



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

MB

FAKULTÄT FÜR
MASCHINENBAU

Forschungsbericht 2020

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 (ausgelaufen zum 1.4.2019, 2020 wurden die auslaufenden Promovenden aus anderen Mitteln finanziert),
 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 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 Structural Health Monitoring (SHM),
- Finite Gebietsmethoden (finite, spektrale und polygonale Zellenmethode) zur Simulation zellulärer 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 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 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, Lamine,
- 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 Strukturmechanik 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
- Industrieranwendungen: Berechnungen (Statik, Festigkeit, Dynamik, Akustik, Wärmeleitung usw.) unter

Nutzung kommerzieller FEM-Software (wie FEAP, ANSYS, ABAQUS, NASTRAN) sowie weiterer Software-tools (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 Maschinenüberwachungssystemen
- 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 Schwingungsreduktion/Geräuschemission

Serviceangebot Lehrstuhl Technische Mechanik

- Modellierung 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, Laminat
- 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 neuer 3D-Borlochmethode

Serviceangebot Institut für Mechanik und MATEM

- Herausgabe der open-access Zeitschrift "Technische Mechanik"

5. METHODIK

- 6-Komponenten-Messrad
- 3D Laser Scanning Vibrometer
- Servohydraulische Prüfmaschine MTS 810 Material Testing System
- GOM Aramis System
- Reflexionsarmer Schallmessraum
- FDM-Drucker Ultimaker 2

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
- Dr.-Ing. Johanna Eisenträger (OvGU, IFME, derzeit University of New South Wales, Australien)
- 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 Dübén
- 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. Simon Schilli |
| Kooperationen: | Prof. Thomas Seifert (Hochschule Offenburg); Prof. Ulrich Krupp (IEHK, RWTH Aachen) |
| Förderer: | Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.09.2018 - 31.08.2021 |

Experimentelle und numerische Untersuchungen zur Verfestigung in Ein- und Polykristallen bei zyklischer Belastung (Bauschinger Effekt)

Die Lebensdauer von zyklisch belasteten metallischen Komponenten ist meist durch die Ermüdung der eingesetzten Werkstoffe begrenzt. Teilweise Irreversibilität der zyklischen Verformung führt zu Dehnungslokalisierung, Rissbildung und -ausbreitung und schließlich zum Bruch. Insbesondere ergeben ungünstige Orientierungen der Körner und Korngrenzen zusätzliche Spannungskonzentrationen, so dass selbst bei makroskopisch elastischen Deformationen lokale Plastizität in den Körnern auftritt. Diese lässt sich durch herkömmliche makroskopische Werkstoffmodelle nicht berücksichtigen. Von besonderer Bedeutung ist der Bauschinger-Effekt, über den sich die richtungsabhängige Verfestigung des Werkstoffs beschreiben lässt. Um ein grundlegendes Verständnis zum Bauschinger-Effekt gewinnen zu können, werden beim Projektpartner am Institut für Eisenhüttenkunde (IEHK) der RWTH Aachen mikromechanische und makromechanische Versuche und mikrostrukturelle Untersuchungen (Rasterelektronenmikroskopie mit EBSD/FIB und Transmissionselektronenmikroskopie) durchgeführt. Auf deren Grundlage werden Einkristall- und Vielkristallplastizitätsmodelle entwickelt, die eine explizite Einbeziehung des Bauschinger-Effekts in Finite-Elemente Berechnungen ermöglichen. Ziel ist die Identifikation von Zusammenhängen zwischen Ein- und Polykristallverfestigung. Dafür werden mikrostrukturbasierte Finite-Elemente-Modelle hinsichtlich des Zusammenhangs der kinematischen Verfestigung von Verformungsinkompatibilitäten durch unterschiedliche Kornorientierungen, dem Verhältnis von Korn- zu Modellgröße sowie der kinematischen Verfestigung im einzelnen Korn untersucht. Auf Grundlage der aus den mikrostrukturbasierten Berechnungen erzielten Ergebnisse werden die Werkstoffkennwerte geeigneter makroskopischer Plastizitätsmodelle ermittelt und in Zusammenhang zu den auf die Gleitsysteme bezogenen Kennwerten gestellt. Durch den Vergleich der lokalen Rückspannungstensoren mit dem makroskopischen Rückspannungstensor können Aussagen zum Beitrag der Inhomogenität zum Bauschinger-Effekt getroffen werden. Verifikationsexperimente an zwei technisch bedeutsamen Konstruktionswerkstoffen (Duplexstahl 1.4462 und Nickelbasissuperlegierung Alloy 718) werden die Möglichkeiten und Grenzen der Modelle aufzeigen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: M.Eng. Thomas Gläßer
Kooperationen: Dr.-Ing. Matthias Zscheyge (Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle/Saale); Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen; ThermHex Waben GmbH, Halle/Saale; Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ
Förderer: EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.03.2017 - 30.06.2021

Development of a manufacturing process for mass production of thermoplastic, continuous fiber reinforced sandwich parts with a structured core

The sandwich construction with cover layers made of continuous fiber reinforced plastics and structured honeycomb core is the most efficient lightweight construction technology to realize components with minimal weight and maximum mechanical performance. Lengthy production times are still the limiting factor of this lightweight construction technology for cost sensitive markets with large production scales. To close this gap a novel multistage thermoforming process was developed for the processing of flat thermoplastic fiber reinforced sandwich panels into complex shaped sandwich parts in fully automatic manner.

The multistage thermoforming process consists of three main steps, heating of a flat sandwich panel via infrared radiation, robot-guided transfer of the panel into the cavity and thermoforming. The thermoforming step is also divided into three sub-process steps. These are the forming of the sandwich under preserving the characteristics of the core, stabilizing of the formed areas via vacuum gripping to the mold and closing of the sandwich by pressing the edge areas into a compact laminate. The shape of the formed sandwich shell and the transition geometry to the compact laminate can vary to the request of the required part design. To increase the freedom of form, it was also possible to demonstrate in a pilot process that the developed multistage thermoforming process can be combined with thermoplastic injection molding. Both processes together allow to produce complex and ready for use sandwich parts within cycle times of a minute with maximum system utilization.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: MSc. Varun Kumar Minupula
Kooperationen: Dr.-Ing. Matthias Zscheyge (Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle/Saale); Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen; ThermHex Waben GmbH, Halle/Saale; Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ
Förderer: EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.06.2020 - 31.05.2023

Process simulation of thermoforming of thermoplastic sandwich materials made of Honeycomb and Cross-Ply

The demand for light-weight composites is increasing phenomenally especially in aviation, automotive and ship building sectors. As everyone addressed carbon footprints and global warming made by high fuel and energy consumptions and shifting towards specific tailor-made functionally performing materials. This need for light-weight materials is satisfied by honeycomb sandwich laminates as they have proven their advantages over conventional materials with specific weight to strength ratios. With advantage of thermoplastics in high volume production and processability, the sandwich laminates meet the industrial usage. In addition to that the flat semi-finished sandwich laminates are further processable to complex structures to meet different part geometries, with a novel thermoforming procedure by which the sandwich laminate is heated to a thermoforming temperature such that matrix material of face sheet lies above melting temperature and core material lies below melting temperature, then pressed to form into desired geometry. Currently, these materials are investigated for reproducibility in large mass scale owing to the current automation and digitalizing platforms with controlled heating and forming.

Using FEM tools, the manufacturing processes can be optimized by changing the process parameters and material configuration. For this a finite element model is developed considering material, geometry and boundary non-linearities, focused on complex honeycomb geometry and fiber-oriented UD-tapes at meso-scale

level. Such developed model is tested for different material combinations, geometries and forming conditions. By this approach the probability of manufacturability of a component through specific technique can be investigated, which saves the material and time in the process of developing a new component. The difficulties in developing such complex model are many like core-face sheet interaction, honeycomb cell walls deformation behavior in melt zones and pre-deformed cell walls during lamination. All these cases will be investigated in this current project.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: Dr.-Ing. Marcus Aßmus
Kooperationen: Prof. Victor A. Eremeyev; PD Dr.-Ing.habil. Rainer Glüge; Dr. Zia Javanbakht
Förderer: Haushalt - 01.11.2020 - 31.10.2023

Inelastizität und Anisotropie im direkten Ansatz für die Theorien der ebenen dünnwandigen Strukturen

Flächentragwerkstheorien für schlanke Strukturen gelten in Theorie und Technik als allgemein akzeptiert. In den Ingenieurwissenschaften hat sich das Fünf-Freiheitsgrad-Modell als besonders nützlich erwiesen. Damit werden Scheiben-, Biegungs- sowie Transversalschub-Effekte gleichermaßen beschrieben. Üblicherweise werden dabei alle Betrachtungen auf eine zweidimensionale Referenzfläche bezogen. Pavel Andreevich Zhilin schlug gegenüber klassischen Herleitungsstrategien für Flächentragwerkstheorien (Dimensionsreduktion durch analytische Dickenintegration zu vollständig zweidimensionalen Gleichungen) einen sogenannten direkten Ansatz vor, bei dem analog der Vorgehensweise in der klassischen Kontinuumsmechanik, alle Gleichungen von vornherein für ein zweidimensionales Kontinuum formuliert werden.

Nachdem das isotrope elastische Materialmodell bereits hinreichend untersucht wurde, sollen die theoretischen Grundlagen der Flächentragwerkstheorie mit Kinematik analog Mindlin (1951) ausgebaut werden. Dies betrifft

1. inelastisches Materialverhalten und
2. richtungsabhängige Materialeigenschaften.

Für die Erweiterung um Inelastizität soll anhand der klassischen Feststoffgesetze für Viskosität und Plastizität vorgegangen werden. Hier haben sich rheologische Modelle zur physikalischen Beschreibung und mathematischen Formulierung etabliert. Die größte Herausforderung besteht in der Beschreibung des Verhaltens in Normalenrichtung. Für das viskoelastische Verhalten gibt es bereits Resultate aus vorangegangenen Arbeiten des Autors. Bei Existenz einer direkten Formulierung für elastoplastisches Verhalten soll geprüft werden, inwiefern ein viskoplastisches Material darstellbar ist.

Für die Berücksichtigung der Anisotropie werden zunächst die klassischen acht Symmetriegruppen herangezogen, wobei bei orthogonaler Projektion auf Flächen Koinzidenzen gefunden werden können. Die allgemeine Projektion der Symmetrien eröffnet jedoch eine weitaus größere Vielfalt, als dass diese über klassische Herleitungen abbildbar sind. Statt sich auf spezielle Symmetrien zu beschränken, sollen die Steifigkeitstensoren auf spezielle Weise zerlegt und damit die Betrachtung beliebig anisotropen Verhaltens ermöglicht werden.

Zusätzliche Erweiterungsmöglichkeiten ergeben sich in Bezug auf Effekte, die aus Eigenspannungen, Temperaturschwankungen und Feuchtigkeitseinflüssen resultieren.

Es findet eine Beschränkung auf geometrische Linearität statt. Bislang gibt es keinerlei physikalische Argumentation und mathematische Behandlung für derartige Erweiterungen direkt formulierter Theorien. Die Formulierungen werden komplett in Tensorschreibweise ausgearbeitet. Dies ermöglicht den direkten Vergleich der Gleichungsstrukturen mit der dreidimensionalen Kontinuumsmechanik.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: MSc. Katharina Knappe
Kooperationen: Prof. Manja Krüger; Dr.-Ing. Yevgen Kostenko (Siemens Energetic); Prof. Thomas Seifert (Hochschule Offenburg); Prof. Konstantin Naumenko (OvGU, IFME); Prof. Elisabetta Gariboldi (Politecnico Milano); Dr.-Ing. Johanna Eisenträger (OvGU, IFME, derzeit University of New South Wales, Australien)
Förderer: Haushalt - 01.10.2019 - 31.07.2021

Modell zur Beschreibung des mechanischen Verhaltens von Stählen unter hohen Temperaturen mit zyklischer Belastung

Hochtemperaturbauteile, wie sie z.B. in Kraftwerken zu finden sind, müssen sowohl thermischen als auch mechanischen Beanspruchungen standhalten, wobei sich die Kombination dieser Prozesse negativ auf die Lebensdauer der Komponenten auswirken kann. Durch das Hoch- und Runterfahren der Anlagen treten außerdem zyklische Beanspruchungen auf, deren Simulation zu numerisch komplexen Zeitintegrationen mit kleinen Schrittweiten führt. Aus diesem Grund wurde das Materialverhalten bisher mit monotoner Belastung oder nur für wenige Zyklen simuliert, obwohl diese massgeblich für Ermüdungserscheinungen sein können. Der Mehr-Zeitskalen-Ansatz wird zur Modellierung von Plastizität, Schädigung und Ermüdung eingesetzt, mit der Grundidee, durch Entkopplung der Gleichungen separate Gleichungssysteme für die verschiedenen Zeitskalen zu schaffen und diese getrennt voneinander zu lösen. Dabei wird zwischen einer Zeitskala für die quasi-statische ("langsame") und einer für die hochfrequente ("schnelle", zyklische) Belastung unterschieden. Die Anwendung dessen in Kombination mit einem kalibrierten Materialmodell reduziert die Rechenzeit erheblich und bietet somit nicht nur die Möglichkeit, eine hohe Anzahl an Zyklen zu betrachten, sondern resultiert auch in einer genaueren Bestimmung und Optimierung der Lebensdauer.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: apl. Prof. Dr. habil. Vladimir Vovk
Förderer: BMWi/AIF - 01.03.2019 - 30.09.2021

Entwicklung und Erprobung FEM-basierter 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: M.Eng. Paul Kubaschinski
Kooperationen: Prof. Manuela Waltz, Technische Hochschule Ingolstadt
Förderer: BMWi/AIF - 01.12.2019 - 30.11.2022

Untersuchungen zum Einfluss des Fertigungsprozesses auf die betriebsfeste Auslegung von Elektroblechen für Traktionsmaschinen für die Elektromobilität

Im Rahmen neuer Lösungsansätze zur Gestaltung der Mobilität der Zukunft haben sich insbesondere Elektrofahrzeuge hervorgetan, da diese einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz und zur Emissionsvermeidung leisten können. Für den Aufbau der Traktionsmaschinen kommen Elektrobleche zum Einsatz, die zur Führung des magnetischen Flusses im Rotor bzw. Stator dienen. Die magnetischen und mechanischen Eigenschaften der Elektrobleche sind hierbei entscheidend für die Effizienz und das Leistungsgewicht der elektrischen Maschine und unterliegen hohen Anforderungen. Zudem führen geringe Blechdicken von etwa 0,25 mm und hohe Drehzahlen im dynamischen Betrieb zu hohen mechanischen Belastungen im Rotor.

Die zur Steuerung des magnetischen Flusses notwendigen Durchbrüche und Magnetschlitzte werden im Allgemeinen durch Stanzen eingebracht. Sowohl die Ausprägung der Stanzkante als auch die im Fertigungsprozess aufgebrauchten Spannungen beeinflussen die mechanischen Eigenschaften deutlich. Aufgrund der Grobkörnigkeit des Materials und der unbekanntenen Ausprägung der Stanzkante kann es zu einer starken Streuung der mechanischen Eigenschaften und damit der Bauteillebensdauer kommen.

Für die betriebsfeste Auslegung von Elektroblech ist es daher unerlässlich, die zyklischen Festigkeitseigenschaften von Elektroblech und deren Beeinflussung durch den Fertigungsprozess zu kennen. Durch die enge Zusammenarbeit von experimentell abgesicherten Werkstoffuntersuchungen und numerischer Simulation soll eine effiziente und sicherere Vorhersagemöglichkeit der Lebensdauer gestanzter Elektrobleche erarbeitet werden.

Das gemeinsame Promotionsvorhaben der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Technische Hochschule Ingolstadt fokussiert sich dabei auf den Bereich der Lebensdauerberechnung und Simulation von Elektroblech. Wesentliche Meilensteine stellen die Lebensdauerberechnung unter Annahme eines isotropen Materialverhaltens sowie unter Berücksichtigung örtlich variierenden Materialverhaltens in Abhängigkeit der Stanzkante dar. Abschließend soll die Mikrostruktur des Werkstoffs im Berechnungskonzept berücksichtigt und die Methoden experimentell validiert werden.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: MSc. Paul-Maximilian Runge
Kooperationen: Prof. Dr. Rene Androsch (MLU Halle-Wittenberg, Zentrum für Ingenieurwissenschaften); Prof. Dr. Mario Beiner, Fraunhofer IMWS, Halle; PD Dr.-Ing.habil. R. Glüge (IFME, OvGU Magdeburg)
Förderer: EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.06.2020 - 30.09.2022

Neue Wege zur additiven Fertigung mechanisch hochwertiger und geometrietreuer Bauteile aus teilkristallinen Polymeren

Bei der additiven Fertigung von Bauteilen aus teilkristallinen Polymeren gilt es eine homogene Struktur ohne innere Grenzflächen zu realisieren, um Verzugseffekte zu vermeiden und mechanische Eigenschaften zu optimieren. Ein Ansatzpunkt ist dabei eine auf das Polymer abgestimmte Steuerung des 3D-Druck-Prozesses. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Wege aufzuzeigen, wie dies durch Kombination von Materialverständnis, verbesserter Prozesskontrolle und geeigneten Bauteil- und Prozess-Simulationen zu erreichen ist. Es wird erforscht, ob und wie es durch Abstimmung der Prozessparameter auf die Kristallisationskinetik des verwendeten Polymers gelingt, homogenere Bauteile mit besseren Eigenschaften herzustellen. Die Kristallisationskinetik verfügbarer Filamente wird im Detail quantifiziert, die Situation während des 3D-Drucks mittels Inline-Sensorik erfasst und der Einfluss von prozessbedingten Inhomogenitäten auf die Bauteileigenschaften wird durch Vergleich von Simulation und Experiment quantifiziert.

Dies ist ein Verbundprojekt mit der MLU Halle und dem Fraunhoferinstitut für Mikrostrukturen von Werkstoffen und Systemen. In diesem Teilprojekt wird eine Simulations-Toolchain für die Vorhersage der

inhomogenen mechanischen Eigenschaften und den Verzug von im 3D-Druck hergestellten Bauteilen für die am häufigsten verwendeten Polymerfilamenten erarbeitet, welche an den Ergebnisse der experimentellen Befunde der Projektpartner kalibriert und verifiziert wird. Mit einem verlässlichen Simulationstool kann anschließend eine numerische Optimierung der simulativ abgebildeten Eigenschaften erfolgen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: Dr. Lidia Nazarenko
Kooperationen: Prof. F. dell'Isola (Sapienza University, Rome); Prof. S.A. Lurie (Institute of Mechanics, Russian Academy of Sciences); PD Dr.-Ing.habil. R. Glüge (IFME, OvGU Magdeburg)
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2020 - 31.03.2023

Erweiterung der Sätze der linearen Elastizität für die Gradientenelastizität

Die klassische Elastizitätstheorie ist fester Bestandteil des beruflichen Alltags von Berechnungsingenieuren und deren Ausbildung. Sie wurde zwischen dem Beginn des 19. Jh. und der Mitte des 20. Jh. auf ein festes theoretisches Fundament gestellt. Ihre Entwicklung kann als abgeschlossen angesehen werden. Allerdings ist ihr Anwendungsbereich begrenzt: Sie ist größeninsensitiv, beinhaltet bei Diskontinuitäten in den Randbedingungen Singularitäten in den Spannungen und den Verschiebungen, und kann keine Grenz- und Oberflächenenergien berücksichtigen. Damit ist sie auf typische Ingenieursanwendungen beschränkt. Zur Beschreibung von Mikro-Bauteilen oder von Phänomenen im μm - und nm - Bereich ist sie nur bedingt geeignet.

Eine natürliche Erweiterung der klassischen Elastizität ist die Gradientenelastizität, bei der höhere Ableitungen des Verschiebungsfeldes auftauchen. Es wurde in zahlreichen Arbeiten gezeigt, dass die Beschränkungen der klassischen Elastizitätstheorie mit der Gradientenerweiterung überwunden werden können, ohne dass die übliche Trennung zwischen Struktur- und Materialeigenschaften verwischt wird, wie es bei alternativen nichtlokalen Theorien der Fall ist. Leider ist es bisher nicht gelungen, für die Gradientenelastizität ein ähnlich solides Fundament zu entwickeln, wie es für die klassische Elastizitätstheorie existiert.

Dies ist keine rein akademisches Problem. Die zunehmende Miniaturisierung von Bauteilen sowie die gezielte Entwicklung mikro-strukturierter Materialien erfordert es, über die klassische Elastizitätstheorie hinauszugehen. Des weiteren sind wir durch die Hebung der Singularitäten der klassischen Elastizität dazu in der Lage, eine Reihe von Kriterien (z.B. Bruch- und Fließkriterien), welche üblicherweise in den Cauchy-Spannungen formuliert sind, auch in der Nähe von Randdiskontinuitäten anzuwenden. Hierdurch vergrößert sich die Anwendbarkeit der Elastizitätstheorie deutlich.

Im diesem Projekt sollen die theoretischen Grundlagen der klassischen Elastizitätstheorie für die Gradientenelastizität ausgebaut werden. Hierfür wurde eine verallgemeinernde Axiomatik herausgearbeitet, welche zu ca. 2/3 bereits auf die Gradiententheorie übertragen wurde. Wir bemühen uns um eine Vervollständigung der Übertragung, was den Kern der Arbeit des deutschen Projektpartners bildet. Der russische Projektpartner ist mit der Anwendung befasst. Beispielsweise finden Eindeutigkeitsätze für Randwertprobleme mit reinen Verschiebungs- oder reinen Spannungsrandbedingungen in der Homogenisierung Anwendung. Mit ihnen kann beispielsweise die Eshelby-Grundlösung eines elliptischen Einschlusses in einer unendlichen Matrix ausgebaut werden. Eine weitere Anwendung sind transversal isotrope faserverstärkte Composite, für welche sowohl ein Skalenübergang als auch die spezifischen Eigenschaften der Steifigkeitstensen untersucht werden sollen. Schließlich soll das de Saint-Venantsche Prinzip für die Gradientenelastizität in Balkenversuche untersucht werden.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: MSc. 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 genannten 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 Schnittstelle implementiert. Weiterhin wird in dem Projekt die Effizienz verschiedener Lösungsstrategien für das resultierende, partielle DGL System untersucht. Wobei die quasi-statische Rechnung in Kombination mit einer viskosen Regularisierung die effiziente Strategie darstellt. Abbildung 1 zeigt den Vergleich zwischen dem Experiment und der Simulation (Kreise), wobei für eine bessere Übereinstimmung eine Korrektur des Kriechmultiplikators nötig ist (Dreiecke).

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: MSc. Nikolaus Bechler
Kooperationen: Prof. T. Seifert (Hochschule Offenburg); Fraunhofer Institut für Werkstofftechnik 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 Risstoppes 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 Simulationsmethode zu 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
Projektbearbeitung: MSc. Christina Pritscher
Kooperationen: Prof. Dr.-Ing. Walter Fischer, Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut
Förderer: Sonstige - 01.07.2019 - 31.12.2023

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 Kunststoffolie 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: MSc. Stefan Eckmann
Kooperationen: Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik Freiburg; Prof. Thomas Seifert (Hochschule Offenburg)
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.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: Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Philipp, von Hartrott
Kooperationen: Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik 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 Kurzrischwachstumsmodell entwickelt und an die spezifischen Schädigungsmechanismen der beiden Werkstoffe angepasst. Das Kurzrisssmodell kann die Lebensdauern einer Vielzahl von Probenuntersuchungen sehr gut beschreiben.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: MSc. Stefan Bergmann, MSc. Moharam Haghi Choobar
Kooperationen: Prof. Thorsten Halle (OvGU, IWF); Prof. Franziska Scheffler (OvGU, Institut für Chemie); Prof. Michael Scheffler (OvGU, IWF); Dr.-Ing. Marcus Aßmus, IFME, OvGU; Dr.-Ing. Matthias Zschehyge (Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle/Saale); Prof. Daniel Juhre (OvGU, IFME); Prof. Manja Krüger (OvGU, IWF)
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 Stipendiaten sind am Lehrstuhl Technische Mechanik tätig.

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 Stahlliegierung X20CrMoV12-1 unter hohen Temperaturen. Zu diesem Zweck werden Warmzugversuche unter konstanter Dehnrates durchgeführt, wobei Temperatur und Dehnrates systematisch variiert werden. Diese Versuche liefern die Datenbasis zur Kalibrierung und Erweiterung eines bereits bestehenden mechanischen Modells, das den Werkstoff als Mischung zweier Phasen beschreibt und den Einfluss mikrostruktureller Vorgänge, wie zum Beispiel Kornvergrößerung, auf das makroskopische Materialverhalten berücksichtigt. Nach erfolgreicher Kalibrierung soll das Modell auf Ermüdungsvorgänge ausgedehnt werden.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: MSc. 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); Dr.-Ing. Matthias Zschehyge (Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle/Saale)
Förderer: EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.03.2017 - 31.12.2021

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: MSc. MSc. Haghi, Moharam Choobar
Kooperationen: Dr.-Ing. Marcus ABmus, 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 - 31.01.2022

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: Dr.-Ing. Marcus ABmus
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 Mehrskalensätze verwendet. Die Modellierung beschränkt sich zunächst auf elastisches Materialverhalten.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: MSc. Josef Tomas
Kooperationen: Prof. Markus Merkle (Hochschule Aalen)
Förderer: Industrie - 01.12.2017 - 31.12.2021

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 der Vorhersage der Eigenschaften ausgehend aus bekannten Parameter untersucht werden.

Projektleitung: Dr.-Ing. Fabian Duvigneau, Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke, Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
Projektbearbeitung: Braj Bhushan Prasad
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 Lärmreduzierungs-potentials erfolgversprechend ist. Darüber hinaus werden viele verschiedene Konzepte 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, Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
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, Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre, Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
Projektbearbeitung: M.Sc. Paul Marter
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: Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
Kooperationen: Prof. Michele Chiumenti, CIMNE, UPC Barcelona, Spanien
Förderer: Sonstige - 02.11.2020 - 31.10.2023

Entwicklung von FE-Technologien im Bereich der gemischten Formulierung anhand von industriellen Anwendungen

Ziel der Dissertation ist die Entwicklung, beziehungsweise Weiterentwicklung, von Finite-Elemente-Technologien im Bereich der gemischten Formulierung. Der Fokus liegt hierbei auf der Verschiebung-Druck-Dehnung-Formulierung (u/p/e), da sie gleichzeitig ermöglicht, inkompressibles Materialverhalten zu meistern sowie eine gesteigerte Genauigkeit in der Berechnung der Spannungen und Dehnungen zu ermöglichen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
Kooperationen: Volkswagen AG, Wolfsburg
Förderer: Industrie - 27.04.2018 - 30.04.2021

Untersuchungen zur Industrialisierung der Virtualisierung des Meisterbocks und Weiterentwicklung der Simulationskonzepte

Der Meisterbock dient, primär für Fahrzeugneuanläufe, als Mess- und Analysemittel von Exterieurbauteilen. Dazu gehören u.a. die Blech-Anbauteile wie Kotflügel, Türen, Front- und Heckklappen sowie Seitenteile. Um diese Bauteile und deren Interaktion im Einbauzustand zu bewerten bzw. zu qualifizieren, wird jedes Teil am Meisterbock montiert und wiederholgenau mithilfe des standardisierten Referenz-Punkt-Systems (RPS) ausgerichtet. Das Ziel dieses Projektes besteht darin, diesen Qualifizierungsprozess durch den Einsatz von numerischer Simulation mittels Finite-Elemente-Methode (FEM) zu optimieren, um den Aufwand der physischen Aufbauten zu reduzieren und damit die Effizienz zu steigern.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
Projektbearbeitung: MSc. Florian Piekny
Kooperationen: Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V.
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2020 - 31.12.2022

Evaluation of Phase Morphology and its Impact on the Viscoelastic Response of Elastomer Blends

Filler reinforced elastomer blends play a key role in the design and optimization of high performance rubber goods like tires or conveyor belts. In most cases, a phase separated, anisotropic blend morphology develops during the last processing steps (extrusion, calendaring, injection moulding), which lowers its free energy by coagulation and relaxation processes, before the morphology is frozen by cross-linking. The development of the detailed phase morphology and its influence on the high-frequency viscoelastic response, affecting e.g. friction, fracture and wear properties, is not well understood at present but of high technological and scientific interest. Accordingly, one main objective is the physically motivated modelling and numerical simulation of the thermo-chemically driven phase separation of filled elastomer blends with realistic, microscopic input parameters obtained from independent physical measurements. Beside the chemical compatibility of the polymers and the fillers, also the effect of mechanical stress on the phase dynamics shall be investigated. In combination with elaborated experimental methods, the phase field modelling for Cahn-Hilliard and Cahn-Larché type diffusion shall be applied. The local phase field equations, considering at the end three phases, must be implemented into

the isogeometric analysis, allowing for the study of complex interaction of multi-phase materials with different material characteristics. The experimental focus lies on the evaluation of thermodynamic polymer-polymer- and polymer-filler interaction parameters that govern the phase morphology and filler distribution. For the simulation of phase boundary dynamics, the collective chain mobility shall be estimated as an input parameter of the Cahn-Hilliard type dynamic equation.

A second objective is the modelling and numerical simulation of the high-frequency linear viscoelastic response of unfilled and filled elastomer blends, which shall be based on the distinct phase morphology including domain and interphase size, filler distribution and cross-linking heterogeneities. The non-linear response will be analysed in a future project.

The results of phase field simulations shall be compared to experimental investigations of phase mixture processes and numerically evaluated viscoelastic moduli shall be correlated with experimentally constructed viscoelastic master curves.

The sum of the both objectives leads to a complete numerical procedure with which it is possible to simulate the complete cycle of producing and using a new polymer blend for later engineering applications by optimizing the involved process and distinctive material parameters.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
Projektbearbeitung: MSc. 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 Divertern entwickelt.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
Projektbearbeitung: MSc. 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: Dr.-Ing. Fabian Duvigneau, Prof. Dr.-Ing. Daniel Juhre
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 (Fahrodynamik). 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 (Derotormessungen), 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. habil. Konstantin Naumenko
Kooperationen: Department for Dynamics and Strength of Machines, State Polytechnical University Kharkiv, Ukraine
Förderer: Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD) - 01.09.2020 - 31.08.2021

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 Forschungsergebnisse 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. 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
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 verwendeten Ni-Basis Legierungen liegen bereits oberhalb von 1000 °C. Neue Generationen der Gasturbinenriebwerke mit Gaseintrittstemperaturen von ca. 1300 °C 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) - 01.09.2019 - 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 Forschungsergebnisse 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.-Ing. 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 Glaslamine mit speziellen optischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften, und Erforschung dafür geeigneter, selektiver Prüfmethode für anspruchsvolle Umgebungsbedingungen OTM-3

Im Rahmen des Projekts OTM-3 sind Methoden für die Festigkeitsuntersuchungen und Lebensdauerbewertung von neuartigen Folien für Glaslamine 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: Dr. Karsten 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: M.Sc. Simon Pfeil
Förderer: Sonstige - 01.10.2019 - 30.06.2022

Anwendung der Scaled Boundary Finite Elemente Methode zur Beschreibung der nichtlinearen Wechselwirkung in hydrodynamisch gelagerten Rotorsystemen

Das Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung einer effizienten Methodik zur Abbildung der nichtlinearen Eigenschaften hydrodynamischer Gleitlager in transienten Rotordynamiksimulationen. Dazu ist eine effiziente Lösung der Reynoldsgleichung notwendig, für die die semi-analytischen Scaled Boundary Finite Element Method (SBFEM) genutzt wird. Auf diese Weise sollen die Berechnungszeiten gegenüber herkömmlichen, numerischen Methoden reduziert werden, ohne dass dafür eine Vereinfachung der Randbedingungen, wie in analytischen Approximationen, nötig ist.

Das Betriebsverhalten schnelldrehender gleitgelagerter Rotorsysteme wird maßgeblich durch die nichtlinearen Lagereigenschaften beeinflusst. Ein typisches Beispiel hierfür ist das Auftreten selbsterregter, subharmonischer Schwingungen. Diese können die Lebensdauer der Komponenten beeinträchtigen und zu einer erhöhten Verlustleistung sowie kritischen Geräuschemissionen führen und müssen daher bei der Auslegung berücksichtigt werden. Dazu ist eine präzise Analyse des dynamischen Verhaltens erforderlich, welche allerdings oftmals erst in einem späten Stadium des Produktentwicklungsprozess anhand von Prüfstandversuchen erfolgt. Werden dabei Mängel offengelegt, deren Beseitigung Änderungen am Produkt erfordert, verlängert sich die Entwicklungszeit und es entstehen zusätzliche Kosten. Um dies zu vermeiden, werden vermehrt dynamische Simulationen in den Produktentwicklungsprozess integriert, welche bereits vor der Fertigung eines Prototyps eine Untersuchung des Betriebsverhaltens erlauben. Entscheidend ist dabei die realitätsnahe Abbildung der nichtlinearen Zusammenhänge zwischen den dynamischen und hydrodynamischen Teilsystemen im Simulationsmodell. Dazu werden die Bewegungsgleichungen in ein Zeitschrittverfahren eingebettet und mit der Reynoldsgleichung gekoppelt, welche den hydrodynamischen Druckaufbau im Gleitlager beschreibt. Die Lösung der Reynoldsgleichung erfolgt dabei in der Regel numerisch oder auf Kennfeldern basierend, da geschlossene analytische Lösungen nur für stark vereinfachte Fälle bekannt sind. Für die numerische Lösung ist eine zweidimensionale Diskretisierung des Schmierpalts erforderlich, welche in Verbindung mit der hohen Anzahl an Zeitschritten einen erheblichen Rechenaufwand mit sich bringt. Der Kennfeldansatz ist wiederum nur mit beschränkter Modellierungstiefe möglich bzw. sinnvoll, da jeder berücksichtigte physikalische Effekt den Interpolationsaufwand erhöht. Um eine effiziente Alternative zu den herkömmlichen Methoden zu schaffen, wird in diesem Projekt eine semi-analytische Lösung entwickelt. Die dadurch erzielte Reduzierung der Rechenzeiten soll in industriellen und wissenschaftlichen Anwendungen zur Zeit- und Kostenersparnis beitragen. Die entwickelte Methodik basiert auf der SBFEM und bedarf im Gegensatz zu den numerischen Lösungsverfahren lediglich einer eindimensionalen Diskretisierung. Dabei wird die ursprünglich partielle Differentialgleichung in ein gewöhnliches Differentialgleichungssystem überführt, welches mit einem Exponentialansatz lösbar ist. Um die Effizienz weiter zu verbessern, wird die SBFEM-Lösung mit verschiedenen Strategien zur Reduzierung der benötigten Anzahl an Freiheitsgraden kombiniert.

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
Projektbearbeitung: Braj Bhushan Prasad
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 monofrequenten Emissionen, die durch die erfolgreiche Optimierung hinsichtlich aeroakustischer Emissionen immer stärker in den Vordergrund treten und ein Problem darstellen können. Um diese ausreichend zu reduzieren, kommen innovative Konzepte zur Schwingungs- und Geräuschreduktion zum Einsatz. Eine wesentliche Quelle von störenden Geräusche kann der Generator sein, 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. Geräusche mit eingegrenztem Frequenzbereich sind für die Akzeptanz der Bevölkerung besonders kritisch, da diese als wesentlich störender wahrgenommen werden als ein breitbandiges Rauschen.

In diesem Projekt sollen Transmissionspfade untersucht werden, an denen die Erforschung des Geräuschminderungspotentials erfolgversprechend ist. Darüber hinaus werden viele verschiedene Konzepte 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: Dr.-Ing. Steffen Nitzschke
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2020 - 31.05.2021

Einfluss der Axiallagerdynamik auf das Rotorverhalten: Transiente Analyse unter Berücksichtigung der Kavitation sowie der Kopplung von axialen und radialen Schmierfilmen

Das Schwingungsverhalten von Rotorsystemen wird neben den elastischen und Trägheitseigenschaften des Rotors sowie der äußeren Lasten vor allem durch die Lagerung bestimmt. Aufgrund der vorteilhaften mechanischen und thermischen Charakteristika sowie der geringen Kosten kommen häufig Gleitlager-Konstruktionen zum Einsatz. Zum einen betrifft dies die Radialgleitlager, welche dominant die Biegeschwingungen beeinflussen, gleichzeitig kommen zur axialen Sicherung bzw. zur Aufnahme axialer Lasten Axialgleitlager zum Einsatz. Beide Lagertypen liefern bedingt durch ihre jeweiligen Steifigkeits- und Dämpfungsparameter einen wesentlichen Beitrag zum Systemverhalten, welcher drastische Auswirkungen auf die resultierenden Schwingungen und die Stabilität hat. Kontinuierliche Weiterentwicklungen und steigende Anforderungen bedingen eine sukzessiv erhöhte Abbildungsgüte des transienten Systemverhaltens, weshalb eine detaillierte Modellierung der Systemeigenschaften des Rotorsystems, der Lagerung und deren Wechselwirkungen notwendig sind.

Für transiente Untersuchungen ist eine Verwendung etablierter quasistationärer Lösungen auf dem Gebiet der gekoppelten Rotor-Lager-Simulation nicht adäquat möglich. Während für quasistationäre Betrachtungen der Lagersituation die Lösung eines nichtlinearen Gleichungssystems genügt, müssen für transiente Fragestellungen Zeitintegrationen unter Beachtung der Rotordynamik durchgeführt werden. Eine entsprechend detaillierte Abbildung der Lagerung macht die Auswertung der Reynoldsschen Differentialgleichung in jedem Schritt der Zeitintegration unter Berücksichtigung des zeitvarianten Kavitationszustands notwendig.

Im Vorgängervorhaben wurde für Radiallager ein modifizierter Kavitationsalgorithmus nach Elrod erarbeitet, der nun auf die Axiallagerung zu übertragen ist. In diesem Kontext treten neben dem einfachen Axiallager verschiedene weitere Bauformen auf, die sich in Kombilager (Radial-Axialbund-Gleitlager), Schwimmscheibenlager und Kippsegmentlager einteilen lassen. Dabei müssen hydraulische Kopplungen zwischen axialen und radialen Schmierfilmen sowie mechanische Kopplungen zu den Komponenten des Rotor-Lager-Systems unter dem Einfluss der Kavitation berücksichtigt werden. Mit dem erweiterten Simulationsmodell sollen

relevante Schwingungsphänomene (Subharmonische Schwingungen, Gegenlaufanregungen durch äußere Lasten, Kippsegmentschwingungen) bzgl. Frequenz und Amplitude valide prädiziert werden.

Projektleitung: Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
Projektbearbeitung: M.Sc. Eric Heppner
Kooperationen: Prof. Sven Jüttner, Lehrstuhl Fügetechnik
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-, meso- 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: 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: 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; Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Strackeljan, (OvGU, IFME)
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 Gegenlaufenregungen 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: Andreas Zörnig
Kooperationen: aixACCT mechatronics GmbH; IKAM GmbH, Magdeburg
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 Gelenkinernen, 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 teilreduzante Messmethoden verbunden und in einem seriennahen Prototypensystem umgesetzt.

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 erfolgreicher Validierung soll eine Verbesserung der Tragfähigkeit der Hybridverbindung durch gezielte Prozessoptimierung erfolgen.

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

Quetschdämpfer - Elemente einer optimierten äußeren Lagerabstützung

Ziel des Forschungsvorhabens ist eine Erhöhung der Simulationsgüte bzgl. des Einflusses von Quetschdämpfern (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: 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: 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 im Nanobereich.
- 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 abgeglichenen 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 modifizierte Verschleißmodell 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: 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
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 (Fahrndynamik). 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 Strukturmechanik 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 Regelung des Erregerstroms implementiert und hinsichtlich ihrer Wirkung analysiert werden.

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 eMobility, 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 (Derotormessungen), 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: MSc. Robert Tandler
Kooperationen: Prof. Woschke. IFME; BMW, ProMotion-Programm
Förderer: Industrie - 30.11.2017 - 31.12.2020

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.: Analytical wear model and its application for the wear simulation in automotive bush chain drive systems, *Wear*, Volumes 446-447, 15 April 2020, 203193, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203193>.

[2]Tandler, R., Bohn, N., Gabbert, U., Woschke, E.: Experimental investigation of the internal friction in automotive bush chain drives systems, *Tribology International*, Vol. 140 (2019), Article 105871, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.105871>.

[3]Gabbert, U.: Berücksichtigung von Zwangsbedingungen in der FEM mittels Penalty-Funktions-Methode, *Technische Mechanik* 4, 1983, Heft 2, S.40-46.

[4]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.

[5]Gabbert, U., Graeff-Weinberg, K.: Eine pNh-Elementformulierung für die Kontaktanalyse. *ZAMM* 74 (1994), 4, pp. 195-197.

[6]Buczkowski, R., Gabbert, U.: Finite-Elemente-Formulierung des 3D-Kontaktproblems unter Berücksichtigung eines verfestigenden Reibungsgesetzes. *ZAMM* Vol. 76, 1996, Supplement 5, pp. 81-83.

[7]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.

Projektleitung: Dr.-Ing. Johanna Eisenträger
Kooperationen: University of New South Wales, Centre for Infrastructure Engineering and Safety
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.08.2019 - 31.07.2021

Modellierung der Kriechverformung von Kurzfaserbeton

Kurzfaserverstärkter Beton ist ein moderner Werkstoff, der vielfältig einsetzbar ist, wie zum Beispiel für Tunnelverkleidungen oder in maritimen Anlagen. Zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, wie der Duktilität, und um die Ausbreitung von Rissen zu vermindern, werden dem spröden Beton Kurzfasern beigemischt, was zu einer komplexen Mikrostruktur bestehend aus Beton, größeren Gesteinskörnern und Fasern führt. Beton wie auch Kurzfaserbeton weisen eine ausgeprägte Neigung zum Kriechen auf, das heißt, dass die Verformungen unter konstanter Last mit der Zeit zunehmen. Obwohl das Kriechen von Kurzfaserbeton ein stark nichtlinearer Vorgang ist, verwenden bisher vorgestellte Modelle meist lineare Ansätze der Viskoelastizität und beschränken sich auf einachsige Spannungs- und Verformungszustände. Darüber hinaus existiert momentan kein Simulationsansatz zur Modellierung des Kriechens von Kurzfaserbeton unter adäquater Berücksichtigung der Mikrostruktur. Stand der Technik ist es, die Gestalt und Verteilung der Fasern und Gesteinskörner im Beton stark idealisiert abzubilden. Deshalb wird im Rahmen dieses Projektes ein numerisches Modell unter detailgetreuer Berücksichtigung der komplexen Mikrostruktur des Kurzfaserbetons entwickelt. Die Basis dafür stellen Computertomographie-Aufnahmen von Proben dar, welche praxisnah gefertigten Bauteilen aus Kurzfaserbeton entnommen wurden. Zur Diskretisierung und Simulation basierend auf diesen Aufnahmen wird die Scaled Boundary Finite Element Method verwendet. In der Kombination mit einem robusten Octree-Algorithmus wird eine automatisierte und effiziente Generierung des Netzes ermöglicht, wobei die reale Mikrostruktur des Kurzfaserbetons im numerischen Modell mit hoher Genauigkeit abgebildet werden kann. In Ergänzung zu dem numerischen Modell wird ein konstitutiver Ansatz für das Kriechen von Kurzfaserbeton entwickelt. Dabei werden separate Materialgleichungen für die Betonmatrix, die Gesteinskörner und die Fasern formuliert. Während die Gesteinskörner und Fasern als elastisch angenommen werden können, wird für die inelastischen Verformungen der Betonmatrix ein nichtlineares Modell unter Berücksichtigung mehrachsiger Spannungs- und Verformungszustände neu entwickelt. Das Modell wird anhand von Kriechversuchen mit Betonproben kalibriert und in die numerische Simulationsumgebung implementiert. Zur Validierung des numerischen Modells werden Kriechversuche an Proben aus Kurzfaserbeton durchgeführt und die numerischen Ergebnisse mit den Versuchsdaten verglichen. Damit wird in diesem Projekt erstmals ein Modellierungsansatz für das Kriechen von Kurzfaserbeton vorgestellt, bei dem die komplexe Mikrostruktur des Werkstoffes präzise abgebildet wird und ein nichtlineares konstitutives Modell für mehrachsige Spannungs- und Verformungszustände integriert ist. Der Modellierungsansatz bildet somit die Grundlage für die zukünftige realitätsnahe Abschätzung der Langzeitbelastung von Bauteilen aus Kurzfaserbeton.

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

Jun.-Prof. E. Woschke

GAMM Annual Meeting 2020/21 - Kassel: Sectionleitung: S05 Nonlinear oscillations

Prof. H. Altenbach

CISM Course (4.-8.05.2020, Udine/Italy): Co-organizer *Advanced for Theories Deformation, Damage and Failure in Materials* (postponed 3.-7.05.2021)

XLVIII International Summer School-Conference *Advanced Problems in Mechanics* (22.-27.06.2020, online, member of scientific committee)

14th International Conference on *Advanced Computational Engineering and Experimenting* (co-chair, 5.-9.07.2020, postponed 4.-8.07.2021)

9. VERÖFFENTLICHUNGEN

BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Altenbach, Holm

Scientific language - a comparative analysis of english, german and russian

Technology and language - Sankt-Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Bd. 1.2020, 1, insges. 5 S.;

Altenbach, Holm; Knape, Katharina

On the main directions in creep mechanics of metallic materials

Hayastani Gitowt'yownneri Azgayin Akademiayi tegekagir / Mexanika/ Hayastani Gitowt'yownneri Azgayin Akademia - Erevan: Akad., Bd. 73.2020, 3, S. 24-43;

Altenbach, Holm; Müller, Wolfgang H.

Editorial

ZAMM: journal of applied mathematics and mechanics - Berlin: Wiley-VCH, Volume 100 (2020), issue 5, article e202002024;

[Imp.fact.: 1.467]

Altenbach, Holm; Nijboer, Bette

Editorial

ZAMM: journal of applied mathematics and mechanics - Berlin: Wiley-VCH, 100(2020,1), Artikel e201901997, 4 Seiten;

[Imp.fact.: 1.467]

Aßmus, Marcus; Glüge, Rainer; Altenbach, Holm

On the analytical estimation for isotropic approximation of elastic properties applied to polycrystalline cubic silicon used at solar cells

Technische Mechanik - wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik: wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik - Magdeburg: Inst., Bd. 40.2020, 2, S. 120-133;

Eisentträger, Sascha; Atroshchenko, E.; Makvandi, Resam

On the condition number of high order finite element methods - influence of p-refinement and mesh distortion

Computers and mathematics with applications: an international journal - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science . - 2020;

[Online first]

[Imp.fact.: 2.811]

El Yaagoubi, Mohammed; Meier, Jens; Juhre, Daniel

Lifetime prediction of carbon black filled elastomers based on the probability distribution of particle using an inelastic and hyperelastic material model

Engineering failure analysis: materials, structures, components, reliability, design - Oxford [u.a.]: Elsevier Science, Volume118 (2020), Artikel 104943;

[Imp.fact.: 2.897]

Gavila Lloret, Maria; Müller, Gregor; Duvigneau, Fabian; Gabbert, Ulrich

On the numerical modeling of poroelastic layers in spring-mass systems

Applied acoustics - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Volume 157 (2019), article 106996, 2020;

[Imp.fact.: 2.297]

Glüge, Rainer; Altenbach, Holm; Mahmood, Nasir; Beiner, Mario

On the difference between the tensile stiffness of bulk and slice samples of microstructured materials

Applied composite materials: an international journal for the science and application of composite materials - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V . - 2020, insges. 21 S.;

[Online first]

[Imp.fact.: 2.199]

Jafari, Mohammad; Hoseyni, Seyed Ahmad Mahmoodzade; Altenbach, Holm; Craciun, Eduard-Marius

Optimum design of infinite perforated orthotropic and isotropic plates

Mathematics: open access journal - Basel: MDPI, Volume 8 (2020), issue 4, article 569, 23 Seiten;

Kersch, K.; Schmidt, A.; Woschke, Elmar

Multiaxial fatigue damage evaluation - a new method based on modal velocities

Journal of sound and vibration - London: Academic Press, Bd. 476.2020, S. 115297;

[Imp.fact.: 3.123]

Kersch, Kurthan; Woschke, Elmar

Fixture modifications for effective control of an electrodynamic3D-shaker system

Sound and vibration: SV ; the noise and vibration control magazine - Bay Village, Ohio [u.a.]: Acoustical Publ.,

Bd. 54.2020, 2, S. 75-84;

Kersch, Kurthan; Woschke, Elmar

Modal velocity based multiaxial fatigue damage evaluation using simplified finite element models

Journal of applied mechanics - New York, NY: ASME . - 2020;

[online first]

[Imp.fact.: 2.772]

Kersch, Kurthan; Woschke, Elmar

Multiaxial and uniaxial fatigue failure evaluation using modal velocities

Experimental techniques: an official publication of the Society for Experimental Mechanics - Cham: Springer

International Publishing . - 2020, insges. 6 S.;

[Online first]

[Imp.fact.: 1.058]

Marter, Paul; Daniel, Christian; Duvigneau, Fabian; Woschke, Elmar

Numerical analysis based on a multi-body simulation for a plunging type constant velocity joint

Applied Sciences: open access journal - Basel: MDPI, Volume 10 (2020), issue 11, article 3715, 18 Seiten;

<http://dx.doi.org/10.25673/36148> 10.3390/app10113715

[Imp.fact.: 2.217]

Naumenko, Konstantin; Bagheri, Behnaz

A direct approach to evaluate interaction forces between self-adhesive polymeric films subjected to T-peeling

Archive of applied mechanics: (Ingenieur-Archiv) - Berlin: Springer . - 2020, insges. 13 S.;

[Imp.fact.: 1.374]

Naumenko, Konstantin; Gariboldi, Elisabetta; Nizinkovskyi, Rostyslav

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

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

[Imp.fact.: 2.958]

Nazarenko, Lidiia; Stolarski, Henryk; Altenbach, Holm

Modeling cylindrical inhomogeneity of finite length with Steigmann-Ogden Interface

Technologies: open access journal - Basel: MDPI, Volume 8(2020), issue 4, article 78, 15 Seiten;

Nordmann, Joachim; ABmus, Marcus; Glüge, Rainer; Altenbach, Holm

On the derivation of Hookes law for plane state conditions

Technische Mechanik - wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik: wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik - Magdeburg: Inst., Bd. 40.2020, 2, S. 160-174;

Petö, Márton; Duvigneau, Fabian; Eisenträger, Sascha

Correction to: Enhanced numerical integration scheme based on image-compression techniques - application to fictitious domain methods
Advanced modeling and simulation in engineering sciences: AMSES - Berlin: Springer Open, Volume 7(2020), issue 1, article 34, 1 Seite;

Petö, Márton; Duvigneau, Fabian; Eisenträger, Sascha

Enhanced numerical integration scheme based on image-compression techniques - application to fictitious domain methods
Advanced modeling and simulation in engineering sciences: AMSES - Berlin: Springer Open, Volume 7(2020), issue 1, article 21, 42 Seiten;

Petö, Márton; Duvigneau, Fabian; Juhre, Daniel; Eisenträger, Sascha

Enhanced numerical integration scheme based on image compression techniques - application to rational polygonal interpolants
Archive of applied mechanics: (Ingenieur-Archiv) - Berlin: Springer . - 2020, insges. 23 S.;
[Online first]
[Imp.fact.: 1.374]

Plakסיy, Yuriy; Breslavsky, Dmitriy; Homozkova, Irina; Naumenko, Konstantin

Closed-form quaternion representations for rigid body rotation - application to error assessment in orientation algorithms of strapdown inertial navigation systems
Continuum mechanics and thermodynamics - analysis of complex materials and judicious evaluation of the environment: analysis of complex materials and judicious evaluation of the environment - Berlin: Springer . - 2020;
[Imp.fact.: 2.139]

Rizov, Victor; Altenbach, Holm

Influence of material non-linearity on delamination in multilayered three-point bending beams
Journal of theoretical and applied mechanics / Bulgarian Academy of Sciences, National Committee of Theoretical and Applied Mechanics - Sofia: Publ. House of the Bulg. Acad. of Sciences, Bd. 50.2020, 1, S. 70-82

Rizov, Victor; Altenbach, Holm

Longitudinal fracture analysis of an inhomogeneous stepped rod with two concentric cracks in torsion
Technische Mechanik - wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik: wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik - Magdeburg: Inst., Bd. 40.2020, 2, S. 149-159;

Rizov, Victor; Altenbach, Holm

Longitudinal fracture analysis of inhomogeneous beams with continuously varying sizes of the cross-section along the beam length
Frattura ed integrità strutturale: rivista ufficiale del Gruppo Italiano Frattura - Cassino, Bd. 14.2020, 53, S. 38-50;

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

Identification of the flow properties of a 0.54% carbon steel during continuous cooling
Metals: open access journal - Basel: MDPI, Volume 10 (2020), issue 1, article 104, 11 Seiten;
<http://dx.doi.org/10.3390/met10010104> 10.25673/36355
[Imp.fact.: 2.259]

Spannan, Lars; Duvigneau, Fabian; Gavila Lloret, Maria; Daniel, Christian; Juhre, Daniel; Woschke, Elmar

A study on harmonic excitation based experimental characterization of damping materials for acoustic simulations
Technische Mechanik - wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik: wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik - Magdeburg: Inst., Bd. 40.2020, 2, S. 134-148;

Tandler, Robert; Bohn, Niels; Gabbert, Ulrich; Woschke, Elmar

Analytical wear model and its application for the wear simulation in automotive bush chain drive systems
Wear: an international journal on the science and technology of friction, lubrication and wear - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volumes 446-447(2020), Artikel 203193;
[Imp.fact.: 2.95]

Tolcha, Mesay Alemu; Altenbach, Holm; Tibba, Getachew Shunki

Modeling creep-fatigue interaction damage and H13 tool steel material response for rolling die under hot milling
Engineering fracture mechanics - Kidlington: Elsevier Science, Volume 223 (2020), article 106770;
[Imp.fact.: 2.908]

Wakjira, Melesse Workneh; Altenbach, Holm; Ramulu, Perumalla Janaki

Cutting mechanics analysis in turning process to optimise product sustainability
Advances in materials and processing technologies - Abingdon, Oxon: Taylor & Francis . - 2020, insges. 17 S.;
[Online first]

Weber, Martin; Glüge, Rainer; Altenbach, Holm

Evolution of the stiffness tetrad in fiber-reinforced materials under large plastic strain - material plasticity
Archive of applied mechanics: (Ingenieur-Archiv) - Berlin: Springer . - 2020;
[Imp.fact.: 1.374]

Ziese, Christian; Irmischer, Cornelius; Woschke, Elmar

Influence of lubricant film cavitation on the rotor dynamic system behaviour of an exhaust gas turbocharger rotor
Proceedings in applied mathematics and mechanics: PAMM - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Volume 20(2020), issue 1, article ee202000053, 2 Seiten;

Ziese, Christian; Nitzschke, Steffen; Woschke, Elmar

Run up simulation of a full-floating ring supported Jeffcott-rotor considering two-phase flow cavitation
Archive of applied mechanics: (Ingenieur-Archiv) - Berlin: Springer . - 2020, insges. 14 S.;
[Online first]

NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Ambos, Eberhard; Gabbert, Ulrich; Halle, Thorsten; Heikel, Christian

Quo vadis PKW?
Gießerei-Rundschau: Fachzeitschrift des Vereins Proguss austria - [Wien]: Proguss austria, Bd. 67.2020, 4, S. 6-18

ARTIKEL IN ZEITSCHRIFT

Mahmood, Nasir; Kolesov, Igor; Glüge, Rainer; Altenbach, Holm; Androsch, René; Beiner, Mario

Influence of structure gradients in injection moldings of isotactic polypropylene on their mechanical properties
Polymer - Oxford: Elsevier Science, 1960, Volume 200 (2020), article 122556;
[Imp.fact.: 3.771]

BEGUTACHTETE BUCHBEITRäge

Altenbach, Holm; Chinchaladze, Natalia; Kienzler, Reinhold; Müller, Wolfgang H.

Preface
Analysis of shells, plates, and beams: a state of the art report - Cham: Springer, 2020; Altenbach, Holm, 2020, Seite vii-xx - (Advanced structured materials; volume 134);

Aßmus, Marcus; Altenbach, Holm

A mathematically consistent vector-matrix representation of generalized Hookes law for shear-rigid plates
Nonlinear Wave Dynamics of Materials and Structures - Cham: Springer International Publishing, 2020; Altenbach, Holm . - 2020, S. 57-67 - (Advanced structured materials; volume 122);

Burlayenko, Vyacheslav N.; Altenbach, Holm; Dimitrova, Svetlana D.

Interface strength assessments of sandwich panels with a face sheet/core debond

Analysis of shells, plates, and beams: a state of the art report - Cham: Springer, 2020; Altenbach, Holm . - 2020, S. 95-122 - (Advanced structured materials; volume 134);

Duvigneau, Fabian; Hähnlein, Frederik; Daniel, Christian; Schrader, Peter; Woschke, Elmar; Juhre, Daniel

Untersuchung des Einflusses von Randbedingungen auf die Vergleichbarkeit von numerischer und experimenteller Modalanalyse

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 274-277; [Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

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, 2019 . - 2020, S. 1-34 - (Advanced structured materials; 117);

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 . - 2020, S. 79-91 - (Advanced structured materials; 117);

Naumenko, Konstantin; Altenbach, Holm

Laminated plates with non-linear visco-elastic interlayer - the governing equations

Analysis of shells, plates, and beams: a state of the art report - Cham: Springer, 2020; Altenbach, Holm . - 2020, S. 297-310 - (Advanced structured materials; volume 134);

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, 2019 . - 2019, S. 131-168, 2020 - (Advanced structured materials; 117);

Pogorilov, Sergiy Yu.; Khavin, Valeriy L.; Naumenko, Konstantin; Schastlivets, Kyrill Yu.

Heat transfer analysis in the strapdown inertial unit of the navigation system

Plasticity, damage and fracture in advanced materials - Cham: Springer, 2020; Altenbach, Holm . - 2020, S. 119-133;

Prasad, Braj Bhushan; Duvigneau, Fabian; Juhre, Daniel; Woschke, Elmar

Design of test specimen for wind turbines to evaluate passive vibration reduction concepts based on granular materials

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 446-449; [Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

Prasad, Braj Bhushan; Duvigneau, Fabian; Woschke, Elmar; Juhre, Daniel

Wind turbine blade and generator test specimen for evaluating a passive vibration reduction concept based on granular materials

Proceedings of the ISMA 2020, International Conference on Noise and Vibration Engineering/USD 2020, International Conference on Uncertainty in Structural Dynamics: 7 to 9 September 2020\$/ International Conference on Noise and Vibration Engineering - Heverlee (Belgium): KU Leuven, Department of Mechanical Engineering, 2020; Desmet, W. . - 2020, S. 3525-3540

Schrader, Peter; Heinrichs, Christian; Duvigneau, Fabian; Rottengruber, Hermann

Strukturberuhigung eines spiralförmigen Akustischen Schwarzen Lochs (ASL)

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin:

Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 427-430;

[Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

WISSENSCHAFTLICHE MONOGRAPHIEN

Altenbach, Holm

Holzmann/Meyer/Schumpich Technische Mechanik Festigkeitslehre - 104 Aufgaben, 133 Beispiele und zahlreiche Klausuraufgaben mit Lösungen

Wiesbaden: Springer Vieweg, 2020, 14., überarbeitete und erweiterte Auflage, 1 Online-Ressource (xii, 434 Seiten) - (Springer eBook Collection);

HERAUSGEBERSCHAFTEN

Aizikovich, Sergei M.; Altenbach, Holm; Eremeyev, Victor; Swain, Michael Vincent; Galybin, Alexander

Modeling, synthesis and fracture of advanced materials for industrial and medical applications

Cham: Springer, 2020, 1 Online-Ressource - (Springer eBook Collection; Advanced Structured Materials; volume 136; Advanced Structured Materials; 136);

Altenbach, Holm; Brünig, Michael; Kowalewski, Zbigniew L.

Plasticity, damage and fracture in advanced materials

Cham: Springer, 2020, 1 Online-Ressource - (Springer eBooks; Chemistry and Materials Science; Springer eBook Collection; Advanced structured materials; 121);

Altenbach, Holm; Chinchaladze, Natalia; Kienzler, Reinhold; Müller, Wolfgang H.

Analysis of shells, plates, and beams - a state of the art report

Cham: Springer, 2020, 1 Online-Ressource - (Advanced Structured Materials; volume 134);

Altenbach, Holm; Eremeyev, Victor A.; Igumnov, Leonid A.

Multiscale solid mechanics - strength, durability, and dynamics

Cham: Springer, 2020, 1 Online-Ressource - (Springer eBook Collection; Advanced Structured Materials; volume 141);

Altenbach, Holm; Eremeyev, Victor A.; Pavlov, Igor S.; Porubov, Alexey V.

Nonlinear Wave Dynamics of Materials and Structures

Cham: Imprint: Springer, 2020., 1st ed. 2020., 1 Online-Ressource (XXV, 461 p. 150 illus., 87 illus. in color.) - (Springer eBook Collection; Advanced Structured Materials; 122);

Altenbach, Holm; Öchsner, Andreas

Encyclopedia of continuum mechanics. Volume 1: A-E

[Heidelberg]: Springer, 2020, xlvii, 877 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 26 cm - (Springer reference);

[Literaturangaben]

Altenbach, Holm; Öchsner, Andreas

Encyclopedia of continuum mechanics. Volume 2: F-M

[Heidelberg]: Springer, 2020, xlvii Seiten, Seite 880-1769, Illustrationen, Diagramme, 26 cm - (Springer reference);

[Literaturangaben]

Altenbach, Holm; Öchsner, Andreas

Encyclopedia of continuum mechanics. Volume 3: N-Z

[Heidelberg]: Springer, 2020, xlvii Seiten, Seite 1772-2806, Illustrationen, Diagramme, 26 cm - (Springer reference);

[Literaturangaben]

NICHT BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

Irmscher, Cornelius; Ziese, Christian

Thermally extended rotordynamics of turbochargers FVV no. 1258 final report
FVV Autumn Conference: 21 , 25 September 2020, digital conference - Frankfurt am Main: Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V., 2020 . - 2020, S. 509-556;
[Konferenz: FVV 2020 Autumn Conference, digital conference, 21 - 25 September 2020]

ANDERE MATERIALIEN

Altenbach, Holm; Öchsner, Andreas

Encyclopedia of Continuum Mechanics
Berlin: Springer, 2020 - (Springer reference)

DISSERTATIONEN

Hoffmann, Thomas; Rose, Georg [AkademischeR BetreuerIn]; Juhre, Daniel [AkademischeR BetreuerIn]

Verfahren zur Erhöhung der visuellen Wahrnehmung neurovaskulärer Stents unter Röntgendurchleuchtung
Magdeburg, 2020, XIV, 108 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 92-97]

Kersch, Kurthan; Woschke, Elmar [AkademischeR BetreuerIn]

3D-vibration testing for automotive components
Magdeburg, 2020, xxii, 134, XII Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 128-134]

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

Failure analysis of coatings under thermo-mechanical loading
Magdeburg, 2020, xv, 110 Seiten, A1-A6, B1-B6, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 101-110]

Tandler, Robert; Woschke, Elmar [AkademischeR BetreuerIn]; Gabbert, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]

Physikalisch motiviertes Verschleißmodell für Kettentriebe in PKW-Motoren
Düren: Shaker Verlag, 2021, 110 Seiten, 68 Illustrationen, Diagramme, 21 cm, 177 g - (Berichte aus dem Maschinenbau)

Weber, Martin; Altenbach, Holm [AkademischeR BetreuerIn]

Material plasticity - evolution of the stiffness tetrad in fiber materials with large plastic strain
Magdeburg, 2020, XV, 308 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm