



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

MB

FAKULTÄT FÜR
MASCHINENBAU

Forschungsbericht 2021

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 Dübau
- 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:	Dr.-Ing. Martin Weber
Kooperationen:	PD Dr.-Ing.habil. R. Glüge (IFME, OvGU Magdeburg)
Förderer:	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.11.2021 - 31.10.2024

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den effektiven Steifigkeiten dreidimensionaler Materialproben und dünner Schichten

Unter dem Begriff „Homogenisierungsmethoden“ werden Methoden zusammengefasst, welche die effektiven Materialeigenschaften eines Materials mit Mikrostruktur aus der räumlichen Anordnung der Phasen und deren individueller Eigenschaften ermitteln. Voraussetzung hierfür ist ein hinreichender Skalenabstand. Die Fluktuationen der Felder auf Makroebene, z.B. aufgrund von Geometrievariationen und Randbedingungen, müssen auf sehr viel größeren Längenskalen stattfinden als die Fluktuationen in der Mikrostruktur. Ist dies der Fall, so lässt sich auf einer Mesoebene eine Materialprobe definieren, die groß genug ist, um einen repräsentativen Mikrostrukturausschnitt zu erfassen. Deren effektive Eigenschaften werden dann punktuell auf der Makroebene angewandt, weswegen die Materialprobe kleiner sein muss als die charakteristischen Geometrieabmessungen auf der Makroebene (Hashin, 1983). Bei der numerischen Homogenisierung werden die Eigenschaften der virtuellen Materialprobe in einem virtuellen Experiment bestimmt. Letztere wird als Repräsentatives Volumenelement (RVE) bezeichnet. Standardmässig werden periodisch fortsetzbare RVE mit periodischen Randbedingungen verwendet, auch bei stochastischen Mikrostrukturen. Die periodischen Randbedingungen imitieren die Einbettung des RVE in eine Umgebung mit identischem Materialverhalten.

In diesem Projekt sollen die folgenden Fragen beantwortet werden. Wie kann man möglichst genau auf die dreidimensionale Steifigkeit eines Materials mit Mikrostruktur schließen, wenn ausschließlich Experimente an dünnen Schichten und Fäden möglich sind? Ist es rein numerisch möglich, wenn die volle Information aller Felder in virtuellen Versuchen an dünnen Schichten zur Verfügung steht, möglichst exakt auf die effektiven Eigenschaften des dreidimensionalen Materials zu schließen? Lassen sich einfache Abschätzungen wie der bereits experimentell ermittelte Wert $E_{PP2D}=E_{PP3D} \sim 0.7$ auf Materialklassen (Polymere) verallgemeinern, oder ist dieser Wert spezifisch für Polypropylen? Zur Beantwortung der ersten beiden Fragen sind die Entwicklung einer Homogenisierungstheorie für den dimensional Übergang erforderlich. Die dritte Frage kann nur experimentell durch die Messung von E_{2D} und E_{3D} an verschiedenen Materialien beantwortet werden. Wie gezeigt wurde, ist die lokale Querdehnung ein wichtiger Indikator für die Differenz zwischen E_{2D} und E_{3D} . Daher sollte zusätzlich zu den Nenngrößen im Zugversuch auch die lokale Querdehnung an dünnen Filmen gemessen werden.

Hashin, Z. (1983). "Analysis of Composite Materials - A Survey". In: Journal of Applied Mechanics 50, S. 481-505.

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 Zschege (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 Zscheuge (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 Knape
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 sicherer 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 Steifigkeitstensoren 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. 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 Rissstopps ausgehend von einem bereits vorhandenen technischen Anriss unter thermomechanischer Belastung gibt es heute nicht. Das Ziel des Dissertationsvorhabens ist es einen weiteren wichtigen Schritt in der simulationsbasierten Auslegung von thermomechanisch hoch belasteten Komponenten voranzukommen und eine 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 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 Zscheyge (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 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 Stahllegierung 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: M.Sc. Stefan Bergmann
Kooperationen: Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ, AG Thermoplastbasierte Faserverbund-Bauteile, Schkopau, GER; Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle/Saale, GER; Dr.-Ing. Matthias Zscheyge (Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle/Saale)
Förderer: EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.03.2017 - 30.09.2021

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

Background

In the production of thermoplastically formed honeycomb structures, simple standard material equations from various finite element method (FEM) systems fail. Differences to real experiments occur. Furthermore, each honeycomb of the structure has to be constructed, which takes a lot of time.

Objective

»Creation of a material model that makes it possible to build the structure more simply and to still specify the stresses correctly

Methods

»Homogenisation of the structure; spring-damper substitute model; use of a representative elementary volume (RVE); transfer of the data into a unit cell

Results

Though not for the application initially focused on, a unit cell was developed which simulates the behaviour of a honeycomb structure.

Conclusions

The work has to be extended not least with respect to a complex check for error causes in order to exclude the individually possible error sources.

Originality

A test environment was created. The determined stress values were homogenised and checked for correctness. Furthermore, the data were used in a unit cell to determine the comparison with the normal structure.

Keywords

Material model, homogenisation, honeycomb structure, polypropylene, viscoelasticity

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Holm Altenbach
Projektbearbeitung: M.Sc. M.Sc. Moharam, Haghi Choobar
Förderer: EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.06.2017 - 31.03.2021

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

Background

The structure-mechanical analysis of such structures still poses major problems, since no adequate theory is available and classical continuum-mechanical models lead to immensely high computational complexity. In the context of industrial applications such an effort is not responsible, so the experimental analyses often have to be carried out.

Objective

The main goal of this project was developing a finite element based on a novel shell theory to analyse the sandwich structures with soft core layer (anti-sandwich structures). To achieve such an objective, a robust layer-wise theory for the structural analysis of doubly structures have been used.

Methods

To develop the element, the principal of virtual work was derived according to the layer-wise theory. Next, the shape of the element, the number of nodes, and the number of degrees of freedom have been determined. Afterwards, by choosing adequate shape functions, the source code of the element was written using the *Abaqus* subroutine user element. Then, the element has been integrated into finite element analyses using *Abaqus*. At the end, rectangular photovoltaic module were modelled using the new element for verification.

Results

This research deals with modelling the structural behaviour of anti-sandwich shells subjected to mechanical loads. The introduced element (Shell-Lwt) can analyse anti-sandwich structures as plates, single curved shells, and doubly curved shells.

Conclusions

The balance equations and constitutive model for a single layer by using the simple shell theory were obtained. Since mechanical and structural properties of the different layers of photovoltaic panels differ widely, classical approaches for composite structures fail to predict correct results. Therefore, expanding the equations for three layered structure was done using the layer-wise approach. The result was the formulation of the boundary value problem of the overall structure for the three layered composite structure. Since the solution of the formulated boundary value problem in closed form usually tightens a too narrow a frame for practical problems, a procedure for the numerical treatment by means of the finite element method was introduced. Therefore, a variational principal was exploited to gain a weak form of governing equations. This form was used to drive the discretized equation of motion. By using a classic finite element type and through the consideration of artificial stiffening effects, the numerical formulation gained in efficiency and accuracy.

Originality

The strategy developed here is particularly useful in the design and the development phase of anti-sandwich structures. With the numerical solution approach provided here, it is possible to predict the global structure behaviour as early as in the product development process, which can save high costs for experimental analyses.

Keywords

Curved photovoltaic panel, anti-sandwich structures, simple shell theory, layer-wise theory, finite-element analysis

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

Projektleitung: Dr.-Ing. Fabian Duvigneau, 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 conveyer 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 Diverter 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 (Fahrtdynamik). 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
Projektbearbeitung: Sukhanova Olha
Kooperationen: Department for Dynamics and Strength of Machines, State Polytechnical University Kharkiv, Ukraine
Förderer: Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD) - 01.01.2021 - 31.12.2023

Dynamics of Curved Laminated Glass Panels Under Impact Loading

The aim of the work is to analyze dynamic stress and deformation states of both flat and curved laminated glass composites under impact loading. The work considers modeling of a rigid ball drop on on a panel. Computations using the finite element method (FEM) and the peridynamics theory are performed to predict crack patterns

in glass layers. The influence of the soft polymeric interlayer on the strength of the glass laminate will be analyzed.

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 - 31.12.2021

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, Mehrskalmodellierung 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 - 31.03.2022

Entwicklung neuartiger Verbundfolien für Glaslaminat 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 Glaslaminat 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: 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, Kippsegmenteschwingungen) 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-, mesos- und mikroskopischen Einflüsse auf die Tragfähigkeit der Struktur. Gleichzeitig dienen die Versuche als Validierungsgrundlage für die Simulation des Schweißprozesses selbst. Mit Hilfe der Prozesssimulation können die Auswirkungen der Prozessparameter auf die Prozessgrößen und somit auf die Werkstoff- und den Struktureigenschaften abgeleitet werden. Ausgehend davon werden entsprechende phänomenologische Modelle entwickelt, um die maßgeblichen Einflüsse abzubilden. Anschließend werden diese Ergebnisse als Ausgangsbedingung bei der Simulation der Tragfähigkeit (virtueller Zugversuch) der Hybridverbindung verwendet.

Insbesondere für kmU wird mithilfe der Simulation die wirtschaftliche Möglichkeit geschaffen, die Verbindung prädiktiv in Abhängigkeit des gewählten Prozesses zu bewerten. Komplexe Reibschweißaufgaben lassen sich damit bereits im Vorfeld der Versuchsdurchführung analysieren und entsprechend optimieren.

Projektleitung: Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke
Projektbearbeitung: 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 Strackeljan
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
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: M.Sc. Anna Pernatii
Kooperationen: Dr.-Ing. Christian Willberg, Deutsches Forschungszentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Braunschweig
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.05.2021 - 30.04.2024

Gekoppelte Peridynamik-Finite-Elemente-Simulationen zur Schädigungsanalyse von Faserverbundstrukturen

Für den Entwurf, die Bewertung und die Zulassung von sicherheitsrelevanten Leichtbaustrukturen ist die Vorhersage des Schädigungsverhaltens und der Restfestigkeit im Rahmen einer Schadens-toleranzbewertung ausschlaggebend. Für Faserverbundwerkstoffe (FVW) fehlen bisher hinreichend genaue und robuste Methoden zur Bewertung einer progressiven Schädigung. Daher wird zur Ermittlung der Tragfähigkeit derzeit die zu einer konservativen Auslegung führende Schädigungsinitiierung als Kriterium verwendet [1]. Die wesentliche Herausforderung für eine Analyse von Faserverbundstrukturen im Vergleich zu metallischen Werkstoffen besteht in der Heterogenität der FVW, die zu komplexen Versagensmechanismen führt [2]. Eine Simulationsmethodik zur Festigkeitsbewertung muß daher sowohl die Schadensinitiierung als auch den Schadensfortschritt einschließlich aller wirkenden Mechanismen und deren Interaktion abbilden können. Im Rahmen des DFG-Projektes wird das Ziel verfolgt, eine verbesserte Methodik zur Schadensanalyse für FVW zu entwickeln. Dafür wird ein neuer adaptiver Lösungsansatz vorgeschlagen, der aus einer Kopplung der Peridynamik für potentiell geschädigte Modellbereiche mit der FEM für die ungeschädigten Bereiche besteht. Das Ziel des Projektes ist es, die Vorhersagegenauigkeit des Lasttragverhaltens deutlich zu erhöhen und dadurch robustere, sichere und ressourcenschonendere Strukturen entwickeln zu können.

Die peridynamische Theorie ist eine vielversprechende Methode zur Beschreibung der Schädigung in heterogenen Materialien [3], [4]. Um in ungeschädigten Bereichen des betrachteten Bauteils mittels der Peridynamik eine hinreichend genaue Beschreibung des realen Verhaltens zu erreichen, ist eine unnötig hohe räumliche Auflösung des Strukturmodells notwendig [5], [6]. Im Gegensatz dazu sind kontinuumsmechanisch basierte FEM-Modelle sehr effizient, wenn stetige Spannungsverläufe angenommen und finite Elemente hoher Ansatzordnung (p -Elemente) verwendet werden können [7], [8]. Für die Entwicklung einer robusten und effizienten Methodik zur Vorhersage von Schadensinitiation und -fortschritt in ausgewählten (kritischen) Bereichen einer Struktur ist die Kopplung von peridynamisch basierten Berechnungskonzepten mit der FEM ein vielversprechender Ansatz [9]-[11]. Dadurch kann auch die Rückkopplung eines Schadens auf die ungeschädigten Bereiche in komplexen Strukturen effizient modelliert werden.

Im Projekt wird die Peridynamik auf die Modellierung der Schädigung in einer anisotropen Verbundstruktur angewandt, wofür ein energiebasiertes Schädigungsmodell entwickelt und genutzt wird [6]. Der ungeschädigte Bereich einer Struktur wird mit Hilfe der FEM modelliert. Für die Koppelung beider Strukturbereiche wird eine geeignete Koppelmethode entwickelt, implementiert und getestet, z.B. auf der Basis der Arlequin Methode [12]. Die dazu im Projekt entwickelte Software wird gemäß des DFG Ziels zur "Nachhaltigkeit von Forschungssoftware" im Rahmen des Förderprogramms "e-ResearchTechnologien" frei zugänglich gemacht werden (Open Source Software), um eine Weiterverwendung durch andere Forscher zu ermöglichen.

[1]Gross, D., Seelig, T.: Bruchmechanik - Mit einer Einführung in die Mikromechanik. Springer Vieweg, 2018.

[2]Puck, A.: Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten. Hanser, 1996.

[3]Silling, S.A., Lehoucq, R.B.: Peridynamic Theory of Solid Mechanics, *Advances in Applied Mechanics*, 44 (2010), pp. 73-168.

[4]Madenci, E., Oterkus, E.: *Peridynamic Theory and Its Applications*, Springer 2014

[5]Willberg, C., Krause, D.: Peridynamic analysis of fibre-matrix debond and matrix failure mechanisms in composites under transverse tensile load by an energy-based damage criterion, *Composites Part B: Engineering*, Volume 158, February 2019, pp. 18-27.

[6]Willberg, C., Wiedemann, L., Rädle, M.: A mode-dependent energy-based damage model for peridynamics and its implementation, *J. Mechanics of Materials and Structures*, Vol. 14, 2, 2019, pp. 193-217.

[7]Szabó, B., Babuška, I.: *Finite Element Analysis*. John Wiley & Sons, 1991.

[8]Willberg, C., Duczek, S., Vivar-Perez, J.M., Schmicker, D., Gabbert, U.: Comparison of different order finite element schemes for the simulation of Lamb waves, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 241-244 (2012), S. 246-261.

[9]Oterkus, E., Madenci, E., Weckner, O., Silling, S.A., Bogert P., Tessler, A.: Combined finite element and peridynamic analyses for predicting failure in a stiffened composite curved panel with a central slot, *Composite Structures*, 94.3 (2012), pp. 839-850.

- [10]Galvanetto, U., Mudric, T., Shojaei, A., Zaccariotto, M.: An effective way to couple FEM meshes and Peridynamics grids for the solution of static equilibrium problems, *Mechanics Research Communications* 76 (2016), pp. 41-47.
- [11]Yang, D., He, X., Yi, S., Deng, Y., Liu, X.: Coupling of peridynamics with finite elements for brittle crack propagation problems, *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, Volume 107, June 2020, 102505.
- [12]Barthel, C., Gabbert, U.: Application of the Arlequin Method in the virtual engineering design process, *PAMM*, 10.1, 2010, pp. 141- 142.

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

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

Der abgestrahlte Lärm ist ein zentrales Problem aller elektrischen Maschinen. Dies liegt vor allem daran, dass die typische Schallemission eines Elektromotors sehr tonal und sehr hochfrequent ist und somit einerseits im Bereich der Hörfläche liegt, in dem der Mensch am besten hört, und andererseits als besonders lästig empfunden wird. Aus diesem Grund sollen im Rahmen dieses Teilprojektes Methoden und Lösungen erarbeitet werden, um das akustische Verhalten von elektrischen Maschinen signifikant zu verbessern. Das Ziel besteht nicht nur darin, den Schalldruckpegel zu reduzieren sondern zusätzlich auch ein möglichst unauffälliges beziehungsweise angenehmes Geräusch zu erzielen, weshalb das menschliche Wahrnehmungsvermögen in die Betrachtungen mit einbezogen wird. Für die Entwicklungen werden sowohl modernste kommerzielle Simulationsmethoden sowie eigene Softwareerweiterungen eingesetzt als auch umfangreiche experimentelle Untersuchungen und Hörversuche genutzt. Die experimentellen Untersuchungen umfassen Schwingungsanalysen mittels Laservibrometrie im stehenden und rotierenden System (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: Dr.-Ing. Fabian Duvigneau
Kooperationen: Assistant Prof. Dr. Ryan Orszulik (York University, Toronto)
Förderer: Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD) - 01.01.2021 - 31.12.2022

Optimization of the design of mesoscale piezoelectric motors for robotic applications

Robotics has developed by leaps and bounds over the last few decades and many of the challenges of medium to large scale robotics have found suitable solutions. However, at the mesoscale, on the order of a millimeter to centimeters, few of these challenges have been addressed, chief among them, fabrication and actuation. Due to favourable scaling characteristics, piezoelectric actuation becomes more appropriate than electromagnetic actuation at small scales. Piezoelectric materials provide an actuation as they are materials that generate strain when a voltage is applied to them. They also generate a voltage when strained, which gives them the capability to operate as sensors or actuators, or both simultaneously. Due to their small total displacement, large

bandwidth, and lack of friction, they have the ability to generate fast and precise movements.

The overall goal is to optimize a new class of piezoelectric motors based on a series of unimorph (a piezoelectric material bonded to a substrate) arms. The Canadian partner, Assistant Prof. Dr. Ryan Orszulik, has recently designed and fabricated a series of prototypes of a piezoelectric motor which has a planar rotor diameter of 9 mm, stator diameter of 8 mm, a total integrated motor thickness of 0.8 mm, weighs approximately 200 milligrams, and is capable of producing bidirectional motion with relatively low rotational speeds but high torque. However, a number of challenges remain, the most important of which is optimizing the torque density of the motor. For this purpose a numerical optimization will be used, which considers the mass and volume limitations, in order to achieve much higher torques without compromising structural integrity. This multi-objective optimization is a very challenging task, especially on such small scales. For mesoscale robotic applications, it is the torque that is of the greatest interest as it mitigates the need for a gearbox, which is very difficult to manufacture and integrate at these small scales. The unimorph based piezoelectric motor that is the focus of this project is simpler to construct, as it relies on non-standard planar fabrication techniques, and requires only a single drive source at a lower frequency to produce a high torque. In this research program, the goal is to leverage new fabrication techniques to create and miniaturize these piezoelectric motors, test them, and optimize them via analytical and finite element techniques. By employing the developed design, modeling, and fabrication techniques, a number of applications will be pursued including miniature autonomous vehicles and surgical instruments. The most promising possible application, which would create further opportunities for collaboration with the satellite design laboratory at York University, is to use these motors as the actuator for single gimbal control moment gyroscopes in pico to femto class satellites.

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.

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; Janiga, Gábor; Beiner, Mario; Androsch, Rene; Runge, Paul-Maximilian

Numerical simulation of the fused deposition modeling for the manufacturing of parts with both high geometric fidelity and mechanical quality

Žurnal Sibirskogo Federalnogo Universiteta / Serija Matematika i fizika/ Sibirskij Federalnyj Universitet - Krasnojarsk, Bd. 14 (2021), 6, S. 712-725;

Aßmus, Marcus; Glüge, Rainer; Altenbach, Holm

Hashin-Shtrikman bounds of cubic crystalline aggregate elasticity for poly-Si solar cells

Technische Mechanik - wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik: wissenschaftliche Zeitschrift für Anwendungen der technischen Mechanik - Magdeburg: Inst., Bd. 41 (2020), 1, S. 24-33, 2021;

Belov, P. A.; Altenbach, Holm; Lurie, S. A.; Nazarenko, Lidiia; Kriven, G. I.

Generalized Brinkman-type fluid model and coupled heat conductivity problem

Lobachevskii journal of mathematics - [Moskva]: Russian Acad. of Sciences [u.a.], Bd. 42 (2021), 8, S. 1786-1799;

Borzabadi Farahani, Ehsan; Sobhani Aragh, B.; Voges, Jannik; Juhre, Daniel

On the crack onset and growth in martensitic micro-structures; a phase-field approach

International journal of mechanical sciences - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, 1960, Volume 194(2020), article 106187;

[Imp.fact.: 4.631]

Burlayenko, Vyacheslav N.; Sadowski, Tomasz; Altenbach, Holm

Efficient free vibration analysis of FGM sandwich flat panels with conventional shell elements

Mechanics of advanced materials and structures - London: Taylor & Francis . - 2021;

[Imp.fact.: 3.517]

Filanova, Yevgeniya; Hauptmann, Johannes; Längler, Frank; Naumenko, Konstantin

Inelastic behavior of polyoxymethylene for wide strain rate and temperature ranges - constitutive modeling and identification

Materials - Basel: MDPI, Bd. 14 (2021), 13, insges. 17 S.;

[Imp.fact.: 3.623]

Gabbert, Ulrich; Würkner, Mathias

Simulation of cellular structures with a coupled FEM-FCM approach based on CT data

Journal of computational and applied mechanics: a publication of the University of Miskolc - Miskolc: Univ., Bd. 16 (2021), 1, S. 57-70;

Glüge, R.; Altenbach, Holm; Eisenträger, S.

Locally-synchronous, iterative solver for Fourier-based homogenization

Computational mechanics - solids, fluids, engineered materials, aging infrastructure, molecular dynamics, heat transfer, manufacturing processes, optimization, fracture & integrity ; research journal: solids, fluids, engineered materials, aging infrastructure, molecular dynamics, heat transfer, manufacturing processes, optimization, fracture & integrity ; research journal - Berlin: Springer, Bd. 68 (2021), S. 599-618;

[Imp.fact.: 4.014]

Irmscher, Cornelius; Ziese, Christian; Woschke, Elmar

Influence of thermally induced changes in lubricating gap clearance and oil viscosity on nonlinear oscillations of hydrodynamically supported rotors

Proceedings in applied mathematics and mechanics - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Bd. 21 (2021), 1, insges. 2 S.;

Kaur, Iqbal; Singh, Kulvinder; Craciun, Eduard-Marius; Altenbach, Holm

Transversely isotropic visco-thermo-elastic nanobeam with time harmonic laser pulse and new modified three phase lag Green-Nagdhi model

ZAMM - Berlin: Wiley-VCH . - 2021;

[Imp.fact.: 1.603]

Kauss, Olha; Obert, Susanne; Bogomol, Iurii; Wablat, Thomas; Siemensmeyer, Nils; Naumenko, Konstantin; Krüger, Manja

Temperature resistance of Mo₃Si - phase stability, microhardness, and creep properties
Metals - Basel: MDPI, Bd. 11 (2021), 4, insges. 17 S.;
[Imp.fact.: 2.117]

Koch, Sebastian; Duvigneau, Fabian; Woschke, Elmar

A simulation of an electric machine considering the coupling of rotor and electrostatics
Proceedings in applied mathematics and mechanics: PAMM - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Volume 20(2021),
issue 1, article e202000080, 3 Seiten;

Kostyrko, Sergey; Grekov, Mikhail; Altenbach, Holm

Coupled effect of curved surface and interface on stress state of wrinkled thin film coating at the nanoscale
ZAMM: journal of applied mathematics and mechanics - Berlin: Wiley-VCH . - 2021;

Kozhamkulov, B.; Kadyrakunov, K.; Jumadillayev, K.; Primkulova, Zh.; Altenbach, Holm

Destruction of PMMA after the irradiation with high-energy electrons and a mechanical point impact
Mechanics of composite materials - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V., Bd. 56 (2021), S.
817-824;
[Imp.fact.: 1.007]

König, Hannes; Halle, Thorsten; Ambos, Eberhard; Gabbert, Ulrich

Die Gewinnung interessierter und begabter Nachwuchskräfte - eine höchst aktuelle Aufgabe der Zukunftssicherung
Gießerei-Rundschau: Fachzeitschrift des Vereins Prograss austria - [Wien]: Prograss austria, Bd. 68 (2021), 1, S.
6-11

Li, Zhi; Shan, Jinjun; Gabbert, Ulrich

A direct inverse model for hysteresis compensation
IEEE transactions on industrial electronics: a publication of the IEEE Industrial Electronics Society/ Institute of
Electrical and Electronics Engineers - New York, NY: IEEE, Bd. 68 (2021), 5, S. 4173-4181;
[Imp.fact.: 7.515]

Naumenko, Konstantin; Gariboldi, Elisabetta

Experimental analysis and constitutive modeling of anisotropic creep damage in a wrought age-hardenable Al
alloy
Engineering fracture mechanics - Kidlington: Elsevier Science . - 2021;
[Imp.fact.: 4.406]

Nazarenko, Lidiia; Glüge, Rainer; Altenbach, Holm

Inverse Hooke's law and complementary strain energy in coupled strain gradient elasticity
ZAMM: journal of applied mathematics and mechanics - Berlin: Wiley-VCH . - 2021;
[Imp.fact.: 1.103]

Nazarenko, Lidiia; Glüge, Rainer; Altenbach, Holm

Positive definiteness in coupled strain gradient elasticity
Continuum mechanics and thermodynamics - analysis of complex materials and judicious evaluation of the
environment - Berlin: Springer, Bd. 33 (2021), S. 713-725; <http://dx.doi.org/10.1007/s00161-020-00949-2>
10.25673/42993
[Imp.fact.: 2.139]

Nazarenko, Lidiia; Glüge, Rainer; Altenbach, Holm

Uniqueness theorem in coupled strain gradient elasticity with mixed boundary conditions
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 . -
2021, insges. 14 S.;
[Imp.fact.: 3.822]

Nazarenko, Lidiia; Stolarski, Henryk; Altenbach, Holm

Effective properties of particulate nano-composites including Steigmann-Ogden model of material surface
Computational mechanics - solids, fluids, engineered materials, aging infrastructure, molecular dynamics, heat transfer, manufacturing processes, optimization, fracture & integrity ; research journal: solids, fluids, engineered materials, aging infrastructure, molecular dynamics, heat transfer, manufacturing processes, optimization, fracture & integrity ; research journal - Berlin: Springer . - 2021;
[Imp.fact.: 3.459]

Nitzschke, Steffen; Ziese, Christian; Woschke, Elmar

Analysis of dynamical behaviour of full-floating disk thrust bearings
Bulletin of the Polish Academy of Sciences / Technical sciences/ Polska Akademia Nauk - Warsaw: PAS, Division IV Technical Sciences . - 2021, insges. 10 S. ;
[Imp.fact.: 1.662]

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

Enhanced integration scheme for unfitted polygonal elements
Proceedings in applied mathematics and mechanics - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Bd. 20 (2021), 1, insges. 2 S. ;

Pető, 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 - Berlin: Springer, Bd. 91 (2021), S. 753-775;
[Imp.fact.: 1.374]

Pfeil, Simon; Gravenkamp, Hauke; Duvigneau, Fabian; Woschke, Elmar

An efficient semianalytical solution of the Reynolds equation
Proceedings in applied mathematics and mechanics: PAMM - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Bd. 20 (2021), 1, insges. 2 S. ;

Pfeil, Simon; Gravenkamp, Hauke; Duvigneau, Fabian; Woschke, Elmar

High-order SBFEM solution of the Reynolds equation
Proceedings in applied mathematics and mechanics - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Bd. 21 (2021), 1, insges. 2 S. ;

Pfeil, Simon; Gravenkamp, Hauke; Duvigneau, Fabian; Woschke, Elmar

Scaled boundary finite element method for hydrodynamic bearings in rotordynamic simulations
International journal of mechanical sciences - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 199 (2021), insges. 19 S. ;
[Imp.fact.: 4.631]

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

Experimental study of particle dampers applied to wind turbine blades to reduce low-frequency sound emission
INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings - Washington, DC: Institute of Noise Control Engineering . - 2021, S. 71-82;

Spannan, Lars; Woschke, Elmar

Determination of drag coefficients in automatic ball balancers at low Reynolds numbers
Engineering applications of computational fluid mechanics - Hong Kong: CSE Dept., the H.K. PolyU, Bd. 15 (2021), 1, S. 43-52;
[Imp.fact.: 5.8]

Trivedi, Neha; Das, Subir; Altenbach, Holm

Study of collinear cracks in a composite medium subjected to timeharmonic wave disturbance
ZAMM: journal of applied mathematics and mechanics - Berlin: Wiley-VCH . - 2021;
[Imp.fact.: 1.103]

Ziese, Christian; Irmischer, Cornelius; Nitzschke, Steffen; Daniel, Christian; Woschke, Elmar

Run-up simulation of a semi-floating ring supported turbocharger rotor considering thrust bearing and mass-conserving cavitation
Lubricants: open access journal - Basel: MDPI, Bd. 9 (2021), 4, insges. 23 S. ;
[Imp.fact.: 2.2]

Ziese, Christian; Irscher, Cornelius; Nitzschke, Steffen; Daniel, Christian; Woschke, Elmar; Klimpel, Thomas

Influence of lubricant film cavitation on the vibration behaviour of a semi-floating ring supported turbocharger rotor with thrust bearing

Journal of engineering for gas turbines and power - New York, NY: ASME . - 2021, insges. 19 S.; [Imp.fact.: 1.209]

BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

Aßmus, Marcus; Altenbach, Holm

On dynamic optimality of anti-sandwiches

Dynamics and Control of Advanced Structures and Machines: Contributions from the 4th International Workshop, Linz, Austria - Cham: Springer; Irschik, Hans . - 2021, S. 1-11 - (Advanced Structured Materials; volumes 156);

Aßmus, Marcus; Altenbach, Holm

On the principles to derive plate theories

Vibrations - London: ISTE; Challamel, Noël . - 2021, insges. 14 S.

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

Debonding resistance evaluation in virtual testing of sandwich specimens

Nonlinear Mechanics of Complex Structures - From Theory to Engineering Applications: From Theory to Engineering Applications - Cham: Springer International Publishing; Altenbach, Holm . - 2021, S. 19-38 - (Advanced structured materials; volume 157);

Daniel, Christian; Woschke, Elmar; Nitzschke, Steffen

Simulation and measurement of an electric driven turbocharger test rig with full floating ring bearing

Vibration Engineering for a Sustainable Future: Experiments, Materials and Signal Processing, Vol. 2 - Cham: Springer International Publishing; Oberst, Sebastian . - 2021, S. 3-10;

Drapatow, Thomas; Alber, Oliver; Woschke, Elmar

Consideration of fluid inertia and cavitation for transient simulations of squeeze film damped rotor systems

The 14th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery: proceedings of SIRM 2021 : Gdańsk, Poland, February 17-19, 2021 - Gdańsk, Poland: Institute of Fluid Flow Machinery, Polish Academy of Science; Żywica, Grzegorz . - 2021, S. 34-43

Duvigneau, Fabian; Koch, Sebastian; Daniel, Christian; Woschke, Elmar; Juhre, Daniel

Rückwirkungsbehaftete gekoppelte Analyse der Elektrodynamik, vibroakustischen Strukturschwingungen und Rotordynamik des elektrischen Antriebsstranges eines Gleitbootes

Fortschritte der Akustik - DAGA 2021: 47. Jahrestagung für Akustik, 15. bis 18. August 2021 in Wien - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA) . - 2021

Irscher, Cornelius; Ziese, Christian; Kreschel, Martin; Woschke, Elmar

Run-up simulation of an automotive turbocharger rotor using an extensive thermo-hydrodynamic bearing model

The 14th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery: proceedings of SIRM 2021 : Gdańsk, Poland, February 17-19, 2021 - Gdańsk, Poland: Institute of Fluid Flow Machinery, Polish Academy of Science; Żywica, Grzegorz . - 2021, S. 145-155

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

Gekoppelter Simulationsansatz zur Schwingungsanalyse einer Zentrifuge

Fortschritte der Akustik - DAGA 2021: 47. Jahrestagung für Akustik, 15. bis 18. August 2021 in Wien - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA) . - 2021

Nitzschke, Steffen; Duvigneau, Fabian; Daniel, Christian; Juhre, Daniel; Woschke, Elmar

Untersuchung unterschiedlicher Modellierungstiefen im Rahmen einer ganzheitlichen Simulationsmethodik zur akustischen Bewertung von Antriebsaggregaten

Motor- und Aggregate-Akustik - 11. Magdeburger Symposium : Tagungsband [2021]: 11. Magdeburger Symposium : Tagungsband [2021]. - 2021, S. 52-64;

Nitzschke, Steffen; Woschke, Elmar; Daniel, Christian; Sporbeck, Thorsten

Transient simulation of a rotor supported in herringbone grooved journal bearings using the narrow groove theory
Proceedings of 13th SIRM, the 13th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery: 13-15 February 2019/ International Conference on Dynamics of Rotating Machinery - Lyngby, Denmark: Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark; Santos, Ilmar Ferreira . - 2019, S. 150-161, 2021

Nitzschke, Steffen; Woschke, Elmar; Daniel, Christian; Sporbeck, Thorsten

Transient simulation of a rotor supported in partially filled herringbone grooved journal bearings using the narrow groove theory - boundary conditions
Vibration Engineering for a Sustainable Future: Numerical and Analytical Methods to Study Dynamical Systems, Vol. 3 - Cham: Springer International Publishing; Oberst, Sebastian . - 2021, S. 151-156 - (Numerical and analytical methods to study dynamical systems; Vol. 3);

Nitzschke, Steffen; Ziese, Christian; Woschke, Elmar

Analysis of dynamical behaviour of rotors under axial loads and supported by full-floating disk thrust bearing
The 14th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery: proceedings of SIRM 2021 : Gdańsk, Poland, February 17-19, 2021 - Gdańsk, Poland: Institute of Fluid Flow Machinery, Polish Academy of Science; Żywica, Grzegorz . - 2021, S. 72-81

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

Analyse akustischer Metamaterialien mit Hilfe der Finiten Zellen Methode
Fortschritte der Akustik - DAGA 2021: 47. Jahrestagung für Akustik, 15. bis 18. August 2021 in Wien - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA) . - 2021

Pfeil, Simon; Gravenkamp, Hauke; Duvigneau, Fabian; Woschke, Elmar

SBFEM for the Reynolds equation in rotordynamic simulations
The 14th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery: proceedings of SIRM 2021 : Gdańsk, Poland, February 17-19, 2021 - Gdańsk, Poland: Institute of Fluid Flow Machinery, Polish Academy of Science; Żywica, Grzegorz . - 2021, S. 156-165

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

Einsatz granularer Materialien zur passiven Schwingungsreduktion eines Generators einer Windenergieanlage
Fortschritte der Akustik - DAGA 2021: 47. Jahrestagung für Akustik, 15. bis 18. August 2021 in Wien - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA) . - 2021

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
Numerical modelling and simulation of metal processing / Editor: Christof Sommitsch - Basel: MDPI; Sommitsch, Christof . - 2021, S. 49-59

Spannan, Lars; Daniel, Christian; Woschke, Elmar

Simulative determination of ideal fluid properties for an automatic ball balancer under different run-up scenarios
Vibration Engineering for a Sustainable Future: Numerical and Analytical Methods to Study Dynamical Systems, Vol. 3 - Cham: Springer International Publishing; Oberst, Sebastian . - 2021, S. 3-8 - (Numerical and analytical methods to study dynamical systems; Vol. 3);

Spannan, Lars; Woschke, Elmar

Investigating the influence of rolling friction on the stable operation of automatic balancing units
The 14th International Conference on Dynamics of Rotating Machines: proceedings of SIRM 2021 : Gdańsk, Poland, February 17-19, 2021/ International Conference on Dynamics of Rotating Machines - Gdańsk: Wydawnictwo IMP PAN; Żywica, Grzegorz . - 2021, S. 92-99

Sukhanova, Olha; Larin, Oleksiy; Naumenko, Konstantin; Altenbach, Holm

Dynamics of curved laminated glass composite panels under impact loading
Nonlinear Mechanics of Complex Structures - From Theory to Engineering Applications: From Theory to Engineering Applications - Cham: Springer International Publishing; Altenbach, Holm . - 2021, S. 91-101 - (Advanced structured materials; volume 157);

Ziese, Christian; Irmischer, Cornelius; Nitzschke, Steffen; Woschke, Elmar

Run-up simulation of a floating ring supported turbocharger rotor with thrust bearing considering mass-conserving cavitation

The 14th International Conference on Dynamics of Rotating Machinery: proceedings of SIRM 2021 : Gdańsk, Poland, February 17-19, 2021 - Gdańsk, Poland: Institute of Fluid Flow Machinery, Polish Academy of Science; Żywica, Grzegorz . - 2021, S. 134-144

Zörnig, Andreas; Daniel, Christian; Schmidt, Hendrik; Woschke, Elmar

Detection of wear damage by measuring the strains in ball-constant-velocity joints under operation conditions

The 14th International Conference on Dynamics of Rotating Machines: proceedings of SIRM 2021 : Gdańsk, Poland, February 17-19, 2021/ International Conference on Dynamics of Rotating Machines - Gdańsk: Wydawnictwo IMP PAN; Żywica, Grzegorz . - 2021, S. 351-359

LEHRBÜCHER

Gabbert, Ulrich; Raecke, Ingo

Technische Mechanik für Wirtschaftsingenieure

München: Hanser, 2021, 8., aktualisierte Auflage, 324 Seiten, Illustrationen

HERAUSGEBERSCHAFTEN

Altenbach, Holm; Amabili, Marco; Mikhlin, Yuri V.

Nonlinear Mechanics of Complex Structures - From Theory to Engineering Applications

Cham: Imprint: Springer, 2021., 1st ed. 2021., 1 Online-Ressource(XXIX, 469 p. 261 illus., 198 illus. in color.) - (Springer eBook Collection; Advanced Structured Materials; 157);

Sadowski, Tomasz; Altenbach, Holm

Behavior of metallic and composite structures (second volume)

Basel: MDPI, 2021, 1 Online-Ressource;

DISSERTATIONEN

Kazemi, Omid; Halle, Thorsten [AkademischeR BetreuerIn]; Juhre, Daniel [AkademischeR BetreuerIn]; Krüger, Manja [AkademischeR BetreuerIn]

Phase field based study of microstructure evolution in solidification of Mo-rich Mo-Si-B alloys

Magdeburg, 2021, XV, 99 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

Liu, Zhengkun; Juhre, Daniel [AkademischeR BetreuerIn]

Phase-field modelling of crack initiation and propagation in polycrystalline materials under thermomechanical loadings

Magdeburg, 2021, xi, 147 Blätter, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

Makvandi, Resam; Juhre, Daniel [AkademischeR BetreuerIn]

Overcoming stress singularities - combining phase-field modelling of fracture, strain gradient theory, and isogeometric analysis

Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (unterschiedliche Seitenzählung, 21,9 MB), Illustrationen;

Spannan, Lars; Woschke, Elmar [AkademischeR BetreuerIn]

On the dynamic modelling of automatic ball balancers applied to laboratory centrifuges

Magdeburg, 2021, xiii, 162, XXIII Seiten, Illustrationen

Spannan, Lars; Woschke, Elmar [AkademischeR BetreuerIn]

On the dynamic modelling of automatic ball balancers applied to laboratory centrifuges

Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (xiii, 162, XXIII Seiten, 17,02 MB), Illustrationen;