

**Geschäftsbericht 2015**

## **Innovationen für die Wirtschaft Forschung in der Fügetechnik**

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



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

# Editorial

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

40 Jahre Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS!

2015 war ein besonderes Jahr für die Forschungsvereinigung des DVS. Am 30. September feierte sie ihr vierzigjähriges Bestehen im Rahmen einer Festveranstaltung im Maritim Hotel in Köln. Mitglieder und Freunde aus Unternehmen und Forschungsstellen waren gekommen, um diesen besonderen Anlass gebührend zu würdigen. Vier Jahrzehnte erfolgreiches Engagement in der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) wurden dabei noch einmal nostalgisch in Erinnerung gerufen. Aber auch zukünftige fügetechnische Herausforderungen wurden perspektivisch diskutiert. Querschnittsthemen wie „Fügetechnik für die Windenergie“ oder „Industrie 4.0“ stellen dabei besondere Anforderungen an die Forschungsvereinigung.

Begonnen wurde bereits mit der fachlich übergreifenden Koordination des Themas „Industrie 4.0“. Durch die Vernetzung von Forschungsthemen sollen analog zu den zukünftigen Fertigungsprozessen die bisherigen Projektthemen besser koordiniert werden. Dabei sind auch neue Kooperationen mit anderen Fachbereichen wie der Informatik vorgesehen. Über eine von der Forschungsvereinigung beauftragten Studie wird einleitend ein abgestimmtes Verständnis zum Thema: „Industrie 4.0 - Bedeutung für die Fügetechnik“ erarbeitet. Für den Bundesminister für Wirtschaft und Energie (BMWi), Sigmar Gabriel, sind diese Themenstellungen essenziell: „Digitalisierung ist der Motor für Innovation, der den Industriestandort Deutschland stärkt und zukunftsfähig macht.“

Zusätzlich wird in einer weiteren Studie „Fügetechnik für die Windenergie“ aktueller Forschungsbedarf zum nationalen und europäischen Leitthema „Energiewende“ erarbeitet. Damit unterstützt die Forschungsvereinigung auch die neue AiF-Forschungsallianz Energiewende im BMWi. Das BMWi wird in den nächsten drei Jahren insgesamt 18 Mio. Euro aus dem Budget der Energieforschung zusätzlich zur IGF-Förderung für Vorhaben zur Energiewende zur Verfügung stellen.

Im Jahr 2015 hat sich die Forschungsvereinigung wieder äußerst erfolgreich an der IGF beteiligt. 9,2 Mio. Euro Fördermittel wurden für die fügetechnische Anwendungsforschung eingeworben. Mit diesen Mitteln wurden 111 Projekte erfolgreich bearbeitet. Davon wurden 27 Projekte neu begonnen, 44 weitergeführt und 40 erfolgreich abgeschlossen. Dieses ausgezeichnete Ergebnis wurde trotz der wirtschaftlich schwierigen Rahmenbedingungen im produzierenden Gewerbe im zweiten Halbjahr 2015 erzielt.

Bereits im Jahr 2014 wurden im Vorstand und im Forschungsrat konzeptionelle Überlegungen dazu begonnen, wie sich die Forschungsvereinigung zukünftig fachlich inhaltlich und organisatorisch aufstellen sollte. Dabei wurden unter anderem auch die Einwerbung von Fördermitteln, verschiedene Finanzierungsmodelle und eine Steigerung der Exklusivität für die Mitglieder diskutiert. Die Überlegungen wurden in 2015 fortgeführt mit dem Ziel, diese in 2016 mit einem guten Ergebnis abzuschließen. Dabei wird ein enger Schulterschluss der Forschungsvereinigung mit dem DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. angestrebt.

Dass die Attraktivität des Leistungsangebots der Forschungsvereinigung weiterhin ungebrochen ist, zeigt sich an den auch im Jahr 2015 weiter angestiegenen Mitgliedszahlen. Unter anderem wurden fünf weitere forschende Mitglieder begrüßt. Fast vierzig Unternehmen haben sich ebenfalls dazu entschieden, eine Mitgliedschaft in der Forschungsvereinigung zu erreichen. Die Forschungsvereinigung wird diese positive Entwicklung als Anstoß und als Impuls aufgreifen, in Zukunft noch stärker die Forschungsbelange ihrer Mitglieder zu vertreten und direkt umsetzbare Ergebnisse für die kleinen und mittelständischen Unternehmen zu erzielen und umgehend zur industriellen Nutzung zur Verfügung zu stellen.

Mit unseren Förderern, Unterstützern, ehrenamtlichen Helfern und Partnern wollen wir uns auch weiterhin gemeinsam mit aller Kraft der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung widmen.

Für die Unterstützung und Förderung der im Jahr 2015 erfolgreich geleisteten Arbeit in der IGF danken wir dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und der AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.

**Dr.-Ing. Godehard Schmitz**

Vorsitzender

Renningen/Düsseldorf im April 2016

# Inhaltsverzeichnis

1	Aufgaben und Strukturen .....	5
2	Fügetechnische Gemeinschaftsforschung 2015.....	13
3	Forschungsschwerpunkte und Forschungsfelder 2015 .....	18
4	Forschungskooperationen .....	26
5	Die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung .....	35
6	Mitglieder der Forschungsvereinigung – die Forschungsinstitute .....	96
	Das Team der Forschungsvereinigung.....	98
	Impressum .....	103

# Aufgaben und Strukturen

## Fügetechnische Gemeinschaftsforschung im DVS – eine erfolgreiche Partnerschaft zwischen Industrie, Forschung und Staat

Die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS ist eine moderne, professionell und serviceorientiert ausgerichtete Institution für die Fügetechnik. Als forschungsfördernde Einrichtung in Gestalt eines gemeinnützig eingetragenen Vereins bietet sie der Fachwelt über ihre Fachausschüsse werkstoff-, verfahrens- und branchenspezifische Forschungsschwerpunkte rund um das Fügen, Trennen und Beschichten. Die Themenbereiche der Fachausschüsse decken die gesamte Wertschöpfungs- und Prozesskette der Fügetechnik ab.

Im Netzwerk der Forschungsvereinigung engagieren sich erfolgreich mehr als 500 Experten aus Industrie und Wissenschaft. Jährlich werden über 100 laufende Forschungsprojekte unterstützt und begleitet. Über die inhaltliche Themenvielfalt ist die Forschungsvereinigung interdisziplinär ausgerichtet und aufgeschlossen für unterschiedliche branchenübergreifende Forschungsk Kooperationen.

### Darüber hinaus kooperiert sie zu branchenübergreifenden Fragestellungen mit verschiedenen technisch-wissenschaftlichen Vereinigungen und Industrieverbänden (u.a.):

- AWT – Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V., Bremen
- CMT – Center of Maritime Technologies e. V., Hamburg
- DAST – Deutscher Ausschuss für Stahlbau e. V., Düsseldorf
- DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V., Frankfurt a. M.
- EFDS – Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V., Dresden
- EFB – Europäische Gesellschaft für Blechverarbeitung e. V., Hannover
- Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum FSKZ e. V., Würzburg
- GFal – Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V., Berlin
- GfKORR Gesellschaft für Korrosionsschutz e. V., Frankfurt a. M.
- FAT – Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V., Berlin
- Forschungskuratorium Maschinenbau e. V., Frankfurt a. M.
- FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf
- IVTH – Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V., Braunschweig
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf

## Fügetechnische Gemeinschaftsforschung – Kooperation zwischen Industrie und Wissenschaft



Zentrales Tätigkeitsfeld der Forschungsvereinigung des DVS ist die industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) auf den Gebieten des Fügens, Trennens und Beschichtens.

Mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) als starken Partnern wird speziell kleinen und mittelständischen Unternehmen über die IGF ein unmittelbarer Zugang zu anwendungsbezogener Forschung ermöglicht (Bild 1). Dies sind Unternehmen, die einen Jahresumsatz von unter 50 Millionen Euro aufweisen und weniger als 500 Mitarbeiter beschäftigen.

Die Projekte der IGF werden von den Forschungsstellen im Auftrag der Forschungsvereinigung des DVS durchgeführt. Diese kooperiert mit geeigneten und fachlich ausgewiesenen Forschungseinrichtungen öffentlicher oder privater Rechtsträger zur Bearbeitung der wissenschaftlichen Fragestellungen auf dem Gebiet der Füge-, Trenn- und Beschichtungstechnik. Sie wird dabei durch eine Vielzahl von Unternehmern und Spezialisten entlang der Wertschöpfungskette begleitet und unterstützt. Aus der Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Experten aus den Unternehmen und den Wissenschaftlern der Forschungsinstitute entstehen wertvolle Wissensnetzwerke. Neue Projektideen werden so intensiv diskutiert und gemeinsam auf den Weg gebracht (Bild 2).



Bild 1: Partner und Umsetzung der IGF



Bild 2: Fügetechnische Gemeinschaftsforschung

## Die Forschungsvereinigung als zuverlässiger Dienstleister und Partner für moderne Unternehmen – praxisnah, zukunftsweisend und erfolgreich

Die unschätzbaren Vorteile für die Unternehmen in diesem Prozess sind unter anderem auch der direkte Dialog mit der Wissenschaft. Dabei werden Forschungsprojekte nicht nur initiiert und mitgestaltet, sondern auch direkt und kontinuierlich begleitet. Die Unternehmen profitieren aus erster Hand und exklusiv von aktuellen Forschungsergebnissen, die umgehend in die Entwicklungs-, Planungs- und Fertigungsprozesse der Unternehmen einfließen können.

Neben der Industriellen Gemeinschaftsforschung bietet die Forschungsvereinigung ihren Mitgliedern vielfältige exklusive Leistungen an, beispielsweise:

- Ausführliche Informationen und Publikationen zu aktuellen Forschungsergebnissen
- Ausführliche Unterstützung bei der Erstellung von IGF-Projektanträgen
- Individuelle Beratung
- Zugang zum umfangreichen DVS-Netzwerk
- Branchenbezogene Recherchen rund um Forschung und Entwicklung
- Wissenschaftliche Kolloquien und Seminare

### Aufgaben und Funktion der Fachausschüsse

Mit ihren Fachausschüssen stellt die Forschungsvereinigung die zentralen Forschungsplattformen für die fügetechnische Gemeinschaftsforschung in Deutschland zur Verfügung. Alle Abläufe der IGF, angefangen von der Ideenfindung bis zum Ergebnistransfer werden unter zentraler Einbindung von Industrie und Forschung professionell durch die Fachausschüsse organisiert und begleitet (**Bild 3**). Die Fachausschüsse bilden die entscheidenden Schaltstellen, in denen Forschungsideen in Form von Projektskizzen von Forschungsstellen eingebracht, von den Vertretern der Industrie konkretisiert und für die weitere Begutachtung durch die AiF bewertet werden.

Die Fachausschüsse sind offene Diskussionsforen für neue, laufende und abgeschlossene Forschungsprojekte. Diese umfassen neben weiter aufstrebenden Themen wie den additiven Fertigungsverfahren und der Klebtechnik auch „klassische“ Fügetechnologien wie das Lichtbogen-, Strahl- und Widerstandsschweißen oder das Lötten. Mit gleicher Aufmerksamkeit werden auch Inhalte zur Arbeitssicherheit und zum Umweltschutz, zur Schweißmetallurgie und zum Werkstoffverhalten, aber auch

Themenfelder wie Konstruktion, Festigkeit, Berechnung und Simulation betrachtet. Mit den neuen Leitthemen „Fügetechnik für die Windenergie“ und „Industrie 4.0“ nimmt die Forschungsvereinigung aktuellen Forschungsbedarf aus der Industrie auf.

- Benennen von Forschungsbedarf in Form einer Fragestellung von kleinen und mittelständischen Unternehmen
- Formulieren einer Projektskizze durch Forschungsstellen
- Vorbewertung der Projektskizze im Online-Verfahren
- Vorstellung, Diskussion und Entscheidung über die Projektskizze in der Sitzung des Fachausschusses
- Einreichung des ausgearbeiteten Forschungsantrags bei der AiF
- Begutachtung durch eine Gutachtergruppe der AiF; im Falle der Befürwortung Vorlage des Antrages beim BMWi zur Anfinanzierung
- Im Falle der Bewilligung Start des Projektes im Rahmen einer festgelegten Laufzeit
- Permanente Berichterstattung über aktuelle Projektergebnisse in den Fachausschüssen der Forschungsvereinigung und den Gremien des DVS
- Nach Abschluss des Projektes Veröffentlichung der Ergebnisse in den Publikationsorganen des DVS und in der Wirtschaft
- Transfer, Umsetzung und Nutzung der Projektergebnisse in den Unternehmen
- Entwicklung von Regelwerken (DVS-Merkblätter und -Richtlinien und Normen) aus den Forschungsergebnissen

Bild 3: Umsetzung von Forschungsbedarf

### Unternehmen und Forschungsinstitute als enge Projektpartner

Die Durchführung der Forschungsprojekte geschieht mit direkter Beteiligung der Unternehmen. Eine gemeinsame Arbeitsplattform bilden die projektbegleitenden Ausschüsse (PAs). Hier findet die Interaktion zwischen Unternehmen und Instituten in den Projekten statt. Die beteiligten Unternehmen können direkten Einfluss auf Projekte nehmen, diese gegebenenfalls während der Durchführung inhaltlich anpassen, Forschungsergebnisse aus erster Hand erhalten und diese bereits während der Laufzeit des Vorhabens nutzen.

## Beteiligung der Unternehmen an allen Projektschritten – Weichenstellung für einen erfolgreichen Ergebnistransfer

Die projektbegleitenden Ausschüsse sind ein wesentliches Instrument zur Sicherstellung des Praxisbezugs und der KMU-Relevanz in der IGF. Eine möglichst frühzeitige Beteiligung von Industrievertretern an allen Projektschritten ebnet den Weg für den schnellen Wissenstransfer in die Unternehmen, im Idealfall für einen konformen Verlauf von Forschungsarbeit und Ergebnisnutzung. Frühzeitig einbinden bedeutet, potenzielle Mitglieder für den PA bereits in die Projektgenese einzubinden. Die Zusammensetzung des PA hat daher einen wichtigen Einfluss auf den Ergebnistransfer im Projektverlauf und nach Projektabschluss. Es kommt deshalb darauf an, möglichst die gesamte Wertschöpfungskette, die mit den Ergebnissen des jeweiligen Forschungsvorhabens verbunden ist, im PA abzubilden. Während der PA-Sitzungen werden nicht „nur“ die Ergebnisse diskutiert, sondern auch alle relevanten Fragen, die mit der weiteren Verfahrensentwicklung zusammenhängen.

## Forschungsergebnisse allgemein und individuell nutzen

Die Forschungsergebnisse werden anschließend über verschiedene Mechanismen in die Unternehmen transferiert und dort umgesetzt. Sie dienen aber auch gleichzeitig dazu, den Stand der Technik fortzuschreiben. Daraus resultieren unter anderem die Entwicklung von Qualifizierungsmaßnahmen im Rahmen der Aus- und Weiterbildung des DVS sowie die Erarbeitung von fúgetechnischen DVS-Regelwerken und Normen.

## Mitglieder in der Forschungsvereinigung

Insgesamt haben im Berichtszeitraum 582 Mitglieder in der Forschungsvereinigung mitgewirkt (**Bild 4**), darunter 374 Industrieunternehmen, 133 Körperschaften sowie 75 Forschungsinstitute. Zu den Forschungsinstituten gehören 8 Forschungsinstitute des DVS, 42 Hochschulinstitute, 11 Fraunhofer-Institute sowie 14 sonstige Forschungsinstitute.

Die Mitgliedschaft in der Forschungsvereinigung steht allen Unternehmen und Forschungsstellen aus der Fúge-, Trenn- und Beschichtungstechnik offen. Grundsätzlich können sich interessierte Unternehmen und jede Forschungsstelle über die Forschungsvereinigung des DVS an der IGF beteiligen.

Mitglieder der Forschungsvereinigung	
374	Industrieunternehmen
133	Körperschaften
8	DVS-Forschungsinstitute (5 GSI-Mitglieder / 2 SLVs / 1 ifw)
42	Hochschulinstitute
11	Fraunhofer-Institute
14	Sonstige Forschungsinstitute
<b>582</b>	<b>Mitglieder</b>

Bild 4: Mitglieder der Forschungsvereinigung



## Forschung begeistert – Motivation für eine Mitgliedschaft Meinungen aus der Industrie

### **Ralf Bothfeld, Geschäftsführer der Harms & Wende GmbH & Co. KG, Widerstandsschweißen, Hamburg:**

„Unser Unternehmen Harms & Wende wird in diesem Jahr 70 Jahre. Davon sind wir 52 Jahre im DVS aktiv. Und dies hat nichts mit alten Gepflogenheiten zu tun, sondern mit echter Nutzung des DVS und der Forschungsvereinigung und aktiver Mitarbeit. Als sehr prozess- und technologieorientiertes mittelständisches Unternehmen mit dem Fokus auf innovativen Lösungen ist die industrielle Gemeinschaftsforschung sehr wichtig für uns. Durch unsere intensive Mitarbeit in Fachausschüssen und den projektbegleitenden Ausschüssen erhalten wir nicht nur Informationen und neueste Forschungsergebnisse aus erster Hand, sondern können auch aktiv auf die Zielrichtungen und die Ergebnisse einwirken und den Nährboden für unsere Innovationen bilden. Gerade für die vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen in der Schweißtechnik ergeben sich somit Zugänge zur Forschung, zu anderen Marktbegleitern und Instituten, die sonst nicht möglich oder finanzierbar wären. Somit wird echtes Netzwerken mit konkreter Forschung verbunden.“

### **Dipl.-Ing. Ingo Reinkensmeier, Senior Key Expert Joining & Repair, Siemens AG im Gasturbinenwerk Berlin:**

„Für unser Unternehmen steht vor allem der Austausch innerhalb des DVS-Netzwerkes, bestehend aus Instituten, Dienstleistern und Anwendern, im Vordergrund. Die Mitgliedschaft in der Forschungsvereinigung garantiert uns aber nicht nur, bestehende Kontakte zu pflegen, sondern auch neue Bindungen zu knüpfen, nicht zuletzt mit jungen Nachwuchsforschern, die mit ihren frischen, innovativen Ideen für die Zukunft der Industrie stehen. Die aktive Teilnahme im Fachausschuss 7 „Löten“ ermöglicht uns den Einblick in abgeschlossene Forschungsvorhaben, aber eben auch die Neuintiierung von Forschungsvorhaben und deren intensive Betreuung im projektbegleitenden Ausschuss. Natürlich sollte nicht unerwähnt bleiben, dass wir den Fachausschuss auch als Triebfeder für unsere eigenen Entwicklungen und Produkte sehen.“

### **Dr.-Ing. Marcus Weber, Projektmanager, Biolink GmbH, Waakirchen:**

„Die aktive Mitarbeit in der Industriellen Gemeinschaftsforschung ist für Biolink von hoher Bedeutung. Vor allem durch die „Arbeitsgruppe V8.2 „Haftklebebänder“ des DVS und im „Gemeinschaftsausschuss Klebtechnik“ (GAK) können wir

an der Normierung von Klebprozessen mitwirken, sowie auf die Projektfindung und Abstimmung über förderungswürdige Projekte Einfluss nehmen. Innerhalb der GAK-Sitzungen und Tagungen kann durch die Konzentration der Forschungsstellen und beteiligten Unternehmen zudem ein besonders effizientes Networking erfolgen. Hieraus hatten sich schon eine Vielzahl bilateraler Projekte zwischen Forschungseinrichtungen und unserer Firma entwickelt.

Die Mitarbeit innerhalb der projektbegleitenden Ausschüsse in den für uns besonders relevanten Projekten, mit dem Fokus auf Klebebändern, ist daher ein logisches Muss für uns. Davon abgesehen weist die Mehrzahl der bearbeiteten Themen eine hohe Allgemeingültigkeit und breite thematische Aufstellung auf. Die gewonnen Erkenntnisse lassen sich daher oft auch auf den Bereich der Haftklebstoffe und Klebebänder übertragen und erweitern unseren Horizont. Positiv zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang vor allem die „Roadmap Klebtechnik“.

Durch die Förderung der Hochschulen können Industrieunternehmen diskriminierungsfrei an solchen Projekten teilnehmen. Wir gewinnen durch die Bemusterung bzw. Beratung und das anschließende Feedback der Forschungsstellen außerdem eine Vielzahl zusätzlicher Erkenntnisse über unsere Produkte, ohne über die teilweise notwendige, aufwändige Prüftechnik und entsprechend geschultes Personal verfügen zu müssen.“

### **Dipl.-Ing. / SFI Heinrich Picker, Leiter Industrial Engineering, BPW Bergische Achsen KG, Wiehl:**

„Als führender Hersteller von Achsen und Fahrwerksystemen müssen wir auch die eingesetzte Produktionstechnik immer auf dem aktuellen Stand halten. Die Firma BPW engagiert sich als Industriemitglied im DVS. Ich führe als Obmann eine Arbeitsgruppe im Bereich der Verfahren. Als Vorteil ergibt sich ein weitverzweigtes Netzwerk mit Ansprechpartnern für nahezu jedes auftretende Problem in der Schweißtechnik. Im Fachausschuss sitzt man am Puls der Zeit und kann die aktuellen Entwicklungen mit verfolgen sowie auch unterstützen und Einfluss nehmen. Wenn man sich an der Forschung, respektive in Verbänden nicht aktiv beteiligt, muss man hinnehmen, was andere vorgeben. Das beabsichtigt die Firma BPW nicht und unterstützt ihre Mitarbeiter mit dem notwendigen Freiraum, um diese Aufgaben zu erledigen.“



## Weitere Forschungsförderinstrumente der fÜgetechnischen Gemeinschaftsforschung

Neben dem IGF-Normalverfahren werden von der Forschungsvereinigung weitere Fördervarianten für die fÜgetechnische Gemeinschaftsforschung genutzt.

## CORNET („COLlective Research NETworking“)

Die Forschungsvereinigung engagiert sich bei der Teilnahme am Förderprogramm CORNET, einer Vernetzung von nationalen und regionalen Programmen der internationalen Gemeinschaftsforschung. Bisher wurden von der Forschungsvereinigung siebzehn CORNET-Projekte erfolgreich durchgeführt; Tendenz steigend.

Nähere Informationen unter: [www.aif.de](http://www.aif.de)

## Kooperationen mit anderen Forschungsvereinigungen und Verbänden

Mit der Bildung von Gemeinschaftsausschüssen auf den Fachgebieten „Klebtechnik“ und „Anwendungsnahe Schweißsimulation“ wurden auf verschiedenen Forschungsfeldern weitreichende, branchenübergreifende, interdisziplinäre Kooperationen mit anderen AiF-Forschungsvereinigungen geschaffen.

Darüber hinaus kooperiert die Forschungsvereinigung projektbezogen bei Bedarf auch branchenübergreifend mit weiteren Forschungsvereinigungen.

## Strategien der Forschungsvereinigung 2015

Die Forschungsvereinigung hat im Jahr 2015 die in 2013 begonnenen Strategemaßnahmen weiter erfolgreich umgesetzt. Ein wesentliches Ziel ist, die Mitgliederstruktur kontinuierlich zu festigen und die Attraktivität der Forschungsvereinigung weiter auszubauen. Im Jahr 2015 konnten auf diesem Wege fast vierzig neue Firmenmitglieder sowie fünf weitere forschende Mitglieder in der Forschungsvereinigung begrüßt werden.

Das Informationsangebot für Mitglieder befindet sich in stetiger Erweiterung. Eine Quelle hierfür, neben dem direkten Kontakt mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Forschungsvereinigung, ist die Homepage der Forschungsvereinigung (**Bild 5**).

**Die Mitglieder der Forschungsvereinigung haben die Möglichkeit, alle wichtigen Dokumente sowie Projekt- und Fachausschussinformationen herunterzuladen:**  
[www.dvs-forschung.de](http://www.dvs-forschung.de)

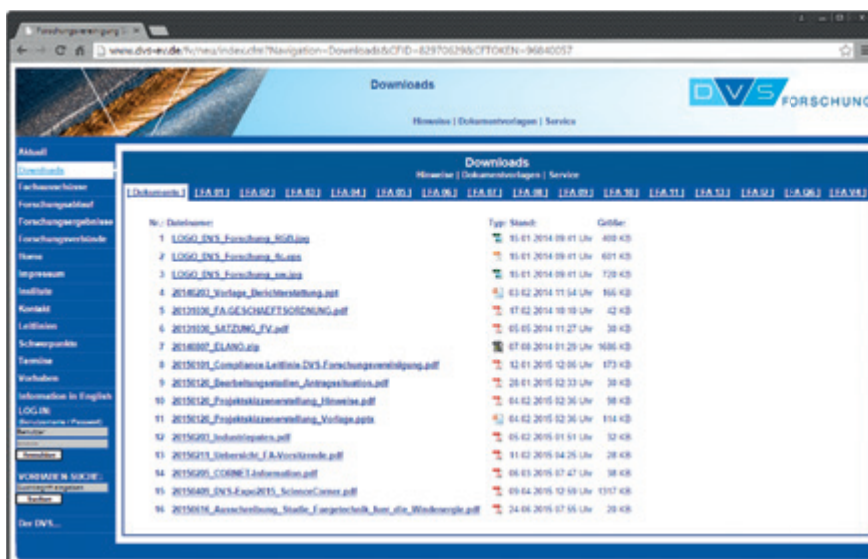


Bild 5:  
Downloadangebot der  
Forschungsvereinigung

## Der Vorstand

Die Forschungsvereinigung wird von einem 4-köpfigen Vorstand geleitet (**Bild 6**).

## Wahlen zum Vorstand

Am 1. Oktober 2015 wurden durch den Forschungsrat als Mitglieder des Vorstandes für eine weitere Amtszeit vom 1. Januar 2016 bis zum 31. Dezember 2019 wiedergewählt:

- **Dr.-Ing. Godehard Schmitz, Vorsitzender**
- **Dr.-Ing. Wolfgang Scheller, Stellvertretender Vorsitzender**

## Zusammensetzung des Vorstandes

	<p><b>Dr.-Ing. Godehard Schmitz (Vorsitzender)</b> Robert Bosch GmbH, Stuttgart Vorsitzender des Fachausschusses 10 „Mikroverbindungstechnik“</p>
	<p><b>Dr.-Ing. Wolfgang Scheller (Stellvertretender Vorsitzender)</b> Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg Vorsitzender des Fachausschusses 3 „Lichtbogenschweißen“</p>
	<p><b>Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner (Stellvertretender Vorsitzender)</b> Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWF), Lehrstuhl Fügetechnik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg</p>
	<p><b>Dr.-Ing. Roland Boecking (Mitglied des Vorstandes)</b> Hauptgeschäftsführer des DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V., Düsseldorf</p>

Bild 6: Die Mitglieder des Vorstandes

## Der Forschungsrat

Der Forschungsrat übt eine Lenkungs- und Koordinierungsfunktion aus und nimmt Stellung zu allen forschungsrelevanten und förderpolitischen Fragen der Forschungsvereinigung. Zur Durchführung der fachlichen Arbeit beruft der Forschungsrat Fachausschüsse, deren Tätigkeit er überwacht. Er trägt die Verantwortung für die fachliche Ausrichtung der Fachausschüsse sowie die Festlegung von Forschungsthemen und die erforderliche Prioritätensetzung im Hinblick auf geplante Forschungsvorhaben.

**Bild 7** zeigt die Mitglieder des Forschungsrates.

## Wahlen zum Forschungsrat

Als Mitglieder des Forschungsrates wurden am 1. Oktober 2015 für eine Amtszeit vom 1. Januar 2016 bis zum 31. Dezember 2019 gewählt:

Im Forschungsrat bestätigt:

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

Neu in den Forschungsrat gewählt wurden:

- **Dr. rer. nat. Lutz Nickenig**  
Messer Cutting Systems GmbH, Groß-Umstadt
- **Prof. Dr.-Ing. habil. Jean-Pierre Bergmann**  
FG Fertigungstechnik, Technische Universität Ilmenau

Dr. Meyer, Rifftec GmbH, Geesthacht wurde 2014 als gewähltes Mitglied in den Forschungsrat aufgenommen. Durch Wahl zum Vorsitzenden des FA 5 wurde Dr. Meyer ex officio Mitglied des Forschungsrates.

## Mitglieder des Forschungsrates (Stand: Februar 2016)

### Vorsitzender der Forschungsvereinigung

#### Dr.-Ing. G. Schmitz

Robert Bosch GmbH, Renningen  
Vorsitzender des FA 10 „Mikroverbindungstechnik“  
(Amtszeit bis 31.12.2019)

### Stellvertretende Vorsitzende der Forschungsvereinigung

#### Dr.-Ing. W. Scheller

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH,  
Duisburg  
Vorsitzender des FA 3  
„Lichtbogenschweißen“  
(Amtszeit bis 31.12.2019)

#### Prof. Dr.-Ing. S. Jüttner

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik  
Lehrstuhl Fügetechnik  
(Amtszeit bis 31.12.2017)

### 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. habil. J.-P. Bergmann

FG Fertigungstechnik,  
Technische Universität Ilmenau  
(Amtszeit bis 31.12.2019)

#### Dipl.-Ing. H. Beschow

Eisenbahn Bundesamt, Bonn  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Prof. Dr.-Ing. K. Bobzin

IOT, RWTH Aachen  
(Amtszeit bis 31.12.2019)

#### Dr.-Ing. M. Boretius

Listemann AG, Eschen  
(Amtszeit bis 31.12.2017)

#### Prof. Dr.-Ing. K. Dilger

ifs, Technische Universität Braunschweig  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Prof. Dr.-Ing. habil. U. Füssel

IF, Technische Universität Dresden  
(Amtszeit bis 31.12.2018)

#### Dr.-Ing. J. Härtl

KUKA Systems GmbH, Augsburg  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Dr.-Ing. T. Harrer

Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH & Co. KG,  
Ditzingen  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Dr.-Ing. S. Hartmann

obz innovations GmbH, Bad Krozingen  
(Amtszeit bis 31.12.2017)

#### Prof. Dr.-Ing. S. Keitel

Schweißtechnische Lehr- und  
Versuchsanstalt SLV Halle GmbH  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Dr.-Ing. M. Koschlig

Villingen-Schwenningen  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Prof. Dr.-Ing. habil. T. Lampke

IWW, Technische Universität Chemnitz  
(Amtszeit bis 31.12.2017)

#### Prof. Dr.-Ing. habil. K.-J. Matthes

Meerane  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Prof. Dr.-Ing. habil. P. Mayr

IFMT, Technische Universität Chemnitz  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Prof. Dr.-Ing. G. Meschut

LWF, Universität Paderborn  
(Amtszeit bis 31.12.2017)

#### Dr.-Ing. K. Middeldorf

GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik  
International mbH, Duisburg  
(Amtszeit bis 31.12.2017)

#### E. Miklos

Linde AG Geschäftsbereich Linde Gas AG,  
Unterschleißheim  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Dipl.-Ing. S. Müller

AUDI AG, Neckarsulm  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Dr. rer. nat. Lutz Nickenig

Messer Cutting Systems GmbH,  
Groß-Umstadt  
(Amtszeit bis 31.12.2019)

#### Univ. Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen

ISF, RWTH Aachen  
(Amtszeit bis 31.12.2018)

#### Prof. Dr.-Ing. M. Rethmeier

Fachbereich 9.3, Bundesanstalt für  
Materialforschung und -prüfung, Berlin  
(Amtszeit bis 31.12.2018)

#### Dr.-Ing. S. Sändig

OptoNet e. V., Jena  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Dr.-Ing. S. Trube

Schunk Sonosystems GmbH, Wetztenberg  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

#### Prof. Dr.-Ing. V. Wesling

ISAF, Technische Universität Clausthal  
(Amtszeit bis 31.12.2018)

#### Dr.-Ing. H.-J. Wieland

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf  
(Amtszeit bis 31.12.2016)

### Vorsitzende der Fachausschüsse – Ex Officio Mitglieder

#### Dr.-Ing. M. Schmitz-Niederau

voestalpine Böhler Welding Germany GmbH,  
Hamm  
Vorsitzender des FA 1 „Schweißmetallurgie und  
Werkstoffverhalten“

#### Dr.-Ing. G. Bloeschies

Nova Werke AG, Effretikon (CH)  
Vorsitzender des FA 2  
„Thermisches Beschichten und Autogentechnik“

#### Dr.-Ing. K. Pöll

Matuschek Messtechnik GmbH, Alsdorf  
Vorsitzender des FA 4  
„Widerstandsschweißen“

#### Dr.-Ing. A. Meyer

RIFTEC GmbH, Geesthacht  
Vorsitzender des FA 5 „Sonderschweißverfahren“

#### Dr.-Ing. R. Holtz

Class 4 Laser Professionals AG, Burgdorf/CH  
Vorsitzender des FA 6 „Strahlverfahren“

#### Dipl.-Ing. I. Reinkensmeier

Siemens AG Energy, Berlin  
Vorsitzender des FA 7 „Löten“

#### Dr.-Ing. M. Kaßner

Falkensee  
Vorsitzender des FA 9  
„Konstruktion und Berechnung“

#### Dr.-Ing. J. Natrop

KLN Ultraschall AG, Heppenheim  
Vorsitzender des FA 11  
„Kunststofffügen“

#### Prof. Dr.-Ing. A. Gebhardt

Centrum für Prototypenbau GmbH, Erkelenz  
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. M. Brand

Ingenieurbüro für angewandte  
Wissenschaften ifawiss, Ilsede  
Vorsitzender des FA I2  
„Anwendungsnahe Schweißsimulation“

#### Dipl.-Ing. R. Kolbusch

KWE Ingenieur-Büro, Oldenburg  
Vorsitzender des FA V4  
„Unterwassertechnik“

### Gäste

#### Dr.-Ing. B. Hildebrandt

Messer Group GmbH, Krefeld  
(Rechnungsprüfer bis 31.12.2016)

#### Dipl.-Wirt.-Ing. U. Schlattmann

Münster  
(Rechnungsprüfer bis 30.04.2017)

### Mitglieder laut Satzung – Ex Officio Mitglieder

#### Prof. Dr.-Ing. H. Flegel

Aidlingen  
Präsident des DVS

#### Prof. Dr.-Ing. B. Leuschen

Fachhochschule Düsseldorf  
Vorsitzender des  
Ausschusses für Technik

#### Dr.-Ing. R. Boecking

Hauptgeschäftsführer des DVS, Düsseldorf

#### Dipl.-Ing. J. Jerzembeck

Geschäftsführer der  
Forschungsvereinigung des DVS, Düsseldorf

## Folgende Institute wurden als forschende Mitglieder aufgenommen

### **Hildebrand-Institut für Werkstoff-, Prozess- und Struktursimulation gGmbH – IWPS, Weimar**

Prof. Dr.-Ing. Jörg Hildebrand

(Mitarbeit in den Fachausschüssen 8, 9 und 12)

### **Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald**

Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann

(Mitarbeit im Fachausschuss 3)

### **Universität Duisburg Essen**

#### **Institut für Produkt Engineering, Fertigungstechnik, Duisburg**

Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Witt

(Mitarbeit im Fachausschuss 13)

### **Forschungszentrum Jülich GmbH**

#### **Institut für Energie- und Klimaforschung IEK-1: Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren, Jülich**

Prof. Dr.-Ing. habil. Olivier Guillon

(Mitarbeit im Fachausschuss 2)

### **Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz**

Prof. Dr.-Ing. Dirk Landgrebe

(Mitarbeit in den Fachausschüssen 5 und 13)

## Forschungsvorhaben und Fördermittel

Im Jahr 2015 erhielt die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. für die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) insgesamt 140,5 Mio. Euro (2013: 138,4 Mio. Euro; 2014: 140,2 Mio. Euro) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Dieser Betrag stand der AiF für ihr Innovationsnetzwerk für 1.451 laufende Vorhaben zur Verfügung. 417 Neubewilligungen wurden anfinanziert, davon 3 Clusterprojekte, 10 CORNET-Forschungsprojekte und 7 Leittechnologien (Bild 8). Beteiligt waren insgesamt 670 Forschungsstellen. Je Vorhaben waren jeweils durchschnittlich 11 Unternehmen in den projektbegleitenden Ausschüssen beteiligt.

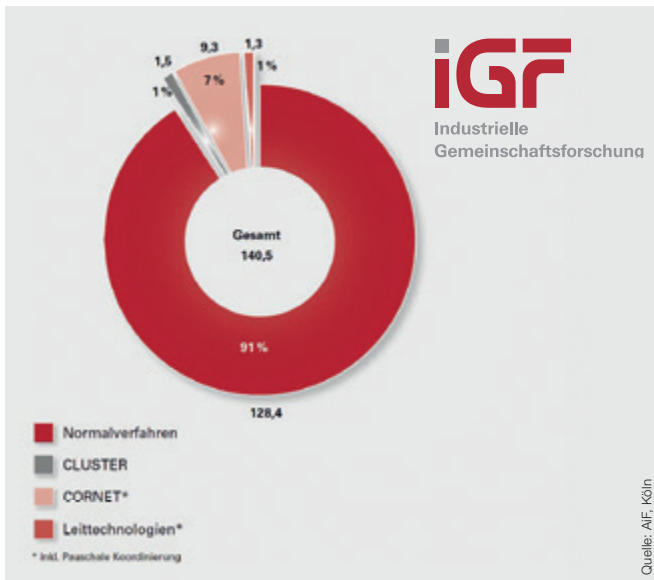


Bild 8: Verteilung der IGF-Fördermittel in 2015 auf Normalverfahren und Fördervarianten in Mio. Euro

Aus diesem IGF-Haushalt wurden von der Forschungsvereinigung des DVS im Jahr 2015 insgesamt 9,2 Mio. Euro für die fügetechnische Gemeinschaftsforschung eingeworben. Damit erreichte die Forschungsvereinigung fast wieder das Ergebnis des Vorjahres, obwohl 2015 gegenüber 2014 nahezu kein Fördermittelaufwuchs durch das BMWi und die AiF zu verzeichnen war.

Diese 9,2 Mio. Euro flossen in 111 Projekte der Forschungsvereinigung ein. Davon wurden 27 Projekte neu begonnen, 44 weitergeführt und 40 erfolgreich abgeschlossen. Einen Überblick über die Entwicklung der Zahlen und die Höhe der Fördermittel der letzten zehn Jahre geben die Bilder 9, 10 und 11.

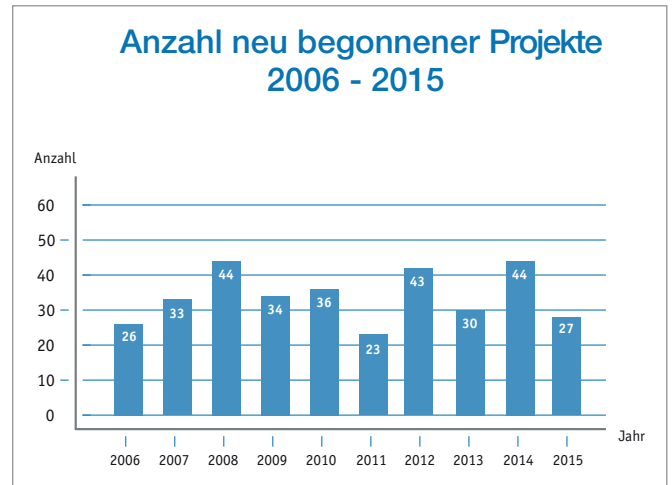


Bild 9

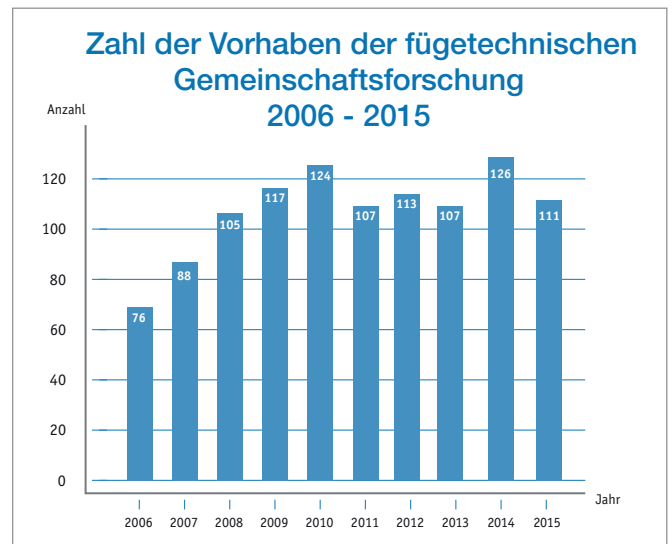


Bild 10

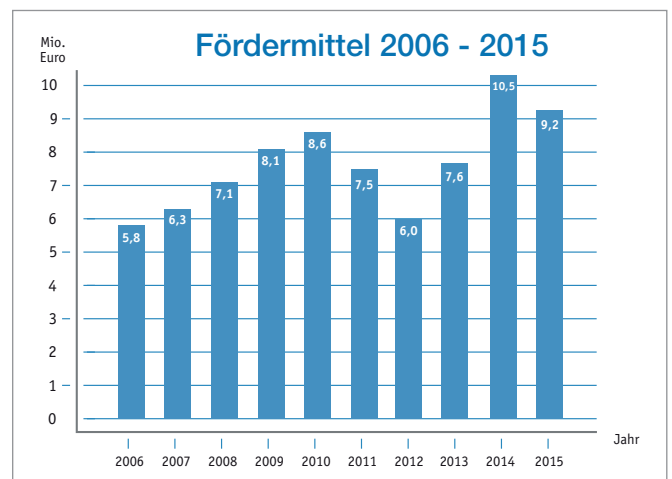


Bild 11

## Beteiligung der Institute an Vorhaben und Anträgen 2015 (forschende Mitglieder in der Forschungsvereinigung)

Hochschulinstiute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
01.	Beck					
02.	Bergmann	1	4	1	8	14
03.	Bleck					
04.	Bobzin		3	1	2	6
05.	Bock				1	1
06.	Böhm	3		4	7	14
07.	Dilger	2	4	2	6	14
08.	Drummer			1		1
09.	Emmelmann				2	2
10.	Esderts				1	1
11.	Franke			1	1	2
12.	Füssel	1	2	2	2	7
13.	Gehde			2	2	4
14.	Geßner			1	3	4
15.	Graf				2	2
16.	Heim					
17.	Hopmann					
18.	Jüttner	2	1	1	4	8
19.	Klassen		2			2
20.	Lampke		2		1	3
21.	Lindemann			1		1
22.	Maier	2	2	2	2	8
23.	Mayr		1	1	2	4
24.	Meschut		4	2	1	7
25.	Michailov			2		2
26.	Moritzer				2	2
27.	Müller, W. H.		1			1
28.	Pasternak			1	2	3
29.	Ploshikhin		1		2	3
30.	Reisgen	3	7	2	8	20
31.	Rudolf		1		2	3
32.	Schein	1	2		1	4
33.	Schöppner	1			2	3
34.	Stark	1	1		1	3
35.	Tillmann	3	1		1	5
36.	Wagner	1	2	1	2	6
37.	Weihe					
38.	Wesling					
39.	Wilde			1	1	2
40.	Wilden		1			1
41.	Witt		1		1	2
42.	Zäh		1	4	3	8

DVS-Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
43.	Cramer			2		2
44.	Hoffmann					
45.	Jahn		1		3	4
46.	Keitel		2	1	2	5
47.	Mährlein					
48.	Mittelstädt					
49.	Paulinus			1		1
50.	Rotaru					

Fraunhofer-Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
51.	Benecke			1	1	2
52.	Beyer	1	1	1	4	7
53.	Gumbsch	1	1	4	6	12
54.	Hanke		1			1
55.	Landgrebe	1		1	3	5
56.	Lang				1	1
57.	Mayer	1	3		2	6
58.	Melz		1		1	2
59.	Michaelis		1	1	1	3
60.	Poprawe	2	1		2	5
61.	Wanner	1			2	3



Sonstige Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
62.	Fleischer					
63.	Guillon					
64.	Heidemeyer				2	2
65.	Hildebrand				1	1
66.	Kaysser					
67.	Oechsner					
68.	Overmeyer	1	2		3	6
69.	Polzin			1	1	2
70.	Reif	1				1
71.	Rethmeier		1	1	1	3
72.	Schmidt					
73.	Ummenhofer		1	2	3	6
74.	Vollertsen	1			1	2
75.	Weltmann	1			1	2

### Beteiligung der Institute an Vorhaben und Anträgen 2015 (weitere Forschungsstellen)

Hochschulinstiute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
01.	Dott				1	1
02.	Engelhardt		1		1	2
03.	Feldmann			1	1	2
04.	Gebhardt				1	1
05.	Geiß			1		1
06.	Gries				1	1
07.	Hämmerle				2	2
08.	Hensel				1	1
09.	Hildebrand			2	1	3
10.	Kaskel				1	1
11.	Keßler	1			2	3
12.	Könke			1		1
13.	Kruscha		1			1
14.	Kuhlenkötter				1	1
15.	Kurz			1		1
16.	Landgrebe				1	1
17.	Müller, H.				1	1
18.	Pohl	1				1
19.	Schmitt			1		1
20.	Schwarz				1	1
21.	Sinzinger				1	1
22.	Steinhoff	1			1	2
23.	Vormwald	1			1	2
24.	Walther	1			2	3

Fraunhofer-Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
25.	Elsner			1		1
26.	Uhlmann			1	2	3

Sonstige Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
27.	Bloß			1		1
28.	Kannengießer	1				1
29.	Zengerle				1	1

## Transfer der Forschungsergebnisse

Mit entscheidend für einen schnellen Transfer der Forschungsergebnisse sind die in den projektbegleitenden Ausschüssen beteiligten Unternehmen sowie die Unternehmen in den Fachausschüssen, die laufend über die Resultate und den Projektfortschritt informiert werden. Weitere Transfermaßnahmen stellen die Veröffentlichungen der Ergebnisse in DVS-Fachzeitschriften und anderen Publikationen (**Bild 12**) wie in den Kongressbänden der DVS Media GmbH sowie die Weitergabe der Schlussberichte dar.

### Veröffentlichungen 2015 in DVS-Fachzeitschriften

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

Bild 12: Veröffentlichungen 2015

Auch im Jahr 2015 wurde im DVS-Netzwerk eine Vielzahl technisch-wissenschaftlicher Veranstaltungen durchgeführt (**Bild 13**). Von den Inhalten partizipierten neben den Unternehmen aus den projektbegleitenden Ausschüssen auch die Unternehmen, die nicht unmittelbar an IGF-Forschungshaben beteiligt waren, sich gleichwohl aber umfassend informieren wollten.

## Technisch-wissenschaftliche Veranstaltungen mit Beteiligung der Forschungsvereinigung im Jahr 2015

### Januar

Strategie-Seminar „Klebtechnik“ des Gemeinschaftsausschusses „Klebtechnik“ (GA-K), Wermelskirchen

### März

4. DVS-Tagung „Weichlöten 2015 – Forschung und Praxis für die Elektronikfertigung“, Hanau

15. Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“ 2015, Köln

Workshop "Lichtbogenphysik", Duisburg

### Mai

Erstes Forschungskolloquium des FA 6 „Strahlverfahren“, Duisburg

5. DVS-Projekt-kolloquium „IBESS - Integrale Bruchmechanische Ermittlung der Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen“, Berlin

ITSC 2014 - International Thermal Spray Conference and Exposition, Long Beach/California, USA

### Juni

DVS-Abschluss-Projekt-kolloquium „BestKleb – Beständigkeit von Klebungen verstehen und berechnen“, Frankfurt am Main

### September

DVS CONGRESS/ EXPO 2015, Nürnberg, mit:

- Großer Schweißtechnischer Tagung,
- DVS-Studentenkongress,
- Themenpark „Klebtechnik“,
- Roboterschweißwettbewerb,
- Forschungscluster „IBESS – Bruchmechanik“,
- Workshop „Anwendungsnahe Schweißsimulation“,
- Forum „Fügen von faserverstärkten Kunststoffen“,
- DVS Science Corner

### November

Gemeinschaftskolloquium FA 4 / AG V 3 Widerstandsschweißen, Halle

Gemeinschaftskolloquium FA 10 / AG A2 / AG V6.2 „Mikroverbindungstechnik“, Lippstadt

### Dezember

5. Fügetechnisches DVS/EFB-Gemeinschaftskolloquium 2015 „Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Fügetechnik“, Paderborn

Bild 13: Ergebnistransfer durch Fachveranstaltungen mit Beteiligung der Forschungsvereinigung

## Erfolgreicher Ergebnistransfer aus Forschungsprojekten in Normung und Standardisierung

Über die Vernetzung der Aktivitäten zwischen der Forschungsvereinigung und des Ausschusses für Technik (AfT) im DVS hinaus wurden 2015 weitere Aktivitäten zu fachlichen Kooperationen mit anderen Verbänden realisiert, unter anderem mit dem VDI – Verein Deutscher Ingenieure e. V. in Düsseldorf.

### Neue Kooperation mit dem VDI zum Thema „Additive Fertigung“

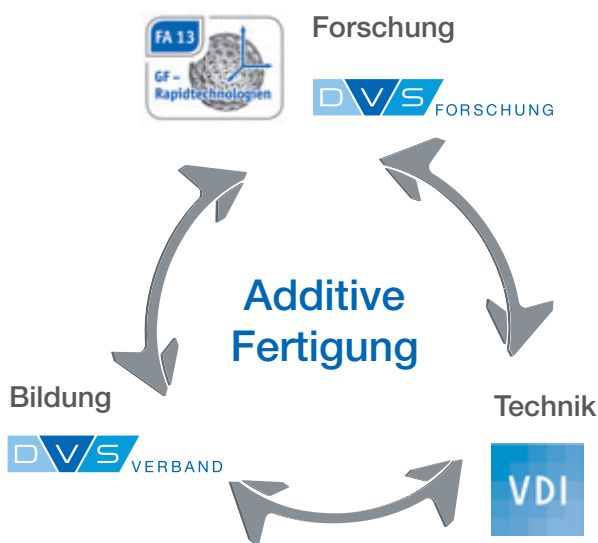


Bild 14: Kooperation zwischen DVS Verband, Forschungsvereinigung und VDI

Durch die erfolgreiche Entwicklung der additiven Fertigungsverfahren in den letzten Jahren ist ein neuer Wirtschaftszweig entstanden, dessen gesamte Wertschöpfungskette sich von der Werkstoffherstellung über den Anlagenbau, der Dienstleistung bis in die Integration von additiv gefertigten Bauteilen in neue Produkte erstreckt. Die Prozesskette ist jedoch komplex, umfasst zahlreiche Wechselwirkungen und erfordert Fachkenntnisse in unterschiedlichsten Disziplinen. Diese vielfältigen Aspekte waren für den DVS und die Forschungsvereinigung Anlass, mit einem langjährigen Partner, dem VDI, auf dem Gebiet der additiven Fertigungsverfahren den Grundstein für eine engere Zusammenarbeit zu legen (Bild 14).

Im Oktober 2015 stimmten sich Vertreter der VDI-GPL, der Forschungsvereinigung und des DVS über eine zukünftige Zusammenarbeit zu den Themen Ergebnistransfer und Regelwerksarbeit ab. Angestrebt wird ein Ergebnistransfer aus dem Fachausschuss 13 „Rapid Technologien – Generative Fertigung“ der Forschungsvereinigung des DVS in den Fachausschuss 105 „Additive Manufacturing“ des VDI. Geeignete Forschungsergebnisse sollen zukünftig in die bestehende Richtlinienreihe VDI 3405 als gemeinsame VDI/DVS-Richtlinie integriert und veröffentlicht werden.

Die DVS-Fachgruppe 4.13 „Ausbildung in der additiven Fertigung“ entwickelt Ausbildungskonzepte für DVS-Bildungseinrichtungen.

Die Fachgruppe ist verantwortlich für die Richtlinien

- DVS 3601-1 „Fachkraft für additive Fertigungsverfahren – Fachrichtung Kunststoff“
- DVS 3602-1 „Fachkraft für additive Fertigungsverfahren – Fachrichtung Metall“
- DVS 3603 „DVS-Bildungseinrichtungen auf dem Gebiet „Additive Fertigungsverfahren“ – Zulassung“.

Zukünftig können Unternehmen ihre Mitarbeiter nach einem deutschen Qualitätsstandard im Bereich der additiven Fertigung ausbilden lassen. Pilotlehrgänge werden am Laserzentrum Hannover in 2016 beginnen. Zudem dokumentiert der VDI das Dokument „Handlungsfelder Additive Fertigungsverfahren“, das 2016 erscheint. Darin werden Potenziale und Perspektiven beschrieben, insbesondere für die mittelständische Industrie in Deutschland. Die wichtigsten Herausforderungen für diese Technologien, auch hinsichtlich von Forschungsbedarf, werden ebenso vorgestellt wie die unterschiedliche Regelwerksarbeit und die Verbandsaktivitäten, beispielsweise in der Forschungsvereinigung und des DVS.

Nähere Informationen hierzu unter: [www.dvs-ev.de/fv/FA13](http://www.dvs-ev.de/fv/FA13)

## Ausrichtung der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung

Auch im Jahr 2015 wurden die Industrievertreter in der Forschungsvereinigung und des Ausschusses für Technik im DVS via Online-Verfahren befragt mit dem Ziel, kontinuierlich aktuelle und zukünftige Forschungsschwerpunkte und -bedarfe festzustellen und zu bewerten. 440 Fachleute haben 1269 Bewertungen und Einschätzungen zu wegweisenden zukünftigen Trends und Entwicklungsbedarfen in der Fügetechnik abgegeben. Die Resultate der Umfrage zeigen, welche Themen im vorrangigen Interesse der Industrie und den fügetechnischen Branchenunternehmen stehen. Die Befragung wird 2016 fortgeführt.

## Forschungsschwerpunkte

Die Analyse und Auswertung der im Berichtszeitraum 2015 betreuten Forschungsvorhaben zeigen die **Bilder 15, 16, 17, 18** und **19**. Die aktuelle und zukünftige Ausrichtung der Forschungsaktivitäten bleiben ständig im Fokus in der Forschungsvereinigung.

## Fügeverfahren

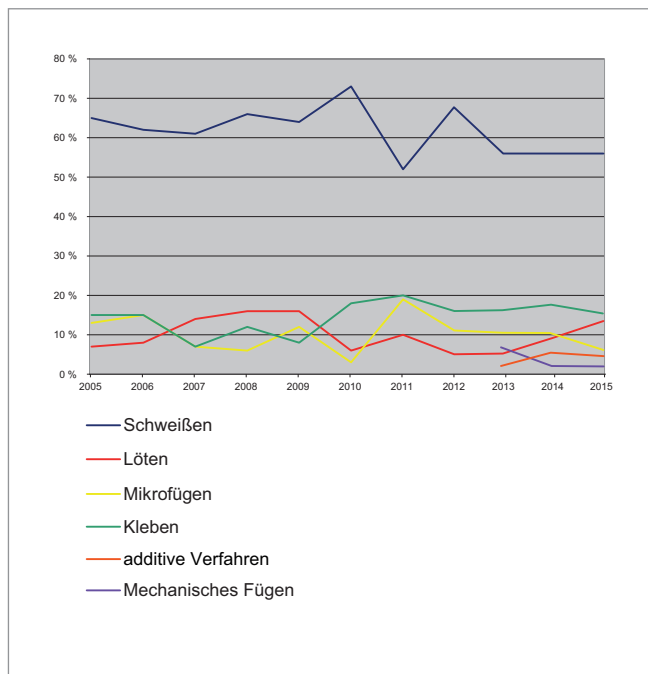


Bild 16

## Fügen, Trennen & Beschichten

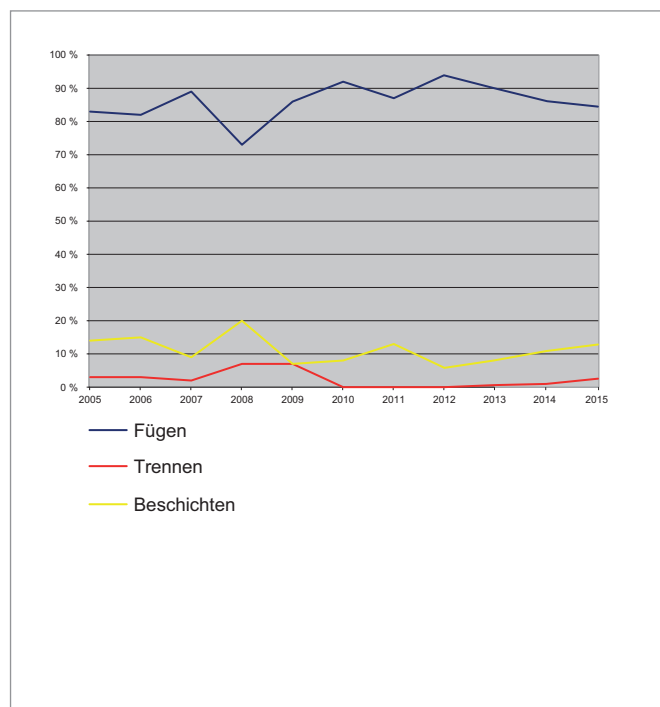


Bild 15

## Schweißverfahren

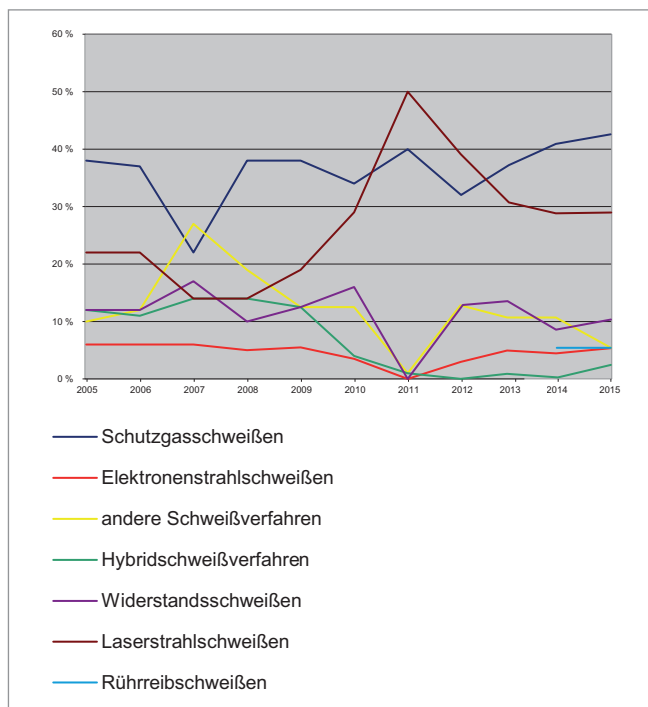


Bild 17

### Werkstoffe

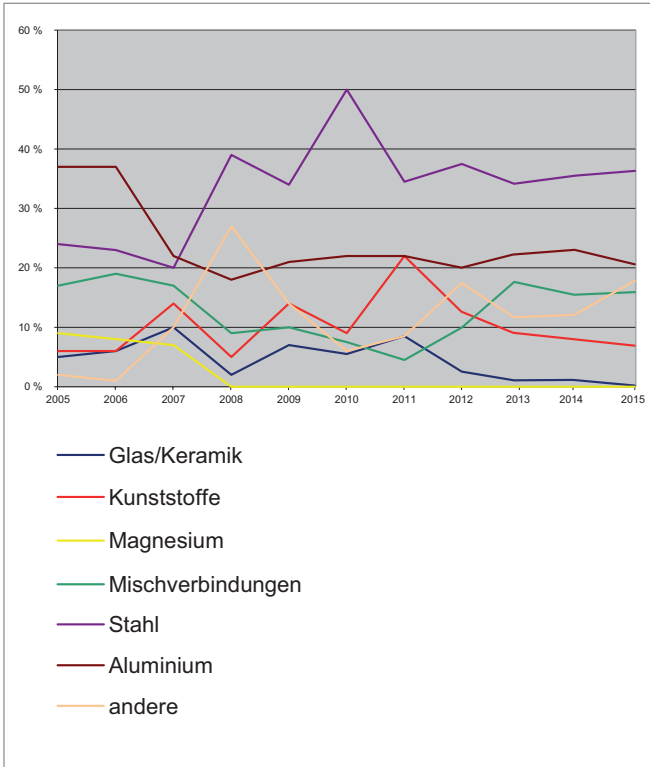


Bild 18

### Forschungsfelder

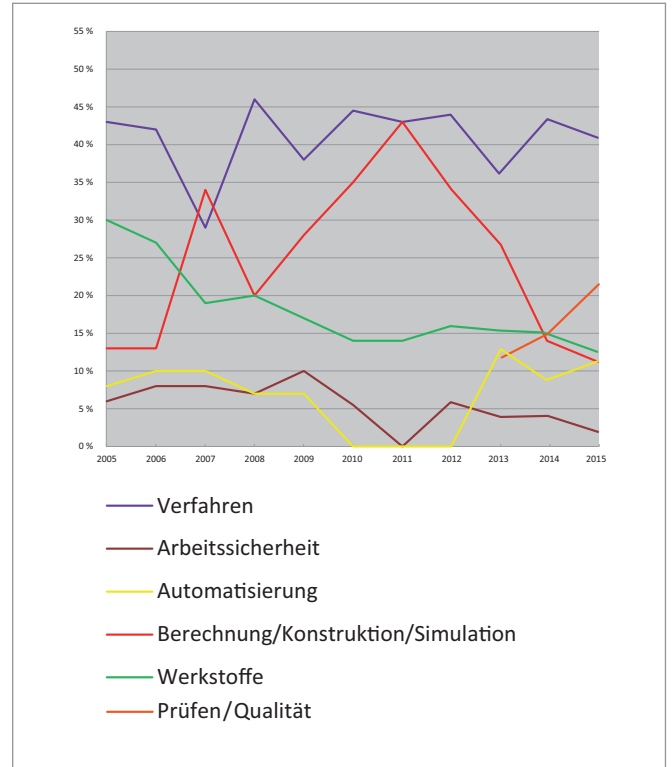


Bild 19

### Perspektiven

Koordinierung und Förderung von Projekten der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) bilden zur Zeit den Schwerpunkt

der Aktivitäten in der Forschungsvereinigung. Eine Zusammenfassung der Perspektiven und die Ausrichtung zeigt **Bild 20**.

Maßnahmen	Partner	Ziel / Status
IGF-Forschungsvorhaben im Normalverfahren Themenverbundprojekte CORNET	BMW, AiF andere Forschungsvereinigungen der AiF BMW, AiF	Kontinuierliche Beteiligung
DVS-Forschungsseminare Fachkolloquien / Fachveranstaltungen / Workshops	Mitglieder der Forschungsvereinigung	Darstellung von Forschungsbedarf Transfer von Forschungsergebnissen

Bild 20: Übersicht über die Aktivitäten der Forschungsvereinigung

## Forschungspolitische Aktivitäten

Die Forschungsvereinigung hat die AiF bei ihrer politischen Arbeit zur Förderung der Forschung auch im Jahr 2015 wieder engagiert unterstützt. Alle forschungspolitischen Aktivitäten der Forschungsvereinigung bilden auch eine aktive Schnittstelle der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung zu den Mitgliedern des DVS aus Industrie, Handwerk, Körperschaften und der Wissenschaft (Bild 21).



Bild 21: Forschungsvereinigung und DVS-Verband als Partner ihrer Mitglieder

## Neues Leitthema „Fügetechnik für die Windenergie“ in der Forschungsvereinigung

2015 wurde in der Forschungsvereinigung das Leitthema „Fügetechnik für die Windenergie“ initiiert. Interessierte Industrievertreter hatten sich zu diesem Schwerpunkt im Jahr 2015 erstmals im DVS getroffen und die Arbeitsgruppe „Fügetechnik für die Windenergie“ gegründet. Zum Vorsitzenden wurde Dr.-Ing. Claas Bruns, Vallourec Deutschland GmbH, gewählt.

Zielsetzung ist die Aufnahme von industriellem Forschungsbedarf und die Konkretisierung inhaltlicher Ansätze für zukünftige Forschungsaktivitäten. Dabei gilt es, für diese Branche einen Technologiesprung zu erreichen, der wesentlich zur Produktivitätssteigerung und zur Kostenoptimierung durch fügetechnische Ansätze und Lösungen beiträgt. Hierfür soll der aktuelle Forschungsbedarf der Branche aufgearbeitet werden mit dem Ziel, ihn durch die Initiierung von Forschungsaktivitäten auf nationaler und europäischer Ebene umzusetzen.



Um dieses Ziel zu konkretisieren, hat die Forschungsvereinigung des DVS eine Studie in Auftrag gegeben, in der die gesamte Wertschöpfungskette der On- und Offshore-Windenergie mit Blick auf die Einflussgröße „Fügetechnologie“ abgebildet und analysiert wird. Dabei liegt der Schwerpunkt im Bereich des Stahlbaus (Gründungsstrukturen und Turm) bezogen auf die schweißtechnische Fertigung. Im Mittelpunkt stehen die Kostenstrukturen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von der Planung, der Fertigung, der Montage, dem Betrieb / der Wartung bis hin zum Rückbau. Durch die Verknüpfung dieser Einzelelemente mit der Einflussgröße „Fügetechnik“ werden Ansatzpunkte für Kostenoptimierungen aufgedeckt, die maßgeblich die Gesamtkostenstruktur der Wertschöpfungskette beeinflussen.

Ganz besonderes Augenmerk gilt Rückkopplungen innerhalb der Wertschöpfungskette sowie Abhängigkeiten einzelner Elemente voneinander, beispielsweise Zusammenhänge zwischen Konstruktion und Werkstoffauswahl, Toleranzen, Fügeverfahren und Bauteilprüfung oder auch Prüfanforderungen im Anlaßbetrieb in Abhängigkeit von der Konstruktion.

Im Rahmen der Studie werden Informationen zu den jeweiligen Aspekten auch durch Interviews mit Fachleuten aus Unternehmen der Branche ermittelt, um durch praxisnahe Anforderungen eine objektive Bewertung des betreffenden Forschungsbedarfs wesentlich zu unterstützen.

Auf Basis der Studienergebnisse werden Bereiche der Wertschöpfungskette identifiziert, in denen durch optimierte Fügetechnik signifikante Steigerungen der Wirtschaftlichkeit möglich sind. Über die Studienergebnisse sind entsprechende Forschungsschwerpunkte nachhaltig zu definieren. Die Einwerbung von Fördermitteln auf nationaler und europäischer Ebene zu diesem Thema steht dabei im Fokus.



## 40 Jahre Forschungsvereinigung

Auch als eingetragener Verein gehört die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS fest zum DVS-Netzwerk. Am 30. September 2015 feierte die Forschungsvereinigung ihr 40-jähriges Jubiläum mit einer Festveranstaltung im Maritim Hotel in Köln. Zahlreiche Mitglieder und Freunde der Forschungsvereinigung waren vertreten (**Bilder 22** und **23**).

So ließen es sich DVS-Präsident Prof. Dr.-Ing. Heinrich Flegel, Prof. Dr.-Ing. Uwe Reisgen als Vertreter der Wissenschaftlichen Gesellschaft Fügetechnik e. V., Ernst Miklos von der Linde AG und Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Steffens, Ehren- und Gründungsmitglied der Forschungsvereinigung, nicht nehmen, vier Jahrzehnte umfangreicher und erfolgreicher Tätigkeit in der Industriellen Gemeinschaftsforschung in ihren Grußworten und Vorträgen Revue passieren zu lassen.



Bild 22: Gäste der Jubiläumsveranstaltung (in der ersten Reihe von links nach rechts: Prof. Dr.-Ing. H. Flegel, Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, Dr.-Ing. G. Schmitz, E. Miklos)



Bild 23: Empfang der Gäste im Foyer

Welche fügetechnischen Herausforderungen die Forschungsvereinigung in den nächsten Jahren annehmen wird, zeigte in seinem Vortrag Dr.-Ing. Godehard Schmitz als Vorsitzender der Forschungsvereinigung. Er verwies dabei auf die Querschnittsthemen wie „Fügetechnik für die Windenergie“ oder „Industrie 4.0“, die zunehmend eine große Rolle spielen werden. Das Thema „Industrie 4.0“ soll übergreifend in der Forschungsvereinigung koordiniert werden. Auch eine Kooperation mit anderen Fachbereichen, beispielsweise Informatik, ist geplant.

Als Ziel sieht Dr. Schmitz die Gründung einer Forschergruppe „Industrie 4.0“ im DVS. Die Forschungsvereinigung wird zur Erarbeitung des Themas „Industrie 4.0“ und deren Bedeutung für die Fügetechnik eine Studie in Auftrag geben.

Einen Tag nach den Festlichkeiten fanden an gleicher Stelle die Sitzung des Forschungsrates und die Mitgliederversammlung der Forschungsvereinigung statt, mit denen die Weichen für eine weiterhin erfolgreiche Zukunft gestellt wurden.



Bild 24: Dr. G. Schmitz



Bild 25: Prof. Dr.-Ing. H. Flegel



Bild 26: E. Miklos



Bild 27: Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen



### DVS-Science Corner lockt Besucher an

Was haben die führenden Forschungsinstitute in Deutschland zu bieten? Wo liegen deren fachliche Schwerpunkte? Welche aktuellen Forschungsaktivitäten laufen?

Auf diese und viele andere Fragen erhielten die Besucher der DVS EXPO 2015 in Nürnberg auf dem DVS-Science Corner kompetente Auskunft von der Forschungsvereinigung, die zusammen mit verschiedenen Forschungsstellen informierte (Bild 28).

Das Leitthema "Fügetechnik für die Windenergie" wurde auf dem Stand genauso anschaulich präsentiert wie das Thema "Schneidtechnik", welches wieder verstärkt in der Forschungsvereinigung berücksichtigt werden soll. Für das Leitthema hat die Forschungsvereinigung eine Studie beauftragt, in der die gesamte Wertschöpfungskette der On- und Offshore-Windenergie hinsichtlich der Einflussgröße "Fügetechnologie" abgebildet und analysiert werden soll.



Bild 28: Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck im Gespräch mit DVS-Präsident Prof. Dr.-Ing. Heinrich Flegel und dem Hauptgeschäftsführer der Handwerkskammer für Mittelfranken, Prof. Dr. Elmar Forster

Die Forschungsvereinigung des DVS präsentierte mit zahlreichen ihrer forschenden Mitglieder umfangreiche Forschungsergebnisse auch im Rahmen des parallel durchgeführten DVS CONGRESS.

### Themenpark „Klebtechnik“



Der Themenpark „Klebtechnik“ wurde vom Gemeinschaftsausschuss „Klebtechnik“ initiiert, der sich in gemeinsamer Trägerschaft aus der DECHEMA - Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie / ProcessNet-Fachgruppe Klebtechnik, der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS, der Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA) und dem Internationalen Verein für Technische Holzfragen (IVTH) bildet.

Der Themenpark gab einen Überblick über die Innovations-sprünge, die Klebtechnik als leistungsfähige Fügetechnologie für die Industrie ermöglicht. Eingebettet in das Umfeld aus Material-Know-how und Leichtbau präsentierten sechs Forschungsstellen auf dem Stand des Themenparks die Ergebnisse aktueller Forschungsprojekte (Bild 29).

Flankiert wurden die Projektdarstellungen durch verschiedene Exponate, die auf der Standfläche des Themenparks ausgestellt waren. Zu sehen war unter anderem ein zum Schneiden von Granit- und Marmorblöcken geeignetes Sägeblatt („Stammbblatt“), dessen Schneidsegmente nicht wie bisher üblich durch Hartlöten oder Laserstrahlschweißen, sondern durch Kleben auf dem Blatt befestigt worden sind. Durch ein vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen entwickeltes Verfahren werden die Schneidsegmente auf das Stammbblatt geklebt, ohne dass relevante Veränderungen der Eigenspannungs- und Festigkeitskennwerte im umgebenden Gefüge entstehen.



Bild 29: Besucher und Wissenschaftler im Meinungsaustausch



Ein weiteres Forschungsprojekt, das den Besuchern des Themenparks vorgestellt wurde, war die Entwicklung einer Schnellklebetechnik im Holzfertighausbau durch das ifs – Institut für Füge- und Schweißtechnik der technischen Universität Braunschweig. Ziel der entwickelten Schnellklebetechnik war es, ein neuartiges Klebeband statt des Klammers und Nagelns zu realisieren. Die untersuchte Schnellklebetechnik beruht auf der Idee, einen elektrisch zu beheizenden, dünnen metallischen Träger mit einer reaktiven Schmelzklebstoffschicht zu versehen, der zwischen die Holzbauteile geklemmt wird, dann auf Temperatur gebracht wird und damit die Klebschicht optimal verflüssigt.

Begleitet wurde der Themenpark auf dem DVS CONGRESS von sechs klebtechnischen Vorträgen aus der industriellen Anwendung.

## 5. Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Füge-technik“

Am 8. und 9. Dezember 2015 fand das 5. Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Füge-technik“ in Paderborn statt. Ausrichter und Veranstalter waren die drei AiF-Mitgliedsvereinigungen FOSTA (Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.), die Forschungsvereinigung des DVS und die Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V. (EFB). Diesjähriger Gastgeber war Prof. Dr.-Ing. G. Meschut (Bild 30) mit dem Laboratorium für Werkstoff- und Füge-technik (LWF) an der Universität Paderborn.

Die äußerst erfolgreiche Kolloquienreihe befindet sich nunmehr im fünften Veranstaltungsjahr. 115 Besucher fanden sich am Veranstaltungsort ein (Bild 31) und hörten den hochinteressanten Ausführungen der Vortragenden zu den neuesten Entwicklungen in der mechanischen Füge-technik zu. Die Teilnehmer



Bild 30: Prof. Dr.-Ing. G. Meschut bei seinem Überblicksvortrag „Mechanische Füge-technik – Schlüsseltechnologie für ressourceneffiziente Hochleistungsverbundsysteme“

erwartete ein Vortragsprogramm aus Beiträgen der Industrie sowie unterschiedlicher Forschungseinrichtungen zu Ergebnissen aus den laufenden und abgeschlossenen Vorhaben der industriellen Gemeinschaftsforschung.

Neben den Ergebnissen neuester Projekte aus den Forschungsstellen, die in den Sektionen „Verbindung Metall-Halbzeuge“, „Mischbau“ und „Crash-Verhalten im Leichtbau“ vorgetragen wurden, betrachteten Keynote-Vorträge das Spektrum der Anwendungsbereiche genauer: Dargestellt wurden unter anderem von OEM-Industrievertretern, wie sich der moderne Leichtbau aus der Sicht eines globalen Automobilherstellers unter Anwendung des mechanischen Fügens darstellt, welche Herausforderungen bei der Umsetzung von Mischbauweisen im Automobilbau zu erwarten sind und welche (mechanische) Verbindungstechnik den Leichtbau unterstützen kann. In weiteren Überblicksvorträgen wurden aktuelle Lösungen zum umformtechnischen Fügen im Bauwesen Stellung genommen sowie das mechanische Fügen im Flugzeugbau am Beispiel des Airbus A 380 vorgestellt.

Begleitet wurde die Veranstaltung durch die Fachausstellung der Industrieunternehmen, die an ihren Ständen ihre Produkte und Dienstleistungen präsentierten.

Am Ende des zweiten Veranstaltungstages stand für alle Beteiligten fest: Das Kolloquium zeigte sich zum wiederholten Male als ideale Plattform für die Diskussion und den interdisziplinären Gedankenaustausch zu den drängendsten Themen aus Industrie und Forschung in der mechanischen Füge-technik.

## Das 6. Füge-technische Gemeinschaftskolloquium findet am 7. und 8. Dezember 2016 bei München statt.



Bild 31: Zuhörer im Vortragssaal

## 15. Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“

Seit eineinhalb Jahrzehnten informiert das Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“ jedes Frühjahr über den aktuellen Stand der klebtechnischen Forschung, der industriellen Anwendung ihrer Ergebnisse und über zukunftsweisende Trends der Klebtechnik in allen Branchen.



Bild 32: Maternus-Haus in Köln

Zum ersten Mal seit Jahren fand das Kolloquium nicht wie gewohnt im Hause der DECHEMA, sondern im Maternus-Haus in Köln statt (Bild 32). Dort hatten insbesondere die Unternehmen und Institute im Rahmen der Veranstaltung hervorragende Möglichkeiten, sich zu präsentieren.



Bild 33: Teilnehmer des Kolloquiums

Auf hohem fachlichen Niveau wurde wieder die ganze Bandbreite der fūgetechnischen Gemeinschaftsforschung in der Klebtechnik prāsentiert, flankiert durch zwei Parallelsessions zu den Themen „Klebstoffe“ und „Oberflāchenbehandlung“. Rund 250 Gāste nahmen am Kolloquium teil (Bild 33), das als AiF-Anwenderforum durchgefūhrt wird. Die Veranstaltung wurde durch das in der Praxis nahezu an erster Stelle stehende Thema „Oberflāchenbehandlung“ abgerundet. Daneben wurden zahlreiche Ergebnisse aus öffentlich gefōrderten For-



Bild 34: Gefōrderte Studenten mit den Vertretern der vier Forschungsvereinigungen

sungsprojekten aus dem gesamten Spektrum der Klebtechnik prāsentiert.

Wie auf den Klebtechnik-Kolloquien zuvor setzten sich auch in diesem Jahr wieder alle vier Forschungsvereinigungen fūr die Nachwuchsfōrderung ein, indem ausgewāhlte Studentinnen und Studenten (Bild 34) kostenlos am Kolloquium teilnehmen konnten inklusive der Erstattung der Reisekosten.

Das 16. Kolloquium fand am 1. und 2. Mārz 2016 im Maternus-Haus in Kōln statt.

**2017 wird das 17. Kolloquium voraussichtlich am 14. und 15. Februar wiederum im Maternus-Haus durchgefūhrt werden.**

## Gemeinschaftskolloquium AG V 3 / FA 4 „Widerstandsschweißen“

Der Fachausschuss 4 „Widerstandsschweißen“ fūhrt in Kooperation mit der DVS-Arbeitsgruppe V 3 „Widerstandsschweißen“ jāhrlich ein Gemeinschaftskolloquium durch. Am 24. November 2015 wurde die Fachwelt in die SLV Halle eingeladen. Im Mittelpunkt des Kolloquiums standen die Diskussion der neuesten Forschungsergebnisse, die Evaluierung abgeschlossener Projekte sowie aktuelle Entwicklungen im Ausschuss fūr Technik im DVS.

Beispielhaft (neben anderen laufenden Forschungsvorhaben) wurde ūber den aktuellen Bearbeitungsstand des Projekts „Einfluss von Punktdurchmesser, Fehlstellen und Imperfektionen auf das Festigkeitsverhalten von Aluminiumpunktschweiβverbindungen“ (DVS-Nr. 04.059/ IGF 17.789 N) berichtet.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, dem Anwender ausfūhrliche Hinweise zur geeigneten Ausfūhrung von widerstandspunktgeschweiβten Aluminiumverbindungen zu geben.

Damit wird ein wesentlicher Beitrag zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit zum Nutzen der kleinen und mittelständischen Industrie geleistet, die bisher wegen den anspruchsvollen Anforderungen das Thema Widerstandspunktschweißen von Aluminium nicht weiterverfolgt haben. Aber auch Transfermaßnahmen, wie die Überführung von Forschungsergebnissen in das DVS-Regelwerk, wurden vorgestellt. Der Vorsitzende der AG V 3, Dipl.-Ing. Ralf Bothfeld, Harms und Wende GmbH & Co KG, stellte die Aktivitäten aus den verschiedenen Arbeitsgruppen vor.

Weiteres Thema war die Berichterstattung aus der Fachgesellschaft EMF / SEMFIRA (Elektromagnetische Felder / Safety in Electro Magnetic Fields – International-Research Association). Hier wurde über die Aktivitäten auf EU-Ebene und die Erstellung des Leitfadens zur neuen EMF-Richtlinie informiert.

**Das nächste AG V 3/FA 4-Kolloquium findet am 2. November 2016 im LWF der Universität Paderborn statt.**

## Erstes Forschungskolloquium des Fachausschusses 6 „Strahlverfahren“

Erstmals wurden die Präsentationen der abgeschlossenen Forschungsvorhaben aus dem FA 6 im Rahmen eines Forschungskolloquiums durchgeführt. Gastgeber des am 5. Mai 2015 erstmals durchgeführten Forschungskolloquiums des FA 6 „Strahlverfahren“ war die GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH, Niederlassung SLV Duisburg.

Über fünfzig Experten diskutierten die Ergebnisse aktueller Projekte, welche vorwiegend der Laserstrahltechnik zuzuordnen waren. Im Fokus standen vor allem Fragestellungen des prozesssicheren Fügens verschiedener Werkstoffe, wie hochfester Feinkornbaustähle, als auch von Aluminium- und Kupferlegierungen. Insbesondere wurden unterschiedliche Ansätze durch Kombination mehrerer Laserstrahlquellen (beispielsweise Dioden und gepulste Festkörperlaser) und der Einsatz integrierter Vorwärmungen gegenübergestellt. Darüber hinaus wurden neue Ansätze zur Verbesserung der Spaltüberbrückbarkeit beim wärmearmen Schweißen von Aluminium vorgestellt. Im Mittelpunkt stand auch ein Vortrag über das Laserstrahl-

schweißen unter reduziertem Umgebungsdruck zur Reduzierung von Spritzern sowie Erhöhung der Einschweißtiefe und Schweißgeschwindigkeit. Derzeit erfährt dieses Thema einen deutlichen Trend in der Forschungslandschaft.

Der Vorsitzende des FA 6, Prof. Dr.-Ing. Ronald Holtz führte durch die Veranstaltung und bedankte sich unter anderem auch bei Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Zenker und Herrn Prof. Dr. B. Brenner für die Präsentation ihrer langjährigen Forschungstätigkeiten.

**Das nächste Forschungskolloquium „Strahlverfahren“ findet am 10. Mai 2017 in der SLV Duisburg statt.**



**DVS FORSCHUNG**

**HIER ZÄHLT DIE ZUKUNFT  
FORSCHUNG IM DVS**

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



## Cluster-Projekte als erfolgreiche Kooperation branchenorientierter Anwendungsforschung

Forschungscluster bestehen aus einer Reihe inhaltlich zusammenhängender und koordinierter Forschungsaktivitäten und Projekte, die ein gemeinsames, übergeordnetes Ziel verfolgen und sich dabei durch eine intensive Vernetzung der beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen auszeichnen. Die Verbindung von Partnern aus unterschiedlichen Institutionen und Fachgebieten bildet ein Potenzial, das Forschungsaktivitäten über Branchengrenzen der Einzeldisziplinen hinaus auf einem interdisziplinären Niveau erlaubt.

Im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) fördert das BMWi größere IGF-Projekte von Mitgliedsvereinigungen der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) mit mehreren Teilprojekten, die – im Fall der Kooperation mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) – eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung schlagen.

Mehrere thematisch eng zusammenhängende Forschungsvorhaben bilden ein Gesamtprojekt mit dem Hauptziel, Ergebnisse für Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zu entwickeln und den gesamten Innovationsprozess „von der Idee bis zum Produkt“ zu verkürzen.

## Abschluss von Clusterprojekten 2015

2015 wurden in der Forschungsvereinigung drei Forschungscluster erfolgreich abgeschlossen.

### IGF/DFG-Forschungscluster „BestKleb – Beständigkeit von Klebungen verstehen und berechnen“

**Laufzeit: 1. Oktober 2011 – 31. März 2015**

**Internet: [www.processnet.org](http://www.processnet.org)**

Das Projekt „BestKleb“ umfasste sechs Teilprojekte, von denen drei aus Mitteln der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) über die AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. und drei aus Mitteln der DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft finanziert wurden. Hierbei wurden wichtige Grundlagen für die weitere erfolgreiche Nutzung der Klebtechnologie in Deutschland gelegt. Die an „BestKleb“ beteiligten Wissenschaftler untersuchten insbesondere die Berechenbarkeit von Klebverbindungen, die Reproduzierbarkeit fertigungstechnischer Abläufe mit höchster Qualität sowie die Prognose der Lebensdauer von Klebungen unter zunehmend extremen Anforderungsprofilen.

In den sechs Teilprojekten des Forschungsclusters waren im projektbegleitenden Ausschuss immer mehr als dreißig vorwiegend kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) eingebunden. Die im Gemeinschaftsausschuss Klebtechnik (GA-K) zusammengeschlossenen Forschungsvereinigungen betreuten jeweils die Teilprojekte. Zum Einsatz kamen zwei EP- und zwei PU-Klebstoffe, vernetzend, mit denen die Werkstoffe Baustahl, Zink, Holz und Beton verklebt wurden. Im Ergebnis zeigte das Projekt BestKleb, dass die Lebensdauerprognose von Klebungen auf den real ablaufenden, quantifizierten Alterungsprozessen basiert. Zudem wurden Referenzen für ein besseres industrielles Kleben aus den Projektergebnissen abgeleitet.

### Im Rahmen des Clusters wurde das Teilprojekt 8 „Klebstoff als dauerhaftes Verbundmittel bei Stahlverbundträgern“ (IGF-Nr. 17.275 N / DVS-Nr. 8.077) von der Forschungsvereinigung des DVS begleitet und betreut.

Ziel des Teilprojektes war es, die Klebtechnik als Alternative oder als Ergänzung zu den mechanischen Verbindungsmitteln bei Stahlverbundbauteilen im praxisrelevanten Maßstab zu untersuchen. Dabei wurde der Schwerpunkt auf die Untersuchungen zur Dauerfestigkeit der Klebfuge unter Berücksichtigung der Alterung unter Umwelteinflüssen gelegt.

Zunächst wurden die Materialien, Oberflächen und Methoden mit den am Forschungscluster beteiligten Partnern abgeglichen, um eine Einheitlichkeit bei der experimentellen Klebfugenuntersuchung zu schaffen. Ebenfalls wurden in diesem Arbeitsschritt die Kleinproben mit den Kombinationen Stahl-Stahl, Stahl-Beton und Beton-Beton hergestellt und auf ihre mechanischen Eigenschaften hin geprüft. Sodann wurden die Materialkennwerte der Kleinproben für den Aufbau und die Entwicklung numerischer Modelle im Programmsystem ABAQUS herangezogen und Kleinproben hergestellt, die für die Untersuchung der mechanischen Alterungseffekte bestimmt waren. Begleitend wurden sowohl Freibewitterungsversuche über einen Zeitraum von achtzehn Monaten als auch zeitraufende Alterungsverfahren durchgeführt. Anschließend erfolgte die Herstellung von großen Verbundträgern, die auf ihr dynamisches Schwingverhalten auf niedrigem Lastniveau untersucht wurden. Nach Abschluss der Schwingfestigkeitsprüfungen erfolgte die Auslagerung der Versuchsträger zur Freibewitterung.

Die Großversuche wurden nach der Alterung wiederum einer dynamischen Schwingungsbeanspruchung unterzogen, um die dynamisch-mechanische Charakterisierung ihres Biegeverhaltens und alterungsbedingte Veränderungen zu analysieren. Anschließend wurden die Verbundträger im statischen Versuch bis zu ihrer Tragfähigkeitsgrenze belastet (**Bild 35**). Dabei lag das Augenmerk auf dem Trag- und Verformungsverhalten der Verbundfuge sowie auf den Versagensarten.



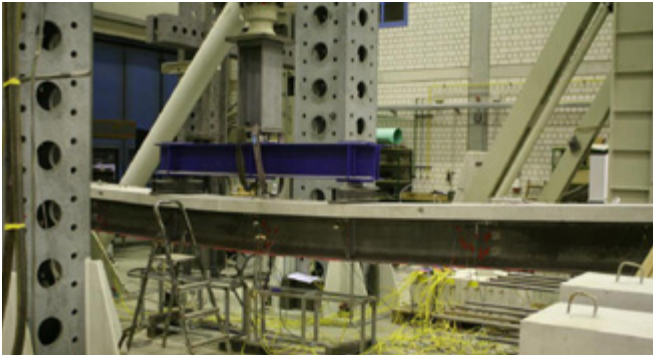


Bild 35: Tragfähigkeitsprüfung der geklebten Verbundträger (4-Punkt-Biegeversuch)

Aus den geprüften Verbundträgern wurden Proben der Klebfugen entnommen und den anderen Teilprojektpartnern zur Verfügung gestellt. Im Anschluss an die Versuche wurden die gealterten Großversuche mit numerischen Methoden nachgerechnet (Bild 36). Dabei wurden charakteristische Werkstoffkennwerte der Verbundpartner sowie der Verbundfuge berücksichtigt.

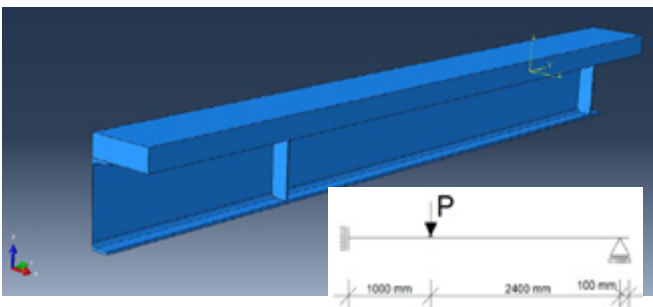


Bild 36: Nachrechnung der Versuchsergebnisse der gealterten Verbundträger mit entsprechenden Materialkennwerten von Beton, Stahl und Klebstoff

Auf Grundlage der gewonnenen Ergebnisse wurde ein plastisches Bemessungsverfahren zur Bestimmung der Tragfähigkeit gealterter geklebter Verbundträger entwickelt. Der Schwerpunkt lag dabei auf dem Trag- und Verformungsverhalten der Verbundfuge sowie des gesamten Verbundträgers.

### IGF/DFG-Forschungscluster „IBESS – Integrale Bruchmechanische Ermittlung der Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen“

**Laufzeit: 1. Mai 2012 – 31. Dezember 2015**

Das Forschungscluster umfasste grundlegende Untersuchungen zur Entstehung von Rissen ausgehend von Defekten und

zur Veränderung des plastizitäts-induzierten Risschließeffekts kurzer Risse in Schweißverbindungen.

Darüber hinaus wurden untersucht:

- die Ausbildung und Beeinflussung von Schweißeigenspannungen unter zyklischer Last;
- der Einfluss der lokalen Nahtgeometrie auf die Rissausbreitung;
- das Mehrfachriss-Phänomen oberhalb des Dauerfestigkeitsniveaus;
- das Koaleszenz-Verhalten benachbarter Risse.

Das Forschungscluster wurde von acht forschenden Projektpartnern durchgeführt.

Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in ein analytisches Modell zur Ermittlung der Schwingfestigkeit ein, das, physikalisch begründet, sehr viel individuellere Vorhersagen des Ermüdungsverhaltens von Schweißnähten ermöglicht, als das auf konventioneller Basis bislang möglich ist. Ein Teil der Aktivitäten des Clusters war mit der Bereitstellung von Daten zur Validierung dieses Modells befasst. Die Validierung selbst wurde auf verschiedenen Ebenen vorgenommen, von der Beschreibung des Wachstums von Einzelrissen über ihr Zusammenwachsen bis hin zur Erstellung der kompletten Wöhlerkurve.

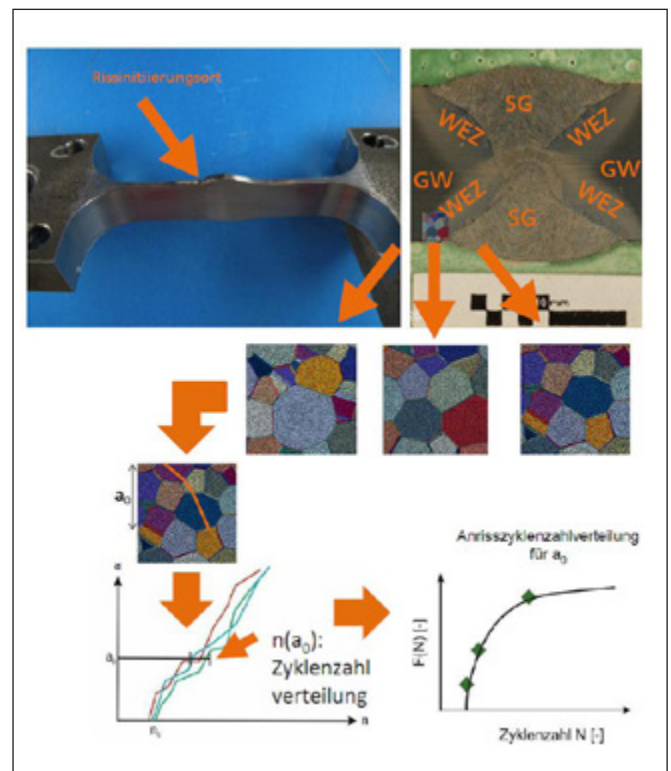


Bild 37: Probabilistischer Ansatz zur Bestimmung von Anrisszyklenzahlverteilungen

Das Vorhaben „Mikrostrukturbasierte Beschreibung der Entstehung von Rissen an Defekten in Schweißverbindungen“ (IGF-Nr. 17.520 N / DVS-Nr. 09.058) wurde als eines der Teilprojekte im Cluster von der Forschungsvereinigung administriert.

Ziel des Projektes war die Entwicklung eines bruchmechanischen Ersatzmodells für die Rissentstehung auf der Basis der real ablaufenden mikromechanischen Vorgänge, um die Ausgangsrisserößen für makroskopische bruchmechanische Ermüdungsanalysen zu bestimmen.

Die IBESS-Prozedur ermöglicht eine zeit- und kostengünstige Auslegung von Schweißverbindungen für den Einsatz bei zyklischer Belastung unter direkter Berücksichtigung der jeweiligen Geometrie und Belastungssituation (Bild 37). Vorschriften in Form von Prozeduren und Richtlinien, mit denen eine verbesserte und abgesicherte Bauteilbemessung effizient durchgeführt werden kann, ohne auf aufwändige numerische Analysen angewiesen zu sein, werden für kleinere Firmen von großem Nutzen sein.

Die erreichten Projektmeilensteine umfassen:

- die Bereitstellung eines numerischen Modells;
- eine experimentelle und numerische Charakterisierung der Rissbildung;
- eine Validierung des 3D-Modells basierend auf Ergebnissen von Mikroproben-Ermüdungsversuchen;
- eine numerische Ermittlung einer Anfangsrisssverteilung (Bild 38) durch Simulation der Rissinitiationsphase in 3D-Kornstrukturen.

## CORNET („COLlective REsearch NETworking“)

Die Forschungsvereinigung beteiligt sich seit Jahren sehr erfolgreich am koordinierten europäischen Forschungsnetzwerk CORNET. Die Aktivitäten umfassen neben der inhaltlichen Projektgenese auch die direkte Unterstützung von Forschungsstellen bei der Antragstellung und Projektbearbeitung. Das Ziel von CORNET ist die Vertiefung der europäischen Zusammenarbeit zwischen nationalen und regionalen Programmen für Gemeinschaftsforschung. CORNET organisiert zwei Ausschreibungsrunden pro Jahr. Gegenwärtig sind am Netzwerk CORNET Ministerien und Projektträger aus sieben Ländern und Regionen in Europa beteiligt.

Nähere Informationen sind zu finden unter:

<http://www.aif.de/innovationsfoerderung/industrielle-gemeinschaftsforschung/foerdervarianten/cornet.html>

Aktuelle Informationen zu Antragsberechtigungen, Einreichungsterminen, Antragsunterlagen, Förderbedingungen und Zuwendungsgebern stehen auch auf der Website der Forschungsvereinigung im Downloadbereich zur Verfügung:

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

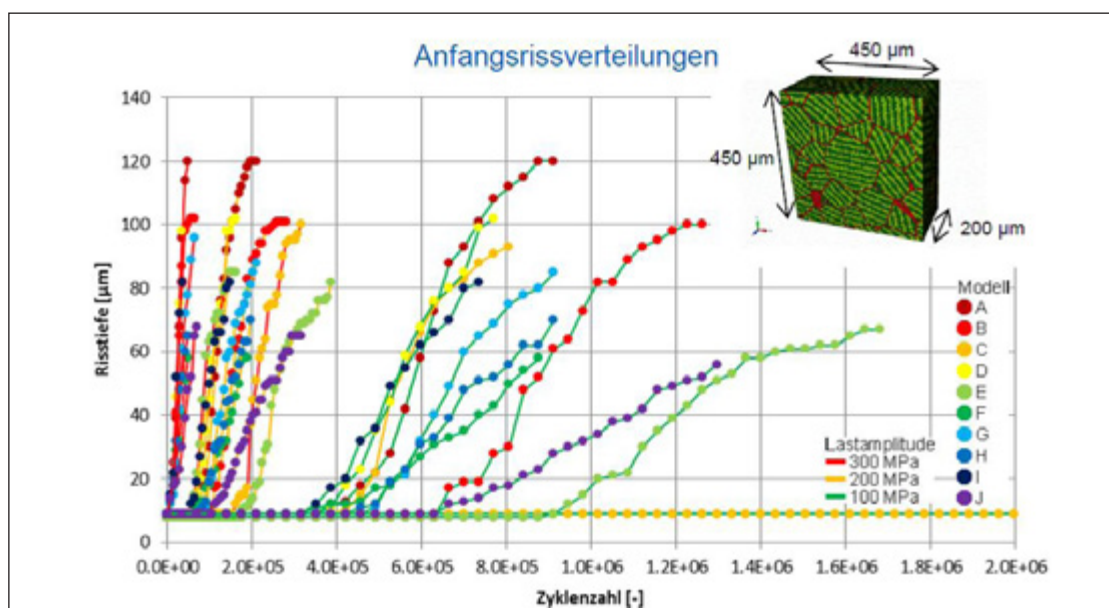


Bild 38: Numerische Ermittlung einer Anfangsrisssverteilung

## Vorhaben der Forschungsvereinigung des DVS im CORNET-Programm 2015

2015 wurden unter der Administration der Forschungsvereinigung zwei CORNET-Projekte erfolgreich abgeschlossen, ein weiteres Projekt befand sich in der Beantragungsphase und drei Projekte in der laufenden Bearbeitung.

### ZeDAM – Zero defect additive manufacturing

(IGF-Nr. 00.086 E / DVS-Nr. 13.006)

Laufzeit: 1. Januar 2013 – 31. Mai 2015

### Fachausschuss 13 „Generative Fertigungsverfahren – Rapidtechnologien“

#### Projektkonsortium

Partner	Funktion	Land / Region
Lessius De Nayer, Mechelen	Koordinator	Belgien-Flandern
KU Leuven PMA, Department of Mechanical Engineering	Forschungsstelle	Belgien-Flandern
iwb – Institut für Werkzeug- maschinen und Betriebswissen- schaften, TU München	Forschungsstelle	Deutschland
Fraunhofer IWU Chemnitz	Forschungsstelle	Deutschland
WZL, RWTH Aachen	Forschungsstelle	Deutschland
Forschungsvereinigung des DVS, Düsseldorf	KMU-Forschungs- verband	Deutschland

Ziel des Cornet-Projektes war die Entwicklung von Strategien, um bereits während des Herstellungsprozesses Fertigungsfehler erkennen und korrigieren zu können. Nach der Erarbeitung

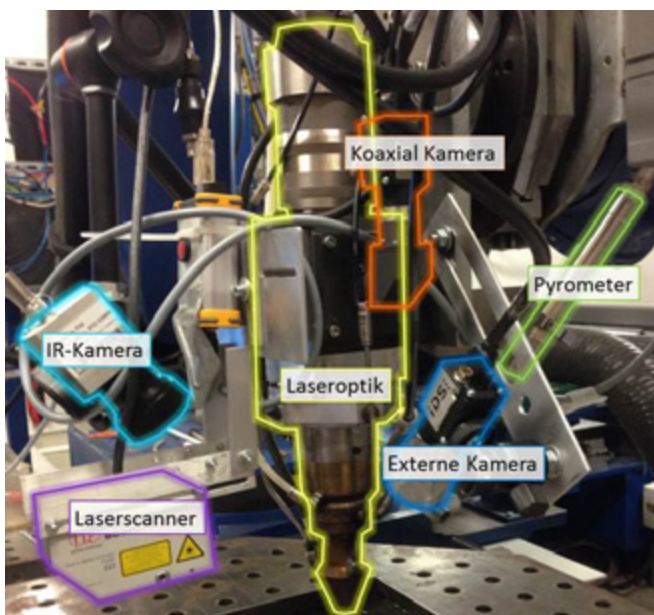


Bild 40: Integration von Sensoren in die Pulverauftragsschweißanlage

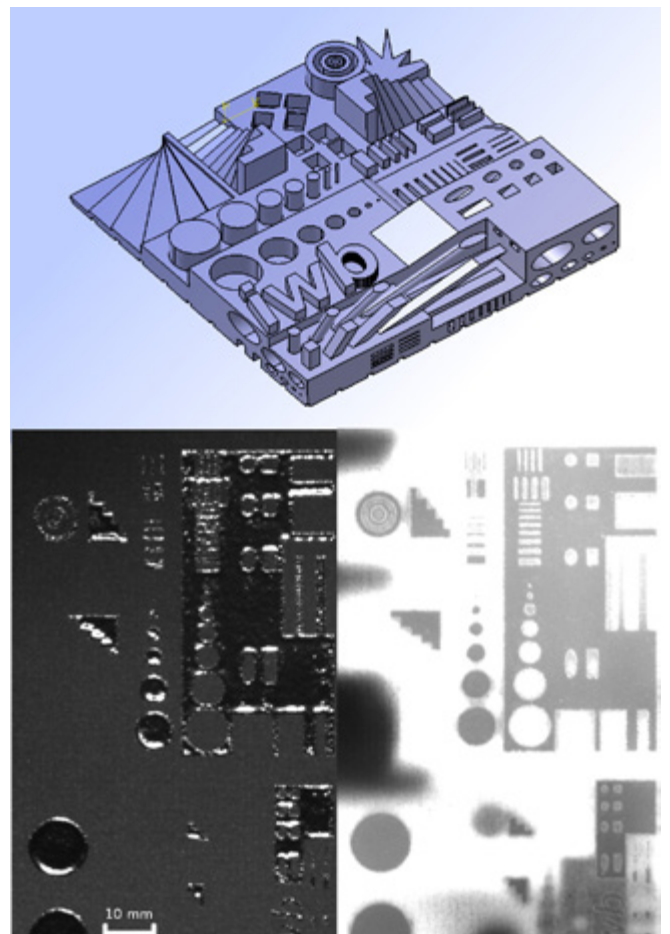


Bild 39: 3-D-Modell einer Testplattform (oben) und während des Elektronenstrahl-Schmelzprozesses entstandene Schichtaufnahme im sichtbaren (links unten) und im Nahinfrarot-Bereich (rechts unten)

einer Architektur für Qualitätsregelkreise und der Validierung anhand des Fallbeispiels Pulverauftragsschweißen wurden insgesamt vier additive Fertigungstechnologien (Selektives Laserstrahlschmelzen, Strangablegeverfahren, Elektronenstrahlschmelzen (Bild 39) und Pulverauftragsschweißen detailliert betrachtet. Es wurden unterschiedliche Sensorkonzepte (Bild 40) auf ihre Eignung zur Detektion typischer Prozessfehler geprüft und die Zusammenhänge zwischen Sensordaten und den für die jeweils betrachtete Technologie qualitätsrelevanten Prozessgrößen bestimmt.

Die Erfassung und Auswertung von Prozessdaten ermöglicht das gezielte Ergreifen von Maßnahmen zur Vermeidung von Prozessfehlern und trägt somit zur Steigerung der Produktqualität sowie zu einem verbesserten Prozessverständnis bei. Es folgte eine Umsetzung und Validierung der identifizierten Maßnahmen. Abschließender Schritt im Projekt war die Entwicklung eines Kostenkalkulationswerkzeugs für die Umsetzung einer defektfreien additiven Fertigung, das die gesamte Kette eines Auftrags für additiv gefertigte Produkte kostentechnisch abbildet.



### EcoHardCoat – Development of economically efficient thermally sprayed hardmetal coating solutions for high temperature applications

(IGF-Nr. 00.091 E / DVS-Nr. 02.091)

Laufzeit: 1. April 2013 – 31. März 2015

### Fachausschuss 2 „Thermisches Beschichten und Autogentechnik“

#### Projektkonsortium

Partner	Funktion	Land / Region
Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden	Koordinator und Forschungsstelle	Deutschland
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden	Forschungsstelle	Deutschland
AC <sup>2</sup> T research GmbH, Wiener Neustadt	Forschungsstelle	Österreich
ASMET (The Austrian Society for Metallurgy and Materials), Leoben	KMU-Forschungsverband	Österreich
Forschungsvereinigung des DVS, Düsseldorf	KMU-Forschungsverband	Deutschland

Ziel der durch die vier Forschungsinstitute (**Bild 41**) durchgeführten Projektarbeiten war die Untersuchung des Einflusses der Beschichtungspulvereigenschaften auf die Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung und das technische Leistungsvermögen hochgeschwindigkeitsflamngespritzter  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ -NiCr-Schichten.

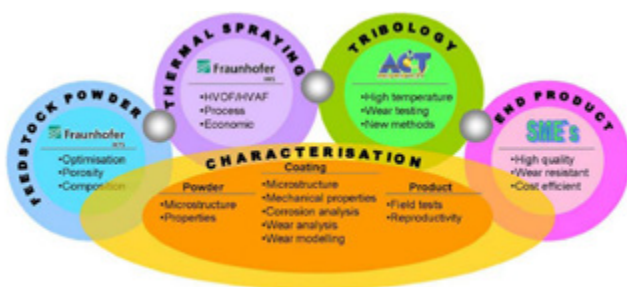


Bild 41: Die im Projekt beteiligten Forschungsstellen

Die Strukturen und Eigenschaften der kommerziellen  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ -NiCr-Spritzpulver (**Bild 42**) weisen jeweils spezifische Vor- und Nachteile bezüglich der wirtschaftlichen Parameter und Schichteigenschaften auf.

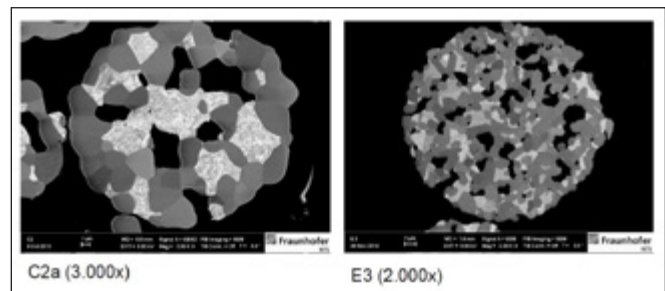


Bild 42: Vergleich kommerziell/experimentell: Stoffsystem  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ -NiCr

Die Verwendung feiner Carbidpulver, WC-Zusätze und ein möglichst geringer Bindemetallgehalt sind vielversprechende Ansätze um sowohl die technische Leistungsfähigkeit als auch die Wirtschaftlichkeit bei der Schichtherstellung zu steigern. Auftragswirkungsgrade größer 50% werden so mit flüssigbrennstoffbetriebenen Anlagen erreichbar.

Bei Schichten aus dem kommerziellen WC-haltigen Pulver kommt es im Abrasionsverschleiß bei Raumtemperatur und bei 800 °C zu einer Verbesserung des Verschleißwiderstandes um etwa 100% gegenüber reinen  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ -NiCr Schichten. Eine weitere Steigerung wurde durch den Einsatz eines experimentellen Pulvers mit nur 10% Anteil an WC und 10% Nickel als Bindemetall erzielt. Im Vergleich mit früheren Arbeiten zum Erosionsverschleiß von WC-Basis-Schichten ergaben sich hier qualitativ andere Abhängigkeiten des Volumenverschleißes vom Auftreffwinkel der Sandpartikel. Auch hier wurde für die  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ -NiCr-Schichten eine Verbesserung durch die Anwendung des kälteren HVOF-Verfahrens und eines plasmanachverdichteten Pulvers erzielt. Wiederum führten die WC-Zusätze zu einer weiteren Verbesserung des Verschleißverhaltens.

WC-haltige Zusammensetzungen erfüllen somit das Kriterium einer gleichzeitigen Verbesserung der technischen Gebrauchseigenschaften der Schichten und der Wirtschaftlichkeit bei ihrer Herstellung. Dies kann bereits mit der existierenden kommerziellen WC-haltigen Zusammensetzung erreicht werden. Die Optimierung des WC-Anteils unter Berücksichtigung der WC-Korngröße und des Bindemetallgehalts bieten das Potenzial für weitere nachhaltige Verbesserungen.

## InnoJoin – Development and evaluation of advanced welding technologies for multi-material design with dissimilar sheet metals

(IGF-Nr. 00.108 E / DVS-Nr. 05.056)

Laufzeit: 1. April 2014 – 30. Juni 2016

### Fachausschuss 5 „Sonderschweißverfahren“

#### Projektkonsortium

Partner	Funktion	Land / Region
BWI - Belgian Welding Institute, Zwijnaarde	Koordinator und Forschungsstelle	Belgien-Flandern
KU Leuven Research Group on Advanced Manufacturing	Forschungsstelle	Belgien-Flandern
Centre d'études wallon de l'assemblage et du contrôle des matériaux (CEWAC), Liège	Forschungsstelle	Belgien-Wallonien
Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF), Universität Paderborn	Forschungsstelle	Deutschland
SLV Halle GmbH	Forschungsstelle	Deutschland
Forschungsvereinigung des DVS, Düsseldorf	KMU-Forschungsverband	Deutschland

Das Forschungsprojekt hat zum Ziel, neue und komplexe Werkstücke und Produkte herzustellen, bei denen konventionelle Fügeverfahren derzeit an ihre Grenzen stoßen. Im Rahmen dieser Vorgabe werden im Verlauf des Vorhabens neue thermische Fügeverfahren mit unterschiedlichsten Reifegraden entwickelt und optimiert. Leistungsfähige Verbindungstechniken für Mischbauanwendungen werden im Rahmen ihrer Anwendung erweitert werden, um wettbewerbsfähige Produkte mit verbesserten Eigenschaften und Leistungen herzustellen

(z.B. mit reduziertem Gewicht oder geringerem Ressourcenverbrauch / geringeren Treibhausgasemissionen)

Für kleine und mittelständische Unternehmen ergibt sich aus den Projektergebnissen ein umfangreicher Erkenntnisgewinn über die technische Machbarkeit und Anwendbarkeit der betrachteten neuen Fügeverfahren für eine Reihe von klar definierten Anforderungen, insbesondere hinsichtlich der Material- und Blechdickenkombinationen. Zudem werden Verbindungseigenschaften (metallografische Struktur, Härte, mechanische Eigenschaften, Qualität) und Prozessparameter für defektfreie Verbindungsausprägungen ermittelt und charakterisiert. Die Unternehmen erhalten so die Möglichkeit, kosten- und zeitoptimiert Verbindungen von bedingt oder nicht schweißbaren Materialkombinationen (beispielsweise Mischbauverbindungen) herzustellen.

#### 2015 wurden folgende Projektarbeiten durchgeführt:

Zunächst wurden die Materialien der Werkstoffkombination „Stahl/Nichtrostender Stahl“ mittels Zugprüfungen charakterisiert. Für die in diesem Projektjahr betrachteten Fügeaufgaben der Werkstoffkombinationen Aluminium/Kupfer und Stahl/Nichtrostender Stahl wurden zunächst die Reib-, Widerstands- und Lichtbogenelemente hinsichtlich ihrer Geometrie und der Elementwerkstoffe angepasst.

Je nach Fügeverfahren wurden für die Prozessparameterbestimmung entsprechende Vorgehensweisen genutzt, welche die Verbindungsperformance unter dem Einfluss der Parameter ermitteln. Hierzu wurde bei systematischer Variation der Prozessparameter eine metallografische Analyse der Schlibbilder vorgenommen.

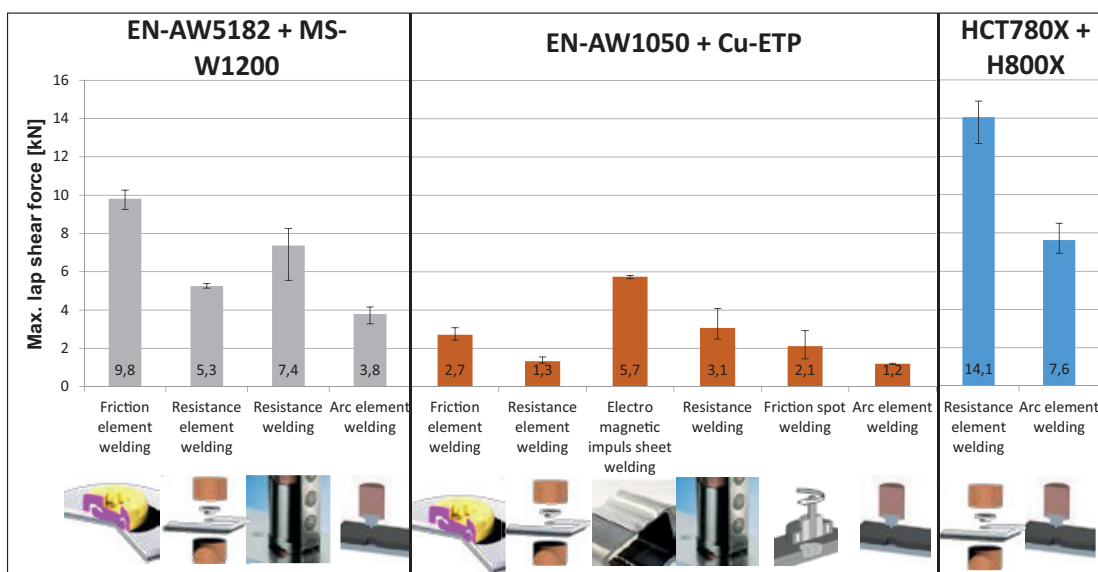


Bild 43: Abschließende Gegenüberstellung der ermittelten Maximalkräfte der schlagartigen Scherzugprüfungen

Neben den anschließend durchgeführten quasistatischen Scher-, Element- und Kreuz-Kopfzugversuchen wurden in diesem Projektjahr insbesondere Scherzugversuche unter schwingender Beanspruchung an der SLV-Halle sowie unter schlagartiger Lastaufbringung am Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik anhand der durch das gesamte Projektteam zur Verfügung gestellten Proben durchgeführt und bewertet. Abschließend wurden die ermittelten Maximalkräfte der schlagartigen Scherzugprüfungen gegenüber gestellt (Bild 43).

### ZeDeMAB – Zero defect manufacturing in adhesive bonding

(IGF-Nr. 00.120 EN / DVS-Nr. 08.092)

Laufzeit: 1. Mai 2014 – 30. April 2016

### Gemeinschaftsausschuss „Klebtechnik“ (GA-K)

#### Projektkonsortium

Partner	Funktion	Land / Region
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen	Koordinator und Forschungsstelle	Deutschland
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken	Forschungsstelle	Deutschland
Flanders' DRIVE, Lommel	Forschungsstelle und KMU-Verband	Belgien-Flandern
Forschungsvereinigung des DVS, Düsseldorf	KMU-Forschungsverband	Deutschland

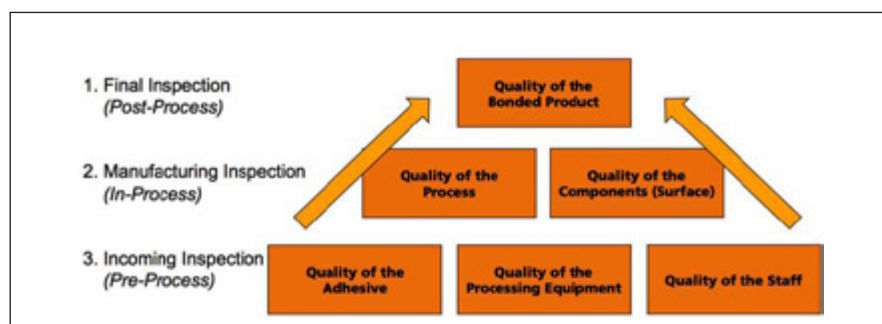


Bild 44: Qualitätselemente in der klebtechnischen Fertigung

Das CORNET-Projekt zielt auf die exemplarische Erarbeitung eines ganzheitlichen Qualitätsmanagement-Konzepts für Klebprozesse ab. Bild 44 zeigt schematisch die bestimmenden Qualitätselemente. ZeDeMAB fokussiert auf die Möglichkeiten und Einschränkungen von kleineren und mittleren Unternehmen im Umfeld des Automobilbaus wie dem Sonderfahrzeugbau. Das Konzept verbindet Aktivitäten vor dem Fertigungsbeginn (Konstruktion, Klebstoffe, Fertigungseinrichtungen,

Personalqualifikation) mit dem eigentlichen Fertigungsprozess (Klebprozess, Fügeteile) und der Produktqualität (Leistungsfähigkeit, Lebensdauer). Mit neuen Verfahren wird die Prozessfähigkeit der Dosier-, Misch- und Applikationseinrichtung untersucht, die Oberflächen der Fügeteile und gegebenenfalls deren Vorbehandlung überwacht und die Eigenschaften der Klebfuge zerstörungsfrei ermittelt. Zusätzliche Informationen für die Konstruktion liefern Prüfungen nach beschleunigter Alterung unter Last (Highly Accelerated Lifetime Testing „HALT“).

Anhand einer Auswahl repräsentativ gestalteter Demonstratoren werden branchentypische klebtechnische Aufgabenstellungen untersucht und KMU-taugliche Lösungen zur Qualitätsmaximierung erarbeitet. Robustheit und flexible Verwendbarkeit der Lösungen bei günstiger Kostenstruktur werden prioritär bewertet.

ZeDeMAB besteht aus sechs Arbeitspaketen Forschung, einem Arbeitspaket Ergebnistransfer und einem Arbeitspaket Projektmanagement.

#### Projektarbeiten im Jahr 2015 und erzielte Ergebnisse:

Im Rahmen der weiteren Projektarbeiten wurde eine neue Methode zur Quantifizierung der Dosiergenauigkeit von 2K-Dosieranlagen entwickelt. Dabei wurde eine spezielle Düse konstruiert, welche an Stelle des Mischers eingebaut die beiden Komponenten separat unter Betriebsbedingungen (gleiche Drücke wie mit nachgeschaltetem Mischer) applizieren kann. Die separat aufgetragenen Raupen der beiden Komponenten wurden mittels eines Laserscanners quantitativ untersucht. Die einzelnen Komponenten zeigten infolge der unterschiedlichen

rheologischen Eigenschaften ein deutlich asynchrones Austrittsverhalten, das in der Praxis zu Dosierungsfehlern von bis zu einer Sekunde führen kann. Mit Hilfe der Messergebnisse wurde die untersuchte Dosieranlage auf den verwendeten Klebstoff optimiert.

Darüber hinaus wurden verschiedene oberflächen-analytische Methoden vor dem Hintergrund ihrer prinzipiellen Eignung für den betrieblichen Alltag in KMU (beispielsweise Integration in den Fertigungsprozess, Investitions- und Betriebskosten) untersucht. Der für

den konkreten Anwendungsfall vorgesehene Prüfschritt muss ohne Beeinträchtigung die für den nachfolgenden Klebprozess geeigneten Komponenten von ungeeigneten Komponenten unterscheiden können. Dagegen sollen letztere einen vorbereitenden Prozessschritt (Reinigung / Vorbehandlung der Klebflächen) durchlaufen, bevor sie erneut dem Prüfschritt zugeführt werden. Es wurden geeignete Verfahren identifiziert und für die konkreten Demonstratoren erfolgreich konfiguriert.



NDT-Untersuchungen verdeutlichten die bestehenden Schwierigkeiten in der Erkennung von Fehlern in Klebverbindungen der Demonstratoren. Eine große Palette möglicher Verfahren ist vorhanden, deren Eignung für einen konkreten Anwendungsfall jedoch weiterhin sorgfältig bewertet werden muss.

Die Geometrie der gefügten Bauteile, Effekte wie Schwankungen der Klebschichtdicke, der Vorbehandlung und dergleichen, die an gezielt „nicht perfekten“ Prüfkörpern betrachtet wurden, weisen auf die begrenzte Übertragbarkeit einer Lösung für eine konkrete Aufgabenstellung auf andere hin.

## 2SlaC – Two step laser coating for 3D surfaces and large areas

(IGF-Nr.: 00.145 E / DVS-Nr.: 06.103)

Laufzeit: 1. Juli 2015 – 30. Juni 2017

### Fachausschuss 6 „Strahlverfahren“

#### Projektkonsortium

Partner	Funktion	Land / Region
EMRA – Environmental and Materials Research Association, Mons	Koordinator	Belgien
CRIBC – Centre de Recherches de l'Industrie Belge de la Céramique, Mons	Forschungsstelle	Belgien
Forschungsvereinigung des DVS, Düsseldorf	KMU-Forschungsverband	Deutschland
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT), Aachen	Forschungsstelle	Deutschland

In dem Projekt 2SlaC wird ein neues laserstrahlbasiertes Beschichtungsverfahren für die Herstellung dünner (20 - 300 µm) und großflächiger Beschichtungen untersucht. Die Beschichtung erfolgt in einem 2-stufigen Verfahren.

Zunächst wird der Beschichtungswerkstoff in einem Sprühvorgang vollflächig auf dem Substrat aufgebracht, getrocknet und anschließend mit dem Laserstrahl funktionalisiert. Der Laserstrahl schmilzt sowohl das Additivmaterial als auch eine Randschicht des Substrates auf, sodass eine metallurgische Anbindung zwischen Schicht und Substrat gewährleistet wird. Anwendungen liegen im Bereich des Verschleiß- oder Korrosionsschutzes.

Ein wichtiges Entwicklungsziel ist dabei, die Oberflächengüte der Beschichtung so einzustellen, dass eine Nachbearbeitung vermieden wird. Ziel ist eine Reduktion der Rauheit unter  $R_a = 0,5 \mu\text{m}$  bei gleichzeitig hoher Flächenbeschichtungsrate  $A^\circ > 0,5 \text{ cm}^2/\text{s}$ . Die Entwicklung einer geeigneten Suspension/Emulsion für den Sprühprozess durch Auswahl von geeigneten

Additiven, Lösungsmitteln, Stabilisatoren ist ein wesentlicher Aspekt für ein reproduzierbares Beschichtungsverfahren. Die Funktionalisierung erfolgt durch einen Scanner, mit dem der Laserstrahl flexibel über das Werkstück geführt werden kann. Aufgrund der hohen Ablenkgeschwindigkeiten können wesentlich höhere Flächenbeschichtungsrate erzielt werden als es mit einer konventionellen achsgeführten Festoptik möglich ist.

Seit dem Projektstart wurden erste Untersuchungen hinsichtlich der Deposition des Additivmaterials als auch des Laserstrahlprozesses durchgeführt. Als Additivmaterial wurde eine NiCr (80/20%) Legierung verwendet. Diese wurde mittels eines wasserbasierten Sprühverfahrens auf ein Stahl-Substrat aufgebracht und durch Pressluft getrocknet. Die Trockenschichtdicken betragen hierbei  $80,4 \pm 10,4 \mu\text{m}$ . Das Laserstrahlumschmelzen erfolgt mit zwei Lösungsansätzen. Zum einen wird der Prozess in einer Schutzgaskammer durchgeführt. Zum anderen wird mit einer lokalen Schutzgaszuführung gearbeitet, um den Beschichtungsprozess auch an großen Bauteilen, welche nicht in einer Schutzgaskammer bearbeitet werden können, anzuwenden.

Das Additivmaterial wird bei beiden Ansätzen vollständig aufgeschmolzen und weist nach dem Erstarren eine metallurgische Anbindung an das Substrat auf (Bild 45). Die Dichte der Schicht liegt nahe 100%, vereinzelt treten Poren und Einschlüsse auf. Die Schichtdicke beträgt 40 – 60 µm. Die Aufmischung mit dem Substrat beträgt etwa 5 %. Das Hauptelement Fe des Substrates ist homogen in der Beschichtung verteilt. In Zusammenarbeit mit dem PA wurde eine Liste der als wirtschaftlich relevant erachteten Materialien sowohl für das Substrat als auch für die Beschichtung ausgearbeitet. Im Jahr 2016 wird zunächst eine NiBSi-Legierung mit einer Härte um 20 HRC als Additivmaterial verwendet. Am Beispiel dieser Legierung sollen Parameter für hohe Flächenraten und gute Oberflächenqualität erarbeitet werden und diese später auf weitere Werkstoffe übertragen werden.

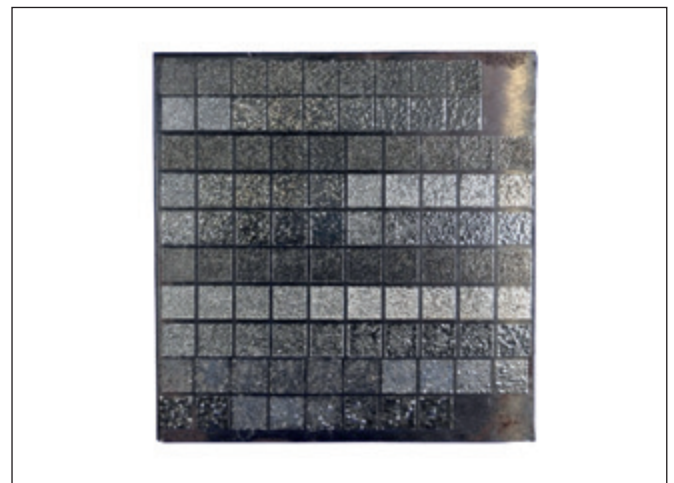


Bild 45: Laserbearbeitete Flachprobe mit unterschiedlichen Oberflächengüten Substrat S235; Additivmaterial Ni/Cr



### 5<sup>th</sup> General Assembly der Sub-Plattform Joining vom 20. November 2015, Brüssel

Derzeit zählt die Sub-Plattform Joining fast 700 Mitglieder. Diese unterteilen sich in verschiedenste Branchen, die von der Füge-technik profitieren (Bild 46).

#### Ziele:

- Realisieren eines JOINING Netzwerks
- Erstellen einer Strategic Research Agenda (SRA) als Beratungsdokument
- Fördern von Allianzen zum Wohle wirtschaftlicher, sozialer und Umweltaspekte

#### Maßnahmen:

- Fortschreibung der SRA (Update für 2018-2020)
- Weitere Erhöhung der Mitgliederzahlen
- In Abstimmung mit der Europäischen Kommission die Sichtbarkeit und Bedeutung der Füge-technik erhöhen

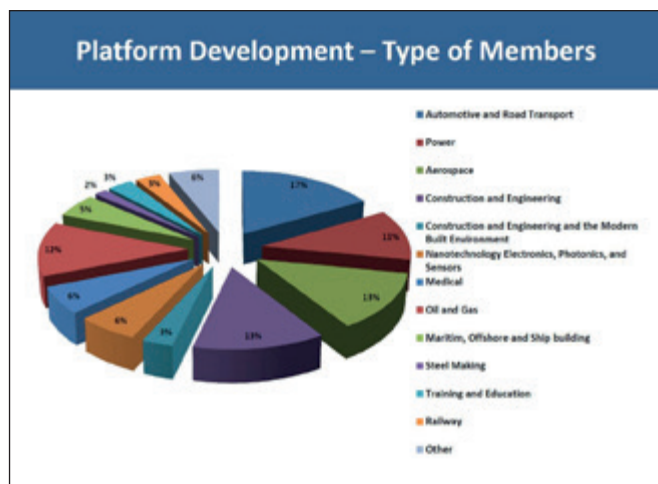


Bild 46: Aktuelle Zusammensetzung der Mitglieder nach Branchen

Von der Europäischen Kommission wird das Förderprogramm Horizon 2020 fortgeschrieben. Für die Forschungsaufufe („Calls“) der Jahre 2018-2020 sind noch inhaltliche Festlegungen zu treffen. Das ist eine große Chance für die Füge-technik. Die Europäische Kommission bittet hierfür die Sub-Plattform Joining um Unterstützung. Zusammengefasste Informationen aus der Strategic Research Agenda dienen als Basis, um fügetechnische Inhalte für diese Calls zu begründen. Von der Sub-Plattform Joining wird dafür bis Juni 2016 ein Direct Advising Document

erwünscht, welches diesen fügetechnischen Forschungsbedarf konkretisiert.

Als aktueller Forschungsbedarf werden u.a. Themen wie Rückbau, digitale Fabrik und alternative Energieerzeugung diskutiert.

Die Forschungsvereinigung plant, hierfür unter anderem die Ergebnisse der Studien „Fügetechnik für die Windenergie“ und „Industrie 4.0 – Bedeutung für die Füge-technik“ im Rahmen der neuen Strategic Research Agenda zu platzieren.

Zur weiteren Begründung fügetechnischer Inhalte wurde von deutschen Unternehmen im Rahmen der 5. General Assembly Forschungsbedarf vorgetragen, für die Bereiche Stahlbau/Rohrleitungsbau durch das Unternehmen Valourec, sowie im Bereich Lichtbogenschweißen (auch unter Berücksichtigung von Fragestellungen zum Thema „Arbeitsschutz“) durch das Unternehmen Abicor Binzel. Bei der Verarbeitung von hochfesten Stählen, hier insbesondere bei höchstfesten Güten, gilt es eine geeignete Prozesstechnik zu erarbeiten, die es erlaubt, die Vorteile dieser Werkstoffe auch in der Anwendung zu nutzen. Hierzu bedarf es sowohl neuer Konstruktionsrichtlinien als auch neuer Berechnungswerkzeuge.

#### Als besondere Forschungsthemen werden benannt:

- Das Lichtbogenschweißen
- Das Fügen verschiedenartiger Werkstoffe durch Schweißen
- Digitale Fabrik
- Korrosions- und Festigkeitsanforderungen
- Energieeffiziente Fabrik
- Alternative Energieerzeugung

Die Füge-technik ist grundsätzlich als gleichwertiges Produktionsverfahren in die Produktion zu integrieren. Dabei sind sowohl der Faktor „Mensch“ als auch der Faktor „Energie“ zu berücksichtigen. Konventionelle Schweißprozesse sollen bei diesen Überlegungen nicht ausgegrenzt werden. Gerade das Lichtbogenschweißen hat heute eine herausragende Bedeutung. Lichtbogenverfahren werden zunehmend automatisiert und hinsichtlich Arbeitsschutzaspekten fortlaufend optimiert.

Das 6. General Assembly Meeting wird am **17. Juni 2016 in Brüssel** stattfinden.

Eine Zielsetzung dabei ist es, die Strategy Research Agenda zu überarbeiten sowie daraus ein Direct Advising Document für die Horizon 2020 – Calls der Jahre 2018 und 2020 zur Verfügung zu stellen.

Die Sub-Plattform „Joining“ lädt fortlaufend interessierte Experten aus Industrie und Wissenschaft ein, die europäischen Aktivitäten mit zu unterstützen und sich für die Plattform zu registrieren.

Internet: [www.joining-platform.com](http://www.joining-platform.com)

# Die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung

## Die Fachausschüsse

Für eine effiziente und erfolgreiche kooperative Forschungsförderung ist es von entscheidender Bedeutung, dass ein enger Kontakt zwischen der Forschungsvereinigung, der Industrie und den Forschungsstellen besteht. Ein solches Netzwerk garantiert, dass die Unternehmen mit ihren Forschungsanliegen Gehör finden und ein kontinuierlicher technisch-wissenschaftlicher Gedankenaustausch zwischen allen Akteuren stattfindet. Diese Verantwortung obliegt als Gremienauftrag den Fachausschüssen der Forschungsvereinigung (Bild 47), die das gesamte Spektrum der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung repräsentieren und vertreten. Die Aktivitäten konzentrieren sich dabei auf die Planung, Begleitung, Steuerung und Bewertung von Forschungsprojekten. Darüber hinaus haben die Fachausschüsse entscheidenden Einfluss auf den Prozess des Ergebnistransfers in die Unternehmen und andere Maßnahmen, zum Beispiel im DVS-Netzwerk.

schüssen der Forschungsvereinigung (Bild 47), die das gesamte Spektrum der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung repräsentieren und vertreten. Die Aktivitäten konzentrieren sich dabei auf die Planung, Begleitung, Steuerung und Bewertung von Forschungsprojekten. Darüber hinaus haben die Fachausschüsse entscheidenden Einfluss auf den Prozess des Ergebnistransfers in die Unternehmen und andere Maßnahmen, zum Beispiel im DVS-Netzwerk.

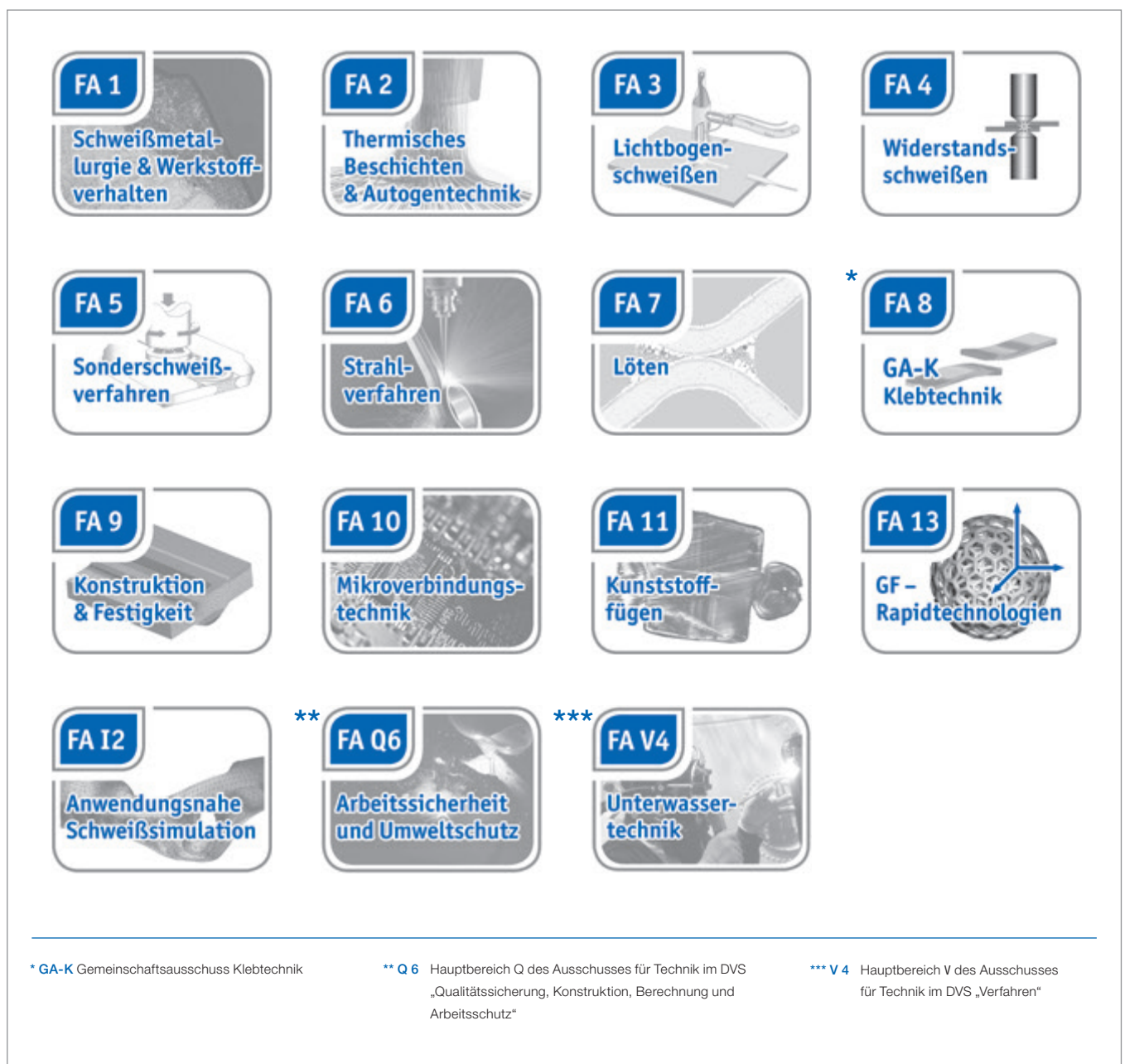


Bild 47: Die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung

## Fachausschuss 1 „Schweißmetallurgie und Werkstoffverhalten“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck**

T +49. (0)2 11. 15 91-173

F +49. (0)2 11. 15 91-200

jens.jerzembeck@dvs-hg.de

### Vorsitzender Dr.-Ing. Martin Schmitz-Niederau

voestalpine Böhler Welding GmbH, Hamm

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

**Stellvertretender Vorsitzender N.N.**

### Korrespondierende Gremien

#### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik im DVS

- W1 „Technische Gase“
- W2 „Schweißen von Gusswerkstoffen“
- W3 „Fügen von Metall, Keramik und Glas“
- W4 „Fügen von Kunststoffen“
- W5 „Schweißzusätze“
- W6 „Schweißen von Aluminium und Magnesium“

[www.dvs-aft.de/Aft/W/W1](http://www.dvs-aft.de/Aft/W/W1)

[www.dvs-aft.de/Aft/W/W2](http://www.dvs-aft.de/Aft/W/W2)

[www.dvs-aft.de/Aft/W/W3](http://www.dvs-aft.de/Aft/W/W3)

[www.dvs-aft.de/Aft/W/W4](http://www.dvs-aft.de/Aft/W/W4)

[www.dvs-aft.de/Aft/W/W5](http://www.dvs-aft.de/Aft/W/W5)

[www.dvs-aft.de/Aft/W/W6](http://www.dvs-aft.de/Aft/W/W6)

#### IIW – Gremien (International Institute of Welding)

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

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

### Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Der Fachausschuss 1 beschäftigt sich mit Fragestellungen zur Metallurgie und zum Werkstoffverhalten geschweißter Werkstoffe. Dabei stehen die durch den Schweißprozess hervorgerufenen lokalen Werkstoffveränderungen, welche die Prozessergebnisse in Bezug auf die Eigenschaften des Bauteils maßgeblich bestimmen, im Fokus des Interesses. Dies beinhaltet die Bewertung sowohl thermischer, metallurgischer als auch mechanischer Einflüsse unmittelbar vor, während und nach der Ausführung des Schweißprozesses auf die Werkstoffeigenschaften des Bauteils.

Ziel ist es, sichere Aussagen über die im Schweißprozess beeinflussten Werkstoffe und somit ihre schweißmetallurgische Anwendbarkeit in Produkten zu treffen. Zu berücksichtigen sind dabei sowohl Grund- als auch Zusatzwerkstoffe sowie Hilfsstoffe.

Fragestellungen im Fachausschuss 1 grenzen sich von prozessspezifischen Fragestellungen ab. Berücksichtigung finden jedoch prozessspezifische Randbedingungen, die einen Einfluss auf die Schweißmetallurgie haben.

### Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Tiefergehende Erkenntnisse über das schweißmetallurgische Verhalten und die technologischen Eigenschaften von Werkstoffen
- Fragen zur Eignung neu entwickelter Werkstoffe für die schweißtechnische Verarbeitung
- Einflüsse thermischer, mechanischer oder thermo-mechanischer Maßnahmen vor, während und nach dem Schweißprozess
- Fragen zu speziellen kurzzeit-metallurgischen Vorgängen, langfristigen Werkstoffveränderungen im Gebrauch, werkstoffmechanischen und anderen Wirkungen beim Schweißen (z. B. Eigenspannungen, Rissbildung, Erstarrung, Ermüdungsverhalten)
- Erarbeiten werkstoffkundlicher Zusammenhänge bei thermischen Fertigungsprozessen
- Beeinflussen des Werkstoff- und Gebrauchsverhaltens geschweißter Bauteile
- Entwickeln von Methoden und Maßnahmen zur Qualitätssicherung und -kontrolle
- Einsatz und Modifikation thermischer Fertigungsprozesse zur gezielten metallurgischen Beeinflussung der Werkstoffe



- Metallurgisches Beeinflussen der Füge- und Beschichtungszone durch Zusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe
- Entwickeln und Qualifizieren anforderungsgerechter Zusatzwerkstoffe mit speziellen Füge- und Beschichtungseigenschaften
- Untersuchen des Fügeverhaltens von Werkstoffverbunden und Verbundwerkstoffen
- Optimieren und Bewerten der Eigenschaften geschweißter Verbindungen durch angepasste thermische und/oder mechanische Vor- bzw. Nachbehandlungsprozesse
- Schnelles Anwenden und Implementieren/Verbreiten von neuen Erkenntnissen durch den Aufbau und die Nutzung wissensbasierter Systeme (Datenbanken, Expertensysteme etc.) und neuer Simulations- und Modellierungstechnologien
- Fragen zur Arbeits- und Prozesssicherheit, welche durch werkstoffbezogene Größen beeinflusst werden

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Ressourceneffizientes und werkstoffgerechtes Fügen von hochbeanspruchten Stählen

(IGF-Nr. 17.430 BG / DVS-Nr. 01.079)

Laufzeit: 1. September 2012 – 31. August 2014

Prof. Dr.-Ing. R. Stark, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb, TU Berlin

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

Prof. Dr.-Ing. F. Vollertsen, BIAS – Bremer Institut für angewandte Strahltechnik

Zum Fügen verzinkter Stähle sowie pressgehärteter Stahlbleche wurden leistungsfähige Lichtbogen- und Laserverfahren mit Zusatzwerkstoffen auf Kupferbasis eingesetzt und an die spezifischen Anforderungen beim Löten angepasst. Hohe Prozesseffizienz und Prozessgeschwindigkeit führte zu geringem Wärmeeintrag. Dadurch konnte der Abbrand von Schutzschichten hochbeanspruchter Stahlgüten im Vergleich zu alternativen Schweißverfahren deutlich vermindert werden. Bei der Prozessentwicklung wurden zudem Positionstoleranzen berücksichtigt, womit den Anforderungen hinsichtlich robuster Prozessführung aus Sicht der Anwender entsprochen wurde. Zudem wurde erstmalig gezeigt, dass unter Verwendung eines höherfesten kupferbasierten Lotwerkstoffs auch pressgehärtete Stähle anforderungsgerecht gefügt werden können.

Die als potenzieller Anwendungsfall identifizierte Mischverbindung aus DC04 und 22MnB5 wurde sowohl in der Anordnung

mit dem hochfesten Stahl als Unterblech, als auch als Oberblech untersucht. In der Anordnung mit dem hochfesten Stahl als Oberblech und der Verwendung des konventionellen CuSi3Mn1-Lotes (**Bild 48**) wurden geringfügig niedrigere Festigkeiten als die des niederfesten Grundwerkstoffs erzielt. Dabei wurde ein Versagen der Fügeverbindung am Übergang zum hochfesten Oberblech beobachtet. Unter Verwendung des höherfesten Lotes CuMn13Al8 wurde dies vermieden und ein Versagen der Mischverbindung im niederfesten Grundwerkstoff erreicht. In der Anordnung mit dem niederfesten Stahl als Oberblech wurde sowohl unter Verwendung des konventionellen als auch mit dem höherfesten Lot eine Verbindungsfestigkeit oberhalb der des niederfesten Grundwerkstoffs erreicht. Mit den untersuchten Hochleistungs-Lötverfahren wurden anforderungsgerechte Fügeverbindungen der unterschiedlichen Stahlgüten realisiert.

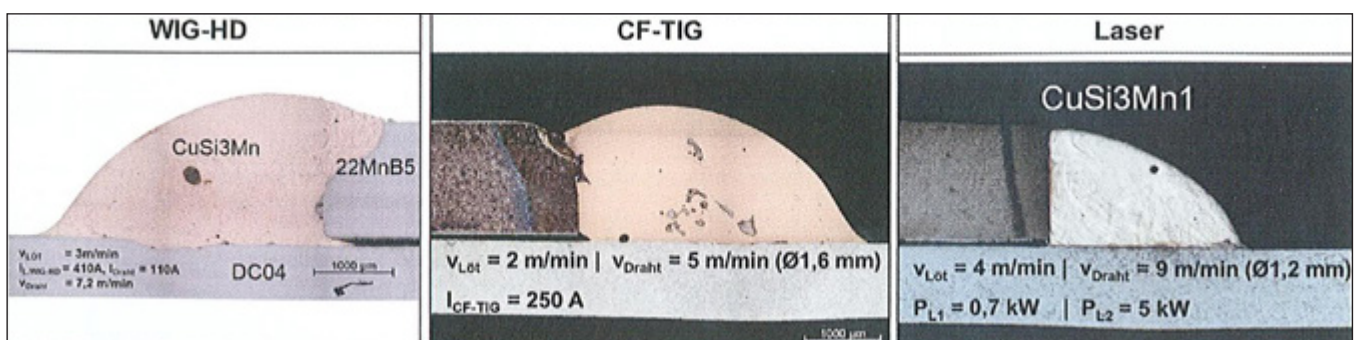


Bild 48: Querschliff der mittels WIG-Heißdraht (WIG-HD), kathodenfokussiertem WIG (CF-TIG) und Zweistrahl-Laser (Laser) mit CuSi3Mn1-Lot gelöteten Überlappverbindung der Werkstoffkombination 22MnB5 (Oberblech) und DC04 (Unterblech)

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. (FH) Ingo Frischkorn, Alexander Binzel GmbH und Co KG, Buseck:

„Der im Forschungsprojekt erarbeitete umfassende Vergleich verschiedener Technologien liefert uns durch die detaillierte Darstellung der verfahrensspezifischen Vorteile und Grenzen wertvolle Daten für relevante Anwendungen im Dünnblechbereich. Das Forschungsprojekt leistet dabei insbesondere auch einen wichtigen Beitrag, den Technologiewettbewerb zwischen Laserstrahl- und Lichtbogenanwendungen zu systematisieren. Die ermittelten Vergleichsdaten bieten darüber hinaus hilfreiche Unterstützung für kundenspezifische Anwendungen, die jeweils geeignete Technologie auszuwählen, und erleichtern das Erarbeiten optimaler Prozessparameter.“

### Henning Schuster, Kjellberg Finsterwalde Plasma und Maschinen GmbH, Finsterwalde:

„Die im Projekt erarbeiteten Erkenntnisse zum Fügen hochbeanspruchter Stähle unter Nutzung höherfester Kupfer-Aluminium Lote fließen direkt in die Weiterentwicklung der CF-TIG InFocus Brenner-Technologie und Prozessentwicklung ein. Durch den direkten Vergleich der Fügeverfahren und der entwickelten Parameterbereiche sind die Randbedingungen für die Entwicklung von sicheren Arbeitsbereichen dargestellt. Hinsichtlich der Brennerentwicklung sind Rückschlüsse auf zum Löten vorteilhafte Lichtbogeneigenschaften, insbesondere bei der Energieverteilung, abzuleiten. Diese Erkenntnisse sind bereits in die Entwicklung von Elektroden bestehender und zukünftige Brenner der InFocus Produktserie eingeflossen.“

### Dr.-Ing. Roland Dierken, ERLAS Erlanger Lasertechnik GmbH, Erlangen:

„Die Ergebnisse sind für die ERLAS – Erlanger Lasertechnik GmbH insofern sehr interessant, als das verwendete Verfahren unsere Kernkompetenz um eine Facette erweitert und dem bekannten Lötverfahren im PKW-Außenhautbereich ähnelt. Das heißt, dass wir damit in der Lage sind, unseren (Automobil- und Automobilzuliefer-) Kunden sowohl in der Auftragsfertigung (Laserstrahl-Lohnlöten) als auch in dem Aufbau von Fertigungszellen eine zusätzliche Lösung bzw. Möglichkeit zum Fügen höherfester Stähle bieten zu können. Im Falle der Auftragsfertigung wäre die erforderliche Systemtechnik bereits vorhanden und könnte bei Bedarf auch kurzfristig eingesetzt werden.“

### Dr.-Ing. Daniel Reitemeyer, Scansonic MI GmbH, Berlin:

„Das Forschungsprojekt hat gezeigt, dass das Zweistrahl-Laserstrahllöten mit höherfesten Lotwerkstoffen geeignet ist, das Laserstrahllöten auch beim Einsatz von hochfesten Werkstoffen einzusetzen. Dem Konstrukteur wird dadurch aufgezeigt, welche neuen Möglichkeiten er hat, Blechpaarungen mit diesen Werkstoffen zu verbinden, und wie dabei die Spaltüberbrückbarkeit und die Oberflächenqualität des Laserstrahlötens nutzbar gemacht werden. Als ein Bearbeitungskopferhersteller, der auch Zweistrahl-Lötoptiken im Portfolio hat, hat dieses technische Potenzial im Falle der Umsetzung durch die Anwender auch ein zusätzliches wirtschaftliches Potenzial.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

01.091  
18.172 B **Entwicklung hochverschleißfester Hartauftragungen mit guter Zerspanbarkeit**

Dr. rer. nat. Reif, CeWOTec Chemnitz

Beginn: 01.05.2015 Laufzeitende: 30.04.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.172B>

01.088  
18.596 B **Ermittlung geeigneter Wärmeführungen zur Wasserstoffreduktion beim Schweißen höherfester Feinkornbaustähle mit modifiziertem Sprühlichtbogen**

Prof. Dr.-Ing. habil Kannengießer, BAM, Berlin

Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg

Beginn: 01.01.2015 Laufzeitende: 31.12.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.596B>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

- 01.084  
17.524 N **Untersuchung des Einflusses der materialabhängigen Eigenschaften von Aluminiumdrahtelektroden auf die Stabilität und das Schweißergebnis bei Schutzgasschweißprozessen**
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen
- Beginn: 01.12.2013 Laufzeitende: 31.05.2016
- Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.524N>
- 01.083  
17.843 N **Standzeitverlängerung von Druckgusswerkzeugen aus Warmarbeitsstählen durch regeneratives Elektronenstrahlschweißen mit lokaler prozessintegrierter Wärmebehandlung**
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Dilger, IFS Braunschweig
- Beginn: 01.12.2013 Laufzeitende: 31.03.2016
- Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.843N>
- 01.089  
18.390 B **Erhöhung der Beständigkeit gegenüber Porenbildung beim MSG- und UP-Schweißen von Super-Duplexstahl (SDSS)**
- Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg
- Beginn: 01.10.2014 Laufzeitende: 30.09.2016
- Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.390B>



## Fachausschuss 2 „Thermische Beschichtungsverfahren & Autogentechnik“



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

### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck**

T +49. (0)2 11. 15 91-173

F +49. (0)2 11. 15 91-200

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

### Vorsitzender Dr.-Ing. Gerhard Blossies

Nova Werke AG, Effretikon (CH)

### Stellvertretender Vorsitzender Werner Krömmer

Linde AG (Geschäftsbereich Linde Gas), 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 „Thermisches Spritzen und thermisch gespritzte Schichten“

[www.dvs-aft.de/Aft/V/V7](http://www.dvs-aft.de/Aft/V/V7)

#### IIW-Gremien (International Institute of Welding)

- Commission I „Thermisches Schneiden und Beschichten“

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

### Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Die Zielsetzung des Fachausschusses 2 ist es, die Prozesseffizienz thermischer Spritzprozesse zu steigern sowie neue Anwendungsfelder für diese Technologien zu etablieren.

Der Fachausschuss befasst sich daher mit thermisch gespritzten Schichtsystemen, den zugehörigen Verfahren gemäß prEN 657:2012 sowie mit alternativen Beschichtungsverfahren, z.B. dem Auftragschweißen. Diese alternativen Schichtlösungen werden als Ergänzung zu thermisch gespritzten Schichten untersucht.

Bei der Optimierung von Verfahren und Schichtlösungen stehen Praxisbezug und Verwertbarkeit für KMUs im Vordergrund. Die Aktivitäten des Fachausschusses unterstützen unter anderem die Darstellung von Einsatzmöglichkeiten thermisch gespritzter Schichten und geben auch eine Hilfestellung bei der Schichtauswahl im Vergleich zu den durch alternative Verfahren erzeugten Schichten. Dabei werden auch Kostengesichtspunkte zur Werkstoff- und Verfahrensoptimierung berücksichtigt. Themenstellungen zu Dünnschichttechnologien wie PVD und CVD sind nicht Gegenstand der Forschungsaktivitäten.

### Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Neue Werkstoffe und Werkstoffkombinationen
- Verbundwerkstoffe
- Modifikation schwer spritzbarer Werkstoffe
- Entwickeln neuer Anwendungsgebiete und neuer Funktionalitäten
- Steigern der Prozesseffizienz und -wirtschaftlichkeit
- Abgrenzen und Anwenden der unterschiedlichen Spritzverfahren, z. B. Kaltgasspritzen, Suspensionsspritzen, Innenbeschichtungen, Mehrlagenschichtsysteme, dünne Schichten
- Verfahren zum Vorbereiten von Oberflächen für das thermische Spritzen
- Verfahren zum Nachbearbeiten von thermisch gespritzten Schichten
- Versiegeln von thermischen Spritzschichten
- Vergleichende Untersuchungen der Verfahren hinsichtlich Schichteigenschaften
- Hybridverfahren
- Steigern der Energie- und Ressourceneffizienz
- Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
- Verfahren einer kostengünstigen Qualitätssicherung für mittelständische Unternehmen
- Untersuchen der Emissionsbelastungen von Personal und Umwelt (z. B. Staub, Lärm, Strahlung)
- Entsorgen von Spritzstäuben

## Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

### Laserunterstütztes Drehen als Verfahren zur Nachbearbeitung thermisch gespritzter Metallmatrix-Verbundschichtsysteme

(IGF-Nr. 17.079 N / DVS-Nr. 02.073)

Laufzeit: 1. Oktober 2012 – 30. September 2014

Prof. Dr.-Ing. K. Bobzin, IOT – Institut für Oberflächentechnik der RWTH Aachen University

Prof. Dr.-Ing. F. Klocke, Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie IPT, Aachen

Dr.-Ing. A. Richter, Forschungsvereinigung Programmiersprachen für Fertigungseinrichtungen e. V. (FVP), Aachen

Das Projekt zielte auf die Entwicklung einer effizienten Fertigungs- und Reparaturprozesskette für das thermische Spritzen ab. Dabei lag ein Schwerpunkt auf der Erforschung des laserunterstützten Drehens von thermisch gespritzten Metallmatrix-Verbundwerkstoffen (MMC). Zusätzlich wurden Softwareentwicklungen durchgeführt, welche eine effiziente Roboter- bzw. CNC-Maschinenbahnführung für die Fertigungsaufgaben verwirklichen sollten. Zum Erreichen dieses Ziels wurden im Rahmen des Projekts verschiedene MMC-Schichtsysteme wie WC10Co4Cr mittels HVOF-Spritzens hergestellt und charakterisiert. Anschließend wurden Prozessentwicklungen zum laserunterstützten Drehen dieser Schichtsysteme durchgeführt

(Bild 49). Die Ergebnisse zeigen, dass sich die hergestellten Schichtsysteme mit geeigneten Prozessparametern und Werkzeugen gut bearbeiten lassen. Eine dem Schleifen vergleichbare Oberflächenqualität kann erreicht werden. Des Weiteren können mithilfe des laserunterstützten Drehens beschichtete Bauteile entschichtet werden, zum Beispiel für Reparaturmaßnahmen. In Demonstrator tests wurde das Potenzial der Softwareentwicklung unter Beweis gestellt. Dabei wurde gezeigt, dass mit einer gut gepflegten Datenbasis die Laserparameter automatisiert ausgelesen und der Fertigung in einem handelsüblichen CAM-System bereitgestellt werden können.

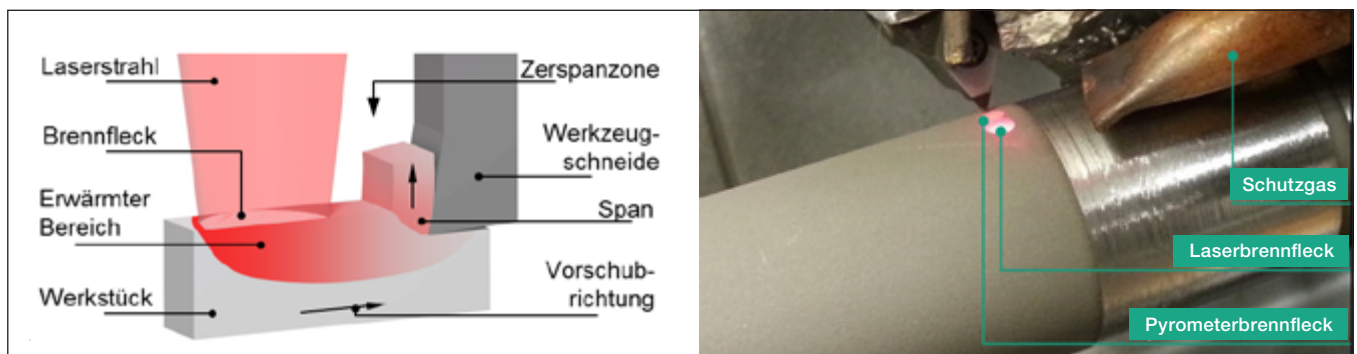


Bild 49: Schematische Darstellung und Versuchsaufbau zum laserunterstützten Drehen

## Meinungen aus den Unternehmen

### Alex Kalawrytinios, Pallas Oberflächentechnik GmbH & Co. KG, Würselen:

„Die im Rahmen dieses Projekts erarbeiteten Erkenntnisse über die mechanische Verarbeitbarkeit von MMC-Beschichtungen sind bei unserem Beschichtungsservice sehr hilfreich. Mit diesen Ergebnissen können wir die Anwendung der untersuchten Beschichtungen deutlich erweitern.“

### Dr. Joachim Kübler-Tesch, Diamant-Gesellschaft Tesch GmbH, Ludwigsburg:

„Dieses IGF-Projekt war für uns als Hersteller von diamantbasierten Werkzeugen sehr erfolgreich. Das Projekt hat uns ge-

zeigt, inwieweit unsere Diamantwerkzeuge für die Verarbeitung von MMC-Beschichtungen geeignet sind und welche Besonderheiten bei so einem Einsatz beachtet werden müssen.“

### Karl Imbusch, EXAPT Systemtechnik GmbH, Aachen:

„Der im Rahmen dieses Projekts entwickelte Demonstrator stellt eine sehr gute Basis zur Erschließung beziehungsweise Erweiterung der Geschäftsfelder im Hinblick auf Beschichtungsprozesse und die anschließende mechanische Verarbeitung dar.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

02.101  
18.710 N **Zerstörungsfreie In-Situ-Überwachung zur Optimierung der Schichtmorphologie bei Plasma-, Lichtbogendraht- und HVOF-basierten Prozessen (OptiMorph)**

Prof. Dr.-Ing. habil. Walther, WPT, TU Dortmund  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Tillmann, LWT, TUDortmund

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.710N>

02.100  
18.788 N **Kavitationsschutzschichten aus pseudoelastischen Nickel-Titan-Legierungen hergestellt durch modifizierte Lichtbogenspritzprozesse**

Prof. Dr.-Ing. Pohl, WP, Uni Bochum  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Tillmann, LWT, TU Dortmund

Beginn: 01.08.2015 Laufzeitende: 31.07.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.788N>

02.099  
18.963 N **Entwicklung eines Plasmaprozesses mit gepulstem Stromverlauf und angepasster Spritzwerkstoffzufuhr**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Schein, EIT 1 Neubiberg

Beginn: 01.12.2015 Laufzeitende: 30.11.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.963N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

02.093  
18.088 N **Verbesserung der Schichteigenschaften beim Lichtbogendrahtspritzen durch Strommodulation**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Schein, EIT 1 Neubiberg  
Prof. Dr. Klassen, HSU Hamburg

Beginn: 01.03.2014 Laufzeitende: 10.09.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.088N>

02.095  
18.090 N **Beschichtungsrelevante Topographiekenngößen zur produktionsgerechten Substratvorbereitung für thermisch gespritzte Schichten optimierter Adhäsion – TopA**

Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen

Beginn: 01.03.2014 Laufzeitende: 31.10.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.090N>

02.092  
18.153 B **Innere Hydrophobierung thermisch gespritzter Schichten**

Univ. Prof. Dr.-Ing. habil Lampke, IWW, TU Chemnitz

Beginn: 01.04.2014 Laufzeitende: 30.09.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.153B>

02.094  
18.154 B **Entwicklung von Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Hochleistungsschichten durch thermisches Spritzen mit Suspensionen**

Prof. Dr. rer. nat. habil. Michaelis, IKTS Dresden  
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Beyer, IWS Dresden

Beginn: 01.04.2014 Laufzeitende: 31.07.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.154B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

02.091  
00.091 E **Entwicklung wirtschaftlich effizienter Hartmetallbeschichtungslösungen für Hochtemperaturanwendungen CORNET**

Prof. Dr. rer. nat. habil. Michaelis, IKTS Dresden  
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Beyer, IWS Dresden

Beginn: 01.04.2013 Laufzeitende: 31.03.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.091E>

02.089  
17.701 N **Entwicklung und Qualifizierung des Thermischen Spritzens von FE/TiC-Schichten für ökonomische und ökologische Systemlösungen bei Hydraulikanwendungen mit wasserhaltigen Hydraulikflüssigkeiten – FeTiC Hydro**

Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen

Beginn: 01.03.2013 Laufzeitende: 28.02.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.701N>

## Fachausschuss 3 „Lichtbogenschweißen“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Rockhard Zsehra**

T +49. (0)2 11. 15 91-123

F +49. (0)2 11. 15 91-200

rockhard.zsehra@dvs-hg.de

### Vorsitzender Dr.-Ing. Wolfgang Scheller

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Standort Duisburg

### Stellvertretender Vorsitzender Ing. Robert Lahnsteiner

MIG WELD GmbH Deutschland, Landau an der Isar

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

## Korrespondierende Gremien

### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V2 „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)

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

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

## Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Der Fachausschuss 3 ist eine Plattform für Wissenschaft, Hersteller und Anwender für anwendungsorientierte und innovative Forschung auf dem Gebiet des Lichtbogenschweißens.

Lichtbogenschweißprozesse müssen zunehmend planbar, simulierbar, emissionsarm, überwachbar, qualitativ bestimmt, wirtschaftlich und fertigungssicher werden. Ziel des Fachausschusses ist es, die Effektivität und die Rentabilität der Lichtbogenprozesse zum Fügen in der industriellen Praxis weiter zu entwickeln.

Die vom Fachausschuss 3 initiierte und begleitete Forschung orientiert sich besonders an den Bedürfnissen und Anforderungen von kleinen und mittelständischen Unternehmen. Sie ist anwendungs- und ergebnisorientiert, unternehmensübergreifend sowie vorwettbewerblich ausgerichtet. Dabei stehen die Entwicklung neuer Prozesse, Prozessvarianten und deren Anwendungen im Mittelpunkt des Interesses.

In den Forschungsarbeiten sind Rand- und Umgebungsbedingungen wie Vorbearbeitung, Nacharbeit, Toleranzen, Verzug, Emissionen, Verunreinigungen und typische Qualitätskriterien der Praxis zu berücksichtigen. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und -abschätzungen sind ebenfalls Teil der Forschungsarbeiten. Im Rahmen der Forschungsprojekte werden hierzu Lösungsansätze erarbeitet und dokumentiert. Parameterangaben

zu Schweißaufgaben, die eine Vergleichbarkeit mit Ergebnissen anderer Forschungsprojekte und Praxisaufgaben ermöglichen, werden erarbeitet. Der Fachausschuss unterstützt geeignete Maßnahmen zum Transfer der Forschungsergebnisse.

### Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Verfahrensoptimierungen und -neuentwicklung
- Fügen neuer Werkstoffe und Beschichtungen
- Erkenntnisse durch neue / verbesserte Simulationsverfahren
- Steigern der Wirtschaftlichkeit

### Nutzen neuer Technologien für KMUs in den Bereichen

- Fahrzeugbau
- Apparate- und Behälterbau
- Rohrleitungsbau
- Maschinen- und Anlagenbau
- Luftfahrt und Wehrtechnik
- Energietechnik
- Stahl- und Brückenbau

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Bewertung von Einflussfaktoren auf den Wärmeeintrag beim Schweißen mit modernen energiedynamischen MSG-Verfahrensvarianten

(IGF-Nr. 17.969 BR / DVS-Nr. 03.113)

Laufzeit: 1. Januar 2014 – 31. Dezember 2015

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. P. Mayr, Professur Schweißtechnik der TU Chemnitz

Die klassischen Lichtbogenarten beim MSG-Schweißen wurden durch eine Vielzahl neuer, energiegesteuerter Prozessvarianten erweitert. Zu den Auswirkungen der dynamischen Änderungen des Energieeintrages auf die Wärmeeinbringung in das Bauteil lagen bisher keine Erkenntnisse vor. Die elektrotechnisch korrekte Methode zur Ermittlung der Schweißleistung ist für den Anwender aufwändig. Daher wird die Schweißleistung zumeist vereinfacht aus den Hold-Anzeigewerten der Stromquelle oder mit einfachen Messgeräten bestimmt. Ein Ziel des Forschungsvorhabens war es, die dabei auftretenden Berechnungsfehler zu quantifizieren (Bild 50) und deren Auswirkungen abzuschätzen. Der zur Berechnung der Streckenenergie notwendige Wirkungsgrad ist für den Anwender ebenfalls nicht messbar. Hier wird, trotz deutlicher Unterschiede im Prozessdesign, auf einen einheitlichen Tabellenwert für alle MSG-Vari-

anten zurückgegriffen. Die Zulässigkeit dieser Vorgehensweise wurde durch die kalorimetrische Bestimmung von Wirkungsgraden für verschiedene MSG-Prozessvarianten überprüft.

Anhand der festgestellten Zusammenhänge wurden Empfehlungen und Anforderungen an eine Messstrategie erarbeitet, um dem Anwender die genaue Schweißleistungsbestimmung zu ermöglichen. In Verbindung mit den ermittelten Wirkungsgraden lässt sich so die Berechnung der eingebrachten Streckenenergie für einzelne MSG-Prozessvarianten wesentlich genauer spezifizieren. Von Bedeutung ist dies vor allem für die Bestimmung von  $t_{8/5}$ -Zeiten bei der Verarbeitung wärmesensibler Werkstoffe oder als grundlegende Eingangsgröße für Simulationsrechnungen.

Berechnungsmethode	Kurz-LB-Arten	Impuls-LB-Arten
<u>arithmetischer Mittelwert der Momentanleistungen</u> $P_S = \frac{1}{t_s} \cdot \int_0^{t_s} u(t) \cdot i(t) dt$	Referenzwert aus elektrotechnisch korrekter Berechnung	
<u>Multiplikation der arithmetischen Mittelwerte</u> $P_X = \bar{U} \cdot \bar{I} = \left( \frac{1}{t_s} \cdot \int_0^{t_s} u(t) dt \right) \cdot \left( \frac{1}{t_s} \cdot \int_0^{t_s} i(t) dt \right)$	$\Delta P = -40 \dots 13 \%$	$\Delta P = -32 \dots 2 \%$
<u>Multiplikation der quadratischen Mittelwerte</u> $P_X = \bar{U} \cdot \bar{I} = \sqrt{\frac{1}{t_s} \cdot \int_0^{t_s} u(t)^2 dt} \cdot \sqrt{\frac{1}{t_s} \cdot \int_0^{t_s} i(t)^2 dt}$	$\Delta P = 7 \dots 43 \%$	$\Delta P = 5 \dots 92 \%$
<u>arithmetischer und quadratischer Mittelwert (lineares LB-Modell)</u> $P_X = \bar{U} \cdot \bar{I} + \sqrt{(\bar{U}^2 - \bar{U}^2) + (\bar{I}^2 - \bar{I}^2)}$	$\Delta P = 7 \dots 53 \%$	$\Delta P = 0 \dots 10 \%$
<u>Multiplikation der Hold-Werte der Stromquelle</u> $P_X = \bar{U}_{\text{Hold}} \cdot \bar{I}_{\text{Hold}}$	$\Delta P = -40 \dots 20 \%$	$\Delta P = -42 \dots 25 \%$

Bild 50: Fehlerpotenzial bei der Leistungsberechnung mit verschiedenen Methoden,  $\Delta P = [(P_x - P_s) / P_s] \cdot 100\%$

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. Manfred Schörghuber, Fronius International GmbH, Wels-Thalheim:

„Die Unterschiede des Wärmeeintrages von Schweißprozessen bei gleicher Abschmelzleistung wurden in diesem Projekt nochmals verdeutlicht. Die bereits implementierte, stromquelleninterne Messmethode zur korrekten Berechnung der elektrischen Leistung wurde kontrolliert und validiert. Den Anwendern helfen die Projektergebnisse vergleichbare Wärmeeintragswerte, berechnet aus Anzeigewerten der Stromquelle, zu erhalten.“

### Dr. Birger Jaeschke, Lorch Schweißtechnik GmbH, Auenwald:

„Zur exakten Bestimmung des Wärmeeintrages moderner Schweißprozessvarianten liefern die gültigen Regelwerke nicht ausreichend genaue Vorgaben. Die Ergebnisse des Projektes müssen bei der Überarbeitung der Regelwerke berücksichtigt werden und dem Anwender so eine bessere Hilfestellung bei der Abschätzung des realen Wärmeeintrages geben. Die Ana-

lysen der thermischen Wirkungsgrade sind hier besonders wichtig und helfen den Anwendern und den Stromquellenherstellern bei der energetischen Einordnung der Prozessvarianten.“

### Dipl.-Ing. Jörg Haase, STF Schweißtechnische Fertigung GmbH, Chemnitz:

„Die Firma STF GmbH verarbeitet ein breites Spektrum an Werkstoffen, so auch temperatursensible Werkstoffe für höher belastete Tragstrukturen. Hierfür sind die genaue Kenntnis und der Nachweis des Wärmeeintrages unumgänglich. Genau diese Arbeitsbereiche hat das Projekt bedient. Die Ergebnisse helfen uns, die Zykluszeit bei der Erarbeitung von Verfahrensprüfungen zu verkürzen. Darüber hinaus erhalten wir Erkenntnisse zu den werkstückseitigen Auswirkungen der modernen energiegesteuerten MSG-Prozesse.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

### 03.120 18.579 B **Steigerung der Prozesssicherheit bei UP-AC/AC Verfahrensvarianten mittels optischer Analysen des Lichtbogens und des Werkstoffübergangs im Kavernenraum**

Prof. Dr.-Ing. Wanner, Fraunhofer IPA, Rostock  
Prof. Weltmann, INP Greifswald

Beginn: 01.01.2015 Laufzeitende: 31.12.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.579B>

### 03.123 18.748 N **Untersuchung zur Erhöhung der Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit beim MSG-Schweißen durch Laserstabilisierung**

Prof. Dr.-Ing. Overmeyer, LZH Hannover  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Beginn: 01.08.2015 Laufzeitende: 31.01.2018

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.748N>

### 03.109 17.885 N **Steuerung der Aufmischung beim Auftragschweißen mit hoher Abschmelzleistung durch modifizierte Zweidrahtprozesse**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 28.02.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.885N>

### 03.111 17.923 N **Sensorgestütztes MSG-Engspaltschweißen von Feinkornstählen mit modifizierter Prozessführung im Dickblechbereich**

Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 31.07.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.923N>

### 03.119 18.008 B **Metall-Schutzgas-Tandemschweißen mit mittiger Hartstoffeintrbringung zum Herstellen gradiert und zerspanbarer Verschleißschutzschichten**

Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Bergmann, TU Ilmenau

Beginn: 01.11.2014 Laufzeitende: 31.12.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.008B>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

### 03.108 17.749 B **Einfluss der Fugengeometrie und der Schweißposition auf den Wärmeeintrag ins Bauteil beim Schutzgasschweißen**

Prof. Dr. Mayr, IFMT Chemnitz

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 30.04.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.749B>

03.114  
18.089 B **Erarbeiten einer Strategie zum effizienten MSG-Fülldrahtauftragschweißen hartstoffverstärkter Verschleißschutzschichten mittels magnetisch beeinflusstem Lichtbogen**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Bergmann, TU Ilmenau

Beginn: 01.03.2014 Laufzeitende: 31.08.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.089B>

03.107  
18.458 B **Entwicklung eines AC-MSG-Schweißverfahrens zum Fügen hochfester Feinkornbaustähle**

Prof. Dr. rer. nat. habil. Kruscha, BTU Cottbus

Prof. Dr. Klassen, HSU Hamburg

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Schein, EIT 1 Neubiberg

Beginn: 01.12.2014 Laufzeitende: 30.11.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.458B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

03.110  
17.844 B **Metallschutzgasschweißen von pressgehärteten höchstfesten Stählen mit unterschiedlichen Beschichtungskonzepten**

Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg

Beginn: 01.07.2013 Laufzeitende: 30.06.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.844B>

03.113  
17.969 B **Bewertung von Einflussfaktoren auf den Wärmeeintrag beim Schweißen mit modernen energiedynamischen MSG-Verfahrensvarianten**

Prof. Dr. Mayr, IFMT Chemnitz

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 31.12.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.969B>

03.115  
18.021 B

**Qualifizierung und Weiterentwicklung von Schleppegasdüsen für eine verbesserte Schutzgasabdeckung beim Schweißen**

Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 31.12.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.021B>



## Fachausschuss 4 „Widerstandsschweißen“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Axel Janssen**

T +49. (0)2 11. 15 91-117

F +49. (0)2 11. 15 91-200

axel.janssen@dvs-hg.de

**Vorsitzender Dr.-Ing. Karl Pöll**

Matuschek Meßtechnik GmbH, Alsdorf

**Stellvertretender Vorsitzender Dr.-Ing. Christian Fritzsche**

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter

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

### Korrespondierende Gremien

#### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- Gemeinschaftsausschuss DIN NA 092-00-12 AA / DVS AG V3 „Widerstandsschweißen“

[www.dvs-aft.de/Aft/V/V3](http://www.dvs-aft.de/Aft/V/V3)

#### IIW-Gremien (International Institute of Welding)

- Commission III „Widerstandsschweißen und verwandte Verfahren“

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

### Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Der Fachausschuss 4 befasst sich mit dem Widerstandspunkt-, Buckel-, Rollennahtschweißen, Abbrenn- und Pressstumpfschweißen. Die Anwendungsbereiche des Verfahrens reichen von der blechverarbeitenden Industrie (Automobilbau, Lüftungsbau, Haushaltsgeräte) über die Drahtindustrie (Gitter, Siebe, Baustahlmatten, Ketten) bis hin zur Elektroindustrie (Kontakte, Lampen, Motoren).

Der Fachausschuss setzt sich zusammen aus Experten der Hersteller und Anwender des Widerstandsschweißens und der federführenden Forschungsstellen Deutschlands. In enger Zusammenarbeit mit dem Ausschuss für Technik des DVS (Arbeitsgruppe V3 „Widerstandsschweißen“) analysiert der Fachausschuss 4 den aktuellen Forschungsbedarf, initiiert geeignete Forschungsvorhaben und beurteilt neue Forschungs-ideen und Forschungsanträge. Dabei werden besonders die Belange der kleinen und mittleren Unternehmen berücksichtigt, um anwendungsnahe Forschung zu betreiben. Laufende Forschungsvorhaben werden fachlich durch den Fachausschuss 4 und die Arbeitsgruppe V3 begleitet.

Zum Transfer aktueller Forschungsergebnisse wird jährlich im Herbst ein öffentliches Kolloquium durchgeführt, bei dem ein enger Informationsaustausch zwischen den Forschungsinstituten und Industrieunternehmen stattfindet und abgeschlossene Forschungsvorhaben evaluiert werden. Halbjährliche Berichterstattungen der Forschungsinstitute auf den Unter-

gruppensitzungen der Arbeitsgruppe V3 und Vorträge bei der im 3-jährigen Rhythmus stattfindenden Sondertagung „Widerstandsschweißen“ ergänzen den Ergebnistransfer ebenso wie die Zusammenarbeit mit fachlich benachbarten Gremien wie der Fachgesellschaft SEMFIRA/EMF, dem DIN und der DKE. Weiterhin fließen die Forschungsergebnisse in die Erstellung und die Überarbeitung des DVS-Regelwerks ein.

### Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Verfahrensoptimierungen für alle Verfahrensvarianten (z.B. Widerstandspunkt, Buckel-, Rollennahtschweißen, Abbrenn-, Pressstumpfschweißen) und hybride fügetechnische Fertigungsansätze wie Punktschweißkleben und Schweißnieten
- Einfluss der Schweißanlagen auf den Schweißprozess (Schweißzange, Elektroden, Stromquellen etc.)
- Fragen zur Fügbarkeit neu entwickelter oder modifizierter Werkstoffe und Beschichtungen (hoch- und höchstfeste Stahlwerkstoffe in Kombination mit weichen Stahlwerkstoffen, Aluminiumlegierungen, Mischbau)
- Qualitätssicherung und zerstörungsfreie Prüfung
- Schweißprozessregelung und Online-Prüfung
- Kleinteilschweißen von Nichteisen-Metallen (Elektrowerkstoffen)
- Fragen der Arbeitssicherheit (EMV/EMF/EMVU)
- Kennwertermittlung zur Anwendung von Simulationsverfahren und zur Produktoptimierung
- Berücksichtigung aktueller Themen

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Rollennahtschweißen strukturierter Feinbleche

(IGF-Nr. 17621 BG / DVS-Nr. 04.057)

Laufzeit: 1. Dezember 2012 – 31. Mai 2015

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

Dr.-Ing. R. Polzin, Technologie-Institut für Metall und Engineering, Wissen (Sieg)

Die Untersuchung des Rollennahtschweißens wurde an strukturierten Blechen mit Wabenstruktur mit zwei unterschiedlichen Lösungsansätzen durchgeführt. Bei der ersten Strategie wurden konventionelle Elektrodengeometrien verwendet, welche zu einer Verformung bzw. Einebnung der regelmäßigen Versteifungselemente des Bleches führen. Es wurden erfolgreich Schweißbereiche (Bild 51) ermittelt und durch metallografische Untersuchungen die Schweißnahtqualität belegt. Scherzugversuche zeigen gleiche Festigkeiten von Grundwerkstoff, ungeschweißten strukturierten Proben und geschweißten glatten Referenzproben. Mögliche unterschiedliche Blechpaarungen haben keinen Einfluss auf die Verbindungsfestigkeit.

Für das Schweißen ohne Verformung der Versteifungselemente wurden zwei neuartige Elektrodengeometrien entwickelt, die

Steppnahtelektroden mit Aussparungen im Kontaktzonenbereich zum Überbrücken der Versteifungselemente (Bild 52 a) und die Zickzackelektrode (Bild 52 b) zum seitlichen Umfahren der Versteifungselemente mit nichtlinearer Schweißnaht. Letzt genannte eignet sich zum Schweißen durchgängiger, nicht-unterbrochener Schweißnähte. Die notwendigen Schweißparameter zum strukturerhaltenden Schweißen wurden in Schweißbereichsdiagrammen dokumentiert und die gute Verbindungsqualität nachgewiesen. Mit der Qualifizierung des Rollennahtschweißens erschließen sich neue wichtige industrielle Anwendungen für strukturierte Bleche und die daraus hergestellten mehrschaligen Bauelemente.

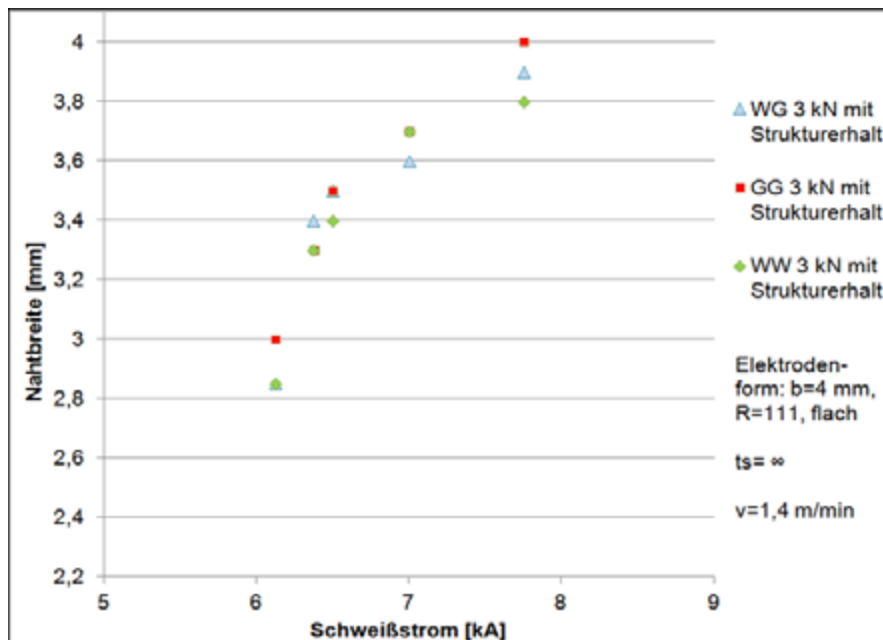


Bild 51:  
Schweißbereiche bei 3 kN für Referenzschweißungen (GG) und strukturierte Bleche (Paarung WG und WW)

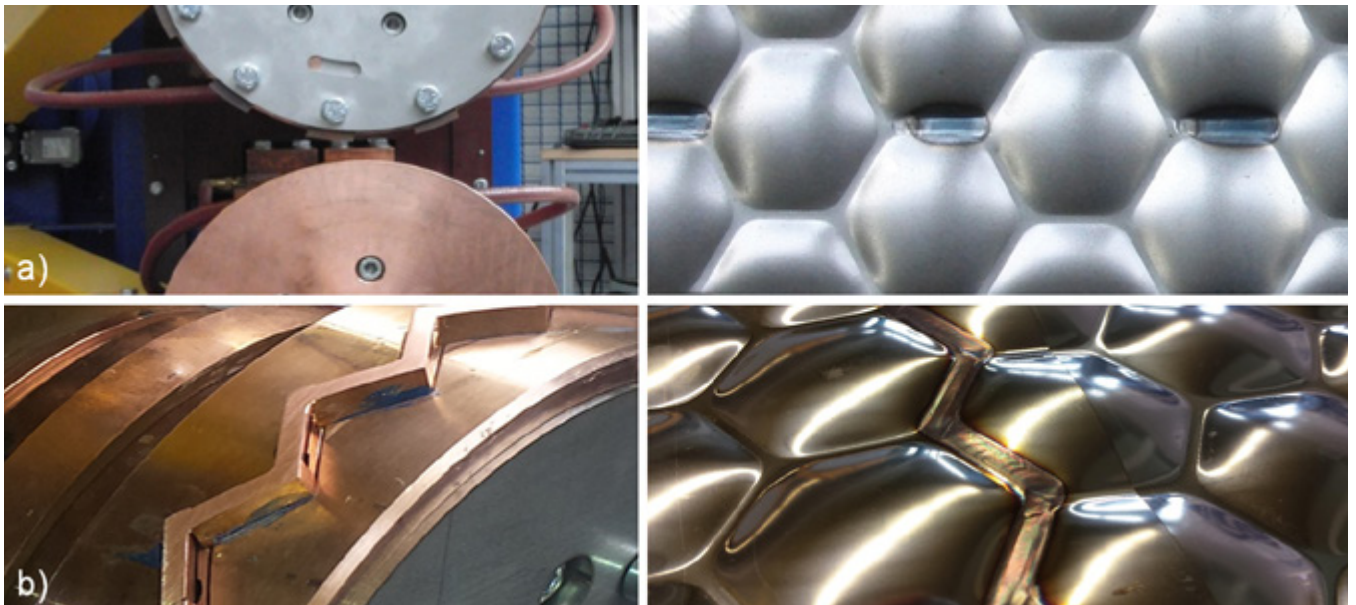


Bild 52: Neuartige Rollennahtelektroden:  
 a) Steppnahtelektrode mit unterbrochenen Schweißnähten,  
 b) Zickzackelektrode mit durchgängiger Schweißung

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dr. Klaus Kalberlah, Eurosun Energietechnik GmbH, Gottsdorf:

„Die neuartigen strukturierten Bleche weisen aufgrund der Struktur eine erhöhte Steifigkeit auf und besitzen zugleich die Möglichkeit zur Herstellung von mehrschaligen mediendurchströmbaren Bauelementen. Beim konventionellen Rollennahtschweißen ist das Verbinden strukturierter Bleche nur mit Verformung der Struktur möglich. Aufgrund der variierenden Schweißbedingungen entlang unterschiedlicher Schweißpfade ergeben sich im Zusammenhang mit den neuen Elektroden eine hohe Komplexität und ein umfangreiches Untersuchungsprogramm. Die anvisierten Einsatzgebiete unter anderem im Wärmetauscher- und Behälterbau stellen zusätzlich hohe Anforderungen an Verbindungen. Die erzielten Ergebnisse im Forschungsvorhaben verdeutlichen die Schweißbarkeit der strukturierten Bleche mittels Rollennahtschweißen. Die neuen Elektroden wurden erfolgreich eingesetzt. Die Verbindungen erfüllen die Dichtheits- und Druckbeständigkeitsanforderungen

und weisen gleiche Festigkeiten wie die Referenzproben aus ebenen Blechen auf. Praxisnahe Anwendungen strukturierter Bleche wurden für den Bereich Wärmetauscherbau ermöglicht.“

### Dr.-Ing. Frank Cronacher, Westerwälder Eisenwerk GmbH, Weitefeld:

„Durch das intelligente Verbinden strukturierter Feinbleche mittels Rollennahtschweißen können die Eigenschaften der so erzeugten Blechkonstruktionen signifikant verändert und damit neue Einsatzgebiete erschlossen werden. Dank der erzielten Steifigkeitserhöhung sind deutliche Gewichtseinsparungen möglich, was insbesondere für das Transportgewerbe oder auch bei Klappen und Türen an ortsfesten Behältern klare Vorteile bringt. Von großem Interesse für die Praxis sind auch die gewonnenen guten thermischen Isolationseigenschaften, welche die Einsparung von klassischem Isoliermaterial ermöglichen.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

04.062  
18.456 B **Lebensdauererhöhung von Widerstandspunktschweißelektroden durch Einsatz verschleißabhängiger Fräsintervalle und dispersionsgehärteter Kupferwerkstoffe**

Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden  
Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg

Beginn: 01.07.2015 Laufzeitende: 30.06.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.456B>

04.056  
17.685 N **Untersuchung und Qualifizierung der verfahrensspezifischen Merkmale beim einseitigen Widerstandspunktschweißen ohne Gegenlage**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Beginn: 01.04.2013 Laufzeitende: 30.09.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.685N>

04.059  
17.789 N **Einfluss von Punktdurchmesser, Fehlstellen und Imperfektionen auf das Festigkeitsverhalten von Aluminiumpunktschweißverbindungen**

Prof. Dr.-Ing. Cramer, GSImbH, SLV München  
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Uhlmann, IWF, TU Berlin  
Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn

Beginn: 01.07.2013 Laufzeitende: 30.11.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.789N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

04.061  
18.159 B **Einfluss von Reparaturbedingungen auf mechanisch-technologische Eigenschaften von Widerstandspunktschweißverbindungen**

Prof. Dr.-Ing. Keitel, SLV Halle  
Prof. Dr.-Ing. Rudolf, HSA, Anhalt

Beginn: 01.04.2014 Laufzeitende: 30.06.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.159B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

04.055  
17.528 N **Einfluss von fertigungsbedingten Spalten auf das Tragverhalten von Widerstandspunktschweißverbindungen aus hochfesten Stählen**

Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin

Beginn: 01.11.2012 Laufzeitende: 30.04.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.528N>

04.057  
17.621 B **Rollennahtschweißen strukturierter Feinbleche**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov, BTU Cottbus  
Dr.-Ing. Polzin, TIME, Wissen/Sieg

Beginn: 01.12.2012 Laufzeitende: 31.05.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.621B>

## Fachausschuss 5 „Sonderschweißverfahren“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Ass. jur. Marcus Kubanek**

T +49. (0)2 11. 15 91-120

F +49. (0)2 11. 15 91-200

marcus.kubanek@dvs-hg.de

### Vorsitzender Dr.-Ing. Axel Meyer

RIFTEC GmbH, Geesthacht

### Stellvertretender Vorsitzender Dr.-Ing. Markus Weigl

Grenzebach Maschinenbau GmbH, Asbach Bäumenheim/Hamlar

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

## Korrespondierende Gremien

### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V11 „Reibschweißen“

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

## Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Der Fachausschuss 5 ist die Expertenplattform zur Identifizierung des Forschungsbedarfs, zur Definition und Begleitung von Forschungsprojekten zu den Sonderschweißverfahren, deren Bewertung sowie der Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis.

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

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

## Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

Mit der Zielstellung, neuen Werkstoffentwicklungen und Anwendungsanforderungen gerecht zu werden, erfolgt keine Einschränkung in Bezug auf die Werkstoffsysteme. Somit beziehen sich die Forschungsarbeiten auf Stahlwerkstoffe, Nichteisenmetalle, Leichtmetalle, Glas und Keramik sowie deren Kombinationen als auch auf die folgenden Verfahren:

- Pressschweißen / Reibschweißen / Rührreibschweißen
- Diffusionsschweißen / Fügen mit Folien oder Zwischenschichten
- Ultraschallschweißen
- Lichtbogenbolzenschweißen
- Schweißen mit bewegtem Lichtbogen
- Reaktive Fügeprozesse
- Fügen durch Ausnutzen von Nanoeffekten etc.
- Hybrid- und Kombinationsverfahren (Fügen durch Umformen, Anodisches Fügen, Magnetimpuls-Schweißen etc.)
- Mechanisches Fügen



### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Untersuchung zum reibbasierten Schließen des Endloches beim Rührreißschweißen

(IGF-Nr. 17.750 N / DVS-Nr. 05.052)

Laufzeit: 1. April 2013 – 31. März 2015

Prof. Dr.-Ing. H. Cramer, GSI mbH, NL SLV München

Im Fokus dieses Projektes stand die Anwendung von Reibschweißverfahren, das Rotationsreißschweißen (Reibbolzenschweißen) und das Reibpunktschweißen, als Lochschlussverfahren für Aluminiumwerkstoffe. Anwendungen ergeben sich speziell für den FSW-Endlochschluss, aber auch als universelles Reparaturverfahren, z.B. bei Werkstoff- oder Schweißnahtfehlern (Lunker, Bindefehler, Risse). Für den Lochschluss durch Reibbolzenschweißen an Aluminiumwerkstoffen wurden gegenüber bekannten Anwendungen an Stahlwerkstoffen grundsätzlich veränderte Arbeitsbedingungen ermittelt. Nur mit sehr kurzen Prozesszeiten (Reibzeit 0,7 s) und extrem schneller Plastifizierung kann die vorlaufende Erwärmung im Bolzen so weit gehemmt werden, dass es nicht zur Abscherung durch Entfestigung kommt. Dazu ist einerseits eine hochdynamische Prozessführung bzgl. des Druckaufbaus und der Drehzahl-Abbremsung erforderlich, andererseits eine spezielle Bohrungs- und Bolzengeometrie (Bild 53), mit der das auftretende Reibmoment begrenzt die drucküberlagerte Werkstoffverformung für die vollflächige Anbindung in einer aufgeweiteten Muldenbohrung genutzt wird. Nach Abtragen des Bolzens kann die Blechoberfläche kerbfrei und blecheben nachbearbeitet werden.

Für den Einsatz als Endlochschießverfahren für rührreibgeschweißte (FSW-)Verbindungen wird das Reibpunktschweißen modifiziert angewendet. Dazu wird ein sogenannter „Plug“

(Stopfen) als Zusatzwerkstoff in das ausgebohrte FSW-Endloch eingepresst und mittels lokaler Reibpunktschweißung gefügt. Eine zusätzliche Blechauflage, die in den Plug integriert werden kann, wird als Bearbeitungszugabe zum Ausgleich von Oberflächeneindrücken für eine blechebene Nachbearbeitung genutzt.

Die Ausführung beider Lochschlussverfahren an ausgebohrten Sacklochgeometrien hat gegenüber Durchgangsbohrungen den Vorteil, dass beim FSW-Endlochschluss alle Arbeitsschritte (Rührreißschweißen, Endlochbearbeitung und Lochschluss) in einer Aufspannung durchgeführt werden können. Das Reibpunktschweißen und das Reibbolzenschweißen zeigen sich als modifizierte reibbasierte Fügeverfahren geeignet, den Endlochschluss an FSW-Nähten oder lokale Reparaturschweißungen an ausgebohrten Fehlstellen bei Aluminiumwerkstoffen mit geringer Werkstoffbeeinflussung auszuführen. Statische und zyklische Festigkeitsprüfungen haben gezeigt, dass die Lochschluss-Verbindungseigenschaften nahezu den guten Eigenschaften einer rührreibgeschweißten Verbindung entsprechen und die eines schmelzgeschweißten Lochschlusses deutlich übertreffen.

Anhand einer weiterführenden, praktischen Umsetzung für eine Raumfahrtanwendung (FSW-Rundnaht; Aluminium EN AW 2219, Wanddicke 4 mm) wurde bei optimierten Arbeits-

bedingungen die hohe Qualität eines FSW-Endlochschlusses durch Reibpunktschweißen nachgewiesen. Dazu wurde der Reibpunkt-Schweißkopf einer Schweißzange auf einem FSW-Portal montiert und mit einseitiger Krafterzeugung auf der vorhandenen FSW-Unterlage der Lochschluss ausgeführt.

Bild 53:  
Ausführung des FSW-Endlochschlusses durch Rotationsreißschweißen und durch Reibpunktschweißen an Aluminiumblechen (Dicke 3 mm)



## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. Heinrich Masny, MT Aerospace AG, Augsburg:

„Mit sehr großem Interesse haben wir dieses Forschungsprojekt verfolgt und im projektbegleitenden Ausschuss mitgewirkt. Die Ergebnisse und konkreten Aussagen über die technische Umsetzbarkeit der verschiedenen Schließtechnologien des

Endloches beim Rührreißschweißen wurden aufgegriffen und in internen Entwicklungsprojekten umgesetzt. Die letztendlich gebauten Demonstrator-Tanks, die sowohl in Raum- als auch in Cryo-Temperaturen bedrückt und getestet wurden, haben die hohe Qualität der Ergebnisse bestätigt.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

### 05.064 18.841 N **Gradierte Oberflächen durch Laserbearbeitung für Rührreißschweißwerkzeuge erhöhter Standzeit (LaserOptRRS)**

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm, Uni Kassel  
Prof. Dr.-Ing. habil. Steinhoff, IPL, Uni Kassel

Beginn: 01.10.2015 Laufzeitende: 30.09.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.841N>

### 05.066 18.843 B **Skalierungseffekte beim Rührreißschweißen – „Friction Stir Scaling“**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Bergmann, TU Ilmenau

Beginn: 01.09.2015 Laufzeitende: 31.08.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.843B>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

### 05.056 00.108 E **Development and evaluation of advanced welding technologies for multi-material design with dissimilar sheet metals (InnoJoin)**

Prof. Dr.-Ing. Keitel, SLV Halle  
Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 30.06.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.108E>

### 05.054 18.020 B **Untersuchungen zur Übertragbarkeit der Prozessgrößen beim Diffusionsschweißen in Abhängigkeit von der Bauteilgeometrie und den Erwärmungsbedingungen**

Dr.-Ing. Jahn, IFW Jena  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Bergmann, TU Ilmenau

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 30.09.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.020B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

### 05.047 17.394 N **Optimierung von Schweißparametern beim Schwungradreißschweißen**

Prof. Dr.-Ing. Zäh, iwB, TU München (Garching)

Beginn: 01.09.2012 Laufzeitende: 31.05.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.394N>

### 05.050 17.556 N **HIGHspeed FSW – Deutliche Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit beim Rührreißschweißen mittels konduktiver Erwärmung**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen

Beginn: 01.01.2013 Laufzeitende: 30.09.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.556N>

### 05.049 17.617 N **Entwicklung einer fertigungsintegrierbaren zerstörungsfreien Prüftechnik für punkt- und linienförmig rührreißgeschweißte Strukturbauteile mittels thermografischer Methoden**

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm, Uni Kassel  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Dilger, IFS Braunschweig

Beginn: 01.01.2013 Laufzeitende: 30.04.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.617N>

### 05.052 17.750 N **Untersuchung zum reibungsbasierten Schließen des Endloches beim Rührreißschweißen**

Prof. Dr.-Ing. Cramer, GSImbH, SLV München

Beginn: 01.04.2013 Laufzeitende: 31.03.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.750N>

## Fachausschuss 6 „Strahlverfahren“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Christoph Eßer-Ayertey**

T +49. (0)2 11. 15 91-178

F +49. (0)2 11. 15 91-200

christoph.esser@dvs-hg.de

### Vorsitzender Prof. Dr.-Ing. Ronald Holtz

Class 4 Laser Professionals AG, Burgdorf/CH

### Stellvertretender Vorsitzender Dr.-Ing. Johannes Weiser

EWM AG, Mündersbach

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

## Veranstaltungen

Gemeinsames Kolloquium mit den Arbeitsgruppen

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

## Korrespondierende Gremien

### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

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

[www.dvs-aft.de/Aft/V/V9.1](http://www.dvs-aft.de/Aft/V/V9.1)

[www.dvs-aft.de/Aft/V/V9.2](http://www.dvs-aft.de/Aft/V/V9.2)

### IIW-Gremien (International Institute of Welding)

- Commission IV „Schweißen mit hoher Energiedichte“

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

## Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Die Aufgabe des Fachausschusses ist es, neue und weiterentwickelte Strahlschweißprozesse unter anwendungstechnischen Aspekten zu beurteilen und Prozessinnovationen durch unterstützende Forschung beschleunigt in kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) zu transferieren. Es wird auf eine Ausgewogenheit zwischen den Technologien Laser- und Elektronenstrahl geachtet. Hierbei steht nicht nur die Entwicklung von Prozessen und Verfahren sowie deren Simulation im Vordergrund.

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

Eine wichtige Hilfestellung für KMU ist es, im Rahmen von Projekten sinnvolle Prozess- und Anwendungsgrenzen aufzuzeigen. Neben der Prozesstechnik ist das besondere Verhalten

der Werkstoffe beim wärmearmen, strahltechnischen Bearbeiten mit hohen Abkühlgeschwindigkeiten zu berücksichtigen. Den Besonderheiten der sogenannten Kurzzeitmetallurgie soll ebenso Rechnung getragen werden wie den dadurch bedingten mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften.

Neue Entwicklungen bei Laser- bzw. Elektronenstrahl sowie Werkstoffen sollen bereits in einem frühen Entwicklungsstadium durch grundlegende bzw. technologische Untersuchungen begleitet werden.

Die Forschungsarbeiten des Fachausschusses 6 werden eng mit den Arbeitsgruppen V9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ und V9.2 „Laserstrahlschweißen und verwandte Verfahren“ im Ausschuss für Technik des DVS abgestimmt.

## Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- In Zukunft sollen verstärkt die Fügemöglichkeiten von Werkstoffkombinationen untersucht werden, da hier ein hohes Anforderungspotenzial in nahezu allen Industriezweigen besteht und sich hieraus Produktionsinnovationen erwarten lassen.

- Die Kombinationen oder Kopplungen von Strahlprozessen untereinander oder mit konventionellen Technologien und somit die Erweiterung der Anwendungsgebiete der Laserstrahltechnik soll weiter im Fokus der Forschungsaktivitäten stehen. Die strahltechnischen Prozesse gelten hierbei als Hauptprozesse, die durch unterstützende Werkzeuge, z. B. einen Lichtbogen, überlagert werden.
- Die Simulation der Prozesse und des Werkstoffverhaltens ist ein weiteres wichtiges Gebiet.
- Arbeiten zur Verbesserung der Prozessüberwachung und -führung und somit die Verbesserung der produktionsrelevanten Sicherstellung der Reproduzierbarkeit und Prozesssicherheit von Laser- und Elektronenstrahlprozessen sind weiterhin von außerordentlich hoher Bedeutung, da diese häufig eines der wichtigsten Kriterien für die Anwendung der Strahltechnik in der Industrie darstellen.

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt, Beispiel 1:

#### Zylindrische Polarisierung für spritzerreduziertes Laserstrahlschweißen (ZeSAR)

(IGF-Nr. 17.625 N / DVS-Nr. 06.083)

Laufzeit: 1. Dezember 2012 – 30. November 2014

Prof. Dr. phil. nat. T. Graf, Universität Stuttgart, Institut für Strahlwerkzeuge

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden spritzerreduzierte bis spritzerfreie Schweißnähte in reinem Kupfer (Cu-ETP) erstellt. Mit dem Einsatz eines Hochleistungslasers mit Leistungen bis zu 16 kW wurden Schweißnähte mit Einschweißiefen von >8 mm ohne Schmelzauswürfe erzeugt, welches zu einem der Projekt-Highlights zählt. In **Bild 54** sind Schweißergebnisse in Kupfer bei unterschiedlichen Schweißgeschwindigkeiten als Funktion der Laserleistung (mit logarithmischen Skalen) aufgetragen. Weiterhin sind die jeweiligen Einschweißiefen den einzelnen Datenpunkten zugeordnet. Auf Basis der im Projekt ge-

wonnenen Erkenntnisse wurde eine deutliche Abgrenzung zwischen minderwertigen (rot) und hochwertigen (grün) Schweißnähten festgestellt. Diese Grenze wird bei einem Verhältnis von Leistung zu Einschweißtiefe von >2 kW/mm erreicht. Blau markiert sind die Bereiche, in welchen nur noch Wärmeleitungsschweißen (WLS) für die unterschiedlichen Fokusdurchmesser erreicht wird. Die hier dargestellten Ergebnisse aus den grundlegenden Untersuchungen beim Schweißen zeigen einen aus dem Projekt gewonnenen Ansatz, wie erstmals qualitativ hochwertige Schweißnähte in Kupfer erzeugt werden können.

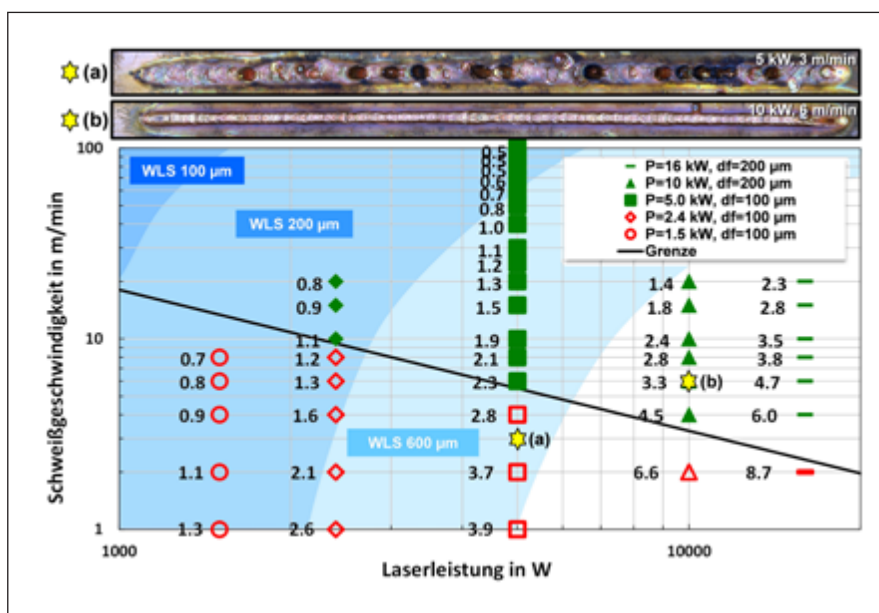


Bild 54:

Abgrenzung zwischen hochwertigen (grün) und minderwertigen (rot) Schweißungen in reinem Kupfer (Cu-ETP) bei unterschiedlichen Schweißgeschwindigkeiten und Leistungen.

Oben: Schweißnahtoberräumen von geschweißten Kupferproben mit derselben Streckenenergie  $S = P/v = 100 \text{ J/mm}$ .

(a) Schweißnaht mit vielen Nahtdefekten ( $P = 5 \text{ kW}$ ,  $v = 3 \text{ m/min}$ )

(b) qualitativ hochwertige Schweißnaht ohne Nahtdefekte ( $P = 10 \text{ kW}$ ,  $v = 6 \text{ m/min}$ )

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dr.-Ing. Reiner M. Ramsayer, Robert Bosch GmbH, Renningen:

„Das Prozessverständnis beim Laserstrahlschweißen von Kupferwerkstoffen wurde durch die wissenschaftlichen Arbeiten im Projekt ZeSAR wesentlich erweitert. Durch das aufgebaute Verständnis der Strahl-Stoff-Wechselwirkung und die Nutzung moderner Analysemethoden (Hochgeschwindigkeitsaufnahmen, Online-Röntgen,...) wurde es im Projekt möglich, neue Strategien zur Spritzerreduktion und -vermeidung abzuleiten, zielgerichtet zu entwickeln und zu validieren. Dem industriellen Endanwender eröffnen sich dadurch ganz neue Möglichkeiten für die Prozess- und Produktgestaltung. Auf Basis der verstandenen Wirkzusammenhänge können jetzt qualitativ hochwertige Laserstrahlschweißprozesse für Bauteile aus Kupfer und Kupferlegierungen entwickelt und Fügeverbindungen hergestellt werden, die bisher nicht mit diesem Fügeprozess realisierbar schienen.“

### Dipl.-Ing. Peter Herzog, Wieland-Werke AG, Ulm:

„Als Anbieter von komplexen, lasergeschweißten Systembauteilen aus Kupfer und Kupferlegierungen ist ein hohes Maß an Prozesssicherheit für uns unabdingbar. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse über die Entstehung von Schmelzeauswürfen und Spritzern beim Laserschweißen von Kupferwerkstoffen und die daraus abgeleiteten Schweißstrategien zur Erzeugung einwandfreier Nähte lassen sich hervorragend in der industriellen Serienfertigung umsetzen. Die Projektergebnisse stellen dem Anwender Möglichkeiten zur simplen und effektiven Vermeidung von Spritzern zur Verfügung.“

## Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt, Beispiel 2:

### Wärmearmes Schweißen von Aluminium mit hoher Spaltüberbrückbarkeit durch Strahlmodulation beim Schweißen mit hoch fokussierten Festkörperlasern mit Zusatzwerkstoff

(IGF-Nr.: 17.558 N / DVS-Nr.: 06.082)

Laufzeit: 1. November 2012 – 31. Oktober 2014

Prof. Dr.-Ing. F. Vollertsen, BIAS – Bremer Institut für angewandte Strahltechnik, Universität Bremen

Mithilfe eines stark fokussierten Festkörperlasers und einer örtlichen Strahloszillation ist es in diesem Projekt gelungen, einen besonders wärmearmen und dadurch verzugsarmen Laserstrahlschweißprozess mit Schweißdrahtzuführung zu entwickeln und dabei zugleich die Spaltüberbrückbarkeit und die Toleranz für Kantenversatz und Fehlpositionierung des Schweißdrahtes wesentlich zu erhöhen. Dazu wurden Fokussdurchmesser zwischen 20 µm und 100 µm genutzt. Die verwendeten Blechwerkstoffe waren 1 mm dick und bestanden aus den Legierungen EN AW 5083 und EN AW 6082. Die Schweißzusatzdrähte waren AISi5, AlMg4,5MnZr und AlMg3.

Mit dem entwickelten Schweißprozess wurde im Stumpfstoß ein konstanter Spalt von bis zu 190% der Blechdicke überbrückt. Bei einem anwachsenden Spalt wurden legierungsabhängig sogar mehr als 300% der Blechdicke überbrückt, wenn genügend Drahtwerkstoff und Streckenenergie bereitgestellt wurden. Besonders hervorzuheben ist die Effizienz und Robustheit des entwickelten Schweißprozesses. Es war möglich, einen 1 mm breiten Spalt (100 % der Blechdicke) mit einer Laserleistung von nur 1 kW bei einer Schweißgeschwindigkeit von bis zu 3 m/min sicher zu überbrücken und dabei nicht nur

defektfreie, sondern auch sehr glatte und gleichmäßige Nähte zu erzeugen. Mit einer Leistung von 3 kW konnte die Schweißgeschwindigkeit auf bis zu 10 m/min gesteigert werden.

Der Schweißprozess zeichnete sich zudem durch große Positioniertoleranzen von Draht und Laserstrahl aus. Die tolerierbare Fehlpositionierung des Drahtes in der Höhe betrug bis zu 2 mm, seitlich bis zu 0,5 mm. Es wurde gezeigt, dass der Strahldurchmesser und damit die Intensität des Laserstrahls die Robustheit des Prozesses entscheidend beeinflusst. So konnten bei einem kleineren Strahldurchmesser tendenziell größere Spalte überbrückt bzw. bei gleichem Spalt größere Fehlpositionierungen toleriert werden.

Die anhand des I-Stoßes gewonnenen Erkenntnisse wurden erfolgreich auf den Eck- und Bördelstoß übertragen. Abschließend wurde die Prozesstechnik auf beispielhafte Realbauteile angewendet. Hierzu wurden Lüfterräder für die Klimatechnik gefertigt sowie Versteifungsprofile in Karosserietürinnenteilen verschweißt, welche Übergänge zwischen spaltbehafteten Bereichen und einem Nullspalt aufwiesen (**Bild 55**). Am Realbauteil wurden dabei ohne besondere Bahnführung Spalte von bis



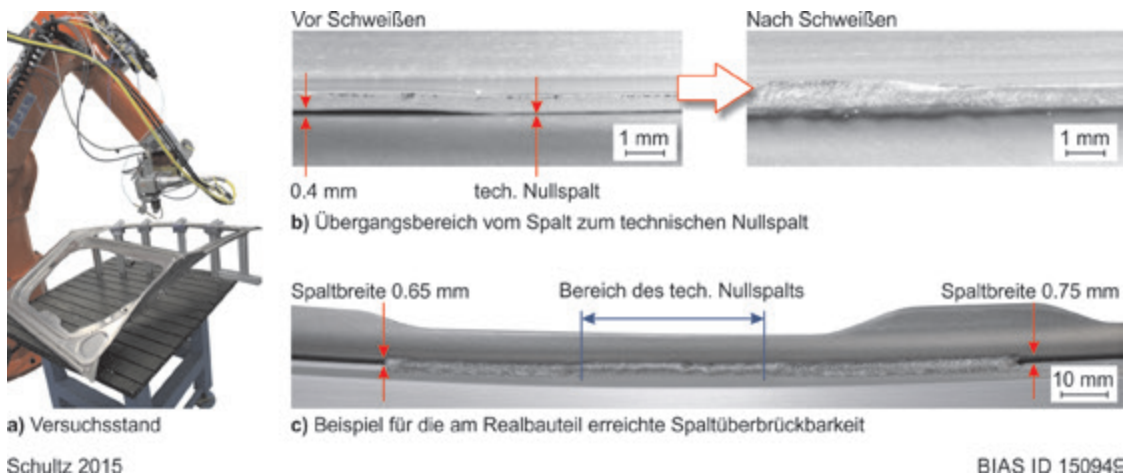


Bild 55: Spaltbehaftete Laserstrahlschweißnähte an einem Karosserietürrinnenteil

zu 0,75 mm sicher überbrückt. Somit wurde in diesem Vorhaben der bisherige Stand der Technik zur Spaltüberbrückbarkeit und Toleranzverträglichkeit von Laserstrahlschweißprozessen

deutlich erweitert und die Anwendbarkeit des entwickelten Schweißprozesses unter praxisnahen Bedingungen nachgewiesen.

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. Alfred G. Art, Ingenieurbüro für Lasertechnik und Verschleißschutz (ILV), Schwalbach/Ts.:

„Die Forschungsarbeit ist ein innovatives Beispiel für die erweiterten Anwendungsbereiche, die sich durch die Kombination „Kleiner Spotdurchmesser/Strahloszillation“ erschließen lassen – und dies bereits mit relativ geringen Laserleistungen. Dadurch wird möglich, dass sich auch kleine Firmen wie das ILV dieses zusätzliche Potenzial erschließen können. Über die abgeschlossene Forschungsarbeit hinaus sehen wir gute Chancen, die gewonnenen Erkenntnisse auch für das Laserauftragsschweißen zu nutzen.“

### Reiner Seefried, Reiner Seefried GmbH, Bremen:

„Das Forschungsprojekt hat den Anwendungsbereich des Laserschweißens deutlich erweitert. Werkstücktoleranzen und Spalte dürfen wesentlich größer sein als bisher. Dadurch erreichen wir eine Kostenersparnis bei den Werkstückvorbereitungen, bei einer hohen Fertigungsqualität. Die Erkenntnisse lassen sich sicherlich auf das Schweißen anderer Werkstoffe als Aluminium übertragen.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

06.103  
00.145 E **Two Step Laser Coating for 3D Surfaces and Large Areas (2SlaC)**

Prof. Dr. rer. nat. Poprawe, ILT Aachen

Beginn: 01.07.2015 Laufzeitende: 30.06.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.145E>

06.093  
18.386 N **Steigerung der Prozesseffizienz beim Laserstrahllöten**

Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.386N>

- |                            |   |                            |  |
|----------------------------|---|----------------------------|--|
| <p>06.096<br/>18.707 N</p> | <p><b>Laserstrahlschweißen von Kupfer und Kupferlegierungen größer 3 mm Dicke unter reduziertem Arbeitsdruck bis hin zum Feinvakuum (LaVaCu3+)</b></p> <p>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen</p> <p>Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 30.09.2017</p> <p>Weitere Informationen siehe:<br/><a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.707N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.707N</a></p>   | <p>06.091<br/>18.334 B</p> | <p><b>Prozessstrategie zum Reparieren von Nickelbasisbauteilen mittels Laserstrahl</b></p> <p>Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Bergmann, TU Ilmenau</p> <p>Beginn: 01.09.2014 Laufzeitende: 31.08.2016</p> <p>Weitere Informationen siehe:<br/><a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.334B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.334B</a></p>                            |
| <p>06.102<br/>18.840 N</p> | <p><b>Einfluss der Schwankungen von Kathodeneigenschaften auf die Strahlqualität und das Schweißergebnis beim Elektronenstrahlschweißen</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm, Uni Kassel<br/>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen</p> <p>Beginn: 01.10.2015 Laufzeitende: 31.03.2018</p> <p>Weitere Informationen siehe:<br/><a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.840N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.840N</a></p> | <p>06.094<br/>18.335 N</p> | <p><b>Oberflächenkonditionierung von Kupferwerkstoffen zur Stabilisierung des Lasermikroschweißens</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Overmeyer, LZH Hannover</p> <p>Beginn: 01.09.2014 Laufzeitende: 31.08.2016</p> <p>Weitere Informationen siehe:<br/><a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.335N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.335N</a></p>                      |
|                            |   | <p>06.090<br/>18.510 N</p> | <p><b>Verbesserung der Mikrostruktur von laserstrahlgeschweißten, ultrahochfesten Stählen durch gezielte Wärmeführung</b></p> <p>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen</p> <p>Beginn: 01.12.2014 Laufzeitende: 31.05.2017</p> <p>Weitere Informationen siehe:<br/><a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.510N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.510N</a></p> |

---

## Durchlaufende Forschungsprojekte

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| <p>06.086<br/>17.968 N</p> | <p><b>Konzeption und Erprobung eines mobilen Vakuumsystems zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit des Laserstrahl- und des Elektronenstrahlschweißens (MoVak)</b></p> <p>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen</p> <p>Beginn: 01.12.2013 Laufzeitende: 31.05.2016</p> <p>Weitere Informationen siehe:<br/><a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.968N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.968N</a></p>                            |
| <p>06.087<br/>18.087 N</p> | <p><b>Untersuchungen zum Einfluss von Härte- und Gefügezustand strahlgeschweißter Verbindungen an Stählen auf deren Verformungs- und Tragverhalten</b></p> <p>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Dilger, IFS Braunschweig</p> <p>Beginn: 01.03.2014 Laufzeitende: 31.08.2016</p> <p>Weitere Informationen siehe:<br/><a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.087N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.087N</a></p>                      |
| <p>06.089<br/>18.156 N</p> | <p><b>Reduzierung der Porenbildung beim Laserstrahlschweißen von Aluminium-Druckgusslegierungen durch reduzierten Umgebungsdruck und/oder Doppelfokustechnik (ReduPore)</b></p> <p>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Dilger, IFS Braunschweig</p> <p>Beginn: 01.04.2014 Laufzeitende: 31.10.2016</p> <p>Weitere Informationen siehe:<br/><a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.156N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.156N</a></p> |

## Fachausschuss 7 „Löten“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Michael M. Weinreich**

T +49. (0)2 11. 15 91-279

F +49. (0)2 11. 15 91-200

michael.weinreich@dvs-hg.de

### Vorsitzender Dipl.-Ing. Ingo Reinkensmeier

Siemens AG, Energy Sector, Berlin

### Stellvertretender Vorsitzender Franz Wetzi

Robert Bosch GmbH, Renningen

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

## Veranstaltungen

Internationales Kolloquium „Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen“ (LÖT)

## Korrespondierende Gremien

### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V6.1 „Hart- und Hochtemperaturlöten“
- W3 „Fügen von Metall, Keramik und Glas“
- Fachgesellschaft „Löten“ im DVS

[www.dvs-aft.de/AFT/V/V6.1](http://www.dvs-aft.de/AFT/V/V6.1)

[www.dvs-aft.de/AFT/W/W3](http://www.dvs-aft.de/AFT/W/W3)

[www.dvs-aft.de/AFT/F/FG-Loeten](http://www.dvs-aft.de/AFT/F/FG-Loeten)

### IIW-Gremien (International Institute of Welding)

- Commission XVII „Hartlöten, Weichlöten und Diffusionsschweißen“

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

## Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Der Fachausschuss 7 ist die Expertenplattform zur Identifizierung des Forschungsbedarfs, zur Definition und Begleitung von löstechnischen Forschungsprojekten, deren Bewertung sowie der Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis. Die Mitglieder des Forschungsausschusses kommen aus der Industrie (bevorzugt KMU) und aus der Forschung und sind unmittelbar in die Löttechnik involviert.

Das Löten ist als universelle Fügetechnik eine der Schlüsseltechnologien für die aktuelle und zukünftige Produkt- und Verfahrensentwicklung in allen industriellen Anwendungen, von der Mikroelektronik bis hin zum Kraftwerksbau. Die kommerzielle Nutzung moderner Werkstoffe wäre ohne die Löttechnik nicht machbar. Dementsprechend müssen die Lötverfahren weiterentwickelt sowie Konstrukteure und Fertigungsfachleute geschult werden, so dass Anwender der Löttechnik immer auf das neueste Know-how zurückgreifen können.

In der industriellen Anwendung der Löttechnik sind die Themen „Verfügbarkeit und Eigenschaften von Loten“, „Lötprozesse und Werkstoffverhalten“, „Lötgerechte Konstruktion und Bau-

teilauslegung“ sowie die „Vorhersage und Absicherung der Verbindungseigenschaften“ wichtig für die Prozessbeherrschung, Anwendbarkeit und Zuverlässigkeit.

Um hierfür Lösungen zu finden, müssen bestehende Technologien noch tiefer gehend verstanden und bis an die physikalischen Grenzen ausgereizt sowie neue entwickelt werden.

## Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Erzeugen lötfähiger Oberflächen, Eigenschaften und Charakterisierung
- Lötprozesse mit niedrigen Löttemperaturen für hohe Einsatztemperaturen (Nanolote, Reaktionslote)
- Auslegen/Berechnen/Simulieren von hochfesten/ hochbeanspruchten Lötverbunden
- Systematisches Erschließen der Einflussfaktoren zur Lebensdauerbeständigkeit: Mechanische Festigkeit, Korrosion
- Hochfeste, wirtschaftliche Lötverbindungen

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Entwicklung von Prozessen zum flussmittelfreien Schutzgas-Hartlöten zwischen 650 °C und 850 °C durch Einsatz silandotierter Prozessgase

(AiF-Nr. 17.884 N / DVS-Nr. 07.074)

Laufzeit: 1. Oktober 2013 – 30. September 2015

Prof. Dr.-Ing. H. J. Maier, Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover

Beim flussmittelfreien Hochtemperaturlöten (>900 °C) in Schutzgasöfen hat sich die Dotierung der hierfür eingesetzten Inertgase (Ar oder N<sub>2</sub>) mit dem extrem reaktiven, gasförmigen Reduktionsmittel Monosilan (SiH<sub>4</sub>) als außerordentlich erfolgreich erwiesen, Prozessbedingungen zu schaffen, bei denen eine benetzung-aktivierende Desoxidation der zu lötenden Werkstoffoberflächen im Lötprozess einsetzt.

Mit einer umfangreichen Auswahl an kommerziellen Hartloten und technisch relevanten Grundwerkstoffen wurden zunächst Parameterstudien zur Benetzung im Durchlaufofen durchgeführt. Aus dem Benetzungs- und Fließverhalten wurden aussichtsreiche Lot-Grundwerkstoff-Kombinationen zusammen mit den erforderlichen Prozessparametern ermittelt, die im weiteren Projektverlauf zur Herstellung von Lötproben verwendet wurden. Hierbei wurden nicht nur artgleiche Verbindungen, sondern auch Mischverbindungen aus allen Werkstoffkombinationen, die sich aus den Werkstoffen Baustahl (S235), CrNi-Stahl (1.4301), Aluminiumbronze (CuAl10Fe5Ni5), Messing (CuZn40Pb2) und Zinnbronze (CuSn12Ni2-C) ergeben, hergestellt. Ebenso wurden hierfür wiederum unterschiedliche Lote getestet (CuP180, CuP286, Ag206, Ag244, Ag427, AgCu-Sonderlot). Schließlich wurden aus ausgewählten Werkstoffen Normprüfkörper für die Ermittlung von Scherzugfestigkeiten der Lötverbindungen

hergestellt und getestet. Diese Prüfkörper wurden sowohl im Durchlaufofen als auch induktiv unter SiH<sub>4</sub>-dotiertem Schutzgas gelötet.

Gemäß der Projektergebnisse ist ein flussmittelfreies Hartlöten aller untersuchten Werkstoffe in SiH<sub>4</sub>-dotiertem Stickstoff zwischen etwa 700 °C und 850°C möglich, wenn auf die zu lötenden Werkstoffe abgestimmte Hartlote und Löttemperaturen verwendet werden. Selbst CrNi-Stähle lassen sich bei Verwendung des AgCu-Sonderlots 35Ag-32,6Cu-20Zn-2Sn-10Mn-0,4Si bei 840 °C flussmittelfrei löten. Bei den Stahlwerkstoffen liefert das schnelle Induktionslöten wesentlich höhere Verbindungsfestigkeiten als das Ofenlöten, was u. a. in metallurgischen Wechselwirkungen zwischen Lot und Grundwerkstoff begründet ist. Die Einsteckverbindungen erreichen hierbei mittlere Scherzugfestigkeiten von 180 bis 220 MPa (Bilder 56 und 57), während die gelöteten Messingvarianten auch beim Ofenlöten deutlich über 200 MPa Scherzugfestigkeit liegen.

Das flussmittelfreie Löten in SiH<sub>4</sub>-dotierten Stickstoff kann mit einfachen technischen Änderungen der Begasungsvorrichtungen in konventionellen Schutzgasdurchlauföfen oder Schutzgas-Induktionslötanlagen durchgeführt werden.



Bild 56: Flussmittelfrei gelöteter Prüfkörper aus 1.4301 für die Zugprüfung

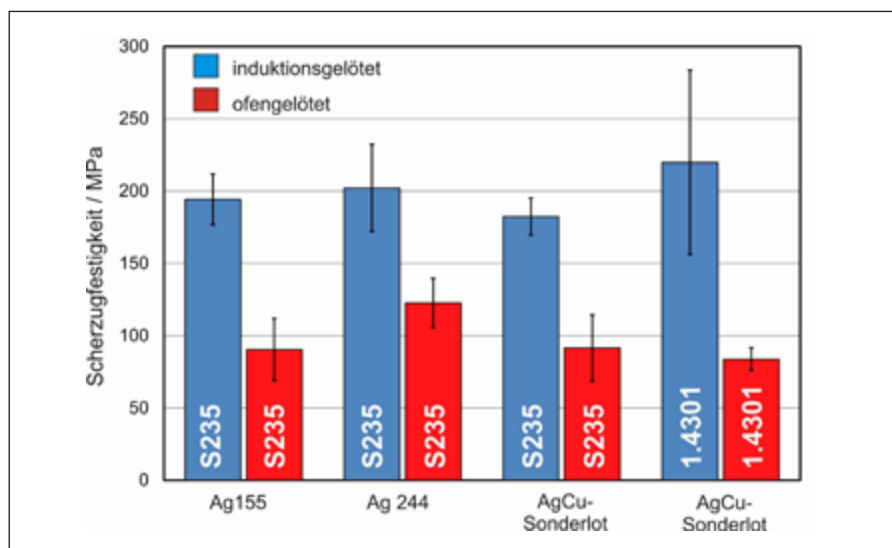


Bild 57: Vergleich der Scherzugfestigkeiten von ofen- und induktiv gelöteten Prüfkörpern aus Baustahl S235 und CrNi-Stahl 1.4301, Löttemperaturen: S235 bei 800 °C, 1.4301 bei 840 °C, Fehlerbalken markieren die Standardabweichungen

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. (FH) Daniel Schnee, Umicore AG, Hanau:

„Alternative Prozesse zur Aktivierung der Oberfläche zu löten der Bauteile sind aufgrund der Einstufung von Hartlötflusmitteln (siehe Merkblatt DVS 2617) in der Industrie von großem Interesse. Die durchgeführten Arbeiten haben aufgezeigt, dass silandotierte Schutzgase prinzipiell eine Alternative darstellen können. Die ermittelten Scherzugfestigkeitswerte einiger Lotsysteme waren mit Flussmittellötungen durchaus vergleichbar. Eine generelle Substitution von universellen Hartlötflusmitteln vom Typ FH10 ist aber dennoch nicht zu erwarten, da die Eignung der silandotierten Schutzgase erheblich von verwendeten Grundwerkstoff und Lotlegierung abhängt und sich hin zu höheren Löttemperaturen verschiebt.“

### Dipl.-Ing. Reinhard Kreiter, Stiebel Eltron, Holzminden:

„Das Hartlöten von Kupfer- und Kupferlegierungen bei Löttemperaturen bis 850 °C ist bei Stiebel Eltron, Technologieführer im Bereich Haustechnik und Erneuerbare Energien, nach wie vor das am häufigsten zum Einsatz kommende Lötverfahren. Die hierbei verwendeten Flussmittel geraten jedoch zunehmend in Kritik bzw. sind Beschränkungen unterworfen. Für uns stellen die erzielten Ergebnisse und durchgeführten Untersuchungen eine ausgezeichnete Basis für die weitere Vorgehensweise zum flussmittelfreien Löten dar.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

- 07.080  
18.469 N **Qualifizierung der elektrischen Widerstandsmessungen zur zerstörungsfreien Prüfung von Hartlötverbindungen – LöWe**  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Tillmann, LWT Dortmund  
Beginn: 01.01.2015 Laufzeitende: 31.12.2016  
Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.469N>
- 07.082  
18.705 B **Entwicklung eines standardisierten Messverfahrens zur insitu Bestimmung des Benetzungs- und Fließverhaltens von Lotwerkstoffen unter Flussmiteleinsetzung**  
Prof. Dr.-Ing. Wagner, IWW, TU Chemnitz  
Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017  
Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.705B>
- 07.081  
18.706 N **Entwicklung von kupfer- und nickelbasierten Lotsystemen mit niedrigen Verarbeitungs- und hohen Wiederaufschmelztemperaturen**  
Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover  
Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017  
Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.706N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

- 07.071  
17.776 N **Verbesserung der Gebrauchseigenschaften hochtemperaturgelöteter Verbindungen durch thermodynamisch ausgelegte Temperatur-/Zeitzyklen**  
Prof. Dr. rer. nat. Müller, LKM Berlin  
Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden, HS Niederrhein  
Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 30.06.2016  
Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.776N>
- 07.075  
17.907 N **Vermeidung binderbedingter Fehlstellen durch prozessichere Verarbeitung von Lotpasten bei flächigen Bauteillösungen**  
Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen  
Beginn: 01.11.2014 Laufzeitende: 30.04.2017  
Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.907N>
- 07.076  
18.284 B **Untersuchung der Gefüge-Eigenschafts-Beziehungen von Eisenbasisloten**  
Prof. Dr.-Ing. Wagner, IWW, TU Chemnitz  
Beginn: 01.07.2014 Laufzeitende: 31.12.2016  
Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.284B>



07.073  
18.387 N **Systematische Untersuchung der Einflüsse von Oberflächenzuständen auf gelötete Fügeverbunde mit anwendungsrelevanten Prüfverfahren III**

Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Tillmann, LWT Dortmund

Beginn: 01.11.2014 Laufzeitende: 31.10.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.387N>

07.077  
18.422 B **Entwicklung eines Lötverfahrens für die Fertigung von wassergekühlten Bipolarplatten aus chrombeschichteten Metallfolien für PEM-Brennstoffzellen**

Univ. Prof. Dr.-Ing. habil Lampke, IWW, TU Chemnitz  
Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.11.2014 Laufzeitende: 31.10.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.422B>

07.078  
18.507 B **Verringerung der Schwermetallionenmigration kupfergelöteter Plattenwärmeübertrager (PWÜ) für Trinkwasseranwendungen**

Prof. Dr.-Ing. Wagner, IWW, TU Chemnitz

Beginn: 01.12.2014 Laufzeitende: 30.11.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.507B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

07.069  
17.622 B **Entwicklung von Co-Basis-Loten zum Hochtemperaturlöten hochfester, thermisch stark belasteter Bauteile aus Co-Basislegierungen**

Prof. Dr.-Ing. Wagner, IWW, TU Chemnitz

Beginn: 01.12.2012 Laufzeitende: 31.05.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.622B>

07.070  
17.748 B **Korrelation zwischen der Oberflächenhistorie, den Prozessbedingungen und der Löteignung von Aluminiumwerkstoffen**

Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden

Beginn: 01.07.2013 Laufzeitende: 30.06.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.748B>

07.074  
17.884 N **Entwicklung von Prozessen zum flussmittelfreien Schutzgas-Hartlöten zwischen 650°C und 850°C durch Einsatz silandotierter Prozessgase**

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.10.2013 Laufzeitende: 30.09.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.884N>

## Fachausschuss 8 „Klebtechnik“



[www.dvs-forschung.de/FA08](http://www.dvs-forschung.de/FA08)  
[www.klebtechnik.org](http://www.klebtechnik.org)



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Ass. jur. Marcus Kubanek**

T +49. (0)2 11. 15 91-120

F +49. (0)2 11. 15 91-200

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

**Vorsitzender N. N.**

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

Stepanski Engineering, Leverkusen

**Vorsitzender Prof. Dr.-Ing. Wilko Flügge**

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Standort Salzgitter

**Gemeinschaftsausschuss „Klebtechnik“ (GA-K)**

## Veranstaltungen

Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“

## Korrespondierende Gremien

### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V8 „Klebtechnik“
- V8.1 „Dosier- und Mischtechnologie für die Klebtechnik“
- V8.2 „Haftklebebänder“
- Q1.3 „Berechnung und Simulation in der Klebtechnik“

[www.dvs-aft.de/AfT/V/V8](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V8)

[www.dvs-aft.de/AfT/V/V8.1](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V8.1)

[www.dvs-aft.de/AfT/V/V8/V8.2](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V8/V8.2)

[www.dvs-aft.de/AfT/Q/Q1.3](http://www.dvs-aft.de/AfT/Q/Q1.3)

### In der Forschungsvereinigung des DVS

- FA 11 „Kunststofffügen“

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

## Tragende AiF-Mitgliedsvereinigungen des Gemeinschaftsausschusses „Klebtechnik“

- **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



Ziel ist die Bündelung von Kompetenzen und Aktivitäten auf dem Gebiet der Klebtechnik. Die Mitglieder des GA-K mit Vertretern aus Industrie und Wissenschaft rekrutieren sich aus den Arbeitskreisen „Fertigung und Konstruktion“ und „Adhäsion und Klebstoffchemie“ der DECHEMA, dem Fachausschuss 8 „Klebtechnik“ der Forschungsvereinigung des DVS, dem Expertenausschuss „Kleben von Stahl“ der FOSTA sowie Experten der ivTH.

Die eingereichten Forschungsvorhaben umfassen das gesamte Gebiet der Klebtechnik von der Konstruktion über die Fertigung bis hin zur Reparatur und zum Recycling, auch in Kombination mit anderen Fügeverfahren. Einschränkungen auf bestimmte Werkstoffe, Einsatzgebiete oder Prozesse gibt es nicht.

### Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Entwickeln, Anpassen und Beurteilen von Verfahren zur Oberflächenbehandlung
- Entwickeln neuer Prüfmethoden für Klebstoffe und Klebverbindungen
- Berechnen von Klebverbindungen, Simulation, Kennwertermittlung
- Methoden zur Klebstoffaushärtung
- Fertigungstechnik und Fertigungsintegration von Klebsystemen
- Qualitätssicherung
- Konstruktionsmethodik und klebgerechte Gestaltung
- Hybridverfahren in unterschiedlichen Anwendungen
- Disbonding
- Reparatur
- Fügen im Produktlebenszyklus

### Strategie- und Innovationsworkshop „Roadmap Kleben 2015“

Nachdem der Prognosezeitraum der ersten im Jahr 2007 durch den Gemeinschaftsausschuss Klebtechnik (GAK) ausgearbeiteten Roadmap zur Klebtechnik auslief, wurde im Januar 2015 in einem Strategie- und Innovations-Workshop eine neue Roadmap erarbeitet (Bild 58). Aktuelle Themen, Fragestellungen und Probleme der Klebtechnik sollten identifiziert und definiert werden. Ziel war, den Weg der Klebtechnik für die nächsten Jahre zu beschreiben.

Zu diesem Zweck wurden mit den 33 Teilnehmern und Forschern aus den Branchen Automotive, Transport/Bus/Bahn/Wagon, Klebstoffherstellung, Applikation- und Anwendungstechnik, Bauwesen und Beratung die Leitthemen Automotive, Bauwesen, klebtechnische Prozesse, Nachhaltigkeit, Ressourcen und Umwelt diskutiert. Innerhalb dieser Leitthemen hatten sich die Teilnehmer mit den Fragen zu beschäftigen, wo der Klebtechnik durch andere Fügeprozesse Wettbewerb bis hin zur Verdrängung entstehen und mit welchen anderen Fügeprozessen gemeinsame Existenzen bestehen. Vor diesem Hintergrund wurde zu verschiedenen Fragen aus dem Bereich

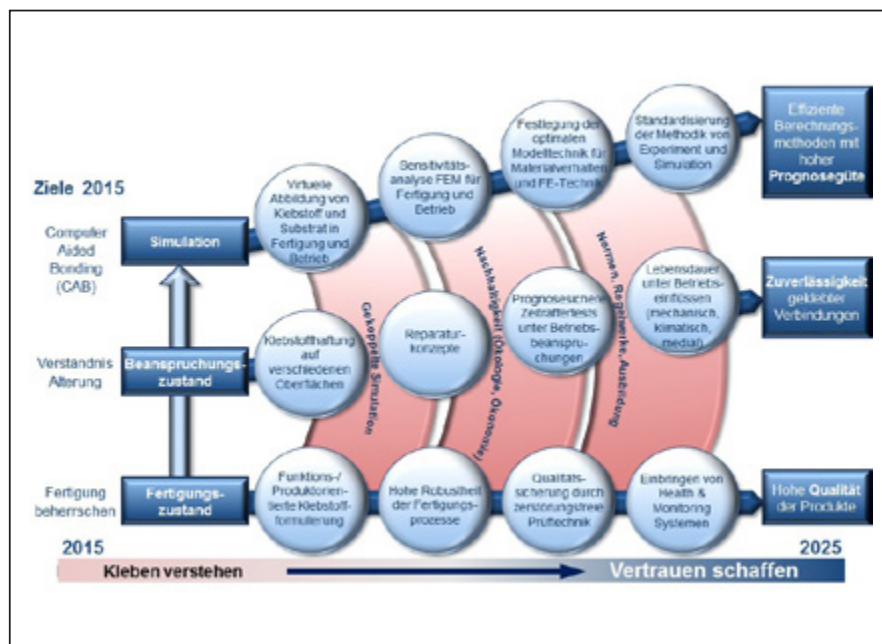


Bild 58: Roadmap „Kleben“ 2015 - 2025

der industriellen Fertigung und der Forschung Stellung genommen, die strategische Ausrichtung der Klebtechnik in der Industrie für die nächsten Jahre festgelegt sowie aktuelle und zukünftige Handlungsbedarfe in den unterschiedlichen Themen- und Anwendungsbereichen identifiziert (Tabellen 1 - 3).

Das Ergebnis ist die neue Roadmap „Kleben“ 2015.

Die Inhalte stehen zum Download zur Verfügung unter:  
[www.dvs-forschung.de](http://www.dvs-forschung.de)

**Tabelle 1: Handlungs- und Themenfelder zum Themenschwerpunkt „Alterung verstehen“**

(Quelle: GAK)

Prognosesichere Zeitraffertests	Klebstoffhaftung auf Oberflächen	Reparaturkonzepte	Lebensdauer im Betrieb vorhersagen
Korrelation mit realer Alterung	Oberflächen charakterisieren	Reparatur von Klebverbindungen	Adhäsion/Kohäsion verstehen
Aussagefähige Messmethodik	Primer, Beschichtungen	Lösbare Verbindung	Störungsvorhersage
Auf Belastungen abgestimmte Alterungstests	Bruchbilder richtig interpretieren	Kleben als Bauhilfe im Feld	Ermüdung durch Temperatur, Klima
Alterungsverhalten verstehen	Kleben auf unreinen Oberflächen	Reparaturkonzepte für Langzeitstabilität	Lastfall-Realität abbilden
Auslegung auf 30 Jahre	Testmethoden		Lösungen für große $\Delta T$ und $\Delta \alpha$
	Neue Werkstoffe und Oberflächen		

**Tabelle 2: Handlungs- und Themenfelder zum Themenschwerpunkt „Fertigung beherrschen“**

(Quelle: GAK)

Klebstoffformulierung	Robuste Fertigungsprozesse	Zerstörungsfreie Prüftechnik	Monitoring von Klebverbindungen
Universalklebstoff	Ausbildung	100 % Kontrolle in Serie	Monitoring beim Planen berücksichtigen
Selbstheilender Klebstoff	Fixier-Konzepte	Vernetzte Systeme, Sensorik	Klebschichtsensoren in Fertigung einbringen
Spannungsabbau bei $\Delta \alpha$ -Effekten	Toleranzen	Qualitätssicherung	Charakterisierung der Oberflächen
Hohe Temperaturbeständigkeit	Werkstoffeinfluss	Praxistaugliche ZfP	Verständnis Adhäsion/Kohäsion
Klebstoff-Auswahl-Systematik	Automatisierte Oberflächenvorbehandlung		Funktionsklebstoffe
Anforderungsorientierte Klebstoffformulierung	Elementares Kleben		Kontinuierliche Kontrolle
	Hybridverbindungen		
Sichere Rohstoffquellen	Wärmedehnungen		
	Störgrößen bewerten		

**Tabelle 3: Handlungs- und Themenfelder zum Themenschwerpunkt „Computer Aided Bonding“**

(Quelle: GAK)

Klebstoffe und Substrate	Grundlagen, Sensitivitätsanalyse	Modelltechnik / FE-Technik	Standardisierung der Methodik
Berücksichtigung weiterer Klebstoffe und Substrate	Thermomechanische Einflussgrößen	Modellierung des Materialverhaltens	Prüf- und Dokumentationsrichtlinie
Neue Prüfmethoden	Adhäsion, Kohäsion, Interface	Geometrie der Verbindung	Standardisierung der Ermittlung von Materialkennwerten und Struktureigenschaften
Berücksichtigung realer Lastfall	Cobonding Klebstoff + CFK	Gekoppelte Simulation von Fertigung und Betrieb	Vereinfachte Materialkartenermittlung
Versagensverhalten	Mikromechanik	Netzabhängigkeiten	Kopplung von Kontinuumsmechanik und Bruchmechanik
Reparaturklebstoffe	Schädigungseinflüsse	Neue Elementformulierungen	Normung und Standards
Oberflächen berücksichtigen	Langzeitschwingverhalten	Detailmodell vs. Ersatzmodell	



### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Hybridfügen von Mischbaustrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen mit metallischen Halbzeugen

(IGF-Nr. 17.618 N / DVS-Nr. 08.080)

Laufzeit: 1. Januar 2013 – 31. März 2015

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

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Qualifizierung von Hybridfügetechnologien für Rohbauanwendungen, um unlösliche FKV-Metall-Verbindungen mit optimiertem Eigenschaftsprofil zu realisieren. Dazu wurden zunächst an vier Werkstoffkombinationen sowohl elementar mechanisch als auch klebtechnisch gefügte Verbindungen hergestellt und optimiert. Untersucht wurden die mechanischen Fügeverfahren Voll- und Halbhohlstanznieten, Direktverschrauben und Blindnieten sowie das Kleben mit ein- und zweikomponentigen Epoxidharzklebstoffen. Im Fall des vorlochfreien, fließlochformenden Schraubens wurde zudem die Laminatschädigung anhand von Computertomografie-Scans bewertet. Im Anschluss wurden die mechanischen und klebtechnischen Fügeverfahren kombiniert und hybridgefügte Verbindungen gefertigt.

Mittels gezielter Werkzeug- und Prozessanpassungen wurden die Hybridfügeverfahren für den Einsatz im CFK-Mischbau optimiert, wobei insbesondere auf eine geringe Spaltbildung zwischen den Fügeteilen mit dem Ziel bestmöglicher Klebstoffanbindung Wert gelegt wurde. Aufgrund der großen Gefahr der Kontaktkorrosion an Hilfsfügeteilen und Fügeteilen wurden im Anschluss Korrosionsuntersuchungen durchgeführt und die Resttragfähigkeit der Verbindungen nach der Alterung bestimmt. Zuletzt wurden alle Verbindungen mittels quasistatischer Scher- und Kopfzugversuche mechanisch charakteri-

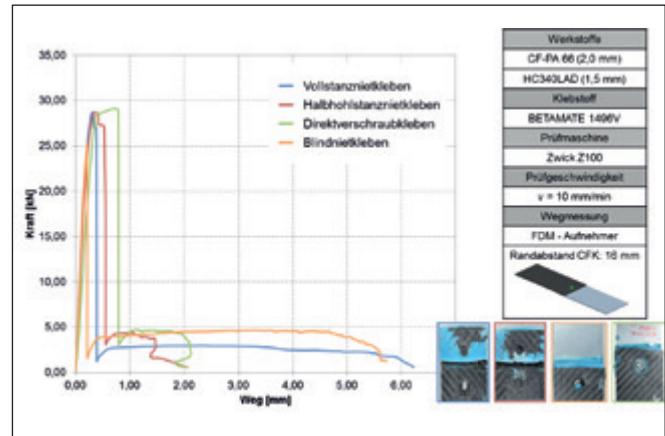


Bild 59: Mechanische Auswertung / Charakterisierung der Verbindungen

siert, siehe **Bild 59**. Die Vorteile des Hybridfügens wurden durch die Versuchsergebnisse nachgewiesen, da in der Regel beinahe die Tragfähigkeit elementar geklebter Proben erreicht wurde und die Energieaufnahme signifikant gesteigert werden konnte. Anhand eines angefertigten Demonstrators werden alle betrachteten mechanischen Fügeverfahren in Kombination mit dem Kleben dargestellt, siehe **Bild 60**.



Bild 60: Demonstrator

### Meinungen aus den Unternehmen

#### Georg Donhauser, Kerb-Konus-Vertriebs-GmbH, Amberg:

„Wir haben das interessante Projekt von Anfang an mit verfolgt und gerne auch unterstützt. In letzter Zeit sehen wir vermehrt Anwendungen mit CFK, jedoch fehlen beim Anwender oftmals Erfahrungswerte, wie solche Bauteile sicher gefügt werden können. Das abgeschlossene Forschungsprojekt hat hier wertvolle Hinweise und Empfehlungen geliefert, aber auch das Po-

tenzial zur Verbesserung bestehender Produkte aufgezeigt. Dank der aufschlussreichen Erkenntnisse konnte einer unserer Stanzniete speziell für den Einsatz in CFK-Strukturen weiterentwickelt werden, wodurch die Verbindungsqualität gesteigert als auch die Einsatzgrenzen angehoben werden konnten. Für uns als mittelständisches Unternehmen öffnen sich durch die Ergebnisse des Projektes neue Märkte.“



**Dr.-Ing. Martin Bangel, Technologieentwicklung Fügen Leichtbau, AUDI AG, Neckarsulm:**

„In Mischbaustrukturen werden überwiegend mechanische Fügeverfahren zur Fixierung von Klebstoffen bis zur Aushärtung verwendet. Bei hybriden Bauweisen aus faserverstärkten Kunststoffen in Kombination mit Metall wird derzeit in automobilen Serienanwendung, z. B. beim Audi R8, zumindest das FVK-Bauteil an der Fügestelle vorgelocht. Die im Projekt verwendeten vorlochfreien Fügeverfahren durchdringen die FVK-Werkstoffe auf unterschiedlicher Weise und führen zu Defekten, deren Ausprägung und Einfluss auf die Verbindungseigenschaften Gegenstand der Untersuchungen war.“

Die erlangten Kenntnisse zu den Auswirkungen der Delaminationen bei Belastung und der Ausbildung der Klebschicht als primäre Verbindung ermöglichen dem Anwender, die Einsatzmöglichkeiten dieser Verfahren in neuen Fahrzeugprojekten mit FVK/Metall-Mischbau zu bewerten. Der Entfall der Vorlöcher bewirkt eine erhebliche Kostensenkung, einfachere Toleranzausgleichskonzepte und eine Verminderung von Werkzeugverschmutzung durch Klebstoffaustritt. Ebenfalls die Erkenntnisse zur Klebstoffhaftung auf Laminaten, mit thermoplastischer Polyamidmatrix, bilden eine Entscheidungshilfe für die Auswahl der Fügekonzepte.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

08.097  
18.173 N **Nachweisführung für die Beanspruchbarkeit von hyperelastischen Klebverbindungen unter betriebsrelevanten Bedingungen**

Prof. Dr. Mayer, IFAM Bremen

Beginn: 01.05.2015 Laufzeitende: 31.10.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.173N>

08.095  
18.709 N **Einsatz der optisch, mechanisch und induktiv angeregten Shearografie für die ZfP von hochfesten Strukturklebungen und elastischen Dickschichtklebungen**

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm, Uni Kassel

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.709N>

08.087  
18.003 N **Bedarfsgerechte qualitätsgesicherte Vorbehandlungen von FVK-Bauteilen vor der Durchführung industrieller klebtechnischer Prozesse**

Prof. Dr. Mayer, IFAM Bremen

Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn

Beginn: 01.02.2014 Laufzeitende: 31.01.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.003N>

08.088  
18.155 N **Methoden zur Abschätzung des Verschleißes von Dosieranlagen bei der Verarbeitung von höherviskosen gefüllten Klebstoffen (Abrasio)**

Prof. Dr. Mayer, IFAM Bremen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Dilger, IFS Braunschweig

Beginn: 01.04.2014 Laufzeitende: 31.03.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.155N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

08.092  
00.120 E **Zero defect manufacturing in adhesive bonding (ZeDeMAB)**

Prof. Dr. Mayer, IFAM Bremen

Prof. Dr. Ing. Dipl.-Phys. Hanke, IZFP Saarbrücken

Beginn: 01.05.2014 Laufzeitende: 31.10.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.120E>

08.090  
18.160 N **Anforderungsgerechte Analyse und Entwicklung einer Methode zur Bewertung instationärer Zustände bei der 2K Klebstoffverarbeitung**

Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn

Beginn: 01.04.2014 Laufzeitende: 31.12.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.160N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

08.082 17.193 N	<p><b>Einsatz der Klebtechnik zur Fertigung von Sägebändern zur ressourceneffizienten Spanung mineralischer Werkstoffe</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm, Uni Kassel</p> <p>Beginn: 01.10.2012 Laufzeitende: 31.03.2015</p> <p>Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.193N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.193N</a></p>	08.080 17.618 N	<p><b>Hybridfügen von Mischbaustrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen mit metallischen Halbzeugen</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn</p> <p>Beginn: 01.01.2013 Laufzeitende: 31.03.2015</p> <p>Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.618N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.618N</a></p>
08.077 17.275 N	<p><b>Klebstoffe als dauerhaftes Verbundmittel bei Stahlverbundträgern</b></p> <p>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Geiß, AWOK Kaiserslautern Prof. Dr.-Ing. Kurz, STB, Kaiserslautern</p> <p>Beginn: 01.10.2011 Laufzeitende: 31.03.2015</p> <p>Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.275N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.275N</a></p>	08.084 17.777 B	<p><b>Monitoring von Klebverbindungen mittels faseroptischem Messsystem</b></p> <p>Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Könke, MFPA, Bauhaus-Universität Weimar Prof. Dr.-Ing. Hildebrand, Bauhaus-Universität Weimar</p> <p>Beginn: 01.05.2013 Laufzeitende: 31.12.2015</p> <p>Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.777B">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.777B</a></p>
08.076 17.301 N	<p><b>X-Bond – Entkleben unter Nutzung exothermer Reaktionen</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm, Uni Kassel Prof. Dr.-Ing. Elsner, ICT, Pfinztal</p> <p>Beginn: 01.01.2013 Laufzeitende: 30.04.2015</p> <p>Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.301N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.301N</a></p>	08.086 17.778 N	<p><b>Crashsicheres 2K-Kleben von Faserverbundkunststoffen im Fahrzeugrohbau (Crash2FRP)</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm, Uni Kassel</p> <p>Beginn: 01.08.2013 Laufzeitende: 31.12.2015</p> <p>Weitere Informationen siehe: <a href="http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.778N">http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.778N</a></p>

## Fachausschuss 9 „Konstruktion & Festigkeit“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Rockhard Zsehra**

T +49. (0)2 11. 15 91-123

F +49. (0)2 11. 15 91-200

rockhard.zsehra@dvs-hg.de

### Vorsitzender Dr.-Ing. Manfred Kaßner

Falkensee

### Stellvertretender Vorsitzender Dr.-Ing. Genbao Zhang

Volkswagen AG, Wolfsburg

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

## Korrespondierende Gremien

### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- 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“

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

### IIW-Gremien (International Institute of Welding)

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

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

## Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Die sichere, wirtschaftliche und ggf. regelwerkskonforme Nutzung gefügter Bauteile und daraus gefertigte Produkte erfordern eine optimale konstruktive Gestaltung und eine ausreichende Festigkeit bezüglich sämtlicher betrieblicher Belastungsszenarien. Um dieses zu gewährleisten, werden einerseits Gestaltungsregeln für die Konstruktion und andererseits fundierte Auslegungsverfahren für die Dimensionierung bzw. für den Festigkeitsnachweis von gefügten Bauteilen benötigt. Dabei sind die im Betrieb auftretenden Belastungen und Einwirkungen ausreichend zu berücksichtigen. Mit den durch den Fachausschuss angeregten und betreuten Forschungsarbeiten sollen die Grundlagen und Möglichkeiten hierfür unter Abdeckung der spezifischen Anforderungen verschiedenster Technikbereiche weiterentwickelt werden. Dies beinhaltet auch die Erstellung von Vorschlägen für Regelwerke, Berechnungsrichtlinien und Grundlagen für künftige Softwareentwicklungen.

## Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

In den Forschungsvorhaben des Fachausschusses werden die konstruktive Ausbildung und das Festigkeitsverhalten von gefügten Verbindungen analysiert, die sich mit industriell nutzbaren Verfahren herstellen lassen und aus den in der Industrie einsetzbaren Werkstoffen bestehen. Folgende Schwerpunkte stehen dabei im Vordergrund:

- Konstruktive Ausbildung von gefügten Bauteilen, d.h. Entwicklung bzw. Erweiterung von Vorgehensweisen zur Konstruktion und Optimierung sowie die Erarbeitung bzw. Ableitung von Gestaltungsgrundsätzen und -regeln
- Auslegung und Festigkeitsbewertung gefügter Bauteile, d.h. die Entwicklung von Berechnungsverfahren zur Beanspruchungsermittlung, die Ermittlung von Beanspruchbarkeiten und die Weiterentwicklung von Konzepten für den Festigkeitsnachweis bei vorwiegend ruhenden, zyklischen und crashartigen Belastungen

Festigkeitsbewertung bzw. Auslegung schwingbelasteter gefügter Bauteile im Low Cycle Fatigue Bereich (LCF) und High Cycle Fatigue Bereich (HCF):

- Linienförmig geschweißte Verbindungen aus Stahl und Al-Legierungen mit Nenn-, Struktur- und Kerbspannungskonzept sowie mit bruchmechanischen Methoden
- Dehnungsbasierte elasto-plastische Ansätze
- Punktförmige Verbindungen (mechanisch gefügte Bauteile, Punktschweißungen) mit analogen Nachweiskonzepten wie bei linienförmigen geschweißten Verbindungen
- Mehrachsig, nicht phasengleich belastete Fügeverbindungen
- Fügeverbindungen aus höherfesten und hochfesten Stählen
- Systematische Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Festigkeit und Fertigungsqualität von geschweißten Verbindungen
- Optimierung der Festigkeit von Schweißverbindungen durch Nachbehandlung der Schweißnahtübergänge mit geeigneten Verfahren
- Mechanisch gefügte und hybridgefügte Verbindungen sowie Klebverbindungen
- Erstellung von Auslegungsgrundlagen für gefügte Konstruktionen bei Crashbelastung sowie bei vorwiegend ruhenden Beanspruchungen (statischer Nachweis)

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Systematische Untersuchungen zur Verstärkung von Stahlkonstruktionen mit kohlefaserverstärkten Kunststoffen

(IGF-Nr. 17.700 N / DVS-Nr. 09.065)

Laufzeit: 1. März 2013 – 30. September 2015

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

Prof. Dr.-Ing. M. Feldmann, Institut und Lehrstuhl für Stahlbau und Leichtmetallbau, RWTH Aachen

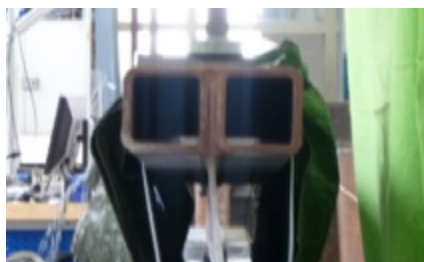
Prof. Dr.-Ing. T. Ummerhofer, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, KIT Karlsruhe

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde die Möglichkeit einer nachträglichen Verstärkung von Stahlkonstruktionen, insbesondere vor dem Auftreten von Rissen, durch kohlefaserverstärkte Kunststofflamellen systematisch untersucht. Als Alternative zu aufgeschweißten oder angeschraubten Verstär-

kungsblechen aus Stahl bieten aufgeklebte CFK-Verstärkungen eine Reihe von Vorteilen (z.B. Reduzierung des Gewichts, reduzierte Kerbwirkung). In enger Abstimmung mit der Industrie wurden im Projekt experimentelle Untersuchungen an ausgewählten Klebstoffen durchgeführt.



Weiterhin wurde durch experimentelle Untersuchungen an Stahl-CFK-Verbindungen gezeigt, dass die Verbindung über eine gute Alterungsbeständigkeit verfügt und kein vorzeitiges Versagen zu erwarten ist. Die Auswertung der Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen zu Stahl-CFK-Verbindungen unter Dauerlast unter Anwendung eines Feder-Dämpfer-Modells ergab eine erreichbare Lebensdauer von 50 Jahren.



Im Hinblick auf die baupraktische Anwendung einer CFK-Verstärkung von Stahlbauteilen im Bestand wurden experimentelle Untersuchungen an Kleinbauteilen als statische Zugversuche sowie Versuche unter veränderlicher Beanspruchung im Zugschwellbereich durchgeführt (**Bild 61**). Ferner erfolgte die experimentelle Untersuchung von entsprechend verstärkten Hohlprofilen und Kranbahnträgern.

Bild 61: Verstärktes Hohlprofil im Vier-Punkt-Biegeversuch (oben) und Bauteilversuch eines Kranbahnträgers (unten)

Da entsprechende Vorgaben nicht existierten, ergab sich die Notwendigkeit der Entwicklung von Modellen zur Charakterisierung des Tragverhaltens für die untersuchten Verstärkungssysteme unter Berücksichtigung verschiedener Beanspruchungsszenarien. Das entwickelte Ingenieurmodell, das neben der mechanischen Spannung in der Klebfuge auch weitere Aspekte wie das Langzeitverhalten berücksichtigt, konnte im Rahmen des durchgeführten Forschungsvorhabens für Klebverbindungen im Stahlbau wesentliche Grundlagen zur Beseitigung dieser unbefriedigenden Situation schaffen.

Weiterhin wurden auf Basis des Modells Vorschläge für Nachweisregeln für die Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) sowie der Gebrauchstauglichkeit (SLS) unterbreitet. Eines der Ziele war es, die im Bauwesen nach wie vor kaum angewandte Füge-technik „Kleben“ weiter zu etablieren und hier einen Schritt hin zu einer normativen Regelung entsprechender Verbindungen zu gehen. Das Vorhandensein von entsprechenden normativen Vorgaben würde zweifelsfrei zu einer weit höheren Akzeptanz und breiteren Anwendung dieser innovativen Füge-technik im Bauwesen führen.

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dr. Steffen Schröder, DB ProjektBau GmbH, Region Südost, Erfurt:

„Das Projekt wurde von Anfang an von uns begleitet und unterstützt. In Hinblick auf die Umsetzung dieser Alternativlösung in der Praxis stellt dieses Projekt eine wichtige Basis dar. Gegenüber einem Neubau von Tragwerken wird ein großes Potenzial im Besonderen in der Verstärkung von bestehenden Stahltragwerken gesehen. Erkenntnisse über das Kleben von kohlenstoffaserverstärkten Kunststoffen im Stahlbau ermöglichen es, das öffentliche Interesse an Klebverbindungen im Bauwesen zu steigern.“

### Hans-Joachim Tschersich und Marion Hövel, thyssenkrupp Steel Europe AG, Duisburg:

„Während das Verstärken durch Aufkleben von kohlefaser-verstärkten Kunststoffen für Konstruktionen aus Beton, Holz, Mauerwerk oder Gusseisen bereits Stand der Technik ist und erfolgreich durchgeführt wurde, besteht für eine solche Verstärkungsmaßnahme bei Stahlkonstruktionen noch erheblicher Forschungsbedarf. Sowohl Konstruktionen im Bauwesen,

wie Hoch- oder Brückenbauten, als auch Konstruktionen des Maschinenbaus, wie Krane und andere dynamisch belastete Bauteile, unterliegen oft unterschiedlichen, sich ändernden Anforderungen. Bisher übliche Maßnahmen zur konstruktiven Verstärkung erfolgen zum einen durch den Ausbau einzelner Teile einer Konstruktion und den Ersatz durch tragfähigere Bauteile, zum anderen durch Verstärkung einzelner Bauteile, z.B. durch Anschweißen oder Anschrauben von Stahllaschen, oder durch Modifikation des statischen Systems beispielsweise durch den Einbau von (Hilfs-) Stützen bei Brückenbauwerken.

Eine vorteilhaftere Möglichkeit bietet die nachträgliche Verstärkung von Stahlkonstruktionen durch aufgeklebte und gegebenenfalls vorgespannte CFK-Lamellen. Diese Verstärkungsmaßnahme weist im Vergleich zu den zuvor genannten Methoden insbesondere Vorteile hinsichtlich des Ermüdungsverhaltens (verringerte Kerbwirkung), der Fertigung (bessere Handhabbarkeit), des geringeren Gewichtes und der Korrosionsbeständigkeit auf. Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens sind aus diesem Grund von großer praktischer Bedeutung.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

09.075  
18.174 B **Untersuchungen zur Schwingfestigkeit strahlgeschweißter Verbindungen unter Berücksichtigung der Schweißnahtqualität und der resultierenden Nahteigenschaften**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Dilger, IFS Braunschweig  
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Beyer, IWS Dresden

Beginn: 01.05.2015 Laufzeitende: 31.10.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.174B>

09.074  
18.789 N **Bedeutung der Qualitätsmerkmale nach EN 1090 für die Schwingfestigkeit von freien thermisch geschnittenen Kanten unter Berücksichtigung von Eigenspannungen**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Dilger, IFS Braunschweig

Beginn: 01.08.2015 Laufzeitende: 01.10.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.789N>



09.076  
18.842 N **Erweiterte Schädigungskonzepte für thermomechanische Beanspruchung unter variablen Amplituden und plastischer Deformation**

Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, Fraunhofer IWM, Freiburg  
Prof. Dr.-Ing. Vormwald, IFSW, TU Darmstadt

Beginn: 01.09.2015 Laufzeitende: 28.02.2018

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.842N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

09.064  
17.883 N **Versagensverhalten von Mischschweißverbindungen unter crashartiger, mehrachsiger Beanspruchung am Beispiel von EMPT-Blechschweißungen**

Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, Fraunhofer IWM, Freiburg  
Prof. Dr.-Ing. Melz, LBF Darmstadt

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 30.06.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.883N>

09.063  
18.344 N **Schwingfestigkeit thermisch-mechanisch gefügter Verbindungen für Mischbauanwendungen mit ultrahochfesten Stählen**

Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF, Paderborn

Beginn: 01.10.2014 Laufzeitende: 30.09.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.344N>

09.069  
18.457 N **Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit von Offshore-Windenergieanlagen durch Schweißnahtnachbehandlung unter Berücksichtigung des Korrosionseinflusses**

Prof. Dr.-Ing. Ummerhofer, KIT, Karlsruhe  
Prof. Dr.-Ing. Engelhardt, Hochschule München

Beginn: 01.11.2014 Laufzeitende: 30.04.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.457N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

09.058  
17.520 N **Mikrostrukturbasierte Beschreibung der Entstehung von Rissen an Defekten in Schweißverbindungen**

Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, Fraunhofer IWM, Freiburg

Beginn: 01.05.2012 Laufzeitende: 31.12.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.520N>

09.055  
17.559 B **Quantifizierung des Einflusses der Nahtqualität auf die Ermüdungsfestigkeit von Schweißverbindungen**

Prof. Dr.-Ing. Keitel, SLV Halle  
Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, Fraunhofer IWM, Freiburg

Beginn: 01.01.2013 Laufzeitende: 31.12.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.559B>

09.060  
17.620 B **Gestaltungshinweise für geschweißte Konstruktionen aus Aluminiumschäumen**

Prof. Dr.-Ing. Paulinus, SLV Berlin  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov, BTU Cottbus

Beginn: 01.01.2013 Laufzeitende: 31.12.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.620B>

09.065  
17.700 B **Systematische Untersuchung zur Verstärkung von Stahlkonstruktionen mit kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK)**

Prof. Dr.-Ing. Ummerhofer, KIT, Karlsruhe  
Prof. Dr.-Ing. Feldmann, STB Aachen  
Prof. Dr.-Ing. habil. Pasternak, BTU Cottbus

Beginn: 01.03.2013 Laufzeitende: 30.09.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.700B>

09.062  
17.745 N **Tragverhalten von geschweißten Bauteilen aus Stahlguss unter Berücksichtigung von Imperfektionen und Eigenspannungen**

Prof. Dr.-Ing. Ummerhofer, KIT, Karlsruhe

Beginn: 01.04.2013 Laufzeitende: 30.09.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.745N>

## Fachausschuss 10 „Mikroverbindungstechnik“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Michael M. Weinreich**

T +49. (0)2 11. 15 91-279

F +49. (0)2 11. 15 91-200

michael.weinreich@dvs-hg.de

### Vorsitzender Dr.-Ing. Godehard Schmitz

Robert Bosch GmbH, Renningen

### Stellvertretender Vorsitzender Dipl.-Ing. Bernhard Petermann

Miele & Cie. KG, Gütersloh

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

## Veranstaltungen

DVS/GMM-Tagung „EBL – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten“  
Gemeinsames Kolloquium mit der Arbeitsgruppe A2 und V6.2  
DVS-Tagung „Weichlöten – Forschung & Praxis für die Elektronikfertigung“

## Korrespondierende Gremien

### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- A2 „Fügen in Elektronik und Feinwerktechnik“
- V6.2 „Weichlöten“
- Fachgesellschaft „Löten“

[www.dvs-aft.de/AfT/A/A2](http://www.dvs-aft.de/AfT/A/A2)

[www.dvs-aft.de/AfT/V/V6.2](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V6.2)

[www.dvs-AfT.de/AfT/F/FG-Loeten](http://www.dvs-AfT.de/AfT/F/FG-Loeten)

## Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Der Fachausschuss 10 ist die Expertenplattform für Wissenschaft, Hersteller und Anwender für anwendungsorientierte, innovative Forschung in der elektronischen Aufbau- und Verbindungstechnik. Ziel ist die Entwicklung und Bereitstellung von Technologien für die Aufbau- und Verbindungstechnik in den strategischen Marktfeldern. Die dafür erforderlichen Technologien werden bezüglich zukünftiger Anforderungen und Weiterentwicklungspotenziale bewertet und Forschungsschwerpunkte daraus abgeleitet. Dabei werden besonders die Belange von kleinen und mittelständischen Unternehmen berücksichtigt, um anwendungsnahe Forschung zu betreiben.

## Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

Auf den Forschungsfeldern

- Leiterplatten-Elektronik
- Leistungselektronik
- MEMS/Sensorik
- Elektrische Kontakte
- Materialherstellung, Equipment für Fertigung und Qualitätssicherung

ergeben sich in den strategischen Marktfeldern folgende Forschungsschwerpunkte:

- Automobilelektronik, Verkehr
  - Kompakte, leichte und energieeffiziente Antriebs- und Wandlerysteme
  - Mechatronische Integration, vernetzte Sensorik, Aktuatorik, HF-Systeme
- Energie
  - Effiziente regenerative Energieerzeugung, verlustarme Wandlung
  - „Intelligente“ Netze, Speicherung
- Industrie-, Gebäudetechnik, Beleuchtung
  - Schnelle Regelung hoher Leistungen, Energiemanagement
  - Vernetzte Sensorik/Aktorik,
  - Kosteneffiziente, zuverlässige Beleuchtungssysteme (LED, OLED)
- Gebrauchsgüter (Wohnen, Heizen, Kommunikation)
  - Energieeffizienz, Vernetzung
- Medizintechnik
  - Biokompatible, zuverlässige, miniaturisierte Implantate
  - Sensorik und Diagnostik, Ambient Assisted Living
  - Miniaturisierte Energieversorgung, Batterie, Energy-Harvesting, Energiewandler

### Forschungsbilanz, Beispiel – Umsetzung und Transfer im Projekt:

#### Entwicklung und Herstellung von neuartigen reaktiven Multilayersystemen (RMS) für die Mikrosystemtechnik durch PVD (Cluster REMTEC)

(IGF-Nr. 17.370 B / DVS-Nr. 10.064)

Laufzeit: 1. Dezember 2011 – 30. November 2014

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. E. Beyer, Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden

Im Rahmen dieses IGF-Verbundprojektes wurde sowohl die Herstellung von reaktiven Multilayersystemen (RMS) als auch ihre Anwendung zum Fügen in der Mikrosystemtechnik untersucht. Ziel war es, ein Fügeverfahren zu entwickeln, das in der Lage ist, Materialien mit hohem CTE-Mismatch stoffschlüssig, leitfähig, eigenspannungsarm und mit geringster thermischer Belastung in kurzer Zeit zu verbinden. In diesem Teilprojekt war es das Ziel, RMS auf Basis von nanoskaligen Multischichten zu entwickeln. Neben der Herstellung von Ni/Al-Referenzsystemen und deren Eigenschaftsevaluierung wurden auch Verfahren zur Strukturierung, Belotung und Herstellung von freistehenden, optional vorbeloteten Preforms entwickelt. So ist es nun möglich RMS mit zinnbasierten Weich- und silberbasierten Aktivloten zu beschichten.

Weiterhin wurden serientaugliche Stanzverfahren sowie hochpräzise Laserstrukturierungsverfahren erarbeitet, um Preforms für die Anwendung herstellen zu können (Bild 62). Im Rahmen

der Arbeiten wurden RMS für Weich- und Hartlotfügen entwickelt und Verfahren zu deren Abscheidung auf Bauteilebene als auch als freistehende Folie erarbeitet (Bild 63). Die erfolgreiche Aufskalierung der Beschichtungstechnik und Herstellung von standardisierten Produkten hat dazu beigetragen, die Kosten der reaktiven Fügetechnologie zu verringern und damit die Voraussetzungen für die industrielle Anwendung zu schaffen. Nach Beendigung des Projektes können sowohl maßgeschneiderte RMS als auch die Fügetechnologie zur Verfügung gestellt werden. Neben den technologischen Möglichkeiten konnte durch das RMS-Bondverfahren auch eine kostengünstige hochvolumige Produktion angefahren werden. Diese konnte dabei nur durch die Kombination aus konsequenter Miniaturisierung, kompletter Integration auf Waferlevel sowie ultrakurzen Prozesszeiten des RMS-Bondverfahrens erreicht werden. So lassen sich mit dieser Technologie bis zu 20.000 Baugruppen pro Glaswafer herstellen.

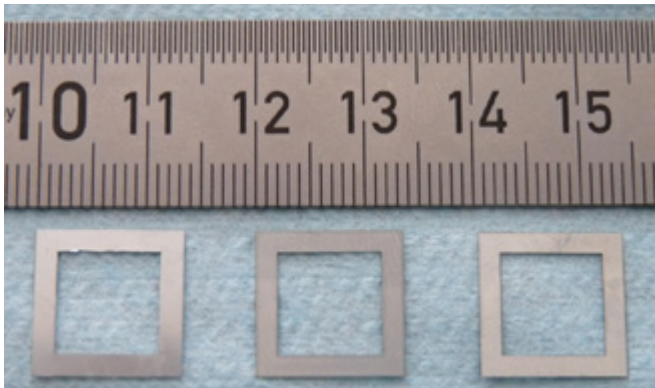


Bild 62:  
Ni/Al-Preforms für Gehäusefügen, beidseitig mit 10 µm Zinn belotet und laserstrukturiert

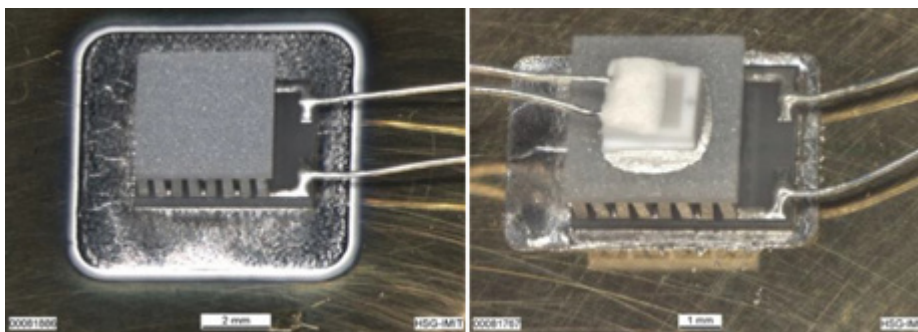


Bild 63: Reaktiv gefügte Peltierelemente auf Cu-Wärmesenke, links: mit RMS-Beschichtung, rechts: mit RMS-Folie (Quelle: Hahn-Schickard, Villingen-Schwenningen)

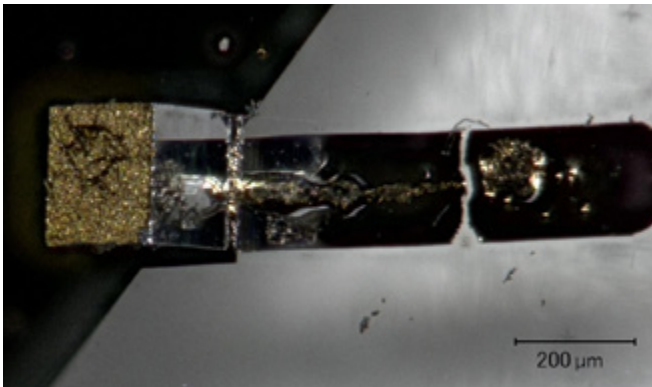


Bild 64: Lichtmikroskopaufnahme eines RMS-gefügt VCSEL

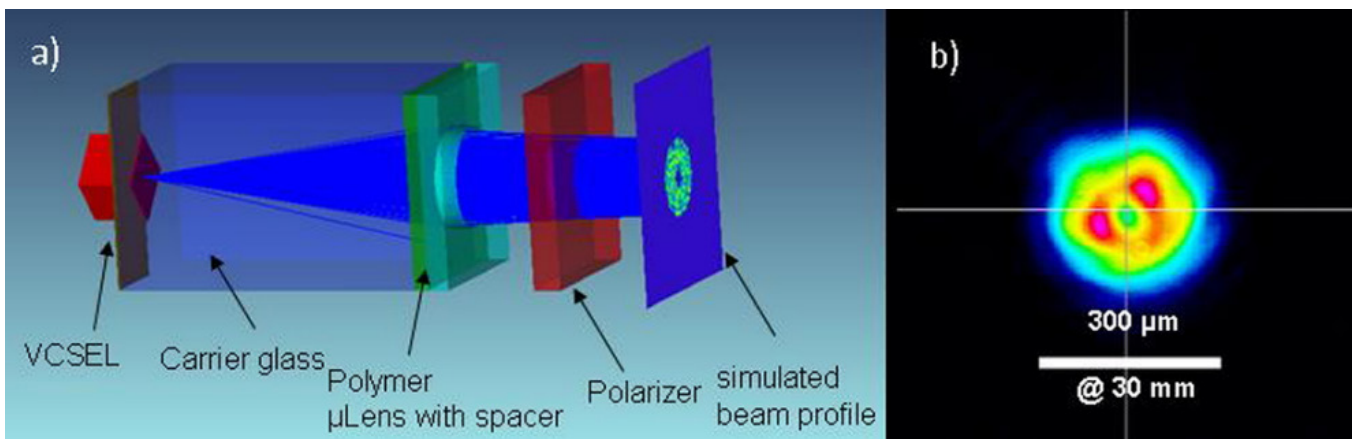


Bild 65: a) Aufbau und Strahlengang der Laserlichtquelle; b) gemessenes Strahlprofil in 30 mm Entfernung.

## Meinungen aus den Unternehmen

**Dipl.-Ing. Dietmar Scholze, Geschäftsführer, ITW e.V. Chemnitz:**

„Die RMS-Technologie des Fraunhofer IWS bietet insbesondere durch ihre Fähigkeit, Hartlote zu verarbeiten, interessante Möglichkeiten im Bereich der Hochtemperaturelektronik und Schaltungstechnik. Konkret wurden erfolgversprechende Untersuchungen durchgeführt, um die RMS-Kontaktierungstechnologie für hochfrequenztaugliche Applikationen der Aufbau- und Kontaktierungstechnik bei thermisch hochbelasteter funkbasierter Sensortechnik zu nutzen. Von besonderem Interesse ist dabei das Potenzial, Lotverbindungen zu schaffen, die eine Dauerfestigkeit über 600°C besitzen und ein reproduzierbares frequenzabhängiges Signalübertragungsverhalten gewährleisten. Das erkennbare Potenzial dieser Technologie weckt bereits in der derzeitigen frühen Entwicklungsphase erhebliches Interesse. Als besondere Entwicklungsschwerpunkte aus Sicht der Endanwender sind neben der Vervollkommnung der RMS-Schichttechnologie auch die Verfahren und Werkzeuge der weiteren Verarbeitung der RMS-Layer im Fertigungsprozess sowie deren Inline-Qualitätsüberwachung zu sehen.“

**Dr. Jan Freitag, Research & Development, CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH, Erfurt:**

„In unserem Portfolio konnte im letzten Jahr auch das Reaktivbonden mittels RMS als innovative Fügetechnologie eingeführt und letztlich für unsere Kunden angeboten werden. Gerade in ihrer Eigenschaft als Niedertemperatur-Technologie wurde damit im Bereich der MOEMS-Anwendung erstmals erfolgreich eine Applikation umgesetzt. Durch die RMS-Fügetechnologie konnte eine Aufbauvariante im Zusammenhang einer miniaturisierten Laserstrahloptik entwickelt werden, die es trotz wärmesensibler Polymeroptik ermöglicht, einen Laseremitter in Flip-Chip-Technologie hochpräzise zu fügen (Bild 64). Innerhalb dieser mikrooptischen Systemvariante, wo letztlich ein einziger, beidseitig strukturierter Glas-Wafer zum Einsatz kommt, ist die konkrete Aufgabe, eine Strahlquelle (Chip) auf die gegenüberliegende Seite der optischen Applikation zu fügen (Bild 65). Da es im Fertigungsprozess nicht möglich ist, die Polymeroptik in einer späteren Phase zu integrieren und gleichzeitig die einzelnen optischen Linseneinheiten eine Lagereferenz für die Lichtquelle darstellen, war hier eine Verbindungstechnologie erforderlich,

die eine niedrige Wärmebelastung genauso garantiert wie ein hochpräzises Fügen ( $\pm 5 \mu\text{m}$  Lagetoleranz) der Halbleiterbauteile. Neben den technologischen Möglichkeiten konnte durch das RMS-Bondverfahren auch eine kostengünstige hochvolumige Produktion angefahren werden. Diese konnte dabei nur durch

die Kombination aus konsequenter Miniaturisierung, kompletter Integration auf Waferlevel sowie ultrakurzen Prozesszeiten des RMS-Bondverfahren erreicht werden. So lassen sich mit dieser Technologie bis zu 20.000 Baugruppen pro Glaswafer herstellen“.

## Neu begonnene Forschungsprojekte

10.083  
18.703 N **Laser-Mikroschweißen von Nitinol/Stahl- und Nitinol/Titan-Mischverbindungen in der Medizin-technik**

Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 30.09.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.703N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

10.070  
17.746 N **Stabilität von scannerbasierten Laserbearbeitungsverfahren im industriellen Einsatz**

Prof. Dr. rer. nat. Poprawe, ILT Aachen

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 31.08.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.746N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

10.073  
00.491 Z **Prozess zum leitfähigen Kleben von Bauelementen für die Hochleistungselektronik**

Prof. Dr.-Ing. Wilde, IMTEK Freiburg

Prof. Dr.-Ing. Lindemann, IESY Magdeburg

Beginn: 01.07.2013 Laufzeitende: 31.12.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.491Z>

10.069  
16.990 B **Nanoskaleneffekte für metallische Niedertemperaturbondverfahren „NASE“**

Prof. Dr. Dr. Prof. h.c. mult. Geßner, ZfM, TU Chemnitz

Beginn: 01.09.2012 Laufzeitende: 28.02.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.990B>

10.068  
17.420 N **Technologische und wirtschaftliche Prozessfenster für die gesicherte Verarbeitung der Bauform 01005 in der Elektronikproduktion**

Prof. Dr.-Ing. Franke, FAPS, Erlangen

Beginn: 01.09.2012 Laufzeitende: 28.02.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.420N>

10.076  
17.941 N **Erhöhung der Lötsicherheit beim Einsatz mikrolegierter Lote in der Fertigung elektronischer Baugruppen**

Prof. Dr.-Ing. Benecke, ISIT Itzehoe

Beginn: 01.12.2013 Laufzeitende: 30.11.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.941N>



## Fachausschuss 11 „Kunststofffügen“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Axel Janssen**

T +49. (0)2 11. 15 91-117

F +49. (0)2 11. 15 91-200

axel.janssen@dvs-hg.de

**Vorsitzender Dr.-Ing. Joachim Natrop**

KLN Ultraschall AG, Heppenheim

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

**Stellvertretender Vorsitzender N.N**

### Korrespondierende Gremien

#### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- W4 „Fügen von Kunststoffen“

[www.dvs-aft.de/Aft/W/W4](http://www.dvs-aft.de/Aft/W/W4)

#### IIW-Gremien (International Institute of Welding)

- Commission XVI „Fügen von Polymeren und Klebtechnologie“

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

### Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Der Fachausschuss 11 steht für sämtliche Fügeverfahren der Kunststofftechnik wie Schweißen, Kleben, mechanisches Fügen oder Kombinationen daraus. Ziel der Forschungsaktivitäten ist es, Lösungen für die Anwendung bereit zu stellen und ein umfassendes Verständnis der Kunststofffügetechnik zu erreichen.

Der Fachausschuss 11 ist die Expertenplattform zur Identifizierung des Forschungsbedarfs, zur Definition und Begleitung von kunststofffügetechnischen Forschungsprojekten sowie zur Bewertung und Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis. Die Forschungsprojekte werden eng mit der Arbeitsgruppe W 4 „Fügen von Kunststoffen“ und deren Untergruppen im Ausschuss für Technik des DVS gekoppelt.

Der Fachausschuss 11 unterstützt geeignete Maßnahmen zum Transfer der Forschungsergebnisse unter anderem durch Präsentationen von Forschungsinstituten in Industrieunternehmen und auf öffentlichen Fortbildungs- bzw. Technologietransferveranstaltungen. Die Umsetzung der Forschungsergebnisse in fügetechnische Regelwerke wird ebenfalls konsequent durch den Fachausschuss unterstützt.

### Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Werkstofftechnische Betrachtung der Fügeverbindungen im Hinblick auf den Herstellungsprozess der Fügepartner

- Neue maschinentechnische Entwicklungen beim Kunststofffügen
- Simulation von Fügeverfahren und Formteileigenschaften
- Prozessoptimierung bekannter Fügeverfahren sowie Entwickeln von Verfahrensvarianten und -kombinationen
- Entwickeln neuer Fügeverfahren und gezieltes Untersuchen noch nicht etablierter Fügeverfahren hinsichtlich eines vertieften Verständnisses der Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehung für einen sicheren Einsatz durch KMU
- Übertragen etablierter Technologien und Entwickeln neuer Verfahrenskonzepte für bisher nicht untersuchte bzw. bisher als ungeeignet eingestufte Werkstoffe
- Optimieren von Werkstoffen mit oder ohne funktionelle Zuschlagsstoffe für die Verarbeitung mit etablierten oder neuen Fügeverfahren
- Miniaturisieren als Anwendungsfeld für das Kunststofffügen
- Prüftechnik und Qualitätssicherung: Entwickeln geeigneter Beurteilungs- und Prüfverfahren – sowohl für Fügeprozesse als auch für Fertigteile – zur Ermittlung relevanter Qualitätsmerkmale
- Erschließen neuer Anwendungsfelder für das industrielle Fügen von Thermoplasten mit dem Ziel, geeignete Ergänzungen oder Alternativen für bestehende Fügeverfahren zu bekommen
- Gezieltes Untersuchen noch nicht etablierter Fügeverfahren, um ein tieferes Verständnis der Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehung zu gewinnen. Damit soll erreicht werden, dass auch KMU Kunststofffügeprozesse qualitativ sicher innerhalb ihrer betrieblichen Praxis einsetzen

■ Erforschen von Möglichkeiten, wie sich etablierte Technologien auf Werkstoffe übertragen lassen, die bisher entweder nicht untersucht – wie im Fall der Faserverbundwerkstoffe (GFK/CFK) – oder als fügetechnisch ungeeignet eingestuft

wurden – wie duroplastische Werkstoffe. Erforscht wird auch, welche neuen technologischen Verfahren sich für diese Werkstoffe entwickeln lassen.

■ Mischmaterialverbunde

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Konstruktions- und Prozessoptimierung von Kunststoffnietverbindungen

(IGF-Nr. 17.997 BR / DVS-Nr. 11.037)

Laufzeit: 1. Januar 2014 – 31. Dezember 2015

Prof. Dr.- Ing. M. Gehde, Professur Kunststoffe, Technische Universität Chemnitz

Dr.-Ing. P. Bloß, Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die werkstoff- und verfahrenstechnischen Zusammenhänge zur Auslegung und Ausbildung belastbarer Nietverbindungen zu ermitteln. Dabei standen die verfahrensübergreifende Analyse der Einsatzgrenzen, das Aufzeigen der typischen Prozesseinflussfaktoren und die Vereinfachung qualitätssichernder Maßnahmen im Vordergrund. Die Ergebnisse zeigen, dass das Kunststoffnieten ein zuverlässiges Fügen von Mehrmaterialsystemen bei kurzen Zykluszeiten gewährleistet. Zum Erreichen einer hohen Verbindungsfestigkeit muss eine gute Anbindung der Seitenbereiche des Nietkopfes an den Nietpin sichergestellt werden. Dies lässt sich vor allem durch die neu entwickelten Prozessstrategien (beispielsweise ein zusätzliches Nachheizen in Endlage beim Warmumformen) und verfahrensoptimierte Nietgeometrien erreichen. Bei den durchgeführten Untersuchungen zeigte sich

ein starker Einfluss von Füllstoffen im Material (z.B. Glasfasern), der sich auch im materialabhängigen Bruchverhalten (**Bild 66**) und in der ausgenutzten Grundmaterialfestigkeit kennzeichnet. Gleichzeitig besitzen die Wärmeleitfähigkeit des Fügepartners sowie die vorliegenden Bauteiltoleranzen einen wesentlichen Einfluss auf die Verbindungsqualität.

Die Projektergebnisse zeigen, wie wichtig es für eine geeignete Verfahrensauswahl ist, zuerst die primären Anforderungen an den Fügeprozess sowie die Qualität der Verbindung zu präzisieren und erst dann den für diese Anwendung optimalen Nietprozess auszuwählen. Mit den im Projekt erarbeiteten Erkenntnissen ist es zukünftig möglich, eine zielführende Bauteil- und Prozessauslegung zu gewährleisten.

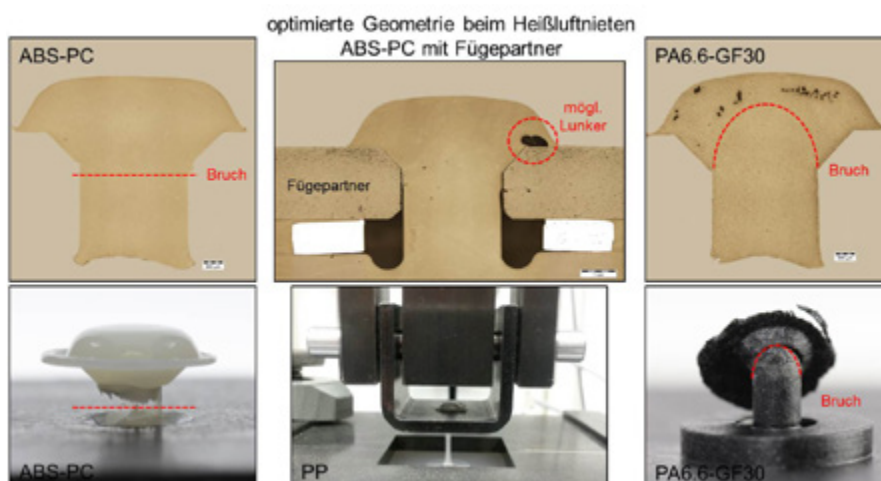


Bild 66:  
Materialabhängiges Bruchverhalten von ABS-PC, PP und PA6.6-GF30 anhand der im Projekt optimierten Nietgeometrie beim Heißluftnieten

## Meinungen aus den Unternehmen

**Dr.-Ing. Odo Karger, Hella KGaA Hueck & Co., Lipstadt:**  
 „Kunststoffnietverbindungen stellen eine interessante Möglichkeit der Mischmaterialverbindung dar, da sie z. B. ohne Zusatzbauteile und -materialien wie Schrauben und Klebstoffe auskommen. Die vorliegenden Projektergebnisse bieten realitätsnahe Erkenntnisse zu Geometrien, Prozessparametern und Festigkeiten. Basierend hierauf beginnen wir dieses Verfahren nun auch für mechanisch und thermisch höherbelastete Verbindungen in Kfz-Heckleuchten und -Scheinwerfern zu etablieren.“

**Thomas Fischer, Herrmann Ultraschalltechnik GmbH & Co. KG, Karlsbad:**

Die wissenschaftliche Untersuchung der Nietverfahren ist unter Berücksichtigung der mechanischen Belastungen, die im Nietkopf auftreten können, ein wichtiger Beitrag zum Verständnis der Vorgänge und Einflussparameter und bietet Optimierungsansätze, die jedoch verfahrensspezifisch unterschiedlich sind. Auch dies ist ein wichtiges Ergebnis des Forschungsvorhabens.

Die Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben werden wir bei Beratungen zu neuen Anwendungen einfließen lassen und in eigenen Forschungsaktivitäten berücksichtigen. Leichtbaustrategien führen zukünftig zu einem verstärkten Einsatz von Mischmaterialkomponenten (z. B. Metall-Kunststoff, Thermoplast-Duroplast oder inkompatible Thermoplaste). Dadurch werden die Nietverfahren an Bedeutung gewinnen.“

**Udo Murmann, Continental Automotive GmbH, Babenhausen:**

„Die Ergebnisse des Projektes zeigen eindrucksvoll die Zusammenhänge bei der Ausbildung belastbarer Kunststoffnietverbindungen. Es wurden die möglichen Fehlstellen in der Nietkopfanbindung, die Prozesseinflussgrößen aber auch Prozessoptimierungen, wie das Nachheizen in Endlage beim Warmumformen, aufgezeigt. In den nun folgenden Projekten werde ich diese Erkenntnisse zur konstruktiven und prozesstechnischen Optimierung nutzen.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

11.043 **Wirksame Faserverstärkung in der Schweißnaht beim Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen**

18.702 N

Prof. Dr.-Ing. Schöppner, KTP, Uni Paderborn

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.702N>

11.036  
17.924 N

**Fügetechnik zur Herstellung von Mischmaterialverbindungen aus Kunststoff mit lokal an die Beanspruchung angepassten Eigenschaften**

Prof. Dr.-Ing. Drummer, LKT Erlangen

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 31.12.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.924N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

11.038 **Prozessführung beim Schweißen elektrisch leit- und ableitfähiger Kunststoffe**

16.573 B

Prof. Dr.-Ing. Gehde, KT Chemnitz

Beginn: 01.11.2013 Laufzeitende: 31.10.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.573B>

11.037  
17.997 B

**Konstruktions- und Prozessoptimierung von Kunststoffnietverbindungen**

Prof. Dr.-Ing. Gehde, KT Chemnitz

Dr. Bloß, KUZ, Leipzig

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 31.12.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.997B>

## Fachausschuss 13 „Generative Fertigungsverfahren – Rapidtechnologien“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Christoph Eßer-Ayertey**

T +49. (0)2 11. 15 91-178

F +49. (0)2 11. 15 91-200

christoph.esser@dvs-hg.de

### Vorsitzender Prof Dr.-Ing. Andreas Gebhardt

Centrum für Prototypenbau GmbH, Erkelenz

### Stellvertretender Vorsitzender Dipl.-Ing. Christian Kolbe

FKT Formenbau und Kunststofftechnik GmbH, Triptis

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

## Korrespondierende Gremien

### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V7 „Thermisches Spritzen und gespritzte Schichten“
- V9.1 „Elektronenstrahlschweißen“
- V9.2 „Laserstrahlschweißen und verwandte Verfahren“

<http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V7>

<http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V9/V9.1>

<http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V9/V9.2>

### In der Forschungsvereinigung des DVS

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

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

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

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

## Grundsätze der Forschungsplanung

Der Fachausschuss 13 befasst sich in den Forschungsfeldern der generativen Fertigung (Additive Manufacturing) mit metallischen und nicht-metallischen Werkstoffen und betrachtet diese unter Berücksichtigung der gesamten Prozesskette hinweg, inklusive der Vor- und Nachbehandlung. Dabei stehen die Technologieentwicklung, die Steigerung der Akzeptanz zur Nutzung dieser Technologie bei KMU und die Schaffung neuer Anwendungsbereiche im Vordergrund. Der Fokus wird auf das Bauteil selbst gelegt. Arbeiten zur Entwicklung von kundenrelevanten Oberflächen werden ausgeschlossen. Der Fachausschuss ist das Expertengremium in Deutschland, in dem Hersteller und Anwender der generativen Fertigung sowie federführende Forschungsstellen vertreten sind, um gemeinsam die Forschungslandschaft zu prägen. Der Fachausschuss 13 kooperiert eng mit dem Fachausschuss 105 des VDI.

## Forschungsbedarf

### Selektives Laserstrahlschmelzen:

- Größe der Bauteile (Zeitvorteil gegenüber Gussbauteilen)
- Kostenreduzierung
- Prozesseffizienz (insbesondere bei Nickelbasislegierungen)
- Rissneigung (Parameterfenster für Rissfreiheit)

### Kunststoffsintern:

- Prozessfähigkeit, Prozesssicherheit, Reproduzierbarkeit (bei wiederholten Baujobs)
- Oberflächenqualitäten verbessern
- Serienprozesse wirtschaftlich gestalten bei großen Stückzahlen (> 10.000 Stück)

### Pulver:

- Verzahnung/Abstimmung von Anlagenherstellern und Werkstoffherstellern
- Brand- und Explosionsschutz
- Toxizitätsuntersuchungen
- Langzeitatmosphärenbelastung

### Serienfertigung:

- Fertigungsprobleme bekommen mit Einführung und Umsetzung der Serienfertigung einen neuen Stellenwert. Seit wenigen Jahren werden Probleme sichtbar.
- Große Einflussfaktoren evaluieren. Der wissenschaftliche Anspruch wird hier wesentlich gesehen.
- Werkstoffe global evaluieren, dabei sollen keramische Werkstoffe immer mit untersucht werden.
- Produkthaftung, Wirtschaftlichkeit und Eigenschaftsgewährleistung berücksichtigen.

### Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Prozessbezogene Erweiterung der Werkstoffpalette
- Werkstoffe / neue Werkstoffe / Werkstoffveränderung / Gefügestrukturen (Metall, Kunststoff, Keramik)
- Robuste Fertigungsprozesse, Serienfertigung
- Pulverqualität
- Strahlführungssysteme

- Schaffen von wirtschaftlichen Prozessketten
- Eingliedern in vorhandene Prozessketten
- Lebensdauerbewertung /-steigerung von Komponenten / Qualitätssicherung
- Leichtbau, Funktionsintegration, Steigern der Bauteilgröße
- Design Bauteil / Konstruktion
- Prozesssimulation (Verzug und Eigenspannung)
- Arbeitssicherheit

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Analyse der Einflussfaktoren auf das mechanisch-technologische Eigenschaftsprofil von lasergenerierten Titanbauteilen

(IGF-Nr. 00.415 Z / DVS-Nr. 13.002)

Laufzeit: 1. März 2012 – 31. August 2014

Prof. Dr.-Ing. C. Emmelmann, Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Laser- und Anlagensystemtechnik

Dr.-Ing. S. Sändig, Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH, Jena

Der Einsatz des Laserstrahlschmelzens zur Herstellung von Bauteilen aus Titanlegierungen gewinnt zunehmend in der Luftfahrtindustrie und der Medizintechnik an Bedeutung. In diesen Branchen werden höchste Anforderungen an die Qualität der Prozesse und Produkte gestellt. Die Qualität der im Laserstrahlschmelzprozess gefertigten Bauteile wird nicht nur durch den zyklischen Aufbauprozess beeinflusst, sondern hängt auch wesentlich von diesem Prozess vor- und nachgelagerten Schritten ab (Bild 67). Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen wurden die wichtigsten Schritte der Prozesskette des Laserstrahlschmelzens, unter anderem Pulverwerkstoff (Bild 68), Bauteil- und Prozessgestaltung, Wärmebehandlung sowie Oberflächenendbearbeitung, und deren wechselseitige Einflüsse auf die Bauteilqualität betrachtet. Nach jedem Prozesskettenschritt erfolgten eine Charakterisierung, unter anderem der mechanisch-technologischen Eigenschaften, und eine fortlaufende Korrelation der Ergebnisse, wodurch eine ganzheit-

liche Betrachtung der Prozesskette samt Wechselwirkungen gewährleistet werden konnte. So wurden im quasi-statischen Zugversuch und im Kerbschlagbiegeversuch die Festigkeitseigenschaften der laserstrahlschmolzenen Ti-6Al-4V-Bauteile für jeden Einflussfaktor ermittelt.

Zusammenfassend erfolgte aus den bei der Analyse der Einflussfaktoren gewonnenen Erkenntnissen das Ableiten von Empfehlungen für Endanwender. Nur durch Qualitätssicherungsmaßnahmen entlang der Gesamtprozesskette kann die Bauteilqualität beim Laserstrahlschmelzen gewährleistet werden. Beispielsweise ist die Partikelgrößenverteilung des eingesetzten Pulverwerkstoffs kontinuierlich zu überwachen. Es wurde nachgewiesen, dass eine Veränderung der Partikelfraktion in Form einer Vergrößerung auftritt und diese sich auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften der laserstrahlschmolzenen Bauteile auswirkt.

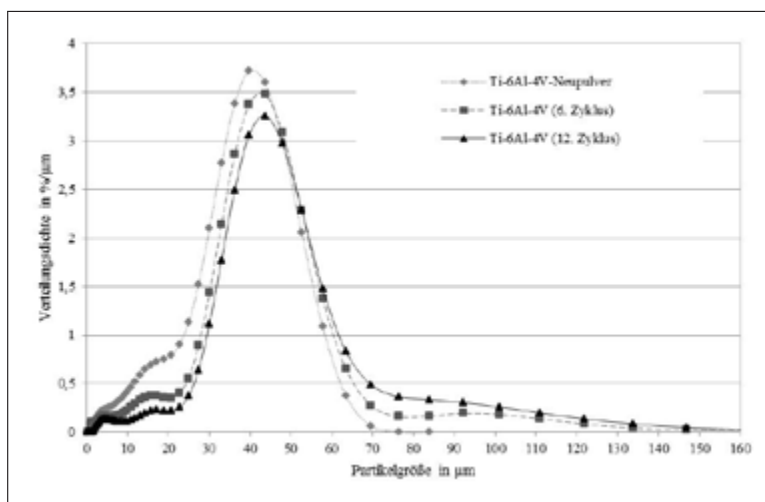


Bild 67:  
Partikelgrößenverteilung in Abhängigkeit von Zyklen (Laserbeugung)



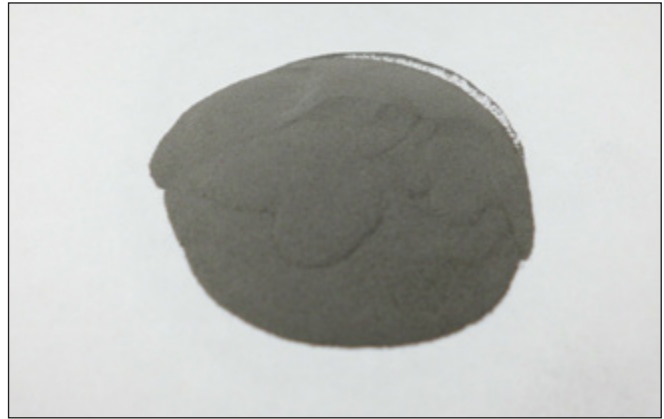
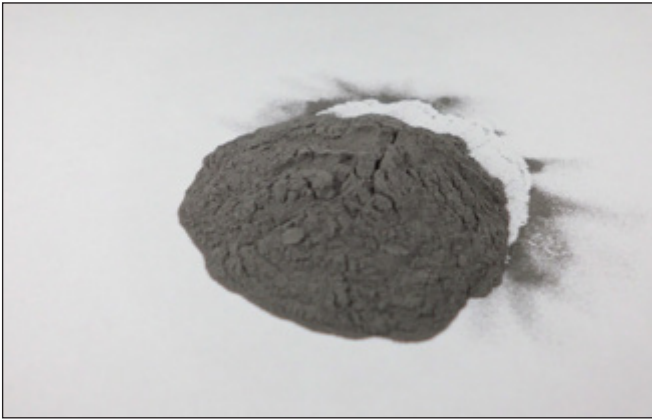


Bild 68: Pulverschüttung des Ti-6Al-4V-Pulvers  
(Links: Neupulver; rechts: Nach 12 Zyklen)

### Meinungen aus den Unternehmen

**Peter Appel, Concept Laser GmbH, Lichtenfels:**

„Die im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnisse liefern einen wesentlichen Beitrag zur Etablierung des Verfahrens LaserCUSING in den einschlägigen Branchen Medizintechnik und Luftfahrt.“

**Rolf Schmeißer, Vertrieb, MUT Advanced Heating GmbH, Jena:**

„Mit dem Vorhaben AlaTin wurden Erkenntnisse zur Wärmebehandlung von strahlgeschmolzenen Titan-6-4-Bauteilen gewonnen. Im Ergebnis konnten direkt umsetzbare Handlungsempfehlungen und Hinweise für die Wärmebehandlung von SLM-Teilen herausgegeben werden, die von uns als Ofenbauer von besonderem Interesse für die Anlagenauslegung sind.“

**Frank Palm, Airbus Defence and Space GmbH, Ottobrunn:**

„In der Airbus Group wird derzeit diese hochinteressante direkte Fertigungstechnologie für die industrielle Anwendung final qualifiziert. Bei den dort aufkommenden Fragen und Herausforderungen konnte das AiF-Projekt AlaTin erheblich helfen, da es uns grundsätzliche Zusammenhänge des direkt im Laserpulverbett erzeugten Bauteilmaterials im Zusammenspiel mit den genutzten TiAl6V4-Pulvern besser verstehen lässt. Das Projekt AlaTin war und ist somit ein wichtiges Element in der noch laufenden Gesamtprozessqualifikation für das Laserpulverbettsschmelzen zukünftiger TiAl6V4-Teile.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

13.011  
18.639 N **Verbesserung der Oberflächenqualität von SLM Bauteilen durch Entwicklung einer SLM Prozessführung mit diskontinuierlicher Energieeinbringung**

Prof. Dr. rer. nat. Poprawe, ILT Aachen

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.639N>

13.015  
18.859 B **Untersuchungen zur thermischen Nachbehandlung generativ gefertigter Bauteile**

Prof. Dr.-Ing. habil. Keßler

Prof. Dr.-Ing. Landgrebe, IWU Chemnitz

Beginn: 01.10.2015 Laufzeitende: 30.09.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.859B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

13.006  
00.086 E **Zero Defect Additive Manufacturing (ZeDAM)**

Prof. Dr.-Ing. Zäh, iwb, TU München (Garching)

Prof. Dr.-Ing. Schmitt, Fraunhofer-Institut WZL, Aachen

Prof. Dr.-Ing. Landgrebe, IWU Chemnitz

Beginn: 01.01.2013 Laufzeitende: 31.05.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.086E>

---

## Durchlaufende Forschungsprojekte

13.007  
17.911 N **Qualitätssicherung beim Laserstrahlschmelzen von metallischen Bauteilen durch thermografische Schichtüberwachung**

Prof. Dr.-Ing. Zäh, iwb, TU München (Garching)

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 30.06.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.911N>

13.010  
18.091 N **Simulationsbasierte Untersuchung von Bauteilverzug beim Laser-Sintern von Kunststoffen zur Entwicklung von prozestechnischen Reduzierungsmaßnahmen (Sim-BaV-LS)**

Prof. Dr.-Ing. Ploshikhin, BCCMS, Uni Bremen

Prof. Dr.-Ing. habil. Witt, Uni Duisburg Essen

Beginn: 01.03.2014 Laufzeitende: 31.05.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.091N>

## Fachausschuss I2 „Anwendungsnahe Schweißsimulation“



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

### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Ass. jur. Marcus Kubanek**

T +49. (0)2 11. 15 91-120

F +49. (0)2 11. 15 91-200

marcus.kubanek@dvs-hg.de

**Vorsitzender N.N.**

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

Ingenieurbüro Tobias Loose GbR, Wössingen

### Veranstaltungen

Workshop „Anwendungsnahe Schweißsimulation“

### Korrespondierende Gremien

#### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- Q1 „Konstruktion und Berechnung“

[www.dvs-aft.de/AfT/Q/Q1](http://www.dvs-aft.de/AfT/Q/Q1)

#### In der Forschungsvereinigung des DVS

- Fachausschuss 9 „Konstruktion und Berechnung“

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

#### IIW-Gremien (International Institute of Welding)

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

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

### Tragende AiF-Mitgliedsvereinigungen

- 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.
- AWT – Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V.



## Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Der Fachausschuss I2 beschäftigt sich mit grundlegenden Fragen zur Durchführbarkeit von Simulationen an industrierelevanten Bauteilen auf der Prozessseite. Werkstoffmechanische, prozesstechnische und numerische Fragestellungen aus der Industrie stehen bei der Antragsstellung im Vordergrund. Erarbeitete Lösungen werden anwenderfreundlich aufgearbeitet, wobei eine marktreife Softwarelösung nur von den Softwarehäusern geleistet werden kann.

Das Schweißen von Bauteilen ist ein wesentlicher Bestandteil der Prozesskette von Fertigungsprozessen. Die Physik des Schweißens umfasst wie kein anderes Glied der Fertigungskette komplexe und stets miteinander gekoppelte Teilbereiche:

- Thermodynamik und -Mechanik
- Materialwissenschaften
- Strömungs- und Aerodynamik
- Stofftransport
- Elektromagnetismus

Die Anforderungen, die in den vergangenen Jahren an den Fachausschuss I2 herangetragen wurden, entstammen den Marktsegmenten:

- Automobilisten und Zulieferfirmen
- Energieversorger
- Stahlhersteller
- Schiff- und Kranbau
- Schienenfahrzeugbau
- Maschinen- und Anlagenbau
- Sonderschweißverfahren

Über Forschungsprojekte ist der Weg zu einer anwendbaren Nutzung von numerischen Simulationen gelungen. Die kommerziellen Softwarepakete renommierter Hersteller sind durch die Forschungsarbeiten handhabbarer geworden, weil die Komplexität des Schweißens mit Ersatzmodellen von der wissenschaftlichen auf eine industriell anwendbare Ebene skaliert wurde.

## Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

Die Entwicklung von Fertigungsschritten bleibt jedoch nicht stehen, und so müssen die komplexen Fragestellungen neuer Fertigungsmethoden auch neu diskutiert und erforscht werden, um zeitnah auf neue Märkte regieren zu können. Die Erfahrungen, die in den vergangenen Jahren zur Reduktion komplexer physikalischer Modelle auf ihre Anwendbarkeit hin erarbeitet wurden, können auch auf weitere Fertigungsschritte angewandt werden. Sehr nah dem Schweißen verwandt ist die Wärmebehandlung.

Das Thema der numerischen Simulation von Wärmebehandlungsvorgängen erweitert das Wissen des Fachausschusses I2 um weitergehende Erkenntnisse zur Materialwissenschaft, die auch für das Schweißen verwendet werden können. Gleichzeitig erhöhen die Vorgehensweisen zur Reduktion der Komplexität von Wärmebehandlungssimulationen naturgemäß die industrielle Anwendbarkeit. Darüber hinaus wird auch die Stahlverformung als Teilbereich des Investitionsgüter produzierenden Gewerbes, vorwiegend Zulieferer für die Automobil-, Maschinenbau- und die elektronische Industrie und den Bergbau, zukünftig Gegenstand der Betrachtungen im Fachausschuss I2 sein. Mit Blick auf das Produktportfolio wie Herstellung von Gesenk- und Spezialschmiedestücken, Press-, Zieh- und Stanzteilen, Federn, Ketten, ferner Erzeugnisse aus Sintereisen, -stahl und -metall hat ebenso hier die numerische Simulation eine enorme Bedeutung erlangt. Entsprechende Kontakte zu Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. (AWT) sowie zur Forschungsgesellschaft Stahlverformung e. V. (FSV) bestehen ebenso wie ein gegenseitiges Interesse zur Zusammenarbeit. Die Mitglieder des AWT und der FSV, die sich mit dem Themenfeld der numerischen Simulation beschäftigen, werden im Gemeinschaftsausschuss des FA I2 als weitere Stütze integriert.

Die Erweiterung des FA I2 um die anwendungsorientierte Wärmebehandlungssimulation und die Stahlverformung bieten Synergien, die bisher so und in diesem Maße noch nicht genutzt wurden.

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Prozessbegleitendes dynamisches Spannen zur Verzugs- und Eigenspannungsoptimierung beim Schweißen von Bauteilen

(IGF-Nr. 16.857 N / DVS-Nr. I2.009)

Laufzeit: 1. Juni 2012 - 28. Februar 2015

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

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

In dem Forschungsprojekt wurde eine rechnergestützte Methode zur kombinierten Verzugs- und Eigenspannungsreduktion während des Schweißens von Bauteilen aus austenitischen Stählen erarbeitet. Mittels einer FE-Simulationsroutine werden die Parameter (Kompensationszeitpunkt und -kraft) eines prozessbegleitenden Kompensationseingriffs identifiziert, welche zur gleichzeitigen Verzugs- und Eigenspannungsreduktion beim Schweißen führen. Dies verbessert die Kostenbilanz von Schweißkonstruktionen durch den Entfall von nachgelagerten Richtprozessen. Für die Validierung der Methode wurden zwei grundsätzliche Kompensationsmethoden mittels einer prozessbegleitenden Andrückrolle (Bild 69) sowie einer dynamischen Kräfteinleitung in den Spannstellen (für das Demonstratorbauteil) entwickelt und umgesetzt. Die Validierung der Vorgehensweise erfolgte an einem abstrahierten Handbremshebelbauteil aus X6CrNiTi18-10.

Die numerischen und experimentellen Arbeiten haben gezeigt, dass durch eine geeignete Prozessführung eine signifikante Reduktion der Eigenspannungen um bis zu 40% bei gleichzeitig vollständiger Kompensation des Winkelverzugs möglich ist. Entscheidend ist die Temperaturverteilung in den Bereichen, in denen durch die Kompensation Verformungen eingebracht werden. Auch beim Demonstratorbauteil wurde durch eine

prozessnahe Einwirkung zur Kompensation des Verzugs bei bereits fortgeschrittener Abkühlung eine Reduktion der nahtnahen Längseigenspannungen um circa 30% erzielt, darüber hinaus die nahtnahen Quereigenspannungen fast vollständig beseitigt (Bild 70).

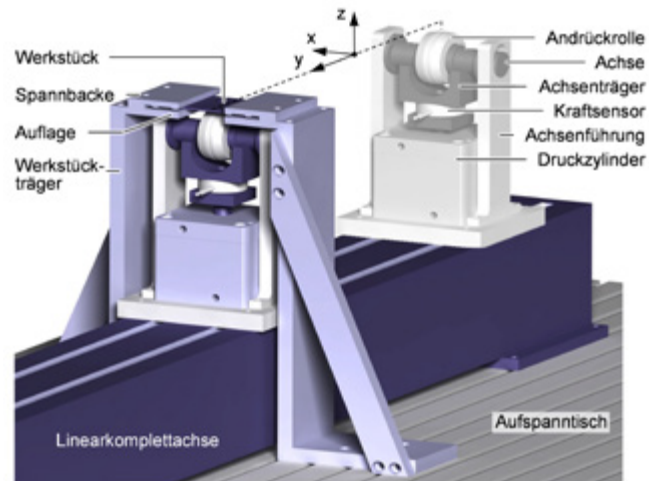


Bild 69: Versuchstand zur dynamischen Kompensation mittels Andrückrolle.

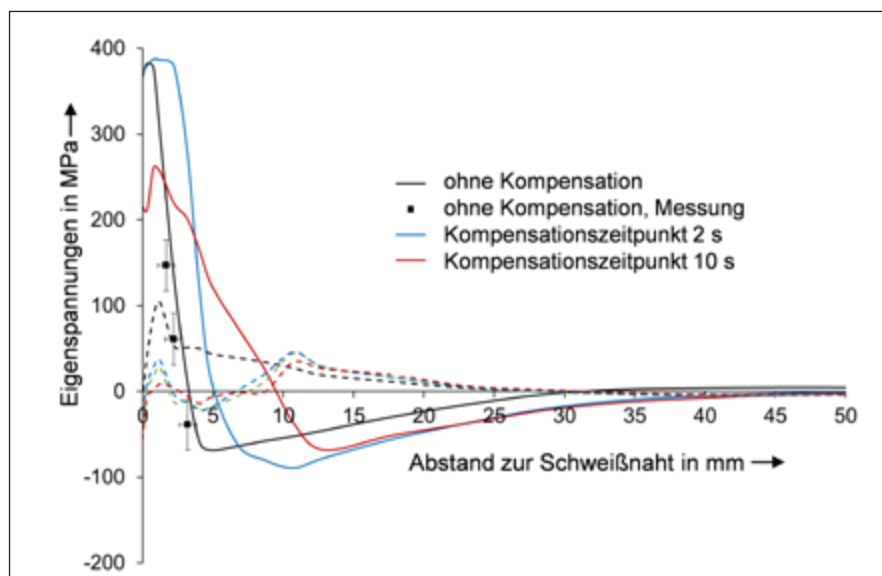


Bild 70: Reduktionspotenzial der Längseigenspannungen (durchgezogene Linien) und der Quereigenspannungen (gestrichelte Linien) bei verschiedenen Kompensationszeitpunkten



## Meinungen aus den Unternehmen

### Michael Vogel, ESI Engineering System International GmbH, München:

„Die Projektergebnisse zeigen, dass mit Hilfe der numerischen Schweißsimulation anspruchsvolle Fragestellungen zur Prozessoptimierung, hier zur Reduktion von Verzug und Eigenspannungen, erfolgreich beantwortet werden können. Mit der Schweißsimulationssoftware SYSWELD konnten die komplexen Kontaktbedingungen des prozessbegleitenden, dynamischen Spanns während der Schweißsimulation effizient modelliert werden. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind im Kern von großer praktischer Bedeutung, da sie die Machbarkeit und den Nutzen einer virtuellen Schweißprozessoptimierung zeigen.“

### Hans Langrieger, Verbindungstechnik, BMW Group, München:

„Die Ergebnisse der Untersuchungen haben wir mit großem Interesse verfolgt. Die Erkenntnisse, die wir durch das Projekt erlangen konnten, waren sehr hilfreich für weitere Projekte. Die rechnerische Optimierung des Kompensationseingriffs hat nachweislich die Eigenspannungen reduziert bei kompensiertem Verzug. Interessant wäre auch zu wissen, wie sich die reduzierten Eigenspannungen beispielsweise auf die Lebensdauer auswirken.“

## Durchlaufende Forschungsprojekte

I2.013  
17.942 N **Entwicklung und Qualifizierung einer modifizierten äquivalenten Wärmequelle für die Simulation der Wärmeeinbringung beim Lichtbogenschweißen**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 31.08.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.942N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

I2.012  
00.476 Z **Optimierungsstrategien zum Schweißen hochlegierter Bleche**

Prof. Dr.-Ing. Hildebrand, Bauhaus-Universität Weimar  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Bergmann, TU Ilmenau

Beginn: 01.04.2013 Laufzeitende: 30.09.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.476Z>

I2.009  
16.857 N **Prozessbegleitendes dynamisches Spannen zur Verzugs- und Eigenspannungsoptimierung beim Schweißen von Bauteilen**

Prof. Dr.-Ing. Zäh, IWB Garching  
Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle

Beginn: 01.06.2012 Laufzeitende: 28.02.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.857N>

I2.010  
17.619 N **Berechnung von Eigenspannungen in Mehrlagenrohrschweißverbindungen und Quantifizierung des Einflusses auf die Lebensdauer bei Schwingbeanspruchung**

Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Dilger, IFS Braunschweig

Beginn: 01.12.2012 Laufzeitende: 31.12.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.619N>

## Fachausschuss Q6 „Arbeitssicherheit und Umweltschutz“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck**

T +49. (0)2 11. 15 91-173

F +49. (0)2 11. 15 91-200

jens.jerzembeck@dvs-hg.de

### Vorsitzender Prof Dr.-Ing. habil. Emil Schubert

Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG, Buseck

### Stellvertretender Vorsitzender Jürgen Gleim

3M Deutschland GmbH, Kleinostheim

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

## Korrespondierende Gremien

### Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- Q6 „Arbeitssicherheit und Umweltschutz“

[www.dvs-aft.de/Aft/Q/Q6](http://www.dvs-aft.de/Aft/Q/Q6)

### IIW-Gremien (International Institute of Welding)

- Commission XIII „Arbeits- und Gesundheitsschutz“

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

## Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

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

Der DVS bündelt seine Aktivitäten auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes in seinem Fachgremium, der Arbeitsgruppe / Fachausschuss Q6, das sowohl Arbeitsgruppe im Ausschuss für Technik im DVS als auch Fachausschuss der Forschungsvereinigung des DVS ist.

Fachleute aus den verschiedenen Bereichen von Industrie, Instituten, Berufsgenossenschaften und staatlicher Seite diskutieren ausführlich aktuelle Entwicklungen und Aktivitäten auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes. Dabei stehen neben der nationalen und internationalen Gremienarbeit unter anderem auch die aktuelle Gesetzgebung, Normung sowie technische Regelwerke im Aktivitätsbereich des Gremiums. Darüber hinaus werden auch konkrete Forschungsprojekte geplant und Entscheidungen über Forschungsanträge zu den Themen "Arbeitssicherheit und Umweltschutz" getroffen.

## Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

Weiterentwickeln von Verfahren und Geräten zur Minimierung von Gefahrstoffemissionen bzw. von Anlagen, um Emissionen nachhaltig zu minimieren (Absauganlagen, Geräte und Brenner mit integrierter Absaugung). Der Fokus liegt dabei auf den industriell bedeutsamen Verfahren zum Schweißen und Trennen, dem Schutzgasschweißen und Laserstrahlschweißen und -schneiden

Erarbeiten von Industriestandards zur „Emissionsbeherrschung“: u. a. Best Practice bei der Absaugung, Ermitteln von Emissionskennwerten für verschiedene Verfahren und Werkstoffe. Aufbauend auf den erarbeiteten Ergebnissen werden auch DVS-Regelwerke erstellt. Ebenso fließen die Ergebnisse in das BG-Regelwerk und in die Normung, z. B. Normung von Verfahren zur Bestimmung von Emissionen etc., ein.

## Thema „Chrom- und nickelrauchfreies MSG-Schweißen hochlegierter Stähle“ auf dem ersten Platz als Gewinner des 3M Welding Safety Award 2015

Zum vierten Mal haben die 3M Deutschland GmbH und der DVS den 3M Welding Safety Award ausgeschrieben. Auf dem DVS CONGRESS und der DVS EXPO 2015 in Nürnberg nahm die Projektgruppe, bestehend aus Anton Heinitz und Dr.-Ing. Sascha Rose, beide am Institut für Fertigungstechnik an der Technischen Universität Dresden, den Preis für den ersten Platz entgegen (**Bild 71**).



Bild 71: (von links) Prof. Dr.-Ing. Heinrich Flegel, Dr.-Ing. Sascha Rose, Dipl.-Ing. Anton Heinitz, Jürgen Gleim (3M) freuen sich über den ersten Platz



Bild 72: 3M Welding Safety Award

Mit der Idee „Chrom- und nickelrauchfreies MSG-Schweißen hochlegierter Stähle (DVS Q6.019)“ überzeugten sie die erfahrene Jury. Neben 5.000 Euro Preisgeld erhielt die Gruppe auch die 3M Welding Safety-Trophäe (**Bild 72**).

Den zweiten Platz und damit 3.000 Euro erhielt die Projektgruppe mit Rudi Belman, Alexander Böhm, Claus Dinger, Uwe Jochims, Eugen Reis, Michael Weinacht von der BASF SE, Ludwigshafen, für ihren Vorschlag zur „Verbesserung der technischen Möglichkeiten zum Anschluss der Stromrückführung beim Elektroschweißen“.



Bild 73: DVS-Präsident Prof. Dr.-Ing- Heinrich Flegel (links) und Jürgen Gleim von 3M (rechts) gratulieren den Gewinnern der ersten drei Plätze des 3M Welding Safety Award 2015

Über die dritte Platzierung, die mit 2.000 Euro dotiert war, freute sich die Projektgruppe mit Kevin Feldhaus, Marvin Gröger, Til Möller, Justin Müller von der voestalpine Böhler Welding Germany GmbH in Hamm mit ihrer Idee „Notfallschrank“.

3M und der DVS prämiieren alle zwei Jahre Ideen und Maßnahmen, durch die sich die Arbeitssicherheit für Schweißer bedeutend verbessert. Zu dem diesjährigen Thema „Arbeitsschutz sichert Qualität. Arbeitsschutz senkt Kosten.“ wurden organisatorische, ergonomische oder andere Lösungsansätze gesucht. Dabei konnte es sich um einen theoretischen Ansatz handeln oder um konkrete technische Verfahren, die bereits im Einsatz sind.



Bild 74: Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck, Geschäftsführer der Forschungsvereinigung, moderierte die Verleihung

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Experimentelle Untersuchung des Einflusses der Prozessbedingungen bei der Lasermaterialbearbeitung von Kunststoffen auf die Freisetzung von partikel- und gasförmigen Emissionen sowie Bewertung des Gefährdungspotenzials (IGF-Nr. 433 ZN / DVS-Nr. Q6.014)

Laufzeit: 1. August 2012 – 31. Oktober 2014

Prof. Dr.-Ing. L. Overmeyer, Laser Zentrum Hannover e. V. (LZH)

Prof. Dr.-Ing. M. Bastian, SKZ – KFE gGmbH, Würzburg

Kunststoffverarbeitende Unternehmen setzen immer häufiger Lasertechnik ein, um Kunststoffformteile und Dichtungen trennend oder fugend zu bearbeiten. Dabei stehen ihnen bislang kaum Daten zur Verfügung, aus denen hervorgeht, wie sich verschiedene Werkstoffe bei der Wechselwirkung mit der Laserstrahlung bzgl. der Freisetzung von Rauchen und Gasen verhalten. Allerdings gibt es gesetzliche Vorgaben, nach denen potenziell gefährliche Prozessemissionen entsprechend dem Stand der Technik zu minimieren sind, um geltende Grenzwerte in der Prozessabluft sowie in der Luft am Arbeitsplatz einzuhalten und die Beschäftigten, die sich in der Nähe der Materialbearbeitung aufhalten, zu schützen. Für eine aussagekräftige Gefährdungsbeurteilung ist die Erhebung der Prozessemissionen sowie der Gefahrstoffbelastung am Arbeitsplatz erforderlich. Die Informationsbeschaffungspflicht führt bei KMU unter Berücksichtigung der derzeitigen schlechten Datenlage zu einem nicht unerheblichen zusätzlichen Personal- und Zeitaufwand, verbunden mit hohen Kosten.

Im Vorhaben wurde eine detaillierte Untersuchung der partikel- und gasförmigen Emissionen bei der Laserbearbeitung von Kunststoffen vorgenommen (**Bilder 75** und **76**). An einer Werkstoffauswahl wurde zudem der Einfluss der Prozessbedingungen auf Höhe und Zusammensetzung der Emissionen unter-

sucht, um maßgebliche Prozessparameter zu identifizieren. Neben Analysen der Gefahrstoffkonzentrationen in der Abluft zur Ermittlung der Quellstärken und zum Vergleich mit Grenzwerten gem. TA-Luft wurden Messungen der Belastung der Luft am Arbeitsplatz gem. TRGS 402 durchgeführt. Das damit verbundene Gefährdungspotenzial wurde anhand von Grenzwerten gem. TRGS 900 bzw. Akzeptanz- und Toleranzwerten gem. TRGS 910 sowie der Berechnung von Stoff- und Bewertungsindices bewertet. Anhand der Untersuchungsergebnisse wurden Handlungsempfehlungen für industrielle Anwender der Laserkunststoffbearbeitung erarbeitet. Diese umfassen Hinweise zur emissionsoptimierten Prozessführung sowie zum allg. Umweltschutz und zur Arbeitssicherheit.

Die ermittelten Daten werden interessierten Anwendern in geeigneter Form (Emissionsdatenblätter, Präventionsmatrix sowie LZH-Datenbank Lasersicherheit) zur Verfügung gestellt. Durch die Berücksichtigung der Ergebnisse des Vorhabens wird für den industriellen Anwender eine prozessbezogene Gefährdungsbeurteilung erheblich vereinfacht. Derzeit wird im Nachgang zum Vorhaben ein DVS-Merkblatt erarbeitet, welches Interessenten im Überblick über die erzielten Ergebnisse des Vorhabens informieren soll.

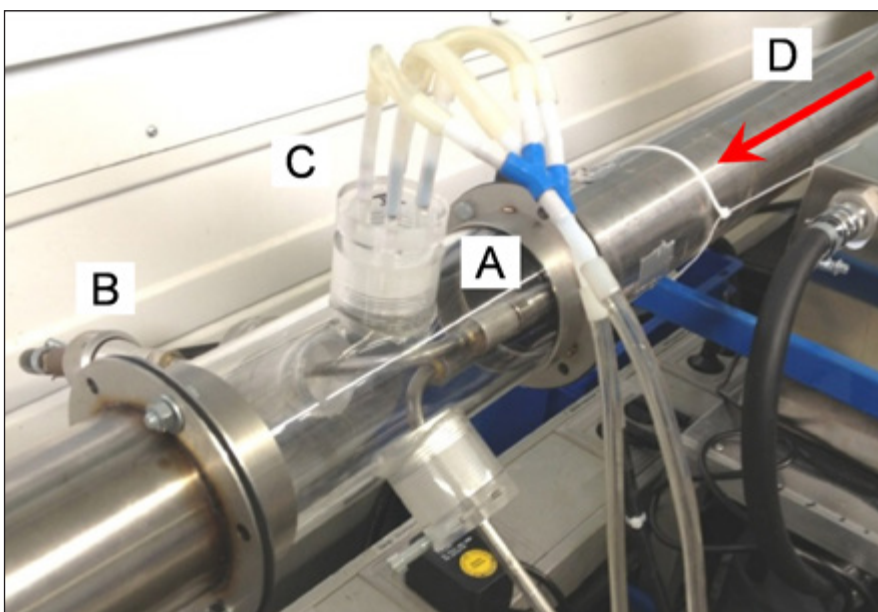


Bild 75:  
Messzelle mit Sonden (A) und Planfilterköpfen (B) für die isokinetische Partikelprobenahme sowie weitere Probenahmemedien (z.B. Aktivkohle und Silicagel (C)). D kennzeichnet die Abluftvorlaufstrecke, der rote Pfeil gibt die Strömungsrichtung an

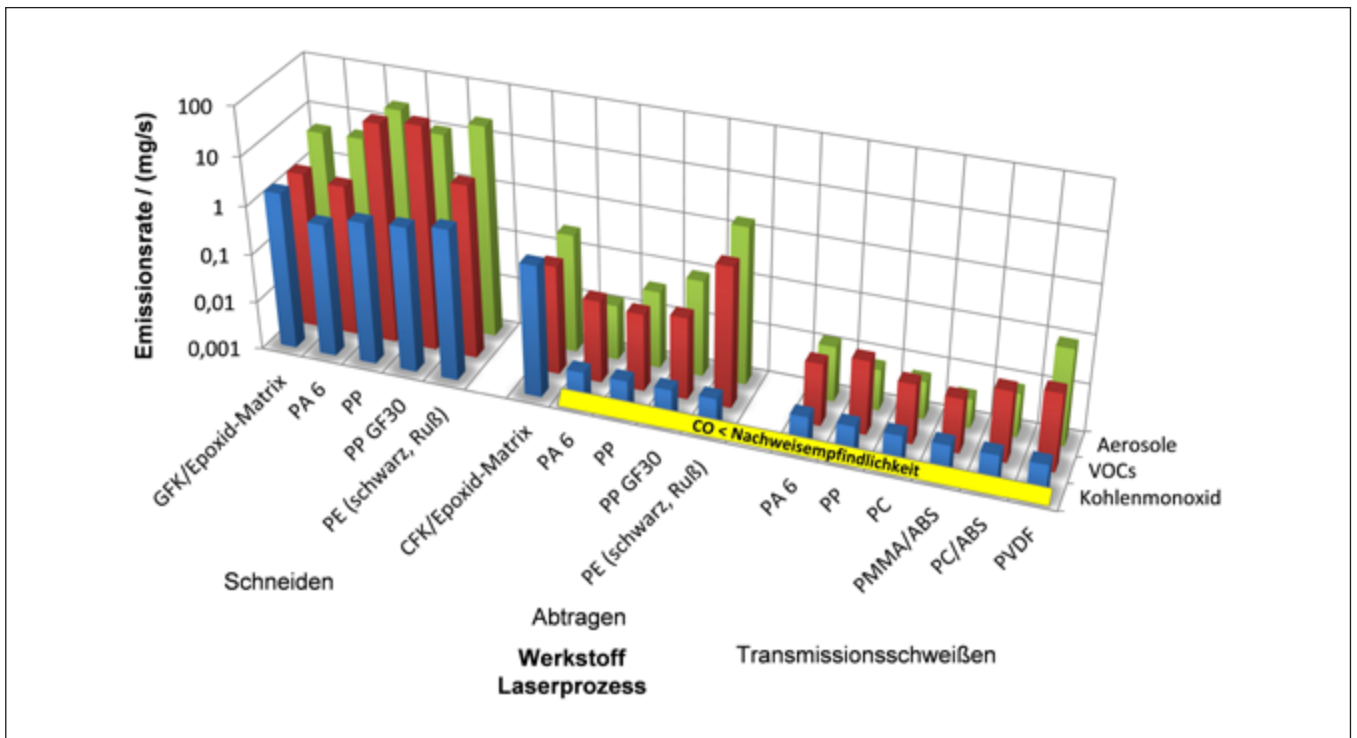


Bild 76: Emissionsraten von Aerosolen, flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffen (VOCs) und Kohlenstoffmonoxid bei der Laserbearbeitung von Kunststoffen, ermittelt im Rahmen von Screening-Versuchen

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. Rainer Aschenbeck, LPKF Laser & Electronics AG, Garbsen:

„Die Ergebnisse des Vorhabens sind für unser Unternehmen insbesondere vor dem Hintergrund von Interesse, dass in den Untersuchungen bestätigt wurde, dass beim Laserstrahltransmissionsschweißen keine nennenswerten Gefahrstoffmengen freigesetzt werden, sofern der Prozess optimal eingestellt ist. Diese Information gibt uns und unseren Kunden eine große Sicherheit bei der Realisierung von unterschiedlichen Applikationen im Bereich des Kunststofffügens und hilft uns, das Marktpotenzial damit gefertigter Produkte zu vergrößern. Gleichzeitig wird die Bedeutung einer gründlichen Prozessvorbereitung und -einstellung deutlich.“

### Dipl.-Ing. Peter Schlüter, LMB Automation GmbH, Iserlohn:

„Als Sondermaschinenbauer im Bereich der Laserstrahltechnik sind die Projektergebnisse für die LMB Automation GmbH von großer Bedeutung, da unsere Kunden immer wieder nach den Risiken für ihre Mitarbeiter durch die bei der Laserstrahlkunststoffbearbeitung emittierten Substanzen fragen und wir nun eine ausgedehnte Datenbasis haben, die demnächst auch über das Internet verfügbar sein wird. Besonders hervorzuheben

sind die Ergebnisse im Zusammenhang mit dem Laserstrahlschneiden von CFK-Werkstoffen, wonach bei entsprechenden Prozessen keine gesundheitsgefährdenden WHO-Fasern freigesetzt werden. Damit kann vom arbeitssicherheitstechnischen Standpunkt aus das Laserschneiden von CFK bei Einsatz geeigneter Erfassung- und Filtertechnik als beherrschbar angesehen werden.“

### Udo Hartmann, TBH GmbH, Straubenhardt:

„In dem Vorhaben wurden für diverse industriell relevante Kunststoffe Quellstärken und Emissionsraten bei der Laserbearbeitung freigesetzter Gefahrstoffe bestimmt. Insbesondere beim Laserstrahlschneiden wurden durchaus erhebliche Mengen an gas- und partikelförmigen Gefahrstoffen gemessen. Die Abhängigkeiten der Quellstärken von den leistungsführenden Prozessparametern haben sich dabei als komplex herausgestellt. Mit Abschluss des Vorhabens steht eine gegenüber dem bisherigen Stand deutlich erweiterte Datenbasis zur Verfügung, welche die TBH GmbH gut nutzen kann, um die Auslegung ihrer Filtersysteme auf die spezifischen Anforderungen der Prozesse ihrer Kunden zu verbessern. Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Prozessemissionen gut beherrschbar sind, wenn die Gefahrstofferrfassung nahe am Prozess erfolgt.“



## Durchlaufende Forschungsprojekte

Q6.018  
17.990 N **Strömungstechnische Auslegungskriterien zur Erhöhung der Absaugungseffektivität von integrierten Absaugbrennern in Zwangslagen**

Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin

Beginn: 01.12.2013 Laufzeitende: 31.05.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.990N>

Q6.019  
18.179 B **Reduzierung gefährlicher Schweißrauche durch die Trennung von Lichtbogen und Zusatzwerkstoff – Emissionsreduziertes Schweißen mit MSG-Zusatzdraht und WIG-Heißdraht**

Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden

Beginn: 01.05.2014 Laufzeitende: 30.04.2016

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.179B>

Q6.020  
18.333 N **Emissionsminimierung für industriell relevante Metall-Schutzgas-Schweißprozesse unter Einhaltung einer geforderten Nahtqualität**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Beginn: 01.09.2014 Laufzeitende: 28.02.2017

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.333N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

Q6.016  
17.349 N **Passive Lasersicherheit für Hochleistungslaser im industriellen Einsatz (PaLaSi)**

Prof. Dr.-Ing. Zäh, iw. TU München (Garching)

Beginn: 01.09.2012 Laufzeitende: 31.05.2015

Weitere Informationen siehe:

<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.349N>

## Fachausschuss V4 „Unterwassertechnik“



### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Axel Janssen**

T +49. (0)2 11. 15 91-117

F +49. (0)2 11. 15 91-200

axel.janssen@dvs-hg.de

### Vorsitzender/Obmann Dipl.-Ing. Rudolf Kolbusch

KWE Ingenieurbüro, Oldenburg

### Stellvertretender Vorsitzender/Obmann Dipl.-Ing. SFI Walter Henz

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Hannover

Niederlassung der GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH

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

## Veranstaltungen

Sondertagung - „Unterwassertechnik 2013“

## Korrespondierende Gremien

- FA Q6 „Arbeitssicherheit und Umweltschutz“
- FA 3 „Lichtbogenschweißen“

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

[www.dvs-forschung.de/FAQ03](http://www.dvs-forschung.de/FAQ03)

## Grundsätze / Aufgaben des Fachausschusses

Die Unterwassertechnik gehört zu einem Umfeld mit stetig wachsender Bedeutung, denke man nur an die Bereiche Energieerzeugung und Rohstoffgewinnung in Küstenregionen oder im offenen Meer und durch den Klimawandel bedingten zukünftigen Küstenschutz.

Dabei gehören zur Unterwassertechnik nicht nur spektakuläre Bauwerke wie Windkraftanlagen, Bohrseln und Offshore-Pipelines. In Deutschland liegen die Anwendungen der Unterwassertechnik auch besonders im Binnenland und küstennahen Regionen im Bau und Erhalt von:

- Binnenschifffahrtswegen und -hafenanlagen
- Wasserkraftwerken
- Anlagen zur Trinkwasserversorgung
- Hafenanlagen und Wasserwegen für die Seeschifffahrt
- Anlagen für den Hochwasserschutz
- Wehre, Stauanlagen, Sperrwerke
- Brückenbauwerke und andere Ingenieurbauwerke

In diesen Bereichen spielen das Fügen, Trennen, Beschichten und Prüfen in nasser Umgebung entscheidende Rollen.

Damit geht dringender und wachsender Forschungsbedarf einher, der allerdings in Deutschland gerade in den letzten Jahren wenig Beachtung gefunden hat.

Die Forschungsvereinigung hat sich mit der Gründung des Fachausschusses V4 dieser Themenstellung angenommen und sich zum Ziel gesetzt, die Forschung für Verfahren und Grundlagen in den genannten Bereichen in Deutschland wieder auf einen internationalen Stand zu bringen.

## Forschungsfelder und Schwerpunktthemen

- Neue Schweiß- und Schneidprozesse und -verfahren
- Physik des Lichtbogens in nasser Umgebung
- Einfluss der nassen Umgebung auf den Werkstoff beim Schweißen und Schneiden
- Prüftechnik, neue Prüfverfahren für den Einsatz unter Wasser
- Visualisierung
- Automatisierung

### Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

#### Elektrokontakttrennen mittels CAMG-Technik zum manuellen und halbautomatischen Trennen von Spundwänden unter Wasser

(IGF-Nr. 17.888 N / DVS-Nr. V4.007)

Laufzeit: 1. Oktober 2013 – 31. Dezember 2015

Prof. Dr.-Ing. H.J. Maier, Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde am Unterwassertechnikum Hannover des Instituts für Werkstoffkunde der Leibniz Universität Hannover eine Handgerätetechnikumsanlage zur manuellen Verwendung der CAMG-Technik durch Taucher entwickelt. Nach einem Vergleich zwischen hydraulischen, elektrischen und pneumatischen Antrieben fiel die Wahl aufgrund der hohen Leistungsdichte bei gleichzeitiger Wasserunempfindlichkeit und der einhergehenden Umweltverträglichkeit auf einen schnell laufenden Wasserhydraulik-Motor. An diesem stromlosen Antrieb wurde eine einstellbare Sicherheitskupplung mit einstellbarem Drehmomentenbereich angebracht. Anschließend wird das Antriebsmoment über ein Getriebe, bestehend aus einer Kegelradstufe in einem ungeteilten Alugussgehäuse, senkrecht zur Antriebsachse auf die Elektroden-scheibe geleitet (**Bild 77**).

Zur Sicherstellung einer Durchtrennung des Spundwandwerkstoffes muss ein ausreichend hoher Strom zwischen der rotierenden Werkzeugelektrode und dem Werkstück bereitgestellt werden. Hierfür wurde ein Stromübertragungsmodul auf Flüssigmetallbasis entwickelt, welches eine rotatorische Stromübertragung bis 1000 A bei max. 65 V ermöglicht. Das Verfahren beruht auf einer Stromübertragung durch einen niedrigschmelzenden flüssigen Galliumfilm, welcher gleichzeitig Stromübertragung und Rotation ermöglicht. An der stromführenden Welle wird eine Stromscheibe angebracht, die letztlich den Strom flächig auf die Scheibenelektrode überträgt und so die auftretende Stromdichte herabsetzt, um ein Aufschmelzen der Scheibenelektrode am Übergang der stromführenden Welle zur Scheibenelektrode zu verhindern. Der gesamte stromführende Strang wird gegenüber dem Gehäuse des Handgerätes isoliert und eine elektrische Gefährdung des Tauchers somit minimiert.



Bild 78: Manuelle Erprobung des CAMG-Handgerätes

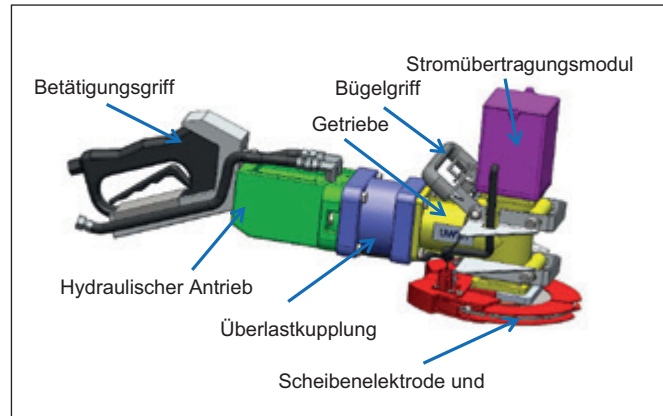


Bild 77: Konstruktion des UW-CAMG-Handgerätes

Der manuelle Einsatz des Handgerätes wurde in den institutseigenen Tauchbecken durch Berufstaucher in enger Zusammenarbeit mit der Firma Tauchmayer GmbH erprobt (**Bild 78**). Hierbei wurden sehr geringe bis keine Rückstellkräfte festgestellt. Das Handgerät ließ sich sehr gut entlang der zu schneidenden Werkstücke führen und ein sicheres Durchtrennen konnte durch die einstellbaren Führungsbleche am Vorderteil des Gehäuses gewährleistet werden (**Bild 79**). Der Schneidstrom betrug bis zu 1200 A und wurde sicher über das Stromübertragungsmodul durch eine UP-Schweißstromquelle (GTH 1400, Kjellberg) bereitgestellt. Eine elektrische Gefährdung des Tauchers wurde über das Isolations- und Erdungskonzept ausgeschlossen. Der Nachweis der Tauglichkeit des Gerätes wurde durch einen Schnitt durch eine Spundwandkonstruktion mit Durchtrennung des Schlosses erbracht.

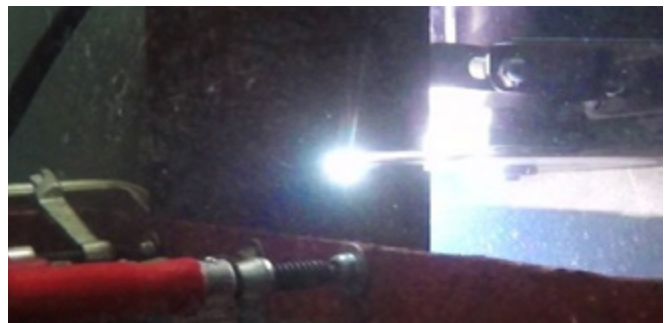


Bild 79: Sicheres Durchtrennen der Werkstücke

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. Rudolf Kolbusch, KWE Ingenieurbüro, Oldenburg:

„Die Forschungsergebnisse haben eine Erweiterung der Anwendungsgrenzen der CAMG-Technik gezeigt. Sehr hilfreich für den Anwender war der hohe Praxisbezug des Projekts. Erkenntnisse aus den manuellen Taucheinsätzen zeigen ein hohes Potenzial der neuen Schneidtechnik im Unterwasserbereich. Zur Entwicklung, Konstruktion und Fertigung eines Serienschneidproduktes auf Grundlage der Handgerätetechnikumsanlage ist auf eine kompaktere und leichtere Bauweise zu achten; sodann ermöglicht die CAMG-Technik, im Hinblick auf

die Schnittqualität und Schneidgeschwindigkeit, eine wesentliche Verbesserung der Unterwasserschneidtechnik.“

### Dipl.-Ing. Markus Mayer, Tauchmayer GmbH, Seelze:

„Für uns als Tauchunternehmen bietet das neuartige Verfahren eine weitere Möglichkeit des Trennens von Metallstrukturen unter Wasser. Auch unter ungünstigen Randbedingungen wie schlechte oder keine Sicht ist ein sicherer Trennschnitt mit guter Schnittqualität ohne Rückstellkräfte zu erwarten. Wir hoffen, dass dieser Ansatz für Prozess- und Gerätetechnikentwickler neue Perspektiven des Unterwasserschneidens aufweist.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

V4.013  
18.708 N **Autogenes MAG-C Schweißen als Hybridprozess für das kontinuierliche, nasse, hyperbare Unterwasserschweißen (UW-A-MAG-C) mit Massivdrahtelektroden**

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.708N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

V4.007  
17.888 N **Elektrokontakttrennen mittels CAMG-Technik zum manuellen und halbautomatischen Trennen von Spundwänden unter Wasser**

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.10.2013 Laufzeitende: 30.09.2015

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.888N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

V4.010  
18.158 N **Mechanisch technologische Eigenschaften unterwassergeschweißter hoch- und höherfester Stähle**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen

Beginn: 01.04.2014 Laufzeitende: 30.09.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.158N>

V4.010  
18.158 N **Laserstrahlschneiden unter Wasser für höhere Produktivität – LuWaPro**

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover  
Prof. Dr.-Ing. Overmeyer, LZH Hannover

Beginn: 01.07.2014 Laufzeitende: 30.09.2016

Weitere Informationen siehe:  
<http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.281N>

# Forschende Mitglieder der Forschungsvereinigung

## Aachen

RWTH Aachen  
Institut für Eisenhüttenkunde  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bleck

RWTH Aachen  
Institut für Oberflächentechnik  
Prof. Dr.-Ing. Bobzin

RWTH Aachen  
Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie  
und Handwerk  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hopmann

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT  
Prof. Dr. rer. nat. Poprawe

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

## Berlin

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit  
und Mikrointegration IZM  
Prof. Dr.-Ing. Lang

Technische Universität Berlin  
Institut für Mechanik - Fakultät V  
Fachgebiet für Kontinuumsmechanik  
und Materialtheorie  
Prof. Dr. rer. nat. Müller

GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik  
International mbH  
Niederlassung SLV Berlin-Brandenburg  
Prof. Dr.-Ing. Paulinus

Bundesanstalt für Materialforschung  
und -prüfung  
Fachbereich 9.3 - Schweißtechnische  
Fertigungsverfahren  
Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier

Technische Universität Berlin  
Institut für Werkzeugmaschinen  
und Fabrikbetrieb IWF  
Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik  
Prof. Dr.-Ing. Stark

## Braunschweig

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Füge- und Schweißtechnik  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Dilger

## Bremen

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik  
und angewandte Materialforschung IFAM  
Prof. Dr. Mayer

Universität Bremen  
Bremen Center for Computational Materials  
Science  
Prof. Dr.-Ing. Ploshikhin

BIAS – Bremer Institut für angewandte  
Strahltechnik  
Prof. Dr.-Ing. Vollertsen

## Chemnitz

Technische Universität Chemnitz  
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe  
Professur Kunststoffe  
Prof. Dr.-Ing. Gehde

Technische Universität Chemnitz  
Fakultät für Elektrotechnik und  
Informationstechnik  
Professur für Mikrotechnologie  
Prof. Dr. Dr. Prof. h.c. mult. Geßner

Technische Universität Chemnitz  
Fakultät für Maschinenbau – Institut für  
Werkstoffwissenschaft u. Werkstofftechnik  
Professur Werkstoff und Oberflächentechnik  
Univ. Prof. Dr.-Ing. habil Lampke

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik IWU  
Prof. Dr.-Ing. Landgrebe

Technische Universität Chemnitz  
Institut für Füge- und Montagetechnik (IFMT)  
Professur Schweißtechnik  
Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Mayr

CeWOTec gGmbH  
Chemnitzer Werkstoff- und OberflächenTechnik  
Dr. rer. nat. Reif

Technische Universität Chemnitz  
Fakultät für Maschinenbau  
Institut für Werkstoffwissenschaften  
und Werkstofftechnik  
Professur Verbundwerkstoffe  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wagner

## 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 Füge- und Schweißtechnik  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov

Brandenburgische Technische Universität  
Cottbus-Senftenberg  
Professur Stahl- und Holzbau  
Prof. Dr.-Ing. habil. Pasternak

## Darmstadt

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit  
und Systemzuverlässigkeit LBF  
Prof. Dr.-Ing. Melz

Zentrum für Konstruktionswerkstoffe  
Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt  
Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde  
Prof. Dr.-Ing. Oechsner

## Dortmund

Technische Universität Dortmund  
Lehrstuhl für Werkstofftechnologie  
Fakultät Maschinenbau  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Tillmann

## Dresden

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Werkstoff-  
und Strahltechnik IWS  
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Beyer

Technische Universität Dresden  
Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik  
in der Elektronik  
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Bock

IMA Materialforschung und  
Anwendungstechnik GmbH  
Prof. Dr.-Ing. Fleischer

Technische Universität Dresden  
Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik  
Professur für Fügetechnik und Montage  
Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Keramische  
Technologien und Systeme  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Michaelis

## Duisburg

GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik  
International mbH  
Niederlassung SLV Duisburg  
Dipl.-Ing. Mährlein

Universität Duisburg-Essen  
Institut für Produkt Engineering  
Lehrstuhl Fertigungstechnik  
Prof. Dr.-Ing. habil. Witt

## Erlangen

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-  
Nürnberg  
Lehrstuhl für Kunststofftechnik  
Prof. Dr.-Ing. Drummer

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-  
Nürnberg  
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik  
Prof. Dr.-Ing. Franke

Bayerisches Laserzentrum GmbH  
Prof. Dr.-Ing. Schmidt

## Fellbach

GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik  
International mbH  
Niederlassung SLV Fellbach  
Dipl.-Ing. Rotaru

## Freiburg

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM  
Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Institut für Mikrosystemtechnik  
Professur für Aufbau- und Verbindungstechnik  
Prof. Dr.-Ing. Wilde

### Garbsen

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Werkstoffkunde  
Prof. Dr.-Ing. Maier

### Garching

Technische Universität München  
Institut für Werkzeugmaschinen  
und Betriebswissenschaften  
Prof. Dr.-Ing. Zäh

### Geesthacht

Helmholtz-Zentrum Geesthacht  
Zentrum für Material- und Küstenforschung  
GmbH  
Prof. Dr. Kaysser

### Greifswald

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

### Halle

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt  
Halle GmbH  
Prof. Dr.-Ing. Keitel

### Hamburg

Technische Universität Hamburg-Harburg  
Institut für Laser- und Anlagentechnik  
Prof. Dr.-Ing. Emmelmann

Helmut-Schmidt-Universität  
Universität der Bundeswehr Hamburg  
Institut für Werkstofftechnik  
Laboratorium für Werkstoffkunde  
Prof. Dr. Klassen

### Hannover

GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik  
International mbH  
Niederlassung SLV Hannover  
Dr.-Ing. Mittelstädt

Laser Zentrum Hannover e. V.  
Prof. Dr.-Ing. Overmeyer

### Ilmenau

Technische Universität Ilmenau  
Fakultät für Maschinenbau  
Fachgebiet Fertigungstechnik  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Bergmann

### Itzehoe

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie ISIT  
Prof. Dr.-Ing. Benecke

### Jena

Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und  
Werkstoffprüfung GmbH  
Dr.-Ing. Jahn

### Jülich

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Energie- und Klimaforschung  
Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren  
Prof. Dr.-Ing. Guillon

### Kaiserslautern

Technische Universität Kaiserslautern  
Lehrstuhl für Werkstoffkunde  
Prof. Dr.-Ing. Beck

### Karlsruhe

Karlsruher Institut für Technologie  
Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine  
Prof. Dr.-Ing. Ummerhofer

### Kassel

Universität Kassel  
Fachgebiet Trennende und Fügende  
Fertigungsverfahren  
Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm

Universität Kassel  
Institut für Werkstofftechnik  
Fachgebiet Kunststofftechnik  
Prof. Dr.-Ing. Heim

### Köthen

Hochschule Anhalt  
Anhalt University of Applied Sciences  
Fachbereich Elektrotechnik, Maschinenbau  
und Wirtschaftsingenieurwesen (emw)  
Prof. Dr.-Ing. Rudolf

### Krefeld

Hochschule Niederrhein  
Fachbereich Maschinenbau und  
Verfahrenstechnik  
Funktionswerkstoffe und Beschichtungen  
Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden

### Magdeburg

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik  
Lehrstuhl Fügetechnik  
Prof. Dr.-Ing. Jüttner

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Fakultät für Elektrotechnik und  
Informationstechnik  
Institut für Elektrische Energiesysteme  
Prof. Dr.-Ing. Lindemann

### München

GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik  
International mbH  
Niederlassung SLV München  
Prof. Dr.-Ing. Cramer

### Neubiberg

Universität der Bundeswehr München  
Fakultät für Elektrotechnik und  
Informationstechnik  
Institut für Plasmatechnik und Grundgebiete  
der Elektrotechnik  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Schein

### Paderborn

Universität Paderborn  
Fakultät für Maschinenbau  
Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik  
Prof. Dr.-Ing. Meschut

Universität Paderborn  
Fakultät Maschinenbau  
Lehrstuhl für Kunststofftechnologie  
Prof. Dr.-Ing. Moritzer

Universität Paderborn  
Fakultät Maschinenbau  
Kunststoffverarbeitung  
Prof. Dr.-Ing. Schöppner

### Rostock

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt  
Mecklenburg-Vorpommern GmbH  
Dipl.-Phys. Hoffmann

Fraunhofer Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer Anwendungszentrum für  
Großstrukturen in der Produktionstechnik  
Prof. Dr.-Ing. Wanner

### Saarbrücken

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie  
Prüfverfahren IZFP  
Prof. Dr. Hanke

### Stuttgart

Universität Stuttgart  
Institut für Strahlwerkzeuge  
Univ.-Prof. Dr. phil. nat. Graf

Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart  
Prof. Dr.-Ing. Weihe

### Weimar

Hildebrand-Institut für Werkstoff-, Prozess-  
und Struktursimulation gGmbH  
Prof. Dr.-Ing. Hildebrand

### Wissen

Technologie-Institut für Metall  
und Engineering GmbH  
Dr.-Ing. Polzin

### Würzburg

SKZ – KFE gGmbH  
Kunststoff-Forschung und Entwicklung  
Prof. Dr.-Ing. Heidemeyer

## Das Team der Forschungsvereinigung



**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck | Geschäftsführer**

T +49. (0)2 11. 15 91-173  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
jens.jerzembeck@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 1, 2, Q6**



**Dipl.-Ing. Andrea Pierschke | Stellvertretende Leiterin**

T +49. (0)2 11. 15 91-113  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
andrea.pierschke@dvs-hg.de  
**Projektadministration**



**Dipl.-Ing. Christoph Eßer-Ayertey**

T +49. (0)2 11. 15 91-178  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
christoph.esser@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 6, 13** (bis August 2016)



**Dipl.-Ing. Axel Janssen**

T +49. (0)2 11. 15 91-117  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
axel.janssen@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 4, 11, V4**



**M. Sc. Marvin Keinert**

T +49. (0)2 11. 15 91-188  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
marvin.keinert@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 6, 13**



**Ass. jur. Marcus Kubanek**

T +49. (0)2 11. 15 91-120  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
marcus.kubanek@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 5, GA-K, GA I2**



**Dipl.-Ing. Michael M. Weinreich**

T +49. (0)2 11. 15 91-279  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
michael.weinreich@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 7, 10**



**Dipl.-Ing. Rockhard Zsehra**

T +49. (0)2 11. 15 91-123  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
rockhard.zsehra@dvs-hg.de  
**Fachausschüsse 3, 9**



**Jutta Altenburger**

T +49. (0)2 11. 15 91-181  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
jutta.altenburger@dvs-hg.de  
**Sekretariat**



**Christian Habel**

T +49. (0)2 11. 15 91-118  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
christian.habel@dvs-hg.de  
**Systemadministration**



**Dr. rer. nat. Sylvia Musch**

T +49. (0)2 11. 15 91-182  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
sylvia.musch@dvs-hg.de  
**Projektadministration**

**Sabine Welkers**

T +49. (0)2 11. 15 91-180  
F +49. (0)2 11. 15 91-200  
Sabine.welkers@dvs-hg.de  
**Projektadministration**





## HIER ZÄHLT DIE ZUKUNFT FORSCHUNG IM DVS



### Sie möchten sich in der Forschungsvereinigung des DVS engagieren? Werden Sie DVS-Firmenmitglied!

#### Forschung für den Mittelstand

Aus der Mitgliedschaft im DVS ergeben sich für Sie als Unternehmen alle Möglichkeiten, die Aktivitäten der Forschungsvereinigung zu begleiten, aktiv zu unterstützen, und von den Forschungsergebnissen zu profitieren.

#### Ihre Vorteile auf einen Blick

- Treten Sie in den direkten Dialog mit der Wissenschaft!
- Initiieren und gestalten Sie Forschungsprojekte!
- Begleiten Sie Projekte unmittelbar!
- Profitieren Sie von exklusiven Forschungsergebnissen aus erster Hand und setzen Sie diese in Ihren Unternehmen um!

Praxisnah und zukunftsweisend - so arbeitet die Forschungsvereinigung im Sinne der Fügetechnik.

#### Mission der Forschungsvereinigung

- Fügetechnische Gemeinschaftsforschung ist bedarfsgerecht, innovativ, nachhaltig und erfolgreich!
- Die Forschungsvereinigung des DVS bietet der Fachwelt über ihre Fachausschüsse werkstoff-, verfahrens- und branchenspezifische fachliche Schwerpunkte rund um das Fügen, Trennen und Beschichten.
- Die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung bieten offene Diskussionsforen für neue, laufende und abgeschlossene Forschungsthemen.
- In den Fachausschüssen wird unmittelbar über den Bedarf zur Umsetzung neuer Forschungsideen entschieden.
- Angefangen von der Auslegung und Konstruktion über die fügetechnische Fertigung bis hin zur Prüfung und Festigkeitsbewertung werden Forschungsinhalte abgebildet. Dabei wird die gesamte Prozesskette der Fügetechnik abgedeckt

- Im Netzwerk der Forschungsvereinigung engagieren sich erfolgreich mehr als fünfhundert Experten aus Industrie und Wissenschaft. Jährlich werden über hundert laufende Forschungsprojekte begleitet und unterstützt.
- Über die inhaltliche Themenvielfalt ist die Forschungsvereinigung interdisziplinär ausgerichtet und aufgeschlossen für unterschiedlichste branchenübergreifende Forschungsoperationen.
- Die Forschungsvereinigung ist eine moderne, professionelle und serviceorientierte ausgerichtete Institution für die Füge-technik.

---

## Sie interessieren sich bereits für einige wissenschaftlich-technische Themen oder für die Mitarbeit in einem Fachausschuss? Sprechen Sie uns an:

Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck  
Geschäftsführer  
Telefon: 0211 / 1591-173  
Fax: 0211 / 1591-200  
E-Mail: jens.jerzembeck@dvs-hg.de

### **Darüber hinaus eröffnet Ihnen eine Firmenmitgliedschaft im DVS noch weitere Möglichkeiten:**

Seit über 120 Jahren ist der DVS kompetenter Ansprechpartner für alle Angelegenheiten rund um das Fügen, Trennen und Beschichten. Mit dieser Erfahrung machen wir die Branche fit für die Zukunft. Im DVS ist jeder willkommen, der sich für die Füge-technik interessiert. Unser Netzwerk umfasst rund 19.000 Personen, Unternehmen und Organisationen. Gemeinsam mit bundesweiten Forschungsinstituten arbeiten wir daran, dass die Füge-technik sauberer, sicherer und anwendungsfreundlicher wird.

### **Das Plus für Unternehmen:**

Unternehmen, Institutionen und Organisationen haben Zugang zu einem umfangreichen Fachwissen und die Chance auf Mitarbeit bei fügetechnischen Forschungsvorhaben und Regelwerken. Und natürlich profitieren auch die DVS-Mitgliedsunternehmen vom kostenfreien Zugriff auf das technische Regelwerk des DVS unter [www.dvs-regelwerk.de](http://www.dvs-regelwerk.de). Darüber hinaus bietet ihnen der DVS Lehrmedien und Leitfäden für firmeninterne Schulungen an sowie die Chance auf eine professionelle Präsenz in relevanten Fachmedien, bei fügetechnischen Messen und auf Tagungen im In- und Ausland.



# Aufnahmeantrag Firmen- Mitgliedschaft

## Beitragsstaffel für Unternehmen aus Industrie, Handel, Handwerk und Körperschaften (gültig ab 2014)

### Anwender der Schweißtechnik

Gesamtzahl aller Mitarbeiter des Unternehmens

bis zu	100 Mitarbeiter	470,00 €
bis zu	250 Mitarbeiter	1.060,00 €
bis zu	500 Mitarbeiter	1.325,00 €
bis zu	1.000 Mitarbeiter	1.590,00 €
bis zu	2.000 Mitarbeiter	2.120,00 €
mehr als	2.000 Mitarbeiter auf Anfrage (individuelle Regelung)	

### Hersteller, Handelsunternehmen, Dienstleistungsunternehmen, Ingenieurbüros

Der Beitrag wird individuell vereinbart,  
beträgt jedoch mindestens 555,00 €

### Handwerksunternehmen

bis	100 Mitarbeiter	210,00 €*
mehr als	100 Mitarbeiter	530,00 €

\*im Mitgliedsbeitrag ist der Bezug von nur **einem** Fachzeitschriften-Abo enthalten

### Körperschaften

Der Beitrag wird individuell vereinbart,  
beträgt jedoch mindestens 250,00 €

## Wir erklären den Beitritt zum DVS als

- Anwender der Schweißtechnik
- Hersteller, Handelsunternehmen,  
Dienstleistungsunternehmen, Ingenieurbüros
- Handwerksunternehmen
- Körperschaften

Mit einer Gesamt-Mitarbeiterzahl von

Mit einem Jahresbeitrag von

Bitte ermitteln Sie den jährlichen Mitgliedsbeitrag anhand der o. g. Beitragsstaffel.

Wir möchten betreut werden vom DVS-Bezirksverband

## Aufnahmeantrag für die Firmen-Mitgliedschaft im DVS

Unternehmen

Branche

Anschrift

Telefon

Fax

Internet

E-Mail

Ansprechpartner/Abteilung (bitte unbedingt ausfüllen)

Telefon

E-Mail

Ihr Interessengebiet in der Fügetechnik

### DVS-Newsletter

Ja, ich möchte monatlich die folgenden Newsletter per E-Mail bekommen:

- „DVS-News“  „DVS-News Nachwuchs“

Datum, Unterschrift, Firmenstempel

### Wir wurden geworben von:

Name, Vorname

Anschrift

### Gewünschte Werbepremien:

1. Prämie

2. Prämie

Die aktuellen DVS-Werbepremien finden Sie unter: [www.die-verbundungs-spezialisten.de](http://www.die-verbundungs-spezialisten.de)

Datenschutzerklärung: Einwilligung in Beratung, Information (Werbung) und Marketing: Ich bin damit einverstanden, dass meine beim DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. erhobenen, persönlichen Daten (Name, Anschrift, Geburtsdatum, Beruf) von allen DVS-Unternehmen und deren Partnern zu Marktforschungs- und schriftlichen Beratungs- und Informationszwecken (Werbung) über Produkte und Dienstleistungen der jeweiligen Partnerunternehmen gespeichert, verarbeitet und genutzt werden. Sind Sie nicht einverstanden, so streichen Sie die Klausel.



## Impressum

### Herausgeber

**Forschungsvereinigung Schweißen  
und verwandte Verfahren e. V. des DVS**

Aachener Straße 172  
40223 Düsseldorf  
www.dvs-forschung.de

### Redaktion

**Christian Habel  
Jens Jerzembeck  
Marcus Kubanek  
Dr. Sylvia Musch  
Andrea Pierschke  
Michael M. Weinreich**

### Titelfoto

Durchgängige Schweißung, hergestellt mit Zickzackelektrode beim  
Rollennahtschweißen

### Quelle:

IGF-Vorhaben  
Rollennahtschweißen strukturierter Feinbleche  
(IGF-Nr. 17621 BG / DVS-Nr. 04.057)

Mit freundlicher Genehmigung:

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

Dr.-Ing. R. Polzin  
Technologie-Institut für Metall und Engineering, Wissen (Sieg)

### Gestaltung

**DVS Media GmbH**  
Düsseldorf

### Druck

**D+L Printpartner GmbH**  
Schlavenhorst 10, 46395 Bocholt



**Forschungsvereinigung Schweißen  
und verwandte Verfahren e. V. des DVS**

Aachener Straße 172  
D-40223 Düsseldorf

T +49. (0)2 11. 15 91-1 13  
F +49. (0)2 11. 15 91-2 00

[info@dvs-forschung.de](mailto:info@dvs-forschung.de)  
[www.dvs-forschung.de](http://www.dvs-forschung.de)