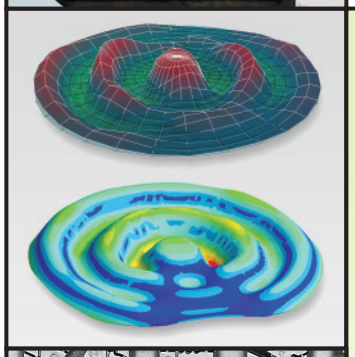
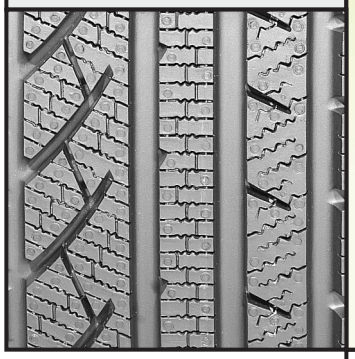
IDS

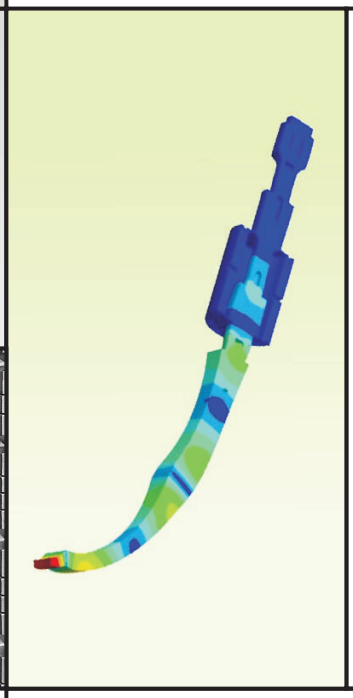
Institut für Dynamik und Schwingungen

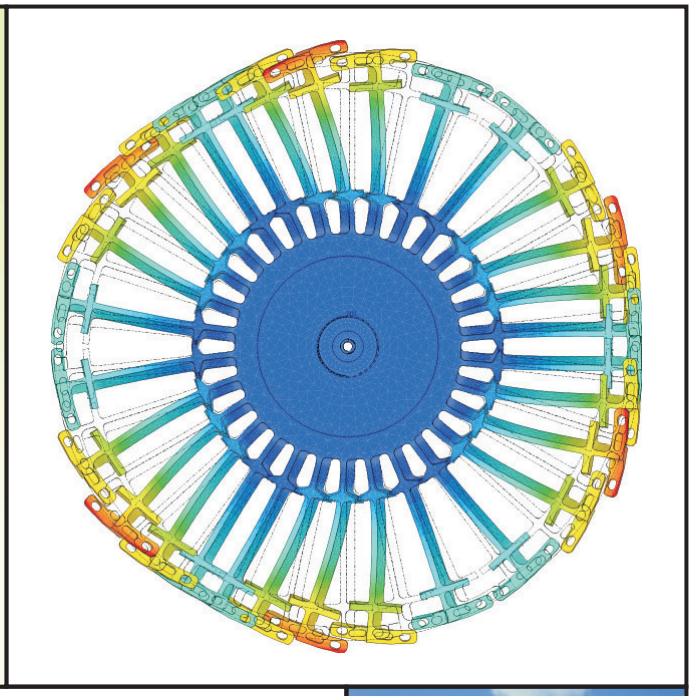
Leibniz Universität Hannover

Jahresbericht 2007 – 2009









Leibniz Universität Hannover

Vorwort

Liebe Leser,
der vorliegende Bericht fasst die wichtigsten Aktivitäten des Instituts für Dynamik und Schwingungen während der vergangenen drei Jahre (April 2007 bis Dezember 2009) zusammen. Dabei war es unser Ziel, nicht nur einen Überblick zu geben, sondern punktuell auch interessante Ergebnisse aus unseren Forschungsprojekten herauszustellen, und Ihnen zusätzlich einen Einblick in unsere akademische Lehre zu geben. Wir sind davon überzeugt, dass hervorragende Lehre und exzellente Forschung sich nicht ausschließen, sondern sich gegenseitig bedingen und einander befruchten. Und weil wir wissen, dass sehr viele Menschen zum Erfolg des Instituts beitragen, haben wir es nicht versäumt, auch die vielen studentischen Beiträge darzustellen, die im Rahmen von Projekt-, Studien- und Abschlussarbeiten erbracht wurden.
Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre unseres Jahresberichtes und freuen uns, wenn er Ihre sehr geschätzte Aufmerksamkeit findet.

Hannover, den 27.01.2010

Dipl.-Ing. A. Renner, Redaktion

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Wallaschek, Institutsleiter

Inhaltsverzeichnis

1 Das Institut 4
- 1.1 Allgemeines . . . 4
- 1.2 Die Leibniz Universität Hannover . . . 5
- 1.3 Fakultät für Maschinenbau . . . 6
- 1.4 Geschichte der Mechanik in Hannover*) . . . 8
- 1.5 Institutsleitung . . . 9
- 1.6 Mitgliedschaften . . . 9
- 1.7 Mitarbeiter . . . 10
- 1.8 Versuchseinrichtungen . . . 14
- 1.9 Drittmittel-Einnahmen des IDS . . . 16

2 Aktivitäten im Berichtszeitraum 17
- 2.1 Veröffentlichungen und Berichte . . . 18
  - 2.1.1 Aufsätze in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und Tagungsbeiträge . . . 18
  - 2.1.2 Studentische Arbeiten . . . 24
  - 2.1.3 Abgeschlossene Dissertationen . . . 31
- 2.2 Veranstaltungen . . . 35
- 2.3 Auszeichnungen . . . 37
- 2.4 Wissenschaftlicher Austausch . . . 38

3 Forschung 39
- 3.1 Arbeitsgruppe Dynamik rotierender Maschinen . . . 40
- 3.2 Arbeitsgruppe Kontaktmechanik und Reibung . . . 46
- 3.3 Arbeitsgruppe Adaptronische Systeme . . . 50
- 3.4 Arbeitsgruppe Medizintechnik und Mechatronik . . . 56
- 3.5 Arbeitsgruppe Piezo- und Ultraschalltechnologie . . . 62

4 Lehre 68
- 4.1 Übersicht . . . 69
- 4.2 Lehrveranstaltungen Grundstudium . . . 69
- 4.3 Lehrveranstaltungen Hauptstudium . . . 70
- 4.4 Prüfungen . . . 74
- 4.5 Exkursionen . . . 75

5 Anhang 76
- 5.1 Dissertationen . . . 77
- 5.2 Buchveröffentlichungen . . . 82
- 5.3 IDS Schriftenreihe . . . 83

6 Anfahrt 84

7 Impressum 85

1 Das Institut

1.1 Allgemeines

Das Institut für Dynamik und Schwingungen der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover ist Teil der Fakultät für Maschinenbau. Am Institut arbeiten zurzeit 23 wissenschaftliche Angestellte, die von 10 weiteren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Sekretariat und in der Metall- und Elektronikwerkstatt unterstützt werden.
In der Lehre arbeiten wir eng mit dem Institut für Kontinuumsmechanik und dem Institut für Mechatronische Systeme zusammen. Die Forschungsprojekte des Institutes für Dynamik und Schwingungen werden in den Arbeitsgruppen

- Dynamik rotierender Maschinen
- Kontaktmechanik und Reibung
- Adaptronische Systeme
- Medizintechnik und Mechatronik
- Piezo- und Ultraschalltechnik

bearbeitet.
Besondere Schwerpunkte sind die Modellierung, Simulation und Optimierung von Reibkontakten sowie die Untersuchung reibungserregter Schwingungen. Daneben haben wir uns auf die Untersuchung der Dynamik von Strukturen mit piezoelektrischen Leistungswandlern mit Anwendungen in der Ultraschalltechnik, der aktiven Schwingungsdämpfung sowie der Medizintechnik konzentriert.
Fragestellungen der automobilen Lichttechnik bearbeiten wir im Rahmen des Hannoverschen Zentrums für optische Technologien und in Kooperation mit dem L-LAB in Paderborn. Als Teil des Mechatronik-Zentrums Hannover untersuchen wir außerdem Magnetführungen, neuartige Antriebstechnologien und Fragestellungen aus der Medizintechnik.
Es werden sowohl grundlagenorientierte Projekte als auch anwendungsbezogene Aufgaben bearbeitet. Typisch für unsere Arbeit ist die enge Wechselwirkung von theoretischen Untersuchungen und experimenteller Validierung an eigenen Versuchsständen. Hierzu steht eine hervorragende experimentelle Ausrüstung sowie eine eigene Versuchstandsfertigung zur Verfügung.

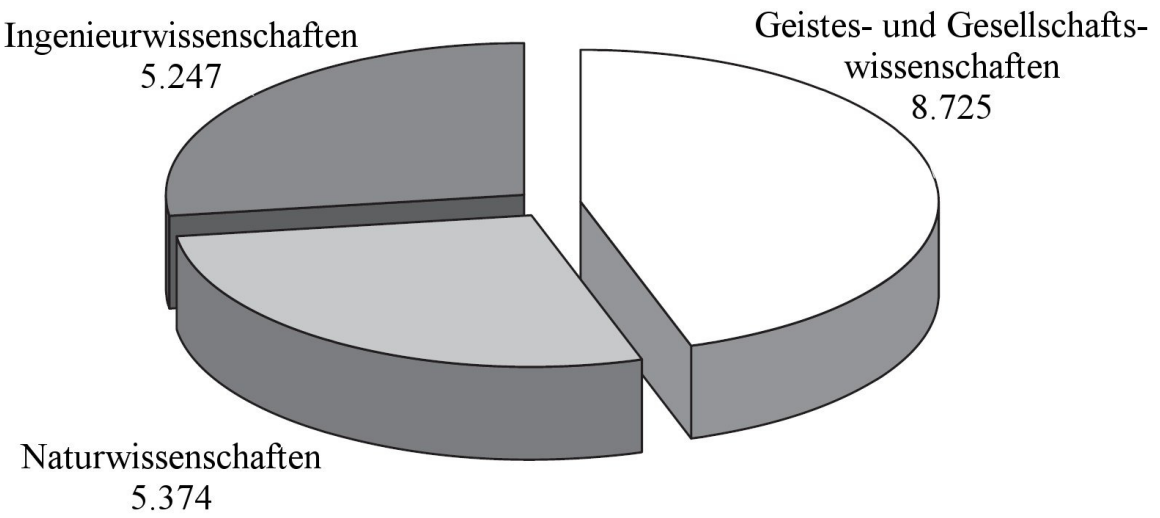
1.2 Die Leibniz Universität Hannover

Mit Wissen Zukunft gestalten
1831 von dem Gelehrten Karl Karmarsch gegründet, startete die “Höhere Gewerbeschule zu Hannover” mit nur 64 Schülern. Heute sind es rund 21.000 Studierende in den Natur- und Ingenieurwissenschaften, den Geistes- und Sozialwissenschaften sowie den Rechts- und Wirtschaftswissenschaften.

Fakultäten der LUH

Naturwissenschaftliche Fakultät
Fakultät für Mathematik und Physik
Fakultät für Elektrotechnik und Informatik
Fakultät für Maschinenbau
Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie
Philosophische Fakultät
Fakultät für Architektur und Landschaft
Juristische Fakultät
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät

Studierendenzahlen im Wintersemester 2008/09



[Quelle: Zahlenspiegel 2009 der LUH]

1.3 Fakultät für Maschinenbau

Die Fakultät in Zahlen (Stand 2009)

- 2750 Studierende, davon 361 weiblich, 514 ausländische Studierende
- 17 Institute
- 3 Zentren für innovative Forschungsprojekte
- 18 Professorinnen/Professoren
- 361 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen/Mitarbeiter
- 185 Mitarbeiterinnen/Mitarbeiter in Technik und Verwaltung
- 27.104.000 € Drittmittel
- 8 Exzellenzcluster und Sonderforschungsbereiche

Institute der Fakultät für Maschinenbau

Produktionstechnik	**Energie- und Prozesstechnik**	**Mechatronik**
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis	Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik (TFD) Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume	Institut für Getriebetechnik (IFG) N. N.
Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena	Institut für Technische Verbrennung (ITV) Prof. Dr. Friedrich Dinkelacker	Institut für Maschinenelemente, Konstruktionstechnik und Tribologie (IMKT) Prof. Dr.-Ing. Gerhard Poll
Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer	Institut für Thermodynamik (IFT) apl. Prof. Dr.-Ing. Andrea Luke	Institut für Kontinuumsmechanik (IKM) Prof. Dr.-Ing. Peter Wriggers
Institut für Mikrotechnologie (IMT) Prof. Dr.-Ing. Hans-Heinrich Gatzen	Institut für Mehrphasenprozesse (IMP) Prof. Dr.-Ing. Birgit Glasmacher	Institut für Dynamik und Schwingungen (IDS) Prof. Dr.-Ing. Jörg Wallaschek
Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens		Institut für Mechatronische Systeme (imes) Prof. Dr.-Ing. Tobias Ortmaier
Institut für Werkstoffkunde (IW) Prof. Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bach		Institut für Mess- und Regelungstechnik (IMR) Prof. Dr.-Ing. Eduard Reithmeier

Exzellenzcluster, Sonderforschungsbereiche und Transregios

- EXC 62: From Regenerative Biology to Reconstructive Therapy “REBIRTH” (MHH)
- SFB 489: Prozesskette zur Herstellung präzisionsgeschmiedeter Hochleistungsbauteile
- SFB 516: Konstruktion und Fertigung aktiver Mikrosysteme (TU Braunschweig)
- SFB 599: Zukunftsfähige bioresorbierbare und permanente Implantate aus metallischen und keramischen Werkstoffen (MHH)
- SFB 653: Gentelligente Bauteile im Lebenszyklus - Nutzung vererbbarer, bauteilinhärenter Informationen in der Produktionstechnik
- SFB 675: Erzeugung hochfester metallischer Strukturen und Verbindungen durch gezieltes Einstellen lokaler Eigenschaften (TU Clausthal)
- SFB 871: Regeneration komplexer Investitionsgüter
- TR 73: Umformtechnische Herstellung von komplexen Funktionsbauteilen mit Nebenformelementen aus Feinblechen (Erlangen-Nürnberg)

1.4 Geschichte der Mechanik in Hannover*)

Bei der Gründung der Höheren Gewerbeschule im Jahre 1831, aus der die heutige Leibniz Universität Hannover hervorgegangen ist, wurde die Mechanik noch durch K. von Karmarsch, dem ersten Direktor, im Rahmen der technologischen Ausbildung mit vertreten. Erst nach drei Jahrzehnten wurde die Mechanik ein eigenständiges Fach in Forschung und Lehre. Ihr erster Vertreter August RITTER, noch heute bekannt durch den Ritter'schen Schnitt, lehrte bis 1870. Ihm folgte Wilhelm KECK, der die Elastizitäts- und Festigkeitslehre einbezog. Sein Nachfolger wurde im Jahre 1901 Ludwig PRANDTL, der Vater der modernen Strömungslehre. Seine Grenzschichttheorie entwickelte er in Hannover – und wurde sogleich, im Jahr 1904, an die Georgia Augusta (Universität Göttingen) abgeworben. Moritz WEBER forschte und lehrte als Prandtls Nachfolger bis 1913. Er erkannte den Wert der Flugtechnik und nahm die flugtechnische Aerodynamik in die allgemeine Mechanik auf. Dieses Gebiet wurde von Arthur PRÖLL vertreten, einem Pionier der Luftfahrt, dem dazu ab ca. 1932 ein Windkanal Göttinger Bauart – entworfen von Otto FLACHSBART – zur Verfügung stand. Pröll war seit 1928 Direktor des neuen Institutes für Aeromechanik und Flugtechnik. Mit Prölls Emeritierung im Jahre 1945 ging diese Ära zu Ende.
Die Technische Hochschule, deren Bausubstanz schon im Krieg sehr stark gelitten hatte und der das Aus drohte, wurde wieder aufgebaut und in Teilen neu gegliedert. So entstand 1946 das Institut für Mechanik, dessen erster Direktor Otto Flachsbart das Festigkeitslabor und den Windkanal übernahm. Flachsbart hatte erheblichen Anteil am Erhalt der Technischen Hochschule Hannover. Ihm gelang der schwere Neuanfang in Forschung und Lehre. Sein Nachfolger Eduard PESTEL übernahm 1957 bereits ein wohlgeordnetes Institut. Pestel, ein begnadeter Lehrer und selbstloser Forscher – er war Mitbegründer des Club of Rome – erkannte früh die Entwicklung der Mechanik hin zur Mechatronik und zur Numerischen Mechanik. Er leistete Pionierarbeit in der Regelungstechnik – die damalige Technische Hochschule verdankt ihm den einschlägigen Lehrstuhl – und war weltweit führend in der Entwicklung des Verfahrens der Übertragungsmatrizen. Pestel gab auch den Anstoß zur Weiterentwicklung der Plastizitätstheorie, die 1933 notleidend geworden war.
In den 1960er Jahren empfahl der Wissenschaftsrat den Ausbau der Hochschule. So entstand ein zweiter Lehrstuhl für Mechanik, dessen Inhaber Oskar MAHRENHOLTZ (1966-1982) die Arbeiten in dem gemeinsamen Institut erweiterte. Hinzu kamen Maschinendynamik, Aeroelastik, Gebäudeaerodynamik, Umströmung von Fahrzeugen, Analog- und Hybridrechnen und eine Vertiefung der Plastomechanik, in deren Rahmen 1970 eines der weltweit ersten Finite-Elemente-Programme entwickelt wurde. Die Strömungsmechanik erhielt eine eigene Professur, die von Ingolf TEIPEL (1968-1998) mit großem Erfolg vertreten wurde. Jens WITTENBURG (1977-1979) erweiterte Forschung und Lehre um die Mehrkörperdynamik. Der Umzug in das neue Institutsgebäude (1969-1970) mit großzügigeren Räumen, einer großen Versuchshalle, großen Werkstätten – ein verstärkter Ausbau der experimentellen Einrichtungen wurde möglich – und einem eigenen Hörsaal waren mehr als nützlich. Auch die Einbettung in mehrere Sonderforschungsbereiche förderte die Entwicklung des Instituts.
Pestels Nachfolger Dieter BESDO (1978-2006) intensivierte die Forschungsgebiete Elasto- und Plastomechanik mit nachhaltigem Erfolg. Nach Mahrenholz Wechsel an die Technische Universität Hamburg-Harburg folgte Karl POPP (1981-2005), ein Experte für Dynamik und Schwingungen, der zahlreiche neue Versuchseinrichtungen baute und die simultane Datenverarbeitung beim Experiment vorantrieb. Unterstützt wurde er dabei von Helmut SPRINGER. Bodo HEIMANN (1992-2008) hat dieses Fachgebiet dann zu einem eigenständigen Gebiet Mechatronik in Zusammenarbeit mit der Regelungstechnik erfolgreich ausgebaut. Sie alle haben zusammen mit zahlreichen Mitarbeitern das Institut für Mechanik zu einer Institution entwickelt, die sich modernen Fragestellungen der Wissenschaft sowie unterschiedlichen Problemen der Industrie mit Erfolg widmet.
Das Institut für Mechanik wurde der Entwicklung der Forschungsgruppen folgend neu geordnet. Aus ihm gingen im Jahr 2005 das Institut für Dynamik und Schwingungen, das Institut für Kontinuumsmechanik und das Institut für Robotik (seit 04/2009 Institut für Mechatronische Systeme) hervor, die von Jörg WALLASCHEK (seit 04/2007), Peter WRIGGERS (seit 10/2008) und Tobias ORTMAIER (seit 04/2009) geleitet werden.

*) [Unser herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. mult. Dr. h. c. Oskar Mahrenholtz für das Verfassen dieses Textes zur Geschichte der Mechanik in Hannover.]

1.5 Institutsleitung

Professor Wallaschek hat an der Technischen Hochschule in Darmstadt und an der Ecole Centrale de Lyon Wirtschaftsingenieurwesen und Maschinenbau studiert. Nach Promotion und Habilitation in Darmstadt war er mehrere Jahre bei der Daimler Benz AG im AEG Forschungsinstitut Frankfurt tätig. Dort war er für den Bereich Schwingungstechnik verantwortlich.
In seiner anschließenden Tätigkeit als Professor für Mechatronik und Dynamik am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn hat er sich auf die modellbasierte Entwicklung und experimentelle Untersuchung piezoelektrischer Systeme konzentriert. Er war Gründungsvorstand des L-LAB, einem in Public Private Partnership von der Hella KGaA Hueck & Co. und der Universität Paderborn geführten Forschungszentrums für Lichttechnik und Mechatronik, sowie Sprecher des Kompetenznetzwerkes LED in NRW und Vorstandsmitglied bei OpTech-Net e. V. Von 1999 bis 2003 war er Prorektor für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs der Universität Paderborn.
Seit 01.04.2007 leitet Prof. Wallaschek das Institut für Dynamik und Schwingungen der Leibniz Universität Hannover. Er ist Mitglied des Hannoverschen Zentrums für Optische Technologien (H.O.T.), Vorstandsmitglied des Mechatronik-Zentrum Hannover (MZH) und gehört dem Editorial Board verschiedener internationaler Fachzeitschriften an. Die Ergebnisse seiner Arbeit sind in mehr als 100 Veröffentlichungen und über 25 Patentschriften dokumentiert. Prof. Wallaschek ist gewähltes Mitglied des VDI Fachbeirates Schwingungstechnik und Aktive Systeme.

1.6 Mitgliedschaften

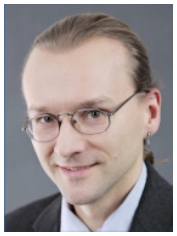
Das Institut für Dynamik und Schwingungen ist Mitglied in folgenden Forschungsvereinigungen:

- Europäisches Zentrum für Adaptronik e. V. (ECAS)
- Hannoversches Zentrum für optische Technologien (HOT)
- Mechatronik-Zentrum Hannover (MZH)

HOT Optical Technologies.

MZH

1.7 Mitarbeiter



Jens Bsdok
Systemadministrator

Angelika Crohn
Sekretariat

Dipl.-Ing.
Philipp Grönefeld
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

M. Sc.
Xu Han
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing.
Anna Herzog
Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Dipl.-Ing.
Andreas Hohl
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

M. Sc.
Minghui Huang
Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Dipl.-Ing.
Jacob Laborenz
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing.
Saša Mihajlović
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing.
Sebastian Mojrzisch
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing.
Christoph Moritz
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dr.-Ing.
Marcus Neubauer
Gruppenleiter

M. Sc.
David Oliva Uribe
Gruppenleiter

Dr.-Ing.
Lars Panning
Gruppenleiter und
Lehrkraft für besondere Aufgaben

Dipl.-Ing.
Andreas Renner
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing.
Stefan Ripka
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Nicole Röbbert
Sekretariat

Dipl.-Ing.
Jens Rudat
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Michael Runge
Techniker

Burkhard Salge
Systemadministrator

Dr.-Ing.
Florian Schiedeck
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing.
Sebastian Schwarzendahl
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing.
Sebastian Tatzko
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing.
Jens Twiefel
Gruppenleiter

Dipl.-Ing.
Matthias Wangenheim
Oberingenieur

Prof. Dr.-Ing.
Jörg Wallaschek
Institutsleiter

Dipl.-Ing.
Wiebold Wurpts
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dipl.-Ing.
Lei Yang
Wissenschaftliche Mitarbeiterin

M. Sc.
Su Zhao
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

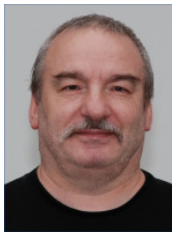
(Stand 01.01.2010)

Unser Werkstatt-Team

Jürgen Anton
Werkstattleiter

Thomas Bannasch
Feinmechaniker

Paul Kaszubowski
Dreher



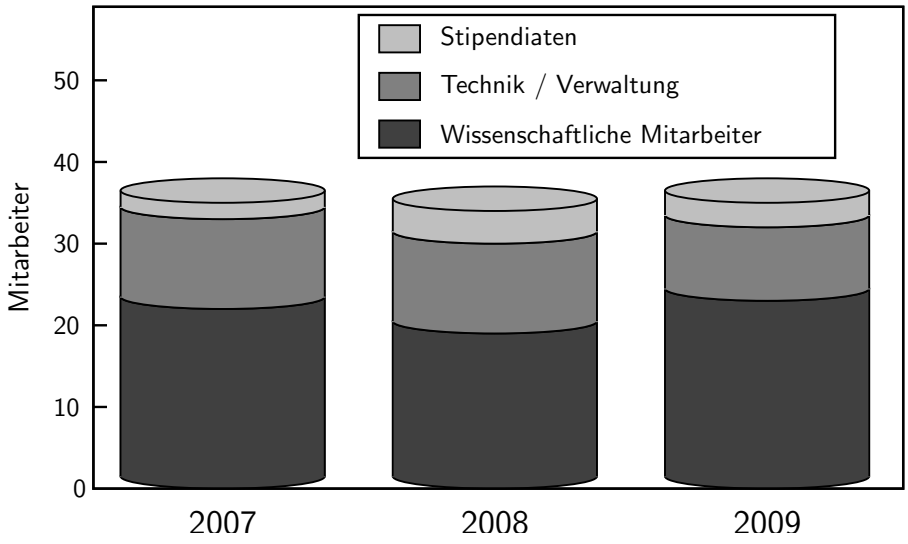
Kurt Rieming
Mechaniker

Stefan Düring
Feinmechaniker

Andreas Albrecht
Auszubildender

Alexander Wittbrock
Auszubildender

Mitarbeiterstatistik



	2007	2008	2009
Wissenschaftliche Mitarbeiter	22	19	23
Verwaltung / Technik	11	11	9
Stipendiaten	2	4	3
Σ	35	34	35

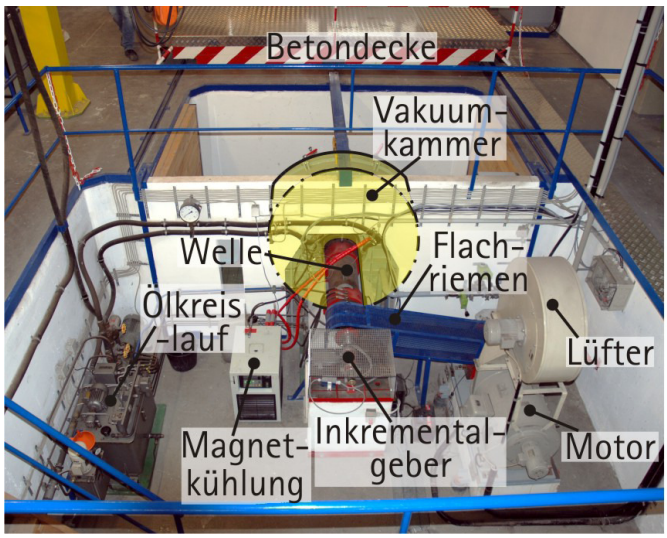
(Stand jeweils zum 31.12.)

Am IDS beschäftigte wissenschaftliche Hilfskräfte

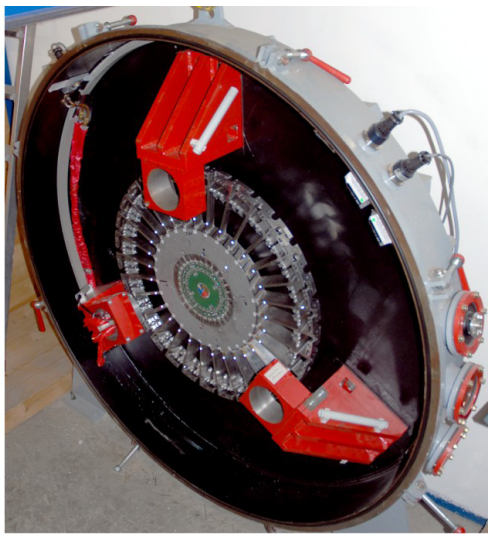
- Ahlswede, Matthias
- Aschenbruck, Jens
- Barz, Fabian
- Baumeister, Jan
- Ben Salah, Zeineb
- Bestrzynski, Georg
- Biester, Marc
- Bonhage, Marius
- Böttcher, Jonas
- Bremer, Jan
- Chaabani, Nesrine
- Cui, Tianzhi
- Dahlmeier, Mike
- Dai, Zhenhua
- Dinkel, Steven
- Eslamizadeh, Ahmad
- Feldhaus, Michael
- Feldt, Thomas
- Feune Todem, Edmond Joel
- Fuchs, Alexander
- Ghodratabadi, Omid
- Gläfke, Christiane
- Gnatzig, Joachim
- Gorelik, Ilja
- Hartmann, Sebastian
- Herlitzius, Jan
- Hofmann, Viktor
- Huynh, Nha-Thuyen Jenny
- Kleinschmidt, Sebastian
- Krack, Malte
- Krieger, Sebastian
- Kühbach, Nico
- Lauchart, Nils
- Lee, Su Ling
- Li, Haoyu
- Lind, Hagen
- Liu, Yang
- Losereit, Dennis
- Lützenkirchen, Kristina
- Makul, Alem
- Meiner, Matthias
- Möhlmann, Alwin
- Müller, Christopher
- Müller, Henning
- Muntu, Philipp
- Ngako Nako, Guy-Oliver
- Pohl, Juliane
- Pohle, Linus
- Porstmann, Thomas
- Quedenbaum, Janek
- Regina Stüting, Kai
- Saalbach, Kai-Alexander
- Sauthoff, Bastian
- Schmidt, Mareike
- Schmidt, Odo
- Schuchardt, Agnetha
- Seefisch, Christian
- Seydel, Michael
- Shi, Minzhe
- Stöppelkamp, Carsten
- Strug, Jasmin
- Surrey, Stefan
- Sweers, Heiner
- von Ende, Sebastian
- Wallace, Christian
- Wang, Hailing
- Yang, Lei
- Yuan, Jiankang
- Zemko Teifouet, Clovis
- Zeng, Yanli
- Zhu, Hao

1.8 Versuchseinrichtungen

- Scanning-Laservibrometer
- 3D-Laservibrometer
- Differentielles faseroptisches Laservibrometer
- Fallwerk für Crashuntersuchungen an Fahrzeugkomponenten (Masse 80-300 kg, max. Geschwindigkeit 45 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$; Offset-, Pfahl-, Schrägaufprall 0°-30°)
- Bremsenprüfstand für Kfz-Bremse mit Achsschenkel (max. 1500 Nm, 500 $\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{min}}$, automatische Steuerung)
- Tribometer zur Untersuchung von technischen Reibpaarungen (Normalkräfte bis 200 N, Geschwindigkeit 0,1 - 3000 $\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$, 2 FHG möglich)
- Axialdichtungsprüfstand (Reibkräfte bis 500 N, Geschwindigkeit von 0,1 - 125 $\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$, Temperaturen bis 250°C)
- Schwingungslabor (Schwingungsfundamente, Schwingungserreger und -aufnehmer, Schwingungsregel-System M+P VibPilot)
- Standversuche zur Reibungsdämpfung an Turbinenschaufeln
- Modalanalyse Hard- und Software
- Standversuche zur Untersuchung von Reibhysteresen und Identifikation verschiedener Materialparameter
- Rotationsprüfstand für Schaufelkränze (evakuierte Kammer, maximale Drehzahl 5.000 $\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{min}}$)

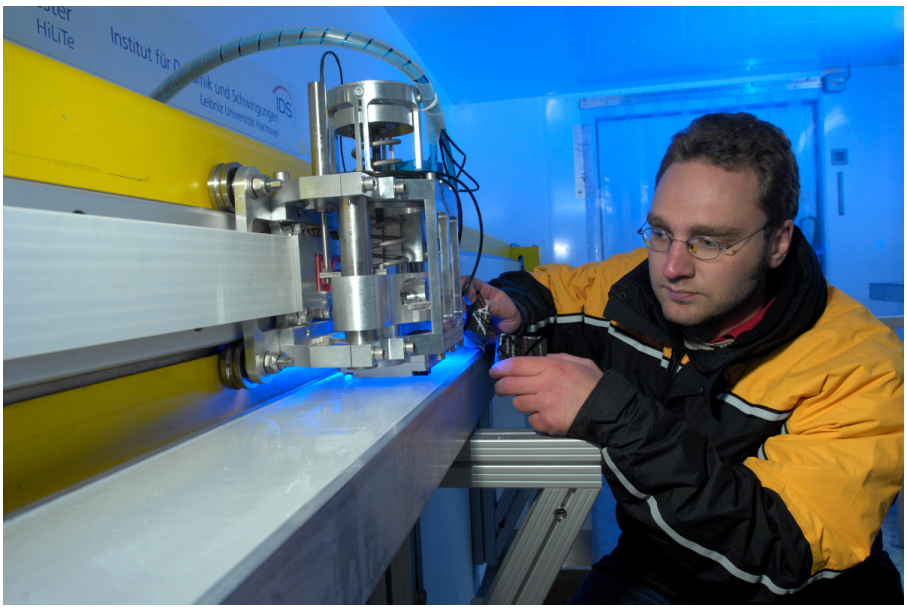


Übersicht: Rotationsprüfstand



Vakuumkammer mit Modellschaufelkranz (∅ 780 mm)

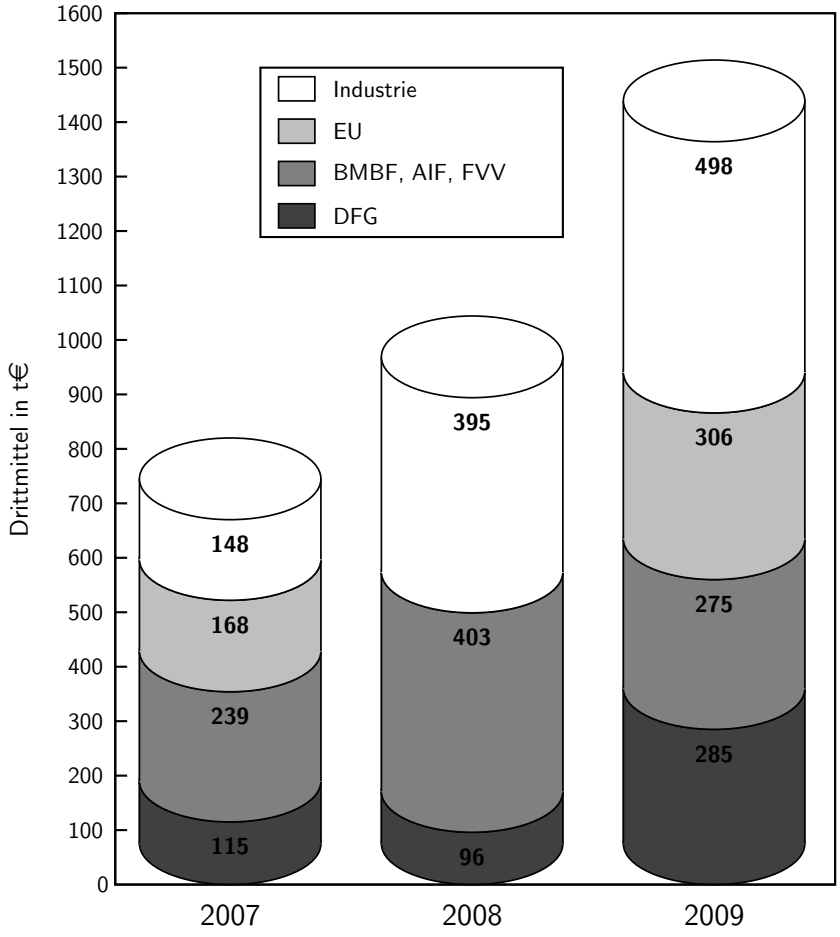
- Piezo-Messplattformen für dynamische Bodenkräfte (max. 80 kN)
- Reibmobil für Reibuntersuchungen im Rollkontakt bei Normalkraft- und Schlupfvorgabe (Schlupf bis $\pm$ 100 %, Schräglaufwinkel bis $\pm$ 20°, Fahr-Geschwindigkeit bis 0,3 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, Normalkraft bis 150 N)
- Hochgeschwindigkeits-Linear-Prüfstand für Reibuntersuchungen auf verschiedenen Oberflächen (Temperaturbereich von -25°C bis +55°C, Normalkraft bis 1000 N, Geschwindigkeit bis 10 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$



Hochgeschwindigkeits-Linear-Prüfstand

- Kältekammer mit Einrichtung zur Herstellung von Schnee und Eis
- Magnetlabor (Magnetführung für Werkzeugmaschinen, Magnetkraftmessungen bis 20 kN, 1-FHG-Magnetteststand zur Reglerauslegung)
- Piezolabor (Breitband-Verstärker, Impedanzanalysatoren, 4-Kanal-Funktionsgenerator, Strom- und Spannungssensoren, NI-Multifunktions-System)
- Ultraschalllabor (Phase-Gain-Analysator, NI-Multifunktions-System mit Funktionsgenerator, luftgelagerter Schwingtisch)
- Sensor- und Aktorlabor (dSPACE-Systeme, Leistungsverstärker, 2-Kanal-Funktionsgenerator, programmierbare bipolare Stromversorgung, Prüfstand für Ultraschallschwingungsantriebe und Formgedächtnisaktoren)

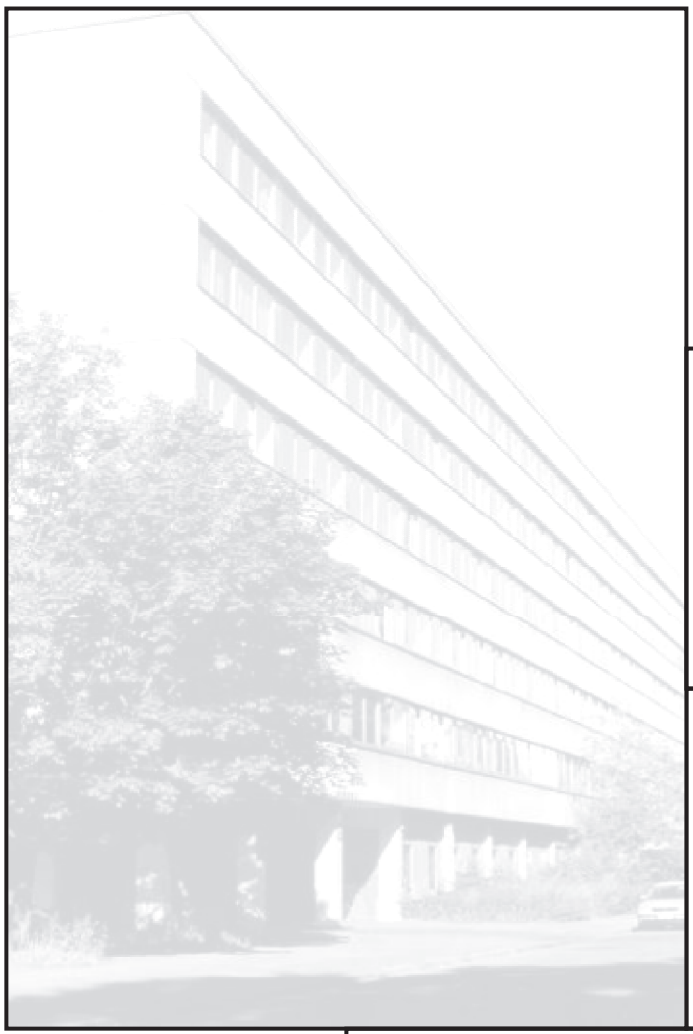
1.9 Drittmittel-Einnahmen des IDS



	2007	2008	2009
Industrie	148	395	498
EU	168	0	306
BMBF, AIF, FVV	239	403	275
DFG	115	96	285
Σ	670	894	1.364

(Alle Angaben in t€)

2 Aktivitäten im Berichtszeitraum



Leibniz Universität Hannover

Institut für Dynamik und Schwingungen IDS

2.1 Veröffentlichungen und Berichte

2.1.1 Aufsätze in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und Tagungsbeiträge

2009

- Grönefeld, P.; Tatzko, S.; Wangenheim, M.: Sprag-Slip Simulation with a Modular Wiper Model. In: Proceedings of the 7th EUROMECH Solid Mechanics Conference, S. 293-294, Lisbon (Portugal), 2009.
- Hohl, A.; Siewert, C.; Panning, L.; Wallaschek, J.: A Substructure Based Reduced Order Model for Mistuned Bladed Disks. Proceedings of the ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference (IDETC/CIE 2009), paper DETC2009-87459, S. 1-8, San Diego, 2009.
- Hohl, A.; Neubauer, M.; Panning, L.; Wallaschek, J.: Modelling of Shunted Piezoceramic Actuators with Substructure Techniques and Application to a Bladed Disk Model. IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, S. 1-6, Singapore, 2009.
- Hohl, A.; Neubauer, M.; Schwarzendahl, S. M.; Panning, L.; Wallaschek, J.: Active and Semiactive Vibration Damping of Turbine Blades with Piezoceramics. Proc. SPIE Smart Structures/NDE 2009, S. 1-10, San Diego, 2009.
- Laborenz, J.; Siewert, C.; Panning, L.; Wallaschek, J.; Gerber, C.; Masserey, P.-A.: Eddy Current Damping - A Concept Study For Steam Turbine Blading. ASME paper GT2009-59593, Int. Gas Turbine & Aeroeng. Congress and Exh., ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, S. 1-10, Orlando, 2009.
- Mihajlovic, S.; Groenefeld, P.; Wangenheim, M.: Design of a new high-performance test rig for hydraulic seals, 20th International Conference on Fluid Sealing (ISBN: 978 1 85598 113 3), S. 101-107, Bedfordshire, 2009.
- Neubauer, M.; Wallaschek, J.: Precise Calculation of Piezoelectric Switching Techniques for Vibration Damping, SPIE conference Smart structures and materials, DOI: 10.1117/ 12.815809, San Diego, 2009.
- Neubauer, M.; Wallaschek, J.: Vibration Damping with Piezoceramics Shunted to Negative Capacitance Networks, Proceedings IEEE/ASME Int. Conf. on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), S. 1100-5, Singapure, 2009.
- Neubauer, M.; Renner, A.; Twiefel, J.: Stability Analysis of a Disc Brake with Piezoelectric Self-Sensing Technique, Proceedings of SAE Brake Colloquium 2009, Tampa, USA, 2009.
- Neubauer, M., Krack, M., Wallaschek, J., Parametric Studies on the Harvested Energy of Piezoelectric Switching Techniques, Journal of Smart Materials and Structures, accepted for publication, Dec. 2009.
- Oliva Uribe, D.; Stroop, R.; Wallaschek, J.: Piezoelectric self-sensing system for tactile intraoperative brain tumor delineation in neurosurgery, Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC 2009, Annual International Conference of the IEEE, pp.737-740, USA, 2009.
- Ripka, S.; Gäbel, G.; Wangenheim, M.: Dynamics of a siped tire tread block - experiment and simulation, Tire Science and Technology, TSTCA, Vol. 37, No. 4, pp. 323-339, 2009.
- Ripka, S.; Mihajlovic, S.; Wangenheim, M; Wallaschek, J.; Wiese, K.; Wies, B.: Tread block mechanics on ice and snow surfaces studied with a new high speed linear friction test rig, 12. Int. Congress Reifen-Fahrwerk Fahrbahn, VDI-Berichte Nr. 2086, ISBN 978-3-18-092086-3, S. 239-254, Hannover, 2009.

- Siewert, C.; Panning, L.; Wallaschek, J.; Richter, C.: Multiharmonic Forced Response Analysis of a Turbine Blading Coupled by Nonlinear Contact Forces. ASME paper GT2009-59593, Int. Gas Turbine & Aeroeng. Congress and Exh., ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, S. 1-13, Orlando, 2009.
- Siewert, C.; Panning, L.; Wallaschek, J.: Nonlinear Multiharmonic Vibrations of Coupled Turbine Bladings. SIRM 2009 - 8th International Conference on Vibrations in Rotating Machines, S. 1-13, Vienna, 2009.
- Tatzko, S.; Grönefeld, P.; Wangenheim,M.: Application of LCP contact formulation on mechanical systems with nonrigid coupled unilateral contact points illustrated with a simple model of a windscreen wiper. In: Proceedings of the ASME 2009 International Mechanical Engineering Congress & Exposition IMECE 2009, Lake Buena Vista, Florida, USA, 2009.
- Wangenheim, M.; Ripka, S.: Temperature investigations in tire/road contact, Proceedings of the ASME 2009 International Mechanical Engineering & Exposition, IMECE 2009-11165 (Transportation Systems), ISBN 978-0-7918-3863-1, Order No.: I830DV, S. 1-10, 2009.
- Zhao, S.; Wallaschek J.: A standing wave acoustic levitation system for large planar objects, Archive of Applied Mechanics, Springer, DOI: 10.1007/s00419-009-0401-3, 2009 (in press).
- Zhao, S.; Mojrzisch,S.; Wallaschek,J.: Development of An Active Squeeze Film Journal Bearing Using High Power Ultrasonic Transducers, Proc. ASME 2009 Conference on Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent Systems, Oxnard, California, USA, 2009.
- Zhao, S.; Wallaschek, J.: Experimental Investigations of Ultrasonic Levitation in A Machine Tool Spindle System, Proc. 2009 IEEE International Ultrasonics Symposium, Roma, Italy, 2009.
- Zhao, S.; Wallaschek, J.: Design and modeling of a novel squeeze film journal bearing, Proc. IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Changchun, Jilin, China, 2009.
- Zhao, S.; Twiefel, J.; Wallaschek, J.: Design and experimental investigations of high power piezoelectric transducers for a novel squeeze film journal bearing, Proc. SPIE, Vol. 7288, Active and Passive Smart Structures and Integrated Systems, San Diego, CA, USA, 2009.

2008

- Henke, M.; Guendogdu, Y.; Seume, J.; Siewert, C.; Panning, L.; Wallaschek, J.: Unidirectional Coupled Aerodynamic and Structural Mechanic Analysis of a Turbine Blading. Proc. of IMechE 9th Int. Conf. on Vibrations in Rotating Machinery, Exeter, 2008, S. 171-184.
- Hohl, A.; Siewert, C.; Panning, L., Kayser, A.: Nonlinear Vibration Analysis of Gas Tuebine Bladings with Shroud Coupling. ASME paper GT2008-50787, Int. Gas Turbine & Aeroeng. Congress and Exh., Berlin, 2008, S. 1-8.
- Littmann, W.; Schiedeck, F.: Neue mechatronische Analogien in der Magnetik zur Modellierung elektromagnetomechanischer Systeme. Forschung im Ingenieurwesen, 2008, 72, 121-133.
- Moldenhauer, P.; Ripka, S.; Gäbel, G.; Kröger, M.: Tire tread block dynamics: experimental and numerical investigations of sliding friction, Tire Technology International, Annual Review 2008.
- Mracek, M.; Hemsel, T.; Sattel, T.; Vasiljev, P.; Wallaschek, J.: Driving Concepts for bundled Ultrasonic Linear Motors, Journal of Electroceramics, 2008, 20 (3-4), S. 153-158.
- Müller, T.; Schiedeck, F.; Hemsel, T.: Verlässlichkeitsorientierte Technologiebewertung innovativer Aktortechnologien am Beispiel von Formgedächtnisantrieben. 2. Tagung Zuverlässigkeit mechatronischer und adaptronischer Systeme, 2008.

- Neubauer, M., Kröger, M., Brake Squeal Control with Shunted Piezoceramics - Efficient Modeling and Experiments, Journal of Automobile Engineering, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D, July 2008, Vol. 222, Number D7, ISSN 0954-4070, pp. 1141-1152.
- Neubauer, M., Oleskiewicz, R., Suppression of Brake Squeal Using Shunted Piezoceramics, Journal of Vibration and Acoustics, Vol. 130, Number 2, April 2008, DOI: 10.1115/1.2827983.
- Neubauer, M., Wallaschek, J., Analytical and Experimental Investigation of SSDI and SSDV Techniques for Vibration Damping, International Congress on Sound and Vibration (ICSV) 15, 6-10 July 2008, Daejeon, Korea.
- Neubauer, M., Wallaschek, J., Analytical and experimental investigation of the frequency ratio and switching law for piezoelectric switching techniques, Journal of Smart Materials and Structures, Vol. 17, Number 3, 2008.
- Oliva Uribe, D.; Stroop, R.; Hemsel, T.; Wallaschek, J.: Development of a biomedical tissue differentiation system using piezoelectric actuators, Frequency Control Symposium, 2008 IEEE International, vol., no., pp. 91-94, 19-21 May 2008.
- Potthast, C.; Eisseler, R.; Klotz, D.; Wallaschek, J.; Heisel, U.: Piezoelectric Actuator Design for ultrasonically assisted deep hole drilling, Journal of Electroceramics, 2008, 20 (3-4), S. 187-192.
- Schiedeck, F.; Mojrzisch, S.: Improvement of SMA Actuator Performance Using Self-Sensing. In: Conference Proceedings Actuator 08, S. 891-894, 2008.
- Siewert, C.; Krack, M.; Panning, L., Wallaschek, J.: The Nonlinear Analysis of the Multiharmonic Forced Response of Coupled Turbine Blading. Proc. Of ISROMAC-12, The 12th International Symposium on Transport Phenomena and Dynamics of Rotating Machinery, Paper 219, Honolulu, Hawaii, 2008, S. 1-11.
- Siewert, C.; Panning, L.; Gerber, C.; Masserey, P.-A.: Numerical and Experimental Damping Prediction of a Nonliearly Coupled Low Pressure Steam Turbine Blading. ASME paper GT2008-51073, Int. Gas Turbine & Aeroeng. Congress and Exh., Berlin, 2008, S. 1-12.
- Stroop, R.; Uribe, D. O.; Martinez, M. O.; Brökelmann, M.; Hemsel, T.; Wallaschek, J.: Tactile Tissue Characterisation by Piezoelectric Systems, Journal of Electroceramics, 2008, 20 (3-4), S. 237-241.
- Twiefel, J.; Klubal, M.; Paiz, C.; Mojrzisch, S.; Kruger, H.: Digital signal processing for an adaptive phase-locked loop controller, Proc. SPIE 6926, 69260A (2008), DOI:10.1117/12.776091.
- Twiefel, J.; Potthast, C.; Mracek, M.; Hemsel, T.; Sattel, T.; Wallaschek, J.: Fundamental experiments as benchmark problems for modeling ultrasonic micro-impact processes, Journal of Electroceramics, Volume 20, Numbers 3-4 / August 2008.
- Twiefel, J.; Richter, B.; Sattel, T.; Wallaschek, J.: Power output estimation and experimental validation for piezoelectric energy harvesting systems, Journal of Electroceramics, Volume 20, Numbers 3-4 / August 2008.
- Verheyde, B.; Rombouts, M.; Vanhulsel, A.; Havermans, D.; Meneve, J.; Wangenheim, M.: Influence of surface treatment of elastomers on the frictional behaviour in sliding contact, Wear 266(2009) S. 468-475 (Elsevier) doi:10.1016/j.wear.2008.04.040, 2008.
- Wallaschek, J.; Schiedeck, F.; Gausemeier, J.; Kaiser, I.: Einsatz neuer Antriebstechnologien in einem autonomen Miniaturroboter. Miniaturisierung und Self-Sensing durch den Einsatz von Aktoren aus Funktionswerkstoffen. BK Newsletter. Mitteilungen des Berliner Kreis - Wissenschaftliches Forum für Produktentwicklung e.V., 2008.
- Wangenheim, M.; Kozma, M.; Mate, L.; Grönefeld, P.: Friction behaviour of grease lubricated seals, Proceedings ISC, S. 281-291, 2008.

- Wangenheim, M.; Kröger, M.: Friction phenomena on microscale in technical contacts with rubber, Proceedings ESDA 2008, Paper No. ESDA2008-59507, 2008.
- Wangenheim, M.; Kröger, M.: Avoidance of friction induced vibrations on seals, PAMM · Proc. Appl. Math. Mech. 8, 10389 - 10390 (2008) / DOI 10.1002/pamm. 200810389.
- Zarei, H.; Kröger, M.: Optimisation of the foam-filled tubes for crash box application. Thin-Walled Struc. J., Volume 46, Issue 2, Pages 214-221 2008.
- Zarei, H.; Kröger, M.: Bending behavior of empty and foam-filled beams: Structural optimization. Int. J. Impact Engng., Volume 35, Issue 6, Pages 521-529, 2008.

2007

- Camarena, F.; Hemsel,T.; Espinosa, V.; Twiefel,J.; Ardid, M. and Martnez-Mora J. B.: Non-destructive ultrasonic test of orange dehydration, in 19th International Congress On Acoustics, (Madrid, Spain), September 2007.
- Denkena, B., Deichmüller, M., Kröger, M., Panning, L., Carstensen, C., Kilian, S.: Modeling and Simulation of the Process Machine Interaction During Tool Grinding Processes. Proceedings of the 10th CIRP International Workshop on Modeling of Machining Operations, Reggio Calabria, 2007, S. 391-398.
- Gausemeier, J.; Rammig, F. J.; Schäfer, W.; Trächtler, A.; Wallaschek, J. (Hrsg.): 5. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme. Paderborn: Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut, Verlagsschriftenreihe, 2007, Bd. 210, ISBN 978-3-939350-29-3.
- Genzo, A., Sextro, W., Panning, L.: Schwingungsverhalten elastischer Körper mit nichtlinearen Kopplungen in ausgedehnten Reibkontakten. VDI-Tagung Nichtlineare Schwingungen - Reibung und Kontaktmechanik (VDI-Berichte 2022), Kassel, 2007, S. 147-161.
- Grönefeld, P.; Kröger, M.: Experimentelle Untersuchungen von Stick-Slip-Schwingungen an Scheibenwischern, In: Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics 7, 4050037-4050038, DOI 10.1002/pamm. 200701088, Zurich (Switzerland), 2007.
- Hemsel, T.; Stroop, R.; Oliva Uribe, D.; Wallaschek, J.: Resonant vibrating sensors for tactile tissue differentiation. In: Journal of Sound and Vibration, 1st International Conference on Vibro-Impact Systems, 20-22 July 2006, Loughborough, UK, Elsevier, 2007, doi:10.1016/j.jsv.2007.03.063, ISSN 0022-460X.
- Hohl, A., Panning, L., Siewert, C., Bürge, A.: The Vibrational Behaviour of Bladed Disks with Multiple Coupling Devices. PAMM Proc. Appl. Math. Mech., 2007.
- Kaiser, I.; Schiedeck, Florian ; Mojrzisch, Sebastian: So kommt Bewegung in die Mikromechanik - Smarte Materialien in miniaturierten Robotern. In: Mechatronik F&M 11 12 (2007), Dezember, S. 54-56.
- Kröger, M., Neubauer, M., Popp, K., Experimental Investigation on the Avoidance of Self-excited Vibrations, in: Philosophical Transactions of The Royal Society A, Theme: Experimental Nonlinear Dynamics of Solids and Fluids, DOI 10.1098/rsta.2007.2127.
- Littmann, W.; and Twiefel, J.: Energy Harvesting - Grundlagen und Praxis energieautarker Systeme, vol. 97 of Haus der Technik Fachbuch, Chapter: Energy Harvesting Using Piezoelectric Devices, pp. 65-77. expert verlag, Renningen, 1 ed., 2007.
- Mracek, M.; Hemsel, T.; Sattel, T.; Vasiljev, P.; Wallaschek, J.: Driving concepts for bundled ultrasonic linear motors. In: Journal of Electroceramics, 2007, doi: 10.1007/s10832-007-9123-5, ISSN 1385-3449.

- Müller, T.; Manga, H. K.; Walther, M.; Wallaschek, J.: Results of an Industry Survey on the Application of Dependability Oriented Design Methods. In: The Future of Product Development. Proceedings of the 17th CIRP Design Conference, Berlin, Springer-Verlag, 2007, S. 175-184.
- Müller, T.; Wallaschek, J.: Musterdatenbank zur Konzipierung verlässlicher mechatronischer Systeme. In: TTZ2007 - 23. Tagung Technische Zuverlässigkeit. Entwicklung und Betrieb zuverlässiger Produkte, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2007, S. 135-146.
- Neubauer, M., Oleskiewicz, R., Optimal piezoelectric switching technique for vibration damping, SPIE conference Smart structures and materials, Volume 6525, San Diego, 2007, DOI 10.1117/12.716638.
- Oliva Uribe, D., Hemsel, T., Stroop, R., Control Electronics for a Tissue Sensing Piezoelectric Bimorph (2007) Proceedings of the 4th International Workshop on Piezoelectric Materials and Applications on Actuators, www.ids.uni-hannover.de, Nanjing, China.
- Panning, L., Kröger, M.: Modellierung der Schwingungen beim Werkzeugschleifen. PAMM Proc. Appl. Math. Mech., 2007.
- Panning, L., Kröger, M., Wallaschek, J.: Schwingungsdämpfung durch Reibung: Theorie, Experiment, Anwendungen. VDI-Tagung Schwingungsdämpfung (VDI-Berichte 2003), Wiesloch, 2007, S. 71-96.
- Potthast, C.; Eisseler, R.; Klotz, D.; Wallaschek, J.; Heisel, U.: Piezoelectric actuator design for ultrasonically assisted deep hole drilling. In: Journal of Electroceramics, 2007, doi: 10.1007/s10832-007-9132-4, ISSN 1385-3449.
- Potthast, C.; Twiefel, J. and Wallaschek, J.: Model based analysis of an ultrasonic percussion drill, in ECCOMAS Thematic Conference on ComputationalMethods in StructuralDynamics and Earthquake Engineering, M. Papadrakakis, D. Charmpis, N. Lagaros, and Y. Tsompanakis, eds., (Rethymno, Crete, Greece,), June 2007.
- Potthast, C.; Twiefel, J. and Wallaschek, J.: Modelling approaches for an ultrasonic percussion drill, Journal of Sound and Vibration 308, pp. 405-417, December 2007.
- Richter, B.; Twiefel, J.; Hemsel, T.; Wallaschek, J.: Model Based Design of Piezoelectric Generators Utilising Geometrical and Material Properties. In: 2006 International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE 2006), 5-10 November 2006, Chicago, Illinois USA, 2007.
- Richter, B.; Twiefel, J.; Sattel, T.; Wallaschek, J.: Design method for piezoelectric bending generators in energy harvesting systems, in Active and Passive Smart Structures and Integrated Systems 2007, Y. Matsuzaki, M. Ahmadian, and D. J. Leo, eds., 6525, p. 652504, SPIE, (San Diego, CA, USA), March 2007.
- Richter, B. and Twiefel, J.: On the need of modeling the interdependence between piezoelectric generators and their environmental excitation source, in 6th International Workshop on Structural Health Monitoring, 2, pp. 1749-1756, (Palo Alto, CA, USA), September 2007.
- Romberg, O., Tausche, M., Pereira, C., Panning, L.: Passive Damping of Spacecraft Sandwich Panels. 10th European Conference on Spacecraft Structures, Materials & Mechanical Testing, Berlin, 2007, S.1-8.
- Schiedeck, F.; Wallaschek, J.: Modellierung und Regelung von Aktoren mit Formgedächtnislegierungen. In: Schinköthe, W. (Hrsg.): Innovative Klein- und Mikroantriebstechnik. Augsburg : VDE Verlag, 12. und 13. Juni 2007 (GMM-Fachbericht 54), S. 141-146. - 7. GMM/ETG-Fachtagung.
- Siewert, C., Panning, L., Hohl, A., Bürge, A., Gerber, C.: Damping of Structural Vibrations using an Electromotive Eddy Current Damper. PAMM Proc. Appl. Math. Mech., DOI: 10.1002/pamm.200700739 2007.

- Siewert, C.; Panning, L.; Hohl, A.; Bürge, A., Gerber, C.: Damping of Structural Vibrations using an Electromotive Eddy Current Damper, GAMM 2007, Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics 2007, Zurich.
- Twiefel, J.; Potthast, C.; Mracek, M.; Hemsel, T.; Sattel, T.; Wallaschek, J.: Fundamental experiments as benchmark problems for modeling ultrasonic micro-impact processes. In: Journal of Electroceramics, 2007, doi: 10.1007/s10832-007-9169-4, ISSN 1385-3449.
- Twiefel, J.; Richter, B.; Sattel, T.; Wallaschek, J.: Power output estimation and experimental validation for piezoelectric engergy harvesting systems. in Journal of Electroceramics, 2007, doi: 10.1007/s10832-007-9168-5, ISSN 1385-3449.
- Verheyde, B.; Vanhulsel, A.; Rombouts, M.; Meneve, J.; Roman, E.; Martinez, L.; Huttel, Y.; Wangenheim, M.: /Surface treatment of elastomers to improve the tribological properties against metal counterbodies, In: proceedings: ECOTRIB, Ljubiljana, 2007.
- Wangenheim, M.; Kröger, M.; Wallaschek, J,: Vermeidung von selbsterregten Schwingungen an Systemen mit Dichtungen durch Oberflächenbeschichtungen; NIchtlineare Schwingngen - Reibung und Kontaktmechanik, VDI-Berichte 2022, Düsseldorf, 2007.
- Zarei, H.; Kröger, M.: Crashworthiness optimization of empty and filled aluminum crash boxes. Int. J. Crash. 12 (2007), pp. 255-264.
- Zarei, H.; Kröger, M.; Albertsen, H.: Crashworthiness investigation of the composite thermoplastic crash box. Proceeding of the Sixth Canadian-International Composites Conference, Winnipeg 14-17 August (2007), pp. 1-14.
- Zarei, H.; Kröger, M.; Albertsen, H.: An experimental and numerical crashworthiness investigation of the thermoplastic composite crash boxes. Comp. struc. J., 2007.
- Zarei, H.; Kröger, M.; Albertsen, H.: Optimum composite thermoplastic crash box. Proceeding of the Sixth Canadian-International Composites Conference, Winnipeg 14-17 August (2007), pp. 1-13.
- Zhao, S. : A new type ultrasonic levitation system for disc shaped objects, in Proceedings of the 4th International Workshop on Piezoelectric Materials and Applications in Actuators, www.ids.uni-hannover.de, 9th-14th 2007, Nanjing China.

2.1.2 Studentische Arbeiten

Diplom-, Master- und Bachelorarbeiten

- Shi, Minzhe
  Design and Construction of an Ultrasonic Cutting Device Demonstrator for Medical Applications
- Tran, Duc Do
  Steuerung und Regelung von piezoelektrischen Stellantrieben
- Zhou, Qingtang
  Entwicklung eines Greifermoduls auf Basis von Funktionswerkstoffen für einen Miniaturroboter
- Ahlswede, Matthias
  Untersuchung des Einflusses von Schaufelanordnungen auf die Schwingungsantwort von verstimmten Schaufelkränzen
- Bonhage, Marius
  Auslegung eines Versuchsträgers zur Untersuchung von Schrumpfverbindungen
- Haase, Jürgen
  Entwicklung und Aufbau eines Versuchsstandes zur Reibungsreduktion
- Zhang, Tianyu
  Theoretische Untersuchungen zur Schwingungsbelastung von Bondverbindungen in Kfz-Elektronik-Modulen
- Weigelt, Stefan
  Untersuchungen zur Wirkung von Ultraschallschwingungen auf Dichtkontakte
- Radermacher, Martin
  Erweiterung eines Scheibenwischermodells durch Kopplung von einzelnen Punktkontakten
- Xin, Liang
  Lebensdaueranalyse eines Motorabgaskrümmers unter hoher Temperatur und dynamischer Anregung
- Regina Stüting, Kai
  Aufbau und Inbetriebnahme eines Versuchsstands zur experimentellen Untersuchung von Reibkontakten und Entwicklung einer modellbasierten Identifikation von Kontaktparametern
- Günter, Alexander
  Instandsetzung und Wiederinbetriebnahme der autonomen Messplattform ”Reibmobil”
- Thiemann, Malte
  Untersuchung des Stahlgürteleinsprungs während der Gürtelerhebung von Fahrzeugreifen und Entwicklung eines Vorhersagetools
- Dobberstein, Jan-Hendrik
  Beschreibung der Dynamik einer Dichtung mit freiheitsgradreduziertem Modell
- Alameddine, Ghazwan
  Aufbau eines verteilten Rechnersystems unter Einbindung von Echtzeit-Prozessrechnern und windowsbasierten Personalcomputern
- Tatzko, Sebastian
  Modulare Modellierung der Bewegungsabläufe eines Scheibenwischers

- Schwarzendahl, Sebastian
  Numerische und experimentelle Untersuchung der Dämpfungseigenschaften von piezoelektrischen Netzwerken am Beispiel eines Modellschaufelkranzes

- Krämer, Carsten
  Untersuchung von Reibungsmechanismen lamellierter Reifenprofilblöcke auf Eis und Schnee

- Moritz, Christoph
  Modellierung von Tiefbohrsträngen zur Analyse von Lateralschwingungen

- Schurzig, Daniel
  Simulation eines lamellierten Profilklotzes unter Berücksichtigung einer nichtlinearen Balkentheorie

- Jacobs, Theo
  Robuste Regelung eines semiaktiven Feder-Dämpfer-Elementes zur Optimierung der Vertikaldynamik

- Rahhama, Ali-Reza
  Entwicklung eines Analysemodells zur Klassifizierung von gemessenen Wellenschwingungen bei Flugtriebwerken

- Hendrawan, Suryanto
  Konstruktive Optimierung und experimentelle Untersuchung eines Hydroluftlagers für Kabinenlagerungen

- Scheffler, Sven
  Entwicklung lösbarer Verbindungselemente für Faserkunststoffverbund-Biegeträger in Leichtbauflugzeugen

- Lin, Xiu
  Statistische Untersuchungen von Reibphänomenen zwischen Reifenprofilblock und Fahrbahnoberfläche

- Bär, Florian
  Entwicklung eines Tangentialkontaktmodells für den Reifenprofilblock/Fahrbahn-Kontakt

- Mihajlovic, Sasa
  Simulation der Dynamik abrollender Reifenprofilklötze

- Huanhuan, Lou
  Neuauslegung eines Prüfstandes zur Messung von Reibwerten und Hubverlusten bzw. Ermittlung von Korrekturfaktoren willkürlich verlegter Bowdenzüge im KFZ

- Wurpts, Wiebold
  Modellierung eines piezoelektrischen Mikrostoßmotors zur Ermittlung des eingeschwungenen Motorverhaltens unter Berücksichtigung der Struktur- und Kontaktmechanik

- Scharbak, Rami
  Robuste Regelung einer aktiven Magnetführung mit flexibler Struktur

- Vorapipatana, Wittawat
  Friction modelling with Finite Element Analysis

- Laborenz, Jacob
  Entwicklung und Umsetzung eines Wirbelstromdämpfungskonzeptes an Turbinenschaufeln

- Tumrasvin, Tanitta
  Development of a mixed friction model for contacts with rubber

- Lübbe, Berthold
  Vorbereitung, Betreuung und Auswertung von experimentellen Schwingungsuntersuchungen einer DT-Niederdruckendstufenbeschaufelung
- Tönnies, Hilke
  Untersuchung des Schwingungsverhaltens von reibungsgedämpften Turbinenschaufeln
- Ratanafrasert, Siwat
  Crash-Untersuchung von ausgeschäumten hybriden Crashboxen
- Ripka, Stefan
  Reibverhalten von lamellierten Profilkötzen auf Schnee -Mechanismen und Modellierung-
- Renner, Andreas
  Schwingungsdämpfung durch beschaltete Piezoelemente am Beispiel einer Kraftfahrzeug-Scheibenbremse
- Polpong, Tanet
  Numerische Simulation und experimentelle Crashuntersuchung von hybriden Crashboxen
- Tönnies, Hilke
  Experimentelle Untersuchung des Reibverhaltens bei gekoppelten Turbinenschaufeln unter Temperatureinfluss
- Lange, Steven
  Untersuchung stationärer und instationärer Reibphänomene zwischen Elastomeren und rauen Oberflächen
- Tippayasak, Rerngtiwa
  Experimentelle und rechnerische Modalanalyse einer Werkzeugschleifmaschine
- Piepho, Niels
  Berechnung des dynamischen Zeitspanvolumens beim Werkzeugschleifen

Projekt- und Studienarbeiten

- Barz, Fabian
  Untersuchung einer Endlagenregelung für Aktoren mit Formgedächtnislegierungen zur Verminderung von Alterungserscheinungen
- Bruns, Mark
  Vorspannung eines Piezoaktors mit Hilfe von Formgedächtnisdrähten
- Yang, Lei
  Modellierung der Temperaturhysterese bei Formgedächtnislegierungen nach Jiles und Atherton
- Frischkorn, Conrad
  Experimentelle Untersuchung der Einflussparameter eines piezoelektrischen Ultraschallmotors
- Zimmermann, Martin
  Recherche und Konzeption zur Messung der Erregerkräfte an einem rotierenden Schaufelkranz
- Mörke, Tobias
  Einführung einer MATLAB-Routine zur Automatisierung und Studien zu Input-Parametern von DATES
- Baumeister, Jan
  Simulation des Materialverhaltens von Schnee

- Bonhage, Marius
  Implementation of a three-dimensional co-rotational element into the non commercial finite element code AFECTOS

- Hartmann, Werner
  Konstruktion eines Prüfstandes zur Messung von Reibkräften und Förderung des Mediums an Dichtelementen für Kolbenstangen

- Ahlwede, Matthias
  Charakterisierung der Eigenschaften von im Labor hergestelltem Eis und Untersuchung der Einflüsse auf den Reibwert

- Böttcher, Jonas
  Implentierung der höher harmonischen Balance für ein Punktkontaktmodell zur Analyse eines Ultraschallmotors

- Tober, Patrick
  Konstruktion und Erprobung eines Universalprobenhalters für den Hochgeschwindigkeitslinearprüfstand “HiLiTe”

- Nespor, Dennis
  Konstruktive Vervollständigung, kinematisch - dynamische Analyse und Optimierung der Radaufhängung des Formula Student Wagens RP 09

- Herlitzius, Jan
  Erstellung eines Konzeptes für einen Versuchsstand zur Analyse von Bohrstrangschwingungen

- Stüting, Kai Regina
  Kalibrierung eines elastischen Mehrkörpermodells für das Schwingungsverhalten eines Dampfturbinen-Schaufelkranzes

- Muntu, Philipp
  Experimentelle Untersuchungen der Übertragung von Schwingungen des Motors auf den Kfz-Scheinwerfer

- Saalbach, Kai
  Schwingungsmessung an Kfz-Scheinwerfern

- Weigelt, Stefan
  Untersuchungen zur Grenzschichtreibung an Dichtungen

- Schwarzendahl, Sebastian
  Simulation und Beobachtung der Torsion eines Radsatzes

- Krack, Malte
  Piezoelektrisches Energy Harvesting unter Verwendung von Switching-Netzwerken

- Nguyen, Duy Son
  Adaptive Regelung von Bohrsträngen

- Dobberstein, Jan-Hendrik
  Modalanalyse unter Berücksichtigung von Coriolis-Effekten

- Yang, Lei
  Simulation eines lamellierten Profilklotzes

- Kaul, Alexander
  Untersuchung des bei Kurvenfahrten auftretenden Messfehlers der z-Kraft an der Hinterachse eines Pick-Up Fahrzeuges

- Radermacher, Martin
  Auswertung von Oberflächenstrukturen mit MatLab
- Neubauer, Timo
  Modellierung der Hysteresereibung mit gekoppelten Kontaktpunkten
- Wiebe, Andreas
  Entwicklung eines Tools zur Beurteilung der Längsstabilität von Schiffen mit Gleitrumpf bei Änderungen / Verlagerung der Antriebseinheit
- Hülsemeyer, Lars
  Auslegung und Konstruktion einer Lagerung zur Verbesserung des Rundlaufverhaltens eines Glaszylinders
- Wolf, Alexander
  Untersuchung von Mechanismen der Eisreibung um den Gefrierpunkt
- Bickel, Wladimir
  Entwicklung und Konstruktion eines Versuchstands zur experimentellen Untersuchung von reibungsgedämpften Schwingungen
- Shi, Minze
  Experimental Characterization of a Piezoelectric Bimorph for Tissue Differentiation
- Fuchs, Alexander
  Mehrskalensimulation von Gummireibung
- Wulf, Felix
  Herstellung und Präparation von Schneefahrbahnen im Labor zur Untersuchung von Elastomerreibung
- Wolf, Bastian
  Auslegung, Modellbildung und Simulation eines elektromagnetischen Lagers für die Trommel eines gewerblichen Wäschetrockners
- Liu, Xin
  Auslegung eines Schwingungstilgers für das Kunstwerk ”Mikado“ auf dem Königsworther Platz
- Herzog, Anna
  Simulation und statistische Auswertung von Mistuning an Prinzipmodellen und einem Modellschaufelkranz
- Mihajlovic, Sasa
  Auslegung und Konstruktion einer verfahrbaren Messeinrichtung mit integrierter Normalkraftaufbringung für Hochgeschwindugkeits-Reibuntersuchungen
- Bohnhage, Marius
  Dämpfungsanalyse einer Turbinenschaufel
- Teschner, Florian
  Analyse der Kontaktdruckverteilung zwischen Profilelement und Fahrbahnoberfläche bei Variation der Kontaktparameter
- von Ende, Sebastian
  Einfluss von Beschichtungen auf das Reibungsverhalten von Dichtungen
- Tatzko, Sebastian
  Untersuchungen zur Grenzschichtreibung

- Brüning, Matthias
  Analytische Beschreibung der Eigenschwingungen von Bohrern
- Songsurin, Kamolthorn
  Investigation of Nonlinear Effects during Grinding Processes with Matlab/Simulink
- Laborenz, Jacob
  Entwicklung einer Messsoftware für die Messung von Schaufelschwingungen unter LabVIEW
- Pamovski, Marco
  Berechnung des Schwingungsverhaltens eines reibungsgedämpften Schwingers mit allgemeiner periodischer Erregung
- Jörns, Sven-Hendrik
  FEM-Analyse der dynamischen Eigenschaften eines Magneterregersystems für den Turboversuchsstand
- Bär, Florian
  Experimentelle Untersuchungen zum Abriebverhalten von gleitenden Profilblöcken auf Fahrbahnoberflächen
- Ripka, Stefan
  Herstellung von Schnee und Eis im Labor zur Untersuchung von Elastomerreibung
- Wurpts, Wiebold
  Modellierung eines Dämpferkontaktes an Turbinenschaufeln
- Stüting, Kai Regina
  Analyse und Charakterisierung der dreidimensionalen Oberflächenstruktur von Fahrbahnbelägen
- Markowsky, Florian
  Untersuchung der realen Kontaktfläche zwischen Reifen und Fahrbahn
- Lange, Steven
  Entwicklung eines Normalkontaktmodells für die Interaktion zwischen Profilblöcken und Fahrbahnoberflächen
- Qiao, Li
  Reibungsuntersuchungen an Dichtungen
- Lübbe, Berthold
  Analyse des Schwingungsverhaltens einer ND-Dampfturbinenbeschaufelung zur Bestimmung der mechanischen Dämpfung
- Rahnama, Ali-Reza
  Numerische Untersuchung des dynamischen Verhaltens einer Struktur mit einem technischen Kontakt

Laborarbeiten

- Herlitzius, Jan
  Reibungsuntersuchungen an den Komponenten eines Bremskraftverstärkers
- Bonhage, Marius
  Untersuchung von berührungslosen Abstandssensoren bezüglich ihrer Eignung für einen geplanten Versuchsstand

- Malkov, Alexander
  Identifikation der Hauptfedersteifigkeiten an unterschiedlichen Arbeitspunkten eines Scheibenwischers
- Stoppelkamp, Carsten
  Untersuchung des Einflusses der Prozessparameter auf die Reibung zwischen Gummi und Korund
- Heitzmann, Patrick
  Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Parameter auf die Gleitreibung von Gummi auf Eis
- Ahlswede, Matthias
  Untersuchung der Wiederholbarkeit beim Einstellen bestimmter Oberflächeneigenschaften von im Labor hergestellten Schneefahrbahnen
- Bunzel, Robert
  Reibungsuntersuchungen von Reifenprofilklötzen am Tribometer
- Jürgens, Christian
  Experimentelle Untersuchungen und Parametervariationen an einem handelsüblichen Scheibenwischer
- Lind, Hagen
  Temperaturabhängigkeit des adhäsiven Effekts von Elastomeren auf Eis und Schnee
- Aschenbruck, Jens
  Experimentelle Bestimmung der nichtlinearen Schwingungsantwort eines Modellschaufelpaares mit Bindestift- und Reibelementkopplung in Abhängigkeit der Kontaktnormalkräfte
- Düllmann, Markus
  Untersuchung eines Wischblattes auf Spannungsrelaxation
- Scheuer, Jan Hendrik
  Analyse des Oberwellengehaltes der Dämpfungskraft eines Wirbelstromdämpfungselementes
- Krack, Malte
  Experimental Vibration Analysis of a Turbine Blade Assembly Subject to Friction Damping
- Butt, Usman
  Einfluss verschiedener Haftzeiten auf die Losbrechkräfte zwischen verschiedenen Metall- und Elastomerpaaren
- Muntu, Phillip
  Temperaturabhängigkeit des adhäsiven Effekts von Elastomeren auf Eis
- Hinkelmann, Holger
  Programmierung einer Auswertungsroutine zur beschleunigten Erstellung eines Schnelltests anhand von Reibpaarungsmessdaten
- Laborenz, Jacob
  Experimentelle Bestimmung der Kalibrierfaktoren für Messungen von Dehnungsamplituden am Modellschaufelkranz
- Schwarzendahl, Sebastian
  Messungen und Analyse von Stick-Slip-Schwingungen
- Hartmann, Werner
  Einfluss der Temperatur auf die Reibeigenschaften von Scheibenwischerblättern

2.1.3 Abgeschlossene Dissertationen

- **Annika Bürge (24.07.2009)**
  "Modellierung und experimentelle Parameteridentifikation nichtlinearer Reibkontakte bei Turbinenschaufeln"
  Die Laufschaufeln von Turbinen sind hohen thermischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Schäden an den Schaufelblättern stellen daher eine häufige Ursache für den Ausfall der Turbomaschinen dar. Um die mechanischen und dynamischen Belastungen zu reduzieren und somit die Betriebssicherheit und die Lebensdauer zu erhöhen, werden Koppelelemente eingesetzt.
  Neben dem Einsatz von Reibelementen, die z. B. unterhalb der Fußplatte angeordnet werden und im Betrieb der Maschine durch die Fliehkräfte an die Fußplatten der Laufschaufeln gedrückt werden, werden auch direkte Kopplungen der Schaufeln über Deckbänder oder Stützflügel realisiert. Die Relativverschiebungen der Schaufeln verursachen Reibung in den Kontaktfugen der Kopplungen, wodurch Energie dissipiert wird. Dadurch wird das System gedämpft und die Schwingungsamplituden reduziert.
  In dieser Arbeit wurde ein Berechnungsprogramm für beliebig gekoppelte Laufschaufeln verwendet und weiter entwickelt. Dieses Programm wurde bereits erfolgreich an realen Turbinen getestet. Der Einfluss von separierenden Kontaktflächen aufgrund von ungleichförmigen Kontaktbedingungen und die Auswirkungen der Temperaturänderungen im Betrieb auf das Schwingungsverhalten werden in dieser Arbeit mit Hilfe von experimentellen Ergebnissen überprüft. Weiterhin werden Berechnungen von mehrfach gekoppelten Laufschaufeln durchgeführt, um das Dämpfungsverhalten bei Mehrfachkopplungen abschätzen zu können. Mit Hilfe der hier durchgeführten experimentellen Absicherungen kann der Einsatzbereich dieses Berechnungsverfahrens optimiert und Anwendungsgrenzen aufgezeigt werden.

- **Gunnar Simon Gäbel (24.07.2009)**
  "Beobachtung und Modellierung lokaler Phänomene im Reifen-Fahrbahn-Kontakt"
  In der Kontaktzone zwischen Reifen und Fahrbahn müssen sämtliche Kräfte übertragen werden, die für eine sichere Fahrzeugführung erforderlich sind. Der dynamische Kontakt einzelner Laufflächenelemente mit der rauen Fahrbahn führt zu Strukturschwingungen des Reifenkörpers und somit zu ungewollten Reifenrollgeräuschen, wobei die Körperschallübertragung in den Fahrzeuginnenraum das subjektive Komfortempfinden vermindert. Gleitreibungsphänomene in der Bodenaufstandsfläche stellen einen zusätzlichen Anregungsmechanismus für Reifenstrukturschwingungen dar und führen neben einer Verminderung der maximal übertragbaren tangentialen Kontaktkräfte zu Abriebphänomenen, wobei feinste Materialpartikel in die Umwelt emittiert werden. Die Materialdämpfung der verwendeten Gummimaterialien führt zu energetischen Verlusten, die im Fall einer Gefahrenbremsung zwar gezielt genutzt werden, im normalen Fahrzustand jedoch zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch und somit zu einem erhöhten Wert von Kohlenstoffdioxid-Emissionen führen. Um die Wechselwirkung zwischen Reifen und Fahrbahn wissensbasiert optimieren zu können, ist die Erweiterung des Verständnisses lokaler Kontaktphänomene und ihrer Wechselwirkung unabdingbar.
  Der Profilblock ist die einzige Reifenkomponente mit direktem Kontakt zur Fahrbahn und ist deshalb von besonderem Interesse. Die genaue Kontaktsituation zwischen Profilblock und Fahrbahn ist sehr komplex und daher noch nicht im Detail bekannt. In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse experimenteller Kontaktuntersuchungen dargestellt und anhand von Modellvorstellungen erklärt. Neben der Untersuchung der wahren Kontaktfläche werden die lokalen Belastungen in der Kontaktzone und die resultierenden nichtlinearen Kontaktsteifigkeiten analysiert und interpretiert. Die Beschreibung der beobachteten Kontaktphänomene gelingt mit einem Bettungsmodell, wobei sich über eine Modellvalidierung eine hinreichend gute Übereinstimmung zwischen Berechnungsergebnissen und experimentellen Resultaten ergibt. Es wird eine Modellerweiterung vorgestellt, die den bedeutenden Einfluss des großen Skalenbereichs an Oberflächentexturwellenlängen auf die lokale Kontaktsituation aufzeigt. Die Untersuchung von Gleitreibphänomenen einzelner Profilblöcke im Kontakt mit realen Fahrbahnoberflächen gelingt mit einem Tribometerversuchsstand. Es wird der

Einfluss einer großen Anzahl von Kontaktparametern auf die resultierende stationäre und instationäre Reibungscharakteristik diskutiert.

- **Florian Gutzeit (10.06.2009)**
  "Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum dynamischen Rollkontakt von Elastomeren"
  Die Simulation des dynamischen Rollkontaktes erschließt zahlreiche Zeit- und Kostenvorteile, wie z.B. bei der Entwicklung von Reifen oder bei der Verbesserung von Fahrassistenzsystemen. In dieser Arbeit werden grundlegende Algorithmen zur numerisch effizienten Simulation rollender Gummiräder gezeigt. Ein fahrender Versuchsstand wurde entwickelt und aufgebaut. Als Versuchsobjekt dient ein handtellergroßes Vollgummirad, das in der Reifenindustrie für Verschleißmessungen verwendet wird. Basierend auf dem in den Messungen beobachteten dynamischen Verhalten des Rollkontaktes wird ein mechanisches Simulationsmodell präsentiert. Das Modell beinhaltet ein Strukturmodell des Radkörpers sowie eine Kontaktformulierung in Normal- und Tangentialrichtung, die sowohl Haften als auch Gleiten abbildet. Zur Reduktion des numerischen Aufwandes wird eine Craig-Bampton-Transformation verwendet. Die Simulationsergebnisse werden den Messungen des fahrenden Versuchsstands gegenübergestellt.

- **Christian Potthast (28.04.2009)**
  "Numerische und experimentelle Untersuchung eines Ultraschall-Schlagbohrwerkzeugs"
  Vom Jet Propulsion Laboratory wurde ein neuartiges, piezoelektrisch betriebenes Schlagbohrwerkzeug für die Entnahme von Gesteinsproben bei Raumfahrtmissionen vorgestellt, das ohne Rotationsfreiheitsgrad arbeitet. Die Besonderheit des Systems besteht in der mittels einer Schlagmasse realisierten losen Kopplung zwischen einem Ultraschallkonverter und dem Bohrer. Vor dem Hintergrund einer Effizienzsteigerung des Bohrwerkzeugs sind die Ziele der vorliegenden Arbeit einerseits der Aufbau eines Systemverständnisses und andererseits die Bereitstellung von mathematisch-physikalischen Modellen, die für eine systematische Suche nach Optimierungsmöglichkeiten im Rahmen von Parameterstudien geeignet sind.
  In experimentellen Untersuchungen an einem Prototypen konnte festgestellt werden, dass das Bewegungsverhalten des Aktors im Wesentlichen durch parabelförmige Freiflugphasen des Konverters mit wechselnder, anpresskraftabhängiger Maximalflughöhe gekennzeichnet ist. Dabei weisen weder die Verschiebungen des Konverters noch die Bewegungen von Schlagmasse oder Bohrer eine Periodizität oder dominierende Frequenzanteile auf. Für die Modellierung des Gesamtsystems stellt die korrekte Abbildung der Stoßvorgänge, die für den Energietransport vom Ultraschallkonverter über Schlagmasse und Bohrer zum Untergrund verantwortlich sind, die größte Herausforderung dar. Drei unterschiedlich komplexe Modellierungsansätze wurden hinsichtlich Ergebnisqualität, Modellierungsaufwand und Rechenzeitbedarf untersucht: ein Starrkörpermodell mit unstetiger Stoßbehandlung mittels Stoßzahlen, ein Finite-Elemente-Modell und ein Starrkörpermodell mit zeitkontinuierlicher Stoßmodellierung. Obwohl die Dynamik des Aktors mit allen untersuchten Modellierungsansätzen grundsätzlich abgebildet werden kann, stellt das Starrkörpermodell mit zeitkontinuierlicher Regularisierung der Stoßkontakte den besten Kompromiss bezüglich der untersuchten Kriterien dar. In einer abschließenden Parameterstudie wurden die Schwingungsamplitude des Ultraschallkonverters und die Schlagmasse in mehreren Schritten variiert. Ein einfaches Abtragsmodell auf Basis des an den Untergrund übertragenen Impulses erlaubt die Ermittlung einer Abbaukenngröße und somit die Gegenüberstellung von Simulationsergebnissen und gemessenen Bohrtiefen. Die Simulation prognostiziert übereinstimmend mit den Messungen einen mit steigender Schwingungsamplitude zunehmenden Materialabtrag und zeigt im Bereich von Schlagmassen von etwa 2 g ein Optimum in der Untergrundschädigung.

- **Florian Schiedeck (25.03.2009)**
  "Entwicklung eines Modells für Formgedächtnisaktoren im geregelten dynamischen Betrieb"
  Aktoren aus Formgedächtnislegierungen weisen mit über 1 kJ/kg die mit Abstand höchste Energiedichte aller Aktorprinzipien auf. Das macht sie für diejenigen Antriebsaufgaben interessant, bei denen auf kleinem Bauraum eine hohe mechanische Arbeit aufgebracht werden muss. Zur Erzeugung begrenzter Stellbewegungen mit unidirektionaler Kraftwirkung werden Formgedächtnislegierungen in Drahtform eingesetzt. Der Formgedächtniseffekt tritt bei Legierungen mit reversibler martensitischer Phasenumwandlung auf. Nickel-Titan – oft auch als NiTiNOL, Flexinol oder MuscleWire bezeichnet – ist wegen der hohen Effektstabilität die am häufigsten eingesetzte Formgedächtnislegierung.
  Diese Arbeit behandelt die Einsatzmöglichkeiten von Formgedächtnislegierungen als Stellantriebe. Nach der Beschreibung des Stands der Technik werden im Hauptteil die Forschungsergebnisse vorgestellt. Dieser gliedert sich in folgende Teile: experimentelle Untersuchung und Modellierung von Formgedächtnislegierungen sowie Regelung und Applikation von Formgedächtnisaktoren. Zunächst wird das thermomechanische Dehnungs- und Widerstandsverhalten von NiTi-Formgedächtnislegierungen auch unter dem Aspekt Alterung experimentell untersucht. Weitere Messungen hinsichtlich dynamischer Eigenschaften runden das Systemverständnis ab. Ausgehend von der thermodynamischen Energiebilanz erfolgt die Modellierung von Formgedächtnislegierungen mit extrinsischem Zweiwegverhalten. Das domänenübergreifende Simulationsmodell besteht aus thermischen, elektrischen und mechanischen Teilmodellen für die Temperaturhysterese, für das Widerstands- und für das Dehnungsverhalten. Damit wird das makroskopische Verhalten von Aktoren aus Formgedächtnislegierungen im dynamischen Betrieb beschrieben. Unter Verwendung der daraus gewonnenen Erkenntnisse wird ein systemspezifischer Ansteuerungs- und Regelungsentwurf für Formgedächtnisaktoren als Positionier- und Stellantriebe durchgeführt. Dabei wird insbesondere das Potential von Self-Sensing, d. h. die Nutzung inhärenter sensorischer Eigenschaften, untersucht, um eine Positionsregelung auf Basis einer Widerstandsmessung zu realisieren. Des Weiteren können Nichtlinearitäten gezielt für eine selbstsensierende Ansteuerung genutzt werden. Abschließend werden die Möglichkeiten der Applikation von Aktoren mit Formgedächtnislegierungen betrachtet. Dafür wird eine Methode zur verlässlichkeitsorientierten Technologiebewertung entwickelt und für die Analyse existierender Lösungen eingesetzt. Die Ergebnisse fließen in den Entwurf eines Aktorprototyps ein.

- **Marcus Neubauer (13.11.2008)**
  "Schwingungsdämpfung mit beschalteten Piezowandlern und Anwendung zur Unterdrückung von Bremsenquietschen"
  Der Einsatz von beschalteten Piezoelementen zur Dämpfung von mechanischen Schwingungen weist insbesondere im Leichtbau und in Präzisionsmaschinen Vorteile gegenüber herkömmlichen Dämpfungssystemen auf. Während die üblicherweise verwendeten linearen Netzwerke lediglich auf einen Systemzustand abstimmbar sind, erlauben die so genannten Switching-Techniken ein Umschalten zwischen zwei Netzwerken. Durch geeignete Anpassung der Schaltzeitpunkte lässt sich eine hohe Dämpfungswirkung in einem großen Frequenzbereich erzielen.
  Im Rahmen dieser Arbeit wird die Dämpfungswirkung der Switching-Netzwerke mit der von herkömmlichen Resonanzbeschaltungen verglichen und es werden die optimalen Netzwerkparameter und Schaltzeitpunkte bestimmt. Als weitere Beschaltungen werden negative Kapazitäts-Netzwerke sowie aktive Geschwindigkeitsrückführungen untersucht.
  Als relevante technische Anwendung wird eine Scheibenbremse untersucht. Hierbei wird gezeigt, dass bei entsprechender Beschaltung das Bremsenquietschen unterdrückt werden kann.

- **Lutz Bellmann (10.07.2008)**
  "Untersuchungen zu den viskoelastischen Eigenschaften von Bremsbelägen im Parameterbereich des Bremsenquietschens"
  Die elastischen Eigenschaften von Reibmaterialien und deren Dämpfung gehören zu den wichtigsten Einflussgrößen auf das Bremsenquietschen. Daher ist die genaue Bestimmung dieser Eigenschaften zur geräuscharmen Auslegung der Bremse ein wesentlicher Erfolgsfaktor.
  In dieser Dissertationsschrift wird eine neue Messtechnik und eine Methode vorgestellt, mit Hilfe derer Materialdefinitionen für Bremsbeläge zur direkten Anwendung in der FE-Simulation erzeugt werden können. Hierbei wird gesondert auf die starke Anisotropie, Nichtlinearität und Frequenzabhängigkeit des elastischen Verhaltens von Bremsbelägen eingegangen. Die neue Messtechnik, SDMT, ermöglicht es, die dynamische Steifigkeit und die Dämpfung von Reibmaterialien unter statischer Vorlast und im Frequenzbereich des Bremsenquietschens zu untersuchen. Mit Hilfe weiterer Messmethoden kann eine vollständige transvers-isotrope Steifigkeitsmatrix und die benötigten Dämpfungsparameter für Reibmaterialien aufgebaut und direkt in einer FE-Simulation verwendet werden.

- **H. R. Zarei (20.02.2008)**
  "Experimental Investigation of Crash Structures using aluminium alloys"
  Concerns have been raised for many years about the quality and safety of the vehicles as well as their contribution to the air pollution that endangers public health. Several vehicle safety standards have been developed for different crash scenarios. To improve air quality and reduce vehicle's emissions, there are high interests to amend vehicle fuel consumption through producing light weight vehicles. These improvements should not menace vehicle safety. Vehicle designers achieve safety and fuel economy advances through using lightweight materials like aluminum alloys, high strength steels, tailored beams and composite materials in the vehicle's structures.
  In this research, finite element crash simulation of a vehicle model is considered to characterize the energy absorption capacity of the vehicle's frontal structure. Crashworthiness optimization technique is implemented to reduce the weight of selected frontal elements while vehicle safety performance is improved. Crush performance of the two most effective vehicle's frontal crash elements, namely, crash box and bumper beam is investigated by a comprehensive experimental and numerical study in axial, oblique and bending crush conditions. The energy absorption mechanisms of these elements are characterized briefly and multi design optimization MDO technique is implemented to maximize their energy absorptions and reduce their weights. The crush behavior of low density materials like aluminum honeycomb and foam is studied. The concept of filling crash box and bumper beam with these materials is investigated experimentally and numerically. The same MDO procedure which is used for empty aluminum crash box is implemented to maximize the energy absorption capacities of the filled structures and minimizing their weights. Experimental and numerical research is performed to investigate the crush behavior of thermoplastic composite crash boxes. The energy absorption mechanisms of composite materials and its differences to aluminum alloys are studied. The effort is conducted to characterize the energy absorption of the foam-filled composite crash box. The MDO procedure is used to maximize energy absorption capacity of the composite crash box and minimize its weight. Finally the optimum composite crash box is compared with the optimum aluminum crash box. In the above mentioned optimization procedures, practical and safety requirements are considered as optimization constraints.
  The theoretical methods of predicting the crush behavior of empty and filled crash box and bumper beam are summarized. The experimental results are used to calibrate these formulations. The calibrated expressions can be used in the primary phase of the vehicle's structural design.

2.2 Veranstaltungen

Internationale Tagungen

- **6th International Workshop on Piezoelectric Materials and Applications**
  Jeju Island, Süd Korea, 06.10.2009-08.10.2009
- **5th International Workshop on Piezoelectric Materials and Applications**
  Pennsylvania State University, State College, Pennsylvania, USA, 06.10.2008-08.10.2008
- **4th International Workshop on Piezoelectric Materials and Applications**
  Nanjing University of Aerospace & Astronautics, Nanjing, China, 09.09.2007-14.09.2007

Nationale Tagungen

- **LED in der Lichttechnik**
  Haus der Technik, Essen, 09.03.2009-10.03.2009
- **Energy Harvesting, Grundlagen und Praxis energieautarker Systeme**
  Fachveranstaltung, Haus der Technik, Essen, 17.11.2008-18.11.2008
- **LED in der Lichttechnik**
  Haus der Technik, Essen, 10.03.2008-11.03.2008
- **VDI-Tagung Nichtlineare Schwingungen - Reibung und Kontaktmechanik**
  Kassel, 13.11.2007-14.11.2007
- **LED in der Lichttechnik**
  Haus der Technik, Essen, 06.03.2007-07.03.2007

Aus- und Weiterbildung

- **Schwingungstechnik & Maschinendynamik, verstehen und anwenden**
  VDI-Seminar, Stuttgart, 19.11.2009-20.11.2009
- **Piezo- und Ultraschalltechnik**
  Transferseminar, Haus der Technik, Hannover, 07.09.2009-08.09.2009
- **Schwingungstechnik & Maschinendynamik, verstehen und anwenden**
  VDI-Seminar, Fürth, 22.07.2009-23.07.2009
- **Piezo- und Ultraschalltechnik**
  Transferseminar, Haus der Technik, Hannover, 08.09.2008-09.09.2008

Oberseminar Mechanik

- **Elastische MKS für die Simulation von Schienenfahrzeugen**
  Prof. Dr. Michael Beitelschmidt, Institut für Bahnfahrzeuge und Bahntechnik, TU Dresden, 26. November 2009
- **Lead free piezoelectric materials**
  Prof. Shashank Priya, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, USA, 28. Juli 2009
- **Some aspects of modelling the hemodynamical flow of blood in arteries in the presence of an external magnetic field**
  Prof. Dr. J. C. Misra, Indian Institute of Technology, Indien, 18. Juni 2009

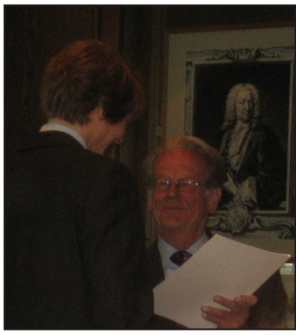
- **Fast and slow scales in selected mechanical problems**
  Prof. Grzegorz Litak, Technical University of Lublin, 7. Mai 2009
- **Aktuelle Technologieentwicklungen für Dampfturbinen**
  Dr.-Ing. Matthias Deckers, Siemens AG, Mülheim an der Ruhr, 6. Mai 2009
- **Ultraschall und Reibung**
  Prof. Dr. Valentin Popov, Institut für Mechanik, TU Berlin, 21. Januar 2009
- **Nichtlineare Stabilitätsanalyse eines Bremsenmodells**
  Daniel Hochlenert, Dynamik und Schwingungen, TU Darmstadt, 15. Januar 2009
- **Zu Problemen mit paradoxen Zuständen in der Starrkörpermechanik**
  Florian Fischer, Dynamik und Schwingungen, TU Darmstadt, 15. Januar 2009
- **Multimodal Energy Harvesting and Research at Center for Energy Harvesting Materials**
  Prof. Shashank Priya, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, USA, 20. November 2008
- **Aktuelle Forschung zur Dynamik an der TU Karlsruhe**
  Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Seemann, Institut für Technische Mechanik, Universität Karlsruhe, 10. Juli 2008
- **Industrieller Erschütterungsschutz - Aufgabenstellung im Umfeld der Bau- und Maschinenbau-Ingenieure**
  Dipl.-Ing. Bernd Worms, BW Engineering Baudynamik + Erschütterungsschutz, Leverkusen, 10. Juli 2008

Sonstige

- **Ehemaligenexkursionen der Sektion “Institut für Mechanik” des Freundeskreises der Leibniz Universität Hannover**
  TU Bergakademie Freiberg / Sachsen mit Besichtigung des Forschungsbergwerkes Reiche Zeche, 03.07.2009

2.3 Auszeichnungen

- Dipl.-Ing. Sebastian Schwarzendahl
  E.ON Future Award 2009
- M.Sc. Su Zhao
  Best Paper Award 2009 der American Society of Mechanical Engineers
- M.Sc. David Oliva Uribe
  Auszeichnung für Gastwissenschaftler für eine hervorragende Zusammenarbeit durch den Freundeskreis der Leibniz Universität Hannover 2009
- Dr.-Ing. Marcus Neubauer, Robert Oleskiewicz
  Professional Engineering Publishing Prize 2008 des Journals of Automobile Engineering
- Dipl.-Ing. Jacob Laborenz
  Dr.-Jürgen-Ulderup-Preis 2008, für hervorragende Leistungen bei der Diplomprüfung
- cand. mach. Lei Yang
  Dr.-Jürgen-Ulderup-Preis 2008, für hervorragende Leistungen bei der Vordiplomprüfung
- cand. mach. Lei Yang
  Förderpreis der Viktor Rizkallah-Stiftung 2008
- cand. mach. Anna Herzog
  FVV-Nachwuchsförderpreis ETA, 2008
- Dipl.-Ing. Andreas Renner
  Dr.-Jürgen-Ulderup-Preis 2007, für hervorragende Leistungen bei der Diplomprüfung
- Dipl.-Ing. Jens Rudat
  Dr.-Jürgen-Ulderup-Preis 2007, für hervorragende Leistungen bei der Diplomprüfung

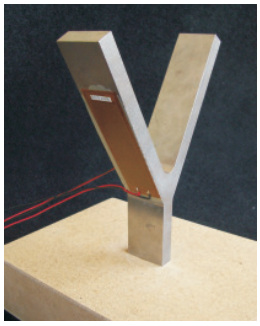


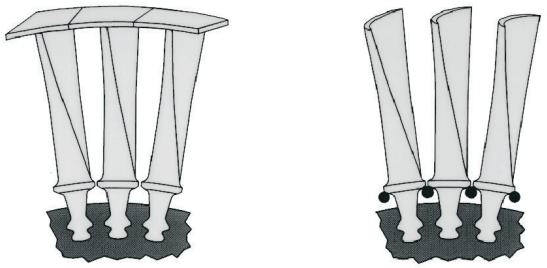
2.4 Wissenschaftlicher Austausch

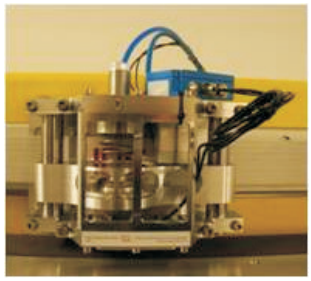
Folgende Studenten und Wissenschaftler waren am Institut für Dynamik und Schwingungen zu Gast:

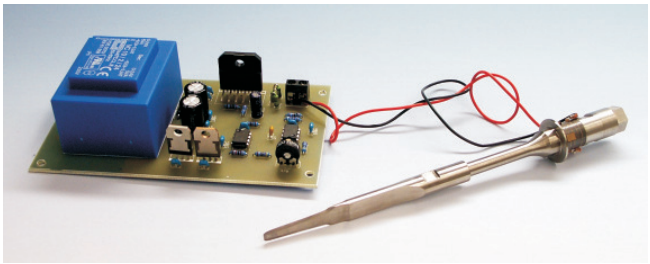
- Emmanouil Doulgerakis, National Technical University of Athens, Griechenland, 11/2009-12/2009
- Evgeny Neretin, State University of Aerospace Technologies in Moskau, Russland, 07/2009-11/2009
- David Alejandro Guzman Pinzon, Technological University of Panama, Panama, 06/2009-09/2009
- Prof. Jagadis C. Misra, Indian Institute of Technology, Bhubaneswar, Indien, 06/2009
- Macben Mutua Makenzi, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Kenia, 06/2009-08/2009
- Prof. Ph.D. Mo Yueping, School of Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, China, 10/2008-04/2009
- Luis Raul Hernandez Rodriguez Gil, Instituto Technológico de Durango, Mexiko, 10/2008-12/2008
- Nicola Todorovski, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Mazedonien, 07/2008-08/2008
- Nasra Al-Maskari, Sultan Qaboos University, Oman, 06/2008-08/2008
- Gabriel Andrade, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador, 06/2008-07/2008
- Dr. Ge Yang, Harbin Engineering University, Harbin, China, 09/2007-09/2008
- Christian Maria Firrone, Politecnico di Torino, Italien, 10/2007-11/2007

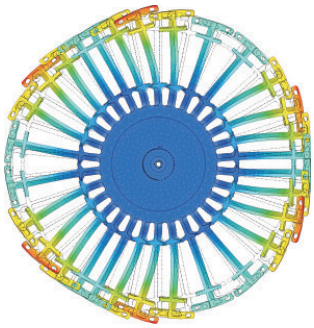
3 Forschung









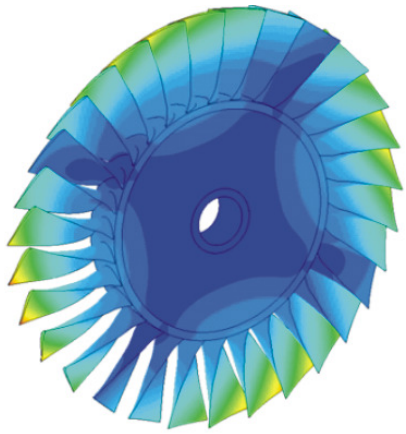


3.1 Arbeitsgruppe Dynamik rotierender Maschinen

Dr.-Ing. Lars Panning
(Gruppenleiter)

Dipl.-Ing. Andreas Hohl
Dipl.-Ing. Jacob Laborenz
Dipl.-Ing. Sebastian Tatzko
Dipl.-Ing. Anna Herzog

- Dynamik rotierender Maschinen
- Wirbelstromdämpfung
- Höher Harmonische Balance
- Entwicklung der Simulationssoftware DATAR
- Mistuning, Reduktionsmethoden und Mehrfachkopplungen



Dynamik rotierender Maschinen

Die Arbeitsgruppe Dynamik rotierender Maschinen befasst sich mit dem Schwingungsverhalten rotierender Maschinen, hier insbesondere den Beschaufelungen von Verdichter- und Turbinenstufen. Im Vordergrund steht die Entwicklung von Technologien und experimentell validierten Modellen zur Erhöhung der Dämpfungswirkung. Dies wird in verschiedenen öffentlich und industriell geförderten Projekten untersucht.

Schwingungen von Bauteilen verschiedenster technischer Anwendungen z.B. aus dem Bereich der Fahrzeugtechnik und im Turbomaschinenbau lassen sich effizient dämpfen, indem auf physikalische Effekte wie die Nutzung von Reibung, die Erzeugung von Wirbelströmen oder die Anbindung eines piezoelektrischen Netzwerkes zurückgegriffen wird.

Um diese Effekte in technischen Anwendungen zu nutzen, ist zunächst eine ausreichend genaue Modellierung der Dynamik des zu dämpfenden Systems und insbesondere die Beschreibung der zumeist nichtlinearen Zusammenhänge der Dämpfungsmechanismen erforderlich. Hierbei ist neben der Genauigkeit der Modelle auch stets deren Effizienz im industriellen Einsatz zu berücksichtigen, sodass in akzeptabler Rechenzeit ausreichend genaue Ergebnisse erzielt werden können.

Am Beispiel der Dämpfung von Turbinenlaufschaufeln werden verschiedene Dämpfungsmechanismen erprobt, wobei neben der Modellierung und Simulation auch stets experimentelle Untersuchungen zur Validierung der entwickelten Modelle dienen. In vielen Fällen führen diese Vorhaben zu einer Umsetzung der Ergebnisse in industriell einsetzbare Softwarewerkzeuge, die sich mittlerweile im Auslegungsprozess von Turbinenschaufeln gut etabliert haben. Um die Umsetzung verschiedener Dämpfungsmechanismen und deren Potenzial in realen Turbinenbeschaufelungen zu beurteilen, liegen aktuelle Schwerpunkte in Modellierung und Experiment u.a. auf

- der Modellierung der Strukturdynamik,
- der Beschreibung nichtlinearer Dämpfungsmechanismen (Kontakt und Reibung, Wirbelströme, piezoelektrischer Effekt),
- der Entwicklung effizienter numerischer Methoden zur Lösung nichtlinearer Systeme,
- dem Einfluss höher harmonischer Schwingungsanteile in nichtlinearen Strukturen,
- der Weiterentwicklung von Methoden zur Reduktion der Systemgröße,
- der Modellierung der stochastischen und bewussten Verstimmung zyklischer Systeme und
- der Optimierung verschiedener konstruktiver Lösungen (z.B. Reibelementgeometrie).

Zur experimentellen Validierung der entwickelten Modelle wurden verschiedene Versuchsstände konzipiert, aufgebaut und von grundlegenden Untersuchungen bis zur konkreten Anwendung die Wirksamkeit verschiedener Dämpfungsprinzipien untersucht (siehe Abbildung 1).

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Lars Panning
☎ +49(0)511/762-4170
✉ panning@ids.uni-hannover.de

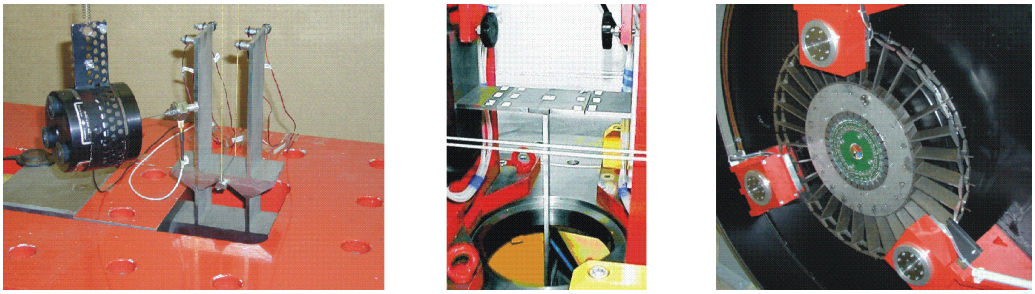


Abbildung 1: Experimentelle Einrichtungen zur Untersuchung von Schaufelschwingungen

Wirbelstromdämpfung

Im Rahmen eines bilateralen Forschungsvorhabens mit der ALSTOM Schweiz AG entwickelt das IDS ein Wirbelstromdämpfungselement zur Minimierung von mechanischen Schwingungen an Dampfturbinenschaufeln. Innerhalb dieses Projektes wird ein Simulationsmodell zur Berechnung der Dämpfungswirkung entwickelt und im Versuch validiert. Außerdem wird das Langzeitverhalten der dabei verwendeten Materialien unter realitätsnahen Bedingungen untersucht.

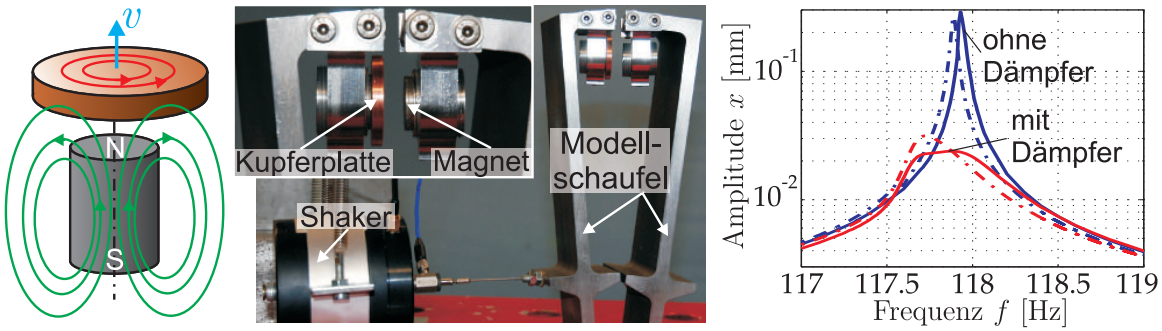


Abbildung 2: Prinzipdarstellung des Wirbelstromdämpfers, Versuchsaufbau mit Modellschaufelpaar und Vergleich von Messung $(-)$ und Simulation $(-\cdot)$

Turbinenschaufeln von Gas- und Dampfturbinen werden durch Fliehkraft, thermische Belastung und Schwingungen stark beansprucht. Bei der Auslegung muss deshalb großes Augenmerk auf die Festigkeit der Schaufeln gelegt werden, was die Gestaltungsfreiheit der Schaufelgeometrie und damit den erreichbaren Wirkungsgrad einschränkt. Durch die Verwendung von Dämpfungselementen kann die Belastung durch Schwingungen stark reduziert werden, sodass die Effizienz einer Beschaufelung und damit der Gesamtwirkungsgrad der Turbine erhöht werden kann.

Neben klassischen Reibdämpfern werden am IDS neuartige Dämpfungsverfahren untersucht. Bei der Wirbelstromdämpfung wird ein Aufbau aus Permanentmagneten und elektrisch leitenden Materialien zur Dämpfung von Schwingungen eingesetzt. Dabei wird der Effekt ausgenutzt, dass in einem elektrischen Leiter die Elektronen abgelenkt werden, wenn sich dieser relativ zu einem magnetischen Feld bewegt und auf diese Weise Wirbelströme in ihm induziert werden. Dieser Stromfluss unterliegt wiederum der Wirkung des magnetischen Feldes, sodass der Leiter eine seiner Bewegung entgegengesetzte Kraft erfährt. Dieser Effekt kann zur berührungslosen Schwingungsdämpfung genutzt werden und weist Ähnlichkeiten mit der Dämpfung durch eine umgebende, viskose Flüssigkeit auf.

Zur Schwingungsminimierung an Turbinenschaufeln wird in eine Seite der Schaufeln ein Permanentmagnet und in die andere eine Kupferplatte eingelassen, sodass sich diese am Luftspalt zwischen zwei Schaufeln gegenüber stehen und im Fall von Vibrationen mechanische Schwingungsenergie durch entstehende Wirbelströme dissipiert wird.

Zur Validierung des Dämpfungsprinzips und der Simulationsmethodik wurde ein Standversuch aus Modellschaufelpaar, Shaker zur Anregung und Wirbelstromdämpfungselement aufgebaut. Mit der Erfassung von Frequenzgängen konnte eine Amplitudenreduktion um den Faktor zehn nachgewiesen werden. Der Vergleich von Simulation und Messung zeigt, dass im Fall rotationssymmetrischer Magneten und Kupferplatten bereits sehr gute Übereinstimmungen erreicht werden können.

Im Rahmen zukünftiger Untersuchungen soll das Simulationsmodell erweitert werden, um beliebige Geometrien des Dämpfers und den Einfluss umgebenden Metalls berücksichtigen zu können. Auch stellt die Haltbarkeit der verwendeten Seltenerd-Magnete unter dem Einfluss von Dampf und erhöhter Temperatur einen Fokus der Arbeit dar.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jacob Laborenz
☎ +49(0)511/762-4173
✉ laborenz@ids.uni-hannover.de

Höher Harmonische Balance

Im Rahmen des Projektes „Höher Harmonische Balance“ soll ein Verfahren zur effizienten Berechnung der Schwingungsantwort von Strukturen mit nichtlinearen Reibkontakten entwickelt werden. Dabei sollen höher harmonische Anteile der Systemantwort sowie der Schwingungsanregung berücksichtigt werden. Das Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) gefördert.

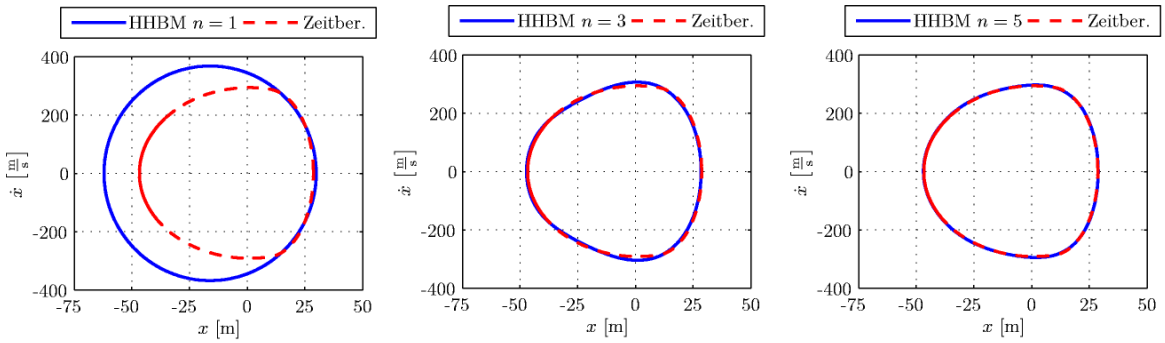


Abbildung 3: Phasenplots eines nichtlinearen Einmassenschwingers, berechnet mit der Höher Harmonischen Balance (HHBM)

Turbinenbeschaufelungen sind hohen statischen und dynamischen Belastungen ausgesetzt, die Schaufelschwingungen auslösen. Um Schäden zu vermeiden, werden häufig Koppelelemente wie Deckbänder oder Reibelemente verwendet, die über Reibungsdämpfung die Schwingungsamplituden reduzieren. Die Modellierung und Berechnung der Schwingungen reibungsgedämpfter Strukturen führt auf komplizierte nichtlineare Differenzialgleichungssysteme, deren Lösung mit hohem numerischen Aufwand verbunden ist. Der Vorhersage der Dämpfung und damit der zu erwartenden Schwingungsamplituden kommt jedoch eine entscheidende Bedeutung zu.

Um eine rechenzeitintensive Zeitschrittintegration zur Lösung der nichtlinearen Differenzialgleichungen zu umgehen, wurde bisher die Harmonische Balance zur Linearisierung der nichtlinearen Kontaktkräfte angewandt. Dieses Verfahren ermöglicht eine gute Näherung des Schwingungsverhaltens, wenn die Schwingungserregung und -antwort nahezu harmonisch angenommen werden können. Die Ergebnisse aktueller Untersuchungen zeigen aber, dass dies insbesondere bei starken Nichtlinearitäten wie der Kontaktseparation nicht mehr gewährleistet ist.

Aus diesem Grund soll ein Verfahren basierend auf der Höher Harmonischen Balance entwickelt werden, das es erlaubt, eine simultane multifrequente Anregung der Struktur ebenso zu betrachten wie eine Schwingungsantwort, die höher Harmonische enthält. Neben einer methodenorientierten Vorgehensweise sollen die entwickelten Berechnungsverfahren zunächst experimentell validiert und später in industrietaugliche Anwenderprogramme umgesetzt werden. Diese sollen die bisher zur Verfügung stehenden Programmpakete ersetzen und einen deutlich erweiterten Anwendungsbereich erschließen.

Zur Validierung kann das Verfahren an einem Einmassenschwinger mit Gap-Nichtlinearität getestet werden. Abbildung 3 zeigt die mit der Höher Harmonischen Balance und einer unterschiedlichen Anzahl von Harmonischen berechneten Phasenkurven des Modells im Vergleich zu einer exakten Zeitbereichslösung. Die mit der Multiharmonischen Balance berechnete Lösung nähert sich mit steigender Anzahl betrachteter Harmonischer der exakten Lösung immer weiter an. In diesem Beispiel liefert eine Anzahl von fünf Harmonischen bereits eine gute Übereinstimmung der beiden Verläufe.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Anna Herzog
☎ +49(0)511/762-4168
✉ herzog@ids.uni-hannover.de

Entwicklung der Simulationssoftware DATAR

Die Dämpfung von Turbinenschaufelschwingungen ist ein wichtiges Thema in der Auslegung von Turbomaschinen. Dabei werden häufig kostengünstige konstruktive Lösungen, wie Deckband- oder Reibelementkopplung zwischen den Schaufeln eingesetzt. Zur optimalen Auslegung dieser Kontakte werden Simulationen mit der gemeinsam mit Siemens Energy Sector am IDS entwickelten Software DATAR durchgeführt.

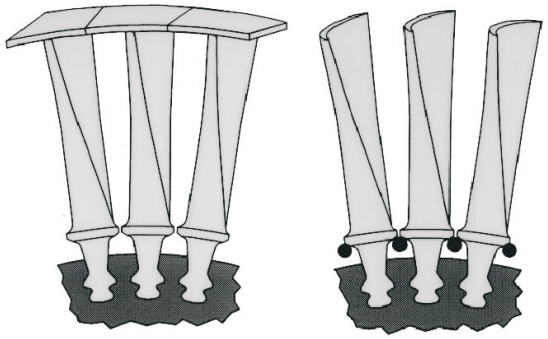


Abbildung 4: Links: Deckbandkopplung. Rechts: Kopplung durch Reibelemente.

Die Beschaufelung axialer Turbomaschinen kann im Betrieb hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sein. Die Schwingungsamplituden sollten nach Möglichkeit klein gehalten werden, um eine hohe Lebensdauer zu gewährleisten. Da ein resonanzfreier Betrieb nicht vorausgesetzt werden kann, werden zur Dämpfung auftretender Schwingungen oft Reibkontakte verwendet, in denen ein Teil der Bewegungsenergie infolge von Relativbewegungen dissipiert wird. Zur optimalen Auslegung solcher Reibelemente wurde am IDS das Programmsystem DATAR (Daempfung von Turbinenschaufeln mit asymmetrischen Reibelementen) in Zusammenarbeit mit *Siemens Energy Sector* entwickelt. Aufgrund der Reibkontakte entstehen zur Beschreibung des Systems stark nichtlineare Differentialgleichungen, deren Lösung einen hohen numerischen Aufwand fordern. In DATAR wird derzeit eine Linearisierung mit Hilfe der harmonischen Balance Methode eingesetzt. Mit Hilfe von DATAR können gezielte Parameterstudien zur Optimierung des dynamischen Verhaltens der Turbinenbeschaufelung unter dem Einfluss von Kontaktnichtlinearitäten durchgeführt werden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Sebastian Tatzko
☎ +49(0)511/762-4115
✉ tatzko@ids.uni-hannover.de

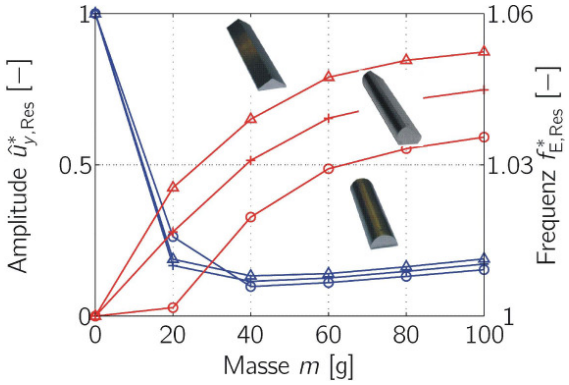


Abbildung 5: Verschiedene Reibelementtypen und ihre Auswirkung auf Resonanzfrequenz und -amplitude.

Mistuning, Reduktionsmethoden und Mehrfachkopplungen

Das Projekt Mehrfachkopplungen wurde über einen industriellen Arbeitskreis der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) initiiert. Die Arbeit wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) finanziell gefördert. Ziel des Projektes ist, eine effiziente Methode zur Berechnung von verstimmten Schaufelkränzen mit Koppelelementen zu entwickeln.

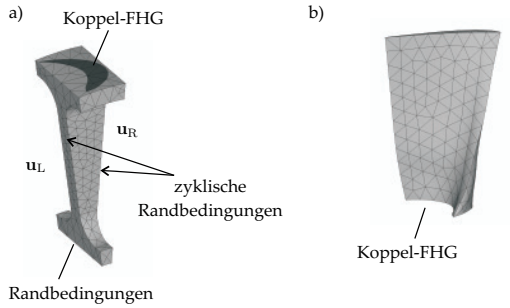


Abbildung 6: a) FE-Modell eines Scheibensegments. b) FE-Modell der Schaufel.

Die Schaufeln in Turbomaschinen sind starken dynamischen Belastungen durch die fluktuierenden Dampf- bzw. Gaskräfte ausgesetzt. Dies kann im Extremfall zu einer Schwingungsrissbildung und zu Schäden in der Turbomaschine führen. In der Theorie werden die Schaufelkränze oft als perfekt zyklisches System modelliert. In der Praxis treten aber immer Abweichungen in den Schaufeleigenschaften durch Fertigungstoleranzen, inhomogene Steifigkeitsverteilung, Abrieb oder Risse auf. Dies kann zu einer Lokalisierung der Schwingungsenergie in einzelnen Schaufeln führen. Die Schwingungsamplitude dieser Schaufeln ist dann oft um den Faktor 2-3 höher als im unverstimmten zyklischen System. Dieses sogenannte Mistuning muss deshalb bei der Auslegung und Modellierung der Schaufelkränze berücksichtigt werden. Die zu entwickelnde Methode soll dabei das Finite-Elemente-Modell, welches bis zu 10^6 Freiheitsgrade je Segment aufweisen kann, reduzieren, aber dessen Eigenschaften genau abbilden. Weiterhin müssen die Schaufeleigenschaften zugänglich sein, um eine Verstimmung der Schaufeln modellieren zu können. Diese Eigenschaften werden gut durch Substrukturtechniken, z.B. die Component Mode Synthesis (CMS), erfüllt, bei denen die Scheibe und jede einzelne Schaufel als Substruktur modelliert werden. In dem Projekt wird die Methode dahingehend erweitert, dass die CMS aus einem zyklischen Scheibensegement bestimmt wird, was eine Berechnung oft erst möglich macht, siehe Abbildung 6. Um ein möglichst kompaktes Modell zu erhalten, wird die Methode mit dem so genannten Wave Based Substructuring kombiniert, bei dem die Koppelfreiheitsgrade zwischen den Substrukturen Schaufel und Scheibe durch eine reduzierte Anzahl von orthogonalen Ansatzfunktion beschrieben wird. Mit diesem Modell können verstimmte Schaufelkränze effektiv simuliert werden, vgl. Abbildung 7, in dem die Frequenzgänge für alle Schaufeln im verstimmten und unverstimmten Fall verglichen werden. Auffällig ist die Resonanzamplitude die im verstimmten Fall, um den Faktor 1.5 höher ist als im unverstimmten Fall. Weiterhin werden alle Moden im Frequenzbereich angeregt, weil die zyklische Symmetrie aufgehoben ist und die Orthogonalität zwischen der Anregung und den Schwingungsformen, eine Eigenschaft des zyklischen Systems, nicht mehr gilt. Aufbauend auf dieser Methode werden in dem Projekt, verstimmte Schaufelkränze mit Koppelelementen und der Einfluss der Anordnung verstimmter Schaufeln untersucht.

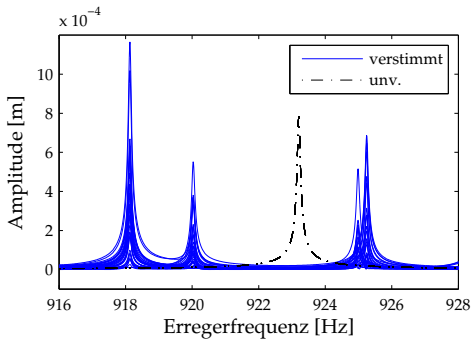


Abbildung 7: Typische Frequenzantwort eines verstimmten Schaufelkranzes

Ansprechpartner:

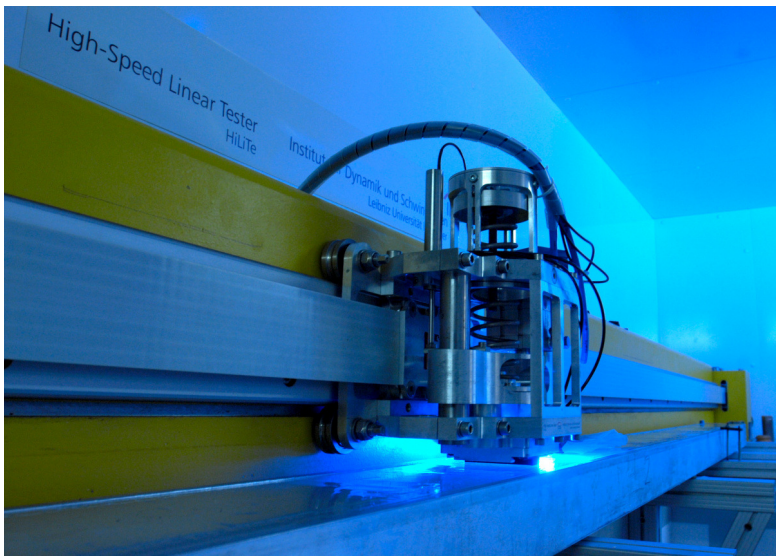
Dipl.-Ing. Andreas Hohl
☎ +49(0)511/762-19448
✉ hohl@ids.uni-hannover.de

3.2 Arbeitsgruppe Kontaktmechanik und Reibung

Dipl.-Ing. Matthias Wangenheim
(Gruppenleiter)

Dipl.-Ing. Phillip Grönefeld
Dipl.-Ing. Stefan Ripka
Dipl.-Ing. Saša Mihajlović

- Kraftübertragung auf Schnee und Eis
- Scheibenwischermodellierung im Rahmen des EU-Projektes KRISTAL
- Kooperationsprojekt Lokale Reibdynamik



Kraftübertragung auf Schnee und Eis

Das Projekt Kraftübertragung auf Schnee und Eis ist eine Kooperation zwischen der Continental Reifen Deutschland GmbH und dem Institut für Dynamik und Schwingungen. Im Rahmen des Projektes geht es um die detaillierte Untersuchung des Reifen-Fahrbahn-Kontaktes mit besonderem Fokus auf schnee- und eisbedeckten Oberflächen.

Die Optimierung der Kraftübertragung zwischen Reifen und Fahrbahn ist besonders bei Winterreifen auf schnee- und eisbedeckten Straßen von überragender Bedeutung für die Fahrsicherheit.

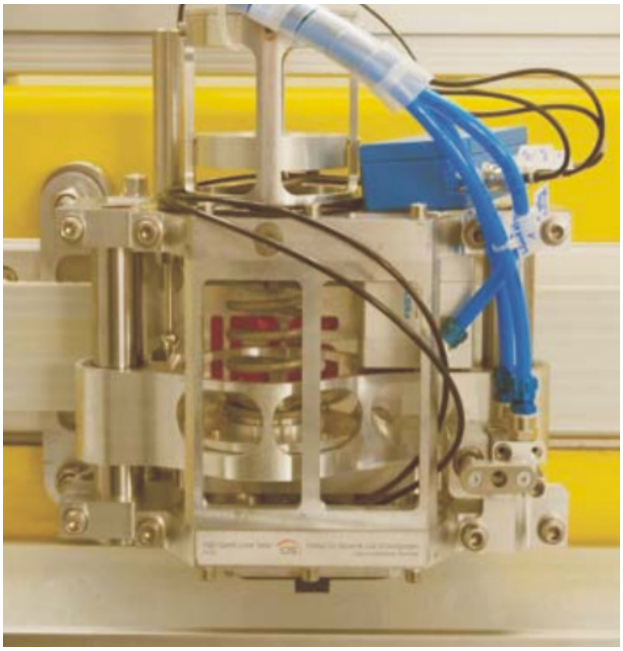


Abbildung 1: Messkapsel des Hochgeschwindigkeitslinearprüfstands

Aufgrund der steigenden Anforderungen des Marktes müssen die Entwicklungszyklen reduziert werden, was sich für Winterreifen als grundsätzlich kompliziert gestaltet, da deren Erprobung nur in bestimmten Regionen der Erde mit konstant kalten Temperaturen, wie z.B. Skandinavien, durchgeführt werden kann. Diese Tests sind mit extrem hohen Aufwand und großen Kosten verbunden.Um eine Verkürzung der Entwicklungszeiten sowie eine Kosteneinsparung zu realisieren ist es von großem Interesse, die Erprobung von Reifen bzw. Reifenkomponenten im Labor oder simulativ durchzuführen. Um gezielt bestimmte Eigenschaften eines Winterreifens einstellen zu können, ist es von enormer Wichtigkeit, die komplexen Mechanismen der Interaktion zwischen Reifenprofilblock und Eis- oder Schneeoberfläche zu kennen und die einzelnen Effekte bewerten zu können. Mit Hilfe des Hochgeschwindigkeitslinearprüfstands „HiLiTe“ (Abbildung 1) werden die verschiedenen Mechanismen der Reibung auf Schnee und Eis untersucht.

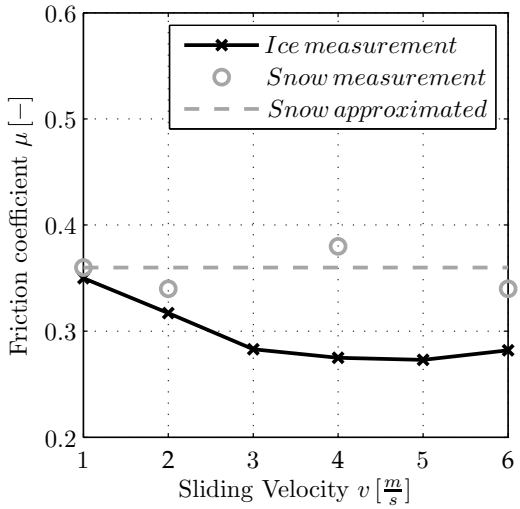


Abbildung 2: Einfluss der Geschwindigkeit auf die Reibung eines Profilblocks auf Schnee und Eis

Dabei werden verschiedene Einflüsse und Abhängigkeiten, wie z.B. der Profilierung, der Umgebungstemperatur, der Gleitgeschwindigkeit, des Normaldrucks und eventuell vorhandener Zwischenschichten auf die Reibungsmechanismen experimentell ermittelt (Abbildung 2). Das Ziel des Projektes ist die Identifikation der einzelnen Einflussparameter auf die Reibung, ihre Bewertung sowie die Erstellung eines Modells zur theoretischen Beschreibung des Einflusses der verschiedenen Parameter.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Stefan Ripka
☎ +49(0)511/762-4176
✉ ripka@ids.uni-hannover.de

Scheibenwischermodellierung im Rahmen des EU-Projektes KRISTAL

Das Ziel des von der EU geförderten Projektes KRISTAL ist die Optimierung von Reibkontakten. Dies kann sowohl mittels verschiedener Oberflächenmodifikationen als auch durch Geometrieveränderungen erreicht werden. Parallel zu praktischen Untersuchungen, die den Erfolg der Maßnahmen belegen sollen, werden die Bauteile mit Hilfe mathematischer Modelle simuliert, um auf diese Weise Voraussagen treffen zu können, und dadurch den Aufwand der Messungen im Entwicklungszeitraum zu reduzieren.

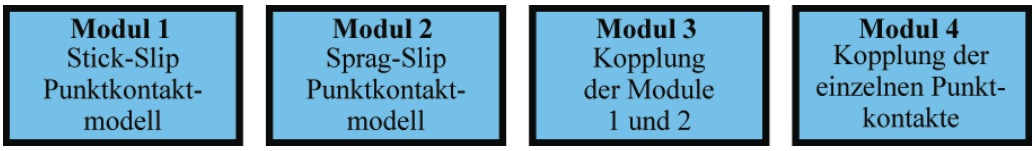


Abbildung 3: Der modulare Aufbau des Scheibenwischermodells

Die Aufgabe des IDS besteht in der Modellierung einer Scheibenwischerstruktur, die als Pilotanwendung dient Hierfür soll ein modulares Simulationsmodell geschaffen werden, das auch für andere Reibkontakte eingesetzt werden kann. Den Aufbau des modularen Modells zeigt Abbildung 3. Die Module 1 und 2 sind verantwortlich für die Darstellung des in der Realität auftretenden Quietschens (Stick-Slip) und Ratterns (Sprag-Slip). Die weiteren beiden Module stellen die Kopplung der berechneten Punktkontakte dar.

Bereits zu Beginn des Projektes wurde die Simulation des Stick-Slip Effektes durchgeführt und validiert. Im Zeitraum dieses Jahresberichts konnte das Modul 2, die Simulation des Ratterns, sowie Modul 4, die Kopplung der einzelnen Punktkontakte abgeschlossen bzw. weit vorangetrieben werden.

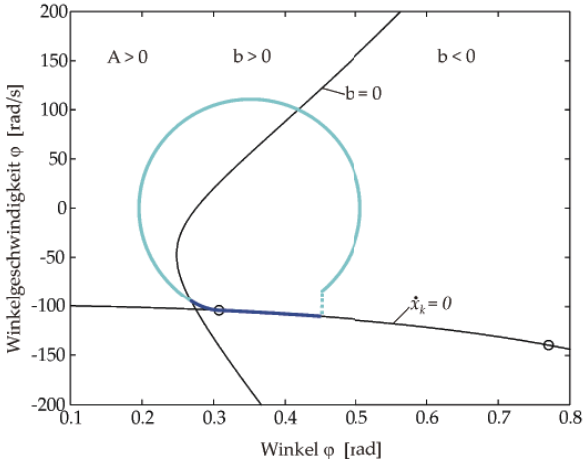


Abbildung 4: Ergebnis der Simulation des Sprag-Slip Modells

Die Ergebnisse der Rattermodellierung zeigt Abbildung 4. Dabei sind deutlich die unterschiedlichen Phasen der Schwingung zu erkennen: Haften, Gleiten sowie Separation.

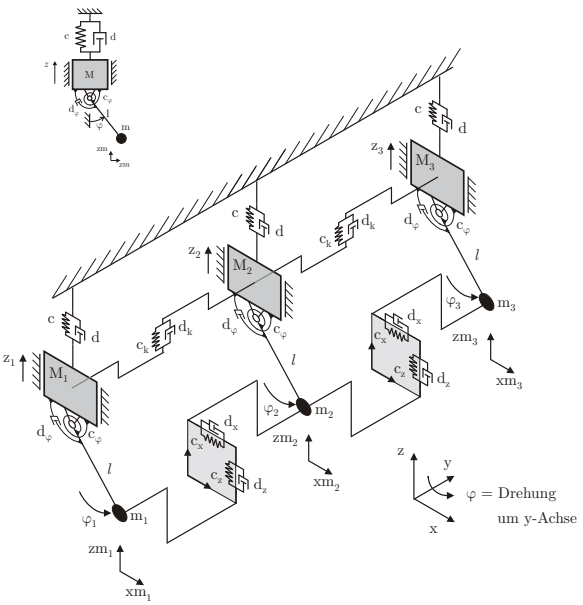


Abbildung 5: Kopplung der einzelnen Punktkontakte

Abbildung 4 zeigt die Kopplung der einzelnen Punktkontakte in vertikaler und tangentialer Richtung unter Zuhilfenahme von Feder-Dämpfer-Elementen. Auch dieses Modell wurde in MATLAB/*Simulink* integriert, die für die Berechnung benötigten Parameter wurden anhand eines handelsüblichen Scheibenwischers an den Prüfständen des IDS identifiziert.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Philipp Grönefeld
☎ +49(0)511/762-5999
✉ groenefeld@ids.uni-hannover.de

Kooperationsprojekt LOkale ReibDynamik (LORD)

In dem Kooperationsprojekt LORD arbeitet das Institut für Dynamik und Schwingungen eng mit dem Institut für Kontinuumsmechanik und der Continental Reifen Deutschland GmbH zusammen.
Das Projekt gliedert sich in einen Modellierungsteil und einen experimentellen Teil in denen der Kontakt zwischen Reifenlaufstreifen und Straßenoberfläche untersucht werden.

Stand der Technik in der Reifenentwicklung ist die Simulation des gesamten Reifens mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente (FEM). Auf diese Weise kann das stationäre Abrollverhalten auch des angetriebenen oder gebremsten Reifens gut berechnet werden, wenn auch mit unter Umständen erheblichem Rechenzeitaufwand. Die Reibung zwischen Reifen und Straßenoberfläche wird üblicherweise als gemittelter, stationärer Reibwert in die Simulation eingeführt, wobei dieser Reibwert entweder mit Hilfe von Messungen oder Reibmodellen gewonnen wird. Ein Nachteil dieser Messungen und Modelle ist, dass das breite Anregungsspektrum der Straßenrauheiten auf die Lauffläche des Reifens verloren geht. Dies ist einerseits für die Modellierung der Abrollgeräuschentwicklung von Interesse, andererseits ist bisher der Einfluss der Schwingungsanregung durch die raue Straßenoberfläche in Bremszuständen mit eingeschaltetem Anti-Blockier-System (ABS) nicht geklärt. Im Rahmen von LORD wird derzeit ein Simulationstool entwickelt und validiert, um recheneffiziente FEM-Simulationen zu ermöglichen, die in Form eines erweiterten, instationären Reibwertes auch höherfrequente Anregungen des rollenden Reifens abbilden können.

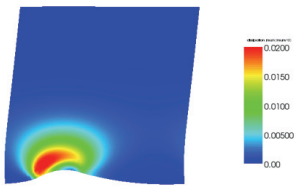


Abbildung 6: FEM-Simulation eines Reifenprofilklotzes

Einen großen Teil der Experimente nimmt die Validierung der entwickelten Simulationstools ein: Zunächst werden den Modellen Messungen an akademischen Oberflächen gegenübergestellt. Am Tribometerversuchsstand werden dafür Reibversuche auf Glasoberflächen und strukturierten Metalloberflächen durchgeführt, bevor Untersuchungen auf Beton- und Asphaltoberflächen gemacht werden. Am Hochgeschwindigkeitslinearprüfstand (HiLiTe) werden Reibkennfelder für Reifenlaufstreifenmischungen auf trockenen und nassen Asphaltfahrbahnoberflächen in einem breiten Geschwindigkeitsbereich vermessen und mit Ergebnissen von realen Bremstests verglichen. Weiterhin wurden Experimente zur Rolle der Adhäsion und zur Verdrängung von Wasserschichten gemacht. Mit Hilfe einer Thermographiekamera und einer Hochgeschwindigkeitskamera können das zeitliche Temperaturverhalten und Schwingungen im Reifen während ABS-Bremsmanövern sichtbar gemacht und mit Versuchen am Prüfstand HiLiTe verglichen werden.

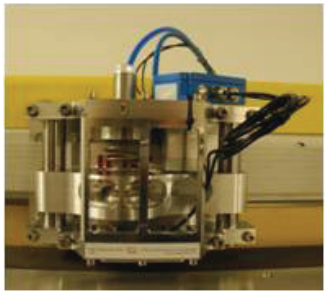


Abbildung 7: Messkapsel des Hochgeschwindigkeitslinearprüfstands

Ansprechpartner:

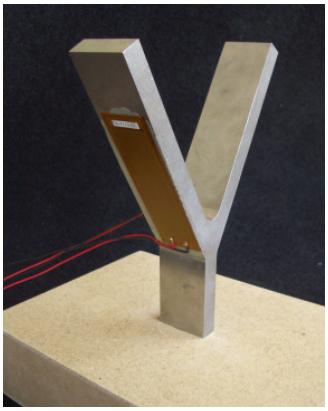
Dipl.-Ing. Matthias Wangenheim
☎ +49(0)511/762-4166
✉ wangenheim@ids.uni-hannover.de

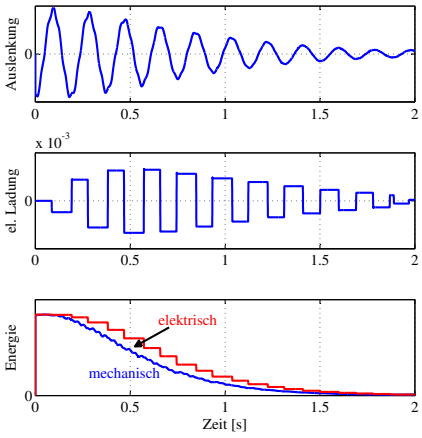
3.3 Arbeitsgruppe Adaptronische Systeme

Dr.-Ing. Marcus Neubauer
(Gruppenleiter)

Dipl.-Ing. Jens Rudat
Dipl.-Ing. Andreas Renner
Dipl.-Ing. Sebastian Schwarzendahl
M. Sc. Xu Han
Dipl.-Ing. Christoph Moritz
Dipl.-Ing. Lei Yang

- Entwicklung eines Ultra-Leichtbau-Hochgeschwindigkeits-Bonders
- HIPER-Act Projekt (Novel technology for HIgh-PERformance piezoelectric Actuators)
- Dynamik des Bohrstranges
- Lateraldynamik des Bohrstranges
- Mehrachsschwingregelung





Entwicklung eines Ultra-Leichtbau-Hochgeschwindigkeits-Bonders

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes “ULH-Bonder” arbeitet das IDS zusammen mit dem Institut für Werkstoffkunde (IW) und der Firma Hesse und Knipps an einem Ultra-Leichtbau-Hochgeschwindigkeits-Bonder für das Wedge-Wedge-Bonden.
Neben völlig neuartigen Transducer-Konzepten, die eine andere Form der Schwingungsanregung nutzen, werden Leichtbaukonzepte für die Konstruktion der Bewegungsachsen untersucht und in einer neuen Bondmaschine prototypisch umgesetzt.

Im ersten Projektteil wurden verschiedene neue Transducerkonzepte entwickelt und auf ihr Eignung zum Wedge-Wedge-Bonden hin untersucht. Die neuen Transducer zeichnen sich im Gegensatz zu den herkömmlichen Bond-Transducern (siehe Abbildung 1) durch eine deutlich reduzierte Masse aus, die erst durch ein völlig neuartiges Anregungskonzept für die Wedge-Biegeschwingungen ermöglicht wird.

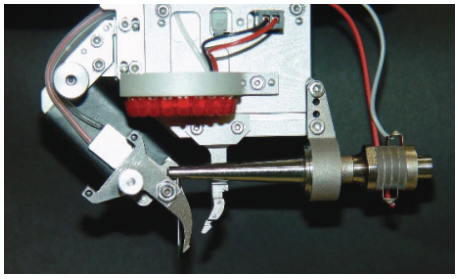


Abbildung 1: Bondkopf eines Wedge-Bonders [www.hesse-knipps.com]

Aufbauend auf den neuen Transducern und dem entsprechend angepassten Bondkopf werden im folgenden Leichtbaukonzepte für die Konstruktion der Bewegungsachsen untersucht, evaluiert und anschließend prototypisch umgesetzt.

Um der mit dem Leichtbau einhergehenden höheren Schwingungsanfälligkeit entgegenzuwirken, werden im weiteren Projektverlauf verschiedene Konzepte zur Schwingungsminderung untersucht und in die Bondmaschine integriert. Neben der passiven Schwingungsminderung mit Magnesiumschäumen, die in vorhandene Hohlräume der Leichtbaustrukturen eingebracht werden, sollen vor allem Piezoelemente mit entsprechender Beschaltung zur Schingungsdämpfung eingesetzt werden. Den Schwerpunkt bilden dabei das Piezo-Shunt-Damping und die sogenannten Switching-Shunts, bei denen synchronisiert zur Schwingung ein Netzwerk mit dem Piezoelement verbunden und wieder von ihm getrennt wird.

Abbildung 2: Hesse und Knipps Bondjet BJ820 [www.hesse-knipps.com]

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Andreas Renner
☎ +49(0)511/762-17851
✉ renner@ids.uni-hannover.de

HIPER-Act Projekt

In dem von der EU im 7. Rahmenprogramm geförderten Projekt HIPER-Act (High Performance Piezoelectric Actuators) arbeitet das IDS zusammen mit 14 weiteren europäischen Partnern an der Entwicklung von neuartigen Hochleistungs-Piezoaktoren. Das Institut ist an der Entwicklung von ultradünnen Drahtelektroden beteiligt. Des Weiteren werden die entwickelten Piezoaktoren zur Dämpfung von unerwünschten Schwingungen an Ultraschalltransducern eingesetzt.

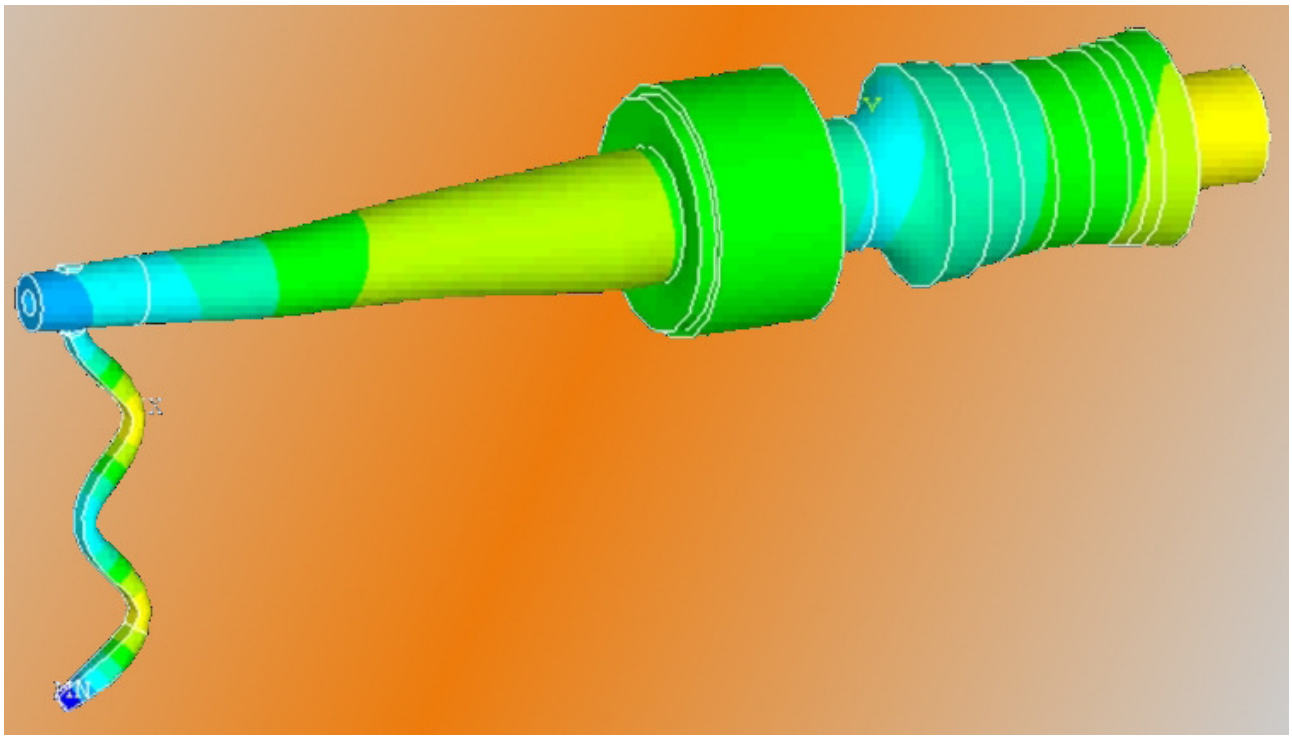


Abbildung 3: Longitudinal-Schwingform eines Ultraschalltransducers

Piezoelektrische Ultraschall-Transducer (siehe Abbildung 3) werden beispielsweise in Bondmaschinen eingesetzt. Derartige Maschinen müssen zum Einen hohen dynamischen Ansprüchen genügen, um möglichst viele Bonds pro Sekunde zu erzeugen, zum Anderen müssen die Bonds äußerst präzise gesetzt werden. Um diese beiden Ziele zu erreichen, wird im Rahmen des HIPER-Act Projektes die Möglichkeit untersucht, den Ultraschalltransducer durch Piezoelemente gezielt zu bedämpfen. Insbesondere Nickschwingungen, die durch die Einspannung, die nicht vollständige Symmetrie des Transducers sowie den Reibkontakt angeregt werden, sollen hierbei unterdrückt werden.

Hierzu werden zusätzliche Piezoaktoren in den Transducer eingebaut. Neben der gezielten Vorsteuerung dieser Aktoren wird insbesondere die Möglichkeit untersucht, das mechanische System durch Beschaltung dieser Piezos mit passiven Netzwerken zu bedämpfen. Mit dieser als 'piezoelectric shunt damping' bezeichneten Technik kann ein System frequenzselektiv bedämpft werden, indem an die Elektroden ein Spule verbunden wird, die mit der Kapazität des Piezoelementes einen Resonanzkreis darstellt. Bei zeitlich veränderlichen Schwingfrequenzen können so genannte Switching-Netzwerke verwendet werden, die sich selbständig der Erregerfrequenz anpassen.

Das HIPER-Act Projekt hat eine Laufzeit von 4 Jahren. Innerhalb dieser Zeit wird eine aktiv gedämpfte Bondmaschine als Technologiedemonstrator aufgebaut.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Marcus Neubauer
☎ +49(0)511/762-4181
✉ neubauer@ids.uni-hannover.de

Dynamik des Bohrstranges

Das Projekt “Dynamik des Bohrstranges” wird in Kooperation zwischen der Firma Baker Hughes INTEQ GmbH und dem Institut für Dynamik und Schwingungen durchgeführt. Inhalt des Projektes ist die Untersuchung von Schwingungsphänomenen in Tiefbohrsträngen, die beim Bohren nach Erdöl oder Erdgas auftreten.

Um Zugang zu Erdölreserven zu erlangen, werden Bohrungen vorgenommen, die oft mehrere Kilometer tief sind. Dazu wird häufig die Technik des Rotary-Bohrens verwendet, bei dem der gesamte Bohrstrang durch einen über Tage befindlichen Motor in Rotation versetzt wird. Am unteren Ende des Bohrstranges befindet sich der Bohrmeißel, mit dessen Hilfe im Bohrlochgrund Gestein abgetragen wird (vgl. Abbildung 4).

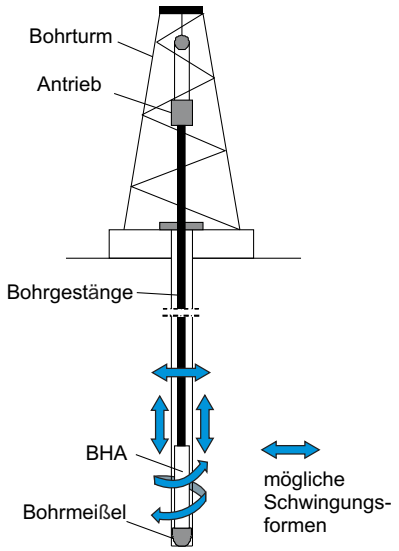


Abbildung 4: Aufbau einer Bohranlage

Aufgrund seiner großen Länge stellt der Bohrstrang ein schwingungsfähiges System dar, das Axial-, Lateral- und Torsionsschwingungen ausführen kann. Durch die dynamischen Kräfte, die beim Bohren auf den Bohrstrang wirken, wie z.B. die Wechselwirkungen zwischen Gestein und Bohrkopf und die Reibungskräfte zwischen Bohrstrang und Bohrlochwand, werden unterschiedliche Schwingungsformen angeregt. Häufig beobachtete Phänomene sind unter anderem Stick-Slip-Schwingungen um die Drehachse des Bohrstrangs sowie Whirl, eine Form der Lateralschwingung.

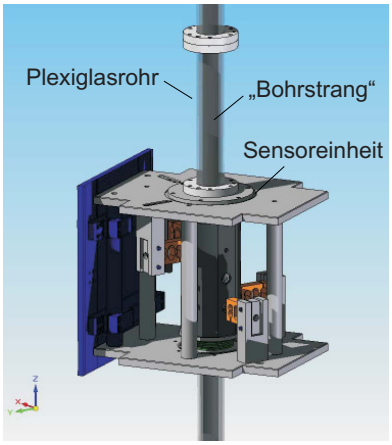


Abbildung 5: Teil eines Versuchsstandes zur Untersuchung von Bohrstrangschwingungen

Bohrstrangschwingungen führen zu einer Verminderung der Effizienz des Bohrprozesses und stellen eine Ursache für das vorzeitige Ausfallen einzelner Komponenten des Bohrstrangs dar. Aus diesem Grund gilt es, unerwünschte Schwingungen zu vermeiden bzw. Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Ziel des Projektes ist es, anhand von analytischen Modellen des Bohrstrangs und experimentellen Untersuchungen anhand eines Versuchsstandes (vgl. Abbildung 5) die Entstehungsursachen einzelner Schwingungsphänomene zu erforschen und mögliche Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Schwingungsformen aufzuzeigen. Basierend auf den Ergebnissen der Untersuchungen sollen Maßnahmen zur Reduzierung von Bohrstrangschwingungen geprüft werden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jens Rudat
☎ +49(0)511/762-2364
✉ rudat@ids.uni-hannover.de

Lateraldynamik des Bohrstranges

In dem Projekt “Lateraldynamik des Bohrstranges” kooperiert das IDS mit der Firma Baker Hughes INTEQ GmbH. Inhalt der Zusammenarbeit sind Untersuchungen zu Schwingungen von Bohrsträngen, wobei der Schwerpunkt im Bereich der Modellierung und Berechnung der Lateralschwingungen des Bohrstranges liegt.

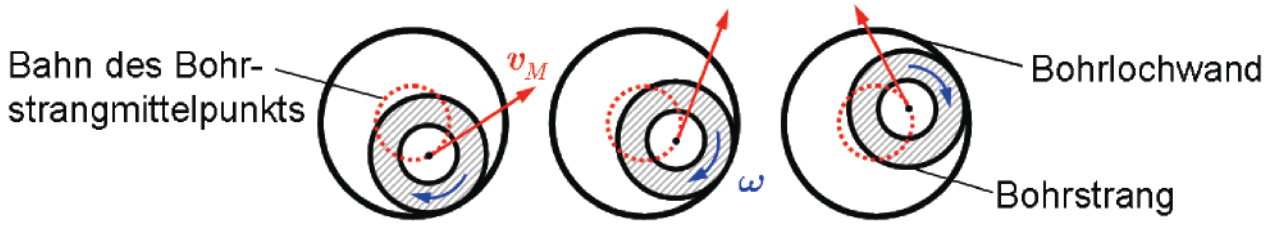


Abbildung 6: Backward Whirl

Von den bereits im Projekt “Dynamik des Bohrstranges” beschriebenen Schwingungsphänomenen haben sich die Lateralschwingungen und insbesondere der Whirl als sehr gefährlich herausgestellt. In Abbildung 6 ist zu erkennen, dass beim sogenannten *backward whirl* die Rotation des Strangs der Umlaufrichtung des Strangmittelpunkts entgegenläuft, der Strang also idealisiert im Bohrloch abrollt.

Dadurch steigt die Materialbelastung stark an, im schlimmsten Fall bricht der Bohrstrang aufgrund von Materialermüdung während des Bohrens. Dann muss der verlorene Teil des Strangs aufwändig geborgen oder komplett aufgegeben werden.

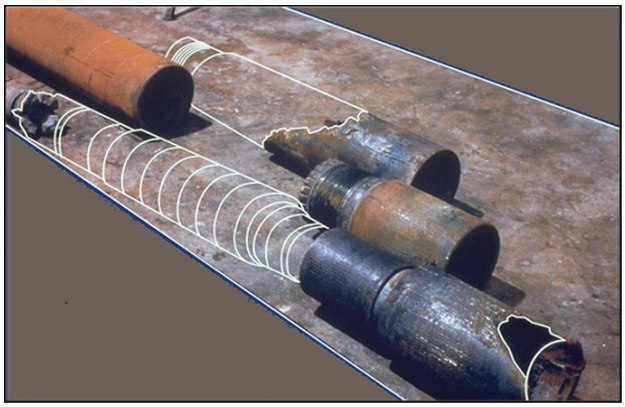


Abbildung 7: Beschädigte Bohrstrangsegmente

Durch die Schwingung wird außerdem die Effizienz des Bohrens stark vermindert und die Lebensdauer der Bohrwerkzeuge verkürzt, was die Kosten erhöht.

Ziel des Projektes ist es, anhand von Modellen des Bohrstrangs die Entstehungsursachen von Lateralschwingungen zu erforschen.

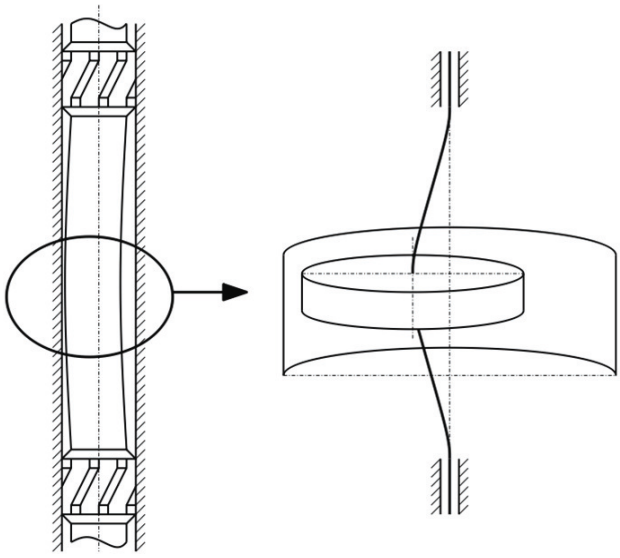


Abbildung 8: Vereinfachtes Modell zur Beschreibung von Lateralschwingungen

Davon ausgehend sollen Maßnahmen zur Reduzierung von Lateral- und Whirlschwingungen untersucht werden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Christoph Moritz
☎ +49(0)511/762-4593
✉ moritz@ids.uni-hannover.de

Mehrachsschwingregelung

In dem vom BMWi geförderten Projekt “Mehrachsschwingregelung” entwickelt das IDS zusammen mit der Firma m+p international Mess- und Rechnertechnik eine neuartige Schwingprüfanlage zur gleichzeitigen Schwingprüfung eines Bauteils in allen Raumrichtungen. Das Projekt umfasst sowohl die theoretische Entwicklung geeigneter Regelalgorithmen als auch den Aufbau eines Versuchsstandsprototypen zur ihrer praktischen Erprobung.

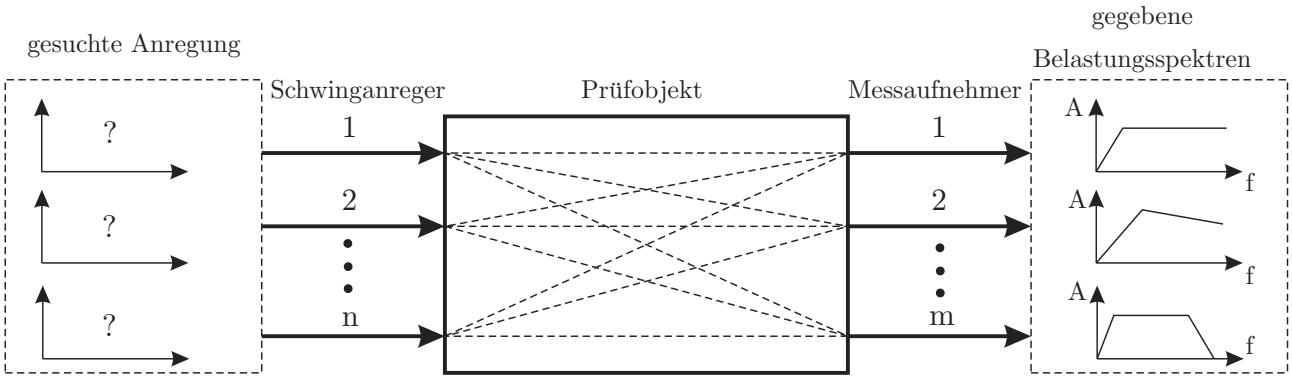


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Problemstellung: Finden der Anregungssignale zur Erzeugung der gegebenen Ausgangsspektren

Die Schwingprüfung ist ein Teilgebiet der Umweltsimulation. Mechanische Belastungen, die Bauteile, Baugruppen oder Produkte im täglichen Einsatz erfahren, werden auf Schwingprüfanlagen simuliert, um ihre Haltbarkeit und Zuverlässigkeit sicher zu stellen. Der Prüfling wird zu Testzwecken mit den Belastungen beaufschlagt, die er beim Transport oder im Betrieb erfährt. Aufgabe des Schwingregelsystems ist es, die Anregungssignale der Schwingerreger so zu bestimmen, dass eine gewünschte Systemantwort erzielt wird. Die Systemantworten werden in Form von Spektren spezifiziert und durch Sensoren an kritischen Stellen des Testobjektes gemessen. Typischerweise werden zwei Arten von Tests unterschieden: Im Rauschtest wird das Testobjekt durch Rauschsignale mit definiertem Spektrum beaufschlagt. Im “Sinustest” wird ein harmonisches Signal mit zeitveränderlicher Frequenz verwendet (Sinus-sweep), durch Anpassung der Amplitude in Abhängigkeit der Frequenz können beliebige Anregungspektren erzeugt werden.

Stand der Technik sind Schwingprüfanlagen mit einem Freiheitsgrad auf denen der Prüfling in einer einzigen Vorzugsrichtung belastet werden kann. Komplexere Aufgabenstellungen wie die Qualifizierung von Elektronikbaugruppen, Fahrkomfort- oder Fahrdynamikuntersuchungen im Kraftfahrzeug- oder Schienenfahrzeugbau oder die Simulation von Erdbeben erfordern jedoch eine gleichzeitige mehrachsige Belastung der Prüflinge. Schwingregelsysteme für diese Form der Prüfung bestehen in der Regel aus einer Vielzahl von Schwingerregern sowie Messaufnehmern. Für jeden Messaufnehmer wird die gewünschte Systemantwort in Form eines Spektrums vorgegeben und daraus müssen die Anregungssignale für die Schwingerreger bestimmt werden (vgl. Abbildung 9). Die hohe Komplexität der Regelaufgabe ergibt sich aus der Tatsache, dass im allgemeinen jede Systemantwort mit jedem Systemeingang gekoppelt ist. Zusätzlich können Singularitäten in der Übertragungsfunktion zu Instabilitäten und somit zu unzulässigen Prüfungsbelastungen bis hin zur Zerstörung des Prüfobjektes führen.

Das Institut für Dynamik und Schwingungen entwickelt in diesem Projekt Regelalgorithmen mit dem Ziel Rausch- sowie Sinustests auch im mehrachsigen Anregungsfall zu ermöglichen. Die Algorithmen werden an einem Versuchsstandsprototyp erprobt und sollen von unserem Projektpartner zur Marktreife gebracht werden.

Ansprechpartner:

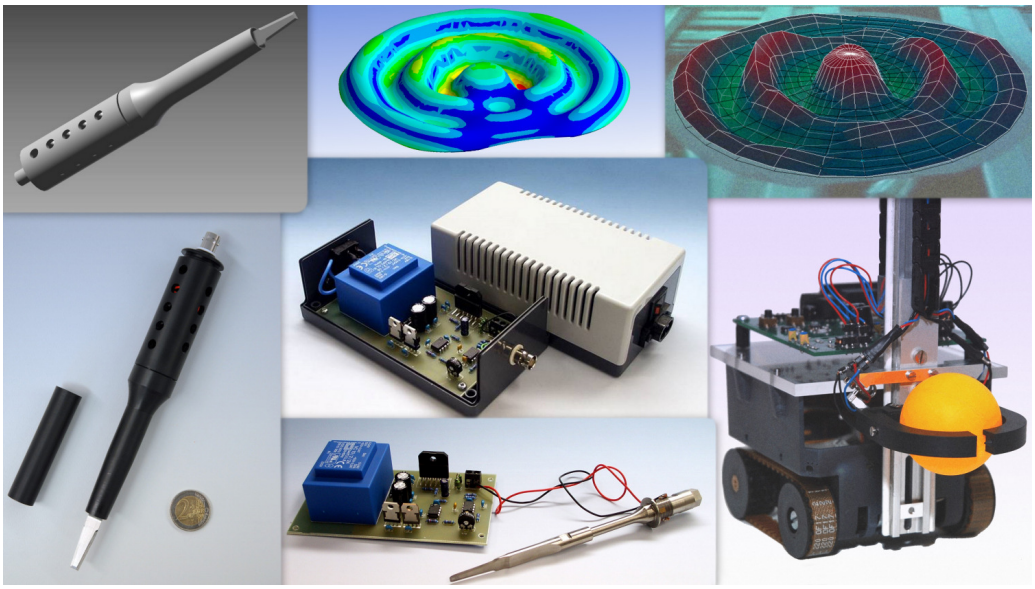
Dipl.-Ing. Sebastian Schwarzendahl
☎ +49(0)511/762-4171
✉ schwarzendahl@ids.uni-hannover.de

3.4 Arbeitsgruppe Medizintechnik und Mechatronik

M. Sc. David Oliva Uribe
(Gruppenleiter)

Dr.-Ing. Florian Schiedeck
Dipl.-Ing. Sebastian Mojrzisch

- Biomedizinischer taktiler Sensor auf Basis eines piezoelektrischen Bimorphs unter Verwendung von Self-Sensing-Techniken
- Regelungskonzepte für Leistungsultraschallwandler
- Entwurf von Mess-, Steuerungs- und Regelungsschaltungen
- Aktoren mit Formgedächtnislegierungen
- Sensor-/Aktor-Systeme mit Funktionswerkstoffen



Biomedizinischer taktiler Sensor auf Basis eines piezoelektrischen Bimorphs unter Verwendung von Self-Sensing-Techniken

Die chirurgische Resektion eines Gehirntumors stellt einen schwierigen Eingriff dar: Eine unvollständige Entfernung birgt das Risiko einer Rekrudeszenz des Tumors, während bei übermäßiger Ablation von gesundem Gehirngewebe irreparable Schädigungen auftreten können. Am IDS wurde deshalb ein taktiler Sensor als unterstützendes Werkzeug für den Neurochirurgen entwickelt und erfolgreich an Phantomen getestet.

Tumore im Gehirn können präoperativ mittels CT oder MRT lokalisiert werden. Nach dem Öffnen des Schädels für den operativen Eingriff kommt es jedoch zu Verschiebungen, so dass unakzeptable Fehler in der Lokalisation auftreten. Bei der Resektion muss der Chirurg zwischen Tumorgewebe und gesundem Gewebe differenzieren. Das geschieht überwiegend auf visueller oder taktiler Basis. Deshalb stellt die Entwicklung eines handgeführten Werkzeugs zur intraoperativen taktilen Erkennung und Differenzierung der Gewebekonsistenz einen vielversprechenden Ansatz dar, um die Sicherheit und den Erfolg eines solchen Eingriffs zu verbessern.

Für vorbereitende experimentelle Untersuchungen wurden Gelatine-Phantome mit vergleichbaren physikalischen Eigenschaften wie Gehirngewebe verwendet. Dazu wurde der Gelatinegehalt in einer Probenreihe zwischen 10% und 20% variiert. Die Messung von Steifigkeit und Dämpfung der Gelatine-Phantome zeigten einen nahezu linearen Zusammenhang mit der Gelatinekonzentration.

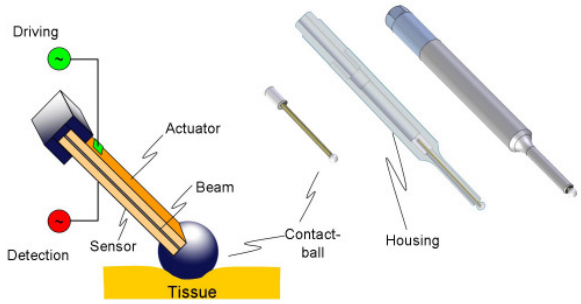


Abbildung 1: Taktiler Sensor

Hierfür wurde ein Transducer auf Basis eines piezoelektrischen Bimorphs entwickelt (Abbildung 1). Dabei wird eine piezoelektrische Schicht als Aktor genutzt und zur Anregung von Schwingungen eingesetzt, während die zweite Schicht als Sensor agiert. Die runde Spitze des Bimorphs ist in Kontakt mit dem Gewebe bzw. Phantom (Abbildung 2).

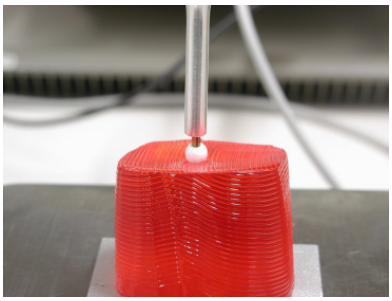


Abbildung 2: Gelatine-Phantom

Die Kontaktsteifigkeit und Dämpfung variieren in Abhängigkeit der Gelatinekonzentration. Mit zunehmender Dämpfung reduziert sich die maximale Amplitude der Übertragungsfunktion zwischen Sensor- und Aktorspannung. Durch eine größere Steifigkeit verschiebt sich die Resonanzfrequenz zu höheren Frequenzen. Die Erfassung der Frequenz, Phase und Amplitude erfordert eine hochempfindliche Messelektronik, die am IDS als digitales System entwickelt wurde.

Der taktile Bimorph-Sensor ist in der Lage, minimale Unterschiede in der Gelatinekonzentration von Phantomen zu erkennen. Die Messergebnisse werden durch die Anpresskraft und -richtung beeinflusst. Da der Bimorph-Sensor kein alleiniges Beurteilungskriterium zur Identifikation von Tumorgewebe liefern kann, ist unser System als Unterstützung für den Neurochirurgen vorgesehen.

Ansprechpartner:

M.Sc. David Oliva Uribe
☎ +49(0)511/762-4128
✉ uribe@ids.uni-hannover.de

Regelungskonzepte für Leistungsultraschallwandler

Leistungsultraschall wird häufig verwendet, um einen Prozessablauf zu beschleunigen. Beispiele hierfür sind Mischvorgänge, Schneidprozesse oder auch chemische Prozesse. Im Verlauf solcher Prozesse ändern sich die auf einen Ultraschallwandler einwirkenden Prozessgrößen, so dass sich der Betriebspunkt verändert und sich demzufolge der Wirkungsgrad reduziert. Je nach Prozess können die Einflüsse zeitlich unterschiedlich schnell verlaufen. Hieraus ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Regelung und Leistungselektronik.

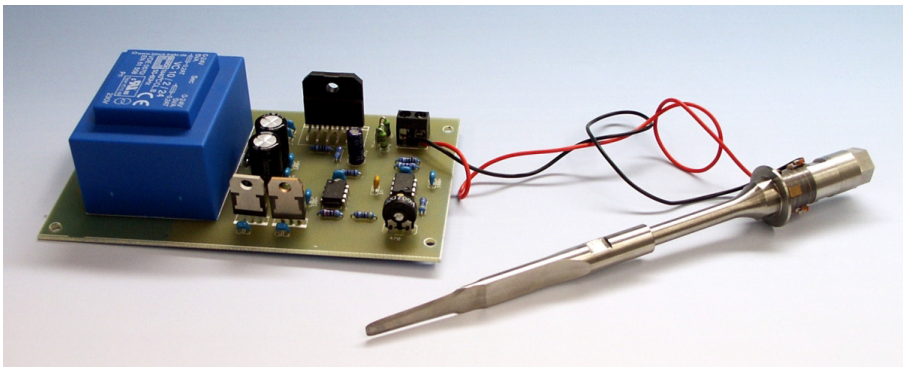


Abbildung 3: Ultraschallmesser und dazugehörige Leistungselektronik

Beim Schneiden von beispielsweise Werkstoffen ändert sich die Last an der Schneide eines Ultraschallmessers fortlaufend. Dies würde ohne eine Regelung zur Verschiebung des Betriebspunktes führen. Beim dargestellten Messer in Abbildung 3 kommt eine selbsterregte Oszillatorschaltung zum Einsatz. Im Vordergrund der Untersuchungen stehen Regelungs- und Frequenzsynchronisationsverfahren, die einen hohen Energieeintrag in den jeweiligen Prozess sicherstellen.

Abbildung 4: Ultraschallmesser mit Gehäuse

Das Ultraschallmesser in Abbildung 4 basiert auf einem piezoelektrischen Transducer, der mit einer Wechselspannung von 30 V betrieben wird. Das Design der Klinge erfolgte nach schwingungstechnischen Gesichtspunkten mit dem Ziel einer möglichst großen, gleichmäßig über die Klinge verteilten Schwingungsamplitude. Das Ultraschallmesser besitzt zwei Schwingungsknoten (Abbildung 5), und die Resonanzfrequenz beträgt ca. 30 kHz.

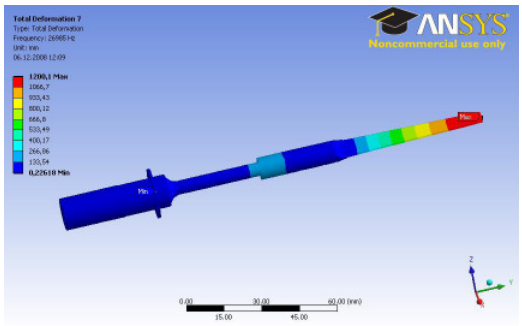


Abbildung 5: FE-Schwingungsanalyse

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Sebastian Mojrzisch
☎ +49(0)511/762-4163
✉ mojrzisch@ids.uni-hannover.de

Entwurf von Mess-, Steuerungs- und Regelungsschaltungen

Zum Messen, Steuern und Regeln von piezoelektrischen Systemen und Ultraschallanwendungen werden spezielle Schaltungen benötigt, die am Institut für Dynamik und Schwingungen entwickelt und aufgebaut werden. Oftmals wird zur Amplitudenüberhöhung die Resonanzfrequenz eines Systems genutzt. Belastung, Temperatur und weitere Faktoren verändern die Resonanzfrequenz, und ein rein gesteuerter Betrieb ist nicht möglich. Deshalb sorgt eine Regelung dafür, dass die Resonanzfrequenz eingehalten wird.

Für den Betrieb piezoelektrischer Systeme nahe ihrer Resonanz gibt es zwei schwingungstechnische Ansätze: zum einen erzwungene Schwingungen und zum anderen selbsterregte Schwingungen. Im Fall erzwungener Schwingungen ist es notwendig, kontinuierlich die Erregungsfrequenz zu bestimmen und die Phase zwischen z. B. Aktorstrom und -spannung zu messen. Hierzu kommen im Allgemeinen PLL-Konzepte (phase-locked loop) zum Einsatz. Bei selbsterregten Schwingungen wird über ein Begrenzungsglied der Strom mitkoppelnd zurückgeführt. Dieses Prinzip wird auch Autoresonanz (self-oscillating) genannt.

Wegen der hohen Frequenzen von Ultraschallsystemen im Bereich zwischen einigen kHz und mehreren MHz können diese Verfahren nur als Analogschaltung oder mit digitaler Spezialhardware umgesetzt werden. Aufgrund der Vorteile digitaler Systeme (leistungsfähige Signalverarbeitungsalgorithmen, keine Alterungseinflüsse, freie Programmierbarkeit) werden am Institut für Dynamik und Schwingungen unterschiedliche digitale Hardwarekonzepte entwickelt und zur Untersuchung und Regelung piezoelektrischer Aktoren eingesetzt. Die Abbildungen zeigen Beispiele, die auf einem DSP (digital signal processor, Abbildung 6) bzw. einem FPGA (field programmable gate array, Abbildung 7) basieren.

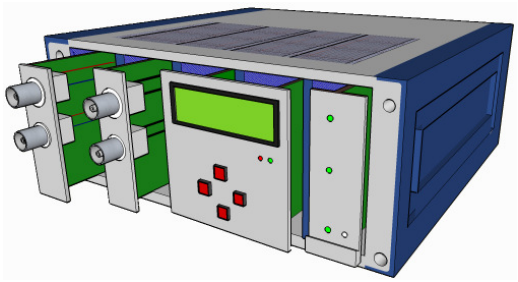


Abbildung 6: System zur Phasenregelung

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Sebastian Mojrzisch
☎ +49(0)511/762-4163
✉ mojrzisch@ids.uni-hannover.de

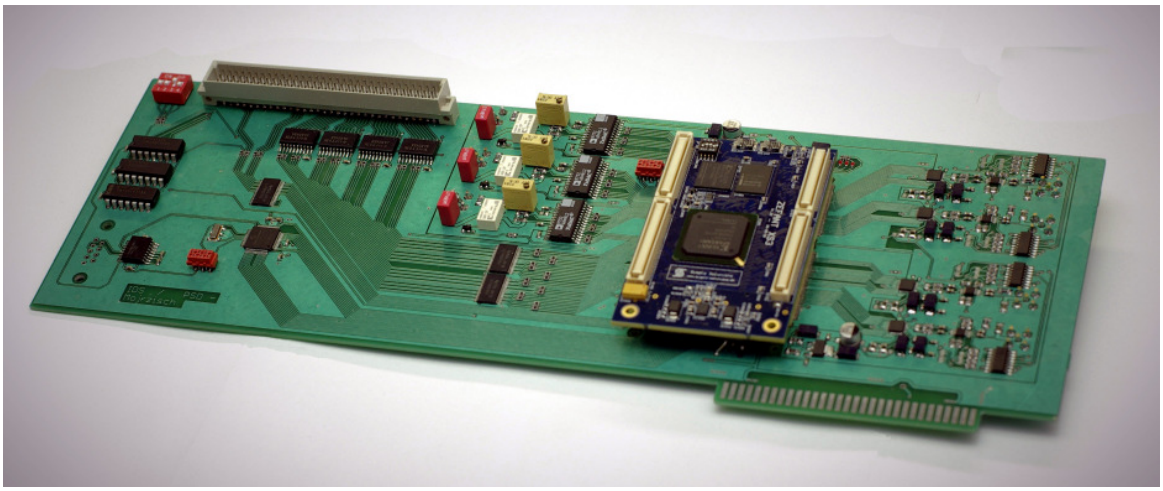


Abbildung 7: Digitale Signalverarbeitungskarte zur Erweiterung eines modularen dSPACE-Systems

Aktoren mit Formgedächtnislegierungen

Formgedächtnislegierungen besitzen die Fähigkeit, sich an eine bestimmte Form erinnern zu können. Durch eine temperatur- und spannungsinduzierte Formänderung wird zugeführte elektrische Energie über thermische Energie in mechanische Arbeit gewandelt. Der Formgedächtniseffekt tritt bei Legierungen mit reversibler martensitischer Phasenumwandlung auf. Nickel-Titan-Legierungen – auch als NiTiNOL, Flexinol oder MuscleWire bezeichnet – sind wegen der hohen Effektstabilität die am häufigsten eingesetzte Formgedächtnislegierungen.

Formgedächtnisaktoren besitzen mit über 1 kJ/kg die höchste Energiedichte aller bekannten Aktorprinzipien. Das macht sie für diejenigen Antriebsaufgaben interessant, bei denen auf kleinem Bauraum eine hohe mechanische Arbeit aufgebracht werden muss. Zur Erzeugung begrenzter Stellbewegungen mit unidirektionaler Kraftwirkung, z. B. zur Entriegelung einer Tankklappe wie in Abbildung 8, können Formgedächtnislegierungen in Drahtform eingesetzt werden (Abbildung 9).

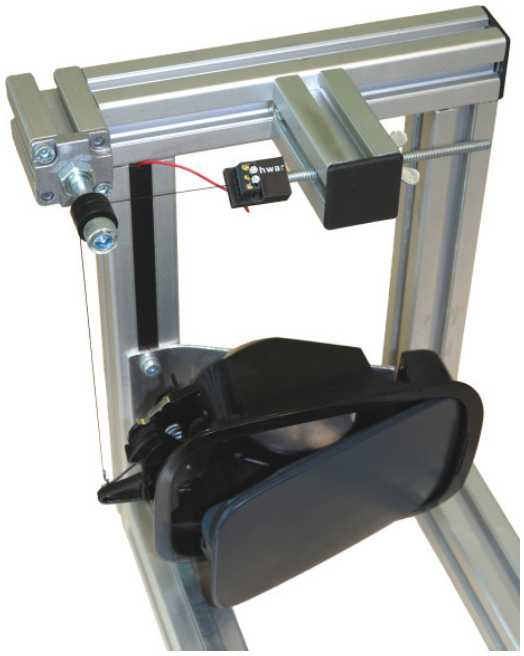


Abbildung 8: Tankklappe mit Formgedächtnisaktor

Formgedächtnisaktoren sind elektro-thermomechanische Energiewandler. Die Legierung wird beim Bestromen durch Joule'sche Wärme erhitzt und kühlt im unbestromten Zustand durch Konvektion ab. In Abhängigkeit der Temperatur findet eine Phasenumwandlung statt, so dass ein durch äußere Belastung gedehnter und scheinbar plastisch verformter Draht um etwa 5% kontrahiert. Durch thermisches Zyklieren lässt sich eine solche Stellbewegung nahezu beliebig oft wiederholen. Mit Hilfe der am IDS vorhandenen experimentellen Einrichtungen ist es möglich, aktorspezifische Kenndaten zu ermitteln und Aktorbauformen zu evaluieren.

Das dynamische Verhalten eines Formgedächtnisaktors unter wechselnden Belastungsfällen ist mit einem am IDS entwickelten domänenübergreifenden Simulationsmodell beschreibbar. Darin werden neben der Temperaturhysterese insbesondere das phasen- und temperaturabhängige Widerstandsverhalten sowie das dynamische Dehnungsverhalten berücksichtigt. Aus dem nichtlinearen Modell wurde das linearisierte Übertragungsverhalten abgeleitet, dessen Parameter sowohl modellbasiert als auch experimentell ermittelt werden können. Mit dieser Übertragungsfunktion ist ein systematischer Regelungsentwurf nach dem Kompensationsverfahren möglich. Darüber hinaus wurde eine selbstsensierende Regelung der Heizleistung in der Endlage entwickelt. Diese Endlagenregelung ist in der Lage, ein Überhitzen der Legierung zu vermeiden und dadurch die Lebensdauer von Formgedächtnisaktoren zu verbessern.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Florian Schiedeck
☎ +49(0)511/762-3696
✉ schiedeck@ids.uni-hannover.de

Abbildung 9: Formgedächtnisdraht mit Crimpen zur mechanischen und elektrischen Kontaktierung

Sensor-/Aktor-Systeme mit Funktionswerkstoffen

Funktionswerkstoffe zeichnen sich durch extrinsische und intrinsische Fähigkeiten aus, um zum einen auf Anrege- und Umgebungsbedingungen anzusprechen und zum anderen die Funktionalitäten entsprechend dieser Bedingungen zu aktivieren, wobei die Anregungen einen internen oder externen Ursprung haben können. Beispiele hierfür sind Formgedächtnislegierungen, piezoelektrische Keramiken, Elektro-/Magnetostriktiva und elektroaktive Polymere. Die spezifischen Eigenschaften lassen sich für unterschiedliche Anwendungen nutzen.

Abbildung 10 zeigt einen Miniaturroboter als Demonstrator für den Einsatz von Funktionswerkstoffen. Anstelle konventioneller elektromagnetischer Aktoren werden Antriebe auf Basis von Funktionswerkstoffen für die Hub- und Greifbewegung eingesetzt. Durch die Nutzung inhärenter Werkstoffeigenschaften konnte teilweise auf Sensoren verzichtet werden. Die Hubbewegung wird durch piezoelektrische Mikrostoßantriebe angetrieben. Damit werden ca. 0,5 N Hubkraft bei bis zu 200 mm/s erzeugt und ein stromloses Halten der Position ermöglicht. Das Greifen der Objekte erfolgt mit einem Zwei-Finger-Greifer, der durch vorgespannte Federn geschlossen und bestromte Formgedächtnisdrähte geöffnet wird. Mit Hilfe der Widerstandsänderung kann die Heizleistung so eingestellt werden, dass nur soviel geheizt wird, wie für ein vollständiges Öffnen des Greifers erforderlich ist.

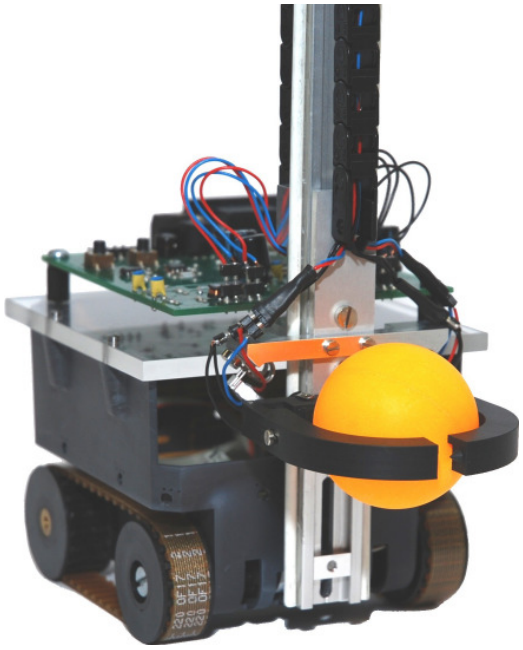


Abbildung 10: Miniaturroboter mit Greifermodul

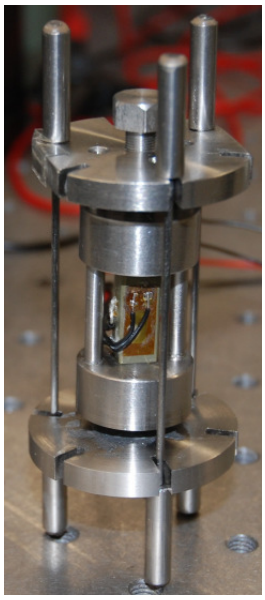


Abbildung 11: Vorspannung piezoelektrischer Aktoren mit superelastischen Formgedächtnislegierungen

Superelastische Formgedächtnislegierungen besitzen ein ausgeprägtes Spannungsplateau in ihrer Spannungs-Dehnungs-Kurve. Dieser Effekt wird als Superelastizität bezeichnet und kann dazu genutzt werden, piezoelektrische Stellaktoren vorzuspannen (Abbildung 11). Dadurch ist sichergestellt, dass die Vorspannkraft auch bei großen Fertigungsungenauigkeiten und während des Betriebs konstant bleibt. Weiterhin wird durch die relativ weiche Vorspannung der Leerlaufhub des Piezoaktors kaum reduziert.

Ansprechpartner:

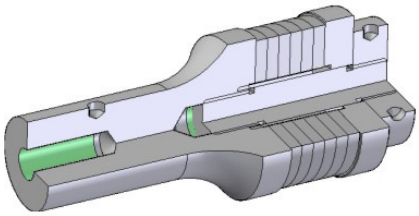
Dr.-Ing. Florian Schiedeck
☎ +49(0)511/762-3696
✉ schiedeck@ids.uni-hannover.de

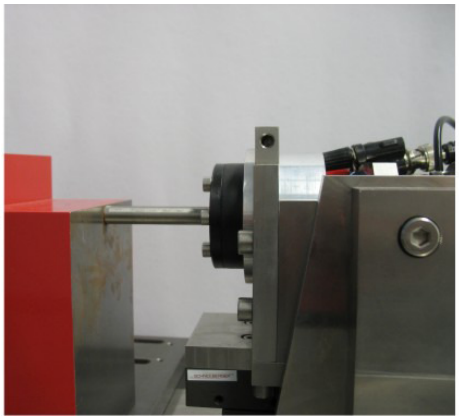
3.5 Arbeitsgruppe Piezo- und Ultraschalltechnologie

Dipl.-Ing. Jens Twiefel
(Gruppenleiter)

M. Sc. Su Zhao
M. Sc. Minghui Huang
Dipl.-Ing. Wiebold Wurpts

- Reibungsreduzierung an Bodenbearbeitungsgeräten mit Ultraschall
- Gesteinsbearbeitung mit ultraschallangeregtem Werkzeug
- Energy Harvesting mit piezoelektrischen Materialien
- Modellierung von Ultraschallsystemen mit wechselnden Randbedingung
- Berührungsloses Ultraschall-Rotations-Lager





Reibungsreduzierung an Bodenbearbeitungsgeräten mit Ultraschall

In dem von der DFG geförderten Projekt “Piezoelektrische Anregung hochfrequenter Schwingungen zur Reibungsreduktion bei der Bodenbearbeitung” untersucht das IDS zusammen mit dem Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) der TU-Braunschweig inwieweit Reibungskräfte an in der Landwirtschaft gebräuchlichen Bodenbearbeitungsgeräten reduziert werden können.

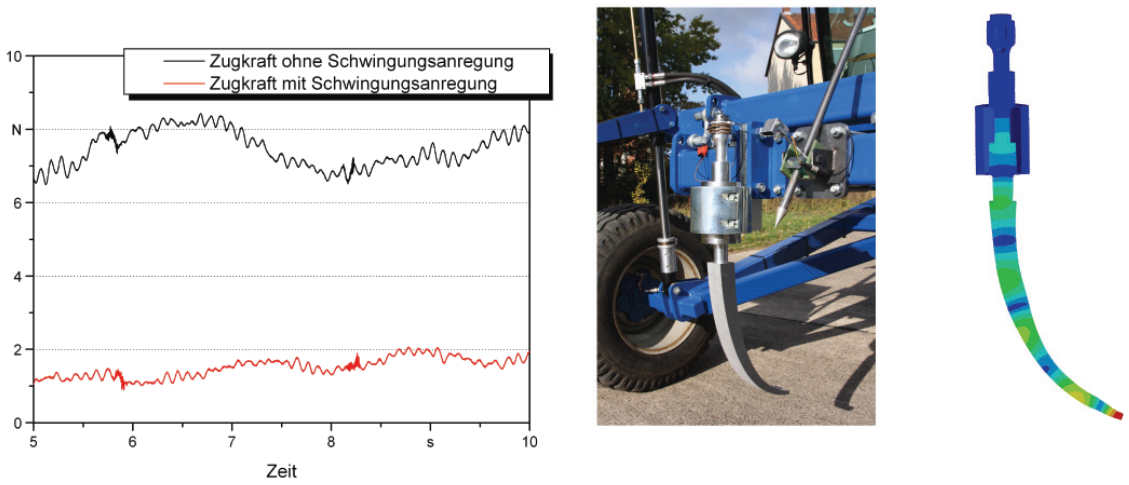


Abbildung 1: Links: Zugkraft bei Vorversuchen mit und ohne Ultraschallanregung
Mitte: Mobiler Versuchsstand mit Ultraschallgrubber
Rechts: Gesamtverformung in der gewünschten Betriebsschwingungsform

Die Produktivitätssteigerung in der Landwirtschaft geht mit einer Vergrößerung der genutzten Maschinen einher. Bei Bodenbearbeitungsgeräten, wie z.B. Pflug oder Grubber, wird der weitere Ausbau der Geräte durch die Zugkraft der Zugmaschine begrenzt. Als Alternative zur Vergrößerung der Zugmaschinen, soll in diesem Projekt untersucht werden, inwieweit die Reibungskräfte direkt am Werkzeug reduziert werden können.

Aus verschiedenen anderen Anwendungen ist bekannt, dass Reibungskräfte durch eine überlagerte Schwingungsanregung reduziert werden können. Erste Vorversuche (vgl. Abbildung 1 Links) zeigen, dass sich dieser Mechanismus auch auf den Werkzeug-Boden Kontakt übertragen lässt.

Als Testprozess wird das Grubbern gewählt, da sich der Grubber zwanglos in konventionelle Konzepte der Ultraschallanregung einbetten lässt. Um während des Betriebs möglichst große Schwingungsamplituden zu erzielen, wird die resonante Anregung mit einer geeigneten Frequenzregelung sichergestellt. Die gewünschte Betriebsschwingungsform ist in Abbildung 1 Rechts dargestellt: der oben angebrachte Transducer regt dabei zwei Hörner zu Längsschwingungen an. Die Hörner bewirken zum Einen aufgrund veränderlicher Querschnitte eine Vergrößerung der Schwingungsamplituden, und dienen zum Anderen der Lagerung des Werkzeugs. Unterhalb der Hörner erfolgt durch eine Schraubverbindung die Ankopplung des eigentlichen Grubberzinkens. Im idealen Betrieb erreicht der Zinken seine maximale Schwingungsamplitude am unteren Ende und maximiert so die mögliche Reibungsreduzierung.

Zur experimentellen Überprüfung hat das Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU-Braunschweig ein mobilen Prüfstand mit integrierten Kraftsensoren entwickelt. Abbildung 1 Mitte zeigt einen Prototypen des montierten Ultraschallgrubbers.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Wiebold Wurpts
☎ +49(0)511/762-17247
✉ wurpts@ids.uni-hannover.de

Gesteinsbearbeitung mit ultraschallangeregtem Werkzeug

In dem von der DFG geförderten Projekt 'Grundlagenuntersuchungen zur Leistungssteigerung der spanenden Gesteinsbearbeitung mit ultraschallangeregten Werkzeugen' untersucht das IDS zusammen mit dem Institut für Werkzeugmaschinen (IFW) der Uni-Stuttgart grundlegende Möglichkeiten zur Leistungssteigerung in der automatisierten Bearbeitung von Gestein. Am IDS sollen dabei die piezoelektrischen Transducer als Schwingungsquelle für den ultraschallunterstützten Materialabtragsprozess entworfen werden.

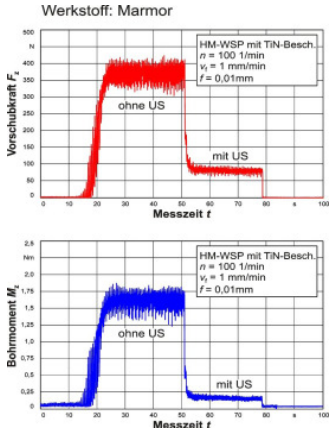


Abbildung 2: Vorschubkraft und Bohrmoment beim Bohren von Marmor mit und ohne Ultraschall

Als Bearbeitungsprozess steht ein Schleifverfahren auf einer CNC-Fräsmaschine im Mittelpunkt der Betrachtungen. Zur Verbessung des Materialabtrags und der Standzeit soll der rotatorischen Werkzeugbewegung eine hochfrequente Schwingung überlagert werden. Die Zielanwendung ist die Herstellung von komplexen 3D Strukturen aus Stein. Der Bruchmechanismus in Naturstein wird mit unterschiedlichen Materialeigenschaften bestimmt.

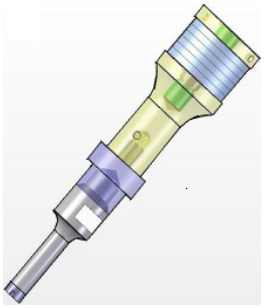


Abbildung 3: Werkzeug mit Ultraschallanregung

Je nach Bruchmechanismus ist auch der Verschleiß des Werkzeugs unterschiedlichen Wirkmechanismen unterworfen. In Vorversuchen auf einem Prüfstand des IFW konnten erheblichen Reduktionen der Vorschubkraft und des Bohrmomentes festgestellt werden (Abbildung 2).

Hierfür wird in dem Projekt ein neues Prototypsystem aufgebaut und evaluiert. In diesem System können verschiedene Ultraschallwandler genutzt werden, wie beispielsweise Longitudinalschwinger oder Torsionsschwinger. Für diesen Prozess werden die Schwinger in verschiedenen Modellierungstiefen mathematisch beschrieben und analysiert. Wobei der Grundsatz gilt, dass nur so viel wie gerade nötig abgebildet wird (Abbildung 3). Im ersten Schritt werden die Schwinger mit einem IDS eigenen Tool auf Basis von Übertragungsmatrizen ausgelegt und in einem zweiten Schritt mit der FEM überarbeit und iterativ verbessert.

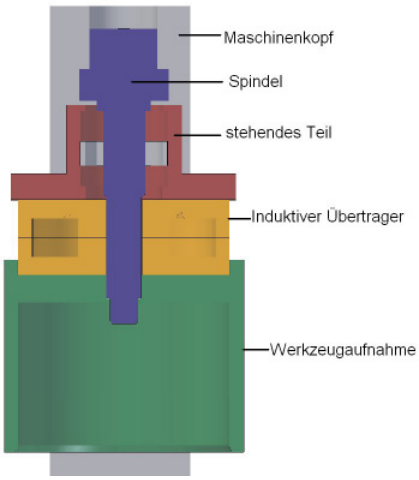


Abbildung 4: Übersicht der Werkzeugaufnahme

Ein wichtige Komponente in dem Prototypsystem ist die Energieübertragung auf den rotierenden Transducer. Hierzu soll ein induktiver Drehübertrager (Abbildung 4) zum Einsatz kommen, welcher gleichzeitig zur Impedanzanpassung zwischen Verstärker und Wandler genutzt werden kann.

Ansprechpartner:

M.Sc. Minghui Huang
☎ +49(0)511/762-4167
✉ huang@ids.uni-hannover.de

Energy Harvesting mit piezoelektrischen Materialien

Mit Energy Harvesting wird die Energiegewinnung aus der Umgebung zur sinnvollen Verwertung bezeichnet. Diese Idee ist prinzipiell mit allen physikalischen Energiewandlungsprinzipien umsetzbar. Im industriellen Umfeld sind insbesondere (oft störende) Vibrationen als Energiequelle vorhanden, um diese zu nutzen bieten sich aufgrund der hohen Leistungsdichte piezoelektrische Wandler als Generator an. Die so gewonnene Energie kann zum Betrieb von autarken System genutzt werden, was erhebliche Kosten spart und eine Vielzahl neuer Anwendungen ermöglicht.

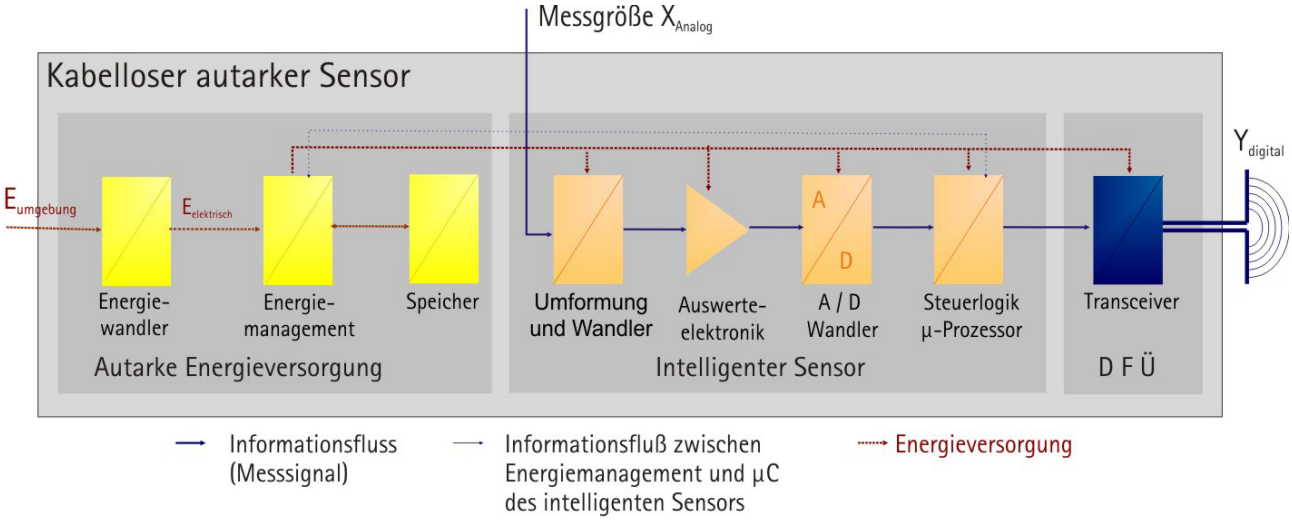


Abbildung 5: Schema eines typischen Energy Harvesting Systems

Die zurzeit erfolgversprechendste Anwendung für das Energy Harvesting sind drahtlose Sensor-Anwendungen. Besonders hervorzuheben sind hierbei die Anwendungen in der Lebensdauer- oder Zustandsüberwachung der verschiedensten Strukturen, dies können beispielsweise Brücken, Maschinen in Industrieanlagen oder auch Windkrafträder sein.

Wie in Abbildung 5 dargestellt besteht ein typisches autarkes System aus drei Komponenten: der Energieversorgung, dem Sensor und der Datenübertragung. Momentan liegt der Fokus am IDS auf der autarken Energieversorgung, die sich wiederum in die drei Teile Wandler, Energiemanagement und die optionale Speicherung zerlegen lässt.

Die piezoelektrischen Wandler lassen sich nach dem Betriebspunkt klassifizieren, in resonante und nicht resonante Systeme. Der Vorteil der resonanten Systeme ist die hohe Energieausbeute in der Betriebsfrequenz, der Nachteil die geringe Bandweite des Systems. Bei den nicht resonanten Systemen verhält sich dies umgekehrt. Im IDS werden beide Typen intensiv untersucht. Immer ist das Energiemanagement eine zentrale Komponente des Systems, sie stellt eine möglichst effektive Energieausbeute von der Quelle und zusammen mit dem Speicher eine bedarfsgerechte Abgabe an die eigentliche elektrische Anwendung (meistens die Datenerfassung und -übertragung) sicher.

Der aktuelle Fokus des IDS im Bereich Energy Harvesting liegt auf der geometrischen Optimierung der Wandler, der Verbesserung des Energiemanagements und dem Aufbau von Prototypen.

In einer Diplomarbeit wird ein Demonstrationssystem für den nicht resonanten Betrieb unter Ausnutzung der Gravitation aufgebaut. Eine mögliche spätere Anwendung ist drahtlose Sensorik auf rotierenden Systemen.

Die Wandleroptimierung hat die Ziele möglichst viel Energie mit kleinem Bauraum zu erzeugen und breitbandigere Wandlersystem zu entwerfen.

Für die Optimierung des Energiemanagements werden insbesondere schaltende, so genannte SSHI (synchronized switch harvesting on inductor), Systeme untersucht.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jens Twiefel
☎ +49(0)511/762-4167
✉ twiefel@ids.uni-hannover.de

Modellierung von Ultraschallsystemen mit wechselnden Randbedingung

In vielen Prozessen der Ultraschalltechnik spielen Kontaktvorgänge eine wesentliche Rolle, dabei ändern sich die mechanischen Randbedingungen des Systems oft innerhalb einer Periode der Ultraschallschwingung. Die Frequenz dieser Schwingung liegt bei den meisten Aktorprozessen zwischen 20 kHz und 100 kHz. Beispiele für diese Prozesse sind Ultraschall unterstützte spanende Bearbeitung, Ultraschallantriebe, Ultraschall-Drahtbonden oder Ultraschallschneiden.

Hochfrequente Stoßvorgänge, auch Vibro-Impacts genannt, treten in vielen Ultraschallanwendungen als elementarer Bestandteil des Prozesses auf. Um das Verständnis dieser Kontaktvorgänge und deren Rückwirkung auf das Ultraschallsystem weiter zu verbessern, werden am IDS speziell diese Vorgänge sowohl experimentell als auch theoretisch untersucht.

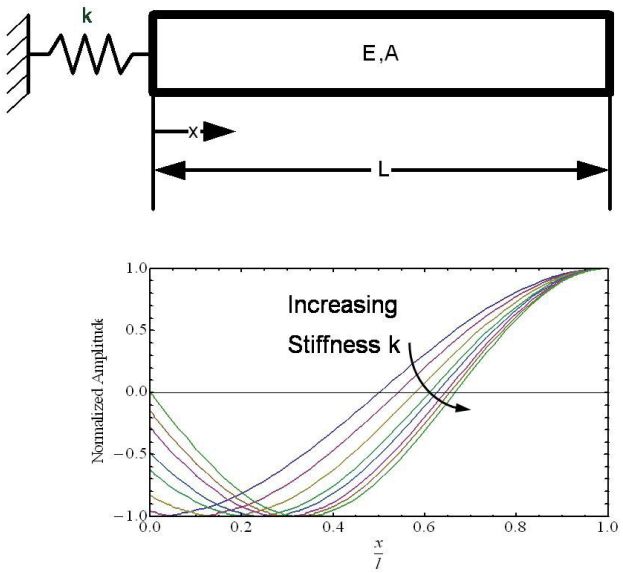


Abbildung 6: Schwingungsform eines einseitig gebundenen Stabes in Abhängigkeit der Federsteifigkeit.

Das obige Bild zeigt die Schwingungsform eines Stabes, der in seiner Längsrichtung schwingt. Am linken Rand ist er mit einer Feder an die Umgebung angebunden. Bei einer sehr kleinen Federsteifigkeit entspricht die Schwingungsform der Form mit freien Randbedingungen, die Amplitude ist an beiden Enden maximal. Wird die Steifigkeit erhöht, verändert sich die Schwingungsform immer mehr in Richtung der Form für fest-freie Randbedingung, in die sie dann für sehr große Steifigkeiten übergeht. Im Gegensatz zu dieser festen Einstellung der Steifigkeit, ändert sich die Randbedingung bei einem Ultraschallsystem mit Stoßkontakt 40000mal oder öfter in einer Sekunde zwischen der freien und festen Anbindung und es stellt sich die Frage was für eine Schwingung sich einstellt.

Diese Effekte werden am IDS mit verschiedenen Modellierungsansetzen untersucht; beginnend mit auf wenige Freiheitsgrade reduzierten Modellen, über Finite Elemente Simulationen bis hin zu auf den Wellengleichungen basierenden kontinuierlichen Ansätzen.

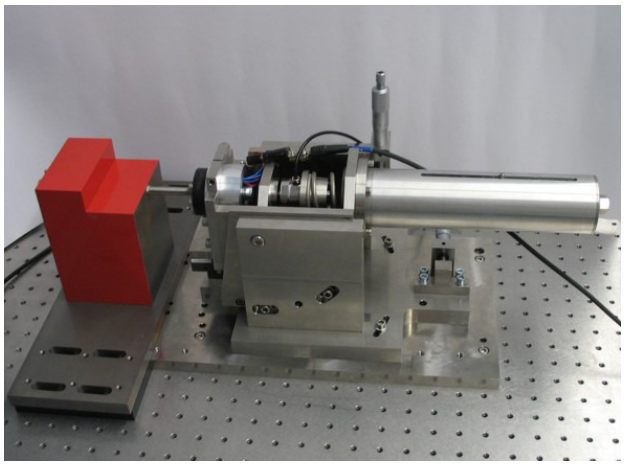


Abbildung 7: Prüfstand zur Untersuchung von Vibro-Impact Vorgängen

Für die experimentelle Validierung der verschiedenen Modelle wurde am IDS ein Prüfstand aufgebaut, mit dem sich die Stoßkontaktvorgänge gezielt untersuchen lassen. Hierbei ist ein piezoelektrischer Ultraschallwandler über eine Feder gegen einen annähernd starren Kontaktpartner gedrückt. Mit dem Aufbau lässt sich weiterhin untersuchen in welchen Parameterbereichen die Vibro-Impact Prozesse bestimmte Eigenschaften haben, und wie sie für die jeweilige Anwendung, z.B. in Ultraschallantrieben optimiert werden können.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jens Twiefel
☎ +49(0)511/762-4167
✉ twiefel@ids.uni-hannover.de

Berührungsloses Ultraschall-Rotations-Lager

Berührungslose Lager sind eine wichtige Komponente im Maschinebau, ganz besonders wenn es auf hohe Präzision oder Geschwindigkeiten ankommt. Da alle bisher verfügbaren berührungslosen Lager auch deutliche Nachteile haben, z.B. Magnetlager (ohne Reglung instabil) oder Luftlager (großer Betriebsmittelverbrauch), ist am IDS ein berührungsloses Lager basierend auf Ultraschallschwingungen und dem Squeeze-Film Effekt entwickelt worden.

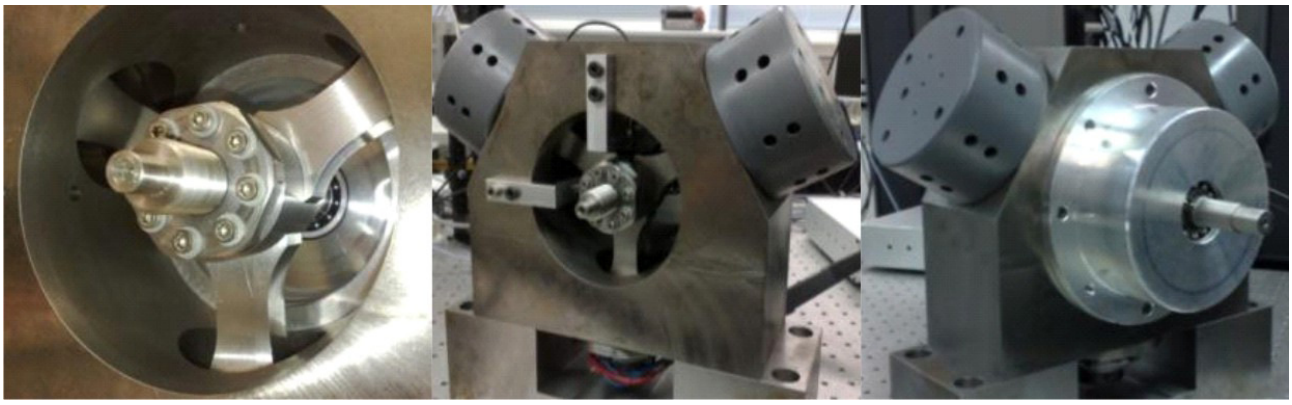


Abbildung 8: Laborprototyp des Rotationslagers

Das feststehende Teil des Rotationslagers besteht aus drei im Winkel von 120° angeordneten piezoelektrischen Ultraschallwandlern. Diese mit FEM als Längsschwinger ausgelegten Wandler weisen ein konkave vordere Abschlussstücke auf, die zusammen einen Ring ausbilden in dem die Welle geführt wird. Durch die etwa 20μm große Schwingamplitude bildet sich ein so genannter Squeeze-Film zwischen den Schwingern und der Welle, der die Lagerkräfte überträgt. Der durchschnittliche Spalt im Prototypen beträgt 30μm wobei man sagen kann, dass die maximale Stützlast mit abnehmendem Spalt zunimmt.

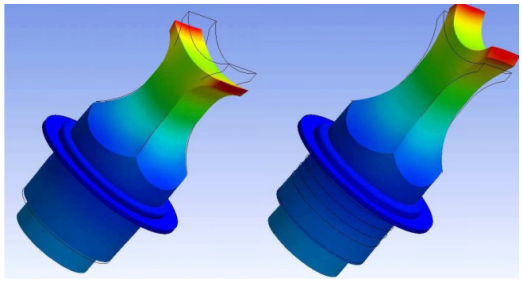


Abbildung 9: Finite Elemente Simulation des Ultraschalltransducers

Diese Technologie hat gegenüber den konventionellen berührungslosen Lagern eine Reihe von Vorteilen. So wird beispielsweise im Gegensatz zu Luftlagern, nicht ständig das recht teure Betriebsmittel Pressluft verbraucht. Da die abstoßende Kraft mit kleiner werdendem Abstand zunimmt, ist es im Gegensatz zu Magnetlagern auch ohne Regelung stabil, und es treten keine magnetischen Felder auf. In unseren Laborversuchen konnte gezeigt werden, dass die spezifische Tragfähigkeit und Steifigkeit, des aufgebauten und untersuchten Prototyps in der Größenordnung vergleichbarer kommerzieller Luftlager liegt.

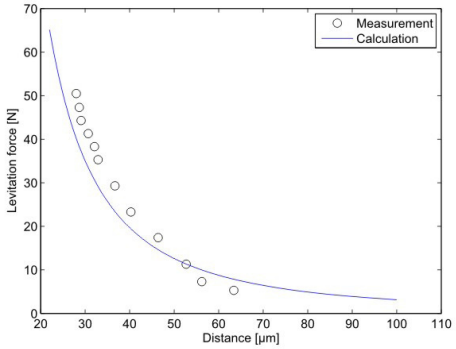
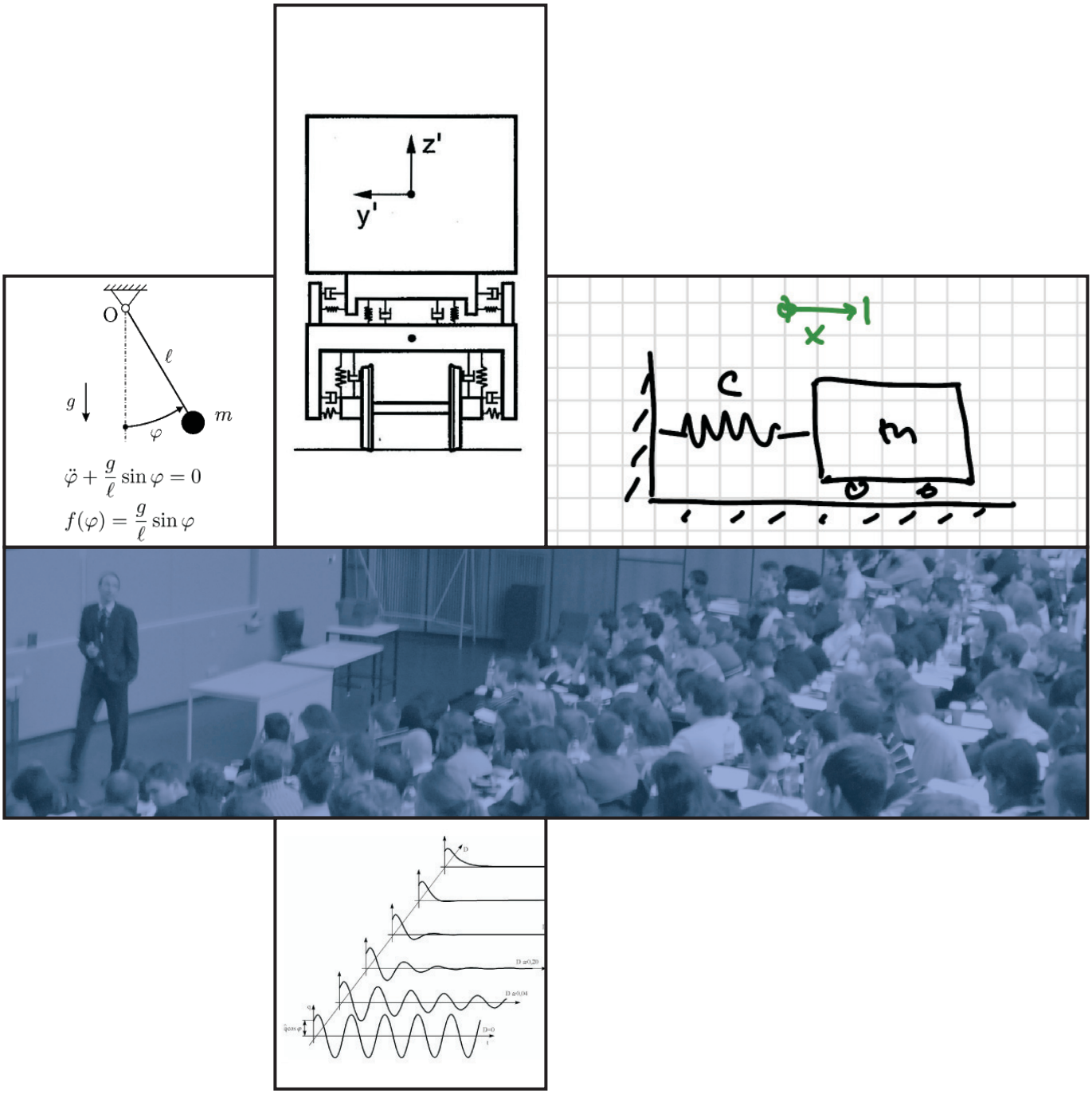


Abbildung 10: Tragkraft des Lagers

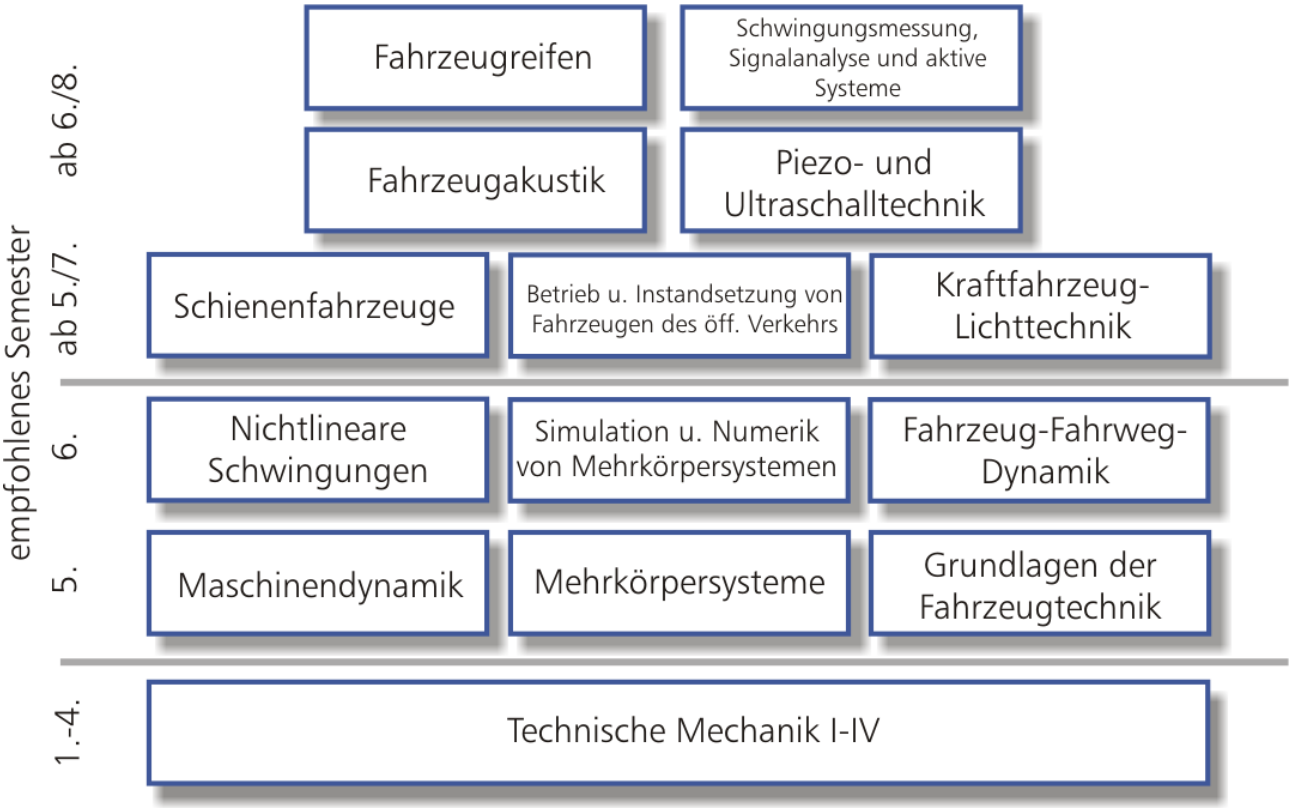
Ansprechpartner:

M. Sc. Su Zhao
☎ +49(0)511/762-3166
✉ zhao@ids.uni-hannover.de

4 Lehre


z'
y'
O
ℓ
g
m
φ
$\ddot{\varphi} + \frac{g}{\ell} \sin \varphi = 0$
$f(\varphi) = \frac{g}{\ell} \sin \varphi$
x
c
m

4.1 Übersicht



4.2 Lehrveranstaltungen Grundstudium

Technische Mechanik 1

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek, Prof. Dr.-Ing. P. Wriggers]

Grundgrößen, Maßeinheiten, Vektorrechnung, Einführung in die Modellbildung, der Begriff der Kraft,ebene und räumliche Kräftegruppen, Erstarrungsprinzip, NEWTON'sche Axiome, Statik von Systemen starrer Körper, Parallele Kräftegruppen, Kräftemittelpunkt und Schwerpunkt, Haftung und Reibung, Seilreibung, Fachwerke, Balken und Rahmen, Arbeits- und Energiebegriffe, Stabilität

Technische Mechanik 2

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek, Prof. Dr.-Ing. P. Wriggers]

Einachsiger Zug und Druck, Ebener und räumlicher Spannungszustand, Wärmedehnung, Biegung, Torsion, Energiemethoden in der Festigkeitslehre, Knickung, Festigkeitshypothesen, Berechnung von Schnittgrößenverläufen und Verformungen in statisch unbestimmten Systemen

Technische Mechanik 3

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek, Prof. Dr.-Ing. P. Wriggers]

Eindimensionale Bewegung, Bewegung eines Punktes im Raum, Ebene Bewegung starrer Körper (Momentanpol), Grundlagen der räumlichen Bewegung starrer Körper, Kinetik des starren Körpers, Grundgesetze der Mechanik (Impuls- und Drallsatz) und davon abgeleitete Sätze (Leistungssatz, Arbeitssatz), Trägheitseigenschaften starrer Körper, Stoßvorgänge, Prinzip der virtuellen Verschiebungen, Lagrange'sche Gleichungen

Technische Mechanik 4

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek, Prof. Dr.-Ing. P. Wriggers]

Einführung der Grundbegriffe zur Beschreibung von Schwingungen, Freie ungedämpfte und gedämpfte Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad, Erzwungene Schwingungen bei harmonischer und periodischer Anregung, Schwingungssysteme mit mehreren Freiheitsgraden (Resonanz und Tilgung), Schwingungen eindimensionaler Kontinua (Stäbe, Balken), Näherungsverfahren

4.3 Lehrveranstaltungen Hauptstudium

Maschinendynamik

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek]

Beschreibung von Bewegungen, Methoden zum Aufstellen von Bewegungsgleichungen (Newton-Euler, D'Alembert, Jourdain, Lagrange), Systeme mit endlich vielen Freiheitsgraden, Eigenwert- und Anfangswertproblem, Rayleigh-Quotient, modale Entkopplung, Reduktionsverfahren, Rotordynamik, Laval-Läufer, Kreiselwirkung, Systeme mit gyroskopischen und zirkulatorischen Kräften, Grundlagen der experimentellen Modalanalyse

Mehrkörpersysteme

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek, Dr.-Ing. L. Panning]

Kinematische und kinetische Grundlagen, Newton-Euler-Gleichungen, Lagrangesche Gleichungen, Formalismen für MKS, Prinzipe von D'Alembert, Jourdain und Gauß, Stabilitätsprobleme, Analyse des Bewegungsverhaltens anhand von Beispielen, Kreiseltheorie

Nichtlineare Schwingungen

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek, Dr.-Ing. L. Panning]

Freie, selbsterregte, parametererregte und fremderregte Schwingungen, mathematische Beschreibung und Näherungsverfahren, Einführung in die Chaostheorie, Veranschaulichung der nichtlinearen Effekte anhand von Experimenten, Videos und Rechnersimulationen

Fahrzeug-Fahrweg-Dynamik

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek]

Modelle für die Komponenten Fahrzeug, Fahrweg inkl. stochastischer Störungen, Trag- und Führsystem; Verknüpfung der Komponenten zum Gesamtsystem, Rad-Schiene-Spurführung, Reifen-Fahrbahn-Kontakt; Vertikaldynamik: Untersuchung der Auslegungsziele Fahrstabilität, Fahrsicherheit und Fahrkomfort; Einspurmodell; Aktive Systeme; Anwendungen auf Straßen-, Schienen- und Magnetschwebefahrzeuge; Gastvorträge durch Dozenten von Bombardier, Continental, Wabco, u.a.

Schwingungsmessung, Signalanalyse und aktive Systeme

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek, Dr.-Ing. M. Neubauer]

Beschreibung und Charakterisierung von Schwingungen, Aufstellen der Bewegungsdifferentialgleichungen, Grundlagen der Schwingungsmesstechnik, Sensoren und Aktoren, Einführung in die Signalanalyse, aktive und semi-aktive Systeme, Fallstudien

Kraftfahrzeug-Lichttechnik

[Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek, Dr.-Ing. Karsten Köth (Institut für Energie- und Automatisierungstechnik, TU Berlin)]

Grundlagen der Lichttechnik, Leuchtmittel, Scheinwerfer, Rückleuchten, Mechanische und Elektronische Komponenten, Lichtbasierte Fahrerassistenssysteme, Grundlagen der visuellen Wahrnehmung, Aufbau des Auges, Tag-, Dämmerungs- und Nachtsehen, physiologische und psychologische Blendung, Umfeldsensorik, Bildverarbeitung, Aktive Lichttechnische Systeme

Lehrveranstaltungen externer Lehrbeauftragter:

Piezo- und Ultraschalltechnik

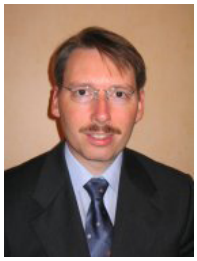
[Dr.-Ing. W. Littmann (Athena Technologie Beratung GmbH)]

Grundlagen der Ultraschalltechnik, technischer Einsatz von Ultraschall, piezoelektrische Werkstoffe, Ultraschallaktoren und - sensoren, Modellbildung, Messtechnik

Simulation und Numerik von Mehrkörpersystemen

[Dr.-Ing. M. Hahn (iXtronics GmbH)]

Einsatz von MKS im mechatronischen Entwurfprozess, Entwurfswerkzeuge, Regelungsentwurf, physikalische Modellbildung von MKS, MKS-Formalismen, Numerik und Integrationsverfahren, echtzeitfähige MKS-Simulation



Grundlagen der Fahrzeugtechnik

[Prof. Dr.-Ing. F. Kücükay (Institut für Fahrzeugtechnik TU BS)]

Fahrzeug-Längsdynamik, Fahrwiderstände, Antriebskennfelder, Fahrleistungen, Kraftstoffverbrauch, Bremsung

Fahrzeugreifen

[Dr.-Ing. B. Wies (Continental Reifen Deutschland GmbH)]

Marktentwicklung und Geschäftsumfeld der Reifenindustrie, Reifenkonstruktion und Reifenentwicklung: Reifenaufbau, Gebrauchseigenschaften, Normen und gesetzliche Anforderungen, Fertigungstechnik, Materialeinsatz, Physikalische Eigenschaften von Gummi & Viskoelastizität, Gummireibung, stationäre und instationäre Reifenführungskräfte, Reifenmechanik & Reifenkennlinien, Reifenversuch, Reifenmodelle & Simulation

Fahrzeugakustik

[Dr.-Ing. E. Saemann (Continental Reifen Deutschland GmbH)]

Grundlagen der Akustik, Schallwahrnehmung, Akustische Messtechnik und Messverfahren, Normen und Richtlinien, Fahrzeuggeräusche, Schalldämpfung und Schalldämmung im Fahrzeug, Aktive Maßnahmen zur Luft- und Körperschallkompensation

Schienenfahrzeuge

[Dr.-Ing. G. Köhler (Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH)]

Konstruktionstechnische Grundlagen, Fahrwerke, Antriebe, Fahrdynamik, Physikalische Grundlagen, Ausgewählte Anwendungen, Eisenbahnbremstechnik, Druckluftbremse und Steuerung, Bremssysteme, Normen

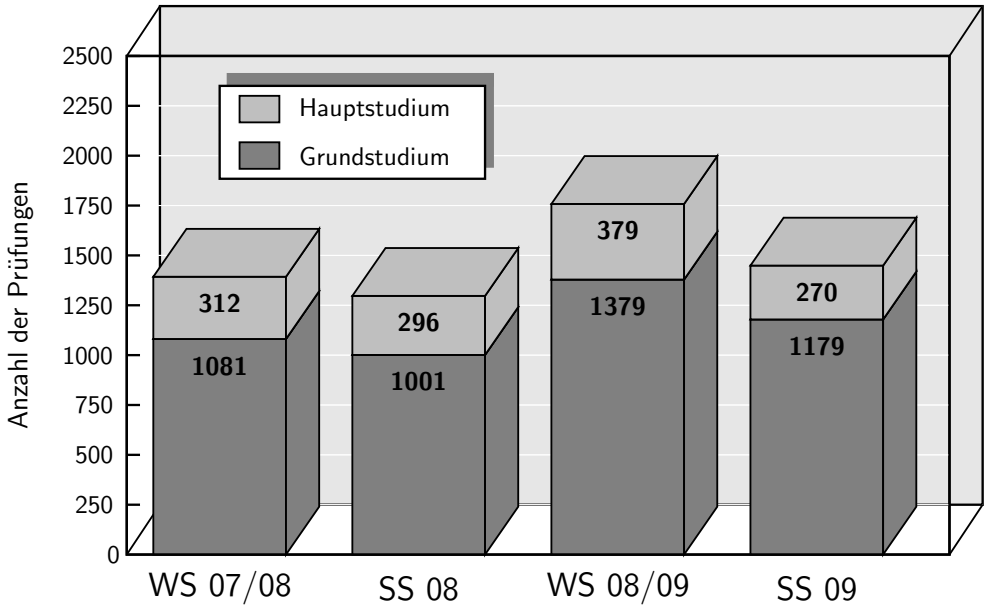
Betrieb und Instandhaltung von Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs

[Prof. Dr.-Ing. R. Kretschmer (Freiburger Verkehrs AG)]

Grundlagen der verschiedenen Arten von Nahverkehrssystemen, Grundlagen zum Betrieb der dazugehörigen Fahrzeuge, Grundlegendes über die Instandhaltung der Fahrzeuge

4.4 Prüfungen

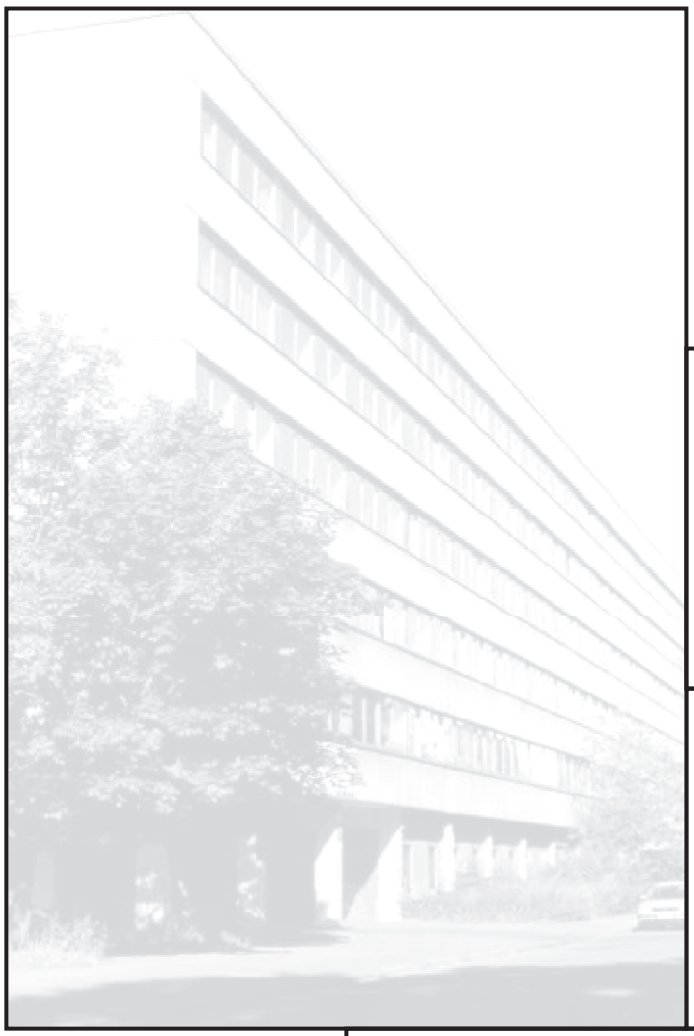
	WS 07/08		SS 08		WS 08/09		SS 09	
	schriftlich	mündlich	schriftlich	mündlich	schriftlich	mündlich	schriftlich	mündlich
Grundstudium								
Technische Mechanik 1	478	35	48	4	604	72	202	18
Technische Mechanik 2	69	11	415	54	69	6	374	63
Technische Mechanik 3	333	57	89	26	431	73	106	23
Technische Mechanik 4	87	11	329	46	100	24	360	33
Σ	967	114	881	130	1204	175	1042	137
Σ	1081		1001		1379		1179	
Hauptstudium								
Maschinendynamik	215	4	104	4	245	5	38	3
Mehrkörpersysteme	57	0	10	0	69	0	21	0
Nichtlineare Schwingungen	0	1	25	0	6	0	21	0
Fahrzeug-Fahrweg-Dynamik	12	0	48	0	13	0	62	0
Schwingungsmessung, Signalanalyse und aktive Systeme	-	-	-	-	-	-	-	8
Kraftfahrzeug-Lichttechnik	-	-	-	-	-	7	-	0
Piezo- und Ultraschalltechnik	-	-	-	1	-	0	-	8
Simulation und Numerik von Mehrkörpersystemen	-	-	-	-	-	-	-	16
Grundlagen d. Fahrzeugtechnik	7	0	83	0	9	0	55	0
Fahrzeugreifen	-	0	-	12	-	3	-	26
Fahrzeugakustik	-	0	-	9	-	0	-	11
Schienenfahrzeuge	-	14	-	0	-	17	-	1
Betrieb und Instandhaltung von Fzg. des öffentl. Verkehrs	-	2	-	0	-	5	-	0
Σ	291	21	270	26	342	37	197	73
Σ	312		296		379		270	
Σ gesamt	1393		1297		1758		1449	



4.5 Exkursionen

- **Continental AG**
  Hannover-Stöcken / Jeversen, 15.06.2009, durchgeführt im Rahmen der Vorlesungen Fahrzeugreifen und Fahrzeugakustik
- **iXtronics**
  Paderborn, 10.06.2009, durchgeführt im Rahmen der Vorlesung Simulation und Numerik von Mehrkörpersystemen
- **Siemens AG**
  Mülheim/Ruhr, 04.03.2009, durchgeführt im Rahmen der Vorlesung Mehrkörpersysteme
- **Hella KGaA Hueck & Co**
  Lippstadt, Februar 2009, durchgeführt im Rahmen der Vorlesung Kraftfahrzeug-Lichttechnik
- **Stadler Pankow GmbH Schienenfahrzeuge und Deutsches Technikmuseum**
  Pankow / Berlin, 22.01.2009, durchgeführt vom IVE, Fakultät für Bauingenieurwesen, im Rahmen der gemeinschaftlich betreuten Vorlesung Schienenfahrzeuge
- **Continental AG**
  Hannover-Stöcken / Jeversen, 07.07.2008, durchgeführt im Rahmen der Vorlesungen Fahrzeugreifen und Fahrzeugakustik
- **DB Instandhaltungswerk, Bombardier Lokomotivenmontage und Kasseler Verkehrsbetriebe**
  Kassel, 05.02.2008, durchgeführt vom IVE, Fakultät für Bauingenieurwesen, im Rahmen der gemeinschaftlich betreuten Vorlesung Schienenfahrzeuge
- **Continental AG und Contidrom**
  Hannover-Stöcken / Jeversen, 05.02.2008, durchgeführt im Rahmen der Vorlesungen Fahrzeugreifen und Fahrzeugakustik
- **Siemens AG**
  Mühlheim/Ruhr, 30.01.2008, durchgeführt im Rahmen der Vorlesung Mehrkörpersysteme

5 Anhang



Leibniz Universität Hannover

Institut für Dynamik und Schwingungen IDS

5.1 Dissertationen

Liste der von Prof. Wallaschek in Hannover betreuten Promotionen und Habilitationen

- A. Bürge
  “Modellierung und experimentelle Parameteridentifikation nichtlinearer Reibkontakte bei Turbinenschaufeln”, 2009
- G. Gäbel
  “Wechselwirkungen zwischen Reifen und Fahrbahn: Ursachen, Wirkungen und Erklärungen lokaler Kontaktphänomene”, 2009
- F. Gutzeit
  “Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum dynamischen Rollkontakt von Elastomeren”, 2009
- C. Potthast
  “Numerische und experimentelle Untersuchung eines Ultraschall-Schlagbohrwerkzeugs”, 2009
- F. Schiedeck
  “Entwicklung eines Modells für Formgedächtnisaktoren im geregelten dynamischen Betrieb”, 2009
- M. Neubauer
  “Schwingungsdämpfung mit beschalteten Piezoelementen am Beispiel einer quietschenden Scheibenbremse”, 2008
- L. Bellmann
  “Untersuchungen zu den viskoelastischen Eigenschaften von Bremsbelägen im Parameterbereich des Bremsenquietschens”, 2008
- H. R. Zarei
  “Experimental Investigation of Crash Structures using aluminium alloys”, 2008

Liste der von Prof. Wallaschek in Paderborn betreuten Promotionen und Habilitationen

- S. Wedmann
  “Lebensdauerüberwachung in mechatronischen Systemen”, 2009
- T. Müller
  “Integration von Verlässlichkeitsanalysen und -konzepten innerhalb der Entwicklungsmethodik mechatronischer Systeme”, 2009
- A. Reeg
  “Entwicklung und Aufbau eines fahrbaren Labors zur Demonstration und Bewertung innovativer Innenlichtkonzepte”, 2009
- M. Brökelmann
  “Entwicklung einer Methodik zur Online-Qualitätsüberwachung des Ultraschall-Drahtbondprozesses mittels integrierter Mikrosensorik”, 2009
- N. Neumann
  “Analyse nicht-glatter dynamischer Systeme mit mengenorientierten Methoden am Beispiel eines Ultraschall-Stoßbohrsystems”, 2008
- S. Strauss
  “Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Einsatz gepulster Halbleiterlichtquellen in der Kraftfahrzeugbeleuchtung”, 2007

- S. Völker (Habilitation)
  “Hell- und Kontrastempfindung - ein Beitrag zur Entwicklung von Zielfunktionen für die Auslegung von Kraftfahrzeug-Scheinwerfern”, 2007

- T. Brandt
  “A predictive potential field concept for shared vehicle guidance”, 2007

- M. Hiller
  “Correlation between Parameters of the Tribosystem and Automotive Disc Brake Squeal”, 2006

- R. Kauschke
  “Systematik zur lichttechnischen Gestaltung von aktiven Scheinwerfern”, 2006

- P. Kuhl
  “Anpassung der Lichtverteilung des Abblendlichts an den vertikalen Straßenverlauf”, 2006

- S. Halfmeier
  “Modellierung und Regelung von Halbtoroidvariatoren in leistungsverzweigten Getriebestrukturen”, 2006

- K. Mahmoud
  “Theoretical and experimental investigations on a new adaptive duo servo drum brake with high and constant brake shoe factor”, 2005

- B. Fu
  “Entwurf piezoelektrischer Aktoren mittels Mehrzieloptimierungsverfahren”, 2005

- J. Roslak
  “Entwicklung eines aktiven Scheinwerfersystems zur blendungsfreien Ausleuchtung des Verkehrsraums”, 2005

- S. Henzler
  “Methodik zur Konzeption der Struktur und der Regelung leistungsverzweigter Getriebe mit Toroidvariator”, 2004

- H. Storck
  “Optimierung der Kontaktvorgaenge bei Wanderwellenmotoren”, 2003

- W. Wickord
  “Zur Anwendung probabilistischer Methoden in den fruehen Phasen des Systementwurfs”, 2003

- W. Littmann
  “Piezoelektrische, resonant betriebene Ultraschall-Leistungswandler mit nichtlinearen mechanischen Randbedingungen”, 2003

- E. Fründ
  “Aktive Kompensation von periodischen Schwingungen an rotierenden Walzen”, 2003

- S. Goldschmidt
  “Anwendung mengenorientierter numerischer Methoden zur Analyse nichtlinearer dynamischer Systeme am Beispiel der Spurfuehrungsdynamik von Schienenfahrzeugen”, 2003

- H. Kemmer
  “Investigation of the Friction Behavior of Automotive Brakes through Experiments and Tribological Modeling with Application for the Prediction of Brake Noise Generation”, 2002

- T. Hemsel
  “Untersuchung und Weiterentwicklung linearer piezo-elektrischer Schwingungsantriebe”, 2001

- A. Henke
  “Modellbildung, Simulation und Optimierung piezoelektrischer Stellsysteme”, 2001
- H. Vroomen
  “Zur Anwendung von Plattenschwingungen bei resonanten Sensoren”, 2000
- T. Börnchen
  “Zur Entwicklung dynamischer Komponenten fuer variables Kraftfahrzeug-Scheinwerferlicht”, 2000
- G. Poetsch
  “Untersuchung und Verbesserung numerischer Verfahren zur Simulation von Stromabnehmer-Kettenwerk-Systemen”, 2000
- M. Kuemmel
  “Integration von Methoden und Werkzeugen zur Entwicklung von mechatronischen Systemen”, 1999
- J. Krome
  “Modelle zur Untersuchung des Schwingungsverhaltens von Statoren fuer piezoelektrische Ultraschall-Wanderwellenmotoren”, 1999
- P. Rehbein
  “Tribologische Untersuchungen von hochfrequent schwingenden Gleitkontakten fuer den Einsatz in reibkraftschluessigen Antrieben”, 1998
- K. Petri
  “Vergleichende Untersuchung von Berechnungsmodellen zur Simulation der Dynamik von Fahrleitung-Stromabnehmer-Systemen”, 1996

Liste der von Prof. Popp in Hannover betreuten Promotionen und Habilitationen

- F. Götting
  “Analyse des Schwingungsverhaltens von verstimmten Beschaufelungen mit Reibelementen”, 2005
- M. Lindner
  “Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Gummireibung an Profilklötzen und Dichtungen”, 2005
- A. Michaelsen
  “Konzeption und Regelung eines treppengängigen Rollstuhls”, 2005
- L. Panning
  “Auslegung von Reibelementen zur Schwingungsdämpfung von Turbinenschaufeln”, 2005
- J.-U. Bruns
  “Detektion und Identifikation von Nichtlinearitäten in mechanischen Schwingungssystemen”, 2004
- M. Rottmann
  “Zum Stabilitätsverhalten von Einzelprofilen und Rohrbündeln bei turbulenter Anströmung”, 2004
- M. Ruskowski
  “Aufbau und Regelung aktiver Magnetführungen”, 2004
- C. Scholz
  “Fahrzeugautarkes Ortungssystem für Lokomotiven auf der Basis schlupfbehafteter Wegmessung”, 2003

- H. Kruse
  “Modellgestützte Untersuchung der Gleisdynamik und des Verhaltens von Eisenbahnschotter”, 2002
- H. Reckmann
  “Aktive Schwingungsreduktion an einem elastischen Fahrweg unter bewegter Masse”, 2002
- I. Hachmann
  “Modellgestützte Detektion von Rissen in Turborotoren”, 2001
- W. Sextro (Habilitation)
  “Dynamical Contact Problems with Friction: Modells, Methods, Experiments and Applications”, 2001
- S. Kapitzke
  “Bestimmung fahrdynamischer Daten auf Schienenfahrzeugen anhand des Verlaufes von Zugfahrten”, 2001
- M. Kröger
  “Methodische Auslegung und Erprobung von Fahrzeug-Crashstrukturen”, 2001
- M. Oestreich
  “Untersuchung von Schwingern mit nichtglatten Kennlinien”, 1998
- O. Romberg
  “Zum Turbulenzeinfluß auf das Schwingungsverhalten querangeströmter Rohrbündel”, 1998
- T. Frischgesell
  “Modellierung und Regelung eines elastischen Fahrweges”, 1997
- N. Hinrichs
  “Reibungsschwingungen mit Selbst- und Fremderregung: Experiment, Modellierung und Berechnung”, 1997
- W. Sextro
  “Schwingungsverhalten von Schaufelkränzen mit Reibelementen bei Frequenzverstimmung”, 1997
- K.-D. Tieste
  “Mehrgrößenregelung und Parameteridentifikation einer Linear-Magnetführung”, 1997
- T. Treyde
  “Modellierung des Kontaktes zwischen den Deckplatten von Turbinenschaufeln”, 1995
- M. Jahnke
  “Ein Beitrag zur Untersuchung elastischer Mehrkörpersysteme unter Nutzung von Finite-Elemente-Software”, 1994
- R. Austermann
  “Zum Schwingungsverhalten querangeströmter Rohrbündel bei Anregung vom Galloping-Typ”, 1993
- B. Balmer
  “Erhöhung der Dämpfung von Turbinen durch Reibelemente”, 1993
- H. Lindner
  “Untersuchungen zum Turbulenzeinfluß auf die Galloping-Schwingungen rechteckiger prismatischer Körper”, 1993
- H. Liu
  “Zum statischen und dynamischen Verhalten einer Zylinderschale mit kreisförmigem Ausschnitt bei Innendruck”, 1993

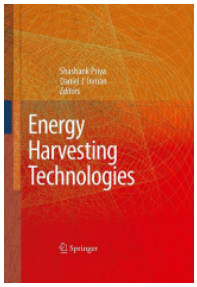
- A. Ducci
  “Identifikation strömungsselbsterregter Schwingungssysteme”, 1992
- P. W. Blohm
  “Untersuchung des nichtlinearen Übertragungsverhaltens von Strukturen mit lokalen Fügestellen”, 1991
- U. Fingberg
  “Ein Modell für das Kurvenquietschen von Schienenfahrzeugen”, 1990
- D. Hartmann
  “Rißformidentifikation an Rotoren mit Hilfe der Gleichstrom-Potentialmethode”, 1990
- K. Klamt
  “Zur optimalen Schwingungsdämpfung durch trockene Reibung in lokalen und ausgedehnten Fügestellen”, 1990
- P. Stelter
  “Nichtlineare Schwingungen reibungserregter Strukturen”, 1990
- E. de Mesquita Neto
  “Zur dynamischen Wechselwirkung von Fundamenten auf viskoelastischem Halbraum”, 1989
- M. Andjelic
  “Stabilitätsverhalten querangeströmter Rohrbündel mit versetzter Dreiecksverteilung”, 1988
- L. Czerny
  “Analyse instationärer Zufallsschwingungen”, 1987
- N. Petersmann
  “Substrukturtechnik und Kondensation bei der Schwingungsanalyse”, 1985
- E. Schneider
  “Schwingungsverhalten und Schallabstrahlung von Schienenrädern”, 1985
- H. Wißbrock
  “Untersuchungen zur Fugendämpfung zusammengesetzter Bauteile”, 1985
- H. Windrich
  “Zur Untersuchung stochastisch parameter- und fremderregter linearer Systeme”, 1984

5.2 Buchveröffentlichungen

Energy Harvesting Technologies

Grundlagen von Maschinenelementen für Antriebsaufgaben.
Priya, S.; Inman, D.; Inman D. J. (Hrsg.)
Springer-Verlag Berlin
1. Auflage 2009

Kapitel 4: ”Piezoelectric Equivalent CircuitModels“
Björn Richter, Jens Twiefel and Jörg Wallaschek



Konstruktionselemente des Maschinenbaus 2

Grundlagen von Maschinenelementen für Antriebsaufgaben.
Steinhilper, W.; Röper, R. (Hrsg.)
Springer-Verlag Berlin Heidelberg
Spinger-Lehrbuch, 7. Auflage 2008

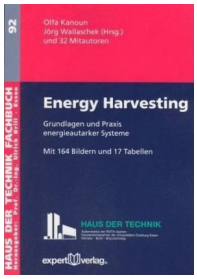
Kapitel 18: ”Sensoren und Aktoren“
Jörg Wallaschek

Schwingungen

Eine Einführung in die physikalischen Grundlagen und die theoretische Behandlung von Schwingungsproblemen.
Magnus, K.; Popp, K.; Sextro, W.
Vieweg + Teubner Verlag Stuttgart
8. Auflage 2008

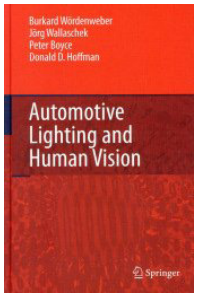
Energy Harvesting

Grundlagen und Praxis energieautarker Systeme.
Kanoun, O.; Wallaschek, J. (Hrsg.)
Expert-Verlag
1. Auflage 2007



Automotive Lighting and Human Vision

Wördenweber, B.; Wallaschek, J.; Boyce, P.; Hoffmann, D.D.
Springer-Verlag Berlin Heidelberg
2007

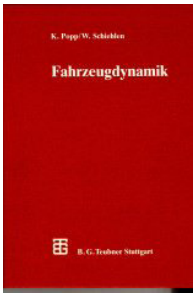


Mechatronik

Komponenten-Methoden-Beispiele.
Heimann, B.; Gerth, W.; Popp, K.
Hanser Fachbuchverlag Leipzig
3. Auflage 2006

Fahrzeugdynamik

Eine Einführung in die Dynamik des Systems Fahrzeug - Fahrweg.
Popp, K.; Schiehlen, W.
Teubner Stuttgart 1993
(nicht mehr erhältlich, englische Neuauflage im Springer-Verlag ist in Vorbereitung).



5.3 IDS Schriftenreihe

1. **Untersuchungen zu den viskoelastischen Eigenschaften von Bremsbelägen im Parameterbereich des Bremsenquietschens**
   Lutz Bellmann 150 S., 74 Abb., gebunden, ISBN 978-3-941416-12-3
2. **Schwingungsdämpfung mit beschalteten Piezowandlern und Anwendung zur Unterdrückung von Bremsenquietschen**
   Marcus Neubauer 197 S., 116 Abb., gebunden, ISBN 978-3-941416-13-0
3. **Entwicklung eines Modells für Formgedächtnisaktoren im geregelten dynamischen Betrieb**
   Florian Schiedeck, 130 S., 112 Abb., gebunden, ISBN ISBN 978-3-941416-23-9
4. **Numerische und experimentelle Untersuchung eines Ultraschall-Schlagbohrwerkzeugs**
   Christian Potthast 207 S., 152 Abb., gebunden, ISBN 978-3-941416-28-4
5. **Beobachtung und Modellierung lokaler Phänomene im Reifen-Fahrbahn-Kontakt**
   Gunnar Simon Gäbel 147 S., 85 Abb., gebunden, ISBN 978-3-941416-29-1

6 Anfahrt

- Anreise mit dem PKW:
  Autobahn A2 bis Herrenhausen, dann die B6 stadteinwärts bis zum Bremer Damm. Weiter gemäß Lageplan.

- Anreise mit der Bahn:
  Vom Hauptbahnhof mit der U-Bahn (Linien 1, 2, 3, 7 oder 9) oder zu Fuß (ca. 5 Minuten) zum Kröpcke, dann Linie 4 Richtung Garbsen oder Linie 5 Richtung Stöcken bis zur Haltestelle Schneiderberg oder Appelstraße (Fahrtzeit ca. 5 min.). Weiter zu Fuß gemäß Lageplan (ca. 5 Minuten).

- Anreise mit dem Flugzeug:
  Vom Flughafen mit der S5 (alle 30 Minuten, Fahrtzeit ca. 20 Minuten) bis Hannover-Nordstadt. Weiter zu Fuß gemäß Lageplan (ca. 5 Minuten).
  Oder per Taxi (Fahrtzeit ca. 20 Minuten).

7 Impressum

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek
Institut für Dynamik und Schwingungen
Appelstraße 11
30167 Hannover
Germany

Redaktion

Dipl.-Ing. A. Renner

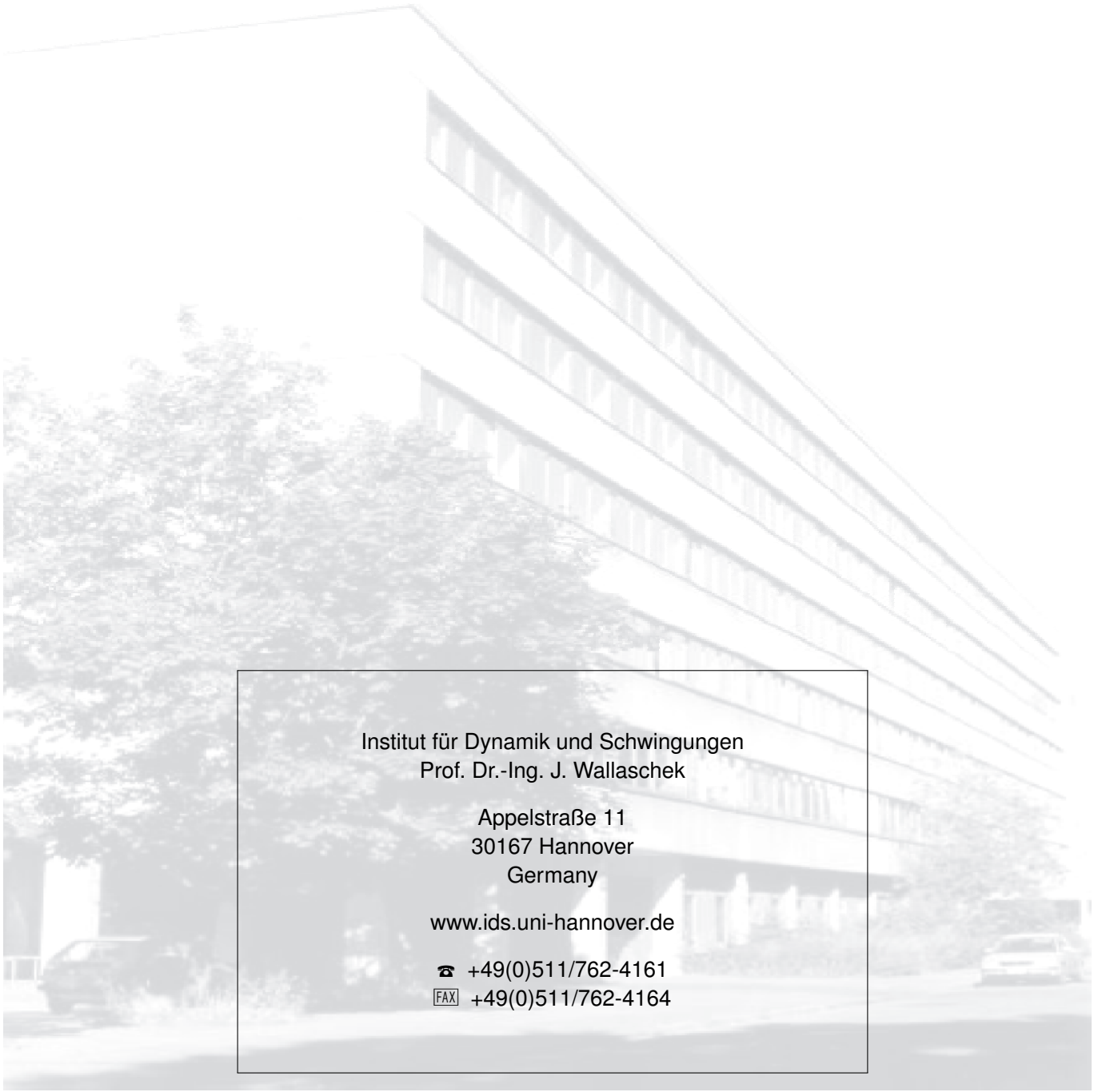
Layout

Dipl.-Ing. A. Renner

01/2010

Institut für Dynamik und Schwingungen

Leibniz Universität Hannover



Institut für Dynamik und Schwingungen
Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek

Appelstraße 11
30167 Hannover
Germany

www.ids.uni-hannover.de

☎ +49(0)511/762-4161
FAX +49(0)511/762-4164