



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

MB

FAKULTÄT FÜR  
MASCHINENBAU

# Forschungsbericht 2020

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

## 2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

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)  
Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger (Lehrstuhl Hochtemperaturwerkstoffe)  
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
- Refraktärmetallbasierte Hochtemperaturlegierungen und ihre Anwendungen.

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

### Fügetechnik (Prof. Jüttner)

- Schweißen von Verbindungen 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

### Schweißtechnologie 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

### Werkstofftechnik - 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

### Werkstofftechnik - 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

### Werkstofftechnik - 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 - Hochtemperaturwerkstoffe (Prof. Krüger)**

- 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
- Oxidationsschutz refraktärmetallbasierter Hochtemperaturlegierungen
- 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)
- Audi AG, Ingolstadt
- BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
- Bilfinger Piping Technologies GmbH, Essen
- Brown University, Materials Science and Engineering, USA
- Castolin GmbH, Krefeld
- citim Oerlikon
- Dr. Kochanek Entwicklungsgesellschaft, Neustadt a.d. Weinstraße
- 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 Abtragtechnik
- 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
- National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
- 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. Martin Ecke, Dipl.-Ing. Markus Wilke  
**Kooperationen:** H + E Produktentwicklung GmbH; Ganzlin Beschichtungspulver GmbH  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.08.2020 - 31.07.2022

### PC4PM - Powder Coatings for Printed Materials

Im Rahmen des FuE-Kooperationsprojekts "PC4PM - Powder Coatings for Printed Materials" soll erstmalig die Pulverlackbeschichtung als Verfahren zur Oberflächenbeschichtung an generativ gefertigten Materialien erprobt und etabliert werden. Die geplante Entwicklungsarbeit umfasst die Beschichtung von generativ gefertigten Kunststoffen und Metallen mit abrasionsbeständigen Pulverlacken. Dies reduziert die fertigungsbedingte Oberflächenrauheit von generativ gefertigten Bauteilen und steigert deren Verschleißbeständigkeit signifikant, was in zahlreichen Anwendungen zu einer Verbesserung der Bauteileigenschaften beiträgt. Somit ist neben der Beeinflussung von Optik und Haptik auch eine Erhöhung der Abrieb- und Verschleißfestigkeit möglich. Zudem verfolgt das Vorhaben die Entwicklung niedrigschmelzender Pulverlacke mit niedrigen Vernetzungstemperaturen. Die Absenkung der Vernetzungstemperatur hätte eine Reduzierung der notwendigen Prozessenergie und somit eine signifikante Kosten- und Energieeinsparung im Beschichtungsprozess zur Folge. Außerdem würde sich der Anwendungsbereich für die Pulverlackbeschichtung von Kunststoffen deutlich erweitern, da durch die hohen Vernetzungstemperaturen von Pulverlacken Kunststoffe derzeit für eine derartige Beschichtung nicht in Frage kommen

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Sebastian Hütter  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2020 - 31.12.2021

### Thermomechanisches Ringwalzen mit prädiktiver Eigenschaftsregelung

Bedingt durch die Vielzahl der interagierenden materialphysikalischen Effekte ist es nicht bisher üblich, alle gewünschten Eigenschaften in einem Bearbeitungsschritt herzustellen. Es ist daher immer ein mehrstufiger Prozess aus Vorbehandlung, Walzen und anschließender Wärmebehandlung der Funktionsflächen notwendig. Aus energetischer Sicht wäre es wünschenswert, möglichst viele Eigenschaften bereits bei der Fertigung so Endzustandsnah wie möglich einzustellen, um so im Idealfall auf die Wärmebehandlung verzichten zu können. Maschinenseitig stehen dabei nur wenige Stellgrößen zur Verfügung, die jedoch eine interagierende und nichtlineare Auswirkung haben. Eine konventionelle Regelung ist daher nur schwer bis unmöglich umzusetzen. Eine prädiktive Prozessregelung kann hier bereits im Regelkreis die gewünschten Endeneigenschaften auf Basis eines halbanalytischen Modells vorhersagen und damit konkrete Regelvorgaben liefern.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, eine solche Regelung für die Integration in einen Realprozess zu entwerfen sowie die nötigen Modelle zu parametrieren. Dabei sollen mehrere Komponenten ineinander greifen: eine prädiktive Modellierung des Prozesses erlaubt es, optimale Steuervorgaben zu geben, während ein In-Process-Sensor auf Basis des Wirbelstromverfahrens Realdaten als Korrektur liefert.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler, Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.09.2016 - 30.04.2022

### 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.

---

<b>Projektleitung:</b>	Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle
<b>Projektbearbeitung:</b>	M.Sc. Maria Crackau
<b>Kooperationen:</b>	Forschungsbereich Experimentelle Orthopädie der Orthopädischen Universitätsklinik in Magdeburg; Funktionskeramiken mit erhöhter spezifischer Oberfläche (MEMoRIAL-M2.5), Kathleen Dammler; MEMoRIAL-M2.4 — In-situ SEM methods to improve implant materials, Karsten Harnisch;; MEMoRIAL-M2.2 — Characterisation and simulation-based development of Engineering Materials, Rostyslav Nizinkovskyi; OVGU/FMB-Institut für Maschinenkonstruktion (IMK), Lehrstuhl für Maschinenelemente und Tribologie; MEMoRIAL-M2.10 — Preparation and testing of thermoelectric materials, Christian Künzel; Technische Universität (TU) Dresden, Institut für Fertigungstechnik, Professur für laserbasierte Methoden der großflächigen Oberflächenstrukturierung, Prof. Andrés Lasagni; Hochschule Magdeburg-Stendal, Institut für Maschinenbau; ABINEP M3-project 3: Investigation of biofilms during septical prosthesis relaxation, Ann-Kathrin Meinshausen; OVGU/FMB-Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung (IFQ)
<b>Förderer:</b>	EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.09.2017 - 31.01.2022

### **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. Karsten Harnisch

**Kooperationen:** Forschungsbereich Experimentelle Orthopädie der Orthopädischen Universitätsklinik in Magdeburg; MEMoRIAL-M2.1 — Optimisation of novel vanadium-based high temperature materials, Christopher Müller; OVGU/FMB-Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung (IFQ), u. a. Dr.-Ing. Florian Welzel; Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Berlin, Dr.-Ing. Paul Rosemann

**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.02.2017 - 30.04.2021

#### **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 **Focused 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:** M.Sc. Sebastian Hütter

**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2017 - 30.06.2020

#### **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. Sven Jüttner  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.11.2020 - 30.04.2023

### **Validierung von Methoden zur Vermeidung von Liquid Metal Embrittlement (LME) an realitätsnahen Prinzipbauteilen (AiF-IGF Nr. 21.483 BG)**

Beim Widerstandspunktschweißen von verzinkten Stählen berichten zahlreiche Quellen von Risserscheinungen, die auf Liquid Metal Embrittlement (LME) zurückzuführen sind. Da als Folge von LME bedingten Rissen eine negative Beeinflussung der Schweißpunkt-Tragfähigkeit derzeit nicht in jedem Fall ausgeschlossen werden kann, liegen qualitativ hochwertige, rissfreie Punktschweißverbindungen im Interesse der gesamten metallverarbeitenden Industrie.

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens liegt in der Erforschung von LME an umgeformten, realitätsnahen Bauteilen. Dafür werden umfassende Widerstandspunktschweiß (WPS)-Versuche zunächst an Flachproben und dann an umgeformten Bauteilen durchgeführt und unter verschiedenen Bedingungen auf LME untersucht. Am IWF Magdeburg werden die eingesetzten Werkstoffe charakterisiert und die kritischen Bedingungen in Heißzug-Versuchen nachgestellt und isoliert untersucht. Die numerische Simulation (Fraunhofer IPK) wird als Brücke eingesetzt um "unsichtbare" kritische Bedingungen zu ermitteln und zwischen Gleeble- und WPS-Versuchen zu transferieren. Dabei sollen die vorherrschenden Mechanismen zur Bildung von LME an realitätsnahen Bauteilen verstanden und LME reproduzierbar hergestellt werden. Im nächsten Schritt werden Vermeidungsstrategien entwickelt und schlussendlich der Einfluss von verbleibenden LME Rissen auf die Verbindungsfestigkeit quantifiziert.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Maximilian Wohner  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2020 - 31.12.2021

### **Methodik zur Bewertung eines Widerstandspunktschweißprozesses auf Grundlage der Elektrodenbewegung (AiF/IGF Nr. 20.841 BR)**

Das Widerstandspunktschweißen (WPS) ist eines der dominierenden Schweißverfahren in der automobilen Massenproduktion. Wird exemplarisch ein modernes Fahrzeug betrachtet, so sind durchschnittlich 2000 - 5000 Schweißpunkte vorhanden, bei denen Bleche aus unterschiedlichen Güten, Beschichtungen und Dicken gefügt werden. Hieraus ergeben sich stets neue Herausforderungen an das Widerstandspunktschweißen, wie beispielsweise dem Fügen von asymmetrischen Mehrblechverbindungen aus unterschiedlichen Fahrzeugkomponenten. Im Vergleich zu Zweiblechverbindungen kann es bei Mehrblechverbindungen zu einer vertikalen Verschiebung der Schweißlinse kommen, die mit einer ungenügenden Anbindung des dünnen Ausbleches einhergeht. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, kann der Prozess des Widerstandspunktschweißens direkt durch die gewählten Schweißparameter, d. h. Schweißstrom, Schweißzeit und Elektrodenkraft beeinflusst werden. Aus diesem Grunde ist es von großer Bedeutung diese Parameter gezielt auf die jeweiligen Werkstoffe und deren Beschichtungen abzustimmen, um somit eine Steigerung der Prozessstabilität zu erzielen. Im Allgemeinen erfolgt die Prozessparametrisierung mithilfe von Schweißbereichsdiagrammen, dessen Parameterfindung primär auf der Erfahrung des Anwenders basiert und mit einem hohen Versuchsumfang einhergeht. Aufgrund der steigenden Ansprüche an Wirtschaftlichkeit und Qualität wird eine effiziente Methode zur Bewertung und Optimierung der vorgenommenen Parameteranpassungen in Sinne der Industrie 4.0 benötigt.

Das Ziel des Projektes liegt in der Vernetzung der aufgezeichneten Prozessdaten mit der erzielten Schweißqualität. Zu diesem Zweck werden aus den aufgezeichneten Prozessgrößen signifikante Kennwerte abgeleitet, die eine systematische Optimierung und Beurteilung der Schweißparameter ermöglichen und somit den Versuchsumfang signifikant verringern. Insbesondere die Prozessgröße der "Elektrodenbewegung" wird verwendet, um den Widerstandsprozess zu interpretieren und zu bewerten. Infolgedessen soll eine effektive Prozessoptimierung entwickelt werden, die erhebliche Einsparungen in der Einrichtung von Prozessen sowie der serienbegleitenden Prüfung ermöglicht. Voraussetzung dazu ist das Verständnis zur Auswertung und Nutzung dieser bisher nicht betrachteten Prozessgröße der Elektrodenbewegung. Im Forschungsprojekt soll die Erprobung von Sensorsystemen, die Bereitstellung einer effektiven Methode zur Analyse von Prozessverläufen

sowie die Bewertung von vorgenommenen Parameteranpassungen unabhängig von der genutzten Anlagentechnik ermöglicht werden. Abschließend soll ein Auswertewerkzeug bereitgestellt werden, mit der die Analyse und Bewertung der Prozessdaten erfolgen kann.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.12.2018 - 30.11.2021

### **Modellentwicklung zur Vorauslegung von reibgeschweißten Aluminium-Stahl Hybridverbindungen durch ganzheitliche Abbildung der Verbindungsbildung mittels FEM (AiF-IGF. 20 890)**

Das Reibschweißen ist ein etabliertes Fügeverfahren, welches in vielen Bereichen des Maschinenbaus zur Herstellung von Hybridstrukturen aus Aluminium und Stahl genutzt wird. Entscheidend für die Gebrauchstauglichkeit von Hybridverbindungen ist vor allem die werkstoffadäquate Ausbildung der Verbindung. Aufgrund der Abhängigkeit der Schweißverbindung von der Ausprägung, Art und Kontinuität der intermetallischen Diffusionsschicht, des Gefüges und der stoffschlüssigen Anbindung, ist die Entwicklung einer reibgeschweißten Hybridstrukturen mit optimalen Eigenschaften häufig zeit- und kostenintensiv. Gerade für kmU ist es daher nahezu unmöglich solche Hybridstrukturen wirtschaftlich zu entwickeln. Erklärtes Ziel des Projektes ist der Aufbau und die Erprobung einer Simulation für die Auslegung reibgeschweißten Hybridverbindungen aus Aluminium und Stahl.

Zu diesem Zweck werden entsprechende Reibschweißversuche durchgeführt, wobei die Prozessparameter systematisch variiert werden. Diese Versuche liefern die Datenbasis für die experimentelle Analyse der Einflüsse auf die Tragfähigkeit der Struktur. Gleichzeitig dienen die Versuche als Validierungsgrundlage für die Simulation des Schweißprozesses selbst. Mit Hilfe der Prozesssimulation können die Auswirkungen der Prozessparameter auf die Prozessgrößen und somit auf die Werkstoff- und den Struktureigenschaften abgeleitet werden. Ausgehend davon werden entsprechende phänomenologische Modelle entwickelt, um die maßgeblichen Einflüsse abzubilden. Anschließend werden diese Ergebnisse als Ausgangsbedingung bei der Simulation der Tragfähigkeit (virtueller Zugversuch) der Hybridverbindung verwendet. Insbesondere für kmU wird mithilfe der Simulation die wirtschaftliche Möglichkeit geschaffen, die Verbindung prädiktiv in Abhängigkeit des gewählten Prozesses zu bewerten. Komplexe Reibschweißaufgaben lassen sich damit bereits im Vorfeld der Versuchsdurchführung analysieren und entsprechend optimieren.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Markus Körner  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.10.2019 - 28.02.2022

### **Simulativ gestützte Charakterisierung eines momentenreduzierten Rotationsreibschweißprozesses, AiF-IGF 20.809B**

Das Reibschweißen findet aufgrund seiner prozessbedingten Vorteile wie einer hohen Prozessstabilität sowie der zuverlässigen Verbindungsqualität in vielen Industriebereichen Einsatz. Dabei besteht der Fügeprozess hinsichtlich der Prozessparametrierung seit 50 Jahren annähernd unverändert. D

Reibschweißen ist ein robustes industriell häufig angewandtes Verfahren zum Fügen rotationssymmetrischer Bauteile, z.B. Antriebswellen.

Das Reibmoment als Reaktionsgröße erreicht im Prozesseablauf sowohl beim Anreiben als auch in der Bremsphase lokale Maxima. Diese machen es nötig, dass Bauteile mittels ausreichend hoher Kräfte durch die Spannmittel vorgespannt werden. Die damit verbundene massive konstruktive und somit kostenintensive Ausführung der Spannmittel, einhergehend mit dem Verschleiß im Falle von Bauteilschlupf, reduziert die Verfahrenswirtschaftlichkeit. Darüber hinaus verringern sich die übertragbaren Vorspannkräfte auf das Bauteil mit steigender Drehzahl in Folge wirkender Zentrifugalkräfte und somit der Verfahrensanwendungsbereich. Weiterhin ist zum jetzigen Zeitpunkt die Reibschweißtechnologie für dünnwandige Rohrbauteile nicht einsetzbar, da die notwendigen Vorspannkräfte aufgrund der geringen Steifigkeit zu einem Beulen dieser führen.

Ziel des Forschungsprojektes ist es daher, die notwendigen Vorspannkräfte durch Momentenreduktion unter Beibehalt der verbindungsbildenden Qualitätskriterien zu reduzieren, wodurch sich der Technologieanwen-

dungsbereich auf dünnwandige Rohrbauteile erweitert. Als innovativen Ansatz verfolgt das Vorhaben dabei die prädiktive, simulative Prozessentwicklung. Die bestehenden Prozessparametrierungsvorschriften werden als Ergebnis des Projektes derart erweitert, dass eine direkte Umsetzung für Maschinenhersteller als auch Anwender ermöglicht wird. Es ergibt sich somit neben der Wirtschaftlichkeitssteigerung in Folge niedrigeren Spannmittelverschleißes auch die Erweiterung des Anwendungsbereiches auf das Reibschweißen dünnwandiger Rohrbauteile, woraus sich im globalen Vergleich ein Wissens- und Technologievorsprung ableitet.

---

**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:** Martin Dieckmann  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2018 - 30.04.2020

### **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 Dünnblechbereich 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:** MSc Maximilian Wohner  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2018 - 31.05.2020

### **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 prozesssichere 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 Schweiß­blin­sen­bildung 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 Halbhohlstan­z­nieten. Hierzu sollen die Randbedingungen für die einzubringende Materialausdünnung aus der fuge­tech­nischen 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:** MSc Anastasiia Zvorykina  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.05.2018 - 31.10.2020

### **Neuartige Füge­tech­nologie 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 Dün­n­blechbereich 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 Widerstandsschweißtechnik 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:** M.Sc. Iwan Schischin  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.01.2019 - 31.12.2021

### **Kompetenzzentrum eMobility - Forschungsbereich Gesamtfahrzeug: Teilprojekt : Vergleich fuge­tech­nischer Verfahren zur modularen Fertigung von E-Batterien**

Das Vorhaben Kompetenzzentrum eMobility greift die strukturbedingten Herausforderungen auf und entwickelt im Rahmen eines neu zu gründenden Kompetenzzentrums Lösungen in wichtigen Teilbereichen, welche die

Kooperation zwischen KMU und universitärer Forschung und Lehre deutlich stärken. Das Wissen kann direkt in die betroffene Zulieferindustrie überführt werden und dort dazu beitragen, den Strukturwandel erfolgreich zu managen und neue wirtschaftliche Chancen zu nutzen. Neben der primären Zielsetzung des Aufbaus und Transfers von Kern-Know-How steht vor allem die langfristige Verankerung gewonnener Erkenntnisse in beschäftigungswirksamen wirtschaftlichen Strukturen im Vordergrund.

Das IAF verantwortet innerhalb des Vorhabens das Teilprojekt Gesamtfahrzeug. Im Focus der Forschung steht der Einsatzes neuartiger Antriebssysteme unter Realbedingungen. Als strategischer Forschungsansatz, getragen durch eine der Nachhaltigkeit verpflichteten Entwicklungsanspruch, steht die Langlebigkeit und damit Instandsetzungsfähigkeit elektromobiler Gesamtsysteme, hierbei speziell der Elektrospeichersysteme. Hierbei konzentrieren sich die Arbeiten auf die Entwicklung und Erprobung einer wartungsfreundlichen Energiespeichertechnologie in Modulbauweise, neue, einfache Systemarchitekturen für Fahrzeugsteuerungen und die systemische Gestaltung von Spezialanwendungen rund um die Batteriekonfektionierung.

Im Teilprojekt "Vergleich fuge-technischer Verfahren zur modularen Fertigung von E-Batterien" getragen vom IWF und IMK steht folgendes Thema im Fokus:

Derzeitige Batteriesysteme sind gekennzeichnet von monolithischer Bauweise und einer Orientierung auf eine größtenteils stoffliche Verwertung nach begrenzten Lebensdauern. Das zu entwickelnde System soll einen modularen Aufbau besitzen und sich mit geringem Aufwand warten bzw. teilerneuieren lassen. So lässt sich im Falle eines Kapazitätsverlustes oder gar dem Ausfall einer Batteriezelle ein gezielter Austausch von Modulen erreichen. Im Rahmen dieses Teilprojektes wird ein konstruktiver, fertigungstechnischer und montageorientierter Abgleich fuge-technischer Verfahren zur Fertigung einer wartungsfreundlichen E-Antriebsbatterie in Modulbauweise für die Serienfertigung durchgeführt. Neben dem Abgleich werden des Weiteren die Entwicklung und Prüfung exemplarischer Aufbauvarianten von Batteriemodulen unter Beachtung langlebiger Einsatzszenarien und Dauerhaltbarkeit werthaltiger E-Komponenten durchgeführt. Das Ziel dieses Teilprojektes ist die Konzeption einer langlebigen und wartungsfreundlichen Fahrtrieb- batterie in Modulbauweise unter der Beachtung einer zuverlässigen elektrischen Kontaktierung der Batteriezellen sowie einer crashsicheren Gehäusestruktur und eines aktiven Kühlkonzeptes.

Für den Demonstrations- und Transfercharakter des Gesamtvorhabens werden in Zusammenarbeit mit der sachsen-anhaltinischen Industrie Anwendungsszenarien in Technologieträger operationalisiert und konsequent weiterentwickelt und optimiert.

Die Arbeiten erfolgen innerhalb der institutsübergreifenden Forschergruppe für Elektromobilität Editha.

Leitung Kompetenzzentrum eMobility Forschungsbereich Gesamtfahrzeug: Dipl.-Ing. Gerd Wagenhaus

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Olena Stamann  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.01.2019 - 31.12.2021

### **Kompetenzzentrum eMobility - Forschungsbereich Antriebsstrang: Teilprojekt Stückzahlabhängige Füge-technologien für Kupferleiter bei Leichtbau-Elektromaschinen**

Das Vorhaben Kompetenzzentrum eMobility greift strukturbedingte Herausforderungen der Elektromobilität auf und entwickelt im Rahmen eines neu zu gründenden Kompetenzzentrums Lösungen in wichtigen Teilbereichen, welche die Kooperation zwischen KMU und universitärer Forschung und Lehre deutlich stärken. Das Wissen kann direkt in die betroffene Zulieferindustrie überführt werden und dort dazu beitragen, den Strukturwandel erfolgreich zu managen und neue wirtschaftliche Chancen zu nutzen. Neben der primären Zielsetzung des Aufbaus und Transfers von Kern-Know-How steht vor allem die langfristige Verankerung gewonnener Erkenntnisse in beschäftigungswirksamen wirtschaftlichen Strukturen im Vordergrund.

Das Ziel des Teilprojektes ist die Herstellung und das Kleben von mäanderförmig vorgefertigten Phasen der Kupferleiter für Elektroantriebe mit Luftspaltwicklung, die möglichst flach unter geringen Fertigungstoleranzen auf den Eisenrückschluss appliziert werden. Abhängig von der Fertigungstechnologie der mäanderförmigen Kupferleiter und von bestehenden Betriebsanforderungen an die elektrische Maschine wie mechanische Festigkeit, Durchschlagfestigkeit, Alterungsbeständigkeit, wird ein geeignetes Befestigungsverfahren der Kupfermäander

auf dem Stator des Elektromotors konzipiert. Dabei liegen elektrische Leiter im Vergleich zum konventionellen Motorenbau nicht als einzelne Kupferdrähte, sondern als konfektionierbare Phasen-Leiter mit maßgeschneidertem Querschnitt vor. Von besonderer Bedeutung ist die Gestaltung einer isolierenden, temperaturbeständigen und wärmeleitenden Klebeverbindung mit hoch produktiven Klebstoffsystemen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Benjamin Schlosser  
**Kooperationen:** Mansfeld Anlagenbau und Umwelttechnik AG  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.05.2019 - 30.04.2021

### **System zum mechanisierten Metall-Schutzgas-Schweißen mit adaptiver Einbrand-Regelungs- und Überwachungs-Technologie (S-MAUT 4.0)**

Beim Lichtbogenschweißen von Blechstärken = 10 mm mittels MAG- oder UP-Verfahren sind nach dem Stand der Technik umfangreiche technologische Vorkehrungen zu treffen, um gerade bei großen Nahtlängen ein gleichmäßiges Durchschweißen der Wurzellage sicherzustellen. Das Ziel ist hierfür der Einsatz eines MSG-Hochleistungsprozesses in automatisierter Ausführung mit hoher Wirtschaftlichkeit. Dabei kommt es aber häufig zu Schweißfehlern, die durch aufwendige Nacharbeit beseitigt werden müssen. Daher werden derzeit viele Anwendungen noch manuell geschweißt, wobei der Schweißer den Prozess entsprechend regeln kann. Der Einsatz mechanisierter Verfahren zum Schweißen der Wurzellage ist nur durch den Einsatz aufwendiger Schmelzbadicherungen auf der Unterseite der Nähte möglich, die jedoch immer zu Lasten der Fertigungskosten gehen.

Die automatisierte wirtschaftliche Herstellung von schweren Stahlbaukomponenten erfordert eine wirksame Regelung der Schweißleistung zur Absicherung von homogener Einschweißtiefe und Nahtgeometrie. Eine besondere Herausforderung ist das Schweißen der Wurzellage. Das Spaltmaß zwischen den Bauteilhälften kann aufgrund der Toleranzen beim Materialzuschnitt nur begrenzt konstant gehalten werden. Zusätzlich kommt es durch den schweißbedingten Wärmeeintrag zu einem Verzug während des Schweißens. Daher muss die Lichtbogenleistung und damit die Streckenenergie in situ lokal und transient an die herstellungsbedingten geometrischen Toleranzen angepasst werden.

Das wissenschaftliche Ziel besteht in der Entwicklung eines sensorbasierten Regelsystems zur Realisierung eines automatisierten MSG-Hochleistungs-Schweißprozesses. Die Sensoren zur Geometrie- und Temperaturerkennung sind zwar einzeln in der Schweißtechnik im Einsatz, jedoch existieren keine kombinierten Regelsysteme. Die Herausforderung besteht im zeitlichen und örtlichen Abgleich und der Kombination der Sensorsignale zu einer auswertbaren Größe und einem daraus abgeleiteten Regelprozess.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger, Prof. Dr. Michael Scheffler, Dr. Iurii Bogomol  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2020 - 31.03.2023

### **Kriechverhalten von gerichtet erstarrten Mo-Werkstoffen mit und ohne Beschichtung**

Mo-Hf-B und Mo-Zr-B als neuartige Refraktärmetall-Legierungen sind potenzielle Kandidaten für Turbinenanwendungen. Aufgrund der hohen Schmelzpunkte der Konstituenten wird hohe Kriechfestigkeit bis zu Temperaturen um 1.400 °C erwartet; derartig hohe Einsatztemperaturen könnten zu höherer Turbineneffizienz und niedrigerem Primärenergieeinsatz führen.

Vorteil der Herstellung über gerichtete Erstarrung mittels Zonenschmelzen ist eine niedrige Konzentration an Sauerstoffverunreinigungen (<50 ppm), was für die Vermeidung von Versprödung bei geringeren Temperaturen essenziell ist. Über Zonenschmelzen hergestellte Mo-Hf-B- und Mo-Zr-B-Legierungen sind faser- oder lamellenverstärkt mit homogener Mikrostruktur.

Ziel der Arbeiten ist es, einen Beitrag zur Qualifizierung dieser Legierungen als Hochtemperaturwerkstoffe zu leisten und das Hochtemperatur-Kriechverhalten unter Zugspannung und unter einsatznahen Bedingungen zu untersuchen; Kriechdaten unter Druckspannung, in inerter Atmosphäre liegen in der Literatur bereits vor. Dazu werden die experimentell orientierten Arbeiten in drei Bereiche unterteilt: i) Am Kiewer Polytechnischen Institut, KPI, werden Legierungen über ein dort entwickeltes Zonenschmelzverfahren gerichtet erstarrt hergestellt und dort sowie an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, OVGU, hinsichtlich Phasenzusammensetzung und

Mikrostruktur charakterisiert. ii) An der OVGU werden Kriechversuche sowohl unter Inertgas als auch unter einsatznahen Bedingungen in Laboratmosphäre durchgeführt. Für die Charakterisierung unter einsatznahen Bedingungen ist der Schutz dieser Legierungen vor Oxidation notwendig; Molybdän oxidiert, das Trioxid verdampft und führt zur schnellen Werkstoffdegradation. Deshalb wird iii) eine Beschichtungsstrategie auf Basis eines partikelgefüllten präkeramischen Polymers entwickelt, um die Legierungen auch unter einsatznahen (oxidierenden) Bedingungen im Zug-Kriechversuch untersuchen zu können. Aus den Ergebnissen wird a) ein Model zum Kriechverhalten dieser neuartigen Werkstoffe und b) ein Modell zur Beschichtung für molybdänhaltige Refraktärmetall-Legierungen entwickelt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger, Prof. Dr. Michael Scheffler, Dr. Iurii Bogomol  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) // Land Sachsen-Anhalt - 01.04.2020 - 31.03.2023

### **Kriechverhalten von gerichtet erstarrten Mo-Werkstoffen mit und ohne Beschichtung**

Mo-Hf-B und Mo-Zr-B als neuartige Refraktärmetall-Legierungen sind potenzielle Kandidaten für Turbinenanwendungen. Aufgrund der hohen Schmelzpunkte der Konstituenten wird hohe Kriechfestigkeit bis zu Temperaturen um 1.400 °C erwartet; derartig hohe Einsatztemperaturen könnten zu höherer Turbineneffizienz und niedrigerem Primärenergieeinsatz führen.

Vorteil der Herstellung über gerichtete Erstarrung mittels Zonenschmelzen ist eine niedrige Konzentration an Sauerstoffverunreinigungen (<50 ppm), was für die Vermeidung von Versprödung bei geringeren Temperaturen essenziell ist. Über Zonenschmelzen hergestellte Mo-Hf-B- und Mo-Zr-B-Legierungen sind faser- oder lamellenverstärkt mit homogener Mikrostruktur.

Ziel der Arbeiten ist es, einen Beitrag zur Qualifizierung dieser Legierungen als Hochtemperaturwerkstoffe zu leisten und das Hochtemperatur-Kriechverhalten unter Zugspannung und unter einsatznahen Bedingungen zu untersuchen; Kriechdaten unter Druckspannung, in inerter Atmosphäre liegen in der Literatur bereits vor. Dazu werden die experimentell orientierten Arbeiten in drei Bereiche unterteilt: i) Am Kiewer Polytechnischen Institut, KPI, werden Legierungen über ein dort entwickeltes Zonenschmelzverfahren gerichtet erstarrt hergestellt und dort sowie an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, OVGU, hinsichtlich Phasenzusammensetzung und Mikrostruktur charakterisiert. ii) An der OVGU werden Kriechversuche sowohl unter Inertgas als auch unter einsatznahen Bedingungen in Laboratmosphäre durchgeführt. Für die Charakterisierung unter einsatznahen Bedingungen ist der Schutz dieser Legierungen vor Oxidation notwendig; Molybdän oxidiert, das Trioxid verdampft und führt zur schnellen Werkstoffdegradation. Deshalb wird iii) eine Beschichtungsstrategie auf Basis eines partikelgefüllten präkeramischen Polymers entwickelt, um die Legierungen auch unter einsatznahen (oxidierenden) Bedingungen im Zug-Kriechversuch untersuchen zu können. Aus den Ergebnissen wird a) ein Model zum Kriechverhalten dieser neuartigen Werkstoffe und b) ein Modell zur Beschichtung für molybdänhaltige Refraktärmetall-Legierungen entwickelt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Kooperationen:** National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute  
**Förderer:** Bund - 01.10.2020 - 30.09.2022

### **OPOS: Optimierte pulvermetallurgische Lösungen für metallische Hochtemperaturwerkstoffe**

Das Ziel des Vorhabens **OPOS** liegt im Ausbau der bestehenden Kooperationen zwischen der Arbeitsgruppe von Prof. Krüger der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg und der Arbeitsgruppe von Priv.-Doz. Bogomol der Nationalen Technischen Universität der Ukraine "Igor Sikorsky KPI (Ukraine). Zusätzlich soll eine neue Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Smyrnov aus derselben ukrainischen Universität initiiert werden. Die geplanten Maßnahmen sollen die Kooperationspartner in die Lage versetzen, auf der Basis gemeinsamer Forschungs- und Innovationstätigkeit ein multilaterales Konsortium zu bilden.

Das Ziel der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit ist die Herstellung einer neuartigen Mo-Basis-Legierung für den Hochtemperaturbereich von Gasturbinen mit einem optimierten pulvermetallurgischen Herstellungsverfahren. Das angestrebte Eigenschaftsprofil von Mo-Basis-Legierungen wird dadurch erreicht,

dass die entwickelte Legierung eine feinkörnige Mikrostruktur mit einer plastisch verformbaren Matrixphase und hochfesten intermetallischen Einschlüssen aufweist.

---

**Projektleitung:** Dr. Georg Hasemann, Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Kooperationen:** University of Wisconsin-Madison, Prof. John Perepezko  
**Förderer:** Sonstige - 01.01.2020 - 30.06.2021

### **Oxidationsschutz für Vanadium und Vanadiumlegierungen durch Pulverpack-Beschichtung**

Vanadiumlegierungen haben aufgrund ihrer exzellenten mechanischen Eigenschaften das Potential, als zukünftige Strukturwerkstoffe eingesetzt zu werden. Bei erhöhten Temperaturen oxidieren Vanadiumwerkstoffe allerdings stark, wodurch deren Einsatzbereich aktuell auf typische Umgebungstemperaturen beschränkt ist.

In dem DFG-finanzierten Kooperationsprojekt "Oxidationsschutzschichten für Vanadiumwerkstoffe" (Projektnummer 39807701, Laufzeit bis 02/2019) wurden passende Oxidationsschutzschichten entwickelt. Diese wurden im Labor von Prof. J. Perepezko (University of Wisconsin-Madison, USA) mittels des speziellen Pulverpack-Verfahrens appliziert. Am IWF werden diese Schicht-Substrat-Verbunde eingehend mit verschiedenen mikroskopischen Methoden untersucht und deren Schutzwirkung überprüft.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** Janett Schmelzer  
**Kooperationen:** Fraunhofer-Institut für Lasertechnik, Aachen  
**Förderer:** Haushalt - 01.07.2020 - 30.06.2021

### **Additiv gefertigte partikelverstärkte Vanadiumlegierungen**

Mehrphasige Vanadiumlegierungen stehen wegen ihrer hervorragenden mechanischen Eigenschaften im Fokus der aktuellen Forschung an neuen Hochtemperaturwerkstoffen. Durch die Kombination der duktilen Vanadium-Mischkristallphase mit hochfesten intermetallischen oder intermediären Phasen wird ein Werkstoff mit optimierten Eigenschaften entwickelt.

Im Projekt Lextra (<https://forschung-sachsen-anhalt.de/project/lextra-laserbasierte-additive-fertigung-20506>) wurden erstmals verschiedene Vanadiumwerkstoffe mittels des additiven Fertigungsverfahrens DED (Direct Energy Deposition) zu kompakten Probekörpern verarbeitet.

Mittels DED wurden am ILT Aachen Oxidpartikel in mehrphasige Vanadiumwerkstoffe eingebracht, um die mechanischen Eigenschaften zu optimieren. Die Forschungsaufgabe besteht darin, an der OVGU die neuen Werkstoffe bezüglich der homogenen Verteilung der Partikel im Gefüge zu untersuchen und deren Wirkungsweise zu beschreiben. Die festigkeitssteigernde Wirkung der eingebrachten Partikel wird im Vergleich zu einem partikelfreien Referenzwerkstoff quantitativ ausgewertet.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler, Dr.-Ing. Iryna Smokovych, Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2016 - 30.11.2020

### **Polymerabgeleitete keramische Schutzschichten**

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines Beschichtungssystems zum Aufbau komplexer Funktionen für den effektiven Bauteilschutz von Mo-Si-B-Legierungen; dieses System besteht aus einem sauerstofffreien präkeramischen Polymer vom Polysilazantyp, das sich an Luft verarbeiten und mit keramischen und/oder metallischen Partikeln füllen lässt. Die Füllstoffe haben drei Funktionen: die Erhöhung der Schichtdicke im Vergleich zum ungefüllten Beschichtungssystem; die Reduzierung der durch den Übergang vom Polymer

zur Keramik bedingten Schwindung des Schichtwerkstoffs und die Bildung neuer Phasen durch Reaktion zwischen präkeramischem Polymer, Füllstoff und Komponente(n) und der Serviceatmosphäre, die eine mögliche Volumenänderung durch abrasive/oxidative Prozesse an der (beschichteten) Bauteiloberfläche kompensieren sollen (Volumenausdehnung der Füllstoffe bei Aufnahme von Sauerstoff). Phasenanalyse, -zusammensetzung und -zustand werden mittels Röntgendiffraktometrie erfasst (XRD; bei Vorliegen nennenswerter Anteile kristalliner Phasen werden Rietveld-Analysen durchgeführt).

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger, Prof. Dr. Michael Scheffler  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Iryna Smokovych  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.12.2018 - 01.12.2020

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

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines Beschichtungssystems zum Aufbau komplexer Funktionen für den effektiven Bauteilschutz von Mo-Si-B-Legierungen; dieses System besteht aus einem sauerstofffreien präkeramischem Polymer vom Polysilazantyp, das sich an Luft verarbeiten und mit keramischen und/oder metallischen Partikeln füllen lässt. Die Füllstoffe haben drei Funktionen: die Erhöhung der Schichtdicke im Vergleich zum ungefüllten Beschichtungssystem; die Reduzierung der durch den Übergang vom Polymer zur Keramik bedingten Schwindung des Schichtwerkstoffs und die Bildung neuer Phasen durch Reaktion zwischen präkeramischem Polymer, Füllstoff und Komponente(n) und der Serviceatmosphäre, die eine mögliche Volumenänderung durch abrasive/oxidative Prozesse an der (beschichteten) Bauteiloberfläche kompensieren sollen (Volumenausdehnung der Füllstoffe bei Aufnahme von Sauerstoff). Phasenanalyse, -zusammensetzung und -zustand werden mittels Röntgendiffraktometrie erfasst (XRD; bei Vorliegen nennenswerter Anteile kristalliner Phasen werden Rietveld-Analysen durchgeführt).

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** Dr. rer. nat. Rachid Stefan Touzani  
**Kooperationen:** National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; Prof. Dr. rer. nat. Michael Scheffler, OVGU  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.03.2020 - 28.02.2023

### **HTMA-DS Mo: Kriechverhalten von gerichtet erstarrten mehrphasigen Mo-Legierungen mit und ohne Beschichtung**

Mo-Hf-B und Mo-Zr-B als neuartige Refraktärmetall-Legierungen sind potenzielle Kandidaten für Turbinenanwendungen. Aufgrund der hohen Schmelzpunkte der Konstituenten wird hohe Kriechfestigkeit bis zu Temperaturen um 1.400 °C erwartet; derartig hohe Einsatztemperaturen könnten zu höherer Turbineneffizienz und niedrigerem Primärenergieeinsatz führen. Vorteil der Herstellung über gerichtete Erstarrung mittels Zonenschmelzen ist eine niedrige Konzentration an Sauerstoffverunreinigungen (<50 ppm), was für die Vermeidung von Versprödung bei geringeren Temperaturen essenziell ist. Über Zonenschmelzen hergestellte Mo-Hf-B- und Mo-Zr-B-Legierungen weisen anisotrope Gefüge auf.

Ziel der Arbeiten ist es, einen Beitrag zur Qualifizierung dieser Legierungen als Hochtemperaturwerkstoffe zu leisten und das Hochtemperatur-Kriechverhalten unter Zugspannung und unter einsatznahen Bedingungen zu untersuchen; Kriechdaten unter Druckspannung, in inerter Atmosphäre liegen in der Literatur bereits vor. Dazu werden die experimentell orientierten Arbeiten in drei Bereiche unterteilt: i) Am Kiewer Polytechnischen Institut, KPI, werden Legierungen über ein dort entwickeltes Zonenschmelzverfahren gerichtet erstarrt hergestellt und dort sowie an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, OVGU, hinsichtlich Phasenzusammensetzung und Mikrostruktur charakterisiert. ii) An der OVGU werden Kriechversuche sowohl unter Inertgas als auch unter einsatznahen Bedingungen in Laboratmosphäre durchgeführt. Für die Charakterisierung unter einsatznahen Bedingungen ist der Schutz dieser Legierungen vor Oxidation notwendig; Molybdän oxidiert, das Trioxid verdampft und führt zur schnellen Werkstoffdegradation. Deshalb wird iii) eine Beschichtungsstrategie auf Basis eines partikelgefüllten präkeramischem Polymers entwickelt, um die Legierungen auch unter einsatznahen (oxidierenden) Bedingungen im Zug-Kriechversuch untersuchen zu können. Aus den Ergebnissen wird a) ein Modell zum Kriechverhalten dieser neuartigen Werkstoffe und b) ein Modell zur Beschichtung für molybdänhaltige

Refraktärmetall-Legierungen entwickelt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Maximilian Regenber  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.01.2020 - 31.12.2022

### **Refraktärmetallbasierte Hochentropielegierungen mit beachtenswerten mechanischen Eigenschaften**

Die sogenannten High Entropy Alloys (HEAs; dt. Hochentropielegierungen) oder auch Compositionally Complex Alloys (CCAs) stellen eine neue attraktive Werkstoffklasse dar, welche vielversprechende mechanische, physikalische und chemische Eigenschaften aufweisen. Sie bestehen im Gegensatz zu den konventionellen Legierungen auf der Basis eines bestimmten Metalls aus mindestens 5 verschiedenen Elementen in etwa gleichen atomaren Anteilen. Solche Legierungen haben beachtenswerte Eigenschaftenprofile, die sich deutlich von denen der jeweiligen Ausgangskomponenten unterscheiden. Als besonders interessant erscheinen refraktärmetallbasierte HEAs, sie bestehen typischerweise aus Komponenten mit Schmelztemperaturen jenseits von 2000°C. Diese refraktärmetallbasierten HEAs sind neue vielversprechende Werkstoffkandidaten für Hochtemperatur-Strukturwerkstoffe in verschiedenen Bereichen der Energietechnik, z.B. als Gasturbinenschaufel oder Solarreceiver. Darüber hinaus sind aber auch potentielle Anwendungen in der Medizintechnik aufgrund ihrer guten Biokompatibilität denkbar.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** Dr. rer. nat. Rachid Stefan Touzani  
**Förderer:** Sonstige - 01.10.2019 - 31.03.2022

### **Dichtefunktionaltheoretische Rechnungen an metallischen und intermetallischen Verbindungen**

Viele Fragestellungen im Bereich der metallischen und intermetallischen Verbindungen können mit Hilfe der Dichtefunktionaltheorie (DFT) untersucht werden. Neben der Vorhersage der Kristallstruktur, können auch Lagepräferenzen innerhalb intermetallischer Verbindungen wie Boride und Silizide u.a. mit chemischer Bindungsanalyse untersucht und erklärt werden. Die Untersuchung der elektronischen und phononischen Eigenschaften spielt ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Beurteilung der Stabilität einer metallischen und intermetallischen Verbindung. Ein weiteres Forschungsgebiet ist das Erstellen von qualitativen Existenzbereichen von Matrix-, Nebenphasen und Ausscheidungen in Abhängigkeit der Temperatur und/oder des Drucks mit Hilfe von voraussetzungsfreien thermodynamischen Rechnungen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Vorhersage der mechanischen Eigenschaften wie der elastischen Moduln und Härte. Dichtefunktionaltheorie ist die Methode der Wahl für metallische und intermetallische Verbindungen, auf Grund ihrer hohen Genauigkeit und Geschwindigkeit in Bezug auf ihre Ergebnisse.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Olha Kauss  
**Kooperationen:** apl. Prof. K. Naumenko, IFME, OVGU  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.07.2016 - 30.06.2020

### **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:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** Janett Schmelzer  
**Kooperationen:** NANOVAL GmbH & Co. KG, Berlin; Institut für Korrosions- und Schadensanalyse, Magdeburg; Fraunhofer-Institut für Lasertechnik, Aachen; Dr. Kochanek Entwicklungsgesellschaft, Neustadt a.d. Weinstraße; Siemens AG, Berlin; citim Oerlikon  
**Förderer:** Bund - 01.02.2017 - 30.06.2020

### **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 feinkörniger Mikrostrukturen oder auch chemisch gradiertes 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:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** Janett Schmelzer, Dr. rer. nat. Caren Gatzert  
**Kooperationen:** Prof. Dr. rer. nat. Michael Scheffler, OVGU; Forschungszentrum Jülich GmbH  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2016 - 31.05.2021

### **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).

Am Lehrstuhl von 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:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Christopher Müller  
**Kooperationen:** Forschungszentrum Jülich GmbH; MEMoRIAL-M2.4 — In-situ SEM methods to improve implant materials, Karsten Harnisch; MEMoRIAL-M2.2 — Characterisation and simulation-based development of Engineering Materials, Rostyslav Nizinkovskyi  
**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:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Rostyslav Nizinkovskyi  
**Kooperationen:** Forschungszentrum Jülich GmbH; National Technical University of Ukraine/"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; MEMoRIAL-M2.1 — Optimisation of novel vanadium-based high temperature materials, Christopher Müller  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.08.2018 - 30.04.2022

### **MEMoRIAL-M2.2 — Characterisation and simulation-based development of Engineering Materials**

The sub-project is related to **Engineering Materials** to be used in a **wide temperature range** and under **complex mechanical loading**. The project will focus on the microstructure/properties relationship of **single and multi-phase metallic materials**. Theoretical considerations of microstructure evolution or phase stability/transition will be done by Phase-Field Simulation and/or DFT, MD, or other nanoscale-related numerical methods. **Mechanical properties** will be determined from (micro and nano) indentation, bending, compression as well as creep tests.

A simulation-supported approach shall be used to develop further these materials.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Olha Kauss, Dr.-Ing. Volodymyr Bolbut  
**Kooperationen:** National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute  
**Förderer:** Haushalt - 01.01.2017 - 31.12.2020

### **Neue Hochtemperaturwerkstoffe und deren Eigenschaften - eine Kooperation mit der Nationalen Technischen Universität der Ukraine in Kiew**

Im Rahmen der Kooperation mit der Arbeitsgruppe "High Temperature Materials and Powder Metallurgy" der Nationalen Technischen Universität der Ukraine "KPI in Kiew werden komplex aufgebaute, hochschmelzende Werkstoffe entwickelt. Diese werden entweder über pulvermetallurgische Prozesse oder über einen tiegelfreien Zonenschmelzprozess hergestellt. Die neuen Werkstoffe werden an der OVGU hinsichtlich ihrer mikrostrukturellen Besonderheiten untersucht und bei hohen Temperaturen geprüft.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Kooperationen:** Forschungszentrum Jülich GmbH; Universität Siegen, Frau Dr.Ing. habil. Bronislava Gorr; OVGU, Dr.-Ing. Georg Hasemann  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2019 - 31.03.2022

### **Entwicklung und Charakterisierung von eutektischen V-Si-B-Legierungen mit verbesserten spezifischen mechanischen Eigenschaften für Hochtemperaturanwendungen**

Nickelbasis-Superlegierungen sind aktuell die Materialklasse der Wahl für Hochtemperaturanwendungen im Turbinenbau. Vanadium-Silizid-Werkstoffe stellen eine potentielle Alternative dar, insbesondere aufgrund ihrer hervorragenden spezifischen mechanischen Eigenschaften. So bestehen beispielsweise V-Si-B-Legierungen aus dem vanadium-reichen Bereich des Dreistoffsystems aus einem duktilen Vanadium-Mischkristall (V-Mk) und den beiden intermetallischen Phasen  $V_3Si$  und  $V_5SiB_2$ . Dieses bislang nur wenig erforschte Legierungssystem birgt jedoch in Hinblick auf die Mikrostruktur einige erstaunliche Gemeinsamkeiten zum gut untersuchten Nachbarsystem Mo-Si-B. So konnten in ersten Vorversuchen an V-Si-B-Legierungen deutlich bessere spezifische Druckfestigkeiten im Temperaturbereich von 600 °C bis 900 °C gegenüber Ni-Basislegierungen erzielt werden. Jedoch ist der Mechanismus der Phasentstehung sowie die Korrelation der Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen noch vollkommen unerforscht. Das primäre Ziel dieses Vorhabens ist die Entwicklung neuartiger V-Si-B-Legierungen für Hochtemperaturanwendungen. Hierbei wird die Entwicklung ternär-eutektischer Legierungen angestrebt. In einer Reihe von V-reichen binären und ternären Versuchslegierungen wird die Phasenbildung und -stabilität von der Schmelze bis zum homogenisierten Gefüge erforscht.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Julia Becker  
**Förderer:** Haushalt - 01.10.2019 - 30.09.2022

### **Neue Legierungsstrategien für Mo-basierte Hochtemperaturwerkstoffe**

Hinsichtlich der Schonung von Ressourcen und der Verringerung von Umweltbelastungen ist die Steigerung des Wirkungsgrades von Turbinen im Kraftwerks- und Triebwerksbereich ein an Bedeutung zunehmender Forschungsschwerpunkt. Insbesondere ternäre Mo-Si-B Legierungen, deren Gefüge möglichst aus einer kontinuierlichen Mo-Mischkristallmatrix mit homogen verteilten intermetallischen Phasen bestehen, bieten eine ausgewogene Kombination der Hoch- und Raumtemperatureigenschaften. Jedoch stellt die verhältnismäßig hohe Dichte ( $>9 \text{ g/cm}^3$ ) dieser Legierungsklasse einen entscheidenden Nachteil bei der potentiellen Anwendung als Turbinenschaufel dar.

Ziel soll es sein, die Dichte dieser ternären Legierungen mit Hilfe von geeigneten Legierungsstrategien auf Werte unter  $8 \text{ g/cm}^3$  zu reduzieren, um die Konkurrenzfähigkeit dieser Werkstoffe zu erhöhen. Die Herausforderung besteht insbesondere darin, dass die wichtigen mechanischen Eigenschaften, wie die Risszähigkeit bei vergleichsweise tiefen Temperaturen und die Kriechbeständigkeit bei Temperaturen oberhalb von 1000°C nicht wesentlich beeinträchtigt werden.

---

**Projektleitung:** Dr. Georg Hasemann, Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger  
**Kooperationen:** Tohoku University  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2019 - 31.03.2022

### **Ermittlung von Phasengleichgewichten von V-Si-B-Cr-Legierungen bei hohen Temperaturen**

In Kooperation mit Prof. K. Yoshimi von der Tohoku University in Sendai, Japan, werden vanadiumbasierte Hochtemperaturwerkstoffe hergestellt und untersucht. Die Auswahl der Werkstoffe erfolgt auf Basis thermodynamischer Phasengleichgewichte. Die Herstellung erfolgt über ein schmelzmetallurgisches Verfahren mit anschließender Wärmebehandlung. Im Rahmen von gegenseitigen Besuchen werden Ergebnisse diskutiert und die Legierungsentwicklung weiter optimiert.

**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 Plasmaschweißen, 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, Dr. Ulf Betke  
**Förderer:** Haushalt - 01.01.2019 - 31.12.2021

### **Sinterverhalten keramischer Replika-Schäume**

Zellulare Keramiken haben in der metallverarbeitenden Industrie eine große Bedeutung als Filtermedium für Metallschmelzen in Gießereiprozessen. Stand der Technik für die Herstellung dieser keramischen Schäume ist das Schwartzwalder- oder auch Replika-Verfahren. Grundlage ist die Aufbringung einer keramischen Dispersion auf ein Polymerschäumtemplat, gefolgt vom Ausbrennen des Templats und dem Sintern des Grünkörpers. Die resultierenden keramischen Schäume sind charakterisiert durch Hohlräume im Stegmaterial, die aus dem Ausbrand der Templatstruktur herrühren sowie Längsrisse in den Stegen resultierend aus der unvollständigen Beschichtung des Templats. Diese Hohlräume und Risse bieten einerseits das Potential zur Funktionalisierung der zellularen Keramik, beispielsweise durch Beladung mit aktiven Spezies, limitieren andererseits aber auch die mechanische Stabilität der Struktur.

Für die Entstehung der Risse im Stegmaterial existieren vereinzelte, qualitative Beschreibungen in der Literatur, die Faktoren wie die Benetzung des Polymertemplats sowie die thermische Ausdehnung und Gasentwicklung während des Templatausbrandes berücksichtigen. Eine systematische Untersuchung der Effekte, die auch die Schwindung des Stegmaterials beinhaltet, fehlt jedoch.

Das Ziel des Vorhabens ist die Untersuchung der Hohlstegstruktur - einerseits in vereinfachten Modellsystemen, andererseits in zellularen Strukturen - als Funktion der Sintertemperatur. Als Modellsystem finden Polymerstäbchen mit unterschiedlichem Querschnittsprofil Verwendung, welche sich über die Tauchbeschichtung sehr definiert mit keramischer Dispersion beschichten lassen. Modellwerkstoffe sind gängige Ingenieurskeramiken wie Alumina oder Zirconia. Die Untersuchung der Proben - Modellstege wie auch zelluläre Keramiken - erfolgt in erster Linie über die Mikro-Computertomographie. Diese Methode erlaubt die präzise Analyse von Materialstärke und Hohlräumen in den untersuchten Strukturen. Abschließendes Ziel des Vorhabens ist ein Modell, mit dessen Hilfe sich das Hohlstegvolumen einerseits, und die Häufigkeit und Dimension der Längsrisse im Stegmaterial andererseits, als Funktion der Sintertemperatur für ein keramisches Material bekannter Schwindung vorhersagen lässt. Dies erlaubt die Prozessoptimierung für die Herstellung von Replika-Schäumen - sowohl im Hinblick auf eine Festigkeitsverbesserung (Vermeidung von Rissen), als auch im Hinblick auf eine Hohlstegfunktionalisierung (Kontrolle der Hohlstegzugänglichkeit).

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler, Dr. Ulf Betke  
**Förderer:** Haushalt - 01.01.2019 - 31.12.2021

### Zellulare Keramiken aus Materialien mit adamantanoide Kristallstruktur

Adamantanartige Verbindungen beinhalten Materialien, deren Kristallstruktur sich vom Adamantgrundkörper, bzw. der Struktur von Diamant ableiten lässt. Beispiele sind Keramiken wie SiC, AlN aber auch ZnO, die alle in der Wurtz-Struktur, dem Diamantgitter für binäre Verbindungen, kristallisieren. Der Grundaufbau beinhaltet eine tetraedrische Umgebung, sowohl für Kationen, als auch Anionen. Aufgrund des einfachen Aufbaus weisen die adamantanartigen Verbindungen eine gute Phononenleitfähigkeit und daraus hervorgehend eine gute Wärmeleitfähigkeit auf. Aufgrund der großen kovalenten Bindungsanteile sind für das Sintern dieser Verbindungen üblicherweise hohe Temperaturen und/oder Sinterhilfsstoffe notwendig. Zellulare Keramiken wurden ausgehend von diesen Materialien - mit Ausnahme von SiC - bisher kaum hergestellt.

Ziel des Vorhabens ist die Herstellung und Charakterisierung von zellularen Keramiken - in erster Linie aus den adamantanartigen Verbindungen AlN und ZnO. Dies beinhaltet die Entwicklung geeigneter Dispersionen für die Anwendung des Schwartzwalder-Verfahrens sowie die Auswahl geeigneter Sinteradditive und Sinterbedingungen. Die erhaltenen Schäume sollen dann in Hinblick auf ihre Mikrostruktur und Eigenschaften (Wärmeleitfähigkeit, mechanische Eigenschaften) charakterisiert werden.

Aufgrund der komplexen Zusammensetzung des keramischen Rohmaterials (Grundwerkstoff + Sinterhilfen) tritt häufig die Bildung diverser Sekundärphasen, beispielsweise Y-Al-O-Verbindungen im System AlN-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, auf. Diese Sekundärphasen beeinflussen die Eigenschaften des Grundmaterials maßgeblich. Die Phasenentwicklung im System AlN-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ist gut untersucht, während für das System ZnO-Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> häufig Phasen unbekannter Struktur auftreten. Daher bildet die Untersuchung der Phasenzusammensetzung im keramischen Stegmaterial der hergestellten Schäume mittels der Methode der Pulverdiffraktometrie einen Schwerpunkt aus. Dies beinhaltet auch die strukturelle Charakterisierung unbekannter Phasen - sofern rein darstellbar - anhand erhaltener Daten aus der Pulverröntgenbeugung.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler  
**Projektbearbeitung:** M.Phys. Alina Sutygina  
**Kooperationen:** MEMoRIAL-M2.5 — Preparation and characterisation of ceramic foams, Kathleen Dammler  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.01.2018 - 31.12.2021

### Preparation and characterisation of cellular metals (MEMoRIAL-M2.6)

Due to their outstanding properties **metallic cellular structures** have increasingly come into focus of research and development. A great number of potential applications has yet been addressed, not least including the utilisation for the purpose of **structural support** as well as applications in the fields of **light-weight construction** or **biomedicine**.

However, the **specific surface area** of those structures is commonly too small. Moreover, cellular structures may cause **mechanical instabilities** of materials if critical heights or diameters are exceeded. To bridge this gap, novel manufacturing strategies have to be developed and transferred to common materials.

**The objective of this sub-project** is to develop a novel processing route in order to produce **mechanically stable, high-surface area cellular metals**. The development of **"process-microstructure-properties" relations** is essential for the understanding of the material's behaviour.

**Solid state microstructure and mechanical characterisation, non-destructive and application-related testing**, as well as collaborations with our partners of the **materials simulation** group make up integral parts of this sub-project.

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Volodymyr Taran, Prof. Dr. Michael Scheffler  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2018 - 30.04.2021

### **Entwicklung einer neuen Brennkammer für emissionsarme Hochtemperatur-Pelletverbrennungsanlagen aus einem neuen keramischen SiC-basierten Verbundwerkstoff sowie einer neuen Technologie zur Fertigung dieses Verbundwerkstoffes**

Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe zur Erzeugung von Energie und Wärme gewinnt auch durch die zwingend notwendige Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zunehmend an Bedeutung. Insbesondere der Bereich der Energie-gewinnung aus Biomasse u.a. durch die Pelletverbrennung verzeichnet große Wachstumsraten. Die gegenwärtige breite Anwendung der Biomasse zur Energieerzeugung durch Niedrigtemperaturverbrennung beinhaltet wesentliche Nachteile wie die Entstehung von CO, Dioxine und toxische Bestandteilen. Fehlende Möglichkeiten einer gesteuerten Verbrennung bei hohen Temperaturen verhindern bisher energieeffiziente Anlagen.

Projektziel ist die Entwicklung einer neuen Brennkammer für emissionsarme Hochtemperatur-Pelletverbrennungsanlagen aus einem neuen keramischen SiC-basierten Verbundwerkstoff sowie einer neuen Technologie zur Fertigung dieses Verbundwerkstoffes. Bei einer dynamisch gesteuerten Hochtemperaturverbrennung oberhalb von 1.350 °C in neu entwickelten Brennkammern ist damit eine schadstoffarme Verbrennung mit hohem Wirkungsgrad möglich. Der Materialpreis für SiC-basierte Erzeugnisse soll um 50 % sinken, die Wärmeleitfähigkeit der Brennkammern um mind. 300 % erhöht werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Michael Scheffler  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Karsten Harnisch, M.Sc. Kathleen Dammler  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Dirk Enke, Universität Leipzig; MEMoRIAL-M2.3 — Evaluation of force contributions to the damage evolution and failure analysis of metallic arthroplasty components, Maria Crackau; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)/Institute of Glass and Ceramics/Department of Materials Science and Engineering, Dr.-Ing. Tobias Fey  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.02.2017 - 30.04.2021

### **Funktionskeramiken mit erhöhter spezifischer Oberfläche (MEMoRIAL-M2.5)**

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 vormalig 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 Sintertemperatur und -dauer beeinflusst wird. Abbildung 1. zeigt beispielhaft die Mikrostruktur eines aus hoch porösem Aluminiumoxid hergestellten Keramikschaums.

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Michael Rhode  
**Projektbearbeitung:** Prof. Dr. Christiane Stephan-Scherb  
**Kooperationen:** Ruhr-Universität Bochum, Jun.-Prof. Dr. Guillaume Laplanche  
**Förderer:** Bund - 01.10.2019 - 30.09.2022

### **SURDIA - Oberflächendegradation innovativer Legierungen**

Die neuartige und schnelle Entwicklung von "Compositionally Complex Alloys" (CCA's) bietet Materialien mit hervorragenden strukturellen Eigenschaften, die sie zu Kandidaten für zukünftige Anwendungen bei niedrigen, mittleren und hohen Temperaturen machen. Die Komplexität dieser Legierungen und die atomaren Wechselwirkungen in dieser Legierungsklasse sind kaum verstanden worden, was zu Unsicherheiten in ihrem Verhalten unter verschiedenen Faktoren führt. Das Oxidationsverhalten und die Metallbearbeitungsprozesse haben jedoch einen starken Einfluss auf die Lebensdauer und die Sicherheit von Komponenten in strukturellen und Hochtemperatur-anwendungen. Diese Anwendungen gehen meist mit dem Vorhandensein rauer Umgebungsbedingungen einher, die die Werkstoffoberflächen durch Korrosion degradieren. Bisher sind fast keine Studien über die Oberflächendegradation durch füge- oder trenntechnische Verarbeitung oder Korrosion über CCA's bekannt. Das Projekt kombiniert daher durch seinen interdisziplinären Verständnis von Oberflächendegradationsphänomenen, die durch heiße Gase oder thermische (Schweißen) und mechanische (Fräsen) Einflüsse hervorgerufen werden, durch die Kombination mit einer speziellen Oberflächenanalytik zu kombinieren. Unsere Ziele innerhalb von SURDIA sind:

- (A) Identifizierung von Degradationsmechanismen und Verifizierung von Randparametern für die Bildung von korrosionsbeständigen und schützenden Oxidschichten auf CCA's der Systeme Al-Cr-Fe-Co-Ni und Co-Cr-Fe-Mn-Ni unter mehrfacher chemischer Belastung.
- (B) Entwicklung einer zerstörungsfreien röntgenbasierten Analysemethode (imaging grazing exit X-ray fluorescence - GEXRF) zur in-situ Beobachtung von Oberflächenveränderungen, die durch heiße, reaktive Gase induziert werden.
- (C) Bestimmung, Charakterisierung und Bewertung der Materialdegradation durch thermische und mechanische Einflüsse während der Komponentenherstellung (spanende Bearbeitung bzw. Schweißen) unter besonderer Berücksichtigung metallurgischer Veränderungen und Eigenspannungen.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Michael Rhode  
**Kooperationen:** BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.07.2019 - 31.12.2021

### **Entwicklung von Wärmenachbehandlungskonzepten zur Vermeidung von Spannungsrelaxationsrissen an Bauteilen aus hochwarmfesten Stählen**

Komponenten aus hochwarmfesten Stählen werden zunehmend in der regenerativen Energieerzeugung (Solarthermie, Dampfspeicher) eingesetzt. Der Anspruch an die schweißtechnische Verarbeitung dieser Stähle steigt stetig. Dabei muss zwingend die notwendige Wärmenachbehandlung der Schweißnaht (PWHT) sicher beherrscht werden. Durch die Wärmeeinwirkung der PWHT tritt wiederholt Bauteilversagen infolge der Spannungsrelaxationsrissbildung (SRR) auf. Bislang erfolgt die Beurteilung der SRR-Neigung in Abhängigkeit der PWHT primär über Ersatzgrößen (temperaturbedingte Änderung Härte und Duktilität). Die Wirkung der konstruktiven Schrumpfbehinderung einer Schweißnaht auf die SRR ist bislang völlig unbekannt. Forschungsziel ist daher die Gewinnung und Optimierung der Parameter für die PWHT unter realitätsnahen Bauteilbedingungen (definierte Einspannbedingungen) zur sicheren Vermeidung von SRR. Es werden optimierte Wärmenachbehandlungskonzepte zur Vermeidung von SRR entwickelt. Dazu wird ferner das Ausscheidungsverhalten hochwarmfester Werkstoffe unter realitätsnahen Einspannbedingungen in zusätzlicher Abhängigkeit des Gefügestandes (Schweißgut und Wärmeeinflusszone) berücksichtigt. Somit wird erstmals eine Bauteilübertragbarkeit ermöglicht und eine Transfergröße geschaffen, welche die Bauteilbewertung hinsichtlich SRR-Neigung umfasst. Aus dem erarbeiteten Wissen zur SRR-Vermeidung, werden präventive Maßnahmen zu deren Vermeidung abgeleitet. Darüber hinaus werden die Resultate zur Verkürzung der PWHT-Dauer durch Anpassung der Aufheizraten oder Variation der Haltezeit dienen.

**Projektleitung:** Dr. Georg Hasemann  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger, OVGU; Dr.-Ing. habil. Bronislava Gorr, Universität Siegen; Forschungszentrum Jülich GmbH  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2019 - 31.03.2022

### **Entwicklung und Charakterisierung von eutektischen V-Si-B-Legierungen mit verbesserten spezifischen mechanischen Eigenschaften für Hochtemperaturanwendungen**

Nickelbasis-Superlegierungen sind aktuell die Materialklasse der Wahl für Hochtemperaturanwendungen im Turbinenbau. Vanadium-Silizid-Werkstoffe stellen eine potentielle Alternative dar, insbesondere aufgrund ihrer hervorragenden spezifischen mechanischen Eigenschaften. So bestehen beispielsweise V-Si-B-Legierungen aus dem Vanadium-reichen Bereich des Dreistoffsystems aus einem duktilen Vanadium-Mischkristall (V-Mk) und den beiden intermetallischen Phasen  $V_3Si$  und  $V_5SiB_2$ . Dieses bislang nur wenig erforschte Legierungssystem birgt jedoch in Hinblick auf die Mikrostruktur einige erstaunliche Gemeinsamkeiten zum gut untersuchten Nachbarsystem Mo-Si-B. So konnten in ersten Vorversuchen an V-Si-B-Legierungen deutlich bessere spezifische Druckfestigkeiten im Temperaturbereich von 600 °C bis 900 °C gegenüber Ni-Basislegierungen erzielt werden. Jedoch ist der Mechanismus der Phasentstehung sowie die Korrelation der Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen noch vollkommen unerforscht. Das primäre Ziel dieses Vorhabens ist die Entwicklung neuartiger V-Si-B-Legierungen für Hochtemperaturanwendungen. Hierbei wird die Entwicklung ternär-eutektischer Legierungen angestrebt. In einer Reihe von V-reichen binären und ternären Versuchslegierungen wird die Phasenbildung und -stabilität von der Schmelze bis zum homogenisierten Gefüge erforscht.

---

**Projektleitung:** Dr. Georg Hasemann  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger, OVGU  
**Förderer:** Haushalt - 01.10.2019 - 31.10.2022

### **Entwicklung eutektischer Refraktärmetalllegierungen für Anwendungen unter extremen Bedingungen**

Der Schwerpunkt des Projektes ist es, ein umfassendes Verständnis von refraktärmetallbasierten RM-Si-B-Systemen zu gewinnen. Dies beinhaltet die Phasentstehung und -umwandlung während der Erstarrung, sowie die Phasenstabilität und Umwandlungen im Gleichgewichtszustand. Dabei wird gezielt nach ternären Eutektika in den metallreichen Teil der RM-Si-B-Systeme geforscht. Hierzu werden die chemischen Zusammensetzungen der beteiligten Phasen mittels thermodynamischer Berechnungen identifiziert und experimentell validiert (z.B. mittels WDX- oder Mikrosondenmessungen). Als vorteilhaft werden ternäre Eutektika hinsichtlich ihrer für den Legierungsbereich niedrigsten Schmelzpunktes sowie die mit der Mikrostruktur im Zusammenhang stehenden besonderen mechanischen Eigenschaften erachtet. Des Weiteren lässt sich über die (prozessabhängigen) Abkühlbedingungen die eutektische Mikrostruktur gut kontrollieren und damit gezielt Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften solcher Legierungen nehmen. Das kann beispielweise über gerichtete Erstarrung solcher RM-basierter eutektischer Systeme erreicht werden. Ziel ist es, RM-Si-B-Legierung zu entwickeln, welche gegenüber Ni-Basis verbesserte spezifische Festigkeitseigenschaften bei Temperaturen zwischen 600 °C und 1500 °C (mögliche Einsatzfenster eutektischer RM-Si-B-Systeme) aufweist. Dabei stehen besonders Mo- und V-basierte Legierungssysteme im Fokus der wissenschaftlichen Arbeit.

Ähnlich wie bei Mo-Si-B-Werkstoffen ist eine technische Anwendung von beispielsweise Vanadium-Silizid-Legierungen mit etwa 30 bis 70% V(MK)-Phase und komplementären Silizidphasen am aussichtsreichsten und wahrscheinlichsten. Ein genaues Verständnis der Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen in Kombination mit der Thermodynamik RM-reicher RM-Si-B-Systeme ist daher essenziell und es wird ein möglichst ganzheitlicher Materialentwicklungsansatz verfolgt. Dieser umfasst die Legierungsauswahl und Werkstoffsynthese (Lichtbogenofen, gerichtete Erstarrung, Wärmebehandlungen), die Charakterisierung der Mikrostrukturentwicklung und mechanischer Eigenschaften (temperaturabhängige Druck- und Kriechversuche) sowie die Entwicklung wirksamer Oxidationsschutzmechanismen (über präkeramische Polymere und Packzementieren) für die RM-Si-V-Legierungssysteme.

**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 - 31.05.2021

### **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 Syneräse-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 ist neben einer minimal-invasiven elektrochemischen Kennwertermittlung auch das Nachstellen und die Untersuchung realer korrosiver Bedingungen viel besser möglich als mit herkömmlichen Methoden. Aktuell werden Gel- und Bulk-Elektrolyte an unterschiedlichen Systemen mit theoretischer als auch praktischer Relevanz verglichen. Darüber hinaus stellt momentan die Sensorentwicklung einen Schwerpunkt im Vorhaben dar.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Paul Rosemann  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Norman Kauss  
**Kooperationen:** BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; Energietechnik Essen GmbH; Methodisch-Diagnostisches Zentrum Werkstoffprüfung e.V.  
**Förderer:** Sonstige - 01.02.2017 - 30.06.2020

### **Anwendungspotentiale und Grenzen druckaufgestickter nichtrostender Stähle**

Druckaufgestickte nichtrostende Stähle (mit 0,8 Gew.-% Stickstoff) drängen zunehmend in den Markt der nichtrostenden Stähle, da die besseren mechanischen und Korrosionseigenschaften viele Unternehmen zum Einsatz bei innovativen Produkten in verschiedenen technischen Bereichen (z.B. Offshore-Energietechnik, Antriebstechnik, Befestigungsmittel, chemische Anlagen, Lebensmittelindustrie, Medizintechnik) motivieren. Aufgrund der starken Preisschwankungen von Nickel sind die Werkstoffkosten gegenüber den nickelbasierten Austeniten stabiler und damit für zukünftige Anwendungen besser kalkulierbar, weshalb diese Stähle als Werkstoffalternativen angesehen werden. Stickstoff verbessert die mechanischen Eigenschaften signifikant, wenn dieser durch die Wärmebehandlung als Einlagerungsmischkristall im Austenit vorliegt. Dadurch sind gleichzeitig Streckgrenze und Zugfestigkeit, aber auch Bruchdehnung und Kerbschlagarbeit erhöht. Ebenfalls wirkt Stickstoff positiv auf die Lochkorrosionsbeständigkeit in chloridionenhaltigen Medien, die beim Einsatz gefordert wird. Andererseits kann Stickstoff bei unsachgemäßer Herstellung, Wärmebehandlung und Verarbeitung zur Ausscheidung von Chromnitriden führen. Letzteres bewirkt eine, mit dem Ausscheidungsanteil zunehmende, Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften und der Korrosionsbeständigkeit. Diese Problematik schränkt die Anwendung dieser Stahlgruppe und damit die Nutzung seines erheblichen Potentials derzeit ein, da die Anwendungsgrenzen besonders hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit nicht ausreichend bekannt sind. An der Schnittstelle zwischen Metallurgie, Wärmebehandlung, mechanischen Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit wird dieses grundlagenbasierte Technologieentwicklungsprojekt durchgeführt, um die Anwendungspotentiale und Grenzen unter Berücksichtigung der Gefüge-Eigenschaftsbeziehungen ganzheitlich zu untersuchen. Die Kinetik der Chromnitrid-Bildung wird dabei systematisch untersucht, um einen elektrochemischen Nachweis auf Basis des EPR-Verfahrens zur Qualitätssicherung zu entwickeln. Damit sollen die Möglichkeiten zur effizienten Prüfung dieser Stahlgruppe aufgezeigt und die technische Sicherheit der daraus hergestellten Produkte langfristig gewährleistet werden.

Im Projekt werden hierzu definierte Wärmebehandlungszustände umfassend hinsichtlich ihrer mechanischen und Korrosionseigenschaften untersucht, um abschließend Anwendungspotentiale und Grenzen dieser Werkstoffgruppe aufzuzeigen.

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Paul Rosemann  
**Kooperationen:** Methodisch-Diagnostisches Zentrum Werkstoffprüfung e.V.; Energietechnik Essen GmbH; Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW) Remscheid  
**Förderer:** Haushalt - 01.02.2019 - 31.01.2022

### **Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle - Einflussgrößen und Effekte**

Die Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle ist von zahlreichen Einflussgrößen und Effekten abhängig. Dieses Projekt soll die Forschungserkenntnisse der letzten Jahre zu nichtrostenden Stählen am Institut für Werkstoff- und Füge­technik im Rahmen einer Habilitation zusammenfassen. Dabei werden zunächst die Grundlagen zur Metallurgie, den Gefügeklassen und deren Wärmebehandlung beschrieben und anschließend durch zahlreiche neue Forschungsergebnisse erweitert. Durch innovative Prüf- und Untersuchungsmethoden, wie das EPR-Verfahren und die KorroPad-Prüfung, kann eine neuartige Visualisierung der wichtigsten Effekte erfolgen und ein tieferes Verständnis für die zugrundeliegenden Mechanismen erreicht werden. Dazu werden zunächst die Effekte bei Oberflächenbearbeitung und Passivierung aus Sicht der Forschung und aus Sicht der industriellen Anwendung dargestellt. Anschließend wird der Einfluss der Legierungs- und Begleitelemente (Cr, Ni, Mo, N, Mn, Cu, C und N) an selbst hergestellten Referenzlegierungen umfassend dargestellt. Abschließend wird gezeigt, wie mit dem EPR-Verfahren und der KorroPad-Prüfung korrosionsanfällige Gefügestände bei verschiedenen Gefügeklassen (Ferrite, Austenit, Duplexstähle und Martensite) nachgewiesen werden können. Damit soll dieses Projekt einen wesentlichen Beitrag zur Erweiterung des Wissens zu nichtrostenden Stählen erreichen.

---

**Projektleitung:** Dipl.-Phys. Andreas Krombholz, Dr.-Ing. Olaf Schwedler  
**Projektbearbeitung:** Sandy Klengel  
**Kooperationen:** Fraunhofer IMWS, Halle  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 15.12.2019 - 31.12.2021

### **Technologie- und Materialentwicklung zur additiven Fertigung komplexer, hochwärmeleitfähiger Cu-Bauteile**

In dem Entwicklungsprojekt wird eine risikobehaftete Technologie- und Materialforschung für die additive Fertigung komplexer, hochwärmeleitfähiger Cu-Bauteile durchgeführt. Durch die Projektpartner werden folgende wissenschaftliche und technische Ziele angestrebt:

#### *Wissenschaftliche Ziele*

- Erforschung der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Kupfer-/Kupferlegierungspulver zum gedruckten Bauteil nach Maß mittels additiver Fertigung,
- Prüfung der Kompatibilität unterschiedlicher Polymersysteme (PLA, PA) mit Kupfersystemen,
- Verifikation des realen Verhaltens von Halbzeugen mit Wärme­fluss­simulation (FEM) an komplexen innen­strukturierten (Wabe, Dreieck etc.) Geometrien.

#### *Technische Ziele*

Pulverentwicklung und Charakterisierung für hochwärmeleitfähige Systeme mit einem Kupferanteil von größer 95%,

- Entwicklung Inline-SLM für eindimensionale Materialcharakterisierung zum High Throughput -Screening,
- Entwicklung Cu-Polymer-Compound (extra AP),
- Entwicklung Cu-Polymer-Filament aus Compound (extra AP),
- Prüfung Druckbarkeit Cu-Filament mittels FDM (extra AP),
- Aufbau und Prüfung von Demonstratorbauteilen mit hochkomplexer Struktur (Fingerkühlkörper).

Am Ende des Projekts soll eine komplexe geometrische Struktur (z.B. Hochleistungskühlkörper aus Kupfer, konventionell vernickelt und sandgestrahlt), gefertigt in einem additiven Herstellverfahren als exemplarischer Prototyp vorliegen. Mit dieser geometrischen Struktur ist es möglich die Machbarkeit der Ablösung von

konventionellen Technologien wie Sintern, Schmieden und Fließpressen zu bewerten.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Manuela Zinke  
**Projektbearbeitung:** Christian Judex  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.09.2020 - 28.02.2023

### **Steigerung der Korrosionsbeständigkeit von Schweißplattierungen durch Einsatz von MSG-Zweidrahtprozessen mit nicht artgleichen Drahtelektroden**

Das Forschungsprojekt verfolgt das Ziel, bislang genutzte Ni-Basis-Legierungssysteme zum Schweißplattieren von Komponenten in Müllverbrennungsanlagen, Biomasseanlagen, Kohle- und Gaskesseln, Wirbelschichtkesseln und Chemieanlagen über die Nutzung der Button-Melt-Technik weiterzuentwickeln und über den Einsatz von MSG-Zweidrahtprozessen praktisch umzusetzen. um die Hochtemperaturkorrosionsbeständigkeit von Schweißplattierungen bei gleichzeitigem Erfüllen der Anforderungen an die innere und äußere Nahtqualität zu verbessern. Diese Vorgehensweise wird gewählt, da Legierungsentwicklungen im Bereich von Ni-Basiswerkstoffen sehr aufwendig und kostenintensiv sind und die Schweißzusätze zumeist aus derselben Schmelze wie die Grundwerkstoffe gefertigt werden. In der Regel werden etwa 10 Jahre benötigt, um eine Hochtemperaturlegierung zu entwickeln und zu qualifizieren. Das Projekt schafft somit Basiswissen für die Entwicklung neuer Produkte, Verfahren und Dienstleistungen. Zudem bildet die Nutzung von Heißdraht-unterstützten MSG-Prozessvarianten einen vielversprechenden Ansatz nicht nur Abschmelzleistung und Schweißgeschwindigkeit beim Plattieren oder additiven Schweißen mit Ni-Basis-Schweißzusatzwerkstoffen zu maximieren. Ferner können über den Zusatzdraht die Schweißguteigenschaften gezielt metallurgisch beeinflusst werden.

---

**Projektleitung:** M.Sc. Matthias Kuhlmann, Dr.-Ing. Manuela Zinke, M.Sc. Benjamin Wittig  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.07.2019 - 31.12.2021

### **Erweiterung des Konstitutionsschaubildes für hoch Mn-haltige Stähle in Mischschweiß-verbinding durch Gefährdungsbereiche**

Im Forschungsantrag geht es um vorwettbewerbliche, anwendungsorientierte Grundlagenuntersuchungen zur Verbesserung der schweißtechnischen Verarbeitung von hoch Mn-haltigen Stählen in Mischverbindung. In Deutschland stehen derzeit mehrere hoch Mn-haltige Legierungskonzepte als Stähle bzw. Schweißzusatzwerkstoffe entweder kommerziell zur Verfügung bzw. kurz vor der Markteinführung. Die Herausforderung für die thermische Füge-technik liegt in der Integration der FeMn-Stähle in bereits bestehende Konstruktionen aus bewährten hochfesten ferritischen bzw. martensitischen Karosseriestählen. In Abhängigkeit von Fügepartner, Schweißprozess, Zusatzwerkstoff und Aufmischung kann es zu unerwünschten Erscheinungen, wie Martensitbildung, hohe Härte bzw. hohe Härtegradienten als auch schweißbedingter Rissbildung, im Mischschweißgut kommen. Um diese Gefährdungen im Voraus abschätzen und möglichst vermeiden zu können, besteht das Ziel des Vorhabens darin, das im FOSTA-Projekt P1108 entwickelte Konstitutionsschaubild für MSG-Mischschweißverbindungen hoch Mn-haltiger Stähle durch Bereiche zu erweitern, in denen mit für das Schweißgut kritischen Gefügen und Erscheinungen zu rechnen ist. Mit der Angabe dieser Gefährdungsbereiche soll den Anwendern ein hinreichendes Mittel zur Bewertung der Schweißbeignung der betreffenden Legierungen und zur Herstellung eines möglichst gefährdungsfreien Schweißgutes bereitgestellt werden (ähnlich dem Schaeffler-Diagramm). Dies erleichtert u. a. die Auswahl und Entwicklung angepasster Zusatzwerkstoffe und Schweißtechnologien für die Verarbeitung der FeMn-Stähle in Mischschweißverbindung. 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. 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 $\text{\AA}$ -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.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Manuela Zinke  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Stefan Burger  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.03.2019 - 31.08.2021

### **Beeinflussung von Mikrostruktur und Eigenschaften beim additiven Lichtbogenschweißen von Nickelbasis-Superlegierungen**

Ziel des Forschungsvorhabens ist das Bestimmen werkstoffspezifischer Eigenschaften additiv gefertigter fertigungsnaher Strukturen mit dem MSG-Schweißen (CMT) aus vier industriell weit verbreiteten Ni-Basis-Schweißzusätzen (S Ni 7718, S Ni 6617, S Ni 6625, S Haynes 282). Das Projekt schafft Basiswissen für die Entwicklung neuer Produkte, Verfahren und Dienstleistungen. Neben der Klärung der Auswirkungen verschiedener Prozessspezifika auf Nahtunregelmäßigkeiten, Gefüge, mechanische Eigenschaften bei Raum- und erhöhter Temperatur sowie korrosiver Kennwerte soll das Potential weiterentwickelter Legierungskonzepte von handelsüblichen Schweißzusätzen für das WAAM untersucht werden. Ebenso wird der Einfluss vorhandener PWHT-Prozeduren auf Nahteigenschaften und ein mögliches Strain-Age Cracking erforscht. Das Additive Manufacturing erfolgt derzeit bevorzugt mit pulverbettbasierten Strahlschweißverfahren bzw. dem Laser Metal Deposition (LMD) mit Pulver. Die Nutzung des drahtbasierten MSG-Schweißverfahrens bietet grundsätzlich die Möglichkeit, großvolumige Bauteile mit hohen Aufbauratensind zu fertigen.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Manuela Zinke  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Benjamin Wittig, M.Sc. Juliane Stützer  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2019 - 31.12.2020

### **Erzielung werkstoffspezifischer Eigenschaften beim generativen Schutzgasschweißen fertigungsnaher Strukturen aus Duplexstahl**

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens besteht im Erreichen eines werkstoffspezifischen Eigenschaftsprofils beim generativen Schutzgasschweißen fertigungsnaher Strukturen aus Standard- und Superduplexstahl. Zur

Gewährleistung der im Normenwerk geforderten werkstoffspezifischen Kennwerte ist sowohl eine Technologieanpassung als auch eine Weiterentwicklung der Legierungskonzepte handelsüblicher Schweißzusätze erforderlich. Hierfür erfolgt die systematische Untersuchung der Einflüsse von Schweißdrahtanalyse und Prozessparametern auf die metallurgischen, mechanisch-technologischen und korrosiven Kennwerte des Schweißgutes, um somit die Anwendbarkeit dieser Technologie auch für Duplexstähle sicher zu stellen.

Ein Bedarf für additiv gefertigte Bauteile aus Duplexstahl existiert u. a. für Sonderanfertigungen im Apparate- und Anlagenbau aber auch für korrosionsbelastete Komponenten in Industrieanlagen. Gerade für Duplexstähle stellt die Möglichkeit des Aufschweißens von Stützen an Behälter oder von Flanschen an Rohrleitungen einen Vorteil für KMU dar, da sie somit von Zulieferfirmen und folglich auch von deren Lieferfristen sowie -qualitäten unabhängig wären.

---

**Projektleitung:** M.Sc. Sebastian Hütter  
**Förderer:** Sonstige - 01.07.2020 - 31.12.2021

### **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. Dabei werden Ensemble-Betrachtungen vergleichbar der statistischen Physik mit anderen Methoden der Festkörperphysik und Thermodynamik kombiniert.

## **8. EIGENE KONGRESSE, WISSENSCHAFTLICHE TAGUNGEN UND EXPONATE AUF MESSEN**

29. Schweißtechnische Fachtagung am 16.05.2015 in Barleben  
13. Sitzung des DGM-Fachausschusses Zellulare Werkstoffe, 30.09./01.10.2019, Leipzig  
Forschungsseminar des MDZWP, 12.03.2019  
Intermetallics 2019, 30.09.-04.10.2019, Bad Staffelstein

## 9. VERÖFFENTLICHUNGEN

### BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**Becker, Julia; Fichtner, D.; Schmigalla, S.; Schultze, S.; Heinze, C.; Küsters, Y.; Hasemann, Georg; Schmelzer, Janett; Krüger, Manja**

Oxidation response of additively manufactured eutectic Mo-Si-B alloys

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012002, insgesamt 9 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Becker, Julia; Giese, Marcel; Krüger, Manja**

The effects of Zr and La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> additions on the microstructural and mechanical properties of a Mo-6Si-5B alloy

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012001, insgesamt 7 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Behrens, Bernd-Arno; Jüttner, Sven; Brunotte, Kai; Özkaya, Fahrettin; Wohner, Maximilian; Stockburger, Eugen**

Extension of the conventional press hardening process by local material influence to improve joining ability

Procedia manufacturing - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 47.2020, S. 1345-1352;

[Imp.fact.: 1.39]

**Betke, Ulf; Schelm, Katja; Rodak, Andreas; Scheffler, Michael**

Cellular Nickel-Yttria/Zirconia (NiYSZ) cermet foams - manufacturing, microstructure and properties

Materials - Basel: MDPI, Volume 13 (2020), issue 11, article 2437, 14 Seiten;

[Imp.fact.: 2.972]

**Burger, Stefan; Zinke, Manuela; Jüttner, Sven**

Nahteigenschaften und Prozessverhalten beim MSGSchweißen mit hoch nickelhaltigen Fülldrahtelektroden

Schweißen und Schneiden: Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren - Düsseldorf: DVS-Media GmbH, Bd. 72.2020, 4, S. 204-208

**Chen, Xiadong; Sun, R.; Betke, Ulf; Scheffler, Michael**

Novel Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite foams by direct oxidation conversion

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012003, insgesamt 11 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Crackau, Maria; Harnisch, Karsten; Baierl, Toni; Rosemann, Paul; Lohmann, Christoph H.; Bertrand, Jessica; Halle, Thorsten**

Microstructure and surface investigations of TiAl<sub>6</sub>V<sub>4</sub> and CoCr<sub>28</sub>Mo<sub>6</sub> orthopaedic femoral stems

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, 2009, Vol. 882.2020, Paper 012004, insgesamt 16 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Crackau, Maria; Märten, Nicole; Harnisch, Karsten; Berth, Alexander; Döring, Joachim; Lohmann, Christoph H.; Halle, Thorsten; Bertrand, Jessica**

In vivo corrosion and damages in modular shoulder prostheses

Journal of biomedical materials research / B: an official journal of the Society for Biomaterials, the Japanese Society for Biomaterials; the Australian Society for Biomaterials [u.a.]- Hoboken, NJ: Wiley, 1996, Bd. 108.2020, 5, S. 1764-1778;

[Imp.fact.: 2.831]

**Dammler, Kathleen; Schelm, Katja; Kniep, D.; Hasemann, Georg; Scheffler, Michael**

Pre-ceramic polymer-derived ceramic foams with lamellar strut porosity

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012005, insgesamt 12 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Dieck, S.; Ecke, Martin; Halle, Thorsten; Rosemann, Paul**

Improvement of the martensitic stainless steel X46Cr13 by Q&P heat treatment

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012006, insgesamt 9 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Ecke, Martin; Michael, Oliver; Halle, Thorsten**

On the effect of aluminum and chromium on the deformation twinning of body-centered cubic iron

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012007, insgesamt 9 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Ecke, Martin; Wilke, Markus; Bender, Susanne; Schulz, J.; Süß, T.; Hoffmann, K.; Engel, G.; Halle, Thorsten**

Neuartiger Pulverlack beständig gegen Abrasion und Erosion

Journal für Oberflächentechnik: JOT - Wiesbaden: Vieweg, Bd. 60.2020, 4, S. 44-45;

**Eichhorn, Franziska; Kellermann, Simone; Betke, Ulf; Fey, Tobias**

Phase Evolution, Filler-Matrix Interactions, and Piezoelectric Properties in Lead Zirconate Titanate (PZT)-Filled Polymer-Derived Ceramics (PDCs)

Materials - Basel: MDPI, Volume 13 (2020), issue 7, article 1520, 14 Seiten;

[Imp.fact.: 2.972]

**Frohwein, Chris; Jüttner, Sven; Halle, Thorsten; Otto, M.; Ecke, M.**

Investigations on metallurgical and mechanical properties of resistant spot welded dissimilar joints between a high manganese steel and a low alloyed steel grade

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012008, insgesamt 18 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Gombola, C.; Hasemann, Georg; Kauffmann, A.; Sprenger, I.; Laube, S.; Schmitt, A.; Gang, F.; Bolbut, Volodymyr; Oehring, M.; Blankenburg, M.; Schell, N.; Staron, P.; Pyczak, F.; Krüger, Manja; Heilmaier, M.**

A zone melting device for the in situ observation of directional solidification using high-energy synchrotron x rays

Review of scientific instruments: a monthly journal devoted to scientific instruments, apparatus, and techniques - [S.I.]: American Institute of Physics, Volume 91 (2020), issue 9, article 093901, 10 Seiten;

[Imp.fact.: 1.587]

**Hasemann, Georg**

Experimental study of the liquidus surface in the V-rich portion of the V-Si-B system

Journal of alloys and compounds: JAL ; an interdisciplinary journal of materials science and solid-state chemistry and physics - Lausanne: Elsevier, Volume 824 (2020), Artikel 153843;

[Imp.fact.: 4.175]

**Hasemann, Georg; Harris, Chad; Krüger, Manja; Perepezko, John H.**

Coating reactions on vanadium and V-Si-B Alloys during powder pack-cementation

Materials - Basel: MDPI, Volume 13 (2020), issue 18, article 4099, 7 Seiten;

[Imp.fact.: 2.972]

**Herbster, Maria; Berth, Alexander; Märten, Nicole; Robra, Marcel; Welzel, Florian; Dallmann, Frank; Lohmann, Christoph H.; Halle, Thorsten; Bertrand, Jessica; Döring, Joachim**

Intraoperative assembly of anatomical shoulder prosthesis frequently results in malalignment of the modular taper junction

Journal of orthopaedic research: a journal of musculoskeletal investigations ; official publication of the Orthopaedic Research Society - Hoboken, NJ [u.a.]: Wiley . - 2020, insges. 12 S.;

[Imp.fact.: 2.728]

**Herbster, Maria; Döring, Joachim; Nohava, Jiri; Lohmann, Christoph H.; Halle, Thorsten; Bertrand, Jessica**

Retrieval study of commercially available knee implant coatings TiN, TiNbN and ZrN on TiAl6V4 and CoCr28Mo6

Journal of the mechanical behavior of biomedical materials - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Vol. 112.2020, Art.-Nr. 104034;

[Imp.fact.: 3.372]

**Heyn, Andreas**

Comparison of liquid and gel electrolytes for the investigation of pitting corrosion on stainless steels

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012009, insgesamt 14 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Heyn, Andreas; Rosemann, Paul**

Quantitative evaluation of global and local chromium contents with the EPR test on ferritic and martensitic stainless steels

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012009, insgesamt 13 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Kharchenko, N. A.; Dehula, A. I.; Hignjak, V. G.; Hvrn, . P.; Smokovych, Iryna**

Calculation of physicochemical conditions of the formation of protective coatings based on carbides and nitrides of chromium

urnal nano- ta elektronnoï fizyky - Sumy: Sumskyj Deravnyj Univ., Volume 12 (2020), issue 3, article 03038, 4 Seiten;

[Imp.fact.: 0.213]

**Kromm, A.; Lausch, T.; Schroepfer, D.; Rhode, Michael; Kannengießer, Thomas**

Influence of welding stresses on relief cracking during heat treatment of a creep-resistant 13CrMoV steel Part II: mechanisms of stress relief cracking during post weld heat treatment

Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer, Bd. 64.2020, 5, S. 819-829;

[Imp.fact.: 1.278]

**Kromm, A.; Lausch, T.; Schroepfer, D.; Rhode, Michael; Kannengießer, Thomas**

Influence of welding stresses on relief cracking during heat treatment of a creep-resistant 13CrMoV steel. Part I: effect of heat control on welding stresses and stress relief cracking

Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer, Bd. 64.2020, 5, S. 807-817;

[Imp.fact.: 1.589]

**Krüger, Manja; Schmelzer, Janett; Fichtner, D.; Heinze, C.; Küsters, Y.; Rittinghaus, S. K.; Weisheit, A.; Heinz, R.; Gerking, L.; Gruber, K; Schmigalla, S.; Schulze, S.**

Recent advances in additive manufacturing of Mo-Si-B alloys - a status report on the cooperative project LextrA

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012011, insgesamt 9 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Künzel, Christian; Dammler, Kathleen; Betke, Ulf; Urbaschok, Jens; Scheffler, Franziska**

High-performance doctor bladed thermoelectric microlayers

Materials and design - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 196 (2020), article 109087;

[Imp.fact.: 6.289]

**Mou, Junji; Li, Shibo; Yao, Boxiang; Ma, Pengfei; Yu, Wenbo; Zhou, Yang; Smokovych, Iryna; Scheffler, Michael**

Cyclic oxidation behavior of MoAlB in the temperature range 450-850 °C

Journal of alloys and compounds: JAL ; an interdisciplinary journal of materials science and solid-state chemistry and physics - Lausanne: Elsevier, Volume 831 (2020), Artikel 154802;

[Online first]

[Imp.fact.: 4.175]

**Müller, Christopher; Hasemann, Georg; Regenberg, Maximilian; Betke, Ulf; Krüger, Manja**

Microstructure and compression properties of VSSV3B2 eutectic alloys in the V-Si-B system

Materials - Basel: MDPI, Volume 13 (2020), issue 9, article 2100, 12 Seiten;

[Imp.fact.: 2.972]

**Müller, Christopher; Touzani, Rachid S.; Betke, Ulf; Krüger, Manja**

Influence of Nb, Ti and Mo on microstructure and mechanical properties of vanadium solid solutions

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), 012012, insgesamt 10 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Najuch, M.; Jüttner, Sven; Schmicker, D.**

Simulative and experimental investigations on single-sided resistance spot brazing of sheet metal tube connections as an alternative to single-sided resistance spot welding

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), 012013, insgesamt 8 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Najuch, M.; Jüttner, Sven; Schmicker, D.**

Simulative and experimental investigations on the influence of force during single-sided resistance brazing on sheet metal tube connections as an alternative to single-sided resistance spot welding

Journal of advanced joining processes - Amsterdam: Elsevier, Volume 2 (2020), article 100031;

**Naumenko, Konstantin; Gariboldi, Elisabetta; Nizinkovskyi, Rostyslav**

Stress-regime-dependence of inelastic anisotropy in forged age-hardening aluminium alloys at elevated temperature - constitutive modeling, identification and validation

Mechanics of materials: forum for theoretical, experimental and field advances in mechanics of flow, fracture and general constitutive behavior of geophysical, geotechnical and technological materials - Amsterdam: Elsevier, Volume 141(2020), Article 103262;

[Imp.fact.: 2.958]

**Nonemacher, Juliane Franciele; Arinichevab, Yulia; Yan, Gang; Finsterbusch, Martin; Krüger, Manja; Malzbender, Jürgen**

Fracture toughness of single grains and polycrystalline Li<sub>7</sub>La<sub>3</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>12</sub> electrolyte material based on a pillar splitting method

Journal of the European Ceramic Society/ European Ceramic Society - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 40.2020, 8, S. 3057-3064;

[Imp.fact.: 4.029]

**Regenberg, Maximilian; Hasemann, Georg; Müller, Christopher; Krüger, Manja**

Microstructure-property relations of eutectic V-Si and V-B alloys

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012014, insgesamt 12 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Regenberg, Maximilian; Hasemann, Georg; Wilke, Markus; Halle, Thorsten; Krüger, Manja**

Microstructure evolution and mechanical properties of refractory Mo-Nb-V-W-Ti high-entropy alloys

Metals: open access journal - Basel: MDPI, Vol. 10 (2020), 10, Article 1530, insgesamt 13 Seiten;

[Imp.fact.: 2.117]

**Rhode, Michael; Wetzel, A.; Ozcan, O.; Nietzke, J.; Richter, T.; Schröpfer, D.**

Hydrogen diffusion and local Volta potential in high- and medium-entropy alloys

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012015, insgesamt 16 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Richter, T.; Schröpfer, D.; Rhode, Michael; Börner, A.**

Influence of modern machining processes on the surface integrity of high-entropy alloys

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012016, insgesamt 12 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Ritter, Stefan; Bosch, Rik-Wouter; Huet, François; Ngo, Kieu; Cottis, Robert A.; Bakalli, Mirdash; Curioni, Michele; Herbst, Matthias; Heyn, Andreas; Macak, Jan; Novotny, Radek; Öijerholm, Johan; Saario, Timo; Sanchez-Amaya, José M.; Takenouti, Hisasi; Zajec, Bojan; Zhang, Wenzhong**

Results of an international round-robin exercise on electrochemical impedance spectroscopy

Corrosion engineering, science and technology: CEST ; the international journal of corrosion processes and corrosion control - London: Taylor & Francis . - 2020;

[Online first]

[Imp.fact.: 1.706]

**Rittinghaus, Silja-Katharina; Schmelzer, Janett; Rackel, Marcus Willi; Hemes, Susanne; Vogelpoth, Andreas; Hecht, Ulrike; Weisheit, Andreas**

Direct energy deposition of TiAl for hybrid manufacturing and repair of turbine blades

Materials - Basel: MDPI, Vol. 13 (2020), 19, Article 4392, insgesamt 14 Seiten;

[Imp.fact.: 3.057]

**Rosemann, Paul; Kauss, Norman; Heyn, Andreas**

KorroPad testing - applications from industry and research

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012017, insgesamt 12 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

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

Sensitization behaviour of the nitrogen alloyed austenitic stainless steel X8CrMnMoN18-19-2

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012018, insgesamt 8 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Röbler, Christoph; Schmicker, David; Sherepenko, Oleksii; Halle, Thorsten; Körner, Markus; Jüttner, Sven; Woschke, Elmar**

Identification of the flow properties of a 0.54% carbon steel during continuous cooling

Metals: open access journal - Basel: MDPI, Volume 10 (2020), issue 1, article 104, 11 Seiten;

[Imp.fact.: 2.259]

**Schaupp, Thomas; Ernst, Wolfgang; Spindler, Helmut; Kannengießer, Thomas**

Hydrogen-assisted cracking of GMA welded 960 MPa grade high-strength steels

International journal of hydrogen energy: official journal of the International Association for Hydrogen Energy - New York, NY [u.a.]: Elsevier . - 2020;

[Online first]

[Imp.fact.: 4.084]

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

Hydrogen-assisted cracking in GMA welding of high-strength structural steels using the modified spray arc process

Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer . - 2020;

[Online first]

[Imp.fact.: 1.589]

**Schlosser, Benjamin; Fischer, Daniel; Jüttner, Sven**

Zerstörungsfreie Qualitätsprüfung von MSGgeschweißten Kehlnähten mithilfe von Geometrie- und Temperatursensoren

Schweißen und Schneiden: Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren - Düsseldorf: DVS-Media GmbH, Bd. 72.2020, 4, S. 216-222

**Schmelzer, Janett; Rittinghaus, Silja-Katharina; Gruber, Karl; Veit, Peter; Weisheit, Andreas; Krüger, Manja**

Printability and microstructural evolution of a near-eutectic three-phase V-based alloy  
Additive manufacturing - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Vol. 34 (2020), Artikelnummer 101208;

**Sherepenko, Oleksii; Kazemi, Omid; Rosemann, Paul; Wilke, Markus; Halle, Thorsten; Jüttner, Sven**

Transient softening at the fusion boundary of resistance spot welds - a phase field simulation and experimental investigations for AlSi-coated 22MnB5

Metals: open access journal - Basel: MDPI, Bd. 10.2020, 1, insges. 13 S.;  
[Imp.fact.: 2.259]

**Sherepenko, Oleksii; Schreiber, Vincent; Schischin, Iwan; Wohner, Maximilian; Wernlein, Philipp; Mitzschke, Niels; Jüttner, Sven**

Influence of surface layers on resistance spot joinability of partially hardened steel 22MnB5 with aluminum-silicon and zinc coatings

Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer . - 2020;  
[Online first]  
[Imp.fact.: 1.278]

**Smokovych, Iryna; Eley, H.; Bosiaha, M.; Scheffler, Michael**

Ceramic oxidation protection coatings for refractory alloys from filler-loaded preceramic polymers - the role of particle size and volume fraction of particulate fillers

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012021, insgesamt 9 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Smokovych, Iryna; Gatzten, Caren; Krüger, Manja; Schwidder, Michael; Scheffler, Michael**

Polymer derived ceramics from Si, B, SiB<sub>6</sub>, and Mo<sub>5</sub>SiB<sub>2</sub> filler-loaded perhydropolysilazane precursors as protective and functional coatings for refractory metal alloys

Materials - Basel: MDPI, Vol. 13 (2020), 21, Article 4878, insgesamt 11 Seiten;  
[Imp.fact.: 3.057]

**Sutygina, Alina; Betke, Ulf; Hasemann, Georg; Scheffler, Michael**

Manufacturing of open-cell metal foams by the sponge replication technique

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012022, insgesamt 11 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Sutygina, Alina; Betke, Ulf; Scheffler, Michael**

Open-cell aluminum foams by the sponge replication technique - a starting powder particle study

Advanced engineering materials - Weinheim: Wiley-VCH Verl. . - 2020;  
[Online first]  
[Imp.fact.: 2.906]

**Tarpali, U. A.; Kannengiesser, Thomas; Griesche, A.**

Tungsten inert gas bead-on-plate weld chemical composition analysis by laser-induced breakdown spectroscopy

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012023, insgesamt 8 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Touzani, Rachid Stefan; Krüger, Manja**

First principles density functional theory prediction of the crystal structure and the elastic properties of Mo<sub>2</sub>ZrB<sub>2</sub> and Mo<sub>2</sub>HfB<sub>2</sub>

Crystals: open access journal - Basel: MDPI, Volume 10 (2020), issue 10, article 865, 14 Seiten;

**Touzani, Rachid; Krüger, Manja**

First principles density functional theory calculations on the elastic properties of Mo-Si based solid solutions

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012024, insgesamt 10 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Upatov, M. I.; Abdullaeva, E. R.; Bolbut, Volodymyr; Bogomol, Y. I.**

Structure and properties of the directionally crystallized B<sub>4</sub>CNbB<sub>2</sub>SiC Alloy

Journal of superhard materials: SHM - New York, NY: Allerton Press, Bd. 42.2020, 1, S. 18-24;

[Imp.fact.: 0.651]

**Wacker, Max; Betke, Ulf; Borucki, Katrin; Hülsmann, Jörn; Awad, George; Varghese, Sam; Scherner, Maximilian Philipp; Hansen, Michael; Wippermann, Jens; Veluswamy, Priya**

An in vitro hemodynamic loop model to investigate the hemocompatibility and host cell activation of vascular medical devices

JoVE. Video journal - [S.l.], 2020, 162, article e61570, 21 Seiten;

[Imp.fact.: 1.163]

**Wilke, Alisa; Dieck, S.; Härtel, M.; Lampke, T.; Halle, Thorsten**

Microstructural characterization of quenched and partitioned commercial medium carbon steel

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012025, insgesamt 7 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Wilke, Markus; Hanns, L.; Harnisch, Karsten; Knapp, W.; Ecke, Martin; Halle, Thorsten**

Pyroelectric X-ray generator for XRF in combination with optical microscopy

IOP conference series / Materials science and engineering/ Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Vol. 882 (2020), Paper 012026, insgesamt 8 Seiten;

[Symposium: Symposium on Materials and Joining Technology, Magdeburg, Germany, 7-8 September 2020]

**Wohner, Maximilian; Mitzschke, Niels; Jüttner, Sven**

Resistance spot welding with variable electrode force-development and benefit of a force profile to extend the weldability of 22MnB5+AS150

Welding in the world: the international journal of materials joining - Berlin: Springer . - 2020, insges. 13 S.;

[Online first]

[Imp.fact.: 1.589]

**Zeng, Fanlin; Malzbender, Jürgen; Baumann, Stefan; Krüger, Manja; Winnubst, Louis; Guillon, Olivier; Meulenber, Wilhelm A.**

Phase and microstructural characterizations for Ce<sub>0.8</sub>Gd<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub>-FeCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dual phase oxygen transport membranes

Journal of the European Ceramic Society/ European Ceramic Society - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 40.2020, 15, S. 5646-5652;

[Imp.fact.: 4.495]

**Zeng, Fanlin; Malzbender, Jürgen; Baumann, Stefan; Schulze-Küppers, Falk; Krüger, Manja; Nijmeijer, Arian; Guillon, Olivier; Meulenber, Wilhelm Albert**

Micromechanical characterization of Ce<sub>0.8</sub>Gd<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub>FeCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dual phase oxygen transport membranes

Advanced engineering materials - Weinheim: Wiley-VCH Verl., (2020), Artikel-Nr. 1901558;

[Online first]

[Imp.fact.: 2.906]

**Zvorykina, Anastasiia; Sherepenko, Oleksii; Neubauer, Michael; Jüttner, Sven**

Dissimilar metal joining of aluminum to steel by hybrid process of adhesive bonding and projection welding using a novel insert element

Journal of materials processing technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Volume 282 (2020), article 116680;

[Imp.fact.: 4.178]

## BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

### **Burger, Stefan; Zinke, Manuela; Jüttner, Sven**

MSG-Fülldrahtschweißen - Beeinflussen von Nahteigenschaften und Prozessverhalten durch Einsatz basischer Schlackesysteme bei Ni-Basislegierungen

Große Schweißtechnische Tagung; DVS-Studentenkongress, DVS CAMPUS: Kurzfassungen der Vorträge : ausführliche Manuskripte auf USB-Card - Düsseldorf: DVS Media GmbH, 2020 . - 2020, S. 247-255 - (DVS-Berichte; Band 365)

### **Dieck, Sebastian; Ecke, Martin; Rosemann, Paul; Fritsch, Sebastian; Wagner, Martin Franz-Xaver; Halle, Thorsten**

Strength differential effect in martensitic stainless steel under quenching and partitioning heat treatment condition

Plasticity, damage and fracture in advanced materials - Cham: Springer, 2020; Altenbach, Holm . - 2020, S. 35-42 - ( Advanced structured materials; 121);

### **Ecke, Martin; Michael, Oliver; Wilke, Markus; Hütter, Sebastian; Krüger, Manja; Halle, Thorsten**

Deformation twinning in bcc iron - experimental investigation of twin formation assisted by molecular dynamics simulation

Plasticity, damage and fracture in advanced materials - Cham: Springer, 2020; Altenbach, Holm . - 2020, S. 43-51 - ( Advanced structured materials; 121);

### **Ehlers, T.; Lachmayer, R.; Vajna, Sándor; Halle, Thorsten**

Producibility

Integrated Design Engineering: Interdisciplinary and Holistic Product Development - Cham: Springer International Publishing AG, 2020 . - 2020, S. 287-323;

[Kapitel 9]

### **Hey, Andreas**

Korrosionsdiagnostik mit Gel-Elektrolyten

Jahrbuch Oberflächentechnik - Bad Saulgau: Leuze, 1954, Bd. 76.2020, S. 333-356

### **Kauss, Olha; Naumenko, Konstantin; Hasemann, Georg; Krüger, Manja**

Structural analysis of gas turbine blades made of Mo-Si-B under stationary thermo-mechanical loads

Advances in mechanics of high-temperature materials - Cham: Springer, 2019 . - 2020, S. 79-91 - (Advanced structured materials; 117);

### **Mook, Gerhard; Simonin, Yury**

Wirbelstromprüfung beschichteter Zylinderlaufflächen mit Sensorarrays

ZfP heute - Wissenschaftliche Beiträge zur Zerstörungsfreien Prüfung / Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. ; Dr.-Ing, Anton Erhard, Vorsitzender der DGZfP e.V. - Berlin: Ruksaldruck GmbH + Co KG, 2020; Erhard, Anton . - 2020, S. 95-101

### **Najuch, Marcel; Jüttner, Sven; Schmicker, David; Krüger, Andreas; Haverland, Christoph**

Simulation und Implementierung eines thermisch minimalinvasiven Fertigungsprozesses für die Applikation von Wuchtgewichten

Sensitive Fertigungstechnik: Hochleistungs-Präzisionstechnologien in einer digitalen und vernetzten Produktion : Tagungsband der 5. Fachtagung, 14.11.2019 / Harald Goldau (Hrsg.), Ronny Stolze (Hrsg.): Hochleistungs-Präzisionstechnologien in einer digitalen und vernetzten Produktion : Tagungsband der 5. Fachtagung, 14.11.2019/ Sensitive Fertigungstechnik: Hochleistungs-Präzisionstechnologien in einer digitalen und vernetzten Produktion : Tagungsband der 5. Fachtagung, 14.11.2019 / Harald Goldau (Hrsg.), Ronny Stolze (Hrsg.) - Düren: Shaker Verlag, 2020; Goldau, Harald . - 2020, S. 93-101

### **Rottengruber, Hermann; Sazonov, Vladyslav; Ecke, Martin**

Einflussfaktoren auf Bauteilverschleiß im Kraftstoffversorgungssystem (Literaturrecherche)

Einflussfaktoren auf Bauteilverschleiß im Kraftstoffversorgungssystem (Literaturrecherche) / Rottengruber - Hamburg: DGMK, 2020 . - 2020, insges. 74 S. - (DGMK-research report; 835)

**Schreiber, Vincent; Mitzschke, Niels; Dieckmann, Martin; Jüttner, Sven**

IGF-Nr.: 19.878 BR: Entwicklungen und Untersuchungen von Qualitätskriterien beim Kurzzeitwiderstandsschweißen mit hoher Wärmestromdichte

Große Schweißtechnische Tagung; DVS-Studentenkongress, DVS CAMPUS: Kurzfassungen der Vorträge : ausführliche Manuskripte auf USB-Card - Düsseldorf: DVS Media GmbH, 2020 . - 2020, S. 215-220 - (DVS-Berichte; Band 365)

**Wohner, Maximilian; Ullrich, Moritz; Jüttner, Sven**

Online-Prozessüberwachung - ein Ansatz zum Parametrieren von komplexen Mehrblechverbindungen beim Widerstandspunktschweißen

Große Schweißtechnische Tagung; DVS-Studentenkongress, DVS CAMPUS: Kurzfassungen der Vorträge : ausführliche Manuskripte auf USB-Card - Düsseldorf: DVS Media GmbH, 2020 . - 2020, S. 271-278 - (DVS-Berichte; Band 365)

## WISSENSCHAFTLICHE MONOGRAFIEN

**Jüttner, Sven**

Entwicklungen und Untersuchungen von Qualitätskriterien beim Kurzzeitwiderstandsschweißen mit hoher Wärmestromdichte - Berichtszeitraum: 01.12.2017 bis 29.02.2020 : Schlussbericht zu IGF-Vorhaben Nr. 19878 BR

Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2020, 1 Online-Ressource (70 Seiten, 3,76 MB), Illustrationen; [Literaturverzeichnis: Seite 69-70]

**Jüttner, Sven; Schlosser, Benjamin**

Zerstörungsfreie Qualitätsbewertung von MSGSchweißverbindungen von Stahlfeinblech durch Nutzung geometrischer und thermographischer Kenngrößen - Berichtszeitraum: 01.01.2017-31.05.2019 : Schlussbericht zu IGF-Vorhaben Nr. 18.550 BR

Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2020, 1 Online-Ressource (76 Seiten, 4,32 MB), Illustrationen; [Literaturverzeichnis: Seite 73-76]

## ABSTRACTS

**Harnisch, Karsten; Klee, C.; Bairl, T.; Halle, Thorsten; Rosemann, Paul**

Microstructural modification, characterization and corrosion resistance of a biomedical low carbon CoCrMo-alloy  
Materials Science Engineering 2020 Digital Conference, MSE 2020: September 22-25, 2020 / DGM: September 22-25, 2020, 2020 . - 2020;

[Materials Science and Engineering, MSE, Virtual Congress, Sep. 22-25, 2020]

**Reissig, E.; Sutygina, Alina; Dammler, Kathleen; Schelm, Katja; Betke, Ulf; Scheffler, Michael**

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Cu- und Cu-Retikulatschäume mit lamellar aufgebauten Stegen

Zelluläre Werkstoffe: 14. Sitzung des DGM-Fachazússchusses am 09.07.2020 - DGM, 2020 . - 2020;

[14. Sitzung des DGM-Fachausschusses Zelluläre Werkstoffe am 09.07.2020]

**Sutygina, Alina; Scheffler, Michael**

Manufacturing of reticulated copper foams - a method overview and techniques for creating additional strut porosity by a combined sponge replication and freezing technique

Zelluläre Werkstoffe: 14. Sitzung des DGM-Fachazússchusses am 09.07.2020 - DGM, 2020 . - 2020;

[14. Sitzung des DGM-Fachausschusses Zelluläre Werkstoffe am 09.07.2020]

## DISSERTATIONEN

### **Frohwein, Chris; Jüttner, Sven [AkademischeR BetreuerIn]**

Einfluss des Aufmischungsgrades auf die Verbindungseigenschaften beim Widerstandspunktschweißen von FeMn-Stählen

Düren: Shaker Verlag, 2020, V, 156 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm, 251 g - (Schriftenreihe Füge-technik Magdeburg; 2020,2);

[Literaturverzeichnis: Seite 129-146]

### **Lehmann, Nico; Jüttner, Sven [AkademischeR BetreuerIn]**

Qualifizierung der Luftultraschalltechnologie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für Fügeverbindungen im Karosseriebau

Magdeburg, 2020, XI, 148 Blätter, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Blatt 133-147]

### **Nordmann, Joachim; Altenbach, Holm [AkademischeR BetreuerIn]; Krüger, Manja [AkademischeR BetreuerIn]**

Failure analysis of coatings under thermo-mechanical loading

Magdeburg, 2020, xv, 110 Seiten, A1-A6, B1-B6, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 101-110]

### **Sherepenko, Oleksii; Jüttner, Sven [AkademischeR BetreuerIn]**

Widerstandspunktschweißen partiell gehärteter Bauteile aus Al-Si-beschichtetem Vergütungsstahl

Magdeburg, 2020, XIX, 95 Seiten, Seite XX-XXXVII, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite XX-XXVII]

### **Tuchtfeld, Markus; Jüttner, Sven [AkademischeR BetreuerIn]**

Verschleißverhalten der Elektrodenkappen beim Widerstandspunktschweißen von Aluminiumblechen

Düren: Shaker Verlag, 2020, III, 142 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm, 228 g - (Schriftenreihe Füge-technik Magdeburg; 2020,1);

[Literaturverzeichnis: Seite 127-135]