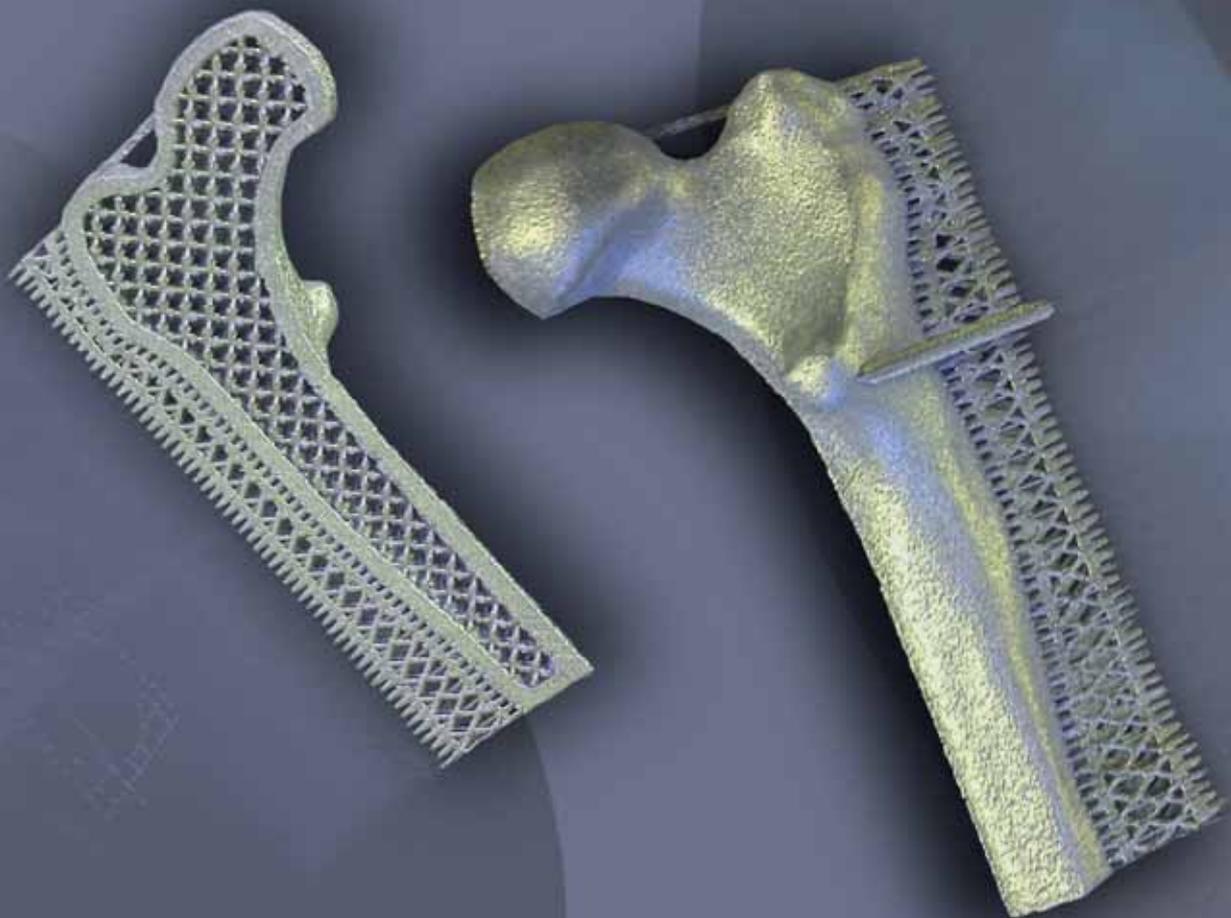


Innovationen für die Wirtschaft

# Forschung in der Fügetechnik

Geschäftsbericht 2010



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



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

Nach dem wirtschaftlich auch für die Fügetechnik schwierigen Jahr 2009 ist die deutsche Wirtschaft mit einem preisbereinigten Bruttoinlandsprodukt in 2010 um + 3,6% wieder kräftig gewachsen. Diese Konjunkturbelebung war auch in der Fügetechnik deutlich spürbar. Besonders hervorzuheben in 2010 ist, dass Wachstumsimpulse nicht nur vom Außenhandel geprägt waren, sondern auch aus dem Inland kamen. Investitionen in Ausrüstungen, Bauvorhaben und Konsumausgaben wurden deutlich gesteigert. So erreichte auch die Zahl der Erwerbstätigen in 2010 mit 40,5 Mio. einen neuen Höchststand.

Dieses positive Gesamtbild der deutschen Wirtschaft spiegelt sich auch im Ergebnis der Forschungsvereinigung wider. Für das Jahr 2010 konnte die Forschungsvereinigung nach dem bisherigen Rekordjahr 2009 einen weiteren Aufwuchs der Forschungsförderung bilanzieren. Insgesamt 8,6 Mio. EUR wurden vom Haushaltstitel des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die AiF für die fügetechnische Gemeinschaftsforschung eingeworben. Realisiert wurden mit diesen Mitteln insgesamt 124 Vorhaben. Davon wurden 36 Projekte neu begonnen, 48 weitergeführt und 40 Vorhaben erfolgreich abgeschlossen.

Im Forschungsförderprogramm CORNET II hat sich die Forschungsvereinigung im Frühjahr 2010 mit zwei neuen Vorhaben erfolgreich beteiligt. Die Beteiligung an AiF / DFG - Gemeinschaftsvorhaben wird ebenso fortgeschrieben: Von drei eingereichten Projektvorschlägen wurde ein Antrag bereits bewilligt, zwei Anträge befinden sich in der Begutachtung, bzw. in der Vorbegutachtung. Ein weiterer Antrag steht unmittelbar vor der Einreichung. Die Forschungsvereinigung wird sich auch zukünftig im Rahmen interdisziplinärer Forschungsaktivitäten weiter engagieren.

Startpunkt und Impulsgeber für die Eröffnung eines weiteren Forschungsfeldes in der Forschungsvereinigung war das DVS / VDI Forschungsseminar „Generative Fertigungsverfahren – Rapidtechnologien“, das zur Gründung des neuen Fachausschusses 13 zu diesem Thema führte. Einen weiteren Höhepunkt fand die Veranstaltungstätigkeit der Forschungsvereinigung in der aktiven Unterstützung und Mitgestaltung des DVS Congress 2010. Hier fand u. a. das Abschlusskolloquium zum AiF-Forschungscluster „Integration des Rührreißschweißens in Fertigungsprozessketten“ statt. Durch die hervorragenden Möglichkeiten des einzigartigen fügetechnischen Netzwerkes des DVS können Forschungsergebnisse der fügetechnischen Fachwelt national und international kurzfristig, kontinuierlich und effektiv vermittelt werden. Firmen profitieren so von einer hervorragenden Bedarfsermittlung, an deren Ende ein effektiver Transfer und eine schnelle Nutzung der Forschungsergebnisse stehen.

Für die im Jahr 2010 außerordentlich geleistete Forschungsarbeit und das hervorragende Ergebnis gilt unser besonderer Dank den engagierten Mitgliedern aus Industrie und Forschung. Ihre Anstrengungen als Ideengeber und Akteure der technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit verleihen der Fügetechnik immer wieder neue Impulse und prägen zukünftige Ausrichtungen für nachhaltige Forschungsthemen.

Darüber hinaus danken wir dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) für die kontinuierliche Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung. Deutsche Topunternehmen, die sich als Markt- und Technologieführer in der Füge-, Trenn- und Beschichtungstechnik international erfolgreich etabliert haben, sind der beste Beweis dafür, dass eine effiziente Forschungsförderung eine wertvolle Basis für den mittel- und langfristigen Erfolg deutscher Unternehmen auch im internationalen Vergleich darstellt und die bestmögliche Kooperation zwischen öffentlicher Hand und Industrie zum Vorteil des Wirtschaftsstandortes Deutschland insgesamt eine lohnende Investition darstellt.

Das in 2010 gemeinsam erzielte Ergebnis ist Anlass für die Forschungsvereinigung, mit Zuversicht in das Jahr 2011 zu blicken. Gemeinsam mit den Partnern aus Forschung, Industrie und Verbänden wird sie die kommenden Herausforderungen angehen. Unseren Partnern wünschen wir ein gutes und erfolgreiches Geschäftsjahr 2011.

*Dr.-Ing. Godehard Schmitz*

Stuttgart/Düsseldorf  
Im April 2011

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Aufgaben und Strukturen</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Fügetechnische Gemeinschaftsforschung 2010</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Forschungsschwerpunkte und Forschungsfelder 2010</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Forschungskooperationen</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Fachausschüsse der Forschungsvereinigung</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b><i>Dokumentation</i></b>	<b>98</b>
	• Mitglieder der Forschungsvereinigung	98
	<i>Übersicht 1 - Unternehmen</i>	98
	<i>Übersicht 2 - Körperschaften</i>	102
	<i>Übersicht 3 - Forschungsinstitute und Institutsleiter</i>	105
	• Veröffentlichungen 2010	109
	<i>Übersicht 4 - Veröffentlichungen von abgeschlossenen Vorhaben</i>	109
	Team der Forschungsvereinigung	114
	Impressum	115

## Fügetechnische Gemeinschaftsforschung



Bild 1

## Finanzierung



Bild 2

## Fügetechnische Gemeinschaftsforschung - Kooperation zwischen Industrie und Forschung

Zentrales Tätigkeitsfeld der Forschungsvereinigung des DVS ist die industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) auf den Gebieten des Fügens, Trennens und Beschichtens. Im Mittelpunkt stehen hierbei Unternehmen, Körperschaften und Forschungsinstitute aus allen Bereichen der Fügetechnik, die das tragende Rückgrat der IGF bilden.

Das Programm zur Förderung der IGF wurde 1954 durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gegründet und nimmt eine zentrale Stellung in der mittelstandsorientierten Technologieförderung des Bundes ein. Durch die Förderung von Projekten angewandter Forschung und Entwicklung im vorwettbewerblichen Raum wird kleinen und mittleren Unternehmen (kmU) die Möglichkeit gegeben, sich aktiv an kooperativ organisierten Forschungsprozessen zu beteiligen, um größenbedingte strukturelle Nachteile im Bereich von Forschung und experimenteller Entwicklung gegenüber großen Unternehmen auszugleichen.

### Unternehmen als Impulsgeber für Forschungsbedarf

Die Unternehmen benennen ihren Forschungsbedarf mit geeigneten Schwerpunkten, die als Ausgangsbasis für die Durchführung von Forschungsvorhaben dienen. Die Ergebnisse werden anschließend in die Unternehmen getragen und dort umgesetzt. Gleichzeitig sind diese ebenso als Partner für Maßnahmen zur Qualifizierung im Rahmen der Aus- und Weiterbildung des DVS sowie für die Erarbeitung von DVS-Regelwerken in der Fügetechnik tätig.

### Forschungsinstitute als Ideenschmieden

Die Forschungsinstitute nehmen die Vorschläge der Industrie auf und entwickeln Forschungsprojekte, die sie mit unmittelbarer Beteiligung der Unternehmen durchführen. Gemeinsame Plattform sind dabei die projektbegleitenden Ausschüsse (PbAs). Hier findet die Kooperationstätigkeit in den Vorhaben statt, und hier haben die Unternehmen die Möglichkeit, direkten Einfluss auf den Verlauf des Projektes zu nehmen. Die projektbegleitenden Ausschüsse sind deshalb das Instrument zur Sicherstellung des Praxisbezuges und der KmU-Relevanz von Vorhaben der IGF. Diese Vorgehensweise garantiert einen größt möglichen Bezug der Forschungsthemen zur praktischen Anwendung in den Betrieben und lässt eine optimale Nutzung der Ergebnisse zu. Die frühe Beteiligung von Industrievertretern an allen Prozessschritten ermöglicht einen schnellen Wissenstransfer in die Unternehmen, im Idealfall einen konformen Verlauf von Forschungsarbeit und Ergebnisnutzung.

## Die Mission der Forschungsvereinigung des DVS

Die Forschungsvereinigung ist das tragende Element für die Strukturierung der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung. In ihrer Rolle als zentraler Kommunikator bildet sie das Forum für alle technisch-wissenschaftlichen Diskussionen zwischen Industrie und Wissenschaft. Mittelpunkt ihrer Aktivitäten ist die Unterstützung und Begleitung des Transfers der Forschungsergebnisse und die Sicherstellung des Anwendernutzens für die Industrie (**Bild 1**, vorherige Seite). 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**, vorherige Seite). Die AiF handelt hierbei administrativ und begleitet das IGF-Programm u.a. in Form der Begutachtung der Projektanträge und der Verwaltung der vom Ministerium gezahlten Fördermittel.

Durch die Forschungsförderung wird ein technologisches Orientierungswissen geschaffen, dass allen interessierten Unternehmen, insbesondere den kmUs zugänglich ist. Die im Rahmen der IGF geförderten Projekte werden im Auftrag der Forschungsvereinigung von den Forschungsstellen durchgeführt.

## Aufgabe der Fachausschüsse

Mit ihren 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. Sie sind die entscheidenden Schaltstellen, in denen Vorschläge in Form von Projektskizzen für Forschungsthemen von den Forschungsstellen eingebracht, konkretisiert und von den Vertretern der Industrie für die weitere Begutachtung durch die AiF diskutiert und ausgewählt werden.

Die wesentlichen Phasen von Forschungsbedarf, der von einer Projektidee über die Antragstellung, Bewilligung und Durchführung bis zur Umsetzung der Ergebnisse eines Forschungsvorhabens führt, sind in **Bild 3** zusammengefasst.

## Die fügetechnische Gemeinschaftsforschung – von der Projektidee bis zur Umsetzung und Ergebnisnutzung

- *Bestehen von Forschungsbedarf in Form einer Fragestellung bei mehreren klein- und mittelständischen Unternehmen*
- *Formulierung einer Projektskizze durch (mindestens eine) Forschungsstelle(n)*
- *Veröffentlichung der Skizze auf der Website des zuständigen Fachausschusses zur Vorbewertung im Online-Verfahren*
- *Vorstellung, Diskussion und Entscheidung über die aktualisierte Projektskizze in der Sitzung des Fachausschusses unter Berücksichtigung der Vorbewertung*
- *Einreichung des ausgearbeiteten Forschungsantrags bei der AiF*
- *Begutachtung durch eine Gutachtergruppe der AiF; im Falle der Befürwortung Vorlage des Antrages durch die AiF beim BMWi zur Bewilligung der Anfinanzierung*
- *Im Falle der Bewilligung Arbeitsstart des Projektes im Rahmen einer festgelegten Laufzeit*
- *Permanente Berichterstattung über aktuelle Projektergebnisse in den Gremien des DVS und den Fachausschüssen der Forschungsvereinigung*
- *Nach Abschluss des Projektes Veröffentlichung der Ergebnisse in den Publikationsorganen des DVS und in der Wissenschaft*
- *Transfer, Umsetzung und Nutzung der Projektergebnisse in den Unternehmen*
- *Entwicklung von Regelwerken (DVS-Merkblätter und -Richtlinien) aus den Forschungsergebnissen*

Bild 3

## Die Mitglieder in der Forschungsvereinigung

Insgesamt haben im Berichtszeitraum 446 Mitglieder in der Forschungsvereinigung mitgewirkt (**Bild 4**), darunter 298 Industrieunternehmen, 84 Körperschaften sowie 64 Forschungsinstitute.

Zu den Forschungsinstituten gehören 8 Forschungsinstitute des DVS, 37 Hochschulinstitute, 8 Fraunhofer Institute sowie 11 sonstige Forschungsinstitute. Detaillierte Informationen finden sich in **Kapitel 6** (S. 98).

## Mitglieder der Forschungsvereinigung

298	Industrieunternehmen
84	Körperschaften
8	DVS-Forschungsinstitute (5 GSI-Mitglieder / 2 SLV / 1 ifw)
37	Hochschul institute
8	Fraunhofer Institute
11	Sonstige Forschungsinstitute

**446 Mitglieder**

Bild 4

## Weitere Forschungsförderinstrumente der fūgetechnischen Gemeinschaftsforschung

Neben dem IGF-Normalverfahren werden weitere Fōrdervarianten als Instrumente fūr die fūgetechnische Gemeinschaftsforschung von der Forschungsvereinigung genutzt.

### ZUTECH

„Zukunftstechnologien fūr kleine und mittlere Unternehmen“ (ZUTECH) als Variante der IGF hat als ũbergeordnetes Ziel die Erarbeitung von Lōsungen fūr strukturelle Erneuerungen in der Wirtschaft auf der Basis besonders zukunftsweisender Technologien. Die in ZUTECH gefōrderten Forschungsvorhaben ermōglichen branchenũbergreifende Lōsungen in interdisziplinärer Zusammenarbeit. Dazu werden die Projekte von mehreren Forschungsvereinigungen der AiF gemeinsam getragen und durch mindestens zwei Forschungsstellen mit unterschiedlichen Tātigkeitsprofilen und sich ergānzenden Kompetenzen bearbeitet. Bei der Fōrdervariante ZUTECH ist keine gesonderte Antragstellung erforderlich. Es gelten die Regelungen der IGF (<http://www.aif.de/igf/zutech.php>).

### Fōrdervariante CLUSTER

Mit der Fōrdervariante CLUSTER des IGF-Programms werden mehrere thematisch eng zusammenhāngende Forschungs- und Entwicklungsvorhaben unterstũtzt, die zusammen ein CLUSTER-Gesamtprojekt bilden und von Vorhaben der Grundlagenforschung bis hin zu Vorhaben zur Umsetzung in Produkte, Verfahren und Dienstleistungen reichen kōnnen. Die im Rahmen der IGF zu fōrdernden CLUSTER-Vorhaben mũssen deren Kriterien genũgen, insbesondere der Vorwettbewerblichkeit und der wirtschaftlichen Bedeutung fūr kleine und mittlere Unternehmen.

Die in das Gesamtprojekt eingebundenen Vorhaben der Grundlagenforschung oder zur Umsetzung mũssen aus anderen Quellen finanziert werden, letztere von der Wirtschaft selbst. Innerhalb der Fōrdervariante CLUSTER sind zwei Verbundformen als Antragstypen zu unterscheiden: Gemeinschaftsprojekte im Rahmen der Initiative der AiF mit grundlagenorientierten DFG-Vorhaben und IGF-Vorhaben sowie Gesamtprojekte mit mehreren IGF-Vorhaben zusammen mit eigenmittelfinanzierten Projekten der Wirtschaft (<http://www.aif.de/igf/cluster.php>).

### CORNET („COLLective Research NETWORKing“)

Darũber hinaus umfassen die Aktivitāten der Forschungsvereinigung die Unterstũtzung von Forschungsstellen bei der Teilnahme im europāischen Fōrderprogramm CORNET II, einer Vernetzung von nationalen und regionalen Programmen der Gemeinschaftsforschung in Europa. Ziel des von der AiF koordinierten Programms ist es, die europāische Zusammenarbeit zwischen nationalen und regionalen Programmen fūr Gemeinschaftsforschung zu vertiefen. CORNET organisiert zwei Ausschreibungsrunden pro Jahr fūr gemeinsam gefōrderte Projekte der Gemeinschaftsforschung (<http://www.aif.de/igf/cornet.php>).

### Kooperationen mit anderen Forschungsvereinigungen

Mit der Bildung von Gemeinschaftsausschũssen auf den Fachgebieten „Klebtechnik“ (2005) und „Anwendungsnahe Schweiũssimulation“ (2006) wurden auf verschiedenen Forschungsfeldern weitreichende, branchenũbergreifende, interdisziplinäre Kooperationen mit anderen Mitgliedsvereinigungen der AiF geschaffen.

Das erklārte strategische Ziel dieser Kooperationen ist die Bũndelung aller Aktivitāten zur Verbesserung der Auswahl, Beantragung, Betreuung sowie des Ergebnistransfers von Forschungsvorhaben in diesen Fachbereichen (Bild 5, nāchste Seite). Die unterschiedlichen Kernkompetenzen der beteiligten Forschungsvereinigungen werden dabei in ganz besonderer Weise hervorgehoben, was nachhaltig die Akzeptanz bei Industrieunternehmen und -vertretern gesteigert hat.

## Motivation für die Gründung der Gemeinschaftsausschüsse

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

Bild 5

### Gemeinschaftsausschuss „Klebtechnik“

Im Gemeinschaftsausschuss „Klebtechnik“ sind die klebtechnischen Fachgremien der beteiligten Forschungsvereinigungen unter Beibehaltung ihrer eigenen Organisationsformen und ihrer Mitgliedschaften in den Forschungsvereinigungen zusammengefasst. Da die Klebtechnik eine Plattformtechnologie für viele Branchen und Anwendungsbereiche darstellt, ergeben sich Berührungspunkte überall dort, wo Komponenten aneinander gefügt, Konstruktions- und Funktionsmaterialien entwickelt werden und chemische Grundlagen für Klebstoffkomponenten entstehen. Über den Kreis der beteiligten Forschungsvereinigungen hinaus ergeben sich daher vielfältige Berührungspunkte zu weiteren Organisationen in Branchen, die klebtechnische Fügeverfahren bereits einsetzen oder als Fertigungsalternative prüfen, wie die Medizintechnik, Blechverarbeitung und das Bauwesen. Unterstützung erhalten die im Gemeinschaftsausschuss „Klebtechnik“ engagierten AiF-Mitgliedsvereinigungen von den Forschungsvereinigungen EFB (Blechverarbeitung) und cmt (Schiffbau).

### Gemeinschaftsausschuss „Anwendungsnahe Schweißsimulation“

Der Gemeinschaftsausschuss „Anwendungsnahe Schweißsimulation“ ist eine Kooperation zwischen der Forschungsvereinigung des DVS und der FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. unter Beteiligung der GfAI - Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V. und der

FAT - Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. Das Gremium weist die Besonderheit auf, dass es neben seiner Funktion als Fachausschuss der Forschungsvereinigung auch als Arbeitsgruppe im Ausschuss für Technik des DVS tätig ist. Neben der Stellung von Forschungsanträgen im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung stehen auch Fragen zur Normungsarbeit und der Erstellung von DVS-Merkblättern und -Richtlinien sowie zukünftig auch Aspekte der Ausbildung im Aufgabenspektrum des Gremiums. Die Forschungsthemen konzentrieren sich auf Fragen zur Simulation von schweißbedingtem Verzug und Eigenspannung von Schweißnähten. Untersuchungsfelder sind: Spanntechnik, Werkstoffkennwerte, Sensitivität der Einflussgrößen, Einfluss vorgelagerter Prozesse, Optimierung von Verzug und Eigenspannungen, Methodik zur Simulation großer Baugruppen sowie die Anforderungen an die Bedienbarkeit.

### Strategische Ausrichtung der Gemeinschaftsausschüsse

Für den Industrie- und Wirtschaftsstandort Deutschland gehören die Klebtechnik, die Schweißsimulation und ihre Weiterentwicklungen zu wichtigen Technologie-Schlüsselkompetenzen. Die Globalisierung der Märkte macht es allerdings insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen notwendig, auf diesen Gebieten erzielte Forschungsergebnisse sehr viel schneller als bisher umzusetzen. Dies im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung der AiF zu gewährleisten, ist das strategische Ziel der Gemeinschaftsausschüsse. Eine Verbesserung der Auswahl, Beantragung, Betreuung von Forschungsvorhaben sowie des Transfers der Ergebnisse und deren Umsetzung in den Unternehmen stehen ebenso im Mittelpunkt.

Um diese strategische Zielsetzung zu erreichen, wird sich die Arbeit der Kooperationen zwischen der Forschungsvereinigung des DVS und den Partner-Mitgliedsvereinigungen zunehmend darauf konzentrieren, mit Hilfe von Gemeinschaftsausschüssen die Möglichkeiten der weiteren AiF-Fördervarianten „ZUTECH“, „Cluster“ und „CORNET“ auszuschöpfen. Vorteil ist, dass mit diesen Fördervarianten Arbeitsbereiche angesprochen werden, die vom IGF-Normalverfahren nicht erfasst werden. Durch die Komponenten „förderprogrammübergreifend“, „interdisziplinär“ und „international“ werden vorwettbewerbliche Förderkontexte erschlossen und das Innovationspotential, die Basis für den Ergebnis- und Technologietransfer sowie die Möglichkeiten für industrielle Umsetzungen durch kmUs entscheidend verbessert.

## Forschungsvorhaben und Fördermittel

Für das Jahr 2010 konnte die Forschungsvereinigung nach dem bisherigen Rekordjahr 2009 einen weiteren Aufwuchs der Forschungsförderung bilanzieren. Insgesamt 8,6 Mio. EUR wurden vom Haushaltstitel des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die AiF für die fügetechnische Gemeinschaftsforschung eingeworben. Realisiert wurden mit diesen Mitteln insgesamt 124 Vorhaben. Davon wurden 36 Projekte neu begonnen, 48 weitergeführt und 40 Vorhaben erfolgreich abgeschlossen.

Die Zahl der Vorhaben der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung und die Höhe der Fördermittel in einem Zehnjahreszeitraum zeigen die **Bilder 6, 7 und 8**.

## Mittelsituation in der gesamten Industriellen Gemeinschaftsforschung der AiF 2010

Für 2010 wurden vom BMWi insgesamt 129,6 Mio. Euro Fördermittel für die industrielle Gemeinschaftsforschung zur Verfügung gestellt. 2010 wurden der AiF insgesamt 703 Anträge zur Begutachtung vorgelegt, wovon 522 Anträge befürwortet und davon 322 bewilligt (gestartet) wurden.

Die durchschnittliche Fördersumme eines Vorhabens betrug 320.000 EUR, als Vorhaben im Normalverfahren durchschnittlich 290.000 EUR, als Vorhaben im ZUTECH 560.000 EUR. Anträge in den Fördervarianten Cluster und CORNET wurden durchschnittlich mit 510.000 EUR gefördert. Anträge im Jahr 2010 wurden in der Regel durch zwei Forschungsstellen bearbeitet (Durchschnitt 1,8). (Quelle: AiF)

## Zahl der Vorhaben der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung

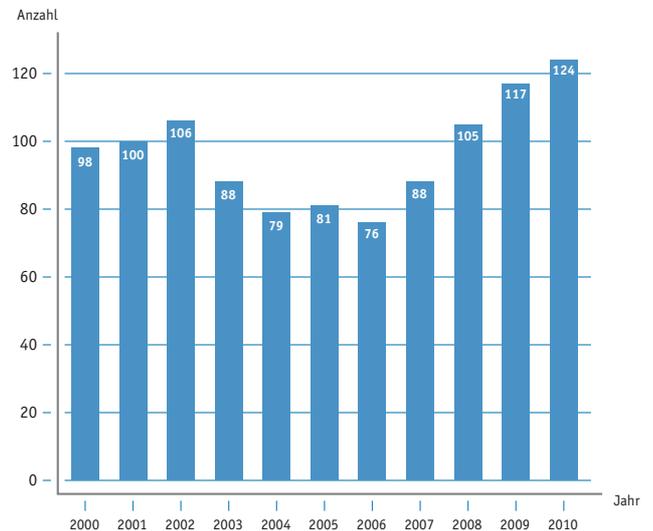


Bild 7

## Fördermittel

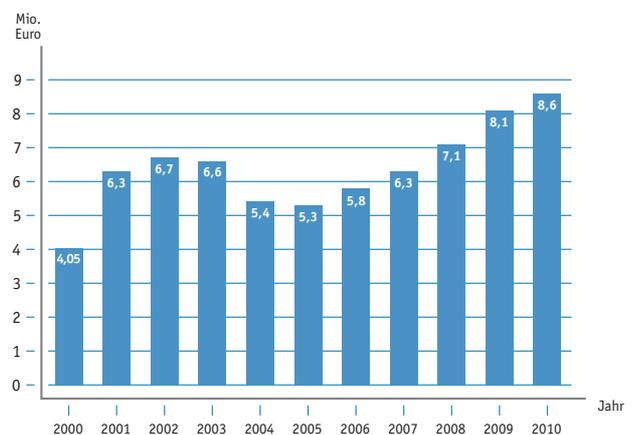


Bild 8

## Anzahl neu begonnener Vorhaben 2000 - 2010

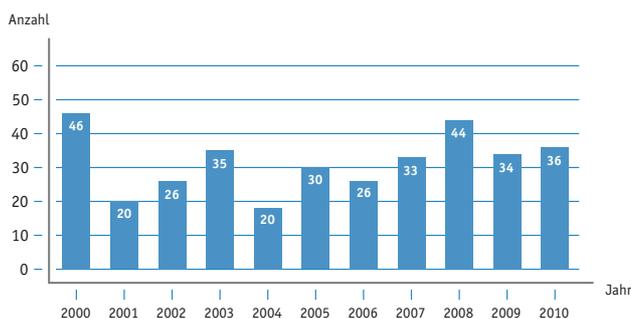


Bild 6

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

Von den 40 Forschungsvorhaben, die im Jahr 2010 abgeschlossen wurden, sind die Abschlussberichte bei den Forschungsstellen, der AiF und bei der Forschungsvereinigung verfügbar. Die Titel aller Projekte mit den beteiligten Forschungsinstituten können den jeweiligen Übersichten im **Kapitel 5** (ab S. 30) entnommen werden.

### Transfer der Forschungsergebnisse

Mit entscheidend für einen schnellen Transfer der 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 Resultate informiert werden.

Weitere Transfermaßnahmen sind die Veröffentlichungen der Ergebnisse in Fachzeitschriften und anderen Publikationen wie in den Kongressbänden der DVS Media GmbH sowie die Weitergabe der Schlussberichte. In **Kapitel 6** (S. 98) sind die entsprechenden Veröffentlichungen im Jahr 2010 (**Bild 9**) zusammengefasst.

### Veröffentlichungen 2010

- 19 Veröffentlichungen in „Schweissen & Schneiden“
- 4 Veröffentlichungen in „Welding & Cutting“
- 3 Veröffentlichungen in  
„Joining Plastics - Fügen von Kunststoffen“
- 1 Veröffentlichung in „Thermal Spray Bulletin“

Bild 9

Als zentrale Multiplikatoren des DVS-Netzwerks haben auch die Veranstaltungen als Teil der technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit des DVS und der Forschungsvereinigung des DVS (**Bild 10**) zu einem effizienten, praxisbezogenen und wissenschaftsorientierten Transfer der Ergebnisse der IGF-Projekte in die Unternehmen entscheidend beigetragen.

Darüber hinaus haben Unternehmen, die nicht unmittelbar an einem konkreten IGF-Forschungshaben beteiligt waren, im jährlichen DVS Congress die Möglichkeit, ebenfalls an den Forschungsergebnissen zu partizipieren. Damit wird eine weitere wesentliche Bedingung der IGF erfüllt, dass Transferaktivitäten auch gezielt Unternehmen (kmU) adressieren, die nicht direkt dem Kreis der in der IGF engagierten Firmen angehören.

### Technisch-wissenschaftliche Veranstaltungen des DVS 2010

#### Januar

DVS-Forschungsseminar „Strahlschweißen von Aluminium“, Stuttgart

#### Februar

DVS/ASM Thermal Spray Workshop, Mumbai / Indien

EBL 2010 - Elektronische Baugruppen und Leiterplatten mit Firmen-Ausstellung, Fellbach

Lichtbogenkolloquium, Workshop:

„Datenanalyse schweißtechnischer Signale“

Gemeinschaftsveranstaltung FA 3 / AG V2, Senftenberg

Jubliäumskolloquium „10 Jahre Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“, Frankfurt a.M.

#### März

Unterwassertechnik 2010 mit Firmen-Ausstellung, Hamburg

#### April

DVS/VDI-Forschungsseminar 2010

„Generative Fertigungsverfahren - Rapid Technologien“, Düsseldorf

DVS-Abschlusskolloquium zum AiF-Forschungspaket

„Anwendungsnahe Schweißsimulation“, Braunschweig

#### Mai

ITSC 2010 International Thermal Spray Conference & Exposition, Singapur

DVS-Sondertagung „Treffpunkt Widerstandsschweißen“, Duisburg

#### Juni

LÖT 2010 - 9. Internationales Kolloquium

„Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen“

mit Firmen-Ausstellung, Aachen

#### September

DVS-Forum zum Schweißen von Aluminiumwerkstoffen, Essen

DVS Congress 2010, Nürnberg

- Große Schweißtechnische Tagung

- DVS-Studentenkongress

- Statusseminar „Schneidtechnik“

- Abschlusskolloquium zum AiF-Forschungscluster

- „Integration des Rührreischweißens in Fertigungsprozessketten“

#### Oktober

Lichtbogenkolloquium zum Vorhaben des AiF/DFG-Gemeinschaftsvorhabens

„Lichtbogenschweißen – Physik und Werkzeug“

Gemeinschaftsveranstaltung FA 3 / AG V2, Aachen

#### November

WJS / DVS Tagung „Fügen von Kunststoffen“, Düsseldorf

Gemeinschaftskolloquium AG V 3 / FA 4 „Widerstandsschweißen“, Berlin

Gemeinschaftskolloquium der AG A2 „Fügen in Elektronik und

Feinwerktechnik“ und des FA 10 „Mikroverbindungstechnik“, Berlin

Bild 10

## Fügen, Trennen & Beschichten

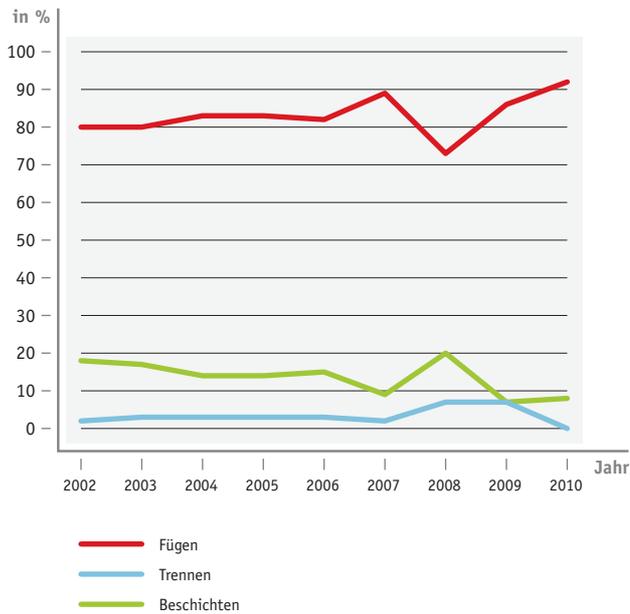


Bild 11

## Fügeverfahren

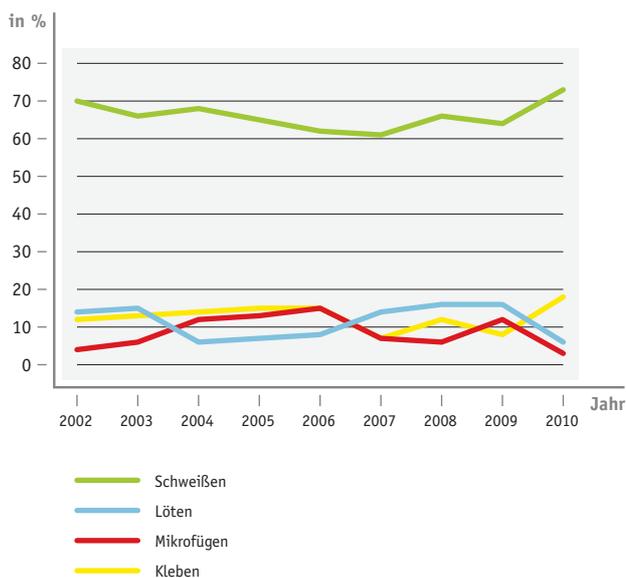


Bild 12

## Forschungsschwerpunkte

Auch im Berichtszeitraum 2010 wurde die Analyse der Forschungsvorhaben fortgeführt. Die Analyse umfasst erstmals den zurückliegenden Zeitraum bis einschließlich zum Jahr 2002. Die Ergebnisse (Bilder 11, 12 u. 13-15, nächste Seite) der Untersuchung und Auswertung dienen der kontinuierlichen Bewertung der Ziele und Inhalte der Forschungsarbeiten und geben die Möglichkeit, mit Blick auf zukünftige Antragsthemen und unter Einbeziehung der Entwicklung der Forschungsfelder Schwerpunkte zu setzen.

## Ausrichtung der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung

Die Umfragen via Online-Verfahren unter den Industrievertretern in der Forschungsvereinigung und im Ausschuss für Technik des DVS wurden auch im Jahr 2010 durchgeführt, um die aktuellen und zukünftigen Forschungsschwerpunkte und -bedarfe kontinuierlich festzustellen und zu bewerten. Die Umfrage zur Bewertung der Fachausschüsse unter den Industrievertretern der Forschungsvereinigung und im Ausschuss für Technik ergab für das Jahr 2010 eine Beteiligung von 481 Personen aus der Industrie, die insgesamt 1394 Bewertungen abgegeben haben. Die Forschungsschwerpunkte der Forschungsvereinigung wurden daher erfolgreich bestätigt.

In 2011 wird die Befragung erneut durchgeführt. In allen Fachausschüssen wird die Diskussion über die zukünftige Ausrichtung der Forschungsaktivitäten intensiv geführt. Schwerpunkte dieser Strategiediskussion ist die Vernetzung der Forschung sowie eine Fokussierung auf bestimmte Forschungsfelder. Das 2004 verabschiedete Leitbild und die Strategie der Forschungsvereinigung wird kontinuierlich überprüft und weiter entwickelt. Bereits identifizierte Forschungsschwerpunkte werden präzisiert. Für die nächsten Jahre werden neue Schwerpunkte definiert. Erste Umsetzungen wie die Bildung interdisziplinärer Forschungsverbände und von Forschungs Kooperationen sind bereits erfolgreich umgesetzt worden.

## Schweißverfahren

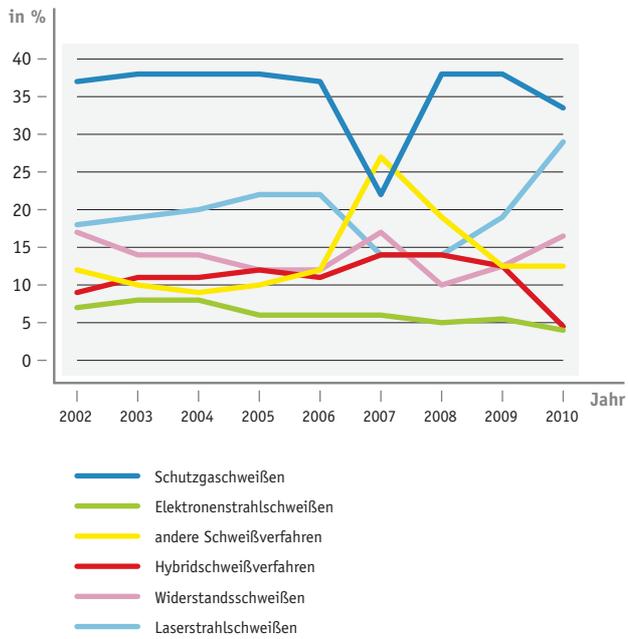


Bild 13

## Forschungsfelder

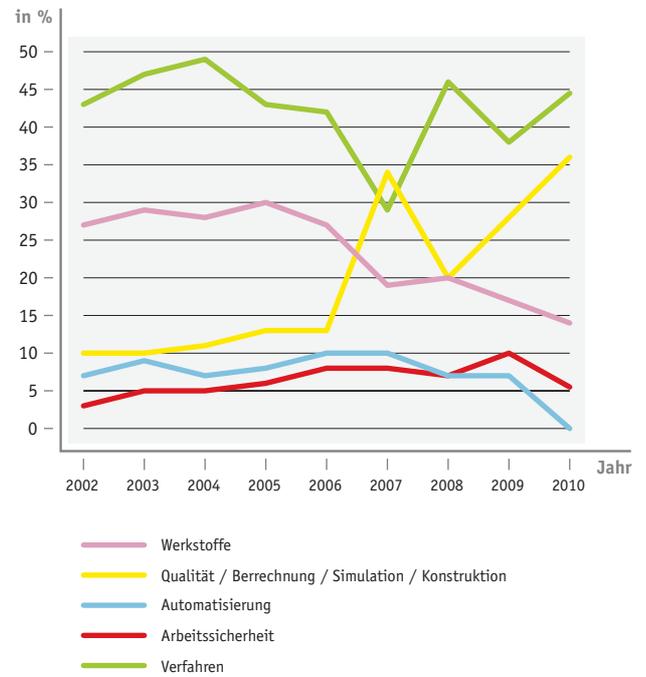


Bild 15

## Werkstoffe

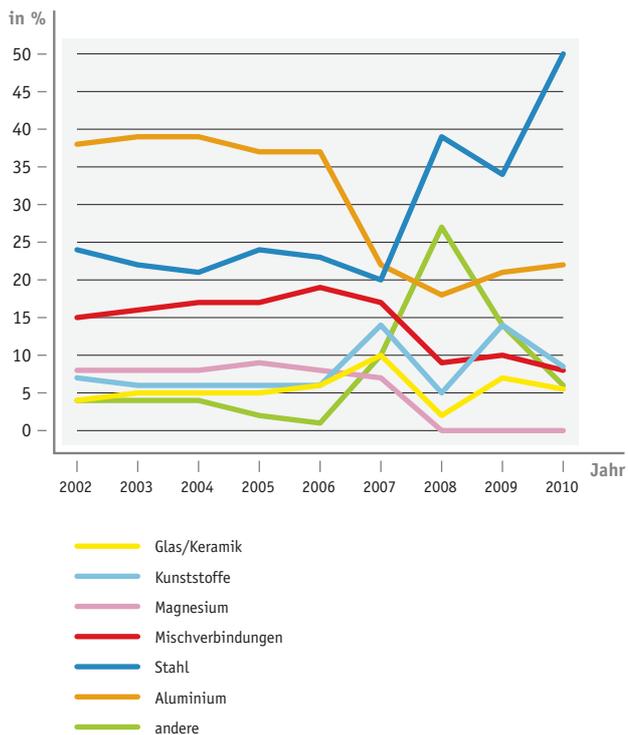


Bild 14

## Perspektiven

Der Schwerpunkt der Aktivitäten der Forschungsvereinigung bleibt 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 fügetechnischen Gemeinschaftsforschung sind in **Bild 16** zusammengefasst.

Des Weiteren wird die Forschungsvereinigung auch weiterhin zukunftsweisende Forschungsfelder der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung identifizieren und diese im Rahmen ihrer Strukturen aufgreifen, begleiten und abbilden.

Die Beteiligung der Institute an Vorhaben und Anträgen im Jahr 2010 zeigen die Übersichten in **Bild 17** und in **Bild 18** auf den nächsten Seiten.

### Perspektiven der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung

Maßnahmen	Partner	Ziel / Status
IGF-Forschungsvorhaben im Normalverfahren Initiativprogramm: ZUTECH AiF / DFG - Gemeinschaftsvorhaben („Cluster“) CORNET II	AiF BMW BMBF BMW	Kontinuierliche Beteiligung
Jährliche DVS-Forschungsseminare Fachkolloquien / Fachveranstaltungen	Mitglieder der Forschungsvereinigung	Darstellung von Forschungsbedarf Transfer von Forschungsergebnissen
DVS-Forschungsfonds	Unternehmen	Finanzierung von Studien

Bild 16

## Beteiligungen der Institute an Vorhaben und Anträgen 2010

Nr.	Institutsleiter	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
1.	BACH	2	1		3	6
2.	BEHRENS *		1			1
3.	BERGER					
4.	BLECK		1			1
5.	BOBZIN	1	2		2	5
6.	BÖHM				1	1
7.	DIETRICH *		1			1
8.	DILGER	7	3	6	4	20
9.	DRUMMER		1			1
10.	EIFLER					
11.	EISELE *				1	1
12.	EMMELMANN *	1				1
13.	ESDERTS		1		1	2
14.	FELDMANN *		1			1
15.	FRANKE					
16.	FÜSSEL	1	2	1	4	8
17.	GEHDE	1	1		1	3
18.	GEISS *		3			3
19.	GESSNER					
20.	GRAF					
21.	GRALLA *	1			1	2
22.	HAHN	2		1	3	6
23.	HEIM					
24.	HESELBACH *				1	1
25.	KLASSEN		1			1
26.	KRUSCHA *		1			1
27.	LINDEMANN	1				1
28.	MAHNKEN *		1			1
29.	MARTINEK	2	1	1	1	5
30.	MATTHES	1		3	1	5
31.	MATZENMILLER *		2			2
32.	MICHAELI				2	2
33.	MICHAILOV		2	1		3
34.	MORITZER				1	1
35.	MÜLLER		1	1		2
36.	PLOSHIKHIN					
37.	REISGEN	1	5	7	6	19
38.	ROOS			2		2
39.	SCHAUMANN *	1			1	2
40.	SCHEIN		1		2	3
41.	SCHMIDT (BREMEN) *	1				1
42.	SCHMIDT (KASSEL)					
43.	STANDKE *	1			1	2
44.	STRANGHÖFER *	1			1	2
45.	SCHÖPPNER		2			2
46.	SCHULZ *	1				1
47.	TICHELMANN *				1	1
48.	TILLMANN	2	1			3
49.	UMMENHOFER *				1	1
50.	UNGERMANN *	1			1	2
51.	VOIGT *		1			1
52.	WAGNER *	1			1	2
53.	WERNER *				1	1
54.	WESLING	1				1
55.	WIELAGE	1	4	2	1	8
56.	WILDE	1		1		2
57.	WILDEMANN *		1			1
58.	WILDEN	1	7	3	5	16
59.	WITT *	1			1	2
60.	WOLTER				1	1
61.	ZÄH	1		3		4

(\* kein forschendes Mitglied in der Forschungsvereinigung)

## Beteiligungen der Institute an Vorhaben und Anträgen 2010

### DVS-Institute

Nr.	Institutsleiter	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
1.	HOFFMANN					
2.	KEITEL	3			1	4
3.	MITTELSTÄDT					
4.	PAULINUS					
5.	ROTH					
6.	SÄNDIG		1			1
7.	STRÖFER		1		1	2
8.	ZECH	1	3	4	2	10

### Fraunhofer Institute

1.	BENECKE		1	1	2	4
2.	BEYER	2	1	1	1	5
3.	GUMBSCH	1	3	2	1	7
4.	HANSELKA	2	3			5
5.	HARTWIG / MAYER	1	5	4	1	11
6.	KRÖNING / BOLLER					
7.	MICHAELIS *	1		1	1	3
8.	NEUGEBAUER *			1		1
9.	POPRAWA				1	1
10.	REICHL / LANG		1			1
11.	WEHRSPON *				1	1

### sonstige Institute

1.	BARTHELMÄ		1	1		2
2.	BASTIAN			1	1	2
3.	BOUAIFI		2	1		3
4.	DIEDEL *				1	1
5.	HAFERKAMP	1		1	1	3
6.	HANEL					
7.	HUBER					
8.	KRAUS					
9.	MITSCHANG					
10.	RETHMEIER	2	4			6
11.	SCHINKE *				1	1
12.	SCHMIDT (ERLANGEN)		1		1	2
13.	VOLLERTSEN	3	1		1	5
14.	WAGEMANN *				1	1
15.	WELTMANN *	1				1
16.	ZÖCH *	1				1

(\* kein forschendes Mitglied in der Forschungsvereinigung)

## Zusammensetzung des Vorstandes der Forschungsvereinigung



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

Robert Bosch GmbH, STUTTGART  
Vorsitzender des Fachausschusses 10



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

EADS Deutschland GmbH, MÜNCHEN  
Vorsitzender des Fachausschusses 1



**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.

Bild 19

## Der Vorstand und weitere Gremien der Forschungsvereinigung

Der Vorstand leitet die Forschungsvereinigung. **Bild 19** zeigt die gewählten Mitglieder des Vorstandes.

Der Forschungsrat hat lenkende und koordinierende Funktion. Er nimmt Stellung zu allen relevanten Fragen der Forschungsvereinigung. Zur Durchführung der fachlichen Arbeit beruft der Forschungsrat Fachausschüsse, deren Tätigkeit er überwacht. Der Forschungsrat trägt die Verantwortung für die fachliche Ausrichtung der Fachausschüsse sowie die Festlegung von Forschungsthemen und die erforderliche Prioritätensetzung im Hinblick auf geplante Forschungsvorhaben.

**Bild 20** (nächste Seite) gibt die Zusammensetzung des Forschungsrates wieder (Stand: Dezember 2010).

Neu in den Forschungsrat aufgenommen wurde:

Herr Professor Dr.-Ing. Andreas Gebhardt,  
Lehr- und Forschungsgebiet Hochleistungsverfahren  
der Fertigungstechnik und Rapid Prototyping  
FH Aachen, Fachbereich Maschinenbau und Mechatronik.

Durch Beschluss des Forschungsrates vom 29. April 2010 wurden folgende neue Forschungsstellen als forschende Mitglieder in die Forschungsvereinigung aufgenommen:

- Universität Kassel, Fachgebiet Trennende und Fügende Fertigungsverfahren (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Böhm)
- Universität Bremen, BCCMS (Prof. Dr.-Ing. Vasily Ploshikhin)

## Mitglieder des Forschungsrates 2010

### Vorsitzender der Forschungsvereinigung

Dr.-Ing. G. Schmitz  
Robert Bosch GmbH, Stuttgart  
Vorsitzender des FA 10 Mikroverbindungstechnik  
(ex officio Mitglied bis 31.12.2011)

### Stellvertretende Vorsitzende der Forschungsvereinigung

Dipl.-Ing. F. Palm  
EADS Deutschland GmbH, München  
Vorsitzender des FA 1  
„Metallurgie und Werkstofftechnik“  
(ex officio Mitglied bis 31.12.2011)

Prof. Dr.-Ing. T. Reiner  
Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Neustadt-Fernthal  
Vorsitzender des FA 8 Klebtechnik  
Mitglied des Vorstandes des GA-K „Klebtechnik“  
(ex officio Mitglied bis 31.12.2013)

### Ehrenmitglieder

Dr. rer. nat. A. Farwer  
Tett nang

Dr.-Ing. W. Lehrheuer  
Aachen

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. H.-D. Steffens  
Dortmund

### Gewählte Mitglieder des Forschungsrates

Prof. Dr.-Ing. F. W. Bach  
Universität Hannover  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dipl.-Ing. H. Beschow  
Eisenbahn Bundesamt, Bonn  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. K. Bobzin  
RWTH Aachen  
(Amtszeit bis 30.04.2012)

Dr.-Ing. H. Cramer  
SLV München Niederlassung der GSI mbH, München  
(Amtszeit bis 31.05.2011)

Prof. Dr.-Ing. K. Dilger  
Technische Universität Braunschweig  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. S.-F. Goecke  
Fachhochschule Brandenburg  
(Amtszeit bis 30.04.2012)

Dr.-Ing. J. Härtl  
KUKA Schweißanlagen GmbH, Augsburg  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. O. Hahn  
Universität Paderborn  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dr.-Ing. Th. Harrer  
Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG,  
Ditzingen  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. S. Keitel  
GSI mbH, Duisburg  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dr.-Ing. M. Koschlig  
Buhlmann Rohr-Fittings-Stahlhandel  
GmbH & Co. KG, Burghausen  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. habil. K.-J. Matthes  
Technische Universität Chemnitz  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

E. Miklos  
Linde AG Geschäftsbereich Linde Gas AG,  
Unterschleißheim  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dipl.-Ing. S. Müller  
AUDI AG, Neckarsulm  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. P. Puschner  
ELMATECH AG, Morsbach  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. U. Reisinger  
RWTH Aachen, Institut für Schweißtechnik  
und Fügetechnik, Aachen  
(Amtszeit bis 31.05.2011)

Prof. Dr.-Ing. M. Rethmeier  
BAM, Berlin  
(Amtszeit bis 31.05.2011)

Dr.-Ing. S. Sändig  
Günter Köhler-Institut für Fügetechnik und  
Werkstoffprüfung GmbH, Jena  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dr.-Ing. S. Trube  
Schunk Ultraschalltechnik GmbH, Wetztenberg  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. B. Wielage  
Technische Universität Chemnitz  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dr.-Ing. H.-J. Wieland  
Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. J. Wilden  
TU Berlin  
(Amtszeit bis 30.04.2012)

Prof. Dr.-Ing. R. Winkler  
SLV Duisburg Niederlassung der GSI mbH  
(Amtszeit bis 31.05.2013)

### Vorsitzende der Fachausschüsse - Ex Officio Mitglieder

Dr.-Ing. Gerhard Blochies  
KVT Kurlbaum GmbH  
Vorsitzender des FA 2  
„Thermisches Beschichten und Autogentechnik“

Dr.-Ing. W. Scheller  
Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH,  
Duisburg  
Vorsitzender des FA 3 „Lichtbogenschweißen“

Dr.-Ing. K. Pöll  
Matuschek Messtechnik GmbH, Alsdorf  
Vorsitzender des FA 4  
„Widerstandsschweißen“

Ing. J. Silvanus  
EADS Deutschland GmbH, München  
Vorsitzender des FA 5  
„Sonderschweißverfahren“

Dr.-Ing. R. Holtz  
LASAG AG, Thun/CH  
Vorsitzender des FA 6 „Strahlverfahren“

Dipl.-Ing. Ingo Reinkensmeier  
Siemens AG Energy  
Vorsitzender des FA 7 „Löten“

Dr.-Ing. M. Kaßner  
Alstom LHB GmbH, Salzgitter  
Vorsitzender des FA 9  
„Konstruktion und Berechnung“

Dr.-Ing. M. Wacker  
Jacob Composite GmbH, Wilhelmsdorf  
Vorsitzender des FA 11  
„Kunststofffügen“

Prof. Dr.-Ing. Andreas Gebhardt  
Centrum für Prototypenbau GmbH  
Vorsitzender des FA 13  
„Generative Fertigungsverfahren –  
Rapidtechnologien“

Dr.-Ing. habil. E. Schubert  
Alexander Binzel Schweißtechnik  
GmbH & Co. KG, Buseck  
Vorsitzender des FA Q6  
„Arbeitssicherheit und Umweltschutz“

Dr.-Ing. D. Tikhomirov  
INPRO – Innovationsgesellschaft  
Vorsitzender des FA I2  
„Anwendungsnahe Schweißsimulation“

Dipl.-Ing. R. Kolbusch  
KWE Ingenieur-Büro  
Vorsitzender des FA V4  
„Unterwassertechnik“

### Gäste

Dr.-Ing. B. Hildebrandt  
Messer Group GmbH  
(Rechnungsprüfer bis 31.05.2013)

Dipl.-Wirt.-Ing. U. Schlattmann  
Handwerkskammer  
Bildungszentrum Münster  
(Rechnungsprüfer bis 30.04.2014)

### Mitglieder laut Satzung - Ex Officio Mitglieder

Prof. Dr.-Ing. H. Flegel  
Daimler AG, Stuttgart  
Präsident des DVS

Prof. Dr.-Ing. B. Leuschen  
Fachhochschule Düsseldorf  
Vorsitzender des  
Ausschusses für Technik

Dr.-Ing. K. Middeldorf  
Hauptgeschäftsführer des DVS

Dipl.-Ing. J. Jerzembeck  
Geschäftsführer der  
Forschungsvereinigung

### Forschungspolitische Aktivitäten

Die Forschungsvereinigung hat ihre Aktivitäten, die AiF bei ihrer politischen Arbeit zur Förderung der Forschung zu unterstützen, im Jahr 2010 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.

Alle Maßnahmen und forschungspolitischen Aktivitäten in der Forschungsvereinigung des DVS dienen dazu, eine aktive Schnittstelle der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung zu den Mitgliedern des DVS aus Industrie, Handwerk und Körperschaften zu bilden (**Bild 21**).

### Schnittstellenfunktion



Bild 21

### DVS-Forschungsseminar 2010 „Generative Fertigungsverfahren – Rapid Technologien“

Nachdem sich die generativen Fertigungsverfahren seit ihren Anfängen in den 1990er Jahren stetig verbessert haben und in der Produktentwicklung längst etabliert sind, steht gegenwärtig der Übergang von der Prototypenfertigung (Rapid Technologie) zur generativen Fertigung von komplexen Endprodukten in der Serie (Rapid Manufacturing) an. Erfolgreiche Pionierbeispiele zeigen, dass generative Verfahren gerade in technisch schnelllebigen Zeiten Wettbewerbsvorteile sichern können. Dem enormen Potenzial steht gegenwärtig jedoch noch eine Reihe von Hemmnissen entgegen, die einen nachhaltigen Einsatz in der Serienfertigung behindern. Technologische Defizite, hohe Investitionskosten, fehlende System- und Verfahrenkenntnisse und eine unzureichende Standardisierung und Normung sind als Hauptursachen zu sehen.

Mit dem Forschungsseminar „Generative Fertigungsverfahren – Rapid Technologien“ beschränkt der DVS gleich in mehrerer Hinsicht neue Wege. Im Jahr 2010 wurden durch die Forschungsvereinigung erstmals zwei Veranstaltungen rund um das Thema Strahlschweißen angeboten - das DVS-Forschungsseminar „Strahlschweißen von Aluminium“, federführend durch den FA 6 organisiert, und das Forschungsseminar „Generative Fertigungsverfahren – Rapid Technologien“, das am 22. April 2010 in der Handwerkskammer Düsseldorf stattfand und inhaltlich insbesondere durch den FA 1 begleitet wurde. Beide Seminare zeigten, dass Strahlverfahren immer wieder Wegbereiter für neue Technologien sind. Das Forschungsseminar „Generative Fertigungsverfahren – Rapid Technologien“ ging dabei weit über den bekannten Rahmen hinaus. Sowohl Organisation als auch das Spektrum der diskutierten Themen unterschieden sich von bisherigen DVS-Forschungsseminaren. Da die momentanen Schwachpunkte der generativen Verfahren nur durch einen intensiven Wissensaustausch über die Grenzen der Fachdisziplinen hinweg überwunden können, wollen DVS und VDI zukünftig eine gemeinsame Forschungs- und Technologieplattform bieten. Sie soll vorhandenes Know-how bündeln und die bedarfsgerechte Weiterentwicklung der generativen Fertigungsverfahren nachhaltig gewährleisten.

Vor diesem Hintergrund luden die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. und die VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL) gemeinsam zum Dialog über Potenziale und Grenzen der generativen Fertigungsverfahren ein. Der Einladung zum DVS/VDI-Forschungsseminar, das sich insbesondere dem „Selective Laser Melting“ widmete, folgten über 60 Teilnehmer aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen (**Bild 22**).

Ziel dieses ersten gemeinsamen Dialoges war es jedoch nicht nur, den Forschungsbedarf im Hinblick auf die Qualifizierung für die Serienfertigung von Endprodukten zu ermitteln. Da es sich bei den generativen Fertigungsverfahren um eine grundlegend neue Verfahrensklasse, verbunden mit einer komplett veränderten Fertigungsphilosophie handelt, die sowohl zu Produkt- als auch Prozessinnovationen führt und Servicestrukturen verändern kann, adressierte das Seminar abweichend vom bisherigen Konzept zusätzlich die Handlungsbedarfe in den Themenfelder Aus- und Weiterbildung sowie Standardisierung und Normung. Denn neben der Identifizierung anstehender Forschungs- und Entwicklungsaufgaben und deren erfolgreicher Bewältigung, so die übereinstimmende Auffassung der Teilnehmer, werden insbesondere die Rahmenbedingungen über Erfolg oder Misserfolg der weiteren Technologiediffusion generativer Fertigungsverfahren entscheiden.

Der DVS hat daher beschlossen, die generativen Verfahren als zukunftsweisende Technologie umfassend in seine technisch-wissenschaftliche Arbeit aufzunehmen, konsequent zu fördern und andere Forschungsvereinigungen der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) zur Unterstützung und Mitwirkung einzuladen. Im Ergebnis wurde auf einstimmigen Beschluss des Forschungsrates am 10.11.2010 der FA 13 „Generative Fertigungsverfahren - Rapidtechnologien“ gegründet.

The poster features a blue header with the VDI and DVS logos. Below the logos is a horizontal strip of four images: a factory interior, a wind turbine, a modern building, and a car. The main text is centered and reads: 'Generative Fertigungsverfahren – Rapid Technologien', 'Einladung zum DVS/VDI-Forschungsseminar 2010', '22. April 2010', and 'Handwerkskammer Düsseldorf'. A central image shows a circular, textured metal part. To the right of this image is a small vertical text 'Quelle: ITC Duisburg'. At the bottom, the organizers are listed: 'Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS' and 'VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)'. The website 'www.dvs-ev.de/raptech-seminar2010' is at the very bottom.

**VDI** **DVS**

**Generative Fertigungsverfahren –  
Rapid Technologien**

Einladung zum  
**DVS/VDI-Forschungsseminar 2010**

**22. April 2010**

**Handwerkskammer  
Düsseldorf**

Quelle: ITC Duisburg

Veranstalter:  
**Forschungsvereinigung Schweißen und  
verwandte Verfahren e. V. des DVS**  
**VDI-Gesellschaft Produktion und  
Logistik (GPL)**

[www.dvs-ev.de/raptech-seminar2010](http://www.dvs-ev.de/raptech-seminar2010)

Bild 22

## 4 Forschungsk Kooperationen

### Cluster als technologieübergreifende Forschungsk Kooperationen

Im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) fördert das BMWi branchenorientierte Projekte von Mitgliedsvereinigungen der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF). Eine spezielle Ausprägung ist die Fördervariante CLUSTER. Diese Projektform sieht die Verbindung von parallel durchzuführenden grundlagenorientierten und angewandten Forschungsprojekten in einem auf ein übergreifendes Forschungsziel hin orientiertes Gesamtprojekt vor. Die Kombination sich inhaltlich ergänzender, ineinander greifender, jedoch dennoch klar voneinander abgegrenzter Teilprojekte ermöglicht es, mit der Förderung den gesamten Innovationsprozess von der Grundlagenforschung bis zur Umsetzung in neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen anzusprechen. Im Vergleich zu den Normalvorhaben der IGF lassen sich mit diesem Forschungswerkzeug noch umfassendere Synergien für Forschungsstellen und Unternehmen realisieren. Der interdisziplinäre Ansatz bietet neue Lösungsansätze insbesondere für klein- und mittelständische Unternehmen.

### Realisierung von Forschungsk Kooperationen durch den DVS

Im Jahr 2010 hat die Forschungsvereinigung ihr Engagement bei der Initiierung und Antragstellung von AiF/DFG - Clustern kontinuierlich erweitert. Die beiden Projekte „Thermisches Spritzen“ und „Lichtbogenschweißen - Physik und Werkzeug“ befinden sich in der laufenden Bearbeitung. Von drei weiteren eingereichten Projektvorschlägen wurde ein Antrag bereits bewilligt, zwei Anträge befinden sich in der Begutachtung beziehungsweise in der Vorbegutachtung. Ein weiterer Antrag steht unmittelbar vor der Einreichung.

### Evaluierung des AiF/DFG-Clusters „Thermisches Spritzen“ durch das RWI

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMW) befasste sich das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) 2010 mit der Untersuchung von drei Cluster-Vorhaben, die bereits in der Schlussphase der erweiterten Erfolgskontrolle 2005 bis 2009 Gegenstand begleitender Analysen waren. Bei einem der drei Projekte handelt es sich um das AiF/DFG-Cluster „Thermisches Spritzen“, das von der Forschungsvereinigung initiiert wurde (s. Geschäftsbericht DVS-FV 2009 und im Internet: [iot.rwth-aachen.de/index.php?id=1189](http://iot.rwth-aachen.de/index.php?id=1189)). Die Projektlaufzeit endet 2011. Nachfolgend wird das Ergebnis der Evaluierung des Clusters zusammengefasst dargestellt.

### Schnittstellenmanagement zwischen den Teilprojekten

Für die erfolgreiche Zusammenarbeit in einem Cluster-Projekt sind die Kommunikation und die passgenaue Abstimmung der einzelnen Arbeitsphasen von besonderer Bedeutung. Diese Schnittstellen oder Übergabepunkte sind in der Projektkonzeption vorab zu bestimmen und zeitlich festzulegen. Sie stellen wichtige Orientierungspunkte für das Cluster- und das jeweilige Projektmanagement dar. Da die Schnittstellen und die Kommunikation ein entscheidendes Kriterium für die Realisierung von Synergieeffekten der Zusammenarbeit unterschiedlicher Forschungseinrichtungen darstellt, wurden in der Befragung der Forschungsstellen durch das RWI diesem Aspekt besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die Unterscheidung der Ergebnisse nach einzelnen Cluster-Vorhaben zeigte, dass in dem Projekt „Thermisches Spritzen“ die Arbeiten besonders weit fortgeschritten waren. Hier wurde das Plansoll in 13% der Teilprojekte sogar übertroffen. Auch die wechselseitigen Bezüge als der Grad der Verzahnung der einzelnen Teilprojekte waren im Vergleich zu den beiden anderen Clustern besonders ausgeprägt. 88% der Befragten im Cluster-Vorhaben „Thermisches Spritzen“ gaben an, ohne jedes einzelne Teilprojekt sei das Gesamtvorhaben nicht durchführbar.

### Rolle der projektbegleitenden Ausschüsse (PbAs)

Die PbAs sind ein wesentliches Instrument zur Sicherstellung des engen Kontakts zwischen Forschungsstellen und Unternehmen. Die Präsenz von Unternehmensvertretern im Projektgeschehen erscheint in den Cluster-Projekten umso wichtiger, als hier seitens der beteiligten Forschungsstellen recht unterschiedliche Forschungsinteressen aufeinander treffen, die es im Hinblick auf die zu lösenden Innovationsaufgaben zu bündeln gilt. Die PbAs bilden im günstigen Falle eine ideale Plattform dafür, dass die Unternehmen (kmU) ihre Erfahrungen, Kompetenzen und Erkenntnisinteressen in den Forschungsprozess einbringen. Die Ergebnisse der Umfrage unter den Unternehmen ergaben, dass insbesondere im Projekt „Thermisches Spritzen“ Unternehmen durch direkte Kontakte zwischen Forschungseinrichtungen und Industrie für das Engagement im PbA gewonnen wurden. Befragt nach den bedeutsamsten Motiven, sich in einem PbA einzubringen, war bemerkenswert, dass 20% der Unternehmen des PbAs in dem Projekt „Thermisches Spritzen“ sich für die Umsetzung von Normen und Richtlinien interessiert haben, während dieses bei den übrigen Cluster-Vorhaben nahezu keine Rolle gespielt hat. Im Hinblick auf die anwendungsbezogene Zielsetzung der industriellen Gemeinschaftsforschung ist bedeutsam, ob die Unternehmen ihre Erwartungen in Bezug auf konkrete, technische Fragen/Problemstellungen erfüllt sehen.

Dafür, dass es sich um Cluster-Projekte mit einer großen Spannweite an Forschungsfragen handelt, ist es als Erfolg anzusehen, dass 55% der PbA-Mitglieder größtenteils zufrieden waren. Bei dem Projekt „Thermisches Spritzen“ war der Anteil der Forschungsfragen, die unmittelbar anwendungsbezogene Themen ansprachen, besonders hoch. 52% sahen hier ihre Erwartungen als überwiegend erfüllt an. Im Hinblick auf die Art und Weise der Organisation und Durchführung der projektbegleitenden Ausschüsse zeigten sich 57% besonders zufrieden.

### Ergebnistransfer

Da zum Zeitpunkt der Untersuchung noch so gut wie keine Cluster-Vorhaben abgeschlossen waren, wurden zum Ergebnistransfer und zu den Nutzungen beziehungsweise den industriellen Umsetzungen der Projektergebnisse noch keine abschließenden Einschätzungen vorgenommen. Dennoch konnten einige in diesem Zusammenhang relevante Aspekte untersucht werden. Die Ergebnisse zeigten, dass die gesamte Palette der Transferkanäle sehr intensiv genutzt werden soll. Dies betrifft die Präsentation von Projektergebnissen in unterschiedlichen Kontexten genauso wie die Veröffentlichung in Fachzeitschriften. Zudem sollen Unternehmen auch außerhalb der projektbegleitenden Ausschüsse gezielt angesprochen werden. 60% der Teilprojekt-Verantwortlichen gaben an, hinsichtlich der möglichen Umsetzung der Projektergebnisse Unternehmen beraten zu wollen. Hinzu kommen die Transfermaßnahmen, die auf der Ebene des Cluster-Gesamtprojekts umgesetzt werden. Dies umfasst nicht nur den gemeinsam zu erstellenden Abschlussbericht, sondern alle Maßnahmen, die eine Gesamtschau der erzielten Projektergebnisse betreffen.

### Nutzung der Projektergebnisse

Bei der Befragung, welche Nutzung aus Sicht der Forschungsstellen in Betracht kommt, wurde am häufigsten wurde die Vertiefung der Kenntnisse über neue technologische Entwicklungen sowie über relevante Forschungsfragen genannt, was für knapp 75% der Teilprojekt-Verantwortlichen wesentliche Nutzenaspekte darstellte. Unter Netzwerkaspekten hervorzuheben ist der Umstand, dass 70% der befragten Teilprojektverantwortlichen das Knüpfen von Kontakten zu neuen Partnern als Nutzen nannten. Für 60% stellt zudem die Weiterentwicklung von Produkten bzw. Verfahren einen Nutzen dar. Die Befragung der Unternehmen in den projektbegleitenden Ausschüssen ergab, dass knapp 76% der Unternehmen eine Nutzung von schon vorliegenden Projektergebnissen umsetzt oder dies planen. Ein Viertel der PbA-Unternehmen gab an, die schon vorliegenden Ergebnisse eines Teilprojekts bereits umgesetzt zu haben,

ein weiteres Drittel plant, dies in absehbarer Zeit zu tun. Lediglich jedes zehnte Unternehmen plant, die Ergebnisse des Gesamtprojekts umzusetzen. Letzteres dürfte damit zusammenhängen, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht genau absehbar ist, welche Ergebnisse auf der Gesamtprojektebene erzielt werden. Möglicherweise werden nach Projektabschluss die dann vorliegenden Ergebnisse weitere Firmen zu einer Umsetzung der Ergebnisse ermuntern.

### Vorläufige Gesamtbetrachtung des Clusters aus Sicht des RWI

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Unternehmen die Fördervariante CLUSTER positiv einschätzen, jedoch zu Einzelaspekten eine differenzierte Meinung haben.

Die Forschungsvereinigung des DVS, die das Cluster-Vorhaben „Thermisches Spritzen“ administriert, hat sich sehr frühzeitig für die Idee der Cluster-Vorhaben eingesetzt und dies auch in den eigenen Forschungsausschüssen propagiert. Als Vorstufe des Cluster-Projektes „Thermisches Spritzen“ wurde von der Forschungsvereinigung in Zusammenarbeit mit der GTS (Gesellschaft Thermisches Spritzen) eine Studie erstellt, in der die Forschungsbedarfe der Unternehmen der Branche der Oberflächenbeschichter untersucht wurden. Mit der Studie ist es gelungen, eine sehr breite Palette an unterschiedlichen Forschungsthemen zu generieren. Sie war im Grunde der Fundus, aus dem die Idee des Cluster-Vorhabens erwachsen ist. Von allen AiF/DFG-Cluster-Vorhaben war das Projekt „Thermisches Spritzen“ das erste, das beantragt und bewilligt wurde. Die Forschungsvereinigung des DVS ist mit der Untersuchung des Forschungsbedarfs im Technologiefeld „Thermisches Spritzen“ einen interessanten und Erfolg versprechenden Weg gegangen, der schließlich die Grundlage für das Konzept des Cluster-Vorhabens geebnet hat. Die Idee, Teilprojekte grundlagenorientierter und anwendungsorientierter Natur zu verbinden, hat sich in den drei untersuchten CLUSTER-Projekten bewährt.

Unternehmen, darunter kmUs, sind in allen drei untersuchten Projekten durch sehr aktive PbAs und die zentrale Rolle von Unternehmensvertretern in der gesamten PbA-Konstruktion stark eingebunden. Ergebnisse von Teilprojekten werden zum Teil unmittelbar in betriebliche FuE-Prozesse eingespeist, ohne dass hierüber ein detaillierter Nachweis geführt würde. Insbesondere auch im Cluster „Thermisches Spritzen“ war ein sehr enger Kontakt zwischen vorwettbewerblichem Projektgeschehen und betrieblicher FuE festzustellen.

*(Quelle: Auszug aus dem Endbericht des RWI „Untersuchung von CLUSTER- und CORNET-Vorhaben“ - Essen, Januar 2011)*

## 17. „Innovationstag Mittelstand“ des BMWi und der AiF 2010



Auch 2010 führte die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) den „Innovationstag Mittelstand“ durch. Am 17. Juni 2010 stellten auf dem Freigelände der AiF-Geschäftsstelle in Berlin über zweihundert kleine und mittlere Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus dem ganzen Bundesgebiet neue Verfahren, Dienstleistungen und Produkte vor, die mit finanzieller Unterstützung der Innovationsförderung des BMWi entwickelt wurden. Aussteller und Besucher nutzten die Leistungsschau als Möglichkeit, sich aus erster Hand über die Technologieförderung durch den Bund zu informieren und in vielen Gesprächen Kontakte zu Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu knüpfen. Rund 1.200 Gäste, unter denen sich auch dreizehn Mitglieder des Deutschen Bundestages befanden, besuchten die Veranstaltung.

Begrüßt wurden sie vom Präsidenten der AiF, Dr. Gräbener, der in seiner Rede hervorhob, dass die mittelstandsorientierte Technologieförderung des BMWi durch die Aufstockungen im Rahmen des Konjunkturpaketes II in den vergangenen Monaten einen enormen Aufschwung erfahren habe.

Anschließend eröffnete der Bundesminister für Wirtschaft und Technologie, Rainer Brüderle, den Innovationstag. In seiner Rede verwies Brüderle darauf, dass sich die Zahl der vom BMWi geförderten Forschungsprojekte in den letzten beiden Jahren verdreifacht hat. Insgesamt hat BMWi seit dem Jahr 2005 die Mittel für die KMU-Förderung von 375 Mio. Euro auf 674 Mio. Euro im Jahr 2010 erhöht. Dies entspricht einer Anhebung von etwa 80 Prozent innerhalb von fünf Jahren. Brüderle betonte zudem, dass trotz der notwendigen Haushaltskonsolidierung die Haushaltsmittel bei der Technologieförderung nicht gekürzt würden, da ein innovativer Mittelstand für ein dauerhaft höheres Wachstumspotenzial entscheidend sei.

Beim nachfolgenden Rundgang auf dem Ausstellungsgelände zeigte sich den Gästen und Besuchern ein weit gespanntes Spektrum an Forschungs- und Entwicklungsprojekten aus den unterschiedlichsten Branchen.

Auch die Forschungsvereinigung des DVS befand sich unter den in diesem Jahr rund 200 Ausstellern. Zusammen mit der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA)



Links: Professor Dr. rer. nat. Stefanie Heiden, seit Mai 2010 neue Hauptgeschäftsführerin der AiF und Rainer Brüderle, Bundesminister für Wirtschaft und Technologie während der Begrüßungsrede des AiF-Präsidenten Dr. Gräbener

Bild 23



„Keine Mittelkürzungen bei der Technologieförderung“: Bundeswirtschaftsminister Rainer Brüderle eröffnet den 17. Innovationstag Mittelstand des BMWi.

Bild 24

wurden am Gemeinschaftsstand gleich mehrere Forschungsvorhaben aus der Industriellen Gemeinschaftsforschung der AiF präsentiert. Im Vordergrund standen hier bei fügetechnische Themen. Die anwesenden Vertreter der Forschungsstellen nahmen die Gelegenheit wahr, in vielen Einzelgesprächen interessierten Besuchern des gemeinsamen Ausstellungsstandes die Ergebnisse aus den Projekten zu erläutern.



Stand der Forschungsvereinigung des DVS und der FOSTA auf dem Ausstellungsgelände (Garten der AiF-Geschäftsstelle in Berlin-Pankow)

Bild 25



Professor Klaus Dilger (2. v. li.), ifs, TU Braunschweig/ LKT GmbH, Aachen, im Gespräch mit Besucher am DVS/FOSTA-Stand

Bild 26

### Folgende Forschungsprojekte wurden auf dem Stand präsentiert:

#### Geschwindigkeitsproportionaler Handauftrag von Klebstoffen (IGF-Nr. 12.776 N)

Da bislang noch keine industrielle Methode existierte, per Handauftrag durchgeführte Klebungen während des Applikationsprozesses auf ihre Qualität hin zu prüfen, wurde mit Hilfe des Vorhabens eine so genannte „geschwindigkeitsproportionale Handauftragseinheit“ entwickelt. Deren Sensorsysteme und Mikrocomputer berechnen den Ort und die Geschwindigkeit der Handauftragseinheit und den nötigen Durchfluss, um eine optimale Raupe zu erzeugen. Die Folge ist eine Qualitätssteigerung des Handauftrages und eine Reproduzierbarkeit der Fügung.

#### Hochverschleißbeständig beschichtete Gießformen (IGF-Nr. 15.203 B)

In der Gießtechnik war das Problem des Formenverschleißes in Folge von Korrosion durch das flüssige Aluminium bis heute nicht zufrieden stellend gelöst. Untersuchungen zum Einsatz von Wolframseudolegierungen haben deren hervorragende Korrosions- und Erosionsbeständigkeit belegt und zeigen ausgezeichnete Eigenschaften bezüglich Langzeitverhalten und Temperaturstabilität. Die Herstellung derartiger Legierungen als Halbzeuge durch Sintern ist allerdings sehr kostenintensiv. Alternativer Ansatz im Vorhaben war daher das Beschichten der verschleißintensiven Stellen mit den neuartigen Werkstoffen. Auf diese Weise konnte die Standzeit der Gießformen um das zwanzigfache gesteigert werden.

#### Stoffschlüssiges Fügen bei niedrigen Temperaturen - Nanofoil (IGF-Nr. 15.233 B)

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, die notwendigen Grundlagen und Anwendungshinweise für eine neuartige Füge-technologie unter kombinierter Nutzung von Größeneffekten und exothermen Reaktionen zum vollflächigen stoffschlüssigen Fügen zu erarbeiten. Die Ergebnisse zeigten, dass ein schnelles, metallurgisches Fügen von Werkstoffen bzw. Werkstoffkombinationen bei „Raumtemperatur“ möglich ist, und dass temperaturempfindliche Bauelemente aus Werkstoffen der neuen Technologie flächig-stoffschlüssig zu Baugruppen verbunden werden können.

#### Werkzeughalter für die Prozesskontrolle beim Rührreißschweißen (IGF-Nr. 15.689 B)

Hier stand die Entwicklung und Erprobung einer robusten und industrietauglichen Online-Prozesskontrolle für das Rührreißschweißen (FSW) im Mittelpunkt. Durch die intelligente Anordnung von Beschleunigungs- und Kraftsensoren in einem FSW-Bearbeitungskopf wurde es möglich, Prozessinstabilitäten frühzeitig zu erkennen. Es wurde ein Werkzeughalter konzipiert und konstruiert, welcher zur Messung der Axialkraft, des Drehmomentes, von Beschleunigungen in drei Achsen sowie der Werkzeugtemperatur geeignet ist.

#### FEM-Tool für die Auslegung von gelöteten Baugruppen (IGF-Nr 14.814 B)

In diesem Forschungsvorhaben wurde auf Basis eines FEM-Pakets ein interaktives Tool zur lötgerechten Konstruktions- und Verfahrensauslegung zum Hochtemperaturlöten mit prozessintegrierter Wärmebehandlung von temperierbaren

Formwerkzeugen entwickelt. Die Anwender werden mit dem Tool in die Lage versetzt, eigene Problemstellungen durch Importieren des CAD-Modells und der produktspezifischen Eigenschaften mit dem FE-Modell zu lösen. Durch die Korrelation mit den experimentellen Ergebnissen können Strategien zur konstruktiven Auslegung sowie zur Prozessführung empfohlen werden.

### Dehbare Adhäsiv-Brackets für die Zahnbebänderung (IGF-Nr. 14.477 N)

Auch von der FOSTA wurde einige IGF-Vorhaben präsentiert, darunter das Projekt „Dehbare Adhäsiv-Brackets für die Zahnbebänderung“ - eine Innovation für den kieferorthopädischen Dentalbereich: Es wurde ein Verfahren entwickelt, um die Brackets, die bisher üblicherweise mit Cyanacrylat auf die Zähne des Patienten klebtechnisch aufgebracht werden, nach Abschluss der Behandlung rückstandslos ohne Beschädigung der Zahnschmelzoberfläche wieder abzulösen.

### Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik 2011

Auf dem Gebiet der Klebtechnik als einem der Schrittmacher in den Technologiebranchen haben die gemeinsamen Anstrengungen von Forschung und Industrie wesentlich dazu beigetragen, das hierzu erforderliche Innovationspotential wesentlich zu steigern.

Diese Bedeutung der Klebtechnik hat seit Jahren zwei angemessene Foren in der Forschungsvereinigung des DVS erhalten: Zum einen im Gemeinschaftsausschuss „Klebtechnik“ (GA-K), zum anderen in der Kolloquienreihe „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“. Beide Foren werden gemeinsam mit drei weiteren Verbandspartnern aus der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) der AiF getragen. Aktuelle Themen und Anforderungen werden von den Unternehmen als Bedarf definiert und in das Gremium getragen. Die Forschungsstellen formulieren daraus Forschungsprojekte, deren Ergebnisse von den Unternehmen direkt genutzt werden. Im jährlichen Kolloquium wird über die Ergebnisse und deren Transfer in die Industrie in Vorträgen aus dem gesamten Spektrum der Klebtechnik berichtet.

### Förderung des ingenieurwissenschaftlichen Nachwuchses

Am 23. und 24. Februar 2010 setzte das Jubiläumskolloquium „10 Jahre Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“ in Frankfurt am Main mit knapp 290 Fachleuten und fachlich interessierten Teilnehmern einen neuen Glanzpunkt in der

Veranstaltungsreihe, die sich seit einiger Zeit auch die Förderung des ingenieurwissenschaftlichen Nachwuchses zur Aufgabe gemacht hat. Für eine ausgewählte Anzahl interessierter Studierender, die von den Forschungsstellen an den Hochschulen vorgeschlagen werden, werden die Kosten für die Teilnahme am Kolloquium wie für Anreise, Übernachtung und Teilnehmergebühren mit Hilfe von Sponsorengeldern, mit denen eine Reihe namhafter Industrieunternehmen die Veranstaltung unterstützen, übernommen. Diesem Angebot der Träger des Gemeinschaftsausschusses, das auch für 2011 fortgeführt wird, kamen 2010 insgesamt 28 Studierende nach. Wie schon im Jahr 2009 haben einige der eingeladenen Studierenden die Gelegenheit wahrgenommen, ihre persönlichen Eindrücke zur Jubiläumsveranstaltung zu schildern:



**Christine Nowak, Studierende am Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs), TU Braunschweig:**

*„Das Kolloquium ist eine der wichtigsten Fachtagungen der Klebtechnik. Die Vorträge waren sehr abwechslungsreich und interessant und durch die „Exkurse“ wurde das Thema Klebtechnik von einer anderen Seite beleuchtet. In den Pausen zwischen den Vortragsblöcken konnte man sich die Ausstellungsstände einiger teilnehmender Firmen anschauen und noch weitere Einblicke in das aktuelle Forschungsgeschehen bekommen. Das Ende des ersten Veranstaltungstages war durch vielfältige Gespräche wissenschaftlicher und privater Natur geprägt. Auch am zweiten Tag gab es viele interessante Vorträge und Gespräche, durch die ich neue Einblicke in die Welt der Klebtechnik bekommen habe. Ich freue mich, die Möglichkeit bekommen zu haben, an dem Kolloquium teilnehmen zu können. Ich konnte viele neue Kontakte knüpfen und durfte einen Blick auf die aktuelle Klebtechnikforschung anderer Forschungseinrichtungen und Firmen werfen. Eine Veranstaltung, die ich nur weiter empfehlen kann.“*



**Joachim Kahrs, ebenfalls Studierender am Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs) TU Braunschweig:**

*„Als Student der TU Braunschweig bekam ich im Rahmen von Förderungen die Möglichkeit, am 10. Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“ als Besucher teilzunehmen. Nicht nur die Institute konnten sich hier präsentieren, sondern auch Forschende und Firmen. Es war alles*

dabei, vom Haus über das Flugzeug bis zum Bereich der Mikrotechnik. In Gesprächen konnte man im Anschluss an den Veranstaltungstag noch direkt und persönlich die Themen vertiefen und Kontakte knüpfen. Mich als Studenten hat das sehr angesprochen und ich kann diese Veranstaltung jedem nur empfehlen. Dank der Unterstützung der Forschungsvereinigung des DVS und den anderen Förderern ist es für Studenten möglich, hier einen breiten Einblick in die Forschung, Entwicklung und den praktischen Einsatz der Klebtechnik zu bekommen.“



**Nicolas Elsner, Studierender am Institut für Schweißtechnik und Füge­technik (ISF) an der RWTH Aachen, meint:**

„Das Jubiläumskolloquium „10 Jahre Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“ war insgesamt eine sehr gelungene und gut organisierte Veranstaltung. Bemerkenswert fand ich die Vielzahl unterschiedlichster Themenbereiche, aus denen die Veranstaltung zusammengesetzt war. Hierbei möchte ich, auf Grund der Aktualität, das Thema „Ertüchtigung von Gebäuden in Erdbebenregionen durch Kleben von Naturfasergewebe­nen“ im Besonderen hervorheben. Die Abendveranstaltung bot Gelegenheit, persönlich mit Kollegen ins Gespräch zu kommen und fügte sich gut in das Gesamtkonzept ein.“



**Auch Herr Jan-Henning Bösch, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, war vom Kolloquium begeistert:**

„Das Kolloquium zur Gemeinsamen Forschung in der Klebtechnik hatte dieses Jahr sein 10-jähriges Jubiläum und für mich, der diese Veranstaltung dank der Nachwuchsförderung zum ersten Mal besuchen konnte, war es eine sehr interessante, informative und vor allem gut durchorganisierte Veranstaltung. Die Buchung des Kolloquiums, der Bahnfahrt und zusätzlich die passende Hotelreservierungsempfehlung durch die Nachwuchsförderung vereinfachten die Vorbereitungen für mich und erhöhten die Erwartungen zugleich erheblich. Die Tagung bot mir interessante, informative und breit gefächerte Vorträge rund um das Thema Klebtechnik, einen Einblick in die Forschung und aktives `Networking`. Insbesondere zu diesem Thema bot das „Get-Together“ am ersten Tagungstag durch eine sehr gute Vorbereitung der Veranstalter und durch entspannte Atmosphäre der Teilnehmer ein überaus gutes Umfeld für das Knüpfen von Kontakten zu Personen aus der Forschung, der Industrie

als auch zu Studenten. Hier konnten vorgetragene oder auch aktuell von eigenem Interesse geprägte Themen ausgiebig und auf einem hohen fachlichen Niveau in einem privaten Gespräch diskutiert werden. Dieser durch die Nachwuchsförderung ermöglichte Einblick in das Kolloquium verschaffte mir sowohl fachlich als auch persönlich eine Weiterentwicklung und Fokussierung meiner Zukunft im Bereich der Klebtechnik.“

**Heide Gesa von Seggern, Fraunhofer IFAM in Bremen, meint:**

„Durch die Teilnahme am Kolloquium habe ich mir einen guten Überblick über die Institute und Unternehmen verschaffen können, die im Bereich der Klebtechnik tätig sind. Ich habe schon während meines Studiums gemerkt, wie wichtig Meinungs­austausch und Diskussionen sind, um vielfältige Ideen zu entwickeln und Probleme zu lösen. Die Teilnahme am Kolloquium hat mir die Bedeutung von Kooperationen und Netzwerken nochmals vor Augen geführt. Diese Erfahrung wird mir in meiner Tätigkeit als Ingenieurin weiterhelfen.“



### Von der Forschung über technische Lösungen zur Ausbildung am Beispiel des Weichlötens in der Elektronikfertigung

Anfang der 2000er Jahre erschienen mit den EU-Richtlinien RoHS und WEEE ein Stoffverbot für Blei in Elektroniklötstellen und eine Rücknahmeverordnung für Elektronikprodukte am Horizont der Hersteller und Händler auf. Daraufhin wurden von verschiedenen Institutionen – auch durch Beteiligung des DVS – Aktivitäten und Technologieprojekte gestartet, um die Entwicklung geeigneter Materialien und Maschinen zu unterstützen.

Dazu gehörten unter anderem:

- EUREKA LEADFREE – ein Projekt zur Förderung des grenzübergreifenden Erfahrungsaustausches mit Beteiligung von Arbeitsgruppen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz.
- Life LEADFREE – ein Projekt des Fraunhofer-Instituts für Siliziumtechnologie ISIT zur Entwicklung und Umsetzung von Trainingsprogrammen für die Industrie zur Umstellung der Elektronikproduktion auf bleifreie Fertigung.

- DVS IGF (industrielle Gemeinschaftsforschung in der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren des DVS) – Projekte zur Maschinenteknik und zur Fertigungstechnologie im bleifreien Reflow- und Wellenlöten. Hier wurden im Rahmen von ZUTECH-Projekten zwischen 2001 und 2006 Vorhaben zum bleifreien Löten durch den Fachausschuss 7 „Löten“ initiiert, umgesetzt und begleitet (siehe untenstehende Tabelle - **Bild 28**). Die Ergebnisse wurden in zwei Veranstaltungen 2003 und 2005 der Öffentlichkeit vorgestellt. Daraus ergab sich in der Folge das Interesse der Forschungsvereinigung, sich am europäischen LEADOUT-Projekt zu beteiligen:

LEADOUT „Low Cost Lead-Free Soldering Technology to Improve Competitiveness of European SME“ – ein Projekt, mit dem einer möglichst breiten Anwendergruppe von kmUs überall in Europa technische Unterstützung zur Lösungsfindung der aus dem Ersatz von SnPb-Löten in der Elektronikindustrie resultierenden Probleme zur Verfügung gestellt werden [1].

### Vorhaben der Forschungsvereinigung im Rahmen von ZUTECH-Projekten zum Thema „Bleifreies Löten“

DVS-Nr. IGF-Nr.	Projekttitel	Laufzeit	beteiligte Institute
07.000 48.000 Z	Verarbeitbarkeit und Zuverlässigkeit der bleifreien Lote SnAg3,9Cu0,6 und SnCu0,7 für das Reflow-, Wellen- und Reparaturlöten	01.05.2001 bis 30.04.2003	1) Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration 2) Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie 3) Technische Universität München Lehrstuhl für Werkstoffe und Werkstoffmechanik
07.001 49.000 Z	Oberflächentechnik für die Bearbeitung bleifreier Lote in Lötmaschinen	01.05.2001 bis 30.04.2003	1) Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde, 2) Technische Universität Chemnitz Lehrstuhl für Verbundwerkstoffe, 3) Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen Lehrstuhl für Oberflächentechnik im Maschinenbau
07.002 00.132 Z	Volumeneffekte und technische Zuverlässigkeit von bleifreien Lötstellen	01.11.2003 bis 30.04.2006	1) Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, 2) Technische Universität Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik, 3) Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie
07.003 00.131 Z	Oberflächeneffekte von Komponenten zum bleifreien Löten	01.11.2003 bis 31.10.2005	1) Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie, 2) Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration

Die vorgenannten Aktivitäten verhalfen den Firmen zur Erarbeitung der notwendigen Technologie. Die Machbarkeit wurde gezeigt, allerdings wurden auch Lücken im Fertigungsbereich deutlich: Zunächst waren Investitionen in neue Lötanlagen sowohl für Reflow- als auch Wellenlötungen notwendig. Auch Handlötstationen und -werkzeuge mussten an die neuen Werkstoffe angepasst werden; nachfolgend bestand auch der Bedarf dafür, die Bediener nicht nur für den Umgang mit den neuen Anlagen auszubilden, sondern auch Strategien der Temperaturführung in einem engeren Prozessfenster zwischen Lötwärmebedarf und Lötwärmebeständigkeit zu erarbeiten. Im Verlauf des erwähnten Life LEADFREE Projektes wurden erste Schulungsinhalte für das Hand- und Maschinenlöten zusammengestellt und in einer

Reihe von Seminarveranstaltungen erprobt [2]. Die Beteiligung der Forschungsvereinigung des DVS am LEADOUT-Projekt gab den Anstoß, im System von DVS-PersZert® Ausbildungsgänge zum Löten in der Elektronikfertigung zu schaffen (Bild 29). 2007 startete der Vorlauf. Die neu gegründete DVS-Arbeitsgruppe AG V 6.3 „Ausbildung Weichlöten in der Elektronikfertigung“ formulierte Richtlinien für die Anforderungen an die Ausbildungsinhalte und Bildungseinrichtungen, Trainer und Prüfer. 2008 begannen die ersten Kurse, seitdem werden Erfahrungen mit der Ausbildung in Theorie und Praxis gesammelt. 2009 wurden die Erfahrungen in die Ausbildungs- und Prüfungssystematik nach Vorgaben der DVS PersZert®-Struktur umgesetzt.

### Das DVS-Netzwerk: Forschung, Technik, Zertifizierung und Ausbildung - Entwicklung neuer Berufsbilder am Beispiel des Weichlötens

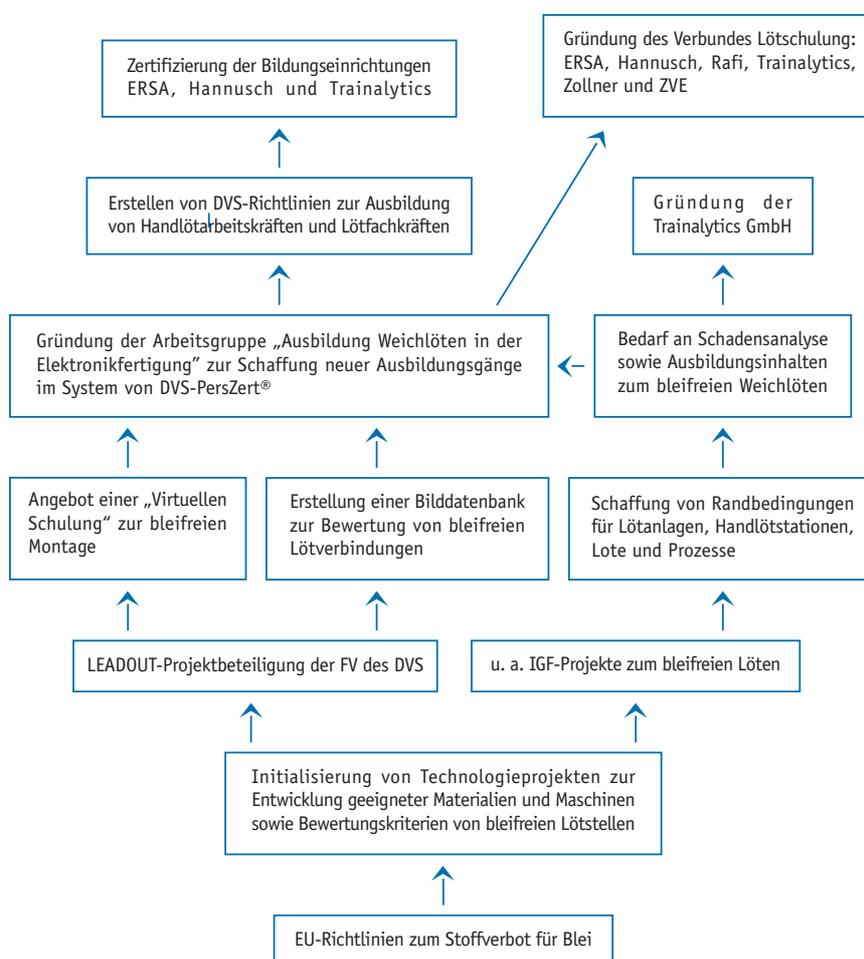


Bild 29

Im April 2010 wurde Trainalytics GmbH, Lippstadt, als LTLE Löttechnische Lehranstalt/Elektronikfertigung zertifiziert, im Juli 2010 wurden die Firmen Hannusch Industrie-elektronik, Laichingen, und ERSA GmbH, Wertheim, als Löttechnische Kursstätte LTKE zertifiziert. Alle drei wurden sowohl als Bildungseinrichtung als auch als Prüfstelle zertifiziert. Das bedeutet, dass an diesen Stellen sowohl Trainer für die Ausbildung als auch unabhängige Prüfer tätig sind. Ende Juli 2010 war dann der erste Erfolg zu verbuchen: Die ersten sechs Kandidaten haben ihre Prüfung zur Lötfachkraft erfolgreich bestanden.

### Neuer Ausbildungsverbund „Weichlöten in der Elektronikfertigung“

Aus den Gründungsmitgliedern der DVS AG V 6.3 hat sich ein Verbund gebildet, der die DVS-Lötfachausbildung durchführt und vorantreibt. Die Einrichtungen im Verbund bilden aus unterschiedlichen Blickwinkeln einen optimalen Mix von Theorie und Praxis, im Sinne von Verantwortung für Produkt, Prozess und Personal sowie übergreifendes Qualitätsmanagement durch Formulierung, Weitergabe und Überprüfung der Anforderungen. Der Verbund besteht aus den Firmen Rafi GmbH (OEM), Zollner AG und Hannusch Industrieelektronik (beide EMS), ERSA GmbH (Gerätehersteller), ZVE des Fraunhofer IZM (Forschungsinstitut) und Trainalytics GmbH (Dienstleister für Schulungen und Qualitätsbewertung) [3].



Praxisanleitung zum Handlöten

Bild 30



Lötschulung, Praxis im Technikum

Bild 31

### Ausbildungsverbund „Weichlöten in der Elektronikfertigung zur Umsetzung der Richtlinien DVS 2620 „Handlöt-Arbeitskraft“ und DVS 2621 „Lötfachkraft“



Bild 32

### Erfolg durch Forschung

Über die Feststellung, Initiierung und Umsetzung von Forschungsbedarf zum Thema „Bleifreies Löten“ durch die Forschungsvereinigung im Rahmen der IGF und durch die Beteiligung an EU-Projekten wurden anwendungsnahe Lösungen für das Handwerk und die Industrie, insbesondere für KMUs geschaffen. Diese Forschungsergebnisse wurden aufgegriffen und in technischen Regeln dokumentiert. Besonders hervorzuheben ist, dass sich über die direkte Ergebnisnutzung durch Anwender hinaus neue Wirtschaftszweige mit Unternehmensgründungen entwickelt haben.

Ein Beispiel ist die Initiative, die zur Gründung des Unternehmens Trainalytics in Lippstadt führte. Ursprünglich als reiner Trainingsanbieter gedacht, zeigten Gespräche mit KMU aus dem Raum Ostwestfalen-Lippe („OWL“) zusätzlich den Bedarf von schnellen Schadensanalysen. So entstand ein Businessplan auf Basis der Erfahrung mit Qualifizierung von Leiterplatten, Bauteilen und Baugruppen, angewandter Forschung, Mitarbeit in DVS Fachausschüssen und anderen Gremien, und der Gestaltung und Durchführung von Lötseminaren. Der Firmengründer Dr.-Ing. Thomas Ahrens setzt damit ohne Unterbrechung seine Mitgliedschaft im Fachausschuss FA 7 „Löten“ als Industrievertreter fort, nachdem er viele Jahre lang erfolgreich die angewandte Forschung als Institutsvertreter des Fraunhofer ISIT vorangetrieben hat. Die Trainalytics GmbH schließt eine Lücke in der zertifizierten Fachausbildung für Praktiken in der Baugruppenfertigung. Im Verbund LötSchulung sind damit mehrere neue DVS Bildungseinrichtungen entstanden, wobei Trainalytics die einzige Neugründung ist. Trainalytics ist Mitglied im DVS und in der Fachgesellschaft Löten des DVS.

Herr Ahrens und eine weitere Mitarbeiterin sind DVS-Prüfer als auch persönliche DVS-Mitglieder. So funktioniert die Einbindung von Forschungsergebnissen in die Ausbildungsinhalte auf direktem Wege.

[1] Beteiligung der Forschungsvereinigung im EU-Projekt LEADOUT. Geschäftsbericht 2007 der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS, S. 24, Düsseldorf 2008.

[2] T. Ahrens: Lötfertigkeiten und Reparatur systematisch trainieren: DVS Ausbildung zur Handlötärbeitskraft in der Elektronikfertigung. 2. DVS-Tagung „Weichlöten 2011 - Forschung & Praxis für die Elektronikfertigung“. DVS Berichte Band 273. DVS Media, Düsseldorf 2011.

[3] Zertifizierte Ausbildung zum Weichlöten in der Elektronikfertigung Jahrbuch Mikroverbindungstechnik 2010 / 2011. DVS Media, Düsseldorf 2010.

# 5 Fachausschüsse der Forschungsvereinigung

## Die Fachausschüsse

Für eine effiziente und erfolgreiche kooperative Forschungsförderung ist es von entscheidender Bedeutung, dass ein enger Kontakt zwischen Forschungsvereinigung, Unternehmen und Forschungsstellen besteht. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Unternehmen mit ihren Forschungsanliegen Gehör finden und ein kontinuierlicher wissenschaftlich-technischer Gedankenaustausch zwischen den Akteuren stattfindet.

Diese Aufgabe obliegt den Fachausschüssen der Forschungsvereinigung (**Bild 33**, gegenüberliegende Seite), die das gesamte Spektrum der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung repräsentieren. Sie 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 Meinungs-austausch zwischen den Vertretern der Industrie, der Körperschaften und der Forschungsinstitute.

### Neuer Fachausschuss FA 13 „Generative Fertigungsverfahren - Rapidtechnologien“

Die kontinuierliche Beobachtung der aktuellen technischen Trends zeigte jüngst, dass die generativen Fertigungsverfahren zunehmend in den Vordergrund der industriellen Fertigung rücken. Einhergehend mit der Feststellung, dass in der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) bislang keine koordinierten Aktivitäten zu diesem Verfahren erkennbar waren, führte diese Beobachtung zum Ansatz, die Rapidtechnologien in der Forschungsvereinigung und der IGF als eigenes Themengebiet zu etablieren.

Im Bereich Bildung wurden bisher die DVS-Lehrgänge „Fachkraft Rapid Manufacturing mit generativen Fertigungsverfahren – Fachrichtung Kunststoff und Fachrichtung Metall“ erarbeitet. Im Bereich Normung/Standardisierung wurde die Umwandlung der VDI-Richtlinie 3404 in eine ISO Norm begonnen. Hierzu wurde im Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT) der Arbeitsausschuss „Generative Fertigungsverfahren“ gegründet. Der ISO-Normentwurf trägt den Arbeitstitel „Generative Fertigungsverfahren - Rapidtechnologien (Rapid Prototyping) - Grundlagen, Begriffe, Qualitätskenngrößen, Liefervereinbarungen“.



Am 22. April 2010 fand in Düsseldorf erstmals ein DVS/VDI-Forschungsseminar 2010 „Generative Fertigungsverfahren - Rapidtechnologien“ statt. In seiner Sitzung am 29. April 2010 entschied anschließend der Forschungsrat der Forschungsvereinigung, einen eigenständigen Fachausschuss zu diesem Thema zu gründen.

In der Gründungssitzung am 10. November 2010 in Düsseldorf wurde Prof. Dr.-Ing. Gebhardt, Centrum für Prototypenbau GmbH, Erkelenz, zum Vorsitzenden gewählt. Herr Gebhardt, der auch auf dem Lehr- und Forschungsgebiet „Hochleistungsverfahren der Fertigungstechnik Rapid Prototyping“ der FH Aachen tätig ist, stellte das Titelbild für diesen Geschäftsbericht zur Verfügung. Es zeigt die Nachbildung eines menschlichen Femurknochens, der mit Hilfe dieses Verfahrens erzeugt wurde.

Im neuen Fachausschuss 13 wurden Forschungsfelder und Forschungsbedarf definiert und erste Forschungsanträge gestellt. Alle Forschungsinhalte rund um die generativen Fertigungsverfahren werden zukünftig in der Forschungsvereinigung im Fachausschuss 13 zusammengefasst.

**FA 1**



**Metallurgie und Werkstofftechnik**

**FA 6**



**Strahlverfahren**

**FA 11**



**Kunststoff-fügen**

**FA 2**



**Thermisches Beschichten & Autogentechnik**

**FA 7**



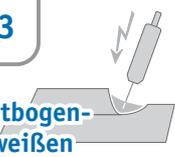
**Löten**

**FA 13**



**Rapid-technologien**

**FA 3**



**Lichtbogen-schweißen**

**\* FA 8**



**GA-K Klebtechnik**

**\*\* FA I2**



**Anwendungsnah Schweißsimulation**

**FA 4**



**Widerstands-schweißen**

**FA 9**



**Konstruktion & Berechnung**

**\*\*\* FA Q6**



**Arbeitssicherheit und Umweltschutz**

**FA 5**



**Sonderschweiß-verfahren**

**FA 10**



**Mikroverbindungs-technik**

**\*\*\*\* FA V4**



**Unterwasser-technik**

\* GA-K Gemeinschaftsausschuss Klebtechnik

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

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

\*\*\*\* V4 Hauptbereich V des AFT „Verfahren“

# 5 Fachausschuss 1



[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. Sven Jüttner**  
Volkswagen AG, Wolfsburg

## Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- W 1 „Technische Gase“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W1](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W1)
- W 2 „Schweißen von Gusswerkstoffen“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W2](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W2)
- W 3 „Fügen von Metall, Keramik und Glas“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W3](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W3)
- W 4 „Fügen von Kunststoffen“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W4](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W4)
- W 5 „Schweißzusätze“ - [www.dvs-aft.de/AfT/W/W5](http://www.dvs-aft.de/AfT/W/W5)
- W 6 „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 Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

### Untersuchung zur Vermeidung der Wasserstoffversprödung beim Lichtbogenbolzenschweißen an Stahlwerkstoffen

(IGF-Nr. 15.564 N / DVS-Nr. 01.061)

Laufzeit: 1. März 2008 - 28. Februar 2010

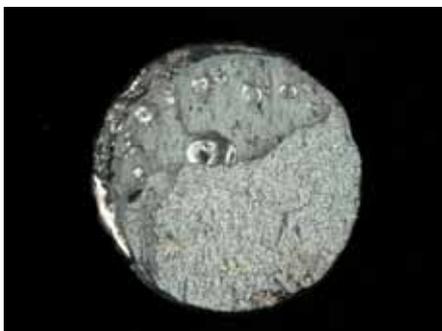
Dipl.-Ing. F. Zech, SLV München, Niederlassung der GSI mbH

In diesem Projekt wurden an Bolzenschweißungen mit Hubzündung der Durchmesser 16 bis 22 mm mit Hilfe der Heißextraktionsmethode (1040 °C, Trägergas Stickstoff) Einflüsse des Keramikringes, der Oberflächenvorbehandlung und der Bolzen- und Blechmaterialien auf den Wasserstoffgehalt der Schweißproben und deren Auswirkungen auf das Tragverhalten bestimmt.

Ermittelt wurden Wasserstoffgehalte von 1 bis 1,2 ppm im Mittel bei artgleichen Bolzenschweißungen an dem gebräuchlichen Bolzenwerkstoff S235. Bei artfremden Verbindungen mit einem Fügepartner aus X5CrNi1810 ist mit höheren H<sub>2</sub>-Gehalten zwischen 2 und 3 ppm in den Schweißproben zu rechnen. An den legierten Ausgangsmaterialien sind Wasserstoffgehalte zwischen 1 und 6 ppm gemessen worden. Höhere H<sub>2</sub>-Gehalte weisen verunreinigte Werkstoffe z.B. bei einer Zunderschicht (+0,5 ppm) auf. Die Bolzenschweißungen an wasserstoffarm geglühten Bolzen, Blechen und Keramikringen führten ebensowenig wie Schutzgasbolzenschweißungen zu einer Verringerung des Wasserstoffgehaltes gegenüber Referenzschweißungen. Zudem haben sich an mittig geteilten Schweißproben deutliche Unterschiede in den H<sub>2</sub>-Gehalten zwischen den beiden Probenhälften ebenso wie bei den Grundwerkstoffen z.B. innerhalb einer Blechtafel oder eine Bolzencharge ergeben. Der Wasserstoffgehalt der Grundwerkstoffe spiegelt sich angenähert in der Schweißprobe wieder.

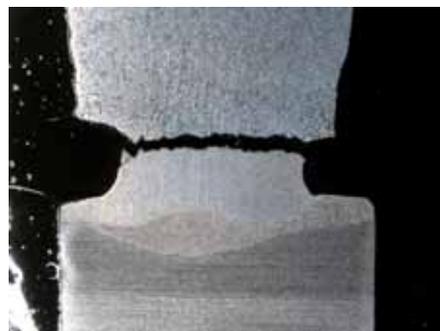
Anhand von REM-Untersuchungen werden an einigen Bruchflächen getrennte Bereiche mit Wabenbruchanteil einerseits und von Spröbruchgebieten andererseits unterschieden (**Bild 1a**). Andere Proben zeigen ein eher homogenes Bruchbild mit Spröbruchmerkmalen eines Wasserstoffeinflusses, deren Bruchlage häufig in der WEZ des Bolzens (**Bild 1b**) oder des Bleches je nach Werkstoffkombination zu finden ist. Bei Bruchlagen in der Schweißzone ist vorwiegend ein duktileres Bruchverhalten ohne Wasserstoffversprödung, dafür aber mit kleineren Fehlstellen festzustellen. Eine Versprödung ist somit in den Grundwerkstoffen vor allem in der WEZ des Bolzens zu erkennen.

Ein Ausfall der in der Praxis eingesetzten Bolzenschweißungen aufgrund von Wasserstoffversprödung kann bei Ausführung nach dem Stand der Technik hiermit ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse wurden bereits interessierten Bolzenschweißfachleuten u.a. auch aus dem Gemeinschaftsausschuss DVS / DIN AG V 2.2 / NA 092-00-16 AA „Bolzenschweißen“ präsentiert. Daraus entwickelte sich bereits eine weitere Zusammenarbeit mit der Industrie zur weiteren Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis.



a) oberer Bereich: Wabenbruch mit Poren in der Schweißzone, unterer Bereich: Spröbruch

Bolzen: X5CrNi18 10, Blech: S235 gestrahlt,  
Spröbruchanteil: 65%, Bruchkraft: 118 kN



b) Bruchlage im Bolzen Grundwerkstoff nach Einkerbung  
H<sub>2</sub>-Gehalt: 0,45 ppm, Spröbruch: 95 %

Bolzen: S235, Blech: P460, beide Materialien gegläht  
(1050°C, 1 h) und gestrahlt

**Bild 1** - Bruchverhalten und Bruchlage verschiedener Bolzenschweißverbindungen - Bolzen: 16 mm, Keramikring: Kellerlagerung

**Dipl.-Ing. Rainer Trillmich, Fa. Köster & Co GmbH:** „Das Thema Wasserstoffversprödung ist seit Jahren ein Thema beim Bolzenschweißen unterschiedlicher Werkstoffe und auf höherfesten Stählen. Durch die Untersuchung wurden Unklarheiten im Verständnis der Ursachen beseitigt, so dass den Anwendern klare Verhaltensregeln zur Vermeidung von Schäden an die Hand gegeben werden können. Dass gerade Bolzen aus nichtrostendem Stahl im Lieferzustand eine erhebliche Wasserstoffquelle bedeuten, war bisher so nicht bekannt und wird sicher zur Neuformulierung von einigen Anwendungsregeln führen.“

**Klaus Schramm, Fa. AS Schöler + Bolte GmbH:** „Für uns sind die Erkenntnisse über den Einfluss des Keramikringes bei dieser Untersuchung bedeutend. Bis jetzt wurde ein feuchter Keramikring als Hauptursache für die Versprödung der Bolzenschweißung infolge Wasserstoffeintrag gesehen. Da dies durch die Untersuchung nicht bestätigt wurde, ist die Fehlersuche bei schlechten Schweißergebnissen deutlich einfacher geworden.“

**Dipl.-Ing. Matthias Krüger, Fa. Bolzenschweißtechnik bsk + BTV GmbH:** „Diese Untersuchung veranlasste unser Unternehmen, unsere Kunden noch stärker bzgl. dieser Thematik zu sensibilisieren. Um prozesssichere Keramikringschweißungen und Schweißverbindungen mit Werkstoffen aus S235 und/oder austenitischen Werkstoffen ausführen und herstellen zu können, sind Kenntnisse über den Versprödungseinfluss durch Wasserstoff und mögliche Folgen unabdingbar. Im Rahmen von Bedienschulungen nach DIN EN 1418 ist insbesondere das Bedienpersonal aber auch die Schweißaufsichtsperson darauf eingehender hinzuweisen und zu schulen.“

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

#### Werkstoffgerechtes Fügen von hochfesten Pipelinebaustählen der Qualitäten X100 und X120 unter Baustellenbedingungen

(IGF-Nr. 15.915 N / DVS-Nr. 01.064)

Laufzeit: 1. Dezember 2008 - 30. November 2010

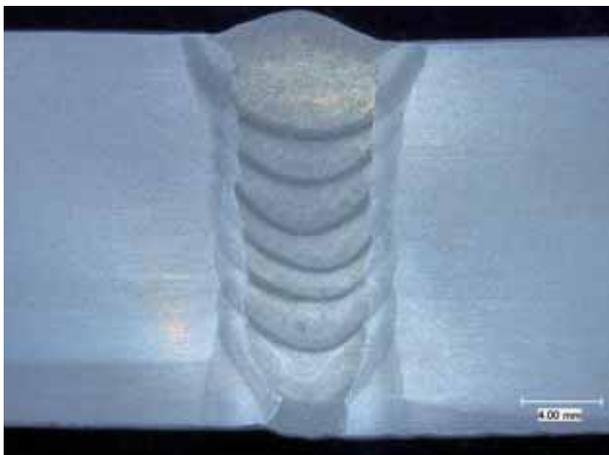
Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, RWTH Aachen University, Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik

Der weltweite Bedarf an Erdgas als Energieträger steigt stetig. Betrug die Fördermenge im Jahr 2000 noch 2500 Milliarden m<sup>3</sup>, so wird sich diese Menge bis zum Jahr 2025 verdoppeln. Analog verhält es sich mit der benötigten Infrastruktur zum Transport dieser Erdgasmenen: Weltweit wurden im Jahr 2003 rund 20.000 km Pipeline erstellt, wovon 60% dem Erdgastransport dienen, 2004 waren es bereits 40.000 km. Dies verdeutlichen auch die Produktionszahlen deutscher Rohrstuhl- und Rohrerhersteller. Großrohrleitungen aus hochfesten TM-Stählen bieten hier den besten Kompromiss bzgl. notwendiger Tonnage und geforderten mechanisch-technologischen Eigenschaften. Hierbei werden Rohrleitungen aus Stählen der Qualität X100 in Zukunft eine wichtige Rolle einnehmen.

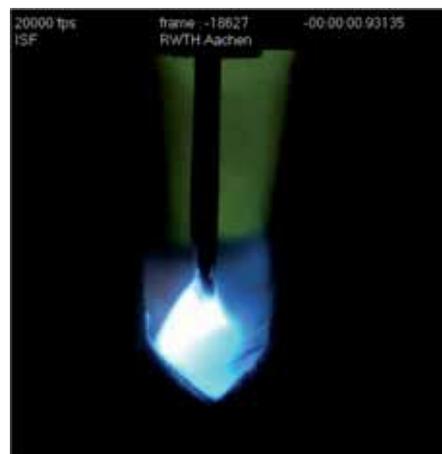
Ziel des Forschungsvorhabens war vor diesem Hintergrund die Bereitstellung einer werkstofflich orientierten Verarbeitungsanleitung für das Fügen von Rohrsegmenten aus hoch- und höchstfesten TM-Pipeline-Stählen unter Berücksichtigung technisch-wirtschaftlicher Aspekte und unter Variation der klimatischen Bedingungen zur Darstellung unterschiedlicher Baustellenbedingungen. Der genutzte Versuchsaufbau ermöglichte es hierbei Temperaturen im Bereich von -20 bis 40 °C und Luftfeuchten bis zur Sättigung zu erreichen.

Im Rahmen der Arbeiten wurde zunächst eine halborbitale Schweißtechnologie zur wirtschaftlichen Erstellung der Baustellenrundnaht entwickelt. Dies erfolgte an typischen Rohrwanddicken von 20 mm unter Nutzung einer Steiflankennahtgeometrie (**Bild 1** und **Bild 2**). Auf Basis dieser Schweißtechnologie wurde das Verhalten des Grund- und des verwendeten Zusatzwerkstoffes unter unterschiedlichen klimatischen Prozessrandbedingungen und unter Variation des Temperaturregimes erforscht. Bei den Untersuchungen wurde deutlich, dass sich das Zeit-Temperatur-Verhalten des verwendeten Zusatzwerkstoffes kritischer darstellt als das des Rohrwerkstoffes. Typische Streckenenergien im Bereich von 1kJ/mm in Kombination mit einem geeigneten Temperaturregime und einer positions- und lagenabhängigen Pendelstrategie erbrachten hier reproduzierbar die geforderten mechanisch-technologischen Gütewerte.

Die im Rahmen dieses Projektes am ISF entstandene Versuchstechnik gibt der Industrie nun dauerhaft die Möglichkeit Grund- und Zusatzwerkstoffe für den Einsatz unter extremen Klimabedingungen zu qualifizieren.



**Bild 1** - Beispiel Makroschliff Orbitalsteiflankennaht



**Bild 2** - Impulslichtbogenprozess in der Steiflankennaht

**Dr.-Ing. W. Scheller, Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH:** „Dieses interessante Projekt wurde von uns von Anfang an begleitet. Der im Forschungsvorhaben betrachtete TMCP-Stahl der Güte X100 bietet für den Einsatz als Pipelinewerkstoff großes wirtschaftliches und technologisches Potenzial hinsichtlich seiner schweißtechnischen Verarbeitbarkeit. Die erzielten Erkenntnisse helfen das mechanisch-technologische Verhalten des Werkstoffes im Schweißgut und in der Wärmeeinflusszone von unter Baustellenbedingungen geschweißten Rundnähten einzuschätzen.“

**Dipl.-Ing. J. Lengert, Bergrohr GmbH Siegen:** „Für den erfolgreichen Einsatz neuer Stahlwerkstoffe bei der Pipelineerstellung muss eine sichere und reproduzierbare Schweißseignung dieser Werkstoffe nachgewiesen sein. Die im Forschungsprojekt erreichten Ergebnisse hinsichtlich der Eigenschaften der Schweißverbindung und der benötigten Schweißtechnologie zeigen diese Schweißseignung auch bei unterschiedlichen klimatischen Prozessbedingungen grundsätzlich auf.“

**Dipl.-Ing. G. Neukirchner, PPS Pipeline Systems:** „Das im Rahmen der Arbeiten zu diesem Forschungsprojekt entwickelte halborbitale Fügekonzept ermöglicht aufgrund der Kombination von Nahtvorbereitung, optimierter MSG-Technologie und Berücksichtigung des Zeit-Temperaturverhaltens von Grund- und Zusatzwerkstoff bei unterschiedlichen Randbedingungen eine wirtschaftliche und werkstoffgerechte schweißtechnische Verarbeitung des X100 unter widrigen klimatischen Bedingungen. Das erarbeitete Konzept bietet dem Rohrleitungsbauer eine solide Grundlage für die spätere Anwendung bei der Trassierung.“

## Durchlaufende Forschungsprojekte 2010 im FA 1 5

### Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
01.069 16.316 B	<b>Schweißmetallurgische Untersuchungen zum wärmereduzierten MAG-Verbindungsschweißen heißrissempflicher Ni-Basislegierungen</b> Prof. Dr.-Ing. Martinek, IWF Magdeburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.316B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.316B</a>	01.03.2010	29.02.2012
01.071 16.364 B	<b>Schweißen von pulvermetallurgisch hergestellten ferritischen Chromstählen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Matthes, IFS Chemnitz Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.364B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.364B</a>	01.02.2010	31.01.2012
01.072 16.492 N	<b>Generieren und Fügen von SLM-Bauteilen aus Hartmetall</b> Prof. Dr.-Ing. Wesling, ISAF Clausthal Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.492N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.492N</a>	01.05.2010	30.04.2012
01.073 16.748 B	<b>Untersuchungen zur Vermeidung von Heißrissen beim Laserstrahlschweißen von austenitischen Cr-Ni-Stählen und Nickelbasislegierungen mittels Temperaturfeld-Tailoring</b> Prof. Dr. Beyer, IWS Dresden Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.748B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.748B</a>	01.10.2010	30.09.2012

# 5 Durchlaufende/Abgeschlossene Forschungsprojekte 2010 im FA 1

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
01.063 15.596 N	<b>Entwicklung von Füge-technologien für Leichtbauanwendungen mit schmiegbaren Gamma-Titanaluminiden verbesserter Duktilität</b> Dr.-Ing. Cramer, SLV München Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.596N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.596N</a>	01.06.2008	28.02.2011
01.065 16.034 B	<b>Legierungssysteme für Fülldrähte zum MSG-Schweißen von Aluminium-Knet- und Druckgusslegierungen</b> Dr.-Ing. Ströfer, SLV Halle Dr.-Ing. habil. Bouaifi, CeWOTec Chemnitz Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov, BTU Cottbus Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.034B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.034B</a>	01.04.2009	31.12.2011
01.067 16.242 N	<b>Verbesserung der Schweißseignung von Aluminium durch Kornfeinung</b> Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.242N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.242N</a>	01.10.2009	30.09.2011
01.066 16.277 B	<b>Metallkundlich-technologische Untersuchungen zum Elektronenstrahlschweißen mit kombinierter Mehrprozess-technik von austenitisch-ferritischen Stählen ohne Schweißzusatz</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Martinek, IWF Magdeburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.277B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.277B</a>	01.12.2009	30.11.2011

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
01.061 15.564 N	<b>Untersuchung zur Vermeidung der Wasserstoffversprödung beim Lichtbogenbolzenschweißen an Stahlwerkstoffen</b> Dr.-Ing. Cramer, SLV München Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.564N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.564N</a>	01.03.2008	28.02.2010
01.060 15.637 N	<b>Metallurgische Grundlagen zum Fügen mittels im Puls modulierbarer Laserstrahlquellen</b> Prof. Dr.-Ing.habil. Wilden, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.637N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.637N</a>	01.07.2008	31.12.2010
01.062 15.816 B	<b>Entwicklung von Verschleißschutzschichten auf Basis von Nickelhartlegierungen auf Aluminiumbauteilen mittels Plasma-Pulver-Auftragschweißen</b> Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Prof. Dr.-Ing. Martinek, IWF Magdeburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.816B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.816B</a>	01.10.2008	31.12.2010
01.064 15.915 N	<b>Werkstoffgerechtes Fügen von hochfesten Pipelinestählen der Qualitäten X100 und X120 unter Baustellenbedingungen</b> Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.915N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.915N</a>	01.12.2008	30.11.2010



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

Anprechpartner der Forschungsvereinigung  
**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. Gerhard Blossies**  
 KVT Kurlbaum GmbH, Osterholz-Scharmbeck  
**Stellvertr. Vorsitzender Werner Krömmel**  
 Linde Gas AG, Unterschleißheim

## 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 Beispiel - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

### Reproduzierbare und vergleichbare Ermittlung von Haftfestigkeitswerten für thermische Spritzschichten - Untersuchung und Bewertung der Fehlergrößen im Haftzugversuch nach DIN EN 582

(IGF-Nr. 14.930 N / DVS-Nr. 02.053)

Laufzeit: 1. Januar 2007 - 31. März 2009

Priv.-Doz. Dr. habil. A. Hartwig,

Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen

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

Aufgrund wiederholt festgestellter erheblicher Streuungen der Ergebnisse von entsprechend DIN EN 582 durchgeführter Haftzugfestigkeitsuntersuchungen bestand die Notwendigkeit, die Anwendbarkeit der Norm zu untersuchen, mögliche Fehlerursachen bei der Anwendung festzustellen und basierend darauf Maßnahmen zur Abhilfe fest zu legen.

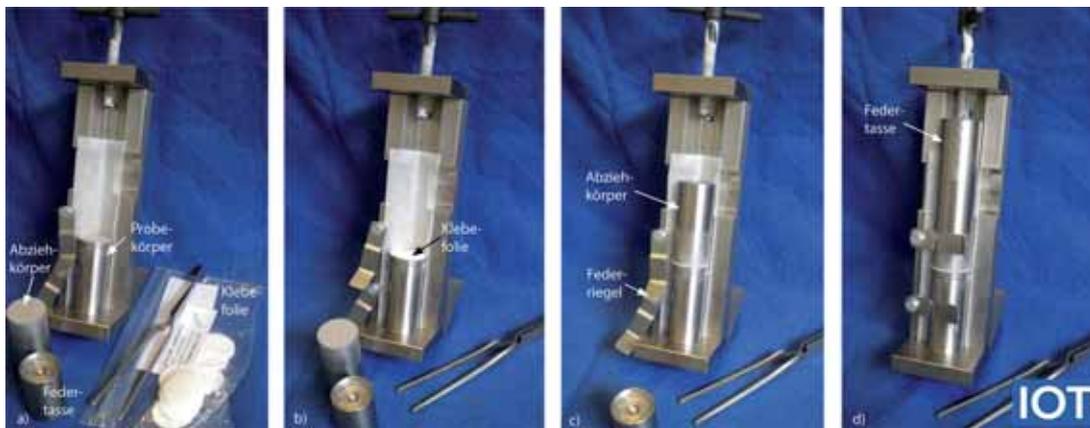
Dazu wurden zunächst mittels der Methode der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) bei mehreren am Projekt teilnehmenden Unternehmen und Institutionen Untersuchungen zur Anwendung der Norm durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass erhebliche Unterschiede bei der Durchführung der Haftzugfestigkeitsuntersuchung bestehen, bzw. dass die Norm sehr große Spielräume bei einzelnen Arbeitsschritten zulässt oder diese gar nicht festlegt.

Aus den Ergebnissen der FMEA wurde eine in mehreren Schritten überarbeitete Arbeitsanweisung entwickelt, die die Durchführung der Haftzugfestigkeitsuntersuchung detailliert gliedert und einzelne Schritte konkreter spezifiziert, als es die Norm bisher vorgab. In einem ersten Vorversuch wurde die prinzipielle Eignung der erstellten Arbeitsanweisung überprüft und bestätigt.

In weiteren Ringversuchen, konnte anschließend der positive Einfluss der entwickelten Arbeitsanweisung nachgewiesen werden. Ihre Anwendung führte zu einer erheblich geringeren Streuung der Untersuchungsergebnisse. Die Ringversuche wurden mit dem Schichtsystem  $ZrO_2$ - $Y_2O_3$  auf 1.0037, bzw. 1.4305 durchgeführt, wobei zwei einkomponentige Epoxidklebstoffe sowie eine Epoxid-Polyamid Klebefolie verwendet wurde.

Aus den Ergebnissen der Ringversuche, insbesondere des Einflusses der Klebstoffwahl, ist auch ersichtlich, dass der verwendete Klebstoff einen maßgeblichen Einfluss auf den für eine Schicht gemessenen Haftzugfestigkeitswert hat und dass Haftzugfestigkeitswerte für mit verschiedenen Klebstoffen hergestellte Proben nicht verglichen werden dürfen. Dies bedeutet auch, dass bei Angabe von Haftzugfestigkeitswerten, der verwendete Klebstoff grundsätzlich angegeben werden sollte. Die Integration der Projektergebnisse in eine überarbeitete bzw. ergänzte Norm wurde empfohlen.

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens erstellte Arbeitsanweisung wurde bereits in Unternehmen des PbA erfolgreich eingesetzt. Sie dient als Basis für eine vollständige Überarbeitung der DIN EN 582, die laufenden Jahr durchgeführt werden wird.



**Bild 1** - Im Rahmen des Vorhabens konstruierte Probenhalterung zur konzentrischen und momentenfreien Einspannung von Probe- und Abziehkörper

**Dr.-Ing. Klaus Nassenstein, GTV Verschleiss-Schutz GmbH:** „Die Haftzugfestigkeit thermisch gespritzter Schichten ist nach wie vor eines der maßgeblichen Qualitätsmerkmale für Substrataufrattung und Thermische Spritzschicht. Auf Basis von DIN EN 582 ermittelte Ergebnisse waren bis dato nur eingeschränkt aussagekräftig. Die Umsetzung der Ergebnisse des Projekts in der Norm wird die Haftzugfestigkeit als Qualitätsmerkmal aufwerten.“

**Dipl.-Ing. Peter Heinrich, The Linde Group:** „Das Forschungsvorhaben „Haftzug“, IGF 14.930 N, ist aus Sicht der anwendenden Industrie gut durchgeführt worden und hat das durch die Industrie vorgegebene Ziel voll erreicht. Zielsetzung war es, die mit vielen Schwachstellen behaftete alte Norm zu analysieren und Vorgaben zu schaffen, dass Tests, die an unterschiedlichen Stellen durchgeführt werden, vergleichbare Ergebnisse ergeben. Aus meiner Sicht wurde das Forschungsvorhaben zügig und kostengünstig durchgeführt und die erzielten Ergebnisse können nun in die neue Norm eingearbeitet werden.“

**Sven Hartmann, obz innovation gmbh:** „Durch die DIN EN 582 wird ein entscheidendes Verfahren genormt zur Beurteilung thermisch gespritzter Schichten. Durch die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens kann dieses Prüfverfahren erheblich verbessert werden. Durch den deutschen Normungskreis NA 092-00-14 AA (AG V 7) für thermisch gespritzte Schichten ist bereits im europäischen Gremium CEN/TC 240 die Überarbeitung dieser Norm auf Grundlage der Ergebnisse des Forschungsvorhabens angeregt worden.“

**Dr. Manuel Hertter, MTU Aero Engines GmbH:** „Bislang war es nur eingeschränkt möglich, die Ergebnisse eines Haftzugversuchs basierend auf der Norm DIN EN 582 zwischen verschiedenen Prüfeinrichtungen zu vergleichen. Dank des erfolgreich durchgeführten Projektes ist die Industrie nun in der Lage ein vom Prüflabor unabhängigen Schichtkennwert mittels der Haftzugprüfung zu ermitteln und erhält zugleich eine größere Sicherheit bei der Qualitätsbeurteilung thermischer Spritzschichten.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
02.064 00.036 E	<p><b>Functionalisation of the traditional ceramic surfaces by thermal spray for the development of new sanitary ware of the future (CERASAN)</b>                      Prof. Dr. habil. Michaelis, IKTS Dresden                      Prof. Dr. Beyer, IWS Dresden                      Informationen im Internet zur Zeit noch nicht verfügbar.</p>	01.06.2010	31.05.2012
02.060 16.411 N	<p><b>Qualifikation der Bestimmung der Porosität und der Eindruckhärte an thermisch gespritzten Schichten</b>                      Prof. Dr.-Ing. Bach, IW Hannover                      Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Tillmann, LWT Dortmund                      Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.411N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.411N</a></p>	01.03.2010	29.02.2012
02.062 16.412 B	<p><b>Verbesserung der Qualität lichtbogengespritzter Schichten durch den Einsatz modifizierter Brenntechnik und Hochgeschwindigkeitsgasströmungen</b>                      Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, IWW Chemnitz                      Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.412B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.412B</a></p>	01.03.2010	29.02.2012
02.905 00.283 Z	<p><b>Neuartige thermisch applizierte Schutzschichten für korrosiv beanspruchte Anlagenkomponenten in der Müll- und Biomasseverbrennung</b>                      Dr.-Ing. habil. Bouaifi, CeWOTec Chemnitz                      Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, IWW Chemnitz                      Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.283Z">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.283Z</a></p>	01.04.2008	28.02.2011
02.001 15.501 N	<p><b>Entwicklung und Herstellung nachbearbeitungsarmer Schichtsysteme zum kostenkünstigen Korrosions- und Verschleißschutz mit Fe-Basis-Feinstpulvern</b>                      Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen                      Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.501N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.501N</a></p>	01.02.2008	31.01.2011
02.002 15.502 N	<p><b>Entwurf, Aufbau und Anwendung mobiler Diagnostiken für den Hartchromersatz-Beschichtungsprozess</b>                      Prof. Dr.-Ing. Schein, EIT 1 Neubiberg                      Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.502N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.502N</a></p>	01.02.2008	31.01.2011
02.003 15.503 N	<p><b>Kaltgasgespritzte Schichten zum Lasergravieren für Tiefdruckwalzen</b>                      Prof. Dr.-Ing. Klassen, HSU Hamburg                      Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.503N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.503N</a></p>	01.02.2008	31.01.2011
02.004 15.504 B	<p><b>Zerstörungsfreie Charakterisierung thermisch gespritzter Schichten mittels thermografischer Prüfmethode</b>                      Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, IWW Chemnitz                      Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.504B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.504B</a></p>	01.02.2008	31.01.2011
02.005 15.505 N	<p><b>Feinstrukturierte Werkstoffe auf Fe-Basis und korrespondierende Verarbeitungsverfahren für den Verschleiß- und Korrosionsschutz</b>                      Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Tillmann, LWT Dortmund                      Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.505N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.505N</a></p>	01.02.2008	31.01.2011
02.056 16.029 B	<p><b>Entwicklung einer schnellen zerstörungsfreien Prüfmethode zur Messung mechanischer Kennwerte und der Porosität an thermisch gespritzten Schichten</b>                      Prof. Dr. Beyer, IWS Dresden                      Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.029B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.029B</a></p>	01.04.2009	31.03.2011

## 5 Durchlaufende/Abgeschlossene Forschungsprojekte 2010 im FA 2

### Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
02.057 16.033 B	<b>Verbesserung des Eigenschaftsprofils thermisch gespritzter Schichten aus Manganhartstählen und metastabilen austenitischen Stählen während der spanenden Bearbeitung</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, IWF TU Berlin Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, WSK Chemnitz Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.033B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.033B</a>	01.04.2009	30.09.2011
02.904 16.434 N	<b>Weiterentwicklung eines optimierten korrosionsgeschützten Systems für niedrig legierten Baustahl mit einer thermisch gespritzten Schutzschicht auf Basis modifizierter Zinklegierungen als Ergänzung zum Stückverzinken von Bauteilen</b> Prof. Dr.-Ing. Feldmann, STB Aachen Prof. Dr.-Ing. Bleck, IEHK Aachen Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen Informationen im Internet zur Zeit noch nicht verfügbar.	01.12.2009	30.11.2011

### Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
02.055 15.563 B	<b>Einsatz wasserverdünster Metallpulver zum thermischen Beschichten</b> Dr.-Ing. habil. Bouaifi, CeWOTec Chemnitz Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, WSK Chemnitz Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.563B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.563B</a>	01.09.2008	31.08.2010
02.900 15.695 B	<b>Maßgeschneiderte keramische Schichtheizelemente, hergestellt durch thermisches Spritzen</b> Prof. Dr. Beyer, IWS Dresden Prof. Dr. habil. Michaelis, IKTS Dresden Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.695B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.695B</a>	01.07.2008	30.06.2010



[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 Ing. Robert Lahnsteiner**

MIG WELD GmbH Deutschland, Landau a.d. Isar

## 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 Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

**Numerische und experimentelle Untersuchungen zur gezielten Beeinflussung des Lichtbogens und des Schweißbads beim Schutzgasschweißen durch die Schutzgaseigenschaften und die Schutzgaszusammensetzung**  
(IGF-Nr. 15.774 B / DVS-Nr. 03.082)

Laufzeit: 1. September 2008 - 31. August 2010

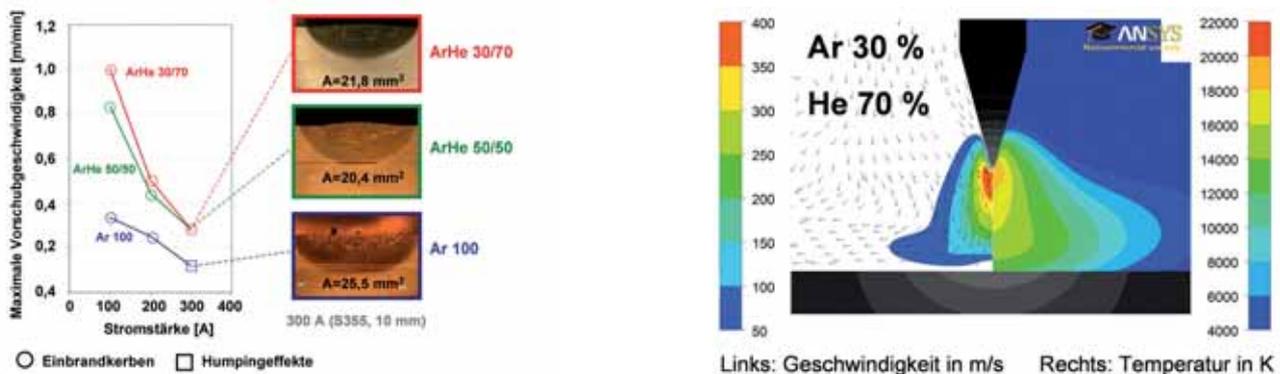
Prof. Dr.-Ing. habil. U. Füssel, Lehrstuhl für Fügetechnik und Montage der TU Dresden

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde das Potenzial quantifiziert durch die Schutzgaszusammensetzung die Qualität und die Schweißgeschwindigkeit zu erhöhen. Es wurde dargestellt, bei welchen prozesstechnischen Randbedingungen die Vorteile der Gase besonders ausgeprägt sind. Die Untersuchungen umfassen die Schutzgase Argon sowie Mischgase aus Argon mit Helium, Wasserstoff und Stickstoff und wurden an un- und hochlegierten Stählen durchgeführt.

Für heliumhaltige Schutzgase wurde eine Verdopplung bis Verdreifachung der maximal möglichen Schweißgeschwindigkeit festgestellt. Besonders bei Stromstärken zwischen 200 und 300 A wurde nachgewiesen, dass trotz doppelter Schweißgeschwindigkeit die Schweißnahtfläche nur gering abnimmt (ca. 25 %). Durch Heliumzumischungen in Argon können bei hoher Schweißstromstärke und -geschwindigkeit Humpingeefekte vermieden oder die Qualität der Wurzelschweißung erhöht werden. Modellrechnungen mit einem im Vorhaben entwickelten und validierten MHD-Lichtbogenmodell verdeutlichen, dass diese Effekte auf die Viskosität von Helium zurückzuführen sind. Dadurch können Vorteile besonders bei langen Lichtbögen (3 - 7mm Lichtbogenlänge) generiert werden. Die Erhöhung der Energieeinbringung ist vor allem auf die hohe Wärmeleitfähigkeit zurückzuführen. Hier verdeutlichen Modellrechnungen, dass dieser Effekt vor allem bei kurzen Lichtbögen auszunutzen ist. Schon bei 5% Wasserstoff in Argon ist hinsichtlich der Erhöhung der maximalen Schweißgeschwindigkeit ein ähnlicher Effekt festzustellen, wie bei 70% Helium. Durch eine weitere Erhöhung des H<sub>2</sub>-Gehaltes auf 10% ist auch bei hoher Stromstärke eine Verdreifachung der Schweißgeschwindigkeit feststellbar. Dadurch wird der Geschwindigkeitsvorteil heliumhaltiger Gase deutlich überschritten. Außerdem wird hier im Vergleich zu den Versuchen mit 70% Helium eine um 10% größere Schweißnahtfläche erreicht. Modelluntersuchungen verdeutlichen, dass der höhere Energieeintrag bei wasserstoffhaltigen Gasen vorrangig durch die erhöhte thermische Leitfähigkeit von Wasserstoff vor allem im Bereich zwischen 3000 und 6000 K zu erklären ist. Der Energieeintrag korreliert hier mit der Oberflächentemperatur des Werkstücks.

Schutzgase mit praxisrelevanten Stickstoffanteilen führen zu keiner signifikanten Beeinflussung des WIG-Lichtbogens und des Energieeintrags ins Werkstück. Kosten-Nutzen-Betrachtungen verdeutlichen, dass die Gaskosten beim Schweißen nur einen sehr geringen Anteil an den Gesamtkosten der Schweißfertigung bedingen. Trotz der höheren Gaskosten ergeben sich daher oft Vorteile besonders bei hoher Schweißzeit und Auslastung von Geräten und Bedienern.

Als logische Schlussfolgerung aus den Simulationsuntersuchungen zum Einfluss von Helium und Wasserstoff wurde ein Prozessgas „konstruiert“ und getestet, das 70% Helium, 10% Wasserstoff und 20% Argon enthält. Es ermöglicht vor allem bei hohen Stromstärken eine weitere erhebliche Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit. Durch diese Entwicklung wird das Potenzial der numerischen Simulation zum zielgerichteten Design von Prozessgasen deutlich. Die im Rahmen des Beitrags vorgestellten Erkenntnisse sowie die entwickelten numerischen Modellansätze lassen sich nun in der Zukunft auch auf andere Verfahren anwenden, insbesondere das Metall-Schutzgasschweißen.



**Bild 1** - Maximale Vorschubgeschwindigkeit mit unterschiedlichen Schutzgasen am Beispiel des Stahls S355 (links) und Geschwindigkeits- und Temperaturprofil bei Verwendung eines ArHe-Gemisches mit 70% Helium (rechts)

**Andreas Ehrich, Sosta GmbH & Co KG:** „Ausgehend von den Ergebnissen des Forschungsvorhabens lassen sich für unser Unternehmen vorteilhafte Ergebnisse ableiten. Im Besonderen durch die Erhöhung des Wasserstoffanteils auf mehr als 10% lässt sich die Schweißgeschwindigkeit beim mechanisierten WIG-Schweißen hochlegierter Stähle mehr als verdoppeln. Damit ist es uns möglich, die Effizienz bei der Fertigung längsnahtgeschweißter Rohre zu erhöhen, ohne wesentliche Nachteile an anderer Stelle in Kauf nehmen zu müssen.“

**Michael Wolters, MESSER GROUP GmbH, Technologiemanagement Schweißen & Schneiden:** „Die Ergebnisse des Projektes haben sehr dazu beigetragen, weitere Informationen zu bekommen und Klarheit bezüglich der Wirkung verschiedener Schutzgaskomponenten im Schweißprozess zu bringen. Bisher bekannte Effekte und Wirkungen sind nun besser verständlich und lassen sich gezielter einsetzen. Auch Wechselwirkungen durch die Verwendung mehrerer Komponenten lassen sich nun besser erklären. Die gewonnenen Erkenntnisse werden wir in unsere zukünftige Arbeit gut integrieren können.“

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

#### Steigerung der Prozesssicherheit bei gleichzeitiger Verringerung der Produktionskosten durch den Einsatz gasförmiger Flussmittel beim Lichtbogenlöten

(IGF-Nr. 15.635 N / DVS-Nr. 03.081)

Laufzeit: 1. August 2008 - 31. Dezember 2010

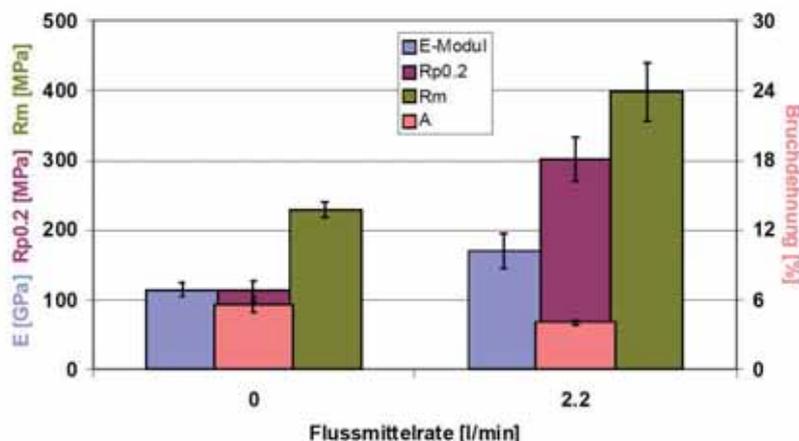
Prof. Dr.-Ing. W. H. Müller, LKM Berlin

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Wilden, IWF TU Berlin

Das Ziel des Forschungsvorhabens war es, durch den Einsatz von gasförmigen Flussmitteln beim Lichtbogenlöten eine prozesssichere Technologie zum Fügen von Stahlwerkstoffen, Aluminiumwerkstoffen und Mischverbindungen Stahl/Aluminium zu entwickeln. Dazu ist es erforderlich, das Flussmittel im Lichtbogen zu aktivieren. Gasförmige Flussmittel haben den Vorteil, dass sie nicht vor dem Löten aufgebracht werden müssen, sondern „in-situ“ zugeführt werden und dabei die desoxidierende Wirkung ausüben.

Insgesamt wurden im Projektverlauf die Wechselwirkung von sieben Flussmitteln mit vier Zusatzwerkstoffen (CuSi3Mn, ZNAl4, ZnAl15 AlSi12) im Stumpf-, Überlapp- und Bördelstoß von Aluminium, verzinkten und unverzinkten Stählen untersucht. Bei den zinkbasierten Zusatzwerkstoffen ist nur ein sehr geringer Einfluss der gasförmigen Flussmittel zu beobachten. Eine geringfügige Verbesserung des Benetzungsverhaltens von ZnAl-Loten konnte lediglich beim Einsatz von Zinkchlorid-haltigen Flussmitteln sowie bei Cäsiumfluoroaluminat beobachtet werden, jedoch leidet dabei die Stabilität des Fügeprozesses. Bei Mischverbindungen DX54DZ100-AW-6016 mit AlSi12 war bei den meisten Flussmitteln keine Verbesserung erkennbar. Im Bördelstoß bewirken alle Flussmittel eine unsymmetrische Lötnaht, bei der das Lot den Stahlwerkstoff deutlich stärker benetzt als das Aluminium. Der Einsatz des Flussmittels 87% Trimethylborat und 13% Fluorether (BoroPur100) führt bei Stumpfstoßen aus verzinktem Stahl und CuSi3Mn zu einem signifikant verbesserten Benetzungsverhalten, bei Flussraten von >1,4 l/min jedoch zu erhöhter Porenbildung.

Während der Effekt gasförmiger Flussmittel bei Lichtbogenlöten mit Zn- und Al-Basisloten eher gering ist, kann bei der Verwendung von Kupferbasis-Loten ein deutlicher Effekt beobachtet werden. Durch den Einsatz von 70 % Trimethylborat und 30 % Methanol (BoroPur70) und CuSi3Mn kann die Vorschubgeschwindigkeit beim Löten deutlich erhöht werden. Die Verwendung des Flussmittels macht es möglich, die Lötgeschwindigkeiten auf bis zu 20 mm/s (1,2 m/min) zu erhöhen. Die höhere Vorschubgeschwindigkeit hat eine deutliche Steigerung der mechanischen Eigenschaften der Fügeverbindung zur Folge (**Bild 1**).



**Bild 1:** Mechanische Eigenschaften der Fügeverbindungen mit und ohne Flussmittel

**Dr.-Ing. Uwe Berger, Produktmanager Schweissen F+E, Firma Berkenhoff GmbH, Heuchelheim:** „Das Forschungsvorhaben zielte auf die Steigerung der Prozesssicherheit und Erhöhung der Produktivität beim Löten mit energiereduzierten Lichtbögen. Die Problematik ist hierbei die Oxidhaut auf den verzinkten Blechen, die heute die Prozessgeschwindigkeit und -sicherheit begrenzen. Der neuartige Ansatz, ein Flussmittel gasförmig mit dem Prozessgas an den Bearbeitungsort zuzuführen, verbindet die prozesstechnische Notwendigkeit der Desoxidation der Bauteiloberfläche mit der Produktionstechnischen Anforderung der Minimierung des Nachbearbeitungsaufwandes, da kein Flussmittel auf dem Bauteil verbleibt. Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass Zn-Basislote auch mit gasförmigen Flussmitteln nur schwierig zu verarbeiten sind und auch unter Festigkeitsaspekten Defizite aufweisen. Die Verarbeitbarkeit von Cu-Basisloten wird durch gasförmige Flussmittel deutlich verbessert. Die Prozessgeschwindigkeit kann um mehr als den Faktor 3 gesteigert werden, wobei gleichzeitig eine Steigerung der Festigkeit auftritt. Somit weisen die im Projekt erzielten Ergebnisse ein erhebliches Anwendungspotenzial insbesondere unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten auf.“

### Forschungsbilanz Beispiel 3 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Ursachen und Bewertung von Unregelmäßigkeiten lichtbogengelöteter Verbindungen

(IGF-Nr. 15.745 BR / DVS-Nr. 03.083)

Laufzeit: 1. August 2008 - 31. Juli 2010

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

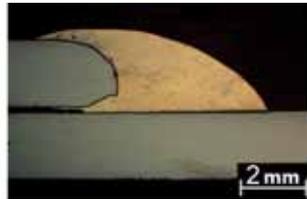
Das MIG-Lichtbogenlöten wird überwiegend zum Fügen verzinkter Bleche eingesetzt und besitzt eine Sonderstellung auf dem Gebiet stoffschlüssiger Fügeverfahren. Durch den Einsatz Cu-basierter Zusatzwerkstoffe entsteht eine Verbindung mit Lötcharakter, die jedoch schweißverbindungstypisch gestaltet und belastet wird. Kriterien zur Bewertung auftretender Nahtunregelmäßigkeiten existieren bislang nicht.

Im durchgeführten Forschungsvorhaben wurde untersucht, welche Prozesseigenschaften oder –randbedingungen dem Auftreten einzelner Unregelmäßigkeiten primär zuzuordnen sind. Dazu wurden einzelne Prozesseinstellungen isoliert voneinander verändert. Variiert wurden sowohl die streckenenergierelevanten Parameter des Lötprozesses als auch geometrische Größen an Werkstück und Werkzeug. In der Folge wurde der Einfluss der provozierten Unregelmäßigkeiten auf die Verbindungsfestigkeit und die Korrosionsbeständigkeit der Verbindung ermittelt. Die Untersuchungen wurden an drei Werkstoffkombinationen nach **Tabelle 1** durchgeführt.

Branche	Grundwerkstoff	Blechdicke	Zusatzwerkstoff	Durchmesser
Stahlbau	DX51D+Z275	2,0 mm	CuSi3Mn1	1,2 mm
Automobilbau	HCT600XD+Z200	1,5 mm	CuAl8Ni2	1,0 mm
Blechverarbeitung	DC01+ZE50	1,0 mm	CuSi3Mn1	1,0 mm

**Tabelle 1:** Untersuchte Kombinationen Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff

Bewertet wurden nur Proben, bei denen eine durchgängige Nahtausbildung vorlag und die keine Durchbranderscheinungen aufwiesen. Insgesamt zeigte sich der MIG-Lötprozess als sehr tolerant gegenüber Parametervariationen. Entscheidend für die Nahtgeometrie ist das Verhältnis von Drahtvorschubrate  $v_d$  zu Lötgeschwindigkeit  $v_L$ . Mit zunehmendem Nahtvolumen vergrößerten sich die angebundene Fläche zwischen Lot und Unterblech, der Lötgutüberlauf am Oberblech und die Anschmelzung/Erosion am Oberblech (**Bild 1.**) Der Benetzungswinkel lässt sich zusätzlich durch die Stellung des Brenners zur Fügestelle beeinflussen.

Blechdicke  $t=2,0$  mmBlechdicke  $t=1,0$  mm $vD/vL=3,8$  $vD/vL=7,0$  $vD/vL=2,9$  $vD/vL=3,8$ **Bild 1:** realisierbare Nahtquerschnitte

Die Nahtporosität wurde primär durch die Schutzgasabdeckung und die Spaltweite zwischen den Blechen bestimmt. Zu große Brennerabstände bewirkten ebenfalls eine Erhöhung der Porosität.

In den Korrosionsuntersuchungen kam es in jeglichem entzinkten Bereich zur Rotrostbildung. Die Korrosionsanfälligkeit war dabei proportional zur Breite der durch die Lichtbogeneinwirkung entzinkten Zone im Nahtnebenbereich. Diese wiederum wurde maßgeblich vom Verhältnis des auf der Werkstückoberfläche wirkenden Lichtbogendurchmessers und der Nahtbreite bestimmt. Auf der Blechoberfläche anhaftende Spritzer stellten keinen Ausgangspunkt für Korrosionserscheinungen dar.

Die Festigkeitskennwerte der Verbindungen wurden im Scherzugversuch ermittelt. Die Proben aus DC01 versagten ausschließlich im Grundwerkstoff. Ursachen dafür waren der im Vergleich zur Blechdicke von 1,0 mm überhöhte Nahtquerschnitt und die geringe Ausgangsfestigkeit des Grundwerkstoffs. Die Proben aus DX51 versagten überwiegend am Übergang Lot-Oberblech. Die Spannungen im Nahtquerschnitt lagen im Bereich der Zugfestigkeit des verwendeten Lotwerkstoffes. An den höherfesten Proben aus HCT600 erfolgte der Bruch sowohl am Übergang Lot-Oberblech, als auch am Übergang Lot-Unterblech, wobei die Messwerte stark streuten. Entscheidend für die erreichbaren Festigkeitskennwerte waren die Größe der angebondenen Fläche Lot-Grundwerkstoff und die Qualität dieser Anbindung. Die erzielten Ergebnisse werden in die Merkblätter DVS 0938 ff. zum Lichtbogenlöten eingearbeitet.

**Jens Thierig, Schweißtechnische Fertigung GmbH, Chemnitz:** „Das MIG-Löten von verzinkten Blechkonstruktionen war in unserer Firma bisher immer mit Unsicherheiten bezüglich der Verbindungseigenschaften behaftet. Die Projektergebnisse stellen für uns eine Handlungshilfe zur Parametrisierung des Prozesses, zur erforderlichen Fügestellengestaltung und zur Nacharbeit von Unregelmäßigkeiten dar. Besonders hervorzuheben ist die Klärung des Einflusses von Unregelmäßigkeiten auf die Belastbarkeit der Verbindung und die Korrosionsbeständigkeit.“

# 5 Durchlaufende Forschungsprojekte 2010 im FA 3

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
03.098 16.414 B	<b>Plasma-Hybrid-Schweißen mit integriertem Laser und Sensorik - PiLS</b> Prof. Dr.-Ing. Emmelmann, iLAS Hamburg Prof. Dr. Weltmann, INP Greifswald Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.414B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.414B</a>	01.03.2010	29.02.2012
03.095 16.557 N	<b>Schweißleistungsuntersuchungen an hochfesten Feinkornbaustählen beim Einsatz neuer Sprühlichtbogenprozesse</b> Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.557N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.557N</a>	01.09.2010	31.08.2012
03.097 16.779 B	<b>Wirtschaftliches WIG-Fügen durch magnetisches Pendeln des Lichtbogens</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.779B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.779B</a>	01.11.2010	31.10.2012
03.085 15.859 N	<b>Auftragschweißen von nanokristallin erstarrenden Eisenbasiswerkstoffen auf Aluminiumsubstraten mittels geregelter Kurzlichtbogentechnik</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.859N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.859N</a>	01.11.2008	30.04.2011
03.090 15.871 B	<b>Strömungstechnische Auslegung von Brennersystemen zum wirtschaftlichen und emissionsreduzierten Lichtbogenschweißen / CLUSTER</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.871B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.871B</a>	01.11.2008	31.10.2011
03.091 15.872 B	<b>Entwicklung einer ereignisorientierten Regelung auf Basis der inversen Modellierung zur robusten Prozessführung komplexer MSG-Impulsschweißprozesse / CLUSTER</b> Prof. Dr. rer. nat. Kruscha, FH Lausitz Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.872B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.872B</a>	01.11.2008	31.10.2011
03.086 16.028 B	<b>Erhöhung der Prozessstabilität beim MSG-Schweißen durch modifizierte Schutzgasströmung</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.028B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.028B</a>	01.04.2009	31.03.2011
03.093 16.172 N	<b>Modifikation des Elektrogasschweißens zur Verringerung der Wärmeeinbringung</b> Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.172N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.172N</a>	01.08.2009	31.07.2011

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
03.076 15.296 N	<b>Entwicklung eines Schweißkopfführungssystems für das automatisierte MSG-Schweißen von Stahl- und Aluminium-Legierungen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.296N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.296N</a>	01.08.2007	31.01.2010
03.078 15.562 B	<b>Bestimmung von Wirkungsgraden moderner Schutzgasschweißverfahren</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Matthes, IFS Chemnitz Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.562B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.562B</a>	01.07.2008	30.06.2010
03.081 15.635 N	<b>Steigerung der Prozesssicherheit bei gleichzeitiger Verringerung der Produktionskosten durch den Einsatz gasförmiger Flussmittel beim Lichtbogenlötten</b> Prof. Dr.-Ing. Müller, LKM Berlin Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.635N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.635N</a>	01.08.2008	31.12.2010
03.083 15.745 B	<b>Ursachen und Bewertung von Unregelmäßigkeiten lichtbogengelöteter Verbindungen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Matthes, IFS Chemnitz Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.745B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.745B</a>	01.08.2008	31.07.2010
03.082 15.774 B	<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, IOF Dresden Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.774B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.774B</a>	01.09.2008	31.08.2010
03.087 15.914 B	<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, IFS Chemnitz Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.914B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.914B</a>	01.12.2008	30.11.2010
03.088 15.916 N	<b>Vollmechanisiertes Schweißsystem zum Wurzelschweißen von V- und X-Nahtvorbereitungen mit modernen geregelten Lichtbogenverfahren und digitaler Kurzschlussauflösung</b> Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.916N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.916N</a>	01.12.2008	30.11.2010

# 5 Fachausschuss 4



[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

## 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 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

### Optimierung der Buckelgeometrie für das Widerstandsschweißen an neuentwickelten höher- bis höchstfesten Stahlwerkstoffen

(IGF-Nr. 15.534 N / DVS-Nr. 04.045)

Laufzeit: 1. März 2008 - 28. Februar 2010

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

In der Serien- und Massenfertigung ist das Widerstandsbuckelschweißen wegen seiner kurzen Fertigungszeiten ein sehr wirtschaftliches Fügeverfahren. Probleme bereiten aber die streuenden Festigkeiten und fehlerbehafteten Linsenausbildungen beim Schweißen höherfester Stahlwerkstoffe.

Es wurden Untersuchungen zur optimierten Gestaltung der Buckelgeometrien vorgenommen und mit den Buckeln nach DIN EN 28167 verglichen. Die Versuche wurden an zahlreichen neuentwickelten Stahlwerkstoffen wie HCT690TD, HCT780CD, HX420LAD sowie 22MnB5 durchgeführt. Die Verschweißung erfolgte artgleich und in verschiedenen Mischkombinationen. Die Ergebnisse zeigen auf, dass das Widerstandsbuckelschweißen von geprägten Blechen auf höherfeste Bleche mit guter Prozesssicherheit möglich ist, wenn die Buckelgeometrien höheren Anforderungen entsprechen. Die in der DIN EN 28167 vorgegebene Geometrie ist insbesondere für die höherfesten Bleche nicht immer geeignet. Probleme stellen die

- geringe Steifigkeit,
- schnelles Zusammenbrechen des Buckels,
- Blechdickenreduzierungen an den Buckelflanken,
- starke Spritzerneigung,
- ungenügende Festigkeiten und
- große Streuung der Festigkeiten

dar, die zu einer sehr unregelmäßigen Erwärmung der Buckel führen. Vor allem die Buckelflanken brechen bei der Geometrie nach DIN EN 28167 schnell zusammen, wodurch die Stromdichtekonzentration stark abnimmt.

Bisher waren diese Faktoren bei den „weichen“ Tiefziehstählen von untergeordneter Bedeutung, da dort Verformungen im Blechwerkstoff ausgleichend wirken und die Stromdichte gleichmäßiger verteilt wird als bei hochfesten Blechwerkstoffen. Um die wirtschaftlichen Vorteile des Widerstandsbuckelschweißens auch bei hochfesten Werkstoffen auszuschöpfen, ist eine geeignete Buckelgeometrie vorzusehen, die keine Blechdickenreduzierungen im Bereich des Prägestempels aufweist. Für die hochfesten Werkstoffe ist als Prägwerkzeug ein Kugelstempel mit kalottenförmiger Formmatrize geeignet, der sanfte Übergänge in der Flanke des geprägten Buckels erzeugt. Die Steifigkeit wird wegen der hohen Werkstofffestigkeit und Kaltverfestigung durch den Umformprozess nur unwesentlich beeinflusst. Vor allem beim Bruchverhalten werden vermehrt Ausknöpfungbrüche festgestellt und die Streuung der Festigkeiten reduziert sich durch die Verwendung der optimierten Buckel. Die Rissneigung an den Buckelflanken konnte durch die optimierte Geometrie stark verringert werden. Dies führt zu einer Verbesserung der Festigkeiten und zu einer Steigerung der Prozesssicherheit. Die Schweißparameter sind entsprechend der Geometrie abzustimmen und die Prozessfenster für Elektrodenkraft und Stromstärke sind höher als bei Buckeln nach DIN EN 28167. Die gesammelten Erkenntnisse finden bereits bei zahlreichen neuen Anschweißelementen in der Serienfertigung Anwendung. Dort wird vor allem auf die kugelförmige Gestaltung der Stempelgeometrie geachtet.

## ISO



unsymmetrischer Mischbruch bei ISO-Buckel / FE = 3 kN,  $t_S = 200$  ms,  $I_S = 13,0$  kA



Risse im Bereich der Einprägung, Pore bzw. Lunker

## OPT



symmetrischer Ausknöpfungbruch bei optimierter Geometrie / FE = 4 kN,  $t_S = 200$  ms,  $I_S = 15,0$  kA



fehlerfreie Schweißverbindung

**Bild 1:** Einfluss der Buckelgeometrien (ISO-Buckel, optimierter Buckel) auf Bruchbild und Linsenausbildungen beim Widerstandsbuckelschweißen höher- und höchstfester Stahlwerkstoffe (Beispiel: HCT690TD,  $t_{pl} = 1,5$  mm)

**Ralf Bothfeld, Geschäftsführer, Harms & Wende GmbH & Co. KG:** „Harms & Wende als Steuerungsspezialist beim Widerstandsschweißen konnte durch dieses IGF-Forschungsprojekt sein Know-How erweitern. Insbesondere die grundsätzlichen Erkenntnisse des Projektes aus der Optimierung der Buckelgeometrie für die Schweißparameterwahl und deren Auswirkungen auf die Schweißqualität bei den höherfesten Stahlsorten können wir in der Praxis für unsere Kunden nutzen.“

**Stefan Reitmeier, BMW AG München:** „Die im Forschungsprojekt erarbeiteten Ergebnisse sind für uns daher von großem Nutzen, da jederzeit Anwendungen bei speziellen Baugruppen denkbar sind. In diesem Fall können wir sofort auf die optimierten Lösungsvorschläge zurückgreifen. Bei zukünftigen Anwendungen im Bereich Buckelschweißen höherfester Werkstoffe werden die gewonnenen Ergebnisse umgesetzt.“

**Georg Schmid, Audi AG Ingolstadt:** „Die Ergebnisse brachten für uns sehr interessante Hinweise hinsichtlich der Gestaltung von Prägwerkzeugen für Schweißbuckel bei der Herstellung von Blechteilen aus höherfesten Stahlwerkstoffen. Wir sind dadurch jetzt in der Lage, die Ausdünnung der Buckelflanken zu vermeiden. Die steiferen Buckel verbessern den Schweißprozess und helfen, eine gleichmäßige Qualität in der Produktion zu gewährleisten.“

# 5 Durchlaufende/Abgeschlossene Forschungsprojekte 2010 im FA 4

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
04.049 16.334 N	<b>Möglichkeiten zur Beeinflussung der Einschmelztiefe sowie der Linsenposition beim Widerstandspunktschweißen asymmetrischer Mehrblechkombinationen mit normal- und höherfesten Stahlblechen</b> Prof. Dr.-Ing. Keitel, SLV Duisburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.334N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.334N</a>	01.01.2010	31.12.2011
04.050 16.335 N	<b>Verbesserung der Prozesssicherheit des Punktschweißklebens von Aluminiumwerkstoffen und Ermittlung von Verbindungskennwerten für Konstruktion und Simulation</b> Prof. Dr.-Ing. Keitel, SLV Duisburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.335N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.335N</a>	01.01.2010	31.12.2011
04.052 16.776 B	<b>Referenzsystem für die Berechnung von elektrischen Gewebefeldstärken (Stromdichten) im menschlichen Körper beim Widerstandsschweißen</b> Prof. Dr.-Ing. Lindemann, ISEY Magdeburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.776B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.776B</a>	01.11.2010	31.10.2012
04.047 16.096 N	<b>Entwicklung eines geeigneten Elektrodenbearbeitungsverfahrens für das Widerstandspunktschweißen von Aluminiumwerkstoffen</b> Dr.-Ing. Cramer, SLV München Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.096N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.096N</a>	01.06.2009	31.05.2011
04.048 16.140 N	<b>Einfluss der mechanisch/dynamischen Maschineneigenschaften beim Widerstandspunktschweißen mit Schweißzangen</b> Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.140N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.140N</a>	01.07.2009	30.06.2011

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
04.045 15.534 N	<b>Optimierung der Geometrie geprägter Buckel für das Widerstandsbuckelschweißen an höher- bis höchstfesten Stahlwerkstoffen</b> Dipl.-Ing. F. Zech, SLV München Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.534N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.534N</a>	01.03.2008	28.02.2010
04.046 15.710 N	<b>Grundlegende Untersuchung zur Kontaktsituation beim Widerstandsschweißen von Kupferwerkstoffen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Roos, MPA Stuttgart Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.710N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.710N</a>	01.07.2008	31.10.2010



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

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

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Axel Meyer**  
RIFTEC GmbH, Geesthacht

## 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 Beispiel - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

### Reibpunktschweißen von Überlappverbindungen an Aluminiumknet- und -gusslegierungen im Vergleich

(IGF-Nr. 15.317 N / DVS-Nr. 05.041)

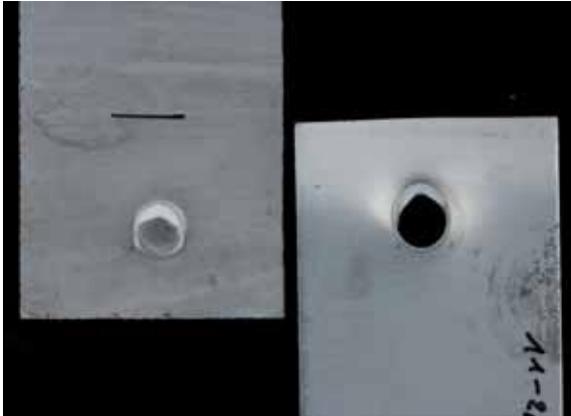
Laufzeit: 1. September 2007 - 31. Mai 2010

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

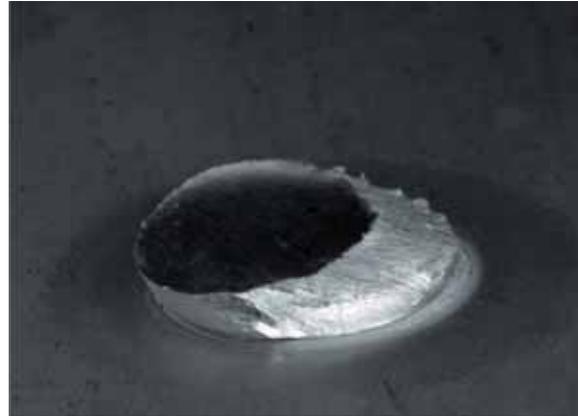
Das Reibpunktschweißen ist ein vergleichsweise neues Fügeverfahren mit geringer Wärmebeeinflussung für Überlappverbindungen - bevorzugt für Nichteisenmetalle.

Im Rahmen des öffentlich geförderten Forschungsvorhabens wurden für Knet-, Guss- und PM-Aluminiumwerkstoffe unterschiedlicher Blechdicke und Oberflächenbeschaffenheit die prozesstechnischen Abläufe untersucht, optimiert und die erzielbaren Verbindungseigenschaften ermittelt. Das Reibpunktschweißen von Knet-, Guss- und PM-Aluminiumwerkstoffen ist mit großer Prozesssicherheit möglich. Ein weiterer positiver Aspekt des Reibpunktschweißens ist, dass es problemlos möglich ist, Aluminiumblechwerkstoffe mit einer Klebstoffzwichenschicht zu verbinden. Die Schweißparameter können entsprechend den werkstofflichen und geometrischen Randbedingungen abgestimmt werden. Für Werkstoffkombinationen (**Bild 1**, nächste Seite) bzw. Blechdickenvariationen, auch Dreiblechverbindungen, ist kein Werkzeugwechsel erforderlich. Die Verbindungen sind bei allen untersuchten Werkstoff- und Blechdickenkombinationen im Querschleiff ohne erkennbare Fehler. Auch im Vergleich mit dem Widerstandsschweißen und dem Clinchen schneidet das Reibpunktschweißen sehr gut ab. Die Scher- und Kopfzugkräfte sind deutlich größer. Die Schwingfestigkeit ist vergleichbar gut. Die Mobilität und die Zugänglichkeit am Bauteil sind durch das geringe Gewicht und die Ausführung der Anlage als C-Zange gewährleistet. Die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse in eine Serienanwendung durch eine Prototypenanwendung wurde erfolgreich realisiert. Die Scherzugkräfte liegen deutlich über denen der geclinchten Verbindung. Die Sichtseite bleibt blecheben und die Fügeseite ist gratfrei.

Mit den in diesem Forschungsvorhaben gewonnenen Erkenntnissen und den damit eröffneten neuen Anwendungsmöglichkeiten unterstützt die SLV München die Industrie bei der Einführung neuer Werkstoffe und Fertigungsprozesse für die wirtschaftliche Herstellung innovativer Produkte. Mit den Untersuchungsergebnissen lässt sich eine deutliche Steigerung der Qualität, der Produktivität und der Wirtschaftlichkeit für ein erweitertes Anwendungsspektrum beim Punktschweißen realisieren. Durch die enge Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen AG V 11.2 „Rührreibschweißen“ werden die Ergebnisse in der Merkblatt- und Normungsarbeit berücksichtigt.



a) Übersicht Scherzugprobe



b) Detail Scherzugprobe, FS = 6,8 kN



c) Querschliff, Ätzmittel: Alu-Makro



d) Detail, Ätzmittel: Alu-Mikro

$n_R = 2.000 \text{ 1/min}$ ,  $s_R = 2,5 \text{ mm}$ ,  $t_R = 1,6 \text{ s}$

**Bild 1:** Bruchbilder und Querschliffe der Reibpunktschweißverbindung, AlSi12(Fe) (AC-44300),  $t = 2,5 \text{ mm}$  mit AlMg3Mn0,4 (AW-5018),  $t = 1,5 \text{ mm}$

**Georg Schmid, Audi AG, Ingolstadt:** „Die im Forschungsprojekt erzielten Ergebnisse zeigen ein großes Potenzial des Schweißverfahrens für die Verbindung von Al-Werkstoffen auf. Insbesondere die Herstellung der Demonstratorbauteile „Frontklappen innen“ in Verbindung mit den ermittelten Festigkeitskennwerten ermöglicht es, im Unternehmen die Leistungsfähigkeit des Verfahrens aufzuzeigen. Die Möglichkeiten des Verfahrens führen zu weiteren Untersuchungen, um den Anwendungsbereich zu erschließen und evtl. aufzuweiten. Für einen Serieneinsatz muss die Anlagentechnologie noch weiterentwickelt werden.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
05.045 0.040 E	<b>Investigations on magnetic pulse crimping of tubular overlap joints with and without filler material (CORNET-Projekt)</b> Dr.-Ing. Cramer, SLV München Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.040E">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.040E</a>	01.07.2010	30.06.2012
05.043 16.318 N	<b>Qualifizierung des Friction-Stir-Welding für das Fügen von Aluminium-Druckguss-Komponenten</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Zäh, IWB Garching Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.318N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.318N</a>	01.01.2010	31.12.2011
05.042 16.278 N	<b>Schockschweißverfahren - wirtschaftliches Fügen für industrielle Anwendungen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.278N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.278N</a>	01.12.2009	31.05.2012

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
05.041 15.317 N	<b>Reibpunktschweißen von Überlappverbindungen an Aluminiumknet- und -gusslegierungen im Vergleich</b> Dipl.-Ing. F. Zech, SLV München Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.317N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.317N</a>	01.09.2007	31.05.2010
05.001 15.687 N	<b>Untersuchung des konduktiv unterstützten Rührreißschweißens an Stahl- und Aluminium</b> Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.687N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.687N</a>	01.07.2008	31.12.2010
05.002 15.688 N	<b>Erarbeitung von Konzepten zur Bewertung der Eignung von Anlagen für das Rührreißschweißen sowie zur Übertragbarkeit von Schweißparametern</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Roos, MPA Stuttgart Prof. Dr.-Ing. Zäh, IWB Garching Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.688N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.688N</a>	01.07.2008	31.12.2010
05.003 15.689 B	<b>Entwicklung einer Online-Prozesskontrolle für das Rührreißschweißen auf der Basis einer werkzeugintegrierten Sensorik</b> Dr.-Ing. Barthelmä, GFE e.V. Schmalkalden Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.689B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.689B</a>	01.07.2008	31.12.2010



[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

## Veranstaltungen

Gemeinsames Kolloquium mit den Arbeitsgruppen

V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ und V 9.2 „Laserstrahlschweißen“

## Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ - [www.dvs-aft.de/AfT/V/V9.1](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V9.1)
- V 9.2 „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 Beispiel - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

### Nahtschweißen mit gepulsten Nd:YAG-Lasern und Anpassung der Nahteigenschaften an mit Dauerstrichlasern geschweißte Nähte

(IGF-Nr. 15.297 N / DVS-Nr. 06.054)

Laufzeit: 1. August 2007 - 31. Juli 2009

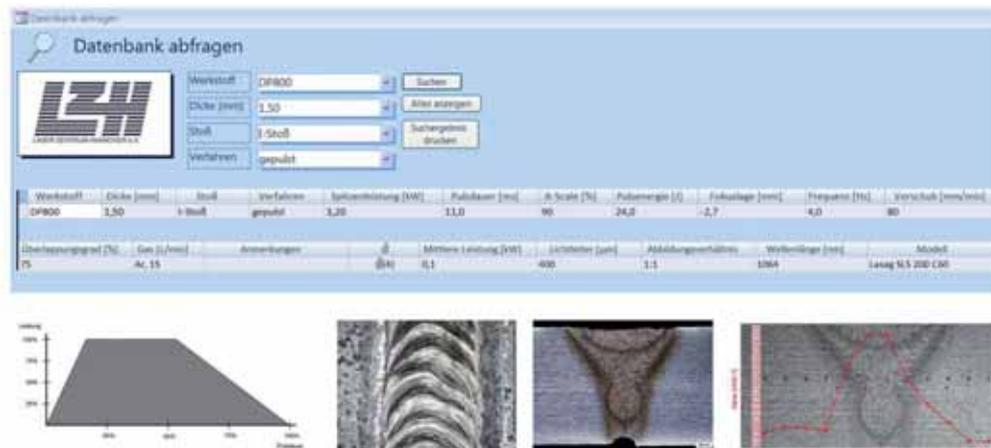
Prof. Dr.-Ing. H. Haferkamp, Laserzentrum Hannover e.V.

Als Beispiele für die Nutzung der Ergebnisse aus dem abgeschlossenen Forschungsprojekt „Nahtschweißen mit gepulsten Nd:YAG-Lasern und Anpassung der Nahteigenschaften an mit Dauerstrichlasern geschweißte Nähte“ stellen wir die entwickelte Anwenderdatenbank sowie die entwickelte Folienspannvorrichtung vor. Die Datenbank wurde inzwischen von ca. hundert Firmen kostenlos über die Internetseite des LZH heruntergeladen. Die Folienspannvorrichtung wurde bereits von zwei Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses für Schweißaufgaben eingesetzt.

## Anwenderdatenbank

Die Ergebnisse der einzelnen Schweißversuche werden in Form einer elektronischen Datenbank frei zur Verfügung gestellt. Dies soll vor allem bei Anwendern aus KMU für eine deutliche Beschleunigung bei der Parameterauswahl sorgen. In der Datenbank sind sowohl die verwendeten Schweiß- als auch Laserparameter hinterlegt. Zusätzlich sind Aufnahmen der zu erwartenden Nahtoberfläche, Querschliffe und Mikrohärtemessungen abrufbar, um eine erste Abschätzung des Schweißergebnisses zu ermöglichen.

Die Parameterausgabe dient der übersichtlichen Darstellung sowohl der Schweißparameter als auch der Schweißergebnisse in Form von optionalen Anhängen. Eine Darstellung der Parameterausgabe ist in **Bild 1** am Beispiel eines DP800 (Blechdicke: 1,5 mm) dargestellt.



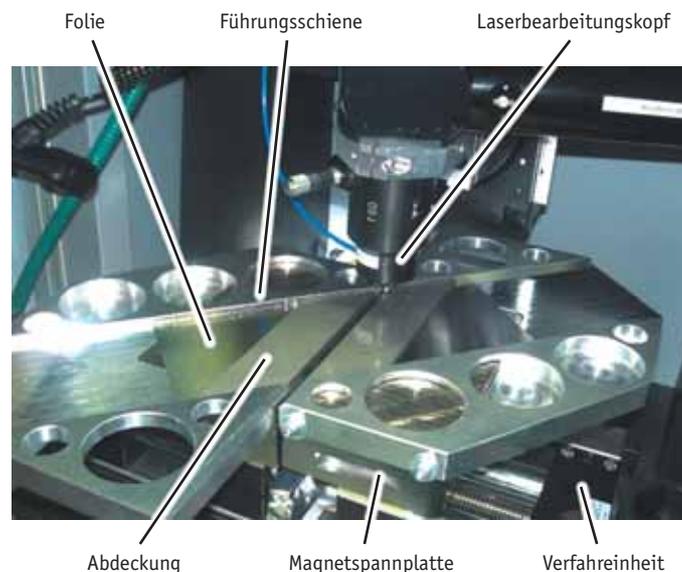
**Bild 1** - Anwenderdatenbank

Anschließend an die Eingabe der Schweißaufgabe über die Variablen Werkstoff, Dicke, Stoß und Verfahren wird ein geeigneter Parametersatz angezeigt. Dieser gliedert sich in die Schweißparameter: Spitzenleistung, Pulsdauer, A-Scale, Pulsenergie, Fokallage, Frequenz, Vorschubgeschwindigkeit, Überlappungsgrad, Gas und die Laserparameter: mittlere Leistung, Lichtleiter, Abbildungsverhältnis, Wellenlänge, Lasermodell. Die Parametersätze dienen dem Anwender zur Orientierung und gegebenenfalls als Startparameter für eine unerlässliche Parameteroptimierung, da die einzelnen Werte bauteil- und laserabhängig sind. Zusätzlich können beigefügte Anhänge abgerufen werden, die einen ersten Eindruck der zu erwartenden Schweißnähte ermöglichen. Über eine integrierte Druckfunktion besteht die Möglichkeit, die gesamte Parameterausgabe zu drucken. Neben der erleichterten Auswahl von geeigneten Parametern steht die einfache Erweiterbarkeit der Datenbank im Vordergrund. Auf diese Weise soll es dem Anwender möglich sein, eigene Parameter zu individuellen Schweißaufgaben in die Datenbank einzupflegen und bei Bedarf darauf zugreifen zu können. Die Schweißaufgabe kann aus bereits verwendeten Eingaben ausgewählt oder auch frei erweitert werden. Die Werte für die einzelnen Schweiß- und Laserparameter können über einfache Eingabefelder ergänzt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Anhänge zu den einzelnen Parametersätzen hinzuzufügen. Die Anwenderdatenbank kann über die Internetseite des LZH kostenlos bezogen werden. Dies wurde zum jetzigen Zeitpunkt bereits von ca. hundert Firmen in Anspruch genommen.

### Folienspanvorrichtung

Die entwickelte Folienspanvorrichtung wurde nach dem Projektende von den beiden Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses LMB und Lasag getestet und zum Schweißen von Folien eingesetzt. Für das Schweißen von Folien mit Minimaldicken von 50 µm im I-Stoß ist eine höchst präzise Spanntechnik erforderlich. Dabei stehen vor allem das Einstellen des erforderlichen Nullspalts sowie das Vermeiden eines lateralen Kantenversatzes im Vordergrund. Zur Realisierung wird das Spannen mittels Magnetspannplatten gewählt, um eine möglichst flächige Fixierung der Folien zu gewährleisten. Auf diese Weise liegen die Folien plan und rutschsicher auf der Vorrichtung auf. Um das magnetische Spannen von austenitischen Werkstoffen zu ermöglichen, werden diese mittels ferromagnetischer Niederhalter flächig auf die Spannelemente gepresst. Zum Erreichen der optimalen Schnittkantenqualität der Fügekanten wird die Folie vor dem Schweißen mittels Laserschneiden getrennt. Dieses geschieht mit demselben Aufbau und Lasersystem, wodurch die Folien zwischen dem Schneid- und Schweißvorgang nicht aus der Spannvorrichtung ausgespannt werden müssen. Zwei im Winkel von 90° zur Lineareinheit angebrachte Mikropositioniereinheiten ermöglichen eine Anpassung des Folienbetts an unterschiedliche Schnittspaltgrößen.

Das exakte Zusammenführen der in einem Winkel von  $45^\circ$  zur Folienußenkante geschnittenen Foliengkanten erfolgt anschließend über eine Lineareinheit. Dabei werden die auf der Lineareinheit montierten Magnetspannplatten aufeinander zubewegt, wodurch ein technischer Nullspalt der Fügekanten erzielt wird. Der Versuchsaufbau der Folienschweißungen inklusive des verwendeten Laserschneidkopfs, der ebenfalls für den Schweißprozess genutzt wurde, ist in **Bild 2** dargestellt.



**Bild 2** - Folienspannvorrichtung

**Dipl.-Ing. Schlüter, LMB Automation GmbH®:** „Mit Interesse haben wir das Projekt im Projekt im PbA verfolgt. Es hat sich bestätigt, dass während des Projektverlaufes interessante Ergebnisse erzielt werden konnten. So wie die Ergebnisse es aufzeigen, können trotz der unterschiedlichen Arbeitsweise von gepulsten und Dauerstrichlasern Gemeinsamkeiten beobachtet werden. Noch immer ist der Preisunterschied zwischen einem gepulsten Laser und einem für die jeweilige Anwendung verwendbaren Dauerstrichlaser recht groß.

Für mittelständische Firmen, wie wir es sind, ist es wichtig, auch mit kleineren Geräten Leistungen zu erbringen, die auf dem Markt benötigt werden. Zwei wesentliche Erkenntnisse können schon vor Ende des Projektes herausgestellt werden. Dies ist zum einen die Tatsache, daß der Standard Rechteckpuls nicht immer der Beste ist, da sich ein ungünstiges Erstarrungsverhalten in der Schweißung herausbilden kann. Die Möglichkeiten der Pulsformung kann hier eine Abhilfe bringen. Der Einsatz einer Pulsformung wird in Zukunft bei speziellen Anwendungen eine größere Rolle spielen, als es bislang der Fall war.

Die zweite Erkenntnis beruht auf der Tatsache, dass es beim gepulsten Laser eine größere Bandbreite der Parameterwahl gibt. Auf der einen Seite bietet dies dem Anwender mehr Möglichkeiten, auf der anderen Seite aber wird es für den Anwender schwieriger, die richtige Auswahl zu treffen. Daher ist der Ansatz, eine entsprechende Datenbank zu erstellen, die dem Anwender eine erste Hilfestellung gibt, eine sehr gute Idee. Dennoch möchte ich hier darauf hinweisen, dass man die Datenbank nicht immer wie beim Laserschneiden 1:1 einsetzen kann. Aber als Richtschnur dürfte sie sehr hilfreich sein.

Im Zusammenhang mit den Projektsitzungen ergab sich eine intensive und nützliche Wechselwirkung, da die Anregungen aus dem Ausschuss bei den weiteren Arbeiten jeweils mit einbezogen und gezielt umgesetzt worden sind. Es ist zu wünschen, dass eine Fortführung der Untersuchungen in Richtung der Anwendungen einer Pulsformung beim Laserschweißen in einem neuen Projekt erfolgen kann.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
06.070 16.362 B	<b>Verbesserung der Prozessstabilität beim Laserpunktschweißen von Kupfer und Cu-Mischverbindungen durch den Einsatz prozessinterner dynamischer Leistungsregelungen pulsmodulierbarer Laserstrahlquellen</b> Prof. Dr.-Ing. Martinek, IWF Magdeburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.362B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.362B</a>	01.02.2010	31.01.2012
06.071 16.517 N	<b>Einsatz der Mehrfokustechnik beim Laser- und Elektronenstrahlschweißen zur Beeinflussung der Schmelzbaddynamik am Beispiel ausscheidungshärtender Nickelbasis-Superlegierungen</b> Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.517N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.517N</a>	01.06.2010	31.05.2012
06.072 16.671 N	<b>Laser-MSG Hybridschweißen unter Zuhilfenahme niederenergetischer Lichtbogenschweißverfahren</b> Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.671N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.671N</a>	01.08.2010	31.07.2012
06.067 15.917 N	<b>Laser-MSG-Hybridschweißen von dickwandigen Präzisionsrohren</b> Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.917N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.917N</a>	01.12.2008	28.02.2011
06.069 16.139 N	<b>Anwendung der Mehrstrahltechnik zur Reduzierung der Eigenspannungen bei EB- und LB-geschweißten Bauteilen</b> Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.139N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.139N</a>	01.07.2009	30.06.2011
06.068 16.260 N	<b>Erweiterung der Anwendungsgrenzen beim Fügen mittels pulsmodulierbarer Strahlquellen durch den synergetischen Einsatz eines zeitlich vorgelagerten Plasmalichtbogens</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.260N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.260N</a>	01.11.2009	30.04.2012

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
06.065 15.536 N	<b>Mikro-Laser-MSG Hybridschweißen von Dünnschichten und Metallfolien</b> Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.536N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.536N</a>	01.03.2008	31.05.2010
06.064 15.560 N	<b>Qualifizierung und Optimierung des Fügens mit dem Elektronenstrahl in Zwangspositionen</b> Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.560N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.560N</a>	01.08.2008	31.10.2010
06.063 15.744 N	<b>Einfluss des Umformgrades (Kaltverfestigung) auf die Schweiß- und Lötignung von beschichteten Feinblechen mit <math>R_p \geq 800 \text{ N/mm}^2</math></b> Dr.-Ing. Cramer, SLV München Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.744N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.744N</a>	01.11.2008	31.10.2010

# 5 Fachausschuss 7



[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 Dipl.-Ing. Ingo Reinkensmeier**  
Siemens AG Energy, Berlin

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Thomas Ahrens**  
Trainalytics GmbH, Lippstadt

## 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 A 2 „Fügen in Elektronik und Feinwerktechnik“ - [www.dvs-aft.de/AfT/A/A2](http://www.dvs-aft.de/AfT/A/A2)
- AG A 2.5 „Mikrolöten in der Elektronik und Feinwerktechnik“ - [www.dvs-aft.de/AfT/A/A2.5](http://www.dvs-aft.de/AfT/A/A2.5)
- AG V 6.1 „Hart- und Hochtemperaturlöten“ - [www.dvs-aft.de/AfT/V/V6.1](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V6.1)
- AG V 6.2 „Weichlöten“ - [www.dvs-aft.de/AfT/V/V6.2](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V6.2)
- 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 Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

### Systematische Untersuchung der Fügeverbundeigenschaften von Lötungen mit Ag-, Cu- und Ni-Basisloten mit anwendungsrelevanten Prüfverfahren

(IGF-Nr. 15.113 N / DVS-Nr. 07.006)

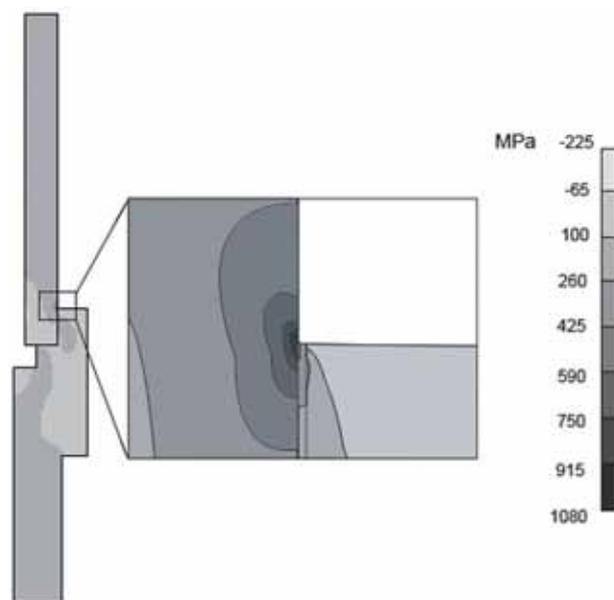
Laufzeit: 1. Juli 2007 - 30. Juni 2009

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

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. W. Tillmann, Lehrstuhl für Werkstofftechnologie (lwt), Technische Universität Dortmund

Im Gegensatz zu Schweißverbindungen ist die Vorhersage der Fügeverbundeigenschaften bei Lötverbindungen aufgrund eines Mangels an Kenndaten, Methoden und Simulationsmodellen im Allgemeinen nicht in ausreichend zuverlässiger Weise ohne aufwändige Vorversuche möglich. Das Ziel des Projektes war es daher, diesen Mangel zu beheben und ein systematisches Vorgehen für das sichere Auslegen von Lötverbindungen zu erarbeiten. Dazu wurden die mechanischen und thermischen Kennwerte der Lot- und Grundwerkstoffe ermittelt und die Festigkeit der Lötverbunde in zunehmend komplexeren Belastungsfällen untersucht. Die ermittelten Kenndaten bildeten die Basis für ein FE-Modell, mit dessen Hilfe Zugversuche simuliert und die errechneten Werte mit den realen Versuchen überprüft wurden. Es konnte hierbei eine gute Übereinstimmung der Simulation mit der Realität erreicht werden.

Die dabei zu untersuchenden Lote (CU 101, NI 102, AG 502 und AU 105) und Grundwerkstoffe (Stähle 1.4301 und 1.0715, Nickellegierung 2.4856 und Hartmetall DK 255) wurden in Absprache mit den Industrievertretern des pbA so ausgewählt, dass ein möglichst großes Spektrum – von der Massenanwendung bis zum Hightechprodukt – abgedeckt wird. Eine Erweiterung der Datenbank mit anderen Materialien ist aufgrund der angewandten Methodik leicht möglich. An praxisnahen Demonstratorbauteilen wurde die industrielle Nutzbarkeit der Simulation in der Löttechnik aufgezeigt. Die FEM-Spannungsanalyse gestattet es, die lokal auftretenden Belastungen genau zu analysieren (**Bild 1**) und darauf aufbauend eine lötgerechte Optimierung der Bauteilgeometrie vorzunehmen. So wurde gezeigt, wie durch die Variation der Lötspaltbreite im Modell die auftretenden Spannungen minimiert und so die Belastbarkeit der Lötverbindung erhöht werden kann, ohne dass wie bislang unzählige Vorversuche notwendig sind. Somit ergeben sich bei Anwendung der Projektergebnisse deutliche wirtschaftliche Vorteile bei der Entwicklung von Fügeverbunden. Aber auch ohne Simulation bietet die erarbeitete Datenbank mit Kennwerten von Lotwerkstoffen und Lötverbindungen dem Praktiker ein wertvolles Hilfsmittel bei der Lotauswahl und lötgerechten Konstruktion. Die Ergebnisse des Projekts wurden während und nach dem Ablauf des Vorhabens bei den Mitgliedern des pbA direkt umgesetzt, unter anderem bei der Nutzung der ermittelten Kenndaten zur Simulation von Hartmetall-Stahl-Verbunden bei Sägeblättern durch die Firma BrazeTec. Durch Veröffentlichungen, Berichterstattungen im Fachausschuss sowie nationalen und internationalen Tagungsteilnahmen wurden die Ergebnisse auch Firmen, die nicht zum pbA gehörten, zugänglich gemacht.



**Bild 1** - Spannungsverteilung im untersuchten Demonstratorbauteil bei einer äußeren Belastung von 400 N  
oben: Hartmetall, unten: Stahl 1.0715,  
Lot: AG 502, Spaltbreite: 20 µm

**Daniel Schnee, Umicore AG, Hanau:** „Bisher verwendete Simulationsrechnungen waren mangels allgemein verfügbarer Grunddaten in ihrer Präzision und Aussagekraft nur eingeschränkt nutzbar. Es zeigte sich aber dennoch das große Nutzungspotential der Simulation für spezifische Fragestellungen. So verwendete BrazeTec auch FEM-Rechnungen bei der Entwicklung des höherfesten Schichtlotes BrazeTec 49/Cu<sub>plus</sub>. Die Ergebnisse aus Simulationen von gelöteten typischen Bauteilen oder Baugruppen ermöglicht es uns, präziser grundlegende Abhängigkeiten zum lötgerechten Gestalten unseren Kunden zu vermitteln. Basierend auf den Ergebnissen von Simulationsrechnungen unter Verwendung der Werkstoffdaten aus dem Forschungsvorhaben werden derzeit Arbeiten bei uns zum Einfluss der Bandbreite von Schichtloten auf die Festigkeit der Verbindung von Hartmetall und Stahl bei Sägeblättern durchgeführt. Die Schlussfolgerungen werden für alle Hersteller von Sägeblättern von direktem Nutzen sein.“

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

### Entwicklung von Eisenbasisloten zum Hochtemperaturlöten von trinkwasserkontaktierten Werkstoffen

(IGF-Nr. 15.405 B / DVS-Nr. 07.056)

Laufzeit: 1. November 2007 - 31. Oktober 2009

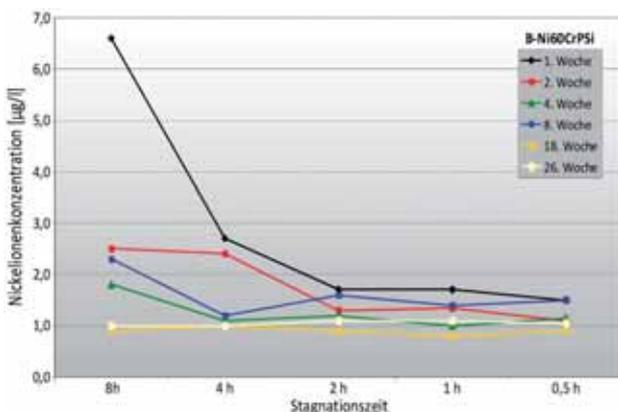
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. B. Wielage

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Th. Lampke

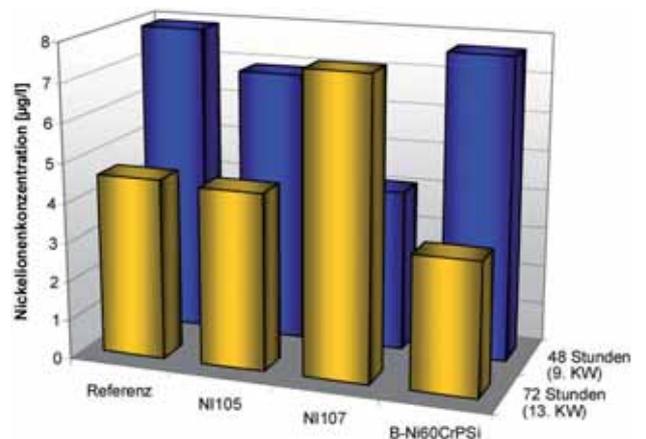
Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,

Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Technische Universität Chemnitz

Durch die Novellierung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vom 01.01.2003 wurde der zulässige Nickelionengehalt im Trinkwasser von 50 µg/l auf 20 µg/l reduziert. Gleichzeitig begann auf europäischer Ebene die Erarbeitung von Normenentwürfen, die eine Anpassung resp. Überführung der nationalen Normen in europäische bzw. internationale Normen zum Ziel haben. So ist bspw. die DIN EN 15664-1 ein seit Juni 2008 gültiges Regelwerk, das aus der DIN 50931-1 hervorgegangen ist und den Einfluss metallischer Werkstoffe auf Wasser für den menschlichen Gebrauch reguliert. Da bei Anlagen in Trinkwassersystemen häufig mit Nickelbasisloten gefügte Wärmetauscher zum Einsatz kommen, besteht in diesem Bereich möglicherweise die Gefahr der Überschreitung des Grenzwertes der Nickelionenbelastung. Bislang erfolgt der Einsatz von mit Nickelbasisloten gefügten Bauteilen nach der 5-%-Bestimmung, die in der DIN 50930-6 festgelegt ist. Die momentane Überarbeitung dieser Norm bringt die Prüfung aller mit Trinkwasser in Verbindungen stehenden metallischen Werkstoffe nach DIN EN 15664-1/2 mit sich. Diese Prüfungen sind sehr aufwändig und entsprechend kostenintensiv, was insbesondere für KMU problematisch ist. Im genannten Projekt wurden drei vom pbA ausgewählte Nickelbasislote (Ni105, NI107 und B-Ni60CrPSi) mit einem der drei vorgeschriebenen Trinkwasserqualitäten untersucht. Die Ergebnisse sind sehr gut. Der zulässige Nickelionengehalt von 20 µg/l wird nicht überschritten. In Absprache mit dem DVGW (Dt. Vereinigung des Gas- und Wasserfaches) sind die Ergebnisse jedoch nur eingeschränkt für weiches Wasser bzw. für den Raum Chemnitz anwendbar. Dennoch ist es für die Lothersteller und -anwender ein erster wichtiger Schritt, der den zukünftigen Einsatz dieser Lote sicherstellt.



**Bild 1** - Stagnationskurven des kontinuierlichen Betriebs über einen Versuchszeitraum von 18 Wochen am Beispiel des Nickelbasislotes B-Ni60CrPSi



**Bild 2** - Stagnationskurven nach stagnierendem Betrieb

**Anwender der Forschungsergebnisse ist dabei z.B. die Fa. Innobrazo GmbH, Esslingen. Dr. Krappitz, Geschäftsführer der Innobrazo GmbH:** „Ich möchte insbesondere erwähnen, dass wir in die lötechnische Beratung unserer Kunden diese Ergebnisse ebenfalls einfließen lassen. Hierdurch werden die Ergebnisse auch für Hersteller von Wassererwärmungsgeräten (Wasserkocher, Kaffeemaschinen, Eierkocher, Warmwasserspeicher und Durchlauferhitzer) und deren Dienstleister (Lohnlötereien) verfügbar. Auch diese Industrien sind in starkem Maße mittelständisch geprägt.“

### Forschungsbilanz Beispiel 3 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Entwicklung eines neuen Prüfverfahrens zur Klassifizierung von Flussmitteln

(IGF-Nr. 15.711 N / DVS-Nr. 07.059)

Laufzeit: 1. Juli 2008 - 30. September 2009

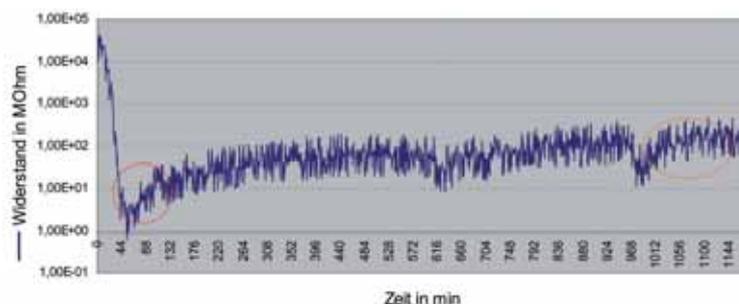
Prof. Dr.-Ing. H. Reichl, Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Berlin

### Ausgangssituation

Beim Selektivlötprozess passiert es immer wieder, dass das aufgebrauchte Flussmittel nicht an allen Stellen mit der Lötwärme in Kontakt kommt und somit Rückstände verbleiben, bei denen die Aktivatoren noch nicht thermisch zersetzt wurden. Diese Rückstände enthalten einen größeren Anteil an ionischen Bestandteilen, was zu einer schnelleren Bildung eines geschlossenen Feuchtigkeitsfilms auf der Baugruppe führen kann. Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass diese Rückstände bei Einwirkung von Feuchtigkeit ein abweichendes Verhalten zeigen, verglichen zu den Rückständen die bei thermisch behandelten Flussmitteln verbleiben. Als Konsequenz dessen treten im betrieblichen Einsatz unter Feuchtebedingungen immer wieder Ausfälle von selektiv gelöteten elektronischen Baugruppen auf. Diese Ausfälle konnten auch bei der Verwendung von Flussmitteln beobachtet werden, die eine Klassifizierung nach aktuellen, bestehenden Normen bestanden hatten. Ziel des Vorhabens war es, ein neues bzw. modifiziertes Prüfverfahren zu entwickeln, das eine schnelle und für jeden Anwendungsfall reproduzierbare Aussage über die Wirkungsweise der Flussmittlrückstände unter Feuchteeinwirkung zulässt.

### Forschungsergebnisse

Als geeignet hat sich ein Verfahren herauskristallisiert, bei dem bei einer konstanten Temperatur von 85 °C und einer relativen Feuchte von 20 % gestartet und die Feuchte kontinuierlich auf 85 % erhöht wird. Die Messung des Oberflächenwiderstandes erfolgt kontinuierlich bei einer angelegten Spannung von 5 V. Es wurden acht verschiedene Flussmittel getestet, die die Klassifizierung nach den derzeit gültigen Normen bestanden hatten und auch in der Serienfertigung im Selektivlötprozess zum Einsatz kommen. Es ergaben sich Kurvenverläufe (**Bild 1**), bei denen es nach einem kurzzeitigen Abfall zu einem Anstieg des Widerstandswertes bis zu einem stabilen Wert kommt.



**Bild 1** - Typischer Kurvenverlauf für den Oberflächenwiderstand bei der Messung im Klima

Als Beurteilungskriterium wurden der Widerstandswert, der sich nach Ablauf des Versuches als maximaler Wert einstellt herangezogen, sowie die Zeit, bei der der Anstieg des Oberflächenwiderstandes einsetzt. Abhängig von der Flussmittelzusammensetzung, der Flussmittelmenge und der Metallisierung konnten auch eindeutige Zusammenhänge gefunden werden. Um die Reproduzierbarkeit des Prüfverfahrens nachzuweisen, wurden noch Tests an ausgewählten Flussmitteln bei Firmen aus dem projektbegleitenden Ausschuss durchgeführt. Bei allen vier Stellen konnten ähnliche Ergebnisse erzielt werden. Weiterhin zeigten auch Flussmittel, die bei dem Test die besten Ergebnisse brachten, ein besseres Verhalten nach dem Selektivlötprozess von Serienbaugruppen bezüglich der Feuchteempfindlichkeit der Rückstände. Somit hat sich gezeigt, dass das getestete Prüfverfahren geeignet ist innerhalb eines Tages Unterschiede im Verhalten von Flussmittelrückständen unter Feuchteeinwirkung herauszufiltern und zu bewerten. Dadurch können unvorhergesehene Ausfälle elektronischer Baugruppen im betrieblichen Einsatz vermieden werden.

Um den Test auch als akzeptiertes und genormtes Prüfverfahren einführen zu können, sind noch weitere Absicherungen der Ergebnisse notwendig. Hier erfolgten seit Abschluss des Projektes zahlreiche, bilaterale Gespräche und Diskussionen mit den Industrievertretern des projektbegleitenden Ausschusses, sowie Flussmittelherstellern und Anwendern. Die Umsetzung in ein genormtes Verfahren wird derzeit im Gemeinschaftsausschuss DVS / DIN AG V 6.1 / NA 092-00-08 AA „Weichlöten“ verfolgt.

**Stefan Penzenstadler, Zollner AG:** „Um jegliche flussmittelbedingten Risiken bei selektivgelöteten Baugruppen auszuschließen, wurden unterschiedliche Flussmittel unter Verwendung des modifizierten Prüfverfahrens getestet. Mit dem ausgewählten Flussmittel werden hervorragende Ergebnisse erzielt und dadurch eine konsequente Risikominimierung für unsere Kundenprodukte erreicht. Die verschärften Prüfbedingungen gelten als Zulassungsvoraussetzungen für den Produktionseinsatz bei Zollner. Die Fa. Zollner plädiert dafür, dass dieses Prüfverfahren zusätzlich zum SIR-Test, für Flussmittelhersteller vorgeschrieben sein sollte.“

**H. G. Schröder, Emil Otto e.K.:** „Für uns als Flussmittelhersteller liefert das modifizierte Prüfverfahren wertvolle Ergänzungen zu den Ergebnissen aus Standardtests, um die Eigenschaften und das Verhalten neu entwickelter Flussmittelsysteme bewerten zu können. Bei Emil Otto werden deshalb bereits regelmäßig Messungen mit diesem Verfahren durchgeführt.“

**Ing. Jürgen Friedrich, Ersä:** „Als Hersteller von Selektivlötmaschinen ist es wichtig, dass der Selektivlötprozess eine hohe Prozesssicherheit bietet und die gefertigten Baugruppen, unabhängig von der industriellen Anwendung, zuverlässig sind. Ein Prüfverfahren, das die Feuchteempfindlichkeit von Flussmittelrückständen zuverlässig vorhersagt ist deshalb auch für die Fa. Ersä von großer Bedeutung, um Hinweise für die Auswahl von Flussmitteln für Selektivlötprozesse geben zu können.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
07.062 16.558 N	<b>Systematische Untersuchung der Eigenschaften gelöteter Fügeverbunde mit anwendungsrelevanten Prüfverfahren II</b> Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen Prof. Dr.-Ing.Dipl.-Wirt.Ing. Tillmann, LWT Dortmund Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.558N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.558N</a>	01.05.2010	30.04.2012
07.060 16.036 N	<b>Bor- und phosphorfrem Nickelbasislote für das Löten im Schutzgasdurchlauföfen</b> Prof. Dr.-Ing. Bach, IW Hannover Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.036N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.036N</a>	01.04.2009	31.03.2011
07.061 16.194 B	<b>Entwicklung niedrigschmelzender Lote für hochfeste Aluminiumlegierungen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, IWW Chemnitz Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.194B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.194B</a>	01.09.2009	31.08.2011
07.057 15.535 N	<b>Lötwärmebeständigkeit und Zuverlässigkeit neuer Konstruktionen im manuellen Reparaturprozess bleifreier elektronischer Baugruppen</b> Prof. Dr.-Ing. Benecke, ISIT Itzehoe Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.535N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.535N</a>	01.02.2008	31.07.2010

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
07.057 15.535 N	<b>Lötwärmebeständigkeit und Zuverlässigkeit neuer Konstruktionen im manuellen Reparaturprozess bleifreier elektronischer Baugruppen</b> Prof. Dr.-Ing. Benecke, ISIT Itzehoe Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.535N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.535N</a>	01.02.2008	31.07.2010

# 5 Fachausschuss 8



[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 Reiner**  
Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Neustadt-Fernthal

**Dr.-Ing. Wilko Flügge**  
Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter

**Dipl.-Ing. Karl Moser**  
MERK-Project GmbH, Aichach

**Prof. Dr. Rainer Marutzky**  
IVTH e.V., Braunschweig

**Dr. Hans-Günther Cordes**  
Jork

**Vertreter der vier Forschungsvereinigungen**

#### FA 8 „Klebtechnik“:

**Vorsitzender Prof. Dr.-Ing. Thomas Reiner**  
Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Neustadt-Fernthal

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Horst Stepanski**  
Stepanski Engineering, Leverkusen



#### Tragende 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
- **Internationaler Verein für technische Holzfragen e.V. (IVTH)**  
Mitglieder des IVTH aus Forschung und Industrie
- **Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS**  
Fachausschuss 8 „Klebtechnik“ der Forschungsvereinigung des DVS



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

#### Eigenschaftsprofil schnell gehärteter Klebverbindungen unter zyklischer Belastung

(IGF-Nr. 15.595 N / DVS-Nr. 08.049)

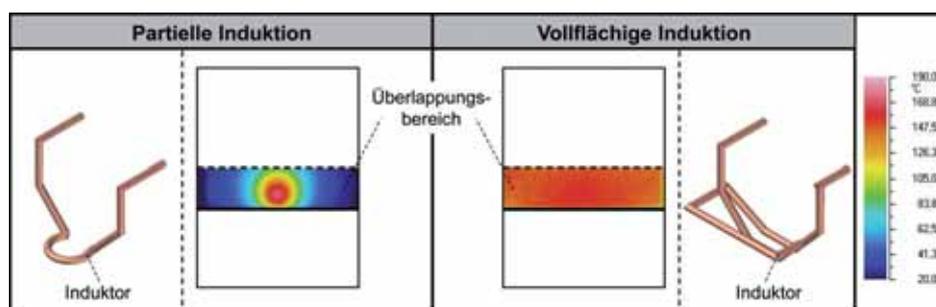
Laufzeit: 1. Juni 2008 - 31. Mai 2010

Prof. Dr.-Ing. O. Hahn, Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF), Universität Paderborn

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde der Einfluss einer induktiven Schnellhärtung auf die mechanisch-technologischen Klebverbindungseigenschaften unter zyklischer Belastung untersucht. Das Kleben ermöglicht dank einer flächigen Kraftübertragung eine hohe Werkstoffausnutzung. Dies kann neben Effekten der Gewichtersparnis zu einer Erhöhung der Fahrzeugsteifigkeit und zu einer verbesserten Fahrdynamik im Automobilbau führen. Im Karosserierohbau eingesetzte Klebstoffe härten in der Regel erst während des Trocknungsprozesses der kathodischen Tauchlackierung (KTL) aus. Die Fügeteile benötigen eine Fixierung bis zur endgültigen Klebstoffaushärtung. Hierzu werden bei elementar geklebten Verbindungen häufig temporäre Fixierhilfen eingesetzt. Um eine unmittelbare Handhabungsfestigkeit der Verbindung ohne Zuhilfenahme von derartigen Fixierungen erzielen zu können, bietet sich ein beschleunigtes Vor- bzw. Aushärten der Klebschicht durch induktive Erwärmung der umgebenden Fügeteile an. Die mechanischen Eigenschaften von Klebstoff und Klebverbindung werden von den Härteparametern beeinflusst. Im dargestellten Forschungsvorhaben wurde systematisch der Einfluss einer Schnellhärtung auf die Klebschicht- und Klebverbindungseigenschaften untersucht.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden aus einer Vielzahl an ein- und zweikomponentigen Epoxidharzklebstoffen für eine Schnellhärtung geeignete Klebstoffe ausgewählt. Es wurde der Einfluss verschiedener Parameter der induktiven Schnellhärtung sowohl auf die Klebstoffsubstanz als auch auf die Klebverbindung bewertet. Je nach Zugänglichkeit und Anwendung in der Praxis wird zwischen einer Schnellhärtung im induktiven Innen- und Außenfeld unterschieden, woraus ein deutlich unterschiedliches Erwärmungsverhalten der Fügeteile und letztendlich der Klebschicht resultiert. Die induktive Erwärmung erfolgte unabhängig von Induktor und Prüfkörper stets mit einer Aufheizrate von 1860 K/min, um die benötigte Prozesszeit auf ein Minimum zu begrenzen. In Abhängigkeit der betrachteten Induktionstemperaturen wurde die induktive Haltephase jeweils entsprechend angepasst, sodass eine Handhabungsfestigkeit der Klebverbindung gewährleistet war.

Die Variante Innenfeldinduktion führt aus der Positionierung der Fügeteile im Inneren eines elektromagnetischen Wechselfelds zu einer beidseitigen Erwärmung der Klebverbindung. Daraus resultiert eine gleichmäßige Temperaturverteilung und Vernetzung im Klebflansch. Im Gegensatz dazu erfolgt bei Anwendung der Außenfeldinduktion ein einseitiger Wärmeeintrag in die Klebschicht, der zu einem Temperatur- und somit auch Vernetzungsgradienten über der Klebschichtdicke führt. Dabei liegt auch gegen Ende der induktiven Haltephase eine signifikante Temperaturdifferenz zwischen dem aktiv erwärmten und dem abgewandten Fügeteil vor. Daraus resultiert eine ungleichmäßige Vernetzung bzw. die Ausbildung von Adhäsionskräften überwiegend zum aktiv erwärmten Fügeteil während der induktiven Schnellhärtung, was zu Eigenspannungen innerhalb der Klebverbindung und zu einer negativen Beeinflussung der Verbindungseigenschaften führen kann. Zusätzlich wurde bei der Außenfeldinduktion zwischen den Varianten partielle und vollflächige Erwärmung unterschieden (**Bild 1**).



**Bild 1** - Erwärmungsverhalten des Klebflansches in Abhängigkeit des verwendeten Induktors  
links: partielle Induktion, rechts: vollflächige Induktion

Speziell an die Fügezone angepasste Außenfeldinduktoren ermöglichen dabei eine örtlich definierte Klebschichtwärmung. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass in der industriellen Anwendung neben einer vollflächigen Schnellhärtung, die häufig zum Erzielen einer Auswaschbeständigkeit des Klebstoffs eingesetzt wird, die induktive Schnellhärtung auch zum Erreichen einer punktuellen Handhabungsfestigkeit verwendet wird.

Bei der industriellen Umsetzung der Schnellhärtung sollte aus den im Forschungsvorhaben erarbeiteten Erkenntnissen eine Schnellhärtung im Innenfeld angestrebt werden. Wenn dieses aus anwendungsrelevanten Gründen nicht möglich ist, wird eine Schnellhärtung im Außenfeld bei einer niedrigen Induktionstemperatur und ausschließlich partiell empfohlen. Somit lassen sich auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse auch nach einer induktiven Schnellhärtung nahezu unveränderte Klebverbindungseigenschaften erzielen.

Das im projektbegleitenden Ausschuss beteiligte Unternehmen HEGGEMANN AG sieht den Hauptvorteil einer induktiven Schnellhärtung geklebter Verbindungen in der Umsetzung klebtechnischer Fügekonzepte auch bei kleinen und mittleren Unternehmen, für die bei geringen Stückzahlen die Nutzung einer kostenintensiven Ofenstrecke zur Warmhärtung unwirtschaftlich wäre. Die induktive Schnellhärtung bietet in Kombination mit kalthärtenden, zweikomponentigen Klebstoffen die Chance, ohne aufwendige Fixiervorrichtungen oder Verwendung mechanischer Fügeverfahren elementar geklebte Bauteile bis zum Erreichen einer Handhabungsfestigkeit beschleunigt zu härten. Die endgültige und vollständige Klebstoffaushärtung kann anschließend bei Raumtemperatur erfolgen.

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

### Kleben auf Kunststoffen mit Rückständen aus Formtrennmitteln

(IGF-Nr. 15.443 N / DVS-Nr. 08.048)

Laufzeit: 1. September 2008 - 31. August 2010

Prof. Dr. rer. nat. B. Mayer,

Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen

Im Projekt „Kleben auf Kunststoffen mit Rückständen aus Formtrennmitteln“ wurde die Wirkung verschiedener Vorbehandlungsmethoden auf diverse industriell eingesetzte Trennmittel untersucht. Im besonderen Fokus standen hierbei zwei als kritisch bekannte Trennmittel, die silizium-organische Bestandteile beinhalten. Eines dieser Trennmittel wird bei der Herstellung von Polyurethanschäumen eingesetzt, das andere bei der Herstellung von Kohlefaser-verbundwerkstoffen. Als Klebstoffe wurden ein 2k Epoxid und ein Haftklebstoff verwendet.

Untersucht wurden im Vergleich die Vorbehandlungs- bzw. Reinigungsmethoden Beflammung, Vakuum-UV-Lampen (Excimer), Niederdruck-Plasma- und mehrere Atmosphärendruck-Plasmaverfahren.

Mit Niederdruckplasma, VUV und Atmosphärendruck-Plasmen konnten organische Trennmittel erfolgreich abgebaut werden. Der Abbau erfolgte bei den untersuchten Substanzen annähernd linear mit der Prozesszeit. Für das Verfahren Beflammung konnte ein Abbau der untersuchten Trennmittel jedoch nicht nachgewiesen werden.

Silizium-organische Trennmittel wurden mit allen untersuchten Vorbehandlungsverfahren kaum abgebaut, sondern oxidiert und vernetzt. Das nach der Vorbehandlung resultierende, haftvermittelnde anorganische Gerüst ist jedoch für Klebungen gut geeignet. Hierbei ist wichtig, dass polare Gruppen in die Oberflächen eingebaut werden und für eine gute Benetzung des Klebstoffs sorgen.

Es konnte gezeigt werden, dass ein erfolgreiches Kleben durchaus auch bei höheren Trennmittelkonzentrationen auf der Oberfläche eines Bauteils möglich ist. Eine effektive Vorbehandlung ist zum Erhalt von hohen Klebfestigkeiten notwendig. Auch bei einem vollständigen Übertrag des CFK-Trennmittels auf das Bauteil konnte für alle Vorbehandlungsmethoden eine wesentliche Verbesserung der Klebfestigkeiten nachgewiesen werden (**Bild 1** und **Bild 2**). Ohne Vorbehandlung war ein Kleben nicht möglich.

Bei der Fertigung von Kunststoffteilen ist darauf zu achten, dass möglichst wenig Formtrennmittel eingesetzt werden. Je mehr Trennmittel sich auf der Oberfläche des Bauteils befinden, desto länger muss vorbehandelt werden, um diese abzubauen. Um eine hohe Prozesssicherheit zu gewährleisten, ist daher eine Überwachung des Trennmittelauftrages sinnvoll. Ungleichmäßiger Trennmittelauftrag kann lokal zu geringeren Klebfestigkeiten führen.



Bild 1 - CFK-Klebung mit Vorbehandlung



Bild 2 - CFK-Klebung ohne Vorbehandlung

**Dr. Peter Prochnow, ACMOS Chemie KG, Bremen:** „Durch dieses Projekt konnten tiefe Einblicke in die Abbaumechanismen von Trennmitteln erlangt werden. ACMOS-Chemie als führender Trennmittelhersteller ist durch diese Projektergebnisse in die Lage versetzt worden, bei zukünftigen Trennmittelformulierungen vermehrt Komponenten einzusetzen, die eine leichte Entfernbarkeit mit Hilfe moderner trockener Vorbehandlungstechniken erlauben.“

## Durchlaufende Forschungsprojekte 2010 im FA 8 5

### Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
08.070 00.034 E	<b>Increase of the safety of cars for the Protection of pedestrians by Crash Resistant Adhesive Bonding on LACquered Surfaces (CORNET-Projekt)</b> Prof. Dr.-Ing. Haferkamp, LZH Hannover Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Informationen im Internet zur Zeit noch nicht verfügbar.	01.06.2010	31.05.2012
08.053 16.317 N	<b>Qualitätssicheres Vorbehandeln und Kleben durch den Einsatz optischer Emissionsspektroskopie - SAFE BOND</b> Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.317N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.317N</a>	01.03.2010	29.02.2012
08.067 16.384 N	<b>Neue wirtschaftliche Messmethoden zum geregelten Klebstoffauftrag hochviskoser Klebstoffe (ThermoFlowSens)</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.384N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.384N</a>	01.03.2010	29.02.2012
08.068 16.559 N	<b>Einfluss der Dosier- und Mischtechnik auf das Eigenschaftsprofil von 2K Klebstoffen: DoMinik 2K</b> Prof. Dr.-Ing. Hahn, LWF Paderborn Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.559N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.559N</a>	01.05.2010	30.04.2012

# 5 Durchlaufende Forschungsprojekte 2010 im FA 8

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
08.069 16.560 N	<b>Untersuchungen zum Einfluss einer Elektronenstrahlvorbehandlung von Titanoberflächen zur Verbesserung der Alterungsbeständigkeit von Klebungen (unter erhöhter Temperatur- und Feuchtebelastung) - OBTITAN</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.560N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.560N</a>	01.05.2010	30.04.2012
08.071 16.778 N	<b>Eigenschaftsprofil Klebebolzen</b> Prof. Dr.-Ing. Hahn, LWF Paderborn Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.778N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.778N</a>	01.11.2010	31.10.2012
GK.000 00.307 Z	<b>Schwingfestigkeitsauslegung von geklebten Stahlbauteilen des Fahrzeugbaus unter Belastung mit variablen Amplituden</b> Prof. Dr.-Ing. Matzenmiller, IFM Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.307Z">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.307Z</a>	01.01.2009	31.10.2011
GK.004 00.319 Z	<b>Entwicklung einer Systematik zur Anpassung von Klebstoffen und Klebverbindungen an die Anforderungen beim Kleben hochfester Stähle</b> Prof. Dr.-Ing. Geiß, AWOK Kaiserslautern Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.319Z">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.319Z</a>	01.04.2009	30.09.2011
GK.003 00.338 Z	<b>Robustheit und Zuverlässigkeit der Berechnungsmethoden von Klebverbindungen mit hochfesten Stahlblechen unter Crashbedingungen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. M.Sc. Mahnken, LTM Prof. Dr.-Ing. Matzenmiller, IFM Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.338Z">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.338Z</a>	01.12.2009	31.05.2012
GK.001 15.638 N	<b>Entwicklung einer Prozesskette zur Herstellung partiell verstärkter Blechstrukturen durch neuartige Basisklebstoffe und daran angepasste Verarbeitungstechniken</b> Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Prof. Dr.-Ing. Behrens, IFUM Hannover Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.638N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.638N</a>	01.06.2008	31.05.2011
08.051 16.030 N	<b>Einsatz rationeller partieller Reinigungsverfahren zur Verbesserung der Raumtemperatur-Klebarkeit beölter und umgeformter Feinbleche, „Ratioclean“</b> Prof. Dr. Dietrich, HS Ulm Prof. Dr.-Ing. Geiß, AWOK Kaiserslautern Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.030N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.030N</a>	01.04.2009	31.12.2011
08.050 16.031 B	<b>Klebtechnisches Verbinden von Hartstoffschnitten mit Schneideinsatzträgern für Hochleistungswerkzeuge</b> Dr. Sändig, IFW Jena Dr.-Ing. Barthelmä, GFE e.V. Schmalkalden Prof. Dr.-Ing. Geiß, AWOK Kaiserslautern Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.031B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.031B</a>	01.04.2009	31.03.2011

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
GK.002 00.294 Z	<b>Falzklebeprozess im automobilen Rohbau</b> Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Prof. Dr.-Ing. habil. Neugebauer, IWU Dresden Informationen im Internet zur Zeit noch nicht verfügbar.	01.06.2008	30.11.2010
08.048 15.443 N	<b>Kleben auf Kunststoffen mit Rückständen aus Formtrennmittel</b> Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.443N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.443N</a>	01.09.2008	31.08.2010
08.049 15.595 N	<b>Eigenschaftsprofil schnell gehärteter Klebverbindungen unter zyklischer Belastung</b> Prof. Dr.-Ing. Hahn, LWF Paderborn Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.595N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.595N</a>	01.06.2008	31.05.2010
08.047 15.636 N	<b>Wirksamkeit von Verfahren zur Entfernung von Trennstoffen auf Al-Druckguss-Bauteilen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.636N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.636N</a>	01.08.2008	31.07.2010



[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

## 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:

### Untersuchung des Versagensverhaltens von stanzgenieteten, widerstandspunkt- und laserstrahlgeschweißten Verbindungen aus Aluminiumwerkstoffen im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Schwingfestigkeit

(IGF-Nr. 14.570 N / DVS-Nr. 09.042)

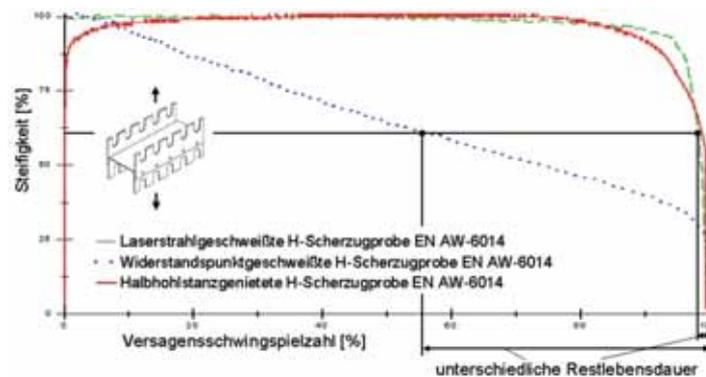
Laufzeit: 1. April 2006 - 30. November 2008

Prof. Dr.-Ing. O. Hahn, Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik, Universität Paderborn

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

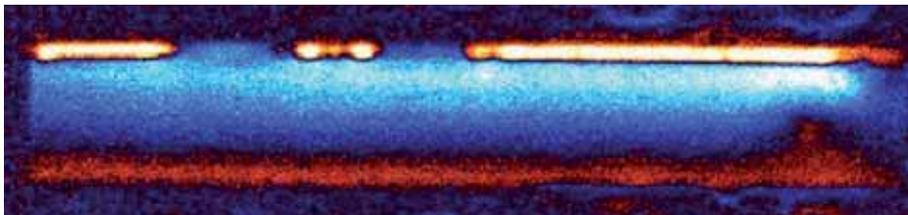
Für die Einschätzbarkeit der Eigenschaften und der Festigkeit von Verbindungen unter zyklischer Belastung ist die Festlegung eines einheitlichen Versagenskriteriums von großer Bedeutung. Die Anwendung eines Kriteriums wie beispielsweise „40 % Steifigkeitsverlust“ führt nicht zu vergleichbaren Kennwerten der Schwingfestigkeit unterschiedlich gefügter Bauteile, da weder eine einheitliche Restlebensdauer noch ein vergleichbarer Schädigungsgrad vorliegt.

Weiterhin kann die rechnerische Abschätzung der Lebensdauer von Proben und Bauteilen nur dann mit hinreichender Genauigkeit gelingen, wenn die Versagensart und maßgebliche Versagenskriterien, wie die Rissgröße, in allen Versuchsergebnissen übereinstimmen und die experimentell gewonnenen Daten mit den verwendeten Berechnungsmethoden harmonisieren. So sind beispielsweise zur Verifizierung von Berechnungsergebnissen nach dem örtlichen Konzept Vergleichsdaten auf Basis von Anrisssschwingspielzahlen erforderlich. Aufgrund ihrer Geometrie lassen es jedoch nur wenige Bauteile und Proben zu, den Rissfortschritt während des Versuchs auf einfache Weise zu messen. Ziel des vom Fachausschuss 9 „Konstruktion und Berechnung“ des DVS begleiteten Forschungsprojekts war es daher außerdem, eine Mess- und Auswertemethodik zu entwickeln, welche eine Aussage über den Rissfortschritt während des Versuchs erlaubt. Im Rahmen dieses Projekts wurde eine Vielzahl von Schwingfestigkeitsversuchen unter einstufiger Belastung an Resonanz- und Servohydraulik-Pulsern mit einfach überlappten Scherzugproben, LWF-KS-2-Proben, H-Proben und Hutprofilproben aus dem Werkstoff EN AW-6014 (AlMgSi) durchgeführt (**Bild 1**). Es wurden die Fügeverfahren Halbhohlstanzen, Widerstandspunkt- und Laserstrahlschweißen betrachtet.



**Bild 1** - Vergleich normierter Steifigkeitsverläufe gefügter H-Scherzugproben

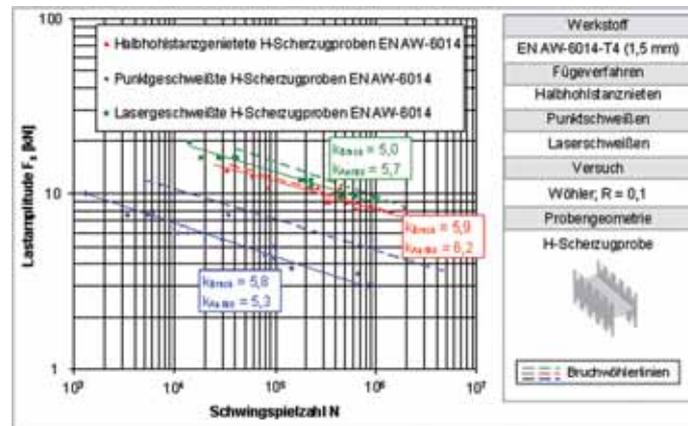
Bei derartigen Schwingfestigkeitsuntersuchungen von Überlappverbindungen erwies es sich als eine Herausforderung, die Schädigungsmerkmale zu erfassen und zu überwachen. Anrisse wandern überwiegend aus der Fügeebene an die Oberfläche und sind somit nicht unmittelbar detektierbar. Unter weiteren untersuchten Methoden zur Erfassung des Schädigungsfortschritts, wie beispielsweise der zur Lokalisierung der Schädigung geeigneten thermoelastischen Spannungsanalyse (**Bild 2**) ist die laufende Überwachung der dynamischen Steifigkeit bzw. bei Resonanzpulsern der Maschinenfrequenz eine relativ einfach handhabbare Möglichkeit.



**Bild 2** - TSA einer geschädigten laserstrahlgeschweißten H-Scherzugprobe

Zur Feststellung der vorliegenden Risstiefe und -geometrie wurden Schwingfestigkeitsversuche mit den verschiedenen Probengeometrien und Belastungsarten zu definierten Zeitpunkten abgeschaltet. Anschließend erfolgten unter anderem metallographische Untersuchungen mit dem Ziel der Lokalisierung des Rissinitiationsorts und der Vermessung der vorliegenden Schädigung. Auf Basis dieser Ergebnisse und durch numerische Analysen auf Basis der Finite-Elemente-Methode bestätigt, konnte der beschleunigte Steifigkeitsabfall bzw. ein Frequenzabfall von  $\Delta f = 0,1$  Hz als Kriterium für den „technischen Anriss“ (Risstiefe  $a \geq 0,5$  mm) gewählt werden (**Bild 3**, nächste Seite).

Die Ergebnisse der Schwingfestigkeitsversuche mit Anrissdetektion zeigten das unterschiedliche Versagensverhalten der betrachteten Fügeverbindungen, beispielsweise anhand differierender Rissfortschrittsphasen, auf. Dies macht die Bedeutung eines im Sinne einer treffgenauen Auslegung von Fügestellen unter Schwingbelastung geeigneten Versagenskriteriums deutlich. Die in diesem Vorhaben gewonnenen Erkenntnisse sind unter anderem in die bereits kommerziell verfügbare Regelungssoftware für Prüfmaschinen der Firma RUMUL Russenberger Prüfmaschinen AG eingeflossen.



**Bild 3** - Wöhlerlinien gefügter H-Scherzugproben für die Kriterien „Bruch“ und „technischer Anriss“

**Jürg Berchtold, RUMUL Russenberger Prüfmaschinen AG, Neuhausen am Rheinfl:** „Üblicherweise wird bei einem Ermüdungsversuch auf einer Resonanzprüfmaschine eine Anrisserkennung mit Hilfe einer exakten Messung der Prüffrequenz erreicht. Ein Anriss am Prüfling führt zu einem Steifigkeitsverlust und dieser verursacht einen Abfall der Prüffrequenz. Im vorliegenden Fall zeigten jedoch die Prüflinge nach dem Versuchsstart je nach Fügeverfahren einen unterschiedlichen Anstieg der Steifigkeit, was sich in einem Anstieg der Prüffrequenz äußerte. Dieser Anstieg musste nun mit einer neuen Funktion (ähnlich einem modifizierten Schleppzeiger) erkannt werden, bevor die Software auf den für die Schädigung relevanten Frequenzabfall zu reagieren hatte. Die entsprechende Anpassung der Prüfmaschinensoftware konnte im Rahmen des Projektes erfolgreich umgesetzt werden und führt in Kombination mit der Funktion der automatisierten Abschaltung zu einer erheblichen Vereinfachung für den Versuchingenieur.“

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

#### Mikromagnetische Eigenspannungsbestimmung an geschweißten Stählen

(IGF-Nr. 15.378 N / DVS-Nr. 09.047)

Laufzeit: 1. August 2008 - 31. Dezember 2010

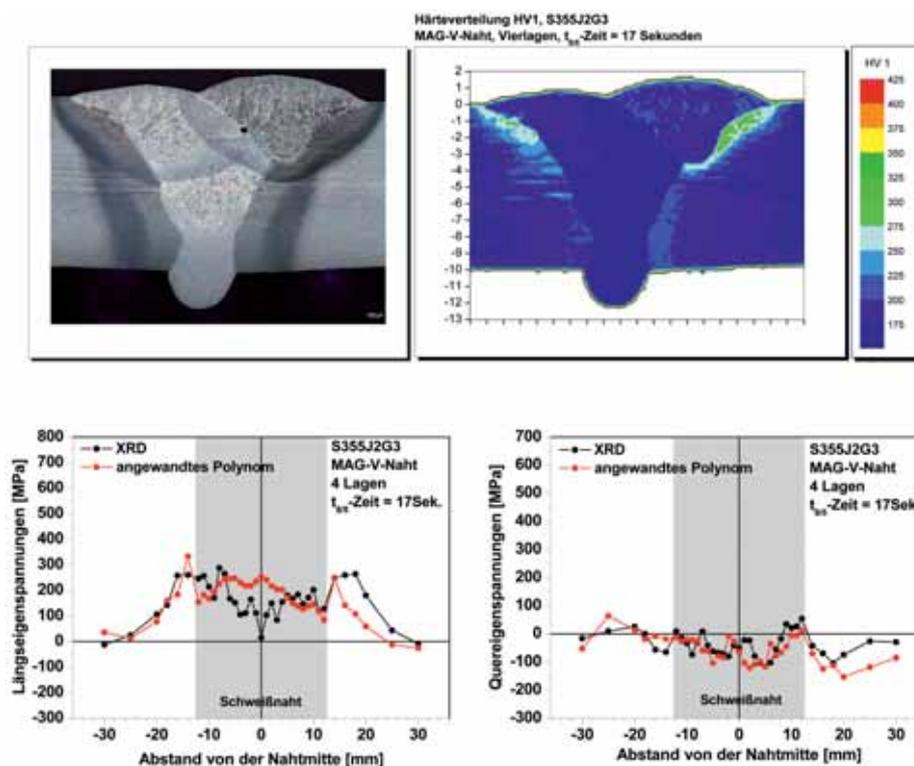
Prof. Dr.-Ing. K. Dilger, Institut für Füge- und Schweißtechnik, TU Braunschweig

Vom Schweißen herrührende Eigenspannungen werden häufig mit dem Festigkeitsverhalten von Schweißkonstruktionen in Zusammenhang gebracht. Auch Verzugserscheinungen in der Bearbeitungskette werden auf Eigenspannungen zurückgeführt, ohne deren Höhe genau zu kennen. Dies führt häufig dazu, daß teure und manchmal auch fragwürdige Nachbehandlungen angewendet werden, ohne deren Nutzen genau zu kennen. Aus diesem Grunde ist die genaue Kenntnis der Höhe und Verteilung von Schweißeigenspannungen unumgänglich, wenn diese das Stadium eines Unsicherheitsfaktors verlassen und einer ingenieurmäßig verlässlichen Handhabung zugänglich gemacht werden sollen. Zwar gibt es umfangreiche Bemühungen zur Berechnung von Schweißeigenspannungen, doch beschränken sich die Anwendungsmöglichkeiten bisher auf sehr einfache Geometrien. Die Berechnung des Eigenspannungszustandes einer komplexen Schweißkonstruktion ist aufgrund des notwendigen Aufwandes bisher illusorisch. Dies bedeutet, dass Eigenspannungsmessungen in solchen Fällen unumgänglich sind. Die verlässlichsten Methoden hierzu sind die unterschiedlichen Beugungsmethoden, die sich aber in der schweißtechnischen Praxis bisher nicht durchgesetzt haben, weil die Anwender den hierzu notwendigen Aufwand scheuen.

Die Idee des Forschungsvorhabens besteht in der Etablierung eines mikromagnetischen Meßverfahrens, das mit einer schnell arbeitenden und einfach handhabbaren Sensorik die Eigenspannungsbestimmung auch unter rauen Umgebungsbedingungen

hinreichend genau ermöglichen soll. Das Problem der Methode besteht in der wechselseitigen Gefüge- und Eigenspannungsabhängigkeit der Meßgrößen, die normalerweise eine Kalibrierung für jeden Einzelfall erfordern. Im hier durchgeführten Forschungsvorhaben wurde daher versucht eine für Standardfälle aus dem Spektrum der schweißbaren niedrig- und hochfesten Baustähle eine Datenbasis auszuarbeiten, die eine hinreichend genaue Bestimmung von Eigenspannungen in typischen Schweißverbindungen ermöglicht. Die Berechnung der Eigenspannungen erfolgt letztlich aus den gemessenen magnetischen Meßgrößen unter Verwendung einheitlicher Auswertepolynome, die für Stähle vom S235 bis zum S960 für übliche  $t_{8/5}$ -Zeiten zur Verfügung gestellt werden.

Wie **Bild 1** zeigt, sind damit relative gute Möglichkeiten zur Bestimmung von Eigenspannungen mit einer einfach handhabbaren Methode möglich. Aufgrund der bisher verfügbaren Sensorgeometrie beschränken sich diese auf ebene Verbindungen (Stumpfstoß, Überlappstoß). Angepaßte Sensorgeometrien, die Messungen an Kehlnahtverbindungen erlauben, sind aber grundsätzlich denkbar. Die Messungen sind vor allem bei Längseigenspannungen sehr präzise. Hierbei ist weniger die absolute Genauigkeit, die bei etwa  $\pm 50$  MPa liegen, als vielmehr die Eigenschaft hervorzuheben, daß die Methode besonders empfindlich auf lokale Zugeigenspannungsspitzen, die für das Festigkeitsverhalten besonders wichtig sind, reagiert. Dies macht das schnelle Auffinden kritischer Stellen in einer Konstruktion möglich und liefert eine verlässliche Entscheidungshilfe für den Nutzen ansonsten oft vermeidbarer Nachbehandlungsmaßnahmen.



**Bild 1** - Gefüge, Härteverteilung und röntgenographisch sowie mikromagnetisch bestimmte Eigenspannungen in einer Stumpfnah aus S355J2G3, Blechdicke 20 mm.

**Dipl.-Ing. Burkhard Senk, Schachtbau Nordhausen GmbH, Nordhausen:** „Die Messung der Eigenspannungen von Stumpfnähten und Auftragsschweißungen mittels magnetischen Verfahren weist eine gute Handhabung für die industrielle Fertigung auf. Je genauer die Eigenspannungen voraus gesagt werden können um so genauer können auch Aussagen über die Lebensdauer von Konstruktionsdetails getroffen werden.“

# 5 Durchlaufende Forschungsprojekte 2010 im FA 9

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
09.901 16.598 N	<b>Bauen im Bestand - Potenziale und Chance der Stahlleichtbauweise</b> Prof. Dr.-Ing. Gralla, TU Dortmund Uni.-Prof. Dipl.-Ing. Arch. Standke, TU Dortmund Prof. Dr.-Ing. Ungermann, TU Dortmund Informationen im Internet zur Zeit noch nicht verfügbar.	01.05.2010	30.04.2013
09.902 16.599 N	<b>Methodenentwicklung und Leitfadenerstellung für die Bewertung der Nachhaltigkeit stählerner Konstruktionen für erneuerbare Energien</b> Prof. Dr.-Ing. Wagner, Ruhr-Universität Bochum Prof. Dr.-Ing. habil. Stranghöner, Universität Duisburg-Essen Prof. Dr.-Ing. Schaumann, Uni Hannover Informationen im Internet zur Zeit noch nicht verfügbar.	01.05.2010	31.10.2012
09.053 16.602 N	<b>Einflussgrößen auf die Lage des Abknickpunktes der Wöhlerlinie für den Schwingfestigkeitsnachweis von Schweißverbindungen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.602N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.602N</a>	01.06.2010	31.05.2013
09.052 16.719 N	<b>Einfluss der Schweißnahtqualität auf die Schwingfestigkeit bei Aluminiumlegierungen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.719N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.719N</a>	01.11.2010	30.04.2013
09.049 15.913 N	<b>Lebensdauerbewertung von Schweißverbindungen mit werkstoffmechanischen und statistischen Modellen unter besonderer Berücksichtigung von Eigenspannungen</b> Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.913N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.913N</a>	01.12.2008	31.05.2011
09.048 16.027 N	<b>Bewertung und Optimierung der Tragfähigkeit von Gewindebolzenschweißverbindungen unter Ermüdungsbeanspruchung</b> Dr.-Ing. Cramer, SLV München Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.027N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.027N</a>	01.04.2009	31.03.2011
09.051 16.195 N	<b>Berechnungsmethoden und Auslegungskriterien für die betriebsfeste Bemessung von gelöteten Verbindungen aus Stahlwerkstoffen sowie Mischverbindungen unter Berücksichtigung neuartiger Prozessstrategien</b> Prof. Dr.-Ing.habil. Wilden, IWF TU Berlin Prof. Dr.-Ing. Esderts, IMAB Clausthal Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.195N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.195N</a>	01.09.2009	29.02.2012
09.900 16.431 N	<b>Erweiterung des Kerbspannungskonzeptes auf Nahtübergänge von Linienschweißnähten an dünnen Blechen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.431N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.431N</a>	01.12.2009	31.05.2012

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
09.045 15.202 N	<b>Bedeutung von Eigenspannungen für die Schwingfestigkeit geschweißter Aluminiumlegierungen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.202N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.202N</a>	01.04.2007	30.06.2010
09.046 15.377 N	<b>Experimentelle Untersuchungen und numerische Modellierung des Verformungs- und Schädigungsverhaltens crashrelevanter Al-Schweißverbindungen</b> Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.377N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.377N</a>	01.10.2007	31.12.2010
09.047 15.378 N	<b>Mikromagnetische Eigenspannungsbestimmung geschweißter Stähle</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.378N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.378N</a>	01.08.2008	31.12.2010



[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

## 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 Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

### Bedeutung der Fügeiteiloberflächen für die Wärmeleitfähigkeit von Klebverbindungen

(IGF-Nr. 15674 N / DVS-Nr. 10.053)

Laufzeit: 1. Juni 2008 - 31. Mai 2010

Prof. Dr. rer. nat. B. Mayer,

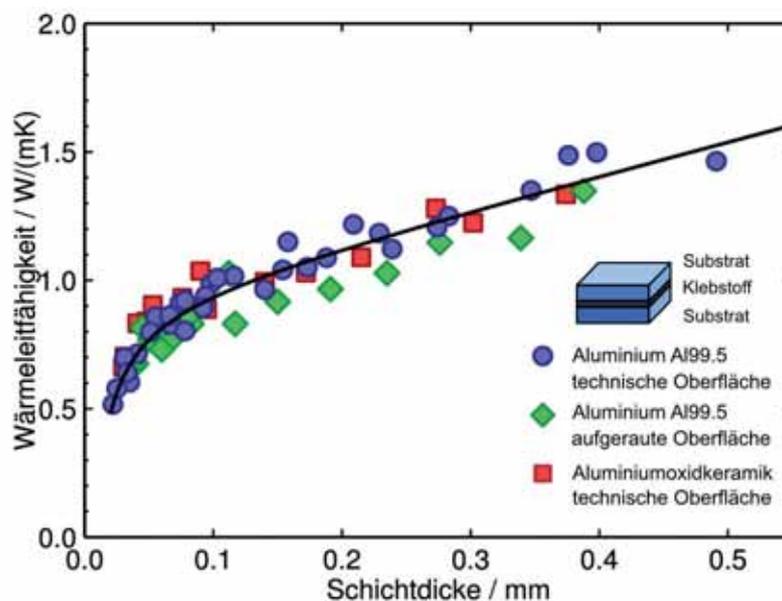
Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen

In mikroelektronischen Bauteilen treten elektrische Verlustleistungen in der Größenordnung von einigen 100 W/cm<sup>2</sup> mit stark steigender Tendenz auf. Zur Ankopplung an Kühlkörper oder Heatspreader dienen oftmals Klebverbindungen, die nach derzeitigem Stand der Technik den limitierenden Faktor für den Wärmefluss darstellen. Bei der Auslegung der Klebungen wird ein möglichst niedriger thermischer Widerstand angestrebt, was sich dadurch erreichen lässt, dass die Klebung möglichst dünn mit einem hoch wärmeleitfähigen Klebstoff ausgeführt wird. Gerade bei solchen Klebverbindungen werden allerdings zusätzliche thermische Widerstände an der Grenzfläche zwischen den Fügeiteilen und dem Klebstoff beobachtet, die den Wärmetransport stark beeinträchtigen kann. Im Rahmen des Projektes wurde daher untersucht, wie verschiedenartige Modifizierungen der Substratoberfläche (Einstellung unterschiedlicher Rauigkeiten, Metallisierung und Aufbringen anderer Oberflächenschichten) den Wärmetransport durch den geklebten Verbund beeinflussen. Die Wärmeleitfähigkeiten der Klebstoffe zeigten dabei eine deutliche Abhängigkeit von der Dicke der Klebschicht. In 50 µm dicken Schichten erreichten die untersuchten Klebstoffe nur 50-70% ihrer Bulk-Leitfähigkeit (**Bild 1**).

Sowohl die weitgehend mittelständisch geprägten Hersteller von Wärmeleitklebstoffen als auch die Anwender sind auf zuverlässige thermische Kennwerte der entsprechenden Produkte angewiesen. Für die Klebstoffhersteller sind in erster Linie präzise Messmethoden zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit interessant, die die notwendige Grundlage für die Entwicklung neuer Wärmeleitklebstoffe, die Optimierung bestehender Formulierungen und die Qualitätssicherung bilden. Mit der einzusetzenden Messmethode ist es dabei möglich, Kennwerte unter realistischen Bedingungen, d.h. bei geringen Klebschichtdicken, zu ermitteln. Im Rahmen des Projektes wurde eine detaillierte Verfahrensbeschreibung erarbeitet, wie solche Messungen mit Hilfe der Flash-Methode durchgeführt werden können. Darin wird auch auf Aspekte der Prüfkörperfertigung, der Datenauswertung und der erzielbaren Genauigkeit eingegangen.

Die Klebstoffhersteller werden damit in die Lage versetzt, Wärmeleitfähigkeitsmessungen mit Hilfe der Flash-Methode in den eigenen Laboren routinemäßig durchzuführen, was zur Verkürzung der Entwicklungszyklen für neue Klebstoffformulierungen bei verringerten Kosten beiträgt.

Anwendern, die Wärmeleitklebstoffe für den Aufbau von mikroelektronischen Leistungsbaugruppen nutzen, werden für die relevanten Klebstoffklassen Kennwerte zur thermischen Auslegung von Klebverbindungen an die Hand gegeben. Weiterhin lässt sich auf Basis der Projektergebnisse einordnen, welche Randbedingungen bei Substratauswahl und Probenfertigung beachtet werden müssen. Durch die bessere Steuerbarkeit der Entwärmung von elektronischen Baugruppen erhöhen sich deren Zuverlässigkeit und Lebensdauer. Im Bereich von Baugruppen mit sehr hohen elektrischen Verlustleistungen eröffnen sich außerdem Möglichkeiten zur Realisierung vereinfachter und platzsparender Kühlkonzepte.



**Bild 1** - Wärmeleitfähigkeit eines Silberleitklebstoffs als Funktion der Klebschichtdicke (Messungen an Sandwich-Proben mit unterschiedlichen Substraten).

**Manfred Hof, Polytec PT GmbH:** „Die Ergebnisse des AiF Projekts „Wärmeleitung“ sind für die Firma Polytec PT von wesentlicher Bedeutung für die Entwicklung von Wärmeleitklebstoffen für die Chipmontagetechnik. Zum einen konnte klar gezeigt werden, dass die Wärmeleitfähigkeit bei dünnen Klebschichten - was ja die Regel ist - keine Materialkonstante mehr ist, sondern entscheidend von der Klebschichtdicke abhängt. Zum anderen haben wir wichtige Erkenntnisse für die Optimierung der Wärmeleitfähigkeit von neuen Wärmeleitklebstoffen gewinnen können. Die Ergebnisse zum Einfluss der Oberflächenrauheiten der Klebpartner sind in der Anwendungsberatung unserer Kunden äußerst nützlich.“

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

#### Steigerung der Durchsatzrate und der Prozesssicherheit bei der Herstellung von Smart-Labels durch eine neuartige Aufbau- und Verbindungstechnik

(IGF-Nr. 15.442 N / DVS-Nr. 10.051)

Laufzeit: 1. Juni 2008 - 31. Mai 2010

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

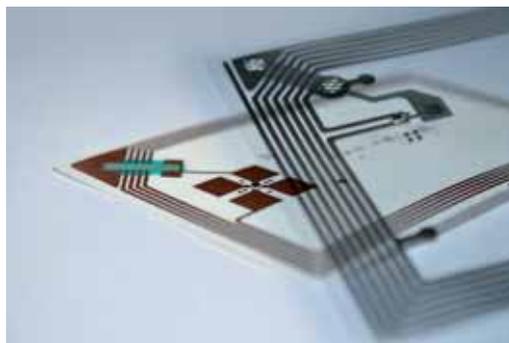
Prof. Dr. rer. nat. B. Mayer,

Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen

Die RFID-Technik (Radio Frequency Identification) wird derzeit aufgrund der noch zu hohen Herstellkosten nicht zur Kennzeichnung von Massenprodukten eingesetzt, obwohl vor allem hier diese Technik eine Vielzahl von Vorteilen für die Logistik aufweist. Der Transponderpreis gilt als entscheidender Faktor für eine massenhafte Verbreitung der RFID-Technologie. Ein kostengünstigeres Packaging bei der Transponderherstellung kann durch kürzere Taktzeiten, vorgelagerten Klebstoffauftrag und Senkung der Härtungstemperatur des Klebstoffes und damit Einsatz alternativer Substratmaterialien erreicht werden. Innerhalb dieses Projektes wurden dazu anisotrop leitfähige (ACA)-Schmelzklebstoffe sowie vorapplizierbare reaktive Klebstoffe entwickelt, entsprechende Applikationstechniken erarbeitet und angepasste Montageprozesse qualifiziert.

#### ACA-Schmelzklebstoff

Basis für die ACA-Schmelzklebstoffe sind Dispersionen aus Schmelzklebstoffpartikeln, Leitpartikeln sowie Zusatzadditiven, die aufgrund ihrer gezielten Formulierung so eingestellt sind, dass sie mittels Schablonendruck auf unterschiedliche Antennenmaterialien vorappliziert werden können. Die Zusammensetzung der Dispersionen wurden so formuliert, dass die thixotropen Eigenschaften anhand einer rheologischen Dreiphasenmessung nachgewiesen wurden. Die Anlagenparameter des Schablonendruckers wurden soweit optimiert, dass sich je nach Schmelzklebstofftyp Minimalvolumina im Bereich von 8-12 nL pro Dot reproduzierbar gedruckt werden konnten. Unter Berücksichtigung dieser Vorarbeiten konnten mit Hilfe von statistischen Versuchsplanungen die optimalen Fügeparameter in einem Die-Montageprozess ermittelt werden. Je nach Klebstoffsystem sind ca. 3-6 s bei maximal 6 N Fügedruck bei Verarbeitungstemperaturen von 90-160°C ausreichend, um den Chip zu kontaktieren. Funktionstests von Testaufbauten, siehe **Bild 1**, die mit den beschriebenen Parametern gefügt worden sind, zeigen im Hinblick auf ihre Kontaktierungsqualität geringe Übergangswiderstände der RFID-Tags sowie konstante Lesbarkeit bei unterschiedlichen Entfernungen. Aufgrund der Möglichkeiten den ACA-Schmelzklebstoff auf Antennenmaterial vorzuapplizieren, ergeben sich im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Einsparpotenziale bei den Investkosten, in der Anlagentechnik sowie bei der Herstellung des eigentlichen ACA-Schmelzklebstoffes. Eine Beispielberechnung zeigt auf, dass unter Berücksichtigung einer Aushärtungszeit von 5s in einer High-Volume-Anlage, die einen Durchsatz von 20.000 Smart-Label pro Stunde hat, Steigerungen der Durchsatzzahlen um über 50% möglich sind.



**Bild 1** - Testaufbau: RFID-Chip (Mifare 1K) auf unterschiedlichen Antennenstrukturen

### Reaktiver vorapplizierbarer Klebstoff

Es wurde ein niedrigviskoser reaktiver vorapplizierbarer Acrylat-Epoxid-Hybrid-Klebstoff, der in zwei Härtungsschritten (Dual cure) reagiert, formuliert. Dieser Klebstoff wird bereits auf Waferebene mittels spin-coating aufgetragen (**Bild 2**). Anschließend wird der Klebstoff durch UV-Strahlen zu einem Thermoplast polymerisiert (1. Härtungsschritt). Er liegt nach der UV-Härtung bei Raumtemperatur als trockene tackfreie Beschichtung vor. Der Klebstoff kann in diesem Zustand mindestens 4 Wochen im Kühlschrank bei + 6 °C gelagert werden. Nach dem Sägen werden die Chips in der Fertigungslinie für die Transponderherstellung auf die Antenne positioniert. Zur Fixierung des Chips reicht es, das Antennenmaterial auf 50 °C zu erwärmen, beispielsweise über einen Heiztisch vor der Pick&Place Station. Der zweite Härtungsschritt wird mittels Thermoden bei einer Temperatur von 90 °C (in der Klebfuge) initiiert. Dadurch können auch temperaturempfindliche Substrate wie beispielsweise Polycarbonat verarbeitet werden. Der reaktive vorapplizierbare Klebstoff kann als NCA- oder als ACA-Klebstoff formuliert werden. Er zeigte eine sehr gute Klimabeständigkeit bei 85°C und 85 % rel. Feuchte.

Durch das Vorapplizieren des Klebstoffes entfällt der Klebstoffauftrag in der Fertigungsanlage. Dadurch können ca. 10 % der Anlagenkosten (je nach Anlage bis zu 95 T€) eingespart werden. Die Chipkontaktierung auf Polycarbonat ist sonst nur mit dem relativ teuren Ultraschallverlegeverfahren mit Chipmodul möglich.

Die Ersparnis pro kontaktiertem Chip beträgt 0,15 Euro. Durch die Reduzierung der Verweilzeit in der Thermodenstation auf unter 5 Sekunden (konventionelle Klebstoffe benötigen 5 – 10 Sekunden) kann die Taktzeit verkürzt werden.



**Bild 2** - Wafer mit appliziertem Klebstoff auf dem Spincoater

**Dr. Steffanie Wellmann, Wellmann Technologies GmbH:** „Die beiden Technologien – sowohl auf der Basis der Schmelzklebstoffe in Dispersionsform als auch auf Basis des dualhärtenden Reaktivklebstoffes – können von uns auch als nichtleitfähige Fügetechnologien in anderen Märkten, wie beispielsweise der Medizintechnik, genutzt werden. Eine anwenderfreundliche und reproduzierbare Applikation von Klebstoffen wird – besonders in hochautomatisierten – Fertigungsprozessen immer wichtiger und deshalb ist es von großem Interesse für uns, unseren Kunden immer die beste Lösung anbieten zu können.“

**Dr.-Ing. Hans-Peter Monser, ASEM Präzisionsautomaten GmbH:** „Das sich zur Massenanwendung entwickelnde Smart Label ist extrem kostengetrieben. Den größten Einfluss haben die zu benötigten Komponenten selbst, wie Antennenmaterial, Klebstoff und Chip. Als nächstes folgt der Fertigungsdurchsatz der Produktionsanlage und die Anlagenkosten sowie die Kosten zu ihrem Betrieb. Sowohl bei den Materialkosten, als auch bei den Kosten, bezogen auf die Fertigungsanlage hat das Projekt angesetzt und konnte ein neues Kostenreduzierungspotential aufzeigen.

Es ist ein viel versprechender Ansatz auf so genannte dual härtende Systeme (UV+Wärme) zurückzugreifen, was in den vergangenen Jahren immer wieder von verschiedenen Klebstoffherstellern versucht wurde, jedoch erfolglos. Das Prinzip setzte sich bisher nicht durch, weil der bekannte Fertigungsablauf im Wesentlichen beibehalten werden sollte. Wird ein zweistufig härtendes Klebstoffsystem auf dem Wafer appliziert, wie im Projekt entwickelt und der erste Härtungsschritt außerhalb des Chipbestückungsautomaten vorgenommen, dann verkürzt sich der eigentliche Härteschritt in der Produktionsanlage. Das erhöht entweder den Durchsatz bei gleicher Zahl an Thermoden für die Härtung oder ermöglicht es Thermoden einzusparen, wenn der Durchsatz gegenüber anderen, länger härtenden Klebstoffen, gleich bleiben kann. Beide Möglichkeiten reduzieren die Kosten für den Label-Hersteller. Dazu kommt, dass sich zumindest der Label-Hersteller ein Prozessmodul spart, das für den Klebstoffauftrag. Im Gegenzug erhöht sich der Aufwand beim Chiphersteller nicht um das gleiche Maß, da die ganzflächige Waferbeschichtung effizienter ist als der punktuelle Klebstoffauftrag auf dem Antennensubstrat. Neben einer leichten Klebstoffersparnis reduziert sich auch die Anzahl möglicher Fehlerursachen für den Chipbestückungsprozess.“

### Forschungsbilanz Beispiel 3 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

#### Realisierung neuer Aufbaukonzepte für die Mechatronik durch kaltgasgespritzte Schichten

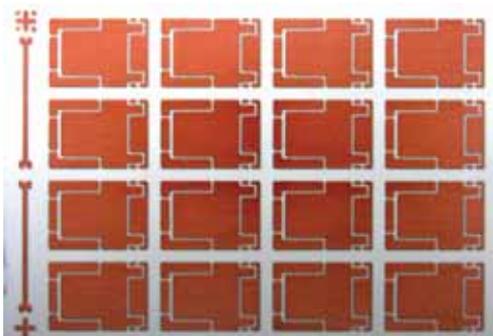
(IGF-Nr. 15.441 B / DVS-Nr. 10.050)

Laufzeit: 1. Juli 2008 - 31. Juni 2010

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

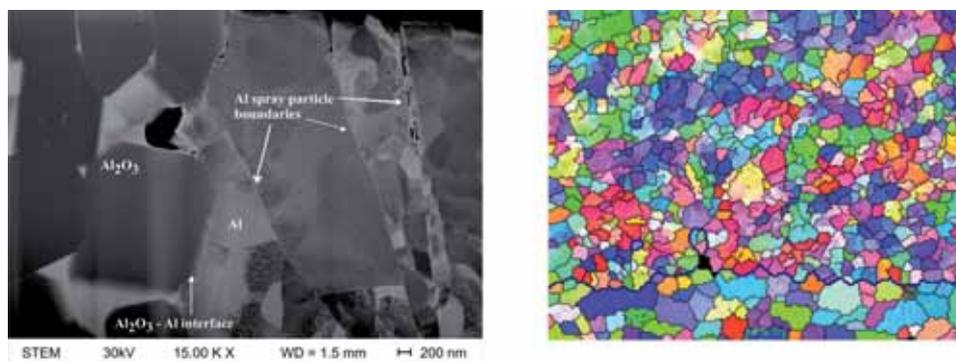
Prof. Dr.-Ing. habil. B. Wielage, IWW Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik, TU Chemnitz

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens bestand in der Realisierung neuer Aufbaukonzepte für die Mechatronik und Leistungselektronik durch die strukturierte Metallisierung von Isolatoren mittels Kaltgasspritzens. Im Rahmen des Vorhabens sollten Fertigungstechnologien für die Abscheidung von Leiter-Isolator-Strukturen auf Metall-, Keramik- und Glassubstraten entwickelt, optimiert und qualifiziert werden (**Bild 1**). Neben einer geeigneten Prozessentwicklung und stand der Nachweis der aufbautechnischen Eignung an Leistungsschaltungen im Schwerpunkt.



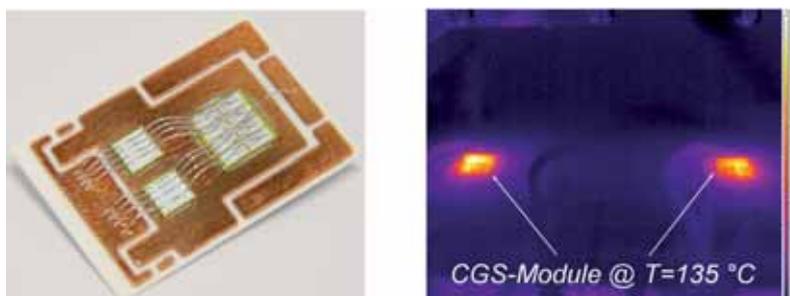
**Bild 1** - Beidseitig kaltgasgespritzte Substrate -  
Links: Makroaufnahme Rechts: rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Querschnitts

Die systematische Untersuchung erlaubte eine Optimierung des CGS-Prozesses für die Metallisierung von Isolatormaterialien. Dies war die Basis für die Demonstration neuer Aufbaukonzepte mit CGS-Leiterstrukturen in der Leistungselektronik. Für KMU relevante Fragestellungen wie die Haftfestigkeit der gespritzten Metallisierungen oder die Materialeigenschaften und Zuverlässigkeit der neuen Substrate wurden dazu untersucht. Des Weiteren wurde die Anwendbarkeit des CGS-Prozesses in Kombination mit weiteren Prozessen zur Erzeugung elektrisch isolierter Leiterstrukturen auf leitfähigen Strukturbauteilen der Mechatronik untersucht. Dazu wurde CGS auf Isolatoren wie anodisch oxidiertes Aluminium (Eloxal) und thermisch gespritztes Aluminiumoxid erprobt. Die zum Verständnis der Schichthaftungsmechanismen durchgeführten Strukturuntersuchungen mit hoch auflösenden Analyse-Verfahren wie REM, EBSD, STEM und TEM sind in der Regel bei kmUs nicht verfügbar. Sie lieferten insbesondere bei der Haftung von Aluminiumpartikeln auf  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Substraten die unverzichtbare Modellvorstellung für die in kaltgasgespritzten Partikeln auftretenden thermischen Phänomene (**Bild 2**).

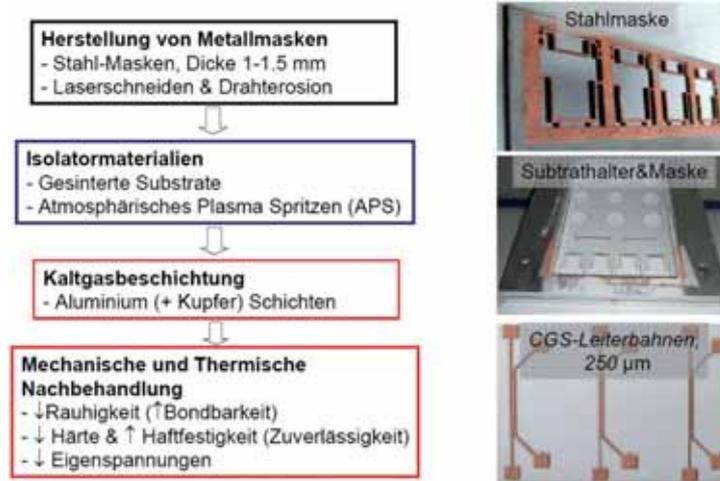


**Bild 2** - Links: STEM Aufnahme einer FIB Lamelle (Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Interface)  
Rechts: EBSD Untersuchungen am Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Interface

Anhand der durchgeführten Untersuchungen wurde in Zusammenarbeit mit den Firmen des PbA eine Prozesskette zum Herstellen der CGS-Substraten erarbeitet, welche unmittelbar bei KMU angewendet werden kann (**Bild 4**, nächste Seite). Die Anwendbarkeit der in der Leistungselektronik gängigen Verfahren zur Aufbau- und Verbindungstechnik wie Dickdrahtbonden oder Löten wurde für CGS-Metallisierungen nachgewiesen (**Bild 3**) und die Zuverlässigkeit derartig hergestellter Module wurde durch praxisrelevante Lebensdauertests verifiziert. Das Vorhaben ergab weiterhin die Basis für eine Kostenschätzung beim CGS-Verfahren und die Erkennung technischer Risiken. Diese Ergebnisse sowie die enge Zusammenarbeit mit dem PbA haben wesentliche Hürden für den Transfer der Ergebnisse in kmUs abgebaut.



**Bild 3** - Links: Funktionsmuster eines Leistungselektronikmoduls  
Rechts: Thermographiaufnahmen der CGS-Substrate während der elektrischen Belastungstests



**Bild 4** - Prozesskette zur Herstellung der CGS-Substrate für Anwendungen in der Leistungselektronik und Mechatronik

**Dipl.-Ing. Sven Hartmann, obz innovation GmbH:** „Das Forschungsprojekt „Realisierung neuer Aufbaukonzepte für die Mechatronik durch kaltgasgespritzte Schichten“ hat sehr wichtige Erkenntnisse zur Entwicklung von elektrisch leitfähigen Schichten auf elektrisch isolierenden Zwischenschichten geliefert. In der Industrie besteht ein großer Bedarf an solchen Schichtsystemen, deren kundenspezifische Umsetzung durch die gewonnenen Erkenntnisse ermöglicht wird. Die obz innovation gmbh hat inzwischen bereits mit zwei Kunden entsprechende Projekte gestartet.“

## 5 Durchlaufende Forschungsprojekte 2010 im FA 10

### Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
10.901 00.364 Z	<b>Wandlung von Abwärme in elektrische Energie –Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte</b> Prof. Dr.-Ing. Keitel, SLV Duisburg Prof. Dr.-Ing. habil. Witt, Uni Duisburg Essen Informationen im Internet zur Zeit noch nicht verfügbar.	01.08.2010	31.01.2013
10.062 16.672 N	<b>Chipcrack: Modellierung der Stressempfindlichkeit von Halbleiterbauelementen aufgrund von Schädigung bei der Vereinzelung</b> Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Prof. Dr.-Ing. Wilde, IMTEK Freiburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.672N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.672N</a>	01.08.2010	31.07.2012

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
10.052 15.912 N	<b>Wärme- und eigenspannungsarmes Fügen für die Mikrotechnik</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.912N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.912N</a>	01.04.2009	30.09.2011
10.055 16.173 N	<b>Steigerung der Lebensdauer elektronischer Komponenten und Sensoren durch eine neuartige Kombination von Klebe- und Dichttechnik</b> Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.173N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.173N</a>	01.08.2009	31.01.2012
10.056 16.174 N	<b>Prozessoptimierung beim Selektivlöten für Anwendungen in der Leistungselektronik</b> Prof. Dr.-Ing. Benecke, ISIT Itzehoe Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Lang, IZM Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.174N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.174N</a>	01.08.2009	31.07.2011
10.060 16.279 N	<b>Entwicklung einer Füge-technologie für die Mikro- und Elektrotechnik unter Ausnutzung der Schmelztemperaturabsenkung bei kleinsten Partikeln</b> Prof. Dr.-Ing. Müller, LKM Berlin Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.279N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.279N</a>	01.12.2009	31.05.2012

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
10.050 15.441 B	<b>Realisierung neuer Aufbaukonzepte für die Mechatronik durch kaltgasgespritzte Schichten</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, IWW Chemnitz Prof. Dr.-Ing. Wilde, IMTEK Freiburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.441B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.441B</a>	01.07.2008	30.06.2010
10.051 15.442 N	<b>Steigerung der Durchsatzrate und der Prozesssicherheit bei der Herstellung von Smart-Labels durch eine neuartige Aufbau- und Verbindungstechnik</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.442N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.442N</a>	01.06.2008	31.05.2010
10.053 15.674 N	<b>Bedeutung der Füge-oberflächen für die Wärmeleitung von Klebverbindungen</b> Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.674N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.674N</a>	01.06.2008	31.05.2010



[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

## Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG W 4 „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 Beispiel - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

### Erhöhung und Bewertung der Wirtschaftlichkeit beim Schweißen von PVC-Fensterprofilen

(IGF-Nr. 15.376 N / DVS-Nr. 11.017)

Laufzeit: 1. Oktober 2007 - 30. September 2009

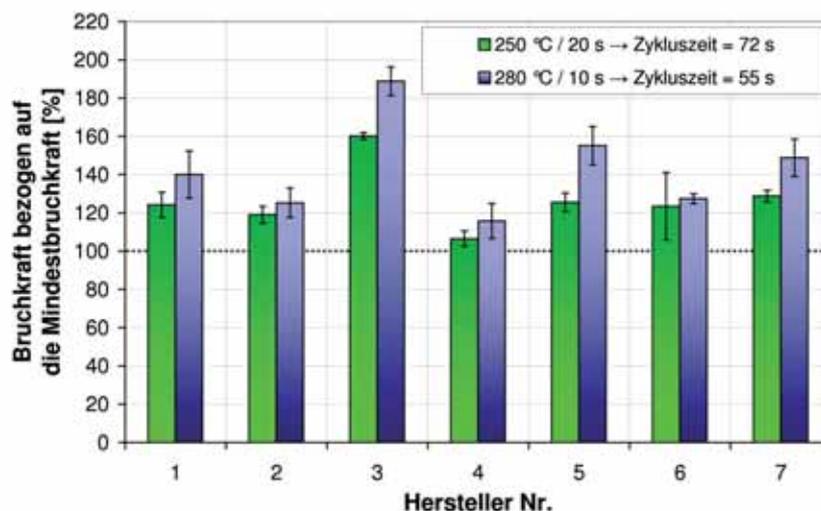
Dr.-Ing. M. Bastian, SKZ Würzburg

Das Forschungsvorhaben hatte im Wesentlichen eine ökonomische Verbesserung des industriell extrem bedeutsamen Heizelementstumpfschweißens von PVC-Fensterprofilen zum Ziel. Dies sollte in erster Linie durch den Einsatz signifikant erhöhter Heizelement-Temperaturen und die entsprechende Anpassung der übrigen Schweißparameter hin zu deutlich reduzierten Zykluszeiten erfolgen. Dabei musste sicher gestellt werden, dass die Qualität der Schweißnaht und damit des Endproduktes „Kunststoff-Fenster“ durch die veränderten Prozessbedingungen nicht negativ beeinflusst werden. Dies wurde nach der Durchführung zahlreicher Schweißversuche und Parameterstudien an kommerziell eingesetzten Materialien im Wesentlichen anhand der folgenden Prüfungen und Bewertungen untersucht:

- Bestimmung der mechanischen Naht-Eigenschaften entsprechend aktueller Richtlinien und Normen
- Bestimmung der Thermostabilität des Materials im Schweißnahtbereich mittels Dehydrochlorierungsverfahren
- Ermittlung des Geliertes im Nahtbereich mittels oszillierender DSC
- Untersuchungen zur Witterungsbeständigkeit und Farbechtheit von Schweißnähten
- Bewertung der Kosten und Umweltbelastungen als Resultat angepasster Schweißparameter (Ökoeffizienz-Analyse)

Das im Vorfeld zu dieser Arbeit erwartete Potenzial des Schweißens von PVC-Fensterprofilen bei erhöhten Heizelementtemperaturen konnte bestätigt und umgesetzt werden. So lassen alle untersuchten Weißprofile von sieben verschiedenen Herstellern bei einer Heizelementtemperatur (THE) von 280 °C und einer Anwärmzeit (tAW) von 10 s eine Zykluszeitverkürzung von ca. 24 % bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Nahtfestigkeit um durchschnittlich 17 % zu (Bild 1). Profile mit besonders guter Schweißbeignung können bei weiter erhöhten Temperaturen (bis 300 °C) bis zu 40 % schneller geschweißt werden. Dabei verhalten sich auch die sonstigen Qualitätskriterien für PVC-Fenster wie Thermostabilität und Witterungsbeständigkeit stets unproblematisch. Durch die entwickelten Schweißparameter für PVC-Fenster könnte die Produktivität einer Fensterherstellungskette deutlich erhöht und Kosten eingespart werden, ohne dabei Qualitätseinbußen, eine wesentliche Mehrbelastung der Umwelt oder hohe Investitionskosten in Kauf nehmen zu müssen.

Konkrete Anwendung finden die Ergebnisse dieses Projekts bereits in den Entwicklungsabteilungen der großen Fenstersystemhäuser, wo aufbauend auf diesen Ergebnissen die Schweißprozessführung für die eigenen PVC-Fensterprofile optimiert wurde. Die Schweißparameter wurden an die Verarbeiter der Profile weitergegeben, sodass diese direkt von der wirtschaftlicheren Fertigung profitieren können. Auch seitens der Schweißmaschinenhersteller wurden durch die Ergebnisse neue Entwicklungen angeregt und teilweise bereits umgesetzt.



**Bild 1** - Vergleich der erreichbaren Eckbruchkräfte bei Standardparametern (THE = 250 °C, tAW = 20 s) und bei optimierten Parametern (THE = 280 °C, tAW = 10s) für die Profile der sieben untersuchten Hersteller (sonst. Parameter identisch)

**Hans-Gerhard Schmitt, ROTOX Maschinenbau GmbH:** „Das Ergebnis des Forschungsprojektes war eindeutig und hat mit Sicherheit die Weiterentwicklung von entsprechenden Maschinen und Anlagen angeregt. Bleibt zu hoffen, dass auch die Systemgeberseite ähnlich positiv reagiert, um den Erkenntnisgewinn in der Praxis umsetzen zu können.“

**Andreas Heilig, aluplast GmbH:** „Die Forschungsergebnisse decken sich mit den Wünschen der aluplast-Verarbeiter. Unter Beachtung der werkstoffspezifischen Grenzen wurde der Forschungsinhalt auf das aluplast-System übertragen und bereits in den Fertigungsstätten unserer Verarbeiter eingeführt.“

**Wolfgang Tesch, URBAN GmbH & Co. Maschinenbau KG:** „Die Untersuchungen können gut zur Reduzierung der Zykluszeiten beim Schweißen von Fensterprofilen herangezogen werden. Die Ergebnisse geben dem Fensterhersteller mehr Sicherheit, wenn er dies durch Erhöhung der Schweißtemperatur erreichen will. Sie zeigen aber auch, dass die Schweißparameter noch optimaler auf die zu schweißenden Profile abgestimmt werden müssen. Auch die Maschinenhersteller haben hier verwertbare Ergebnisse vorliegen. Diese können eventuell die Ausführungen der Maschinen beeinflussen.“

## 5 Durchlaufende/Abgeschlossene Forschungsprojekte 2010 im FA 11

### Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
11.023 16.363 B	<b>Einfluss des Bauteilverzugs beim Vibrationsschweißen auf Prozessführung und Bauteileigenschaften</b> Prof. Dr. Ing. Gehde, KT Chemnitz Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.363B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.363B</a>	01.02.2010	31.01.2012
11.018 15.561 N	<b>Selbstoptimierung und Qualitätssicherung auf Basis eines neuen Maschinenkonzeptes beim Heizelementschweißen</b> Prof. Dr.-Ing. Schöppner, KTP Paderborn Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.561N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.561N</a>	01.08.2008	31.01.2011
11.020 15.971 B	<b>Strahlungserwärmung beim Kunststoffschweißen mit Infrarotstrahlung</b> Prof. Dr. Ing. Gehde, KT Chemnitz Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.971B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.971B</a>	01.02.2009	31.01.2011
11.021 16.032 N	<b>Vibrationsschweißtechnologie zur Klebstoffhärtung beim Fügen von Kunststoffen</b> Prof. Dr.-Ing. Drummer, LKT Erlangen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.032N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.032N</a>	01.04.2009	31.03.2011
11.022 16.035 N	<b>Zykluszeitreduzierung ohne Qualitätsverlust beim Heizelement- und Vibrationsschweißen durch Zwangsabkühlung mittels Druckluft</b> Prof. Dr.-Ing. Schöppner, KTP Paderborn Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.035N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.035N</a>	01.04.2009	31.03.2011
11.026 16.280 N	<b>Laserstrahlschweißen optisch transparenter Kunststoffe ohne Absorberzusatz</b> Professor Dr.-Ing. Schmidt, BLZ Erlangen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.280N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.280N</a>	01.12.2009	30.11.2011

### Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
11.019 15.817 N	<b>Untersuchungen zur Schweißbarkeit von hochgefüllten holzfaser-verstärkten Kunststoffen - Technologie- und Anwendungsentwicklung</b> Dr.-Ing. Bastian, SKZ Würzburg Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.817N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.817N</a>	01.10.2008	30.09.2010



[www.dvs-ev.de/fv/FA13](http://www.dvs-ev.de/fv/FA13)

Anprechpartner der Forschungsvereinigung

**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 Prof. Dr.-Ing. Andreas Gebhardt**  
Centrum für Prototypenbau GmbH, Erkelenz

**Stellvertr. Vorsitzender Dipl.-Ing. Christian Kolbe**  
FKT Formenbau und Kunststofftechnik GmbH, Triptis

## Grundsätze der Forschungsplanung

Der Fachausschuss befasst sich mit den Forschungsfeldern, die die gesamte Prozesskette betreffen, inkl. Vor- und Nachbehandlung. Dabei stehen die generative Technologieentwicklung, die Steigerung der Akzeptanz zur Nutzung dieser Technologie bei kmU, der Ausbau bestehender und die Schaffung neuer Anwendungsbereiche im Vordergrund.

### Forschungsfelder

- Prozessbezogene, werkstoffkundliche Fragestellungen
- Robuste Fertigungsprozesse
- Systemtechnische Fragestellungen
- Eingliederung in vorhandene Prozessketten
- Steigerung der Wirtschaftlichkeit
- Qualitätsdefinierende und –steigernde Aspekte
- Prozessbezogene Konstruktionsmethoden
- Bauteil- und Prozesssimulation
- Arbeitssicherheit und Umweltschutz

### Korrespondierende Gremien

In der Forschungsvereinigung des DVS

- FA 1 „Metallurgie und Werkstofftechnik“
- FA 2 „Thermisches Spritzen und Autogentechnik“
- FA 6 „Strahlverfahren“

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG V 7 „Thermisches Spritzen  
und thermisch gespritzte Schichten“
- AG V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“
- AG V 9.2 „Laserstrahlschweißen und verwandte Verfahren“

### Veranstaltungen

DVS / VDI - Forschungsseminar

„Generative Fertigungsverfahren - Rapidtechnologien“

Düsseldorf, April 2010

### Forschungsbedarf

- Steigerung der Bauteilgröße
- Steigerung der Oberflächenqualität
- Baustrukturen / Bauen ins Pulverbett
- Vermeidung von Eigenspannungen / Verzug
- Konzepte für belastbare Lebensdauerbewertung
- Steigerung der Prozessgeschwindigkeit / Aufbauraten
- Reduzierung von Nacharbeit
- Reduzierung der Kostensituation
- Alternde Beschichtungssysteme
- Datenhandling
- Digitale Prozesskette
- Gradierte Werkstofftechnologien
- Aktivgase / Pulvertechnologie
- Bionische Konstruktionsmethoden
- Steigerung der Maß- und Formgenauigkeit
- ZfP-Verfahren / Kopplung Simulation
- Steigerung des Materialverständnisses
- Physikalische Effekte der Werkstoffe auf Mikroebene
- Online Prozessdiagnose
- Qualifizierung der Werkstoffe

# 5 Fachausschuss I2



[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. Dmitrij Tikhomirov**

INPRO - Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene  
Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH, Berlin

**Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Tobias Loose**

Ingenieurbüro Tobias Loose, Wössingen

## Tragende AiF-Mitgliedervereinigungen

- 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



## Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG Q 1 „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“

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

### Einsatz der Schweißsimulation zur systematischen Entwicklung verbesserter Modelle für die Berechnung der Tragfähigkeit komplexer Stahlleichtbaustrukturen

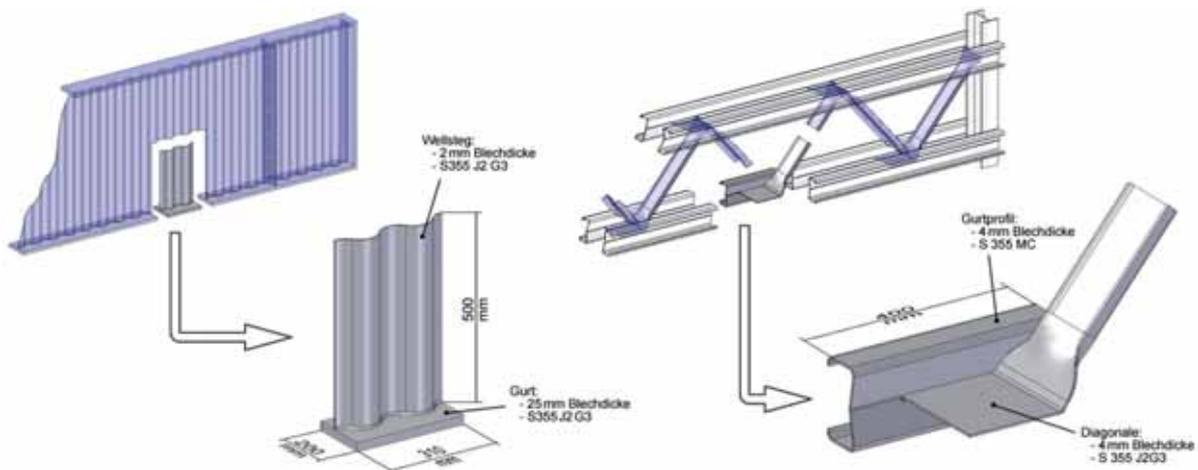
(IGF-Nr. 287 ZBG / DVS-Nr. I2.900)

Laufzeit: 1. April 2008 - 31. Dezember 2010

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

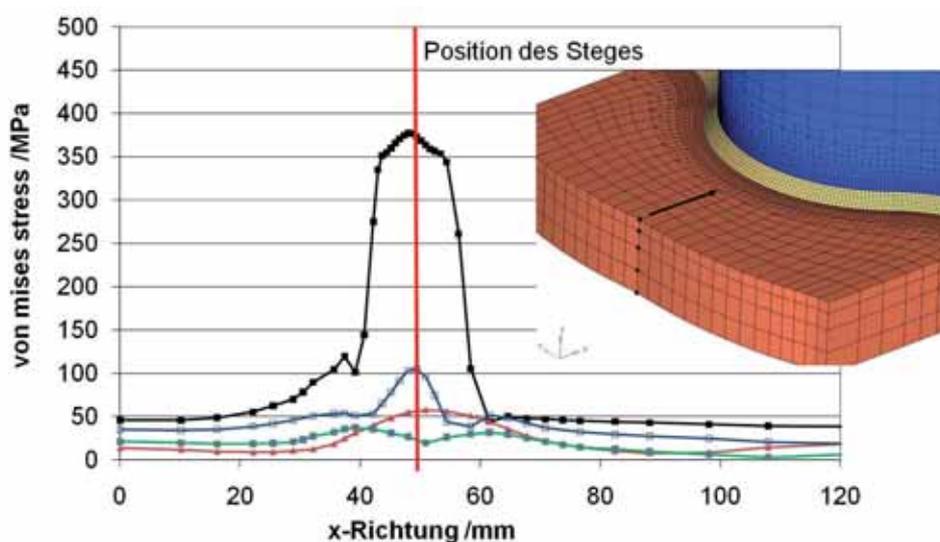
Prof. Dr.-Ing. habil. H. Pasternak, Lehrstuhl für Stahl- und Holzbau, BTU Cottbus

Leichtbau wird auch im Bauwesen zunehmend wichtiger. Ziel ist es, die Tragfunktionen ohne Gewichtszunahme zu verbessern. Eine verbesserte Tragfähigkeit kann vorrangig durch geschicktes Konstruieren von komplexen Stahlleichtbaustrukturen erreicht werden. Das Ziel des Forschungsvorhabens war eine verbesserte Berechnung der Tragfähigkeit komplexer Stahlleichtbaustrukturen am Beispiel von Fachwerk- und Wellstegträgern (**Bild 1**). Hierfür wurden im Projekt umfangreiche geometrische und physikalisch nichtlineare FE- Tragfähigkeitsanalysen durchgeführt.



**Bild 1** - Probenableitung der Schweißsimulation aus den Bauteilen

Dabei stellte die Ableitung von Ingenieurmodellen und die Ausarbeitung von Vorschlägen zur praktischen Bemessung einen wesentlichen Kernpunkt der Untersuchungen dar. Weiterhin konnten Trag- und Verformungsanalysen sowie Optimierungsprozesse am virtuellen Bauteil durchgeführt werden, was Kosten für Bauteilversuche spart und zu deutlich verkürzten Entwicklungszeiten führt. Die Basis für einen verbesserten Tragfähigkeitsnachweis wird durch den Einsatz der Schweißsimulation und die hierdurch mögliche Berücksichtigung lokaler Bauteileigenschaften gebildet. Am Institut für Füge- und Schweißtechnik der TU Braunschweig wurden hierzu Schweißsimulationen der Nähte an den ausgewählten Bauteilen durchgeführt (**Bild 2**).



**Bild 2** - Berechnungsergebnis der Eigenspannungsverteilung der Schweißsimulation

Die Ergebnisse, wie Größe der Wärmeeinflusszone oder entstehende Eigenspannungen, wurden dem Lehrstuhl für Stahl- und Holzbau an der BTU Cottbus zur Integration in die numerische Traglastberechnung von Großbauteilstrukturen übergeben. Mit den Ergebnissen konnten vereinfachte analytische Formelapparate, welche die Informationen der Traglastanalyse einbezogen, und eine genauere Berechnung abgeleitet werden (Bild 3).

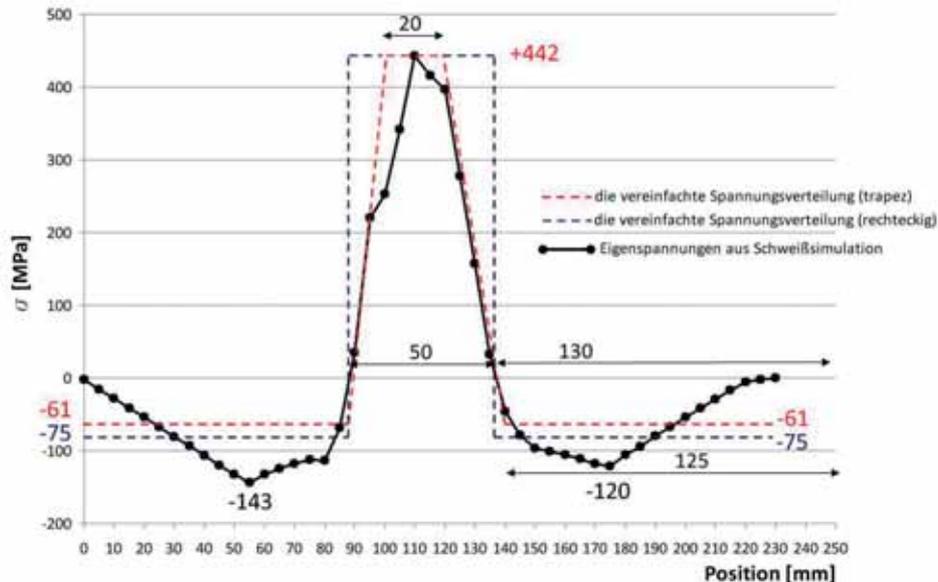


Bild 3 - Vereinfachter Ansatz der Eigenspannungen für die Traglastberechnung

Von den Ergebnissen dieses Forschungsvorhabens profitieren sowohl deutsche Anbieter von Bausystemen im Stahlleichtbau als auch Ingenieurdienstleister in erheblichen Maße. Dieser vorrangig durch kleine und mittelständische Unternehmen geprägte Bereich des Bauingenieurwesens kann durch verbesserte Modelle für die Berechnung der Tragfähigkeiten sowie die Verfügbarkeit vereinfachter Ingenieurmodelle zur Berechnung des lokalen Bauteilzustandes auf Basis der Schweißsimulation entsprechend flexibel und auf die ständig höheren technischen und wirtschaftlichen Anforderungen komplexer Stahlleichtbaustrukturen reagieren und damit die eigene Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit gegenüber der Konkurrenz steigern. Aufbauend auf den Ergebnissen wird zum Abschluss dieses Projektes ein Leitfaden erstellt, der zunächst auf den Stahlleichtbau des Bauwesens ausgerichtet sein wird. Somit wird dem Wunsch der Praxis entsprochen, zukünftig derartige Simulationen und Nachweise selbst durchführen zu können.

**Dr. Jörgen Robra, Firma Zeman:** „Dieses Forschungsvorhaben hat die industrielle Anwendbarkeit der Schweißsimulation im Bereich des Stahlhochbaus aufgezeigt. Durch den gezielten Einsatz dieser Technik in kritischen Bereichen der Konstruktion konnten Unsicherheiten bezüglich der zu erwartenden Verzüge und Eigenspannungen minimiert werden. Die erzielten Ergebnisse bildeten die Grundlage für verbesserte Traglastberechnung.“

**Thomas Hupasch, FILIGRAN STAHL- und ANLAGENBAU GmbH & Co. KG, Leese:** „Von unseren Kunden wird regelmäßig der Wunsch an uns herangetragen, eine Bewertung der Tragfähigkeit und der Fertigungsoptimierung durchzuführen. Gerade bei der Kombination Schweißen und Biegen stößt man jedoch schnell an die Grenzen die durch die aktuellen Regelwerke vorgegeben werden. Aus unseren Erfahrungen kommt es jedoch konstruktiv häufig zum gleichzeitigen Zusammentreffen von Schweißung und Kaltumformung. Der Einsatz der Schweißsimulation in diesen Bereichen hat die weitere Möglichkeit der Materialausnutzung und somit gerade das Leichtbaupotenzial von Stahlkonstruktionen aufgezeigt. Die abgeleiteten Berechnungsvorschläge werden künftig Berücksichtigung bei der Bemessung und Auslegung unserer Tragwerke finden.“

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

#### Verzugs- und Eigenspannungssimulation von Al-Stahl Mischverbindungen

(IGF-Nr. 15709 B / DVS-Nr. I2.002)

Laufzeit: 1. Juli 2008 - 31. Dezember 2010

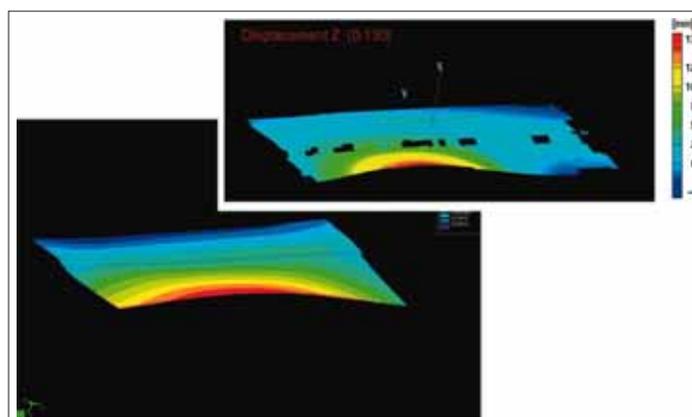
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. V. Michailov, Lehrstuhl Füge- und Schweißtechnik, BTU Cottbus

Hintergrund dieses Vorhabens ist der zunehmende Bedarf von geschweißten Mischverbindungen aus Aluminium und Stahl, der durch die Entwicklung von wärmearmen Schweißverfahren stark begünstigt wird. Allerdings blieben Fragen bezüglich der durch die stark unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Werkstoffpartner verursachten Verzugsproblematik und hohen Eigenspannungen weiterhin offen.

Ziel dieses Projektes war es, Lösungsansätze zur numerischen Simulation von thermisch gefügten Mischverbindungen aus Aluminium und Stahl herauszuarbeiten. Die entwickelten Lösungsansätze und Vorgehensweisen sollen den industriellen Anwendern eine effiziente Simulation von Mischverbindungen mit den verbreiteten Simulationsprogrammen ermöglichen, um das Potenzial dieser Verbindungen für den Leichtbau auszuschöpfen. Mit den Forschungsergebnissen werden den Unternehmen die Wege für eine zielgerichtete Simulation aufgezeigt. Es wird dadurch ein innovativer Beitrag zur Steigerung der Anwendbarkeit und der Wirtschaftlichkeit der Simulation geleistet, die sich vor allem mit stark vermindertem experimentellen Aufwand rechtfertigt.

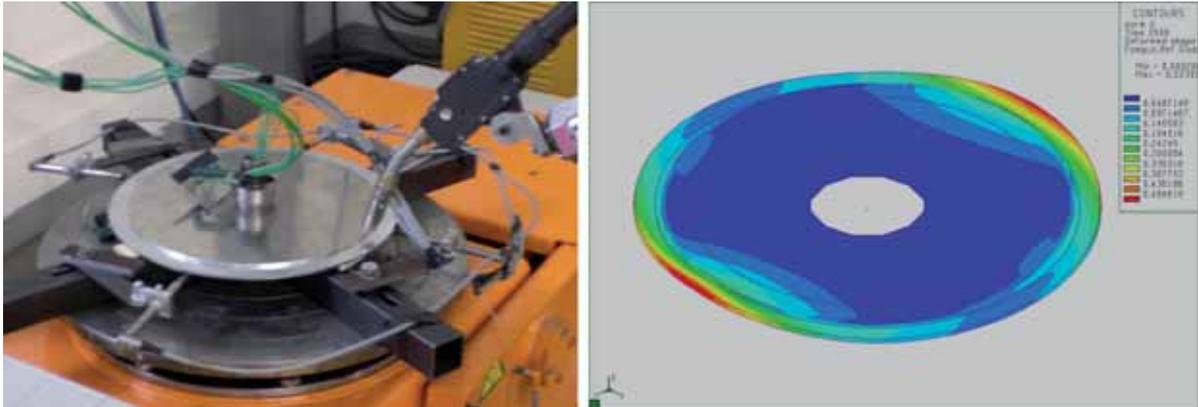
Es wurde die Simulation des thermischen Fügens von Al-Stahl Mischverbindungen untersucht und experimentell verifiziert. Die für die Simulation von artgleichen Verbindungen bekannten Vorgehensweisen zur Temperaturfeldberechnung, integrierte Gefügemodellierung, Verzugs- und Eigenspannungsberechnung wurden hinsichtlich ihrer Anwendung für Mischverbindungen analysiert und erweitert. Auf Basis der Projektergebnisse wird eine effiziente und gesicherte Simulation von Al-Stahl Mischverbindungen ermöglicht. Es wurden die nötigen Daten der temperaturabhängigen physikalischen und mechanischen Eigenschaften bestimmt und stehen dem Anwender zur Verfügung.

Zur Simulation wurden unterschiedliche Wärmequellen- und Gefügemodelle hinsichtlich ihrer Eignung und ihres Kalibrierungsaufwandes qualifiziert und Hinweise zur Anwendungen formuliert. Die Anwendbarkeit und Aussagekraft der Simulation wurde anhand von systematischen Berechnungen und instrumentierten Schweißversuchen (**Bild 1**) beurteilt und die relevanten Einflussgrößen bewertet.



**Bild 1** - Exemplarischer Vergleich von gemessenem (oben) und berechnetem (unten) Verzug einer geschweißten Überlappverbindung aus Al- und Stahl-Fügepartnern

Die herausgearbeitete Herangehensweise und Modelle für die Simulation wurden auf ein Musterbauteil der Firma ASTOR® zum Zweck der Überprüfung der Anwendbarkeit der Ergebnisse erfolgreich übertragen (**Bild 2**). Damit kann die Simulation bei der Entwicklung von Konstruktionen und Fertigungsprozessen auch für KMU weiter ins Zentrum der Relevanz rücken. Die Ergebnisse belegen die Tauglichkeit der Verzugs- und Eigenspannungssimulation von Al-Stahl Mischverbindungen.



**Bild 2** - Geschweißtes und berechnetes Funktionsmuster eines Slicermessers aus Aluminiumnabe und Stahlring

**Matthias Fleischhauer, ASTOR Schneidwerkzeuge GmbH:** „Die Fa. ASTOR Schneidwerkzeuge GmbH war einer der Industriepartner bei diesem Forschungsthema. Die Produktivitätszuwächse auf dem Lebensmittelsektor verlangen nach immer neuen Maschinen, die eine effizientere Ver- und Bearbeitung der Lebensmittel ermöglichen. Im betreffenden Fall handelt es sich um Maschinenmesser, die in Aufschnittautomaten eingesetzt werden. Die Schnittfrequenz ist bei diesen Messern auf ca. 700 Schnitte je Minute durch die Steifigkeit und Masse der Messer begrenzt. Gelänge es, größere Messer bei gleicher Steifigkeit und gleichem Gewicht herzustellen, wäre ein Wettbewerbsvorteil gegeben. Es gibt unterschiedliche Lösungsansätze, um sich diesem Ziel zu nähern. Einer davon ist, den Messerstahl mit einem leichteren Trägerwerkstoff, z.B. Aluminium zu verbinden, das durch die sogenannten kalten Schweißverfahren ermöglicht wird. Jedoch sind Qualitätsprüfungen an der Fugestelle zwangsläufig nötig. Vorrangig für die Einsatzfähigkeit sind natürlich die Dauerfestigkeit aber auch ein bemerkenswert geringer Verzug des Werkzeugs aufgrund der hohen Maßtoleranzanforderung. Uns ist daher sehr damit geholfen, wenn die Nacharbeiten gering und die Werkzeuge für nachfolgende Bearbeitungsschritte möglichst eigenspannungsfrei sind. Da unsere Werkzeugverschweißung simuliert werden kann, sind auch die kapital- und zeitsparende Berechnung anderer Varianten zur Verzugsminimierung wie z.B. der optimalen Vorwärmtemperatur, Schweißparameter oder anderer Schweißbedingungen sehr sinnvoll. Weitere Forschung ist auf diesem Weg natürlich unerlässlich.“

## Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
I2.006 00.360 Z	<b>Kopplung von Prozess-, Gefüge- und Struktursimulation zur Beurteilung der quasi-statischen Festigkeit laserstrahlgeschweißter Hybrid-Verbindungen (HyProMiS)</b> Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen Prof. Dr.-Ing. Zoch, IWT Prof. Dr. Schmidt, Zetem Bremen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.360Z">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.360Z</a>	01.06.2010	31.05.2012
I2.005 16.718 N	<b>Schnelle numerische Methoden für die effiziente Temperaturfeldberechnung in bauteilnahen Geometrien und Mehrlagenschweißungen</b> Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Schulz, NLD Aachen Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.718N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.718N</a>	01.09.2010	31.08.2012
I2.003 16.216 N	<b>Schnelle und automatisierte Temperaturfeldgenerierung für die Schweißverzugsimulation</b> Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.216N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.216N</a>	01.09.2009	31.08.2011
I2.004 16.441 B	<b>Rechnergestützte Vorhersage der Kaltrissicherheit laserstrahlgeschweißter Bauteile aus hochfesten Stählen</b> Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov, BTU Cottbus Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.441B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.441B</a>	01.12.2009	30.11.2011

## Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
I2.900 00.287 Z	<b>Einsatz der Schweißsimulation zur systematischen Entwicklung verbesserter Modelle für die Berechnung der Tragfähigkeit komplexer Stahlleichtbaustrukturen</b> Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.287Z">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.287Z</a>	01.04.2008	31.12.2010
I2.000 15.274 N	<b>Effiziente numerische Schweißsimulation großer Strukturen</b> Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.274N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.274N</a>	01.07.2007	30.04.2010
I2.001 15.275 N	<b>Simulationsgestützte bauteilbezogene Analyse industriell relevanter Einspannsituationen beim Schweißen</b> Prof. Dr.-Ing. Zäh, IWB Garching Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.275N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.275N</a>	01.07.2007	30.04.2010
I2.002 15.709 B	<b>Verzugs- und Eigenspannungssimulation von Al-Stahl-Mischverbindungen</b> Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov, BTU Cottbus Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.709B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.709B</a>	01.07.2008	31.12.2010



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

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

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

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

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

Commission XIII „Arbeits- und Gesundheitsschutz“

## Forschungsbilanz Beispiel - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

### Entwicklung von technischen Anlagensicherheitskonzepten für Hochleistungslaser der neuesten Generation

(IGF-Nr. 15594 N / DVS-Nr. Q6.007)

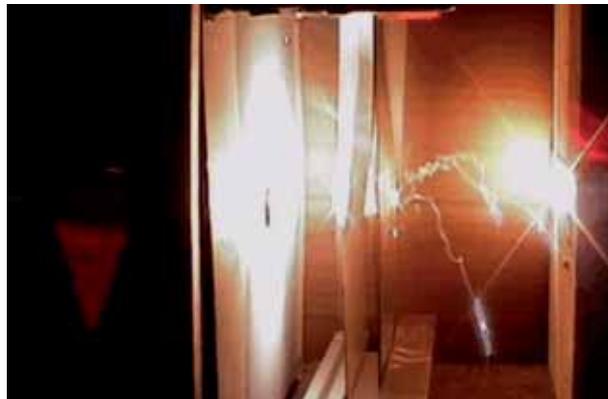
Laufzeit: 1. Juli 2008 - 30. Juni 2010

Prof. Dr.-Ing. M. Zäh, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der TU München

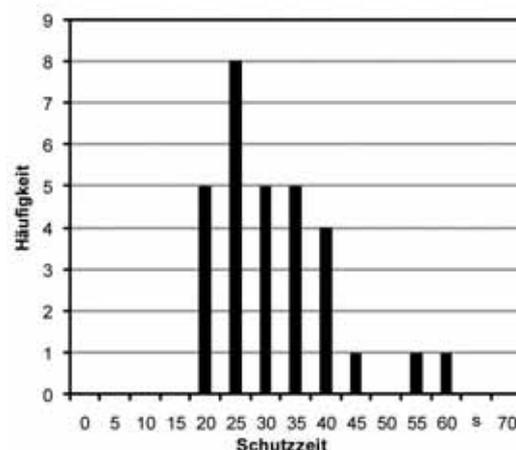
Moderne, hochenergetische und hochbrillante Laserstrahlquellen, wie Scheiben- und Faserlaser, ermöglichen innovative Laserfertigungsprozesse. Die Implementierung dieser Strahlquellen in Materialbearbeitungsanlagen muss neben produktionstechnischen, ergonomischen und betriebswirtschaftlichen Aspekten auch sicherheitstechnischen Gesichtspunkten zum Schutz der Arbeitskräfte vor Laserstrahlung entsprechen. Vor allem aufgrund der hohen Strahlqualitäten und -leistungen werden herkömmliche Sicherheitskonzepte den hohen Anforderungen im betrieblichen Strahlenschutz nicht mehr gerecht. Der Laserstrahl kann wegen der guten Strahlqualität durch ein entsprechendes Optiksystem in großen Arbeitsabständen fokussiert werden. Des Weiteren kann aufgrund der nahinfraroten Laserwellenlänge die Strahlung über große Strecken durch flexible Lichtwellenleiter transportiert werden. Somit können Laserstrahlanwendungen mit hoher Positionierungsfreiheit des Bearbeitungskopfes realisiert werden. Die hohen Laserleistungen, die großen Arbeitsabstände und die ausgeprägte Flexibilität führen zu einem beträchtlichen Gefährdungspotential, da der Laserstrahl nahezu jeden Ort innerhalb einer Laserstrahlanlage, damit auch die Kabineninnenseite, fokussiert bestrahlen kann. Herkömmliche Schutzwandmaterialien werden bei den dann vorherrschenden Strahlungsintensitäten weit unterhalb der in den Normen geforderten Schutzzeit zerstört. Im Forschungsprojekt Entwicklung von technischen Anlagensicherheitskonzepten für Hochleistungslaser der neuesten Generation wurden am iwb konventionelle Lasersicherheitsmaßnahmen in Bezug auf die neuen Anforderungen durch die hochenergetischen und hochbrillanten Laserstrahlquellen getestet. Darüber hinaus wurden weiterführende Ansätze der technischen Lasersicherheit entwickelt und als Funktionsprototypen aufgebaut.

Beim mehrmaligen Test von Laserschutzwänden traten, gerade bei Hohlkammer-Schutzwänden auf Basis von Metallplatten aus Aluminiumwerkstoffen (**Bild 1**), sehr stark voneinander abweichende Schutzzeiten auf. Diese Schwankung der Schutzzeiten (**Bild 2**) zeigt eine Kernproblematik: die Bestimmung einer gesicherten Schutzzeit einer passiven Schutzwand mit einer begrenzten Anzahl an Bestrahlungsversuchen.

Die Ermittlung der Schutzzeit nach Norm DIN EN 60825-4 ging bisher von nur einem Bestrahlungsversuch aus. Es kann jedoch aufgrund der Schwankungen nicht ausgeschlossen werden, dass die Schutzzeit im Havariefall geringer ist als die bei der Prüfung ermittelte Zeit. Mit Hilfe von mehreren Tests und eines statistischen Ansatzes können jedoch Wahrscheinlichkeiten für die Schutzzeiten angegeben werden. Hierdurch kann aus einer Anzahl an Messwerten eine hochsichere Schutzzeit berechnet werden.



**Bild 1** - Bestrahlung einer Metall-Hohlkammerschutzwand in der Seitenansicht; Zeitpunkt des Strahldurchbruchs



**Bild 2** - Beispiel der Häufigkeitsverteilung der Schutzzeit einer Aluminium-Hohlkammer-Schutzwand

Dieser Sachverhalt wurde vom iwv in den Arbeitskreis AK 841.0.2 „Hochleistungslaser“ der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE eingebracht und eine verbesserte Prüfvorschrift für passive Laserschutzwände vorgeschlagen. Demnach soll der Bestrahlungsversuch mindestens fünfmal wiederholt werden. Die Schutzzeit ergibt sich dann aus einer statistischen Interpretation der Messergebnisse. Sie ist demnach der Mittelwert der Einzelschutzzeiten minus ihrer dreifachen Standardabweichung, sofern dieser Wert nicht im Negativen liegt. Der Vorschlag wurde wiederum vom Arbeitskreis in die internationalen Normungsgremien transportiert, diskutiert und schlussendlich mit geringen Änderungen in die neue Ausgabe der Norm IEC 60825-4 übernommen.

**Dipl. Phys. Martin Brose, BG ETEM, Technischer Referent Optische Strahlung:** „Die Durchführung des Forschungsprojekts war wichtig, um bestehende technische Lasersicherheitsmaßnahmen zur Gewährleistung des Arbeitsschutzes an modernen Lasersystemen mit hochbrillanten Laserstrahlquellen zu untersuchen. Besonders die Ergebnisse aus den Tests von passiven Schutzwandmaterialien waren wertvoll, da mit ihrer Hilfe eine neue Prüfmethode für diese entwickelt und bereits in die Normung überführt werden konnte, was unmittelbar industriellen Nutzen mit sich bringt. Ebenso zeigten Untersuchungen zur Tauglichkeit von Laserschutzbrillen in Bezug auf die neuen Lasersysteme Problematiken auf. Durch diese Erkenntnisse werden im Bereich der persönlichen Schutzausrüstung verbesserte Produkte entwickelt. Im Projekt wurden auch neuartige und zukunftsweisende Lasersicherheitskonzepte konzipiert und ausgearbeitet. Diese gilt es in künftigen Forschungen zu verwirklichen.“

## 5 Durchlaufende/Abgeschlossene Forschungsprojekte 2010 im FA Q6

### Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
Q6.012 16.515 N	<b>Analyse und Verbesserung eines integrierten Absaugbrenners zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Prozesses und zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.515N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.515N</a>	01.04.2010	30.09.2011

### Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
Q6.007 15.594 N	<b>Entwicklung von technischen Konzepten zur Anlagensicherheit in Zusammenhang mit neuen, hochenergetischen Laserstrahlquellen</b> Prof. Dr.-Ing. Zäh, IWB Garching Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.594N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.594N</a>	01.07.2008	30.06.2010
Q6.008 15.775 N	<b>Messtechnische Bestimmung von Emissionsdaten zur Durchführung einer Emissionsbewertung und Ermittlung umweltbezogener Kosten beim Laserstrahlfügen metallischer Werkstoffe</b> Prof. Dr.-Ing. Haferkamp, LZH Hannover Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.775N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.775N</a>	01.09.2008	28.02.2010



[www.dvs-ev.de/fv/FAV4](http://www.dvs-ev.de/fv/FAV4)

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Holger Zuther**

Tel.: 0211 / 1591-115

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: [holger.zuther@dvs-hg.de](mailto:holger.zuther@dvs-hg.de)

**Vorsitzender / Obmann Dipl.-Ing. Rudolf Kolbusch**  
KWE Ing.-Büro, Wilhelmshaven

**Stellvertr. Vorsitzender / Obmann Dipl.-Ing. SFI Walter Henz**  
Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Hannover

## Veranstaltungen

Sondertagung - Unterwassertechnik 2011, Hamburg

## Korrespondierende Gremien

FA Q6 „Arbeitssicherheit und Umweltschutz“

FA 3 „Lichtbogenschweißen“



**Bild 1 u. 2** v.li. - Monopile, alpha ventus Windpark, Nordsee (Quelle: Jade GmbH, Wilhelmshaven)

**Bild 3** re. - Ausbildung Unterwasserschweißen, SLV Hannover

## Durchlaufende Forschungsvorhaben 2010

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
V4.002 16.777 N	<b>Systematische Untersuchung von Lichtbogenprozessen für das nasse Elektrodenschweißen unter Wasser in Tiefen größer 20 Meter</b> Prof. Dr.-Ing. Bach, IW Hannover Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.777N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.777N</a>	01.11.2010	31.10.2012

## Übersicht 1 - Unternehmen

3 Pi Consulting & Management GmbH, Paderborn  
3A Technology & Management AG, Neuhausen am Rheinfall (SCHWEIZ)  
3M Deutschland GmbH, Kleinostheim/Neuss

ABB Calor Emag Mittelspannung GmbH, Ratingen  
Adam Opel AG, Rüsselsheim  
AEG SVS Schweisstechnik GmbH, Mülheim  
AG der Dillinger Hüttenwerke, Dillingen/Saar  
Air Liquide Deutschland GmbH, Krefeld  
Air Products GmbH, Bochum  
Airbus Operations GmbH, Buxtehude  
Aleris Aluminum Bonn GmbH, Bonn  
Aleris Aluminum Koblenz GmbH, Koblenz  
Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG, Buseck  
Alia Technik GmbH, Achim  
ALSITEC, Haguenau (FRANKREICH)  
ALSTOM Power (Switzerland) Ltd, Baden (SCHWEIZ)  
ALSTOM Transport Deutschland GmbH, Salzgitter  
Aluminium-Technologie-Service, Meckenheim  
AMBAU GmbH Stahl- und Anlagenbau Werk Cuxhaven, Cuxhaven  
AMT Maschinenbau GmbH, Aachen  
AREVA NP GmbH, Erlangen  
ARKEMA, Inc., Wetmore, CO 81253 (VEREINIGTE STAATEN VON AMERIKA)  
AUDI AG, Ingolstadt  
August Rüggeberg GmbH & Co. KG PFERD-Werkzeuge, Marienheide

BALVER ZINN KG Josef Jost GmbH & Co. KG, Balve  
BBW Lasertechnik GmbH, Prutting  
Behr GmbH & Co. KG, Stuttgart  
Benteler Automobiltechnik GmbH, Paderborn/Warburg  
Bergmann & Steffen Sondermaschinenbau, Spenge  
Bergrohr GmbH, Siegen  
Berkenhoff GmbH Zusatzwerkstoff- Hersteller, Heuchelheim  
BHR Hochdruck-Rohrleitungsbau GmbH, Essen  
Bielomatik Leuze GmbH & Co. KG, Neuffen  
Blohm + Voss Shipyards GmbH, Hamburg  
BLS Lasertechnology GmbH, Grafenau-Döffingen  
BMW Group, München  
Böhler Schweisstechnik Deutschland GmbH, Düsseldorf/Hamm  
Böllhoff Automation GmbH, Bielefeld  
Bombardier Transportation GmbH, Netphen  
Borit Leichtbau-Technik GmbH, Herzogenrath  
Bosch Rexroth Electric Drives and Controls GmbH, Erbach  
BPW Bergische Achsen KG, Wiehl  
Branson Ultraschall Niederlassung der  
Emerson Technologies GmbH & Co. oHG, Dietzenbach  
Buhlmann Rohr-Fittings-Stahlhandel GmbH & Co. KG, Burghausen

CADFEM GmbH Geschäftsstelle Hannover, Hannover  
Carl Cloos Schweißtechnik GmbH, Haiger

Coating Center Castrop GmbH, Castrop-Rauxel  
CONCEPT Laser GmbH, Lichtenfels  
Continental Automotive GmbH, Regensburg  
CORODUR Fülldraht GmbH, Willich  
CORODUR Verschleiß-Schutz GmbH, Thale  
Corroconsult GmbH, Hamburg

Daimler AG Werk Bremen,  
Bremen/Sindelfingen/Stuttgart/Untertürkheim  
Daimler AG Forschungszentrum Ulm, Ulm  
DALEX Schweißmaschinen GmbH & Co. KG, Wissen  
Danfoss Silicon Power GmbH, Schleswig  
Deutsche Bahn AG Technik, Systemverbund und Dienstleistungen,  
Minden  
DODUCO GmbH, Pforzheim  
Dortmunder Oberflächen Centrum GmbH, Dortmund  
Dr. Moeller GmbH / IMS Nord, Bremerhaven  
Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG, Stuttgart  
Drahtwerk Elisental W. Erdmann GmbH & Co., Neuenrade  
Drahtzug Stein wire & welding GmbH & Co. KG, Altleiningen  
DURUM Verschleiss-Schutz GmbH, Willich

EADS Deutschland GmbH, München  
Eastcoat Oberflächentechnik KG, Chemnitz  
Ed. Züblin AG, Hamburg  
Eisenbau Krämer GmbH, Kreuztal-Kredenbach  
EJOT GmbH & Co. KG Verbindungstechnik, Obermichelbach-  
Rothenberg  
ELH Eisenbahnlaufwerke Halle GmbH & Co. KG, Halle  
EnBW Erneuerbare Energien GmbH, Hamburg  
Endress + Hauser GmbH & Co. KG, Maulburg/Teltow  
ERSA GmbH, Wertheim  
ESI Engineering System International GmbH, München  
ESTA Apparatebau GmbH & Co. KG, Senden  
EURO-COMPOSITES S.A., Echternach (LUXEMBURG)  
EUROMAT GmbH, Aachen  
EUTECT GmbH, Dußlingen  
Evonik Degussa GmbH, Marl  
EWM HIGHTEC WELDING GmbH, Mündersbach

Faurecia Emissions Control Technologies Germany GmbH, Augsburg  
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, Neuhoftal Dorfborn  
FRONIUS International GmbH, Wels-Thalheim (ÖSTERREICH)

GEA Tuchenhagen GmbH, Büchen  
 GEA Westfalia Separator Production GmbH, Oelde  
 Gebr. Quast GmbH & Co. KG Apparate und Anlagenbau, Eschweiler  
 GfE Fremat GmbH, Freiberg  
 Global Beam Steigerwald Strahltechnik GmbH, Maisach  
 Gottwald Port Technologie GmbH, Düsseldorf  
 Grillo-Werke AG, Goslar  
 GTV Verschleiss-Schutz mbH, Luckenbach

Castolin GmbH, Kriftel  
 CFX Berlin Software GmbH, Berlin  
 Christian Koenen GmbH HighTech Stencils, Ottobrunn-Riemerling  
 CIF GmbH, Grünstadt  
 Coatec GmbH, Schlüchtern

H. C. Starck GmbH, Laufenburg  
 Fa. Hans van't Hoen, Wirges  
 Harms & Wende GmbH & Co. KG, Hamburg  
 Heinz Soyer GmbH Bolzenschweißtechnik, Wörthsee/Ettersschlag  
 Heinz Wagner GmbH, Römerberg  
 Hella Leuchtensysteme GmbH, Paderborn  
 Hengst GmbH & Co. KG, Münster  
 Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf  
 Henkel Teroson GmbH, Heidelberg  
 Henze GmbH Kunststoffwerke, Troisdorf  
 Herding GmbH Filtertechnik, Amberg  
 Hermann Fliess & Co. GmbH, Duisburg  
 Hesse & Knipps GmbH, Paderborn  
 Hessel Ingenieurtechnik GmbH, Roetgen  
 Hilger u. Kern Industrietechnik GmbH, Mannheim  
 Hilti GmbH Industriegesellschaft für Befestigungstechnik, Kaufering  
 HKS-Prozess-technik GmbH, Halle  
 Höganäs GmbH, Düsseldorf  
 Hottinger Baldwin Meßtechnik GmbH, Darmstadt  
 Howaldtswerke - Deutsche Werft GmbH, Kiel  
 Hugo Miebach GmbH, Dortmund  
 Hydro Aluminium Deutschland GmbH, Bonn

IBEDA Sicherheitsgeräte und Gastechnik GmbH & Co. KG, Neustadt  
 IBFU Ingenieurbüro für Unterwassertechnik, Elmshorn  
 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  
 Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, Oldenburg  
 Ingenieurbüro Dr. Knödel, Ettlingen  
 Ingenieurbüro Franz, Sindelfingen-Maichingen  
 Ingenieurbüro Dr.-Ing. Andreas Trautmann, München  
 Ingenieurbüro für Lasertechnik und Verschleißschutz (ILV), Schwalbach  
 Ingenieurbüro für Werkstofftechnik (IWT), Aachen  
 Ingenieurbüro Tobias Loose GbR, Wössingen  
 Ingenieurgemeinschaft Kuhlmann-Gerold - Krauss-Eisele, Ostfildern  
 Innobrace GmbH für Löt- und Verschleißtechnik, Esslingen

INPRO - Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme  
 in der Fahrzeugindustrie mbH, Berlin  
 IPG Laser GmbH IPG Photonics Corp., Burbach  
 ISATEC GmbH, Aachen

Jade-Dienst GmbH, Wilhelmshaven  
 JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH, Jena  
 Josch Strahlschweisstechnik GmbH, Teicha

Kemper GmbH, Vreden  
 Kemppi GmbH, Butzbach  
 Kjellberg Finsterwalde Plasma und Maschinen GmbH, Finsterwalde  
 Kjellberg Finsterwalde Elektroden und Maschinen GmbH, Massen  
 Kjellberg Finsterwalde Schweißtechnik und  
 Verschleißschutzsysteme GmbH, Witten  
 Klaus Raiser GmbH, Eberdingen-Hochdorf  
 KLN Ultraschall AG, Heppenheim  
 KS Kolbenschmidt GmbH, Neckarsulm  
 KSM Castings GmbH Kloth-Senking Metallgießerei, Hildesheim  
 KUKA Systems GmbH, AugsburgKWE Ing.-Büro, Oldenburg

LANXESS Deutschland GmbH, Dormagen  
 LASAG AG, Gwatt bei Thun (SCHWEIZ)  
 LASAG Industrial Lasers, Pforzheim  
 LASER on demand GmbH, Burgwedel  
 Liebherr Elektronik GmbH, Lindau  
 Liebherr-Werke-Ehingen GmbH, Ehingen  
 Linde AG, Hamburg/Unterschleißheim  
 Listemann AG Werkstoff- und Wärmebehandlungstechnik,  
 Eschen (LIECHTENSTEIN)  
 LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, Ranshofen  
 (ÖSTERREICH)  
 LKT Klebtechnik GmbH, Aachen  
 Lorch Schweißtechnik GmbH, Auenwald  
 Lorenz GmbH & Co. KG, Landshut  
 Lyondell Basell Industries, Frankfurt

Matuschek Messtechnik GmbH, Alsdorf  
 MEDICOAT AG, Mägenwil (SCHWEIZ)  
 Merkle & Partner GbR Ingenieurbüro für Strukturanalyse, 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 International, Landau a.d. Isar  
 Minimax GmbH & Co.KG, Bad Oldesloe  
 Modine Europe GmbH, Filderstadt  
 MT Aerospace AG, Augsburg  
 MTT Technologies GmbH, Lübeck  
 MTU Aero Engines GmbH, München

IBEDA Sicherheitsgeräte und Gastechnik GmbH & Co. KG, Neustadt  
 IBFU Ingenieurbüro für Unterwassertechnik, Elmshorn  
 IBL-Löttechnik GmbH, Königsbrunn

# 6 Unternehmen

IDEAL-Werk C.+E. Jungeblodt GmbH + Co. KG, Lippstadt  
IFF Engineering & Consulting GmbH, Leipzig  
IFF GmbH, Ismaning  
IMAWIS Maritime Wirtschafts- und Schiffbauforschung GmbH, Wismar  
Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, Oldenburg  
Ingenieurbüro Dr. Knödel, Ettlingen  
Ingenieurbüro Franz, Sindelfingen-Maichingen  
Ingenieurbüro Dr.-Ing. Andreas Trautmann, München  
Ingenieurbüro für Lasertechnik und Verschleißschutz (ILV), Schwalbach  
Ingenieurbüro für Werkstofftechnik (IWT), Aachen  
Ingenieurbüro Tobias Loose GbR, Wössingen  
Ingenieurgemeinschaft Kuhlmann-Gerold - Krauss-Eisele, Ostfildern  
Innobraze GmbH für Löt- und Verschleißtechnik, Esslingen  
INPRO - Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH, Berlin  
IPG Laser GmbH IPG Photonics Corp., Burbach  
ISATEC GmbH, Aachen

Jade-Dienst GmbH, Wilhelmshaven  
JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH, Jena  
Josch Strahlschweisstechnik GmbH, Teicha

Kemper GmbH, Vreden  
Kempfi GmbH, Butzbach  
Kjellberg Finsterwalde Plasma und Maschinen GmbH, Finsterwalde  
Kjellberg Finsterwalde Elektroden und Maschinen GmbH, Massen  
Kjellberg Finsterwalde Schweißtechnik und Verschleißschutzsysteme GmbH, Witten  
Klaus Raiser GmbH, Eberdingen-Hochdorf  
KLN Ultraschall AG, Heppenheim  
KS Kolbenschmidt GmbH, Neckarsulm  
KSM Castings GmbH Kloth-Senking Metallgießerei, Hildesheim  
KUKA Systems GmbH, Augsburg  
KWE Ing.-Büro, Oldenburg

LANXESS Deutschland GmbH, Dormagen  
LASAG AG, Gwatt bei Thun (SCHWEIZ)  
LASAG Industrial Lasers, Pforzheim  
LASER on demand GmbH, Burgwedel  
Liebherr Elektronik GmbH, Lindau  
Liebherr-Werke-Ehingen GmbH, Ehingen  
Linde AG, Hamburg/Unterschleißheim  
Listemann AG Werkstoff- und Wärmebehandlungstechnik, Eschen (LIECHTENSTEIN)  
LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, Ranshofen (ÖSTERREICH)  
LKT Klebtechnik GmbH, Aachen  
Lorch Schweißtechnik GmbH, Auenwald  
Lorenz GmbH & Co. KG, Landshut  
Lyondell Basell Industries, Frankfurt

Matuschek Messtechnik GmbH, Alsdorf  
MEDICOAT AG, Mägenwil (SCHWEIZ)  
Merkle & Partner GbR Ingenieurbüro für Strukturanalyse, 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 International, Landau a.d. Isar  
Minimax GmbH & Co.KG, Bad Oldesloe  
Modine Europe GmbH, Filderstadt  
MT Aerospace AG, Augsburg  
MTT Technologies GmbH, Lübeck  
MTU Aero Engines GmbH, München

NDT Applications and Sensoric intelligenteNDT Systems & Services GmbH & Co. KG, Erlangen  
Nederman GmbH, Köngen  
Neue Materialien Bayreuth GmbH, Bayreuth  
Nordic Yards Holding GmbH, Rostock  
Nordic Yards Wismar GmbH, Wismar  
Nutech GmbH Institut für Lasertechnik, Neumünster

obz innovation gmbh, Bad Krozingen  
Odelo GmbH, Schwaikheim  
Oechsler Ceramics GmbH, Ansbach  
Oerlikon Schweißtechnik GmbH, Eisenberg  
OKAMEX Ingenieurbüro, Stuttgart

Pallas GmbH & Co. KG Oberflächentechnik, Würselen  
Panacol-Elosol GmbH, Steinbach  
PAV CARD und Paul Albrechts Verlag GmbH, Lütjensee  
Plasticon Germany GmbH, Dinslaken  
PM Engineering, Leimen  
PMT Präventions-Management-Team, Reutlingen  
Polysius AG, Beckum  
PPS Pipeline Systems GmbH, Ilmenau  
Praxair Deutschland GmbH, Düsseldorf  
Precitec KG, Gaggenau  
Precitec Optronik GmbH, Rodgau  
PRETECH Predictive Design Technologies GmbH, Hamburg  
Primes GmbH, Pfungstadt  
pro-beam AG & Co. KGaA, Planegg  
pro-beam cells GmbH, Mainz  
pro-beam Verfahrenstechnik GmbH, Halle (Saale)  
Putzier Oberflächentechnik GmbH, Leichlingen  
PVA Löt- und Werkstofftechnik GmbH, Wettenberg

Rampf-Formen GmbH, Allmendingen  
REHM GmbH & Co. KG Schweißtechnik, Uhingen  
REpower Systems AG Tech Center, Osterrönfeld  
RIFTEC GmbH, Geesthacht  
Robert Bosch GmbH, Bamberg/Stuttgart  
Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co. KG, Oberursel  
RS elektronik GmbH, Friedberg  
RWE Power AG, Frechen/Köln  
RWP GmbH, Roetgen

Saint-Gobain Coatin Solutions, Bonn  
 Salzgitter Magnesium Technologie GmbH, Salzgitter  
 Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg  
 SAXOBRAZE GmbH, Chemnitz  
 SBI Produktion Technische Anlagen GmbH Produktion  
 von Plasmaschweißgeräten, Hollabrunn (ÖSTERREICH)  
 SCHERDEL INNOTECH Forschungs- und Entwicklungs-GmbH, Marktredwitz  
 Schlatter Industries AG, Schlieren (SCHWEIZ)  
 Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG, Lindlar  
 Schmitz Cargobull AG, Altenberge  
 Schulze-Consulting, Neuberg  
 SCHUNK Lasertechnik GmbH, Lauffen am Neckar  
 Schunk Sonosystems GmbH, Wettenberg  
 SEHO Systems GmbH, Kreuzwertheim  
 Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Neustadt-Fernthal  
 Siegert TFT GmbH, Hermsdorf  
 Siemens AG, Berlin/Duisburg/Krefeld  
 Siemens AG Österreich, Graz (ÖSTERREICH)  
 Sika Technology AG Material Mechnics, Zürich (SCHWEIZ)  
 SIMONA AG, Kirn  
 SKT-Kunststoffschweißtechnik Pipeline-Equipment, Limburg  
 SMS Siemag Aktiengesellschaft, Düsseldorf  
 SOSTA GmbH & Co. KG, Könnern  
 SOUTEC Soudronic AG, Neftenbach (SCHWEIZ)  
 Stadler Altenrhein AG, Altenrhein (SCHWEIZ)  
 Stannol GmbH, Wuppertal  
 Stepanski Engineering Ingenieurbüro für  
 Kunststoff- und Klebtechnik, Leverkusen  
 Sulzer Markets and Technology Ltd  
 Sulzer Innotec MAT/1551, Winterthur (SCHWEIZ)  
 Sulzer Metco Coatings GmbH, Salzgitter  
 Sulzer Metco Europe GmbH, Hattersheim  
 Sulzer Metco WOKA GmbH, Barchfeld

TAKATA-Petri AG, Aschaffenburg  
 Tauchmayer GmbH, Seelze  
 TBi Industries GmbH, Fernwald  
 Technologieberatung Dr.-Ing. Wahl GmbH, Stuttgart-Frauenkopf  
 TEKA GmbH, Velen  
 TeroLab Surface GmbH, Langenfeld  
 ThyssenKrupp Metallurgie GmbH, Essen  
 ThyssenKrupp Steel AG, Duisburg  
 ThyssenKrupp Steel Europe AG, Dortmund  
 ThyssenKrupp VDM, Altena  
 TIM Schweißtechnik GmbH, Burgwedel  
 TIME Technologie-Institut für  
 Metall & Engineering GmbH, Wissen / Sieg  
 Trainalytics GmbH, Lippstadt  
 Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen  
 Trumpf Laser Vertriebsbüro, Hemer

Uhde GmbH, Dortmund  
 Umicore AG & Co. KG, Hanau  
 Unterwasserkrause, Schellhorn

V & M Deutschland GmbH Vallourec & Mannesmann Tubes, Düsseldorf  
 Vacuumschmelze GmbH & Co. KG, Hanau  
 Vautid GmbH, Ostfildern  
 voestalpine Stahl GmbH, Linz (ÖSTERREICH)  
 Volkswagen AG, Wolfsburg

W. C. Heraeus GmbH, Hanau  
 Weld Consult GmbH, Essen  
 Welding Alloys Deutschland Schweißlegierungs GmbH, Wachtendonk  
 WELTRON Steuerungs- und Schweiß- anlagenbau GmbH, Burbach  
 Westfalen AG, Münster  
 Wilhelm Böllhoff GmbH & Co. KG, Bielefeld  
 Wittmann Tauchen GmbH & Co. KG, Henstedt-Ulzburg  
 Witzemann GmbH, Pforzheim  
 Wolf & Partner GmbH, Berlin

Zenker Consult, Mittweida  
 ZIGERLIG TEC GmbH, Klingnau (SCHWEIZ)  
 Zwick GmbH & Co. KG, Ulm

# 6 Dokumentation - Mitglieder der Forschungsvereinigung

## Übersicht 2 - Körperschaften

RWTH Aachen  
Lehr- u. Forschungsgebiet für nichtlineare  
Dynamik der Laser- und Fertigungsverfahren  
[Aachen](#)

Schweißtechnische Lehranstalt  
Magdeburg GmbH  
[Barleben](#)

BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft - Prävention  
[Berlin](#)

DIN  
Deutsches Institut für Normung e.V.  
[Berlin](#)

Forschungskuratorium Textil e.V.  
[Berlin](#)

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.-GDV  
[Berlin](#)

Technische Universität Berlin  
Institut für Metallphysik  
[Berlin](#)

Technische Universität Berlin  
Institut für Mechanik  
[Berlin](#)

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH  
[Berlin](#)

Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. - GfAI e.V.  
[Berlin-Adlershof](#)

Arbeitsmedizinisch- u. Sicherheitstechnisches Zentrum  
Bocholt/Rhede e. V.  
[Bocholt](#)

Hochschule Bochum  
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik  
[Bochum](#)

KRV - Kunststoffrohrverband e.V.  
[Bonn](#)

Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd  
Präventionsdienst Bremen  
[Bremen](#)

IWT  
Stiftung Institut für Werkstofftechnik  
[Bremen](#)

Universität Bremen  
Zentrum für Technomathematik  
[Bremen](#)

Fraunhofer-Institut für Werkzeug-  
maschinen und Umformtechnik  
[Chemnitz](#)

Institut für Materialprüfung und Werkstofftechnik  
Dr. Dölling und Dr. Neubert GmbH  
[Clausthal-Zellerfeld](#)

Technische Universität Darmstadt  
[Darmstadt](#)

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik  
[Denkendorf](#)

Technische Universität Dortmund  
Fachbereich Chemietechnik  
[Dortmund](#)

Institut für angewandte Naturwissenschaften Dresden (IAND)  
[Dresden](#)

Institut für Holztechnologie  
Dresden gGmbH  
[Dresden](#)

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH  
[Dresden](#)

Technische Universität Dresden  
Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik  
[Dresden](#)

Universität Duisburg Essen  
Institut für Produkt Engineering - ipe , Werkstofftechnik II  
[Duisburg](#)

Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG)  
[Düsseldorf](#)

Deutscher Stahlbau-Verband DSTV  
[Düsseldorf](#)

Deutsches Kupferinstitut e. V.  
[Düsseldorf](#)

Fachhochschule Düsseldorf  
Fachbereich Maschinenbau- und Verfahrenstechnik  
[Düsseldorf](#)

Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V.  
FOSTA  
[Düsseldorf](#)

Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V. (GDA)  
[Düsseldorf](#)

Institut für angewandte Forschung GmbH des VDEh  
[Düsseldorf](#)

Centrum für Prototypenbau GmbH  
[Erkelenz](#)

Forschungsvereinigung Elektrotechnik  
 beim ZVEI e.V.  
[Frankfurt am Main](#)

DECHEMA Gesellschaft für Chemische  
 Technik und Biotechnologie e.V.  
[Frankfurt/Main](#)

Forschungsvereinigung Automobiltechnik  
[Frankfurt/Main](#)

Entwicklungszentrum Röntgentechnik  
 Abteilung der Fraunhofer Institute IZFP Saarbrücken und IIS-A Erlangen  
[Fürth](#)

Zentralinstitut für Neue Materialien und Prozesstechnik ZMP  
 Universität Erlangen-Nürnberg  
[Fürth](#)

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](#)

Germanischer Lloyd SE  
[Hamburg](#)

Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik - HAW Hamburg  
[Hamburg](#)

Technische Universität Hamburg-Harburg  
 Institut für Laser- und Anlagen- systemtechnik  
[Hamburg](#)

Berufsgenossenschaft Holz und Metall  
[Hannover](#)

Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.  
[Hannover](#)

Leibniz Universität Hannover  
 Institut für Stahlbau  
[Hannover](#)

TÜV NORD Sytems GmbH & Co. KG  
[Hannover](#)

Wasser- und Schifffahrtsamt Rheine  
 Taucherlehrbetrieb  
[Hörstel](#)

Technische Universität  
 Fachbereich Maschinenbau  
[Ilmenau](#)

Forschungszentrum Jülich GmbH  
[Jülich](#)

IFOS GmbH  
 Institut für Oberflächen- und Schichtanalytik  
[Kaiserslautern](#)

KIT Karlsruher Institut für Technologie  
 Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine Campus Süd  
[Karlsruhe](#)

Institut für Mechatronik  
 Fachhochschule Kiel  
[Kiel](#)

HWK Koblenz  
[Koblenz](#)

Berufsgenossenschaft Energie, Textil, Elektro Medienerzeugnisse  
[Köln](#)

Deutsche Keramische Gesellschaft e.V.  
[Köln](#)

IGV Industriegasverband e.V.  
[Köln](#)

Rheinische Fachhochschule Köln gGmbH  
[Köln](#)

KUZ - Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH  
[Leipzig](#)

Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V.  
[München](#)

Hochschule München  
[München](#)

Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd  
[Nürnberg](#)

Carl von Ossietzky Universität  
[Oldenburg](#)

Fachhochschule Oldenburg  
[Oldenburg](#)

Universität Paderborn  
 DMRC Direct Manufacturing  
[Paderborn](#)

Fachhochschule Gelsenkirchen  
 Abteilung Recklinghausen  
[Recklinghausen](#)

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Saarbrücken  
 Niederlassung der GSI mbH  
[Saarbrücken](#)

## 6 Körperschaften

Universität des Saarlandes  
Saarbrücken

IFA - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung  
Sankt Augustin

Hochschule Lausitz  
Senftenberg und Cottbus  
Senftenberg

Fachhochschule Münster  
Labor für Schweißtechnik  
Steinfurt

Berufsgenossenschaft Metall Süd  
Präventionsdienst Stuttgart  
Stuttgart

Universität Stuttgart  
Institut für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile  
Stuttgart

Universität Stuttgart  
Institut für Konstruktion und Entwurf  
Stuttgart

Universität Stuttgart  
Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren  
Stuttgart

Hahn-Schickard-Gesellschaft  
Institut für Mikro- und Informationstechnik  
Villingen-Schwenningen

Bauhaus-Universität Weimar  
Professur Stahlbau  
Weimar

Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik  
Wien (ÖSTERREICH)

Hochschule Rhein Main  
Wiesbaden

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

### Aachen

Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen Institut für Eisenhüttenkunde	Prof. Dr.-Ing. Bleck
Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen Lehrstuhl für Oberflächentechnik im Maschinenbau	Prof. Dr.-Ing. Bobzin
Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen Institut und Poliklinik für Arbeitsmedizin	Prof. Dr. med. Kraus
Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk an der Rheinisch Westfälischen Technischen Hochschule Aachen	Prof. Dr.-Ing. Michaeli
Fraunhofer Institut für Lasertechnik	Prof. Dr. rer. nat. Poprawe
Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik	Prof. Dr.-Ing. Reisgen

### Berlin

Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration	Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Lang / Prof. Dr.-Ing. Dr. E.h. Reichl
Technische Universität Berlin Institut für Mechanik	Prof. Dr.-Ing. Müller
SLV Berlin-Brandenburg Niederlassung der GSI mbH	Prof. Dr.-Ing. Paulinus
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Fachgruppe V.5 - Sicherheit gefügter Bauteile	Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier
Technische Universität Berlin Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik	Prof. Dr.-Ing.habil. Wilden

### Braunschweig

Technische Universität Braunschweig Institut für Füge- und Schweißtechnik	Prof. Dr.-Ing. Dilger
Technische Universität Braunschweig Institut für Konstruktionslehre Maschinen- und Feinwerkelemente	Prof. Dr.-Ing. Franke

### Bremen

Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung	Prof. Dr. rer. nat. Mayer / Dr. rer. nat. Hartwig
Universität Bremen Bremen Center for Computational Materials Science	Prof. Dr.-Ing. Ploshikhin
Bremer Institut für angewandte Strahltechnik	Prof. Dr.-Ing. Vollertsen

### Chemnitz

CeWOTec gGmbH	Dr.-Ing. habil. Bouaifi
Technische Universität Chemnitz Institut für Fördertechnik und Kunststoffe	Prof. Dr. Ing. Gehde

## 6 Forschungsinstitute und Institutsleiter

### Chemnitz

Technische Universität Chemnitz  
Zentrum für Mikrotechnologien ZfM  
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Prof. Dr.-Ing. Geßner

Technische Universität Chemnitz  
Institut für Fertigungstechnik/Schweißtechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Matthes

Technische Universität Chemnitz  
Lehrstuhl für Verbundwerkstoffe

Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage

### Clausthal-Zellerfeld

Technische Universität Clausthal  
Institut für Maschinelle Anlagentechnik  
und Betriebsfestigkeit

Prof. Dr.-Ing. Esderts

Technische Universität Clausthal  
Institut für Schweißtechnik und  
Trennende Fertigungsverfahren

Prof. Dr.-Ing. Wesling

### Cottbus

Brandenburgische Technische Universität Cottbus  
Lehrstuhl Fügetechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov

### Darmstadt

Technische Universität Darmstadt  
Zentrum für Konstruktionswerkstoffe, Staatliche Materialprüfungsanstalt  
(MPA)

Prof. Dr.-Ing. Berger

Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde  
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Prof. Dr.-Ing. Hanselka

### Dortmund

Technische Universität Dortmund  
Fakultät Maschinenbau  
Lehrstuhl für Werkstofftechnologie

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

### Dresden

Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik

Prof. Dr. Beyer

Technische Universität Dresden  
Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel

IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH

Dr.-Ing. Hanel

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

Prof. Dr.-Ing. habil. Wolter

### Duisburg

SLV Duisburg  
Niederlassung der GSI mbH

Prof. Dr.-Ing. Keitel

### Erlangen

Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl für Kunststofftechnik

Professor Dr.-Ing. Drummer

Bayerisches Laserzentrum gGmbH

Professor Dr.-Ing. Schmidt

## Fellbach

SLV Fellbach  
Niederlassung der GSI mbH

Dipl.-Ing. Roth

## Freiburg

Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik IWM,  
Freiburg und Halle

Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch

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

Prof. Dr.-Ing. Wilde

## Garbsen

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Werkstoffkunde

Prof. Dr.-Ing. Bach

## Garching

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Zäh

## Geesthacht

Helmholtz-Zentrum Geesthacht  
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH  
Institut für Werkstoffforschung

Prof. Dr.-Ing. Huber

## Halle

SLV Halle GmbH

Dr.-Ing. Ströfer

## Hamburg

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

Prof. Dr.-Ing. Klassen

Technische Universität Hamburg-Harburg  
Institut für Laser- und Anlagensystemtechnik

Prof. Dr.-Ing. Emmelmann

## Hannover

Laserzentrum Hannover e.V.

Prof. Dr.-Ing. Haferkamp

SLV Hannover - Niederlassung der GSI mbH

Dr.-Ing. Mittelstädt

## Itzehoe

Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie

Prof. Dr.-Ing. Benecke

## Jena

Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH

Dr.-Ing. Sändig

## Kaiserslautern

Technische Universität Kaiserslautern  
Lehrstuhl für Werkstoffkunde

Prof. Dr.-Ing. habil. Eifler

Institut für Verbundwerkstoffe GmbH

Prof. Dr.-Ing. Mitschang

## Kassel

Universität Kassel  
Institut für Produktionstechnik und Logistik  
Fachgebiet Trennende und Fügende Fertigungsverfahren

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm

## 6 Forschungsinstitute und Institutsleiter

### Kassel

Universität Kassel  
Institut für Werkstofftechnik  
Fachgebiet Kunststofftechnik

Prof. Dr.-Ing. Heim

Universität Kassel  
Fachbereich Bauingenieurwesen  
Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens

Prof. Dr.-Ing. habil. Schmidt

### Magdeburg

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

Prof. Dr.-Ing. Lindemann

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

Prof. Dr.-Ing. Martinek

### München

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV München  
Niederlassung der GSI mbH

N.N.

### 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  
Lehrstuhl für Kunststofftechnologie  
Fakultät Maschinenbau

Prof. Dr.-Ing. Moritzer

Universität Paderborn  
Institut für Kunststofftechnik  
Fachgebiet Kunststoffverarbeitung

Prof. Dr.-Ing. Schöppner

### Rostock

SLV Mecklenburg-Vorpommern GmbH

Dipl.-Phys. Hoffmann

### Saarbrücken

Fraunhofer Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Prof. Dr.-Ing. Boller / 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

Materialprüfungsanstalt Stuttgart  
Otto-Graf-Institut

Prof. Dr.-Ing. habil. Roos

### Würzburg

Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoffzentrum e.V.

Dr.-Ing. Bastian

## Übersicht 4

### Veröffentlichungen von abgeschlossenen Forschungsvorhaben in 2010

#### „Schweissen & Schneiden“ 2010

IGF-Nr. 15.232 B	Einfluss unterschiedlicher Wolframcarbidarten auf das Verschleißverhalten von Plasmapulverauftragschweißungen A. Hübner/A. Böbe/E. Shirinow veröffentlicht: 1/10
IGF-Nr. 235 ZN	Einsatzmöglichkeiten der Klebtechnik zum Fügen von ultra-hochfestem Beton im konstruktiven Betonbau M. Schmidt/S. Freisinger-Schadow/H.-P. Heim/K.-M. Mihm/K. Dilger/S. Böhm/G. Wisner veröffentlicht: 1/10
IGF-Nr. 14.929 N	Einfluss der Klebstoffverarbeitung auf das Betriebsverhalten von Dosieranlagen und die mechanischen Eigenschaften von Klebverbindungen H. Fricke/M. Peschka/D. Teutenberg/O. Hahn/H. Keller/W. Woyke veröffentlicht: 2/10
IGF-Nr. 15.203 BR	Erarbeitung der metallurgischen Grundlagen für das Beschichten mit hoch wolframhaltigen Pseudolegierungen J. Wilden/S. Jahn/V. E. Drescher veröffentlicht: 2/10
IGF-Nr. 15.231 N	Beurteilung des Zündverhaltens von unterschiedlich dotierten Wolframelektroden zum Wolfram-Inertgasschweißen K. Hesse/R. Winkler veröffentlicht: 3/10
IGF-Nr. 14.840 N	Auslegung struktureller Klebverbindungen von faserverstärktem Kunststoff mit Metall für Windenergieanlagen Y. Rudnik/B. Schneider/C. Nagel/M. Brede veröffentlicht: 4/10
IGF-Nr. 15.295 N	Untersuchung der Beeinflussung des Festigkeitsverhaltens von Widerstandspunktschweißverbindungen durch betriebsbedingte Belastungen O. Hahn/F. Flüggen veröffentlicht: 4/10
IGF-Nr. 15.007 N	Betriebsfestigkeit von geschweißten Fahrradrahmen H.-P. Heim/M. Siebert/T. Geminger veröffentlicht: 4/10
IGF-Nr. 15.113 N	Systematische Untersuchung der Verbindungseigenschaften von Lötungen mit AG-, Cu-, Au- und Ni-Basisloten mit anwendungsrelevanten Prüfverfahren K. Bobzin/T. Schläfer/N. Kopp/S. Puidokas/W. Tillmann/A. M. Osmanda/L. Wojarski veröffentlicht: 5/10
IGF-Nr. 14.938 N	Bolzenschweißen in Blechumformwerkzeugen D. Gruß/H. Kache/R. Nickel/B.-A. Behrens/A. Jenicek/H. Cramer veröffentlicht: 6/10
IGF-Nr. 15.297 N	Nahtschweißen von Blechen und Folien im I-Stoß mit gepulsten Nd:YAG-Lasern A. Springer/M. Schaper/P. Kallage/D. Herzog/H. Haferkamp/K. E. Goehrmann veröffentlicht: 6/10
IGF-Nr. 15.294 N	Induktionsschweißen von faserverstärkten Kunststoffen P. Mitschang/L. Moser veröffentlicht: 9/10

# 6 Veröffentlichungen

## „Schweissen & Schneiden“ 2010

- IGF-Nr. 15.564 N Ermittlung von Wasserstoffgehalten an Lichtbogenbolzenschweißungen mit Keramikringen und deren Einfluss auf die Schweißqualität  
A. Jenicek/H. Cramer  
veröffentlicht: 9/10
- IGF-Nr. 15.296 N Entwicklung eines kostengünstigen Schweißkopfführungssystems für das automatisierte MSG-Schweißen von Aluminiumlegierungen  
U. Reisinger/L. Stein/C. Geffers/K. Dilger/T. Nitschke-Pagel/H. Babory  
veröffentlicht: 10/10
- IGF-Nr. 15.595 N Eigenschaftsprofil schnell gehärteter Klebverbindungen unter zyklischer Belastung  
O. Hahn/C. Girolstein  
veröffentlicht: 10/10
- IGF-Nr. 15.444 N Niedrigschmelzende Aluminiumhartlote aus dem System Al-Si-Zn  
F.-W. Bach/K. Möhwald/U. Holländer/A. Langohr  
veröffentlicht: 11/10
- IGF-Nr. 15.373 B Wärmearmes Laserstrahllöten verzinkter Stähle mittels niedrigschmelzender Lotwerkstoffe  
J. Wilden/S. Jahn/V. Drescher/S. Reich/J. P. Bergmann  
veröffentlicht: 11/10
- IGF-Nr. 15.534 N Optimierung der Buckelgeometrie für das Widerstandsschweißen an neuentwickelten höher- bis höchstfesten Stahlwerkstoffen  
T. Bschorr/H. Cramer/F. Zech  
veröffentlicht: 11/10
- IGF-Nr. 15.233 B Entwicklung einer Technologie zum Fügen bei niedrigen Temperaturen durch Kombination von Größeneffekten und exothermen Reaktionen  
J. Wilden/S. Jahn/G. Fischer/D. Bartout/N. Milahin/T. Hannach/V. E. Drescher  
veröffentlicht: 12/10

## „Joining Plastics - Fügen von Kunststoffen“ 2010

- IGF-Nr. 14.930 N Untersuchung und Bewertung der Fehlergrößen im Haftzugversuch nach DIN EN 582  
Kirsten Bobzin, Thomas Schläfer, Lehrstuhl für Oberflächentechnik der RWTH Aachen, Aachen  
Claus Aumund-Kopp, Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen  
veröffentlicht in Heft 1/2010

## „Thermal Spray Bulletin“ 2010

- IGF-Nr. 15.293 N Untersuchungen zum Schmelzeanhaften beim Heizelementstumpfschweißen  
H. Potente, V. Schöppner, R. Hoffschlag,  
Institut für Kunststofftechnik (KTP) Universität Paderborn  
veröffentlicht in Heft 2/2010
- IGF-Nr. 15.376 N Bewertung und Erhöhung der Wirtschaftlichkeit beim Schweißen von PVC-Fensterprofilen  
Dr. Benjamin Baudrit, Dipl.-Ing. Stefan Kleinschnitz, Dipl.-Ing. Dietmar Kraft, Dr.-Ing. Martin Bastian, Dr.-Ing. Peter Heidemeyer,  
Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg  
veröffentlicht in Heft 2/2010
- IGF-Nr. 14.840 N Auslegung struktureller Klebverbindungen von faserverstärktem Kunststoff mit Metall für Windenergieanlagen  
Dr.-Ing. Yegor Rudnik, Dr.-Ing. Bernhard Schneider, Dr. rer. nat. Christof Nagel, Dr. rer. nat. Markus Brede,  
Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen  
veröffentlicht in Heft 2/2010

## „WELDING AND CUTTING“ 2010

- IGF-Nr. 15.115 B      Resistance spot welding of high-strength and ultrahigh-strength coated ferritic steels with high-alloyed austenitic CrNi steels  
M. Zinke / T. Schulz  
veröffentlicht: 1/2010
- IGF-Nr. 14.574 N      Friction stir welding of steel and steel material combinations with local inductive heating  
D. Paulinus / R. Boywitt / S. Risse  
veröffentlicht: 2/2010
- IGF-Nr. 14.962 N      Orbital friction welding of metallic materials and dissimilar material joints on non-rotationally symmetrical joining cross-sections  
L. Appel / M. Serve / H. Cramer  
veröffentlicht: 2/2010
- IGF-Nr. 14.938 N      Integration of stud welding in sheet metal working tools  
D. Gruß / H. Kache / R. Nickel / B. Behrend / A. Jenicek / H. Cramer  
veröffentlicht: 5/2010

## 6 Notizen

---



A large, empty rectangular box with a thin grey border, occupying most of the page below the header. It is intended for the user to take notes.

## Das Team der Forschungsvereinigung



**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck**

**Geschäftsführung**

Tel.: 0211 / 1591-173  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: jens.jerzembeck@dvs-hg.de

**Fachausschüsse 2, 13, 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, 5, 11**



**Marcus Kubanek**

Tel.: 0211 / 1591-120  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: marcus.kubanek@dvs-hg.de

**Fachausschüsse 1, 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**



**Dipl.-Ing. Holger Zuther**

Tel.: 0211 / 1591-115  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: holger.zuther@dvs-hg.de

**Fachausschuss V4**



**Dipl.-Ing. Andrea Pierschke**

Tel.: 0211 / 1591-113  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: andrea.pierschke@dvs-hg.de

**Administrative Bearbeitung von  
Forschungsvorhaben**



**Jutta Altenburger**

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

**Sekretariat**



**Christian Habel**

Tel.: 0211 / 1591-118  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: christian.habel@dvs-hg.de

**System-Administration**



**Diana Otten**

Tel.: 0211 / 1591-180  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: diana.otten@dvs-hg.de

**Projektassistenz**

## **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**

Christian Habel  
Jens Jerzembeck  
Marcus Kubanek  
Andrea Pierschke

## **Titelfoto**

Nachbildung eines menschlichen  
Femurknochens mittels Rapid Prototyping  
mit freundlicher Genehmigung  
Prof. Dr.-Ing. Gebhardt  
Centrum für Prototypenbau GmbH, Erkelenz

## **Gestaltung**

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

## **Druck**

das druckhaus beineke dickmanns gmbh  
Korschenbroich

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