MB

FAKULTÄT FÜR
MASCHINENBAU

# Forschungsbericht 2019

## Institut für Mechanik

# INSTITUT FÜR MECHANIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. 49 (0)391 67 52607, Fax 49 (0)391 67 42863
Email ifme@ovgu.de

## 1. LEITUNG

Prof.Dr.-Ing.habil.Dr.h.c.mult. Holm Altenbach (Geschäftsführender Institutsleiter)
Dr.-Ing. Christian Daniel
Priv.-Doz.Dr.-Ing.habil. Rainer Glüge
Prof.Dr.-Ing. Daniel Juhre
Prof.Dr.-Ing. Hans Peter Monner
apl.Prof.Dr.-Ing.habil. Konstantin Naumenko
Jun.-Prof.Dr.-Ing. Elmar Woschke

## 2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof.Dr.-Ing.habil.Dr.h.c.mult. Holm Altenbach
Prof.Dr.-Ing.habil.Dr.h.c. Ulrich Gabbert
Priv.-Doz.Dr.-Ing.habil. Rainer Glüge
Prof.Dr.-Ing. Daniel Juhre
Prof.Dr.-Ing. Hans Peter Monner
apl.Prof.Dr.-Ing.habil. Konstantin Naumenko
Prof.Dr.-Ing.habil.Dr.h.c. Jens Strackeljan
Jun.-Prof.Dr.-Ing. Elmar Woschke

## 3. FORSCHUNGSPROFIL

- Die Forschungsarbeiten am Institut für Mechanik befassen sich mit theoretischen, numerischen und experimentellen Themen der Festkörpermechanik sowie der Fluid-Struktur-Interaktionen und behandeln insbesondere Fragen der Modellierung, der Berechnung und der Simulation von Komponenten, Baugruppen und Systemen, z.B. hinsichtlich des Spannungs-Verformungsverhaltens, der Festigkeit, der Dynamik, der Stabilität, der Akustik und der Zuverlässigkeit.
- Die industriellen Anwendungen konzentrieren sich auf die Bereiche Automotive, Fahrzeug- und Maschinenbau, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik, Apparate- und Anlagenbau, Bauwesen und weitere Industriezweige.
- Neben verschiedenen anderen Forschungsprojekten partizipiert das IFME u.a. an folgenden strukturierten Programmen:
    1. Forschungs- und Transferschwerpunkt Automotive des Landes Sachsen-Anhalt,
    2. DFG-Graduiertenkolleg Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien und Partikelsystemen,
    3. Integrierte Bauteilüberwachung in Faserverbunden (DFG),
    4. Internationale OvGU-Graduiertenschule Medical Engineering and Engineering Materials "MEMoRIAL" (ESF) und
    5. Medizintechnischer Forschungscampus "STIMULATE" (Solution Centre for Image Guided Local Therapies).

**Lehrstuhl Adaptronik (Leiter Prof. Hans Peter Monner)**

- Beeinflussung der elastomechanischen Struktureigenschaften durch systemoptimale Integration von Sensoren und Aktuatoren vorzugsweise auf der Basis von multifunktionalen Werkstoffen zur aktiven Formkontrolle, aktiven Schwingungsreduktion und aktiven Schallbeeinflussung,
- Systemanalyse und Identifikation: Experimentelle Analyse des Strukturverhaltens für die Modellbildung, Reglerentwicklung und Validierung adaptiver Struktursysteme,
- Modellierung und Simulation komplexer adaptiver Struktursysteme: Analytische und numerische Beschreibung adaptiver Struktursysteme zur Auslegung, Analyse, Optimierung und Simulation,
- Reglerentwicklung und Implementierung: Entwicklung, Anpassung und Implementierung adaptiver und robuster Regelungsalgorithmen für adaptive Struktursysteme,
- Sensor- und Aktuatorintegration: Integration von angepassten, handhabbaren und zuverlässigen Aktuator- und Sensorsystemen,
- Demonstration und experimentelle Validierung: Integration aller Komponenten zu einem adaptiven Gesamtsystem und experimentelle Validierung der Leistungsfähigkeit,
- Einsatz und Weiterentwicklung von Methoden der experimentellen Mechanik zur Schwingungsmessung und Vibroakustik

**Lehrstuhl für Numerische Mechanik (Leiter Prof. Daniel Juhre)**

- Finite-Elemente-Methode mit den Schwerpunkten: Mehrfeldprobleme (mechanisch, thermisch, elektrisch, chemisch), Struktur-Akustik-Interaktion, Wellenausbreitung, Nichtlineare Probleme (Kontakt, große Verformungen),
- Modellierung der Lambwellenausbreitung in Kompositwerkstoffen im Zusammenhang mit dem Strutural Health Monitoring (SHM),
- Finite Gebietsmethoden (finite, spektrale und polygonale Zellenmethode) zur Simulation zellularer und poröser Materialien für die Simulation akustischer und thermischer Wellen, die Festigkeit von Druckgussbauteilen u.ä.,
- Mikro-Makro-Modelle, numerische Homogenisierung und Optimierung von faser- und partikelverstärkten Polymeren, Gradientenwerkstoffen und Smart Materials,
- Numerische Methoden für die virtuelle Produktentwicklung: ganzheitliche Modellierung und Optimierung, Kombination der Finite-Elemente-Methode (FEM) und der Regelungstechnik (MatLab/Simulink), hardware-in-the-loop Realisierungen,
- Entwicklung und Erprobung von adaptiven (smarten, intelligenten) Systemen zur Schwingungs- und Schallreduktion,
- Untersuchung und konzeptionelle Beschreibung der Lebensdauer von Gummiwerkstoffen unter mehrachsigen Belastungszuständen

**Lehrstuhl für Technische Dynamik (Leiter Prof. Jens Strackeljan)**

- Strukturdynamik mit den Schwerpunkten: Finite-Elemente-Analysen, Modell-Updating, Strukturmodifikation, aktive Schwingungsentstörung adaptiver Systeme, Identifikation und Modellbildung mechanischer Systeme, Analyse mechanischer Systeme unter Berücksichtigung stochastischer Parameterstreuungen,
- Maschinen- und Mehrkörpersystem-Dynamik mit den Schwerpunkten: Rotordynamik (Laborzentrifugen), Entwicklung von Optimierungsverfahren, Schwingungserregung, Einsatz und Auslegung von Unwuchtvibratoren, Selbstsynchronisation von Unwuchtvibratoren, selbsttätiges Auswuchten, Simulation linearer und nichtlinearer Schwingungen, Entwicklung von hochfrequenten Dentalinstrumenten (Bohrer, Ultraschallschwinger), experimentelle Untersuchungen an Schwingungssystemen, Crashuntersuchungen an Rotoren, Kopplung von Strukturdynamik und Hydrodynamik in MKS-Systemen,
- Schwingungsüberwachung mit den Schwerpunkten: Schwingungsdiagnostik an rotierenden Maschinen speziell für extrem langsam bzw. schnell drehende Rotoren, Simulation von Maschinenschäden, Erstellung von Software zur Maschinenüberwachung,
- Methoden des Softcomputing in der Mechanik: Nutzung des Softcomputing (Fuzzy-Logik, Neuronale Netze) für Fragestellungen der Mechanik (Mehrzieloptimierung, Prognosetechniken), Entwicklung neuer Algorithmen und Methoden zur Klassifikation von Schwingungssignalen

**Lehrstuhl für Technische Mechanik (Leiter Prof. Holm Altenbach)**

- Grundlagen für Theorien linienförmiger und flächenhafter Tragwerke (Stäbe, Balken, Platten und Schalen),
- Kriech- und Schädigungsmechanik,
- Werkstoffmodelle für Hochtemperaturkriechen und Identifikation der Werkstoffparameter aus dem Experiment,
- Werkstoff- und Bauteilsimulationen bei erhöhten Temperaturen,
- Mikropolare Kontinua,
- Schäume, Gradientenwerkstoffe, Sandwiche, Laminate,
- Nanomechanik,
- Modellierung und Simulation von Photovoltaikstrukturen
- Grundlagen der Kontinuumsmechanik
- Homogenisierungsverfahren
- Modellierung und Analyse von Interphasenschädigung in Kompositen
- Peridynamik

**Juniorprofessur Fluid-Struktur Kopplung in Mehrkörpersystemen (Jun.-Prof. Elmar Woschke)**

- Auslegung und Analyse mechanischer Systeme unter Wirkung dynamischer Lasten,
- Untersuchung und Abbildung nichtlinearer Effekte im Kontext rotordynamischer und allgemeiner Mehrkörpersimulationen,
- Implementierung elastischer Komponenten in MKS-Anwendungen, Reduktionsmethoden,
- Detaillierte Abbildung (Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften) von Lagerungselementen (Gleitlager, Schwimmbuchsenlager, Wälzlager etc.) unter dynamischer Belastung,
- Ganzheitliche rückwirkungsbehaftete Modellierung der Kopplung zwischen Lagerung und mechanischer Struktur,
- Abbildung nichtlinearer Schwingungsphänomene (Whirl, Whip) unter transienten Bedingungen,
- Lösung von Mehrfeldproblemen (Kopplung von MKS, Hydrodynamik und Thermodynamik),
- Optimierung mechanischer Systeme zur Minimierung komplexer Zielgrößen

## 4. SERVICEANGEBOT

Serviceangebot Lehrstuhl Adaptronik

- Entwicklung und Realisierung adaptiver mechanischer Strukturen und vibroakustischer Struktursysteme
- Konstruktion, Auslegung und Aufbau adaptiver Systeme zur aktiven Formkontrolle, Schwingungsreduktion und Schallbeeinflussung
- Auslegung und Herstellung aktiver Faserverbundwerkstoffe
- Experimentelle Untersuchung zur Strukturdynamik und Vibroakustik

Serviceangebot Lehrstuhl Numerische Mechanik

- Entwicklung von Berechnungsmethoden und Softwarelösungen
- Bauteilberechnungen (Festigkeit, Dynamik, Stabilität, Akustik, Wärmeleitung, Elektromechanik, gekoppelte Feldprobleme u. ä.) mittels FEM- und MKS-Software
- Berechnung und Entwurf von Faserverbundstrukturen
- Entwurf und Simulation von geregelten Systemen
- Aktive Schwingungs- und Geräuschreduktion an Maschinen und Strukturen
- Kombinierte numerische und experimentelle Untersuchungen zur Festigkeit und Dynamik von Maschinen, Bauteilen und Strukturen
- Industrieanwendungen: Berechnungen (Statik, Festigkeit, Dynamik, Akustik, Wärmeleitung usw.) unter Nutzung kommerzieller FEM-Software (wie FEAP, ANSYS, ABAQUS, NASTRAN) sowie weiterer Softwaretools (wie SIMPACK, Matlab/Simulink, dSPACE, Pro-Engineer und Catia) auf den Gebieten Automotive,

Fahrzeugtechnik, Luft- und Raumfahrt, Maschinen- und Anlagenbau, Werkzeugmaschinenbau, Robotik, Medizintechnik, Biomechanik u.a.

- Element- und Materialmodellentwicklung für Finite-Elemente-Programme (ABAQUS, ANSYS, MSC.MARC, FEAP)

Serviceangebot Lehrstuhl Technische Dynamik und Juniorprofessur Fluid-Struktur Kopplung in Mehrkörpersystemen

- Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Rotordynamik
- Messtechnische Untersuchungen von Schwingungssystemen
- Schwingungsmessungen zur Beurteilung des Zustandes von Maschinenelementen
- Entwicklung und Implementierung von leistungsfähigen Maschinenüberwachungssytemen
- Maschinen- und strukturdynamische Schwingungsuntersuchungen
- Aktive Unterdrückung von Schwingungen mechanischer Strukturen
- Konstruktive Auslegung dynamischer Systeme (Ultraschallschwinger, Windkraftanlagen etc.)
- Mehrkörpersimulation inkl. elastischer Elemente (FE)
- Rotordynamiksimulation unter Berücksichtigung der Lagereigenschaften (Gleitlager, Wälzlager etc.)
- Optimierung dynamischer Systeme mit dem Ziel der Schwingungreduktion/Geräuschemission

Serviceangebot Lehrstuhl Technische Mechanik

- Modellierrung von Werkstoffen unter Kriech- sowie Schädigungsbedingungen
- Identifikation von Werkstoffparametern aus experimentellen Daten
- Simulation von Bauteilen
- Strukturmechanische Modelle und Berechnungskonzepte für dünnwandige Strukturen: Schichtplatten, Schalen, Photovoltaik-Systeme, Schichtsysteme, Laminate
- Mechanische Bewertung von Kompositwerkstoffen: Steifigkeit, Festigkeit und Dynamik
- Modellierung von Nanostrukturen mit Oberflächen- und Grenzflächeneffekten
- Modellierung der Erstarrung von Kunststoffen für die Optimierung der mechanischen Eigenschaften
- Homogenisierungen im Sinne von Mikro- und Makroanalysen
- Bestimmung der Eigenspannungen an realen Bauteilen nach neuen 3D-Borlochmethode Serviceangebot Institut und Magdeburger Verein für Technische Mechanik

- Herausgabe der open-acess Zeitschrift "Technische Mechanik"

## 5. METHODIK

- 6-Komponenten-Messrad
- 3D Laser Scanning Vibrometer
- Servohydraulische Prüfmaschine MTS 810 Material Testing System

## 6. KOOPERATIONEN

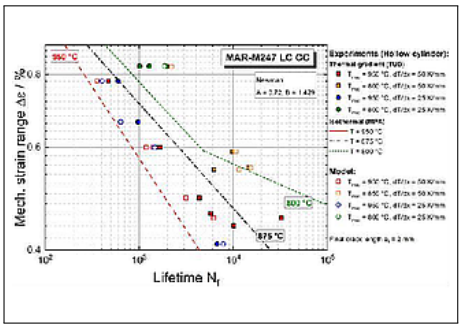
- awab Umformtechnik und Präzisionsmechanik, Oschersleben
- Borg Warner
- Continental Reifen GmbH, Hannover
- ContiTech AG, Hannover
- Deutsches Forschungszentrum für Luft- u. Raumfahrt
- Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V.
- Dipartimento di Meccanica, Politecnico di Milano, Italien
- Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP Halle

- Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen
- GIGGEL GmbH, Bösdorf
- Goodyear SA, Colmar-Berg, Luxembourg
- IFA - Technologies GmbH
- Kohl Automotive, UFE, Eisenach
- Krebs & Aulich GmbH, Wernigerode
- Profiroll Technologies GmbH, Bad Düben
- Schraubenwerk Zerbst GmbH
- Siemens Energetic
- SYMACON Magdeburg
- tesa SE, Hamburg
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- WF Maschinenbau und Blechformtechnik GmbH, Sendenhorst
- WF Umformtechnik GmbH, Quedlinburg

## 7. FORSCHUNGSPROJEKTE

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** MSc. Stefan Eckmann
**Kooperationen:** Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik Freiburg
**Förderer:** Sonstige - 01.06.2018 - 31.12.2020

**Einfluss thermisch induzierter Spannungsgradienten auf die Ermüdungslebensdauer**




Ziel des Forschungsvorhabens ist die Klärung der Wirkung stationärer Temperaturgradienten - und damit zusammenhängend stationärer thermisch induzierter Spannungsgradienten - auf die Schädigungsentwicklung gekühlter Hochtemperaturbauteile. Dieses für Turbomaschinen typische Beanspruchungsmerkmal ist insbesondere hinsichtlich seines Beitrages und seiner Berücksichtigung bei der Schädigungsbewertung noch nicht gesichert verstanden. Entsprechende Verformungs- und Schädigungsmodelle sind zu erstellen und zu validieren. Auch eine mögliche Analogie zur Bewertung geometrischer Kerben soll untersucht werden. Weiterhin ist vorgesehen, zur Verkürzung erforderlicher
Berechnungszeiten bei Bauteilmodellen ein validiertes Extrapolationsverfahren bereitzustellen

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Stefan Bergmann, M.Sc. Moharam Haghi Choobar
**Kooperationen:** Prof. Thorsten Halle (OvGU, IWF); Prof. Franziska Scheffler (OvGU, Institut für Chemie); Prof. Michael Scheffler (OvGU, IWF); Prof. Manja Krüger; Dr.-Ing. Marcus Aßmus, IFME, OvGU
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.07.2016 - 31.12.2021

**Medical Engineering and Engineering Materials**

Die ESF-geförderte internationale OvGU-Graduiertenschule (OvGU-ESF-GS) MEMoRIAL dient der Ausbildung internationaler Promovierender in zwei besonders forschungsstarken ingenieurwissenschaftlichen Profillinien der Otto-von-Guericke-Universität (OvGU): dem Transfer-Forschungsschwerpunkt Medizintechnik (MT) der OVGU und der Materialwissenschaften. MEMoRIAL unterstützt mit seinem medizintechnischen Anteil das translationale und anwendungsorientierte Potential des Zentrums für Neurowissenschaften (CBBS) und mit seinem materialwissenschaftlichen Bereich die Transferschwerpunkte *Erneuerbare Energien* und *Automotive* sowie das Zentrum für Dynamische Systeme (CDS). Die Graduiertenschule umfasst 2 Module mit 22 Stipendiaten. Die Module, die Zuordnung der Anzahl der Stipendien und die durch sie unterstützten OvGU-Forschungsstrukturen und außeruniversitären Partner sind:

1. Medizintechnik (12 Stipendien)
2. Materialwissenschaften: Prozessierung, Mikrostruktur, Simulation (10 Stipendien)

Zwei Stipendien sind am Lehrstuhl Technische Mechanik tätig.

---

| | |
|---|---|
| **Projektleitung:** | Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach |
| **Kooperationen:** | Prof. Konstantin Naumenko (OvGU, IFME); Prof. Eckehard Specht (OvGU, ISuT); Prof. Dominique Thévenin (OvGU, ISuT); Prof. Evangelos Tsotsas (OvGU, Thermische Verfahrenstechnik); Prof. Lutz Tobiska (OvGU, Institut für Analysis und Numerik); Jun.-Prof. Daniel Juhre (OvGU, IFME); Prof. Thorsten Halle (OvGU, IWF); Prof. Gerald Warnecke (OvGU, Institut für Analysis und Numerik); Prof. Franziska Scheffler (OvGU, Institut für Chemie); Prof. Albrecht Bertram (OvGU, IFME) |
| **Förderer:** | Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2014 - 31.03.2019 |

**Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien und Partikelsystemen GRK 1554 (2)**

Many materials or media in nature and technology possess a microstructure, which determines their macro behaviour. Despite of possible difficulties to describe the morphology of this structure, the knowledge of the relevant mechanisms is often more comprehensive on the micro than on the macro scale. On the other hand, not all information on the micro level is relevant for the understanding of the macro behaviour. Therefore, averaging and homogenization methods are needed to select only the specific information from the micro scale, which influences the macro scale. These methods would also open the possibility to design or to influence microstructures with the objective to optimize their macro behaviour. Study and development of new methods in this interdisciplinary field of actual research will be under the supervision of professors from different engineering branches, applied mathematics, theoretical, and computational physics.

---

| | |
|---|---|
| **Projektleitung:** | Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach |
| **Projektbearbeitung:** | M.Sc. Christina Pritscher |
| **Kooperationen:** | Prof. Dr.-Ing. Walter Fischer, Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut |
| **Förderer:** | Sonstige - 01.07.2019 - 31.12.2022 |

**Kleine Biogasanlage aus textilen Materialien Verfahrensentwicklung, Errichtung und Erprobung einer Technikums- sowie einer Demonstrationsanlage**

Derzeit sind Biogasanlagen, die mit reiner Gülle betrieben werden, für kleine Landwirte nicht rentabel. Dies soll das Projekt kleine Biogasanlage aus textilen Materialien ändern. Um die Investitionskosten zu senken, sollen die Wände des Fermenters nicht wie üblich aus Beton, sondern aus Kunststofffolien bestehen. Damit die Anlage nachhaltig ist, soll deren Lebensdauer mindestens 20 Jahre betragen.

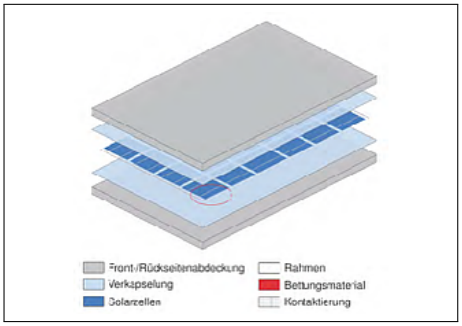
Während der Fermentation ist die Kunststofffolie dem Substrat, in dem Fall der Gülle, und dem Biogas ausgesetzt. Dabei kann es sein, dass Stoffe aus dem Substrat oder dem Biogas in die Folie diffundieren und den Kunststoff schädigen. Deshalb muss die Auswirkung der Medien auf die Festigkeit des Kunststoffes in der Technikumsanlage untersucht werden. Dazu werden Proben, der in Frage kommenden Kunststoffe, im Technikumsfermenter der Gülle und dem Biogas ausgesetzt und nacheinander in bestimmten Zeitabständen

entnommen. Durch Zugproben wird die Festigkeit dieser, dem Substrat ausgesetzten Proben, mit der Festigkeit des Ausgangsmaterials verglichen. Mithilfe der Kontinuumsmechanik soll die Auswirkung der Schädigung der Probestücke berechnet werden. Dadurch soll es möglich sein, die wahrscheinliche Lebensdauer vorauszusagen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Marcus Aßmus
**Förderer:** Haushalt - 01.11.2017 - 31.10.2020

**Modellierung und Simulation von Photovoltaikanlagen**

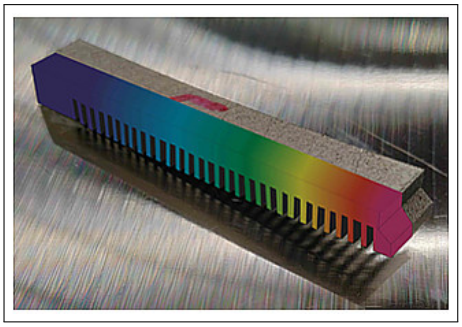



Photovoltaik-Module sind Mehrschichtplatten, für die klassische Ansätze nicht verwendet werden können. Im Rahmen des Projektes sollen neue Analyseansätze begründet werden. Dabei werden Mehrskalenansätze verwendet. Die Modellierung beschränkt sich zunächst auf elastisches Materialverhalten.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Josef Tomas
**Kooperationen:** Prof. Markus Merkle (Hochschule Aalen)
**Förderer:** Industrie - 01.12.2017 - 31.12.2020

**Charakterisierung des thermomechanischen Verhaltens additiv gefertigter Komponenten**



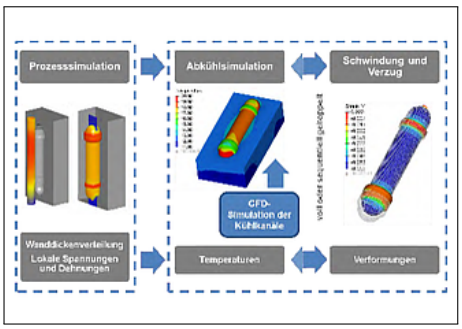
Pulverbettbasiertes Laserstahlschmelzen hat sich bei der additiven Herstellung von metallischen Bauteilen etabliert. Das Bauteil entsteht schichtweise in dem jede Pulverschicht aufgeschmolzen und mit darunterliegenden Schicht verbunden wird. Aufgrund der hohen Designflexibilität wird die additive Fertigung in Luft- und Raumfahrt, Automobilindustrie und vielen anderen Industriebereichen eingesetzt. In Anbetracht dessen sind die Kenntnisse der Materialeigenschaften, Ausrichtung des Materials und der daraus resultierenden Herausforderungen in der Fertigung von großer Bedeutung. Lokale Energieeinträge durch den Laser, hohe Abkühlraten der Schmelze und die Belichtungsstrategie führen zu der Richtungsabhängigkeit des Materials und Eigenspannungen in den Bauteilen. Die resultierenden Verzerrungen haben einen Einfluss auf die Fertigungsgenauigkeiten. Für diese sind spezielle Aussagen zum mechanischen und thermischen Verhalten während und nach dem Prozess notwendig. Dabei spielen Material und Materialeigenschaften, Temperatur während des Prozesses, Bauhöhe, Härte und andere Parameter eine Rolle.

Die Charakterisierung des thermomechanischen Verhaltens additiv gefertigter Komponenten steht im Mittelpunkt des Promotionsvorhabens. Ausgehend von einer kontinuumsmechanischen Modellbildung sollen Variantenrechnungen den Einfluss der verschiedenen Parameter aufzeigen. Zusätzlich soll eine Möglichkeit derVorhersage der Eigenschaften ausgehend aus bekannten Parameter untersucht werden.

---

| | |
|---|---|
| **Projektleitung:** | Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach |
| **Projektbearbeitung:** | M.Eng. Patrick Michels |
| **Kooperationen:** | Dr. Reinold Hagen Stiftung; Prof. Dr.-Ing. Olaf Bruch (Hochschule Bonn-Rhein-Sieg) |
| **Förderer:** | Sonstige - 01.10.2018 - 31.12.2020 |

**Charakterisierung des thermisch-mechanischen Materialverhaltens teilkristalliner Polymere für die Schwindungsanalyse blasgeformter Kunststoffhohlkörper**

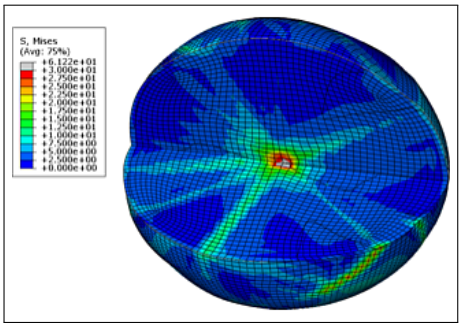



Im Rahmen des Promotionsvorhabens gilt es, ein geeignetes Materialmodell für die Schwindungsanalyse blasgeformter Kunststoffhohlkörper zu identifizieren und eine Strategie zur Kalibrierung des Modells auszuarbeiten. Die Schwierigkeit besteht dabei vor allem in der Beschreibung des komplexen zeit-, temperatur- und prozessabhängigen Materialverhaltens der eingesetzten Polymerwerkstoffe. Innerhalb der Projektlaufzeit soll es zunächst gelingen, die Materialschwindung anhand einfacher blasgeformter Prinzipbauteile für ein breites Prozessfenster experimentell zu charakterisieren. Anhand dieser experimentellen Datenbasis gilt es dann, geeignete Materialgesetze für die Schwindungs- und Verzugsanalyse zu kalibrieren. Übergeordnetes Ziel ist eine deutliche Steigerung der Vorhersagegenauigkeit der bisher eingesetzten Simulationsansätze.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Rainer Glüge
**Kooperationen:** Prof. Dr. Mario Beiner (MLU Halle-Wittenberg, Institut für Chemie & Fraunhofer IMWS); Prof. Dr. Rene Androsch (MLU Halle-Wittenberg, Zentrum für Ingenieurwissenschaften); Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle/Saale, GER
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.10.2016 - 30.09.2019

**Kristallisationssteuerung als Strategie zur Herstellung von Spritzgussteilen mit optimalen mechanischen Eigenschaften**

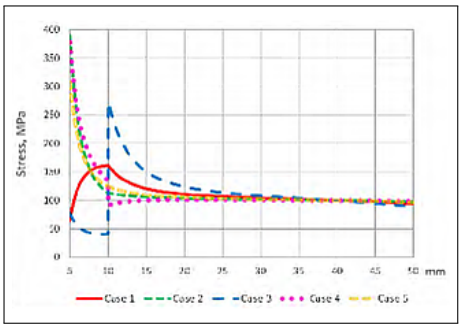



Wissenschaftlich-technisches Ziel des Gemeinschaftsprojekts ist es, physikalische Modelle zu erarbeiten und ein numerisches Simulationstool zu entwickeln, welches es erlaubt, durch Steuerung der Kristallisation während des Spritzgussprozesses polymerbasierte Bauteile mit optimalen mechanischen Eigenschaften herzustellen. Dies erfordert ein detailliertes Verständnis der Zusammenhänge zwischen (i) den mechanischen Eigenschaften des spritzgegossenen Bauteils, (ii) der inneren Struktur des räumlich inhomogenen teilkristallinen Bauteils und (iii) den während des Spritzgussprozesses benutzten Prozessparametern, wobei sich das Gemeinschaftsprojekt hier insbesondere auf den Einfluss des Temperaturregimes konzentriert.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** Dr. Lidiia Nazarenko
**Kooperationen:** Prof. Henrik Stolarski
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2017 - 30.06.2019

**Modellierung und Analyse von Interphasenschädigung in durch Kohlenstoffnanoröhrchen verstärkten Materialien und Strukturen**




The principal objective of the proposed research is to expand the modeling capabilities of CNTRM s considered in the current project (and other composites with interphases) into an inelastic range. More specifically, the goal is to develop a method of evaluating the overall nonlinear behavior of CNTRM's associated with damage of its interphases. This choice is made in recognition of the fact that damage, particularly damage of the interphases is an important aspect of nonlinear behavior of composites. As opposed to this approach, however, where discrete analysis of progressive debonding along the interphase was considered for representative unit cell (RUC) of a composite with regular arrangement of inhomogeneities, in this work a continuum approach to damage will be adopted. This appears to be a natural approach for composites with random microstructure, where RUC cannot

be identified, and it is novel in the existing literature on the subject.

Another specific objective of the approach proposed here is to devise an approach suitable for materials with random arrangement of CNTs and their finite aspect ratio. Unlike random arrangement of spherical inhomogeneities, where the zones of debonding for a typical inhomogeneity can be associated with the principal directions of loading, such association cannot be realistically assumed in the case of CNTRM. In CNTRM the local elastic fields may very much more significantly and it is meaningful to describe the problem in terms of statistical averages. These averages represent the entire collection of CNTs in the material, each of them may have somewhat different pattern of damage. Collectively they should be equivalent to inhomogeneities whose interphases undergo homogeneous (smeared) damage. This assumption forms the basis for the approach proposed here, and, in fact, it parallels the thinking pursued in phenomenological 3D continuum description of damage. The difference is that the averages of elastic fields used in the formulation of the problem are based on the designed, or measured, statistical distribution of inhomogeneities (CNT) and are anticipated to lead to a material-tailored description.

---

| | |
|---|---|
| **Projektleitung:** | Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach |
| **Projektbearbeitung:** | M.Sc. Bechler Nikolaus |
| **Kooperationen:** | Prof. T. Seifert (Hochschule Offenburg); Fraunhofer Institut für Werkstoffmechnik Freiburg; Volkswagen AG, Wolfsburg |
| **Förderer:** | BMWi/AIF - 01.02.2019 - 31.01.2022 |

**Simulation des thermomechanischen Ermüdungsrisswachstums in hochbeanspruchten Komponenten von effizienten Verbrennungsmotoren**

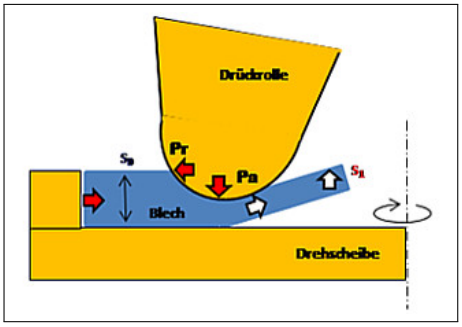
Eine etablierte Simulationsmethode zur Berücksichtigung des Risswachstums bzw. des
Rissstopps ausgehend von einem bereits vorhandenen technischen Anriss unter thermomechanischer Belastung gibt es heute nicht. Das Ziel des Dissertationsvorhabens ist es
einen weiteren wichtigen Schritt in der simulationsbasierten Auslegung von thermomechanisch
hoch belasteten Komponenten voranzukommen und eine Simulationsmethodezu entwickeln, die eine verlässliche Aussage zur weiteren Entwicklung des technischen Anrisses zulässt und somit eine Bewertung der gesamten Lebensdauer ermöglicht.

Die Ausarbeitung erfolgt am Beispiel eines Zylinderkopfs bestehend aus einer Aluminiumgusslegierung. Das thermomechanische Ermüdungsrisswachstum hängt von zahlreichen
unterschiedlichen Einflussfaktoren ab. Die Berücksichtigung des Risswachstums erfordert
einerseits ein klares Verständnis der Einflussnahme und der Wechselwirkung der Einflussfaktoren und andererseits eine robuste und hinsichtlich Rechenzeit industriell anwendbare Einbindung der Methode in die gängige Praxis der Bauteilsimulation. Aus diesem Grund soll die Simulationsmethodik von Grund auf eigenständig zuerst mit der klassischen FEM und anschließend mit der XFEM entwickelt werden. Die Validierung erfolgt stufenweise in Versuchen mit unterschiedlichen Geometriekomplexitäten.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2019 - 30.09.2021

**Entwicklung und Erprobung FEM-basierten Berechnungsmethoden zum Abbildung neuartigen Umformprozess Drücktreiben. Virtuelle Entwicklung der Verfahrensvarianten und Qualitätsuntersuchungen**

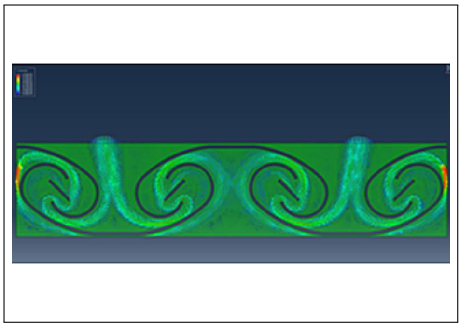



Die gegenwärtig verfügbaren Fertigungsverfahren für Armaturengehäuse und Dosiere basieren sich auf Verfahrenskombination Tiefziehen + Schweißen. Die massiven Flansche und Anschlüsse werden an gezogenen Böden/Trichter angeschweißt und mechanisch nachgearbeitet. Für konventionelle Fertigung vom Boden und Trichter sind teuren bauteilabhängigen Ziehwerkzeuge und kräftige Pressen erforderlich. Das Inkrementelles Blechumformen ermöglicht die flexible Herstellung komplexer Bauteile mit geringen Kosten. Mit der Entwicklung neues Umformverfahrens Drücktreiben soll die Fertigung von 3D-geformten Bauteile mit variablem Blechdicke aus einer Flachronde ohne bauteilbezogenen Werkzeuge möglich sein. Es sollen die Prozesse aus Massiv-Umformverfahren bei Blechwerkstoffen effektiv anwenden werden, so dass die vorteilhaften Eigenschaften der Massivumformung wie Faserverlauf und Kaltverfestigung genutzt werden können. Dadurch werden die bisher zusammengeschweißten Bauteilgruppen als ein komplexen Monolith-Bauteil mit wesentlich reduzierten Materialverbrauch, Gewicht und Kosten hergestellt. Neu entwickelten Produkte, Werkzeuge und Fertigungstechnologie wird erprobt, validiert und vermarktet.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** apl. Prof. Dr. habil. Vladimir Vovk
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2017 - 30.09.2019

**Entwicklung von Berechnungs- und Simulationsmodellen zu Verwirbelungen, Strömungsanalysen und für höchste Flammendurchschlagsicherheiten bei Aerosolen und Ölen, Entwicklung eines Nassabscheidungskonzeptes und einer neuen Fertigungstechnologie**



Die über gewerblich betriebenen thermischen Geräte und Kücheneinrichtungen vorgeschriebenen geometrisch komplexen Flammschutzfilter müssen neben dem Abscheiden von freischwebenden Aerosolen, Öl- und Emulsionsnebeln sowie Staubpartikeln auch einen Flammendurchschlag gewährleisten. Die Anforderungen an Ausführung und Leistung steigen u.a. durch höhere Temperaturen bei den Koch- und Garprozessen, die reduzierte Feinstaubobergrenze und neue Aerosole und Öle stetig. Die bisherigen Fertigungsprozesse erlaubten insbesondere bei kleinen Stückzahlen und Einbauhöhen unter 50 mm keine kosteneffiziente Fertigung.

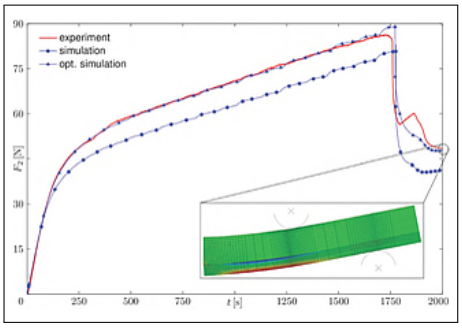
Projektziel war die Entwicklung einer neuen Technologie und modularer Werkzeuge zur flexiblen Fertigung von neuartigen Flammschutzfiltern mit höchsten Flammdurchschlagsicherheiten, um bis zu 30 %

höhere Abscheidungsgrade auch bei Partikeldurchmessern = 5,0 $\mu$m sowie mit minimalem Montageaufwand durch Schnellverbindungen. Für verschiedene Größenbereiche und Einbauhöhen bereits ab 20 mm könne Flammschutzfilter auch in kleinsten Stückzahlen wirtschaftlich effizient gefertigt. Das Eigengewicht kann um ca. 25 % gesenkt und die Wirtschaftlichkeit der Fertigung um ca. 15 % erhöht werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Joachim Nordmann
**Kooperationen:** Prof. Konstantin Naumenko (OvGU, IFME); Prof. Manja Krüger
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 15.05.2017 - 15.05.2020

**Versagensmodellierung von Beschichtungen unter thermo-mechanischer Belastung**

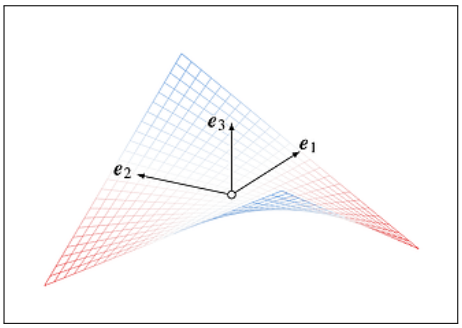



Das Ziel des Projektes ist es das Versagen einer Eisenaluminid-Beschichtung zu beschreiben, welche auf einer Aluminiumlegierung aufgebracht ist und zwischen 250°C und 400°C getestet wird. Zur Validierung des entwickelten Modells und Identifikation der benötigten Materialparameter werden Vier-Punkt-Biegeversuche genutzt, welche im ge-nannten Temperaturbereich und bei unterschiedlichen Belastungen durchgeführt werden. Darüber hinaus bilden diese Versuche auch die Basis zur Ableitung des Modells. Grundlage der Versagensmodellierung bildet die Theorie der Kohäsivzone, welche unabhängig voneinander von Barenblatt (1959) und Dugdale (1962) entwickelt wurde. Die entwickelten Modelle werden in das Simulationsprogramm ABAQUS mittels der UEL und UMAT Schnitt-stelle implementiert. Weiterhin wird in dem Projekt die Effizienz verschiedener Lösungs-strategien für das resultierende, partielle DGL System untersucht. Wobei die quasi-statische Rechnung in Kombination mit einer viskosen Regularisierung die effiziente Strategie dar-stellt. Abbildung 1 zeigt den Vergleich zwischen dem Experiment und der Simulation (Kreise), wobei für eine bessere Übereinstimmung eine Korrektur des Kriechmultiplikators nötig ist (Dreicke).

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** Moharam Haghi Choobar
**Kooperationen:** Dr.-Ing. Marcus Aßmus, IFME, OvGU; Prof. Konstantin Naumenko (OvGU, IFME); Prof. Thorsten Halle (OvGU, IWF); Prof. Franziska Scheffler (OvGU, Institut für Chemie); Prof. Michael Scheffler (OvGU, IWF); Prof. Manja Krüger
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.06.2017 - 31.05.2021

**MEMoRIAL-M2.8 — Analysis of curved photovoltaic panels with a novel shell theory and a global-local approach**



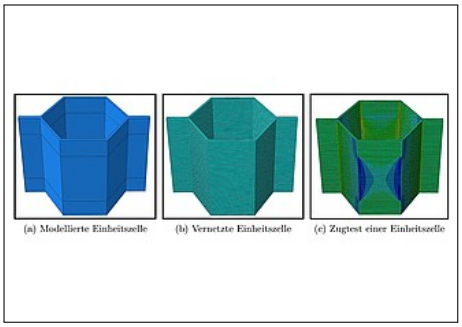

New designs of photovoltaic modules include curved light-weight structures composed from a carrying glass or polymer layer, silicon solar cells embedded in a soft polymeric encapsulant, and a back sheet usually made from polymer or glass. To assure a reliable operation, efficient procedures for strength and deformation analysis are required.

The aim of this PhD project is to develop a novel layer-wise shell theory to analyse the global mechanical behaviour of curved photovoltaic panels. The procedure used to formulate governing balance equations should be based on the already existing approach applied to initially uncurved photovoltaic modules. The theory should be utilised within a finite element code by means of a self-implemented, user-element subroutine. To study the strength of brittle silicon cells inside the laminate, a global-local procedure should be developed. Therefore, a three-dimensional unit cell with boundary conditions derived from the global deformation field is to be analysed.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Stefan Bergmann
**Kooperationen:** Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ, AG Thermoplastbasierte Faserverbund-Bauteile, Schkopau, GER; Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle/Saale, GER; Prof. Franziska Scheffler (OvGU, Institut für Chemie); Prof. Manja Krüger; Prof. Michael Scheffler (OvGU, IWF); Prof. Thorsten Halle (OvGU, IWF)
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.03.2017 - 30.06.2021

**MEMoRIAL-M2.7 — Mechanical simulations of fiber-reinforced plastics based on parameters of the injection molding process**



Fiber-reinforced plastics are increasingly used as primary structural elements. Within this context, a combination of process and structural mechanics simulations, meaning material properties data, manufacturing quality, and structural mechanics analysis to be interlinked, would be beneficial with respect to not least meeting the applicable safety requirements. Fiber length or local fiber distribution and orientation are just some of these material properties to be considered in the course of this sub-project. Additionally, deterministic analysis procedures as usually used are supposed to be substituted by stochastic approaches. Potential consequences for the safety of components should further be discussed.

Temperature, pressure, as well as the heating and cooling rates constitute relevant process parameters. Dependencies between material properties and process parameters will be experimentally examined within a first step. Secondly, correlations between the mechanical composite properties and material data will be analysed, finally allowing for the development of new modelling approaches combining the process and structural analysis simulations.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Philipp, von Hartrott
**Kooperationen:** Fraunhofer Institut für Werkstoffmechnik Freiburg; Prof. T. Seifert (Hochschule Offenburg)
**Förderer:** Sonstige - 01.06.2018 - 31.12.2020

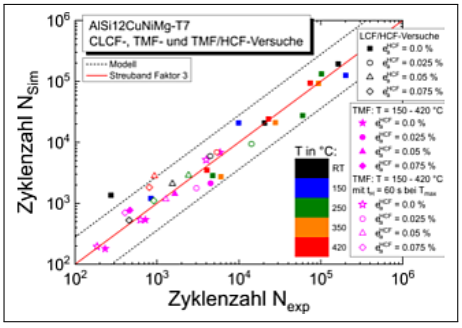
**Werkstoffbasierte Lebensdauerbewertung von Radialverdichterrädern aus EN AW-2618A unter Berücksichtigung der Werkstoffalterung**

Die Mikrostruktur der ausscheidungsgehärteten Aluminiumlegierung EN AW-2618A ist von herausragender Bedeutung für ihre Festigkeit, da nur ein Werkstoffzustand mit gezielt eingestellter Mikrostruktur eine für Radialverdichterräder ausreichende Festigkeit erreicht. Diese optimierte Mikrostruktur ändert sich jedoch während des Betriebs, denn die Bauteile werden bei Temperaturen eingesetzt, die nahe der Aushärtetemperatur liegen oder sogar darüber hinausgehen. Mit der Überalterung der Mikrostruktur ist eine Degradation der Eigenschaften zu beobachten. Die vorliegende Arbeit beschreibt die Degradation der Festigkeit des Werkstoffs in drei anwendungsrelevanten Bereichen: der zyklischen Plastizität bei erhöhter Temperatur, der LCF-Ermüdungslebensdauer und dem Kriechen. Basierend auf experimentellen Ergebnissen werden Modelle für die Anwendung in einem Finite-Elemente-Kontext angepasst und diskutiert.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** MSc. Carl Fischer
**Kooperationen:** Prof. T. Seifert (Hochschule Offenburg); Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik Freiburg
**Förderer:** Sonstige - 01.06.2018 - 31.12.2020

**Rechnerische Bewertung der Bauteillebensdauer von Aluminiumgusskomponenten unter kombinierter thermomechanischer und hochfrequenter Belastung**



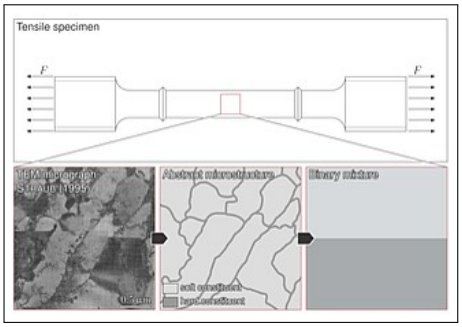

Kolben und Zylinderköpfe aus Aluminiumgusswerkstoffen in Verbrennungskraftmaschinen unterliegen im Einsatz starken Temperaturwechseln, welche zu einer thermomechanischen Ermüdung (TMF: thermomechanical

fatigue) führen. Durch den Verbrennungsprozess ergeben sich zusätzliche hochfrequente Belastungen (HCF: high-cycle fatigue), welche den Thermozyklen überlagert werden und in einer kombinierten TMF/HCF-Belastung resultieren. Für Aluminiumgusslegierungen ist bekannt, dass eine TMF/HCF-Belastung zu einer signifikanten Lebensdauerreduktion im Vergleich zu einer reinen TMF-Belastung führt. Im Rahmen des Projekts wurden detaillierte Werkstoffuntersuchungen zum Ermüdungsverhalten und der Schädigungsentwicklung zweier Aluminiumgusswerkstoffe durchgeführt. Anhand der Versuchsdaten und der beobachteten Schädigungsentwicklung wurde ein Kurzrisswachstumsmodell entwickelt und an die spezifischen Schädigungsmechanismen der beiden Werkstoffe angepasst. Das Kurzrissmodell kann die Lebensdauern einer Vielzahl von Probenuntersuchungen sehr gut beschreiben.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Johanna Eisenträger
**Kooperationen:** Prof. Konstantin Naumenko (OvGU, IFME); Prof. Elisabetta Gariboldi (Politecnico Milano); Dr.-Ing. Yevgen Kostenko (Siemens Energetic)
**Förderer:** Haushalt - 01.10.2014 - 01.10.2021

**Modellierung des Materialverhaltens eines martensitischen Stahls unter hohen Temperaturen**




Das Ziel des Projekts besteht in der Entwicklung eines Materialmodells für die martensitische Stahllegierung X20CrMoV12-1 unter hohen Temperaturen. Zu diesem Zweck werden Warmzugversuche unter konstanter Dehnrate durchgeführt, wobei Temperatur und Dehnrate systematisch variiert werden. Diese Versuche liefern die Datenbasis zur Kalibrierung und Erweiterung eines bereits bestehenden mechanischen Modells, das den Werkstoff als Mixtur zweier Phasen beschreibt und den Einfluss mikrostruktureller Vorgänge, wie zum Beispiel Kornvergröberung, auf das makroskopische Materialverhalten berücksichtigt. Nach erfolgreicher Kalibrierung soll das Modell auf Ermüdungsvorgänge ausgedehnt werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.01.2019 - 31.12.2021

**Kompetenzzentrum eMobility - Forschungsbereich Antriebsstrang: Teilprojekt AR4: "Leichtbau und Akustik von Elektromotoren"**

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.
Ausgehend von einem mehrfach patentierten, weltweit einzigartigen Leichtbaumotorkonzept der OVGU konzentrieren sich die Arbeiten im Forschungsbereich ANTRIEBSSTRANG auf die Weiterentwicklung und prototypische Darstellung der neuen Motortechnologie, deren Integration in den Antriebsstrang sowie deren Betrieb entsprechend gegebener Sicherheits- und Komfortanforderungen (Fahrdynamik). Gleichzeitig bieten

sich im Bereich der Grundlagenforschung weitere Innovationsschritte zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Motortechnologie, die in diesem Förderzeitraum erschlossen und in Prototypen umgesetzt werden sollen.

**Inhalt des Teilprojekts AR4:**
Der abgestrahlte Lärm ist ein zentrales Problem aller elektrischen Maschinen. Dies liegt vor allem daran, dass die typische Schallemission eines Elektromotors sehr tonal und sehr hochfrequent ist und somit einerseits im Bereich der Hörfläche liegt, in dem der Mensch am besten hört, und andererseits als besonders lästig empfunden wird. Aus diesem Grund sollen im Rahmen dieses Teilprojektes Methoden und Lösungen erarbeitet werden, um das akustische Verhalten von elektrischen Maschinen signifikant zu verbessern. Das Ziel besteht nicht nur darin, den Schalldruckpegel zu reduzieren sondern zusätzlich auch ein möglichst unauffälliges beziehungsweise angenehmes Geräusch zu erzielen, weshalb das menschliche Wahrnehmungsvermögen in die Betrachtungen mit einbezogen wird. Für die Entwicklungen werden sowohl modernste kommerzielle Simulationsmethoden sowie eigene Softwareerweiterungen eingesetzt als auch umfangreiche experimentelle Untersuchungen und Hörversuche genutzt. Die experimentellen Untersuchungen umfassen Schwingungsanalysen mittels Laservibrometrie im stehenden und rotierenden System (Derotatormessungen), Messungen des Schalldrucks mit Fernfeldmikrofonen sowie Messungen mit Mikrofonarrays (akustische Kamera) in einer schallarmen Kammer. Das Ziel der experimentellen Untersuchungen besteht darin, einerseits die Simulationsmodelle zu validieren und andererseits den Mehrwert der erarbeiteten Lösungen nachzuweisen. Neben der Akustik steht der Leichtbau im Fokus. Die zu erarbeitenden Konzepte sollen sowohl akustisch unauffällig sein als auch eine minimale Masse besitzen.
Dabei werden unter anderem alternative Materialien (Al-Schaumstrukturen, Metamaterialien, GFK, CFK), innovative Dämpfungsstrategien, neuartige Konstruktionsdesigns (z.B. additive Fertigung), sowie die Einbeziehung von Anbauteilen (z.B. Getriebe) im Sinne zusätzlicher Anregungsquellen untersucht. Um sicherzustellen, dass die strukturelle Integrität trotz der ergriffenen Leichtbaumaßnahmen gewährleistet ist, werden Spannungsanalysen und Festigkeitsberechnungen durchgeführt. Diese beinhalten sowohl statische als auch dynamische Lastfälle. Die dynamischen Spannungsanalysen sind zwingend erforderlich, um den wirkenden Trägheitskräften infolge der zeitlich stark veränderlichen Vorgänge sowie den impulshaften Anregungen während typischer Betriebsszenarien Rechnung zu tragen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2014 - 31.03.2019

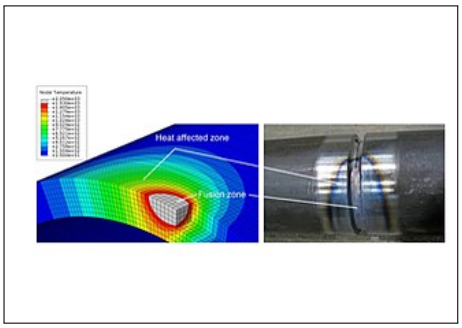
**Eine gemischte Mehrfeld-Modellierung von gradientenbasierten Problemen in der Festkörpermechanik**

Die Modellierung von Phasenfeldern und Größeneffekten in Festkörpern, wie z.B. die Breite von Scherbändern oder die Abhängigkeit der Korngröße von plastischen Vorgängen in Polykristallen, bedingt einen unkonventionellen Kontinuumsansatz mit integrierten Längenskalen. Mit dem zunehmenden Trend zur Miniaturisierung und zu nanotechnologischen Anwendungen wird diese Art der Modellierung zukünftig einen hohen Stellenwert einnehmen.
Die gemischte Mehrfeld-Modellierung von gradientenbasierten Problemen ist eine kürzlich entwickelte thermomechanisch konstistente Methode, die hierfür sehr gut geeignet ist. Die Grundidee ist die Erweiterung der internen Variablen auf mikromechanische Größen und die Entwicklung des makro- und mikromechanischen Gleichgewichts in geschlossener Form.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
**Projektbearbeitung:** Ehsan Farahani
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.11.2018 - 31.10.2021

**Numerical analysis of crack propagation based on phase field method in welded steel structures**




Welding is considered as one of the most indispensable processes in many industrial sections for joining. In many structures, welds are known as a critical sections led to mechanical failures. There are a variety of physical defects such as undercut, insufficient fusion, excessive deformation, porosity, and cracks that can affect weld quality. Of those defects, cracks are considered to be the worst since even a small crack can grow and lead to failure. All welding standards show zero tolerance for cracks whereas the other defects are tolerated within certain limits. There are three requirements for cracks to form and grow: a stress-raising defect, tensile stress, and material with low fracture toughness. Microscopic defect locations are available in practically all welds including geometric features and weld chemistry that can raise the local stress enough to induce a crack. That leaves the engineer to work with the stress environment and toughness: if either of the two can be effectively controlled then cracks can be prevented from initiating and growing. Toughness is a measure of resistance to crack growth; resistance can be provided by blunting of the crack tip in ductile materials. However, if applied strain rate is very high (as would be the case when a spot weld cools at the end of the pulse) and the stress field is multi-axial, even ductile materials exhibit poor toughness and produce rapid crack growth. Hard materials, such as martensite formed during cooling of steels, are brittle and have poor toughness. Having a deep understanding of the residual stresses in welding, micro structure and mechanical behavior of HAZ, multi axial fatigue strength, crack progress behavior and the effect of improvement techniques on welded structures will result in manufacturing more reliable and minimizing weight and increasing structural strength.
The following objectives of this project are:
- Modeling welding process by considering the phase transformation changes occurred in base and weld metal during the heating and cooling process.
- Effect of weld material strength and number of weld passes on the fatigue strength.
- Influence of heat treatment process like stress releasing, annealing hardening on fatigue behavior.
- Development of damage mechanics rules based on numerical analysis for predicting the ductile failure, fatigue life crack initiation.
- Numerical modelling of fatigue crack initiation and propagation based on phase field theory.
- Achieving experimental data by carrying out on universal servo hydraulic machine to investigate the influence of multi axial stresses on fatigue strength and fatigue life.
- The effect of residual stresses caused by welding on the fatigue life.
- Investigating HFMI process on residual stresses and fatigue strength by means of numerical and experimental work.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
**Projektbearbeitung:** Resam Makvandi
**Kooperationen:** acandis GmbH u. Co. KG, Pforzheim; UKE Hamburg; TU Hamburg-Harburg
**Förderer:** Bund - 01.09.2018 - 31.08.2021

**Individualisierte Flow Diverter Behandlung (Belucci) - Entwicklung eines Design-Tools zur computergestützten Auslegung von Individuellen Flow Divertern (IFD)**

Ziel des Projekts BELUCCI ist die Etablierung und Validierung eines neuartigen Ansatzes zur Behandlung intrakranieller Aneurysmen mit Flow Divertern, der auf Basis von patientenspezifischen anatomischen

Auswahlparametern eine individuelle und simulationsbasierte Planung, Implantatauswahl/-fertigung und Beratung umfasst. Im Rahmen des Projektes soll ein standardisierter Individualisierungsprozess entwickelt werden, um jedem Patienten das optimale Implantat für das individuelle Aneurysma zur Verfügung stellen zu können und damit die Wirksamkeit und Sicherheit der Prozedur substantiell zu verbessern. Der Ansatz wird im Rahmen des Projektes anhand patientenspezifischer Aneurysmamodelle klinisch evaluiert. Im Teilvorhaben am IFME wird ein computergestütztes Design-Tool zur numerischen Untersuchung und Auslegung von individualisierten Flow Diverter entwickelt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
**Projektbearbeitung:** Sharath Chavalla
**Kooperationen:** Priv.-Doz. Dr.-Ing. Gabor Janiga, Lehrstuhl Strömungsmechanik und Strömungstechnik, FVST, OVGU
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.09.2018 - 31.01.2019

**Entwicklung eines neuartigen Stents-Designs zur gezielten Gefäßdeformation zur Reduzierung des Bluteintrags ins Aneurysma**

Seit mehreren Jahren wird die Todesursachenstatistik in Deutschland von Herz-/ Kreislauf-Erkrankungen dominiert. Laut statistischem Bundesamt waren diese im Jahr 2015 für ca. 39 % aller Todesfälle verantwortlich. Hierzu zählt u.a. der Schlaganfall, welcher durch eine Subarachnoidalblutung hervorgerufen werden kann. Dabei gelangt Blut in den, das Gehirn umgebenden, Subarachnoidalraum. Überwiegend werden diese Blutungen durch die Ruptur von zerebralen Aneurysmen verursacht. Dies sind ballonartige Erweiterungen arterieller Blutgefäße, welche ca. 2-6 % der westlichen Bevölkerung im Laufe ihres Lebens entwickeln. Eine Ruptur erfahren schließlich ca. 10 von 100 000 Personen pro Jahr.
Diverse Maßnahmen sollen eine solche Ruptur verhindern. Durch chirurgische (Clipping) oder endovaskuläre (Coiling, Ballonangioplastie, Stenting, Platzierung von Flow-Divertern oder WEB-Devices) Eingriffe wird der Bluteintrag ins Aneurysma reduziert. Dies zielt auf die Bildung von Thromben ab, welche einen natürlichen Verschluss des Gefäßes hervorrufen. Diese Maßnahmen sind weder risikolos noch zwangsläufig erfolgreich. Das motiviert die Entwicklung von neuen sowie die beständige Verbesserung etablierter Verfahren.
Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Stents mit neuartigem Wirkprinzip zur therapeutischen Deformation der Trägergefäße von intrakraniellen Aneurysmen. Infolge der gezielten Leitung des Blutflusses stellt sich eine günstigere Hämodynamik ein und der Bluteintrag ins Aneurysmainnere wird reduziert. Dies wiederum erhöht die Verweilzeit des Blutes im Aneurysma und fördert die natürliche Thrombosierung, wodurch das Aneurysma verschlossen wird.
Dies ist ein völlig neuartiges Konzept in a) der Behandlungsmethode und b) dem dafür notwendigen Stent-Design. Deshalb sollen in diesem Rahmen die simulativen Methoden entwickelt werden, um die individuelle erwartete Wirksamkeit dieses Konzeptes zu bestimmen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
**Kooperationen:** Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V.
**Förderer:** Industrie - 01.06.2016 - 31.05.2019

**Finite-Elemente-Analyse und Lebensdauervorhersage von gewebeverstärkten Elastomermembranen**

Elastomermembranen werden als Flachmembranen in oszillierenden Pumpen oder für druckbetätigte kurzhubige Stell- und Regelorgane eingesetzt. Im Vergleich zu Metallmembranen sind Elastomermembranen sehr weich und nachgiebig. Zur Verstärkung und Widerstandsfähigkeit von Elastomermembranen werden häufig Gewebe in das Elastomer eingelegt. Die Membranen sind oftmals einer Vielzahl an komplexen und hochbelasteten Schaltzyklen ausgesetzt und müssen aufgrund ihrer wichtigen Funktion optimale Lebensdauereigenschaften erfüllen.

Aufgrund der Komplexität der Elastomermembranen ist eine zuverlässige Abschätzung der mechanischen und der Lebensdauereigenschaften allein auf Basis von Erfahrungswerten kaum möglich. Im Rahmen dieses Projektes soll mithilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) ein Simulationswerkzeug entwickelt werden, das zur realitätsnahen Verformungs- und Lebensdaueranalyse von gewebeverstärkten Elastomermembranen eingesetzt

werden kann.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
**Projektbearbeitung:** MSc. Zhengkun Liu
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.05.2016 - 31.10.2019

**Phase field simulation of crack initiation and propagation in metals under thermomechanical loadings**

Der Bruch unter thermomechanischer Belastung ist ein komplexes Versagensbild, das in Werkstoffen und Bauteilen gravierende Auswirkungen zufolge hat. Die Vorhersage der Bruchverhaltens durch die Rissinitiierung und -ausbreitung in Metallen mithilfe der numerischen Methoden hat immer größere Bedeutung in der technischen Anwendung gewonnen. Die klassischen Theorien aus der Bruchmechanik umfassen nur die Kriterien zur Rissausbreitung, können aber nicht zur Vorhersage der Rissinitiierung verwendet werden. Des Weiteren können keine Aussagen zu gekrümmten Rissen sowie zur Rissverzweigung getroffen werden. In den vergangenen zehn Jahren erfolgte die Übertragung und Weiterentwicklung der Phasenfeldmethode zur Beschreibung der Rissbildung und -ausbreitung. Diese Methode bietet einen leistungsstarken und flexiblen Rahmen für die Untersuchung des Bruchverhaltens von Materialien unter beliebig komplexen thermomechanischen Belastungen. Durch die Definition eines zusätzlichen Freiheitsgrades, des sogenannten Ordnungsparameters, erfolgt die Rissbeschreibung im Modell. Zusätzlich kann die Wärmeleitungsgleichung einbezogen werden, etwa falls thermische Spannungen die Rissausbreitung dominieren. In Betracht kommen hier sowohl das langsame als auch das schlagartige Aufheizen. Analog zur Rissbetrachtung wird dazu das Temperaturfeld als zusätzlicher Freiheitsgrad behandelt. Die daraus resultierenden Gleichungen können mithilfe der Finiten-Elemente-Methode gelöst werden. Das Ziel dieser Doktorarbeit ist die Ausarbeitung eines Modells, welches die mathematische Beziehung zwischen den thermomechanischen Belastungen und der Rissinitiierung sowie der Rissausbreitung bei hohen Temperaturen beschreiben kann. Den Ausgangspunkt des multiphysikalischen Modells bilden die konstitutiven Gleichungen aus der Thermoelastoplastizität, welche mithilfe der Phasenfeldmethode gelöst werden. Die Freiheitsgrade des Modells umfassen dabei die Verschiebung, die Temperatur sowie das Phasenfeld zur Rissbeschreibung.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Konstantin Naumenko
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Helal Chowdhury
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2014 - 31.03.2019

**Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien und Partikelsystemen GRK 1554 (1)**

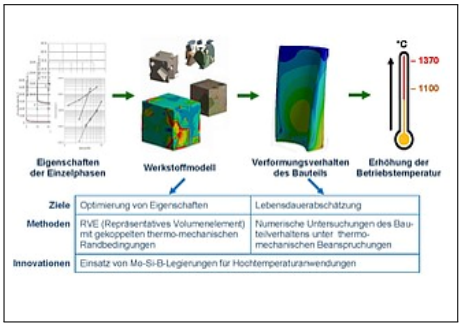
Teilprojekt: Modeling inelastic behavior of Al-rich TiAl alloys at high homologous temperature
Betreuung: Prof. Naumenko
Partner: Prof. M. Krüger, Prof. H. Altenbach

Many versions of Ti-rich intermetallic alloys including Polysyntheticallytwinned (PST) crystals with gamma-TiAl + 2-Ti3Al are widely used for temperatures up tol 900řC in various industrial applications like in aerospace engine, gas turbine, petroleum, medical and defense industries due to their high strength,good oxidation and ignition resistance combined with good creep properties at high temperatures, fracture toughness, corrosive resistance, low density, highthermal capability, and biocompatibility, etc. In this project single crystal Ti-61.8at.%Al Al-rich binary intermetallic compound with lamellar phases ofgamma-TiAl matrix phase is analysed within the framework of crystal viscoplasticity. Based on several experimental data for stress response under compression, the modelling should predict the anisotropic behavior, tension-compression asymmetry as well as under complex multi-axial loading conditions.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Konstantin Naumenko
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Olha Popovich
**Kooperationen:** Forschungszentrum Jülich, Prof. Dr.-Ing. Manja Krüger
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.07.2016 - 30.06.2019

**Verformungsverhalten und Lebensdauerberechnungen von Turbinenschaufeln aus Ni- und Mo-Basislegierungen**




Als Beitrag zur Energiewende sollen energieeffiziente Gasturbinen zukünftig Bauteile erhalten, die deutlich höheren Temperaturen und komplexen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt werden können und somit eine signifikante Steigerung des Wirkungsgrads dieser Aggregate ermöglichen. Die Betriebstemperaturen der aktuell ver-wendeten Ni-Basis Legierungen liegen bereits oberhalb von 1000 řC. Neue Generationen der Gasturbinentriebwerke mit Gaseintrittstemperaturen von ca. 1300 řC in die Turbine müssen demnach aus Werkstoffen mit einem höheren thermischen Ermüdungswiderstand hergestellt werden. Die vielversprechendsten Kandidaten dafür sind Mo-Si-B-Legierungen, die allerdings wegen fehlender komplexer Belastungsstudien ihrer Hochtemperatur- und Lebensdauereigenschaften noch nicht einsatzbereit sind. Die verschiedenen Verhältnisse der Komponenten sowie verschiedene Gefügen der Mo-Si-B-Legierungen ermöglichen nötige Hochtemperaturbeständigkeit und mechanische Eigenschaften.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Konstantin Naumenko
**Kooperationen:** Department for Dynamics and Strength of Machines, State Polytechnical University Kharkiv, Ukraine
**Förderer:** Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD) - 01.09.2018 - 31.08.2019

**Leonhard-Euler-Programm, mechanische Systeme mit komplexen Werkstoffeigenschaften**

Die seit 1966 bestehende Zusammenarbeit in Forschung und Ausbildung soll mit diesem Projekt weitergeführt werden. Fachgebiet dieses Projekts ist die Dynamik und Festigkeit von Maschinen mit dem Schwerpunkt Einsatz und Weiterentwicklung computergestützter Strategien zur Lösung praxisorientierter Problemstellungen unter Einbeziehung von komplexen Werkstoffeigenschaften.
Das Programm ist an Studenten gerichtet, die im letzten Jahr der Masterausbildung sind und bereits in ihrer Abschlussarbeit ein wissenschaftliches Thema zum o.g. Fachgebiet bearbeiten sowie einen Betreuer am Partnerlehrstuhl haben. Bei der Auswahl von Kandidaten stehen das individuelle Projekt sowie die Motivation und persönliche Eignung im Mittelpunkt. Die Kandidaten sollen über Grundkenntnisse der deutschen Sprache verfügen, so dass die Präsentation eigener Forschungserbebnisse möglich ist. Während der Sur-place-Förderung wird u.a. ergänzender Sprachunterricht durch das Institut für Fremdsprachen der Partnerhochschule angeboten.

Während des Studienaufenthalts in Magdeburg werden Nachwuchswissenschaftler an aktuelle Fachliteratur herangeführt und lernen alternative Lösungsansätze (Mikromechanik, Mehrskalenmodellierung von Werkstoffen) kennen. Ferner werden die Kandidaten ihre Forschungsergebnisse auf deutsch im Oberseminar des Instituts für Mechanik präsentieren.
Gleichzeitig soll den Studierenden ein Einblick in das deutsche Universitätsleben gegeben werden. Da im Institut für Mechanik zahlreiche Master-Arbeiten betreut werden, haben die Kandidaten des Partnerlehrstuhls die Möglichkeit, die Besonderheiten des deutschen Masterstudiums direkt von den Studierenden zu erfahren. Beispielsweise sind Wahlpflicht- und Wahlfächer sowie eine Projektarbeit in einer Studentengruppe nicht im Ausbildungsprogramm des Partnerlehrstuhls vorhanden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Konstantin Naumenko
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Olha Kauss
**Kooperationen:** Forschungszentrum Jülich, Prof. Dr.-Ing. Manja Krüger
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.07.2019 - 30.06.2020

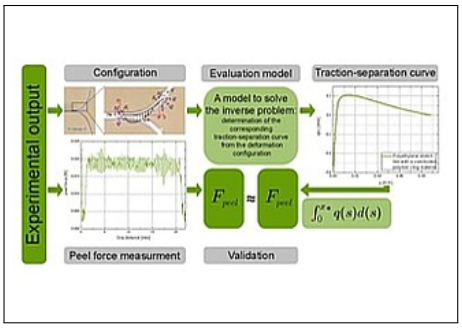
**Verformungsverhalten und Lebensdauerberechnungen von Turbinenschaufeln aus Ni- und Mo-Basislegierungen**

Als Beitrag zur Energiewende sollen energieeffiziente Gasturbinen zukünftig Bauteile erhalten, die deutlich höheren Temperaturen und komplexen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt werden können und somit eine signifikante Steigerung des Wirkungsgrads dieser Aggregate ermöglichen. Die Betriebstemperaturen der aktuell ver-wendeten Ni-Basis Legierungen liegen bereits oberhalb von 1000 řC. Neue Generationen der Gasturbinentriebwerke mit Gaseintrittstemperaturen von ca. 1300 řC in die Turbine müssen demnach aus Werkstoffen mit einem höheren thermischen Ermüdungswiderstand hergestellt werden. Die vielversprechendsten Kandidaten dafür sind Mo-Si-B-Legierungen, die allerdings wegen fehlender komplexer Belastungsstudien ihrer Hochtemperatur- und Lebensdauereigenschaften noch nicht einsatzbereit sind. Die verschiedenen Verhältnisse der Komponenten sowie verschiedene Gefügen der Mo-Si-B-Legierungen ermöglichen nötige Hochtemperaturbeständigkeit und mechanische Eigenschaften.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Konstantin Naumenko
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Behnaz Bagheri
**Kooperationen:** Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS Halle; Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP Halle
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.11.2017 - 31.10.2020

**Modeling delamination of self-adhesive polymeric films**




Based on peel tests and digitized images of deformed films traction-separation diagrams for self-adhesive polymeric films will be generated. To this end a non-linear theory of rods will be applied and a special variational procedure will be developed to solve an inverse problem: for a given image of the film find a distributed load which causes the deformed configuration. Since the force interaction between the films is usually non-local, a peridynamic theory should be elaborated and applied to simulate delamination failure.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Konstantin Naumenko
**Kooperationen:** THK RHYTHM AUTOMOTIVE GmbH Fichtenstraße 37 D-40233 Düsseldorf; Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP Halle
**Förderer:** Industrie - 01.01.2019 - 31.10.2019

**Constitutive Modeling of Inelastic Deformation in Semi-Cystalline Polymers for Structural Analysis**

The constitutive model is developed to describe inelastic deformation of a semi-crystalline polymer for multi-axial loading conditions. The model is calibrated against families of stress-strain curves in a wide range of strain rates and temperatures. For the validation, simulations of the material responses for loading/unloading regimes are performed and the results are compared with experimental data. The model is utilized inside a commercial finite element code with a user material subroutine.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Konstantin Naumenko
**Kooperationen:** Department for Dynamics and Strength of Machines, State Polytechnical University Kharkiv, Ukraine
**Förderer:** Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD) - 01.09.2019 - 31.08.2020

**Leonhard-Euler-Programm, mechanische Systeme mit komplexen Werkstoffeigenschaften**

Die seit 1966 bestehende Zusammenarbeit in Forschung und Ausbildung soll mit diesem Projekt weitergeführt werden. Fachgebiet dieses Projekts ist die Dynamik und Festigkeit von Maschinen mit dem Schwerpunkt Einsatz und Weiterentwicklung computergestützter Strategien zur Lösung praxisorientierter Problemstellungen unter Einbeziehung von komplexen Werkstoffeigenschaften.
Das Programm ist an Studenten gerichtet, die im letzten Jahr der Masterausbildung sind und bereits in ihrer Abschlussarbeit ein wissenschaftliches Thema zum o.g. Fachgebiet bearbeiten sowie einen Betreuer am Partnerlehrstuhl haben. Bei der Auswahl von Kandidaten stehen das individuelle Projekt sowie die Motivation und persönliche Eignung im Mittelpunkt. Die Kandidaten sollen über Grundkenntnisse der deutschen Sprache verfügen, so dass die Präsentation eigener Forschungserbebnisse möglich ist. Während der Sur-place-Förderung wird u.a. ergänzender Sprachunterricht durch das Institut für Fremdsprachen der Partnerhochschule angeboten.

Während des Studienaufenthalts in Magdeburg werden Nachwuchswissenschaftler an aktuelle Fachliteratur herangeführt und lernen alternative Lösungsansätze (Mikromechanik, Mehrskalenmodellierung von Werkstoffen) kennen. Ferner werden die Kandidaten ihre Forschungsergebnisse auf deutsch im Oberseminar des Instituts für Mechanik präsentieren.
Gleichzeitig soll den Studierenden ein Einblick in das deutsche Universitätsleben gegeben werden. Da im Institut für Mechanik zahlreiche Master-Arbeiten betreut werden, haben die Kandidaten des Partnerlehrstuhls die Möglichkeit, die Besonderheiten des deutschen Masterstudiums direkt von den Studierenden zu erfahren. Beispielsweise sind Wahlpflicht- und Wahlfächer sowie eine Projektarbeit in einer Studentengruppe nicht im Ausbildungsprogramm des Partnerlehrstuhls vorhanden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Konstantin Naumenko
**Projektbearbeitung:** Dr. Matthias Würkner
**Kooperationen:** Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP Halle; Folienwerk Wolfen GmbH; Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS Halle
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.10.2019 - 31.12.2021

**Entwicklung neuartiger Verbundfolien für Glaslaminate mit speziellen optischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften, und Erforschung dafür geeigneter, selektiver Prüfmethoden für anspruchsvolle Umgebungsbedingungen OTM-3**

Im Rahmen des Projekts OTM-3 sind Methoden für die Festigkeitsuntersuchungen und Lebensdauerbewertung von neuartigen Folien für Glaslaminate zu erarbeiten. Während sich das Verformungsverhalten von Glaslaminatstrukturen prinzipiell durch die Anwendung von konventionellen Methoden relativ genau simulieren lässt, erfordert

die Festigkeitsbewertung die Entwicklung fortgeschrittener Ansätze. Daher wird das neuartige, nichtlokale Verfahren der Peridynamik erarbeitet und in Bezug auf die genannten Anwendungsfälle eingesetzt. Hierzu sind umfangreiche theoretische und numerische Untersuchungen unter Einbeziehung der im Projekt gewonnenen experimentellen Daten notwendig. Durch dieses Zusammenspiel wird es erstmalig möglich sein, auch komplexe Schädigungsvorgänge, wie z.B. Rissinitiierung, Rissinteraktion, Rissmuster, Delamination simulieren zu können.

---

| | |
|---|---|
| **Projektleitung:** | Prof. Dr. habil. Jens Strackeljan |
| **Projektbearbeitung:** | Karsten Dr. Steinmetz, Martina Hagen |
| **Kooperationen:** | Region Östergötland, Schweden; Umbria Region, Italien; European Association of Development Agencies, Belgien; Universities and Higher Education Foundation of Castilla y León, Spanien; Regional Development Agency Centru, Rumänien; Foundation FUNDECYT Scientific and Technological Park of Extremadura, Spanien; Lodzkie Region, Polen; North France Innovation & Development, Frankreich |
| **Förderer:** | EU - INTERREG - 01.04.2016 - 31.03.2021 |

**Beyond EDP, Improve the RIS3 effectiveness through the management of the entrepreneurial discovery process (EDP)**

**Verbesserter Einsatz von EU-Struktur- und Investitionsmitteln**

Das von der Europäischen Union im Programm "Interreg Europe" geförderte Projekt "Beyond EDP" untersucht Inhalt und Umsetzung der Regionalen Innovationsstrategien der Projektpartner, um potentielle Mängel zu identifizieren, zu beheben und letztendlich den verbesserten Einsatz von EU-Struktur- und Investitionsmitteln (ESIF) zu fördern.

Das Potential von EU-Struktur- und Investitionsmitteln soll durch die Regionalen Innovationsstrategien gesteigert werden, die als ex-ante-Konditionalität für die Vergabe der Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) dienen. Die Regionalen Innovationsstrategien basieren auf dem europäischen Konzept der "Intelligenten Spezialisierung" (Smart Specialisation, RIS3). Dabei werden die regionalen Stärken identifiziert, um diese zu fördern und auszubauen. Wichtiger Bestandteil in der Priorisierung ist ein Stakeholder-Prozess, um allen Beteiligten eine Teilhabemöglichkeit einzuräumen. Kern dieses Stakeholder-Prozesses ist der "Entrepreneurial Discovery Process" (EDP); dieser dient dem Aufspüren von neu aufkommenden Ideen und Technologien sowie denjenigen innovativen (kleinen und mittleren) Unternehmen (KMU), Wissenschaftlern und weiteren Personen, die sich damit beschäftigen. Das Projekt "Beyond EDP" soll einen Beitrag zur Verbesserung des "Entrepreneurial Discovery Process" in den jeweiligen Regionen der Projektpartner leisten. Dabei liegt der Fokus auf der Professionalisierung des "Entrepreneurial Discovery Process" und der dafür zuständigen Verwaltungen. Denn alle beteiligten Regionen zeichnen sich dadurch aus, dass der Wissenstransfer - insbesondere zwischen Wirtschaft und Wissenschaft - zu stärken ist, um letztendlich ein innovationsfreundliches System zu schaffen. Dafür ist ein - auf die jeweiligen Bedürfnisse jeder Region zugeschnittener - Policy-Mix erforderlich, der es ermöglicht, dass EU-Struktur- und Investitionsmittel eingesetzt werden, um nachhaltiges Wachstum und Arbeitsplätze zu schaffen.

Das Projekt wird gefördert durch das Interreg Europe Programm (Subsidy Contract Nr. PGI00048).

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Christian Daniel
**Kooperationen:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau, (OvGU, IFME); TRIMET Automotive Holding GmbH
**Förderer:** Industrie - 01.11.2019 - 31.01.2020

**Variantenvergleich von Bauteil-Komponenten hinsichtlich des Schwingungsverhaltens**

Im Rahmen der Gesamtauslegung von Maschinenkomponenten kommt dem Dämpfungsverhalten der Struktur aufgrund der signifikanten Auswirkungen auf die Schallemissionen eine große Bedeutung zu. Im Rahmen des Projekts soll die Dämpfungswirkung für zwei unterschiedliche Aluminiumlegierungen an einem Gehäuse untersucht werden.
Die Bewertung erfolgt auf Basis einer experimentellen Schwingungsanalyse unter Nutzung eines Laser-Scanning-Doppler-Vibrometers im gesamten akustisch wahrnehmbaren Frequenzbereich. Die Daten werden in Schal- als auch Terzbändern bereitgestellt, um die Vor- und Nachteile der jeweiligen Variante zu identifizieren.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Kooperationen:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau, (OvGU, IFME); Enercon GmbH
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.12.2019 - 30.11.2022

**DampedWEA - Innovative Konzepte zur Schwingungs- und Geräuschreduktion getriebeloser Windenergieanlagen**

Das Ziel des Verbundvorhabens DampedWEA ist die Erhöhung der Akzeptanz von Windenergieanlagen (WEA). Dadurch sollen neue Gebiete für WEA, insbesondere in der Nähe bewohnter Gebiete, erschlossen werden. Dazu ist eine Verminderung des abgestrahlten Schallpegels erforderlich. In diesem Verbundvorhaben liegt der Fokus auf den tonalen Emissionen, die durch die erfolgreiche Optimierung hinsichtlich aeroakustischer Emissionen immer stärker in den Vordergrund treten und nun ein Problem darstellen. Um diese ausreichend zu reduzieren, kommen innovative Konzepte zur Schwingungs- und Lärmreduktion zum Einsatz. Die wesentliche Quelle der tonalen Störgeräusche ist der Generator, da sich die Vibrationen aus dem Generator über die Lager und den Antriebsstrang oder über die Generatortragstruktur in die gesamte Windenergieanlage ausbreiten und schließlich als Schall abgestrahlt werden. Tonale Geräusche sind für die Akzeptanz der Bevölkerung besonders kritisch, da diese als wesentlich lästiger wahrgenommen werden als ein breitbandiges Rauschen.

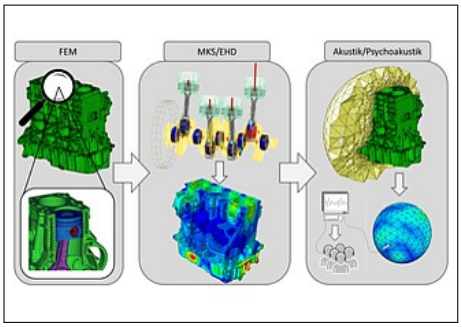
In diesem Projekt sollen Transmissionspfade untersucht werden, an denen die Erforschung des

Lärmminderungspotentials erfolgversprechend ist. Darüber hinaus werden viele verschiedene Kon-zepte erprobt, die teilweise weit über den aktuellen Stand der Technik hinausgehen. Das Projekt wird im Konsortium bestehend aus WRD/Enercon mit den Forschungspartnern DLR, Fraunhofer IFAM, der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Leibniz Universität Hannover durchgeführt.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Simon Pfeil
**Kooperationen:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau, (OvGU, IFME)
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.07.2019 - 30.06.2022

**Innovative Simulationsverfahren für die akustische Auslegung von Automobilen**

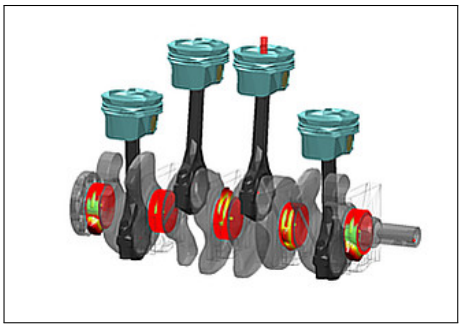



Dieses Projekt ist eine Kooperation der Juniorprofessur Fluid-Struktur Kopplung in Mehrkörpersystemen und des Lehrstuhls für Numerische Mechanik mit jeweils einem wissenschaftlichen Mitarbeiter pro Partner. Das Kernziel des Projektes ist die Entwicklung einer praxistauglichen Simulationsmethodik zur Berechnung von Schallemissionen von Motoren und deren psychoakustische Bewertung. Dies ermöglicht es, Auswirkungen von Strukturmodifikationen (Steifigkeit, Massenverteilung) sowie tribologischen Systemparametern (Lagerspiele, Viskosität, Desachsierung und Füllungsgrad) unmittelbar auf die Anregungsmechanismen und die inneren Körperschallwege zurückzuführen und präventiv im Sinne einer akustischen Optimierung durch konstruktive und tribologische Maßnahmen zu bekämpfen. Dieser reine Virtual Engineering Ansatz soll gänzlich ohne reale Prototypen auskommen und somit bereits früh im Motorentwicklungsprozess eine akustische Bewertung ermöglichen. Somit können in Abstimmung mit den Entwicklergruppen angrenzender Themenbereiche konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der akustischen Qualität realisiert werden, ohne andere wichtige Auslegungskriterien, wie Leistung, Schadstoffemission oder Gesamtmasse, negativ zu beeinflussen.
Im Gegensatz hierzu sind passive Maßnahmen zur Bekämpfung von Schallemissionen durch beispielsweise Dämmungen in der Regel kostenintensiv, da sie neben zusätzlichem Material auch zusätzliche Montageschritte erfordern und sich somit auf den Produktionsprozess auswirken. Gleichzeitig steht dies dem Gedanken des Leichtbaus sowie der Verbrauchsreduktion und Umweltfreundlichkeit entgegen und führt zu einem zusätzlichen Bauraumbedarf, der üblicherweise eine sehr knappe Ressource bei der Entwicklung moderner Motoren und Automobile darstellt. Das grundsätzliche Problem dieser heutzutage immer häufiger eingesetzten Dämmmaßnahmen ist deren symptomatischer Ansatz, welcher zwar die Wirkung bekämpft, die Ursachen der akustischen Störung aber außer Acht lässt.
Die ganzheitliche Methodik, die in diesem Projekt im Fokus steht, ermöglicht hingegen direkt die Analyse und Bekämpfung der Ursache der störenden Schallemissionen. Zusätzlich lässt die psychoakustische Bewertung der Schallemission eine Kategorisierung in störende und weniger störende Schallemissionen zu. Dadurch kann das Design gezielt so verändert werden, dass das entstehende Geräusch vom Menschen als angenehmer empfunden wird, schließlich kann ein leises Geräusch trotzdem störender empfunden werden als ein lautes.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Christian Daniel
**Kooperationen:** TOYOTA Motorsport GmbH, Köln
**Förderer:** Industrie - 01.07.2019 - 31.10.2019

**Analysis of the most important design parameters of the crank drive w.r.t. the acoustic sensitivity - analysis of influence of the crank shaft design**

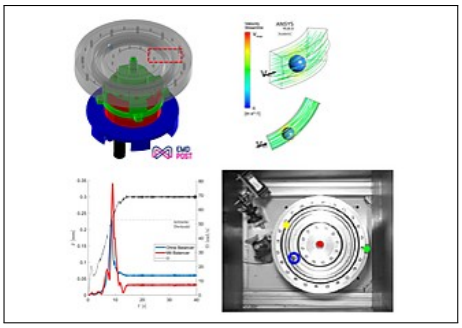


The acoustic emissions of the combustion engine contribute a main part to the pass by noise of a passenger car, which is the main focus of associated NVH activities.
Starting from an initial model of the crank shaft at first the CAD data has to be adapted for each variant (given in the analysis matrix). Afterwards an adapted finite element model will be generated including a suitable reduction process. As the setup of the MBS model was realized in previous projects, the adapted crank shafts representations can be implemented directly.
After model setup of all defined variants a nonlinear time integration to the steady state condition for a given speed will be performed. As a result, the bearing forces are present w.r.t. the changed parameters of the crankshaft.
Furthermore the strain energy of the elastic crank shaft model is analysed. The results are averaged (and peak hold) for one load cycle to allow for an overall statement, which regions are sensitive concerning the NVH behavior (due to large strain energy). For reasons of further investigations also the contribution of each eigenmode to the strain energy is calculated and weighted with the participation factor.
After the parameter variation, which is performed in time domain, the bearing forces, which are assumed to affect the NVH behaviour dominantly, are transferred into frequency domain including the resulting phase angle with respect to the crank shaft angle and the different variants are compared.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Lars Spannan
**Förderer:** Haushalt - 01.06.2016 - 31.05.2019

**Automatic balancing of centrifuges by means of fluids and solids**



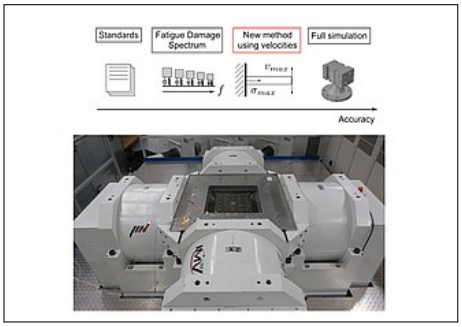
Automatic ball balancers (ABB) can be applied to rotating machinery in order to reduce the effective unbalance excitation and resulting deflections. The passive working mechanism does not necessitate active components such as sensors, control units and actuators. In an ABB several balls are enclosed in a cylindrical cavity and can orbit freely on a circular track positioned centrically to the axis of rotation of the equipped rotor. As inherent to

the functional principle, the rotating speed has to exceed the first critical frequency for the balls to be positioned beneficially and counterbalancing the primary unbalance. During the transient phase prior to the rotor reaching the final operating speed and the balls adopting their final stationary resting position relative to the rotor system, the movement of the balls is strongly dependent on the environing fluid in the cavity. From gaseous environments to highly viscous oils a wide scope is available to design the ABB.
In current research a carbon fiber reinforced plastic rotor for medical centrifuges is equipped with an ABB and the ideal range for the density and viscosity of the fluid in the balancer is explored experimentally as well as by means of multi-body simulations incorporating the fluid structure interaction in the ABB.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Kurthan Kersch
**Kooperationen:** Robert Bosch GmbH, Stuttgart
**Förderer:** Industrie - 01.01.2018 - 31.12.2020

**Entwicklung von Methoden zur Ableitung von 3D-Vibrationstestprofilen**

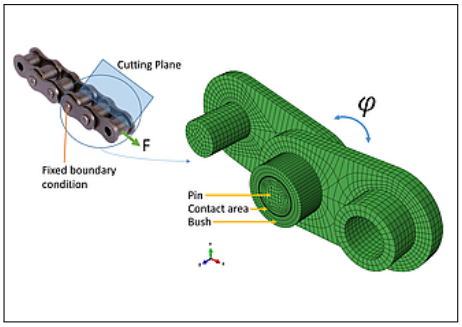



Die Vibrationsprüfung im Automobilbereich ist für die Fahrzeugzulassung von entscheidender Bedeutung. Hierfür wird zunächst eine Vibrationsmessung der einzelnen im Fahrzeug eingebauten Komponenten durchgeführt. Die gemessenen Belastungen werden auf einem Schwingungstisch reproduziert und auf die erforderliche Lebensdauer extrapoliert. Um eine Zeitraffung zu erhalten, werden die Belastungen dabei dementsprechend skaliert.
Stand der Technik ist die Erprobung auf uniaxial anregenden Schwingungstischen, nach der sich im Fahrzeugbereich alle relevanten Industriestandards richten. Gegenstand der aktuellen Forschung ist der Prototyp eines neuen Schwingungstischs, der alle drei Achsen simultan anregen kann. Motivation hierfür ist das Erreichen einer realistischeren Testbedingung zur Nachbildung der gleichen Schädigungsart. Des Weiteren trägt die präzisere Prognose der Zuverlässigkeit zur effizienteren Auslegung zukünftiger Strukturen bei. Im Rahmen der Untersuchungen soll eine Methodik zur Auslegung von 3D-Vibrationstests entwickelt werden. Zum einen beinhaltet dies die Definition von relevanten Messgrößen und Messpositionen am Bauteil. Zum anderen werden bestehende Methoden zur Bewertung des Schädigungspotentials unterschiedlicher Anregungsprofile überprüft und erweitert.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Robert Tandler
**Kooperationen:** BMW Group AG München; Prof. Ulrich Gabbert
**Förderer:** Industrie - 01.12.2017 - 30.11.2020

**Physikalisches Verschleißmodell für Kettentriebe in PKW-Motoren**



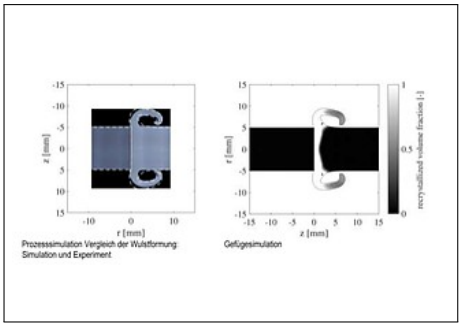

Neben den gängigen Auslegungskriterien für Kettentriebe ist der Verschleiß ein signifikanter Parameter, der bereits in der Konzeptionsphase berücksichtigt werden muss, um eine akzeptable Lebensdauer zu gewährleisten bzw. die notwendigen Wartungsintervalle zu definieren. Im Rahmen der Promotion soll deshalb ein physikalisches Verschleißmodell für Kettentriebe in PKW-Motoren entwickelt werden, das die speziellen Anforderungen berücksichtigt.
Dabei sind zunächst die wesentlichen Einflussgrößen auf den Kettenverschleiß zu identifizieren und in das Modell einzubinden, wobei gängige Verschleißmodelle (z.B. nach Archard und Fleischer) einen Einfluss von Oberflächenhärte, Gleitweg, Normalkraft und Reibwert im Kontaktbereich berücksichtigen. Weiterführende Messungen unter Nutzung der Radionuklidtechnologie (RNT) zeigen einen weiteren Einfluss von Oberflächenrauheiten im Kontaktbereich auf den Kettenverschleiß, was eine Modifikation der gängigen Verschleißmodelle für den Motorbetrieb erfordert.
Zur Validierung des abzuleitenden Modells wird der Zustand der Kettenglieder durch definierte Oberflächenmessungen sowohl im Ausgangszustand als auch an gelaufenen Steuerketten verschiedener Kilometerstände untersucht, wodurch sich ein zeitlicher Parameterverlauf für das Verschleißmodell ergibt:

- REM-Messung zur Aufzeichnung der Oberflächenstruktur.
- Messung mit einem Konfokal-Laser zur 3D-Vermessung der Oberfläche hinsichtlich Oberflächentopographie.
- Weißlicht-Interferometer zur Messung der Oberflächenrauheit mit Auflösung imNanobereich.
- Messungen der Oberflächenhärte via mechanischem Vickers-Verfahren und UCI-Verfahren.

Die gemessenen Oberflächentopographien werden auf das Modell übertragen und für das numerische Verfahren adaptiert.
Zur Bestimmung der notwendigen Lasten (Kettenkräfte) des Motors werden mit Versuchen abgeglichene MKS-Simulationen verwendet, aus denen sich die Kontaktnormalkräfte im Kettenglied berechnen lassen. Mit den entsprechenden Verschleißparametern aus den RNT-Messungen und den betriebspunktabhängigen inneren Reibwerten der Kette (Messung der Kettenreibung an einem reduzierten Kettenprüfstand inkl. des Einflusses gealterten Motoröls) kann das modifizierten Verschleißmodelles kalibriert werden.
Abschließend sollen damit zyklusabhängig Kettentriebe optimiert werden, was gerade aufgrund des variablen Belastungsspektrums einen deutlichen Mehrwert zum bisherigen Stand der Forschung darstellt.

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** MSc Eric Heppner
**Kooperationen:** Prof. Sven Jüttner, Lehrstuhl Fügetechnik
**Förderer:** Sonstige - 01.10.2018 - 31.03.2020

**Reibgeschweißte Hybridverbindungen aus Aluminium und Stahl: Simulation, Validierung, Optimierung**

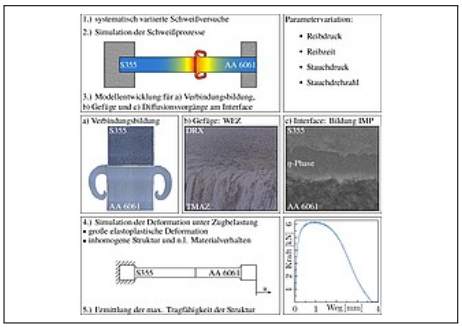



Das erklärte Ziel des Projektes ist die kontinuierliche Umsetzung der im Projekt: *Reibgeschweißte Hybridverbindungen aus Aluminium und Stahl: experimentelle Untersuchung und phänomenologische Modellierung* erstellten Modelle. Dafür wird eigens eine Simulationsplattform entwickelt, in der die Berechnungen für die Prozess-, Werkstoff- und Struktursimulation (virtueller Zugversuch) inkrementell zusammenlaufen. Im Anschluss wird die Modellierungsmethode durch eine Validierung der simulierten Tragfähigkeit mit entsprechenden experimentellen Daten kritisch bewertet. Nach erfolgreichen Validierung soll eine Verbesserung der Tragfähigkeit der Hybridverbindung durch gezielte Prozessoptimierung erfolgen.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner, M.Sc. Eric Heppner
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.12.2019 - 30.11.2021

**Auslegung von Reibschweißverbindungen mittels FEM**



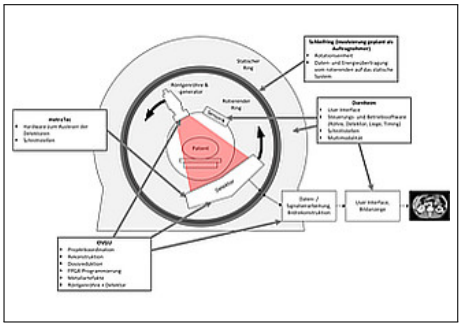

Das Reibschweißen ist ein etabliertes Fügeverfahren, welches in vielen Bereichen des Maschinenbaus zur Herstellung von Hybridstrukturen aus Aluminium und Stahl genutzt wird. Entscheidend für die Gebrauchstauglichkeit von Hybridverbindungen ist vor allem die werkstoffadäquate Ausbildung der Verbindung. 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 makros-, mesos- und mikroskopischen 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:** | Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke |
| **Projektbearbeitung:** | MSc Mathias Leopold |
| **Kooperationen:** | Prof. Georg Rose, Lehrstuhl für Medizinische Telematik und Medizintechnik, FEIT; Dornheim Medical Images GmbH |
| **Förderer:** | Bund - 01.10.2017 - 30.09.2020 |

**Verbundprojekt: Modulares CT-Gerät zur Diagnostik bei Kindern (KIDS-CT) - Teilvorhaben: Erforschung eines CT-Systems mit individuellen Komponenten speziell für Kinder**

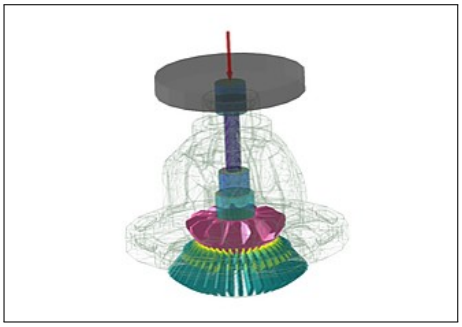


Das zentrale Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung einer CT-Plattform, welche über offene Schnittstellen bei Hard- und Software verfügt und gleichzeitig modular aufgebaut ist. Diese Modularität bezieht sich sowohl auf die interne CT-Struktur (z.B. austauschbare Elektronikmodule für die Verarbeitung von High-Speed-Signalen) sowie auf die Peripherie (Anschluss von zusätzlichen Modalitäten wie bspw. optischer 3D Bildgebung). Dieses hohe Maß an Flexibilität wird eine schnelle Anpassung an verschiedene Anforderungen und Anwendungsszenarien ermöglichen. Eine zentrale Rolle spielt dabei die offene Interface-Struktur, welche es den späteren Anwendern erlaubt, eigene Erweiterungen - sowohl Hardware als auch Software - zu entwickeln und zu nutzen. Dies ist insbesondere für Forschungsinstitutionen sowie Firmen, welche eigene Weiterentwicklungen anstreben, von großer Bedeutung. Durch die geplante offene Struktur sowie durch die Kernkomponente Multimodalität können gänzlich neue Ansätze - z.B. zur Artefakt- und Dosisreduktion - verfolgt und umgesetzt werden. Im Bereich der Dosisreduktion sowie der Verkürzung der Scan-Zeiten werden innovative Methoden implementiert, welche zum Teil bereits im Magdeburger Forschungscampus STIMULATE entwickelt wurden. Abgeleitet aus den erweiterten Möglichkeiten und der offenen Struktur der CT-Plattform sind auch Fragestellungen hinsichtlich der Dynamik des Systems zu untersuchen, die eine detaillierte Analyse des Schwingungsverhaltens bedingen.
Als exemplarische klinische Anwendung steht die Pädiatrie im OI-CT-Projekt im Fokus. Hier bietet die CT bei Polytraumata und pulmonaren sowie angeborenen Erkrankungen, als auch bei Erkrankungen des knöchernen Systems einen nicht ersetzbaren diagnostischen Mehrwert. Daher sollten für dieses Anwendungsfeld Innovationen zur Reduktion der Strahlendosis vorangetrieben werden. Bereits vorhandene Methoden müssen hierbei auf die physischen Gegebenheiten von Kindern angepasst werden. Die hierfür angedachten Konzepte sehen unter anderem signifikant höhere Beschleunigungen des rotierenden CT-Elements vor, weshalb die resultierenden Anregungen bestimmt und konstruktive Anpassungen der Struktur vorgenommen werden müssen, um den diagnostischen Mehrwert nicht durch überlagerte Schwingungen und eine ungenaue Positionierung zu verringern.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Steffen Nitzschke
**Förderer:** Industrie - 01.08.2018 - 28.02.2019

**Nichtlineare Schwingungssimulation eines Differentialgetriebes**

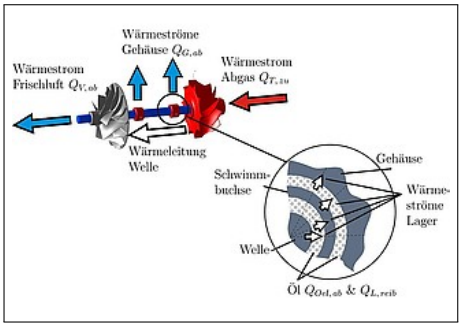


Im Rahmen der Konzipierung von Differentialgetrieben ist neben der reinen Funktionsweise und einem hohen Wirkungsgrad auch das akustische Verhalten ein Qualitätskriterium. Aufgrund der hohen Anzahl bewegter Elemente, ihrer Kontakte untereinander sowie der nichtlinearen Lagerungseigenschaften ist die multikriterielle Auslegung der Konstruktion meist nur unter Verwendung numerischer Simulationen und begleitender experimenteller Untersuchungen möglich.
Im Rahmen der Simulation, welche aufgrund der großen Referenzbewegungen vorteilhaft unter Nutzung von Mehrkörpersystemen umgesetzt werden kann, müssen zum einen die Anregungsmechanismen und zum anderen das nichtlineare Verhalten des Gesamtsystems infolge der Gleitlagerung korrekt abgebildet sein. Wesentliche Einflüsse ergeben sich dabei durch die elastischen Eigenschaften der Einzelbauteile sowie das Verhalten der Lagerung. Letztere ist vor allem für den Anlaufscheibenverbund der Kegelräder nicht trivial, da hier ballige Gleitlager mit zusätzlichen Kunststoffelementen verwendet werden. Eine detaillierte Abbildung der Steifigkeits- und Dämpfungseinflüsse im Rahmen der Gesamtsimulation des Systemverhaltens erlaubt final eine ganzheitliche Beurteilung der Konstruktion.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Christian Ziese, M.Sc. Cornelius Irmscher
**Kooperationen:** MTU Friedrichshafen GmbH; MAN Diesel & Turbo SE; Kompressorenbau Bannewitz GmbH; ABB Turbo Systems AG; Volkswagen AG, Wolfsburg
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2017 - 30.06.2019

**Erweiterte thermische Modellierung für die transiente, hydrodynamisch gekoppelte Simulation der nichtlinearen Rotordynamik von Turboladern**



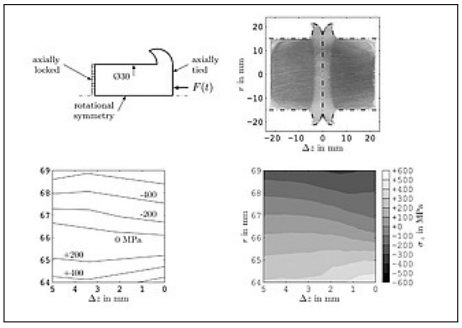

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Verbesserung der bestehenden Berechnungsmethodik für schnell drehende ATL mit Schwimmbuchsenlagerungen auf Basis elastischer MKS-Formulierungen. Die bei ATL auftretenden subsynchronen Schwingungen sowie instabile Systemzustände während des Turboladerhochlaufs sollen auch für hohe Drehzahlen durch Verringerung der thermischen Unsicherheiten verlässlich in Frequenz- und Amplitudenwert abgebildet werden.
Dazu ist eine Erweiterung der bisherigen Berechnungsmethoden um eine ganzheitliche Betrachtung der

Thermodynamik des ATL notwendig. Für die angestrebte Lösung der Energiegleichung muss eine Lösung der Reynoldsschen Differentialgleichung realisiert werden, die eine Bestimmung des Spaltfüllungsgrads zulässt. Zu diesem Zweck soll das Zwei-Phasen-Modell, welches eine effiziente numerische Umsetzung der JFO-Randbedingungen ermöglicht, verwendet werden.
Als Resultat kann im Anschluss die dreidimensional veränderliche Temperatur- und Viskositätsverteilung im Schmierspalt aus der 3D-Energiegleichung bestimmt werden.
Diese Erweiterung bedingt, dass zusätzliche thermische Zustandsgrößen (Temperaturen der Lageroberflächen) und Materialparameter berücksichtigt werden. Als Ausgabegrößen resultieren damit neben den mechanischen Ergebnissen (Kräfte und Momente) zusätzlich Wärmeströme, die auf Rotor, Schwimmbuchse(n) und Gehäuse wirken.
Damit verbunden ist eine adäquate Beschreibung der thermischen Körper, welche im Rahmen des übergeordneten MKS-Algorithmus (Rotordynamik) implementiert werden muss. Durch die als thermische Körper zu berücksichtigenden Komponenten (Welle, Schwimmbuchsen, Gehäuse) können die Wärmeflüsse sowohl in ihrer Zeitabhängigkeit modelliert als auch die thermischen Wechselwirkungen zwischen den Lagern sowie die Wärmeströme von der Turbine zum Verdichter abgebildet werden.
Bedingt durch die unterschiedlichen Zeitskalen zwischen thermischem und mechanischem System wird abschließend die Verwendung hybrider Integrationsalgorithmen untersucht, um trotz der Erhöhung der Modellierungstiefe die Simulationszeiten in praktikablen Größenordnungen zu halten.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Christoph Rößler
**Kooperationen:** Prof. Thorsten Halle (OvGU, IWF)
**Förderer:** Sonstige - 01.01.2016 - 31.07.2019

**Entstehung und qualitative Prädiktion von Eigenspannungen und Verzug, beim Rotationsreibschweißen**

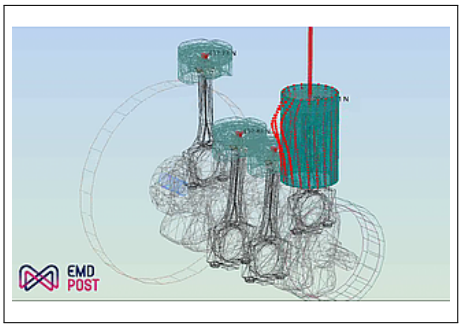



Beim Reibschweißen wird die notwendige Wärme durch eine Relativbewegung und das Aufbringen eines Normaldrucks direkt in der Verbindungszone realisiert, was eine stoffschlüssige Verbindungen zwischen Werkstoffen erlaubt, die mit konventionellen Schweißverfahren nicht umsetzbar sind. Insbesondere bei filligranen Leichtbaukomponenten ist dabei jedoch zu beachten, dass verglichen mit anderen Fügeverfahren hohe Kräfte und Momente entstehen, was sich negativ auf die Eigenspannungen und den Bauteilverzug auswirken kann. Beide bilden sich vorrangig während des Abkühlens, nach dem eigentlichen Schweißprozess, und können mithilfe bishiger Simulationsmodelle aufgrund der Verwendung vonFluidformulierungen nicht ausgewertet werden.
Eine Erweiterung des simulativen Ansatzes dahingehend, die Eigenspannungen qualitativ zu prädiktieren, ermöglicht abschließend präzisere Geometrie- und Prozessempfehlungen.
Dazu wird das verwendete Materialmodell befähigt, elastische, thermische und plastische Dehnungen zu unterscheiden. Weiterhin können Gefügeumwandlungen einbezogen werden, wobei ein empirisches Modell zur Bestimmung der Phasenanteile implementiert wird. Basierend
auf der Phasenzusammensetzung wird sowohl das Fließverhalten des Werkstoffs modiziert als
auch Volumendehnungen aufgrund der veränderten Gitterstruktur berücksichtigt.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Christian Daniel
**Kooperationen:** TOYOTA Motorsport GmbH, Köln; Dr.-Ing. Fabian Duvigneau, (OvGU, IFME)
**Förderer:** Industrie - 01.07.2019 - 30.11.2019

**Analysis of the most important design parameters of the piston liner contact w.r.t the accoustic sensitivity**

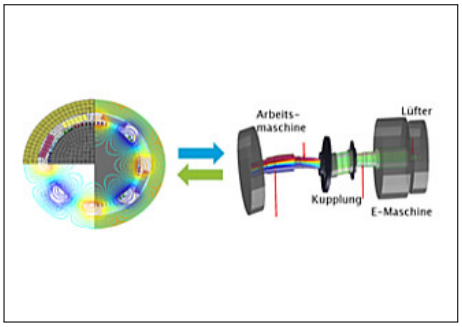



The acoustic emissions of the combustion engine contribute a main part to the pass by noise of a passenger car, which is the main focus of associated NVH activities.
An adequate simulation model of a crank drive with piston liner contact will be developed. The main bearings and lower con-rod bearings will be modeled as HD-contact, which means hydrodynamic contact without local elasticity. The resulting Reynolds equation will be solved numerically in every step of time integration including all effects due to tilting etc. The crankshaft can be modeled with its global elasticity. The connection from the con-rod to the piston will be modeled using linear stiffness and damping. In later steps this connection can be modeled with the elasticity of the piston pin and hydrodynamic effects. The main focus of the developed model is the piston liner contact modeled as EHD contact, which includes hydrodynamic effects and local elastic deformations of the piston and the cylinder.
After the parameter variation, all variants will be analysed due to the vibration of the crank housing, bearing forces and hydrodynamic condition of the piston linear contact.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Kooperationen:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau, (OvGU, IFME)
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.01.2019 - 31.12.2021

**Kompetenzzentrum eMobility - Forschungsbereich Antriebsstrang: Teilprojekt AR3: "Ganzheitliche dynamische Analyse von E-Maschinen"**




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

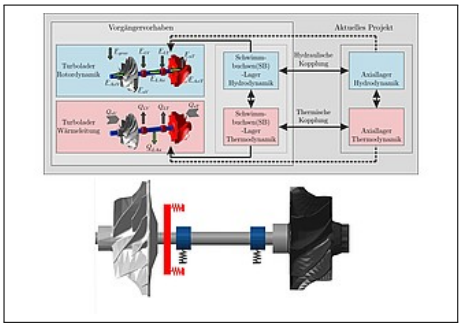
beschäftigungswirksamen wirtschaftlichen Strukturen im Vordergrund.
Ausgehend von einem mehrfach patentierten, weltweit einzigartigen Leichtbaumotorkonzept der OVGU konzentrieren sich die Arbeiten im Forschungsbereich ANTRIEBSSTRANG auf die Weiterentwicklung und prototypische Darstellung der neuen Motortechnologie, deren Integration in den Antriebsstrang sowie deren Betrieb entsprechend gegebener Sicherheits- und Komfortanforderungen (Fahrdynamik). Gleichzeitig bieten sich im Bereich der Grundlagenforschung weitere Innovationsschritte zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Motortechnologie, die in diesem Förderzeitraum erschlossen und in Prototypen umgesetzt werden sollen.

**Beschreibung des Teilprojekts:**
Für elektrische Maschinen ist ein möglichst störungsfreies und konstantes Magnetfeld von großer Bedeutung. Kleinste Änderungen des Luftspaltes führen im Vergleich zur ausgelegten Idealgeometrie zu Veränderungen des Magnetfeldes und somit sowohl zur Änderung des resultierenden Drehmomentes als auch zur Änderung der resultierenden Schwingungserregung, die wiederum zu akustischen Auffälligkeiten des Aggregates führen kann. Lokale und globale asymmetrische Spaltänderungen infolge von last- und betriebsabhängigen Deformationen von Stator und Rotor sind dabei besonders problematisch. Derartige Deformationen entstehen einerseits durch die elektromagnetisch angeregten Strukturschwingungen und werden andererseits durch die rotordynamischen Belastungen verursacht. Aus den genannten Gründen ist es zwingend erforderlich, den Magnetkreis und die Strukturdynamik gemeinsam zu betrachten. Derzeit bietet kein kommerzielles Softwaretool die Möglichkeit, die Wechselwirkungen zwischen Magnetkreis und Strukturschwingungen rückwirkungsbehaftet zu betrachten. Außerdem besteht auch keine Möglichkeit, die Rückwirkung der Rotordynamik auf den Magnetkreis in einem modernen Mehrkörperprogramm zu berücksichtigen. Beide Fragestellungen sind für die Entwicklung von Elektromotoren hinsichtlich Leistung, Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit sowie der Lärmemission von essentieller Bedeutung. Aus diesem Grund sollen im Rahmen des vorgeschlagenen Projektes Softwarelösungen entwickelt werden, die es ermöglichen, den Magnetkreis sowohl in Kombination mit der Vibroakustik als auch der Rotordynamik ganzheitlich betrachten zu können. Im Rahmen der rotordynamischen Betrachtungen spielen natürlich auch die korrekte Abbildung der Lagerungen und deren Belastungen sowie die auftretenden Nichtlinearitäten eine entscheidende Rolle. Die skizzierten Softwareentwicklungen werden sowohl für wälz- als auch für gleitgelagerte Systeme durchgeführt, um unterschiedliche Konzepte von E-Motoren realitätsnah erfassen und bewerten zu können. Im Rahmen der ganzheitlichen vibroakustischen Betrachtungsweise sollen darüber hinaus unterschiedliche Strategien zur Reglung des Erregerstroms implementiert und hinsichtlich ihrer Wirkung analysiert werden.

---

| | |
|---|---|
| **Projektleitung:** | Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke |
| **Projektbearbeitung:** | Prof. Dr. habil. Jens Strackeljan, M.Sc. Christian Ziese, M.Sc. Cornelius Irmscher |
| **Kooperationen:** | ABB Turbo Systems AG; MAN Diesel & Turbo SE; Kompressorenbau Bannewitz GmbH; MTU Friedrichshafen GmbH; IHI Charging Systems International |
| **Förderer:** | BMWi/AIF - 01.10.2019 - 31.03.2022 |

**Dynamik von Abgasturbolader-Rotoren mit gekoppelter Radial- und Axiallagerung**




Ziel des Forschungsvorhabens ist die Verbesserung der bestehenden Berechnungsmethodik für schnell drehende Abgasturbolader (ATL) mit hydrodynamischen Lagern. Nachdem im Vorgängervorhaben die Radiallagerung in Form von Schwimmbuchsenlagern (blau dargestellt) im Fokus stand, adressiert das aktuelle Projekt die Modellierung der Axiallager (rot dargestellt; einfache sowie Schwimmscheibenlager). Dabei sollen die Einflüsse der Axiallager infolge ihrer nichtlinearen Kippsteifigkeit sowie der Kopplung der Axiallager zu den Radiallagern

auf die Rotordynamik untersucht werden. Das schließt auch praxisrelevante Gegenlaufanregungen ein, z.B. durch Motorschwingungen.

Durch die Bewegung der Welle kommt es zur dynamischen Schiefstellung der Spurscheibe sowie ggf. der Schwimmscheibe. Die dabei auftretenden kleinen Spalte führen zu hohen Scherspannungen und damit zu einem signifikanten Wärmeeintrag in das System. Gleichzeitig existieren Wechselwirkungen zwischen den Temperaturen und den hydrodynamischen Eigenschaften (thermische Dehnungen, Viskosität), weshalb die transiente Temperaturentwicklung der Lagerpartner und des Öls modelliert werden muss. Zusätzlich sind Radial- und Axiallager über die Ölversorgungsleitungen miteinander verbunden, deren Einfluss thermo- und hydrodynamisch zu erfassen ist.

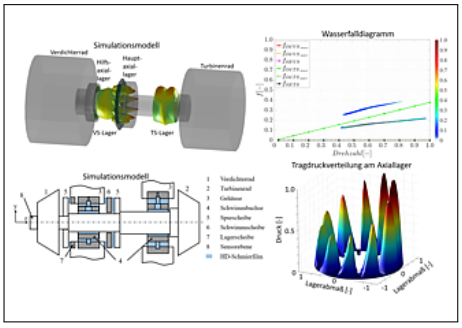
Die einzelnen Aspekte werden in einem ganzheitlichen Simulationsmodell, welches Rotor-, Hydro- und Thermodynamik umfasst, abgebildet und die zugrundeliegenden Differentialgleichungen numerisch im Rahmen einer Zeitintegration gelöst, wobei die Ergebnisse des Vorgängervorhabens konsequent weiterentwickelt werden.

Letztendlich soll die verlässliche Simulation subharmonischer Schwingungen in Frequenz und Amplitude ermöglicht werden, da diese sowohl sicherheitsrelevante Fragestellungen (Anstreifvorgänge) bedingen, als auch drastische Auswirkungen auf die Verlustleistung und die Lebensdauer der Lager haben

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Christian Daniel
**Kooperationen:** Kompressorenbau Bannewitz GmbH
**Förderer:** Industrie - 01.04.2019 - 31.08.2019

**Simulation des dynamischen Verhaltens von quetschöldämpfer-gelagerten ATL**




Im Rahmen der Gesamtauslegung von Rotorsystemen stellt die Konzipierung der Lagerung ein wesentliches Element dar. Dabei werden aus Kostengründen und bedingt durch eine Vielzahl vorteilhafter Eigenschaften überwiegend Gleitlagerelemente verwendet. Dem gegenüber steht allerdings ein verhältnismäßig komplexer Auslegungsprozess, da das Bewegungsverhalten des Rotors relativ zu den Gleitlagern ein stark nichtlineares Verhalten aufweist. Aufgrund der unsymmetrischen Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften können selbsterregte Schwingungen entstehen, die häufig zu einem instabilen Lauf des Rotors führen und als Oil-Whirl bzw. Oil-Whip bekannt sind.
In diesem Kontext kommt der prädiktiven Simulation des Rotorverhaltens eine wesentliche Bedeutung bei, um kostenintensive Prototypenuntersuchungen zu minimieren. Darüber hinaus lassen sich modelltechnisch Variationen experimentell schwer zugänglicher Randbedingungen wie der Unwuchtverteilung durchführen, um a priori das zu erwartende Schwingungsverhalten bewerten zu können.
Da eine Steigerung des Modellierungsgrads in der Regel mit einer Erhöhung der Rechenzeiten einhergeht und dies dem Ziel eines schnellen Auslegungsprozesses entgegenwirkt, muss im Kontext der notwendigen Modellgüte ein adäquater Kompromiss zwischen Genauigkeit der Simulation und resultierendem Aufwand gefunden werden, was auch bei der Modellbildung Parametervariationen nach sich zieht.
Ziel des Projektes ist die Analyse zweier Abgasturbolader mit abweichendem Radiallagerkonzept. Während der Referenzlader mit einer semi-floating Schwimmbuchsenlagerung ausgestattet ist, soll die Neuentwicklung ohne zweiten Schmierfilm auskommen, was als Kompaktlagerung bezeichnet wird. Damit einhergehend sind das zu erwartende Schwingungsverhalten sowie die tribologisch relevanten Lagerparameter im Kontext von Fertigungstoleranzen und der transienten Belastung zu untersuchen, was abschließend eine Bewertung des neuen

Lagerkonzepts ermöglicht

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Christian Daniel
**Förderer:** Industrie - 01.10.2018 - 28.02.2019

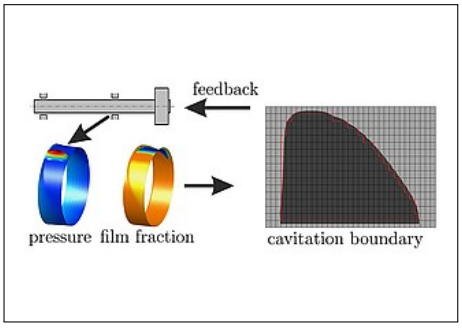
**Aufbau eines Messradprotyps für eine Lastmessung am unmodifiziertem Rad**

Zur Bestimmung von dynamischen Radkräften soll eine Messmethode entwickelt werden, die eine Bestimmung der Kräfte durch die Messung der Belastung des Felgenkörpers erlaubt. Nachteile kommerzieller Produkte sind die nur bedingte Anwendbarkeit auf Spezailfahrzeuge und zudem die Notwendigkeit der Modifikation des Rads, bei der die Felge zerteilt und durch einen zylindrischen Messadapter wieder verbunden wird. Die Kraft die durch den Messadapter geleitet wird, wird intern durch mehrere DMS bestimmt und durch einen vom externen Drehgeber bestimmten Winkel in das stehende System transformiert. Diese Methode ist beim betrachteten Anwendungsfall nicht praktikabel, zudem gibt es keine passenden Messadapter in der notwendigen Größe und dem Lastbereich. Daher soll an der originalen Felge eine zirkulare Dehnungsmessung erfolgen und der Lastzustand im Rad mitrotierend bestimmen werden. Über einen geeigneten Drehgeber (wie den ABS Sensor) und einem zusätzlichen Referenzsensor, der die absolute Position des Rads bestimmt, kann die radfeste Last in ein fahrzeugfestes Koordinatensystem überführt werden.
Am Ende des Projektes steht ein vollständiges Messrad mit Messtechnik zur Verfügung. Ferner erfolgen der Nachweis der Funktionstüchtigkeit und eine Dokumentation der notwendigen Schritte zur Applikation an der realen Felge, wobei das Verfahren voll skalierbar sein soll.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Steffen Nitzschke
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.09.2016 - 31.08.2019

**Numerische Analyse des transienten Verhaltens dynamisch belasteter Rotorsysteme in Gleit- und Schwimmbuchsenlagern unter Berücksichtigung kavitativer Effekte**




Das Ziel des Projekts ist die Verbesserung der Abbildungsgüte von gleit- und schwimmbuchsengelagerten Rotorsystemen unter Berücksichtigung hoher Drehzahlen und variabler dynamischer Lasten. Ein besonderer

Fokus liegt auf der Abbildung transienter Effekte, welche einen massiven Einfluss auf das Systemverhalten aufweisen können.
Für die Betrachtung dieser Probleme existiert kein allgemeingültiger Ansatz, der die nichtlinearen Effekte der hydrodynamischen Lager im Zeitbereich unter Berücksichtigung eines masseerhaltenden Kavitationsalgorithmus beinhaltet. Zur Verbesserung gegenüber dem bisherigen Stand soll das binäre Verhalten der Diskretisierung, welche für die Lösung der beschreibenden Reynoldsschen Differentialgleichung notwendig ist (Zuordnung erfolgt entweder zum Kavitations- oder zum Druckgebiet), regularisiert werden. Damit können einzelne Elemente sowohl Teil des Kavitations- als auch des Druckgebiets sein, wodurch ein stetiger Übergang unabhängig von der Elementierung möglich ist.
Während für technische Anwendungen mit moderaten Drehzahlen häufig reine Gleitlagerkonzepte Anwendung finden, werden im Bereich hoher Drehzahlen weitgehend Konzepte mit Schwimmbuchsenlagern verwendet, deren Neigung zu subharmonischen Schwingungen im Zusammenhang mit rotordynamischen Fragestellungen und dem zu regularisierenden Kavitationsalgorithmus untersucht werden soll.
Mit dem Projekt bietet sich die Möglichkeit das Systemverständnis bei der Simulation von gleit- und schwimmbuchsengelagerten Rotorsystemen zu steigern. Dabei kann mit der erweiterten Modellierungsmethode aufgrund der unbedingt stabilen Konvergenzeigenschaften eine transiente Untersuchung des mechanischen Systems unter Einbeziehung aller dominanten hydrodynamischen Effekte umgesetzt werden.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Andreas Zörnig
**Kooperationen:** aixACCT mechatronics GmbH
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2019 - 31.12.2020

**Messtechnische Erfassung der Wälzkörper im Kugelgelenk bzgl. Roll- und Gleitverhalten**

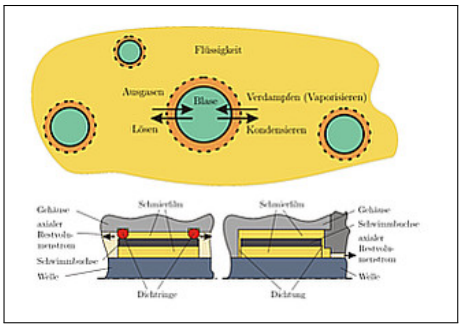
Unabhängig von der Antriebsart konventionell, hybrid oder elektrisch sind Gelenkwellen in Kraftfahrzeugen ein wesentlicher Bestandteil zur Übertragung der Antriebsleistung auf die Räder. Zur Prüfung von Gelenkwellen wird gegenwärtig vorrangig auf Verschleißdauerlauf- sowie Funktionstests zurückgegriffen, welche integral den Zustand des Systems analysieren. Die Mechanismen im Gelenkinneren, speziell die Übergänge von Rollen zu Gleiten der Wälzkörper, welche maßgeblich für den potentiellen Verschleiß des Systems verantwortlich sind, werden nicht oder nur indirekt erfasst.

Im Rahmen des Projekts soll eine multimodale Messmethode und ein darauf aufbauendes Messsystem entwickelt werden, welches das Bewegungsverhalten der einzelnen Wälzkörper in der Gelenkwelle detailliert erfasst und eine spezifische Aussage zur Schadensneigung erlaubt. Mit Hinblick auf eine notwendige Robustheit zur validen Analyse unter realen Randbedingungen werden deshalb teilredundante Messmethoden verbunden und in einem seriennahen Prototypensystem umgesetzt.

---

| | |
|---|---|
| **Projektleitung:** | Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke |
| **Projektbearbeitung:** | M.Sc. Thomas Drapatow |
| **Kooperationen:** | Kompressorenbau Bannewitz GmbH; ABB Turbo Systems AG; MAN Diesel & Turbo SE |
| **Förderer:** | BMWi/AIF - 01.09.2017 - 29.02.2020 |

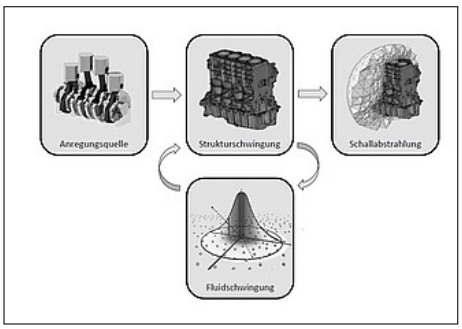
**Quetschöldämpfer - Elemente einer optimierten äußeren Lagerabstützung**




Ziel des Forschungsvorhabens ist eine Erhöhung der Simulationsgüte bzgl. des Einflusses von Quetschöldämpfern (QÖD) auf das rotordynamische Systemverhalten unter Berücksichtigung transienter Lastzustände. Das betrifft vor allem die bei Motor- bzw. Fußpunktanregungen auftretenden, gegenüber der Rotordrehzahl niederfrequenten, Schwingungen bzgl. derer auf Basis von Simulationen Entwurfskriterien für eine wirksame Verbesserung des Ansprech- und Dämpfungsverhaltens erarbeitet werden sollen.
Von speziellem Interesse ist dabei die verlässliche Abbildung der nichtlinearen Dämpfungscharakteristik der QÖD, welche sich auf die Schwingungsamplituden des Rotorsystems auswirkt. Dazu sind signifikante Einflüsse wie konstruktive Randbedingungen (Dichtung), Trägheitseffekte des Öls als Resultat der Baugröße sowie das Kavitationsverhalten (Blasenbildung) zu berücksichtigen. Letzteres soll die Abbildung der transienten Entwicklung der Blasenkonzentration ermöglichen, welche sich auf die Viskosität und damit die Dämpfungseigenschaften auswirkt. Dabei wird aufgrund der nichtlinearen Wechselwirkungen mit der Rotordynamik ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt, der eine direkte Auswertung der Reynolds-Differentialgleichung im Rahmen einer Zeitintegration des Rotorsystems vorsieht. Nach Validierung der Simulationsergebnisse bzgl. der Rotordynamik steht ein abgeglichenes Softwaretool zur Verfügung, das die komplexen Zusammenhänge von Turbomaschinen mit QÖD abbildet.
Als Resultat kann deren effektive Betriebssicherheit erhöht bzw. die Gefahr von Betriebsstörungen und Schäden verringert werden. Die damit einhergehende gesteigerte Auslegungssicherheit ist speziell für KMUs von Interesse, welche die abzuleitenden Entwurfskriterien nutzen können, um neben einer Effizienzerhöhung auch Systemoptimierungen durchzuführen. Somit wird ein Beitrag zur Stärkung der KMU in ihrer Position als kompetenter Ansprechpartner für die zumeist größeren Maschinenhersteller geleistet und Innovationspotential freigesetzt.

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Sascha Duczek, Dipl.-Ing. Sebastian Koch
**Förderer:** Sonstige - 01.01.2015 - 30.06.2019

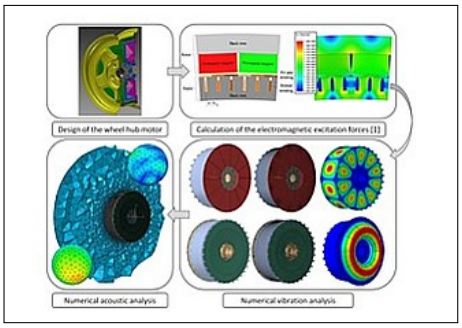
**Partikelbasierter Ansatz für die Fluid-Struktur-Interaktion**




Ziel des Projekts ist es zur Untersuchung der Fluid-Festkörper-Interaktion eine allgemeine Vorgehensweise abzuleiten, welche die bestehenden Berechnungsmethoden der Finiten Elemente Methode (FEM) und der Smoothed Particle Hydrodynamic (SPH) koppeln. Ein im Vorfeld experimentell untersuchtes System, bei dem die Wechselwirkungen zwischen Fluid und umgebender Struktur notwendigerweise abzubilden sind, stellt die Ölwanne dar. Infolge der Ölfüllung kommt es zu einer Verschiebung der Eigenfrequenzen und einer Veränderung der Schwingungsamplituden, was vor allem einen signifikanten Einfluss auf die Schallabstrahlung hat.
Die SPH-Methode ist eine makroskoposche Simulationsmethode, bei der das Fluid durch diskrete Punkte approximiert wird. Das Bewegungsverhalten dieser Punkte, welche jeweils Teilvolumina des Gesamtfluids darstellen, wird mit der Navier-Stokes-Gleichung beschrieben. Namensgebend für dieses Verfahren ist die Glättung der Teilcheneigenschaften, bei der die Wirkung der Nachbarpartikel auf einen Partikel abhängig von deren Abstand ist. Auf diese Weise wird jeder Partikel nur von den Partikeln seiner direkten Nachbarschaft beeinflusst. Daraus resultiert eine große Anzahl kleiner Gleichungssysteme, welche gut parallelisierbar sind und mit geringem numerischen Aufwand gelöst werden können. Zur Abbildung wird aufrund der Bewegung der Fluidpartikel untereinander häufig auf die flexible und robuste lagrangsche, netzlose Methode zurückgegriffen, welche sich besonders für Mehrphasenströmungen und große Verformungen eignet, allerdings auch bei der Simulation von Schweißenprozessen Anwendung findet.
Im Gegensatz zur SPH ist die FEM ein numerisches Verfahren, welches neben anderen physikalischen Problemstellungen vor allem im Bereich von Festigkeits- und Verformungsuntersuchungen angewendet wird.
Während bei der SPH viele kleine Gleichungssysteme gelöst werden, wird bei der FEM ein großes Gleichungssystem gelöst, was einen signifikanten numerischen Aufwand darstellt. Allerdings kann im Gegenzug auf aufwändige Suchoperationen, welche bei der SPH aufgrund der Formulierung notwendig sind, verzichtet werden.
Das allgemeine Konzept der Kopplung der FEM mit der SPH wird in einem ersten Schritt durch eine Co-Simulation beider Teilelemente realisiert, wobei beide Methoden abwechselnd ausgeführt und Übergabeinformationen wie Position und Druck der Partikel bzw. Knoten austauschen werden. Im weiteren Verlauf dieser Untersuchung wird eine vollständige Kopplung der Verfahren angestrebt, bei der nur ein Solver verwendet wird, was eine ganzheitliche Darstellung der Wirkzusammenhänge ermöglicht.

**Projektleitung:** Prof. i. R. Ulrich Gabbert
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau
**Kooperationen:** Prof. Kasper, OvGU, IMS; Prof. Rottengruber, OvGU, IMS; BMW, ProMotion-Programm; BMW
**Förderer:** EU - Sonstige - 01.01.2016 - 31.01.2019

**COMO - COmpetence in MObility; Seriennahes PKW-Antriebssystem mit Radnabenmotoren, Teilprojekt Akustik**



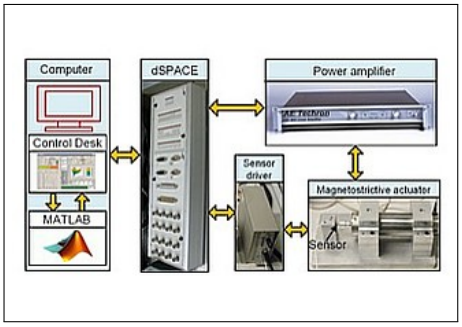

Der Forschungsschwerpunkt **COmpetence in MObility (COMO)**, einem Verbundprojekt im Forschungs- und Transferschwerpunkt **Automotive** der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, befasst sich im weitesten Sinne mit der Elektrifizierung von Kraftfahrzeugen, unter anderem der Energiebereitstellung, der Energiewandlung und der Antriebstechnik sowie mit grundlegend neuen Fragen im Zusammenhang mit der Elektromobilität.

In dem Projekt "Seriennahes PKW-Antriebssystem mit Radnabenmotor, Teilprojekt "Akustik" geht es um die Verbesserung der akustischen Eigenschaften von in der Entwicklung befindlichen Radnabenmotoren. Das Ziel ist es, den Motor im Betriebszustand akustisch unauffällig zu gestalten. Als Grundlage für die akustische Optimierung wird ein ganzheitlicher Modellansatz verfolgt, mit dem das Schwingungsverhalten des Radnabenmotors bei unterschiedlichen Betriebszuständen und die sich daraus ergebende Schallabstrahlung berechnet werden können. Mit einem solchen ganzheitlichen Modell, das zukünftig neben den mechanischen und akustischen Feldern auch die thermischen und elektrischen Einflüsse umfassen soll, erfolgt die akustische Optimierung des Rades mit Radnabenmotor. Grundlagen dazu wurden in einem Vorgängerprojekt für die Motorenakustik entwickelt und erfolgreich experimentell erprobt.

---

**Projektleitung:** Prof. i. R. Ulrich Gabbert
**Projektbearbeitung:** Zhi Li
**Kooperationen:** Prof. Jinjun Shan, York University, Toronto, Canada
**Förderer:** Alexander von Humboldt-Stiftung - 01.11.2016 - 31.05.2019

**Modeling and control of smart materials-based actuators and their applications**




In recent years, as a result of rapid development in the fields of aerospace, optics, telecommunication, etc., demands for ultraprecision devices have been ever-increasing. A practical solution to achieve ultraprecision devices is to integrate piezo actuators and sensors into the structure and to develope a methodology for control

the accuracy of the device. Piezo materials belong to a class of so called smart materials that are capable of changing their physical properties, such as the shape, in response to an externally applied stimulus. In comparison with traditional electric motors, the smart material-based actuators have the advantages of lightness, low noise levels, low power requirements and high reliability. Therefore, they are widely used in applications of micro/nano-robots, micro-manipulation and micro/nano positioning stage. However, their characteristics (nonlinearities, badly damped vibrations, etc.) require the use of advanced control techniques. In addition to these characteristics, the particularity of working at the micro/nano-scale makes their control even more challenging.

The current research work is control of multiple piezoelectric actuators (PEAs) in Fabry-Perot spectrometer (FPS). The FPS can provide multispectral mappings for research on atmospheric science and planetary mineralogy, such as measuring the Earths O2-A band, aerosol, surface albedo, and pressure. The developed FPS uses three PEAs to provide spectral tuning of the desired optical signal transmittance by selecting the gap spacing of a tuneable optical filter. The PEAs are required to be controlled at nanometer steps with high accuracy.

One challenge we are currently working on at OVGU is the implementation of the inverse compensator for the Preisach model in F-P system. If the Preisach model is utilized to describe the hysteresis effect, it requires at least more than 10K elementary relay operators. The inverse compensator is built based on the model, which also needs more than 10K relay operators. Therefore, it causes the implementation problem when implementing the inverse compensator. To overcome this problem, we applied the model order reduction approach to reduce the number of the relay operators in the Preisach model. In our current work, we have successfully used 200 relay operators to describe the hysteresis effect and at the same time to preserve the model accuracy. This work has been published in IEEE Transactions on Industrial Electronics (Impact factor: 7.168). The next step will be applying the proposed approach to construct the inverse compensator for the three PEAs in the F-P system.

---

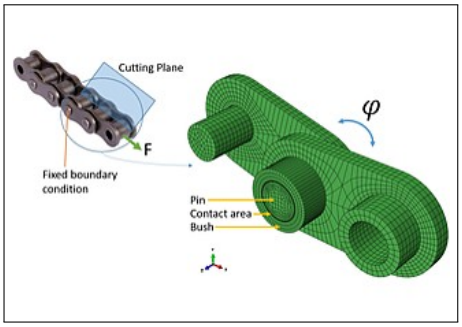
| | |
|---|---|
| **Projektleitung:** | Prof. i. R. Ulrich Gabbert |
| **Projektbearbeitung:** | Dr.-Ing. Fabian Duvigneau |
| **Kooperationen:** | Prof. Kasper, OvGU, IMS; Prof. Jüttner, IWF; Prof. Woschke. IFME; Prof. Beyrau, ISUT |
| **Förderer:** | EU - Sonstige - 31.01.2019 - 31.12.2021 |

**KeM - Kompetenzzentrum eMobilty, Teilprojekt AR4: Leichtbau und Akustik von Elektromotoren**

Der abgestrahlte Lärm ist ein zentrales Problem aller elektrischen Maschinen. Dies liegt vor allem daran, dass die typische Schallemission eines Elektromotors sehr tonal und sehr hochfrequent ist und somit einerseits im Bereich der Hörfläche liegt, in dem der Mensch am besten hört, und andererseits als besonders lästig empfunden wird. Aus diesem Grund sollen im Rahmen dieses Teilprojektes Methoden und Lösungen erarbeitet werden, um das akustische Verhalten von elektrischen Maschinen signifikant zu verbessern. Das Ziel besteht nicht nur darin, den Schalldruckpegel zu reduzieren sondern zusätzlich auch ein möglichst unauffälliges beziehungsweise angenehmes Geräusch zu erzielen, weshalb das menschliche Wahrnehmungsvermögen in die Betrachtungen mit einbezogen wird. Für die Entwicklungen werden sowohl modernste kommerzielle Simulationsmethoden sowie eigene Softwareerweiterungen eingesetzt als auch umfangreiche experimentelle Untersuchungen und Hörversuche genutzt. Die experimentellen Untersuchungen umfassen Schwingungsanalysen mittels Laservibrometrie im stehenden und rotierenden System (Derotatormessungen), Messungen des Schalldrucks mit Fernfeldmikrofonen sowie Messungen mit Mikrofonarrays (akustische Kamera) in einer schallarmen Kammer. Das Ziel der experimentellen Untersuchungen besteht darin, einerseits die Simulationsmodelle zu validieren und andererseits den Mehrwert der erarbeiteten Lösungen nachzuweisen. Neben der Akustik steht der Leichtbau im Fokus. Die zu erarbeitenden Konzepte sollen sowohl akustisch unauffällig sein als auch eine minimale Masse besitzen.
Dabei werden unter anderem alternative Materialien (Al-Schaumstrukturen, Metamaterialien, GFK, CFK), innovative Dämpfungsstrategien, neuartige Konstruktionsdesigns (z.B. additive Fertigung), sowie die Einbeziehung von Anbauteilen (z.B. Getriebe) im Sinne zusätzlicher Anregungsquellen untersucht. Um sicherzustellen, dass die strukturelle Integrität trotz der ergriffenen Leichtbaumaßnahmen gewährleistet ist, werden Spannungsanalysen und Festigkeitsberechnungen durchgeführt. Diese beinhalten sowohl statische als auch dynamische Lastfälle. Die dynamischen Spannungsanalysen sind zwingend erforderlich, um den wirkenden Trägheitskräften infolge der zeitlich stark veränderlichen Vorgänge sowie den impulshaften Anregungen während typischer Betriebsszenarien Rechnung zu tragen.

**Projektleitung:** Prof. i. R. Ulrich Gabbert
**Projektbearbeitung:** Robert Tandler
**Kooperationen:** Prof. Woschke. IFME; BMW, ProMotion-Programm
**Förderer:** Industrie - 30.11.2017 - 31.10.2020

**Ein physikalisch motiviertes Verschleißmodell für Kettentriebe in PKW-Motoren**




Kettentriebe werden in Ottomotoren vielfach zum Antrieb von Nockenwellen, Ausgleichswellen oder Pumpen eingesetzt. Sie sind im Motorbetrieb komplexen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt, welche zu Verschleiß zwischen Bolzen und Lasche in einzelnen Kettengliedern und damit insgesamt zu einer Längung der Kette führen. Diese Längung kann ab einer bestimmten Ausprägung nicht mehr vom verwendeten Spannsystem ausgeglichen werden. Als Folge davon treten unliebsame Geräusche wie Heulen oder Rasseln auf, und es kann in Extremfällen auch zu Motorschäden kommen, z.B. beim Überspringen der Kette über einzelne Zähne oder bei Kettenrissen. Aktuell vorliegende Verschleißprobleme machen deutlich, dass im realen Kundenbetrieb Verschleißmechanismen auftreten, die bisher in der Auslegung nicht abgebildet werden.
Es ist daher Ziel des Projektes, ein physikalisch motiviertes Verschleißmodell für Kettentriebe zu erstellen, mit dem eine verbesserte Aussage über die Lebensdauer eines Kettentriebes im realen Kundenbetrieb möglich ist. Das Modell soll grundsätzlich auf den relevanten physikalischen Parametern des tribologischen Systems (z.B. Geometrie, Oberflächenkennwerte, Härte, Eigenspannungen etc.) basieren, zum anderen aber auch den Einfluss wesentlicher Randbedingungen im Motorbetrieb wie Fahrprofil und Ölqualität (z. B. Viskosität, Säure- oder Rußgehalt etc.) abbilden. Mit solch einem Modell sollen Verschleißgeschwindigkeiten für den Kettentrieb in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Motors ermittelt werden können.
Im Projekt wird der Kettenverschleiß mit Hilfe eines dynamisches Kontaktproblems zwischen Bolzen und Lasche unter wechselnden Schmierungsrandbedingungen betrachtet, wobei erschwerend hinzu kommt, dass sich die Kontaktpartner Bolzen und Lasche durch den Umlauf der Kette um die Kettenräder unter einer periodisch schwankenden Normalkraft (Trumkraft) permanent in einem bestimmten Winkelbereich gegeneinander verdrehen. Die physikalische Modellbildung führt zu einem komplexen zeitabhängigen nichtlinearen Differentialgleichungssystem, das nur numerisch unter Nutzung der FEM (Finite-Element-Methode) gelöst werden kann. Erforderliche Eingangsparameter für die Berechnungen müssen dabei experimentell ermittelt werden [1]. Die zeitlich veränderlichen Belastungen der Bolzen-Hülse-Verbindung während eines Kettenumlaufs werden mit Hilfe von Mehrkörpersimulationen gewonnen. Besondere Überlegungen und Entwicklungen waren erforderlich, um (a) zu einem physikalisch begründeten Verschleißmodell zu gelangen, (b) das sich daraus ergebende nichtlineare Kontaktproblem zwischen Hülse und Bolzen geeignet zu beschreiben [2]-[6], (c) ein ausreichend genaues, jedoch von der Elementanzahl her reduziertes 3D-FEM-Modell zu entwickeln sowie (d) durch eine geeignete Extrapolation die extremen Rechenzeiten für die Zeitablaufrechnung auf ein akzeptables Maß zu begrenzen ohne die Ergebnisgenauigkeit wesentlich zu verschlechtern. Nur durch diese Entwicklungen war es beispielsweise möglich, den Kettenverschleiß nach einer Motorlaufzeit von 50.000 km zu berechnen. Der numerisch berechnete Kettenverschleiß wird mit Ergebnissen bewertet, die durch Messungen an realen Fahrzeugketten aus Kundenfahrzeugen gewonnen wurden. Die ersten Simulationsergebnisse zeigen, dass es mit der für die Verschleißberechnung entwickelten neuen Methodik möglich ist, realistische Vorhersagen des Kettenverschleißes zu gewinnen [7].

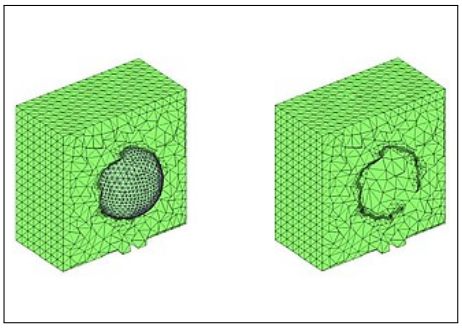
[1]Tandler, R., Bohn, N., Gabbert, U., Woschke, E.: Experimental investigation of the internal friction in automitive bush chain drives systems, *Tribology International*, Vol. 140 (2019), Article 105871, https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.105871.
[2]Gabbert, U.: Berücksichtigung von Zwangsbedingungen in der FEM mittels Penalty-Funktions-Methode, Technische Mechanik 4, 1983, Heft 2, S.40-46.

[3]Buczkowski,R., Kleiber,M., Gabbert,U.: On linear and higher order standard finite elements for 3D-nonlinear contact problems. Computers and Structures Vol. 53 (1994), No. 4, pp.817-823.
[4]Gabbert, U., Graeff-Weinberg, K.: Eine pNh-Elementformulierung für die Kontaktanalyse. ZAMM 74 (1994), 4, pp. 195-197.
[5]Buczkowski, R., Gabbert, U.: Finite-Elemente-Formulierung des 3D-Kontaktproblems unter Berücksichtigung eines verfestigenden Reibungsgesetzes. ZAMM Vol. 76, 1996, Supplement 5, pp. 81-83.
[6]Weinberg, K., Gabbert, U.: An adaptive pNh-technique for global-local finite element analysis. Engineering Computations: Int. J. Comp.-Aided Engng and Software, Vol. 19 No. 5, 2002, pp. 485-500.
[7]Tandler, R., Bohn, N., Gabbert, U., Woschke, E.: Analytical wear model and its application for the wear simulation in automotive bush chain drive systems, *Tribology International* (submitted, September 2019).

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Sascha Duczek
**Kooperationen:** Prof. Ulrich Gabbert
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2016 - 31.01.2019

**Erweiterung fiktiver Gebietsmethoden hoher Ansatzordnung auf unstrukturierte Netze (Projektverantwortlicher: Dr.-Ing. Sascha Duczek)**



Das von Dr.-Ing. Sascha Duczek zur Finanzierung der eigenen Stelle erfolgreich eingeworbene DFG-Projekt verfolgt das Ziel, die Spektrale-Zellen-Methode (SCM) für unstrukturierte Netze zu erweitern. In diesem Zusammenhang werden unterschiedliche Typen von unstrukturierten Netzen betrachtet und dafür geeignete höherwertige knotenbasierte und modale Ansatzfunktionen entwickelt. Tetraederelemente nehmen unter den unstrukturierten Netzen eine Sonderstellung ein, da beliebige Geometrien mit Tetraedern diskretisiert werden können und zahlreiche leistungsfähige Netzgeneratoren verfügbar sind. Daher besteht ein wichtiger erster Schritt in der Entwicklung der Tetraeder-SCM. Das methodische Konzept wird dabei so gestaltet, dass es möglich ist, weitere Spezialelemente, wie Prismen und Pyramiden, sowie beliebig polygonale Elemente in die Berechnungen einzubeziehen.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau
**Kooperationen:** Enercon GmbH; Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke (OvGU/IFME)
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.12.2019 - 30.11.2022

**DampedWEA - Innovative Konzepte zur Schwingungs- und Geräuschreduktion getriebeloser Windenergieanlagen**

Das Ziel des Verbundvorhabens DampedWEA ist die Erhöhung der Akzeptanz von Windenergieanlagen (WEA). Dadurch sollen neue Gebiete für WEA, insbesondere in der Nähe bewohnter Gebiete, erschlossen werden. Dazu ist eine Verminderung des abgestrahlten Schallpegels erforderlich. In diesem Verbundvorhaben liegt der Fokus auf den tonalen Emissionen, die durch die erfolgreiche Optimierung hinsichtlich aeroakustischer Emissionen immer stärker in den Vordergrund treten und nun ein Problem darstellen. Um diese ausreichend zu reduzieren, kommen innovative Konzepte zur Schwingungs- und Lärmreduktion zum Einsatz. Die wesentliche Quelle der tonalen Störgeräusche ist der Generator, da sich die Vibrationen aus dem Generator über die Lager und den Antriebsstrang oder über die Generatortragstruktur in die gesamte Windenergieanlage ausbreiten und schließlich als Schall abgestrahlt werden. Tonale Geräusche sind für die Akzeptanz der Bevölkerung besonders kritisch, da diese als wesentlich lästiger wahrgenommen werden als ein breitbandiges Rauschen.

In diesem Projekt sollen Transmissionspfade untersucht werden, an denen die Erforschung des Lärmminderungspotentials erfolgversprechend ist. Darüber hinaus werden viele verschiedene Kon-zepte erprobt, die teilweise weit über den aktuellen Stand der Technik hinausgehen. Das Projekt wird im Konsortium bestehend aus WRD/Enercon mit den Forschungspartnern DLR, Fraunhofer IFAM, der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Leibniz Universität Hannover durchgeführt.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau
**Förderer:** Industrie - 01.06.2019 - 31.08.2019

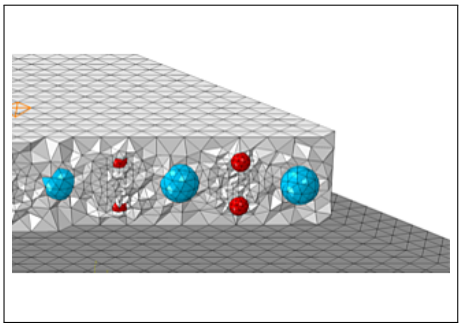
**Berechnung von Wasserkraftgeneratoren**

In diesem Projekt ging es um die Schwingungsanalyse einer Wasserkraftgenerator-Anlage. Dabei war es das Ziel mögliche Verbesserungsmaßnahmen hinsichtlich des vibroakustischen Verhaltens zu entwickeln und auf Basis der Ergebnisse detaillierter numerischer Studien zu bewerten.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Márton Petö
**Kooperationen:** Dr.-Ing. Sascha Duczek
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.08.2019 - 31.07.2022

**Kopplung fiktiver Gebietsmethoden mit der Randelementemethode für die Analyse akustischer Metamaterialien**

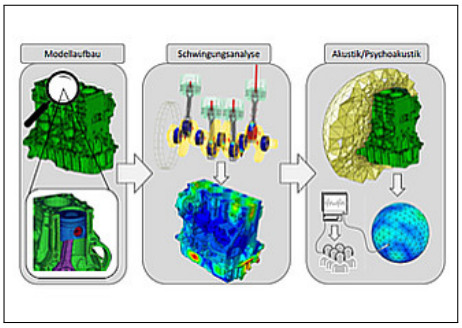


Im Fokus des vorliegenden Projektantrages stehen innovative akustische Metamaterialien. Dabei handelt es sich beispielsweise um akustisch wirksame Schaummaterialien, in denen durch zusätzlich eingebrachte Festkörper mit hoher Steifigkeit lokale Resonanzeffekte erzeugt werden sollen. Auf diesem Weg soll erreicht werden, dass die Dämm- bzw. Dämpfungswirkung dieser Materialien insbesondere im tieffrequenten Bereich signifikant verbessert wird. Allerdings fehlen bisher allgemeine Richtlinien, wie ein akustisches Metamaterial zu gestalten ist, um eine bestmögliche und insbesondere eine breitbandige Wirkung zu erzielen. Das Ziel des beantragten Projektes ist es, ein zuverlässiges und effizientes numerisches Werkzeug zu entwickeln, um in weiterführenden Forschungsarbeiten eine umfassende Analyse der Mechanismen, Einflussfaktoren und Designparameter sowie gezielte Topologieoptimierungen akustischer Metamaterialien durchzuführen zu können. Für die vibroakustischen Analysen soll eine Kopplung der Finiten Zellen Methode (FCM) und der Randelementemethode (BEM) entwickelt werden. Die FCM soll für die strukturdynamischen Berechnungen eingesetzt werden, um die heterogene Struktur der Metamaterialien adäquat und effizient abzubilden. Für die Bewertung verschiedener akustischer Metamaterialien wird der resultierende Schalldruck im umgebenden Luftvolumen sowie die abgestrahlte Schallleistung herangezogen. Die Berechnung der Schallabstrahlung erfolgt mit Hilfe der BEM, da diese insbesondere für die Bewertung im Fernfeld im Vergleich zu volumendiskretisierenden Methoden eine effiziente Möglichkeit zur Berechnung des akustischen Feldes darstellt. Im Rahmen des Projektes sollen auch die Vorteile höherwertiger Ansatzfunktionen ausgenutzt werden. Nach erfolgreicher Implementierung werden kommerzielle FE-basierte Berechnungsprogramme, analytische Vergleichslösungen und experimentelle Untersuchungen genutzt, um die entwickelten Methoden ausführlich zu verifizieren und zu validieren.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Fabian Duvigneau
**Kooperationen:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke (OvGU/IFME)
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.07.2019 - 30.06.2022

**Innovative Simulationsverfahren für die akustische Auslegung von Automobilen**




Dieses Projekt ist eine Kooperation der Juniorprofessur Fluid-Struktur Kopplung in Mehrkörpersystemen und des Lehrstuhls für Numerische Mechanik mit jeweils einem wissenschaftlichen Mitarbeiter pro Partner. Das

Kernziel des Projektes ist die Entwicklung einer praxistauglichen Simulationsmethodik zur Berechnung von Schallemissionen von Motoren und deren psychoakustische Bewertung. Dies ermöglicht es, Auswirkungen von Strukturmodifikationen (Steifigkeit, Massenverteilung) sowie tribologischen Systemparametern (Lagerspiele, Viskosität, Desachsierung und Füllungsgrad) unmittelbar auf die Anregungsmechanismen und die inneren Körperschallwege zurückzuführen und präventiv im Sinne einer akustischen Optimierung durch konstruktive und tribologische Maßnahmen zu bekämpfen. Dieser reine Virtual Engineering Ansatz soll gänzlich ohne reale Prototypen auskommen und somit bereits früh im Motorentwicklungsprozess eine akustische Bewertung ermöglichen. Somit können in Abstimmung mit den Entwicklergruppen angrenzender Themenbereiche konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der akustischen Qualität realisiert werden, ohne andere wichtige Auslegungskriterien, wie Leistung, Schadstoffemission oder Gesamtmasse, negativ zu beeinflussen.
Im Gegensatz hierzu sind passive Maßnahmen zur Bekämpfung von Schallemissionen durch beispielsweise Dämmungen in der Regel kostenintensiv, da sie neben zusätzlichem Material auch zusätzliche Montageschritte erfordern und sich somit auf den Produktionsprozess auswirken. Gleichzeitig steht dies dem Gedanken des Leichtbaus sowie der Verbrauchsreduktion und Umweltfreundlichkeit entgegen und führt zu einem zusätzlichen Bauraumbedarf, der üblicherweise eine sehr knappe Ressource bei der Entwicklung moderner Motoren und Automobile darstellt. Das grundsätzliche Problem dieser heutzutage immer häufiger eingesetzten Dämmmaßnahmen ist deren symptomatischer Ansatz, welcher zwar die Wirkung bekämpft, die Ursachen der akustischen Störung aber außer Acht lässt.
Die ganzheitliche Methodik, die in diesem Projekt im Fokus steht, ermöglicht hingegen direkt die Analyse und Bekämpfung der Ursache der störenden Schallemissionen. Zusätzlich lässt die psychoakustische Bewertung der Schallemission eine Kategorisierung in störende und weniger störende Schallemissionen zu. Dadurch kann das Design gezielt so verändert werden, dass das entstehende Geräusch vom Menschen als angenehmer empfunden wird, schließlich kann ein leises Geräusch trotzdem störender empfunden werden als ein lautes.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Rainer Glüge
**Kooperationen:** Max Planck Institut für Eisenforschung Düsseldorf
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2019 - 01.04.2020

**Spektralmethoden für kugelförmige repräsentative Volumenelemente**

Direkt gekoppelte Mehrskalensimulationen ermöglichen bei Bauteil- oder Umformsimulationen die Mikrostruktur des Materials und deren Entwicklung präzise vorherzusagen und ermöglichen so die Vorhersagequalität zu verbessern.Leider ist der Rechenaufwand hierfür oftmals zu hoch, da auf der Makroebene an jedem Integrations- oder Kollokationspunkt der Simulation ein repräsentatives Volumenelement (RVE) hinterlegt ist, welches selbst eine numerische Lösungsmethode erfordert.
Dieses kann man sich als kleine virtuelle Materialprobe vorstellen, an der die effektiven Materialeigenschaften ermittelt werden, welche in die Bauteil- oder Umformsimulation eingehen.

Da immer wieder das gleiche Lösungsgebiet simuliert wird, benötigt man für die RVE-Rechnungen nicht die Flexibilität der Finiten Elemente Methode (FEM), womit man an das Lösungsgebiet angepasste, optimierte Löser entwickeln kann. So ist bei würfelförmigen, periodisch fortsetzbaren RVE die Verwendung eines Spektrallösers von Vorteil.

Alternativ kann Rechenaufwand durch die Verkleinerung des RVE-Simulationsgebietes reduziert werden.Hier gibt es verschiedene Methoden wie zum Beispiel die Verwendung einer statistisch optimierten Mikrostruktur. Ein weiterer Ansatzpunkt für effiziente RVE-Modelle ist die Anpassung der RVE-Form. Bei Verwendung kugelförmiger RVE kann das Simulationsvolumen verkleinert werden, da der Randeinfluss von vornherein kleiner als bei würfelförmiger RVE ist, als weiterer Vorteil wird keine Anisotropie durch die Wahl der RVE-Orientierung induziert.

Für thermomechanische Probleme auf kugelförmigen Gebieten wurde bisher kein angepasster Löser entwickelt. Die bisher entwickelten Spektralmethoden lassen nicht ohne weiteres von den würfelförmigen RVE auf die kugelförmigen RVE übertragen.Daher ist das Projektziel, einen an das kugelförmige Gebiet angepassten Löser für thermomechanische Rand- und Anfangswertprobleme zu entwickeln.

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

- Plasticity 2019, Panama City, Panama, January 3-9, 2019, (Minisymposium organized by Holm Altenbach & Michael Brünig: Damage in Advanced Materials)
- 13th International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting ACE-X 2019, Athens/Greece, July 1-5, 2019 (co-chair Holm Altenbach)
- Session on New Approaches for Localization Problems at the XV. International Conference on Computational Plasticity - Fundamentals and Applications (COMPLAS) in Barcelona, Spain, September 3-5, 2019 (Organizers Konstantin Naumenko & Daniel Juhre)

# 9. VERÖFFENTLICHUNGEN

## BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFSÄTZE

**Aßmus, Marcus; Naumenko, Konstantin; Öchsner, Andreas; Eremeyev, Victor; Altenbach, Holm**
A generalized framework towards structural mechanics of three-layered composite structures
Technische Mechanik - Magdeburg: Inst, Bd. 39.2019, 2, S. 202-219;

**Bagheri, Behnaz; Schulze, Stefan-H.; Naumenko, Konstantin; Altenbach, Holm**
Identification of traction-separation curves for self-adhesive polymeric films based on non-linear theory of beams and digital images of T-peeling
Composite structures: an international journal - Amsterdam: Elsevier, Bd. 216.2019, S. 222-227;
[Imp.fact.: 4.101]

**Chavalla, Sharath; Hoffmann, Thomas; Juhre, Daniel**
Simulation of NiTi stent deployment in a realistic patient carotid artery using isogeometric analysis
Procedia structural integrity - Amsterdam: Elsevier, Bd. 15.2019, S. 8-15;

**Duvigneau, Fabian; Daniel, Christian; Koch, Sebastian; Woschke, Elmar**
NVH in electric mobility - vibration analysis using a derotator
ATZ worldwide - Wiesbaden: Springer Automotive Media, Bd. 121.2019, 6, S. 66-71;

**Duvigneau, Fabian; Duczek, Sascha**
Highorder shape functions for interior acoustics
Proceedings in applied mathematics and mechanics - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Volume 19, issue 1 (2019), article e201900010;
[Special Issue: 90th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM)]

**Eisenträger, Johanna; Naumenko, Konstantin; Altenbach, Holm**
Numerical analysis of a steam turbine rotor subjected to thermo-mechanical cyclic loads
Technische Mechanik - wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik - Magdeburg: Inst., Bd. 39.2019, 3, S. 261-281;

**Eisenträger, Johanna; Naumenko, Konstantin; Kostenko, Yevgen; Altenbach, Holm**
Thermomechanical analysis of a steam turbine rotor
Proceedings in applied mathematics and mechanics - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Volume 19, issue 1 (2019), article e201900361;
[Special Issue: 90th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM)]

**Gehrmann, Oliver; Kröger, Nils Hendrik; Juhre, Daniel**
Improved material parameter identification for end-of-life predictions under mechanical fatigue
Kautschuk, Gummi, Kunststoffe - Heidelberg: Hüthig, Bd. 72.2019, 2, S. 31-34

**Gehrmann, Oliver; Kröger, Nils Hendrik; Krause, Maria; Juhre, Daniel**
Dissipated energy density as fatigue criterion for non-relaxing tensional loadings of non-crystallizing elastomers?
Polymer testing - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 78 (2019), article 105953;
[Imp.fact.: 2.943]

**Glüge, Rainer; Mahmood, N.; Kolesov, I.; Altenbach, Holm; Beiner, M.; Androsch, R.**
The effect of the skin-core structure of injection-molded isotactic polypropylene on the stress distribution in bending tests
Technische Mechanik - wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik - Magdeburg: Inst., Bd. 39.2019, 3, S. 252-260;

**Javanbakht, Z.; Aßmus, Marcus; Naumenko, Konstantin; Öchsner, A.; Altenbach, Holm**
On thermal strains and residual stresses in the linear theory of antisandwiches
ZAMM - Berlin: Wiley-VCH, Volume 99, issue 8 (2019), Article e2019000062, insgesamt 17 Seiten;
[Imp.fact.: 1.467]

**Kauss, Olha; Tsybenko, H.; Naumenko, Konstantin; Hütter, Sebastian; Krüger, Manja**
Structural analysis of gas turbine blades made of Mo-Si-B under transient thermo-mechanical loads
Computational materials science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 165.2019, S. 129-136;
[Imp.fact.: 2.53]

**Kostyrko, Sergey; Grekov, Mikhail; Altenbach, Holm**
Stress concentration analysis of nanosized thin-film coating with rough interface
Continuum mechanics and thermodynamics - Berlin: Springer, 2019;
[Online first]
[Imp.fact.: 2.311]

**Krüger, Manja; Kauss, Olha; Naumenko, Konstantin; Burmeister, C.; Wessel, E.; Schmelzer, Janett**
The potential of mechanical alloying to improve the strength and ductility of Mo-9Si-8B-1Zr alloys - experiments and simulation
Intermetallics - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Vol. 113 (2019), Artikel 106558;
[Imp.fact.: 3.353]

**Li, Zhi; Shan, Jinjun; Gabbert, Ulrich**
Dynamics modeling and synchronized model predictive control for a fabry-perot spectrometer
IEEE ASME transactions on mechatronics - New York, NY: IEEE, S. 1-10, 2019;
[Online first]
[Imp.fact.: 4.943]

**Li, Zhi; Shan, Jinjun; Gabbert, Ulrich**
Inverse compensator for a simplified discrete preisach model using model-order reduction approach
IEEE transactions on industrial electronics - New York, NY: IEEE, Bd. 66.2019, 8, S. 6170-6178;
[Imp.fact.: 7.503]

**Liu, Zheng Kun; Juhre, Daniel**
Phase-field modelling of crack propagation in anisotropic polycrystalline materials
Technische Mechanik - Magdeburg: Inst, Bd. 38.2018, 3, S. 286-299, 2019;

**Lloret, Maria Gavila; Duvigneau, Fabian; Gabbert, Ulrich; Rottengruber, Hermann**
Prediction of the airborne sound transmission through the front end of a vehicle
Automotive and engine technology - [Cham, Switzerland]: Springer International Publishing, insges. 10 S., 2019;
[Online First]

**Makvandi, Resam; Duczek, Sascha; Juhre, Daniel**
A phase-field fracture model based on strain gradient elasticity
Engineering fracture mechanics - Kidlington: Elsevier Science, Volume 220 (2019), article 106648;
[Imp.fact.: 2.908]

**Nazarenko, Lidiia; Chirkov, Aleksandr Yu.; Stolarski, Henryk; Altenbach, Holm**
On modeling of carbon nanotubes reinforced materials and on influence of carbon nanotubes spatial distribution on mechanical behavior of structural elements
International journal of engineering science - New York, NY [u.a.]: Science Direct, Bd. 143.2019, S. 1-13;
[Imp.fact.: 9.052]

**Nazarenko, Lidiia; Stolarski, Henryk; Altenbach, Holm**
A statistical interphase damage model of random particulate composites
International journal of plasticity - New York, NY: Pergamon Press, Bd. 116.2019, S. 118-142;
[Imp.fact.: 5.502]

**Rahman, Rana Atta ur; Juhre, Daniel; Halle, Thorsten; Mehmood, Shahid; Asghar, Waqas**
Types, DSC thermal characterization of Fe-Mn-Si based shape memory smart materials and their feasibility for human body in Ttrms of austenitic start temperatures
Journal of engineering technology - Ferguson, Mo: EDT, Bd. 8.2019, 1, S. 185-206;
[Imp.fact.: 1.25]

**Rizov, V.; Altenbach, Holm**
Application of the classical beam theory for studying lengthwise fracture of functionally graded beams
Technische Mechanik - Magdeburg: Inst, Bd. 39.2019, 2, S. 229-240;

**Rizov, Victor I.; Altenbach, Holm**
On the analysis of lengthwise fracture of functionally graded round bars
Integritet i vek konstrukcija: zajedniko izdanje Drutva za integritet i vek konstrukcija (DIVK) i Instituta za ispitivanje materijala (IMS): zajedniko izdanje Drutva za integritet i vek konstrukcija (DIVK) i Instituta za ispitivanje materijala (IMS) - Beograd: Drutvo, Bd. 19.2019, 2, S. 102-108, 2029

**Singh, A.; Das, S.; Altenbach, Holm; Craciun, E.M.**
Semiinfinite moving crack in an orthotropic strip sandwiched between two identical half planes
ZAMM: journal of applied mathematics and mechanics - Berlin: Wiley-VCH, 2019;
[Online first]
[Imp.fact.: 1.467]

**Tandler, Robert; Bohn, Niels; Gabbert, Ulrich; Woschke, Elmar**
Experimental investigations of the internal friction in automotive bush chain drive systems
Tribology international - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 140 (2019), Article 105871;
[Imp.fact.: 3.246]

**Tolcha, Mesay Alemu; Altenbach, Holm; Shunki Tibba, Getachew**
Modeling fatigue crack and spalling for rolling die under hot milling
Fatigue & fracture of engineering materials & structures - Oxford [u.a.]: Wiley-Blackwell, Bd. 42.2019, 12, S. 2611-2624;
[Imp.fact.: 2.555]

**Tolcha, Mesay; Altenbach, Holm**
Numerical modeling rolling contact problem and elasticity deformation of rolling die under hot milling
Metals: open access journal - Basel: MDPI, Bd. 9.2019, 2, S. 226;
[Imp.fact.: 1.704]

**Wakjira, Melesse Workneh; Altenbach, Holm; Perumalla, Janaki Ramulu**
Analysis of CSN 12050 carbon steel in dry turning process for product sustainability optimization using taguchi technique
Journal of Engineering - New York, NY: Hindawi Publishing, Vol. 2019.2019, Article ID 7150157, insgesamt 10 Seiten;

## NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFSÄTZE

**Duvigneau, Fabian**
Elektromobilität - neue Herausforderungen für die Akustik
Magdeburg: VDI, Landesverband Sachsen-Anhalt, Bd. 28.2019, 2, S. 15-16

## BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

**Altenbach, Holm**
Airy, George Biddell
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Bernoulli, Daniel
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Bernoulli, Jakob I
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Bingham, Eugene Cook
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Bridgman, Percy Williams
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Bruhns, Otto T.$BVerfasserIn$4aut
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Bruhns, Otto T.$BVerfasserIn$4aut
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Cauchy, Augustin Louis
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Christoffel, Elwin Bruno
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Codazzi, Delfino
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-1, 2018;

**Altenbach, Holm**
Coleman, Bernard David
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Descartes, René
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Drucker, Daniel Charles
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Engesser, Friedrich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-1, 2019;

**Altenbach, Holm**
Euclid
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-1, 2018;

**Altenbach, Holm**
Föppl, August Otto
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Gauß, Johann Carl Friedrich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Germain, Marie-Sophie
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Goldenveizer, Alexei Lvovich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Green, George
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Hooke, Robert
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Kirchhoff, Gustav Robert
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Kupradze, Victor
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Lagrange, Joseph-Louis
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Levy, Maurice
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Love, Augustus Edward Hough
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Mainardi, Gaspare
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Marguerre, Karl
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Mindlin, Raymond David
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Mushtari, Khamid Muzafarovich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Newton, Isaac
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-3, 2019;

**Altenbach, Holm**
Novozhilov, Valentin
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Papkovich, Petr Fedorovich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Poisson, Siméon Denis
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Reissner, Eric
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm**
Stokes, George Gabriel
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Voigt, Woldemar
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Westergaard, Harold Malcolm
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm**
Young, Thomas
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm; Belyaev, Alexander**
Palmov, Vladimir Alexandrovich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm; Breslavsky, Dmitry; Mietielov, Volodymyr; Tatarinova, Oksana**
Short term transversally isotropic creep of plates under static and periodic loading
Advances in mechanics of high-temperature materials - Cham: Springer, S. 181-211, 2019 - (Advanced structured materials; 117);

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Argyris, John Hadji
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Carathéodory, Constantin
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Geiringer, Hilda
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-3, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Hencky, Heinrich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-3, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Hill, Rodney
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-3, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Johnson, William
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-3, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Kudo, Hideaki
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Kármán, Theodore von
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-4, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Lehmann, Johannes Theodor
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Ludwik, Paul
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Orowan, Egon
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Polanyi, Mihály (Michael)
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Prager, William
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Siebel, Erich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Taylor, Geoffrey Ingram
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Truesdell, Clifford Ambrose III
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2018;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
Zerna, Wolfgang
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm; Bruhns, Otto T.**
von Mises, Richard
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-3, 2018;

**Altenbach, Holm; Collet, Bernard; Michelitsch, Thomas; Pouget, Joel; Rousseau, Martine; Trimarco, Carmine**
Maugin, Gérard A
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-6, 2019;

**Altenbach, Holm; Eisenträger, Johanna**
Introduction to creep mechanics
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-9, 2019;

**Altenbach, Holm; Eremeyev, Victor A.**
On nonlinear dynamic theory of thin plates with surface stresses
Thin-walled Laminated Structures - Cham: Springer; Mikhasev, Gennadi I., S. 19-26, 2019 - (Advanced Structured Materials; 106);

**Altenbach, Holm; Ivanova, Elena A.**
Zhilin, Pavel Andreevich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-4, 2019;

**Altenbach, Holm; Jaiani, George**
Muskhelishvili, Nikoloz
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-3, 2019;

**Altenbach, Holm; Jaiani, George**
Nikuradze, Johann (Ivane)
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm; Jaiani, George**
Oniashvili, Otar
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-2, 2019;

**Altenbach, Holm; Jaiani, George**
Vekua, Ilia
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-3, 2019;

**Altenbach, Holm; Lomakin, Evgeniy V.**
Rabotnov, Yuri Nikolaevich
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-4, 2018;

**Aßmus, Marcus; Altenbach, Holm**
On viscoelasticity in the theory of geometrically linear plates
State of the art and future trends in material modeling - Holm Altenbach, Andreas Öchsner editors - Cham: Springer Nature Switzerland AG, S. 1-22, 2019 - (Advanced structured materials; 100);

**Aßmus, Marcus; Naumenko, Konstantin; Altenbach, Holm**
Subclasses of mechanical problems arising from the direct approach for homogeneous Plates
Recent developments in the theory of shells - Springer International Publishing, S. 43-63, 2019 - (Advanced Structured Materials; 110);

**Burlayenko, Vyacheslav N.; Altenbach, Holm; Sadowski, Tomasz**
Dynamic fracture analysis of sandwich composites with face sheet/core debond by the fnite element method
Dynamical processes in generalized continua and structures - Springer International Publishing, S. 163-194, 2019 - (Advanced Structured Materials; 103);

**Burlayenko, Vyacheslav N.; Sadowski, Tomasz; Altenbach, Holm; Dimitrova, Svetlana**
Three-dimensional finite element modelling of free vibrations of functionally graded sandwich panels
Recent developments in the theory of shells - Springer International Publishing, S. 157-177, 2019 - (Advanced Structured Materials; 110);

**Daniel, Christian; Woschke, Elmar**
Dynamische Radkraftmessung am PKW im Fahrbetrieb mittels DMS Applikation am Felgenkörper
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 29-36;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Daniel, Christian; Woschke, Elmar; Nitzschke, Steffen**
Simulation and measurement of ring speed of full floating ring bearing in an automotive turbocharger
Proceedings of 13th SIRM, the 13th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery - Lyngby, Denmark: Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark; Santos, Ilmar Ferreira, S. 142-149, 2019;
[Konferenz: 13th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery, Lyngby, Copenhagen, 13-15 February 2019]

**Duvigneau, Fabian**
Numerische Untersuchung eines Versuchsaufbaus zur frequenzabhängigen Materialcharakterisierung
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 366-377;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Duvigneau, Fabian; Spannan, Lars; Woschke, Elmar; Juhre, Daniel**
Bestimmung frequenzabhängiger Materialparameter von akustischen Dämmmaterialien
Tagungsband - DAGA 2019 - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), S. 141-144;
[Tagung: 45. Jahrestagung für Akustik, DAGA 2019, 18.-21. März 2019, Rostock]

**Eisenträger, Johanna; Altenbach, Holm**
Creep in heat-resistant steels at elevated temperatures
State of the art and future trends in material modeling - Holm Altenbach, Andreas Öchsner editors - Cham: Springer Nature Switzerland AG, S. 79-112, 2019 - (Advanced structured materials; 100);

**Eisenträger, Johanna; Naumenko, Konstantin; Kostenko, Yevgen; Altenbach, Holm**
Analysis of a power plant rotor made of tempered martensitic steel based on a composite model of inelastic deformation
Advances in mechanics of high-temperature materials - Cham: Springer, S. 1-34, 2019 - (Advanced structured materials; 117);

**Farahani, Ehsan Borzabadi; Juhre, Daniel**
A phase field model for the evolution of martensitic microstructures in austenitic carbon steels
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 348-356;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Glüge, Rainer**
A C 1 incompatible mode element formulation for strain gradient elasticity
Higher gradient materials and related generalized continua - Cham: Springer Nature Switzerland, S. 95-120, 2019 - (Advanced Structured Materials; 120);

**Glüge, Rainer**
Frameworks for material modeling
Encyclopedia of Continuum Mechanics - Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1-11, 2019;

**Händler, Andreas; Juhre, Daniel; Bernal Martínez, Santiago; Netuzhylov, Hennadiy**
Virtualization of the Meisterbock process using numerical simulation
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 280-290;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Irmscher, Cornelius; Nitzschke, Steffen; Woschke, Elmar**
Transient thermo-hydrodynamic analysis of a laval rotor supported by journal bearings with respect to calculation times
Proceedings of 13th SIRM, the 13th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery - Lyngby, Denmark: Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark; Santos, Ilmar Ferreira, S. 162-173, 2019;
[Konferenz: 13th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery, Lyngby, Copenhagen, 13-15 February 2019]

**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, S. 79-91, 2019 - (Advanced structured materials; 117);

**Kirilyuk, Vitaly S.; Levchuk, Olga I.; Altenbach, Holm**
Calculation of stress intensity factors for an arbitrary oriented penny-shaped crack under inner pressure in an orthotropic electroelastic material
New Achievements in Continuum Mechanics and Thermodynamics - A Tribute to Wolfgang H. Müller - Cham: Springer, S. 211-222, 2019 - (Advanced Structured Materials; 108);

**Koch, Sebastian; Duczek, Sascha; Duvigneau, Fabian; Woschke, Elmar**
Simulation of fluid structure interactions by using high order FEM and SPH
Particles 2019 - CIMNE; Oñate, E., S. 795-805;
[Konferenz: VI International Conference on Particle-Based Methods, Fundamentals and Applications, Particles 2019, Barcelona, Spain, 28-30 October, 2019]

**Koch, Sebastian; Duvigneau, Fabian; Duczek, Sascha; Woschke, Elmar**
FE-Implementierung für die elektrodynamische Analyse von E-Maschinen
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 413-425;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Koch, Sebastian; Duvigneau, Fabian; Duczek, Sascha; Woschke, Elmar**
Vibration reduction in automotive applications based on the damping effect of granular material
Automotive Acoustics Conference 2017 - Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 43-57, 2019;
[Konferenz: 4. Internationale ATZ-Fachtagung Fahrzeugakustik, Zürich, 11. - 12. Juli 2017]

**Körner, Markus; Schmicker, David; Rößler, Cristoph; Woschke, Elmar; Jüttner, Sven**
Schweißprozesssimulation zum Bereitstellen neuartiger Prozessparameterkarten für den direkt angetriebenen Rotationsreibschweißprozess
DVS Berichte Band 355 - Düsseldorf: DVS Media GmbH, S. 533-542, 2019 - (DVS Berichte; Band 355)

**Liu, Zhengkun; Juhre, Daniel**
Adaptive phase-field model of mixed mode fracture in compression and its experimental verification
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 389-398;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Nordmann, Joachim; Naumenko, Konstantin; Altenbach, Holm**
A damage mechanics based cohesive zone model with damage gradient extension for creep-fatigue-interaction
Key engineering materials: KEM - Uetikon a.S.: Trans Tech Publications, Bd. 794.2019, S. 253-259;

**Nordmann, Joachim; Naumenko, Konstantin; Altenbach, Holm**
Cohesive zone models - theory, numerics and usage in high-temperature applications to describe cracking and delamination
Advances in mechanics of high-temperature materials - Cham: Springer, S. 131-168, 2019 - (Advanced structured materials; 117);

**Petö, Márton; Duczek, Sascha; Duvigneau, Fabian**
Finite Zellen Methode - Effizienzsteigerung der numerischen Integration
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 378-388;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Rosendahl, Philipp L.; Kolupaev, Vladimir A.; Altenbach, Holm**
Extreme yield figures for universal strength criteria
State of the art and future trends in material modeling - Holm Altenbach, Andreas Öchsner editors - Cham: Springer Nature Switzerland AG, S. 259-324, 2019 - (Advanced structured materials; 100);

**Schrader, Peter; Duvigneau, Fabian; Rottengruber, Hermann; Gabbert, Ulrich**
The noise reduction potential of lightweight acoustic metamaterials a numerical and experimental study
Automotive Acoustics Conference 2017 - Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 249-272, 2019;
[Konferenz: 4. Internationale ATZ-Fachtagung Fahrzeugakustik, Zürich, 11. - 12. Juli 2017]

**Schünemann, Martin; Heidfeld, Hannes; Koch, Sebastian; Daniel, Christian; Kasper, Roland; Woschke, Elmar**
Nutzbarkeitsuntersuchung der Messdaten eines Komponenten-Messrades für die Parameteridentifikation mathematisch-empirischer Reifenmodelle am Beispiel des Forschungsfahrzeugs Editha
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 47-56;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Stamnn, Olena; Jüttner, Sven; Sauerhering, Jörg; Zörnig, Andreas; Kasper, Roland**
Untersuchung von doppelseitig klebenden Elektroisolierfolien mit wärmeleitfähigen Klebstoffschichten zum Fügen der Luftspaltwicklung von Leichtbau-Elektroantrieben
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 162-171;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Wakjira, Melesse Workneh; Altenbach, Holm; Ramulu, Perumalla Janaki**
CSN 12050 carbon steel mechanical property enhancement using thermal treatment to optimize product sustainability
Advances of Science and Technology - Cham: Springer, S. 113-121, 2019 - (Lecture notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering; 274);
[Konferenz: 6th EAI International Conference, ICAST 2018, Bahir Dar, Ethiopia, October 5-7, 2018]

**Ziese, Christian; Daniel, Christian; Mostertz, Holger; Woschke, Elmar**
Hochlaufsimulation eines semi-floating gelagerten ATL-Rotors mit schwimmender Axiallagerscheibe
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik; Kasper, Roland, S. 105-112;
[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

## WISSENSCHAFTLICHE MONOGRAFIEN

**Mikhasev, Gennadi I.; Altenbach, Holm**
Thin-walled laminated structures - buckling, vibrations and their suppression
Cham: Springer, 2019, 1 Online-Ressource (X, 280 p. 107 illus., 8 illus. in color) - (Springer eBooks; Engineering; Advanced Structured Materials; 106);

**Naumenko, Konstantin; Altenbach, Holm**
Modeling High Temperature Materials Behavior for Structural Analysis. Part2: Solution procedures and structural analysis examples
Cham: Springer, 2019, 1 Online-Ressource, Illustrationen - (Advanced Structured Materials; 112);

## HERAUSGEBERSCHAFTEN

**Abali, Bilen Emek; Altenbach, Holm; dell'Isola, Francesco; Eremeyev, Victor A.; Öchsner, Andreas**
New Achievements in Continuum Mechanics and Thermodynamics - A Tribute to Wolfgang H. Müller
Cham: Springer, 2019, 1 Online-Ressource (XXXIV, 563 p. 1 illus) - (Springer eBooks; Engineering; Advanced Structured Materials; 108);

**Altenbach, Holm; Belyaev, Alexander; Eremeyev, Victor A.; Krivtsov, Anton; Porubov, Alexey V.**
Dynamical processes in generalized continua and structures
Springer International Publishing, 2019, 1 Online-Ausgabe (XI, 525 Seiten), Illustrationen - (Advanced Structured Materials; 103);

**Altenbach, Holm; Brünig, Michael; Kowalewski, Zbigniew L.**
Plasticity, damage and fracture in advanced materials
Cham: Springer, 2020, 1 Online-Ressource - ( Advanced Structured Materials; 121);

**Altenbach, Holm; Chrócielewski, Jacek; Eremeyev, Victor A.; Winiewski, Krzysztof**
Recent developments in the theory of shells
Springer International Publishing, 2019, 1 Online-Ressource - (Advanced Structured Materials; 110);

**Altenbach, Holm; Irschik, Hans; Matveenko, Valery P.**
Contributions to Advanced Dynamics and Continuum Mechanics
Cham: Springer, 2019, 1 Online-Ressource (XXV, 263 p. 115 illus., 69 illus. in color) - (Springer eBooks; Physics and Astronomy; Advanced Structured Materials; 114);

**Altenbach, Holm; Müller, Wolfgang H.; Abali, Bilen Emek**
Higher gradient materials and related generalized continua
Cham: Springer Nature Switzerland, 2019, 1 Online-Ressource - ( Advanced Structured Materials; 120);

**Altenbach, Holm; Öchsner, Andreas**
Encyclopedia of Continuum Mechanics
Berlin, Heidelberg: Springer, 2019, 1 Online-Ressource - (Springer Nature Living Reference; Engineering);

**Altenbach, Holm; Öchsner, Andreas**
State of the art and future trends in material modeling - Holm Altenbach, Andreas Öchsner editors
Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2019, 1 Online-Ressource - (Advanced structured materials; 100);

**Kasper, Roland; Gabbert, Ulrich; Grote, Karl-Heinrich; Leidhold, Roberto; Lindemann, Andreas; Scheffler, Michael; Klaeger, Michael**
14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtage - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband
Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg: Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, 2019, 1 Online-Ressource (425 Seiten, 62,45 MB), Diagramme, Illustrationen;
Kongress: Magdeburger Maschinenbau-Tage 14 (Magdeburg : 2019.09.24-25) [Literaturangaben]

**Naumenko, Konstantin; Krüger, Manja**
Advances in mechanics of high-temperature materials
Cham: Springer, 2019, 1 Online-Ressource - (Advanced structured materials; 117);

**Öchsner, Andreas; Altenbach, Holm**
Engineering Design Applications
Cham: Springer International Publishing, 2019, 1 Online-Ressource (X, 519 p) - (Advanced Structured Materials; 92); ISBN 978-3-319-79005-3

**Öchsner, Andreas; Altenbach, Holm**
Engineering Design Applications II - Structures, Materials and Processes
Cham: Springer, 2019, 1st ed. 2020, 1 Online-Ressource (X, 434 p. 381 illus., 312 illus. in color) - (Springer eBooks; Engineering; Advanced Structured Materials; 113);

## NICHT BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

**Duvigneau, Fabian; Duczek, Sascha**
Comparison of different high-order finite element methods for interior acoustics
ResearchGATE - Cambridge, Mass.: ResearchGATE Corp., 2019;
[Symposium: 10th German-Greek-Polish Symposium on Recent Advances in Mechanics, Bdlewo, Poland, 15. - 18. 09. 2019]

## ANDERE MATERIALIEN

**Duvigneau, Fabian; Daniel, Christian; Koch, Sebastian; Woschke, Elmar**
NVH in der Elektromobilität - Schwingungsanalyse mit Derotator
Automobiltechnische Zeitschrift - Wiesbaden: Vieweg, Bd. 12.2019, 6, S. 68-73;

## DISSERTATIONEN

**Jilg, Andreas; Altenbach, Holm [AkademischeR BetreuerIn]; Krüger, Manja [AkademischeR BetreuerIn]**
Development and implementation of a cyclic plasticity model with thermal softening for hot work tool steel
Magdeburg, 2019, X, 104 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 93-102]

**Lerez, Christoph; Möhring, Hans-Christian [AkademischeR BetreuerIn]; Monner, Hans Peter [AkademischeR BetreuerIn]**
Intelligente Vorrichtungen für die Prozessüberwachung und -beeinflussung in der zerspanenden Fertigung dünnwandiger Bauteile
Magdeburg, 2019, XVIII, 117, XIX-XLV Seiten, Illustrationen;
[Literaturverzeichnis: Seite XIX-XLV]

**Mittag, Steffen; Altenbach, Holm [AkademischeR BetreuerIn]**
Mechanismenbasierte Bewertung der Ermüdungslebensdauer von Metallen unter Berücksichtigung der Streuung der mechanischen Eigenschaften
Magdeburg, 2019, XIII, 163 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 158-163]

**Strauch, Joachim; Altenbach, Holm [AkademischeR BetreuerIn]**
Thermische Effekte in der Materialmodellierung von Polyamid 6 bei kurzzeitdynamischen Belastungsvorgängen
München: Verlag Dr. Hut, 2019, iii, 178 Seiten, Illustrationen;
[Literaturverzeichnis: Seite 155-162]