



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

MB

FAKULTÄT FÜR  
MASCHINENBAU

# Forschungsbericht 2018

Institut für Werkstoff- und Fügetechnik

# INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND FÜGETECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. 49 (0)391 67-54541/-58613, Fax 49 (0)391 67-44569/-12037  
iwf\_office@ovgu.de, iwf@ovgu.de  
<http://www.iwf.ovgu.de/>

## 1. Leitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle (Geschäftsführender Institutsleiter)  
Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
Prof. Dr. rer. nat. Michael Scheffler

## 2. HochschullehrerInnen

Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner (Lehrstuhl Fügetechnik)  
Prof. Dr. rer. nat. Michael Scheffler (Lehrstuhl Nichtmetallische Werkstoffe)  
Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle (Lehrstuhl Metallische Werkstoffe)  
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Mook  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Michael Rhode  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kannengießer  
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Böllinghaus (Honorarprofessor)  
Dr.-Ing. Manuela Zinke  
Dr.-Ing. Jörg Pieschel  
Dr.-Ing. Thomas Benziger

## 3. Forschungsprofil

Werkstoffe und Maschinenbau haben an der Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg und in seiner Umgebung eine lange Tradition, die vom Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWf) mit getragen wird. Als Einrichtung der Fakultät für Maschinenbau bilden wir mit unseren Arbeitsgruppen den Kernbereich des Forschungs- und Ausbildungsschwerpunktes Werkstoffe und Fügetechnik an unserer Universität.

Dabei liegt der Fokus auf folgenden Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkten:

- Herstellung neuartiger metallischer Werkstoffe und Entwicklung neuartiger Verfahren zur Herstellung anorganisch-nichtmetallischer Multifunktionswerkstoffe
- Mikrostruktur, mechanische Eigenschaften und Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe
- Schweißtechnologien und Schweißbeignung insbesondere metallischer Werkstoffe
- Korrosion und Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe
- Charakterisierung und zerstörungsfreie Prüfung von Werkstoffen und Fügeverbindungen.

Neben der Bearbeitung von grundlagen- und anwendungsorientierten Forschungsprojekten bringen wir unsere Erfahrungen auch als Dienstleister in Forschungs Kooperationen mit Industrie und Akademia ein. Die Umsetzung erfolgt dabei in Lehrstühlen, Arbeitsgruppen und speziell ausgestatteten Laboren.

## 4. Serviceangebot

### Füge-technik (Prof. Jüttner)

- Schweißen von Verbindungen, Auftragschweißen und generatives Schweißen mittels Lichtbogen und Laserstrahl
- Widerstandsschweißen von hochfesten und hochlegierten Stahlblechen und Aluminiumlegierungen
- Prüfung auf verzögerte Kaltrisse an höchstfesten Stahlwerkstoffen
- mechanisches Fügen und Kleben
- Prozesskette zum Formhärten mit definierter Ofenatmosphäre und Temperaturverlauf, Schweißtechnische Verarbeitung formgehärteter Stähle
- Thermischen Trennen mittels Plasma- und Laserstrahlschneiden
- Pulver-Flammspritzschichten und Charakterisierung von Spritzschichten
- Schadensfalluntersuchungen und Beratung für Schweißtechnologien und -Anwendungen

### Schweiß-technologie und -metallurgie (Dr. Zinke)

- Lichtbogenschweißen von hochfesten und hochlegierten Stählen, Ni-Basiswerkstoffen sowie Leichtmetalllegierungen
- Thermo-mechanische Gefügesimulation mittels Gleeble 3500
- Analyse der Heißrisneigung von Werkstoffen beim Schweißen mittels PVR- und Gleeble-Test
- Bestimmung der Gasgehalte (H, N, O) an Stählen und Nichteisenmetallen

### Werkstoff-technik - Nichtmetallische Werkstoffe (Prof. Scheffler)

- Anorganisch-nichtmetallische zelluläre Werkstoffe für Energietechnik, Umweltkatalyse und Feuerfestanwendungen
- Tauch- und Sprühbeschichtung metallischer und keramischer Substrate
- thermodynamische Modellierung von Hochtemperaturreaktionen
- computertomographische Werkstoffcharakterisierung
- neuartige Verbundwerkstoffe aus molekularen Vorstufen
- Erzeugung und Charakterisierung magnetischer Funktionsschichten

### Werkstoff-technik - Metallische Werkstoffe (Prof. Halle)

- Gefüge-/Eigenschaftsbeziehungen metallischer Werkstoffe
- numerische Simulation von Fertigungsprozessen z.B. Wärmebehandlungen, Zerspanung
- Verarbeitung metallischer Werkstoffe insb. Karosseriewerkstoffe
- Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe, Prozesskettenanalyse
- Werkstoffmodellierung, Modellbildung
- Mikrostruktur- und Schadensanalyse
- mechanisches Verhalten von metallischen Werkstoffen

### Werkstoff-technik - Korrosion (PD Dr.-Ing. Heyn. / Prof. Halle)

- Korrosionsverhalten und Korrosionsschutz von nichtrostenden Stählen, Ni-Basis-Legierungen, Al-Legierungen, Mg-Legierungen, verzinkten Stählen u. a. Überzugsmetallen
- Anwendung und Weiterentwicklung elektrochemischer Prüf- und Untersuchungsmethoden (elektrochemisches Rauschen, Polarisationsmethoden, kombinierte Methoden)

- Kurzzeit-Korrosionsprüfungen zum Parameter-Screening für die Entwicklung und Optimierung von Korrosionsschutzmethoden (Vorbehandlungen, Beschichtungen und Überzüge, Inhibitoren etc.)
- Instrumentierung von Versuchsanlagen für ein Corrosion Monitoring
- Aufklärung und Beratung zu Schadensfällen durch Korrosion

#### **Werkstofftechnik - Mikrostrukturcharakterisierung (Dr. Betke)**

- lokale chemische und kristallographische Mikrostrukturcharakterisierung
- Stereologie und Topometrie
- lokale Texturuntersuchung mit Rückstreuелеlektronenbeugung
- komplexe Schadensfallanalyse technischer Bauteile
- Mikrofraktographie
- Oberflächeneigenschaften mittels Rastersondenmikroskopie

#### **Werkstofftechnik - Spezielle Metallische Werkstoffe (kom. Prof. Halle)**

- pulvermetallurgische Herstellung und Charakterisierung von Hochtemperaturwerkstoffen
- Gefüge-Eigenschafts-Beziehungen gerichtet erstarrter, silizid- und boridverstärkter Hochtemperaturwerkstoffe
- Gefüge-Eigenschafts-Beziehungen von Werkstoffen für den Einsatz im Automobilbau unter statischer und zyklischer Beanspruchung bei erhöhter Temperatur
- Oxidationsverhalten von intermetallischen Werkstoffen auf Molybdän, Chrom- Wolfram- und Vanadiumbasis
- Kriechverhalten von metallischen Hochtemperaturwerkstoffen mit intermetallischen Phasen

#### **Werkstofftechnik - Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (Prof. Mook)**

- Randschichtprüfung von Aluminiumwerkstoffen
- Anomalien in Triebwerksscheiben aus Titan- und Nickellegierungen
- adaptive Werkstoffsysteme
- Structural Health Monitoring von CFK mittels Lambwellen
- Wirbelstromprüfung auf interkristalline Korrosion austenitischer Stähle
- Wirbelstromprüfung von CFK
- Eigenschaftsbestimmung von ADI-Guss
- Wirbelstromprüfsysteme und -verfahren

## **5. Methodik**

Die Labore und Einrichtungen des IWF finden Sie unter:  
<http://www.iwf.ovgu.de/Kompetenzen.html>

## **6. Kooperationen**

- 8. Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH, Niederlassung SLV Duisburg (SLV)
- apl. Prof. K. Naumenko, IFME, OVGU
- Audi AG, Ingolstadt
- BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
- Bilfinger Piping Technologies GmbH, Essen

- Brown University, Materials Science and Engineering, USA
- Castolin GmbH, Kriftel
- citim Oerlikon
- Dr. Kochanek Entwicklungsgesellschaft, Neustadt a.d. Weinstraße
- Dr. Michael Schwidder, Inst. für Chemie, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
- Elektro-Thermit GmbH & Co KG, Halle/Saale
- EUROFLAMM GmbH Weißenborn, Weißenborn
- FDBR e.V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf
- fem - Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie, Schwäbisch Gmünd
- Forschungsbereich Experimentelle Orthopädie der Orthopädischen Universitätsklinik in Magdeburg
- Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW) Remscheid
- Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, GER
- Fraunhofer-Institut für Lasertechnik, Aachen
- Fritz Stepper GmbH & Co.KG , Pforzheim
- Ganzlin Beschichtungspulver GmbH
- Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH, Niederlassung SLV Duisburg (SLV)
- GTV mbH, Luckenbach
- H + E Produktentwicklung GmbH
- Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)
- Höfer Metall Technik GmbH & Co. KG, Hettstedt
- iLF - Institut für Lacke und Farben Magdeburg
- Innovent e.V., Industrieforschungseinrichtung, Jena
- Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung (IFQ) der Universität Magdeburg; Lehrstuhl für Zerspan- und Abtragetechnik
- Institut für Korrosions- und Schadensanalyse, Magdeburg
- Institut für Lacke und Farben Magdeburg gGmbH
- Institut für Werkzeugforschung, und Werkstoffe (IFW)
- IWB Werkstofftechnologie GmbH
- Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Materialien
- Krüger, Manja, Prof. Dr.; RWTH Aachen
- LIN - Leibniz Institut für Neurobiologie Magdeburg
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (Düsseldorf)
- Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung
- Methodisch-Diagnostisches Zentrum Werkstoffprüfung e.V.
- NANOVAL GmbH & Co. KG, Berlin
- Nationale Technische Universität Kiew, Ukraine
- Nimak Schweißtechnik, Wissen
- Porsche Leipzig GmbH, Leipzig
- Prof. Dr. Dirk Enke, Universität Leipzig

- Prof. Dr. Michael Hoffmann Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Materialien Keramik im Maschinenbau
- Siemens AG, Berlin
- SM Calvörde Sondermaschinenbau GmbH & Co. KG
- Solvis GmbH & Co. KG, Braunschweig
- STEAG GmbH, Essen
- TPW Prüfzentrum GmbH
- TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Mannheim
- Universität Bayreuth
- Universität Leipzig, Fakultät für Mathematik und Informatik, LPZ E-BUSINESS
- Vallourec DEUTSCHLAND GmbH, Düsseldorf
- VDM Metals GmbH, Altena
- Viessmann AG
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- Vorrichtungsbau Giggel GmbH, Bösdorf
- Westfalen Gas AG, Münster

## 7. Forschungsprojekte

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Markus Wilke  
**Förderer:** Industrie - 01.03.2016 - 28.02.2018

### Prozesssimulation des induktiven Härtens von un- und niedriglegierten Stahlbauteilen

Durch die vollständige geometrieunabhängige Entwicklung eines Simulationssetups können neue Bauteilgeometrien sehr einfach berücksichtigt werden. Durch eine Reihe von Simulationen mit verschiedenen Induktorgeometrien lassen sich weniger gut geeignete Induktoren bereits auf Grundlage der Simulationen ausschließen. Damit reduziert sich die experimentelle Iterationsanzahl bei der Entwicklung bzw. der Anpassung neuer Bauteil- und/oder Induktorgeometrien. In einem nachgelagerten Schritt ist es auch möglich den Bereich der Prozessparameter zu identifizieren die bei möglichst effizienten Prozessparametern noch zu einer geeigneten Austenitisierung (Erwärmung) und damit der notwendigen Härte im Bauteil nach dem Abschrecken führen. Zusätzliche sollen Vorhersagen zur Reduzierung des Schleifaufmaßes und Aussagen zum Restaustenitgehalt im Randbereich gehärteter Bauteile ermöglicht werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Martin Ecke, Dipl.-Ing. Markus Wilke  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.09.2016 - 30.09.2018

### X-ELMA: Röntgenfluoreszenz-Elementanalyse für Mikroskopische Anwendungen

Lichtmikroskope sind ein wichtiger Bestandteil von Forschung und Technik, insbesondere in Bereichen wie Qualitätssicherung, Schadensanalyse, Kriminaltechnik oder Geologie. Hier ist neben der Struktur eines Materials häufig dessen chemische Zusammensetzung von Interesse. Dazu werden zusätzliche Geräte wie Elektronenmikroskope oder Röntgenfluoreszenzspektroskope benötigt. Durch die Verwendung einer Miniaturröntgenquelle ist es möglich, Röntgenfluoreszenzanalysen direkt am Lichtmikroskop durchzuführen. Dabei wird ein Spektroskop direkt in den Objektivrevolver eines herkömmlichen Lichtmikroskops integriert. Die Verwendung von Optiken ermöglicht zudem orts aufgelöste Analysen. Der geringe Energiebedarf der Spektroskopieeinheit ermöglicht zusätzlich einen portablen, batteriebetriebenen Einsatz. Eine Messung dauert dabei ca. 90 Sekunden und

ermöglicht es alle technisch relevanten Materialien zu untersuchen (Ordnungszahl >5 qualitativ und >11 quantitativ). Das Produkt befindet sich in der Entwicklungsphase, wobei die Machbarkeit und Funktionsweise bereits experimentell nachgewiesen wurde.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Martin Ecke  
**Förderer:** Sonstige - 01.01.2014 - 31.12.2019

### **Erforschung metallphysikalischer Mechanismen bei der Zwillingsbildung während schlagdynamischer Belastung kubisch-raumzentrierter Eisenlegierungen**

Die Bildung von Verformungszwillingen stellt einen wichtigen Mechanismus der plastischen Verformung von Metallen dar. Besonders bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten wie bspw. bei Explosion, Beschuss oder anderen Impactszenarien sowie bei Temperaturen unterhalb der Raumtemperatur leistet dieser Mechanismus einen maßgeblichen Beitrag zur plastischen Verformung. Die Entstehung von Verformungszwillingen im Gefüge lässt sich mit einem Umklappen von Atomen und damit einhergehend einer lokalen Änderung der kristallographischen Orientierung beschreiben. Im Vergleich zum klassischen Versetzungsmechanismus ermöglicht die Zwillingsbildung einen höheren Betrag an Energie im Material zu absorbieren, wodurch die makroskopische Verformung eines Bauteils geringgehalten wird. Das Ziel der Arbeit ist Charakterisierung der bei der Zwillingsbildung beteiligten Mechanismen. Neben äußeren Randbedingungen wie Temperatur und Lastfall werden insbesondere mikro- und nanoskalige Einflussgrößen wie bspw. Mikrostruktur, innere Grenzflächen und Versetzungsinteraktionen betrachtet. Dabei erfolgt die Ableitung theoretischer Modelle unter Verwendung molekuldynamischer Simulationen. Die Beschreibung der Nukleation von Zwillingen wird dabei durch mikrostrukturelle Validierung, basierend auf experimentell ermittelten Daten aus Versuchen mittels Elektronenbeugung, unterstützt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Sebastian Dieck  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2016 - 31.03.2019

### **Q&P-Wärmebehandlung martensitisch korrosionsbeständiger Stähle**

Durch das Wärmebehandlungskonzept des "Quenching and Partitioning" ist es möglich die Verformbarkeit hochfester, martensitischer Stähle zu erhöhen. Die Bedingung hierfür ist ein gewisser Anteil metastabiler Austenits im Gefüge, der bei plastischer Verformung martensitisch umwandelt (TRIP-Effekt). Um diese Rahmenbedingung zu schaffen folgt dem Prozessschritt des Härtens eine Partitionier-Behandlung, welche durch lokale C-Diffusion vorhandenen Restaustenit stabilisiert und eine Rückumwandlung von Martensit in Austenit auslöst.

Am Institut für Werkstoff- und Füge-technik der OvGU wurde der Q&P-Prozess am Werkstoff 1.4034 erprobt. Dabei wurde insbesondere die Variation der Partitionierzeit fokussiert.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.09.2016 - 31.01.2021

### **MEMoRIAL-Module II: Materials Science**

**The availability of novel MATERIALS** is a key issue for technical innovations, e. g. in energy conversion, mobility or medical engineering. While the effort of R & D in developing new materials was immens over the last years, there is a lack in a detailed understanding of the materialst behaviour like in complex mechanical stress situations or when exposed to high temperature or radiation. This holds for compact as well for cellular materials.

In order to bridge this gap an integrated approach will focus on the combination of materials processing,

materials design, complex stress situations in materials and mathematical modelling. While several of these categories are already combined to each other, R & D of holistic approaches is still in the beginning, and the challenge is to develop connected models which describe the process-microstructure-properties-relationships of materials of different provenience and porosity. Only such a combined approach will allow feedback between materials design and materials behavior.

PhD students in materials science and technology will have the opportunity within a four-year track to work with modern processing technologies and high-tech characterization methods such as state-of-the-art scanning electron microscopy, biaxial testing equipment and several in situ and combined methods. A four-year track is intended.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Paul Rosemann, M.Sc. Norman Kauss  
**Kooperationen:** Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW) Remscheid; Institut für Werkzeugforschung, und Werkstoffe (IFW); BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2017 - 31.12.2018

### **Anpassung der Wärmebehandlung martensitisch-nichtrostender Messerstähle zur Entwicklung spülmaschinenbeständiger Schneidwaren**

Beim Reinigen von Messerklingen im Geschirrspüler tritt immer wieder Lochkorrosion auf, weshalb Schneidwarenhersteller die Handreinigung empfehlen. Die fehlende Spülmaschinenbeständigkeit resultiert aus der gleichzeitigen Forderung nach Korrosions- und Verschleißbeständigkeit. Messerstähle werden deshalb mit Chrom und Kohlenstoff legiert und im gehärteten, niedrig angelassenen Zustand verwendet. Messerstähle besitzen eine hohe Neigung zur Bildung von Chromkarbiden, was schon beim Härten zu Chromverarmung und beschränkter Korrosionsbeständigkeit führt. Dieser Zusammenhang konnte vor kurzem mit der elektrochemisch potentiodynamischen Reaktivierung (EPR) nachgewiesen werden. Ziel des Projekts ist die Entwicklung spülmaschinenbeständiger Messerklingen, durch Identifizierung und Beseitigung von Schwachstellen beim Härten von Messerstählen. Im Rahmen der Untersuchungen werden notwendige Wärmebehandlungsparameter für eine Beseitigung der Chromverarmung an drei Messerstählen identifiziert. Anschließend werden ausgewählten Wärmebehandlungen an Messerrohlingen vorgenommen, um ihre positive Wirkung auf die praktischen Spülmaschinenbeständigkeit und die Lebensmittelverträglichkeit zu verifizieren. Über Wärmebehandlungssimulationen an konkreten Produkten mit spezifischer Geometrie soll überprüft werden, wie die experimentell bestimmten Parameter bei der Wärmebehandlung im Produktionsprozess realisiert werden können. Die Forschungsergebnisse, welche aus verbesserten Wärmebehandlungsparametern und deren Einfluss auf die Korrosionsneigung von Messerstählen bestehen, werden der Industrie in Form von Handlungsempfehlungen zur Verfügung gestellt und durch eine Wirtschaftlichkeitsanalyse abgerundet. Mit den angestrebten Forschungsergebnissen sollen Schneidwarenhersteller in der Lage versetzt werden spülmaschinebeständige Messerklingen herzustellen und somit bestehender Geschäftsfelder der mittelständig strukturierten Schneidwarenindustrie zu sichern und zu erweitern.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Markus Wilke, Dipl.-Ing. Martin Ecke  
**Kooperationen:** Institut für Lacke und Farben Magdeburg gGmbH; Ganzlin Beschichtungspulver GmbH; IWB Werkstofftechnologie GmbH; H + E Produktentwicklung GmbH  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2017 - 30.06.2019

### **AEro-Lack: Abrasions- und erosionsbeständige Pulverlackschichten für industrielle Anwendungen**

Im Rahmen des FuE-Kooperationsprojekts AEro-Lack ist die Entwicklung und Erprobung von innovativen Pulverlacksystemen mit Hartstoffpartikeln vorgesehen, welche zur Beschichtung von Bauteilen für industrielle Anwendungen zum Einsatz kommen, deren Lebensdauer gegenwärtig durch abrasive und erosive Beanspruchung stark eingeschränkt ist. Mit diesen Lackschichten soll die Lebensdauer von verschiedenen industriellen Anwendungen im Vergleich zum Stand der Technik erheblich verbessert werden. Zudem ist die Entwicklung



geeigneter Prüfmethode(n) insb. hinsichtlich der Abrasions- und Erosionsbeständigkeit, die Entwicklung neuartiger Oberflächenvorbehandlung sowie eine umfassende Charakterisierung der Lackschichten avisiert. Das FuE-Projekt stellt ein Kooperationsprojekt der H+E Produkt-entwicklung GmbH (KMU), der IWB Werkstofftechnologie GmbH (KMU), der Ganzlin Beschichtungspulver GmbH (KMU), der Institut für Lacke und Farben Magdeburg gGmbH (Forschungseinrichtung) und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (Forschungseinrichtung) dar. Das geplante Vorhaben ist für eine Laufzeit von 2,5 Jahren ausgelegt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Karsten Harnisch  
**Kooperationen:** Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, GER; Forschungsbereich Experimentelle Orthopädie der Orthopädischen Universitätsklinik in Magdeburg  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.02.2017 - 31.01.2021

#### **MEMoRIAL-M2.4 — In-situ SEM methods to improve implant materials**

The macroscopic behaviour of materials is based on the **microstructural composition** of the material itself, the design, and the environmental conditions in use. Properties like grain size, constitution of the phases, orientation, hardness, tensile and compressive strength, phase transition points, as well as crack initiation and crack growth can be investigated *in-situ* in a specially equipped **Scanning Electron Microscope (SEM)**. By using the combination of SEM and **Focussed Ion Beam (FIB)** each parameter can be considered in three dimensions.

Focus of this thesis will be a combination of methods based on a **SEM/FIB coupling** associated with the possibility of ***in-situ* testing, heating, and analysis** to improve **metallic implant materials**. Apart from the behaviour under **mechanical loading and heating or cooling conditions**, the **materials' surface** after cutting and grinding as well as the **corrosion behaviour** will be investigated to improve **biocompatibility**. Materials can be **Co-, Ti-base or comparable alloys**.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Markus Wilke, Dipl.-Ing. Martin Ecke  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.08.2016 - 31.01.2019

#### **DFG-Großgeräteförderung: Rasterelektronenmikroskop für 3-dimensionale Untersuchungen**

Für die Forschung auf dem Gebiet neuer Materialien ist eine leistungsfähige Elektronenmikroskopie zur Klärung mikrostruktureller Eigenschaften und Mechanismen erforderlich. Zur erfolgreichen Bearbeitung von Forschungsvorhaben sind Geräte und Methoden zur Klärung von Wechselwirkungen auf nanoskaliger Ebene notwendig. Dabei werden die mikroskopischen und makroskopischen Eigenschaften von Materialien charakterisiert, beispielsweise metallphysikalische Erkenntnisse abgeleitet und somit technische Legierungen für den Einsatz unter verschiedensten Bedingungen entwickelt. Elektronenmikroskopische Untersuchungen unter Nutzung analytischer Methoden, wie Röntgenspektroskopie und Elektronenbeugung sind fester Bestandteil nahezu aller laufenden Projekte und Vorhaben. Für eine wettbewerbsfähige Forschung auf dem Gebiet der Werkstoffwissenschaften ist eine umfassende Charakterisierung von Werkstoffen mit modernsten Methoden, wie die Abbildung und Analyse in drei Dimensionen mittels Kombination von REM und FIB mit EDX/EBSD essentiell. So können mit dem beantragten Gerät neben tomographischen Abbildungen zur Charakterisierung der Mikrostruktur (Gefüge, Inhomogenitäten, etc.), auch Aussagen zur chemischen Zusammensetzung, kristallographischen Orientierung, den Phasenanteilen und Spannungszuständen im Volumen einer Probe erhalten werden. Zusätzlich ergibt sich die Möglichkeit, durch eine Zielpräparation mittels FIB Probenbereiche von Interesse zu extrahieren und separat zu untersuchen. So können Lamellen für STEM Untersuchungen präpariert und/oder die laterale Auflösung von EDX und WDX Analysen verbessert werden. Dies ist insbesondere zur Abbildung und Analyse von ultrafeinkörnigen Materialbereichen, Diffusionsprozessen oder Ausscheidungsvorgängen von Interesse. Für die Ableitung mechanischer und thermischer Eigenschaften bestehen Möglichkeiten für *in-situ* Zug-Druck- und Heizversuche, als wichtiger Bestandteil laufender und geplanter Forschungsthemen. So können Rissinitiierungs- und Rissfortschrittsprozesse, ebenso wie Änderungen der Orientierungsverhältnisse und Spannungsgradienten unter Last ermittelt werden. Das Heizen der Proben ermöglicht es, Phasenumwandlungen, Diffusionsprozesse an

Grenzflächen sowie Ausscheidungsvorgänge zu untersuchen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Maria Crackau  
**Kooperationen:** Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, GER; Forschungsbereich Experimentelle Orthopädie der Orthopädischen Universitätsklinik in Magdeburg  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.09.2017 - 31.08.2021

### **MEMoRIAL-M2.3 — Evaluation of force contributions to the damage evolution and failure analysis of metallic arthroplasty components**

The incidence of **total hip replacements** in OECD countries is  $>300/100.000$  inhabitants. Due to the demographic challenge, more than 400.000 total knee and hip arthroplasties are implanted each year (incidence 400/100.000 inhabitants) with numbers being expected to increase. About 5% of these patients are in need of revision surgery due to prosthesis loosening within 10 years.

One main factor contributing to **aseptic hip prosthesis loosening** is corrosion at the head-neck junction.

Wear and corrosion at this modular junction have been recognized to induce early failure of hip replacements. There have been a number of reports on the occurrence of taper **corrosion** and/or **fretting** with some of them conjecturing a link to the occurrence of adverse local tissue reaction specifically with respect to total hip replacement. Factors like manufacturing tolerances, surgical technique, non-axial alignment, material combination, high frictional torque, and high bending moment were identified to affect the failure process.

The objective of this PhD project is to elucidate the effects and contributions mentioned above, aiming for technical improvements to reduce the risk factors. Therefore, this study will mainly focus on the evaluation of the **tribological properties and contributing factors**.

Damage analysis of explants and simulation of worst case scenarios using test implants will be performed.

To improve the current standard, different material combinations will be investigated to understand relevant (e.g. crevice and bimetallic) corrosion processes. The investigation of **biological reactions** between tissue and wear particles generated by damaged implants makes up another important part of this sub-project.

This interaction will be analysed in cooperation with the laboratory for **experimental orthopedics**.

Several analytical methods ( e.g. SEM, cell culture, hip simulator testing) will be applied to examine and clarify the **interplay of implant wear and human tissue**.

The incidence of **total hip replacements** in OECD countries is  $>300/100.000$  inhabitants. Due to the demographic challenge, more than 400.000 total knee and hip arthroplasties are implanted each year (incidence 400/100.000 inhabitants) with numbers being expected to increase. About 5% of these patients are in need of revision surgery due to prosthesis loosening within 10 years.

One main factor contributing to **aseptic hip prosthesis loosening** is corrosion at the head-neck junction.

Wear and corrosion at this modular junction have been recognized to induce early failure of hip replacements. There have been a number of reports on the occurrence of taper **corrosion** and/or **fretting** with some of them conjecturing a link to the occurrence of adverse local tissue reaction specifically with respect to total hip replacement. Factors like manufacturing tolerances, surgical technique, non-axial alignment, material combination, high frictional torque, and high bending moment were identified to affect the failure process.

The objective of this PhD project is to elucidate the effects and contributions mentioned above, aiming for technical improvements to reduce the risk factors. Therefore, this study will mainly focus on the evaluation of the **tribological properties and contributing factors**.

Damage analysis of explants and simulation of worst case scenarios using test implants will be performed.

To improve the current standard, different material combinations will be investigated to understand relevant (e.g. crevice and bimetallic) corrosion processes. The investigation of **biological reactions** between tissue and wear particles generated by damaged implants makes up another important part of this sub-project.

This interaction will be analysed in cooperation with the laboratory for **experimental orthopedics**.

Several analytical methods ( e.g. SEM, cell culture, hip simulator testing) will be applied to examine and clarify the **interplay of implant wear and human tissue**.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Sebastian Hütter  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2017 - 31.12.2019

### **Thermodynamische Berechnungen auf Basis atomistischer Simulationen**

Zur Bestimmung der Phasenstabilität in metallischen Legierungen ist eine große Anzahl experimenteller Untersuchungen notwendig. Experimentelle Unsicherheiten führen gerade bei komplexen Systemen dazu, dass möglicherweise nicht alle Features ausreichend genau beschrieben werden können. Prädiktive Modelle basierend auf rein theoretischen Ansätzen verschieben den Aufwand zu großen Rechenzeiten. Ziel des Projektes ist es, ein konsistentes Framework zur Berechnung beliebiger Legierungssysteme auf basis atomistischer Simulationen zu formulieren.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Karsten Harnisch  
**Kooperationen:** Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung (IFQ) der Universität Magdeburg; Lehrstuhl für Zerspan- und Abtragtechnik  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.09.2017 - 01.09.2019

### **Entwicklung geeigneter Prozesse und Werkzeuge für die Präzisionsbearbeitung von Co-Cr-Mo-Superlegierungen zur Steigerung der Sicherheit medizinischer Implantate**

Bei medizinischen Gelenkpaarungen bzw. Endoprothesen, welche aus hochfesten und schwer zerspanbaren Werkstoffen, wie Kobalt-Chrom-Molybdän, Titan oder Keramik bestehen, ist ein wirtschaftlicher Fertigungsprozess notwendig, welcher ein fehlerfreies Produkt garantiert. Bei medizinischen Implantaten bestehen z.T. spezifische Anforderungen an die verwendeten Legierungen (z.B. körperverträgliche und medizinisch zugelassene Werkstoffe oder Beständigkeit gegenüber Wärmeentwicklung und Druck- bzw. Zugbelastungen) und Forderungen nach einer störungsfreien, mehrachsigen Lastübertragung bei mehreren Millionen Lastzyklen und mehrachsigen Bewegungsbeaufschlagungen. Um den Forderungen nach steigenden Lastzyklen, höherer Steifigkeit, größeren Kraftübertragungsmomenten, geringerem Gewicht, komplexeren Geometrien und verbessertem Verschleißverhalten zu entsprechen, sollen effiziente Fertigungsverfahren auf Basis werkstofftechnischer Grundlagenuntersuchungen entwickelt werden. Der Werkstoff Co-Cr-Mo ist spanend schwer zu bearbeiten. Bauteile aus hochfesten Legierungen müssen nach dem Drehen und Fräsen kosten- und zeitintensiv durch Schleifen und Polieren endbearbeitet werden. Dennoch lassen sich oft die geforderten Oberflächenstrukturen und Randzoneneigenschaften, wie Zug- und Druckeigenspannungen, Rauheitswerte und die Vermeidung einer Gratbildung nicht ausreichend erreichen. Selbst bei standardisierten Oberflächen werden Verschleißerscheinungen der Gleitpartner sichtbar. Die Folge von ungenügenden Oberflächenqualitäten sind eingeschränkte Funktionseigenschaften, ggf. Gelenkbruch und dementsprechend vollständiger Funktionsausfall ganzer Körperbereiche.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Benjamin Schlosser  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2017 - 31.05.2019

### **Zerstörungsfreie Qualitätsbewertung von MSG-Schweißverbindungen von Stahlblech durch Nutzung geometrischer und thermographischer Kenngrößen, (MSGGeoTherm) (AiF/IGF-Nr.: 18.550B)**

Bei der Fertigung von Strukturen mittels MSG-Schweißen aus Stahlblech stellt der zerstörungsfreie Nachweis von Nahtunregelmäßigkeiten eine technologische und wirtschaftliche Herausforderung dar. Insbesondere in der automatisierten Großserienfertigung ist die zerstörende Prüfung der Standard zum Nachweis häufig auftretender innerer Nahtunregelmäßigkeiten wie Einbrandfehlern und Poren. Mit dem Projekt soll eine fertigungsbegleitende zerstörungsfreie Prüfmethode erforscht werden, die unmittelbar nach dem Schweißvorgang innere Nahtunregelmäßigkeiten erkennt und die mit geringem Aufwand an die jeweilige Fertigungssituation und

-aufgabe angepasst werden kann.

Der Ansatz des Forschungsvorhabens besteht in der Nutzung von Sensoren zur Aufnahme der Schweißnahtoberfläche und des Temperaturfeldes. Durch die kombinierte Auswertung beider Sensorsignale sollen die Nachteile der Nutzung der jeweils einzelnen Systeme kompensiert werden.

Das Ziel des Projektes MSGeoTherm ist, einen Zusammenhang zwischen der Nahtgeometrie und dem Temperaturfeld anhand der Sensorsignale zu charakterisieren, sodass eine zuverlässige zerstörungsfreie Abschätzung innerer Nahtunregelmäßigkeiten wie der Einbrandtiefe möglich wird.

Beim Aufbau der Versuchsanordnung mit Schweißbrenner, Lichtschnittsensor und Thermoprofilscanner zeigte sich ein starker Einfluss der räumlichen Anordnung auf die Beschaffenheit der aufgezeichneten Daten. Besonders deutlich wird dies am Beispiel des Thermoprofilscanners mit einem Messbereich zwischen ca. 850°C und 1350°C. Die Abbildung zeigt drei Temperaturfelder, die in einem Abstand von 20mm zum Lichtbogen aufgezeichnet wurden. Angestrebt werden Daten wie in der mittleren Abbildung. Hier liegen die gemessenen Maximaltemperaturen bei ca. 1250°C, sodass der Messbereich sehr effektiv ausgenutzt wird. In der linken Abbildung wurde der Messbereich überschritten, sodass hier die Maximaltemperatur nicht ausgewertet werden kann. Die Abbildungen links und mittig unterscheiden sich durch den Grundwerkstoff. Bei der Abbildung rechts kam ein konventioneller Kurzlichtbogen-Prozess zum Einsatz, dessen Schweißnaht aufgrund des geringen Drahtvorschubs schneller abkühlt.

Als Ergebnis der ersten Versuchsreihe kann festgehalten werden, dass der Messaufbau jeweils individuell auf die Werkstoff-Schweißprozess-Kombination angepasst werden muss, um brauchbare Daten generieren zu können.

---

<b>Projektleitung:</b>	Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner
<b>Projektbearbeitung:</b>	Martin Dieckmann
<b>Förderer:</b>	BMWi/AIF - 01.01.2018 - 31.12.2019

### **Entwicklungen und Untersuchungen von Qualitätskriterien beim Kurzzeitwiderstandsschweißen mit hoher Wärmestromdichte (AIF/IGF-Nr.: 19.878 BR)**

Das Widerstandsschweißen stellt ein sehr kosten- und energieeffizientes Schweißverfahren für den Dünnschichtbereich dar, wie die weite Verbreitung u. a. in der Automobil- und Fahrzeugproduktion belegt. Bei der Optimierung von Schweißprozessen hinsichtlich reduzierten Wärmeeintrags durch sehr kurze Schweißzeiten mit entsprechend konzentrierter Energieeinbringung besteht die Herausforderung in der abschließenden Bewertung der Schweißverbindungen. Eine fehlende Schmelzlinse und eventuelle Spritzerbildung lassen eine Bewertung nach gängigen Regelwerken nicht zu, obwohl Verbindungen ohne und mit erkennbarer Schmelzlinse vergleichbare Festigkeiten und Bruchbilder zeigen. Im Rahmen des Forschungsprojektes werden gezielt Schweißverbindungen mit zuvor genanntem Eigenschaftsprofil erzeugt und analysiert. Der Fokus liegt hierbei auf Funktionselement-Blech-Verbindungen. Dabei werden für den Anwender erforderlichen Kenntnisse zum Prozessablauf, den werkstofflichen Beeinflussungen und den qualitativen Anforderungen an die Verbindungen erarbeitet. Die Innovation liegt in der wissenschaftlichen Beschreibung sehr kurzer Schweißprozesse und der Ausarbeitung von Qualitätskriterien für Schweißverbindungen ohne Schmelzlinse und eventueller Spritzbildung sowie Aussagen über deren Verbindungscharakteristik, um eine zukünftige Nutzung in der industriellen Praxis abzusichern

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Anastasiia Zvorykina  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.05.2018 - 30.04.2020

### **Neuartige Füge-technologie zur Herstellung hybrider Bauteilstrukturen mit kurzem Flansch aus höchstfestem Stahl und Aluminium (AiF/IGF Nr. 20.164 BR)**

Für die Realisierung eines kostenattraktiven Leichtbaus für mobile Anwendungen im Dünoblechbereich wird ein Verfahren für Mischverbindungen aus hoch- und höchstfesten Stählen mit Aluminiumblechen entwickelt, bei dem einfache kostengünstige Fügeelemente und kurze Flansche <10 mm realisiert werden können und das auch unter unterschiedlichen Produktionsrandbedingungen flexibel anwendbar ist. Die Technologie basiert auf der Widerstandsschweiß-technik und stellt eine Alternative zu den für Werkstoffkombinationen üblichen mechanischen Fügeverfahren dar.

Die Fügeelemente werden aus Schweißdraht hergestellt und in einem ersten Prozessschritt auf dem Al-Blech angeschweißt. Sie bilden in der Verbindungsebene den Werkstoffübergang von Stahl auf Aluminium, ohne das intermetallische Phasen die Verbindungseigenschaften verschlechtern. Die Verbindungsbildung zum Stahlblech erfolgt durch einen sehr kurzen Schweißprozess >50 ms und bringt dabei so wenig Wärme ein, das zusätzliches Kleben möglich ist.

Die Verbindungseigenschaften werden an geeigneten Prüfkörpern ermittelt, wobei eine spezielle Mehrpunktprobe die komplexen Beanspruchungen im Produktionsprozess sowie im Betrieb nachbilden soll. Neben den Anwendern aus dem Bereich der Komponenten- und Zuliefererindustrie sollen Hersteller von Schweißanlagen von den Ergebnissen profitieren, welche ebenfalls größtenteils klein und mittelständig geprägt sind.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** MSc Oleksii Sherepenko  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.12.2016 - 30.04.2019

### **Untersuchungen zum Einfluss des Oberflächen- und Werkstoffzustandes auf die Widerstandspunktschweißbarkeit partiell formgehärteter Bauteile (AiF/IGF-Nr.: 18.939 B)**

Im Automobilbau werden im Rahmen des stofflichen Leichtbaus zunehmend formgehärtete Stähle hauptsächlich für crashrelevante Bauteile eingesetzt. Aufgrund funktionaler und fuge-technischer Vorteile finden dabei auch partiell formgehärtete Bauteile Anwendung.

Beim Wärmebehandeln der formgehärteten Bauteile bilden sich in der Serienproduktion Bereiche mit unterschiedlichen Diffusionsschichtdicken und Schicht-zusammensetzungen aus. Dieser Effekt ist in stärkerem Maße bei partiell gehärteten Bauteilen zu beobachten, insbesondere bei denen, deren Festigkeit durch unterschiedliche Temperaturen während der Wärmebehandlung im Ofen eingestellt wird. Hierbei ist von erheblich schwankenden Schichtdicken auszugehen, die wiederum unterschiedliche Übergangswiderstände verursachen. Dies kann zur Verringerung der Schweißbereiche und zur Senkung der Standmenge von Elektrodenkappen führen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens erfolgt eine Klärung der werkstofflichen Vorgänge beim Widerstandspunktschweißen des formgehärteten Stahles 22MnB5 mit unterschiedlichen Oberflächen- und Gefügeständen beim Herstellen ausgewählter 2- und 3-Blechverbindungen. Es sollen Aussagen zu den erreichbaren mechanischen Verbindungseigenschaften (Härte, Kräfte, Bruchdehnungen) und dem Versagensverhalten bei statischer und schlagartiger Belastung getroffen werden. Außerdem erfolgt die Ermittlung der elektrischen Widerstände in Abhängigkeit unterschiedlicher Überzugskonzepte, Auflagedicken und Gefügestrukturen und deren Einfluss auf das Schweißergebnis sowie Ableitung von Grenzwerten für die Zustände der Beschichtungen. Die ermittelten Widerstände werden weiter als Eingangsdaten für die Prozesssimulation unterschiedlicher Schichteigenschaften für die Parameter-vorhersage genutzt.

Bisherige Erkenntnisse:

#### **Schichtwachstum:**

- geringfügiges Schichtwachstum mit zunehmender Ofentemperatur
- Veränderung der Phasenzusammensetzung in der Schicht mit steigender Ofentemperatur
- keine Wachstum der Diffusionszone in das Blech bis 800°C

### Schweißbereiche nach SEP1220-2:

- Ofenhaltezeit 6 Minuten und Ofentemperaturen 880, 900 und 930°C
  - keine Korrelation zwischen Übergangswiderstand und Schweißbereich
- 

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Olena Stamann  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.01.2016 - 31.12.2018

### Teilprojekt COMO III: AS1 - Füge-technik beim Radnabenmotor (Fördernr.: ZS/2016/04/78118)

Das Ziel des Teilprojektes ist die Entwicklung und die Erprobung unterschiedlicher serienreifer Klebkonzepte zum Fügen der Kupferdrahtwicklung für eine neuartige Luftspaltwicklung des Radnabenmotors in unterschiedlichen Generationen. Dabei wird der zum Projektstartpunkt bereits etablierte Prozess der Aufbringung der Kupferdrahtwicklung auf die Eisenrückschlussoberfläche analysiert und daraus der Optimierungsbedarf sowohl für die Fügepartner als auch für jeden Schritt des Klebprozesses abgeleitet. Zu den Teilprojektzielen gehören:

- \* die Optimierung, Neuentwicklung sowie Erprobung der Klebesysteme für unterschiedliche Fertigungskonzepte der Luftspaltwicklung
- \* Untersuchung unterschiedlicher Isolierstoffe für die durchschlagfeste Gestaltung der Klebeverbindung
- \* Optimierung der Kupferleiter
- \* Auswahl und Umsetzung der Bandagierlösungen zum Verfestigen und Isolieren der aufgeklebten Kupferwicklungen
- \* Erarbeitung von Prüfmetho- den zur Klebstoff-erprobung.

Als Klebsysteme sind flüssige Klebstoffe auf unterschiedlicher chemischer und physikalischer Basis sowie trägerlose Transferklebefolien sowie elektrisch isolierende Klebefolien zu testen bzw. zu bewerten. Als Isolierstoffe werden umweltfreundliche Isolierlacke und Isolationsfolien erprobt. Große Aufmerksamkeit wird der Einhaltung des erstellten Anforderungsprofils an die elektrische Sicherheit und die Gesamtdicken der Klebsysteme gewidmet. Zum Projektlaufzeitende soll ein Modell für unterschiedliche Klebsysteme mit entsprechenden Kennwerten und Fertigungsabläufen vorgestellt werden.

Wesentliche Forschungsergebnisse sind bisher:

- Erstellung und Erprobung von vier Klebkonzepten zum Fixieren der Kupferlackdrähte unter dem Einsatz von Reaktionsklebstoffen auf dem lackierten Stator bzw. auf einer einseitig klebenden Isolierfolie und mittels einer doppelseitig klebenden Transfer- oder Elektroisolierklebfolie
  - Auswahl handelsüblicher und Modellierung neuer an das Anforderungsprofil angepasster Klebstoffprodukte
  - Auswahl der Isolierlacke und Durchführung der Lackierversuche zum Isolieren des Stators mithilfe eines Spritzverfahrens
  - Erarbeitung der Tests und Prüfverfahren in Anlehnung an die Regelwerke sowie an die Betriebsanforderungen der Luftspaltwicklung des Radnabenmotors
  - Entwicklung der Bandagierverfahren der Luftspaltwicklung.
-

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Matthias Kuhlmann  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2017 - 31.12.2019

### **Erforschung von elektrolytischen Beschichtungssystemen für Verbindungselemente aus höchstfesten Werkstoffen ("ELOBEV") - Teilprojekt: Analyse der Rissentstehung und Ableitung einer Prüfmethodik**

Das geplante Vorhaben, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), verfolgt das Ziel die Anwendungsgrenzen von Hilfsfügeelementen zum Verbinden hochfester Werkstoffe im Mischbau auszuweiten. In der Praxis treten bei verformten und unter hohen Zugspannungen stehende Verbindungselemente aus höchstfesten Stahlwerkstoffen die Phänomene der wasserstoffunterstützten Kaltrissbildung (HACC **H**ydrogen **A**ssisted **C**old **C**racking) und bei entsprechender Temperatur, der Flüssigmetallversprödung (LMAC **L**iquid **M**etal **A**ssisted **C**racking) auf. Analysen der Bruchflächen von Halbhohlstanznieten zeigen in diesen Fällen einen interkristallinen Rissverlauf, wobei die Bruchflächen teilweise mit Bestandteilen der Beschichtung, insbesondere mit Zinn belegt waren, siehe Abbildung 1. Diese Indizien deuten auf wasserstoffunterstützte bzw. flüssigmetallinduzierte Rissbildung als Bruchursache hin.

Im Fokus der Betrachtung steht daher das Halbhohlstanznieten, als wichtigstes Fügeverfahren für Karosseriemischbaustrukturen. Dazu werden unterschiedliche Beschichtungssysteme und -prozesse hinsichtlich einer unzulässigen Wasserstoffaufnahme sowie ihrer Anfälligkeit auf LMAC, durch Ersatzproben, geprüft und bewertet.

Im Rahmen des Teilprojektes sollen mittels kathodischer Wasserstoffbeladung Proben mit Wasserstoff angereichert werden. Diese werden im Anschluss einer mechanischen Prüfung unter konstanter Last unterzogen. Die Messung des diffusiblen Wasserstoffs und dessen Diffusionsgeschwindigkeit erfolgt mittels thermischer Desorptionsanalyse (TDA), unter Nutzung eines Quadrupol-Massenspektrometers. Dadurch erfolgt gleichzeitig eine Bewertung der verschiedenen Überzugskonzepte auf ihre Barrierewirkung gegenüber einer Wasserstoffaufnahme. Ziel ist es die kritische Belastung der Proben in Abhängigkeit des Wasserstoffkonzentrationsprofils im Bauteil zu bestimmen. Die Verteilung des Wasserstoffs in den Proben wird mittels Diffusionsgleichungen berechnet und eingestellt. Die Einstellung des Konzentrationsprofils erfolgt durch gezielte Variation der elektrolytischen Beladungsparameter sowie Modulation der Desorptionsdauer. Zusätzlich soll mit Hilfe der Diffusionsgesetze ein Abgleich zwischen den ermittelten Werten, Diffusionskoeffizient, mittlere Wasserstoffkonzentration und der Randkonzentration während der Beladungsversuche, durchgeführt werden.

Der Rissmechanismus der flüssigmetallinduzierten Versprödung wird durch verschiedene mechanische und thermische Belastungssituationen untersucht, angelehnt an die industrielle Praxis der Nietherstellung und der automobilen Fertigungsprozesskette. Im Vordergrund werden die Einflüsse der wirkenden Zugspannungen, der Temperatur Zeit Regime sowie der Aufheizraten auf die Proben geprüft. Die Betrachtung der Bruchflächen wird den Kenntnisstand, bezüglich Eindringtiefe des flüssigen Metalls und der damit einhergehenden Querschnittverjüngung der Proben, in Abhängigkeit zu jeweiligen Belastungssituation, erweitern.

Als Ergebnis sollen neue wirtschaftliche Beschichtungsprozesse für höchstfeste Hilfsfügeelemente als Schüttgut etabliert werden. Den Anwendern aus der Automobilindustrie stehen dann großseriene geeignete Fügeelemente zum Verbinden komplexer Materialkombinationen zur Verfügung, die die Umsetzung innovativer Karosseriekonzepte, mit z. B. der Kombination höchstfester Stähle mit Aluminium, eine Verringerung des Fahrzeuggewichts ermöglichen. Die gewonnenen Erkenntnisse des Vorhabens können zudem auf andere Hilfsfügeteile und Anwendungsbereiche übertragen werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Markus Körner  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2016 - 31.05.2018

### **Entwicklung eines Reibgesetzes zur Erfassung des Drehzahleinflusses bei der Reibschweiß- Prozesssimulation (AiF/IGF-Nr.: 18.966 B)**

Reibschweißen ist ein Fügeverfahren, welches aufgrund seiner Prozessstabilität und Genauigkeit unter anderem im Automobil-, Turbinen- und Schiffsbau Anwendung findet. Zur Sicherstellung einer gleichbleibenden Qualität der Fügeteile sind Prozessparameter zu wählen, welche in Abhängigkeit von den zu fügenden Werkstoffen und deren Geometrie aus tabellarischen Parameterfenstern entnommen werden können. Dies erlaubt jedoch keinen Bezug zwischen Einstell- und Reaktionsgrößen des Prozesses, weshalb keine Prozessparameterwahl in Abhängigkeit gewünschter qualitativer Fügeverbindungsmerkmale erfolgen kann. Eine Möglichkeit, diesen Bezug

herzustellen und somit die Prozessstandardisierung sowie Fertigungsqualität zu erhöhen und zu vereinheitlichen sind **Prozessparameterkarten**, welche den Bezug zwischen der Drehzahl, Reibkraft, Reibmoment und Verkürzungsrate einfach herstellen und somit im Rahmen der Fertigung als Arbeitsanweisung zur Verfügung gestellt werden können.

Aufgrund der notwendigen detaillierten Erfassung des Parameterraumes ist eine experimentelle Ermittlung der Prozessparameterkarten nur bedingt wirtschaftlich. Zur wirtschaftlichen Erfassung des gesamten Parameterraumes können **Prozesssimulationswerkzeuge** eingesetzt werden, insofern diese prädiktiv den Prozess abbilden können. Im Rahmen des Projektes steht ein vollständig gekoppelter thermodynamisch-mechanischer Modellierungsansatz, welcher in einem eigenständigen FE-Code umgesetzt ist, zur Verfügung. Ein generelles Problem bei der Abbildung von reibungs­basierten, rotatorischen Fügeverfahren ist, dass die bekannten Reibmodelle den Drehzahleinfluss nicht berücksichtigen, wodurch die Simulation bei einer Drehzahlvariation zu Abweichungen der Verkürzungsrate führt. Ein vielversprechender Ansatz ist die Modifikation des Reibmodells dahingehend, dass dieses um den Parameter der drehzahlabhängigen Schlupfgeschwindigkeit erweitert wird. Das Ziel des Projektes ist es daher, Prozessparameterkarten wirtschaftlich durch die Nutzung eines prädiktiven Prozesssimulationswerkzeuges mit modifiziertem Reibgesetz, welches die drehzahlabhängige Schlupfgeschwindigkeit berücksichtigt, zur Verfügung zu stellen.

Geplante Ergebnisse:

1. Entwicklung eines maschinenunabhängigen und portablen Momentenmessadapters zur Erfassung des Momentenverlaufs beim Rotationsreißschweißprozess.
2. Gewinnung thermophysikalischer Materialkenn­daten zum Aufbau eines Materialmodells für die Reibschweißprozesssimulation.
3. Kalibrierung der Prozesssimulation anhand von Experimental­daten und Modifikation des Reibgesetzes zur Berücksichtigung der drehzahlabhängigen Schlupfgeschwindigkeit.
4. Simulative DoE für einen festgelegten Prozessparameter­raum und Ableitung der Zusammenhänge zwischen Drehzahl, Reibkraft, Reibmoment und Verkürzungsrate.
5. Wirtschaftliche Ableitung werkstoff- und geometrieabhängiger Prozessparameterkarten anhand von prädiktiver Simulationsdaten.

---

<b>Projektleitung:</b>	Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner
<b>Projektbearbeitung:</b>	M.Sc. Niels Mitzschke
<b>Förderer:</b>	BMW/AIF - 01.12.2016 - 31.01.2019

### **Entwicklung einer Nebenschlusselektrode als Werkzeug zum flexiblen Widerstandsschweißen (Förderkennzeichen: ZF 4122803 FH6)**

Die Entwicklungen in der Transport- und Automobilindustrie haben in den letzten Jahren aufgrund der Leichtbauanforderungen zunehmend an Dynamik gewonnen. Angesichts dessen ergeben sich neue Anforderungen an die Fertigungsprozesse sowie der dazu erforderlichen Anlagentechnik. Obgleich es in den letzten Jahren eine stetige Neu- und Weiterentwicklung im Bereich der Füge­technologien gab, ist das im Bereich der Blechverarbeitung und des Karosseriebaus am häufigsten angewendete Fügeverfahren weiterhin das Widerstandspunktschweißen. Um die Vorteile der Widerstandsschweißtechnik weiter zu nutzen und die zukünftigen Herausforderungen und Aufgaben weiterhin durch die Widerstandsschweißtechnik zu lösen, bedarf es Innovationen in der Anlagentechnik, wie sie in dem geplanten Projekt erfolgen soll.

Die als Nebenschlusselektrode bezeichnete Entwicklung beschreibt eine Verfahrenserweiterung zum Widerstandspunktschweißen, bei der die Punktschweißelektrode durch eine zusätzliche Elektrode ergänzt wird. Der Aufbau einer Konzeptanlage mit der elektrischen und geometrischen Auslegung der Nebenschlusselektrode sowie die Erforschung geeigneter Prozessabläufe für ausgewählte Anwendungen sind Gegenstand dieses Forschungsvorhabens.



**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Veronika Zhuk  
**Förderer:** Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD) - 01.10.2016 - 30.09.2018

### **Umwandlungsverhalten von kohlenstoffhaltigen Stählen beim Kurzzeitschweißen**

Das Kondensatorentladungsschweißen (KE-Schweißen) ist in der Serien- und Massenfertigung wegen seiner kurzen Stromanstiegszeit und im Vergleich zu dem konventionellen Punkt- oder Buckelschweißen der niedrigen, schnellen Wärmeeinbringung sowie der guten Reproduzierbarkeit und der Möglichkeit der Automatisierung und Parameterüberwachung ein sehr wichtiges Fügeverfahren. Das KE-Schweißen ermöglicht unterschiedliche Werkstoffe, Materialdicken, Werkstoffe mit hoher thermischer Leitfähigkeit, wärmeempfindliche oder auch beschichtete Bauteile zu verschweißen. In Bezug auf einen innovativen Leichtbau wurden von Stahlproduzenten in der Zeit eine Reihe von höher-, hoch- und höchstfesten Feinblechwerkstoffen entwickelt, die auch zunehmend in der blechverarbeitenden Industrie verwendet werden, zum Beispiel werden höherkohlenstoffhaltigen Stähle für Teile, die hohe Verschleißfestigkeit aufweisen sollen, verwendet. Beim Schweißen jedoch härten diese Werkstoffe in Abhängigkeit vom Kohlenstoff und den Legierungselementen teilweise enorm auf und neigen sehr stark zur Versprödung. Um dies zu verhindern oder Gebrauchsfähigkeit wieder herzustellen, müssen aufwendige Wärmebehandlungen vor und nach dem Schweißen durchgeführt werden. KE-Schweißen bietet durch den schnellen Stromanstieg den Vorteil kurzer Stromzeiten bis zu 10ms. Im Endeffekt können die höherkohlenstoffhaltigen Stähle prozesssicher miteinander verschweißen, d.h. die zusätzliche Wärmebehandlung erfolgt direkt durch die Stromimpulse.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, grundlegende werkstoffkundliche und verfahrenstechnische Arbeits- und Randbedingungen zum KE-Schweißen von höherkohlenstoffhaltigen Werkstoffen zu erarbeiten. Es sollen neue Erkenntnisse über die Schweißbarkeit von nicht unbedenklich schmelzschweißgeeigneten Vergütungsstählen (Kohlenstoffgehalt >0,2 %) gewonnen werden. Hier ist die Frage zu beantworten, inwieweit sich die extrem hohen Aufheizgeschwindigkeiten und die hohe Energiedichte positiv auf die Schweißung auswirken. Im Rahmen dieser Arbeit wurden neue Erkenntnisse zum KE-Schweißen höherkohlenstoffhaltiger Stähle erarbeitet. Es hat sich gezeigt, dass unter Voraussetzung geeigneter Parameterwahl rissfreie Verbindungen erzeugt werden können. Auf diese Weise kann man auch ein geeignetes Gefüge in der Schmelz- und Wärmeeinflusszone erzielt werden, um ein sicheres Verhalten der Schweißverbindung zu gewährleisten. Gleichzeitig wird der Einfluss der Schweißparameter, der Impulscharakteristik und der Werkstoffe während des KE-Schweißen auf die Schweißverbindung untersucht.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Markus Körner  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.06.2018 - 31.05.2020

### **Sensorgestützte Mechanisierung von Wurzelschweißungen für geschweißte Stahlträger**

Es wird eine Technologie erarbeitet, mit der die sichere Fertigung von Wurzelschweißlagen an dickwandigen Stahlstrukturen bei gleichzeitig erheblicher Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch die Nutzung moderner Anlagen- und Sensortechnik erreicht wird. Die Anwendung erfolgt durch beidseitig synchronem MSG-Schweißen der Wurzellagen an T-Stößen des schweren Stahlbaus. Hierzu sind verschiedene hochdynamische Sensorsysteme zur Überwachung des Schweißprozesses mit entsprechenden Steuerungen der beiden Schweißanlagen zu einer beidseitig synchronen Schweißanlage zu koppeln.

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Maximilian Wohner  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2018 - 31.12.2019

### **Lokale Werkstoffbeeinflussung beim Formhärten zur Verbesserung der Fügbarkeit von Bauteilen aus 22MnB5 (AiF/IGF Nr. 19.797 BG)**

Um das Einsatzgebiet formgehärteter Bauteile zu erweitern ist eine prozessichere Verbindungstechnik unerlässlich. Bisher werden ultrahochfeste Bauteile im Karosseriebau mit dem Verfahren des Widerstandspunktschweißens mit anderen Komponenten verbunden. Insbesondere bei Mehrblechverbindungen treten dabei Herausforderungen auf, wie eine ungleichmäßige Schweißlinienbildung mit fehlerhafter Anbindung. Ebenfalls können mechanische Fügeverfahren, wie das Stanznieten aufgrund der hohen Härte der formgehärteten Bauteile nur bei eingeschränkten Materialkombinationen oder einer Vorbehandlung des warmumgeformten Materials eingesetzt werden. Dazu wird häufig eine zweite Anlassbehandlung durchgeführt, um die Festigkeit des Werkstoffes nach dem Formhärten zu senken. Dies stellt allerdings einen zusätzlichen Verfahrensschritt dar, welcher die Prozesszeit verlängert sowie die Kosten erhöht.

Im Rahmen des Forschungsprojektes werden gezielt plastische Verformungen beim Formhärten des Vergütungsstahls (*22MnB5*) in der Fügezone eingebracht. Neben der lokalen Verringerung der Materialdicke, sollen so punktuell die Werkstoffeigenschaften beeinflusst werden, infolge einer deformationsinduzierten Ferritbildung. Zu diesem Zweck erfolgen am IFUM-Hannover die Untersuchungen zu dem Formhärten sowie der Konstruktion und Herstellung eines Umformwerkzeuges. Der Fokus der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg liegt auf der Erweiterung der Fügbarkeit von Materialkombinationen mit 22MnB5 durch das Widerstandspunktschweißen sowie dem Halbhohlstanzen. Hierzu sollen die Randbedingungen für die einzubringende Materialausdünnung aus der fuge-technischen Sicht ermittelt werden.

Ziel des Forschungsvorhabens soll es sein, eine Verbesserung der Fügbarkeit sowie der mechanischen Eigenschaften hinsichtlich des Widerstandspunktschweißens und Stanznietens von formgehärteten Mangan-Bor-Stählen zu erreichen. Abschließend soll durch ein Demonstratorwerkzeug die Herstellung von T-Profilen mit lokaler Werkstoffbeeinflussung im Fügebereich ermöglicht werden, um eine zukünftige Nutzung in der industriellen Praxis abzusichern.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Anastasiia Zvorykina  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.01.2017 - 30.04.2018

### **Untersuchungen zur Herstellung von Stahl-Aluminium-Mischverbindungen mittels Widerstandspunktschweißtechnologie**

Heutzutage steht die Entwicklung der Leichtbaukonzepte in Mischbauweisen im Automobilbau im Vordergrund und bei der Entwicklung von modernen Kraftfahrzeugen. Die Kombinationen von unterschiedlichsten Materialpaarungen ermöglichen vielfältige Karosseriestrukturen, wobei der Materialmix Aluminium und hochfester Stahl unter dem Gesichtspunkt des Leichtbaus von besonderem Interesse ist. Allerdings stehen für das Fügen von dieser Werkstoffkombination aufgrund ihrer sehr unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften jedoch nur eingeschränkt Fügeverfahren zur Verfügung. Aufgrund der zunehmenden Zahl von Anwendungen zwischen höchstfesten Stahlgüten und Aluminiumwerkstoffen wurden neue fuge-technische Lösungen realisiert, die jedoch alle ihre spezifischen Grenzen haben. So ist der erforderliche Randabstand meist groß, so dass sich keine gewichtsoptimierten kurzen Flansche realisieren lassen. Auch ist die mögliche fügbare Blechdicke des höchstfesten Stahls begrenzt.

Im Rahmen des Promotionsvorhabens sollen neue Lösungen auf Basis des Widerstandsschweißens für die Herstellung von Stahl-Aluminium-Mischverbindungen, insbesondere in Kurzflanschverbindungen entwickelt werden. Zu Berücksichtigen sind dabei die Randbedingungen einer Großserienproduktion sowie die erforderlichen Verbindungseigenschaften. Mit den Ergebnissen des Promotionsvorhabens kann ein bedeutender Fortschritt in der Weiterentwicklung und praktischen Anwendung der Fügeverfahren für artfremden Materialien nicht nur in Kraftfahrzeugbau sondern auch in Luft und Raumfahrtbau und in anderen Industriebereiche erzielt werden.

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Mook  
**Förderer:** Industrie - 01.01.2017 - 31.12.2018

### **Quantitative Analyse von Schichten**

Mit Hilfe des Wirbelstromverfahrens werden leitfähige Schichten auf leitfähigem Substrat analysiert. Im Mittelpunkt stehen dabei die Dicke der Schicht und eventuell vorhandene Anomalien. Besonderer Wert wird auf die automatische Auswertung der Messdaten gelegt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Mook  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Yury Simonin  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.10.2017 - 30.09.2020

### **Alternative Sensoren für die Naht- und Kantenverfolgung für automatische Schweißprozesse im Schienenfahrzeugbau**

Bei der Fertigung von Wagenkästen für den Schienenfahrzeugbau, vom Hochgeschwindigkeitszug im Fernverkehr bis zu S- und U-Bahnen im Nahverkehr, hat es in den letzten Jahren erhebliche Veränderungen in den Konstruktionen, in den eingesetzten Werkstoffen und daraus resultierend auch bei den zum Zusammenbau eingesetzten Fügeverfahren gegeben. Das Ziel dabei besteht darin, das Gewicht der Wagenkästen zu verringern und gleichzeitig die Qualität zu erhöhen.

Zunehmend werden deshalb innovative, hochqualitative, energieeffiziente und schnelle Schweißverfahren eingesetzt. Hierzu gehören zunehmend das Laserstrahl- und das Plasma-schweißen, wodurch sich die Anforderungen an die Schweißanlagen in Bezug auf die Genauigkeit der Prozessführung und an die integrierte Mess- und Steuerungstechnik gravierend erhöhen. Erst der Einsatz dieser Schweißverfahren ermöglicht auch Verbindungen der Blechstrukturen im Stumpfstoß ohne Überlappung, die mit dem Laserstrahlschweißen ohne Zusatzwerkstoff verschweißt werden können.

Um diese Schweißprozesse auch unter diesen Voraussetzungen automatisiert einsetzen zu können, ist eine exakte Verfolgung der Schweißnaht mit einer Genauigkeit von wenigen Zehntelmillimetern notwendig. Da die Bleche aber beim Stumpfstoß versatzfrei und ohne einen erkennbaren Höhenversatz zu verschweißen sind, können die bisher eingesetzten Lichtschnittsensoren einen Nahtverlauf nicht erkennen.

Das Ziel besteht in der Entwicklung alternativer Sensoren zur Nahtverfolgung.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler  
**Projektbearbeitung:** Katja Schelm  
**Kooperationen:** Dr. Michael Schwidder, Inst. für Chemie, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg  
**Förderer:** Haushalt - 01.07.2015 - 30.06.2019

### **Keramische Schäume mit gezielt eingestellter Oberflächenenergie**

Die Arbeiten befassen sich mit der gezielten Einstellung von Oberflächeneigenschaften keramischer Schäume. Durch die Variation von hydrophil bis hydrophob ergeben sich neue Anwendungsmöglichkeiten für zelluläre Keramiken, beispielsweise in der chemischen Verfahrenstechnik im Bereich des Stoffaustauschs. Im Rahmen des Projekts werden Keramikschaume mit unterschiedlicher Oberflächenenergie und -benetzbarkeit als Reaktoreinbauten entwickelt und in mehrphasigen, miteinander nicht mischbaren Systemen mit Fokus auf die Stoffaustauscheffizienz beteiligter Phasen untersucht.

Die gezielte Einstellung der Oberflächeneigenschaften der offenporigen keramischen Schäume erfolgt durch die Beschichtung mit Polysiloxanen, deren oberflächenchemische und -physikalische Eigenschaften durch Wärmebehandlung (Temperatur, Zeit, Atmosphäre) eingestellt werden kann. Damit lässt sich die Benetzung mit fluiden Medien unterschiedlicher Polaritäten beeinflussen. Als Maß für die Benetzung dient die Änderung des Kontaktwinkels zwischen Schaumoberfläche und fluidem Medium, wozu Vergleichsuntersuchungen auf planaren, konkaven bzw. konvexen Vergleichsproben durchgeführt und auf die Eigenschaften der gekrümmten Oberflächen

der Schaumstege zurückgeführt werden.

Die anwendungsnahe Testung der Schäume erfolgt mittels flüssig-flüssig Reaktivextraktion als statische Mischer und dessen Einfluss auf die Phasendispergierung. Durch die Schaumstrukturen soll in Abhängigkeit der Oberflächeneigenschaften der zellularen Materialien die Phasendispergierung intensiviert werden. Die Abbildung zeigt den schematischen Aufbau der flüssig-flüssig Extraktionsanlage mit den keramischen Schäumen als Mischereinsatz.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Xiao Chen  
**Förderer:** Sonstige - 01.10.2014 - 30.09.2018

### **Oxidkeramische Schäume mit erhöhter mechanischer Festigkeit**

Keramische Schäume werden in zahlreichen technischen Anwendungen eingesetzt, z. B. als Metallschmelzefilter, als Wärmeisolations- oder als Knochenersatzwerkstoff. Die prozessbedingt entstandene Hohlstruktur ihrer Stege führt zu einer vergleichsweise niedrigen mechanischen Festigkeit.

Um die Festigkeiten oxidkeramischer Schäume zu erhöhen, wurden neuartige Mehrfachbeschichtungs- und Infiltrationsstrategien mit partikulären und molekularen Vorstufen und deren Konsolidierung im keramischen Schaum entwickelt. Es konnte gezeigt werden, dass sich sowohl die Infiltration und Beschichtung von Aluminiumoxid als auch die Infiltration und thermische Umwandlung von zirkoniumhaltigen Verbindungen positiv auf die mechanische Festigkeit keramischer Schäume auswirkt, ohne die Porosität maßgeblich zu beeinflussen. In [1] wurde gezeigt, dass sich die Festigkeiten von ZTA-Schäumen durch Infiltration auf 2.66 MPa bei einer Porosität  $P$  von 86 % und durch Mehrfachbeschichtung auf über 11 MPa ( $P = 59 %$ ) steigern lassen.

#### Referenzen

[1] X. Chen, U. Betke, S. Rannabauer, P. Peters, G. Söffker, M. Scheffler, Improving the strength of ZTA foams with different strategies - immersion infiltration and recoating; *Materials* **10** (2017) 735.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler  
**Projektbearbeitung:** Kathleen Dammler  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Dirk Enke, Universität Leipzig  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.02.2017 - 31.01.2021

### **Funktionskeramiken mit erhöhter spezifischer Oberfläche**

Offenzellige keramische Schäume können durch verschiedene Prozesse hergestellt werden; Schäume für industrielle Anwendungen werden überwiegend nach dem Replika-Verfahren erzeugt. Dabei wird ein offenporiges Schaumtemplat mit keramischem Schlicker beschichtet, in einem Pyrolyseschritt ausgebrannt und anschließend einem Sinterprozess zur mechanischen Konsolidierung der porösen Keramik unterzogen.

Prozessbedingt bleibt an den Stellen, die vormals das Polymertemplat einnahm, eine Struktur aus hohlen Stegen zurück. Einerseits führt dies als Kombination aus Spannungsüberhöhung an spitzen Kanten und Rissen und der resultierenden "Hohlstruktur" zu deutlich reduzierten mechanischen Festigkeiten; andererseits kann die zusätzliche innere Oberfläche genutzt werden, um Aktivkomponenten zu beherbergen.

Im Rahmen dieses Projekts soll in einem ersten Schritt die große innere Oberfläche der Hohlstege zugänglich gemacht werden, indem die Stege mit Zugangsporen ausgestattet werden. In einem zweiten Schritt soll die dann zugängliche innere Oberfläche der Schaumstege mit Aktivkomponenten beladen werden.

Erste Ergebnisse von Untersuchungen der Mikrostruktur von aus hoch porösen Ausgangsstoffen hergestellten Schäumen zeigen, dass die Stegporosität maßgeblich von solchen Prozessparametern wie Sinter-temperatur und -dauer beeinflusst wird. Abbildung 1. zeigt beispielhaft die Mikrostruktur eines aus hoch porösem Aluminiumoxid hergestellten Keramikschaums.

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler  
**Projektbearbeitung:** Irina Smokovich  
**Kooperationen:** Krüger, Manja, Prof. Dr.; RWTH Aachen  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2016 - 30.06.2018

### **Aktive Oxidationsschutzschichten für Mo-Si-B-Hochtemperaturwerkstoffe**

Hochtemperaturfeste Mo-Si-B-Werkstoffe werden als geeignete Substituenten für Nickelbasiswerkstoffe intensiv untersucht. Ein bislang ungelöstes Problem dieser Werkstoffe ist ihr Oxidationsverhalten. Vor allem die Mo-Mischkristallphase oxidiert in Abhängigkeit von der Temperatur katastrophal unter Bildung eines volatilen Mo-Oxids. Mit bekannten Schutzschichtsystemen konnte dieses Problem bislang nicht gelöst werden.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines neuartigen, auf präkeramischen Polymeren und Füllstoffen basierenden aktiven Schutzsystems. Dazu wird ein Werkstoffkonzept entwickelt, bei dem Sauerstoff aus der Arbeitsatmosphäre von einer Schutzschicht aufgenommen und reaktiv in eine Komponente einer Diffusionsschutzschicht umgewandelt wird, die ihrerseits die Sauerstoffdiffusion in Richtung der zu schützenden Metalloberfläche erheblich verringert.

Die Untersuchungen beinhalten neben der Entwicklung des Beschichtungs- und Werkstoffsystems und der Erarbeitung des Verständnisses seines Wirkprinzips auch anwendungsnahe Untersuchungen zur Schutzwirkung in oxidierender (Arbeits-)Atmosphäre. Das Projekt wird in Kooperation mit Frau Prof. Dr. Manja Krüger, RWTH Aachen, durchgeführt. Erste Untersuchungen zu Reaktionspfaden und zur Schutzwirkung verliefen vielversprechend und wurden in [1]publiziert.

#### Referenzen

[1]I. Smokovich, Georg Hasemann, Manja Krüger, Michael Scheffler, Polymer derived oxidation barrier coatings for Mo-Si-B Alloys; Journal of the European Ceramic Society **37**(2017) 4559-4565.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler  
**Förderer:** Bund - 01.06.2013 - 31.05.2018

### **NEOTHERM: Neuartige Kompositwerkstoffe für die Energiespeicherung und Wärmepumpenanwendungen**

Die BMBF-Nachwuchsforschergruppe NEOTHERM befasst sich mit der Herstellung neuartiger Funktionswerkstoffe auf Basis keramischer Schäume mit Aktivschichten aus mikroporösen Verbindungen (Zeolithe, metall-organische Gerüstverbindungen) für die sorptive Energiespeicherung oder für Wärmepumpenanwendungen. Gegenwärtige Schwerpunkte der Arbeiten liegen auf der Entwicklung/Weiterentwicklung von zellularen metallischen und keramischen Trägerwerkstoffen mit großer und vor allem zugänglicher Oberfläche und auf deren Belegung mit metallorganischen Gerüstverbindungen (MOFs) als Aktivkomponente. Dabei werden Direktkristallisationsverfahren und klassische Beschichtungsverfahren untersucht.

Hauptfragestellungen der Trägerentwicklung sind der Erhöhung der thermischen und der elektrischen Leitfähigkeit des Stegmaterials, die Optimierung der Porengeometrie für den Stofftransport sowie die Funktionalisierung der Trägeroberfläche für die bestmögliche Anbindung der Aktivschicht. Für den letztgenannten Punkt haben sich Trialkoxysilane bewährt, und so konnten gut haftenden Aktivschichten der MOFs MIL-101(Cr), UiO-66(Zr) und HKUST-1 auf Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- und SiC-Schäumen aufgebracht werden.

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Christopher Müller  
**Kooperationen:** Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, GER  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.08.2017 - 31.07.2021

### MEMoRIAL-M2.1 — Optimisation of novel vanadium-based high temperature materials

The main objective of this PhD project is the **optimisation** of novel vanadium-based high temperature materials. In terms of the **mechanical properties** the aim is to balance **high temperature strength** and **creep resistance** while satisfying **ductility at ambient temperatures**. Based on fundamentals from the field of physical metallurgy and materials science, **alloying concepts** should be developed. The project will include ingot and **powder metallurgical processing, microstructural analyses, and mechanical testing** at different temperatures.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Manja Krüger  
**Kooperationen:** Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, GER  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.01.2018 - 31.12.2021

### MEMoRIAL-M2.2 — Cooling mechanisms and microstructural evolution

Cooling mechanisms are decisive for the **microstructural evolution** in various production processes. The objective of this PhD project is the understanding and description of **cooling processes** during the **solidification of high temperature materials**. Therefore, **experimental investigations** as well as **computational modelling** (Phase Field approach) should be combined to optimise these processes, e.g. for rapid solidification in gas atomising processes or different types of metallic alloys.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Manja Krüger  
**Kooperationen:** Prof. Dr. rer. nat. Michael Scheffler, OVGU  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2016 - 30.06.2020

### Aktive Oxidationsschutzschichten für Mo-Si-B-Hochtemperaturwerkstoffe

Hochtemperaturfeste Mo-Si-B-Werkstoffe werden als geeignete Substituenten für Nickelbasiswerkstoffe intensiv untersucht. Ein bislang ungelöstes Problem dieser Werkstoffe ist ihr Oxidationsverhalten. Vor allem die Mo-Mischkristallphase oxidiert in Abhängigkeit von der Temperatur katastrophal unter Bildung eines volatilen Mo-Oxids. Mit bisher bekannten Schutzschichtsystemen konnte dieses Problem bislang nicht zufriedenstellend gelöst werden. Ziel des Projekts ist daher die Entwicklung eines neuartigen, aktiven Schutzsystems auf Basis füllstoffhaltiger präkeramischer Polymere mit hoher Sauerstoffaufnahmekapazität in Kombination mit dem Hemmen der Sauerstoffdiffusion in Kooperation mit Prof. M. Scheffler (Lehrstuhl Nichtmetallische Werkstoffe).

Im Teilprojekt von Frau Jun.-Prof. Krüger werden dazu geeignete aktive Füllstoffpartikel hergestellt, die anschließend über einen Schlicker mittels eines Tauchbeschichtungsprozesses auf die Substratmaterialien aufgetragen werden. Oxidationsuntersuchungen bei unterschiedlichen Temperaturen mit anschließender Analyse der Schicht bzw. der Schicht-Substrat-Grenzfläche sollen zeigen, inwieweit das Oxidationsverhalten des Substrates durch die neuen Beschichtungssysteme beeinflusst wird.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** Georg Hasemann  
**Kooperationen:** Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Materialien; Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)  
**Förderer:** Bund - 01.08.2016 - 31.07.2019

### **FlexiDS: Aufklärung der Phasen- und Mikrostrukturbildung während der gerichteten Erstarrung neuer metallischer und intermetallischer Materialien durch in-situ Beobachtung des Erstarrungsvorganges mit Photonenbeugung**

Im Projekt FlexiDS soll in Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) der Prozess der gerichteten Erstarrung in verschiedenen Hochtemperaturmaterialien mit in-situ Röntgenbeugung untersucht werden. In diesem Rahmen soll eine innovative in-situ Probenumgebung für gerichtete Erstarrung an der HEMS-Beamline (High Energy Material Science) des DESY (Deutschen Elektronen Synchrotron, Hamburg) entwickelt und aufgebaut werden. Diese wird den beteiligten Partnern völlig neue Forschungs- und Charakterisierungsmöglichkeiten durch direkte Beobachtung des gerichteten Erstarrungsprozesses bieten. Das Helmholtz-Zentrum-Geesthacht (HZG), das diese Beamline betreut, wird die Konzeption, den Bau und den Betrieb der Probenumgebung unterstützen.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** Olha Popovych, M. Sc.  
**Kooperationen:** apl. Prof. K. Naumenko, IFME, OVGU  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.07.2016 - 30.06.2019

### **Verformungsverhalten und Lebensdauerberechnungen von Turbinenschaufeln aus Nickel- und Molybdänlegierungen**

Im Rahmen des Promotionsvorhabens soll die Herleitung eines Materialermüdungsmodells zur Lebensdauerprognose in Kooperation mit dem Institut für Mechanik (apl. Prof. Naumenko) erfolgen. Grundlegend dafür ist es, die mechanischen Eigenschaften von aktuellen Nickelbasiswerkstoffen und neuen Molybdänbasiswerkstoffen im potentiellen Anwendungstemperaturbereich der Turbine zu ermitteln. Das Modell soll auf ausgewählte Schaufelgeometrien angewandt werden.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** Janett Schmelzer, M.Sc. M.Sc. M.Sc.  
**Kooperationen:** NANOVAL GmbH & Co. KG, Berlin; Institut für Korrosions- und Schadenanalyse, Magdeburg; Fraunhofer-Institut für Lasertechnik, Aachen; Dr. Kochanek Entwicklungsgesellschaft, Neustadt a.d. Weinstraße; Siemens AG, Berlin; citim Oerlikon  
**Förderer:** Bund - 01.02.2017 - 31.01.2020

### **LextrA - Laserbasierte additive Fertigung von Bauteilen für extreme Anforderungen aus innovativen intermetallischen Werkstoffen**

Innovative Werkstoffe können einen signifikanten Beitrag zur Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz in industriellen Prozessen leisten. Ihrem Einsatz sind allerdings häufig Grenzen durch die Fertigungstechnik gesetzt. Dies gilt insbesondere für hochschmelzende und/oder spröde Werkstoffe, beispielsweise intermetallische Werkstoffe, aus denen mit konventionellen Verfahren wie Gießen und Schmieden Bauteile entweder gar nicht oder nur mit großem Aufwand gefertigt werden können.

Additive Fertigungsverfahren wie das Pulverbett-basierte Selective Laser Melting (SLM) und das Pulverdüse-basierte Laser Metal Deposition (LMD) bieten hier einzigartige neue Möglichkeiten einer endkonturnahen Fertigung mit gezielter Einstellung feiner Gefügestrukturen oder auch chemisch gradierter Werkstoffe. Ziel des Vorhabens ist die Qualifizierung von intermetallischen Werkstoffen auf Basis von Eisen-Aluminium-,

Molybdän-Silizium- und Vanadium-Silizium-Legierungen für extreme Anforderungen (Temperatur, Verschleiß, Korrosion) mittels additiver Fertigungsverfahren voranzutreiben. In einer iterativen Vorgehensweise werden die Verfahrensparameter zur Herstellung defektfreier Volumenkörper mit den gewünschten Eigenschaften angepasst. Das Teilprojekt an der OVGU beschäftigt sich mit der Legierungsauswahl, der Analyse der vorlegierten Pulver und der Charakterisierung der additiv gefertigten Probekörper hinsichtlich der Gefüge-Eigenschafts-Zusammenhänge.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Manja Krüger  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2014 - 31.03.2019

### **Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien und Partikelsystemen GRK 1554**

#### Teilprojekt: Mikrostrukturelle Schädigung von beschichteten AISi-Werkstoffen unter mechanischer und thermischer Belastung

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Philipp G. Thiem

Neue intermetallische Schichtsysteme auf AISi-Substraten werden untersucht. Die beschichteten Werkstoffe werden dabei sowohl statischen als auch zyklischen Belastungen unterworfen, um die Auswirkungen der Legierungszusammensetzung, der Mikrostruktur und der Schichtdicke auf die Rissentstehung und die Rissausbreitung im anwendungsrelevanten Temperaturbereich zu untersuchen. Werkstoffkennwerte, z.B. der Elastizitätsmodul, und weitere Parameter wie die Haftfestigkeit der Schicht sollen dabei in die Modellierung der Schädigungsmechanismen in diesem Werkstoffverbund einbezogen werden.

#### Teilprojekt: Rissinitiierung und Rissausbreitung in mehrphasigen Hochtemperaturwerkstoffen

Bearbeitung: M.Sc. Julia Becker

Mehrphasige Hochtemperaturwerkstoffe werden in Bezug auf die Rissinitiierung in den einzelnen Phasen, den Rissfortschritt und ihre Bruchzähigkeit untersucht. Erste Experimente zur Risseinleitung und Rissausbreitung wurden an pulvermetallurgisch hergestellten Mo-Si-B-Legierungen mit Hilfe der Eindruck-Bruchmechanik-Methode durchgeführt. Die Erkenntnisse daraus sollen auf gerichtet erstarrte mehrphasige Molybdänwerkstoffe übertragen werden.

Mitarbeit in weiteren Teilprojekten:

#### **\* Experimental Investigations and Numerical Simulations of Lamellar Cu-Ag Composites**

Bearbeitung: M. Sc. Srihari Dodla  
Betreuung: Prof. A. Bertram, Prof. M. Krüger

#### **\* Crystal Viscoplasticity Based Simulation of Ti-Al Alloy under High-Temperature Conditions**

Bearbeitung: M. Sc. Helal Chowdhury  
Betreuung: Prof. K. Naumenko, Prof. H. Altenbach, Prof. M. Krüger

---



**Projektleitung:** Dr.-Ing. Andreas Heyn  
**Kooperationen:** BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; iLF - Institut für Lacke und Farben Magdeburg; Methodisch-Diagnostisches Zentrum Werkstoffprüfung e.V.  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.03.2017 - 30.04.2019

### **Gel-Elektrolyte auf Agar-Basis für die Korrosionsdiagnostik**

Gele auf Agar-Basis können schon bei geringem Polymeranteil große Mengen an wässrigen Elektrolyten aufnehmen und immobilisieren, ohne dabei an Stabilität zu verlieren. Dabei tritt ein geringer Synerase-Effekt auf, der zur Bildung dünner Elektrolytfilme bei Kontakt mit Festkörpern führt. Diese Effekte machen Agar-Gele zu einem interessanten und alternativen Elektrolyten für die Korrosionsdiagnostik mit elektrochemischen Methoden. In dem Vorhaben sollen unterschiedliche Gel-Elektrolyt-Variationen untersucht werden, mit denen sich neue sensorische Konzepte zur Untersuchung und Prüfung der Korrosionsschutzwirkung von Metallen, metallischen Überzügen und schützenden Deckschichten realisieren lassen. Dabei ist vor allem der sich bildende Elektrolytfilm von Interesse, dessen Korrosivität sich einstellen und elektrochemisch manipulieren lassen soll, indem z.B. durch anodische Polarisation der zu untersuchenden Elektrode hydratisierte Anionen durch das Gelnetzwerk in den Elektrolytfilm transportiert werden. Damit wäre neben einer minimal-invasiven elektrochemischen Kennwertermittlung auch das Nachstellen und die Untersuchung realer korrosiver Bedingungen viel besser möglich als mit herkömmlichen Methoden.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Manuela Zinke  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Benjamin Wittig  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.03.2015 - 28.02.2018

### **Gefüge- und Eigenschaftsvorhersage für das Schweißen hochmanganhaltiger Stähle in Mischverbindung**

Das Ziel des Vorhabens besteht in der Gefüge- und Eigenschaftsvorhersage für das Schweißen von Mischverbindungen aus austenitischen hochmanganhaltigen und ferritischen bzw. martensitischen Stählen. Bestehende Konstitutionsschaubilder zur Gefügevorhersage, wie das Schaeffler- oder WRC 1992-Diagramm, lassen sich dafür nicht einsetzen, da der Einfluss des hohen Mn-Gehaltes der Fe-Mn-Stähle im Nickel-Äquivalent nicht ausreichend berücksichtigt ist. Deshalb sollen im Vorhaben zwei abkühlzeitabhängige Konstitutionsschaubilder entwickelt werden, die die Prozessspezifika des MSG- und Laserstrahlschweißens berücksichtigen. In Verbindung mit den statischen und dynamischen Prüfungen der Schweißverbindungen wird ein hinreichendes Mittel zur quantitativen Vorhersage des Gefüges, insb. des Martensitanteils, im Schweißgut geschaffen und zur Prognose der Auswirkungen dieser Gefügebestandteile auf die Verbindungseigenschaften geschaffen. Dies erleichtert u. a. die Entwicklung angepasster Zusatzwerkstoffe für die Verarbeitung hochmanganhaltiger Stähle in Mischverbindung. Nutznießer der Ergebnisse sind kmU aus dem Bereich der Zuliefererindustrie der Fahrzeugbranche, die im Rahmen der Prototypenfertigung, aber auch im Serienprozess immer häufiger mit neu entwickelten hochfesten Stählen konfrontiert werden, sowie der Schweißzusatzwerkstoffentwicklung und -herstellung.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Manuela Zinke  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Stefan Burger  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.11.2016 - 30.04.2019

### **Beeinflussung von Nahteigenschaften und Prozessverhalten durch Einsatz basischer Schlackesysteme beim MSG-Fülldrahtschweißen von Ni-Basislegierungen**

Das Ziel des Forschungsvorhabens besteht in der Ermittlung des Anwendungspotentials basischer Ni-Basis-Fülldrahtelektroden zum wirtschaftlichen MAG-Auftrag- und Verbindungsschweißen von Ni-Basislegierungen. Im Rahmen vergleichender Betrachtungen mit derzeit gängigen Schweißzusatzwerkstoffen in Form von rutilen bzw. rutil-basischen Fülldrahtelektroden und Massivdrahtelektroden sind Untersuchungen zum Einfluss einer basischen Schlackecharakteristik von Fülldrahtelektroden auf das Schweißverhalten und die Schweißnahtausbildung geplant. Dazu gehören die Bewertung der Verarbeitungseigenschaften, wie der sinnvoll nutzbare Parameterbereich, die

erreichbare Abschmelzleistung, der Tropfenübergang und die Schlackeausbildung, sowie die Bestimmung der erreichbaren Schweißnahtgüte beim MAG-Lichtbogenschweißen. Darüber hinaus werden die Auswirkungen der basischen Elemente im Schweißzusatz auf die schweißmetallurgischen Vorgänge im Schweißbad erforscht. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Untersuchung des Einflusses der basischen Schlackecharakteristik auf die Heißrisseigung von Ni-Basis-Schweißgütern. Das Ziel des beantragten Forschungsvorhabens besteht in der Ermittlung des Anwendungspotentials basischer Ni-Basis-Fülldrahtelektroden zum wirtschaftlichen MAG-Auftrag- und Verbindungsschweißen von Ni-Basislegierungen.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Manuela Zinke  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Juliane Stützer  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.02.2018 - 31.07.2020

### **Entwicklung einer wirtschaftlicheren Prozessführung für das UP-Schweißen ferritisch-austenitischer Legierungen unter Berücksichtigung der metallurgischen Besonderheiten**

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens besteht in der Ermittlung einer Prozessführung für ein wirtschaftlicheres UP-Schweißen von drei industriell relevanten Vertretern ferritisch-austenitischer Legierungen mit zusätzlicher Drahtzufuhr bei Gewährleistung der im Normenwerk geforderten werkstoffspezifischen Kennwerte. Die aktuell verfügbaren Lean- und Standardduplexstähle gelten bei Beachtung der Verarbeitungshinweise allgemein als gut schweißgeeignet. Mit zunehmenden Legierungsanteilen (Superduplexstahl) und einem hohen Wärmeeinbringen (UP-Schweißen) nimmt die Gefahr der Bildung von unerwünschten intermetallischen Phasen, 475 $\gamma$ -Versprödung und Sekundäraustenit in den Schweißnähten signifikant zu. Dies führt zu Nicht-Erreichen von geforderten Kennwerte für mechanisch-technologische Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit. Zum Erzielen dem Regelwerk konformer Gütwerte, sollen daher die metallurgischen Potentiale einer zusätzlichen Drahtzufuhr beim UP-Schweißen von ferritisch-austenitischen Stählen untersucht und genutzt werden. Die angestrebte Generierung der gefoderten Kennwerte direkt aus dem UP-Schweißprozess mit zusätzlicher Drahtzufuhr heraus, kann darüber hinaus die Einsparung von zeit- und kostenaufwendigen Wärmenachbehandlungen bei der Herstellung dickwandiger Rohre ermöglichen, was ebenso enorme Zeit- und Kostenersparnisse bringt, da der Glühprozess der geschwindigkeitsbestimmende Schritt der Fertigungskette ist. Die wirtschaftliche Bedeutung der Projektergebnisse für KMU begründet sich vor allem auf Zeit- und Kostenersparnissen bei geringem notwendigen Invest. Die Erhöhung der Abschmelzleistung führt zu schnelleren Schweißgeschwindigkeiten und/oder zu einer Verringerung der Lagenanzahl. Daraus resultieren wiederum die Reduktion der Fertigungszeiten und somit der Maschinenbelegungszeiten.

## **8. Eigene Kongresse, wissenschaftliche Tagungen und Exponate auf Messen**

- 28. Schweißtechnische Fachtagung am 24.05.2018 in Barleben
- Forschungsseminar des MDZWP am 13.03.2018
- 5th International Conference on Cellular Materials, CellMAT 2018, 24.-26. Oktober 2018, Bad Staffelstein, Deutschland

## 9 Veröffentlichungen

### *Begutachtete Zeitschriftenaufsätze*

**Babutzka, Martin; Heyn, Andreas; Rosemann, Paul**

Influence of austenitizing and tempering on the corrosion behavior and sensitization of martensitic stainless steel X50CrMoV15

Materials and corrosion: Organ der Arbeitsgemeinschaft Korrosion, des Auskunftsdienstes Werkstoffberatung der DECHEMA und der Europäischen Föderation Korrosion - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, 2018; [Online first]

**Balzer, Martin; Fenker, Martin; Kappl, Herbert; Müller, Thoralf; Heyn, Andreas; Heiss, Alexander; Richter, Andreas**

Corrosion protection of steel substrates by magnetron sputtered TiMgN hard coatings - structure, mechanical properties and growth defect related salt spray test results

Surface and coatings technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 349.2018, S. 82-92;

**Baumgart, C.; Halle, Thorsten; Weigelt, C.; Krüger, L.; Aneziris, Christos**

Effect of honeycomb cell geometry on compressive properties - finite element analysis and experimental verification

Science and technology of materials - Lisboa: Elsevier España, Bd. 30.2018, 1, S. 35-42;

**Becker, Julia; Betke, Ulf; Hoffmeister, Michael; Krüger, Manja**

Density reduction of Mo-Si-B alloys by vanadium alloying

JOM: a publication of the Minerals, Metals & Materials Society (TMS) - New York, NY: Springer Science + Business Media, Bd. 70.2018, 11, S. 2574-2581;

[Imp.fact.: 2.145]

**Becker, Julia; Betke, Ulf; Wessel, Egbert; Krüger, Manja**

Alloying effects in Mo-5X (X=Zr, Ti,V) Microstructural modifications and mechanical properties

Materials today / Communications - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 15.2018, S. 314-321;

**Bertrand, Jessica; Delfosse, Daniel; Mai, Viola; Awiszus, Friedemann; Harnisch, Karsten; Lohmann, Christoph H.**

Ceramic prosthesis surfaces induce an inflammatory cell response and fibrotic tissue changes

Bone & joint journal: B & J journal - London: British Editorial Society of Bone and Joint Surgery, Bd. 100-B.2018, 7, Seite 882-890;

**Betke, Ulf; Klaus, Michael; Eggebrecht, Jakob G.; Scheffler, Michael; Lieb, Alexandra**

MOFs meet macropores - dynamic direct crystallization of the microporous aluminum isophthalate CAU-10 on reticulated open-cellular alumina foams

Microporous and mesoporous materials: the official journal of the International Zeolite Association - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 265.2018, S. 43-56;

**Betke, Ulf; Lieb, Alexandra**

Micro-macroporous composite materials - preparation techniques and selected applications - a review

Advanced engineering materials - Weinheim: Wiley-VCH Verl, Vol. 20.2018, 9, Art. 1800252;

[Imp.fact.: 2.319]

**Bolbut, Volodymyr; Bogomol, Iurii; Loboda, P.; Krüger, Manja**

Microstructure and mechanical properties of a directionally solidified Mo-12Hf-24B alloy

Journal of alloys and compounds: JAL : an interdisciplinary journal of materials science and solid-state chemistry and physics - Lausanne: Elsevier, Bd. 735.2018, S. 2324-2330;

[Imp.fact.: 3.133]

**Bolbut, Volodymyr; Wessel, Egbert; Krüger, Manja**

Phase stability and temperature-dependent compressive strength of a low-density Fe 32.3Al 29.3Cu 11.7Ni 10.8Ti 15.9 alloy

Scripta materialia - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 150.2018, S. 54-56;

[Imp.fact.: 3.747]

**Dieck, Sebastian; Ecke, Martin; Frömert, Jan; Halle, Thorsten**

Microstructural characterization of martensitic Q&P steels - a comparison of etching techniques and electron backscatter diffraction  
Practical metallography - München: Hanser, Bd. 55.2018, 10, S. 660-667;

**Federova, Anna; Michelsen, L.; Scheffler, Michael**

Polymer-derived ceramic tapes with small and negative thermal expansion coefficients  
Journal of the European Ceramic Society - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 38.2018, 2, S. 719-725;  
[Imp.fact.: 3.454]

**Heyn, Andreas; Mueller, Thoralf; Balzer, Martin; Kappl, Herbert; Fenker, Martin**

Corrosion protection mechanisms of TiMgN hard coatings on steel  
IOP conference series / Materials science and engineering - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 373.2018, 1, Art. 012009;

**Hütter, Sebastian; Hasemann, Georg; Al-Karawi, J.; Krüger, Manja; Halle, Thorsten**

Prediction of thermodynamic properties of Mo-Si-B alloys from first-principles calculations  
Metallurgical and materials transactions / A - Boston: Springer, Bd. 49.2018, 12, S. 6075-6083;  
[Imp.fact.: 1.887]

**Kauss, Norman; Halle, Thorsten; Rosemann, P.**

Age-hardening behaviour, microstructure and corrosion resistance of the copper alloyed stainless steel 1.4542  
IOP conference series / Materials science and engineering - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 373.2018, 1, Art. 012020, insgesamt 9 S. ;  
[20. Werkstofftechnisches Kolloquium, WTK 2018, Chemnitz, Germany, 14-15 March 2018]

**Kuhlmann, Matthias; Mitzschke, Niels; Jüttner, Sven**

Testmethode zur Bewertung von Fügeelementen hinsichtlich der Gefahr einer wasserstoffunterstützten Kaltrissbildung (HACC-Prüfung)  
Materials testing: Materialprüfung : materials and components, technology and application - München: Hanser, Bd. 60.2018, 12, S. 1191-1201;

**Launert, Benjamin; Szczerba, Radosaw; Gajewski, Marcin; Rhode, Michael; Pasternak, Hartmut; Giejowski, Marian**

The buckling resistance of welded plate girders taking into account the influence of post-welding imperfections. Part 1: Parameter study  
Materials testing: Materialprüfung : materials and components, technology and application - München: Hanser, Bd. 59.2017, 1, S. 47-56, 2018;

**Nordmann, Joachim; Thiem, Philipp; Cinca, Nuria; Naumenko, Konstantin; Krüger, Manja**

Analysis of iron aluminide coated beams under creep conditions in high-temperature four-point bending tests  
The journal of strain analysis for engineering design: JSA - London: Sage Publ, Bd. 53.2018, 4, S. 255-265;

**Rahman, Rana Atta Ur; Juhre, Daniel; Halle, Thorsten**

Review of types, properties, and importance of ferrous based shape memory alloys  
Han'guk-chaeryo-hakhoe-chi - Sul, Bd. 28.2018, 7, S. 381-390;

**Rhode, Michael; Mente, Tobias; Steppan, Enrico; Steger, Joerg; Kannengiesser, Thomas**

Hydrogen trapping in T24 Cr-Mo-V steel weld joints-microstructure effect vs. experimental influence on activation energy for diffusion  
Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer, Bd. 62.2018, 2, S. 277-287;

**Rhode, Michael; Schaupp, Thomas; Muenster, Christoph; Mente, Tobias; Boellinghaus, Thomas; Kannengießer, Thomas**

Hydrogen determination in welded specimens by carrier gas hot extraction - a review on the main parameters and their effects on hydrogen measurement  
Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer, 2018;  
[Online first]

**Rosemann, Paul; Kauss, Norman**

Visualisierung werkstoffbedingter Lochkorrosionsanfälligkeit durch die KorroPad-Prüfung

WOMag: Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche - Waldshut-Tiengen: WOTech, 7/8, S. 1-5, 2018;

**Schaupp, Thomas; Kannengießer, Thomas; Burger, Stefan; Zinke, Manuela; Jüttner, Sven**

Einfluss der Wärmeleitung auf die Wasserstoffkonzentration in geschweißten höherfesten Feinkornbaustählen beim Einsatz modifizierter Sprühlichtbogenprozesse

Schweißen und Schneiden: Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren - Düsseldorf: DVS-Media GmbH, Bd. 70.2018, 5, S. 290-197

**Schaupp, Thomas; Rhode, Michael; Kannengießer, Thomas**

Influence of welding parameters on diffusible hydrogen content in high-strength steel welds using modified spray arc process

Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer, Bd. 62.2018, 1, S. 9-18; [Imp.fact.: 1.206]

**Schaupp, Thomas; Rhode, Michael; Yahyaoui, Hamza; Kannengießer, Thomas**

Influence of heat control on hydrogen distribution in high-strength multi-layer welds with narrow groove

Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer, 2018;

[Online first]

[Imp.fact.: 1.206]

**Schlosser, Benjamin; Jüttner, Sven**

Additives MIG-Schweißen von Aluminium-Druckguss-Bauteilen

Giesserei-Praxis: Fachzeitschrift für alle Bereiche der Gießereitechnik - Berlin: Schiele & Schön, Bd. 69.2018, 7/8, S. 46

**Schmelzer, Janett; Rittinghaus, S.-K.; Weisheit, A.; Stobik, M.; Paulus, J.; Gruber, K.; Wessel, E.; Heinze, C.; Krüger, Manja**

Printability of gas atomized Mo-Si-B powders by laser metal deposition

International journal of refractory metals & hard materials - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 78.2019, S. 123-126, 2018;

[Online first]

**Sherepenko, Oleksii; Jüttner, Sven**

Transient softening at the fusion boundary in resistance spot welded ultra-high strength steel 22MnB5 and its impact on fracture processes

Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer, insges. 9 S., 2018;

[Online first]

[Imp.fact.: 1.206]

**Smokovych, Iryna; Scheffler, Michael**

Polysilazane-type coatings on Mo-Si-B alloys - a thermodynamic assessment of the phase composition

Advanced engineering materials - Weinheim: Wiley-VCH Verl, Vol. 20.2018, 5, Art. 1700936;

**Stützer, Juliane; Zinke, Manuela; Jüttner, Sven**

Reduzierung der metallurgischen Porenbildung beim MSG- und UP-Schweißen von Superduplexstahl

Schweißen und Schneiden: Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren - Düsseldorf: DVS-Media GmbH, Bd. 70.2018, 3, S. 126-131

**Stützer, Juliane; Zinke, Manuela; Jüttner, Sven**

Studies on the pore formation in super duplex stainless steel welds

Rivista italiana della saldatura - Milano, Bd. 70.2018, 2, S. 185-198

**Wilke, Markus; Harnisch, Karsten; Knapp, Wolfram; Ecke, Martin; Halle, Thorsten**

Optimization of pyroelectric electron sources for the generation of x-rays for x-ray fluorescence applications

Journal of vacuum science & technology / B: JVST : the official journal of the American Vacuum Society - New York, NY: Inst, Vol. 36.2018, 2, Art. 02C101;

**Wittig, Benjamin; Zinke, Manuela; Jüttner, Sven; Keil, Daniel**

A new constitution diagram for dissimilar metal welds of high-manganese steels  
Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer, 2018;  
[Online first]  
[Imp.fact.: 1.206]

**You, Qing; Hopf, Talea; Hintz, Werner; Rannabauer, Stefan; Voigt, Nadine; Wachem, Berend; Henrich-Noack, Petra; Sabel, Bernhard A.**

Major effects on blood-retina barrier passage by minor alterations in design of polybutylcyanoacrylate nanoparticles  
Journal of drug targeting - Abingdon: Taylor & Francis Group, Bd. 26.2018;  
[Imp.fact.: 3.408]

**Zamanzade, M.; Hasemann, Georg; Motz, C.; Krüger, Manja; Barnoush, A.**

Vacancy effects on the mechanical behavior of B2-FeAl intermetallics  
Materials science and engineering / A - Amsterdam: Elsevier, Bd. 712.2018, S. 88-96;  
[Imp.fact.: 3.094]

***Nicht begutachtete Zeitschriftenaufsätze***

**Betke, Ulf; Scheffler, Michael**

Funktionalisierungsstrategien für keramische Replika-Schäume  
Dialog: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik : Analyse, Beratung, Produktlösungen, Arbeitskreise, Fachausschüsse, Fortbildungen, Tagungen - [Lampertheim]: IWW, S. 46-52, 2018;

***Begutachtete Buchbeiträge***

**Böllinghaus, Thomas; Rhode, Michael; Falkenreck, Thora**

Korrosion und Korrosionsschutz  
Taschenbuch für den Maschinenbau - Berlin: Springer Vieweg, S. 313-336, 2018;

**Dieck, Sebastian; Ecke, Martin; Rosemann, Paul; Halle, Thorsten**

Reversed austenite for enhancing ductility of martensitic stainless steel  
Proceedings of the International Conference on Martensitic Transformations: Chicago - Cham: Springer International Publishing, S. 123-128, 2018;  
[Konferenz: International Conference on Martensitic Transformations, ICOMAT, Chicago, July 9 - 14, 2017]

**Heckel, Thomas; Casperson, Ralf; Rühle, Sven; Mook, Gerhard**

Signal processing for non-destructive testing of railway tracks  
AIP conference proceedings - Melville, NY, Vol. 1949.2018, Art. 030005, insgesamt 8 S.;  
[Konferenz: 44th Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Provo, Utah, USA, 16-21 July 2017]

**Kauss, Norman; Halle, Thorsten; Rosemann, Paul**

Age-hardening behaviour, microstructure and corrosion resistance of the copper alloyed stainless steel 1.4542  
Tagungsband zum 20. Werkstofftechnischen Kolloquium: 14. und 15. März 2018 in Chemnitz - Chemnitz: Eigenverlag Chemnitz, S. 277-284 - (Schriftenreihe Werkstoffe und werkstofftechnische Anwendungen; Band 72);  
[Tagung: 20. Werkstofftechnischen Kolloquium, Chemnitz, 14. und 15. März 2018]

**Klapper, Helmuth Sarmiento; Jesse, Sebastian; Heyn, Andreas**

Electrochemical methods for assessing the pitting corrosion resistance of metallic materials in chloride-containing environments at elevated temperatures  
NACE Corrosion Conference 2018: Phoenix, Arizona, USA, 15-19 April 2018 : conference papers - NACE International, 2018, Art.-Nr. 51318-11438-SG, insgesamt 14 S.;

[Konferenz: NACE Corrosion Conference 2018, Phoenix, Arizona, USA, 15-19 April 2018]

**Rhode, Michael; Kromm, Arne; Schroepfer, Dirk; Steger, Joerg; Kannengießer, Thomas**

Residual stress formation in component related stress relief cracking tests of a welded creep-resistant steel  
Residual Stresses 2018: European Conference, ECRS-10 - Millersville, PA: Materials Research Forum LLC, S. 185-190 - (Materials research proceedings; volume 6);

[Konferenz: 10th European Conference Residual Stresses 2018, ECRS-10, 11-14 September 2018]

**Rosemann, Paul; Kauss, Norman**

Visualisierung werkstoffbedingter Lochkorrosionsanfälligkeit durch die KorroPad-Prüfung

Tagungsband zum 20. Werkstofftechnischen Kolloquium: 14. und 15. März 2018 in Chemnitz - Chemnitz: Eigenverlag Chemnitz, S. 67-73 - (Schriftenreihe Werkstoffe und werkstofftechnische Anwendungen; Band 72);

[Tagung: 20. Werkstofftechnischen Kolloquium, Chemnitz, 14. und 15. März 2018]

**Rosemann, Paul; Müller, Christopher; Kauss, Norman; Halle, Thorsten**

Einfluss der Wärmebehandlung auf Mikrostruktur und Korrosionsverhalten kohlenstoffhaltiger nichtrostender Stähle

Tagungsband zum 20. Werkstofftechnischen Kolloquium: 14. und 15. März 2018 in Chemnitz - Chemnitz: Eigenverlag Chemnitz, S. 711-720 - (Schriftenreihe Werkstoffe und werkstofftechnische Anwendungen; Band 72);

[Tagung: 20. Werkstofftechnischen Kolloquium, Chemnitz, 14. und 15. März 2018]

**Schaupp, Thomas; Rhode, Michael; Yahyaoui, H.; Kannengießer, Thomas**

Hydrogen distribution in multi-layer welds of steel S960QL

SteelyHydrogen: 29-31 May 2018, Ghent : [conference proceedings]- Ghent, paper P44;

[Konferenz: SteelyHydrogen2018, 29-31 May 2018, Ghent]

**Schaupp, Thomas; Schröpfer, D.; Kannengießer, Thomas**

Kaltrissbildung in Mehrlagenschweißungen - Einflussanalyse von Nahtgeometrie und Wärmeführung beim Einsatz modifizierter Sprühlichtbögen

DVS Congress 2018 - Düsseldorf: DVS Media GmbH, S. 73-78;

[Kongress: DVS Congress 2018, Friedrichshafen, 2018.09.17-18]

**Schlosser, Benjamin; Jüttner, Sven; Lehmann, Till**

Herausforderungen der Online-Erfassung und Verarbeitung der Daten von Schweißnahtgeometrie und Temperaturfeld beim MSG-Schweißen

DVS Congress 2018: Große Schweißtechnische Tagung, DVS-Studentenkongress, Vorträge der Veranstaltungen in Friedrichshafen am 17. und 18. September 2018 - Düsseldorf: DVS Media GmbH, S. 206 - (DVS-Berichte; Band 344);

[Kongress: DVS Congress 2018, Friedrichshafen, 17. - 18. September 2018]

**Stamann, Olena; Jüttner, Sven; Zörnig, Andreas; Kasper, Roland**

Fügetechnologie für die Kupferdrahtwicklung eines neuartigen Leichtbau-Radnabenmotors

DVS Congress 2018: Große Schweißtechnische Tagung, DVS-Studentenkongress, Vorträge der Veranstaltungen in Friedrichshafen am 17. und 18. September 2018 - Düsseldorf: DVS Media GmbH, S. 278-283 - (DVS-Berichte; Band 344);

[Kongress: DVS Congress 2018, Friedrichshafen, 17. - 18. September 2018]

**Wittig, Benjamin; Zinke, Manuela; Jüttner, Sven**

Neues Konstitutionsschaubild für hochmanganhaltige Stähle

Schweißtechnische Fachtagung: Vorträge der gleichnamigen Fachtagung in Magdeburg am 24. Mai 2018 - Magdeburg: Verlag Otto von-Guericke-Universität Magdeburg, insges. 9 S.;

[Tagung: 28. Schweißtechnische Fachtagung, Magdeburg, 24. Mai 2018]

### **Wissenschaftliche Monografien**

#### **Jüttner, Sven; Körner, Markus**

Entwicklung eines Reibgesetzes zur Erfassung des Drehzahleinflusses bei der Reibschweißprozesssimulation - Schlussbericht zu IGF-Vorhaben Nr. 18.966 BR : Berichtszeitraum: 01.01.2016 - 31.05.2018  
Magdeburg: Otto-von-Guericke- Universität, Institut für WQerkstoff- und Füge-technik, 2018, 240 Seiten, Illustrationen, Tabellen, Diagramme

### **Nicht begutachtete Buchbeiträge**

#### **Bergmann, Clemens; Mraczek, Klemens; Kröger, Benjamin; Sturel, Thierry; Jürgensen, Jens; Yagodzinsky, Yuriy; Guo, Xiaofei; Vucko, Flavien; Kuhlmann, Matthias; Veith, Sebastian; Pohl, Michael**

Hydrogen embrittlement resistance evaluation of advanced high strength steels in automotive applications  
SteelyHydrogen: 29-31 May 2018, Ghent : [conference proceedings]- Ghent, 2018, Art. A01, insgesamt 15 S.;  
[Konferenz: 3rd SteelyHydrogen, Ghent, 29-31 May 2018; Session 1: Hydrogen embrittlement in steels for automotive industry]

#### **Jüttner, Sven; Tuchtfeld, Markus**

Die Schweißzeit beim Widerstandspunktschweißen von Aluminiumblechen  
Leichtbau-Gipfel 2018: Leichtbau lohnt sich - Würzburg: Vogel;  
[Tagung: Leichtbau-Gipfel, 13.03.2018]

#### **Jüttner, Sven; Tuchtfeld, Markus; Nagel, Kay**

Oscillation resistance spot welding - a new approach for joining aluminum cost-effective  
Fügen im Karosseriebau 2018: 10.-12.04.2018, Bad Nauheim - Bad Nauheim;  
[Tagung: Fügen im Karosseriebau 2018, Bad Nauheim, 10. - 12.04.2018]

#### **Kuhlmann, Matthias; Mitzschke, Niels; Jüttner, Sven**

Method to evaluate the hydrogen embrittlement of joining elements made from high strength quenched and tempered steels including the hydrogen concentration profile  
SteelyHydrogen: 29-31 May 2018, Ghent : [conference proceedings]- Ghent, 2018, Art. P02, insgesamt 16 S.;  
[Konferenz: 3rd SteelyHydrogen, Ghent, 29-31 May 2018; Posters on display during conference]

#### **Schlosser, Benjamin; Meinecke, Christoph; Jüttner, Sven**

Generatives MIG-Schweißen zur geometrischen Modifikation von Aluminium-Druckguss-Bauteilen  
Fachtagung Werkstoffe und Additive Fertigung: 25.-26.04.2018, Potsdam : Tagungsband - Sankt Augustin: Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V., S. 24-29;  
[Konferenz: DGM-Tagung, 25.-26. April 2018, Potsdam]

#### **Schmelzer, Janett; Rittinghaus, S.-K.; Weisheit, A.; Stobik, M.; Paulus, J.; Gruber, K.; Wessel, E.; Krüger, Manja; Heinze, C.**

Additive Fertigung gasverdünster Mo-Si-B Pulver durch Laserauftragsschweißen  
Fachtagung Werkstoffe und Additive Fertigung: 25.-26.04.2018, Potsdam : Tagungsband - Sankt Augustin: Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V., S. 244-249;  
[Konferenz: DGM-Tagung, 25.-26. April 2018, Potsdam]

#### **Stützer, Juliane; Zinke, Manuela; Jüttner, Sven**

Additive Fertigung von Bauteilen aus Duplexstahl durch Schutzgasschweißen  
Fachtagung Werkstoffe und Additive Fertigung: 25.-26.04.2018, Potsdam : Tagungsband - Sankt Augustin: Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V., S. 103-108;  
[Konferenz: DGM-Tagung, 25.-26. April 2018, Potsdam]



## **Abstracts**

### **Harnisch, Karsten; Wilke, Markus; Knapp, Wolfram; Ecke, Martin; Hanns, Lucas; Halle, Thorsten**

Self-focusing of electrons emitted by rectangular pyroelectric crystals - a study on geometrical conditions for optimized X-ray intensities

2018 31st International Vacuum Nanoelectronics Conference (IVNC): technical digest : Kyoto, Japan, 9-13 July 2018 - [Piscataway, NJ]: IEEE, insges. 2 S.;

[Konferenz: 31st International Vacuum Nanoelectronics Conference (IVNC) Kyoto, Japan, 9-13 July 2018]

### **Wilke, Markus; Harnisch, Karsten; Knapp, Wolfgang; Ecke, Martin; Senft, Thorsten; Halle, Thorsten**

Investigations on electrical properties and correlations to electron and X-ray energies of pyroelectric LiTaO<sub>3</sub> and LiNbO<sub>3</sub>

2018 31st International Vacuum Nanoelectronics Conference (IVNC): technical digest : Kyoto, Japan, 9-13 July 2018 - [Piscataway, NJ]: IEEE, insges. 2 S.;

[Konferenz: 31st International Vacuum Nanoelectronics Conference (IVNC) Kyoto, Japan, 9-13 July]

## **Dissertationen**

### **Chowdhury, Helal; Naumenko, Konstantin [GutachterIn]; Krüger, Manja [GutachterIn]**

Modeling inelastic behaviour of Al-rich Ti-Al alloys at ultra-high homologous temperature

Barleben: docupoint Verlag, 2018, 153 Seiten, Illustrationen, Diagramme - (Docupoint Wissenschaft; Micro-macro transactions; Volume 30), ISBN 978-3-86912-145-1

### **Hammerschmidt, Vanessa; Altenbach, Holm [GutachterIn]; Halle, Thorsten [GutachterIn]; Seifert, Thomas [GutachterIn]**

Entwicklung eines Prüfkonzeptes für thermomechanisch hoch beanspruchte Bereiche von Zylinderköpfen und numerische Abbildung der thermischen Belastungszyklen

Magdeburg, 2018, X, 145 Seiten, Illustrationen, Diagramme, Tabellen;

[Literaturverzeichnis: Seite 139-145]

### **Sobol, Oded; Böllinghaus, Thomas [GutachterIn]**

Hydrogen assisted cracking and transport studied by ToF-SIMS and data fusion with HR-SEM

Berlin: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), 2018, XIII, 164 Seiten, Illustrationen, Tabellen, Diagramme - (BAM-Dissertationsreihe; Band 160);

[Literaturverzeichnis: Seite 147-162]

### **Wolf, Marcus; Böllinghaus, Thomas [GutachterIn]**

Schwingungsrisskorrosion von austenitisch-ferritischen Duplexstählen in salzhaltigen Lösungen

Magdeburg, 2018, XI, 264 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 203-219]