

**Geschäftsbericht 2017**

## **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,

das Berichtsjahr 2017 war geprägt durch ein sehr positives Forschungsumfeld. Neben besonderen Initiativen zur Forschungsförderung wurde u.a. auch das Fördermittelvolumen der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) um 30 Mio. EURO auf knapp 170 Mio. EURO erhöht.

Die aktuellen Zahlen aus dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie aus der Wirtschaft sprechen dabei eine eindeutige Sprache:

Industrielle Gemeinschaftsforschung ist erfolgreich! Derzeit beteiligen sich über 50.000 Unternehmen in der IGF, die in 101 Forschungsvereinigungen organisiert sind. Insgesamt befinden sich aktuell über 1.500 IGF-Projekte in der Bearbeitung.

Einen wesentlichen Anteil daran hat auch die fügetechnische Gemeinschaftsforschung. Die Forschungsvereinigung konnte sehr erfolgreich am Fördermittelaufwuchs der IGF partizipieren. Im Berichtsjahr erhöhten sich die eingeworbenen Fördermittel auf 12,7 Mio. EUR, ein bisher einmaliges Rekordergebnis. Die vierzehn Fachausschüsse koordinierten damit im vergangenen Jahr 139 Forschungsprojekte. Davon wurden 60 Projekte neu gestartet, 40 weitergeführt und 39 erfolgreich abgeschlossen. Einen anschaulichen Überblick über die Projekte, Zahlen und Fakten des vergangenen Jahres dokumentiert der vorliegende Geschäftsbericht.

Das Erkennen von Zukunftsthemen steht seit jeher im Fokus der Forschungsvereinigung. Unter dieser Prämisse wurde die Studie „Grundlegende wissenschaftliche Konzepterstellung zu bestehenden Herausforderungen und Perspektiven für die Additive Fertigung mit Lichtbogen“ beauftragt. Die Ergebnisse werden die Forschungsaktivitäten im Bereich der Lichtbogenverfahren in den kommenden Jahren stark beeinflussen.

Ein wichtiger Schritt wurde mit der Mitgliedschaft in der „Forschungsallianz Energiewende“ (FAE) im Dezember 2017 vollzogen. Hierdurch wurde die unmittelbare und mittelbare Bedeutung der Fügetechnik als Querschnittstechnologie für alle Aktivitäten rund um die Energiewende in besonderem Maße hervorgehoben.

Maßgeblich eingeleitet wurde die Mitgliedschaft durch die von der Forschungsvereinigung unter Beteiligung der Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA) und des CMT – Center of Maritime Technologies e. V. initiierte Forschungsinitiative „Er-

folgreiche Energiewende durch zukunftsweisende fügetechnische Innovationen für die Windenergie“. Mit den beteiligten Forschungsvereinigungen wird zu diesem Themenschwerpunkt gemeinsamer Forschungsbedarf definiert und in Projekte umgesetzt. Die Energiewende erfordert die Umsetzung technologischer Innovationen in allen Bereichen des Energiesystems. Die deutsche Industrie wird in den nächsten Jahren hierbei tatkräftige Unterstützung durch die fügetechnische Gemeinschaftsforschung erhalten.

Neben den nationalen Aktivitäten rund um die IGF hat sich die Forschungsvereinigung auch verstärkt im Rahmen der europäischen Sub-Plattform JOINING to MANUFACTURE engagiert. Zielsetzung dabei war es, fügetechnischen Forschungsbedarf für die Aufrufe des Förderprogramms HORIZON 2020 darzustellen und anzubieten. Das soll auch für die Nachfolgeprogramme von HORIZON 2020 fortgesetzt werden. Besonders ist dabei hervorzuheben, dass sich auf Initiative der Forschungsvereinigung bereits zwei Konsortien für EU-Projekte rund um den Themenkomplex Additive Fertigung gebildet haben. Ein Projekt wurde bereits bewilligt.

Die eingeleitete Strategiediskussion wurde erfolgreich weitergeführt. Der Forschungsrat hat hierfür wegweisende Beschlüsse gefasst. In enger Abstimmung mit den Fachausschüssen werden aktuell Umsetzungsszenarien ausgearbeitet.

Das Engagement der Mitglieder, die Unterstützung des DVS und die Förderung der öffentlichen Hand haben sich 2017 wieder als ein sehr erfolgreiches, in die Zukunft gerichtetes Konzept zur Stärkung der Unternehmen in der Füge-, Trenn- und Beschichtungstechnik erwiesen. Ein besonderer Dank gilt allen Vertretern aus den Unternehmen, Körperschaften und Forschungseinrichtungen sowie der AiF und dem BMWi für die Förderung und Unterstützung der Forschungsvereinigung.

Unser besonderer Dank geht insbesondere auch an die Vorsitzenden der Fachausschüsse, die in engagierter Weise alle Forschungsaktivitäten prägen und begleiten.

**Dr.-Ing. Godehard Schmitz**

Vorsitzender

Renningen/Düsseldorf im April 2018

# Inhaltsverzeichnis

1	Aufgaben und Strukturen .....	05
2	Fügetechnische Gemeinschaftsforschung 2017 .....	13
3	Forschungsschwerpunkte und Forschungsfelder 2017 .....	18
4	Forschungskooperationen .....	28
5	Die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung .....	37
6	Forschende Mitglieder der Forschungsvereinigung .....	100
	Das Team der Forschungsvereinigung .....	102
	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 ausgerichteter Partner für die Fügetechnik. Als forschungsfördernde Einrichtung in Gestalt eines gemeinnützig eingetragenen Vereins bietet sie über ihre Fachausschüsse der Fachwelt und der interessierten Öffentlichkeit werkstoff-, verfahrens- und branchenspezifische Forschungsschwerpunkte rund um das Fügen, Trennen und Beschichten. Die Fachausschüsse decken dabei thematisch die gesamte Wertschöpfungs- und Prozesskette der Fügetechnik ab.

## Fügetechnische Gemeinschaftsforschung – gemeinsame Plattform für 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 Forschungsvereini-

gungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) als starken Partnern wird speziell kleinen und mittleren Unternehmen (kmU) über die IGF ein direkter Zugang zu anwendungsbezogener Forschung ermöglicht (**Bild 1**). Dies sind Unternehmen, die einen Jahresumsatz von nicht mehr als 125 Millionen Euro aufweisen.

Die Projekte der IGF werden von Forschungseinrichtungen im Auftrag der Forschungsvereinigung des DVS durchgeführt. Als Mitglied der AiF kooperiert sie mit geeigneten und fachlich ausgewiesenen Forschungseinrichtungen öffentlicher oder privater Rechtsträger zur Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen.



Bild 1: Partner und Umsetzung der IGF



HIER ZÄHLT DIE ZUKUNFT  
FORSCHUNG IM DVS

Im Netzwerk der Forschungsvereinigung engagieren sich erfolgreich fast 600 Experten aus Industrie und Wissenschaft. Jährlich werden über 130 laufende Forschungsprojekte der IGF unterstützt und begleitet. Über die inhaltliche Themenvielfalt ist die Forschungsvereinigung interdisziplinär ausgerichtet und aufgeschlossen für unterschiedliche branchenübergreifende Forschungsk Kooperationen.

**Derzeit kooperiert sie branchenübergreifend mit folgenden 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

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 auf diese Weise wertvolle Wissensnetzwerke.

**Ein zuverlässiger Partner und Dienstleister für moderne Industrieunternehmen – praxisnah, zukunftsweisend und erfolgreich**

Die FV bietet für Unternehmen einen direkten Dialog mit der Wissenschaft:

- Initiieren von Forschungsprojekten mit eigenen thematischen Inhalten
- Teilhabe bei der Gestaltung der Projektinhalte und -abläufe
- Direkte und kontinuierliche Begleitung von Forschungsprojekten

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 weitere vielfältige und exklusive Leistungen an, z.B.:

- Ausführliche Informationen und Publikationen zu aktuellen Forschungsergebnissen
- Umfassende 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
- aktuelle Forschungsstudien
- Transfer der Ergebnisse in Standards (Regelwerke)



Die Mitglieder der Forschungsvereinigung haben die Möglichkeit, alle wichtigen Dokumente sowie Projekt- und Fachausschussinformationen aktuell zu nutzen:

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

## Aufgaben und Funktion der Fachausschüsse

Mit ihren Fachausschüssen stellt die Forschungsvereinigung die zentrale Expertenplattform für die Industrielle Gemeinschaftsforschung in der Fügetechnik in Deutschland dar. Alle Abläufe der IGF, von der Ideenfindung bis zum Ergebnistransfer, werden unter zentraler Einbindung von Industrie und Wissenschaft professionell durch die Fachausschüsse organisiert und begleitet:

- *Benennen von Forschungsbedarf in Form einer Fragestellung von kleinen und mittelständischen Unternehmen*
- *Formulieren einer Projektskizze durch Forschungsstellen*
- *Vorbewerten der Projektskizze im Online-Verfahren*
- *Vorstellen, diskutieren und entscheiden über die Projektskizze in der Sitzung des Fachausschusses*
- *Einreichen des ausgearbeiteten Forschungsanträge bei der AiF*
- *Begutachten 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, Umsetzen und Nutzen der Projektergebnisse in den Unternehmen*
- *Entwicklung von Regelwerken (DVS-Merkblätter und -Richtlinien und Normen) aus den Projektergebnissen*

Die Fachausschüsse sind die entscheidenden Gremien, in denen Forschungsideen in Form von Projektskizzen von den Forschungseinrichtungen eingebracht, den Vertretern der Industrie konkretisiert und für die weitere Begutachtung durch die AiF bewertet und gegebenenfalls empfohlen werden (Bild 2). Sie sind darüber hinaus 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 Löten. Vom inhaltlichen Spektrum werden ebenso die Themen Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Schweißmetallurgie, Werkstoffverhalten, oder Konstruktion, Festigkeit, Berechnung und Simulation erfasst.

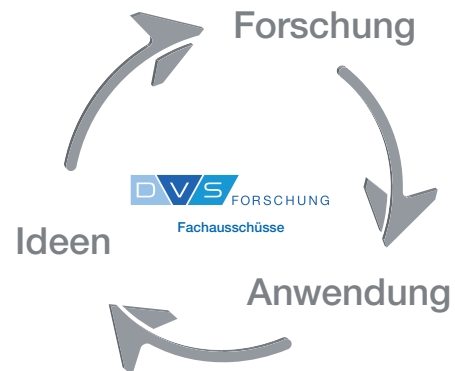


Bild 2: Fügetechnische Gemeinschaftsforschung

Neue Leitthemen wie additive Fertigung mit dem Lichtbogen hat die Forschungsvereinigung umgehend adaptiert. Durch beauftragte Studien wurden aktuelle Themen bewertet und thematisch in die Fachausschüsse zurückgespiegelt. Dort werden in konkreten Forschungsprojekten Lösungen für die Industrie entwickelt und umgesetzt.

## Unternehmen und Forschungsinstitute als enge Projektpartner

Das Durchführen der IGF-Forschungsprojekte geschieht unter direkter Beteiligung der Unternehmen in den Projektbegleitenden Ausschüssen (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 Projekts nutzen.

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

Die PAs sind ein wesentliches Instrument, um den Praxisbezug für die kleinen und mittleren Unternehmen (so genannte „kmU-Relevanz“) in der IGF sicherzustellen. Eine möglichst frühe Beteiligung von Industrievertretern an allen Projektschritten ebnet den Weg für einen schnellen Wissenstransfer in die Unternehmen, im Idealfall für einen konformen Verlauf von Forschungsarbeit und Ergebnisnutzung. Früh einbinden bedeutet, potenzielle Mitglieder für den PA bereits in der Projektgenese zu beteiligen. 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 Forschungsprojektes verbunden ist, im PA abzubilden. Während der PA-Sitzungen werden nicht „nur“ die Ergebnisse diskutiert, sondern auch alle relevanten Fragen, die mit der weiteren Projektentwicklung zusammenhängen.

## Allgemeine und individuelle Nutzung der Forschungsergebnisse

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 fügetechnischen DVS-Regelwerken und Normen.

## 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 3**) wie in den Kongressbänden der DVS Media GmbH sowie die Weitergabe der Schlussberichte dar.

### Veröffentlichungen 2017 in DVS-Fachzeitschriften

- |           |   |
|-----------|---|
| <b>21</b> | Schweißen & Schneiden                     |
| <b>1</b>  | Joining Plastics – Fügen von Kunststoffen |
| <b>3</b>  | Thermal Spray Bulletin                    |
| <b>3</b>  | Welding & Cutting                         |

**Bild 3:** Veröffentlichungen im Jahr 2017

Auch im Jahr 2017 wurde im DVS-Netzwerk eine Vielzahl technisch-wissenschaftlicher Veranstaltungen durchgeführt (**Bild 4**). Von den Inhalten partizipierten neben den Unternehmen aus den PAs auch die Unternehmen, die nicht unmittelbar an IGF-Forschungshaben beteiligt waren, sich gleichwohl aber umfassend informieren wollten.

## Erfolgreicher Ergebnistransfer aus Forschungsprojekten in DVS-Regelwerke

Die intensive Vernetzung der Aktivitäten zwischen der Forschungsvereinigung und dem Ausschuss für Technik (AFT) im DVS ergab auch in 2017 wieder zahlreiche Transfer- um Umsetzungsmaßnahmen in Form neuer DVS-Regelwerke für Industrie und Handwerk. Aber auch der Transfer in bereits bestehende DVS-Merkblätter und -Richtlinien wurde erfolgreich fortgeführt. Damit wird der Stand der Technik im DVS-Regelwerk auch über die Berücksichtigung neuester Forschungsergebnisse konsequent fortgeschrieben.

### Technisch-wissenschaftliche Veranstaltungen mit Beteiligung der Forschungsvereinigung im Jahr 2017

#### Februar

17. Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“ 2017, Köln

#### März

5. DVS-Tagung Weichlöten 2017 – „Ist Korrosion vermeidbar?“, Hanau  
4<sup>th</sup> IEBW International Electron Beam Welding Conference, Aachen

#### April

Workshop „Lichtbogenphysik“ der AG V2.8, Aachen

#### Mai

Forschungskolloquium FA 6 Strahlverfahren, Ilmenau  
5th International Congress and Exhibition on Aluminium Heat Exchanger Technologies for HVAC&R 2017, Düsseldorf

#### Juni

ITSC 2017 - International Thermal Spray Conference and Exposition, Düsseldorf  
70. IIW Annual Assembly & International Conference 2017, Shanghai (DVS-IIW Young Professionals)  
Rapid-Tech (DVS-Stand mit IFW Jena), Erfurt

#### September

DVS CONGRESS 2017 mit DVS-Studentenkongress, Düsseldorf

#### November

6. Tagung Unterwassertechnik 2017, Hamburg  
Gemeinschaftskolloquium AG V3 / FA 4 „Widerstandsschweißen“, Leipzig  
DVS-Praxisworkshop: Ein Tag in der Beschichtungswelt (DVS-Nachwuchsförderung), Langenfeld

#### Dezember

7. Fügetechnisches DVS/EFB-Gemeinschaftskolloquium 2017 „Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Fügetechnik“, Dresden  
Gemeinschaftskolloquium FA 10 / AG A2 / AG V6.2 „Mikroverbindungstechnik“, Chemnitz

**Bild 4:** Ergebnistransfer durch Fachveranstaltungen mit Beteiligung der Forschungsvereinigung



## Weitere Instrumente zur Förderung der fuge-technischen Gemeinschaftsforschung

Neben dem IGF-Normalverfahren nutzt die Forschungsvereinigung weitere Fördervarianten für die fuge-technische Gemeinschaftsforschung.

## CORNET („COLlective Research NETworking“)

Die Forschungsvereinigung engagiert sich weiterhin intensiv bei der Teilnahme am Förderprogramm CORNET, einer Vernetzung von nationalen und regionalen Programmen der internationalen Gemeinschaftsforschung (siehe Kapitel 4).

## Kooperationen mit anderen Forschungsvereinigungen und Verbänden

Mit der Bildung von Gemeinschaftsausschüssen wurden auf verschiedenen Forschungsfeldern weitreichende, branchenübergreifende, interdisziplinäre Kooperationen mit anderen AiF-Forschungsvereinigungen geschaffen, die 2017 erfolgreich fortgeführt wurden. Darüber hinaus kooperiert die Forschungsvereinigung auch branchenübergreifend mit weiteren Forschungsvereinigungen.

## Mitglieder in der Forschungsvereinigung

Insgesamt haben im Berichtszeitraum 556 Mitglieder in der Forschungsvereinigung mitgewirkt (**Bild 5**), darunter 359 Industrieunternehmen, 139 Körperschaften sowie 83 Forschungsinstitute. Zu den Forschungsinstituten gehören 8 Forschungsinstitute des DVS, 46 Hochschulinstitute, 14 Fraunhofer-Institute sowie 15 sonstige Forschungsinstitute.

Eine Mitgliedschaft in der Forschungsvereinigung steht allen Unternehmen und Forschungsstellen aus der Füge-, Trenn- und Beschichtungstechnik offen.

Mitglieder der Forschungsvereinigung	
359	Industrieunternehmen
139	Körperschaften
8	DVS-Forschungsinstitute (5 GSI-Mitglieder / 2 SLVs / 1 ifw)
46	Hochschulinstitute
14	Fraunhofer-Institute
15	Sonstige Forschungsinstitute
581	<b>Mitglieder</b>

Bild 5: Mitglieder der Forschungsvereinigung

**DVS FORSCHUNG**

**WIR MACHEN WIND  
NEUE PERSPEKTIVEN DURCH DIE FÜGETECHNIK**

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

## Der Vorstand

Die Forschungsvereinigung wird von einem 4-köpfigen Vorstand geleitet (**Bild 6**). Erstmals wurde vor vier Jahren ein Vertreter der Wissenschaft in den Vorstand der Forschungsvereinigung gewählt. Die Arbeit des Vorstandes wurde hierdurch sehr konstruktiv erweitert und bereichert. Im Forschungsrat wurde entschieden, auch künftig wieder einen Vertreter der Wissenschaft in den Vorstand zu wählen.

Professor Dr.-Ing. Sven Jüttner, dessen erste Amtszeit am 31. Dezember 2017 endete, wurde am 21. Juni 2017 erneut als stellvertretender Vorsitzender für die Amtszeit vom 1. Januar 2018 bis zum 31. Dezember 2021 einstimmig durch den Forschungsrat bestätigt.



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

Robert Bosch GmbH, Renningen  
Vorsitzender des Fachausschusses 10  
„Mikroverbindungstechnik“



**Dr.-Ing. Wolfgang Scheller  
(Stellvertretender Vorsitzender)**

Salzgitter Mannesmann  
Forschung GmbH, Duisburg  
Vorsitzender des Fachausschusses 3  
„Lichtbogenschweißen“



**Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
(Stellvertretender Vorsitzender)**

Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWF),  
Lehrstuhl Fügetechnik,  
Otto-von-Guericke-Universität  
Magdeburg



**Dr.-Ing. Roland Boecking  
(Mitglied des Vorstandes)**

Hauptgeschäftsführer des  
DVS – Deutscher Verband für Schweißen  
und verwandte Verfahren e. V., Düsseldorf

**Bild 6:** Die Mitglieder des Vorstandes

## Wahlen zum Forschungsrat

Am 21. Juni 2017 wurden als Mitglieder im Forschungsrat für eine weitere Amtszeit vom 1. Januar 2018 bis zum 31. Dezember 2021 einstimmig bestätigt:

- **Dr.-Ing. M. Boretius**  
Listemann AG, Eschen (Liechtenstein)
- **Dr.-Ing. S. Hartmann**  
obz innovations GmbH, Bad Krozig
- **Prof. Dr. habil. T. Lampke**  
IWW, Technische Universität Chemnitz
- **Prof. Dr.-Ing. G. Meschut**  
LWF, Universität Paderborn

## Der Forschungsrat

Der Forschungsrat übt eine Lenkungs- und Koordinierungsfunktion aus. Er 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 Forschungsprojekte.

**Bild 7** (rechte Seite) zeigt die Mitglieder des Forschungsrates.

## In 2017 als forschende Mitglieder neu aufgenommene Institute

### Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle an der Saale

Prof. Dr. Ralf Boris Wehrspohn  
(Mitarbeit in den Fachausschüssen 10 und 11)

### Hochschule für angewandte Wissenschaften München, Labor für Stahl- und Leichtmetallbau, Fakultät für Bauingenieurwesen, München

Prof. Dr.-Ing. Imke Engelhardt  
(Mitarbeit im Fachausschuss 9)

## Mitglieder des Forschungsrates (Stand: März 2018)

### 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 31.12.2021)

### Ehrenmitglieder

#### Dr. rer. nat. A. Farwer

Eriskirch

#### Dr.-Ing. W. Lehrheuer

Aachen

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

Ritterhude

### 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 31.12.2020)

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

IOT, RWTH Aachen  
(Amtszeit bis 31.12.2019)

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

Listemann AG, Eschen (LI)  
(Amtszeit bis 31.12.2021)

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

ifs, Technische Universität Braunschweig  
(Amtszeit bis 31.12.2020)

#### 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 31.12.2020)

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

Trumpf Laser- und Systemtechnik  
GmbH & Co. KG, Ditzingen  
(Amtszeit bis 31.12.2020)

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

obz innovations GmbH, Bad Krozingen  
(Amtszeit bis 31.12.2021)

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

Schweißtechnische Lehr- und  
Versuchsanstalt SLV Halle GmbH  
(Amtszeit bis 31.12.2020)

#### Dr.-Ing. B. Jaeschke

Lorch Schweißtechnik GmbH, Auenwald  
(Amtszeit bis 31.12.2020)

#### Dr.-Ing. S. Jahn

Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werk-  
stoffprüfung GmbH (ifw), Jena  
(Amtszeit bis 31.12.2020)

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

IWW, Technische Universität Chemnitz  
(Amtszeit bis 31.12.2021)

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

IFMT, Technische Universität Chemnitz  
(Amtszeit bis 31.12.2020)

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

LWF, Universität Paderborn  
(Amtszeit bis 31.12.2021)

#### E. Miklos

Linde AG Geschäftsbereich Linde Gas AG,  
Unterschleißheim  
(Amtszeit bis 31.12.2020)

#### Dipl.-Ing. S. Müller

AUDI AG, Neckarsulm  
(Amtszeit bis 31.12.2020)

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

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

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

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

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

ISAF, Technische Universität Clausthal  
(Amtszeit bis 31.12.2018)

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

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf  
(Amtszeit bis 31.12.2020)

### Vorsitzende der Fachausschüsse – Ex Officio Mitglieder

#### Dr.-Ing. M. Schmitz-Niederer

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

#### Dr.-Ing. G. Bloschies

Baumann Plasma Flame Technik AG,  
Höri b/Bülach (CH)  
Vorsitzender des FA 2 „Thermisches Beschichten  
und Autogentechnik“

#### Dr.-Ing. K. Pöhl

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“

#### Dipl.-Ing. P. Hellwig

Siemens AG, Krefeld  
Vorsitzender des FA 8 „Klebtechnik“

#### Dr.-Ing. J. Rudolph

AREVA GmbH, Erlangen  
Vorsitzender des FA 9 „Konstruktion und Festig-  
keit“

#### 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 Fertigungsver-  
fahren – Rapidtechnologien“

#### Dr.-Ing. habil. E. Schubert

Alexander Binzel Schweißtechnik  
GmbH & Co. KG, Buseck  
Vorsitzender des FA Q6 „Arbeitssicherheit und  
Umweltschutz“

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

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

### Gäste

#### Prof. Dr.-Ing. D. von Hofe

Krefeld  
(Rechnungsprüfer bis 31.12.2020)

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

Münster  
(Rechnungsprüfer bis 31.12.2021)

### Mitglieder laut Satzung – Ex Officio Mitglieder

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

Aidlingen  
Präsident des DVS

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

ISF, RWTH Aachen  
Vorsitzender des  
Ausschusses für Technik

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

Hauptgeschäftsführer des DVS, Düsseldorf

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

Geschäftsführer der  
Forschungsvereinigung des DVS, Düsseldorf

## Strategien der Forschungsvereinigung 2017

Aus vorangegangenen Überlegungen der Vorjahre resultierte der Bedarf ein neues Leitbild und eine neue Vision für die Forschungsvereinigung zu erstellen. Entwicklung, Wahrnehmung und Außensicht der Forschungsvereinigung sind dabei ebenfalls zu überdenken. Fügetechnische Zukunftsthemen und Schwerpunkte sind aus den gesellschaftlichen, industriellen und förderungspolitischen Entwicklungen abzuleiten. Im Zuge dessen sind die eigenen Prozesse, Strukturen und die Kommunikation zu bewerten und gegebenenfalls anzupassen.

Der Vorstand entschied sich anschließend zu einer ganzheitlichen Betrachtung der Forschungsvereinigung mit folgender Zielsetzung:

- Die „Forschungsvereinigung 2021“ nimmt die Herausforderungen der Fügetechnik konsequent mit allen Partnern an und stellt zukunftsweisende Lösungen bereit.
- Der Forschungsrat hatte auf seiner letzten Sitzung vom 21. Juni 2017 beschlossen, die Struktur der Forschungsvereinigung zu überarbeiten. Neben dem Leitbild der Forschungsvereinigung („Wir sind die Community für die fügetechnische Forschung“) unter Benennung von inhaltlichen Leitplanken und Zukunftsthemen („Nachhaltigkeit, Industrie 4.0 und Additive Fertigung“) gilt es, die Struktur für alle Beteiligten zu optimieren.
- Dabei ist es vorgesehen, die Berichterstattung über abgeschlossene Projekte in „R&D-Transfertagen“ angelehnt an den DVS CONGRESS zu realisieren.
- Die Diskussion über neue Forschungsthemen und die Entscheidung über Projektskizzen soll über „Innovation Days“ erfolgen.
- Die Umsetzung ist geplant ab 2020.
- Alle Mitglieder der Forschungsvereinigung wurden gebeten, die Vorschläge kritisch und konstruktiv zu diskutieren und zu bewerten.

Die vom Forschungsrat beschlossenen Strategiemeasures wurden in den Herbstsitzungen 2017 in den Fachausschüssen vorgestellt und diskutiert. Neben den Diskussionen in den Fachausschüssen hatten alle Mitglieder die Möglichkeit, schriftliche Stellungnahmen einzureichen. Neben Bedenken und Wünschen wurden auch zahlreiche Anregungen genannt. Der Vorstand und der Arbeitskreis „Strategie“ werden bei der weiteren Konkretisierung des Auftrages durch den Forschungsrat die Ergebnisse auch der schriftlichen Rückmeldungen für die weiteren Überlegungen berücksichtigen.

**Alle Mitglieder der Forschungsvereinigung sind weiterhin aufgerufen, Stellungnahmen und Vorschläge einzureichen.**

## Neues Datenbanksystem VEWA – die Unterstützung der Gremienabläufe

Im Verlauf des Jahres 2017 führte die Forschungsvereinigung schrittweise die neue Software VEWA ein. VEWA bildet die komplette Administration der Forschungsprojekte von der Vorbereitung der Projektskizze bis hin zum Transfer der Forschungsergebnisse in die Arbeitsgruppen des Ausschusses für Technik des DVS ab. Sämtliche kaufmännischen Prozesse werden ebenfalls über das neue Tool abgewickelt. Das Gremien- und Sitzungsmanagement einschließlich der Personen- und Adressdaten sowie der Einladungs- und Protokollversand erfolgen mittlerweile ausschließlich automatisiert mithilfe des Programms.

- Die projektbezogene Korrespondenz sowie das Archivieren der entsprechenden Dokumente über VEWA befinden sich derzeit in der Testphase.
- Mit der Einführung von VEWA hat die Forschungsvereinigung einen großen Schritt in Richtung automatisierter Abläufe vollzogen. Datenübernahmen aus dem AiF-Tool „Elano“ wurden ebenfalls realisiert. Diese werden zukünftig noch weiter ausgebaut.
- Die Mitglieder der Forschungsvereinigung sind gebeten, Anregungen und Wünsche für den weiteren Ausbau von VEWA zu benennen.

**Ansprechpartner in der Forschungsvereinigung:  
Dipl.-Ing. Andrea Pierschke**

# Fügetechnische Gemeinschaftsforschung 2017

## Industrielle Gemeinschaftsforschung

Durch die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) als vorwettbewerbliches Forschungsförderungsprogramm wird Orientierungswissen erarbeitet und technologische Plattformen für ganze Branchen oder zur branchenübergreifenden Nutzung entwickelt. Die IGF ist ein Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).

## Die AiF – Forschungsnetzwerk für den deutschen Mittelstand

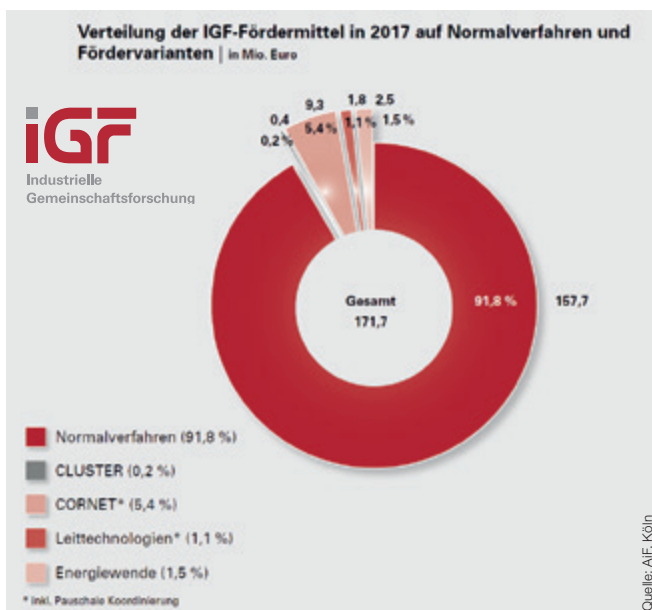
Die AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. ist alleiniger Koordinator und Organisator der IGF mit Unterstützung ihrer Mitglieder, den Forschungsvereinigungen. Die AiF fördert Forschung, Transfer und Innovation und ist führende nationale Organisation zur Förderung angewandter Forschung und Entwicklung für den Mittelstand. Sie ist als gemeinnütziger Verein Partner des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) und verknüpft die Interessen von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

Im Jahr 2017 wurden vom BMWi insgesamt 171,7 Mio. Euro für die IGF bereitgestellt. Dieser Betrag stand der AiF für ihr Innovationsnetzwerk für 1.613 laufende Vorhaben zur Verfügung. Beteiligt waren insgesamt 726 Forschungseinrichtungen. Die Verteilung der IGF-Fördermittel auf Normalverfahren und Fördervarianten zeigt **Bild 8**.

## Zentraler, branchenübergreifender Mehrwert der vorwettbewerblichen IGF

Indikator	Mehrwert
<b>Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sicherung von Arbeitsplätzen in Mittelstand und Forschung am Standort Deutschland</li> <li>■ in mehr als 40% der Fälle tragen Ergebnisse von IGF-Vorhaben zur Weiterentwicklung von Produkten bei</li> <li>■ mehr als 2/3 aller IGF-Vorhaben führen zu Folgeprojekten</li> </ul>
<b>Kooperation und Netzwerkbildung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ in den 1.613 IGF-Vorhaben in 2017 waren 20.654 Unternehmen und 726 Forschungseinrichtungen beteiligt</li> <li>■ durchschnittlich waren 12,8 Unternehmen und 2,2 Forschungseinrichtungen an einem IGF-Vorhaben beteiligt, davon in mehr als einem Drittel der Vorhaben neue Partner</li> </ul>
<b>Transfer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ in jedem 10. IGF-Vorhaben wird ein Patent beantragt</li> <li>■ rund 40% der IGF-Vorhaben sind normungs- oder standardisierungsrelevant</li> </ul>
<b>Nachwuchsförderung/ Fachkräftesicherung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 40% der Forschungsmitarbeiter sind Nachwuchskräfte</li> <li>■ mehr als 40% der involvierten Forschungsmitarbeiter wechseln nach Abschluss des Vorhabens von der Wissenschaft in die Industrie</li> </ul>
<b>Internationalisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ in 2017 waren in den IGF-Vorhaben über das Fördermodul CORNET rund 500 Unternehmen an internationalen Vorhaben beteiligt</li> </ul>

Quelle: AiF, Köln



**Bild 8:** Verteilung der IGF-Fördermittel in 2017

## Aktivitäten der AiF – Strategien und Ziele für die nächsten Jahre

Der Haushaltsentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) für 2018 sieht vor, das Netzwerk der IGF zwischen mittelständischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen mit 169 Millionen EURO zu fördern. Ausgehend von diesem Titel und in Betrachtung der tatsächlichen Förderbedarfe der Projektierungen in der Industriellen Gemeinschaftsforschung verfolgt die AiF mit tatkräftiger Unterstützung und in enger Abstimmung mit den Forschungsvereinigungen das aktuelle Ziel, beim Fördermittelgeber dauerhaft ein höheres jährliches Budget für die IGF und das ZIM-Programm zu erwirken. Mittelfristig sollen ab dem Jahr 2021 mindestens 300 Mio. Euro jährlich für die Industrielle Gemeinschaftsforschung und mindestens 700 Mio. Euro pro Jahr für das ZIM zur Verfügung gestellt werden.

### Den Weg zur Erreichung dieses Ziels bilden folgende strategische Leitschritte:

- Steigerung der Bekanntheit, Bedeutung und Reputation der AiF als unverzichtbare und leistungsfähige Akteurin des Innovationssystems;
- Intensivierung der Kooperation mit anderen Akteuren des Innovationssystems (Gewinnung von „Fürsprechern“ für die AiF);
- Erschließung weiterer Finanzierungsquellen (auch zur Entlastung der jährlichen Budgets für IGF und ZIM).

## Fügetechnische Gemeinschaftsforschung in der Forschungsvereinigung

Aus dem IGF-Haushalt wurden von der Forschungsvereinigung des DVS im Jahr 2017 12,7 Mio. Euro für die fügetechnische Gemeinschaftsforschung eingeworben. Dieser Betrag floss in 139 Projekte der Forschungsvereinigung ein. Davon wurden 60 Projekte neu gestartet, 40 weitergeführt und 39 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**.

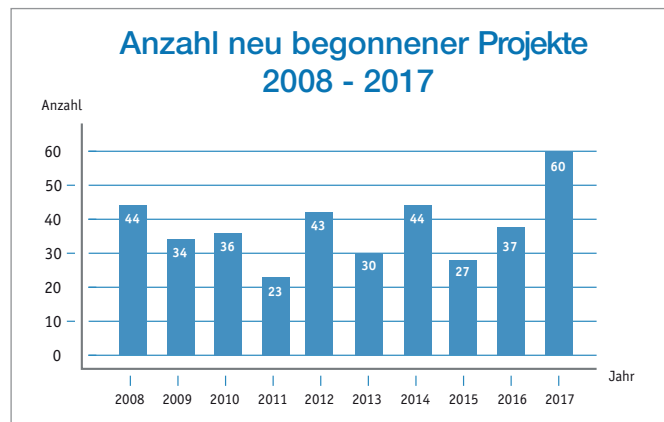


Bild 9

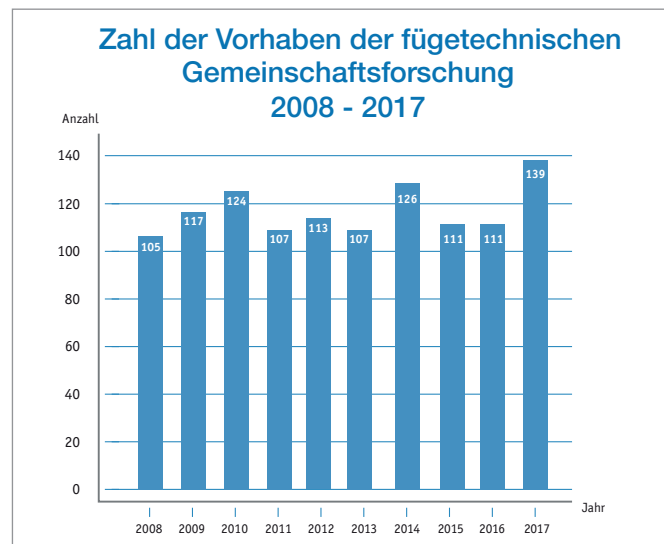


Bild 10

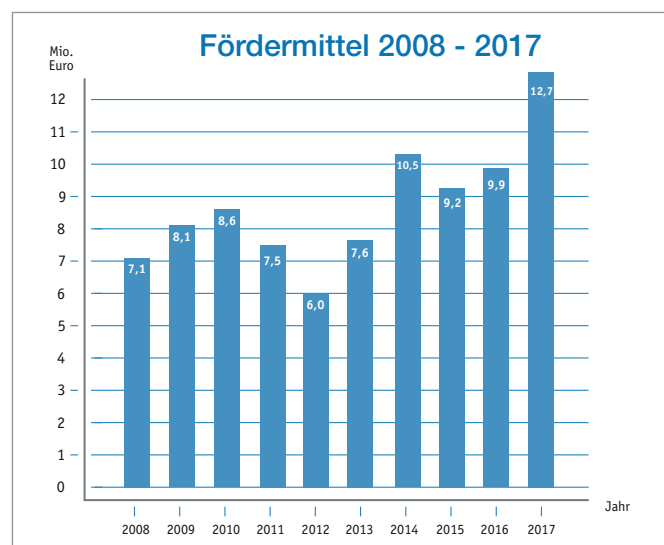


Bild 11

## Beteiligung der Institute an Projekten und Anträgen 2017 (forschende Mitglieder in der Forschungsvereinigung)

Hochschul institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
01.	Beck					
02.	Bergmann	3	4	1	4	12
03.	Bleck					
04.	Bobzin	2	1	3	1	7
05.	Bock	1				1
06.	Böhm	5	2	2	4	13
07.	Dilger	6	4	1	5	16
08.	Drummer				1	1
09.	Emmelmann	1	1			2
10.	Engelhardt	1		1		2
11.	Esderts	1			1	2
12.	Franke		2			2
13.	Füssel	2	2	2	3	9
14.	Gehde	2	1	1	2	6
15.	Graf				1	1
16.	Heim					
17.	Hopmann	1	1	1		3
18.	Jüttner	2	3	4	2	11
19.	Keßler		1	1	1	3
20.	Klassen			1		1
21.	Lampke		1		2	3
22.	Lindemann				1	1
23.	Maier	2	4	2	2	10
24.	Mayr	1			2	3
25.	Meschut	1	1		2	4
26.	Michailov				1	1
27.	Moritzer	2			1	3
28.	Müller			1	1	2
29.	Münstermann					
30.	Niendorf					
31.	Otto	1	1		3	5
32.	Pasternak		1			1
33.	Ploshikhin	1			1	2
34.	Reisgen	6	5	5	10	26
35.	Rudolf					
36.	Rupprecht				2	2
37.	Schein			2	1	3
38.	Schöppner	1		1	2	4
39.	Tillmann	1		3	3	7
40.	Wagner	1	1	3	6	11
41.	Weihe					
42.	Wesling					
43.	Wilde		1		2	3
44.	Wilden			1	1	2
45.	Witt					
46.	Zäh	2			2	4

DVS-Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
47.	Cramer					
48.	Peters					
49.	Jahn	1	1		1	3
50.	Keitel	2	1		4	7
51.	Mährlein					
52.	Mittelstädt					
53.	Pöge					
54.	Rotaru					

Fraunhofer-Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
55.	Benecke		1		1	2
56.	Drossel			2		2
57.	Flügge	2	2	1	2	7
58.	Gumbsch	1	2	1	5	9
59.	Hanke	1				1
60.	Lang	2	1			3
61.	Leyens	1	2	1	1	5
62.	Mayer	5	1	1	3	10
63.	Melz			1		1
64.	Michaelis	2			1	3
65.	Poprawe	4	1	2	6	13
66.	Reinhart				2	2
67.	Uhlmann	2			2	4
68.	Wehrspohn		1			1

Weitere Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
69	Broeckmann					
70	Guillon	1				1
71	Hochrein					
72	Kannengießler			1	2	3
73	Kaysser					
74	Könke					
75	Oechsner					
76	Overmeyer		2		3	5
77	Polzin					
78	Reif	1		1		2
79	Rethmeier	2				2
80	Schmidt				1	1
81	Ummenhofer	1	2	1		4
82	Vollertsen	2		1	3	6
83	Weltmann	1		1	0	2

### Beteiligung der Institute an Projekten und Anträgen 2017 (weitere Forschungsstellen)

Hochschulinstiute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
01.	Altstädt				1	1
02.	Corves				1	1
03.	Diebels				1	1
04.	Dott		1			1
05.	Dröder			1		1
06.	Feldmann		1			1
07.	Gebhardt	1				1
08.	Hämmerle	1	1			2
09.	Hensel				1	1
10.	Hirt				1	1
11.	Jäger		1			1
12.	Kaskel	1				1
13.	Koch	1				1
14.	Kraus				2	2
15.	Kruscha			1		1
16.	Kuhlenkötter	1				1
17.	Kuhlmann	1				1
18.	Kullmer				1	1
19.	Landgrebe		1		1	2



Hochschulinstiute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeföhrt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
20.	Melz		1		3	4
21.	Mensingler				1	1
22.	Middendorf	1				1
23.	Müller	1				1
24.	Seidlitz				1	1
25.	Pohl			1		1
26.	Possart				1	1
27.	Rother				1	1
28.	Schneeweiß				1	1
29.	Seim	1				1
30.	Sinzinger		1			1
31.	Stark			1		1
32.	Steinhoff			1		1
33.	Vietor		1			1
34.	Vormwald		1		1	2
35.	Walther	2		1		3
36.	Weis				1	1

Fraunhofer-Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeföhrt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
37.	Kasal	1				1
38.	Majschak	1				1

Weitere Institute						
Nr.	Institut	begonnen	fortgeföhrt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
39.	Berthel		1			1
40.	Dehé		2			2
41.	Fleischer		1			1
42.	Heinzel				1	1
43.	Schulze		1			1

## Forschungsschwerpunkte und Forschungsfelder 2017

### Forschungsschwerpunkte

Grundlage für die weitere Diskussion über die Ziele und Inhalte der Forschungsarbeiten ist die fortgeführte Analyse und Auswertung der 139 IGF-Projekte im Berichtsjahr 2017.

Die Analyse und Auswertung der im Berichtszeitraum 2017 administrierten Forschungsprojekte zeigen die Bilder 12, 13, 14, 15 und 16. Die aktuelle und zukünftige Ausrichtung der Forschungsaktivitäten bleiben ständig im Fokus in der Forschungsvereinigung.

### Fügeverfahren

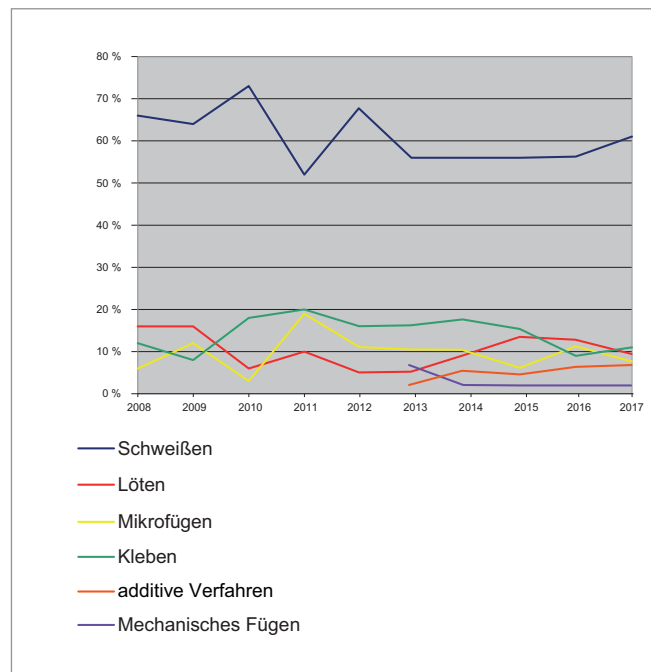


Bild 13

### Fügen, Trennen & Beschichten

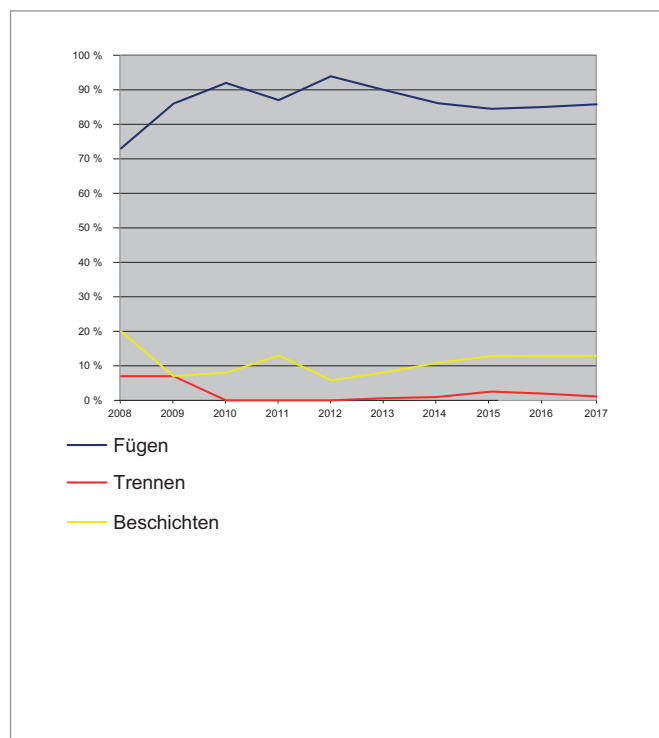


Bild 12

### Schweißverfahren

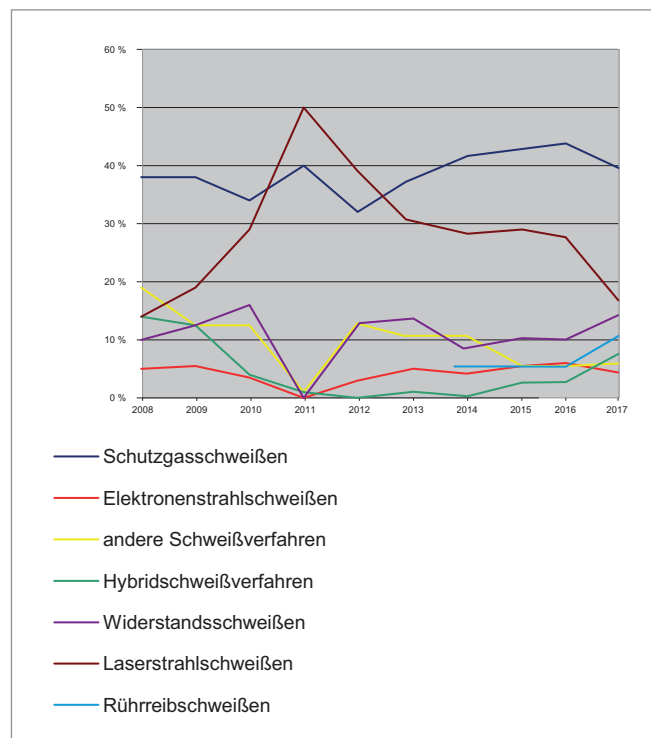


Bild 14

### Werkstoffe

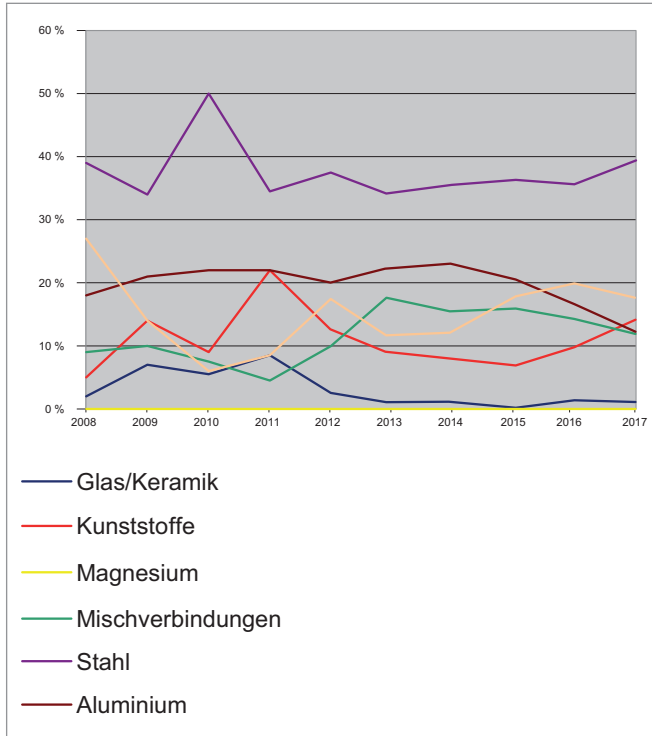


Bild 15

### Forschungsfelder

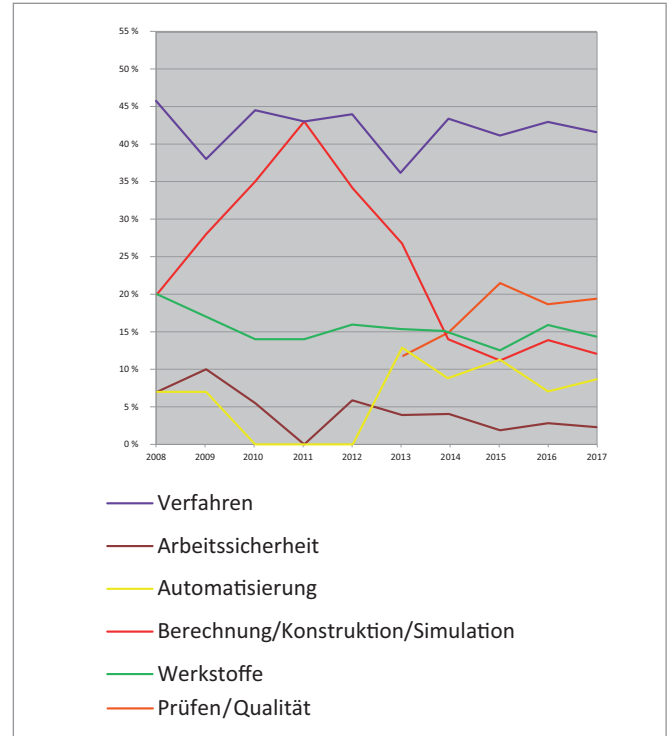


Bild 16

### Ausblick und Forschungsfokus

Die Koordinierung und Förderung von Projekten der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) bilden den Schwerpunkt der Ak-

tivitäten in der Forschungsvereinigung. Einen Überblick über die Perspektiven und die Ausrichtung zeigt **Bild 17**.

Maßnahmen	Partner	Ziel / Status
<p><b>IGF-Forschungsvorhaben im Normalverfahren</b></p> <p><u>Themenverbundprojekte</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ CORNET</li> <li>■ Forschungsallianz Energiewende</li> <li>■ Industrie 4.0 in der Fügetechnik</li> <li>■ Fügetechnik im Windenergieanlagenbau</li> </ul> <p>■ HORIZON 2020 </p>	<p>BMW, AiF</p> <p>Andere Forschungsvereinigungen der AiF, BMW, AiF; Industrieunternehmen; Forschungseinrichtungen</p> <p>Industrieunternehmen; Forschungseinrichtungen</p>	<p>Kontinuierliche Beteiligung</p> <p>Initialisieren, unterstützen und fortführen</p> <p>Initialisieren, unterstützen und vermitteln</p>
<p><b>DVS-Forschungsseminare Fachkolloquien/Fachveranstaltungen/ Workshops</b></p>	<p>Mitglieder der Forschungsvereinigung</p>	<p>Darstellung von Forschungsbedarf; Transfer von Forschungsergebnissen</p>

Bild 17: Übersicht über die Aktivitäten der Forschungsvereinigung

## Forschungspolitische Aktivitäten

Auch 2017 unterstützte die Forschungsvereinigung die AiF wieder intensiv bei ihrem politischen Engagement, die Forschung zugunsten der mittelständischen Industrie weiter zu fördern.

Mit den Mitteln der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ (AiF) aus dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) wurde auch im Jahr 2017 erfolgreiche fügetechnische Forschung und Innovation ermöglicht. Das Engagement der Mitglieder, die Unterstützung durch den DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V., und die Förderung durch die öffentliche Hand haben sich wieder als tragende Säulen zur Stärkung der Unternehmen auf dem Feld von Forschung und Entwicklung in der Fügetechnik erwiesen.

Aktiv eingebunden in die Aktivitäten im Netzwerk der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung sind alle Mitglieder des DVS aus Industrie, Handwerk, Körperschaften und der Wissenschaft (Bild 18).

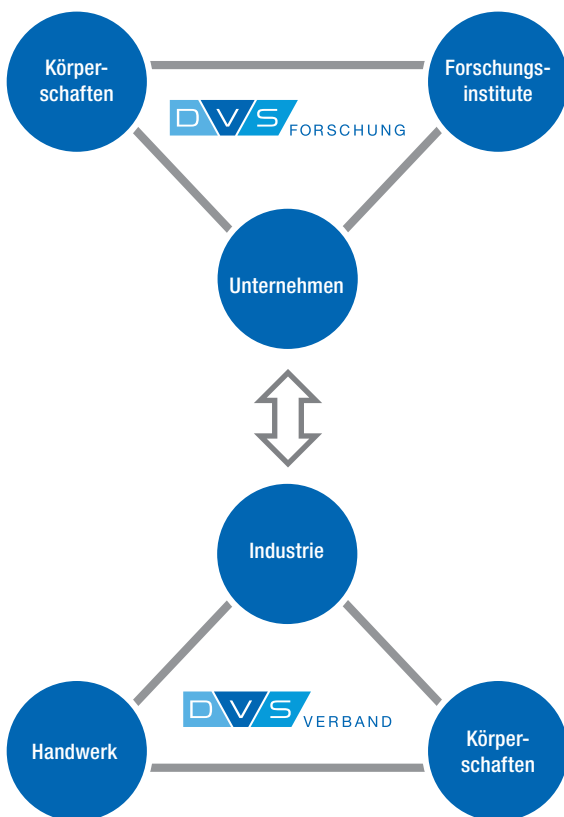


Bild 18: Schnittstellen der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung im DVS-Netzwerk

Dies spiegelt sich in der erfolgreichen Fortführung von Gemeinschaftskolloquien zwischen den Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik und den Fachausschüssen der Forschungsvereinigung wider, darüber hinaus in der Fortführung der Kooperationen mit anderen Forschungsvereinigungen. Hervorzuheben sind hier die Forschungskolloquien mit den Partnern in der Klebtechnik und beim Mechanischen Fügen.

## Weltleitmesse SCHWEISSEN & SCHNEIDEN 2017

### Forschungsvereinigung unterstützt gelungenen Messeauftritt der DVS-Group

Auf über 750 Quadratmetern präsentierten sich der DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. sowie zahlreiche seiner Beteiligungsgesellschaften und die Forschungsvereinigung des DVS dem Fachpublikum auf der SCHWEISSEN & SCHNEIDEN 2017 mit einem Gemeinschaftsstand der DVS-Group. Über 60.000 Fachbesucher wurden in Düsseldorf begrüßt.



Unter den Überschriften „Moderne Ausbildung in der Schweißtechnik“, „Moderne Medien“, „Netzwerk – Karriere – Forschung“ und „Dienstleistungen für Industrie und Handwerk“ standen die Aussteller der DVS-Group Kunden und Besuchern Rede und Antwort. Innerhalb dieser Angebotsschwerpunkte stellte sich auch die Forschungsvereinigung des DVS mit ihrem Leistungsspektrum und aktuellen Projekten und Forschungsschwerpunkten vor.



Eine weitere wichtige Auszeichnung, der 3M Safety Award – Welding, wurde am zweiten Messetag verliehen. Den diesjährigen Preis erhielt Kevin Höfer, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Schweißtechnik der Technischen Universität Chemnitz, für die überzeugende Idee zur Reduzierung von Schweißrauchemissionen beim Schweißen mit Fülldrähten. Der Ansatz basiert auf einem Forschungsprojekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung, das im Fachausschuss Q6 „Arbeitssicherheit und Umweltschutz“ der Forschungsvereinigung bearbeitet wurde. Im Rahmen dessen hat er ein Konzept zur Reduzierung der Schweißrauchemission beim Schweißen mit Fülldrähten entwickelt. Durch die gezielte Modifikation der Fülldrahtfüllung wird es möglich, Emissionsraten zu reduzieren, die Nahtqualität zu erhöhen und gleichzeitig durch eine Reduzierung des Absaugaufwandes die Kosten erheblich zu senken.

**Nächste Messe SCHWEISSEN & SCHNEIDEN:**  
13. – 17. September 2021 in Essen

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



Vom 14. bis 15. Februar 2017 fand in Köln im Maternushaus das 17. Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“ statt. Über 260 Teilnehmer (Bild 19) aus Industrie und Forschung nutzten die Veranstaltung, die als AiF-Anwenderforum durchgeführt wird, zum intensiven Austausch über die neuesten Entwicklungen und Ergebnisse aus der Klebtechnik.



Bild 19: Teilnehmer des Kolloquiums

Ideeller Träger ist der Gemeinschaftsausschuss Klebtechnik (GA-K), der 2005 zur branchenübergreifenden Evaluierung von Ideen zu Forschungsprojekten gegründet wurde.

Der Ausschuss wird getragen von den vier Forschungsvereinigungen DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V., Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS, FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. und dem ivtH – Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V., dessen Industriemitglieder branchenübergreifend über Forschungsanträge insbesondere im Rahmen der IGF diskutieren, beraten und abstimmen.

Eröffnet wurde das Kolloquium von Prof. Dr. Kurt Wagemann, Geschäftsführer der DECHEMA (Bild 20); das Grußwort hielt Ministerialdirigent Dr. Ole Janssen, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi,) Berlin (Bild 21).



Bild 20:  
Prof. Dr. Kurt Wagemann,  
Geschäftsführer der DECHEMA  
und AiF-Vizepräsident



Bild 21:  
Ministerialdirigent Dr. Ole  
Janssen, BMWi, Berlin

Die diesjährigen Themenschwerpunkte lagen auf der Fertigung im Fahrzeug-, Holz- und Stahlbau, Klebstoffen, Simulation und Oberflächenbehandlung. Zusätzlich wurden in Plenarvorträgen aktuelle Themen wie die seit längerem stark im öffentlichen Interesse stehende Brückensanierung beleuchtet. Der Vortrag dann "Die Sanierung und Ertüchtigung von Straßenbrücken mittels Klebtechnik" gab einen kurzen Überblick über den aktuellen Zustand infrastrukturell wichtiger stählerner Straßenbrücken in Deutschland, mit einem detaillierten Blick auf vorhandene Schäden/Risse an Tragstrukturen. Im Anschluss erfolgten Erläuterungen zu den wichtigsten Sanierungsmaßnahmen für Stahlbrücken zur Lebensdauererlängerung. Einen Schwerpunkt stellte hierbei die klebtechnische Ertüchtigung dar.

Ein besonderes Thema bildete der Vortrag einer Bestandsaufnahme des Erfolgs der aktuellen IGF-Förderung. Unter dem Titel „IGF – eine Erfolgsgeschichte aus Sicht der Anwender?“ stellten Erwin Bächter, Clean-Lasersysteme GmbH, Herzogenrath, und Dr.-Ing. Wolfgang Wittwer, Kömmerling Chemische Fabrik GmbH, Pirmasens, dar, wie nachhaltig betriebene und permanent an Marktbedingungen ausgerichtete F&E-Aktivitäten die Korrelation zwischen F&E - Aufwand, Produktinnovation und wirtschaftlichem Erfolg sicherstellt und das hierbei erzeugte Wachstum auch neue Arbeitsplätze schafft. Hervorzuheben ist daher insbesondere die IGF.

Der erste Veranstaltungstag war von den Parallel-Sessions zu den Themen „Fahrzeugbau“, „Bau“ und „Simulation“ bestimmt. Der „Fahrzeugbau“ wurde eingeleitet durch einen Vortrag, der „Ideen zur rechnerischen Nachweisführung von elastische Dickschichtklebungen“ vorstellte. Dieses Thema wird derzeit durch eine Arbeitsgruppe im Ausschuss für Technik im DVS zu einer DVS-Richtlinie ausgearbeitet und in einem Fachbuch dokumentiert. Es wird als fundamentales Regelwerk große Industrie-Branchen weiträumig in der Fertigung unterstützen.

Innerhalb der Session „Bau“ wurden insbesondere das Versagensverhalten von geklebten Stahl-Glasverbindungen“ (Structural Glazing), der Glasfassadenbau, sowie das Tragverhalten und die Lebensdauer von Klebverbindungen im Stahlbau beleuchtet.

Der zweite Veranstaltungstag begann mit der Session zum Thema „Oberflächen“. Die Bandbreite der Vorträge reichte hier von „Verfahren zur ressourcenschonenden Oberflächenvorbehandlung von FVK-Bauteilen mittels energiereicher Strahlung“ bis zum „Laserbasierten Abscheiden haftvermittelnder Schichten auf rostfreien Edelstählen“, einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt.

Im Rahmen der Session zum Thema „Fertigung“ wurden die Ergebnisse des europäischen Forschungsprojekts „Zero Defect Manufacturing for Adhesive Bonding“ im CORNET-Programm der IGF sowie des IGF-Projektes „Methoden zur Abschätzung des Verschleißes von Dosieranlagen bei der Verarbeitung von höherviskosen gefüllten Klebstoffen“ vorgestellt. Da Klebstoff-Dosieranlagen meistens für spezielle Anwendungsfälle hergestellt werden, ist die Verschleißermittlung an einer Prototypen-Anlage zeit- und kostenintensiv. Ziel dieses Projektes war die Entwicklung und Erprobung von Schnelltests, mit denen die Dosieranlagenhersteller die Abrasivität von höherviskosen, gefüllten Klebstoffen mit unbekannter Zusammensetzung auf die verschiedenen Werkstoffe abschätzen können.



**Bild 22:** Vertreter der vier Forschungsvereinigungen mit geförderten Studenten

Begleitet wurde das Kolloquium erneut von einer Table-top-Show, die von Unternehmen und Forschungseinrichtungen gleichermaßen genutzt wurde, um ihre Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zu demonstrieren. Wie in den Veranstaltungen zuvor setzten sich auch in diesem Jahr wieder alle vier

Forschungsvereinigungen für die Nachwuchsförderung ein, indem ausgewählte Studentinnen und Studenten (**Bild 22**) kostenlos am Kolloquium teilnehmen konnten nebst der Erstattung der Reisekosten.

**Das 18. Kolloquium fand am 27. und 28. Februar 2018 in Köln, Maternushaus statt.**

**Das 19. Kolloquium ist geplant für den 12. und 13. Februar 2019.**

### Workshop „Lichtbogenphysik“ 2017

Am 4. April 2017 fand auf Einladung des ISF – Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik der RWTH der Workshop „Lichtbogenphysik“ der DVS-Arbeitsgruppe V2.8 „Lichtbogenphysik“ in Aachen statt. Der Workshop bot Herstellern, Anwendern und Entwicklern Vorträge zum aktuellen Stand der Forschung und Technik. Die thematischen Schwerpunkte lagen in der Darstellung aktueller Möglichkeiten der Simulation des Lichtbogens und des Schmelzbades, des Bedarfes an Simulationen beim Lichtbogenschweißen aus Anwendersicht und in der Berichterstattung zu abgeschlossenen IGF-Forschungsprojekten aus dem Fachausschuss 3 „Lichtbogenschweißen“. Ergänzt wurde das Programm durch Vorträge aus der Industrie. Zum einen wurde gezeigt, welche Möglichkeiten zur Optimierung der Bauteilqualität bei der generativen Fertigung mit Lichtbogen und Draht in Betracht kommen – eine Darstellung des aktuellen Standes und die Entwicklungsperspektive“ (GEFERTEC GmbH, Berlin). Ein weiterer Beitrag beschrieb den Einsatz der numerischen Simulation bei der Entwicklung von Schweißbrennern (Alexander Binzel Schweißtechnik GmbH & Co. KG).

**Der Workshop wird jährlich von der Arbeitsgruppe V2.8 organisiert. Er fand beim letzten Mal am 14. März 2018 statt. Thematischer Schwerpunkt war die Prozessüberwachung. Nächste Veranstaltung: 9. Oktober 2018 am INP in Greifswald**

## Forschungskolloquium des Fachausschuss 6 – Strahlverfahren

Am 10. Mai 2017 fand das Forschungskolloquium des Fachausschuss 6 „Strahlverfahren“ an der TU Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, FG Fertigungstechnik statt. Teilgenommen hatten über 30 Vertreter aus der Industrie und Forschung. Die Veranstaltung umfasste die Präsentation aktueller Themen zu den Strahlverfahren und acht Abschlussberichte zu IGF-Projekten.

Im Rahmen der Diskussion aktueller Themen wurden die Inhalte zur neu aufgelegten Broschüre „Im Fokus: Laserstrahlschweißen und verwandte Verfahren im DVS“ festgelegt. Die Broschüre (**Bild 23**) wurde zur Weltleitmesse SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN 2018 überarbeitet und steht nun kostenfrei auf der Internetseite des DVS zur Verfügung.



**Bild 23:**  
DVS – Broschüre  
zum Thema  
„Laserstrahlschweißen“

Darüber hinaus wird ein digitaler Vortragsband erscheinen, der die Ergebnisse von insgesamt sieben Forschungsprojekten aus dem FA 6, in deren Mittelpunkt Aluminiumwerkstoffe standen, zusammenfasst. Der Titel des Vortragsbandes lautet: „Laser- und Elektronenstrahlschweißen von Aluminiumwerkstoffen“ und wird voraussichtlich im Laufe des Jahres 2018 auf der Internetseite der Forschungsvereinigung für Mitglieder kostenfrei zum Download zur Verfügung stehen.

Der Vortrag zum Thema „Industrie 4.0“ wurde vom Gastgeber Prof. Dr.-Ing. habil. Jean-Pierre Bergmann, TU Ilmenau, präsentiert, der zu diesem Thema auch eine Arbeitsgruppe gegründet hatte.

Unter den Abschlusspräsentationen war besonders das IGF-Projekt „Untersuchungen zum Einfluss von Härte- und Gefügestand strahlgeschweißter Verbindungen an Stählen auf deren Verformungs- und Tragverhalten“ (DVS 06.087; IGF 18.087N) von besonderer Bedeutung. Diskutiert wurden die gesammelten Erkenntnisse, die in Bezug auf die Qualitätssiche-

rung in eine DVS-Richtlinie überführt werden. Die Diskussion der Ergebnisse dieses Projektes auch in der Arbeitsgruppe AG V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ hat ergeben, ein IGF-Folgeprojekt zu entwickeln. Nach dem Meinungsbild der AG V 9.1 besteht ein großer Bedarf, dass Verhalten weiterer Werkstoffe zu erforschen und dadurch dem Anwender eine Hilfestellung bei den fertigungstechnischen Problemstellungen zu geben.

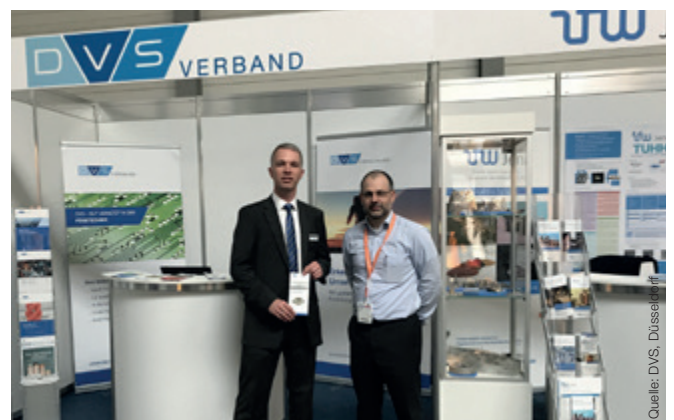
**Das nächste Kolloquium ist geplant für den Herbst 2018.**

## Rapid.Tech + FabCon 3.D, 2017

Der DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. war vom 20. bis 22. Juni 2017 auf der Rapid.Tech + FabCon 3.D, der Internationalen Messe & Konferenz für die Additive Fertigung in Erfurt, gemeinsam mit dem Günter-Köhler-Institut (ifw Jena) mit einem Stand vertreten.

Im Gepäck hatte der DVS Informationsmaterial zu seinen Aktivitäten im Bereich der Additiven Fertigung. Insbesondere konnte der Verband mit seinem Aus- und Weiterbildungsangeboten punkten. Die beiden DVS-Richtlinien DVS 3601-1 „Fachkraft für Additive Fertigungsverfahren – Fachrichtung Kunststoff“ und DVS 3602-1 „Fachkraft für Additive Fertigungsverfahren – Fachrichtung Metall“ stießen auf großes Interesse. Ebenso intensiv nachgefragt wurde auch nach DVS-Ausbildungsangeboten für einen Ingenieur für die Additive Fertigung.

Als Mitstreiter auf dem Gemeinschaftsstand war das Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH ifw Jena vertreten (**Bild 24**). Das ifw Jena ist eine der DVS-zugelassenen Bildungseinrichtungen, die nach der genannten Richtlinie, die Fachkraft für Additive Fertigungsverfahren – Fachrichtung Metall, ausbilden. Dieser einwöchige DVS-Lehrgang kann als vorbereitende Ausbildung zum Bestehen der Bedienerprüfung nach „DIN 35225:2017-06 „Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau – Prüfung von Bedienern für pulverbettbasierte Laserstrahlanlagen zur additiven Fertigung“ absolviert werden.



**Bild 24:** Dipl.-Ing. Till Grundmann, DVS und Dr.-Ing. Simon Jahn, ifw Jena

Die Vertreter des DVS und des ifw Jena vermittelten den Interessierten der knapp 5.000 Besuchern der Messe Theorie und Praxis der additiven Fertigung in gekonnter Weise.

Darüber hinaus war der DVS bei der ersten Podiumsveranstaltung zum Thema „Ausbildung“ mit dem Vortrag „Additive Fertigung im Fokus des DVS“ vertreten. Beschrieben wurden hier die Kooperation mit dem VDI in der Regelwerksarbeit und die Forschungsaktivitäten der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS mit dem Fachausschuss 13 „Generative Fertigungsverfahren – Rapidtechnologien“.

Dieser Fachausschuss beschäftigt sich mit der gesamten Prozesskette der Additiven Fertigung, inklusive der Vor- und Nachbehandlung. Bei der Betrachtung der laufenden Forschungsvorhaben wird deutlich, wie vielschichtig die Themen der additiven Fertigungsverfahren sind. Von „Einsatzgrenzen beim Strahlschmelzen von Glaswerkstoffen“ (13.017) über „SLM in Grün-Additive Fertigung von Bauteilen aus Rein-Kupfer mittels SLM und 'grüner' Laserstrahlung“ (13.026) bis „Qualitätssicherung beim Laserstrahlschmelzen von metallischen Bauteilen durch thermografische Schichtüberwachung“ (13.027), um nur einmal drei Themen beim Namen zu nennen, findet sich im Fachausschuss 13 die gesamte Bandbreite der Additiven Fertigung wieder.

**Die nächste Rapid.Tech + FabCon 3.D findet vom 5. bis 7. Juni 2018 erneut in Erfurt statt.**

## 6. Tagung Unterwassertechnik 2017

Am 14. und 15. November 2017 fand zum 6. Mal die Tagung Unterwassertechnik in Hamburg (Elbcampus der SLV Nord) statt.

Die Veranstaltung wurde eröffnet durch den Hauptgeschäftsführer des DVS, Dr.-Ing. Roland Boecking, und dem Vorsitzenden der Programmkommission, Dipl.-Ing. Daniel Engel, Corroconsult GmbH, Hamburg.



**Bild 25:** Teilnehmer der Tagung im Elbcampus der SLV Nord

Der sehr positiven Resonanz der letzten Tagungen zur Unterwassertechnik folgend, konnten die Veranstalter wieder über 100 Experten begrüßen (**Bild 25**). Im Vorfeld der Veranstaltung fand die Besichtigung eines themenverwandten Unternehmens statt.

Aus der Forschung wurde über aktuelle Entwicklungen aus dem Bereich des Unterwasserbolzenschweißens berichtet. Im Stahlwasserbau werden Schweißungen unter Wasser zumeist mittels nassen Lichtbogenhandschweißprozesses durchgeführt. Die Montage praktikabler Befestigungselemente erfolgt aufgrund diverser Schweißpositionen verhältnismäßig aufwendig. Um das vollmechanisierte Lichtbogenbolzenschweißen mit Hubzündung für anwendungsgerechte große Bolzen (M16 und M24) einsetzen zu können, wurde eine entsprechende Anlagentechnik zur Schaffung eines lokalen Schweißhabitats mit atmosphärischen Bedingungen entwickelt, welche zukünftig unter experimenteller Simulation der Unterwasserbedingungen erprobt und qualifiziert wird.

Das Tagungsprogramm beinhaltete ferner praxisorientierte Beiträge, aktuelle Entwicklungen aus der Forschung sowie die Darstellung von Möglichkeiten bei der Durchführung von Inspektions- und Wartungsaufgaben.

Weiteres Themengebiet war das automatisierte Arbeiten unter Wasser. Referenten von namhaften Unternehmen berichteten aus der täglichen Praxis und standen für Fragen und Diskussionen im Anschluss der Vorträgen sowie in den Pausen zur Verfügung.

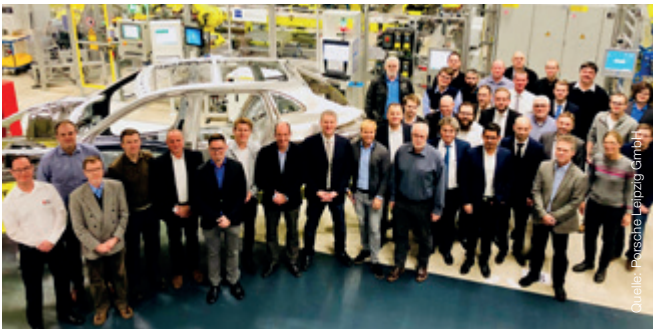
Zur Tagung wurde wieder ein Berichtband Unterwassertechnik herausgegeben: DVS Berichtband 338 (ISBN 978-3-96144-012-2) erhältlich bei der DVS Media GmbH, Düsseldorf.

**Die nächste Tagung Unterwassertechnik ist für das Jahr 2019 geplant.**



## Gemeinschaftskolloquium AG V3 / FA 4 „Widerstandsschweißen“

Der Fachausschuss 4 „Widerstandsschweißen“ führt in Kooperation mit der DVS-Arbeitsgruppe AG V3 „Widerstandsschweißen“ jährlich ein Gemeinschaftskolloquium durch. Am 29. November 2017 wurde die Fachwelt in das Werk der Porsche Leipzig GmbH in Leipzig eingeladen (**Bild 26**). Im Mittelpunkt der Veranstaltung standen die Diskussion über aktuelle Forschungsergebnisse sowie die Evaluierung abgeschlossener Projekte.



**Bild 26:** Teilnehmer des Kolloquiums

Neben anderen laufenden Forschungsprojekten wurde intensiv über den aktuellen Bearbeitungsstand des IGF-Projekts „Entwicklung eines alternativen Fügeverfahrens zur wirtschaftlichen und prozesssicheren Herstellung von faserverstärkten Kunststoff-/Metallhybridstrukturen auf Basis des Widerstandsschweißverfahrens mittels integrierter metallischer Inserts“ (DVS-Nr. 04.073/ IGF-Nr.19.466) diskutiert. Aus dem zunehmenden Trend zum Materialmischbau resultiert ein Bedarf an neuen Fügestrategien, angetrieben durch das Thema E-Mobilität. Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines Widerstandsbuckelschweißprozesses mittels angepasster metallischer Inserts zur Erzeugung von FVK-Metall-Verbindungen.

Aber auch Transfermaßnahmen, wie die Überführung von Forschungsergebnissen in das DVS-Regelwerk, wurden vorgestellt. Weiterhin wurde über die Planung der nächsten Tagung „Widerstandsschweißen“ am 22. und 23. Mai 2019 in Duisburg informiert.

Der Vorsitzende der AG V3, Dipl.-Ing. Ralf Bothfeld, Harms und Wende GmbH & Co KG, stellte die umfangreichen Aktivitäten aus den verschiedenen Arbeitsgruppen vor. Er berichtete auch über die Broschüren-Reihe IM FOKUS zum Thema „Widerstandsschweißen“: Die Broschüre informiert insbesondere darüber, wie aus der Innenverknüpfung von Forschung, Technik und Bildung im DVS nicht nur die jeweilige Branche und die Mitarbeiter in den Unternehmen, sondern auch der gesamte Wirtschaftsstandort profitiert.

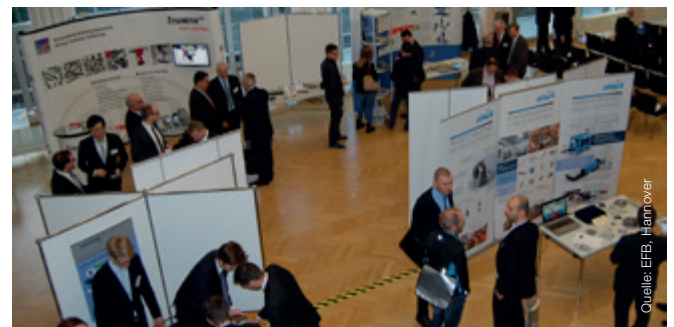
**Das nächste AG V3/FA 4-Kolloquium findet im Herbst 2018 statt.**

## 7. Füge technisches Gemeinschaftskolloquium – „Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Füge techniek 2017“



Vom 12. bis 13. Dezember 2017 fand an der Technischen Universität Dresden in Kooperation mit der Professur für Füge techniek und Montage des Instituts für Fertigungstechnik das 7. Füge technische Gemeinschaftskolloquium – „Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Füge techniek“ statt. Zur Veranstaltung waren Fachleute aus Forschung und Industrie (**Bild 27**) eingeladen, um über zukünftige Entwicklungstendenzen und neue füge technische Lösungen zu diskutieren. Veranstalter des Kolloquiums waren die AiF-Mitgliedsvereinigungen FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. und die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS sowie die EFB – Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.

(**Bild 28**, folgende Seite).



**Bild 27:** Foyerbereich (Vortragssaal) mit Tabletop-Ausstellung: Fachausstellung der Unternehmen und Forschungseinrichtungen

Nach Begrüßung der über 100 Teilnehmer durch den Gastgeber eröffnete Ministerialrätin Angelika Müller mit ihrem Vortrag „Zukunft staatlicher Innovationsprogramme“ das Programm. Dipl.-Ing. Peter G. Nothnagel, Geschäftsführer der Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH, Dresden, stellte anschließend in seinem Vortrag die Bedeutung der IGF für den Mittelstand heraus. Der Hauptgeschäftsführer der AiF, Dr. Thomas Kathöfer, beschrieb die „Entwicklung der Industrieforschung in der AiF“.

Das Kolloquium behandelte in diesem Jahr die Gebiete „Leichtbau“, „Fügbarekeit neuer Werkstoffe“ sowie die „Erfüllung höherer und komplexerer Funktionsanforderungen an die Fügeverbindungen“. Die Ergebnisse aus einer Vielzahl von Forschungsprojekten der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF), die im Innovationsnetzwerk der AiF und ihrer Forschungsvereinigungen organisiert wird, zeigten dabei die Fortschritte in der Verfahrensentwicklung und der Generierung neuer Eigenschaften.



**Bild 28:** Veranstalter, v.l.n.r.: Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Füssel, Institut für Fertigungstechnik, TU Dresden, Dr.-Ing. Norbert Wellmann (EFB), Ministerialrätin Angelika Müller, BMWi, Dr.-Ing. Hans-Joachim Wieland (FOSTA), Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck, (DVS-FV), Ass. jur. Marcus Kubanek (DVS-FV).

Mit der konsequenten naturwissenschaftlichen Durchdringung der Fügetechnik in diesen Projekten ergibt sich die Möglichkeit, die Werkstoffe besser auszunutzen und die Fügeverbindungen in Grenzbereichen einzusetzen.

Der erste Tag der Veranstaltung gliederte sich in die beiden Vortragsthemenbereiche „Bemessung, Modellierung, Festigkeit“ und „Stahlintensiver Leichtbau“ mit anschließenden Kurzvorträgen zu neuen Projekte mit einer Posterschau sowie Impulsvorträgen zu technischen Neuerungen und Problemlösungen aus der Praxis. Der zweite Veranstaltungstag bot zu Beginn vier Überblicksvorträge. In den ersten beiden Referaten wurde aus der industriellen Fertigung im Bereich der Fahrzeugserienfertigung berichtet. Der Themenbogen spannte sich von der Fügetechnik bei zukünftigen Nutzkraftwagen bis zur Entwicklung der bauteilintegrierten Fügetechnik.

Der dritte Übersichtsvortrag beschäftigte sich mit „Wärmearmen Fügeverfahren zur Realisierung der Mischbauweise mit TWIP-Stählen in der Automobilindustrie“.

Im vierten Übersichtsvortrag stellte Dipl.-Ing. Jerzembeck unter dem Titel „Wirtschaftliche Bedeutung der Fügetechnik für Produktion und Anwendung“ die Ergebnisse einer vom DVS im Jahr 2017 beauftragten Wertschöpfungsstudie vor (**Bild 29**).

In der Studie wird die gesamtwirtschaftliche und sektorale Wertschöpfung aus der Produktion und Anwendung von Fügetechnik in Deutschland, ausgewählten Ländern Europas sowie der EU insgesamt analysiert. Anschließend folgten unter dem Sektionstitel „Neue Fügetechnologien“ verschiedene Vorträge zu Projekten der IGF, die beispielsweise das thermische Fügen von FKV mit Stahl unter Verwendung eines neuentwickelten Verbindungselementes und die Entwicklung einer neuartigen Fügetechnik für Organoblech-Hybridverbindungen zum Forschungsgegenstand hatten.



**Bild 29:** Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck, Geschäftsführer der Forschungsvereinigung des DVS

Die Veranstaltung endete mit drei Vorträgen zum „metallischen Mischbau“. Der Darstellung zum Mechanischen Fügen von 7000er Aluminiumlegierungen folgte die Präsentation des abgeschlossenen Cornet-Projektes „Innojoin“ – Development and Evaluation of Advanced Welding Technologies for Multi-Material Design with Dissimilar Sheet Metals“ sowie ein Vortrag zum IGF-Projekt „VorloCHFrees Fügen stahlintensiver Leichtbaustrukturen“.

Das Gemeinschaftskolloquium ist eine Expertenplattform und erste Adresse für alle Interessierten der Branche, die sich über die neuesten Entwicklungen in der Welt des mechanischen Fügens informieren möchten. Die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e. V. (AiF) hat das Fügetechnische Gemeinschaftskolloquium bereits zu Beginn in die Reihe der Forschungsallianzen aufgenommen und ihm das Label „Anwenderforum Forschungsnetzwerk Mittelstand“ vergeben. Ziel der Anwenderforen ist die Förderung des Transfers von Ergebnissen der IGF und das Angebot von Dialogplattformen für Wirtschaft und Wissenschaft, um relevante Forschungsthemen zu identifizieren und Forschungsbedarf zu bündeln.

**Das 8. Gemeinschaftskolloquium wird am 4. und 5. Dezember 2018 in Paderborn, in Kooperation mit dem LWF Uni Paderborn stattfinden.**

## 70<sup>th</sup> IIW Annual Assembly & International Conference in Shanghai, China 2017

Der DVS sorgte auf der 70th IIW Annual Assembly & International Conference vom 25. bis 30. Juni in Shanghai/China wieder für positives Aufsehen: 28 geförderte Studierende aus 22 verschiedenen Forschungseinrichtungen konnten an der Veranstaltung teilnehmen (Bild 30). Damit war der DVS zum wiederholten Mal mit der größten Gruppe an Nachwuchskräften bei einer IIW Annual Assembly vertreten. Möglich gemacht hatte dies eine vielseitig unterstützte Sponsoringinitiative, an der sich zahlreiche namhafte Institutionen und Unternehmen der Branche beteiligt haben. Neben der Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH, der DVS ZERT GmbH, der Alexander Binzel Schweißtechnik GmbH & Co. KG, der SLV Halle GmbH, der EWM AG und der Kjellberg-Stiftung hat sich hier auch die Forschungsvereinigung des DVS engagiert.



Bild 30: DVS-IIW Young Professionals 2017

Die geförderten deutschen DVS-IIW Young Professionals präsentierten ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse in den verschiedenen technischen Kommissionen des International Institute of Welding (IIW). Dabei wurden auch die Ergebnisse aus zahlreichen IGF-Projekten der Forschungsvereinigung des DVS dem internationalen Fachpublikum vorgetragen und zur Diskussion gestellt:

Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang der Vortrag „Production of porous, media-continuous structures by Laser Beam Melting“ von Herrn Sebastian Matthes vom Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH in der Kommission I-F „Additive Manufacturing“ und der Vortrag „Electron Beam Welding in Atmosphere of Die Casting Alloys Made of Different Qualities“ von Herrn Aleksej Senger vom Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik der RWTH Aachen University in der Kommission IV „Power Beam Processes“.

In beiden Vorträgen wurden aktuelle Ergebnisse aus den IGF-Projekten DVS 13.013 „Systematische Analyse von Ein-

flussgrößen auf die Pulverqualität beim Strahlschmelzen – am Beispiel von Ti-6Al-4V“ und DVS Nr. 06.114 „Schweißen und Löten von Al-Legierungen mittels NV-EBW und Einsatz von Zusatzwerkstoff bei geringer Beschleunigungsspannung (Low Acceleration Voltage - LAV)“ vorgestellt.

Die Forschungsvereinigung des DVS begrüßt es sehr, aktuelle Forschungsergebnisse aus der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung einem internationalen Fachpublikum vorzustellen und diese mit weltweit renommierten Fachleuten zu diskutieren.

## Gemeinsames Kolloquium des Fachausschusses FA 10 „Mikroverbindungstechnik“ und der Arbeitsgruppen V6.2 „Weichlöten“ und A2 „Fügen in Elektronik und Feinwerktechnik“

Das Kolloquium fand am 5. Dezember 2017 am Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS in Chemnitz. Schwerpunkt des Kolloquiums war die Berichterstattung über folgende IGF-Forschungsvorhaben:

- Laser-Mikroschweißen von Nitinol/Stahl- und Nitinol/Titan-Mischverbindungen in der Medizintechnik (DVS 10.083 / IGF 18.703 N)  
Stark, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb, Füge- und Beschichtungstechnik, TU Berlin  
Beginn: 01.04.2015; Laufzeitende: 30.09.2017
- Hermetisches Fügen von MEMS-basierten Bauelementen mithilfe von reaktiven Multischichtsystemen (RMS) (DVS 10.093 / IGF 19.069 B)  
Beyer, Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden; Manoli/Zengerle, Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V., Institut für Mikro- und Informationstechnik, Villingen-Schwenningen  
Beginn: 01.03.2016; Laufzeitende: 31.08.2018
- Herstellung von Kupfermetallisierungen auf Leistungsbau-elementen mittels kaltaktiven Atmosphärenplasmas (DVS 10.084 / IGF 19.101 N)  
Franke, Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; Benecke, Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie ISIT, Itzehoe  
Beginn: 01.04.2016; Laufzeitende: 31.03.2018

Weiterhin wurde kurz über Aktivitäten in den Arbeitsgruppen berichtet.

**Das nächste FA 10 / AG V6.2 / AG A2-Kolloquium wird am 4. Dezember 2018 in Kassel stattfinden.**

## Forschungsvereinigung beauftragt Studie zum WAAM

Die Diskussion zu Forschungsbedarf rund um das Thema Additive Fertigung hat in der Forschungsvereinigung in den letzten Jahren stark zugenommen. Neben strahlbasierten Verfahren, insbesondere im Pulverbett, gewinnen zunehmend Anwendungen im Bereich der Lichtbogenprozesse an Bedeutung.

Im Fachausschuss 3 „Lichtbogenschweißen“ wurden in den letzten Jahren bereits erfolgreich Forschungsprojekte mit dem Schwerpunkt WAAM (Wire-Arc-Additive-Manufacturing, siehe **Bild 31**) durchgeführt.



**Bild 31:** Gelenkausleger eines Baggers, gefertigt mittels WAAM-Verfahren (Prototyp, ausgestellt auf der FABECH, 6. – 9. November 2017, Chicago, USA)



Die Forschungsvereinigung hat die stark steigende Bedeutung dieser Füge-technologie zum Anlass genommen, die Studie „Grundlegende wissenschaftliche Konzepterstellung zu bestehenden Herausforderungen und Perspektiven für die Additive Fertigung mittels Lichtbogen“ bei Herrn Professor Dr.-Ing. Jean-Pierre Bergmann, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Fertigungstechnik, zu beauftragen. Zielsetzung der Studie war das Erarbeiten eines grundlegenden Verständnisses zu Anwendungsfeldern innerhalb von Unternehmen und das Ableiten von Handlungsempfehlungen zum derzeitigen Forschungsbedarf.



Die Ergebnisse der Studie sind seit Ende März 2018 als **Berichte-Band der DVS Media GmbH veröffentlicht**. Für Mitglieder der Forschungsvereinigung steht der Band elektronisch zum Download zur Verfügung unter: [www.dvs-forschung.de](http://www.dvs-forschung.de)

## Forschungsinitiative „Erfolgreiche Energiewende durch zukunftsweisende fügetechnische Innovationen für die Windenergie“



Kommende Generationen von Offshore-Windparks werden sich wachsenden technischen Anforderungen in allen Aspekten der Fertigung, der Installation und des Betriebs stellen müssen. Für eine Kostenoptimierung ist die gesamte Wertschöpfungskette eines Windparks – angefangen von der Konstruktion und Bemessung bis hin zum Rückbau – zu bewerten. Als ein zentrales Fertigungsverfahren bei der Herstellung der Stahlbaustrukturen muss auch die Schweißtechnik diese neuen Anforderungen bewältigen.

Vor diesem Hintergrund initiieren die Forschungsvereinigung des DVS, die Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA) und das CMT – Center of Maritime Technologies e. V. im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung zur Energiewende die Forschungsinitiative „Erfolgreiche Energiewende durch zukunftsweisende fügetechnische Innovationen für die Windenergie“.

Forschungseinrichtungen waren bis Dezember 2017 eingeladen, Projektskizzen für Forschungsvorhaben einzureichen. Am 14. Februar 2018 wurden im Arbeitskreis "Fügen im Windenergieanlagenbau" 13 Projektskizzen mit interessierten Vertretern der Branche diskutiert und bewertet. Sieben Projektskizzen wurden zur Antrag-sausarbeitung empfohlen.

## Forschungsvereinigung wird Mitglied in der AiF-Forschungsallianz Energiewende (FAE)



Am 6. Dezember 2017 wurde die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS als neues Mitglied in die FAE aufgenommen. Damit wurde noch einmal die unmittelbare und mittelbare Bedeutung der Füge-technik als Querschnittstechnologie für alle Aktivitäten rund um die Energiewende in besonderem Maße berücksichtigt und gewürdigt.

Die Energiewende, d.h. der Umbau der Energieversorgung Deutschlands mit dem Ziel, Energie effizienter zu nutzen und den Anteil erneuerbarer Energien deutlich zu steigern, ist eine der großen gesellschaftlichen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte. Sie erfordert die Umsetzung technologischer Innovationen in allen Bereichen des Energiesystems. Für die deutsche Industrie ist die Energiewende Herausforderung und Chance zugleich. Als Energieverbraucher ist sie massiv betroffen, als Anbieter von Effizienztechnologien hat sie aber auch gewaltige Potenziale für die Steigerung von Umsatz und die Sicherung oder den Aufbau von Arbeitsplätzen. Der Umbau der Energieversorgung bedeutet auch die Umsetzung technologischer Innovationen in allen Bereichen des Energiesystems.

Die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. mit ihrem branchen- und technologiefeldübergreifenden Netzwerk von Forschungsvereinigungen sowie kleinen und mittleren Unternehmen ist prädestiniert, wesentliche Beiträge zur Realisierung der Energiewende insbesondere für die Praxis zu leisten.

Denn im Rahmen der vorwettbewerblich operierenden Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) sind alle Forschungsprojekte von vornherein auf den Transfer der erzielten Ergebnisse in die Praxis gerichtet.

Im Jahr 2016 hat sich vor diesem Hintergrund die AiF-Forschungsallianz Energiewende gegründet. Ein eigens implementierter Forschungsbeirat der Initiative hat dabei die Aufgabe, Empfehlungen zur finanziellen Förderung von IGF-Forschungsvorhaben mit Energiewende-Bezug aus gesondert verfügbaren Mitteln der Energieforschung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) auszusprechen. Ihm gehören neben Vertretern der AiF und der beteiligten Forschungsvereinigungen auch Vertreter des BMWi und des zuständigen Projektträgers Jülich an.



Weitere Informationen:  
[www.aif.de/netzwerk/forschungsallianzen/aif-forschungsallianz-energiewende](http://www.aif.de/netzwerk/forschungsallianzen/aif-forschungsallianz-energiewende)

## 7th General Assembly der Sub-Plattform JOINING, 16th November 2017



2017 war ein ganz besonderes Jahr für die EWF – European Federation for Welding, Joining and Cutting. Der europäische Schweißverband feierte sein 25-jähriges Jubiläum. Hierzu lud das EWF vom 13. bis 17. November 2017 nach Oeiras, Portugal ein. Neben der 25. Annual Assembly des EWF wurden auch die Mitglieder der JOINING Sub-Plattform nach Portugal eingeladen. Über 70 Interessierte aus Wissenschaft und Industrie (Bild 32) diskutierten über aktuelle Forschungstrends und zukünftige Aktivitäten der Plattform.



Bild 32: Teilnehmer der Jubiläumsveranstaltung

Bis dato wurden von der Plattform Empfehlungen für fügetechnische Inhalte und Schwerpunkte der Calls unter HORIZON 2020 erarbeitet. Diese Arbeiten wurden nun abgeschlossen. Die Mitglieder der Plattform stimmten darin überein, auch für zukünftige europäische Förderprogramme fügetechnischen Forschungsbedarf zu erarbeiten und zu adressieren. Einleitend soll ein Ausblick für die Ziele und Herausforderungen der Fügetechnik in Bezug auf ManuFuture 2030 erstellt werden.

Im Rahmen der bereits 7th General Assembly der Plattform wurden von Professor Bergmann erste Zwischenergebnisse der DVS-Studie „Grundlegende wissenschaftliche Konzepterstellung zu bestehenden Herausforderungen und Perspektiven für die Additive Fertigung mittels Lichtbogen“ vorgestellt (Bild 33).



Bild 33: Prof. Dr.-Ing. habil. Jean-Pierre Bergmann bei seinem Vortrag

Als wesentlichen Forschungsbedarf für den industriellen Einsatz von WAAM wurden zuverlässige Technologien und Anlagentechnik für die Fertigung von großvolumigen Bauteilen mit bekannten Werkstoffeigenschaften genannt. Eine Zielsetzung war es DVS-seitig auch, zu diesem Schwerpunkt ein EU-Forschungsprojekt zu initiieren („DT-FOF-04-2018: Pilot lines for metal Additive Manufacturing“). Ein erstes Projektkonsortium hierzu konnte gebildet werden. Von Seiten des DVS ist die SLV Halle vertreten.



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

## Creating KnowLedge and SkillLs in Additive Manufacturing (CLLAIM)



Auf Initiative der Forschungsvereinigung ist der DVS an einem europäischen Projekt (Erasmus+ „EU-Programm für allgemeine und berufliche Bildung, Jugend und Sport“) zur Additiven Fertigung beteiligt, dass die Förderzusage im Oktober 2017 erhielt.

Die EWF – European Federation for Welding, Joining and Cutting, die Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV, die LZH Laser Akademie GmbH, die Lloyd's Register, die Firma PRODINTEC, The Welding Institute (TWI), der Verband für Schweißtechnik CESOL und der DVS machen sich zusammen für ein Projekt stark.

„Creating KnowLedge and SkillLs in Additive Manufacturing“, kurz **CLLAIM**, lautet das Thema, das die Firmen und Verbände aus ganz Europa bearbeiten.

Das Projektziel besteht darin, die Akzeptanz der Additiven Fertigung in der Industrie durch ein europäisch harmonisiertes Ausbildungssystem zu steigern und ein abgestuftes Ausbildungskonzept am Markt zu etablieren (Bild 34). Der Bedarf für eine geregelte Ausbildung für die Bereiche Supervisor, Inspector, Designer, Operator und Engineer mit pulverbettbasierten oder lichtbogenbasierten Additiven Fertigungsverfahren wurde bereits durch eine europäische Umfrage bestätigt. Die Umfrage beinhaltete zudem die erforderliche Wissenstiefe inklusive der Abwägung zwischen theoretischen und praktischen Kenntnissen, die vom jeweiligen Personal gefordert werden. Dabei zeigte sich ebenfalls ein weiterer Bedarf entlang der gesamten Prozesskette, was die unterschiedlichen Ausbildungsebenen betrifft.

Es zeigt sich, dass für die verschiedenen Aufgabengebiete in der Additiven Fertigung Ausbildungsrichtlinien notwendig sind. Beispielsweise wird, wie in der Schweißtechnik, für die Bewertung der Qualität der Produkte eine Aufsichtsperson benötigt. Sie bestätigt anwendungsorientiert die Zulassung der Produkte.

Über zukünftig europäisch abgestimmte Ausbildungsrichtlinien kann der Wirtschaftsstandort Deutschland im Bereich der Aus- und Weiterbildung für die Technologie „Additive Fertigung“ weiter gefestigt werden.

Während der dreijährigen Laufzeit werden europäisch anerkannte Ausbildungskonzepte im Bereich der Additiven Fertigung entwickelt.

**Ansprechpartner: Marvin Keinert, M. Sc.**

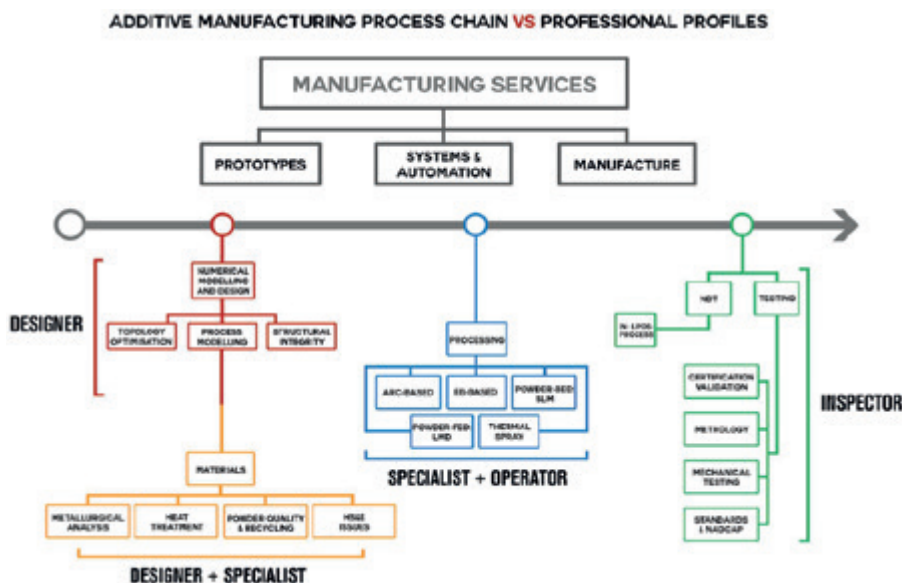


Bild 34: AM-Prozesskette vor dem Hintergrund der Ausbildungsebenen



## Forschungsprojekte der Forschungsvereinigung des DVS im CORNET-Programm 2017

2017 wurde unter der Administration der Forschungsvereinigung ein CORNET-Projekt erfolgreich abgeschlossen. In zwei weiteren Projekten wurde die Bearbeitung im September 2017 aufgenommen

### 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	Forschungseinrichtung	Belgien
FhG – Fraunhofer Gesellschaft ILT – Fraunhofer-Institut Lasertechnik, Aachen	Forschungseinrichtung	Deutschland
Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS	KMU-Forschungsverband	Deutschland

##### Projektziele und Lösungsweg

In dem Projekt 2SlaC wird ein zweistufiges Beschichtungsverfahren entwickelt. Der Beschichtungswerkstoff wird mittels eines air-spray-Verfahrens auf das Substrat aufgebracht, getrocknet und mit einem Laserstrahl funktionalisiert. In Abhängigkeit von der geforderten Oberflächenqualität (Rauheit der Schicht) schließt sich an die Funktionalisierung der Schicht ein Laserpolierprozess an. Bei der Funktionalisierung der Schicht schmilzt der Laserstrahl sowohl das Additivmaterial als auch eine Randschicht (wenige  $\mu\text{m}$ ) des Substrates auf, so dass eine schmelzmetallurgische Anbindung zwischen Schicht und Substrat erzielt wird. Beim Laserstrahlpolieren der Schicht werden zur Reduzierung der Rauheit nur wenige  $\mu\text{m}$  der Oberfläche der Schicht aufgeschmolzen.

Der Funktionalisierung der Schicht mit Laserstrahlung und dem Laserstrahlpolierprozess liegt dasselbe Verfahrensprinzip zu Grunde. Bei einer potenziellen industriellen Umsetzung des Verfahrens können die Funktionalisierung der Schicht und das Laserstrahlpolieren auf derselben Bearbeitungsanlage realisiert werden. Zur Einstellung hoher Bearbeitungsgeschwindigkeiten

wird der Laserstrahl bei beiden Verfahren mittels eines Scanners über das Werkstück geführt.

Vorteil des zweistufigen Beschichtungsverfahrens gegenüber anderen Beschichtungsverfahren ist eine Oberflächenqualität, die nach dem Polierprozess vergleichbar ist mit der Oberflächenqualität von Dünnschichttechnologien (z.B. PVD) kombiniert mit einer schmelzmetallurgischen Anbindung der Schicht an den Grundwerkstoff, die nur durch Schweißverfahren realisierbar ist. Das zweistufige Beschichtungsverfahren vereint damit in dem adressierten Schichtdickenbereich (20  $\mu\text{m}$  – 300  $\mu\text{m}$ ) eine hohe Oberflächenqualität der Schicht mit einer hervorragenden Haftung der Schicht an den Grundwerkstoff. Anwendungen liegen z. B. im Bereich des Verschleiß- oder Korrosionsschutzes.

Im Projekt wurden folgende Anforderungen an die erzielten Schichten formuliert:

- Schichtdicken im Bereich von 20  $\mu\text{m}$  – 300  $\mu\text{m}$
- schmelzmetallurgische Anbindung der Schicht
- keine Risse und geringe Porosität
- Aufmischung von Schicht und Grundwerkstoff unter 1%
- Flächenrate  $A \geq 0,5 \text{ cm}^2/\text{s}$
- Rauheit der Schicht  $R_a \leq 0,5 \mu\text{m}$

##### Arbeiten im Jahr 2017

Ziel der Arbeiten im Berichtszeitraum war die Übertragung der Ergebnisse der Verfahrensentwicklung auf die Demonstratoren. Im Projekt wurden drei Demonstratoren definiert. Von der Firma IQ Evolution wurde der Demonstrator Mikrokühler gestellt. Der Mikrokühler wurde mittels 3D-Druck aus einer Nickelbasislegierung hergestellt. Lokal musste dieser Kühler mit elektrischen Kontaktstellen versehen werden. Dazu wurde zunächst eine Isolationsschicht aufgetragen, die dann flächig mit einer leitfähigen Schicht überzogen wird. Beim Projektpartner CRIBC wurde als Isolationsschicht eine Glasfritte ebenfalls durch Air-Spraying und anschließendes Laserstrahlumschmelzen aufgebracht. Am ILT wurde dann die Kupferbasislegierung K220 darauf aufgetragen.

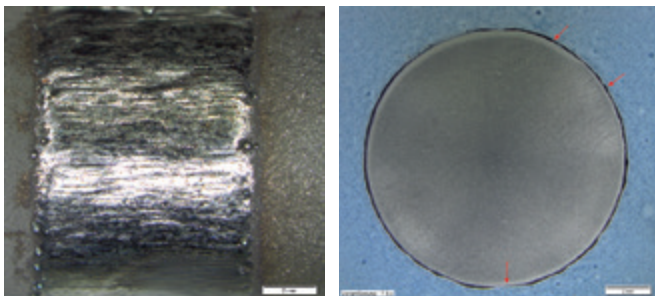
Die Demonstratoren Buchse und Welle aus einem unlegierten Stahl wurden von der Firma Deloro Wear Solution gestellt. Auf diese beiden Bauteile wurde eine Schicht aus der Kobaltbasislegierung Tribaloy T 400 aufgetragen. Ziel war, die Verschleißfestigkeit dieser beiden Bauteile zu erhöhen. Konventionell erfolgt die Beschichtung derzeit durch thermisches Spritzen. Die Bearbeitung der Demonstratoren erfolgte mit einem Laserscanner unter normaler Atmosphäre. Eine Beschichtung der Glasfritte mit einer Kupferbasislegierung gelang im Rahmen des Projektes nicht. Es wird keine geschlossene Schicht des Kupfers auf der Glasfritte erzielt. Offensichtlich besteht ein Benetzungsproblem zwischen Kupfer und Glasfritte, da sich das Kupfer zu größeren kugligen Agglomerationen zusammenzieht. Von IQ Evolu-

tion GmbH wurden eigene Versuche in einer SLM-Anlage in Argon-Atmosphäre bei einer Vorwärmung des Kühlers auf 500 °C durchgeführt. Auch hier kam es zu den beschriebenen Agglomerationen aufgrund mangelhafter Benetzung.

Zur Beschichtung der Demonstratoren Buchse und Welle wurden zunächst Vorversuche an Flachproben mit Tribaloy T400 (Kobaltbasislegierung) durchgeführt. Die Verfahrensparameter wurden insbesondere hinsichtlich einer geringen Aufmischung zwischen Beschichtungswerkstoff und Grundwerkstoff optimiert. Eine geringe Aufmischung wurde im Projekt als technische Anforderung an das Bearbeitungsergebnis mit dem Ziel definiert, dass die aufgetragene Schicht nahezu zu 100 % aus dem Beschichtungswerkstoff bestehen soll. Da Tribaloy T400 rissanfällig ist, wurden kleine Scangeschwindigkeiten eingestellt, um die Abkühlrate zu verringern. Es wurden Scangeschwindigkeiten von 25 mm/s bis 300 mm/s bei Laserstrahlleistungen zwischen 250 W und 825 W eingestellt. Der Spurversatz betrug 100 µm. Es erfolgten Bearbeitungen mit einfacher und zweifacher Überfahrt.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Einstellung einer geringen Aufmischung zwischen Schicht und Grundwerkstoff Härtewerte von 600 HV0.3 erzielt werden können. Diese Härte entspricht dem zu erwartenden Härtewert einer reinen Tribaloy-T400-Beschichtung. Der Auftrag einer reinen Schicht führte jedoch zur Bildung von Rissen. Porenarme und rissfreie Beschichtungen werden für Tribaloy T400 nur bei Einstellung einer höheren Aufmischung erreicht. Infolge der erhöhten Aufmischung wird jedoch die Härte um ca. 100 HV0.3 auf 500 HV0.3 reduziert. Grund dafür ist die Legierung der Schicht mit Fe aus dem Substrat, wodurch sich weichere Phasen bilden.

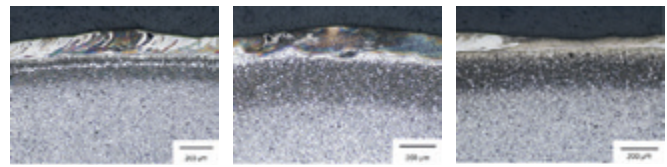
Für den Demonstrator Buchse und Welle können porenarme, rissfreie Beschichtungen aus Tribaloy T400, die schmelzmetallurgisch an den Grundwerkstoff angebunden sind, bei erhöhter Aufmischung (ca. 50 %) zwischen Grundwerkstoff und Beschichtungswerkstoff realisiert werden.



**Bild 35:** links: Oberfläche einer beschichteten Welle, rechts: Querschliffe einer beschichteten Welle über den gesamten Umfang

**Bild 35, links** zeigt die Oberfläche einer beschichteten Welle (für die Buchse wurden ähnliche Ergebnisse erzielt). Zu erkennen ist eine geschlossene Beschichtung, die über den gesamten Umfang erzielt wurde, **Bild 35, rechts**. Die roten Pfeile markieren Bereiche, in denen Schliffe senkrecht zur Wellenoberfläche entnommen wurden.

**Bild 36** zeigt Querschliffe der in **Bild 35** markierten Bereiche. Die mittlere Schichtdicke beträgt etwa 100 µm.



**Bild 36:** Querschliffe senkrecht zur Oberfläche einer mit Tribaloy T400 beschichteten Welle

Die Rauheit entspricht allerdings nicht dem geforderten Wert. Es müsste sich daher eine mechanische Nachbearbeitung anschließen, um die technisch geforderte Rauheit einzustellen. Zur Einstellung definierter Eigenschaften der Beschichtung ist darüber hinaus die Wahl eines Beschichtungswerkstoffes sinnvoll, der auch bei geringer Aufmischung rissfrei aufgetragen werden kann.

#### Fazit

Das Projekt hat gezeigt, dass die Kombination von Air-Spraying und anschließendem Laserstrahlumschmelzen grundsätzlich als Beschichtungsverfahren für Schichtdicken im Bereich von 100 µm geeignet ist. Sowohl beim Sprühen als auch beim Laserstrahlumschmelzen sind reproduzierbare Schichten mit einer Schwankung von etwa  $\pm 10$  µm einstellbar. Es können die geforderte Flächenrate von  $A \geq 0,5$  cm<sup>2</sup>/s und die geforderte Rauheit der Schichten von  $R_a \leq 0,5$  µm erzielt werden. Beide Anforderungen in Kombination schließen sich verfahrensbedingt jedoch aus, da eine geringe Rauheit (Laserstrahlpolierprozess) nur bei kleinen Vorschubgeschwindigkeiten und/oder mehrfachen Überfahrten erreicht wird.



## FACIDO – Fast and Stable Adhesive Curling with De-bonding Option

(IGF-Nr. 00.201 E / DVS-Nr. 08.108)

Laufzeit: 1. September 2017 - 31. August 2019

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

#### Projektkonsortium

Partner	Funktion	Land / Region
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen	Koordinator und Forschungseinrichtung	Deutschland
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken	Forschungseinrichtung	Deutschland
Flanders Make!, Lommel	kMU-Forschungsverband	Belgien-Flandern
Sirris, Zwijnaarde	Forschungseinrichtung und kMU-Verband	Belgien-Flandern
Forschungsvereinigung des DVS, Düsseldorf	kMU-Forschungsverband	Deutschland

#### Projektziele und Lösungsweg

Klebeverbindungen müssen als Füge­technik für Leichtbau- und Multimaterialdesign zunehmende Anforderungen an Leistungsvermögen und Nachhaltigkeit erfüllen.

In diesem Projekt wird eine neue Methode, die induktive Erwärmung, eingesetzt, um die Aushärtung von Klebstoffen zum einen wesentlich zu beschleunigen, zum anderen aber auch unabhängig von Umgebungstemperaturen zu gestalten. Des Weiteren wird im Rahmen des Vorhabens die Möglichkeit unter-

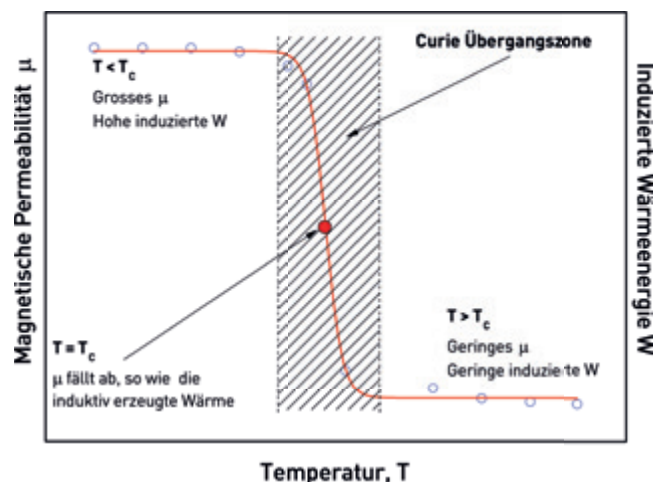


Bild 37: Wirkprinzip von Curie-Teilchen — Unterhalb der Curie-Temperatur lassen sich die Partikel induktiv erwärmen, oberhalb dieser erfolgt keine Erwärmung mehr

sucht, Klebeverbindungen nachträglich zu lösen. Grundlage aller Betrachtungen ist es, dem Klebstoff magnetische Curie-Teilchen beizumischen, die es ermöglichen, den Klebstoff direkt in der Klebfuge per Induktion bis zu einer bestimmten Temperatur aufzuheizen (Bild 37), ohne dass es dabei einer externen Kontrolle bedarf.

#### Forschungsziele des Projektes (Bild 38) sind:

- Zusammenstellung von Klebstoffen, die für eine Schnellhärtung geeignet sind
- Identifizierung und Beschaffung von geeigneten Curie-Partikeln
- Untersuchung des Einflusses von verschiedenen Partikelgehalten auf die Festigkeit
- Die Kontrolle der Temperatur in der Klebfuge
- Simulationen der elektromagnetischen Felder und daraus resultierenden Temperaturverteilungen
- DoE Untersuchungen zu den Einflussparametern
- Qualitätssicherung in der Fertigung
- Zerstörungsfreie Prüfung der Klebeverbindungen hinsichtlich Inhomogenitäten und Klebstoffdicken
- Auswahl repräsentativer Demonstratoren aus branchentypischen, klebtechnischen Aufgabenstellungen
- Validierung der Ergebnisse und kMU-taugliche, prozesstechnische Umsetzung an Demonstratoren

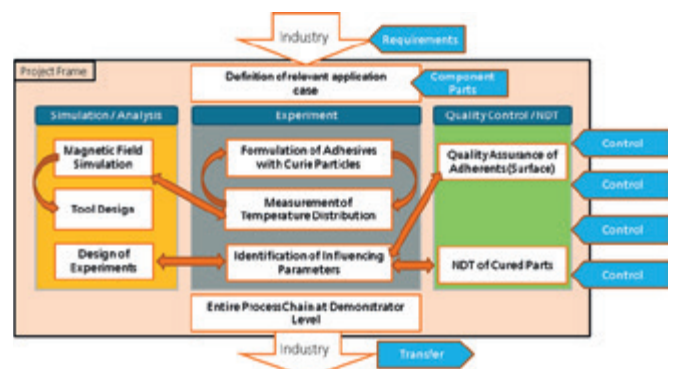


Bild 38: Gesamtkonzept im Projekt FACIDO

## Projektarbeiten und erzielte Ergebnisse

### Auswahl der Demonstratoren

Eine finale Abstimmung der Projektpartner führte zur Auswahl von folgenden Demonstratoren:

- Sensoren für den Einsatz unter harschen Bedingungen, 2K-Epoxid
- Betonplatten für Landebahnen, Polysulfid (mit Katalysator)
- Holz-Glas-Klebungen, Polyurethan/Silikon
- Kamerahalter an Windschutzscheibe, Polyurethan/Silikon

Für oben genannte Demonstratoren erfolgen noch detaillierte Einzeltreffen mit den jeweiligen KMU, um die Anforderungen an die Klebung im Ganzen zu erfassen und daraus klebtechnische Lösungen – mit der Besonderheit der Curie-Partikel-Erwärmung – zu erarbeiten.

### Screening der Härtingsregime/Klebstoffcharakterisierung

Auf Grundlage der zu erwartenden, jedoch noch nicht abschließend festgelegten Anforderungen wurden am IFAM zwölf unterschiedliche Klebstoffe auf ihre Eignung für die Schnellhärtung untersucht. Als Referenz für die nachfolgenden Untersuchungen dienten die Angaben der Klebstoffhersteller beziehungsweise die aus den entsprechenden technischen Datenblättern (TDB) entnommenen Aushärtebedingungen. Im Vergleich zu den Referenzwerten (nach TDB) wurden maximale Heizraten und Aushärtetemperaturen experimentell bestimmt. Dabei wurde ein spezieller Versuchstand entworfen und gebaut.

### Vorauswahl und Charakterisierung von Curie-Partikeln

Unbeachtet der noch nicht final vorliegenden Spezifikation der Demonstratoren wurden bereits Curie-Partikel beschafft und experimentell charakterisiert. Insgesamt wurden 4 verschiedene Zusammensetzungen untersucht und deren Curie-Temperatur,  $T_c$  bestimmt: es liegen somit bereits zum jetzigen Zeitpunkt Partikel mit folgenden  $T_c$  vor: 110 °C, 140 °C, 160 °C und 215 °C, welche im Wesentlichen die angedachten Demonstratoren abdecken werden. In Vorversuchen zum Demonstrator „Holz-Glas“-Klebung wurden bereits orientierende Vorversuche mit einem der untersuchten Klebstoffe und einer Sorte der bereits charakterisierten Curie-Partikel durchgeführt. Hierbei wurde ein Klebstoff-Partikel-Gemisch durch eine Glasscheibe hindurch induktiv erwärmt und ausgehärtet, siehe hierzu [Bild 39](#).

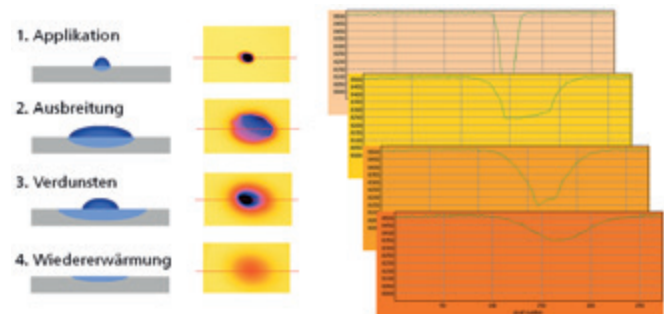


**Bild 39:** Induktive Schnellhärtung einer Holz-Glas-Klebung mit Curie-Partikeln

## Qualitätssicherung

Zur Qualitätssicherung in der Fertigung der Anfang Januar ausgewählten Demonstratoren wurden im Fraunhofer IFAM vorab Untersuchungen zur Erfassung des Auftragsbereiches und der Auftragsmenge von Lösemitteln durchgeführt. Der fachgerechte und flächenhafte Auftrag von Primer oder Aktivator stellt häufig eine notwendige Voraussetzung für eine intakte, funktionsfähige und dauerhafte Klebung dar. Die Infrarotthermografie bietet das Potenzial, eine Qualitätssicherung dieses Prozessschrittes beim Kleben zu gewährleisten.

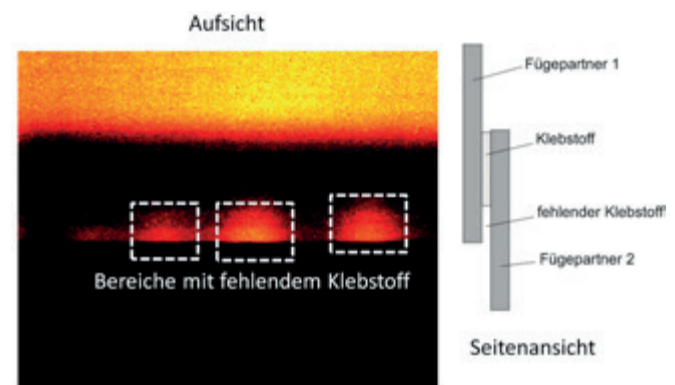
In [Bild 40](#) sieht man am Beispiel eines auf eine Oberfläche aufgetragenen Tropfens den Abkühl- und Aufwärmvorgang der Oberfläche.



**Bild 40:** Abkühl- und Aufwärmvorgang einer Oberfläche beim Auftrag und Verdunsten eines Tropfens.

## Zerstörungsfreie Prüfung

Im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung wurden Simulationsmodule für die Induktionsthermografie erstellt, mit der später experimentelle Untersuchungen durchgeführt werden sollen ([Bild 41](#)).



**Bild 41:** Thermografische Prüfung einer Klebeverbindung mit lokalen Klebefehlern.

## WeiConTex – Reliable ultrasonic welded electrical interconnection technology for smart textiles

(IGF-Nr. 209 EN / DVS-Nr. 10.098)

Laufzeit: 01.09.2017 – 31.08.2019

### Fachausschuss 10 „Mikroverbindungstechnik“

#### Projektkonsortium

Partner	Funktion	Land / Region
CLUTEX – klastr technické textilie, z.s., Liberec	Koordinator	Tschechien
Forschungsvereinigung des DVS, Düsseldorf	kMU-Forschungsverband	Deutschland
Fraunhofer IZM, Berlin	Forschungseinrichtung	Deutschland
University of West Bohemia, Plzen	Forschungseinrichtung	Tschechien
VÚB a.s., Ústí nad Orlicí	Forschungseinrichtung	Tschechien

#### Projektziele und Lösungsweg

Forschungsziel im Projekt ist die Entwicklung eines industrietauglichen Kontaktierungsverfahrens für textilintegrierte Leitermaterialien und elektronische Systeme mittels Ultraschall-Kunststoffschweißens. Die auf Kleben mit nicht leitfähigen Klebstoffen basierende Technologie wird in der Fertigung von Smart Textiles und Conformable Electronics Produkten Anwendung finden und richtet sich an kleine und mittlere Unternehmen aus der Zuliefererindustrie (Materialhersteller, Fertigungsdienstleister) und Produktentwicklung (Automobilinterieur, Arbeits- und Schutzbekleidung, Medizin und Lifestyle).

Als Klebstoff kommen thermoplastische Kunststoffe zum Einsatz, die mittels senkrecht zur Schweißfläche eingebrachter Ultraschallschwingungen in einen schmelzflüssigen Zustand überführt werden. Durch gleichzeitiges Aufbringung eines Druckes werden die Kontaktpartner angenähert. Nach dem Abschalten des Ultraschalls wird weiterhin Druck auf die Schweißfläche ausgeübt, bis der Thermoplast vollständig erstarrt ist.

Die zu kontaktierenden Materialien werden vom tschechischen Forschungspartner VUB entwickelt oder vom projektbegleitenden Ausschuss gestellt. Die Auswahl und Materialcharakterisierung geeigneter Klebstoffe werden am IZM und UWB durchgeführt. Zur Ermittlung der Ultraschall-Prozessparameter werden Schweißenergie, Schweißkraft und Amplitude variiert. Anschließend werden die Kontakte auf Langzeitzuverlässigkeit (Temperaturzyklen, Feuchteauslagerung, Biegetests, Waschbarkeit) getestet und analysiert. Als Bewertungskriterium dient hierzu der Kontaktwiderstand der US-Kontakte, welcher mittels Vier-Punkt-Widerstandsmessung genauestens ermittelt wird. Zudem werden die Kontakte mit Röntgenmikroskopen und CT

untersucht sowie in Form von Querschliffen mittels optischer Mikroskopieverfahren.

#### Projektarbeiten in 2017 und erzielte Ergebnisse

Thermoplastisches Polyurethan (TPU) wurde als Klebstoff ausgewählt, da dieser Werkstoff eine gute Schweißbarkeit und sehr gute Haftung zu Textilien aufweist. Insgesamt acht verschiedene TPU-Folien mit unterschiedlicher Folienstärke (25 µm – 250 µm) wurden mittels DSC-Messungen auf ihre Glasübergangstemperatur, Schmelztemperatur mit Schmelzenthalpie untersucht.

Weitere thermische Messungen fanden für die sieben von den Industriepartnern gestellten Materialien statt. Hierbei handelt es sich um metallbeschichtete Polymerfasern, die textiltechnisch als Vliesstoffe, Gewirk und Gewebe weiterverarbeitet wurden. VUB konnte darüber hinaus erste Entwicklungen zu Hybrid-Garnen, bestehend aus Mikrodrähten, die mit Polyesterfilamenten zu einem Garn verzwirrt sind, abschließen (Bild 42).

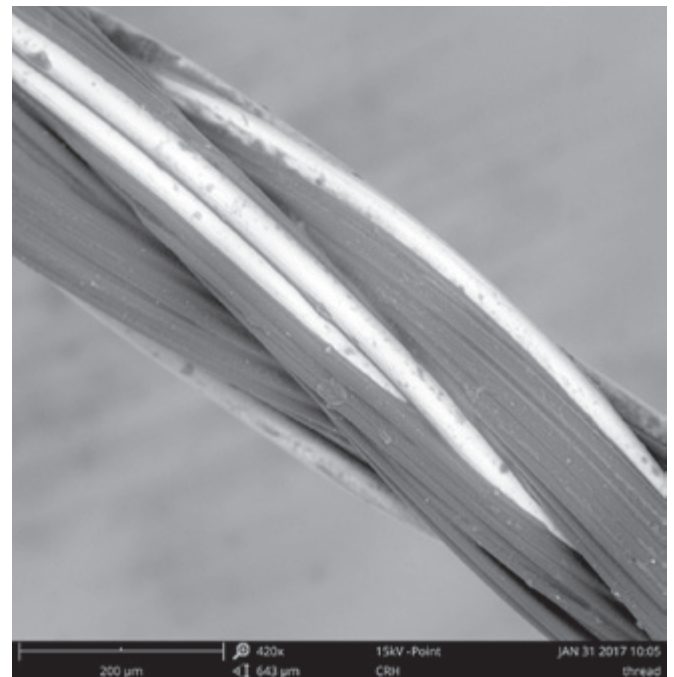


Bild 42: REM-Aufnahme des Hybrid-Garns

Unter Verwendung der Hybrid-Garne wurden sticktechnisch erste Muster mit zwei sich kreuzenden Leitern aufgebaut und TPU-Folie im Kontaktbereich appliziert. Zur Untersuchung des Einflusses der Ultraschall-Prozessparameter wurde ein speziell konstruierter und 3-D gedruckter Messadapter entwickelt, der eine In-situ Messung des elektrischen Kontaktwiderstandes während des Ultraschall-Schweißens ermöglicht.

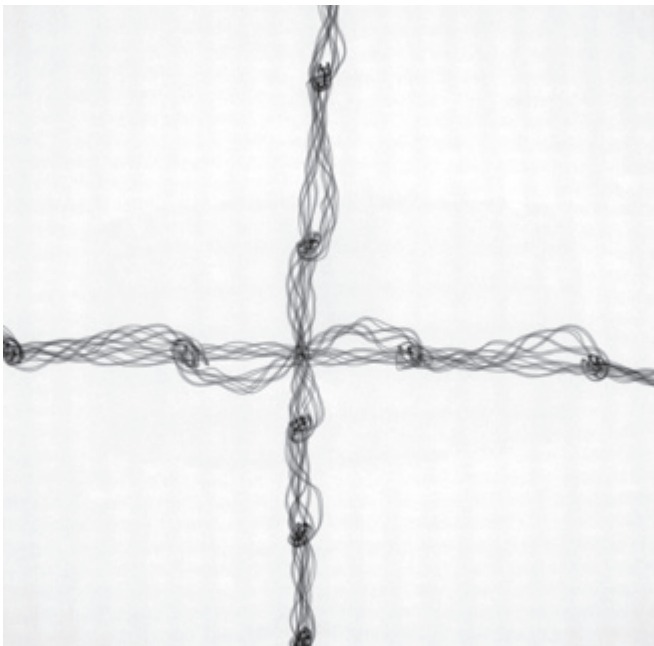


Bild 43: Röntgenaufnahme des US-Kontaktes

Erste vielversprechende Ergebnisse konnten bereits realisiert und präsentiert werden (Bild 43 und 44), wobei ein erster Trend erkennbar wurde, dass sich die duktilen metallbeschichteten Polymerfasern deutlich besser als die Mikrodrähte kontaktieren lassen. Aus diesem Grund liegt ein Schwerpunkt der kommenden Arbeiten in den Untersuchungen und Optimierungen der Schweißkraft.

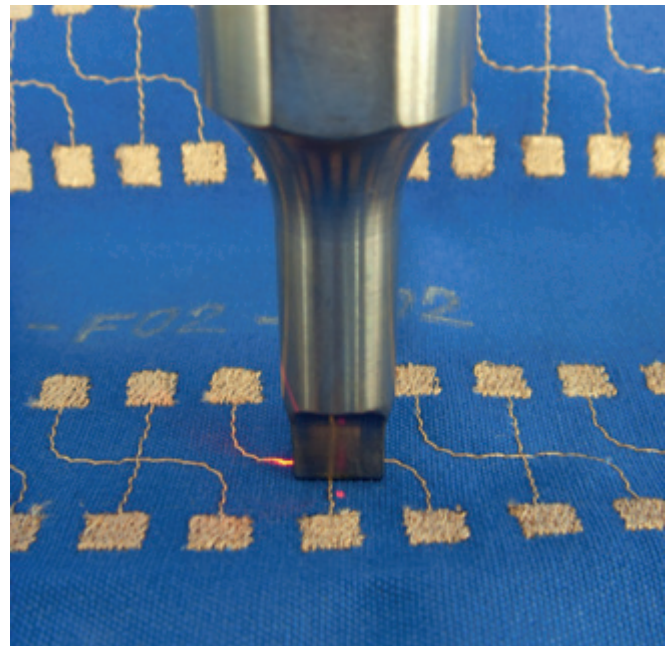


Bild 44: Ultraschall-Schweißung zur Erzeugung eines elektrischen Kontaktes sich kreuzender gestickter Leiter

# 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 45), die das gesamte Spektrum der fúgetechnischen 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 45), die das gesamte Spektrum der fúgetechnischen 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.

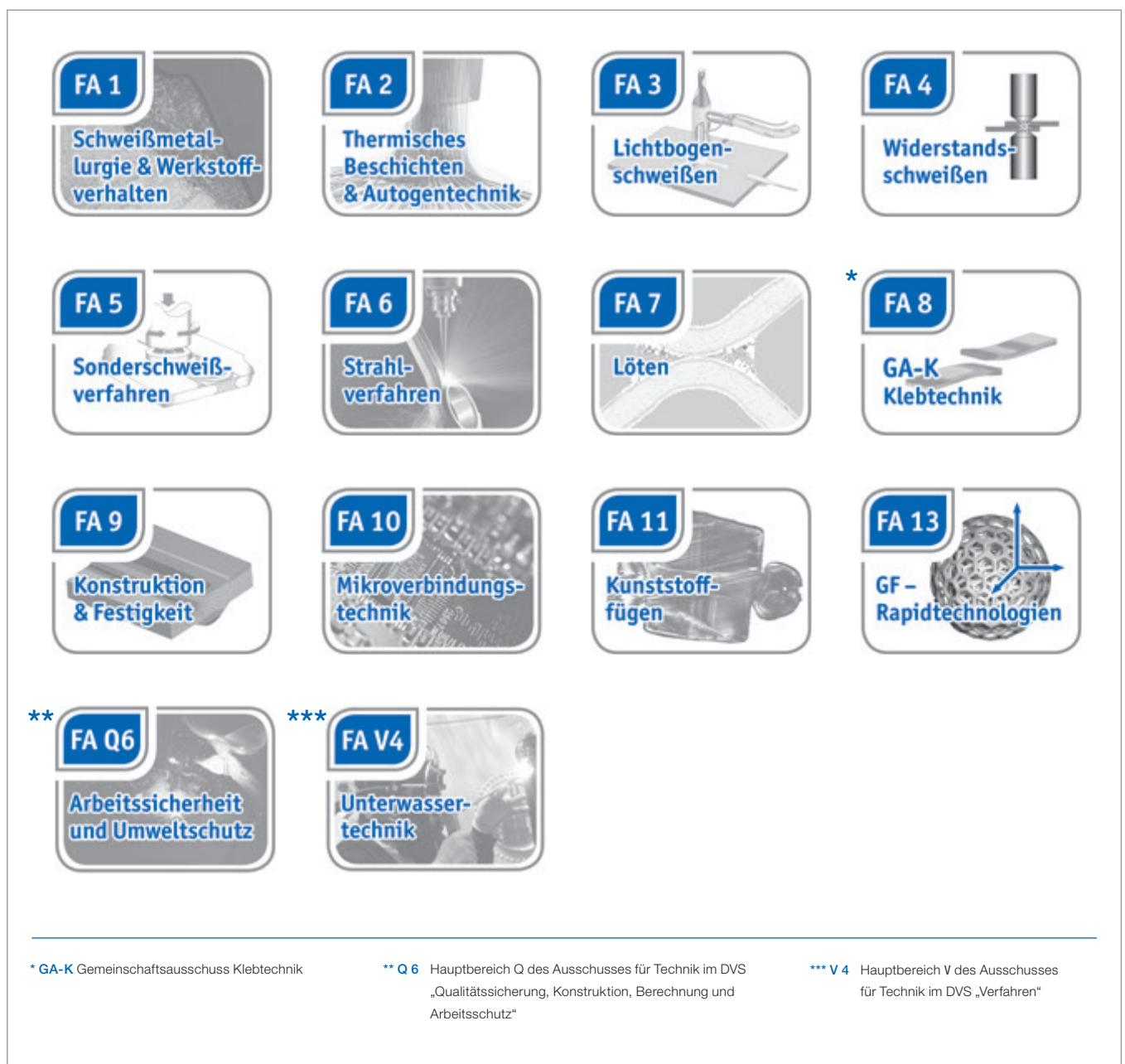


Bild 45: Die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung

## Fachausschuss 1 „Schweißmetallurgie und Werkstoffverhalten“



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

**Vorsitzender Dr.-Ing. Martin Schmitz-Niederau**  
voestalpine Böhler Welding GmbH, Hamm

**Stellvertretender Vorsitzender Dr.-Ing. Daniel Keil**  
Volkswagen AG, Wolfsburg

**Ansprechpartner der Forschungsvereinigung**  
**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck**  
T +49 211 15 91-173  
F +49 211 15 91-200  
[jens.jerzembeck@dvs-hg.de](mailto:jens.jerzembeck@dvs-hg.de)

### 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, Beispiel 1:

#### Ermittlung geeigneter Wärmeführungen zur Vermeidung wasserstoffunterstützter Kaltrisse beim Schweißen höherfester Feinkornbaustähle mit modifiziertem Sprühlichtbogen

(IGF-Nr. 18.596 BR / DVS-Nr. 01.088)

Laufzeit: 01. Januar 2015 – 30. Juni 2017

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. T. Kannengießer, Integrität von Schweißverbindungen, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Jüttner, Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWf), Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg

Für konventionelle MAG-Schweißprozesse sind in der DIN EN 1011-2 Empfehlungen wie Vorwärmen, Einhaltung von Zwischenlagentemperaturen und Nachwärmen angegeben, um die Wasserstoffmenge in der Schweißnaht zu reduzieren und somit die Gefahr einer wasserstoffunterstützten Kaltrissbildung bei höherfesten Feinkornbaustählen zu minimieren. Allerdings können diese Kenntnisse nicht ohne Weiteres auf neuartige moderne Lichtbogenprozesse, wie den modifizierten Sprühlichtbogen (mod. SLB) bei abgesenktem Nahtöffnungswinkel und erhöhter Abschmelzleistung, übertragen werden. Ziel des Projektes war es, den Wasserstoffeintrag in höherfesten Schweißverbindungen beim MAG-Schweißen mittels mod. SLB bei abgesenktem Nahtöffnungswinkel durch geeignete Wärmeführungen vor, während und nach dem Schweißen zu reduzieren.

Es erfolgten vergleichende Untersuchungen mit konventionellem Übergangslichtbogen (60° V-Naht) und mod. SLB (30° V-Naht) an freischumpfenden Stumpfstoßverbindungen sowohl mit Massiv- als auch Metallpulverfülldraht. Für die Untersuchungen wurde eine Methodik entwickelt, die es ermöglichte, im Schweißgut realer Verbindungsschweißungen die Wasserstoffkonzentration reproduzierbar zu bestimmen (Bild 46). Anhand der Analysen wurde gezeigt, dass die Schweißprozessparameter die eingebrachte Wasserstoffkonzentration in Einlagenschweißungen signifikant beeinflussen (Bild 47, links, folgende Seite).

Auch beim Mehrlagenschweißen war der Wasserstoffeintrag abhängig von den Schweißprozessparametern und auf den unterschiedlichen Lagenaufbau zurückzuführen. Grundsätzlich zeigten die Ergebnisse, dass im Schweißgut von Stumpfstoßverbindungen mit abgesenktem Nahtöffnungswinkel erhöhte mittlere Wasserstoffkonzentrationen vorlagen. Durch Variation

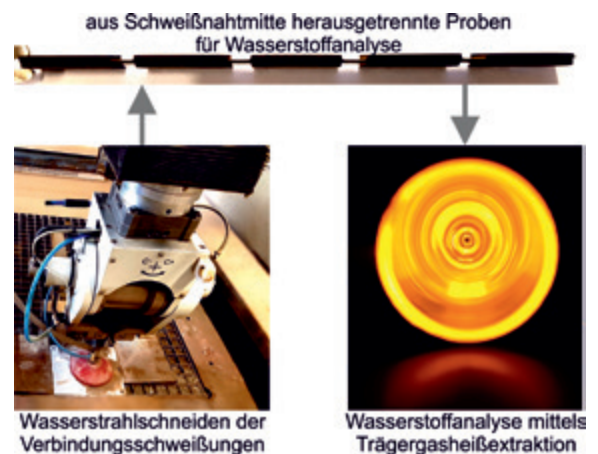


Bild 46: Vorgehensweise zur Wasserstoffbestimmung in Stumpfstoßverbindungen

von Vorwärm- bzw. Zwischenlagentemperatur und Streckenergie wurde der Wasserstoff im Schweißgut reduziert. Die vollständige Wasserstofffreisetzung war jedoch nur durch eine Nachwärmprozedur aus der Schweißwärme heraus zu erzielen (Bild 47, rechts, folgende Seite). Bei einer Nachwärmtemperatur von 250 °C wurde kein Wasserstoff mehr detektiert. Die Nachwärmdauer war dabei abhängig von der Blechdicke.

Die erzielten Ergebnisse stellen wichtige Beiträge zur sicheren Auslegung von Schweißkonstruktionen aus höherfestem Feinkornbaustahl dar. Sie ermöglichen vor allem den kleinen und mittleren Unternehmen, die technischen und wirtschaftlichen Vorteile des modernen SLB-Prozesses gezielt auszunutzen und gleichzeitig das Risiko der wasserstoffunterstützten Kaltrissbildung zu minimieren.

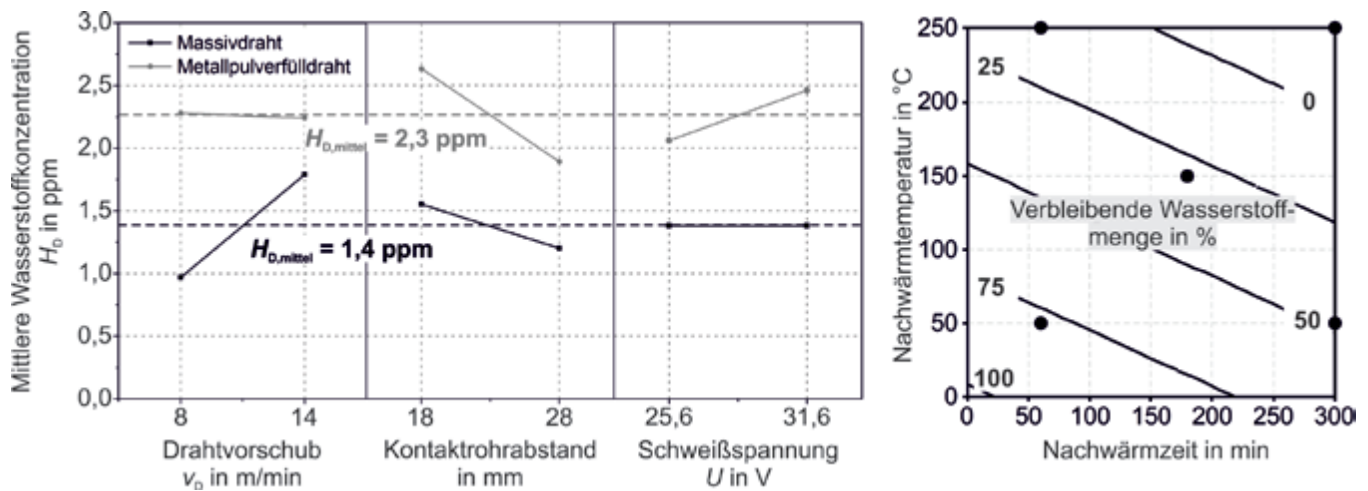


Bild 47: Wasserstoffkonzentration bei Nahtöffnungswinkeln von 30° in Abhängigkeit der Schweißprozessparameter in Einlagenschweißungen (links) und der Nachwärmprozedur (rechts)

### Meinungen aus den Unternehmen

**Dipl.-Ing. Harald Riedinger, Director Technology & Innovation, Terex Cranes Germany GmbH, Zweibrücken**

„Die in diesem Projekt erarbeiteten Ergebnisse helfen uns dabei, kritische Unzulänglichkeiten, insbesondere sind hier die Kaltrisse zu nennen, zu vermeiden und teure Nacharbeiten, im schlimmsten Fall sogar Schäden zu verhindern, indem eine ausreichende Wasserstofffreisetzung während des Schweißens ermöglicht wird. Mit Blick auf reduzierte Nahtöffnungswinkel in Kombination mit modifizierten Lichtbögen können zusätzliche Kosten für Fertigung, Schweißarbeit und Material eingespart werden. Die Er-

gebnisse bieten eine Grundlage zur Erweiterung entsprechender Normen und Regelwerke.“

**Dr.-Ing. Satya Kondapalli, Head of Research & Development, ITW Welding GmbH, Altleiningen**

„Eine Reduzierung des Wasserstoffgehaltes in Schweißverbindungen aus höherfesten Feinkornbaustählen ist von großem Interesse. Mit diesen Erkenntnissen können wir als Anbieter von Fülldrähten und Massivdrahtelektroden effektivere Empfehlungen für einen sachgemäßen Einsatz der Zusatzwerkstoffe an unsere Kunden weitergeben.“

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

#### Erhöhung der Beständigkeit gegenüber Porenbildung beim MSG- und UP-Schweißen von Superduplexstahl

(IGF-Nr. 18.390 BR / DVS-Nr. 01.089)

Laufzeit: 1. Oktober 2014 – 31. März 2017

Prof. Dr.-Ing. S. Jüttner, Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWF), OVGU Magdeburg

Das MSG- und das UP-Schweißen sind wirtschaftliche, großtechnisch eingesetzte Verfahren zur Herstellung von Stumpfnahtschweißverbindungen an Bauteilen mit Wanddicken über 10 mm aus korrosionsbeständigen austenitisch-ferritischen Superduplexstählen. Ein während der schweißtechnischen Fertigung dieser Werkstoffgruppe immer wieder beobachtetes Problem ist das Auftreten von metallurgischen Poren im Schweißgut trotz Einhaltung der aktuellen Verarbeitungsrichtlinien. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden die Ursachen dieser Porenbildung untersucht und Lösungsansätze erarbeitet.

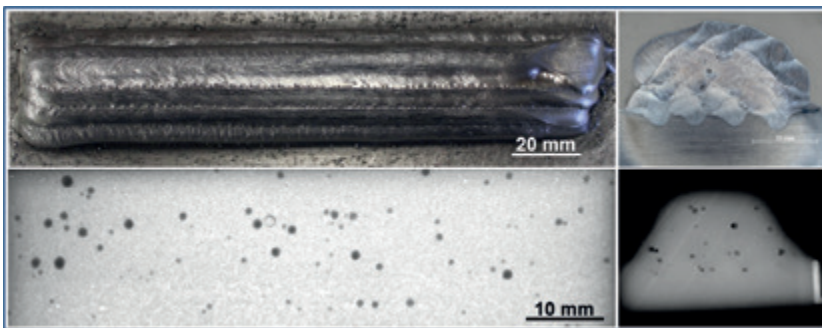
2D-Messungen der Porenanteile in Durchstrahlungsaufnahmen von reinen Auftragschweißgütern (Bild 48), die mit verschiedensten Drahtchargen-Hilfsstoff-Kombinationen mittels MSG- und UP-Prozess erzeugt wurden, ermöglichten im Zusammenhang mit den chemischen Analysen der Werkstoffe und der Schweißgüter Rückschlüsse auf porenfördernde und porenhemmende Legierungselemente. Die gewonnenen Daten bildeten die Basis zur Entwicklung eines Vorhersagemodells zur Abschätzung des zur erwartenden Porenanteils in Abhängigkeit der Legierungszusammensetzung. Weiterführend wurden Mög-



lichkeiten zur Porenreduzierung durch eine Änderung der Wärmeführung untersucht.

Beim MSG-Schweißen führt eine Minderung des  $\text{CO}_2$ -Anteils im Schutzgas zu einer deutlichen Senkung des Porenanteils. Ebenso ziehen Massivdrahtelektroden mit einem erhöhten Anteil an Desoxidationselementen bei Verwendung  $\text{CO}_2$ -haltiger Schutzgasgemische vergleichsweise weniger Poren nach sich. Aufgrund der chargenabhängigen Schwankungen der Legierungszusammensetzungen wird daher zu einem Schutzgaszusatz von maximal 0,5 %  $\text{CO}_2$  geraten, um den höchstzulässigen Po-

renanteil von zwei Prozent im mehrlagigen Schweißgut gemäß DIN EN ISO 5817 nicht zu überschreiten. Die Anzahl und Größe der im UP-Schweißgut auftretenden Poren ist verhältnismäßig gering. Im Vergleich zum MSG-Prozess führt die höhere Wärmeeinbringung beim UP-Schweißen zu einer geringeren Erstarrungsgeschwindigkeit. Aufsteigenden Gasblasen steht so mehr Zeit zur Verfügung, dem Schmelzbad zu entweichen. Eine Erhöhung der Streckenenergie fördert die Entgasung und führt somit zu geringeren Porenanteilen. Die maximal empfohlene Streckenenergie von 15 kJ/cm ist jedoch zwingend einzuhalten, da eine Überschreitung dieser zur Bildung von Mikroheißrissen führt.



**Bild 48:** Mit dem Metallschutzgasschweißen hergestellter Auftragschweißgutblock (oben links), Querschliff des Auftragschweißgutblocks (oben rechts), Durchstrahlungsaufnahme des Schweißgutblocks (unten links) und Durchstrahlungsaufnahme des Querschliffs (unten rechts)

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. Rolf Paschold, ESAB Welding & Cutting GmbH, Zweigstelle Langenfeld:

„Es ist sehr hilfreich, dass wir heute mehr über die Vielzahl der Einflussfaktoren zur Porenbildung wissen. Der Verdacht wurde erhärtet, dass nicht nur Stickstoff an der Bildung von Poren beteiligt ist. Beim Verarbeiter ist neben der Wahl des Grundwerkstoffes, Schweißzusatzes und Schutzgases bzw. Schweißpulvers die Verwendung geeigneter Schweißparameter und Wärmeführung von entscheidender Bedeutung für die Erstarrung des Schweißgutes, was unmittelbar die Porenneigung beeinflusst. Mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können wir dem Kreis der Verarbeiter fundierte Hilfe bei der Auswahl geeigneter Schweißtechnologien und Schweißzusätze bieten, die zur Vermeidung von Poren im Schweißgut führt.“

### Dipl.-Ing. Matthias Thume, Westfalen AG, Münster:

„Für die Westfalen AG war das Projekt „Porenbildung beim SDSS-Schweißen“ sehr erfolgreich. Wir können aufgrund der Ergebnisse direkt Kundenempfehlungen bezüglich unserer Produkte aussprechen. In einem ganz konkreten Fall war es sogar möglich, in Zusammenarbeit mit einem Stromquellenhersteller, die auftretenden Poren während des Schweißens, an einem Superduplex zu vermeiden. Dem Interessenten konnte direkt durch den Einsatz eines Gasgemisch 30% He, 0,5%  $\text{CO}_2$  Rest Argon dadurch geholfen werden, dass er eine Verfahrensprüfung mit diesem Gas ablegte. Versuche mit einem höher  $\text{CO}_2$  haltigen Gas waren lange erfolglos. Der Interessent konnte als Kunde für uns gewonnen werden.“

### B.Eng. Anika Hinrichs und Dipl.-Ing. (FH) Reinhold Hoffmann, H. Butting GmbH & Co. KG, Wittingen-Knesebeck

Für die industrielle Umsetzung war es sehr lehrreich, dass für die beiden Verfahren MSG-Schweißen und UP-Schweißen Fertigungsparameter auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse abgeleitet werden konnten, die eine Schweißnahtqualität der Bewertungsgruppe B (höchste Anforderungen an die Schweißnaht) gemäß der ISO 5817 ermöglichen. Durch diese Erkenntnisse entsteht ein direkter wirtschaftlicher Vorteil, da der Nacharbeitsanteil reduziert werden kann. Industrielles Interesse besteht für eine weitere, prozesssichere Reduzierung der Porenbildung beim Schweißen von Superduplexstählen, wie es z.B. für sensible Anwendungen in der Öl- und Gasindustrie gemäß dem Standardregelwerk API 5LC (American Petroleum Institute – CRA Line Pipes) gefordert ist.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

01.096  
18.831 B **Entwicklung hoch schlag- und abrasionsbeständiger Legierungen mit guter Korrosionsbeständigkeit für auftragsgeschweißte Verschleißschutzschichten**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wagner, IWW Chemnitz (Vwst)

Dr. rer. nat. Reif, CeWOTec Chemnitz

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.831B>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

01.086  
18.099 B **Beeinflussung von Nahtigenschaften und Prozessverhalten durch Einsatz basischer Schlackesysteme beim MSG-Füll-drahtschweißen von Ni-Basislegierungen**

Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg

Beginn: 01.11.2016 Laufzeitende: 31.10.2018

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.099B>

## Abgeschlossene 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 inkl. Schlussbericht siehe:

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

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: 31.03.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.390B>

01.088  
18.596 B **Ermittlung geeigneter Wärmeführungen zur Vermeidung wasserstoffunterstützter Kaltrisse beim Schweißen höherfester Feinkornbaustähle mit modifiziertem Sprühlichtbogen**

Prof. Dr.-Ing.habil. Kannengießer, BAM 9.4 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg

Beginn: 01.01.2015 Laufzeitende: 30.06.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:

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

## Fachausschuss 2 „Thermische Beschichtungsverfahren & Autogentechnik“



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

**Vorsitzender Dr.-Ing. Gerhard Bloshies**  
Plasma Flame Technik AG, Höri b/Bülach (CH)

**Stellvertretender Vorsitzender Werner Krömmel**  
Linde AG (Geschäftsbereich Linde Gas), Unterschleißheim

**Ansprechpartner der Forschungsvereinigung**  
**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck**  
T +49 211 15 91-173  
F +49 211 15 91-200  
[jens.jerzembeck@dvs-hg.de](mailto:jens.jerzembeck@dvs-hg.de)

### 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 V7  
„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



### Erfolgreicher Ergebnistransfer bei der GTS – Gemeinschaft Thermisches Spritzen e. V.

Es war eine ganz besondere Veranstaltung, zu der die GTS – Gemeinschaft Thermisches Spritzen e. V. am 12. und 13. Oktober 2017 nach Höhr-Grenzhausen einlud. Über 120 Gäste feierten das 25-jährige Bestehen der GTS zu dem auch die Forschungsvereinigung des DVS ganz herzlich gratulierte. In diesen 25 Jahren hat sich die GTS als enger Partner der Forschungsvereinigung immer sehr im Rahmen der spritztechnischen Forschung engagiert und verdient gemacht. Die GTS verfolgt dabei das Ziel, Forschung und Praxis zueinander zu bringen.

Der Poster-Workshop „Aktuelle Forschungsthemen beim Thermischen Spritzen“ bot dafür wieder beste Voraussetzungen (Bild 49). Aktuelle Forschungsergebnisse aus vierzehn Projekten, unter anderem auch zahlreiche Projekte aus dem FA 2 der Forschungsvereinigung, wurden vorgestellt und diskutiert. Das besondere Format des Workshops erlaubt es den Teilnehmern über alle vorgestellten Projekte hinweg, die Ergebnisse mit den Instituten (Bild 50) auch bezogen auf eigene Fragestellungen und Anwendungen hin individuell zu erörtern.

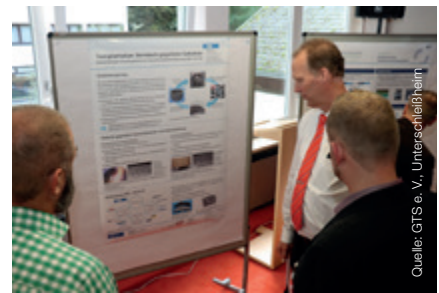
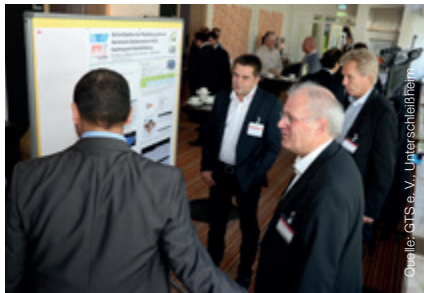
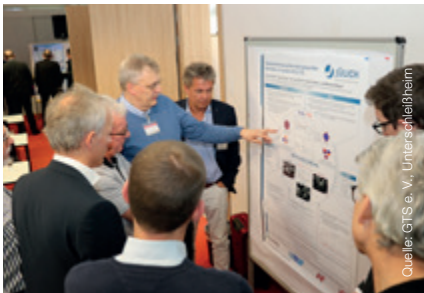


Bild 49: Poster-Workshop



Bild 50: Projektleiter und Mitarbeiter der vorgestellten Forschungsprojekte



Dipl.-Ing. Peter Heinrich, langjähriger stellvertretender Vorsitzender des Fachausschusses 2 „Thermisches Beschichten und Autogentechnik“, verstarb am 26. Oktober 2017 im Alter von 69 Jahren. Wir bedanken uns bei Peter Heinrich für sein ganz besonderes, Jahrzehnte währendes Engagement in der Forschungsvereinigung, das die Aktivitäten des FA 2 sowie der gesamten fúgetechnischen Gemeinschaftsforschung nachhaltig geprägt hat. Die Gemeinde der thermischen Spritzer wird ihm stets ein ehrendes Andenken bewahren.

## Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

### Beschichtungsrelevante Topographie-Kennwerte zur produktionsgerechten Substratvorbereitung für thermisch gespritzte Schichten optimierter Adhäsion – TopA

(IGF-Nr. 18.090 N / DVS-Nr. 02.095)

Laufzeit: 1. November 2014 – 30. April 2017

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

Ziel des Forschungsprojektes war es, die Parameter einer Oberfläche zu bestimmen, welche diese möglichst genau in Hinblick auf die Haftzugfestigkeit thermisch gespritzter Beschichtungen beschreiben. Dazu wurde der Aufrauungsprozess detailliert untersucht. Durch eine definierte Variation der Strahlparameter Kornfraktion des Strahlguts und Strahlrdruck wurden unterschiedliche Oberflächentopografien auf den Substraten hergestellt. Diese Oberflächentopografien wurden mittels konfokaler Lasermikroskopie (CLSM) untersucht und dann mittels genormter Kennwerte sowie neu entwickelter Kennwerte beschrieben. Im Anschluss wurden die Substrate mittels eines Einkathodenplasmabrenners und eines Hochgeschwindigkeitsflammspritzbrenners beschichtet. Als Zusatzwerkstoffe wurden das industriell etablierte Hartmetall  $\text{Cr}_3\text{C}_2/\text{NiCr}$  75/25, die Metalle 316L und Ni/Cr 80/20 und die Keramiken  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  87/13 und  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  betrachtet. Die Haftzugfestigkeit dieser Beschichtungen wurde anschließend mittels PAT-Tester gemessen und die Ergebnisse stichprobenartig durch Messungen gemäß DIN

EN 582 validiert. Die ermittelten Haftzugfestigkeiten wurden mit den zuvor bestimmten Oberflächenkennwerten korreliert und so die Oberflächenkennwerte ermittelt, die möglichst linear mit der Haftzugfestigkeit korrelieren. Die Korrelationen wurden mit dem Bestimmtheitsmaß  $R^2$  bewertet.

Die Versuche haben gezeigt, dass die etablierten Oberflächenkennwerte  $R_a$  und  $R_z$  keine ausreichend gute lineare Korrelation mit der Haftzugfestigkeit thermisch gespritzter Beschichtungen aufweisen. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass für keramische Zusatzwerkstoffe und metallische Zusatzwerkstoffe unterschiedliche Oberflächenkennwerte für eine TS-gerechte Beschreibung notwendig sind. Für metallische Zusatzwerkstoffe konnte die Oberfläche in Bezug auf die Haftzugfestigkeit gut mit dem Oberflächenkennwert  $R_q$  und für keramische Zusatzwerkstoffe gut mit dem Verhältnis aus Größe der realen Oberflächen zu Messbereich beschrieben werden (Bild 51).

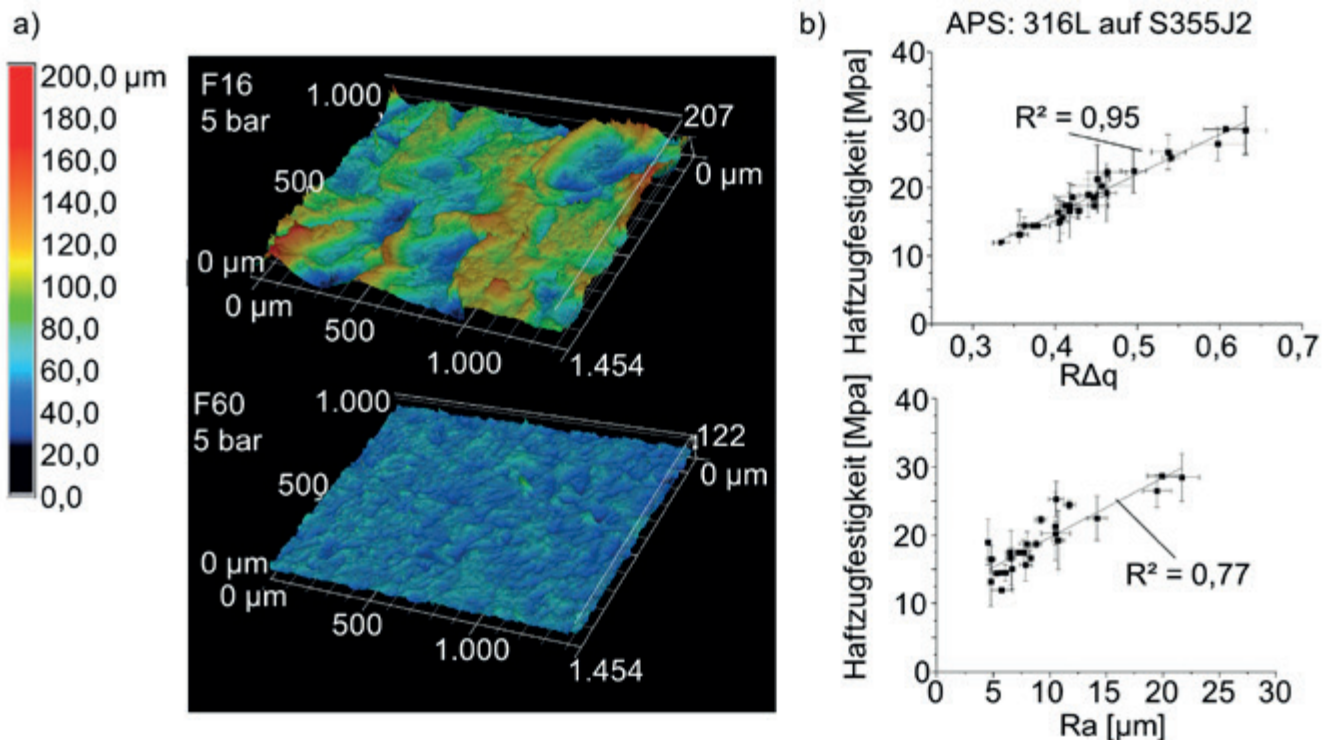


Bild 51: a) Oberflächenaufnahmen unterschiedlich aufgerauter Oberflächen b) Beispielhafte Korrelationen zwischen den Oberflächenkennwerten  $R_a$  und  $R_q$  und der Haftzugfestigkeit

In weiterführenden Untersuchungen wurden zudem die vorliegenden Haftmechanismen, in Abhängigkeit von der Materialklasse des verwendeten Spritzzusatzwerkstoffs, untersucht. Dazu wurden die Bruchflächen zwischen Beschichtung und

Substrat fraktografisch analysiert. Dabei konnten teilweise etablierte Modelle validiert werden; es stellte sich jedoch heraus, dass diese Modelle für eine umfassende Beschreibung nicht ausreichend sind.

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. Benedikt Allebrodt, Durum Verschleißschutz GmbH, Willich:

„Die im Projekt erzielten Ergebnisse haben verdeutlicht, dass neben den klassischen Rauheitswerten je nach Materialkombination andere Kennwerte eine signifikant höhere Korrelation hinsichtlich der Haftzugfestigkeit aufweisen. Ebenso ist, durch die vorgestellten Theorien zu den Haftzugverläufen von metallischen und keramischen Werkstoffen, die Grundlage geschaffen worden, zukünftige Werkstoffentwicklungen hinsichtlich der Haftzugfestigkeit bei bestimmten Schicht-/Grundwerkstoffkombinationen besser zu bewerten und zu optimieren. Dies ermöglicht es uns, im Bereich der Entwicklung sowie in der technologischen Unterstützung unserer Kunden fundiert zu agieren.“

### Dr. Maximilian Nothhaft, Eccoclean GmbH, Monschau:

„Das Projekt lieferte tiefgehende Einblicke in die Welt oberflächenbeschreibender Kenngrößen, die für die Adhäsion nachfolgender thermischer Beschichtungsprozesse entscheidende Einflüsse aufweisen. Dabei zeigte sich, dass hierfür nicht nur eine Kenngröße der Oberfläche relevant ist, sondern eine Vielzahl unterschiedlicher Parameter. Einige besonders relevante Parameter, wie Hinterschneidungen der aktivierten Oberfläche, waren zudem anspruchsvoll in Messung und anschließender Beschreibung. Die Ergebnisse dieser Arbeit stellen für uns eine Grundlage dar, um unseren Kunden zielgerichtet technisch als auch wirtschaftlich optimale Oberflächenaktivierungen für ihr jeweiliges Aufgabengebiet bereit zu stellen.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

02.105  
19.393 N **Entwicklung eines Softwaretools (OptiSpray) zur automatisierten Bahnerzeugung, Bewegungsoptimierung und Schichtbildungssimulation beim robotergestützten thermischen Spritzen**

Prof. Dr. Müller, IfGS, Dortmund

Prof. Dr.-Ing. Tillmann, LWT Dortmund

Prof. Dr.-Ing. Kühlenkötter, LPS, Bochum

Beginn: 01.03.2017 Laufzeitende: 28.02.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.393N>

02.108  
19.451 N **Spritztechnische Weiterentwicklung von TiC-verstärkten Fe-Basis-Beschichtungen zum Verschleißschutz unter korrosiver Beanspruchung**

Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 31.03.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.451N>

02.103  
19.465 B **Entwicklung von Hochtemperatursiegeln für thermisch gespritzte Schichten**

Prof. Dr. rer. nat. habil. Michaelis, IKTS Dresden

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 31.03.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.465B>

02.109  
19.471 B **Weiterentwicklung thermisch gespritzter Schichten im System  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$**

Prof. Dr. rer. nat. habil. Michaelis, IKTS Dresden

Prof. Dr.-Ing.habil. Guillon, FZ Jülich (IEK-1)

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 31.03.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.471B>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

02.102  
18.653 N **Ermitteln der Mechanismen zur Entstehung von Emissionen beim Thermischen Spritzen mit Fokus auf ultrafeine Partikel und die Gefährdungsbeurteilung einzelner Stäube unter produktionsrelevanten Bedingungen**

Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen

Prof. Dr. rer. nat. Dott, UK Aachen

Beginn: 01.08.2016 Laufzeitende: 30.09.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.653N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

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

Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen

Beginn: 01.03.2014 Laufzeitende: 30.04.2017

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

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

Prof. Dr.-Ing. Tillmann, LWT Dortmund

Prof. Dr.-Ing. Walther, WPT, Dortmund

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.07.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://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. Tillmann, LWT Dortmund

Prof. Dr.-Ing. Pohl, WP Uni Bochum

Beginn: 01.08.2015 Laufzeitende: 31.07.2017

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

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

Prof. Dr.-Ing. Schein, EIT UniBW Neubiberg

Beginn: 01.12.2015 Laufzeitende: 30.11.2017

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

## Fachausschuss 3 „Lichtbogenschweißen“



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

### Vorsitzender Dr.-Ing. Wolfgang Scheller

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Standort Duisburg

### Stellvertretender Vorsitzender Ing. Robert Lahnsteiner

MIGAL.CO GmbH Deutschland, Landau an der Isar

### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

#### Dr.-Ing. Calin-Marius Pogan

T +49 211 15 91-123

F +49 211 15 91-200

Calin-Marius.Pogan@dvs-hg.de

## 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:

### Steigerung der Prozesssicherheit bei UP-Verfahrensvarianten mittels optischer Analysen des Lichtbogens und des Werkstoffübergangs im Kavernenraum (ProUP)

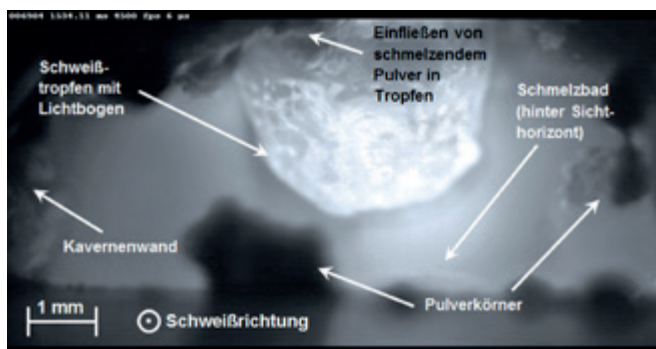
(IGF-Nr. 18579 BR / DVS-Nr. 03.120)

Laufzeit: 1. Januar 2015 – 31. Mai 2017

Prof. Dr.-Ing. W. Flüge, Fraunhofer-Einrichtung für Großstrukturen in der Produktionstechnik, Rostock

Prof. Dr. K. Weltmann, Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie, Greifswald

Über die Kavernenvorgänge beim Unterpulverschweißen ist trotz der großen industriellen Verbreitung im Vergleich zu offenen Lichtbogenschweißverfahren wenig bekannt. Dies betrifft insbesondere den Werkstoffübergang, komplexe Wechselwirkungen zwischen Schlacke und flüssigem Metall sowie wesentliche Randbedingungen des Prozesses, wie z.B. Prozesstemperaturen und die Zusammensetzung der Kavernenatmosphäre. Es wurde daher eine Technologie entwickelt, welche mit minimal invasivem Eingriff die synchronisierte kinematografische, spektroskopische und elektrische Prozessobservation erlaubt. Dadurch sind detaillierte Analysen des Werkstoffübergangs, des Schmelzbad-, Kavernen- und Lichtbogenverhaltens sowie der Interaktion zwischen Schlacke und Metall in Abhängigkeit der Werkstoffe und Schweißparameter gelungen (**Bild 52**). Der Werkstoffübergang konnte in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen charakterisiert und quantifiziert werden.

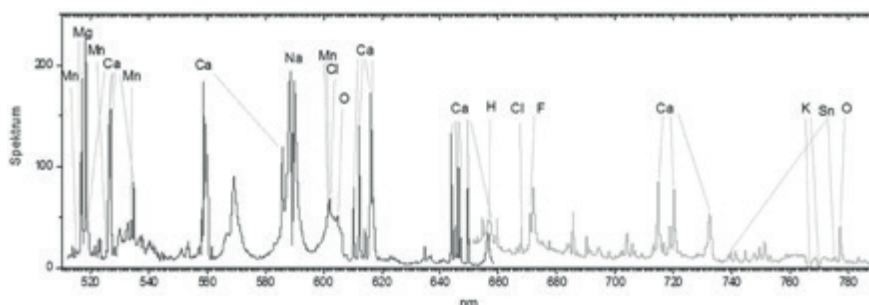


**Bild 52:** Blick in den Kavernenraum mit schmelzflüssigem Tropfendepot

Parallel zur Kavernendiagnostik wurden chemische Analysen durchgeführt und unterschiedlichen Prozessstadien zugeordnet, um Ort und Intensität der Zu- und Abbrände identifizieren zu können. Das Abbrandverhalten konnte gleichzeitig mit den Charakteristika des Werkstoffübergangs korreliert werden. Dabei spielten insbesondere die parameterabhängige Tropfenheizzeit und die Tropfengröße eine entscheidende Rolle. Es zeigte sich, dass die Zu- und Abbrände effektiv über den Anteil der kathodischen Polarität am elektrodenseitigen Schmelzbad zu beeinflussen sind, was sich auch in der Gefügemorphologie des Schweißgutes sowie in den resultierenden mechanisch-technologischen Eigenschaften niederschlägt.

Mittels orts- und zeitaufgelöster Hochgeschwindigkeitsspektroskopie konnten erstmals Übersichtsspektren aus dem Kavernenraum aufgezeichnet werden (**Bild 53**). Durch die Synchronisation mit den Hochgeschwindigkeitsaufnahmen konnten weiterhin ausgewählte Spezies, z.B. der Stahlschädling Wasserstoff, identifiziert, lokalisiert und auf deren Herkunft geschlossen werden. Die spektralen Daten erlaubten zudem erstmals die Ermittlung der jeweiligen Maximaltemperaturen im Kavernenraum, welche bei üblichen Stromdichten zwischen  $8000\text{ K} \leq \leq 9000\text{ K}$  liegen.

Die Ergebnisse werden aktuell in der Lehre an verschiedenen Universitäten verwendet und fließen in anwendungsnahe Merkblätter ein. Es wurde im Projekt eine Grundlage geschaffen, um metallurgische und prozesstechnische Weiterentwicklungen des Unterpulverschweißens, z.B. im Bereich geregelter Lichtbogentechnologien, zu ermöglichen.



**Bild 53:** Übersichtsspektrum aus UP-Kaverne

## Meinungen aus den Unternehmen

**Dipl. Ing Elmar Schwill, Uhrhan & Schwill GmbH (a Lincoln Electric Company), Essen:**

„Das Forschungsprojekt ProUP hat uns Einblicke in den UP-Prozess erlaubt, die uns zuvor nicht möglich waren. Speziell die Korrelation der Hochgeschwindigkeitsaufnahmen mit der spektroskopischen Analyse sowie die parameterabhängige Erfassung des Zu- und Abbrandverhaltens hat mich sehr fasziniert. Es wird uns bei der Entwicklung von noch stabileren UP-Prozessen eine große Hilfe sein. Sollte es ein Folgeprojekt mit einem erhöhten Fokus auf die Wechselwirkung zwischen den Lichtbögen bei Mehrdrahtprozessen geben, werde ich mich auf jeden Fall wieder beteiligen.“

**Dr.-Ing. Wolfgang Scheller, Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg:**

„Durch das Forschungsprojekt wurde erstmalig eine Methodik bereitgestellt, welche eine detaillierte Analyse des Unterpulverschweißprozesses gestattet. Neben der Ermittlung bisher unbekannter chemisch-physikalischer Prozesseigenschaften, wie der Zusammensetzung der Kavernenatmosphäre und der maximalen Kavernentemperaturen, ist insbesondere die Kenntnis über das Zu- und Abbrandverhalten wichtiger Mikrolegierungselemente in Abhängigkeit des Werkstoffübergangs ein entscheidender Ansatzpunkt zur Prozessoptimierung und Qualitätssicherung.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

03.128  
18.550 B **Zerstörungsfreie Qualitätsbewertung von MSG-Schweißverbindungen von Stahlblech durch Nutzung geometrischer und thermographischer Kenngrößen**

Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.550B>

03.129  
18.801 B **Untersuchung und Weiterentwicklung des Lichtbogen-Druckluftfugen in Verbindung mit Senkung der Schadstoffemissionen**

Prof. Dr.-Ing. Keitel, SLV Halle

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.801B>

03.125  
19.037 B **Einsatz optischer Sensorik für die Charakterisierung von Emissionen und Prozessstabilität beim MSG-Schweißen**

Prof. Dr. rer. nat. Weltmann, INP Greifswald

Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.037B>

03.127  
19.209 N **Ökologische Bilanzierung von Schmelzschweißverfahren unter Berücksichtigung vor- und nachgelagerter Prozessschritte**

Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM 9.3 Berlin

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.209N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

03.800  
00.157 E\*) **Strukturierung von Aluminiumoberflächen mit anodischem WIG-Lichtbogenprozess (Im Cornet-Verbundprojekt MeTexCom 2: Entwicklung von Metall-Textil-Verbänden mit verbessertem Adhäsionsverhalten)**

Dipl.-Ing. Berthel, STFI Chemnitz

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

Prof. Dr.-Ing. Overmeyer, LZH Hannover

Beginn: 01.04.2016 Laufzeitende: 31.03.2018

\*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
Forschungskuratorium Textil e. V.

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.157E>

03.112  
18.147 N **Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des UP-Schweißens durch Plasmaunterstützung**

Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Beginn: 01.02.2016 Laufzeitende: 31.07.2018

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.147N>

03.126  
18.585 B **Entwicklung einer additiven Herstellungsmethode für Verbundstrukturen mittels MSG-Lichtbogentechnik**

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

Beginn: 01.07.2016 Laufzeitende: 30.06.2018

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.585B>

- 03.123  
18.748 N **Untersuchung zur Erhöhung der Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit beim MSG-Schweißen durch Laserstabilisierung**  
Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen  
Prof. Dr.-Ing. Overmeyer, LZH Hannover  
Beginn: 01.08.2015 Laufzeitende: 31.01.2018  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.748N>
- 03.116  
19.203 N **Seriell Plasma-MSG-Hybridschweißen bei Verwendung angepasster Prozessvarianten zum wirtschaftlichen Fügen von Aluminium**  
Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen  
Beginn: 01.10.2016 Laufzeitende: 31.03.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.203N>
- 03.107  
18.458 B **Entwicklung eines AC-MSG-Schweißverfahrens zum Fügen hochfester Feinkornbaustähle**  
Prof. Dr.-Ing. Schein, EIT UniBW Neubiberg  
Prof. Dr.-Ing. Klassen, UniBW Hamburg  
Prof.Dr.rer.nat.hab. Kruscha, BTU Cottbus  
Beginn: 01.12.2014 Laufzeitende: 31.05.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.458B>
- 03.120  
18.579 B **Steigerung der Prozesssicherheit bei UP-Verfahrensvarianten mittels optischer Analysen des Lichtbogens und des Werkstoffübergangs im Kavernenraum**  
Prof. Dr. Flügge, IPA Rostock  
Prof. Dr. rer. nat. Weltmann, INP Greifswald  
Beginn: 01.01.2015 Laufzeitende: 31.05.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.579B>

---

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

- 03.109  
17.885 N **Steuerung der Aufmischung beim Auftragschweißen mit hoher Abschmelzleistung durch modifizierte Zweidrahtprozesse**  
Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen  
Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 28.02.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.885N>

## Fachausschuss 4 „Widerstandsschweißen“



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

### Vorsitzender Dr.-Ing. Karl Pöll

Matuschek Meßtechnik GmbH, Alsdorf

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

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter

### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

#### Dipl.-Ing. Axel Janssen

T +49 211 15 91-117

F +49 211 15 91-200

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

## 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 fägetechnische 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:

### Lebensdauererhöhung von Widerstandspunktschweißelektroden durch Einsatz verschleißabhängiger Fräsintervalle und dispersionsgehärteter Kupferwerkstoffe

(IGF-Nr. 18.456 B / DVS-Nr. 04.062)

Laufzeit: 1. Juli 2015 – 30. September 2017

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

Prof. Dr.-Ing. S. Jüttner, Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWF), Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Das Forschungsprojekt verfolgte drei wesentliche Ziele: Bestimmung des bedarfsgerechten Fräszeitpunkts während der Fertigung, eine geeignete Elektrodenwerkstoff-Prozessparameter-Auswahl und die Erstellung eines Verschleißmodells und einer Simulation. Im Rahmen des Projekts wurden vier unterschiedliche Kupferlegierungen, die für das Herstellen der Elektrodenkappen zum Widerstandspunktschweißen geeignet sind, untersucht: zwei schmelzmetallurgisch hergestellte (e1 und e2) und zwei pulvermetallurgisch hergestellte. Es wurden mit allen Kupferlegierungen Zerspanbarkeits- und Standmengenuntersuchungen an vier unterschiedlichen Materialdickenkombinationen durchgeführt. Außerdem erfolgten Untersuchungen zur Werkstoffcharakterisierung an den Kupferlegierungen und an den verschlissenen Elektroden der Standmengenuntersuchungen.

Die Zerspanbarkeitsuntersuchungen der unterschiedlichen Elektrodenwerkstoffe zeigen, dass mit angepassten Zerspanparametern gleiche Oberflächenqualitäten zwischen schmelz-

pulvermetallurgisch hergestellten Elektrodenkappen möglich sind und somit gleiche Startbedingungen für die verschiedenen Schweißaufgaben angesetzt werden können.

Die umfassenden werkstofftechnischen Untersuchungen und die Implementierung der Messergebnisse in Simulationsmodelle führten zu einem vertieften Verständnis der Verschleißvorgänge der untersuchten Elektrodenwerkstoffe. Abhängig vom verwendeten Grundwerkstoff äußerten sich die mechanischen Verschleißerscheinungen in Form von Pilz- oder Plateaubildung. Es zeigte sich weiterhin, dass die pulvermetallurgisch hergestellten Elektroden zu Rissen insbesondere bei verzinkten Blechen neigen. Die Standmengenuntersuchungen haben gezeigt, dass der Punktdurchmesser nicht als hinreichendes Kriterium für die Bewertung des Verschleißzustandes der Elektrodenkappen dient, da kein deutlicher Einbruch des Punktdurchmessers auftrat (Bild 54).

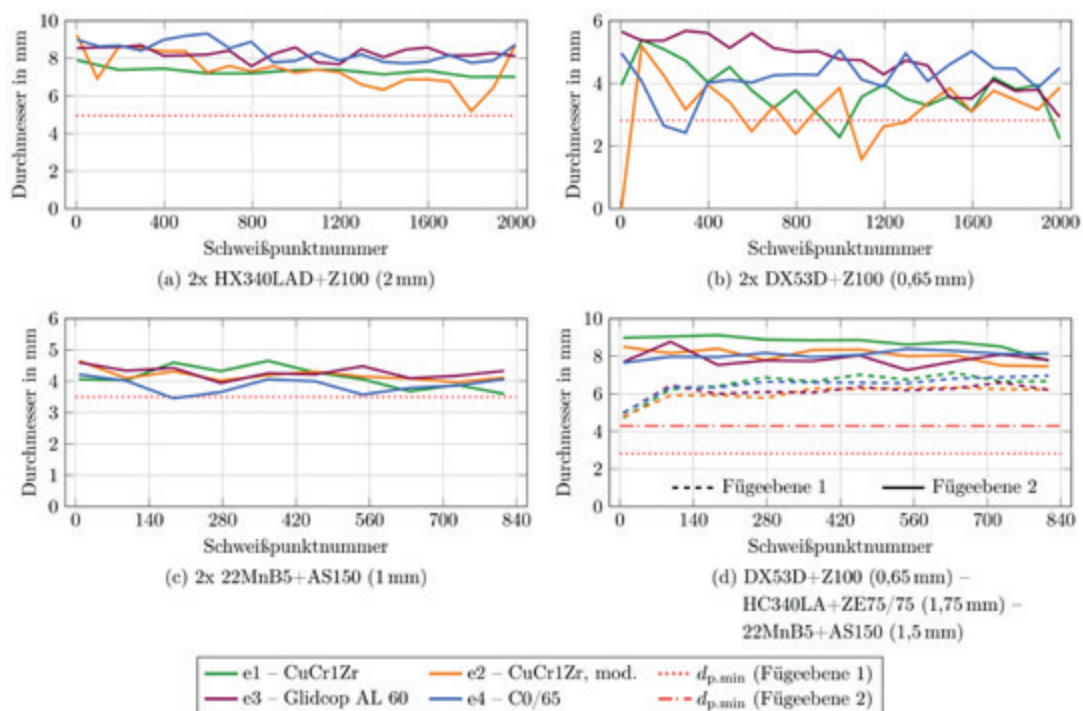


Bild 54: Mittelwerte der gemessenen Punktdurchmesser der Stufenversuche bis 2000 bzw. 822 Schweißpunkten aller Versuchsreihen ohne Nachbearbeiten der Elektrodenkappen

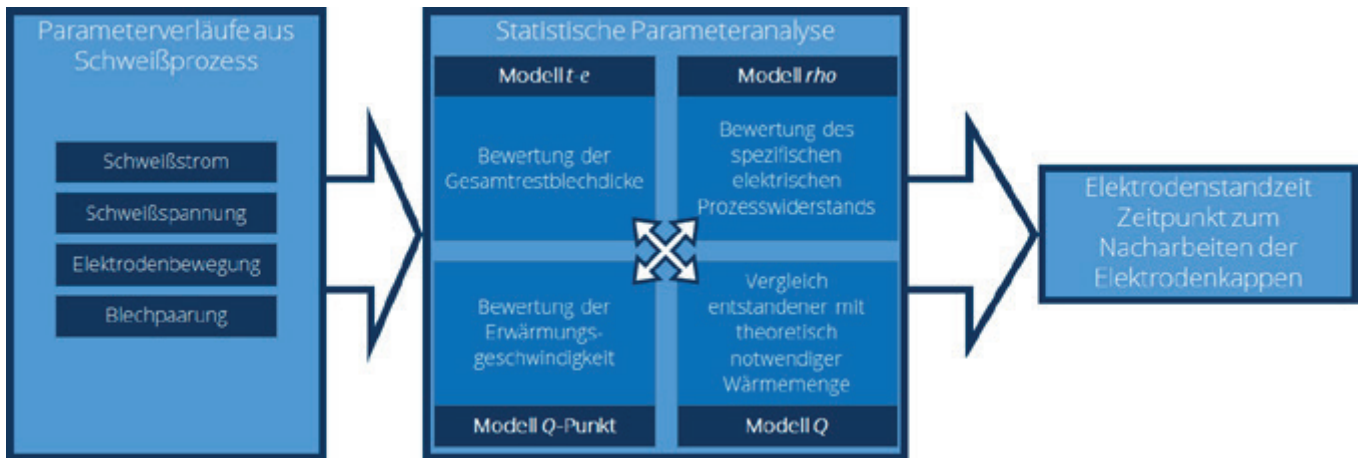


Bild 55: Methodik für die Ermittlung der Elektrodenstandzeit zur bedarfsgerechten Fräseinleitung

Dies führte zu erweiterten Parameteranalysen, bei denen über 120 einzelne Prozessparameter pro Schweißpunkt einbezogen wurden. Das Ergebnis dieser Analysen sind ineinandergreifende Modelle, die eine bedarfsgerechte Einleitung der Elektroden nachbearbeitung ermöglichen (Bild 55):

Kombiniert mit den Erkenntnissen aus den metallografischen Analysen und den Fräsbarkeitsuntersuchungen liefern die entwickelten Modelle eine Basis zur optimalen Ausnutzung der Elektrodenlebensdauer bei allen Elektrodenkappentypen.

### Meinungen aus den Unternehmen

**Dr.-Ing. Ahmad Parsi (Projektpate), Kupferberatung Technology Labor CTL, Düsseldorf:**

„Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde gezeigt, dass der Punktdurchmesser nicht als Bewertungskriterium für den Verschleißzustand der Elektrodenkappen ausreichend ist. Die aus den Untersuchungen erarbeiteten Bewertungsmodelle zur Charakterisierung des Elektrodenverschleißes ermöglichen einen rechtzeitigen Fräszeitpunkt, optimale Ausnutzung der Elektrodenlebensdauer, Vorbeugen von Fehlern beim Widerstandsschweißen, was insbesondere für die Anwender von großer Bedeutung sein kann.“

**Dr. Wolfram Möhler, CEP – Compound Extrusion Products GmbH, Freiberg:**

„Im Forschungsvorhaben wurden zahlreiche Untersuchungen zur Werkstoffcharakterisierung von klassischen Kupferlegierungen (CuCrZr) und von pulvermetallurgisch erzeugten dispersionsverfestigten Werkstoffen (DISCUP, GlidCop) durchgeführt. Aus den Ergebnissen lassen sich zukünftige Entwicklungsstrategien für dispersionslegierte Elektrodenkappen ableiten, um die Vorteile dieser Werkstoffe noch besser ausnutzen zu können.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

04.072  
18.769 N **eRP-ProBe - Einfluss von Produktionsbedingungen auf das einseitige Widerstandspunktschweißen ohne Gegenlage**

Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.769N>

04.073  
19.466 N **Entwicklung eines alternativen Fügeverfahrens zur wirtschaftlichen und prozesssicheren Herstellung von faserverstärkten Kunststoff-/Metallhybridstrukturen auf Basis des Widerstandsschweißverfahrens mittels integrierter metallischer Inserts**

Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen

Prof. Dr.-Ing. Hopmann, IKV Aachen

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 30.09.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.466N>

04.067  
19.878 B **Entwicklungen und Untersuchungen von Qualitätskriterien beim Kurzzeitwiderstandsschweißen mit hoher Wärmestromdichte**

Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg

Beginn: 01.12.2017 Laufzeitende: 30.11.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.878B>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

04.071  
18.581 N **Untersuchungen zum Widerstandsbuckelschweißen zur Erzeugung elektrischer Al-Cu-Kontaktierungen**

Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen

Beginn: 01.07.2016 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.581N>

04.060  
18.939 B **Untersuchungen zum Einfluss des Oberflächen- und Werkstoffzustandes auf die Widerstandspunktschweißbarkeit formgehärteter Bleche**

Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg

Beginn: 01.12.2016 Laufzeitende: 30.11.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.939B>

04.070  
19.208 B **Zerstörungsfreie Charakterisierung der Anbindungsfläche beim Widerstandspressschweißen durch bildgebende Analyse der Remanenzflussdichte**

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

Beginn: 01.10.2016 Laufzeitende: 30.09.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.208B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

04.999  
18.409 B\*) **Verfahrensentwicklung zur Herstellung von hybriden FVK/Stahl Strukturen mittels eines neuartigen Blechverbindungselementes – „HyBVE“**

Prof. Dr.-Ing. Dröder, IWF Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg

Beginn: 01.05.2015 Laufzeitende: 31.08.2017

\*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
Europäische Forschungsgesellschaft  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.409B>

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: 30.09.2017

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

04.069  
18.987 B **Erwärmungsverhalten der Kontaktzone beim Kondensatorentladungsschweißen unter Berücksichtigung der dynamischen Stromänderung und des Nachsetzverhaltens der Elektroden**

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

Beginn: 01.01.2016 Laufzeitende: 31.12.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.987B>

## Fachausschuss 5 „Sonderschweißverfahren“



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

### Vorsitzender Dr.-Ing. Axel Meyer

RIFTEC GmbH, Geesthacht

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

Grenzebach Maschinenbau GmbH, Asbach Bäumenheim/Hamlar

### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

#### Ass. jur. Marcus Kubanek

T +49 211 15 91-120

F +49 211 15 91-200

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

## 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 Produktanforderungen abgestimmt sind. Diesen Anforderungen werden konventionelle Fügetechnologien nicht gerecht. Vor diesem Hintergrund bekommen Fügeverfahren, die heute als Sonderschweißverfahren bezeichnet werden, eine besondere Bedeutung.

Der Fachausschuss 5 behandelt sowohl Fügeverfahren, 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, Beispiel 1:

### Strategie zur Skalierung des Rührreißschweißens unter besonderer Berücksichtigung der Werkzeug/Werkstoff Wechselwirkung (Friction Stir Scaling)

(IGF-Nr. 18843 BR / DVS-Nr. 05.066)

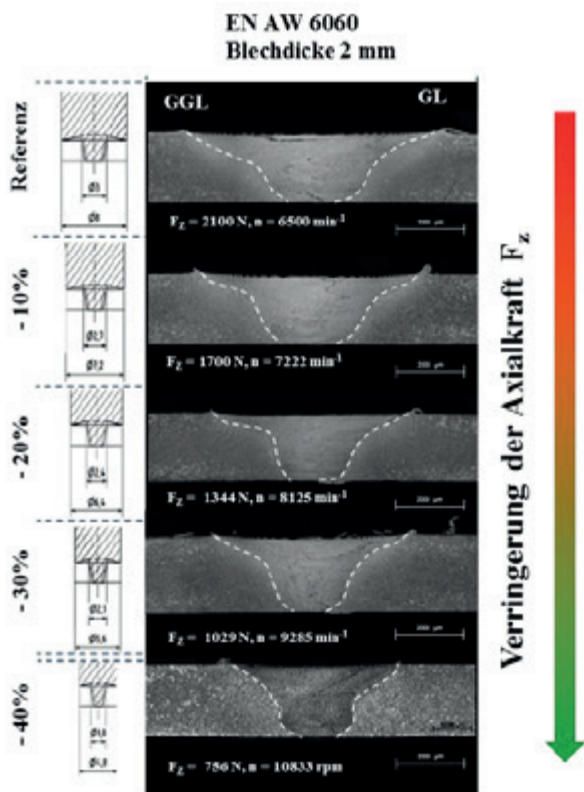
Laufzeit: 1. September 2015 – 31. Dezember 2017

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. J. P. Bergmann, Fachgebiet Fertigungstechnik, TU Ilmenau

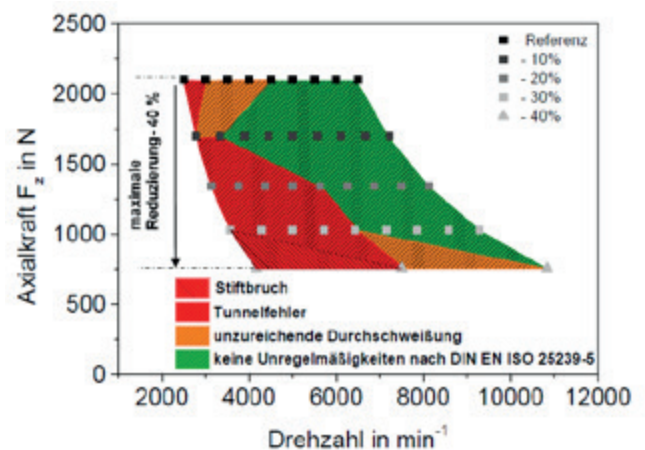
Die zunehmenden industriellen Anforderungen im Hinblick auf Leichtbau und Bauteilkomplexität sowie der steigende Einsatz von Metall-Mischverbindungen erfordern eine stetige Weiterentwicklung der Produktions- und Fügetechnologien. Vor diesem Hintergrund stellt das Rührreißschweißen eine vielversprechende und zuverlässige Fügetechnik dar, die sich durch einzigartige Vorteile, wie hervorragende mechanische Schweißnahtigenschaften und die Realisierung von gleich- bzw. ungleichartigen Metall-Mischverbindungen, auszeichnet. Die aktuellen Herausforderungen dieser Festphasen-Fügetechnologie resultieren aus den vergleichsweise hohen Prozesskräften, die aus dem Verfahrensprinzip selbst und der oftmals praktizierten Überdimensionierung der Schweißwerkzeuge resultieren. Als Folge ergeben sich hohe Anforderungen an Stütz- und

Spannstrukturen sowie Einschränkungen hinsichtlich der generellen Verfahrensanwendung. Dies betrifft insbesondere deformationsanfällige und komplexe Bauteilstrukturen. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des Forschungsprojektes eine Strategie zur Reduzierung der auftretenden Kräfte erarbeitet. Als wesentliches Ergebnis wurde im Projekt nachgewiesen, dass die erforderlichen Axialkräfte durch gezielte Verringerung von Schulter- und Schweißstiftdurchmesser um bis zu 64 % reduziert werden können (Bild 56).

Neben den sich daraus ergebenden Vorteilen hinsichtlich der Bauteilbelastung sowie den verringerten Anforderungen für Stütz- und Spannstrukturen, konnten gleichzeitig schlankere Schweißnähte mit gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften hergestellt werden. Darüber hinaus wurde eine Methode zur Anpassung des Wärmeeintrages (Drehzahl, Axialkraft) entwickelt, mit der die Anwendung skalierte Werkzeuge praxisgerecht umgesetzt werden kann. Anhand der durchgeführten Schweißexperimente wurde die entwickelte Strategie an den Werkstoffen EN AW 6060, EN AW 5754 und dem Aluminiumguss Castasil untersucht.



**Bild 56:** Kraftreduziertes Rührreißschweißen von EN AW 6060 (Blechdicke 2 mm) mit skalierten Werkzeugen durch schrittweise Verringerung von Schulter- und Schweißstiftdurchmesser um bis zu -40 %. Ausgehend von einem Referenzwerkzeug konnte die Axialkraft von anfänglich 2100 N auf 756 N reduziert werden. Dies entspricht einer Axialkraftverringerng von 64 %.



**Bild 57:** Schweißbereichsdiagramme für EN AW 6060 (Blechdicke 2 mm) mit Anwendungsempfehlungen bzgl. Axialkraft und Drehzahl für skalierte Werkzeuge mit Durchmesserreduzierung von Schulter- und Schweißstift um bis zu 40 %.

Während der Versuche wurden auch die im Prozess auftretenden Kräfte bzw. Momente gemessen, um die Grenzen der Anwendbarkeit skalierten Werkzeuge aufzuzeigen. In Verbindung mit einer umfassenden Auswertung der Schweißversuche (makroskopische Fehlerbewertung, mechanische- und metallografische

Charakterisierung) konnten für kmU schließlich Schweißbereichsdiagramme aufgestellt werden, mit denen die Anwendung skalierten Werkzeuge für das kraftreduzierte Rührreißschweißen praxisnah in kleinen und mittleren Unternehmen umgesetzt werden kann (Bild 57, vorherige Seite).

### Meinungen aus den Unternehmen

#### Dr.-Ing. Markus Weigl, Grenzbach Maschinenbau GmbH, Asbach-Bäumenheim:

„Bei der Herstellung von Leichtbaustrukturen für automobiler Anwendungen und von verzugkritischen Plattenwärmetauschern können während des Schweißvorgangs häufig nur begrenzte Prozesskräfte übertragen werden. Als Konsequenz dieser werkstückseitigen Limitierung kann das stoffliche Potenzial des Rührreißschweißens gerade bei dünnwandigen Bauteilen bisweilen nicht umfassend genutzt werden. Die im Forschungsprojekt erarbeiteten Erkenntnisse zur Skalierung des Verfahrens und der zugehörigen Reibwerkzeuge leisten einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der dominanten Axialkräfte und damit einer Verbreiterung des industriellen Einsatzes.“

#### Dr.-Ing. Thomas Luhn, RIFTEC GmbH, Geesthacht:

„Die im Vergleich zu Strahlschweißverfahren relativ hohe Nahtbreite beim Rührreißschweißen ist für einige Anwendungen nachteilig. In FricScal wurde nachgewiesen, dass die Größe der Schweißwerkzeuge und damit die Nahtbreite gegenüber den aktuell typisch eingesetzten Werkzeugen um bis zu 40% reduziert werden kann. Außerdem wurde die Gültigkeit von sehr einfachen Skalierungsregeln nachgewiesen. Diese erleichtern das Übertragen von Prozessen auf andere Werkzeuggrößen und Einschweißstiefen. Mit den Ergebnissen können neue Anwendungsfelder erschlossen und der Aufwand für die Prozessqualifizierung in einigen Fällen reduziert werden. Die Ergebnisse aus diesem erfolgreichen Projekt sind für unsere Arbeit von großem Wert.“

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

#### Gradierte Oberflächen durch Laserbearbeitung für Rührreißschweißwerkzeuge erhöhter Standzeit

(IGF-Nr. 18.841N / DVS-Nr. 05.064)

Laufzeit: 1. Oktober 2015 – 30. September 2017

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. S. Böhm, Fachgebiet Trennende und Fügende Fertigungsverfahren, Universität Kassel

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Steinhoff, Fachgebiet Umformtechnik, Universität Kassel

Die Zielsetzung dieses Forschungsprojektes bestand in der Verschleißreduzierung von Rührreißschweißwerkzeugen durch das Verfahren des Laserstrahlimplantierens. Beim Rührreißschweißen wird die Prozessenergie aus der Reibung zwischen Füge-teilwerkstoff und Rührreißschweißwerkzeug generiert. Diese Interaktion führt zu einem abrasiven Verschleiß des Werkzeuges und reduziert dessen Standzeit. Zur Verschleißreduzierung

wurden in diesem Projekt durch Laserstrahlimplantieren aufgebraachte Verschleißschutzschichten erprobt. Beim Laserstrahlimplantieren werden Hartstoffpartikel (Größe 10-45 µm) lokal in die oberflächennahe Randschicht (50 µm) eingeschmolzen. Diese Implantate weisen aufgrund des hohen eingeschmolzenen Partikelanteiles Härten von bis zu 1900 HV auf, was dem dreifachen der Härte des Grundwerkstoffs (X40CrMoV5-1) entspricht.

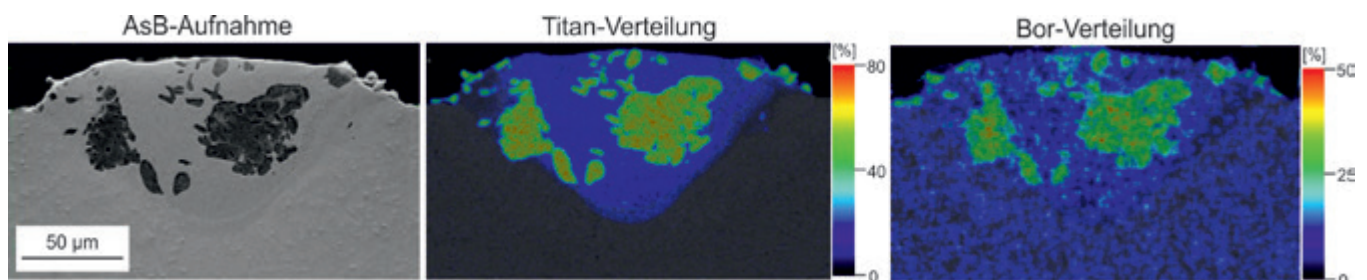


Bild 58: Chemische Analyse der Probe TiB150\_40W\_5ms\_Δf2 in Bezug auf die Titan- und Bor-Verteilung

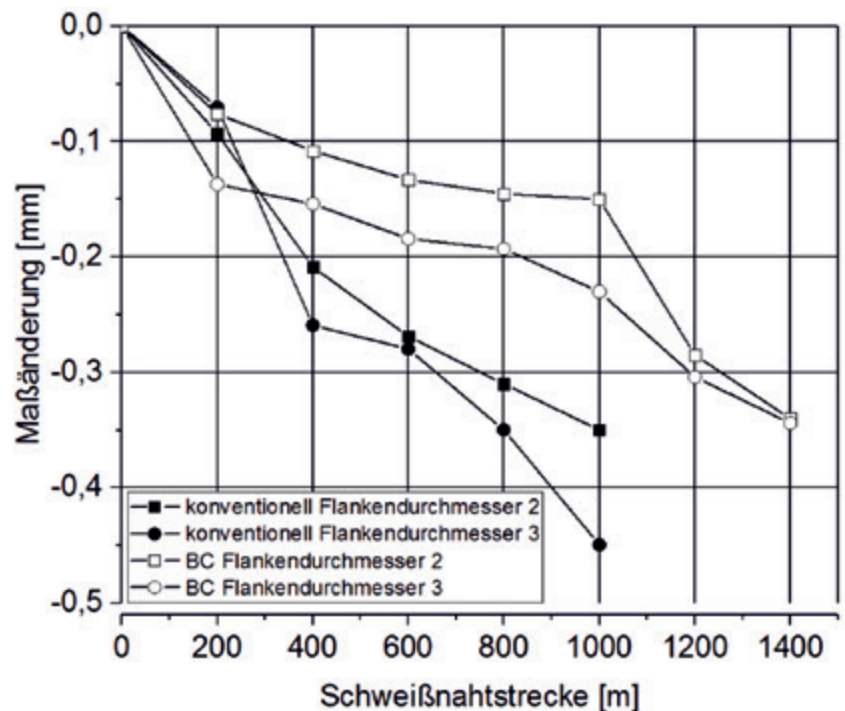
Im Projekt wurden die Hartstoffe Titandiborid (TiB), Borkarbid (BC), Wolframkarbid (WC), Chrom(III)-oxid (CrO) sowie Wolfram (W) untersucht und mit Ausnahme von CrO erfolgreich auf die Werkzeugkonturen der Rührreißschweißwerkzeuge aufgebracht (**Bild 58**, vorherige Seite).

Standzeituntersuchungen im Rührreißschweißprozess an einer MMC-Legierung (AA 359/SiC/20P) zeigten, dass das mit BC laserstrahlimplantierte Werkzeug die besten Ergebnisse hinsichtlich des Materialabtrages und der Schweißnahtqualität erreichte.



Für weitere Untersuchungen wurde das BC eingesetzt, um Standzeitversuche in der Legierung AA 6082 T6 durchzuführen. Das mit BC laserstrahlimplantierte Werkzeug konnte die Standzeiten gegenüber dem konventionellen Werkzeug um 40 % steigern (**Bild 59**).

Das Forschungsprojekt hat gezeigt, dass das Laserstrahlimplantieren es ermöglicht, die Standzeiten von Rührreißschweißwerkzeugen signifikant zu verlängern.



**Bild 59:** Laserstrahlimplantierter Rührreißschweißstift (links) Maßänderung eines konventionellen Werkzeuges und eines laserimplantierten Werkzeuges mit dem Hartstoff BC (rechts)

#### Meinungen aus den Unternehmen:

**Dipl.-Ing. (FH) Christoph Schilling, RRS Schilling GmbH, Schwarzenbeck**

„Für den Lohnschweißer beim Rührreißschweißen stehen die Standzeiten von Rührreißschweißwerkzeugen und die daraus resultierende gleichbleibende Nahtqualität klar im Fokus. Das Laserstrahlimplantieren von Hartstoffpartikeln stellt eine Alternative zu vergleichsweise teureren Legierungen dar. Somit lag das Projekt in unserem Interessenfeld und wir sind sehr mit dem Ergebnis zufrieden.“

**Dr. Julien Stein, Airbus Helicopters Deutschland GmbH, Donauwörth:**

„Im Rahmen des Forschungsprojektes „LaserOptRRS“ konnten wichtige Ergebnisse zum Thema Verschleißreduzierung von Rührreißschweißwerkzeugen mittels Laserstrahlimplantieren für die Anwender gewonnen werden. Besonders von Interesse waren die Untersuchungen an einer in der Luft- und Raumfahrt gängigen Aluminiumlegierung, die erhöhte Standzeiten von einem konturierten Werkzeug gegenüber dem konventionellen Werkzeug gezeigt haben. Weiterführende Arbeiten könnten beispielsweise das Laserimplantieren für das Schweißen von Hartmetallen in Szene setzen.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

- 05.067  
19.389 N **Steigerung der industriellen Anwendbarkeit des Rührreißschweißens durch ein wissensbasiertes und anwenderfreundliches Bedienkonzept**
- Prof. Dr.-Ing. Zäh, iwB Garching  
Prof. Dr.-Ing. Middendorf, IFB, Stuttgart  
Beginn: 01.03.2017 Laufzeitende: 28.02.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.389N>
- 05.065  
19.396 N **Untersuchungen zum Einfluss der Oberflächentopographie und Korrosion auf die Schwingfestigkeit magnetpuls-geschweißter Stahl/Aluminium Hybridbleche**
- Prof. Dr.-Ing. Böhm, TFF Kassel  
Prof. Dr.-Ing. Walther, WPT, Dortmund  
Beginn: 01.03.2017 Laufzeitende: 28.02.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.396N>
- 05.073  
19.434 N **Punktschweißkleben höherfester Dickblechaluminiumverbindungen (PlumpWeld)**
- Prof. Dr.-Ing. Böhm, TFF Kassel  
Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn  
Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 31.03.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.434N>
- 05.061  
19.485 B **Erarbeiten von Prozessstrategien zum Ultraschallschweißen von Kupfer mit Aluminium unter Berücksichtigung der metallischen Überzüge**
- Prof. Dr.-Ing.habil. Bergmann, Fertigungstechnik TU Ilmenau  
Beginn: 01.07.2017 Laufzeitende: 30.06.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.485B>
- 05.076  
19.516 N **Entwicklung einer prozessmomentbasierten Temperaturregelung für das Rührreißschweißen (MobaReg)**
- Prof. Dr.-Ing. Zäh, iwB Garching  
Beginn: 01.05.2017 Laufzeitende: 30.04.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.516N>
- 05.072  
19.566 B **Einfluss des Verhältnisses aus Drehrichtung und Geschwindigkeit am FSW-Werkzeug auf die Ermüdungsfestigkeit von Al-Legierungen (FSW-Fatigue)**
- Prof. Dr.-Ing.habil. Bergmann, Fertigungstechnik TU Ilmenau  
Prof. Dr.-Ing. Walther, WPT, Dortmund  
Beginn: 01.10.2017 Laufzeitende: 30.09.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.566B>

- 05.070  
19.729 N **FriCoat – Untersuchungen zum Rührreißschweißen von beschichteten Aluminiumblechen**
- Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen  
Beginn: 01.10.2017 Laufzeitende: 30.09.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.729N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

- 02.022  
18.966 B **Entwicklung eines Reibgesetzes zur Erfassung des Drehzahleinflusses bei der Reibschweißprozesssimulation**
- Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg  
Beginn: 01.01.2016 Laufzeitende: 31.05.2018  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.966B>
- 05.068  
19.036 B **Entwickeln eines Pressschweißverfahrens zum Fügen von Kupfer mit Aluminiumlitzen durch die kontrollierte Bildung eines Eutektikums**
- Prof. Dr.-Ing. Keitel, SLV Halle  
Prof. Dr.-Ing.habil. Bergmann, Fertigungstechnik TU Ilmenau  
Beginn: 01.02.2016 Laufzeitende: 31.07.2018  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.036B>
- 05.071  
19.205 B **Fügen von Aluminium-Stahl-Verbunden durch einseitig konduktive Erwärmung**
- Prof. Dr.-Ing.habil. Bergmann, Fertigungstechnik TU Ilmenau  
Beginn: 01.11.2016 Laufzeitende: 31.10.2018  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.205B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

- 05.064  
18.841 N **Gradierte Oberflächen durch Laserbearbeitung für Rührreißschweißwerkzeuge erhöhter Standzeit (LaserOptRRS)**
- Prof. Dr.-Ing. Böhm, TFF Kassel  
Prof. Dr.-Ing.habil. Steinhoff, IPL Kassel  
Beginn: 01.10.2015 Laufzeitende: 30.09.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.841N>
- 05.066  
18.843 B **Strategie zur Skalierung des Rührreißschweißens unter besonderer Berücksichtigung der Werkzeug/ Werkstoff Wechselwirkung - "Friction Stir Scaling"**
- Prof. Dr.-Ing.habil. Bergmann, Fertigungstechnik TU Ilmenau  
Beginn: 01.09.2015 Laufzeitende: 31.12.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.843B>

## Fachausschuss 6 „Strahlverfahren“



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

**Vorsitzender Prof. Dr.-Ing. Ronald Holtz**  
Class 4 Laser Professionals AG, Burgdorf/CH

**Stellvertretender Vorsitzender Dr.-Ing. Johannes Weiser**  
EWM AG, Mündersbach

**Ansprechpartner der Forschungsvereinigung**  
**M. Sc. Marvin Keinert**  
T +49 211 15 91-188  
F +49 211 15 91-200  
[marvin.keinert@dvs-hg.de](mailto:marvin.keinert@dvs-hg.de)

### 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 und verwandte Verfahren“

[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 sollen 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:

#### Untersuchungen zum Einfluss von Härte- und Gefügestand strahlgewweißter Verbindungen an Stählen auf deren Vorformungs- und Tragverhalten

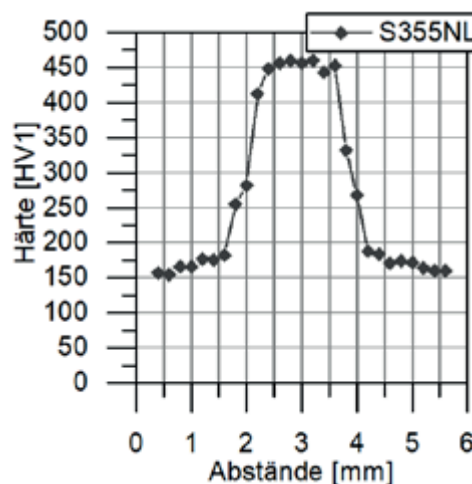
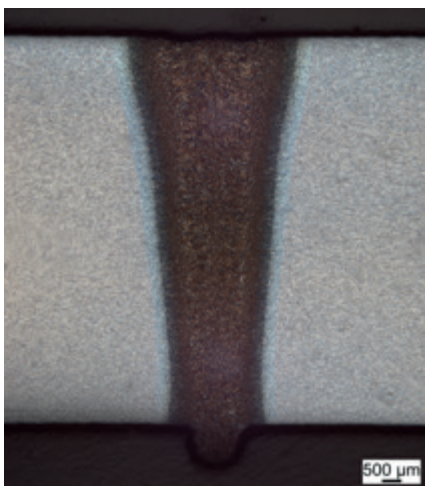
(IGF-Nr. 18087 N / DVS-Nr. 06.087)

Laufzeit: 1. Februar 2014 – 31. Dezember 2016

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

Der Anstoß für das Forschungsprojekt kam aus Industriekreisen, welche häufig mit vergleichsweise hohen Schweißnaht härten als Resultat von Strahlschweißprozessen konfrontiert werden, siehe Querschliff und Härtemessung an einem elektronenstrahlgewweißten S355NL in **Bild 60**. Diese hohen Härten resultieren aus der konzentrierten Wärmeeinbringung und der hohen Abkühlgeschwindigkeit bei Strahlschweißungen. Da hohe Härte bei Baustählen mit geringen Bauteilzähigkeiten assoziiert wird, wurden Untersuchungen zum Spröbruchverhalten von Strahlschweißungen durchgeführt. Dazu wurde ein Vorgehen gewählt, welches sich an dem Vorgehen zur Erstellung einschlägiger Normen wie dem Teil 1-10 des Eurocodes 3 orientiert. Hierbei steht die Korrelation der Ergebnisse von Versuchen in der Bruchmechanik mit den Ergebnissen aus Kerbschlagbiegeversuchen im Zentrum.

Durch die Kopplung an Werte aus dem Kerbschlagbiegeversuch ist die einfache Anwendbarkeit der erarbeiteten Ergebnisse in der Praxis gegeben, da der Nutzer die Mindestkerbschlagarbeiten der Grundwerkstoffe aus den technischen Lieferbedingungen entnehmen kann und somit eine einfache Auswahl des passenden Werkstoffes gegeben ist. Resultat der Untersuchungen ist eine Empfehlungstabelle, die sich auf die untersuchten Werkstoffe S355NL, S690QL und S960QL bezieht und die maximal nutzbare Blechdicke in Abhängigkeit der Streckgrenzauslastung, der Einsatztemperatur und der Werkstoffgüte bei Strahlschweißungen mit Härten bis zu 450 HV 1 angibt. Eine Überprüfung des erarbeiteten Konzepts wurde mit Hilfe von Großzugproben durchgeführt, **Bild 61**, nächste Seite.



**Bild 60:** Querschliff einer Elektronenstrahlschweißnaht in einem S355NL in 10 mm Blechdicke (links) und Härteverteilung quer zur Schweißnaht etwa 1 mm unterhalb der Oberkante aufgenommen (rechts)



**Bild 61:** Ausschnitt einer Grobzugprobe aus S355NL mit der Schweißnaht in der Mitte (horizontal) und diversen Sensoren, Prüfung bei  $-35^{\circ}\text{C}$

## Meinungen aus den Unternehmen

### Prof. Dr.-Ing. Peter Langenberg, Vorstandsvorsitzender/ CEO der IWT Solutions AG, Aachen:

Die Bauteilsicherheit von laser- und elektronenstrahlgeschweißten Baustählen ist für IWT-Solutions AG als Anbieter von Bauteilsicherheitsberechnungen auf bruchmechanischer Basis, von Arbeiten zur Herleitung und Definition von Zähigkeitsanforderungen in speziellen Anwendungsfällen und allgemein als Anbieter von Sprödbruchsicherheitsbewertungen und als Bruchmechanikspezialist von großem Interesse. Mit den Erkenntnissen aus dem Projekt kann jetzt die Auslegung von Strahlschweißungen sicherer gestaltet werden und Unsicherheiten, die bisher aus der konventionellen Kerbschlagprüfung herrührten, beseitigt werden. Um die gefundenen Ergebnisse zu erhärten, wurde auch von IWT Solutions AG eine Fortsetzung des Projektes unbedingt empfohlen. Ansonsten kann IWT-Solutions schon heute aus den Untersuchungen Vorteile für die tägliche Arbeit ziehen. Der Forschungsstelle sei für die sehr gute Arbeit gedankt.“

### Dr. Klaus Rainer Schulze, Geschäftsführer, Schulze-Consulting, Neuberg:

„Dieses Projekt war initiiert worden durch die häufig bei industriellen Anwendungen des EB-Schweißens auftretende Problematik, dass die Aufhärtung im SG und in der WEZ jene Werte übersteigt, welche in den gültigen Regelwerken (für Lichtbogenschweißnähte) als maximal zulässig genannt sind. Die in diesem Projekt mit Methoden der Bruchmechanik durchgeführten Untersuchungen brachten für 3 ausgewählte Stähle das Ergebnis, dass – in Abhängigkeit von Werkstoff, Belastung und Einsatztemperatur (insbes. tiefe Temperaturen) – durchaus höhere Härtewerte erlaubt werden können unter Begrenzung der Blechdicke. Dies wurde in einer Tabelle analog zum Eurocode 3 niedergelegt. Die Untersuchungen sollen fortgesetzt werden.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

06.095  
18.828 N **Laser-Plasma-Auftragschweißen als hybrides Beschichtungsverfahren für hohe Auftragsraten mit geringer thermischer Belastung**

Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Uhlmann, IPK Berlin

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.828N>

06.106  
19.228 N **Verbesserung der Nahtigenschaften von Laserschweißverbindungen an dickwandigen Strukturen mittels laseraufgetragenen Pufferschichten**

Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM 9.3 Berlin

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.228N>

06.114  
19.435 N **Schweißen und Löten von Al-Legierungen mittels NV-EBW und Einsatz von Zusatzwerkstoff bei geringer Beschleunigungsspannung (Low Acceleration Voltage - LAV)**

Prof. Dr.-Ing. Reising, ISF Aachen

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 30.09.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.435N>

06.110  
19.467 N **Prädiktion von Schweißparametern für das Elektronenstrahlschweißen und das Laserstrahlschweißen unter Vakuum durch inverse Nutzung eines Ersatzmodells**

Prof. Dr.-Ing. Reising, ISF Aachen

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 30.09.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.467N>

06.104  
19.565 N **Verfahren zum fehlerfreien Laserstrahl-Hybridschweißen von geschlossenen Rundschweißnähten**

Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Uhlmann, IPK Berlin

Beginn: 01.09.2017 Laufzeitende: 29.02.2020

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.565N>

06.111  
19.626 N **Laserstrahlschweißen verdeckter T-Stöße durch anforderungsgerechte Kantenvorbereitung und Positionsregelung**

Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen

Beginn: 01.07.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.626N>

06.100  
19.674 N **Kontrolliertes Laser- Heißdrahtbeschichten**

Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen

Beginn: 01.09.2017 Laufzeitende: 31.08.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.674N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

06.107  
18.582 B **Spritzerarmes Laserstrahlschweißen bei hohen Geschwindigkeiten unter Einsatz angepasster Intensitätsverteilungen**

Prof. Dr. Sinzinger, Techn. Optik TU Ilmenau

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

Beginn: 01.07.2016 Laufzeitende: 30.06.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.582B>

06.102  
18.840 N **Einfluss der Schwankungen von Kathodeneigenschaften auf die Strahlqualität und das Schweißergebnis beim Elektronenstrahlschweißen**

Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Prof. Dr.-Ing. Böhm, TFF Kassel

Beginn: 01.10.2015 Laufzeitende: 31.03.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.840N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

06.103  
00.145 E **Two Step Laser Coating for 3D Surfaces and Large Areas**

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

Beginn: 01.07.2015 Laufzeitende: 30.06.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://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 inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.386N>

06.090  
18.510 N **Verbesserung der Mikrostruktur von laserstrahlgeschweißten, ultrahochfesten Stählen durch gezielte Wärmebehandlung**

Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Beginn: 01.12.2014 Laufzeitende: 31.05.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.510N>

06.096  
18.707 N **Laserstrahlschweißen von Kupfer und Kupferlegierungen größer 3 mm Dicke unter reduziertem Arbeitsdruck bis hin zum Feinvakuum**

Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 30.09.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.707N>



## Fachausschuss 7 „Löten“



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

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

**Stellvertretender Vorsitzender Franz Wetzi**  
Robert Bosch GmbH, Renningen

**Ansprechpartner der Forschungsvereinigung  
Dipl.-Ing. Michael M. Weinreich**  
T +49 211 15 91-279  
F +49 211 15 91-200  
[michael.weinreich@dvs-hg.de](mailto:michael.weinreich@dvs-hg.de)

### Veranstaltungen

Internationales Kolloquium „Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen“ (LÖT)  
International Congress and Exhibition on Aluminium Brazing  
International Congress and Exhibition on Aluminium Heat Exchanger Technologies for HVAC&R

### 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 Füge-technik 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 Bauteilauslegung“ 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 Lötverbindungen
- Systematisches Erschließen der Einflussfaktoren zur Lebensdauerbeständigkeit: Mechanische Festigkeit, Korrosion
- Hochfeste, wirtschaftliche Lötverbindungen

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

#### Entwicklung von kupfer- und nickelbasierten Lötssystemen mit niedrigen Verarbeitungs-, aber hohen Wiederaufschmelztemperaturen

(IGF-Nr. 18.706 N / DVS-Nr. 07.081)

Laufzeit: 1. April 2015 – 31. März 2017

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

Projektziel war die Entwicklung von Lötssystemen und hieran angepasster Lötprozesse für das Hartlöten von Stahlwerkstoffen bei – im Vergleich zum Stand der Technik – deutlich verringerter Temperaturbelastung der Bauteile. Dem Vorhaben liegt die Idee zugrunde, dass niedrig schmelzende Legierungen aus den Systemen Cu-(Ni)-Si- und Cu-Sn in Kombination mit dem entsprechenden Basismetall Kupfer als weiterer nicht aufschmelzender, aber silizium- bzw. zinnaufnehmender Zusatzwerkstoff geeignet sind, hochfeste und temperaturbeständige Lötverbindungen zu erzeugen, wenn eine geeignete Verbundlotarchitektur vorliegt und eine an die Werkstoffkombination angepasste, kombinierte Löt-Diffusions-Wärmebehandlung durchgeführt wird, die die Wiederaufschmelztemperatur des resultierenden Lötguts erhöht. Zum Erreichen dieses Projektziels kamen Verbunde aus dem Zusatzwerkstoff Kupfer und zwei eutektischen Cu(Ni)Si-Lotlegierungen (90,6Cu-9,4Si und 69Cu-13Ni-18Si in Ma.-%) bzw. einem CuSn-Lot (75Cu-25Sn in Ma.-%) zum Einsatz. Die Liquidustemperaturen der verwendeten Lote ließen hierbei Löttemperaturen von 850 °C und weniger zu.

Es wurde zunächst die Wechselwirkung der Lote mit dem Zusatzwerkstoff Kupfer betrachtet. Insbesondere wurde dabei die

Diffusion der schmelzpunktsenkenden Elemente Silizium (Si) und Zinn (Sn) aus den Loten in das feste Kupfer experimentell untersucht und mathematisch beschrieben. Für die anschließenden Fügeprozesse mit den Cu(Ni)Si-Loten wurde dann der Zusatzwerkstoff Kupfer als galvanische Beschichtung auf den zu fügenden Werkzeugstahl 1.2714 aufgebracht. Durch eine kombinierte Löt-Diffusions-Wärmebehandlung wurde hierbei eine Steigerung der Wiederaufschmelztemperatur um bis zu 200 °C des resultierenden Lötguts im Vergleich zu den Liquidustemperaturen der eingesetzten Lote (<825°C) erreicht, ohne dass es zur festigkeitsmindernden Bildung von Eisensiliziden an der Phasengrenze Lötgut / Stahlwerkstoff kam. Im Falle des CuSn-Lots – hier in Kombination mit zusätzlicher Kupferfolie in der Fügezone – kann ein direkter Kontakt des Lotes mit dem Stahl erfolgen, ohne dass Sprödphasen entstehen (**Bild 62 und 63**). Die hieraus resultierenden Fügeverbindungen weisen Scherzugfestigkeiten von 200 MPa auf. Durch den Diffusionsprozess zwischen CuSn25-Lot und dem Kupferzusatzwerkstoff wurde die Zinnkonzentration im Lötgut durch eine entsprechende Wärmebehandlung soweit herabgesetzt, dass die Wiederaufschmelztemperatur der Lötverbindung bei etwa 900 °C lag.

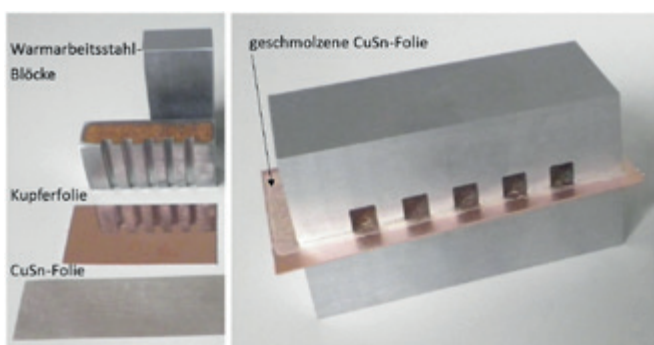


Bild 62: Gelöteter Demonstrator aus 1.2714 für das Lotfolien-System CuSn25/Kupfer/CuSn25

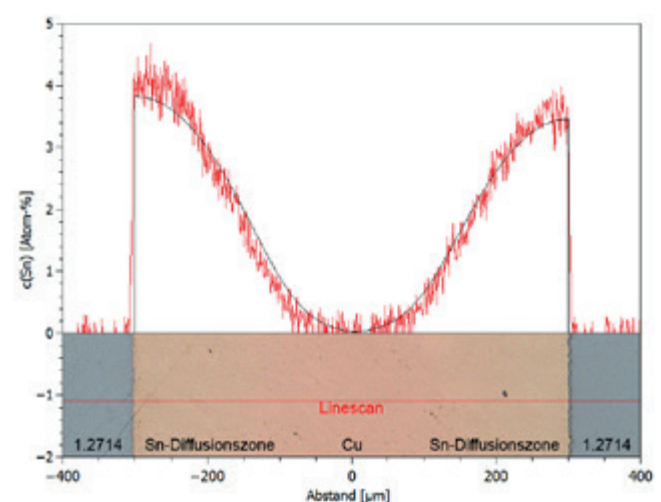


Bild 63: Zinnverteilung in der Lötnaht nach kombinierter Löt-Diffusions-Wärmebehandlung

## Meinungen aus den Unternehmen

**Thomas Hartmann, R&D Rapid Solidification, VACUUM-SCHMELZE GmbH & Co. KG, Hanau:**

„Die Vacuumschmelze stellt seit vielen Jahren Hochtemperaturlote im Serienmaßstab her. In dieser Zeit bin ich im Kundenkontakt oft mit genau dieser Fragestellung konfrontiert worden: Gibt es borfreie Lotfolien die sich zum Diffusionslöten im Bereich von unter 900 °C eignen, dabei auch noch geringe Materialkosten haben und höhere Wiederaufschmelztemperaturen besitzen? Genau diese Fragestellung wird von diesem Projekt abgedeckt. Durch die gute Zusammenarbeit zwischen Forschungsstelle und Industrie konnte eine neuartige und anwendungstaugliche Lösung gefunden werden, die wir nun unseren Kunden anbieten können.“

**Dr.-Ing. Manfred Boretius, Geschäftsleitung/CEO, Listemann Technology AG, Bendorf, Liechtenstein**

„Moderne Werkstoffe entwickeln sich mehr und mehr zu „Spezialisten“, die oft eine spezielle Wärmebehandlung benötigen,

um dem spezifischen Werkstoffverhalten gerecht zu werden. Anwendungsbeispiele hierfür sind das Kornwachstum in Kupferwerkstoffen für Hochleistungslaserspiegel oder abgesenkte Austenitisierungstemperaturen bei hochreinen Werkzeugstählen. Diese Charakteristika muss auch das Löten berücksichtigen. Die Absenkung der Löttemperatur bei gleichzeitig voller Ausnutzung der Einsatztemperatur ist deshalb ein Muss bei der Weiterentwicklung des Lötens.

Das Projekt greift diese Forderung in idealer Weise auf und liefert dem Anwender eine wissenschaftliche, systematisch erarbeitete Basis für das Diffusionslöten, wo neben den originären Lötparametern Temperatur und Zeit ganz bewusst auch das Diffusionsverhalten gezielt und kontrolliert eingesetzt wird. Als industrieller Dienstleister für das Vakuumlöten, mit Schwerpunkt im Werkzeug- und Formenbau, werden wir das Projektergebnis in unsere Prozessentwicklung integrieren und so den Kundennutzen sowie die Anwendungsmöglichkeiten der Verbindungstechnik Lötens weiter ausbauen.“

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

**Qualifizierung der elektrischen Widerstandsmessungen zur zerstörungsfreien Prüfung von Hartlötverbindungen – LöWe**  
(IGF-Nr. 18.469 N / DVS-Nr. 07.080)

Laufzeit 1. Januar 2015 – 31. Dezember 2016

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. W. Tillmann, Lehrstuhl für Werkstofftechnologie (LWT), TU Dortmund

Das Forschungsprojekt lieferte umfassende Erkenntnisse über den Einsatz der elektrischen Widerstandsmessung als zerstörungsfreies Prüfverfahren zur Untersuchung und Qualitätskontrolle von hartgelöteten Fügeverbindungen. Festigkeitsrelevante Fehlstellen wie Lunker und Poren insbesondere im oberflächennahen bzw. im Bereich der Hohlkehle führen zu einem erhöhten Widerstandswert und können so durch das Messverfahren identifiziert werden. Die Funktionsfähigkeit der Messmethodik wurde erfolgreich an verschiedenen Demonstratoren gezeigt. So standen im Projekt neben gelöteten Kupferrohrverbindungen (Bild 64) auch Hammerbohrer und Kreissägen zur Verfügung. An allen Demonstratoren konnten eindeutig schlechte und gute Fügeverbindungen voneinander unterschieden werden. Es sind Folgeprojekte (im ZIM-Programm der AiF) zur Integration der neuen Technologie in Lötautomaten der Werkzeugindustrie geplant.

Des Weiteren war es sogar möglich, basierend auf der Messmethodik eine Online-Prozessüberwachung innerhalb eines Hochtemperaturlötprozesses zu entwickeln. Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnte der Fügeprozess zwischen Hartmetall und Stahl mit Hilfe eines Kupferlotes bei einer Temperatur von 1150 °C direkt beobachtet und anhand der elektrischen

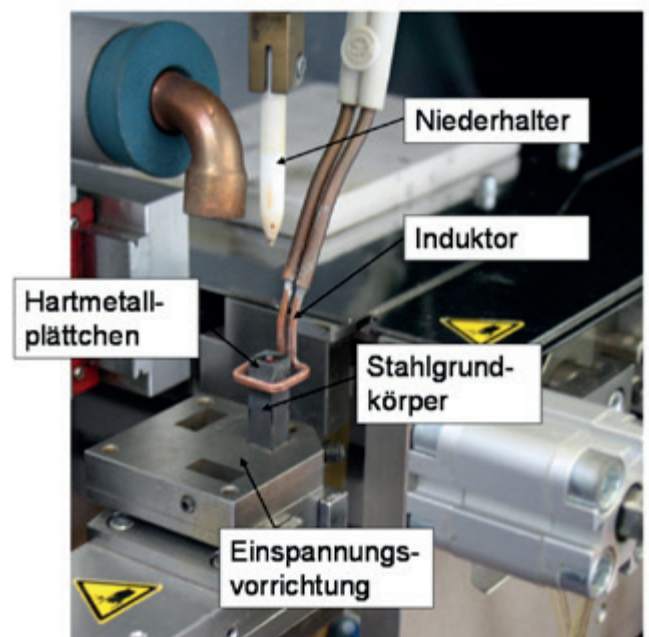


Bild 64: Aufbau der Lötanlage.

Widerstandswerte ein Rückschluss über die ablaufenden Prozesse gezogen werden. Die Messwerte liefern einen Einblick in die Diffusionsprozesse, den Zustand der Fügeverbindung und können gegebenenfalls thermisch induzierte Spannungsrisse

während des Abkühlvorganges detektieren. So bietet diese innovative Methodik das Potenzial von nun an, schwer zu beobachtende Löt- und Fügeprozesse im Hochtemperaturbereich direkt zu analysieren.

## Meinungen aus den Unternehmen

### Max Schimpfermann, SAXONIA Technical Materials GmbH, Hanau:

„Der erarbeitete Lösungsansatz hat ein hohes Potenzial für Hersteller von gelöteten Produkten, da es sie in die Lage versetzt, den Qualitätsstandard der gefertigten Produkte inline zu verifizieren oder gar zu verbessern und somit Fertigungskapazitäten zu erhöhen. Das Konzept wird künftig in unsere anwendungstechnische Beratung mit einfließen, in der wir die Thematik der Qualitätsprüfung zur Verbesserung von Prozessen aktiv mit unseren Kunden vorantreiben.“

### Jan Pfeiffer, PVA Löt- und Werkstofftechnik GmbH, Wetzberg:

„Der im Rahmen des Forschungsprojektes verfolgte Ansatz der Prüfung von Lötungen mittels elektrischer Widerstandsmessung

stellt für die Löttechnik eine zukunftssträchtige Thematik dar. Besonders hervorzuheben ist, dass nicht nur das Potenzial für die Sicherung der Qualität nach dem Fügen, sondern auch Möglichkeiten zur Prozessüberwachung aufgezeigt werden. Das Zweitgenannte stellt vor allem für Lohnbetriebe ein großes Potenzial dar. Hier wird, besonders bei neuen Projekten, stets ein erhöhter Entwicklungsaufwand bis zur Prozessserienreife betrieben, da die Überwachung der Prozesse konventionell über die Temperatur am Bauteil bzw. im Ofen erfolgt und folglich stets durch Unsicherheit behaftet ist. Die Integration der hier dargestellten Inline-Messung in die moderne Ofentechnik könnte zu einem signifikant reduzierten Aufwand bei Bemusterungen führen. Wir sind sowohl von diesen Ergebnissen als auch von der Realisierung des IGF-Projektes sehr angetan.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

### 07.087 18.796 B Hybrid-Reibbeschichten zur Applikation des Lotes

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

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.796B>

### 07.083 19.201 N Optimierung von Hartmetall-Stahl-Lötverbindungen hinsichtlich Festigkeit, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit durch Verbesserung der Prozesskontrolle beim Induktionslöten

Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.201N>

### 07.086 19.242 N Herstellung und Applikation thermoplastumhüllter Lotpartikel für die löttechnische Fertigung mit pulverförmigen Hartloten

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.02.2017 Laufzeitende: 31.01.2019

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.242N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

### 07.084 19.056 B Untersuchungen zum Einfluss von Stickstoff in der Lötatmosphäre auf die Lebensdauerfestigkeit Ni-Basis-gelöteter CrNi-Stahl-Verbindungen unter korrosiver Belastung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wagner, IWW Chemnitz (Vwst)

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.04.2016 Laufzeitende: 30.09.2018

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.056B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

### 07.071 17.776 N Verbesserung der Gebrauchseigenschaften hochtemperaturgelöteter Verbindungen durch thermodynamisch ausgelegte Temperatur-/Zeitzyklen

Prof. Dr.-Ing.habil. Wilden, HS Niederrhein, Krefeld

Prof. Dr. rer. nat. Müller, IFM Berlin

Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 31.03.2017

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.776N>

### 07.075 17.907 N Vermeidung binderbedingter Fehlstellen durch prozesssichere Verarbeitung von Lotpasten bei flächigen Bauteillötungen

Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen

Beginn: 01.11.2014 Laufzeitende: 31.08.2017

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.907N>

- 07.076  
18.284 B **Untersuchung der Gefüge-Eigenschafts-Beziehungen von Eisenbasisloten**  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wagner, IWW Chemnitz (Vwst)  
Beginn: 01.07.2014 Laufzeitende: 30.06.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://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**  
Prof. Dr.-Ing. Tillmann, LWT Dortmund  
Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen  
Beginn: 01.11.2014 Laufzeitende: 31.07.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.387N>
- 07.078  
18.507 B **Verringerung der Schwermetallionenmigration kupfergelöteter Plattenwärmeübertrager (PWÜ) für Trinkwasseranwendungen**  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wagner, IWW Chemnitz (Vwst)  
Beginn: 01.12.2014 Laufzeitende: 31.05.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.507B>
- 07.082  
18.705 B **Entwicklung eines standardisierten Messverfahrens zur in situ Bestimmung des Benetzungs- und Fließverhaltens von Hartloten**  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wagner, IWW Chemnitz (Vwst)  
Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.705B>
- 07.081  
18.706 N **Entwicklung von kupfer- und nickelbasierten Lötssystemen mit niedrigen Verarbeitungs- aber hohen Wiederaufschmelztemperaturen**  
Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover  
Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.03.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.706N>

## Fachausschuss 8 „Klebtechnik“



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

**Vorsitzender Dipl.-Ing. Peter Hellwig**  
Siemens AG, Krefeld

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

**Vorstandsvorsitzender Dr.-Ing. Hans Christian Schmale**  
Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter

**Stellvertretender Vorstandsvorsitzender Dr. Wolfgang Wittwer**  
Kömmerling Chemische Fabrik GmbH, Pirmasens

**Ansprechpartner der Forschungsvereinigung**  
**Ass. jur. Marcus Kubanek**  
T +49 211 1591-120  
F +49 211 1591-200  
[marcus.kubanek@dvs-hg.de](mailto:marcus.kubanek@dvs-hg.de)

### 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 „Haftklebebander“
- 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.**  
Arbeitskreise „Fertigung und Konstruktion“ und „Adhäsion und Klebstoffchemie“ der DECHEMA
- **Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.**  
Expertenausschuss „Kleben von Stahl“ der FOSTA
- **Internationaler Verein für technische Holzfragen e. V.**  
Mitglieder des iVTH aus Forschung und Industrie
- **Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS**  
Fachausschuss 8 „Klebtechnik“



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 „Klebstoffe“ 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 Prüfmethode 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

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

#### Nachweisführung für die Beanspruchbarkeit von hyperelastischen Klebverbindungen unter betriebsrelevanten Bedingungen

(IGF 18.173 N / DVS 08.097)

Laufzeit: 1. Mai 2015 – 31. Oktober 2017

Prof. Dr. B. Mayer, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen

Elastische Klebverbindungen werden seit vielen Jahren im Multimaterialleichtbau eingesetzt. Regelwerke, in denen die Vorgehensweise bei der Nachweisführung beschrieben wird, gibt es im Schiffbau und besonders im Schienenfahrzeugbau, der hier als Schwerpunkt behandelt wurde. Die Lastfälle im Schienenfahrzeugbau sind größtenteils in einschlägigen Normen

beschrieben. Die Nachweisführung ist noch immer primär auf metallische Strukturen ausgerichtet, soll aber auch für polymere Werkstoffe und Klebstoffe sinngemäß nach diesen Normen umgesetzt werden. Der Fokus der Normenwerke auf Metalle erfordert eine grundlegende Betrachtung der normativen Zusammenhänge und eine Diskussion der sich ableitenden speziellen

$$\frac{R_i}{\sigma_{be}} \geq S_i \quad \text{DIN EN 12663}$$

$$\sigma_{zul} = \frac{R_{char}}{S} f_T f_M f_L f_D f_G \quad \text{DVS 1618}$$



$$\frac{R_{char}}{\sigma_{be}} \geq \frac{S}{f_T f_M f_L f_D f_G}$$

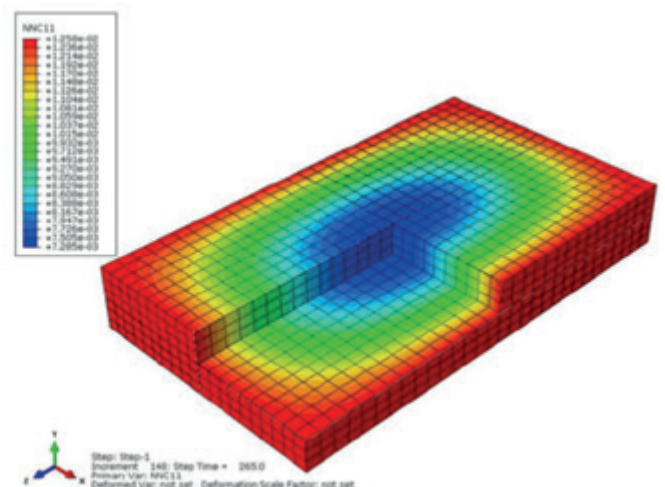


Bild 65: Bemessungsformel und Ergebnis der Diffusionsberechnung zur Beurteilung der Abminderungsfaktoren  $f_T$  und  $f_M$  für Temperatur und Feuchte

Anforderungen an die Klebstoffe und Klebverbindungen. Die Eigenschaften hängen stärker als bei Metallen von Temperatur, Feuchte und dem hydrostatischen Spannungszustand ab. Vor diesem Hintergrund wurden zwei typische Vertreter der elastischen Klebstoffe mit unterschiedlicher chemischer Grundstruktur ausgewählt und untersucht.

Weiterhin wurden die Vorgaben der klebtechnischen Regelwerke für den Schienenfahrzeugbau überprüft und konkretisiert. Dazu gehören Randbedingungen für die Klima- und Auslagerungsbedingungen (Bild 65, vorherige Seite) und die Beschrei-

bung des Kriech-, Relaxations- und Schwingverhaltens. Die Erfordernisse von kleineren und mittleren Firmen wurden dadurch berücksichtigt, dass auf übliche, am Markt verfügbare Software für die Finite Elemente Methode zurückgegriffen wurde und das Beispiel eines Zulieferers aus diesem Bereich behandelt wurde. Prüf- und Berechnungskonzepte zur Nachweisführung wurden gegenüber dem Stand der Technik deutlich konkretisiert. Eine Übertragung auf andere Branchen ist unmittelbar möglich. Dem Projektbegleitenden Ausschuss gehörten ein Betreiber von Schienenfahrzeugen und Firmen des Schienenfahrzeugbaus, der Klebstoffindustrie und des Schiffbaus an.

### Meinungen aus den Unternehmen

#### **Gerd Dietz, Leiter Anwendungstechnik Industrie, Henkel Heidelberg:**

„Die Nachweisführung über das Verhalten geklebter Strukturen bekommt immer mehr Bedeutung und Beachtung bei der Umsetzung der Klebtechnik in bestehende und neue Anwendungsfelder. Auf Basis aktueller Erfahrungen und Forschungen konnten im dem Projekt weitere vertiefende Erkenntnisse bezüglich des Klebstoffverhaltens unter verschiedensten praxisnahen Einsatztemperaturen und Feuchten hinzugewonnen werden. Dies ist enorm wichtig für die Planbarkeit und Ausführung von Konstruktionen und die weitere Akzeptanz der Klebtechnik in der industriellen Fertigung.“

#### **Jan Lügering, Technischer Vertrieb und Projektleitung, Techno-Composites Domine GmbH, Haselünne:**

„Das Ergebnis dieses Forschungsprojektes hat einen interessanten Ansatz für Nachweisführung bei Klebverbindungen im Bereich der Bahntechnik geliefert. Da auch die Zulieferer mit in

der Pflicht stehen, notwendige Klebungen mit auszulegen, ist es für ein kmU durchaus wichtig, dass die normative Nachweisführung die Eigenarten der jeweilig eingesetzten Materialarten mit beachtet, um die Genauigkeit der Aussage zu erhöhen. Wir erhoffen uns auch aus dem Folgeprojekt eine weitere Vereinfachung der Nachweisführung bei gleichzeitig steigender Aussagekraft bzgl. der Lebensdauer von Klebverbindungen.“

#### **Dipl. Ing. Peter Hellwig, Siemens AG Krefeld:**

„Der derzeitige dokumentierte Stand der Technik zur Nachweisführung von Klebverbindungen ist relativ alt oder deckt mehr organisatorische Aspekte ab. Speziell, wenn klebtechnische Berechnungen mittels FEM erfolgen sollen, hat der Anwender das Problem, dass es kein allgemein anerkanntes Bewertungsschema gibt. Mit diesem Forschungsprojekt sind die notwendigen Grundlagen gelegt worden, um ein solches Bewertungsschema zu schaffen.“

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

#### **Einsatz der optisch, mechanisch und induktiv angeregten Shearografie für die zerstörungsfreie Prüfung von hochfesten Strukturklebungen und elastischen Dickschichtklebungen (OMIS Bond)**

(IGF-Nr. 18.709 N / DVS-Nr. 08.095)

Laufzeit: 1. April 2015 – 31. Juli 2017

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. S. Böhm, Fachgebiet Trennende und Fügende Fertigungsverfahren, Universität Kassel

Fachgebiet für Trennende und Fügende Fertigungsverfahren, Universität Kassel

Das strukturelle Kleben gewinnt in der industriellen Anwendung eine immer größere Bedeutung. Aufgrund des sensiblen Fügeprozesses und der damit verbundenen Anfälligkeit müssen insbesondere bei sicherheitsrelevanten Klebungen Fehler weitestgehend ausgeschlossen werden. Zum Nachweis einer fehlerfreien Klebung bietet sich die zerstörungsfreie Prüfung an. Die etablierten Verfahren Ultraschall- und Durchstrahlungsprüfung sind, bedingt durch die vergleichsweise hohe Prüfdauer, nur für

wenige Anwendungen in der Serienfertigung einsetzbar. Ziel des Projektes war die Ermittlung des Potenzials der Shearografie zur zerstörungsfreien Prüfung von Klebverbindungen.

Im Projektverlauf wurde gezeigt, dass die Shearografie das Potential besitzt, als zerstörungsfreie Prüftechnik für Klebverbindungen eingesetzt zu werden. So wurden fehlerhafte Prüfkörper aus unterschiedlichen Substraten und verschiedenen Klebstoff-



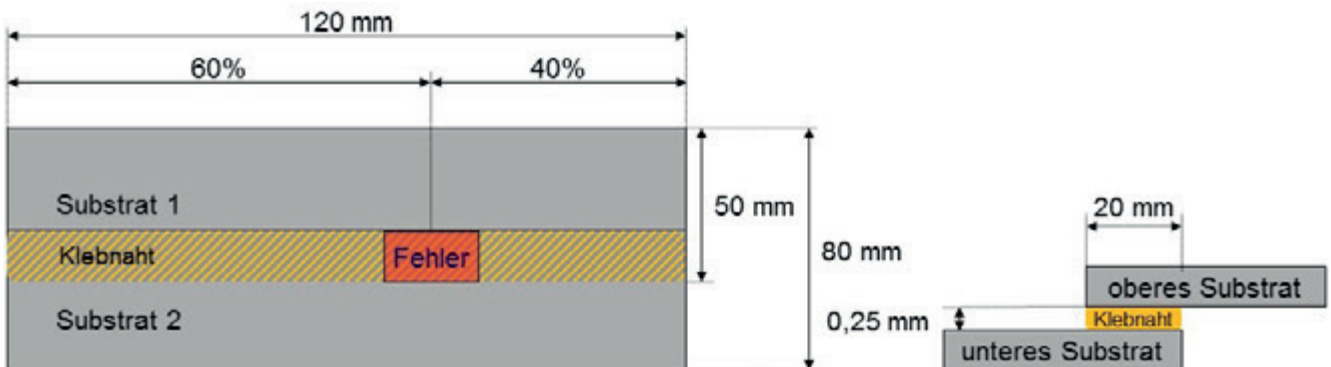


Bild 66: Schematische Darstellung der allgemeinen Prüfkörpergeometrie sowie der Positionierung der eingebrachten Fehler

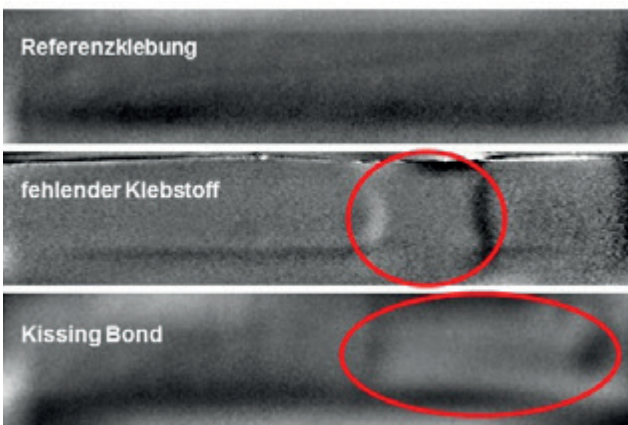


Bild 67: Beispielhafte Fehlerdetektion mittels induktiv angeregter Shearografie von 2K-PUR-Klebung von Aluminium und Tiefziehstahl

typen hergestellt. Die zur Prüfung notwendige Belastung der Prüfkörper (Bild 66) wurde durch drei unterschiedliche Anregungsverfahren optisch, induktiv sowie mechanisch realisiert. Zur Bewertung der Übertragbarkeit der Ergebnisse wurden Realbauteile ausgewählt, hergestellt und mit Shearografie geprüft.

Insgesamt zeigten die Projektergebnisse, dass die Shearografie über umfassendes Potenzial für die zerstörungsfreie Prüfung von Klebverbindungen verfügt. Dabei wurden Fehler wie fehlender Klebstoff, eine inhomogene Durchmischung der Klebstoffkomponenten, Delaminationen sowie Kissing Bonds detektiert (Bild 67).

Alle Anregungsarten, die optische, die induktive und die mechanische Anregung, haben jedoch jeweils ihre Vor- und Nachteile und müssen für eine konkrete Prüfsituation aus den gegebenen Randbedingungen (Substrat, Klebstoff, Zugänglichkeit, Prüfdauer, u. a.) ausgewählt werden.

## Meinungen aus den Unternehmen

### Frank Steegmanns, Stockmeier Urethanes GmbH & Co. KG, Lemgo:

„Die Mitarbeit in dem Projekt hat uns wertvolle Erkenntnisse für die klebtechnische Beratung unserer Kunden gebracht. Auch wenn nicht alle Fehler detektiert werden können, so bietet die Shearografie doch ein sinnvolles Instrument für die Überwachung von Klebungen mittels zerstörungsfreier Prüfungen.“

### Artur Zanotti, Sika Deutschland GmbH, Bad Urach:

„Vertrauen in die Prozesssicherheit zu schaffen, ist bei Klebanwendungen eine zentrale Aufgabe. ZfP ist darum eine von vielen

klebstoffverarbeitenden Betrieben gesuchte Möglichkeit, den 'speziellen Prozess' Kleben zuverlässig abzusichern. Im Rahmen des OMIS Bond Projekts wurde eine zusätzliche neue Methode qualifiziert, mit deren Hilfe Fehlstellen oder ein falscher Klebstoffauftrag sichtbar gemacht und folglich verhindert werden kann. Außerdem wurde deutlich, dass die Methode für die spezifischen Klebstofftechnologien besonders geeignet ist. Damit werden der Einsatzbereich und die Akzeptanz von Klebungen deutlich erweitert. Wir als Klebstoffhersteller können unseren Kunden geeignete Wege zur Qualitätssicherung aufzeigen.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

- 08.108  
00.201 E **Fast and Stable Adhesive Curling with De-bonding Option - Prozesssichere Schnellhärtung von Klebstoffen mit Entklebungsoption**  
Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen  
Prof. Dr. Hanke, IZFP Saarbrücken  
Beginn: 01.09.2017 Laufzeitende: 31.08.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.201E>
- 08.105  
18.824 N **Einsatz der THz-Sensorik zur Bestimmung der Alterung von Klebverbunden („T-Age“)**  
Prof. Dr.-Ing. Böhm, TFF Kassel  
Prof. Dr. Koch, AG Experimentelle Halbleiterphysik, Marburg  
Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.824N>
- 08.102  
19.207 N **Kleben von Nitinol-Mischverbindungen in der Medizintechnik**  
Prof. Dr.-Ing. Böhm, TFF Kassel  
Prof. Dr. Hämmerle, NMI Uni Tübingen (Reutlingen)  
Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen  
Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.207N>
- 08.106  
19.390 N **Reduktion des Fadenzugs bei der Dosierung hochviskoser Klebstoffe (Fadenfrei)**  
Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig  
Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen  
Beginn: 01.03.2017 Laufzeitende: 28.02.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.390N>
- 08.096  
19.391 N **Methoden zur zerstörungsfreien prozessintegrierten Qualitätssicherung elementar geklebter Strukturen**  
Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig  
Beginn: 01.03.2017 Laufzeitende: 28.02.2019  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.391N>
- 08.1966  
19.417 N\*) **Wirtschaftliche Herstellung hochwertiger Holz-Beton-Verbindenelemente unter Anwendung einer innovativen Schnellklebtechnik und Einsatz von Laubholz - SpeedTeCC**  
Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig  
Prof. Dr.-Ing. Kasal, WKI Braunschweig  
Prof. Dr.-Ing. Seim, FHB, Kassel  
Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 31.03.2019  
\*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
Internationaler Verein für  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.417N>

- 08.2104  
19.499 N\*) **Baustellenoptimierte Schnellaushärtung im Holzbau**  
Prof. Dr.-Ing. Böhm, TFF Kassel  
Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen  
Beginn: 01.05.2017 Laufzeitende: 30.04.2019  
\*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
Internationaler Verein für  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.499N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

- 08.104  
19.206 N **Klebeignung generativ gefertigter Systeme**  
Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig  
Prof. Dr.-Ing. Vietor, IK Braunschweig  
Beginn: 01.10.2016 Laufzeitende: 30.09.2018  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.206N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

- 08.097  
18.173 N **Nachweisführung für die Beanspruchbarkeit von hyperelastischen Klebverbindungen unter betriebsrelevanten Bedingungen**  
Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen  
Beginn: 01.05.2015 Laufzeitende: 31.10.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.173N>
- 08.095  
18.709 N **Einsatz der optisch, mechanisch und induktiv angeregten Shearografie für die zerstörungsfreie Prüfung von hochfesten Strukturklebungen und elastischen Dickschichtklebungen**  
Prof. Dr.-Ing. Böhm, TFF Kassel  
Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.07.2017  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.709N>

## Fachausschuss 9 „Konstruktion & Festigkeit“



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

**Vorsitzender Dr.-Ing. Jürgen Rudolph**  
AREVA GmbH, Erlangen

**Stellvertretender Vorsitzender Dr.-Ing. Manfred Kaßner**  
Falkensee

**Ansprechpartner der Forschungsvereinigung**  
**Dr.-Ing. Calin-Marius Pogan**  
T +49 211 15 91-123  
F +49 211 15 91-200  
Calin-Marius.Pogan@dvs-hg.de

### 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)

#### 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 gegebenenfalls regelwerkskonforme Nutzung gefügter Bauteile und daraus gefertigter Produkte erfordert 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, das heißt 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
- Mehrachsige, 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, Beispiel 1:

#### Tragverhalten von geschweißten Bauteilen aus Stahlguss unter Berücksichtigung von Imperfektionen und Eigenspannungen

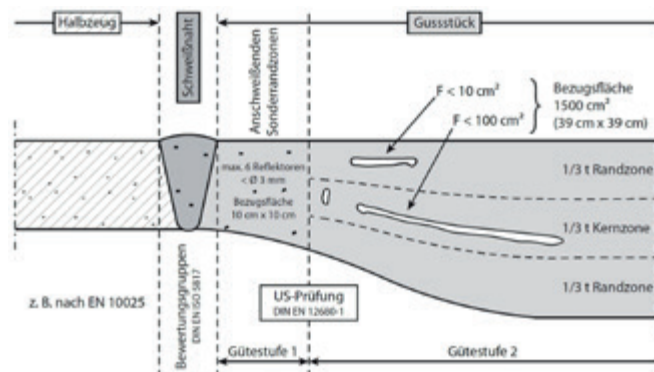
(IGF-Nr. 17.745 N / DVS-Nr. 09.062)

Laufzeit: 1. April 2013 – 30. September 2015

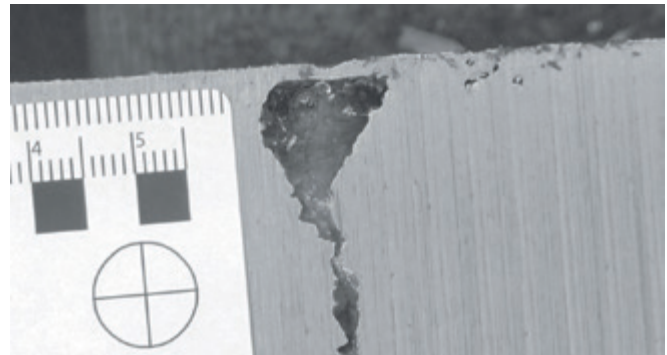
Prof. Dr.-Ing. T. Ummenhofer, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Stahl- und Leichtbau, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden zwei Bemessungskonzepte für den Tragfähigkeitsnachweis von vorwiegend ruhend beanspruchten Bauteilen aus Stahlguss in Abhängigkeit der Gütestufe entwickelt. Derzeit nach EN 12680-1 zulässige Fehlergrößen sind in **Bild 68** unterteilt nach Rand-, Kern- und Sonderzonenbereich skizziert.

Die Grundlage für die Neuentwicklung der Bemessungskonzepte stellen experimentelle Untersuchungen an Zugproben mit unterschiedlichen realen Gussfehlern (siehe **Bild 69**) dar. Eingesetzt wurden die Werkstoffe G20Mn5 und G22NiMoCr5-6 sowie rissbehaftete, gekerbte Vierpunktbiegeproben mit unterschiedlichen Wanddicken, geprüft bei tiefen Temperaturen. Aufbauend auf diesen Untersuchungen wurde ein Konzept für den Nachweis von Stahlgussstücken auf Basis von FEM-Berechnungen abgeleitet, so dass für Erzeugnisse aus Stahlguss



**Bild 68:** Zulässige Fehlerstufen für Gütestufe 1 und 2



**Bild 69:** Realer Gussfehler

eine elastisch-plastische Bauteilauslegung trotz angenommener Gussfehler ermöglicht wurde. Zusätzlich zu dieser detaillierten Berechnungsmethode wurde für die baupraktische Anwendung ein vereinfachtes Nachweiskonzept, angelehnt an das Vorgehen des Sprödbuchnachweises nach EC3-1-10, hergeleitet. Dabei wurde die bruchmechanische Berechnung für den Nachweis der Sprödbuchbarkeit in einen rein spannungsbasierten Nachweis überführt, so dass für den Tragwerksplaner die Möglichkeit besteht, mit einfachen Mitteln eine hinsichtlich der Beanspruchung abgestufte Qualitätsanforderung zu definieren.

Durch die Unterteilung in ein detailliertes Nachweisformat auf Basis von FEM-Berechnungen sowie ein vereinfachtes Nachweiskonzept ist die Anwendbarkeit der erzielten Ergebnisse sowohl für Ingenieurbüros als auch für spezialisierte Unternehmen mit entsprechenden Berechnungsmöglichkeiten gegeben.

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dipl.-Ing. Markus Kirschbaum, Liebherr-Werk Ehingen GmbH, Ehingen:

„Das Projekt trägt zum Verständnis des Werkstoffverhaltens von Stahlguss unter mechanischer Beanspruchung wesentlich bei. Eine Aussage zur erforderlichen Gütestufe kann nun einfacher getroffen werden, da deren Einfluss auf den Bauteilwiderstand quantifiziert werden kann. Hierdurch ist ein erster Brückenschlag zwischen technischen Lieferbedingungen auf der einen Seite und Bemessungsregeln auf der anderen Seite gelungen.“

### Katharina Kunz, sbp GmbH, Stuttgart:

„Im Rahmen einer Dimensionierung eines Ringseilknotens für ein Stadion haben wir das Verfahren aus dem Forschungsprojekt

angewandt. Mit dem neuen Verfahren können Reserven ausgenutzt und weniger konservativ bemessen werden. Da das Verfahren noch nicht auf alle Bereiche anwendbar und das Vorgehen in der praktischen Anwendung sehr aufwändig ist, gibt es hier noch weiteren Forschungsbedarf – ein erster Schritt ist aber getan.“

### Arno de Buhr, Friedrich Wilhelms-Hütte, Mülheim an der Ruhr:

„Die erzielten Ergebnisse bieten eine gute Basis für die Gießereiindustrie, den Werkstoff Stahlguss dauerhaft im Bauwesen zu etablieren. Die Ermittlung von dynamischen Eigenschaften würde das Gesamtergebnis abrunden.“

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

### Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit von Offshore-Windenergieanlagen durch Schweißnahtnachbehandlung unter Berücksichtigung des Korrosionseinflusses

(IGF-Nr. 18.457 N / DVS-Nr. 09.069)

Laufzeit 1. November 2014 – 31. Oktober 2017

Prof. Dr.-Ing. T. Ummenhofer, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Stahl- und Leichtbau, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prof. Dr.-Ing. I. Engelhardt, Labor für Stahl- und Leichtmetallbau, Hochschule München

Durch den Einsatz von höherfrequenten Hämmerverfahren (HFH) an geschweißten Konstruktionen kann deren Lebensdauer bzw. die Ermüdungsfestigkeit des behandelten Kerbdetails maßgeblich gesteigert werden. Bauwerke, die hohen ermüdungswirksamen Beanspruchungen ausgesetzt sind, wie Offshore-Windenergieanlagen, könnten durch deren Einsatz deutlich wirtschaftlicher konstruiert werden. Im Fall von Offshore-Konstruktionen sind die Bauwerke neben den Beanspru-

chungen aus Anlagenbetrieb, Wind und Welle zusätzlich korrosiven Bedingungen ausgesetzt. Der Einsatz der HFH-Verfahren scheitert derzeit an fehlenden Regelwerksvorgaben und Rückfragen der Aufsichtsbehörden zum Einfluss der korrosiven Umgebung auf die Wirksamkeit der HFH-Verfahren.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde gezeigt, dass höherfrequente Hämmerverfahren auch in korrosiver Umgebung

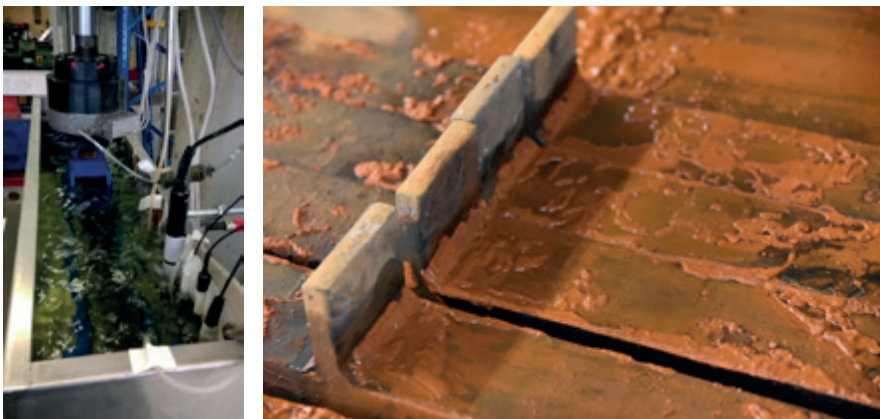


Bild 70: Prüfstand für Schwingversuche in künstlichem Meerwasser (links), korrodierte Versuchskörper nach Auslagerung (rechts)

zu einer deutlichen Steigerung der Ermüdungsfestigkeit geschweißter Details führen, solange kein signifikanter Dickenabtrag ( $\Delta d > 0,1 \text{ mm}$ ) entsteht. Untersuchungen an Stumpfnähten unter Korrosionseinfluss zeigten eine Steigerung der statistisch ausgewerteten Ermüdungsfestigkeit (Referenzwert bei 2 Mio. Lastwechsel) um den Faktor 2,0 im Vergleich zu unbehandelten Stumpfnähten in korrosiver Umgebung bzw. zu nicht korrodierten Proben an Luft. Untersuchungen an Quersteifen belegten eine Steigerung der Ermüdungsfestigkeit um den Faktor 1,3 im Vergleich zu nicht korrodierten Proben an Luft. Der Korrosionsangriff durch Meerwasser wurde versuchstechnisch durch Salzsprühnebel sowie durch Versuche in künstlichem Meerwasser (Bild 70, vorherige Seite) deutlich abgebildet und der Einfluss auf das Rissentstehungs- und Rissfortschrittsverhalten abgeleitet.

Folgender Bemessungsansatz (Bild 71) wurde abgeleitet: Die Stumpfnähte wurden der Kerbfallklasse 160 zugeordnet, dies entspricht einer Erhöhung um fünf Kerbfallklassen im Vergleich zur Kerbfallklasse 90 für unbehandelte Stumpfnähte an Luft. Die Quersteifen wurden der Kerbfallklasse 125 zugeordnet, dies entspricht einer Erhöhung um drei Kerbfallklassen im Vergleich zur Kerbfallklasse 80 für unbehandelte Quersteifen an Luft. Die Neigung wurde zu  $m = 5,0$  festgelegt.

Eine erste Wirtschaftlichkeitsabschätzung ergab, dass die Blechdicken eines Monopiles unter Berücksichtigung des ermittelten Kerbfalls 160 bei alleiniger Berücksichtigung des Ermüdungsnachweises auf die halbe Blechdicke reduziert werden könnte. Dies zeigt das Potenzial der Hämmerverfahren zur Konstruktionsoptimierung auch in korrosiver Umgebung.

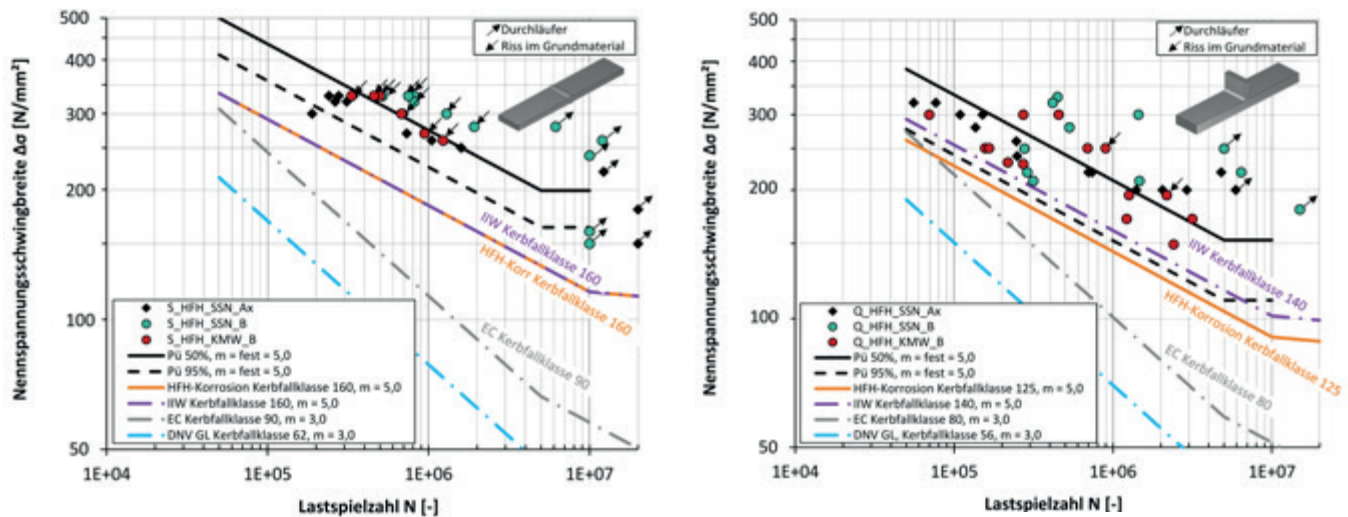


Bild 71: Bemessungsvorschläge für HFH-behandelte Stumpfnähte (links) und Quersteifen (rechts) in korrosiver Umgebung, S355J2+N,  $R = 0,1$ , Vergleich mit Regelwerksangaben

## Meinungen aus den Unternehmen

**Sigurd Weise, OWT – Offshore Wind Technologie GmbH, Leer:**

„Mit dem Projekt HFH-Korrosion wurde ein in zweierlei Hinsicht wertvolles Projekt bearbeitet. Zuerst war für uns die Beschäftigung mit dem Zusammenhang Ermüdung und Korrosion von Interesse, der im Offshore-Engineering eine überragende und hierzulande häufig unterrepräsentierte Rolle spielt. Besonders ist zu würdigen, wie schnell sich die Forscher in die Methoden zur Erzeugung korrodierter Stahloberflächen eingearbeitet haben und auf diese Weise hochgradig aussagefähige Prüfkörper gewonnen haben. Weiterhin ist hervorzuheben, dass der Rissfortschritt an Luft dem Rissfortschritt im korrosiven Medium gegenübergestellt wurde. Der zweite Aspekt ist der hohe Reifegrad der hochfrequenten Hämmerverfahren zur Steigerung des

Ermüdungswiderstandes von Schweißverbindungen. Hier hat uns der rege Erfahrungsaustausch neue Denkanstöße gegeben.“

**Dipl.-Ing. (FH) Michael Neher, HiFIT Vertriebs GmbH, Niederlassung Aitrang:**

„Die HiFIT Vertriebs GmbH begrüßt die im Projekt gewonnenen Ergebnisse. Wir gehen davon aus, dass sich die Erkenntnisse positiv auf die Verwendung der höherfrequenten Hämmerverfahren in Offshore-Projekten wie Windenergieanlagen und anderer korrosiv belasteter Schweißkonstruktionen auswirken werden. Bislang lagen keinerlei Untersuchungen vor, die potenziellen Verwendern den Einsatz rechtfertigen konnten. Wir hoffen, dass wir dadurch den Zugang zu einem weiteren, großen Marktsegment erlangen können.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

09.081  
18.848 N **Beanspruchungsreihenfolgeeinfluss auf bearbeitungsbedingte Verfestigungen und Eigenspannungen und die Betriebsfestigkeit nachbehandelter Kerbdetails**

Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Engelhardt, LSL München

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.848N>

09.079  
19.033 N **Berücksichtigung der höchstbeanspruchten Schweißnahtlänge im Kerbspannungskonzept**

Prof. Dr.-Ing. Esderts, IMAB TU Clausthal

Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.033N>

09.080  
19.227 N **Rechnergestütztes Bewertungstool zum Nachweis der Lebensdauererlängerung von mit dem Hochfrequenz-Hämmerverfahren (HFMI) behandelten Schweißverbindungen aus hochfesten Stählen**

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

Prof. Dr.-Ing. Ummenhofer, KIT Karlsruhe

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.227N>

09.083  
19.470 B **Tragfähigkeit von Stumpfnähten höherfester Stähle im Stahlbau**

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

Prof. Dr.-Ing. Keitel, SLV Halle

Prof. Dr.-Ing. Kuhlmann, IKE, Stuttgart

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 30.09.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.470B>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

09.074  
18.789 N **Bedeutung der Qualitätsmerkmale freier Schnittkanten nach DIN EN 1090 für deren Schwingfestigkeit unter Berücksichtigung von Eigenspannungen**

Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig

Beginn: 01.08.2015 Laufzeitende: 31.01.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://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, IWM Freiburg

Prof. Dr.-Ing. Vormwald, Werkstoffmechanik TU Darmstadt

Beginn: 01.09.2015 Laufzeitende: 31.08.2018

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

09.070  
18.985 N **Qualifizierung des Reinigungsstrahlens als Nachbehandlungsverfahren zur Schwingfestigkeitsverbesserung von Schweißverbindungen**

Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig

Beginn: 01.01.2016 Laufzeitende: 30.06.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.985N>

09.067  
18.986 N **Induktionsrichten geschweißter Stahlkonstruktionen (Irigis)**

Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig

Beginn: 01.01.2016 Laufzeitende: 30.06.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.986N>

12.021  
18.988 N **Entwicklung einer verifizierten Prozedur für die zuverlässige schweißtechnische Instandsetzung von Großbauteilen: Ausführung, Bemessung und Lebensdauerbewertung**

Prof. Dr.-Ing. Ummenhofer, KIT Karlsruhe

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

Beginn: 01.01.2016 Laufzeitende: 30.06.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.988N>

09.072  
19.032 B **Einsatz von geklebten Kohlestoff-Faserverbundwerkstoffen zur Sanierung ermüdungsgeschädigter Stahlkonstruktionen (FASS)**

Prof. Dr.-Ing. Ummenhofer, KIT Karlsruhe

Prof. Dr.-Ing. Feldmann, STB Aachen

Prof. Dr.-Ing.habil. Pasternak, SuH BTU Cottbus

Beginn: 01.02.2016 Laufzeitende: 31.07.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.032B>

09.071  
19.102 B **Numerisch basierte Auslegung und Konstruktion für thermisch beschichtete, eigenspannungssensible Bauteilstrukturen auf polymerer Basis**

Prof. Dr.-Ing.habil. Lampke, IWW Chemnitz (WOt)

Beginn: 01.04.2016 Laufzeitende: 31.07.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.102B>

09.800  
19.187 B\*)

**Lebensdauerberechnungen hybrider Verbindungen**

Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn  
 Prof. Dr. rer. nat. Jäger, ILK, Dresden  
 Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen  
 Prof. Dr. Ing. Melz, SAM TU Darmstadt  
 Beginn: 01.10.2016 Laufzeitende: 31.03.2019

\*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
 Forschungsvereinigung Automobiltechnik  
 Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.187B>

09.075  
18.174 B

**Untersuchungen zur Schwingfestigkeit strahlgeschweißter Verbindungen unter Berücksichtigung der Schweißnahtqualität und der resultierenden Nahtigenschaften**

Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig  
 Prof. Dr.-Ing. Leyens, IWS Dresden  
 Beginn: 01.05.2015 Laufzeitende: 31.10.2017

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

09.069  
18.457 N

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

Prof. Dr.-Ing. Engelhardt, LSL München  
 Prof. Dr.-Ing. Ummenhofer, KIT Karlsruhe  
 Beginn: 01.11.2014 Laufzeitende: 31.10.2017

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

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

09.064  
17.883 N

**Versagensverhalten von Mischschweißverbindungen unter mehrachsiger, crashartiger und schwingender Beanspruchung am Beispiel von EMPT-Blechsweißungen**

Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg  
 Prof. Dr. Ing. Melz, LBF Darmstadt  
 Beginn: 01.01.2014 Laufzeitende: 30.06.2017

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



## Fachausschuss 10 „Mikroverbindungstechnik“



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

### Vorsitzender Dr.-Ing. Godehard Schmitz

Robert Bosch GmbH, Renningen

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

Miele & Cie. KG, Gütersloh

### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

#### Dipl.-Ing. Michael M. Weinreich

T +49 211 15 91-279

F +49 211 15 91-200

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

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

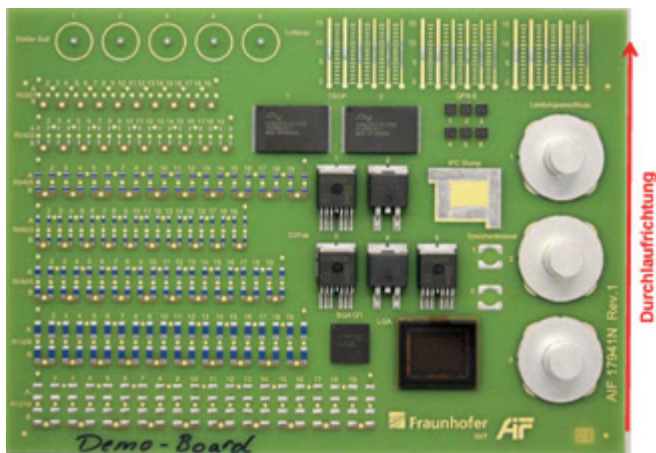
#### Erhöhung der Lötbarkeit beim Einsatz mikro- und niedrig Ag-legierter Lote in der Fertigung elektronischer Baugruppen

(IGF-Nr. 17941 N / DVS-Nr. 10.076)

Laufzeit: 1. Dezember 2013 – 30. November 2015

Prof. Dr.-Ing. W. Benecke, Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie ISIT, Itzehoe

Im Rahmen des Projektes wurde in enger Abstimmung mit den beteiligten Firmen des projektbegleitenden Ausschusses die systematische Untersuchung zur Erhöhung der Lötbarkeit beim Einsatz mikro- und niedrig Ag-legierter Lote in der Fertigung elektronischer Baugruppen durchgeführt. **Bild 72** zeigt eine bestückte Musterplatine.



**Bild 72:** Bestückte Musterplatine.

Hierbei wurde die Auswirkung von Leiterplattenoberflächen und -alterung auf das Lötverhalten dieser Lotpasten in Abhängigkeit des Lötprofils untersucht. Ergebnis ist, dass sich eine deutliche Abhängigkeit der Lotausbreitung von der Metallisierung der Leiterplatte, ihrem Alterungszustand und dem Lötprofil zeigt. Lötprofile, die gemäß Herstellervorgaben mittig im Lötprozessfenster liegen, sind zu empfehlen. Der geringe Unterschied bei der Lotausbreitung von mikro- und niedrig Ag-legierten gegenüber den Standard SAC-Lotlegierungen stellt keinen signifikanten Nachteil dar.

Die Untersuchungen ergaben zudem, dass die Flussmittelmischung der Lotpaste bei ungünstigen Prozessparametern einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung von Tombstones haben kann. Dabei zeigte sich, dass Vorteile im Benetzungsverhalten und der Scherfestigkeit zu Nachteilen beim Tombstoning führen können.

**Bild 73** zeigt die Mengenentwicklung der mikro- und niedrig Ag-legierten Lote in den Jahren 2015, 2016 und 2017. Im Jahr 2017 ist im Vergleich zu 2015 eine Mengenzunahme der verkauften Produkte für die Produktform Barren und Pellets von 55,4 % und für die Produktform Lotpaste in Höhe von 23,7 % zu verzeichnen. Die Mengenzunahme ist das Ergebnis von Akquisemaßnahmen, unterstützt durch die Ergebnisse aus dem IGF-Projekt 17941/N.

	2015	2016	2017
Produktform	Basis in %	Zunahme in %	
SCAN-Ge0703, Barren, Pellets	100	16,6	55,4
SCAN-Ge071 Lotpasten	100	18,4	23,7

**Bild 73:** Mengenentwicklung

## Meinungen aus den Unternehmen

**Dr. Lothar Weitzel, Technical Manager, Würth Elektronik GmbH & Co. KG, Circuit Board Technology, Schopfheim:**

„Die Firma Würth als Leiterplattenhersteller nutzt diese Untersuchungen, um die Leiterplattenmaterialien und insbesondere neuartige Oberflächenmetallisierungen unter realen Baugruppenfertigungsbedingungen (z. B. Leiterplattenalterung, Lötprofilvariation) in einem breiten Anwendungsspektrum zu testen. Wir haben keine Möglichkeiten, diese Vielzahl von Lotmaterialien in Kombination mit unterschiedlichen Lötflächen und Alterungszuständen unter realen Prozessbedingungen zu untersuchen. Aus den Ergebnissen ziehen wir Rückschlüsse auf die Anwendungstauglichkeit neuer Materialien und deren Eignung

für den breiten Markt und können die Untersuchungen als Verkaufsargument nutzen.“

**Peter Fischer, Research & Development Manager, BALVER ZINN Josef Jost GmbH & Co. KG, Balve:**

„Die Firma Balver Zinn hat sich an dem IGF-Projekt 17941 N/1 im projektbegleitenden Ausschuss beteiligt, da wir als mittelständisches Unternehmen diese umfangreichen Untersuchungen nicht mit eigenen Mitteln hätten durchführen können. Durch den anonymen Materialvergleich erhalten wir eine direkte Standortbestimmung unserer Materialien und können dies als Verkaufsargument nutzen. Die Ergebnisse fließen in unsere Akquisemaßnahmen ein.“

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

### Laser-Mikroschweißen von Nitinol/Stahl- und Nitinol/Titan-Mischverbindungen in der Medizintechnik

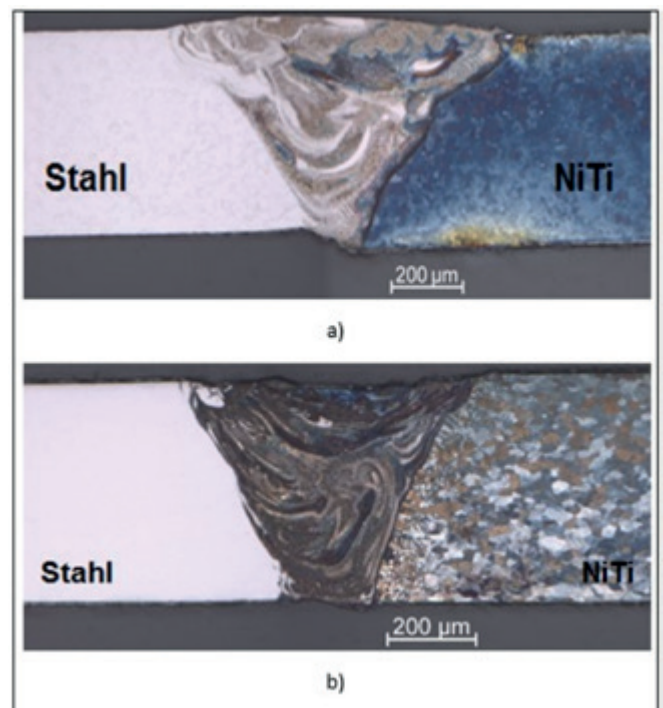
(IGF-Nr. 18.703 N / DVS-Nr. 10.083)

Laufzeit: 1. April 2015 – 30. September 2017

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

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde ein Laserstrahlschweißprozess für das stoffschlüssige Fügen von Nitinol-FGL mit artfremden Werkstoffen (Stahl, Titan) für die Medizintechnik entwickelt. Dazu wurden zunächst die metallurgischen Vorgänge im Schmelzbad in Abhängigkeit von Zusatzwerkstoff, Pulsformen, Schweißparametern (z. B. Vorschubgeschwindigkeit, Pulsenergie und Schweißbedingungen) untersucht, um Rückschlüsse auf die Nahteigenschaften und auf den Bildungsmechanismus der intermetallischen Phasen zu ermitteln und darauf aufbauend die Bildung solcher Phasen zu unterdrücken. Schweißversuche mit kurzer Pulsdauer zeigten eine positive Wirkung auf die Schmelzbadgeometrie und Durchmischung der Fügepartner. Mit kurzer Pulsdauer ist es möglich, die „Dauer“ der schmelzflüssigen Phase zu verkürzen und damit den Wärmeeintrag ins Grundmaterial zu vermindern.

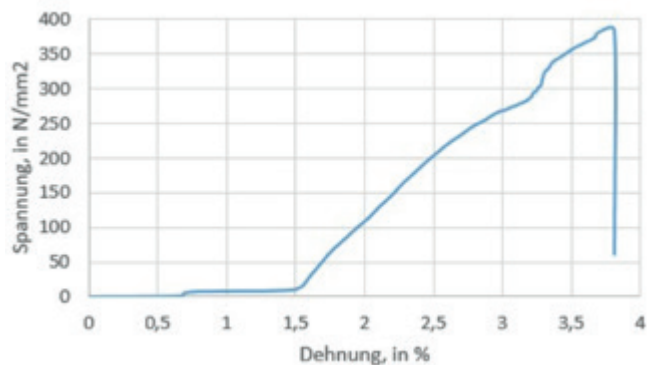
Um das vollständige Aufschmelzen des Zusatzwerkstoffes ohne weitere Erhöhung der Pulsleistung bzw. Pulsspitzenleistung zu erreichen, wurde die Pulsfrequenz erhöht. Hier wurden sowohl mit Draht als auch mit Folie Nähte mit besserer Qualität erzielt, **Bild 74**. Mit der Optimierung der Schweißparameter und -bedingungen wurden die mechanisch-technologischen Eigenschaften verbessert.



**Bild 74:** Mit optimierten Parametern hergestellte Nitinol-Mischverbindungen: a) mit Draht; b) mit Folie

Die maximale Festigkeit wurde bei den mit Nickel-Draht geschweißten Nitinol/Stahl-Mischverbindungen (ca. 383 N/mm<sup>2</sup>) erzielt, **Bild 75**.

Die Forschungsergebnisse erleichtern den sicheren Einsatz von Nitinol-Mischverbindungen in der Medizintechnik. Die Qualität der Produkte kann zukünftig verbessert und neue Produkte für vielfältige Anwendungsbereiche entwickelt werden. Durch die aus dem Forschungsprojekt resultierenden Ergebnisse über die Prozesszusammenhänge werden auch kleine und mittlere Unternehmen in die Lage versetzt, komplexe Bauteile aus Nitinol-Mischverbindungen schweißtechnisch zu fügen



**Bild 75:** Spannung-Dehnungs-Diagramm von mit Draht geschweißter Nitinol/Stahl-Mischverbindung.

## Meinungen aus den Unternehmen

**Dr. Florian Albert, Leiter Applikation, Scansonic MI GmbH, Berlin:**

„Im Rahmen dieses Projektes wurden alternative Schweißversuche zum Puls laser durchgeführt. Die Ergebnisse lassen feststellen, dass die präzise Positionierung des Laserstrahls auf den Werkstücken, hohe Scangeschwindigkeit und kleinere Strahldurchmesser zum Erfolg führen können. Hier gewonnene Kenntnisse ermöglichen es, die im Rahmen der Produktentwicklung für ähnliche Anwendungen zu berücksichtigen und diese bei Anfragen mit ähnlichem Hintergrund zu verwenden.“

**Dr. Uwe Schöler, Department Manager, Olympus Winter & Ibe GmbH, Hamburg:**

„In Hinblick auf die Herstellung von medizinischen Instrumenten durch die hochdynamische Pulsformmodulation stellt dieses Projekt eine wichtige Möglichkeit dar, die Qualität der Mischverbindungen zu verbessern und somit insbesondere in der Medizintechnik und bei Anwendungen im Sichtbereich neue Einsatzbereiche zu erschließen. Aufgrund der Praxisrelevanz der in den Untersuchungen eingesetzten Mischverbindungen ist von einer zügigen Umsetzung der erzielten Erkenntnisse auszugehen.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

10.098  
00.209 E **WelConTex – Reliable ultrasonic welded electrical interconnection technology for smart textiles (Zuverlässige elektrische Kontaktierungstechnologie durch Ultraschallschweißen für Smart Textiles)**

Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Lang, IZM Berlin

Beginn: 01.09.2017 Laufzeitende: 31.08.2019

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.209E>

10.085  
18.879 N **Methodenentwicklung zur quantitativen Bewertung und Vorhersage der Alterung von Klebungen unter [Hoch-] Temperatur-Belastung**

Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Lang, IZM Berlin

Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.879N>

10.088  
19.392 B **Heterogene Integration von Substraten mittels nanoporöser Metallschichten – HelnaMet**

Prof. Dr. Otto, ZfM Chemnitz

Beginn: 01.03.2017 Laufzeitende: 28.02.2019

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.392B>

10.080  
19.468 B **Auswirkungen von Verwindungen und Verwölbungen während des Lötens auf die Qualität und Zuverlässigkeit von Lötstellen**

Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Bock, IAVT Dresden

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 31.03.2019

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.468B>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

10.902  
18.476 N\*) **Stressarme Montage von Mikrosystemen für Hochtemperaturanwendungen durch TLP-Bonden (Sensor-TLP)**

Prof. Dr. Dehé, HSG, Villingen-Schwenningen

Prof. Dr.-Ing. Wilde, IMTEK Freiburg

Beginn: 01.07.2016 Laufzeitende: 30.06.2018

\*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
Hahn-Schickard-Gesellschaft für  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.476N>

10.094  
18.989 B **InduBond: Erarbeitung einer induktiven Füge-technologie zum Bonden von mikroelektromechanischen Systemen (MEMS)**

Prof. Dr.-Ing. Landgrebe, UFF TU Chemnitz

Prof. Dr. Otto, ZfM Chemnitz

Beginn: 01.01.2016 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.989B>

10.093  
19.069 B **Hermetisches Fügen von MEMS-basierten Bauelementen mithilfe von reaktiven Multischichtsystemen (RMS)**

Prof. Dr.-Ing. Leyens, IWS Dresden

Prof. Dr. Dehé, HSG, Villingen-Schwenningen

Beginn: 01.03.2016 Laufzeitende: 31.08.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.069B>

10.084  
19.101 N **Herstellung von Kupfermetallisierungen auf Leistungsbauelementen mittels kaltaktiven Atmosphärenplasmas**

Prof. Dr.-Ing. Franke, FAPS Erlangen

Prof. Dr.-Ing. Benecke, ISIT Itzehoe

Beginn: 01.04.2016 Laufzeitende: 30.09.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.101N>

10.800  
19.230 N\*) **Entwicklung eines keramisch spritzgegossenen 3D-Schaltungsträgers für die Kontaktierung und Integration von Leistungselektronik mittels widerstandsarmen Aktivlots (ActivePower)**

Prof. Dr.-Ing. Fleischer, WBK

Prof. Dr.-Ing. Franke, FAPS Erlangen

Prof. Dr.-Ing. habil. Schulze, IAM AWP, Karlsruhe

Beginn: 01.10.2016 Laufzeitende: 30.09.2018

\*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
Forschungsvereinigung "Räumliche  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.230N>

10.095  
19.271 B **Korrelation von Schertesterggebnissen und Zuverlässigkeit feinkristalliner Aluminium-basierter Dickdrahtbondkontakte**

Prof. Dr. Wehrspohn, FhG IMWS, Halle (Saale)

Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Lang, IZM Berlin

Beginn: 01.11.2016 Laufzeitende: 31.10.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.271B>

10.087  
19.282 N **Mikro-Elektronenstrahlschweißen der Mischverbindungen aus Nitinol und nichtrostenden Stählen ohne Zusatzwerkstoff - MINION**

Prof. Dr.-Ing. Böhm, TFF Kassel

Prof. Dr. Hämmerle, NMI Uni Tübingen (Reutlingen)

Beginn: 01.12.2016 Laufzeitende: 30.11.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.282N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

10.083  
18.703 N **Laser-Mikroschweißen von Nitinol/Stahl- und Nitinol/Titan-Mischverbindungen in der Medizintechnik**

Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF Informationstechnik

Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 30.09.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.703N>

## Fachausschuss 11 „Kunststofffügen“



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

### Vorsitzender Dr.-Ing. Joachim Natrop

KLN Ultraschall AG, Heppenheim

### Stellvertretender Vorsitzender Dr.-Ing. Odo Karger

Hella KGaA Hueck & Co., Lippstadt

### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

#### Dipl.-Ing. Axel Janssen

T +49 211 15 91-117

F +49 211 15 91-200

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

## 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 Zuschlagstoffe 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:

#### Wirksame Faserverstärkung in der Schweißnaht beim Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen

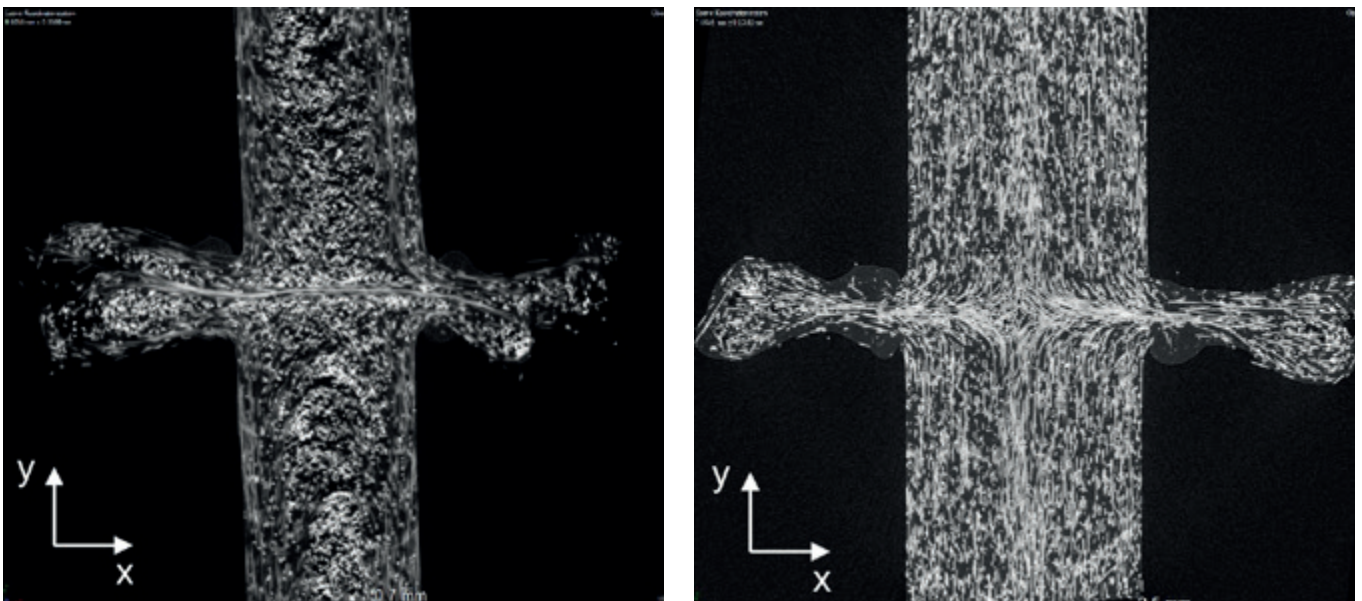
(IGF-Nr. 18.702 N / DVS-Nr. 11.043)

Laufzeit: 1. April 2015 – 31. Dezember 2017

Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, Kunststofftechnik Paderborn, Universität Paderborn

Aufgrund der hohen spezifischen mechanischen Eigenschaften sind faserverstärkte Kunststoffe ideale Leichtbauwerkstoffe und in einer Vielzahl von Anwendungen, beispielsweise in der Automobilindustrie, wiederzufinden. Eine der wesentlichen Herausforderungen besteht darin, die unterschiedlichen faserverstärkten Komponenten zu einem Gesamtbauteil zu fügen, das ausreichende Verbundfestigkeiten gewährleistet. Eine Möglichkeit, kurzfaserverstärkte Thermoplaste stoffschlüssig miteinander zu verbinden, ist das Schweißen. Um die Qualität der Schweißverbindung beurteilen zu können, werden üblicherweise Schweißfaktoren bestimmt, die aus dem Verhältnis der Schweißnahtfestigkeit bezogen auf die Materialfestigkeit des ungeschweißten Materials gebildet werden. Hohe Schweißfaktoren sind gleichbedeutend mit hohen Schweißnahtfestigkeiten.

Ziel des Forschungsprojektes war es, die Schweißfaktoren beim Schweißen von faserverstärkten Thermoplasten zu erhöhen. In der Fügephase, die unter Druck erfolgt, werden die Fasern aufgrund des resultierenden Quetschflusses in der Schweißnaht quer zur Fügerichtung orientiert. Somit sind die Fasern quer zur Lastrichtung orientiert, so dass in der Schweißnaht keine Verstärkungswirkung gegeben ist. Im Rahmen des Projektes wurde die Faserorientierung mit Hilfe der Computertomografie (**Bild 76**) bestimmt.



**Bild 76:** CT-Aufnahmen von Schweißnähten aus langglasfaserverstärktem Polypropylen: links: Anfangsfaserorientierung hauptsächlich quer zur Fügerichtung (y) rechts: Anfangsfaserorientierung hauptsächlich längs zur Fügerichtung (y)

Die Beschreibung der Orientierung der Fasern durch einen Faserorientierungstensor ermöglicht eine quantitative Beurteilung der Faserorientierung. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf kurz- und langglasfaserverstärktes Polypropylen sowie Polyamid 6 mit unterschiedlicher Viskosität. Es wurden u.a. die Schweißverfahren Heizelement-, Infrarot- und Vibrationsschweißen verwendet.

Zunächst wurden Einflussfaktoren auf die Faserorientierung in der Schweißnaht sowie die Schweißnahtfestigkeit untersucht. Eine Variation der Prozessparameter zeigte, dass sich beim Heizelementschweißen eine große Schmelzeschichtdicke sowie ein geringer Fügeweg positiv auf die Schweißnahtfestigkeit auswirken.

Die Anfangsfaserorientierung kann die Faserorientierung in der Schweißnaht sowohl beim Heizelement- als auch beim Vibrationsschweißen beeinflussen. Durch Fasern, die über die Schweißnaht hinweg ineinander ragen, können höhere Kräfte in der Schweißnaht übertragen werden. Die Projektergebnisse zeigen, dass durch eine gezielte Wahl der Schweißparameter ca. 10 % höhere Schweißnahtfestigkeiten erreichbar sind, im Vergleich zu Standardparametern.

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dr.-Ing. Jürgen Kreiter, WERZALIT GmbH & Co. KG, Oberstenfeld

„Es ist festzuhalten, dass in der Arbeit alle geplanten Aspekte gut beleuchtet wurden und dass auch der Arbeitsplan auf die Anregungen des projektbegleitenden Ausschusses angepasst wurde und somit gutes neues Wissen entstanden ist, von dem die Industrie profitieren kann.“

### Udo Wallmeier, Hella GmbH & Co. KGaA, Lippstadt

„Es stellte sich wieder heraus, dass die Vorhersage und die Simulation der Faserorientierung in der Schweißnaht beim Kunst-

stoffschweißen ein komplexes Thema ist, das vor allem in der Praxis immer wieder zu hohem Aufwand bei der richtigen Auswahl des Verfahrens und der Schweißparameter führt. Um dies zukünftig zu vereinfachen, wurden durch das Projekt einige gute Anregungen gegeben. Zur Beurteilung der Faserorientierung in der Schweißnaht wurden zudem neue Methoden, wie der mittels CT-Analyse bestimmte Faserorientierungstensor, vorgestellt. Dies wird auch für unser Unternehmen ein interessantes Verfahren zur Bewertung von Bauteilen und Schweißungen sein.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

11.053  
18.586 N **Entwicklung einer neuartigen Fügetechnik für Organoblech-Hybridverbindungen**

Prof. Dr.-Ing. Moritzer, KTP Paderborn

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.586N>

11.052  
18.964 B **Konstruktions- und Prozessgestaltung halbschalig geschweißter Hochleistungsbauteile aus Organoblechen**

Prof. Dr.-Ing. Gehde, KT Chemnitz

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.964B>

11.035  
19.031 N **Wechseldehnungsschweißen - Entwicklung einer Fügetechnologie für 3D-Geometrien**

Prof. Dr.-Ing. Schöppner, KV Paderborn

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 31.12.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.031N>

11.055  
19.395 N **Absorberfreies Laserdurchstrahlungsschweißen von Thermoplasten durch Ausnutzung intrinsischer Absorptionsbanden**

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

Beginn: 01.03.2017 Laufzeitende: 28.02.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.395N>

11.1993  
19.458 B\*) **Entwicklung einer Laseroptik und Prozessführung sowie Prozesskontrolle für das prozesssichere und qualitätsgerechte Laserschweißen flexibler Kunststoffverbunde**

Prof. Dr. Ing. Majschak, FhG IVV, Dresden

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

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 31.03.2019

\*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
Industrievereinigung für Lebensmittel-  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.458B>



- 11.063  
19.513 N **Auswirkungen von thermisch bedingten Eigenspannungen auf die Verbindungsfestigkeit von pressgefügt Hybridstrukturen (Delphi)**
- Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig
- Beginn: 01.05.2017 Laufzeitende: 30.04.2019
- Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.513N>
- 11.049  
19.670 B **Qualitätsgerechtes Heizelementstumpfschweißen dickwandiger Halbzeuge aus Polyethylen**
- Prof. Dr.-Ing. Gehde, KT Chemnitz
- Beginn: 01.09.2017 Laufzeitende: 31.08.2019
- Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.670B>
- 11.059  
19.796 N **Spritznieten als neue Organoblech-Metall-Hybridfügetechnik**
- Prof. Dr.-Ing. Moritzer, KTP Paderborn
- Beginn: 01.12.2017 Laufzeitende: 30.11.2019
- Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.796N>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

- 11.901  
00.141 E\*) **Graphene applications in polymers and polymer-based composites**
- Prof. Dr.-Ing. Hopmann, IKV Aachen
- Prof. Dr.-Ing. Drossel, IWU Chemnitz
- Prof. Dr.-Ing. Gehde, KT Chemnitz
- Beginn: 01.05.2015 Laufzeitende: 30.04.2017
- \*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
Vereinigung zur Förderung des Instituts  
Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.141E>
- 11.043  
18.702 N **Wirksame Faserverstärkung in der Schweißnaht beim Schweißen von faserverstärkten Kunststoffen**
- Prof. Dr.-Ing. Schöppner, KV Paderborn
- Beginn: 01.04.2015 Laufzeitende: 31.12.2017
- Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.702N>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

- 11.058  
19.035 B **Neue Fügemethode zur Herstellung von Thermoplast- und Thermoplast-Metall-Hybridverbindungen mittels reaktiven Multischichtsystemen (RMS)**
- Prof. Dr.-Ing. Leyens, IWS Dresden
- Beginn: 01.02.2016 Laufzeitende: 31.07.2018
- Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.035B>
- 11.057  
19.103 B **Quantifizierung der Werkstoff-Dämpfungseigenschaften zur Prozessauslegung beim Ultraschallschweißen**
- Prof. Dr.-Ing. Gehde, KT Chemnitz
- Beginn: 01.04.2016 Laufzeitende: 31.03.2018
- Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.103B>
- 11.060  
19.212 B **Tragfähigkeitserhöhung von geklebten FKV- und Multi-Material-Verbindungen durch optimierte Gestaltung und Fertigung der FKV-Fügeteilwerkstoffe - OptiBond FKV**
- Prof. Dr. Flüge, IPA Rostock
- Beginn: 01.12.2016 Laufzeitende: 30.11.2018
- Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.212B>

## Fachausschuss 13 „Generative Fertigungsverfahren – Rapidtechnologien“



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

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

**Stellvertretender Vorsitzender Dipl.-Ing. Frank Palm**  
Airbus Defense and Space GmbH, München

**Ansprechpartner der Forschungsvereinigung**  
**M. Sc. Marvin Keinert**  
T +49 211 15 91-188  
F +49 211 15 91-200  
[marvin.keinert@dvs-hg.de](mailto:marvin.keinert@dvs-hg.de)

### 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:

#### Untersuchungen zur thermischen Nachbehandlung generativ gefertigter Bauteile

(IGF-Nr. 18.859 N / DVS-Nr. 13.015)

Laufzeit: 1. Oktober 2015 – 30. September 2017

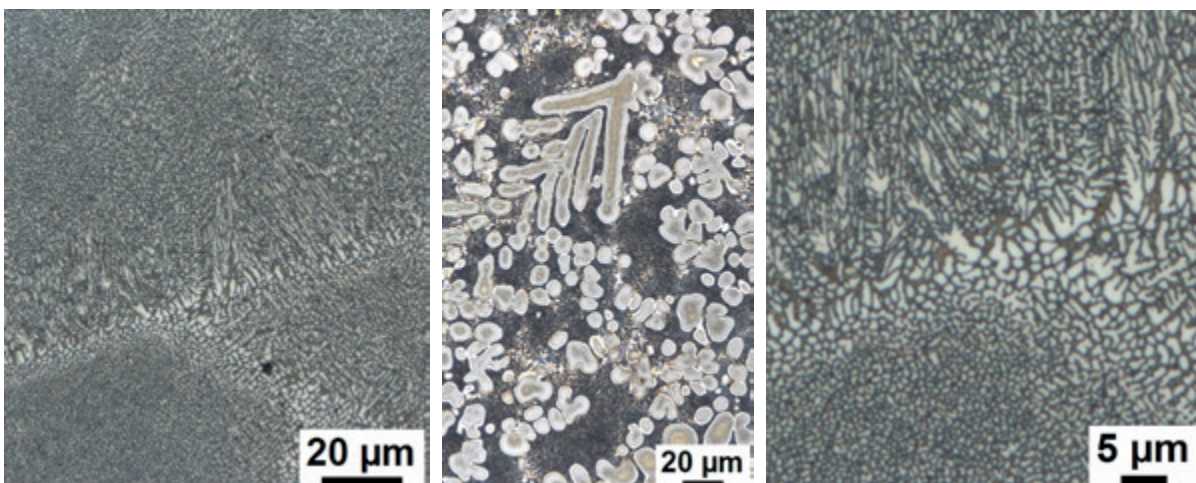
Prof. Dr.-Ing. habil. O. Keßler, Lehrstuhl für Werkstofftechnik (LWT), Universität Rostock

Laserstrahlgeschmolzene Werkstoffstrukturen und damit auch ihre mechanischen Eigenschaften können mit einer nachfolgenden Wärmebehandlung gezielt beeinflusst werden. Allgemeine Richtlinien speziell für die Wärmenachbehandlung laserstrahlgeschmolzener Bauteile existieren bislang nicht oder werden aus dem Stand der Technik für den konventionell hergestellten Werkstoff abgeleitet. Das Gefüge von laserstrahlgeschmolzenem Werkstoff unterscheidet sich jedoch deutlich von konventionellem Material. Dies hat wiederum einen signifikanten Einfluss auf eine Wärmenachbehandlung.

Während konventionell hergestellte Werkstoffe häufig mit relativ groben Ausgangsgefügen wärmebehandelt werden, liegen nach dem Laserstrahlschmelzen eher feine, besonders rasch erstarrte Gefüge vor (**Bild 77**), die deutlich andere Wärmebehandlungsparameter erfordern.

In **Bild 78**, folgende Seite sind für AlSi10Mg die mechanischen Kennwerte aus dem Zugversuch im Ausgangszustand, nach Standardwärmebehandlung sowie nach angepasster Wärmebehandlung zu sehen.

Als Anhaltspunkt für die ermittelten Werte sind die Kennzahlen für Kokillenguss im T6-Zustand nach DIN EN 1706 als waagerechte, gestrichelte Linien eingetragen. Für das konventionelle sowie LBM-Material ergaben sich nach verkürzter Lösungsglühdauer von 20 min bei 525 °C vergleichbare Festigkeiten, die etwas geringer sind als nach 360 minütiger Lösungsglühung. Die Bruchdehnungen für das LBM-Material sind nach beiden Lösungsglühvarianten mit ca. 12 % um ein Vielfaches höher als im gebauten Zustand. Nach Direktauslagern bei 150 °C für 600 min verbleibt die Festigkeit auf dem vergleichsweise sehr hohen Niveau des gebauten Zustandes. Für die Bruchdehnung ergibt sich eine Steigerung auf ungefähr 6 %.



**Bild 77:** Gefüge der Legierung AlSi10Mg links im Gusszustand, Mitte und rechts im LBM-Zustand

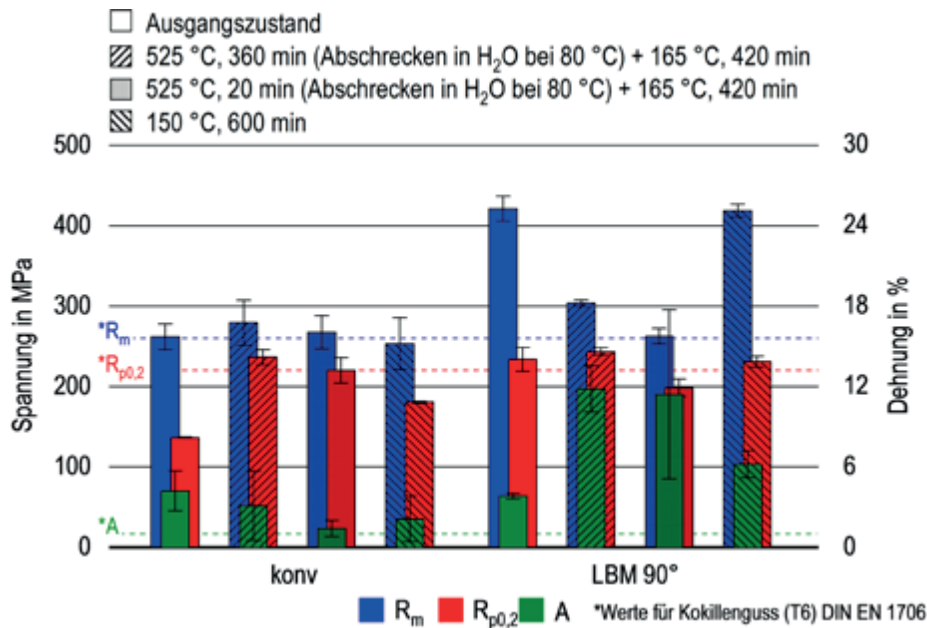


Bild 78: Kenngrößen des Zugversuchs für AISi10Mg nach angepasster Wärmebehandlung

## Meinungen aus den Unternehmen

### Dr.-Ing. Daniel Reitz, Rheinmetall Air Defence AG, Zürich:

„Das Gefüge SLM-hergestellter Bauteile unterscheidet sich stark von der Mikrostruktur herkömmlicher Guss- oder Knetlegierungen. Bisherige Wärmebehandlungskonzepte funktionieren daher nur begrenzt. Die Projektergebnisse leisten einen wichtigen Beitrag zur systematischen Erforschung der gesamten Prozesskette für die ausgewählten Werkstoffe. Dies ist für Rheinmetall eine wesentliche Voraussetzung für die Verwendung dieser Werkstoffe in der konstruktiven Auslegung von Serienbauteilen.“

### Dipl.-Ing. Christopher Stengel, SLM Solutions Group AG, Lübeck:

„Gerne haben wir uns als SLM Solutions Group AG im projektbegleitenden Ausschuss des Projektes engagiert. Für uns waren vor allem die gegenüber konventionellen Fertigungsverfahren geänderten Werkstoffeigenschaften und die daraufhin anzupassende Wärmebehandlungsstrategie von besonderem Interesse. Aufgrund der sehr systematischen Arbeitsweise und Kooperation der beteiligten Institute konnten wir innerhalb des Projektes einen umfassenden Einblick und vertieftes Verständnis in diesen Themenfeldern erzielen. Diese Erkenntnisse bieten weitreichendes Potenzial für den Wissenstransfer aus der Forschung in die Industrie und leisten damit einen wertvollen Beitrag für die künftig anzuwendenden Nachbehandlungsschritte von additiv hergestellten Bauteilen.“

### Georg Uhl, John Deere GmbH & Co. KG, Mannheim:

„Die wachsende Verbreitung additiver Herstellmethoden wie Laserstrahlschmelzen eröffnet bisher ungeahnte Möglichkeiten der Gestaltung für Funktionsintegration und Performance-Verbesserung von Bauteilen. Für ein erfolgreiches Design ist es wichtig, die Materialeigenschaften genau vorhersagen zu können und dazu gehört auch, die Wärmebehandlung von Werkstoffen auf das besondere Gefüge laserstrahlgeschmolzener Bauteile anzupassen und daraus Erkenntnisse für weitere Verbesserungen zu ziehen. John Deere wird das Thema weiter verfolgen und ist auch an der Ausweitung auf andere Werkstoffe interessiert.“

### Dr. Winfried Gräfen, Hanomag Lohnhärterei GmbH, Hannover:

„Bauteile aus neuen, modernen Fertigungsverfahren sind aktuell mit einem sehr geringen Prozentsatz in der Lohnwärmebehandlung vertreten. Erfahrungswerte bezüglich der Einstellung von Wärmebehandlungsparametern sind daher, im Vergleich mit konventionell gefertigten Bauteilen, sehr rar gesät. Das Projekt liefert das nötige Rüstzeug, um in der Zukunft mit steigendem Auftragsvolumen eine entsprechend dem Kundenwunsch angepasste Wärmebehandlungstechnologie anzubieten und optimierend auf das Bauteil einzuwirken.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

13.014  
19.394 N **Qualitätssteigerung laseradditiv gefertigter Bauteile durch Optimierung des lokalen Wärmeeintrags unter Berücksichtigung des globalen Temperaturfeldes (QuBaOpt)**

Prof. Dr.-Ing. Ploshikhin, BCCMS Bremen

Prof. Dr.-Ing. Emmelmann, ILAS Hamburg

Beginn: 01.03.2017 Laufzeitende: 28.02.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.394N>

13.025  
19.469 N **Entwicklung von Systemtechnik und Verfahren zur frühzeitigen Detektion von Prozessabweichungen und Identifikation von Fehlern im Bauprozess beim Selektiven Laserschmelzen (SLM) durch lagenfeine Analyse ortskorrelierter Emissionssignale.**

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

Beginn: 01.04.2017 Laufzeitende: 31.03.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.469N>

13.026  
19.549 N **Additive Fertigung von Bauteilen aus Rein-Kupfer mittels SLM und 'grüner' Laserstrahlung**

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

Beginn: 01.06.2017 Laufzeitende: 31.05.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.549N>

13.017  
19.673 B **Einsatzgrenzen beim Strahlschmelzen von Glaswerkstoffen**

Prof. Dr.-Ing. Gebhardt, FH Aachen FB8

Dr.-Ing. Jahn, IFW Jena

Beginn: 01.09.2017 Laufzeitende: 29.02.2020

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.673B>

## Durchlaufende Forschungsprojekte

13.800  
18.712 N\*) **Simulative Optimierung und generative Fertigung von statischen Mischern für die Extrusion von Kunststoffen**

Prof. Dr.-Ing. Hopmann, IKV Aachen

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

Beginn: 01.09.2016 Laufzeitende: 31.08.2018

\*) Federführende AiF-Mitgliedsvereinigung:  
Vereinigung zur Förderung des Instituts  
Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.712N>

13.013  
19.204 B **Systematische Analyse von Einflussgrößen auf die Pulverqualität beim Strahlschmelzen – am Beispiel von Ti-6Al-4V**

Prof. Dr.-Ing. Emmelmann, ILAS Hamburg

Dr.-Ing. Jahn, IFW Jena

Beginn: 01.10.2016 Laufzeitende: 31.03.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.204B>

## Abgeschlossene 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: 30.09.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://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, LWT Rostock

Prof. Dr.-Ing. Drossel, IWU Chemnitz

Beginn: 01.10.2015 Laufzeitende: 30.09.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.859B>

## Fachausschuss Q6 „Arbeitssicherheit und Umweltschutz“



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

### Vorsitzender Prof. Dr.-Ing. habil. Emil Schubert

Alexander Binzel Schweißtechnik GmbH & Co. KG, Buseck

### Stellvertretender Vorsitzender Jürgen Gleim

3M Deutschland GmbH, Kleinostheim

### Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

#### Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck

T +49 211 15 91-173

F +49 211 15 91-200

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

## 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 Füge-technik zu verstärkten Anstrengungen auf allen Gebieten des Arbeitsschutzes.

Der DVS bündelt seine Aktivitäten auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes in seinem Fachgremium 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.

## Forschungsbilanz – Ergebnistransfer und Umsetzung im Projekt:

### Emissionsminimierung für industriell relevante Metall-Schutzgas-Schweißprozesse unter Einhaltung einer geforderten Nahtqualität

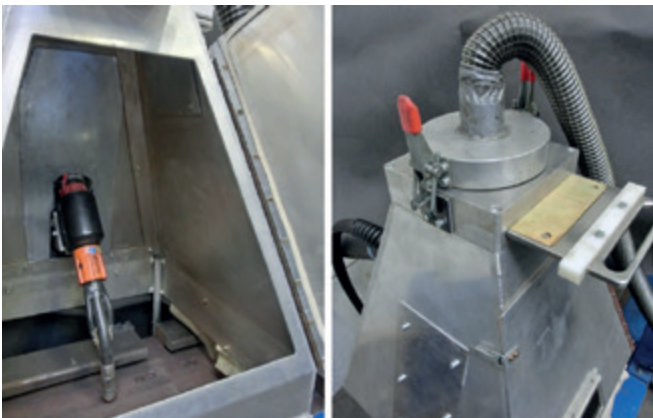
(IGF-Nr. 18.333 N / DVS-Nr. Q6.020)

Laufzeit: 1. September 2014 – 28. Februar 2017

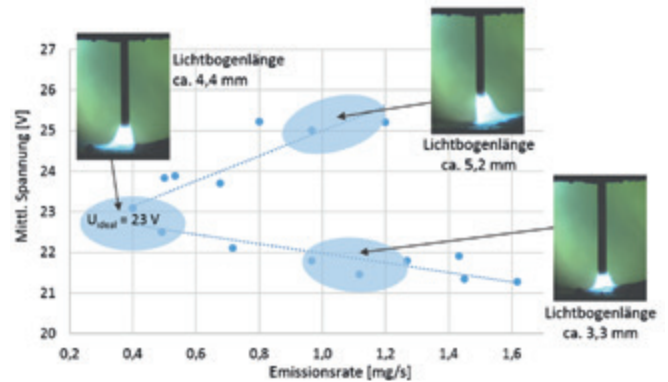
Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF), RWTH Aachen

Im Sinne einer erhöhten Arbeitssicherheit und eines verbesserten Umweltschutzes gilt beim Schweißen insbesondere in Bezug auf die Entstehung von gas- und partikelförmigen Stoffen, den Schweißrauch, grundsätzlich das Minimierungsgebot. Um die prozessseitig gegebene Möglichkeit der Reduzierung von Schweißrauchemissionen nutzen zu können, bedarf es einer Erarbeitung der funktionalen Wirkzusammenhänge zwischen den Einstellparametern und den resultierenden Emissionsraten. Auch vor dem Hintergrund einer stetigen Herabsetzung der Obergrenzen gefahrstoffbezogener Arbeitsplatzgrenzwerte ist die Entwicklung von Methoden zur weiteren Absenkung der Schweißrauchemissionen erstrebenswert.

Zur Versuchsdurchführung im Rahmen des Projektes wurden Impulslichtbogenschweißprozesse in I/I-Modulation genutzt, da sich hierbei bedienerseitig zahlreiche Optionen der parametrischen Einflussnahme ergeben. Die entstehenden Schweißrauchemissionen wurden mit Hilfe einer so genannten Fumebox (Bild 79) erfasst und anschließend gravimetrisch analysiert. Die Auswertung transientscher Strom- und Spannungsmessschriebe in Kombination mit synchronisierter Hochgeschwindigkeitsvideografie ermöglichte eine präzise Beschreibung der Prozesse und ihrer charakteristischen Merkmale, die mit den spezifischen Emissionsraten korreliert werden können.



**Bild 79:** Innenansicht der Fumebox mit ortsfest positioniertem Schweißbrenner (links) und Außenansicht der Fumebox mit ausgezogener Filterkassette (rechts)



**Bild 80:** Abhängigkeit der Emissionsrate vom mittleren Spannungsniveau unter Angabe der zugehörigen Lichtbogenlängenbereiche, beispielhaft für  $v_D = 5 \text{ m/min}$

Phänomenologisch hat sich gezeigt, dass insbesondere das Auftreten von Kurzschlüssen das Ausmaß der Schweißrauchentstehung drastisch steigert. Die geringsten Emissionsraten werden realisiert, wenn keine beziehungsweise allenfalls sporadisch Kurzschlüsse auftreten und gleichzeitig die Lichtbogenlänge auf ein notwendiges Maß limitiert wird. Die mittlere Spannung wurde wegen ihrer unmittelbaren Abhängigkeit zur Lichtbogenlänge als geeignete, zusammenfassende Kenngröße zur Korrelation mit der Emissionsrate identifiziert (Bild 80).

Unter Vorgabe einer definierten Zielspannung konnte anhand einer Lösungsfunktion, die die einzelnen Einstellparameter miteinander verknüpfte, eine unter emissionstechnischen Gesichtspunkten optimierte Parameterfindung vorgenommen werden. Eine Implementierung der Wirkzusammenhänge in die Steuerung moderner Schweißstromquellen erscheint realistisch, zumal die mathematische Beschreibung als Grundlage einer Algorithmenentwicklung zur rechnergestützten Prozessoptimierung dienen kann.

## Meinungen aus den Unternehmen

**Ivan Kijatkin, EWM AG, Mündersbach:**

„Durch die Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass durch gezielte Prozessparametrierung die Schweißrauchemissionen beim Impulslichtbogenschweißen reduziert werden konnten. Dieses spielt insbesondere eine entscheidende Rolle, um die neuen Grenzwerte von 1,25 mg/m<sup>3</sup> einzuhalten und die gesundheitliche Belastung des schweißtechnischen Personals zu reduzieren. Die Erkenntnisse dieser Untersuchungen werden in die Entwicklung neuer Schweißprozesse einfließen, da der Arbeitsschutz auch in Zukunft eine wichtige Rolle einnehmen wird.“

**Dr. Vilia Spiegel-Ciobanu, Berufsgenossenschaft Holz und Metall (bghm), Hannover:**

„Das Projekt hat eine besondere Bedeutung für den Arbeitsschutz. Mithilfe der Ergebnisse sind Anwender in der Lage, Schweißparameter so auszuwählen, dass die Emissionsraten beim Impulslichtbogenschweißen noch weiter verringert werden. Damit wird eine wichtige, primäre Forderung der GefStoffV erfüllt: Reduzierung der Emissionsraten direkt im Schweißprozess durch Prozess-/Parameteroptimierung. Aufgrund der technischen und wirtschaftlichen Bedeutung, insbesondere für KMU, wurden die Ergebnisse auch in den Arbeitsschutz integriert. Die Ergebnisse sind sowohl in die BGHM-Onlineberechnung ([www.bghm.de](http://www.bghm.de), Webcode 802) als auch in die aktualisier-

te Ausgabe 2017 der DGUV-Information 209-016 (früher BGI 593) „Schadstoffe beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“ unter dem Abschnitt „Schadstoffarme Verfahren – Parameteroptimierung beim Impulslichtbogenschweißen“ aufgenommen. Für die bevorstehende Forschung ist es sicherlich sinnvoll, auf Grundlage dieser Ergebnisse weitere Schritte zu gehen, um weitere Algorithmen für andere MSG-Schweißprozesse zu entwickeln und zu vertiefen, sodass auch hier weitere Emissionsverringeringung erreicht wird.“

**Stephan Egerland, Fronius International GmbH, Wels (Österreich):**

„Besonders positiv hierbei der innovative Projektansatz einer Minimierung der Schweißrauchemission; das heißt, der wissenschaftlichen Betrachtung der Schweißrauchentstehung, bei allerdings gleichzeitiger Berücksichtigung der Schweißnahtqualität. Im Rahmen der exzellent strukturierten und effizienten Projektdurchführung konnten für uns, als im projektbegleitenden Ausschuss vertretenes Unternehmen, wertvolle – weil quantitativ zu bewertende – Erkenntnisse gesammelt werden. Wir sehen diese als sinnvolle Ergänzung zu eigenen Untersuchungen und unseren Bestrebungen, Prozesse dahingehend zu entwickeln, dass Schweißrauch erst gar nicht entsteht, bevor er durch umfangreiche zusätzliche Maßnahmen abgeführt werden müsste.“

## Neu begonnene Forschungsprojekte

Q6.023  
19.239 B **CleanRemote – Effiziente Emissionsabsaugung und Bauteilreinigung für die großflächige Laser-Remote-Bearbeitung mit Hochleistungslasern**

Prof. Dr. Kaskel, CHE, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Leyens, IWS Dresden

Beginn: 01.01.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.239B>

Q6.024  
19.615 B **Reduzierung der Schweißrauchemissionen beim MSG-Fülldrahtschweißen durch Einsatz von Impulstechnik**

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Mayr, IFMT Chemnitz

Beginn: 01.07.2017 Laufzeitende: 30.06.2019

Weitere Informationen siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.615B>

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

Q6.020  
18.333 N **Emissionsminimierung für industriell relevante Metall-Schutzgas-Schweißprozesse unter Einhaltung einer geforderten Nahtqualität**

Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen

Beginn: 01.09.2014 Laufzeitende: 28.02.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:

<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.333N>



## Fachausschuss V4 „Unterwassertechnik“



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

**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

**Ansprechpartner der Forschungsvereinigung**  
**Dipl.-Ing. Axel Janssen**  
T +49 211 15 91-117  
F +49 211 15 91-200  
[axel.janssen@dvs-hg.de](mailto:axel.janssen@dvs-hg.de)

### Veranstaltungen

Sondertagung - „Unterwassertechnik“

### Korrespondierende Gremien

- Arbeitsgruppe V4 „Unterwassertechnik“
- FA Q6 „Arbeitssicherheit und Umweltschutz“
- FA 3 „Lichtbogenschweißen“

[www.dvs-aft.de/AFT/V/V4](http://www.dvs-aft.de/AFT/V/V4)  
[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:

- Binnenschiffahrtswegen 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.

### 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:

#### Mechanisch technologische Eigenschaften unterwassergeschweißter hoch- und höherfester Stähle

(IGF-Nr. 18.158N / DVS-Nr. V4.010)

Laufzeit: 1. April 2014 – 30. Juni 2017

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

Das manuelle nasse Unterwasserschweißen mit umhüllten Stabelektroden findet häufig Anwendung bei Reparatur- und Montageschweißungen, z.B. an Spundwänden, Schleusen oder an Gründungsstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen, da dazu kein angepasstes Habitat benötigt wird und es daher sehr flexibel einsetzbar ist. Im Unterwasserbereich kommen heute auch immer häufiger hoch- und höherfeste Feinkornbaustähle zum Einsatz, die eine Anfälligkeit gegenüber wasserstoffinduzierter Rissbildung zeigen. Dies stellte bisher insbesondere beim nassen Unterwasserschweißen ein Problem dar, da dabei über die Schmelze relativ große Mengen Wasserstoff eingetragen werden. Diese können in Kombination mit dem lokalen Spannungszustand und dem aus der schnellen Abkühlung resultierenden Gefügezustand sowie den damit verbundenen starken Aufhärtungen in der Wärmeinflusszone (WEZ) zu, zum Teil zeitverzögert auftretenden, Kaltrissen führen.

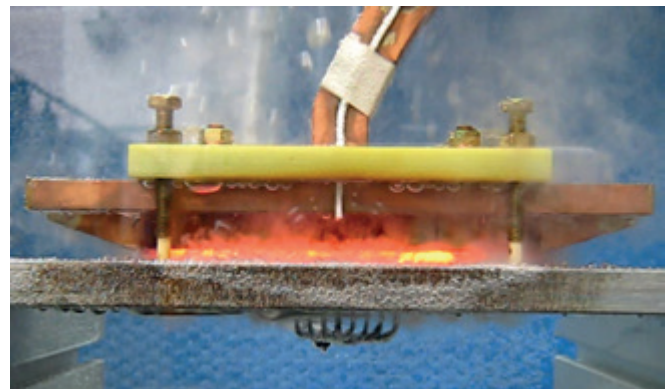
Im Rahmen dieses Forschungsprojektes erfolgte eine systematische Untersuchung des Werkstoffverhaltens und des Einflusses der wasserstoffinduzierten Rissbildung auf die mechanisch technologischen Eigenschaften anhand von Proben, die durch Taucher im Freiwasser unter Praxisbedingungen geschweißt wurden, sowie durch Laborversuche. Außerdem wurde untersucht, inwieweit eine Modifikation der Wärmeleitung zu einer Verbesserung der Schweißergebnisse genutzt werden kann. Dazu wurden umfangreiche Versuche zur induktiven Unterwasserwärmebehandlung der Schweißnaht und WEZ durchgeführt.

In Abhängigkeit von der Temperaturführung bei der Nachwärmung ließen sich dabei verschiedene Effekte nutzen. Während bei einer Wärmenachbehandlung unterhalb von  $A_{c1}$  keine Gefügeumwandlung erfolgt und ausschließlich Soaking-Effekte zur Reduktion des Wasserstoffgehaltes genutzt werden können,

lässt sich durch vollständige Austenitisierung und anschließende gesteuerte Abkühlung mit definierten  $T_{8/5}$ -Zeiten (**Bild 81**) neben einer Reduktion des Wasserstoffgehaltes auch ein sehr feinkörniges, rissfreies Gefüge im Bereich der Schweißnaht und WEZ einstellen.

Der in der Grobkornzone der WEZ vorher stark ausgeprägte Härtepeak ließ sich dadurch fast auf das Härteniveau des Grundwerkstoffes reduzieren.

Bei richtiger Anwendung stellt die induktive Unterwasser-Wärmenachbehandlung ein geeignetes Werkzeug dar, das nasse Unterwasserschweißen zukünftig auch für hochfeste Feinkornbaustähle nutzbar zu machen und somit schnelle und kostengünstige Reparatur- und Montageschweißungen im Unterwasserbereich zu ermöglichen.



**Bild 81:** Induktive Wärmenachbehandlung einer mit Thermoelementen präparierten, nass unterwassergeschweißten Schweißnaht zur Bestimmung der Temperaturverteilung

### Meinungen aus den Unternehmen

#### Karl-Heinz Antons, Leiter KofTa – Kompetenzzentrum für das Taucherwesen in der WSV, Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Rheine:

„Wir haben das Projekt von Anfang an begleitet und aktiv unterstützt. Die Notwendigkeit dieser wissenschaftlichen Untersuchung des Werkstoffverhaltens von hochfesten Stählen beim nassen Unterwasserschweißen resultierte aus Schadensfällen aus der Praxis. In den im Projekt entwickelten Methoden zur induktiven Wärmenachbehandlung sehen wir großes Potenzial für

die Anwendung durch Tauchfirmen, die Reparatur- oder Montagetarbeiten an hochfesten Spundwänden ausführen. Für die Instandhaltung der Wasserstraßen wird dieses Verfahren in Zukunft eine wichtige Rolle spielen, da immer häufiger hochfeste Spundwandbohlen der Stahlgüten S 430 GP oder S 460 GP zum Einsatz kommen. Die Projektergebnisse werden wir unter anderem für Schulungen von Unterwasserschweißern verwenden.“

**Herbert Schütte, Betriebsleiter, AMT GmbH, Aachen:**

“Mit großem Interesse haben wir über die gesamte Laufzeit am Projekt im projektbegleitenden Ausschuss aktiv mitgewirkt. Der Einsatz von hoch- und höherfesten Stählen im Unterwasserbereich wird zukünftig stark ansteigen. Die Erforschung der prozesssicheren Schweißbarkeit in nasser Umgebung ist daher zwingend erforderlich. Bei den Versuchen konnten wir feststellen, dass es sinnvoll ist, neben den unterschiedlichen Werkstoffen auch diverse Schweißparameter anzupassen. Da bei den Versuchen auch ein AMT Gerät zum Einsatz kam, konnten wir im Laufe der Testphasen neue Erkenntnisse sammeln und bereits hausintern einige schweißtechnische Verbesserungen vornehmen.

Die beim Projekt erzielten guten Ergebnisse haben die Erwartungen in vielen Bereichen weit übertroffen. Besonders die positiven Effekte der Wasserstoffreduktion, die durch das induktive Nachwärmen erzielt wurden, geben Anlass zu der Annahme, dass zukünftig Unter-Wasser-Schweißungen mit nachlaufender Wärmebehandlung zur Anwendung kommen. Als Hersteller von Schweißgeräten mit zugehöriger Geräteperipherie zum nassen Unter-Wasser-Schweißen werden wir daher bei zukünftigen Entwicklungen entsprechende Methoden zur Wärmebehandlung erforschen und versuchen, diese praxistauglich umzusetzen.“

**Neu begonnene Forschungsprojekte**

V4.017  
19.493 B **Unterwasserkleben – Entwicklung eines Verfahrens zum prozesssicheren Kleben von Halterungen unter Wasser**

Prof. Dr. Flügge, IPA Rostock

Beginn: 01.03.2017 Laufzeitende: 28.02.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.493B>

V4.015  
19.675 B **Qualifizierung eines Verfahrens zur Montage von Schraubenverbindungen mit erhöhter vorspannkrafterhaltender Sicherungswirkung im Unterwasserbereich**

Prof. Dr. Flügge, IPA Rostock

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

Beginn: 01.09.2017 Laufzeitende: 31.08.2019

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.675B>

**Durchlaufende Forschungsprojekte**

V4.014  
19.029 B **Werkstofftechnisch basiertes Abschreckmodell für die Simulation des Unterwasserschweißens**

Prof. Dr.-Ing.habil. Keßler, LWT Rostock

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.02.2016 Laufzeitende: 31.05.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.029B>

V4.018  
19.210 B **Optimierung des Tragverhaltens unter Wasser gefügter Bolzenschweißverbindungen großer Dimensionen für Reparatur- und Instandhaltungsmaßnahmen**

Prof. Dr. Flügge, IPA Rostock

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.10.2016 Laufzeitende: 30.09.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.210B>

V4.016  
19.211 N **Verminderung der wasserstoffinduzierten Kaltrissigkeit beim nassen Unterwasserschweißen von höherfesten Feinkornstählen durch die Integration von austenitischem Schweißgut in die Schweißfolge**

Prof. Dr.-Ing. Maier, IW Hannover

Beginn: 01.12.2016 Laufzeitende: 30.11.2018

Weitere Informationen siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=19.211N>

**Abgeschlossene Forschungsprojekte**

V4.010  
18.158 N **Mechanisch technologische Eigenschaften unterwasserschweißter hoch- und höherfester Stähle**

Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen

Beginn: 01.04.2014 Laufzeitende: 30.06.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.158N>

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: 30.09.2017

Weitere Informationen inkl. Schlussbericht siehe:  
<https://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=18.708N>

# Forschende Mitglieder der Forschungsvereinigung

## Aachen

RWTH Aachen  
Institut für Eisenhüttenkunde  
Lehrstuhl Werkstofftechnik der Metalle  
Bleck

RWTH Aachen  
Institut für Oberflächentechnik im Maschinenbau  
Bobzin

Institut für Anwendungstechnik, Pulvermetallurgie  
und Keramik an der RWTH Aachen e. V.  
Broeckmann

RWTH Aachen  
Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und  
Handwerk  
Hopmann

RWTH Aachen  
Institut für Eisenhüttenkunde  
Lehrstuhl Werkstoff-/Bauteilintegrität  
Münstermann

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT  
Poprawe

RWTH Aachen  
Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik  
Reisgen

## Augsburg

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-,  
Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV  
Reinhart

## Berlin

Bundesanstalt für Materialforschung  
und -prüfung BAM  
Fachbereich 9.4 Integrität von Schweißverbindungen  
Kannengießerei

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit  
und Mikrointegration IZM  
Lang

Technische Universität Berlin  
Institut für Mechanik - Fakultät V  
Fachgebiet für Kontinuumsmechanik und  
Materialtheorie  
Müller

GSI – Gesellschaft für  
Schweißtechnik International mbH  
Niederlassung SLV Berlin-Brandenburg  
Pöge

Bundesanstalt für Materialforschung  
und -prüfung BAM  
Fachbereich 9.3 Schweißtechnische  
Fertigungsverfahren  
Rethmeier

Technische Universität Berlin  
Institut für Werkzeugmaschinen und  
Fabrikbetrieb  
Rupprecht

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Produktions-  
anlagen und Konstruktionstechnik IPK  
Uhlmann

## Braunschweig

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Füge- und Schweißtechnik  
Dilger

## Bremen

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik  
und angewandte Materialforschung IFAM  
Mayer

Universität Bremen  
Bremer Center for Computational  
Materials Science BCCMS  
Ploshikhin

BIAS – Bremer Institut für angewandte  
Strahltechnik GmbH  
Vollertsen

## Chemnitz

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Werkzeug-  
maschinen und Umformtechnik IWU  
Drossel

Technische Universität Chemnitz  
Institut für Fördertechnik und  
Kunststoffe  
Gehde

Technische Universität Chemnitz  
Institut für Werkstoffwissenschaft und  
Werkstofftechnik  
Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik  
Lampke

Technische Universität Chemnitz  
Institut für Füge- und Montagetechnik  
Professur Schweißtechnik  
Mayr

Technische Universität Chemnitz  
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik  
Professur für Mikrotechnologie ZfM  
Otto

CeWOTec gGmbH  
Chemnitzer Werkstoff- und  
Oberflächentechnik  
Reif

Technische Universität Chemnitz  
Institut für Werkstoffwissenschaft und  
Werkstofftechnik  
Professur Verbundwerkstoffe  
Wagner

## Clausthal-Zellerfeld

Technische Universität Clausthal  
Institut für Maschinelle Anlagentechnik  
und Betriebsfestigkeit IMAB  
Esderts

Technische Universität Clausthal  
Institut für Schweißtechnik und  
Trennende Fertigungsverfahren ISAF  
Wesling

## Cottbus

Brandenburgische Technische Universität  
Cottbus - Senftenberg  
Lehrstuhl Füge- und Schweißtechnik  
Michailov

Brandenburgische Technische Universität  
Cottbus - Senftenberg  
Lehrstuhl Stahl- und Holzbau  
Pasternak

## Darmstadt

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und  
Systemzuverlässigkeit LBF  
Meiz

Zentrum für Konstruktionswerkstoffe  
Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt  
Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde  
Oechsner

## Dortmund

Technische Universität Dortmund  
Lehrstuhl für Werkstofftechnologie  
Fakultät Maschinenbau  
Tillmann

## Dresden

Technische Universität Dresden  
Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik  
der Elektronik  
Bock

Technische Universität Dresden  
Institut für Fertigungstechnik  
Professur für Fügetechnik und Montage  
Füssel

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und  
Strahltechnik IWS  
Leyens

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Keramische  
Technologien und Systeme IKTS  
Michaelis

## Duisburg

GSI – Gesellschaft für  
Schweißtechnik International mbH  
Niederlassung SLV Duisburg  
Mährlein

Universität Duisburg Essen  
Institut für Produkt Engineering ipe  
Lehrstuhl Fertigungstechnik  
Witt

## Erlangen

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen - Nürnberg  
Lehrstuhl für Kunststofftechnik  
Drummer

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen - Nürnberg  
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik FAPS  
Franke

Bayerisches Laserzentrum GmbH  
Schmidt

## Fellbach

GSI – Gesellschaft für  
Schweißtechnik International mbH  
Niederlassung SLV Fellbach  
Rotaru

## Freiburg

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für  
Werkstoffmechanik IWM  
Gumbusch

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

## Garbsen

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Werkstoffkunde  
Maier

## Garching

Technische Universität München  
Institut für Werkzeugmaschinen  
und Betriebswissenschaften iwv  
Zäh

## Geesthacht

Helmholtz-Zentrum Geesthacht  
Zentrum für Material- und  
Küstenforschung GmbH  
Kaysser

## Greifswald

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

## Halle

Schweißtechnische Lehr- und  
Versuchsanstalt Halle GmbH  
Keitel

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur  
von Werkstoffen und Systemen IMWS  
Wehrspohn

## Hamburg

Technische Universität Hamburg-Harburg  
Institut für Laser- und Anlagen-  
systemtechnik iLAS  
Emmelmann

Helmut-Schmidt-Universität  
Universität der Bundeswehr Hamburg  
Institut für Werkstofftechnik  
Laboratorium für Werkstoffkunde  
Klassen

## Hannover

GSI – Gesellschaft für  
Schweißtechnik International mbH  
Niederlassung SLV Hannover  
Mittelstadt

Laser Zentrum Hannover e. V.  
Overmeyer

## Ilmenau

Technische Universität Ilmenau  
Fakultät für Maschinenbau  
Fachgebiet Fertigungstechnik  
Bergmann

## Itzehoe

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für  
Siliziumtechnologie ISIT  
Benecke

## Jena

Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik  
und Werkstoffprüfung GmbH  
Jahn

## Jülich

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Energie- und Klimaforschung  
Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren  
Guillon

## Kaiserslautern

Technische Universität Kaiserslautern  
Lehrstuhl für Werkstoffkunde  
Beck

## Karlsruhe

Karlsruher Institut für Technologie  
Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine  
Ummerhofer

## Kassel

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

Universität Kassel  
Institut für Werkstofftechnik  
Fachgebiet Kunststofftechnik  
Heim

Universität Kassel  
Institut für Werkstofftechnik  
Metallische Werkstoffe  
Niendorf

## Köthen

Hochschule Anhalt  
Fachbereich EMW Schweißtechnik  
Rudolf

## Krefeld

Hochschule Niederrhein  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik  
Funktionswerkstoffe und Beschichtungen  
Wilden

## Magdeburg

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik  
Lehrstuhl Fügetechnik  
Jüttner

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik  
Institut für Elektrische Energiesysteme  
Lehrstuhl für Leistungselektronik  
Lindemann

## München

GSI – Gesellschaft für  
Schweißtechnik International mbH  
Niederlassung SLV München  
Cramer

Hochschule für angewandte Wissenschaften  
München  
Labor für Stahl- und Leichtmetallbau  
Engelhardt

## Neubiberg

Universität der Bundeswehr München  
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik  
Institut für Plasmatechnik und Grundgebiete der  
Elektronik  
Schein

## Paderborn

Universität Paderborn  
Fakultät für Maschinenbau  
Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik LWF  
Meschut

Universität Paderborn  
Fakultät für Maschinenbau  
Lehrstuhl für Kunststofftechnologie  
Moritzer

Universität Paderborn  
Fakultät für Maschinenbau  
Kunststoffverarbeitung  
Schöppner

## Rostock

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Einrichtung für  
Großstrukturen in der Produktionstechnik IPA  
Flügge

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt  
Mecklenburg-Vorpommern GmbH  
Peters

Universität Rostock  
Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik  
Lehrstuhl für Werkstofftechnik  
Keßler

## Saarbrücken

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.  
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren  
IZFP  
Hanke

## Stuttgart

Universität Stuttgart  
Institut für Strahlwerkzeuge  
Graf

Materialprüfungsanstalt MPA  
Universität Stuttgart  
Weihe

## Weimar

Materialforschungs- und Prüfanstalt  
an der Bauhaus Universität Weimar  
Könke

## Wissen/Sieg

TIME Technologie-Institut  
für Metall & Engineering GmbH  
Polzin

## Würzburg

SKZ – KFE gGmbH  
Kunststoff-Forschung und Entwicklung  
Hochrein

## Das Team der Forschungsvereinigung

**Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck | Geschäftsführer**

T +49 211 1591-173  
 F +49 211 1591-200  
 jens.jerzembeck@dvs-hg.de  
[Fachausschüsse 1, 2, Q6](#)

**Dipl.-Ing. Andrea Pierschke | Stellvertretende Leiterin**

T +49 211 1591-113  
 F +49 211 1591-200  
 andrea.pierschke@dvs-hg.de  
[Projektadministration](#)

**Dipl.-Ing. Axel Janssen**

T +49 211 1591-117  
 F +49 211 1591-200  
 axel.janssen@dvs-hg.de  
[Fachausschüsse 4, 11, V4](#)

**M. Sc. Marvin Keinert**

T +49 211 1591-188  
 F +49 211 1591-200  
 marvin.keinert@dvs-hg.de  
[Fachausschüsse 6, 13](#)

**Ass. jur. Marcus Kubanek**

T +49 211 1591-120  
 F +49 211 1591-200  
 marcus.kubanek@dvs-hg.de  
[Fachausschüsse 5, I2, GA-K](#)

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

T +49 211 1591-279  
 F +49 211 1591-200  
 michael.weinreich@dvs-hg.de  
[Fachausschüsse 7, 10](#)

**Dr.-Ing. Calin-Marius Pogan**

T +49 211 1591-123  
 F +49 211 1591-200  
 calin-marius.pogan@dvs-hg.de  
[Fachausschüsse 3, 9](#)

**Marion Winter**

T +49 211 1591-180  
 F +49 211 1591-200  
 marion.winter@dvs-hg.de  
[Projektadministration](#)

**Christian Habel**

T +49 211 1591-118  
 F +49 211 1591-200  
 christian.habel@dvs-hg.de  
[Systemadministration](#)

**Dr. rer. nat. Sylvia Musch**

T +49 211 1591-182  
 F +49 211 1591-200  
 sylvia.musch@dvs-hg.de  
[Projektadministration](#)

## 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  
Andrea Pierschke  
Michael M. Weinreich**

### Titelfoto

Laserimplantierter Rührreißschweißstift

### Quelle:

IGF-Projekt  
Gradierete Oberflächen durch Laserbearbeitung für Rührreißschweiß-  
werkzeuge erhöhter Standzeit  
(IGF-Nr. 18.841N / DVS-Nr. 05.064)

Mit freundlicher Genehmigung:

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Stefan Böhm, Fachgebiet Trennende und  
Fügende Fertigungsverfahren, Universität Kassel

### Gestaltung

**DVS Media GmbH**  
Düsseldorf

### Druck

**D+L Printpartner GmbH**  
Schlavenhorst 10, 46395 Bocholt



## 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 serviceorientiert ausgerichtete Institution für die Fügetechnik.

## 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  
T +49 211 15 91-173  
F +49 211 15 91-200  
jens.jerzembeck@dvs-hg.de

### Darüber hinaus eröffnet Ihnen eine Firmenmitgliedschaft im DVS noch weitere Möglichkeiten:

Seit 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 Fügetechnik interessiert. Unser Netzwerk umfasst rund 19.000 Personen, Unternehmen und Organisationen. Gemeinsam mit bundesweiten Forschungsinstituten arbeiten wir daran, dass die Fügetechnik 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.



Informationen zur DVS-Firmenmitgliedschaft finden Sie hier:  
[www.dvs-ev.de/firmen-mitgliedschaft](http://www.dvs-ev.de/firmen-mitgliedschaft)

# Aufnahmeantrag Firmen- Mitgliedschaft

## Beitragsstaffel für Unternehmen aus Industrie, Handel, Handwerk und Körperschaften (gültig ab Januar 2018)

### Anwender der Schweißtechnik

Gesamtzahl aller Mitarbeiter des Unternehmens

bis zu	100 Mitarbeiter	489,00 €
bis zu	250 Mitarbeiter	1.103,00 €
bis zu	500 Mitarbeiter	1.379,00 €
bis zu	1.000 Mitarbeiter	1.654,00 €
bis zu	2.000 Mitarbeiter	2.205,00 €
mehr als	2.000 Mitarbeiter auf Anfrage (individuelle Regelung)	

### Hersteller, Handelsunternehmen, Dienstleistungsunternehmen, Ingenieurbüros

Der Beitrag wird individuell vereinbart,  
beträgt jedoch mindestens 577,00 €

### Handwerksunternehmen

bis	100 Mitarbeiter	218,00 €*
mehr als	100 Mitarbeiter	552,00 €

\*im Mitgliedsbeitrag ist der Bezug von nur **einem** Fachzeitschriften-Abo enthalten

### Körperschaften

Der Beitrag wird individuell vereinbart,  
beträgt jedoch mindestens 260,00 €

## 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

Datum, Unterschrift, Firmenstempel

Wir wurden geworben von:

Name, Vorname

Anschrift

Gewünschte Werbepremien:

1. Prämie

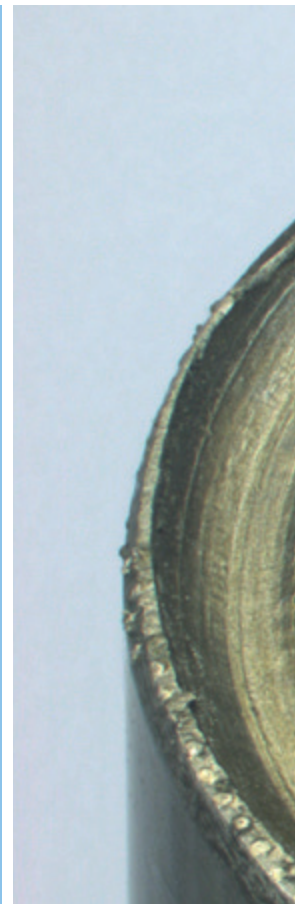
2. Prämie

Die aktuellen DVS-Werbepremien finden Sie unter: [www.dvs-ev.de/mitgliederwerbung](http://www.dvs-ev.de/mitgliederwerbung)



## Notizen

---



**Forschungsvereinigung Schweißen  
und verwandte Verfahren e. V. des DVS**

Aachener Straße 172  
40223 Düsseldorf

T +49 211 1591-0  
F +49 211 1591-200

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