Forschungsplanung

Dem Miniaturisierungstrend bei Halbleitern und passiven Bauelementen folgend, musste die Verbindungstechnik auf immer kleinere Verbindungsstellen adaptiert werden.

### Forschungsfelder

Ziel des Fachausschusses „Mikroverbindungstechnik“ ist die Entwicklung und Bereitstellung von Technologien für die Aufbau- und Verbindungstechnik in den Anwendungsgebieten Telekommunikation, Fahrzeugbau, Automobiltechnik, Mikrosystemtechnik, Medizintechnik und Informationstechnik mit den Schwerpunkten Löten, Kleben (mechanisches Kleben, Leitkleben) – Verguss – Packaging, Strategien für Diagnose – Test – Zuverlässigkeitsnachweis, Modellierung – Simulation Prozess, Bauteilverhalten, mechanisches Fügen, Bonden (Drahtbonden, Waferbonden), Schweißen (Widerstandsschweißen, Laserstrahlschweißen).

Diese Technologien wurden bezüglich zukünftiger Anforderungen und Weiterentwicklungspotenzial bewertet und Forschungsschwerpunkte daraus abgeleitet. Dabei wurden besonders die Belange der Industrie berücksichtigt, um anwendungsnahe Forschung zu betreiben.

Die Zukunft in Elektronik, Sensorik und Aktuatorik wird getrieben durch Miniaturisierung, fortschreitende Funktionsintegration, höhere thermische und mechanische Belastungen, steigende Anforderungen an Zuverlässigkeit und Kostenreduktion. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden müssen bestehende Techniken bis an die physikalischen Grenzen ausgereizt und neue Techniken entwickelt werden. Die dem Fachausschuss angehörenden Forschungsstellen und Institute sind für diese Herausforderungen bestens gerüstet und nehmen sie gerne an.

### Veranstaltungen

- DVS/GMM-Tagung „EBL – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten“
- Gemeinsames Kolloquium mit der Arbeitsgruppe A2

### Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG A2 „Fügen in Elektronik und Feinwerktechnik“ - [www.dvs-aft.de/AfT/A/A2](http://www.dvs-aft.de/AfT/A/A2)

### Forschungsbilanz - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Zuverlässigkeit bleifrei gelöteter Leistungsbaugruppen

(IGF-Nr. 14.427N / DVS-Nr. 10.044)

Laufzeit: 1. Juli 2005 – 30. Juni 2007

Prof. Dr.-Ing. J. Wilde, Professur für Aufbau- und Verbindungstechnik, IMTEK,  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Aufgrund der RoHS-Richtlinie der EU wurde die Verwendung bleihaltiger Weichlote in elektronischen Baugruppen bis zum Jahr 2007 weitgehend verboten und der Ersatz der etablierten Zinn-Blei-Lote wurde zwingend erforderlich. Zwar waren vor Vorhabensbeginn alternative Lote auf Basis von Zinn-Silber-Kupfer verfügbar, der Umstieg hierauf war jedoch insbesondere für KMU mit großen technischen Risiken verbunden. Relevante Aspekte sind die Fertigungsqualität, die potentielle Schädigung durch eine bis zu 40 K höhere notwendige Löttemperatur und die Zuverlässigkeit der Lötstellen bei Temperaturbelastungen. Der Fachausschuss 10 Mikroverbindungstechnik hat daher mehrere Vorhaben initiiert, in welchen das bleifreie Löten von repräsentativen Formen moderner elektronischer Bauelemente untersucht wurde. Wegen der Bedeutung für die Mechatronik wurde das vorliegende Vorhaben spezifisch auf Leistungsbauelemente ausgerichtet, bei denen sich Lötfehler besonders kritisch auswirken können.

#### Forschungsziel

Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Darstellung eines robusten Design- und Fertigungsprozesses zur Montage von Leistungsbauelementen mit bleifreien Loten. Eine Voraussetzung hierfür ist die Identifikation aller relevanten Wirkungsgrößen, welche die Qualität und die Lebensdauer der Lotverbindung beeinflussen. Wichtige Einflussgrößen sind Geometrie und Materialeigenschaften der Bauelemente und Substrate. Die Ermüdung der Lotverbindungen tritt bei Belastungen im Betrieb durch Temperatur, Verlustleistung und Vibration auf. Durch diesen mechanischen Stress entstehen Mikrorisse im Lot, die durch die Verbindung fortschreiten und elektrischen Ausfall der Module verursachen können. Aufgrund der Ergebnisse des Vorhabens können Anwender nun ihre Lötprozesse besser steuern, so dass zuverlässigkeitsrelevante Fehler wie etwa Poren in den Lötstellen nahezu vermieden werden. Weiterhin können die Firmen zukünftig bereits im Konstruktionsprozess abschätzen, wie groß Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Leistungsbaugruppen voraussichtlich sein werden.

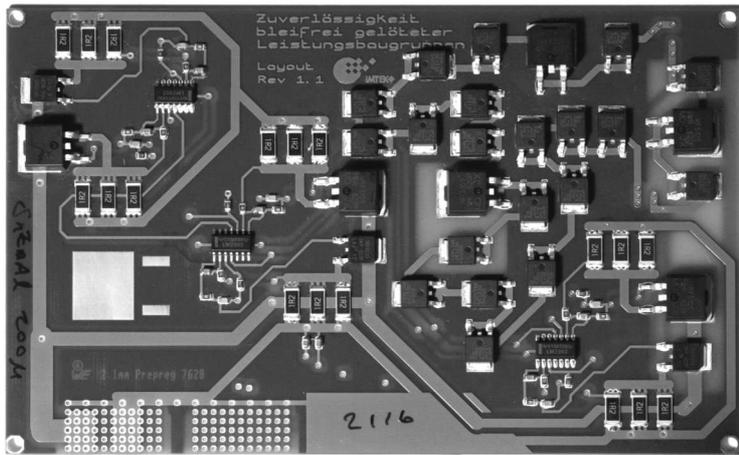
Dazu die Anwenderfirmen aus dem projektbegleitenden Ausschuss:

#### Dipl.-Ing. Helmut Gerstner, Merkur Elektronik GmbH:

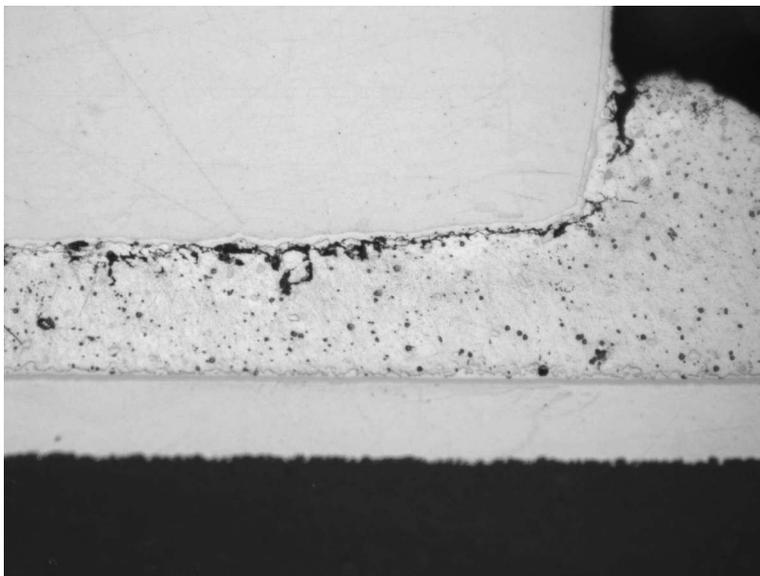
„Wir hatten bereits vor dem AiF-Vorhaben mit eigenen Untersuchungen zum bleifreien Löten begonnen. Als KMU können wir jedoch nicht die gesamte Bandbreite des Bauelementespektrums abdecken. Die Ergebnisse des Vorhabens haben daher unser Know-how wesentlich erweitert und durch wissenschaftliche Untersuchungen untermauert. Von daher können wir als Lohnfertigungsbetrieb unseren Kunden nun einen wesentlich besser abgesicherten Prozess anbieten und damit auch unsere Risiken minimieren.“

#### Dipl.-Ing. Rolf Diehm, Seho Systems GmbH:

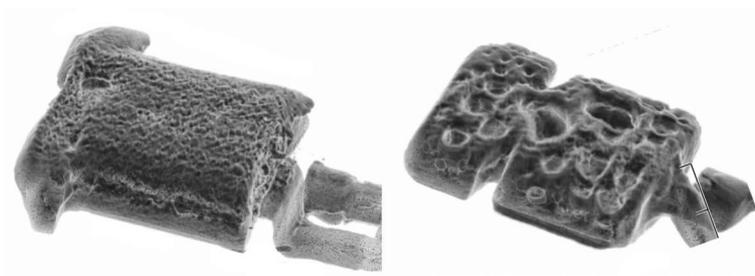
„Als mittelständischer Hersteller von Lötanlagen haben wir uns der Herausforderungen der Umstellung auf bleifreie Lote konsequent gestellt. Als Basis für eine weitere Verbesserung unserer Maschinen- und Prozesstechnik haben wir jedoch großen Bedarf an Erkenntnissen, welchen Einfluss bestimmte Lötstellenmerkmale und Lötfehler auf die Zuverlässigkeit besitzen. In dieser Hinsicht hat uns die Zusammenarbeit mit der Forschungsstelle in dem Vorhaben wichtige wissenschaftliche Ressourcen verfügbar gemacht. Die Erkenntnisse des Vorhabens sind so in die Verbesserung der von uns hergestellten Lötmaschinen eingeflossen.“



**Bild 1** - Baugruppe für Zuverlässigkeitstests und zur Charakterisierung der Lotgefüge.



**Bild 2** - Mikroriss in der Lotverbindung eines DPAK-Gehäuses, bedingt durch mechanischen Stress.



**Bild 3** - Porenbildung in den Lotverbindungen zwei gelöteter DPAK-Gehäuse; porenfreie Verbindung (links), Verbindung mit erhöhter Porenbildung (rechts).

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
15.114 N 10.001	<b>Qualifizierung eines inline Qualitätskontroll-Verfahrens zum Leitleben von SMD-Baugruppen</b> Dr.-Ing. Schäfer, Fraunhofer-Institut, Bremen Prof. Dr. Dr.-Ing. E.h. Reichl, Fraunhofer-Institut, Berlin	01.07.2007	31.03.2009
15.244 B 10.048	<b>Thermosonic-Drahtbonden auf chemisch Silber als Endoberfläche in der COB – Technik</b> Prof. Dr. Dr.-Ing. E.h. Reichl, Fraunhofer-Institut, Berlin Prof. Dr.-Ing. habil. Wolter, Technische Universität Dresden	01.07.2007	30.06.2009
15.441 B 10.050	<b>Realisierung neuer Aufbaukonzepte für die Mechatronik durch kaltgasgespritzte Schichten</b> Prof. Dr.-Ing. Wilde, Universität Freiburg Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, Technische Universität Chemnitz	01.07.2008	30.06.2010
15.442 N 10.051	<b>Steigerung der Durchsatzrate und der Prozesssicherheit bei der Herstellung von Smart-Labels durch eine neuartige Aufbau- und Verbindungstechnik</b> Dr.-Ing. Schäfer, Fraunhofer-Institut, Bremen Prof. Dr.-Ing. Dilger, Technische Universität Braunschweig	01.06.2008	31.05.2010
15.674 N 10.053	<b>Bedeutung der Fügeiteiloberflächen für die Wärmeleitung von Klebverbindungen</b> Dr.-Ing. Schäfer, Fraunhofer-Institut, Bremen	01.06.2008	31.05.2010

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
14.816 N 10.047	<b>Optimierte örtliche und zeitliche Pulsformung beim Laserstrahl-Mikroschweißen von Kupfer-Aluminium-Verbindungen mit metallischen Beschichtungen</b> Dr.-Ing. Schmidt, Bayerisches Laserzentrum, Erlangen
14.819 N 10.042	<b>Beständige, dichte Metall-Kunststoff-Verbindungen an Premolded-Gehäusen der Mikroelektronik</b> Prof. Dr.-Ing. Wilde, Universität Freiburg



[www.dvs-ev.de/fv/FA11](http://www.dvs-ev.de/fv/FA11)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Axel Janssen**

Tel.: 0211 / 1591-117

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [axel.janssen@dvs-hg.de](mailto:axel.janssen@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dr.-Ing. Marco Wacker**  
Jacob Composite GmbH, Wilhelmsdorf

**Stellvertr. Vorsitzender Dipl.-Ing. Jörg Vetter**  
Branson Ultraschall

Niederlassung der EMERSON Technologies GmbH & Co. OWG, Dietzenbach

### Grundsätze der Forschungsplanung

Die Forschungsaktivitäten des Fachausschusses 11 nehmen die Anforderungen aus dem Serienschweißen und aus der Halbzeugbearbeitung gleichermaßen auf. Neben dem Schweißen werden auch das Kleben und das mechanische Fügen von Kunststoffen berücksichtigt. Ziel der Forschung sind die Bereitstellung von Lösungen für die Anwendung und die Vertiefung eines umfassenden Verständnisses der Kunststoff-Fügetechnik.

Der Fachausschuss 11 versteht sich als Ideenpool für die Forschung und Anwendung und pflegt eine offene Kommunikation zwischen Unternehmen und Forschungsinstituten. Die Forschungsarbeiten des FA 11 werden eng mit den Arbeiten der DVS-Arbeitsgruppe W4 „Fügen von Kunststoffen“ und deren Untergruppen gekoppelt. Der FA 11 unterstützt geeignete Maßnahmen zum Transfer der Forschungsergebnisse unter anderem durch Präsentationen von Forschungsinstituten in Industrieunternehmen und auf öffentlichen Fortbildungs- bzw. Technologietransferveranstaltungen. In der einmal jährlich stattfindenden Plenarsitzung der AG W4 wird über den Stand der Forschung aus dem FA 11 berichtet.

### Forschungsfelder

- Werkstofftechnische Betrachtung der Fügeverbindungen im Hinblick auf den Herstellungsprozess der Fügepartner
- Neue maschinentechnische Entwicklungen beim Kunststofffügen
- Simulation von Fügeverfahren und Formteileigenschaften
- Prozessoptimierung bekannter Fügeverfahren sowie Entwicklung von Verfahrensvarianten und -kombinationen
- Entwicklung neuer Fügeverfahren und gezielte Untersuchung noch nicht etablierter Fügeverfahren hinsichtlich eines vertieften Verständnisses der Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehung für einen sicheren Einsatz durch KMU
- Übertragung etablierter Technologien und Entwicklung neuer Verfahrenskonzepte für bisher nicht untersuchte bzw. bisher als ungeeignet eingestufte Werkstoffe
- Optimierung von Werkstoffen mit oder ohne funktionelle Zuschlagsstoffe für die Verarbeitung mit etablierten oder neuen Fügeverfahren
- Miniaturisierung als Anwendungsfeld für das Kunststofffügen
- Prüftechnik und Qualitätssicherung: Entwicklung geeigneter Beurteilungs- und Prüfverfahren – sowohl für Fügeprozesse als auch für Fertigteile – zur Ermittlung relevanter Qualitätsmerkmale
- Erschließung neuer Anwendungsfelder für das industrielle Fügen von Thermoplasten mit dem Ziel, geeignete Ergänzungen oder Alternativen für bestehende Fügeverfahren zu bekommen

**Korrespondierende Gremien**

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG W4 „Fügen von Kunststoffen“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W4](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W4)

**IIW-Gremien (International Institute of Welding)** - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)

Commission XVI „Fügen von Polymeren und Klebtechnologie“

**Forschungsbilanz - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:****Ermittlung verfahrenstechnischer Einsatzpotenziale und -grenzen des Heizelementschweißprozesses unter Berücksichtigung der Zykluszeit und Qualitätsoptimierung**

(AIF-Nr. 13.954 N / DVS-Nr. 11.002 )

Laufzeit: 1. Februar 2005 - 31. Oktober 2007

Prof. Dr.-Ing. H. Potente, Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, Institut für Kunststofftechnik, Lehrstuhl für Kunststofftechnologie, Universität Paderborn

Das Heizelementschweißen ist im Vergleich zu anderen Schweißverfahren durch eine relativ lange Zykluszeit gekennzeichnet, die im Wesentlichen aus einer langen Abkühlzeit resultiert. Eine Verkürzung der Zykluszeit durch die Reduzierung der Abkühlzeit hätte eine Minimierung der Fertigungskosten zur Folge. Bisher existiert in diesem Bereich jedoch lediglich Erfahrungswissen bzw. die Empfehlungen der DVS-Richtlinien. Die Beaufschlagung der Abkühlphase mit einer Zwangskühlung in Form eines Abkühlmediums hätte eine Verkürzung der Abkühlzeit zur Folge. Eine solche Einsparung in der Zykluszeit verringert die Produktionskosten und erhöht so die Wirtschaftlichkeit der Heizelementschweißtechnologie.

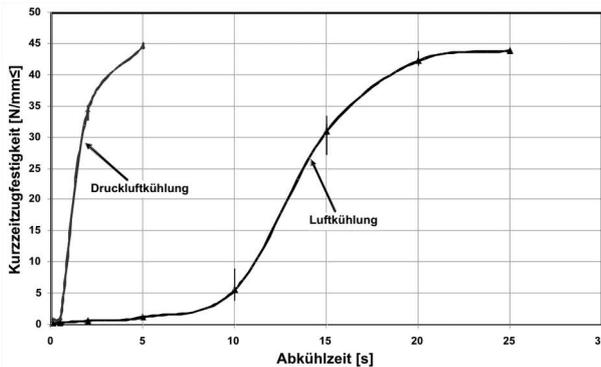
Die Abkühlzeit ist im Allgemeinen abhängig von der Größe der Bauteilschweißung, der Schweißtemperatur, der Abkühlgeschwindigkeit und der Einfriertemperatur des Kunststoffes. Je nach Schmelzevolumen wird im Bereich des Serienschweißens eine Abkühlzeit zwischen 10s und 30s benötigt.

Um das Potential einer Kühlzeitminimierung abschätzen zu können, lag das Ziel dieser Arbeit auf der Ermittlung der Grundlagen zur Verkürzung und Optimierung der Abkühlphase beim Heizelementschweißen unter Nutzung vordefinierter Abkühlbedingungen (Zwangskühlung).

Es wurden Schweißproben aus amorphen und teilkristallinen Materialien untersucht. Während des Schweißzyklus wurden die Materialien in der Abkühlphase einer Zwangskühlung unterzogen. Als Abkühlmedien wurde neben Wasser und Druckluft auch flüssiger Stickstoff verwendet. Die zwangsgekühlten Bauteile wurden anschließend auf einer Kurzzeitzugprüfmaschine zerrissen.

Die Ergebnisse geben Auskunft über die Qualität der Verbindung unter Einfluss der Zwangskühlung. Des Weiteren wurde die Temperatur im Inneren der Fügepartner über alle Schweißphasen hinweg aufgenommen. Der Vergleich der Temperatur mit der aufgenommenen Festigkeit des gefügten Bauteils bei unterschiedlichen Abkühlzeiten und Abkühlmethoden verdeutlicht die Abhängigkeit der Schweißnahtfestigkeit von der zeitgleich vorliegenden Bauteiltemperatur. Unter Zuhilfenahme der Spannungsoptik, Spannungsriss- und Dünnschnittuntersuchung können die Auswirkung der Zwangskühlung auf den Spannungshaushalt der Bauteile analysiert.

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass eine Verkürzung der Abkühlzeit durch den Einsatz einer Zwangskühlung möglich ist. Der Einfluss der Zwangskühlung bewirkt bei den untersuchten Materialien eine Kühlzeitverkürzung gegenüber der Luftkühlung von bis zu 80 % (**Bild 1**).



**Bild 1** - Kurzzeitzugfestigkeit aufgetragen über die Abkühlzeit unter Einfluss der Luft- und Druckluftkühlung für ein Polycarbonat

Die Ergebnisse des gesamten Forschungsvorhabens wurden in der zweisprachigen Fachzeitschrift *Joining Plastics – Fügen von Kunststoffen*, Heft 1/2008, unter dem Titel „Zykluszeit einsparen durch intensive Kühlung beim Heizelementschweißen“ veröffentlicht. Ebenfalls wurden die Ergebnisse auf einer Tagung im Rahmen der Jahresversammlung des Vereins zur Förderung der Kunststofftechnologie e.V. Paderborn vorgestellt sowie auf der 61st Annual Assembly and International Conference of the International Institute of Welding in Graz (Juli 2008) und der WJS/DVS Conference on Joining Plastics in Cambridge (November 2008). Auf Grund der guten Resonanz seitens der Industrie auf allen Veranstaltungen wurde ein auf die Ergebnisse dieses Projektes aufbauender Folgeantrag gestellt, mit dessen Bearbeitung im Frühjahr 2009 begonnen wird.

**Dr. J. Natrop, Bielomatik Leuze GmbH:** „Durch die Ergebnisse des Forschungsprojektes „Zykluszeitoptimierung“ wurde uns aufgezeigt, dass mit relativ einfachen Mitteln die Maschinenzkluszeit reduziert werden kann. In der Großserienfertigung von mehr als 1000 Teilen pro Tag ist eine Reduzierung von wenigen Sekunden pro Zyklus oft ausschlaggebend, welches Maschinenkonzept zur Anwendung kommt. Es kann unter Umständen auf ganze Bearbeitungstationen verzichtet werden aufgrund der verkürzten Zeiten. Dadurch können die Investitionskosten gesenkt werden. Unser Haus wird sicherlich in der Zukunft versuchen, die Erkenntnisse an realen Anwendungen umzusetzen, wenn ein Zykluszeitproblem vorliegt.“

**Dr. J. Schnieders, 3pi Consulting & Management:** „Die grundlegenden Ergebnisse des IGF-Projektes zeigten neue Möglichkeiten und Anregungen zur Optimierung von Heizelementschweißvorgängen und lieferten uns damit eine weitere Basis für beratende Gespräche mit Kunden bezüglich Zykluszeitoptimierung beim HE-Schweißen von Kunststoffprodukten.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
15.111 N 11.014	<b>Untersuchungen zur Restschmelzeschichtdicke als neues Merkmal zur Prozessoptimierung beim Ultraschallschweißen</b> Prof. Dr.-Ing. Michaeli, RWTH Aachen	01.06.2007	31.05.2009
15.293 N 11.015	<b>Hochgeschwindigkeits-Heizelementschweißen: Einfluss der Abzugsgeschwindigkeit und der Oberflächenbeschichtung auf das Anhaftverhalten von Polyamiden und niederviskosen Thermoplasten</b> Prof. Dr.-Ing. Potente, Technische Universität Paderborn	01.08.2007	31.07.2009
15.294 N 11.013	<b>Induktionsschweißen von faserverstärkten Kunststoffen</b> Prof. Dr.-Ing. Mitschang, Institut für Verbundwerkstoffe GmbH, Universität Kaiserslautern	01.08.2007	31.07.2009
15.376 N 11.017	<b>Erhöhung und Bewertung der Wirtschaftlichkeit beim Schweißen von PVC-Fensterprofilen</b> Dr.-Ing. Bastian, Süddeutsches Kunststoffzentrum gGmbH, Würzburg	01.10.2007	30.09.2009
15.561 N 11.018	<b>Selbstoptimierung und Qualitätssicherung auf Basis eines neuen Maschinenkonzeptes beim Heizelementschweißen</b> Prof. Dr.-Ing. Potente, Technische Universität Paderborn	01.08.2008	31.07.2010
15.817 N 11.019	<b>Untersuchungen zur Schweißbarkeit von hochgefüllten holzfaserverstärkten Kunststoffen - Technologie- und Anwendungsentwicklung</b> Dr.-Ing. Bastian, Süddeutsches Kunststoffzentrum gGmbH, Würzburg	01.10.2008	30.09.2010

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
14.569 N 11.008	<b>Untersuchungen zur Schweißeignung von Fluorpolymeren</b> Prof. Dr.-Ing. Michaeli, RWTH Aachen



[www.dvs-ev.de/fv/FAI2](http://www.dvs-ev.de/fv/FAI2)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Marcus Kubanek**

Tel.: 0211 / 1591-120

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [marcus.kubanek@dvs-hg.de](mailto:marcus.kubanek@dvs-hg.de)

**Vorsitzender Dr.-Ing. Markus Klingler**

Robert Bosch GmbH, Stuttgart

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Sven Roeren**

F.X. Meiller GmbH & Co. KG

Fahrzeug- und Maschinenfabrik, München

### Grundsätze der Forschungsplanung

Der Gemeinschaftsausschusses „Anwendungsnaher Schweißsimulation“ entstand am 15. März 2006 auf Initiative der Forschungsvereinigung des DVS und der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. – FOSTA in Abstimmung mit den AiF-Mitgliedsvereinigungen GFaI und FAT. Der Gründung war eine vom DVS beim Institut für Füge- und Schweißtechnik an der TU Braunschweig in Auftrag gegebene Studie vorausgegangen, in der der aktuelle Stand der Fügeprozesssimulation festgestellt und daraus resultierender Forschungsbedarf identifiziert wurde. Dieser Bedarf bezieht sich auf die Themen Verifizierung, Software und Werkstoffkennwerte/Materialmodelle.

Der FA I2 erfüllt eine Mehrfachfunktion sowohl als Gemeinschaftsausschuss zwischen mehreren Forschungsvereinigungen, als Fachausschuss der Forschungsvereinigung als auch als Arbeitsgruppe des Ausschusses für Technik des DVS. Neben der Stellung von Forschungsanträgen in der industriellen Gemeinschaftsforschung wird sich das Gremium auch mit Fragen zur Normungsarbeit und der Erstellung von DVS-Richtlinien und Merkblättern befassen. Aspekte der Ausbildung werden zukünftig ebenfalls bearbeitet.

### Funktion

- Gemeinschaftsgremium mehrerer AiF-Mitgliedsvereinigungen zur Bündelung von Kompetenzen und Aktivitäten



### Mitglieder

- Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS
- Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA)
- GFaI - Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V.
- FAT - Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V



### Forschungsfelder

Der Fachausschuss widmet sein Tätigkeitsfeld den Fragen zur Simulation von Verzug und Eigenspannung. Folgende Forschungsthemen werden hierbei erfasst: Schweißbedingter Eigenverzug, Schweißbedingte Eigenspannungen und Eigenschaften von Schweißnähten. Die Aufgabenbereiche sind: Spanntechnik, Werkstoffkennwerte, Sensivität der Einflussgrößen, Einfluss vorgelagerter Prozesse, Optimierung von Verzug und Eigenspannungen, Methodik zur Simulation großer Baugruppen sowie die Anforderungen an die Bedienbarkeit.

**Korrespondierende Gremien**

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG Q1 „Konstruktion und Berechnung“ - [www.dvs-aft.de/AFT/Q/Q1](http://www.dvs-aft.de/AFT/Q/Q1)

In der Forschungsvereinigung des DVS

- Fachausschuss 9 „Konstruktion und Berechnung“

**IIW-Gremien (International Institute of Welding) - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)**

- Commission X „Strukturverhalten von Schweißverbindungen – Versagensvermeidung“
- Commission XIII „Schwingfestigkeitsverhalten geschweißter Bauteile“
- Commission XV „Grundlagen der Konstruktion, Berechnung und Fertigung von Schweißkonstruktionen“

**Durchlaufende Forschungsprojekte 2008 im FA I 2****Durchlaufende Forschungsvorhaben**

<b>IGF-Nr. DVS-Nr.</b>	<b>Titel / Institutsleiter</b>	<b>Start</b>	<b>Ende</b>
15.274 N I2.000	<b>Effiziente numerische Schweißsimulation großer Strukturen</b> Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, Fraunhofer Institut, Darmstadt	01.07.2007	31.12.2009
15.275 N I2.201	<b>Simulationsgestützte bauteilbezogene Analyse industriell relevanter Einspannsituationen beim Schweißen</b> Prof. Dr.-Ing. Zäh, Technische Universität Garching	01.07.2008	30.06.2010
15.709 B I2.002	<b>Verzugs- und Eigenspannungssimulation von Al-Stahl-Mischverbindungen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov, Brandenburgische Technische Universität, Cottbus	01.07.200	30.06.2010



[www.dvs-ev.de/fv/FAQ6](http://www.dvs-ev.de/fv/FAQ6)

Geschäftsstelle des DVS, Düsseldorf

**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck**

Tel.: 0211 / 1591-173

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [jens.jerzembeck@dvs-hg.de](mailto:jens.jerzembeck@dvs-hg.de)

**Vorsitzender / Obmann Dr.-Ing. habil. Emil Schubert,**  
Alexander Binzel Schweißtechnik GmbH & Co. KG, Buseck

**Stellvertr. Vorsitzender / Obmann Jürgen Gleim**  
3M Deutschland GmbH, Kleinostheim

## Grundsätze der Forschungsplanung

Das ständig wachsende Sicherheitsbewusstsein, die permanenten Bestrebungen des Staates und der Sozialpartner zur Verbesserung der Arbeitswelt und das Bemühen der Betriebe ihre Arbeitnehmer bestmöglich zu schützen, führen auch in der Fügetechnik zu verstärkten Anstrengungen auf allen Gebieten des Arbeitsschutzes.

Der DVS bündelt seine Aktivitäten auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes in der Arbeitsgruppe Q6, die mit Fachleuten aus den verschiedenen Bereichen von Industrie, Instituten, Berufsgenossenschaften und staatlicher Seite besetzt ist. Die Arbeitsgruppe diskutiert ausführlich aktuelle Entwicklungen und Aktivitäten auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes. Dabei stehen neben der nationalen und internationalen Gremienarbeit unter anderem auch die aktuelle Gesetzgebung, Normung sowie technische Regelwerke im Aktivitätsbereich der Arbeitsgruppe.

Die aktuelle Diskussion zur Festlegung einer TRGS „Schweißtechnische Arbeiten“ wird von der AG Q6 sehr eng begleitet. Nach Festlegung im Forschungsrat ist es der AG Q6 seit dem Jahr 2003 möglich, auch konkrete Forschungsvorhaben zu planen und über Forschungsanträge zu den Themen "Arbeitssicherheit und Umweltschutz" zu entscheiden.

## Forschungsfelder

Grundsätzlich können alle Themen der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes behandelt werden, wobei zukünftig energiearme Verfahren im Fokus der Forschungsaktivitäten stehen sollen. Die Entwicklung von Schweißverfahren zeigt, dass der Trend hin zu hochfesten und zu dünnen Blechen mit dünneren Zusatzwerkstoffen geht. Dieser Entwicklung soll auch hinsichtlich zukünftiger Forschungsvorhaben nachgekommen werden. Die Philosophie für zukünftige Forschungsvorhaben in der AG Q6 ist es, u.a. Forschungsthemen zu Verfahren zu unterstützen, durch die möglichst wenig Energie in den Prozess eingebracht wird und daraus geringe Emissionen resultieren.

**IIW-Gremien (International Institute of Welding) - [www.iiw-iis.org](http://www.iiw-iis.org)**

Commission XIII „Arbeits- und Gesundheitsschutz“

### Forschungsbilanz - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Bereitstellung eines praxisbezogenen „analyserichtigen“ Probenahmeverfahrens zur Messung der Schweißrauchkonzentration im Atembereich der Schweißer

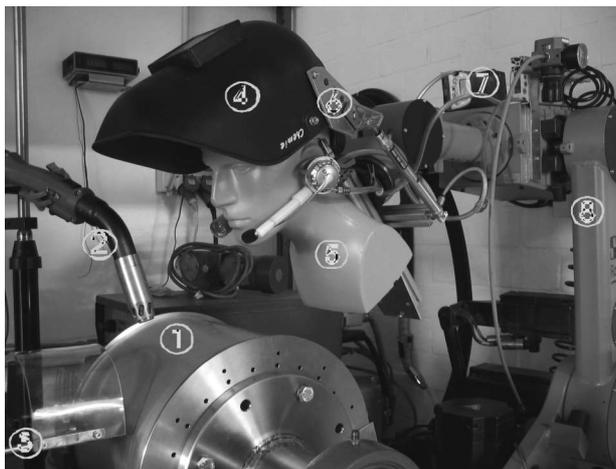
(IGF-Nr. 14.431 N, DVS-Nr. Q6.003)

Laufzeit: 1. Juni 2005 - 31. Mai 2007

Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF), RWTH Aachen

Bei der Betrachtung der Entwicklung der industriellen Schweiß- und Lötprozesse fällt auf, dass aufgrund der kontinuierlichen Produktivitätssteigerung auch die quantitative Schadstoffemission nahezu proportional ansteigt. Die Folge ist eine wachsende Schadstoffbelastung für die ausführenden Schweißer. Um gesundheitliche Schädigungen zu vermeiden und damit auch die Arbeitskraft des Schweißers zu erhalten, ist es dringend notwendig, dessen Schadstoffbelastung zu begrenzen. Die Akzeptanz von Probenahmeeinrichtungen im Atembereich von Schweißern wird seit längerer Zeit diskutiert. Bei den bisher angewendeten Probenahmesystemen wird nicht im Atembereich des Schweißers (hinter dem Schweißerhelm/-schirm) die Schadstoffmenge ermittelt, sondern in Kehlkopfnahe, so dass die tatsächlich vom Schweißer eingeatmete Schadstoffmenge nicht korrekt ermittelt werden kann.

Ziel dieses Projektes war die Bereitstellung eines praxisbezogenen „analyserichtigen“ Probenahmeverfahrens zur Messung der Schweißrauchkonzentration im Atembereich der Schweißer. Dazu wurde ein Simulationsprüfstand (**Bild 1**) zur kontinuierlichen Schadstoffemission aufgebaut. Dieser Prüfstand kann nicht nur gleichbleibende Schadstoffmengen über einen längeren Zeitraum bereitstellen, sondern auch über einen Roboter einen Probanden (Dummy) schweißtechnisch typische Bewegungen (Hochklappen des Helmes, Bewegungen aus der thermischen Säule heraus) ausführen lassen. Darüber hinaus wurde ein neues Konzept für einen Probenahmefilter entwickelt. Augenmerk lag hierbei auf der Positionsmöglichkeit des Filters hinter dem Schweißerhelm im direkten Atembereich des Schweißers (**Bild 2**).



**Bild 1** - Simulationsprüfstand mit 1-Werkstückrolle, 2-Schweißbrenner, 3-Fräskopf, 4-Schweißerhelm, 5-Dummy, 6-Klappmechanismus für den Helm, 7-Messgeräte, 8-Roboter



**Bild 2** - verbesserte Konstruktion mit Ohren-Nackelpolsterungen und angebautem IOM-Filterkopf

Mit dem Simulationsprüfstand wurden vergleichende Messungen sowohl mit dem neu entwickelten Probenahmesystem als auch mit dem BGIA-System durchgeführt. Das neue System lieferte gesicherte Messergebnisse. Es konnte gezeigt werden, dass mit ihm grundsätzlich geringere Schadstoffmengen ermittelt wurden als mit dem BGIA-System. Da das BGIA-System aufgrund seiner Filtergröße meist nicht hinter dem Schirm sondern nur im Kehlkopfbereich positioniert werden kann, werden andere Schadstoffmengen gemessen

als hinter dem Schirm, da ein Teil der Schadstoffe am Schirm abprallen und nicht in den Atembereich des Schweißers gelangen. Auch hatte die Positionierung des Filters hinter dem Schutzschirm großen Einfluss. Die höchsten Konzentrationen wurden an den Mundwinkeln ermittelt. Des Weiteren konnte eine direkte Abhängigkeit vom Bewegungsablauf des Probanden und der Schadstoffmenge festgestellt werden. Bei geringerem Aufenthalt in der thermischen Säule war die Schadstoffbelastung ebenfalls geringer. Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

**Dr. Emil Schubert, Abicor Alexander Binzel Schweißtechnik GmbH & Co. KG, Buseck:** „Die Ergebnisse dieses Projektes zeigen die außerordentliche Wichtigkeit der korrekten Ermittlung der vom Schweißer aufgenommenen Schadstoffmenge. Das neue System kann in fast jeden Schweißerhelm problemlos integriert werden, was die Akzeptanz zum Tragen solcher Systeme bei den Schweißern erhöht. Aufgrund der Ergebnisse muss weiterer Forschungsbedarf abgeleitet werden. Vor allem muss geklärt werden, wie sehr die Schweißrauche und -stäube den menschlichen Organismus belasten bzw. schädigen. Eine industrielle Umsetzung der Ergebnisse ist möglich, da Anwender nun die Möglichkeit haben, in einfacher Art und Weise die Belastungen ihrer Schweißer zu messen und die Wirksamkeit von getroffenen Maßnahmen wie z.B. der Verwendung von Brenner-integrierten Absaugungen oder des Einsatzes von Untertischabsaugungen gleich selbst prüfen zu können.“

## Durchlaufende/abgeschlossene Forschungsprojekte 2008 im FA Q6

### Durchlaufende Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
15.594 N Q6.007	<b>Entwicklung von technischen Konzepten zur Anlagensicherheit in Zusammenhang mit neuen, hochenergetischen Laserstrahlquellen</b> Prof. Dr.-Ing. Zäh, iw, Technische Universität München	01.07.2008	30.06.2010
15.775 N Q6.008	<b>Messtechnische Bestimmung von Emissionsdaten zur Durchführung einer Emissionsbewertung und Ermittlung umweltbezogener Kosten beim Laserstrahlfügen metallischer Werkstoffe</b> Prof. Dr.-Ing. Haferkamp, Laserzentrum Hannover	01.09.2008	28.02.2010

### Abgeschlossene Forschungsvorhaben

IGF-Nr. DVS-Nr.	Titel / Institutsleiter
00.213 Z Q6.005	<b>Schweißerschutzkleidung mit verbessertem Tragekomfort und erhöhter Schutzwirkung</b> Dr. Mecheels, Bekleidungsphysiologisches Institut Hohenstein e.V., Bönnigheim Dr.-Ing. Keitel, SLV Duisburg

## *Dokumentation* Mitglieder der Forschungsvereinigung



*Übersicht 1*      **Unternehmen**

*Übersicht 2*      **Körperschaften**

*Übersicht 3*      **Forschungsinstitute und  
Institutsleiter**

# Übersicht 1 Unternehmen

3 Pi Consulting & Management GmbH, Paderborn  
3M Deutschland GmbH, Neuss/Kleinstheim

ABB Calor Emag Mittelspannung GmbH, Ratingen  
Adam Opel GmbH, Rüsselsheim  
AEG SVS Schweisstechnik GmbH, Mülheim  
AG der Dillinger Hüttenwerke, Dillingen/Saar  
Air Liquide Deutschland GmbH, Leipzig/Krefeld  
Air Products GmbH, Hattingen  
Airbus Deutschland GmbH, Buxtehude  
Alcan Technology & Management AG, Neuhausen (CH)  
Aleris Aluminum Bonn GmbH, Bonn  
Aleris Aluminum Koblenz GmbH, Koblenz  
Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG, Buseck  
Alfred Bolz GmbH, Wangen  
Alia Technik GmbH, Achim  
ALSTOM Le Creusot, Le Creusot (F)  
ALSTOM LHB GmbH, Salzgitter  
ALSTOM Power (Switzerland) Ltd, Baden (CH)  
Aluminium-Technologie-Service, Meckenheim  
AMI DODUCO GmbH, Pforzheim  
ARC Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, Ranshofen (A)  
AREVA NP GmbH, Erlangen  
ARKEMA, Inc., Wetmore (USA)  
AUDI AG, Ingolstadt/ Neckarsulm  
August Rüggeberg GmbH & Co. KG PFERD-Werkzeuge, Marienheide

BALVER ZINN KG Josef Jost GmbH & Co.KG, Balve  
BASF SE, Ludwigshafen  
BBW Lasertechnik GmbH, Prutting  
Behr GmbH & Co. KG, Stuttgart  
Benteler Automobiltechnik GmbH, Paderborn/Warburg  
Bergmann & Steffen Sondermaschinenbau, Spenge  
Bergrohr GmbH Siegen, Siegen  
Berkenhoff GmbH, Heuchelheim  
BHR Hochdruck-Rohrleitungsbau GmbH, Essen  
Bielomatik Leuze GmbH & Co., Neuffen  
BLAUPUNKT GmbH, Hildesheim  
Blohm + Voss GmbH, Hamburg  
BMW Group, München  
Böhler Schweisstechnik Deutschland GmbH, Düsseldorf/Hamm  
Böllhoff Systemtechnik GmbH & Co. KG, Bielefeld  
Bombardier Transportation GmbH, Netphen  
Bosch Rexroth Electric Drives and Controls GmbH, Erbach  
Branson Ultraschall Niederlassung der Emerson Technologies GmbH & Co., Dietzenbach  
Buhlmann Rohr-Fittings-Stahlhandel GmbH & Co. KG, Burghausen

CADFEM GmbH, Hannover  
Carl Cloos Schweißtechnik GmbH, Haiger  
Castolin GmbH, Kriftel  
CIF GmbH, Grünstadt  
Coatec Gesellschaft für Oberflächenveredelung GmbH, Schlüchtern  
Coating Center Castrop GmbH, Castrop-Rauxel  
Continental Automotive GmbH, Regensburg  
CORODUR Verschleiß-Schutz GmbH, Thale

Daimler AG, Bremen/Sindelfingen/Stuttgart/ Untertürkheim  
Daimler AG Forschungszentrum Ulm, Ulm  
Danfoss Silicon Power GmbH, Schleswig  
Deloro Stellite GmbH, Koblenz  
Deutsche Bahn AG, Minden  
Dinse GmbH, Hamburg  
Dortmunder Oberflächen Centrum GmbH, Dortmund  
Drahtwerk Elisental W. Erdmann GmbH & Co., Neuenrade  
Drahtzug Stein wire & welding GmbH & Co. KG, Altleinigen-Drahtzug  
DURUM Verschleiß-Schutz GmbH, Willich

EADS Deutschland GmbH, München  
Eisenbau Krämer mbH, Kreuztal-Kredenbach  
EJOT GmbH & Co. KG, Obermichelbach-Rothenberg  
ELH Eisenbahnlaufwerke Halle GmbH & Co. KG, Halle  
ELMATECH AG, Morsbach  
Emcon Technologies, Augsburg  
Endress & Hauser GmbH & Co. KG, Teltow  
ERSA GmbH, Wertheim  
ESI Engineering System International GmbH, München  
Euro - Composites S.A., Echternach (L)  
EUROMAT GmbH, Heinsberg  
EUTECH, Dußlingen  
EWM HIGHTEC WELDING GmbH, Mündersbach

F. X. Meiller Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH & Co. KG, München  
Feinmechanische Werke Halle GmbH, Halle  
Festo AG & Co. KG, Esslingen  
Flensburger Schiffbaugesellschaft mbH & Co. KG, Flensburg  
Fontargen GmbH, Eisenberg  
Ford Forschungszentrum Aachen GmbH, Aachen  
Ford-Werke GmbH, Köln  
Frank GmbH, Mörfelden-Walldorf  
FRONIUS Deutschland GmbH, Neuhof-Dorfborn  
FRONIUS International GmbH, Wels-Thalheim (A)

GE Sensing & Inspection Technologies GmbH, Hürth  
GEA Tuchenhausen GmbH, Büchen  
GEA Westfalia Separator Production GmbH, Oelde  
Gebr. Quast GmbH & Co. KG, Inden  
GFE Fremat GmbH, Freiberg  
Gottwald Port Technologie GmbH, Düsseldorf  
Grillo-Werke AG, Goslar  
GTV Verschleiss-Schutz GmbH, Luckenbach  
Gulich Technologies AG, Lichtenfels-Sachsenberg

H. A. Schlatter AG, Schlieren (CH)  
H.C. Starck GmbH, Laufenburg  
Fa. Hans van't Hoen, Wirges  
Harms & Wende GmbH & Co. KG, Hamburg  
Hella Leuchtensysteme GmbH, Paderborn  
Hengst GmbH & Co. KG, Münster  
Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf  
Henkel Teroson GmbH, Heidelberg  
Henze GmbH Kunststoffwerke, Troisdorf

Hermann Fliess & Co. GmbH, Duisburg  
Hessel Ingenieurtechnik GmbH, Roetgen  
Hilti Cooperation Liechtenstein, Schaan (LI)  
HKS-Prozeßtechnik GmbH, Halle  
Howaldtswerke - Deutsche Werft GmbH, Kiel  
Hydro Aluminium Deutschland GmbH, Bonn /Grevenbroich

IBL-Löttechnik GmbH, Königsbrunn  
IDEAL-Werk C.&E. Jungeblodt GmbH & Co. KG, Lippstadt  
IFF Engineering & Consulting GmbH, Leipzig  
IFF GmbH, Ismaning  
IMAWIS Maritime Wirtschafts- und Schiffbauforschung GmbH, Wismar  
Infracor GmbH, Marl  
Ingenieurbüro Dr. Knödel, Ettlingen  
Ingenieurbüro Franz, Sindelfingen-Maichingen  
Ingenieurbüro für Lasertechnik und Verschleißschutz (ILV), Schwalbach  
Ingenieurbüro für Werkstofftechnik (IWT), Aachen  
Ingenieurbüro Tobias Loose GbR, Karlsruhe  
Ingenieurgemeinschaft Kuhlmann-Gerold- Kraus-Eisele, Ostfildern  
Innobraze GmbH für Löt- und Verschleißtechnik, Esslingen  
InnoJoin GmbH & Co. KG, Bremen  
INPRO - Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH, Berlin  
IPG Laser GmbH IPG Photonics Corp., Burbach



Jacob Composite GmbH, Wilhelmsdorf  
JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH, Jena  
Josch Strahlschweißtechnik GmbH, Teicha  
JRW technology & engineering GmbH, Mainz

Kemppi GmbH, Butzbach  
Kjellberg Plasma & Maschinen GmbH, Finsterwalde  
Klaus Raiser GmbH, Eberdingen  
KS Kolbenschmidt GmbH, Neckarsulm  
KSM Castings GmbH Kloth-Senkung Metallgießerei, Hildesheim  
KUKA Systems GmbH, Augsburg  
KVT Kurlbaum GmbH, Osterholz-Scharmbeck

LANXESS Deutschland GmbH, Dormagen  
LASAG AG, Thun (CH)  
LASER on demand GmbH, Burgwedel  
Liebherr Elektronik GmbH, Lindau  
Linde AG, Hamburg /Unterschleißheim  
LKT Klebtechnik GmbH, Aachen  
Lorch Schweißtechnik GmbH, Auenwald  
Lorenz GmbH & Co. KG, Landshut  
Lyondell Basell Industries, Frankfurt

Matuschek Messtechnik GmbH, Alsdorf  
MEDICOAT AG, Mägenwil (CH)  
Megatronic Schweißmaschinenbau GmbH, Neusäß  
Merkle & Partner GbR, Heidenheim  
Merkle Schweißanlagen Technik GmbH, Kötz  
Messer Group GmbH, Krefeld  
Micro-Hybrid Electronic GmbH, Hermsdorf  
microTEC Gesellschaft für Mikrotechnologie mbH, Bad Dürkheim

Miele & Cie. KG, Gütersloh  
MIG WELD GmbH Deutschland, Landau a.d. Isar  
Minimax GmbH & Co.KG, Bad Oldesloe  
Mobil Laser Tec GmbH, Wolfsburg  
Modine Europe GmbH, Filderstadt  
MT Aerospace AG, Augsburg  
MTU Aero Engines GmbH, München  
My Optical Systems GmbH, Giebelstadt

NDT Applications and Sensoric intelligenteNTD Systems & Services GmbH & Co. KG, Erlangen  
Neue Materialien Bayreuth GmbH, Bayreuth  
Nutech GmbH Institut für Lasertechnik, Neumünster

OBZ Dresel & Grasmann GmbH, Bad Krozingen  
Oerlikon Schweißtechnik GmbH, Eisenberg  
OKAMEX Ingenieurbüro, Stuttgart  
Otto Fuchs KG, Meinerzhagen

Pallas GmbH & Co. KG, Würselen  
Panacol-Elosol GmbH, Oberursel  
Plasticon Germany GmbH, Dinslaken  
PM Engineering, Leimen  
PMT Präventions-Management-Team, Reutlingen  
Polysius AG, Beckum  
Praxair Deutschland GmbH & Co. KG, Düsseldorf  
Precitec Optronik GmbH, Rodgau  
Primes GmbH, Pfungstadt  
pro-beam AG & Co. KGaA, Planegg  
PTR Präzisionstechnik GmbH, Maintal  
Putzier Oberflächentechnik GmbH, Leichlingen  
PVA Löt- und Werkstofftechnik GmbH, Wettenberg

Rampf-Formen GmbH, Allmendingen  
REpower Systems AG, Rendsburg  
RIFTEC GmbH, Geesthacht  
Robert Bosch GmbH, Bamberg/Schwieberdingen/ Waiblingen

RWE Power AG, Frechen /Köln  
RWP GmbH, Roetgen

Saint-Gobain Coating Solutions, Bonn  
Salzgitter Magnesium Technologie GmbH, Salzgitter  
Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg/Salzgitter  
SAXOBRAZE GmbH, Chemnitz  
Schmitz Cargobull AG, Altenberge  
Schunk Sonosystems GmbH, Wetzlar  
SCOUT Dr. Barthel Sensorsysteme GmbH, München  
SGT Ilmenau, Suhl  
Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Neustadt-Ferndal  
Siemens AG, Berlin/Duisburg/Krefeld  
Siemens Transportation Systems GmbH & Co. KG, Graz (A)  
Sika Services AG, Zürich (CH)  
SIMONA AG, Kirn  
SKT-Kunststoffsweißtechnik Pipeline-Equipment, Limburg  
SMS Demag Aktiengesellschaft, Düsseldorf/ Hilchenbach  
SOUTEC Soudronic AG, Neftenbach (CH)

Stadler Altenrhein AG, Altenrhein (CH)  
Stannol GmbH, Wuppertal  
Steigerwald Strahltechnik GmbH, Maisach  
Sulzer Markets and Technology Ltd., Winterthur (CH)  
Sulzer Metco AG, Wohlen (CH)  
Sulzer Metco Coatings GmbH, Salzgitter  
Sulzer Metco Europe GmbH, Hattersheim  
Sulzer Metco OSU GmbH, Duisburg  
Sulzer Metco WOKA GmbH, Barchfeld

TAKATA-Petri AG, Aschaffenburg  
Tbi Industries GmbH, Fernwald  
Technologieberatung Dr.-Ing. Wahl GmbH, Stuttgart  
TELSONIC AG, Bronschhofen (CH)  
TeroLab Surface GmbH, Langenfeld  
Thermacut, Buseck  
ThyssenKrupp Metallurgie GmbH, Essen  
ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld  
ThyssenKrupp Steel AG, Dortmund/Duisburg  
ThyssenKrupp VDM, Altena  
TIM Schweisstechnik GmbH, Burgwedel  
Trainalytics GmbH, Lippstadt  
Trumpf Laser Vertriebsbüro, Hemer  
Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG, Ditzingen  
Umicore AG & Co. KG, Hanau

V & M Deutschland GmbH Vallourec & Mannesmann Tubes, Düsseldorf  
VACUHEAT GmbH Wärmebehandlung - Hochtemperaturlöten, Limbach-Oberfrohna  
Vacuumschmelze GmbH & Co. KG, Hanau  
Vantico AG, Basel (CH)  
Vautid GmbH, Ostfildern  
voestalpine Stahl GmbH, Linz (A)  
Volkswagen AG, Wolfsburg

W. C. Heraeus GmbH, Hanau  
Wadan Yards MTW GmbH, Wismar  
Wadan Yards Warnow GmbH, Rostock  
Weld Consult GmbH, Essen  
Welding Alloys Deutschland Schweißlegierungs GmbH, Wachtendonk  
WELTRON Steuerungs- und Schweißanlagenbau GmbH, Burbach  
Westfalen AG, Münster  
Wilhelm Böllhoff GmbH & Co. KG, Bielefeld  
Witzenmann GmbH, Pforzheim  
Wolf & Partner GmbH, Berlin

Zwick GmbH & Co. KG, Ulm

## Übersicht 2 Körperschaften

Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin  
Universitätsklinikum Aachen  
AACHEN

RWTH Aachen  
Lehr- u. Forschungsgebiet für nichtlineare  
Dynamik der Laser- und Fertigungsverfahren  
AACHEN

Schweißtechnische Lehranstalt  
Magdeburg GmbH  
BARLEBEN

Deutsches Institut für Normung e. V.  
Normenausschuss Kunststoffe (FNK)  
BERLIN

Gesamtverband der Deutschen  
Versicherungswirtschaft e.V.-GDV  
BERLIN

GFaI  
BERLIN

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH  
Herrn Dr. Randolph Schliesser  
BERLIN

Gesellschaft zur Förderung  
angewandter Informatik e.V.  
BERLIN-ADLERSHOF

Arbeitsmedizinisch- u. Sicherheitstechnisches  
Zentrum Bocholt/Rhede e. V.  
BOCHOLT

Fachhochschule Bochum  
Fachbereich Mechatronik und Maschinenbau  
BOCHUM

KRV - Kunststoffrohrverband e.V.  
BONN

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Bauwerkserhaltung und Tragwerk  
BRAUNSCHWEIG

AG Numerik partieller Differentialgleichungen  
Zentrum für Technomathematik  
Universität Bremen  
BREMEN

Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd  
Präventionsdienst Bremen  
BREMEN

IWT Stiftung Institut für Werkstofftechnik  
BREMEN

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik  
CHEMNITZ

Institut für Materialprüfung und Werkstofftechnik  
Dr. Dölling und Dr. Neubert GmbH  
CLAUSTHAL-ZELLERFELD

Brandenburgische Technische Universität  
Lehrstuhl Fügetechnik  
COTTBUS

Technische Universität Darmstadt  
Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik  
DARMSTADT

Technische Universität Darmstadt  
DARMSTADT

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik  
DENKENDORF

Technische Universität Dortmund  
Fachbereich Chemietechnik  
DORTMUND

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
Umformtechnik IWU  
DRESDEN

Institut für Holztechnologie Dresden gGmbH  
DRESDEN

Technische Universität Dresden  
Institut Textil- und Bekleidungstechnik  
DRESDEN

Technische Universität Dresden  
DRESDEN

Technische Universität Dresden  
DRESDEN

Berufsgenossenschaft des  
Maschinen- und Metallbaus  
DÜSSELDORF

Bundesverband der Deutschen  
Gießerei-Industrie (BDG)  
DÜSSELDORF

Deutscher Stahlbau-Verband (DSTV)  
DÜSSELDORF

Deutsches Kupferinstitut Berufsverband e.V.  
DÜSSELDORF

Fachhochschule Düsseldorf  
DÜSSELDORF

Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V.  
FOSTA  
DÜSSELDORF

Gesamtverband der Deutscher Aluminium-  
industrie e.V. (GDA)  
DÜSSELDORF

Institut für angewandte Forschung GmbH  
des VDEh  
DÜSSELDORF

VDI Verein Deutscher Ingenieure  
DÜSSELDORF

Forschungskuratorium Textil e.V.  
ESCHBORN

Hochschule Esslingen  
ESSLINGEN

Forschungsvereinigung Elektrotechnik  
beim ZVEI e.V.  
FRANKFURT/MAIN

DECHEMA Gesellschaft für Chemische  
Technik und Biotechnologie e.V.  
FRANKFURT/MAIN

Forschungsvereinigung Automobiltechnik  
FRANKFURT/MAIN

Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik  
Ernst-Mach-Institut  
FREIBURG

Entwicklungszentrum Röntgentechnik,  
eine gemeinsame Abteilung der Fraunhofer Institute  
IZFP Saarbrücken und IIS-A Erlangen  
FÜRTH

Fachhochschule Gelsenkirchen  
GELSENKIRCHEN

Leibniz-Institut für Plasmaforschung  
und Technologie e.V.  
INP Greifswald  
GREIFSWALD

Landesamt für Verbraucherschutz  
Gewerbeaufsicht Süd  
HALLE

CMT - Center of Maritime Technologies e. V.  
HAMBURG

Institut für Werkstoffkunde und  
Schweißtechnik Service GmbH  
HAMBURG

Technische Universität-Hamburg-Harburg  
Institut für Konstruktion und Festigkeit von Schiffen  
HAMBURG

Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd  
HANNOVER

Europäische Forschungsgesellschaft  
für Blechverarbeitung e. V.  
HANNOVER

Fachhochschule Hannover  
Lehrgebiet Simulationsverfahren im Maschinenbau  
HANNOVER

TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG  
HANNOVER

Hermisdorfer Institut für  
Technische Keramik e.V.  
HERMSDORF

Technische Universität  
Fachbereich Maschinenbau  
ILMENAU

Friedrich-Schiller-Universität  
Institut für Organische Chemie und  
Makromolekulare Chemie  
JENA

Forschungszentrum Jülich GmbH  
JÜLICH

Technische Universität Kaiserslautern  
Fachgebiet Fügetechnik  
KAISERSLAUTERN

Technische Universität Karlsruhe  
Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine  
KARLSRUHE

Institut für Mechatronik  
Fachhochschule Kiel  
KIEL

Berufsgenossenschaft  
Elektro - Textil - Feinmechanik  
KÖLN

Deutsche Keramische Gesellschaft e.V.  
KÖLN

IGV Industriegaseverband e.V.  
KÖLN

KUZ - Kunststoff-Zentrum  
in Leipzig gGmbH  
LEIPZIG

Schweißtechnische Lehr- und  
Versuchsanstalt Mannheim GmbH  
MANNHEIM

Fachhochschule Südwestfalen-Meschede  
MESCHÉDE

Hochschule Mittweida  
MITTWEIDA

Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V.  
MÜNCHEN

Hochschule München  
MÜNCHEN

Papiertechnische Stiftung (PTS)  
MÜNCHEN

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre  
Unternehmensführung, Logistik und Produktion  
MÜNCHEN

Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd  
NÜRNBERG

Fraunhofer-IZM  
Zentrum für Verbindungstechnik (ZVE)  
OBERPFAFFENHOFEN

Universität Paderborn  
Lehrstuhl für Technische Mechanik  
PADERBORN

Schweißtechnische Lehr- und  
Versuchsanstalt SLV Saarbrücken  
Niederlassung der GSI mbH  
SAARBRÜCKEN

Universität des Saarlandes  
SAARBRÜCKEN

Institut für Arbeitsschutz - BGIA  
SANKT AUGUSTIN

Fachhochschule Lausitz  
Senftenberg und Cottbus  
SENFTENBERG

Universität Stuttgart  
STUTTGART

Universität Stuttgart  
Institut für Konstruktion und Entwurf  
STUTTGART

Technologie Centrum Kleben  
TC-Kleben GmbH  
ÜBACH-PALENBERG

Hahn-Schickard-Gesellschaft  
Institut für Mikro- und  
Informationstechnik  
VILLINGEN-SCHWENNINGEN

Bauhaus-Universität Weimar  
Professur Stahlbau/Prof. Werner  
WEIMAR

Österreichisches Forschungsinstitut für  
Chemie und Technik  
WIEN (ÖSTERREICH)

Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven  
Institut für Konstruktions- und Produktionstechnik  
IKP  
WILHELMSHAVEN

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Werkstoffkunde  
Bereich FORTIS  
WITTEN

Bergische Universität Wuppertal  
WUPPERTAL

## Übersicht 3 Forschungsinstitute und Institutsleiter

### Institut

#### Aachen

Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen  
Institut für Eisenhüttenkunde

Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen  
Lehrstuhl für Oberflächentechnik im Maschinenbau

Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen  
Institut und Poliklinik für Arbeitsmedizin

Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk an  
der Rheinisch Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

Fraunhofer Institut für Lasertechnik

Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen  
Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik

#### Berlin

Technische Universität Berlin - Lehrstuhl für  
Kontinuumsmechanik und Materialtheorie

SLV Berlin-Brandenburg  
Niederlassung der GSI mbH

Fraunhofer Institut für  
Zuverlässigkeit und Mikrointegration

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung  
Fachgruppe V.5 - Sicherheit gefügter Bauteile

#### Braunschweig

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Füge- und Schweißtechnik

Technische Universität Braunschweig - Institut für  
Konstruktionslehre Maschinen- und Feinwerkelemente

#### Bremen

Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik  
und angewandte Materialforschung

Bremer Institut für angewandte Strahltechnik

#### Chemnitz

CeWOTec gGmbH

Technische Universität Chemnitz - Institut für  
Allgemeinen Maschinenbau und Kunststofftechnik

Technische Universität Chemnitz  
Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik

Technische Universität Chemnitz  
Lehrstuhl für Verbundwerkstoffe

### Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. Bleck

Prof. Dr.-Ing. Bobzin

Prof. Dr. med. Kraus

Prof. Dr.-Ing. Michaeli

Prof. Dr. rer. nat. Poprawe

Prof. Dr.-Ing. Reisgen

Prof. Dr.-Ing. Müller

Prof. Dr.-Ing. Paulinus

Prof. Dr.-Ing. Dr. E.h. Reichl

Prof. Dr.-Ing. Rethmeier

Prof. Dr.-Ing. Dilger

Prof. Dr.-Ing. Franke

Dr.-Ing. Schäfer

Prof. Dr.-Ing. Vollertsen

Dr.-Ing. habil. Bouaifi

Prof. Dr.-Ing. Gehde

Prof. Dr.-Ing. habil. Matthes

Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage

---

## Institut

### Clausthal-Zellerfeld

Technische Universität Clausthal - Institut für  
Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit

Technische Universität Clausthal - Institut für  
Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren

### Darmstadt

Technische Universität Darmstadt  
Zentrum für Konstruktionswerkstoffe,  
Staatliche Materialprüfungsanstalt (MPA)  
Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde

Technische Universität Darmstadt - Institut für  
Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik (SzM)

### Dortmund

Technische Universität Dortmund  
Lehrstuhl für Qualitätswesen

Technische Universität Dortmund - Fakultät Maschinenbau -  
Lehrstuhl für Werkstofftechnologie

### Dresden

Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik

Technische Universität Dresden  
Institut für Produktionstechnik/Fügetechnik

IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH

Technische Universität Dresden - Fakultät Elektrotechnik und  
Informationstechnik - Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik  
in der Elektronik

### Duisburg

SLV Duisburg - Niederlassung der GSI mbH

### Erlangen

Bayerisches Laserzentrum gGmbH

Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl für Kunststofftechnik

### Fellbach

SLV Fellbach - Niederlassung der GSI mbH

### Freiburg

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Institut für Mikrosystemtechnik  
Aufbau und Verbindungstechnik

Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik IWM,  
Freiburg und Halle

## Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. Esderts

Prof. Dr.-Ing. Wesling

Prof. Dr.-Ing. Berger

Prof. Dr.-Ing. Hanselka

Prof. Dr.-Ing. Crostack

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Tillmann

Prof. Dr. Beyer

Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel

Dr.-Ing. Hanel

Prof. Dr.-Ing. habil. Wolter

Dr.-Ing. Keitel

Prof. Dr.-Ing. Geiger / Dr.-Ing. Schmidt

Prof. Dr.-Ing. Schmachtenberg / Prof. Dr. Osswald

Dipl.-Ing. Roth

Prof. Dr.-Ing. Wilde

Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch



## Institut

### Garbsen

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Werkstoffkunde

### Garching

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

### Geesthacht

GKSS-Forschungszentrum  
Geesthacht GmbH

### Halle

SLV Halle - Niederlassung der GSI mbH

### Hamburg

Helmut Schmidt Universität  
Universität der Bundeswehr Hamburg  
Fakultät für Maschinenbau/Institut für Werkstofftechnik

### Hannover

Laserzentrum Hannover e.V.

SLV Hannover - Niederlassung der GSI mbH

### Itzehoe

Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie

### Jena

Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik  
und Werkstoffprüfung GmbH

### Kaiserslautern

Technische Universität Kaiserslautern  
Lehrstuhl für Werkstoffkunde

Institut für Verbundwerkstoffe GmbH

### Kassel

Universität Kassel  
Institut für Werkstofftechnik  
Kunststofftechnik

Universität Kassel  
Fachbereich Bauingenieurwesen  
Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens

### Magdeburg

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Institut für Elektrische Energiesysteme

Otto-von-Guericke Universität Magdeburg  
Institut für Füge- und Strahltechnik

## Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. Bach

Prof. Dr.-Ing. Zäh

Prof. Dr.-Ing. Huber

Dr.-Ing. Ströfer

Prof. Dr.-Ing. Klassen

Prof. Dr.-Ing. Haferkamp

Dr.-Ing. Mittelstädt

Dr. Windbracke / Prof. Dr.-Ing. Benecke

Dr. Sändig

Prof. Dr.-Ing. habil. Eifler

Prof. Dr.-Ing. Schlarb / Prof. Dr.-Ing. Mitschang

Prof. Dr.-Ing. Heim

Prof. Dr.-Ing. habil. Schmidt

Prof. Dr.-Ing. Lindemann

Prof. Dr.-Ing. Martinek

---

## Institut

## Institutsleiter

### München

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV München -  
Niederlassung der GSI mbH

Dipl.-Ing. Zech

### Neubiberg

Universität der Bundeswehr München  
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik  
Institut für Plasmatechnik und Mathematik

Prof. Dr.-Ing. Schein

### Paderborn

Universität Paderborn  
Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik

Prof. Dr.-Ing. Hahn

Universität Paderborn - Institut für Kunststofftechnik, Lehrstuhl für  
Kunststofftechnologie

Prof. Dr.-Ing. Potente

### Rostock

SLV Mecklenburg-Vorpommern GmbH

Dipl.-Phys. Hoffmann

### Saarbrücken

Fraunhofer Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Prof. Dr.-Ing. Kröning

### Schmalkalden

Gesellschaft für Fertigungstechnik und  
Entwicklung Schmalkalden e.V.

Dr.-Ing. Barthelmä

### Stuttgart

Universität Stuttgart  
Institut für Strahlwerkzeuge

Prof. Dr. rer. phil. Graf

Universität Stuttgart  
Institut für Materialprüfung, Werkstoffkunde  
und Festigkeitslehre (IMWF)

Prof. Dr.-Ing. habil. Roos

### Würzburg

Süddeutsches Kunststoffzentrum gGmbH

Dr.-Ing. Bastian

### Zwickau

STZ Sächsisches Technologie Zentrum gGmbH

D. Virian



*Übersicht 4*

**Veröffentlichungen 2008  
von abgeschlossenen  
Forschungsvorhaben in:**

**„Schweissen & Schneiden“**

**„Joining Plastics -  
Fügen von Kunststoffen“**

**„Thermal Spray Bulletin“**

**„WELDING AND CUTTING“**

# Übersicht 4 Veröffentlichungen 2008

## „Schweissen & Schneiden“ 2008

### IGF-Nr. Titel / Institutsleiter

- 13.983 B H. Herold/A. Pshennikov/H. Gruss  
Der Integrale Ansatz - eine Methode zur Optimierung des Betriebsverhaltens und der Schweißbarkeit einer Flugzeugrumpfstruktur  
veröffentlicht: 1/08
- 13.986 N F.-W. Bach/U. Holländer/K. Möhwald/M. Nicolaus  
Entwicklung galvanisch hergestellter Hochtemperaturlotbeschichtungen, -drähte und -folien  
veröffentlicht: 2/08
- 13.863 B M. Kusch/M. Wallig/G. Bürkner  
Anwendungsmöglichkeiten der Radarsensorik beim Metall-Schutzgasschweißen  
veröffentlicht: 1/08
- 13.864 N U. Dilthey/U. Reisgen/I. Aretov  
Verbesserung der Heißrissicherheit beim Schweißen von Nickel-Basislegierungen durch UP- Kaldrahtschweißverfahren  
veröffentlicht: 2/08
- 14.350 N K. Bobzin/F. Ernst/J. Zwick/K. Richardt/K. Landes/G. Forster/J. Zierhut  
Qualitätssicherung durch Online-Prozessdiagnostik  
veröffentlicht: 2/08
- 13.786 N F.-W. Bach/K. Möhwald/T. Bause  
Untersuchung der Einflüsse von Substratrauheit und Spritzwerkstoff-fraktionierung auf die Haftung thermisch gespritzter Schichten  
veröffentlicht: 4/08
- 13.774 N C. Scheer/W. Reimche/K. Möhwald/F.-W. Bach  
Entwicklung einer Online-Schichtdickenmessung für das Plasmaspritzen von Keramik auf Basis einer Wirbelstromsensorik  
veröffentlicht: 6/08
- 13.774 N C. Scheer/W. Reimche/K. Möhwald/F.-W. Bach  
Entwicklung einer Online-Schichtdickenmessung für das Plasmaspritzen von Keramik auf Basis einer Wirbelstromsensorik  
veröffentlicht: 6/08
- 14.436 B L. Ebert/M. Kusch/G. Bürkner  
Optimierung der Schweißraucherfassung an MSG-Absaugbrennern  
veröffentlicht: 5/08
- 13.984 N S. Zwoch/W. Reimche/J. Klotz/F.-W. Bach  
Entwicklung einer Ultraschallprüftechnik zur Qualitätsbewertung von Bolzenschweißverbindungen  
veröffentlicht: 4/08
- 14.434 N U. Reisgen/U. Dilthey/N. Wagner/K. Dilger/S. Böhm/G. Wisner  
Einsatz und Optimierung von Haftklebstoffsystemen zur Verbesserung der Prozesssicherheit und der Verbindungseigenschaften beim Laserstrahlschweißen von Überlappnähten  
veröffentlicht: 5/08
- 14.432 N H. Haferkamp/L. Engelbrecht/B. Boese/F.-W. Bach/K. Möhwald/U. Holländer  
Heißrisse beim gepulsten Laserstrahlschweißen von CrNi-Stählen - Heißrisstests und Vermeidung durch vordeponierte Spritzschichten  
veröffentlicht: 7/08

## „Schweissen & Schneiden“ 2008

### IGF-Nr. Titel / Institutsleiter

- 14.426 N U. Reisgen/U. Dilthey/D. Kampffmeyer  
Einfluss von Gasschläuchen auf die Feuchte-, Wasserstoff-  
und Sauerstoffproblematik in Schutzgasschweißprozessen  
veröffentlicht: 6/08
- 14.439 B B. Wielage/I. Hoyer  
Nickelbasis-Standardlote mit verbesserter Korrosionsbeständigkeit für korrosiv belastete Bauteile  
veröffentlicht: 7/08
- 14.482 B O. Hahn/M. Wißling  
FEM-Simulation von mechanisch gefügten Verbindungen unter Crashbelastung  
veröffentlicht: 3/08
- 14.431 N U. Reisgen/U. Dilthey/K. Holzinger/S. Olschok  
Praxisbezogenes "analyserichtiges" Probenahmeverfahren zur Messung  
der Schweißrauchkonzentration im Atembereich der Schweißer  
veröffentlicht: 6/08
- 14.433 N S. Böhm/K. Dilger/G. Tanasie  
Qualifizierung zerstörungsfreier Prüfverfahren hinsichtlich ihrer Eignung  
zur Charakterisierung laserstrahlgeschweißter Überlappverbindungen an Stahl  
veröffentlicht: 6/08
- 14.430 N O. Hahn/H. C. Schmale/T. Döpmeier  
Fixierung von lackierten Bauteilen während der Klebstoffaushärtung  
veröffentlicht: 7/08
- 14.425 N W. Rosenfeld/H. Cramer  
Welche Vorteile bringt die Anwendung von Zwischenimpulsen beim MSG-Impulslöten  
von zinkbeschichteten Blechen an Kehlnähten im Überlappstoß?  
veröffentlicht: 7/08
- 14.459 B M. Kusch/T. Hönig  
Schweißrauchemissionsmessungen an modernen Schutzgasschweißverfahren  
veröffentlicht: 9/08
- 14.568 N K. Bobzin/F. Ernst/A. Schlegel/N. Kopp  
Auftraggelötete Verschleißschutzsysteme für Titanlegierungen  
veröffentlicht: 10/08
- 14.438 N U. Dilthey/U. Reisgen/K. Holzinger/S. Kress/L. Stein  
Schweißrauchemissionen aus neuen Hochleistungs-Schweiß- und MSG-Lötprozessen  
veröffentlicht: 11/08
- 14.509 N F.-W. Bach/K. Möhwald/T. Bause/M. Erne  
Entwicklung und Charakterisierung von plasma- und hochgeschwindigkeitsflamngespritzten,  
endkonturnahen, nachbearbeitungsreduzierten Schichten aus feinfraktionierten Pulvern  
veröffentlicht: 11/08
- 14.537 N L. Appel/H. Cramer  
Plastisches Fügen von Mischverbindungen mit speziell konturierter Kegelgeometrie  
veröffentlicht: 12/08
- 14.881 N A. Jeníček/H. Cramer  
Qualitätsbeurteilung von Bolzenschweißverbindungen mit Hubzündung durch Prozessüberwachung  
veröffentlicht: 12/08



## „Joining Plastics - Fügen von Kunststoffen“ 2008

### IGF-Nr. Titel / Institutsleiter

- 13.954 N V. Schöppner/R. Hoffschlag/S. Gövert/J. Schnieders/H. Potente  
Zykluszeit einsparen durch intensive Kühlung beim Heizelementschweißen  
veröffentlicht: 1/08
- 15.294 N L. Moser/P. Mitschang/A.K. Schlarb/R. Velthuis  
Induktionsschweißen von faserverstärkten Polymer-Verbundwerkstoffen  
veröffentlicht: 2/08

## „Thermal Spray Bulletin“ 2008

### IGF-Nr. Titel / Institutsleiter

- 14.510 N K. Bozin/T. Schäfer/K. Richardt/T. Warda/G.Reisel  
Titankarbidverstärkte Eisenbasiswerkstoffe –  
Eine kostengünstige Lösung für Verschleißschutzanwendungen  
veröffentlicht: 2/08

## „WELDING AND CUTTING“ 2008

### IGF-Nr. Titel / Institutsleiter

- 13.862 B S. Thurner/M. Kusch  
Application of the plasma-MIG technology for the joining of galvanised steel materials  
veröffentlicht: 1/08
- 13.771 N U. Reisgen/U. Dilthey/M. Drepper  
Arc sensor system for narrow gap GMA welding with  
a strip electrode and magnetic deflection of the arc  
veröffentlicht: 3/08
- 13.985 B B. Wielage/C. Rupprecht/A. Wank/G. Paczkowski  
Investigation into high-velocity combustion wire spraying  
veröffentlicht: 2/08
- 13.864 N U. Dilthey/U. Reisgen/I. Aretov  
Improving the resistance to hot cracking during the welding of  
nickel-based alloys using cold wire submerged arc welding processes  
veröffentlicht: 2/08
- 13.920 B J. Kolbe/A. Paproth  
Definition and determination of the rheological  
properties critical for the microapplication of adhesives  
veröffentlicht: 3/08

## Herausgeber

Forschungsvereinigung Schweißen  
und verwandte Verfahren e.V. des DVS

Aachener Straße 172  
40223 Düsseldorf  
[www.dvs-ev.de/fv](http://www.dvs-ev.de/fv)

## Redaktion

Ingrid Günther  
Christian Habel  
Jens Jerzembeck  
Marcus Kubanek

## Titelfoto

mit freundlicher Genehmigung

**Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik**  
**Technische Universität Dresden**

## Gestaltung

[josefkproduktbuero.de](http://josefkproduktbuero.de)

## Druck

Limberg-Druck GmbH,  
Kaarst

