

Universität Stuttgart

Jahresbericht IKFF 2008

Institut für Konstruktion und
Fertigung in der Feinwerktechnik



Herausgeber und Verlag:

Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik
Pfaffenwaldring 9
70550 Stuttgart

Tel.: 0711 685-66402

Fax: 0711 685-56402

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe

Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik, Februar 2009

1 DAS INSTITUT

- 1.1 Mitarbeiter
- 1.2 Jahresrückblick
- 1.3 Wissenschaftliche Arbeitsgebiete

2 LEHRVERANSTALTUNGEN

- 2.1 Vorlesungen und Übungen für das Vordiplom
- 2.2 Vorlesungen und Übungen für das Hauptdiplom
- 2.3 Prüfungen
- 2.4 Praktika
- 2.5 Seminar Feinwerktechnik

3 WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN, STUDIEN- UND DIPLOMARBEITEN

- 3.1 Dissertationen
- 3.2 Diplomarbeiten am IKFF
- 3.3 Studienarbeiten am IKFF
- 3.4 Preise

4 ARBEITSGEBIETE DER WISSENSCHAFTLICHEN MITARBEITER

- 4.1 Aktorik
- 4.2 Spritzgießen
- 4.3 Zuverlässigkeitstechnik

5 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

- 5.1 Veröffentlichungen
- 5.2 Gremienarbeit
- 5.3 Tag der offenen Tür

6 KONGRESSE, TAGUNGEN UND MESSEN

7 WERKSTATTBERICHT

8 ANHANG - Ausgewählte Veröffentlichungen

1 DAS INSTITUT

1.1 Mitarbeiter

Institutsleitung:

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe

Emeritus:

Prof. Dipl.-Ing. Artur Jung

Sekretariat:

Ulrike Ortner

Margit Reinhardt (seit 1.4.2009 in Ruhestand)

Kornelia Wanner

Unbefristeter wissenschaftlicher Mitarbeiter:

Akademischer Oberrat: Dipl.-Ing. Eberhard Burkard

Befristete wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Michael Beier

Dipl.-Ing. Matthias Engel (Graduate Student der GSaME)

Dipl.-Ing. Philipp Joerges

Dipl.-Ing. Frank Mochel

Dipl.-Ing. Elmar Rothenhöfer

Dipl.-Ing. Matthias Ulmer

Dipl.-Ing. Till Zimmermann

Dipl.-Ing. Michael Zülch

Modellbau und Versuchswerkstatt:

Ralf Berwanger

Stefan Schneider

Wissenschaftliche Hilfskräfte:

Gernot Frank	Andreas Maucher
Mark Hellmann	Huyen Trang Nguyen
Tobias Kaupp	Adrian Retzbach
Matthias Keinert	Christian Scheu
Bastian Keller	Matthias Ulmer
Islem Koobar	David Weckler

1.2 Jahresrückblick

Personalia

Zum Jahresende 2007 wechselte Herr Dr.-Ing. Dannemann planmäßig in die Industrie. Als Nachfolger auf dem Gebiet der Lineardirektantriebe wurde ab 15.02.2008 Herr Dipl.-Ing. Ulmer eingestellt. Neu eingestellt wurden zudem Herr Dipl.-Ing. Zimmermann ab 01.03.2008 auf ein Drittmittelprojekt im Bereich Spritzgießen und Herr Dipl.-Ing. Engel als Stipendiat der Graduate School of Excellence for advanced Manufacturing Engineering in Stuttgart (GSaME), einer DFG-Graduiertenschule im Rahmen der Excellence-Initiative der Bundesregierung. Fachlich ist Herr Engel ebenfalls auf dem Gebiet der Linearantriebe tätig. Unsere langjährige Sekretärin Frau Reinhardt wechselte am 01.04.2009 in den verdienten Ruhestand.

Aktivitäten in der Lehre

Seit September 2008 gibt es im Maschinenbau der Universität Stuttgart keine Studienanfänger in Diplomstudiengängen mehr. Alle Studierenden starten in Bachelorstudiengängen. Folgende Bachelorstudiengänge sind den Fakultäten des Stuttgarter Maschinenbaus ab WS 2008/09 zugeordnet:

- Maschinenbau
- Fahrzeug- und Motorentechnik
- Technologiemanagement
- Mechatronik
- Technische Kybernetik
- Verfahrenstechnik.

Die darauf aufbauenden Masterstudiengänge starten ab WS 2011/12 , unter anderem ein Studiengang Mikrotechnik, Gerätetechnik und Technische Optik.

Die Anfängerzahlen im Maschinenbau sind wieder etwas gestiegen. Insgesamt liegen die regulären Anfängerzahlen aller maschinenbaulichen Studiengänge der Universität Stuttgart (ohne Luft- und Raumfahrttechnik) derzeit bei ca. 900 Studierenden. Im Studiengang Maschinenwesen selbst bewegen sich die Anfängerzahlen bei 304. Allerdings wurden dafür bei 1489 Bewerbern insgesamt 1095 Zulassungen ausgesprochen. Dies zeigt eine schwierige Situation mit nicht mehr kalkulierbaren Mehrfachbewerbungen.

In der Konstruktionslehre Feinwerktechnik hatten wir bis zum Sommer im Vordiplom 70 Studierende zu betreuen, im Wintersemester sind es 101. Die Vordiplom-Lehrveranstaltungen konzentrierten sich nach wie vor auf die Fächer Konstruktionslehre Feinwerktechnik III und IV im dritten und vierten Semester als Wahlmöglichkeit für die beiden Studiengänge Maschinenbau sowie Fahrzeug- und Motorentechnik. Ein Highlight ist dabei immer wieder der Konstruktionswettbewerb, auf den weiter hinten noch eingegangen wird.

Das Hauptfach Feinwerktechnik ist ebenfalls wieder gut besucht. Derzeit belegen 15 Studierende das Kernfach „Aktorik“ und 19 Studierende das Fach „Grundlagen der Feinwerktechnik - Gerätekonstruktion und -fertigung“ als Pflicht- oder Kernfach. Die Lehrveranstaltungen des Hauptdiploms konzentrieren sich auf die beiden Schwerpunkte Gerätekonstruktion als methodisch orientierte Linie und feinwerktechnische Aktorik als konkret forschungs- und entwicklungsorientierte Linie.

Die Vorlesung „Grundlagen der Feinwerktechnik - Gerätekonstruktion und -fertigung“ behandelt Grundlagen der Entwicklung und Konstruktion feinwerktechnischer Geräte bzw. Systeme und betont dabei insbesondere den engen Zusammenhang zwischen konstruktiver Gestaltung und zugehöriger Fertigungstechnologie. Den Schwerpunkt bilden Themenkreise wie zuverlässigkeits- und sicherheitsgerechte Konstruktion, Genauigkeit, Fehlverhalten und Toleranzrechnung in der Präzisionsgerätetechnik, Lärminderung in der Gerätetechnik, Beziehungen zwischen Gerät und Umwelt sowie die Kunststofftechnologie und -anwendung in der Gerätetechnik (Werkstoffe, Verfahren, Konstruktion, Werkzeugkonstruktion).

Die Vorlesung „Aktorik in der Feinwerktechnik - Konstruktion, Berechnung und Anwendung mechatronischer Komponenten“ beleuchtet dagegen ausgewählte Aspekte der Entwicklung und Konstruktion mechatronischer Komponenten und Systeme der Feinwerktechnik. Behandelt werden feinwerktechnische Antriebssysteme unterschiedlichster Wirkprinzipien. Den Schwerpunkt bilden elektromagnetische und elektrodynamische Stelltechnik, piezoelektrische und

magnetostruktive Stelltechnik, Magnettechnik und -technologie sowie Beispiele zur Realisierung mechatronischer Lösungen in der Feinwerktechnik. Die Lehrinhalte zur Aktorik sind 2008 in dem englischsprachigen Handbuch „Handbook of Fractional-Horsepower Drives“ erschienen.

Unsere neue Lehrveranstaltung „Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und Maxwell“ wurde im zweiten Jahr gut angenommen. Erstmals fand 2008 auch unsere zweite neue Lehrveranstaltung „Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik; Verfahren, Prozesskette, Simulation“ statt.

Auch zwei studentische Exkursionen wurden 2008 durchgeführt, zu Porsche in Zuffenhausen und zur Firma Ceramtec (Keramik und Piezokeramik) in Lauf bei Nürnberg.

Die Hauptfachpraktika Ultraschallantriebe, Lineardirektantriebe, Schrittmotoren, Koordinatenmesstechnik, FEM-Berechnung mit ANSYS sowie Maxwell, Spritzgießen, Spritzgieß-Simulation mit Moldflow und Rasterelektronenmikroskopie sind in die Lehrveranstaltungen einbezogen. Mit diesen insgesamt 8 Praktika wurde das Angebot zum praktischen Arbeiten für die Studierenden erheblich erweitert. Die Ausstattung einiger Praktikumsversuche und insbesondere des CAD-Raums und damit der Lehrveranstaltung „Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und Maxwell“ haben deutlich von den Studiengebühren profitiert.

Die Absolventen fanden 2008 wieder schnell einen Einstieg in die Industrie, der Bedarf kann derzeit nach wie vor nicht gedeckt werden. Selbst der Bedarf an eigenen Assistenten in der Fakultät Maschinenbau ist kaum abzudecken.

Aktivitäten in der Forschung

Die Entwicklung alternativer Antriebssysteme für die Feinwerktechnik auf der Basis elektrodynamischer Kraftwirkung (elektrodynamische Linearmotoren) bzw. von Festkörpereffekten (Wanderwellenmotoren) steht nach wie vor im Mittelpunkt des Arbeitsgebiets **Aktorik**.

Als Schwerpunkt in der Nutzung elektrodynamischer Antriebsprinzipien wurden 2008 die Untersuchungen zu Rastkräften in Lineardirektantrieben intensiviert. In Industrieprojekten wurden darüber hinaus wieder diverse anwendungsspezifische Antriebe analysiert und optimiert. Gleichzeitig wurde zur effizienten Realisierung von Kommutierung, Ansteuerung und Regelung die existierende dSPACE-Umgebung weiter ausgebaut und genutzt.

Die Forschungen zur Entwicklung von neuartigen Direktantrieben mit piezoelektrischen Antrieben wurden 2008 ebenfalls fortgeführt. Hier bildet neben der Motorentwicklung und durchgängigen Motorberechnung bzw. -simulation die Realisierung von Ansteuerung und Regelung über eine dSPACE-Entwicklungsumgebung einen Schwerpunkt. Beide Antriebslinien ergänzen und befruchten sich dadurch.

Das Thema ***Spritzgießtechnologie*** in der Feinwerktechnik bildet einen weiteren Stützpfeiler des Instituts. Nach wie vor werden am IKFF die Entformungskräfte beim Spritzgießen in Abhängigkeit von Oberflächenrauheit und Beschichtung sowie vom eingesetzten Kunststoff untersucht und spezielle Werkstoffe und Beschichtungen für Firmen getestet.

Im Jahre 2008 wurden darüber hinaus die Arbeiten zur variothermen Prozessführung mit integrierten Induktoren und Impulskühlung im Rahmen eines DFG-Projektes fortgeführt. Ergebnisse dazu werden 2009 auf dem 21. Stuttgarter Kunststoff-Kolloquium veröffentlicht. Das IKFF ist wieder Mitveranstalter des Kunststoff-Kolloquiums. Darüber hinaus wurde 2008 ein umfangreiches Industrieprojekt zur induktiven Temperierung bearbeitet. Außerdem ist es gelungen, einen AiF-Antrag zur Nutzung der induktiven Temperierung bei der Herstellung von Komponenten für Brennstoffzellen zu platzieren. Das Projekt wurde zum 01.01.2009 bewilligt.

Im Arbeitsgebiet ***Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe*** steht inzwischen die zweite Dissertation am IKFF kurz vor dem Abschluss. Sie behandelt die Zuverlässigkeit mechanischer Komponenten feinwerktechnischer Antriebssysteme. Die Dauerversuche zur Ermittlung der Ausfalldaten wurden vorzugsweise an Kleingetrieben vorgenommen. Die DFG-Forschergruppe „Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen“ ist damit beendet. Derzeit wird intensiv an der Fortsetzung in Form eines Sonderforschungsbereiches gearbeitet. Ende November 2008 wurde die Projektskizze dazu in Bonn bei der DFG zum Beratungsgespräch erfolgreich vorgestellt. Gemeinsam hat die Forschergruppe ihre Ergebnisse in einem Buch „Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme - Grundlagen und Bewertung in frühen Entwicklungsphasen“ zusammengefasst. Es wird zum Jahresanfang 2009 erscheinen.

1.3 Wissenschaftliche Arbeitsgebiete

Im Institut werden vier Forschungsschwerpunkte bearbeitet:

Im Arbeitsgebiet **Aktorik** stehen feinwerktechnische Direktantriebe, vorzugsweise für lineare Antriebsbewegungen, im Mittelpunkt. Einen Schwerpunkt bilden elektrodynamische Linearantriebe, deren Berechnung, Simulation und die integrierte Wegsignalerfassung darin. Gegenwärtig werden die Aktivitäten auch auf die Entwicklung von Luftführungen für Linearantriebe erweitert. Neben den elektrodynamischen Systemen bilden piezoelektrische Antriebe, insbesondere Wanderwellenmotoren, einen zweiten Arbeitsschwerpunkt.

Im Arbeitsgebiet **Präzisionsspritzguss** steht die Abformung von Präzisionsbauteilen mit sehr feinen, genauen Strukturen durch Spritzgießen im Vordergrund. Dabei wird neben der Bauteilkonstruktion und dem Formenbau insbesondere der Formfüllvorgang sowohl theoretisch simuliert als auch praktisch an zwei Spritzgießautomaten untersucht. Maßnahmen zur Verbesserung des Füllvorgangs, wie die variotherme Prozessführung durch induktive Formtemperierung, sowie die Erfassung von Entformungskräften bilden gegenwärtig die Arbeitsschwerpunkte.

Im Arbeitsgebiet **optische und mechanische Sensorik** standen bisher insbesondere die Verfahren zur integrierten Wegsignalerfassung in elektrodynamischen Linearmotoren mit bewegten Magneten oder auch bewegten Spulen im Mittelpunkt der Arbeiten.

Übergreifend bildet produktbezogene **Konstruktionsmethodik** in der Feinwerktechnik ein viertes Arbeitsgebiet. Schwerpunkte sind hier die konstruktive Gestaltung, die Berechnung von Systemen und die Simulation mit FEM. Dazu zählen auch Magnetfeldberechnungen für Linearantriebe oder die FEM-Analyse von piezoelektrischen Antrieben.

Auch das Arbeitsgebiet **Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe** lässt sich in diesen Problemkreis einordnen. Im Rahmen der DFG-Forschergruppe „Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen“ bearbeitet das Institut das Thema „Zuverlässigkeit von elektromechanischen/mechatronischen Systemen am Beispiel feinwerktechnischer Antriebe/Aktorik“. Dadurch wird Kompetenz in der Zuverlässigkeitstechnik, speziell zur Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe aufgebaut werden. Dies betrifft sowohl die elektromechanischen als auch die mechanischen Komponenten derartiger Antriebe.

Im Detail werden folgende Inhalte bearbeitet:

Feinwerktechnische Aktorik

- Entwicklung alternativer Antriebssysteme für die Feinwerktechnik auf der Basis elektrodynamischer Kraftwirkung bzw. von Festkörpereffekten (elektrodynamische Linearmotoren, Piezowanderwellenmotoren).
- Berechnung derartiger Antriebe und Simulation ihres dynamischen Verhaltens.
- Erarbeitung geeigneter Unterstützungsmittel und Methoden zur Entwicklung derartiger Antriebssysteme.
- Entwicklung von Luftführungen für Linearantriebe, Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten poröser Materialien für aerostatische Lagerungen und Führungen von Linearantrieben. Ermittlung von Bearbeitungsparametern zur Luftlagerherstellung und Dimensionierung der Luftlager.

Präzisions-Spritzgießtechnologie

- Herstellung von Präzisionsbauteilen und feinen Strukturen bis hin zur Verbindung mit mikromechanischen Bauelementen.
- Ermittlung von Entformungskräften beim Spritzgießen in Abhängigkeit von Oberflächenrauheit und Beschichtung sowie vom eingesetzten Kunststoff.
- Untersuchung spezieller Werkstoffe und Beschichtungen im Werkzeugbau.
- Dynamische Formtemperierung durch induktive Beheizung mit externem oder internem Induktor zur Verbesserung des Formfüllverhaltens, insbesondere im Hinblick auf die Abformung mikrotechnischer Strukturen.

Theorie des Konstruktionsprozesses

- Produktbezogene Konstruktionsmethoden in der Feinwerktechnik.
- Konstruktive Gestaltung unter Nutzung von 2D- und 3D-CAD.
- Simulation mit FEM, beispielsweise des Formfüllvorgangs beim Spritzgießen.
- Gekoppelte Feldberechnungen, beispielsweise elektromagnetisch, elektromagnetisch-thermisch, piezoelektrisch-dynamisch.

Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe

- Übertragung und Verifizierung bekannter Zuverlässigkeitstechniken auf feinwerktechnische mechatronische Baugruppen, Antriebe und Aktorik.
- Datensammlung.
- Experimentelle Untersuchungen, Aufbau von Dauerlauf-Versuchsständen für Kleinstmotoren und Getriebe.
- Erarbeitung von Ansätzen für die Ermittlung der Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen (Konzeptphase).

2 LEHRVERANSTALTUNGEN

2.1 Vorlesungen und Übungen für das Vordiplom

Konstruktionslehre III (Feinwerktechnik) (Schinköthe, Burkard)

Wintersemester 2007/2008: 70 Studenten (mach + famo)

Wintersemester 2008/2009: 101 Studenten (mach + famo)

15 Vorlesungen à 2 SWS

15 Vorlesungen à 1 SWS

15 Übungen à 2 SWS

Betreuer: Burkard, Joerges, Mochel, Rothenhöfer, Ulmer

Konstruktionslehre IV (Feinwerktechnik) (Schinköthe, Burkard)

Sommersemester 2008: 70 Studenten (mach + famo)

13 Vorlesungen à 2 SWS

13 Vorlesungen à 1 SWS

13 Übungen à 2 SWS

Betreuer: Burkard, Joerges, Mochel, Rothenhöfer, Ulmer

2.2 Vorlesungen und Übungen für das Hauptdiplom

Grundlagen der Feinwerktechnik, Gerätekonstruktion und -fertigung (Schinköthe, Burkard, Beier)

Wintersemester 2007/2008: 17 Studenten

Wintersemester 2008/2009: 19 Studenten

20 Vorlesungen à 2 SWS

10 Übungen à 2 SWS

Betreuer: Burkard, Beier

Aktorik in der Feinwerktechnik - Berechnung, Konstruktion und Anwendung mechatronischer Komponenten (Schinköthe)

Wintersemester 2007/2008: 11 Studenten
Wintersemester 2008/2009: 15 Studenten
15 Vorlesungen à 2 SWS

Sommersemester 2008: 11 Studenten
5 Vorlesungen à 2 SWS
8 Übungen à 2 SWS
Betreuer: Joerges, Rothenhöfer, Ulmer

Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und Maxwell (Schinköthe/Rothenhöfer/Ulmer)

Sommersemester 2008: 16 Studenten
10 Vorlesungen à 2 SWS
10 Übungen à 2 SWS
Betreuer: Rothenhöfer, Ulmer

Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik; Verfahren, Prozesskette, Simulation (Schinköthe/Burkard)

Sommersemester 2008: 5 Studenten
6 Vorlesungen à 2 SWS
5 Übungen à 2 SWS
Betreuer: Burkard

2.3 Prüfungen

Fach	Termin	Kandidaten
KL III + IV (FWT)	F 2008	46
	H 2008	83
Grundlagen der Feinwerktechnik; Gerätekonstruktion und -fertigung (Pflichtfach, schriftlich)	F 2008	7
	H 2008	3
Grundlagen der Feinwerktechnik; Gerätekonstruktion und -fertigung (Kernfach, mündlich)	F 2008	8
	H 2008	3
Aktorik in der Feinwerktechnik - Berechnung, Konstruktion und Anwendung mechatronischer Komponenten (Kernfach oder Ergänzungsfach, mündlich)	F 2008	4
	H 2008	6
Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik; Verfahren, Prozesskette, Simulation	H 2008	4
Praktische FEM Simulation mit ANSYS und Maxwell	H 2008	8

2.4 Praktika

Hauptfachpraktikum Feinwerktechnik (Für Studierende des Hauptfachs Feinwerktechnik)

Sommersemester 2008

Versuch 1: „FEM-Simulation mit ANSYS/Maxwell“
16 Teilnehmer 5 Termine
Betreuer: Joerges, Rothenhöfer, Ulmer

Versuch 2: „Lineardirektantriebe“
10 Teilnehmer 3 Termine
Betreuer: Joerges, Ulmer

Versuch 3: „Ultraschallantriebe“
13 Teilnehmer 3 Termine
Betreuer: Rothenhöfer

Wintersemester 2008/2009

Versuch 1: „Koordinatenmesstechnik“
12 Teilnehmer 4 Termine
Betreuer: Burkard

Versuch 2: „Spritzgießen“
5 Teilnehmer 1 Termin
Betreuer: Zimmermann, Zülch

Allgemeines Praktikum Maschinenbau (APMB) (Für Studierende im zweiten Studienabschnitt Maschinenbau)

Wintersemester 2008/2009

Versuch 1: „Rasterelektronenmikroskopie“
12 Teilnehmer 3 Termine
Betreuer: Burkard

Versuch 2: „Schrittmotoren“
12 Teilnehmer 3 Termine
Betreuer: Joerges, Mochel

2.5 Seminar Feinwerktechnik

14.01.2008	Lischke, Mathias	Untersuchung der Systemeigenschaften eines Filmscanners
24.01.2008	Weckler, David	Erfassung und Modellierung piezoelektrischer Ersatzschaltbilder und Resonatorschwingkreise im Großsignalbereich mit LabVIEW
14.02.2008	Ulmer, Matthias	Untersuchung zum Vergleich des Einflusses diametraler und radialer Magnetisierungen auf Hallsensoren zur Positionsermittlung in elektrodynamischen Antrieben
27.03.2008	Chor, Ralf	Aufbau einer galvanischen Anlage zur Abscheidung von Silber auf einem Testmaterial
27.03.2008	Raff, Lisa-Katrin	Entwicklung und Aufbau eines automatisierten Messstandes zur Erfassung elektromagnetischer Kennwerte von Werkzeugstahl mit Hilfe von LabVIEW
10.04.2008	Peters, Frederik	Aufbau eines langhubigen Linearantriebs zur Untersuchung von dynamischen Eigenschaften von Lineardirektantrieben
08.05.2008	Goujavin, Witalij	Untersuchung eines linearen L1-B4 Ultraschallmotors
29.05.2008	Götz, Johannes	Aufbau und Inbetriebnahme eines linearen Ultraschallmotors mit orthogonal angeordneten Langevin-Vibratoren

19.06.2008	Grözing, Tobias	Aufbau eines Motorprüfstandes zur Aufnahme und Verifikation von Motorkennlinien
01.07.2008	Etzel, Kai	Analyse von Filterschwingkreisen für den Betrieb von Ultraschallmotoren unter Berücksichtigung gemessenen Großsignalverhaltens
03.07.2008	Frank, Gernot	Optimierung eines piezoelektrischen Bimodenresonators unter Berücksichtigung der erzielbaren Schwingungsenergien und des Einflusses von Halterungsbauteilen
10.07.2008	Brenner, Christoph	Untersuchung und Vermeidung von Rastkräften bei elektrodynamischen Lineardirektmotoren
31.07.2008	Vaas, Franz	Untersuchungen zur Vermeidung von Rastkräften elektrodynamischer Lineardirektantriebe unter Berücksichtigung von Beschleunigungseinflüssen
23.10.2008	He, Lin	Aufbau einer flexiblen Leistungsendstufe für einen Versuchsstand zur Untersuchung von dynamischen und statischen Eigenschaften von Lineardirektantrieben
30.10.2008	Retzbach, Adrian	Entwicklung und Aufbau eines zweiphasigen Frequenzgenerators für die Ansteuerung von Vierquadrantenverstärkern mit dSPACE

3 WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN, STUDIEN- UND DIPLOMARBEITEN

3.1 Dissertationen

- Wischnewski, Alexej Reversierbare piezoelektrische Ultraschallmotoren auf Basis einphasig angeregter stehender Wellen
- Dannemann, Matthias Dimensionierung und Optimierung feinwerktechnischer Lineardirektantriebe unter Beachtung parasitärer Effekte am Beispiel von Flach- und Tauchspulantrieben
- Grotz, Andreas Vergleichende Untersuchungen hochdynamischer, feinwerktechnischer, elektrodynamischer Lineardirektantriebe mit bewegtem Spulensystem und bewegtem Magnetsystem

3.2 Diplomarbeiten am IKFF

- 02/2008 Ulmer, Matthias Untersuchung zum Vergleich des Einflusses diametraler und radialer Magnetisierungen auf Hallsensoren zur Positionsermittlung in elektrodynamischen Antrieben
- 03/2008 Ben Hassine, Ilyes Aktive Schwingungsminderung des Vorgreifersystems einer Offsetdruckmaschine mit piezoelektrischen Aktoren
- 03/2008 Zhang, Jian Entwicklung einer Hubquer-Einheit für TS2 plus Heavy Duty

05/2008	Schöpfer, Moritz	Optimierung der Steuerung und Antriebe eines elektromagnetischen Transfersystems für Stückgüter
05/2008	Perez, David	Design of a High Frequency Two-Phase Power Inverter with Programmable Phase Shift Using DDS Based Numerical Oscillators (Master Thesis)
11/2008	Schupp, Tobias	Konzeption, Entwicklung und Auslegung eines stufenlos regelbaren Fahrtriebgetriebes für Rasenmäher
12/2008	Zeis, Christoph	Linearer Wanderwellenmotor - Verbesserung von Komponenten und Aufbau eines Gesamtsystems

3.3 Studienarbeiten am IKFF

01/2008	Weckler, David	Erfassung und Modellierung piezoelektrischer Ersatzschaltbilder und Resonatorschwingkreise im Großsignalbereich mit LabVIEW
02/2008	Lischke, Mathias	Untersuchung der Systemeigenschaften eines Filmscanners
02/2008	Chor, Ralf	Aufbau einer galvanischen Anlage zur Abscheidung von Silber auf einem Testmaterial
03/2008	Raff, Lisa-Katrin	Entwicklung und Aufbau eines automatisierten Messstandes zur Erfassung elektromagnetischer Kennwerte von Werkzeugstahl mit Hilfe von LabVIEW

04/2008	Peters, Frederik	Aufbau eines langhubigen Linearantriebs zur Untersuchung von dynamischen Eigenschaften von Lineardirektantrieben
05/2008	Goujavin, Witalij	Untersuchung eines linearen L1-B4 Ultraschallmotors
06/2008	Grözinger, Tobias	Aufbau eines Motorprüfstandes zur Aufnahme und Verifikation von Motorkennlinien
07/2008	Brenner, Christoph	Untersuchung und Vermeidung von Rastkräften bei elektrodynamischen Lineardirektmotoren
08/2008	Frank, Gernot	Optimierung eines piezoelektrischen Bimodenresonators unter Berücksichtigung der erzielbaren Schwingungsenergien und des Einflusses von Halterungsbauteilen
10/2008	He, Lin	Aufbau einer flexiblen Leistungsendstufe für einen Versuchsstand zur Untersuchung von dynamischen und statischen Eigenschaften von Lineardirektantrieben
10/2008	Vaas, Franz	Untersuchungen zur Vermeidung von Rastkräften elektrodynamischer Lineardirektantriebe unter Berücksichtigung von Beschleunigungseinflüssen
10/2008	Etzel, Kai	Analyse von Filterschwingkreisen für den Betrieb von Ultraschallmotoren unter Berücksichtigung gemessenen Großsignalverhaltens

3.4 Preise

Dipl.-Ing. Matthias Ulmer Gustav-Magenwirth-Preis

4 ARBEITSGEBIETE DER WISSENSCHAFTLICHEN MITARBEITER

4.1 Aktorik

Engel, M. Seit Oktober 2008 als GSaME-Doktorand am Institut. Die stipendiums-basierte GSaME (Graduate School for advanced Manufacturing Engineering) ist eine im Rahmen der Exzellenzinitiative geschaffene Einrichtung, die Postgraduierten die Möglichkeit zur Promotion in einem innovativen und interdisziplinären Umfeld bietet. Hervorgegangen ist die GSaME aus einer Kooperation von 31 Professoren aus 18 Instituten unterschiedlicher Fachrichtungen. Ziel war es, einen fakultätsübergreifenden Promotionsstudiengang zu schaffen, der eine interdisziplinäre Ausbildung bietet, orientiert an den aktuellen Herausforderung eines globalen Markt- und Arbeitsumfeldes.

Das Arbeitsgebiet von Herrn Engel umfasst hochdynamische Lineardirektantriebe in der Produktionstechnik. Gesamtziel dieses Projektes ist eine systematische Untersuchung und Bewertung der dynamischen Begrenzungen in Lineardirektantrieben rotationssymmetrischer Bauformen. Dieses Thema leistet damit einen Beitrag zur Optimierung mechatronischer Komponenten mit höchsten dynamischen Anforderungen für hochleistungsfähige und flexible adaptive Produktionstechnik. Das Thema ist Teil des GSaME-Clusters G, der sich mit intelligenten Produktionseinrichtungen beschäftigt.

Joerges, P.

Lehre:

Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4, Vortrags- und Gruppenübungen; Betreuung des Übungskomplexes „Achsen-Wellen“ (KL 3/4); Ausarbeitung von Aufgabenstellungen und Musterlösungen für Übungsaufgaben, Korrektur von Übungsaufgaben, Erstellung von Prüfungsaufgaben und Musterlösungen; Durchführung des FEM-Praktikums mit Maxwell, Durchführung des APMB-Praktikums „Schrittmotoren“, Durchführung der Hauptfachübungen „Lineardirektantriebe“ (Schwerpunkt

Regelung) und des zugehörigen Hauptfachpraktikums „Lineardirektantriebe“.

Industrieprojekte:

Machbarkeitsstudie zur Realisierung sehr kleiner hochdynamischer Lineardirektantriebe.

Dauerlaufuntersuchungen im Bereich Zuverlässigkeit zur Untersuchung des Ausfallverhaltens bürstenbehalteter DC-Motoren.

Sonstiges: PC-Administration.

Mochel, F.

Lehre:

Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4 in Form von Vortrags- und Gruppenübungen, Ausarbeitung von Aufgabenstellungen für Übungs- und Klausuraufgaben sowie deren Korrektur.

Organisation des Konstruktionslehrewettbewerbs.

Durchführung des APMB-Praktikums „Schrittmotoren“.

Forschung:

Entwicklung und Untersuchung aerostatischer Führungen mit statorseitiger Druckluftversorgung für Ein- und Mehrkoordinatenantriebe zur Realisierung freier Läuferbewegungen.

Gestaltung der Mikrodüsen für die Drucklufteinspeisung, insbesondere Untersuchung der Verwendungsmöglichkeiten offenporöser Materialien.

Sonstiges: Betreuung der 3D-Koordinatenmessmaschine.

Rothenhöfer, E.

Lehre:

Betreuung von Vordiplomsübungen in KL 3/4 sowie Gruppenübungen, Ausarbeitung von Aufgabenstellungen für Übungs- und Klausuraufgaben.

Durchführung des Praktikums „Ultraschallantriebe“.

Betreuung der Vorlesung „Praktische Simulation mit ANSYS und Maxwell“ im Hauptdiplom.

Forschung:

Entwicklung von piezoelektrischen Motoren mit Schwerpunkten im Aufbau von geeigneten Entwicklungswerkzeugen ins-

besondere für die Ansteuerung der Motoren durch eigene Elektronik und dSPACE.

Sonstiges: PC-Administration.

Ulmer, M.

Lehre:

Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4 in Form von Vortrags- und Gruppenübungen; Korrektur von Übungsaufgaben.

Durchführung des FEM-Praktikums und Betreuung der FEM-Testate.

Vortragsübung Lineardirektantriebe im Hauptfach Aktorik und des zugehörigen Praktikums.

Betreuung der Internet-Lern-Plattform ILIAS.

Industrieprojekte:

Machbarkeitsstudie für Lineardirektantriebe mit sehr kleinen Abmessungen.

Durchführen von unterschiedlichen elektromagnetischen FEM-Analysen für Hubanker und Permanentmagnetbremsen.

Sonstiges:

Betreuung des UNIX-Netzwerkes und der Netzwerksicherheit am Institut.

4.2 Spritzgießen

Burkard, E.

Untersuchung des Einflusses von Werkzeugbeschichtungen auf die Entformungskraft bei Spritzgussbauteilen aus Thermoplastwerkstoffen.

Bearbeitung von Industriaufträgen zur Entformung von Spritzgussteilen.

Betreuung der Studenten im Vor- und Hauptdiplom.

Betreuung von Vorlesungen und Übungen im Vor- und Hauptdiplom.

Organisation des Konstruktionslehrewettbewerbs.

Betreuung des Rasterelektronenmikroskops und Untersuchung von Proben, APMB-Versuch Rasterelektronenmikroskopie.

Betreuung der Koordinatenmessmaschine und Vermessung von Werkstücken, Hauptfach-Versuch Koordinatenmesstechnik.

Administration und Wartung der UNIX-Rechner und des Institutsnetzes.

Zimmermann, T. Lehre:

Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4 in Form von Gruppenübungen.

Betreuung der FEM-Testate.

Durchführung Praktikum „Spritzgießsimulation mit Moldflow“ und „Spritzgießen“.

Industrieprojekt:

Auslegung und Simulation einer induktiv beheizten Spritzgussform.

Zülch, M.

Lehre:

Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4 (Gruppenübungen), Korrektur von Übungsaufgaben.

Praktikum „Spritzgießen“ im Hauptdiplom.

Forschungstätigkeit:

Bearbeitung des DFG-Forschungsprojektes „Temperierung von Spritzgusswerkzeugen durch vollständig integrierte induktive Beheizung“.

Konzeption und Realisierung intern induktiv temperierter Spritzgusswerkzeuge.

Interinstitutionäre akademische Projekte:

Beantragung eines AIF-Forschungsprojektes zur induktiv-dynamischen Temperierung bei der Herstellung hochgradig graphitgefüllter Kunststoffe und Mitbetreuung eines vorbereitenden Industrieprojektes.

4.3 Zuverlässigkeitstechnik

Beier, M.

Mitarbeit in der DFG-Forschergruppe zum Thema „Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen“ mit dem Arbeitsschwerpunkt auf dem Teilprojekt „Zuverlässigkeit von elektromechanischen/mechatronischen Systemen am Beispiel feinwerktechnischer Antriebe/Aktorik“.

Begleitender Aufbau des neuen Arbeitsgebiets der Zuverlässigkeit von Antriebssystemen am Institut. Diese Aufgabe umfasst neben der reinen Forschungstätigkeit auch den Aufbau und die Betreuung von Dauerlaufprüfständen für Systeme, bestehend aus rotatorischen Kleinantrieben mit angeflanschten Planetenradgetrieben.

Ansprechpartner für Literaturrecherchen.

Durchführung der Zuverlässigkeitsübungen im Hauptdiplom.

Mitbetreuung der Gruppenübungen KL 3/4, Korrektur von Übungsaufgaben.

5 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

5.1 Veröffentlichungen

Bücher:

In Stölting, H.-D.; Kallenbach, E.; Amrhein, W.: Handbook of Fractional-Horsepower Drives. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag 2008.

Darin Schinköthe, W.; Furchert, H.-D. : Chapter 4.2 Electrodynamic Linear and Multi-Coordinate Drives.

Bertsche, B.; Göhner, P.; Jensen, U.; Schinköthe; W.; Wunderlich, H.-J.: Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme - Grundlagen und Bewertung in frühen Entwicklungsphasen. Berlin: Springer Verlag 2009.

Darin Schinköthe, W.; Beier, M.; Köder, T.: Abschnitt 6 Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen am Beispiel feinwerktechnischer mechatronischer Systeme.

Artikel oder Tagungsbeiträge:

Rothenhöfer, E.; Weckler, D.; Schinköthe, W.

Practical High Power Characterisation of Resonant Piezoelectric Vibrators. Actuator 2008, Bremen 09.-11.06.2008, Conference Proceedings, S. 611-614.

Rothenhöfer, E.; Schinköthe, W.

Modular Test Equipment for the Analysis and Operation of Ultrasonic Motors. Adaptronic Congress 2008, Berlin 20.-21.05.2008, Conference Proceedings.

Schinköthe, W.

Feinwerktechnik misst und treibt an. Transmitter 03/2008, S. 37-39.

Festschrift 40 Jahre IKFF:

Schinköthe, W. (Hrsg.): Festschrift 40 Jahre IKFF mit Jahresbericht 2007. Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik, Februar 2008, mit Beiträgen:

- Beier, M.: Zuverlässigkeitsbetrachtungen von mechatronischen Systemen.
- Burkard, E.: Entformungskräfte und Entformungskraftmessungen im Kunststoffspritzguss.
- Clauß, C.;
- Schinköthe, W.: Integrierte Wegmessung in Lineardirektantrieben - Eine Zusammenfassung der Arbeiten am IKFF.
- Dannemann, M: Vorabschätzungen zur Dimensionierung von Lineardirektantrieben unter Berücksichtigung dynamischer Einflüsse.
- Joerges, P.: Dynamische Untersuchungen an Linearantrieben, speziell Rastkraftuntersuchungen.
- Mochel, F.: Aerostatische Führungen in Direktantrieben.
- Rothenhöfer, E.: Dimensionierung und Analyse eines linearen Ultraschallmotors mit zwei Reibkontakten.
- Zülch, M.: Simulativ gestützte Auslegung von induktiven Werkzeugheizsystemen im Kunststoffspritzguss.
- Jung, A.: Zur Ausbildung im Konstruieren.

5.2 Gremienarbeit

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe:

Mitglied des Wissenschaftlichen Beirates der Zeitschrift Mechatronik F&M

Mitglied im Kuratorium der Gustav-Magenwirth-Stiftung, Bad Urach

Innerhalb der VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM):

Mitglied des Beirats der GMM

Fachbereichsleiter Fachbereich 3 Feinwerktechnik und Mechatronik

Mitglied des Fachausschusses 3.3 Elektrische Geräte- und Stellantriebe

Mitglied im Arbeitskreis Universitätsprofessoren der Mikro- und Feinwerktechnik.

5.3 Tag der offenen Tür

Par, Birdie oder Eagle? So richtig lassen sich die Begriffe nicht anwenden, wenn es zwar ein Golfball, aber ein Spiel auf einer minigolfartigen Bahn mit maximal drei Schlägen ist.

Es soll eine Maschine entwickelt werden, die in Anlehnung an das Minigolfspiel auf verschiedenen Bahnen den Ball in das Ziel befördert. Im ersten Augenblick denkt man, dass dies doch ganz einfach ist, dann fallen einem aber die vielen Schläge ein, die man selber schon gebraucht hat, um einen Minigolfball in das Loch zu spielen. Um es den Maschinen etwas einfacher zu machen, mussten jedoch nicht 18, sondern „nur“ vier verschiedene Bahnen von den Maschinen bewältigt werden. Aber auch diese vier waren dann doch eine große Herausforderung.

Wie bei den meisten Konstruktionswettbewerben des Instituts für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik mussten auch beim 16. Wettbewerb die Maschinen noch verschiedene Randbedingungen einhalten. So waren z. B. das Gewicht, die Größe und die Energieversorgung der Maschinen eingeschränkt und die von den Studierenden zu bauenden Geräte mussten die Aufgabe vollkommen selbständig, ohne Eingriff eines Bedieners erledigen.

Für die studentischen Teams stellte sich gleich am Anfang der Entwicklung die Frage, ob der Ball, wie beim „richtigen“ Minigolf, in das Loch geschlagen oder doch eher geschoben oder sogar getragen werden sollte. Diese Entscheidung führte dann zu ganz unterschiedlichen Lösungsansätzen.

Welche nun die bessere Variante ist, konnte auch der spannende Wettbewerb nicht endgültig klären. Sowohl bei den schlagenden als auch den schiebenden Maschinen gab es sehr schnelle Lösungen, die den Ball in weniger als vier Sekunden in das über drei Meter entfernte Loch beförderten. Bei der letzten Bahn entschied dann, wie bei vielen menschlichen Minigolfspielern auch, die Konzentration und ruhige Hand beim Zielen und Ausrichten über den ersten Platz.

Der jährlich angebotene Wettbewerb gibt den Studierenden des Maschinenbaus und der Fahrzeug- und Motorentechnik der Universität Stuttgart die Möglichkeit, eine selbstentwickelte und selbstgebaute Maschine im Vergleich zu anderen Lösungen

zu testen. Der Wettkampf findet immer am Tag der Wissenschaft der Universität statt und auch dieses Jahr war es sowohl für die Studierenden als auch für das Publikum wieder ein unterhaltsamer Wettbewerb.

Ein besonderer Dank gilt den folgenden Firmen, die den Wettbewerb teilweise schon seit vielen Jahren unterstützen:

Arburg GmbH & Co, Audi AG, Bilz Werkzeugfabrik GmbH & Co. KG, Carl Hanser Verlag GmbH & Co, Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG, Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co KG, Kendrion Binder Magnete GmbH, Robert Bosch GmbH, Schneider Electric GmbH, Springer Verlag GmbH, WEILER Werkzeugmaschinen GmbH und WERMA Signaltechnik GmbH + Co. KG.

Ergebnisse:

1. Platz: Christina Leuthold, Martin Bode, Roman Dickmann, Harald Krauß
2. Platz: Huyen Trang Nguyen, Diana Reiter, Annette Seeger, Christian Rickenstorf
3. Platz: Mario Reiber, Oleg Vöhringer, Philipp Jonas, Peter Würth.

6 KONGRESSE, TAGUNGEN UND MESSEN

Prof. Schinköthe, W.:

- Workshop „Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen“, Freudenstadt, 18./19.02.2008
- 43. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium der TU Ilmenau, 08.-12.09.2008
- Fertigungstechnisches Kolloquium Stuttgart, 10./11.09.2008

Beier, M.:

- Workshop „Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen“, Freudenstadt, 18./19.02.2008

Berwanger, R.:

- AMB, Internationale Ausstellung für Metallbearbeitung, Stuttgart, 09.09.2008

Burkard, E.:

- ARBURG Technologietage, Loßburg, 03.04.2008
- FAKUMA, Friedrichshafen, 16.10.2008

Engel, M.:

- Internationales Forum Mechatronik und Motek, Stuttgart, 22./23.9.2008
- Bundestagung Deutsche MTM-Vereinigung, Stuttgart, 23.10.2008
- SPS/IPC/Drives, Nürnberg, 26.11.2008
- Industriekolloquium TFB 059 „Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen“, Stuttgart, 11.12.2008

Joerges, P.:

- Fachmesse Motek, Stuttgart, 24.09.2008
- Workshop „Leading Inside“ Maxwell, München, 10.11.2008
- Schulung „Maxwell 3D“, München, 27./28.11.2008

Mochel, F.:

- Workshop „Introduction to Computational Fluid Dynamics“, HLRS, Stuttgart, 22.-26.09.2008

Rothenhöfer, E.:

- Adaptronic Congress 2008 „Modular Test Equipment for the Analysis and Operation of Ultrasonic Motors“, Berlin, 20./21.05.2008

Ulmer, M.:

- „Elektrothermografie“, TAE Esslingen, 08./09.4.2008
- ANSYS Workshop „Elektromagnetische Feldberechnungen“, Grafing, 22.-24.04.2008
- ANSYS Workshop „Magnetfeldberechnung für Fortgeschrittene“, Grafing, 20.-22.08.2008
- Fachmesse AMB, Stuttgart, 09.09.2008
- Fachmesse Motek, Stuttgart, 24.09.2008
- ANSYS Conference & CADFEM User's Meeting, Darmstadt, 22.10.2008
- „Thermische Analyse in der Elektrotechnik“, TAE Esslingen, 08./09.12.2008

Zimmermann, T.:

- ARBURG Technologietage, Loßburg, 03.04.2008
- ARBURG, Schulung KT4, Loßburg, 29./30.05.2008
- 12. Engelskirchener Kunststofftechnologietage, 06.06.2008
- FAKUMA, Friedrichshafen, 16.10.2008
- Euromold, Frankfurt, 03.12.2008

Zülch, M.:

- ARBURG Technologietage, Loßburg, 03.04.2008
- 12. Engelskirchener Kunststofftechnologietage, 06.06.2008
- Fachmesse Motek, Stuttgart, 24.09.2008
- Euromold, Frankfurt, 03.12.2008

7 WERKSTATTBERICHT

Mit der Fertigung von Linearmotoren, Linearmotorprüfständen, Spritzgussformen und Formeinsätzen sowie Bauteilen und Baugruppen für Versuche im Rahmen von praktischen Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Dissertationen war die Institutswerkstatt auch in diesem Berichtsjahr wieder vollständig ausgelastet.

8 ANHANG - Ausgewählte Veröffentlichungen

In diesem Jahr hängen wir exemplarisch eine Veröffentlichung aus dem Bereich Bereich Piezoaktorik und die Institutsvorstellung des IKFF anlässlich des 150-jährigen Jubiläums der Mechanischen Technologien in Stuttgart an.

Rothenhöfer, E.; Weckler, D.; Schinköthe, W.:

Practical High Power Characterisation of Resonant Piezoelectric Vibrators. Actuator 2008, Bremen, 09.-11.06.2008, Conference Proceedings, S. 611-614.

Schinköthe, W.:

Feinwerktechnik misst und treibt an. Transmitter 03/2008, S. 37-39 (Beitrag zum Jubiläumstransmitter 150 Jahre Mechanische Technologien in Stuttgart).

Practical High Power Characterisation of Resonant Piezoelectric Vibrators

E. Rothenhöfer, D. Weckler, W. Schinköthe, Universität Stuttgart, Germany

Abstract:

The electrical admittance of piezoelectric vibrators is an important parameter in the system design of ultrasonic motors. Vibrators are excited with switched inverters and optimum operating conditions can be satisfied only with efficient electrical filter circuits to achieve sinusoidal excitation voltages with a low total harmonic distortion and a good matching of the load to the power supply. However, the vibrators as a part of the filter circuit show substantially different properties at low field strengths as opposed to high field strengths at the operating point. The change is non-linear and well-known small signal equivalent circuits are not suitable to model the vibrator at higher voltages. This paper presents a hands-on method to measure and to model the piezoelectric admittance at higher fields and to use the approach to design filter circuits for ultrasonic motors. The measurements are based on a test bench that uses high power four-quadrant amplifiers and the model is based on a mathematical representation of the measured admittance. The method allows data measured at the operating point to be included into the computation of parameters for filter components. Thus the method substantially improves filter circuit design for operating point conditions.

Keywords: piezoelectric vibrator, larger signal, piezoelectric admittance, characterisation, measurement

Introduction

Material properties supplied from manufacturers of piezoelectric materials are usually determined at small electric fields where piezoelectric ceramics show only small losses. In this operating range linearized models can be applied and are extensively used for finite element analysis (FEA). A second approach is suitable when the emphasis is not on geometric optimization. FEA models can be reduced to lumped models to represent the characteristic electromechanical properties of the converter, Fig. 1.

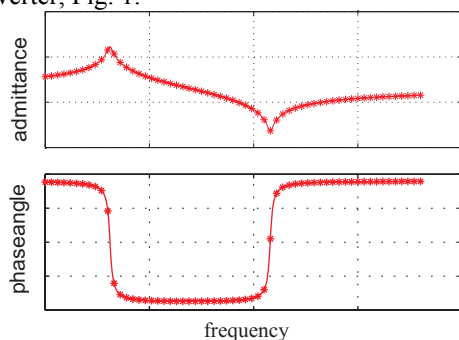


Fig. 1: Piezoelectric admittance

The basis for these electromechanical analogies shows when simple mechanical and electrical oscillators are compared using their differential equations. Equation (1) represents a simple series RLC-circuit and equation (2) the equation of motion of a mechanical system.

$$L \cdot \frac{d^2 q}{dt^2} + R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} \cdot q = U(t) \quad (1)$$

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + d \cdot \frac{dx}{dt} + k \cdot x = F(t) \quad (2)$$

Looking for analogies the electrical inductance L corresponds to the mechanical mass m and the reciprocal of the capacitor C corresponds to the mechanical stiffness k . An electrical resistor R is used to model the viscous damping d . Thus for a mechanical resonator the voltage $U(t)$ equals a force $F(t)$ and the electrical current $I(t)$ a vibration velocity $v(t)$. For a piezoelectric resonator a parallel capacitance C_0 has to be considered so that the well known equivalent circuit from Fig. 2 results.

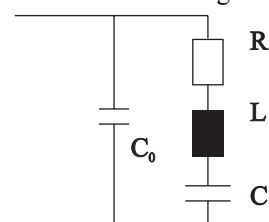


Fig. 2: Electric equivalent circuit

In the mechanical resonance the circuit reduces to C_0 parallel R and allows the determination of the first two parameters from admittance magnitude and phase angle. The remaining model parameters can be determined using the characteristic frequencies as shown in (3) and (4).

$$f_s = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad (3)$$

$$f_p = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{C_0 + C}{L \cdot C_0 \cdot C}} \quad (4)$$

Test Bench for Large Signal Admittance

The analysis based on small signal measurements is a viable means to review the results of finite element analysis and compute resonator damping in free vibration given small losses. The small signal response, however, hardly applies to the usual range of operation of piezoelectric vibrators and ultrasonic motors driven at high voltages. This paper introduces a test bench that allows a one or two phase excitation and the measurement of the admittance of different types of piezoelectric resonators and ultrasonic motors during operation. Fig. 3 shows a schematic of the test bench. The excitation is based on two ROHRER four quadrant amplifiers that can be driven at up to 800 kHz and generate a maximum output current of 3 A at 160 V amplitude. The signal generation is based on a two-phase frequency generator. Voltage and current are measured using a Tektronix scope and a precision shunt resistor. The voltage measurement is ground referenced and thus includes the voltage drop on the 1 Ohm shunt resistor in the measurement of the piezoelectric admittance. A LABVIEW program controls the setup using GPIB and device specific

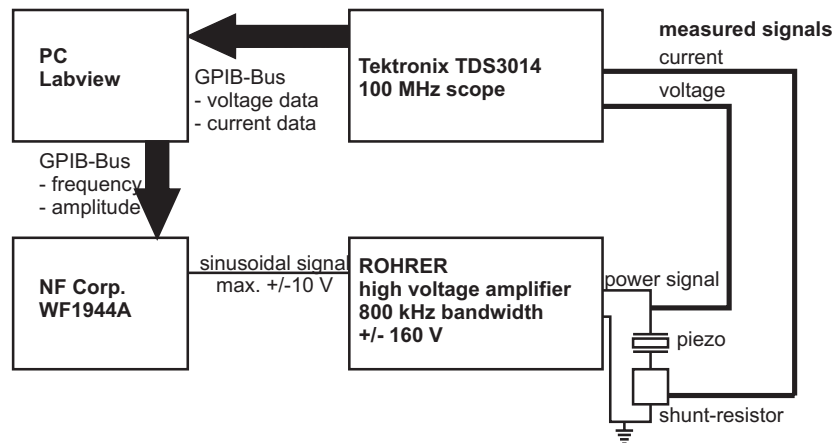


Fig. 3: Test bench schematic

commands to supply the frequency generator with amplitude and frequency values and receive data from the scope. The resulting current and voltage signals in the scope memory are read into the controlling PC and used to compute admittance phase and magnitude values. The Labview program is designed to perform frequency sweeps and show admittance results in a bode plot and in the complex plane. The measured data is written into a text file for further use. The user interface allows different settings e.g. a break time can be specified with low excitation voltages to keep the effects of heat generation especially in the mechanical resonance

as low as possible. The direction of the frequency sweep can be chosen to analyze the hysteresis of the resonator that produces different mechanical resonance frequencies depending on the direction of the sweep. The test bench allows two-phase ultrasonic motors to be measured in continuous operation using a second amplifier. Fig. 4 shows the workstation.

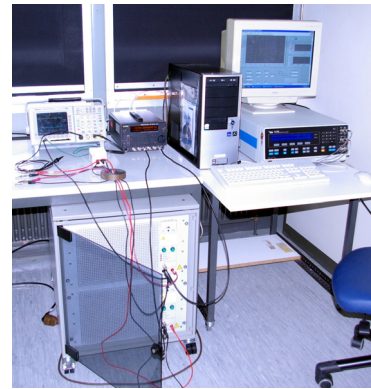


Fig. 4: Admittance measurement workstation

Free Vibration at Strong Electric Fields

Strong electric fields produce changes in the electrical admittance of piezoelectric vibrators. At higher voltages the material hysteresis causes increased losses. The resonance frequency shifts to lower values partly due to heat generation and a decreasing stiffness of the material in resonance. However this is not the only factor contributing to the change in the piezoelectric admittance as dielectric and piezoelectric

material coefficients have field dependent properties, [1]. This paper does not aim for an explanation of these nonlinear effects but presents a hands-on approach that helps to design filter components that consider the results of these changes in the piezoelectric admittance. Fig. 5 shows the measured admittance of a vibrator made from a block of PZ26 piezoelectric ceramic from Ferroperm Piezo vibrating in the first longitudinal mode at different voltages. The dimensions are 60x20x5 mm³. At 2 V_{p-p} the admittance is measured using an impedance analyzer. There the resonator has a high mechanical Q and a resonance frequency of 26305 Hz. However an increased applied voltage

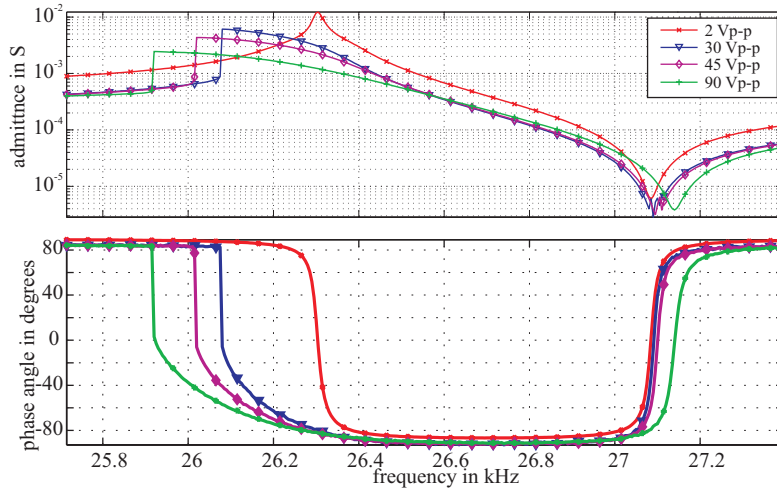


Fig. 5: Admittance shifting with field strength

shifts the resonance frequency to lower values and initiates a magnitude jump. At 90 V_{p-p} the resonance frequency is 380 Hz lower than at 2 V_{p-p} and reduced by a factor three. The measurements show results from a down-sweep. Different values of the threshold frequency will be measured depending on the sweep direction as the admittance shows a hysteretic behaviour schematically shown in Fig. 6. The admittance in this frequency range is unstable. Vibrators need to be driven above the jump range.

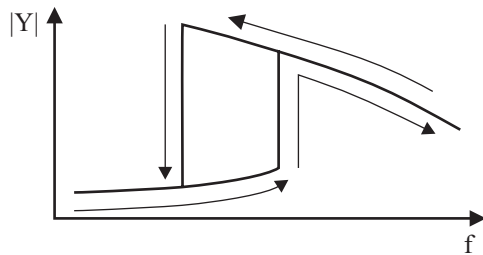


Fig. 6: Frequency hysteresis [2]

Modelling

Piezoelectric vibrators are excited with switched inverters. However their square wave output contains higher harmonics that cannot be used for the vibrator but may energize additional parasitic resonance modes not needed for motor operation. Therefore it is necessary to filter the output to generate a sinusoidal voltage. Next it is necessary to compute currents and voltages in the filter components. A simple model representing the electrical parameters of the resonator is needed. The equivalent circuit from Fig. 2 is not suited as it is based on the small signal admittance. With higher applied voltages it predicts exaggerated currents and inflates the size of components. Deriving a detailed nonlinear model does not seem

to be beneficial in this case as filter components cannot be adapted during motor operation. As a consequence the design is based on the admittance measured at the maximum operating voltage. The measured admittance can be included into the transfer function of filter circuits as a complex number using values computed with a Matlab spline function, Fig. 7. One drawback to this approach is that only the admittance at maximum field strength is considered in the analysis of currents. The evolution of the real admittance at increasing fields is

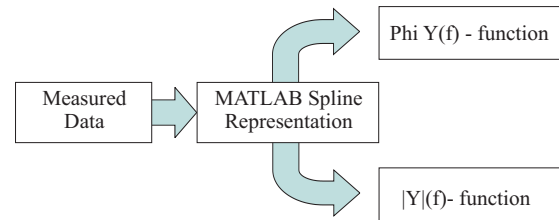


Fig. 7: Large signal admittance modelling

neglected but will be part of further investigations. As an example a series filter circuit for the free vibration of the piezoelectric ceramic block is examined, Fig. 8. In free vibration the resonator is inductive and a capacitor C_p is added for reactive power compensation.

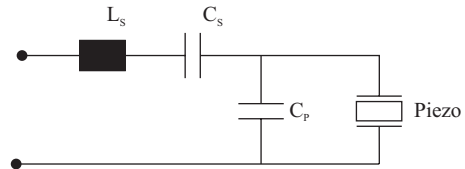


Fig. 8: Serial-parallel filter circuit

The small signal resonance frequency is chosen as the excitation frequency for the circuit as it is well above the range of the jump phenomenon. The filter admittance can be computed using equation (5).

$$Y_{Filter} = \frac{I}{\frac{I}{Y_{L_s}} + \frac{I}{Y_{C_s}} + \frac{I}{Y_{Piezo} + Y_{C_p}}} \quad (5)$$

Y_C is the capacitor admittance and Y_L the inductor Y_{Piezo} is supplied from the spline functions for a given frequency and a set voltage. The inductor and capacitor are chosen to have a series resonance frequency at the small signal resonance of the resonator with a capacitance that equals roughly twice the size of the parasitic capacitance of the small signal equivalent circuit. The resulting load shows a zero degree phase angle and with unity voltage gain at the operating frequency, Fig. 9. The

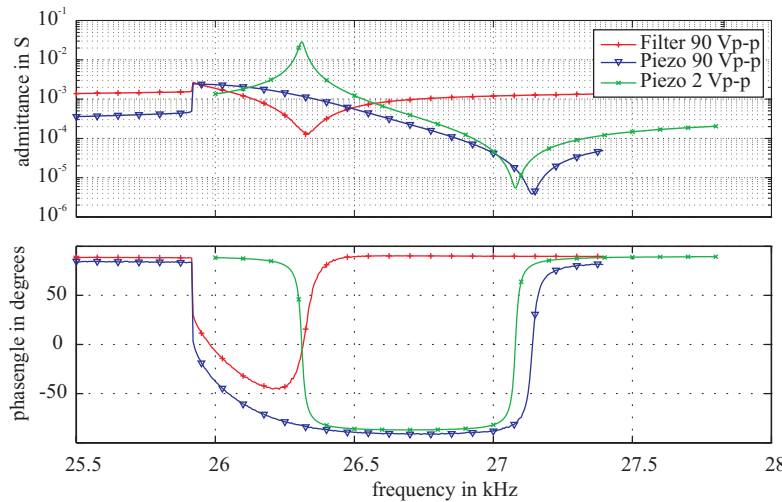


Fig. 9: Filter admittance

small signal equivalent circuit produces an inductor current of 60 mA at 90 V_{p-p} amplitude while the current based on the measured admittance is 22 mA.

Ultrasonic Motor Admittance

For motors in operation the influence of the mechanical contact needs to be considered. A dual mode ultrasonic motor based on a combination of the first longitudinal and the second bending is examined, Fig. 10.



Fig. 10: Dual mode resonator [3]

A fixture with two wheels generates a continuous state of operation for the resonator, Fig. 11

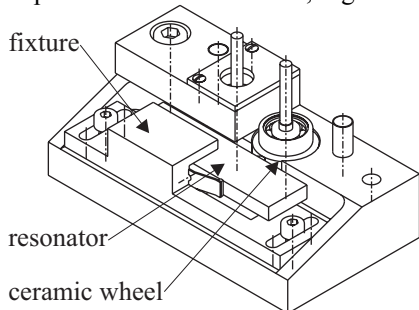


Fig. 11: Resonator fixture

The motor can be subjected to different preloads and additional torque may be applied to the axis to generate a load scenario and analyze the effects on the measured piezoelectric admittance. The

measurement is performed on the bending mode only and compared to the results of a free vibration at an excitation voltage of 30 V_{p-p}. The preload shifts the resonance frequency again to higher values with respect to the free vibration. The admittance magnitude shows two abrupt changes that are caused by the two vibration modes and can be detected in the B2 admittance, Fig. 12.

Conclusion

The nonlinear piezoelectric effect and the preload effects on piezoelectric

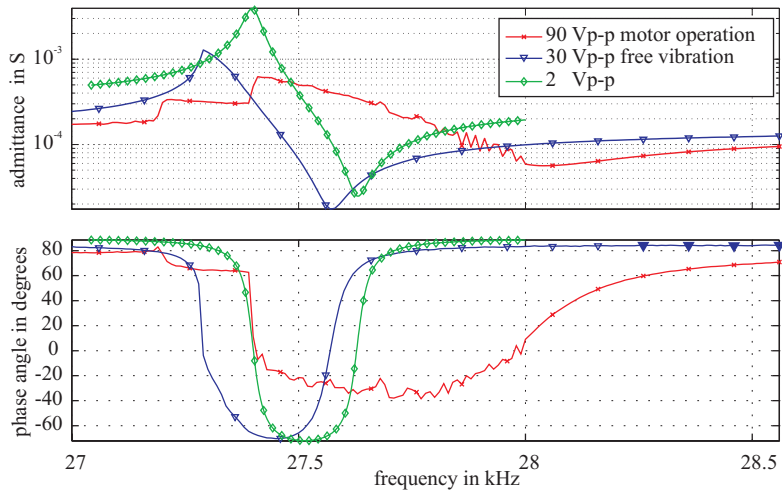


Fig. 12: Free Admittance vs. operating admittance

resonators create a need to measure the admittance at higher voltages or during operation to derive optimum electrical filters for switched power supplies. A test bench for high power measurements of resonators was developed. The large signal analysis and filter analysis carried out on a vibrating block and a dual mode ultrasonic motor resonator show strong differences in the admittance between the excitation levels and show the influence of the frictional contact. Use of a simple spline function allows the inclusion of the data into the analysis of filter components and helps to consider operating point conditions.

References

[1] Bertotti, G.; Mayergoyz, I.: *The Science of Hysteresis Volume 3*. Elsevier, 2006
 [2] C. W. De Silva: *Mechatronics: An Integrated Approach*. CRC Press (2004)
 [3] E. Rothenhöfer, M. Giljum, W. Schinköthe, O. Vyshnevskyy, W. Wischnewskiy: *Optimization of a Two-Contact Linear Ultrasonic Motor Using FEM Analysis*. Actuator 2006, (2006)

Feinwerktechnik misst und treibt an

Das IKFF forscht in den Bereichen Aktorik, Präzisionsguss und Sensorik

Am 1. April 1967 wurde mit der Berufung von Prof. Dr.-Ing. Heinrich Stabe auf den Konstruktionslehrstuhl C der Universität Stuttgart der Grundstein für das heutige IKFF gelegt.

Vorausgegangen waren viele Überlegungen und Planungen, die etwa im Mai 1962 mit der Zielsetzung begannen, in Stuttgart einen feinwerktechnischen Schwerpunkt zu bilden, bestehend aus dem seit 1944 existierenden Uhreninstitut, heute Institut für Zeitmesstechnik, Fein- und Mikrotechnik, dem Institut für Tech-

Nach der Emeritierung von Prof. Stabe übernahm Prof. Dipl.-Ing. Artur Jung dann am 1. März 1977 die Institutsleitung. Prof. Jung bearbeitet in seinem Institut Problemstellungen zur Konstruktionstheorie mechanischer/elektromechanischer Funktionsgruppen und Geräte, die optische Bearbeitung, Sensorik, insbesondere die Objekt- und Lageerkennung von Werkstücken, die Prüfung feinmechanischer Bauelemente, die korrosionsschutzgerechte Konstruktion in Feinwerk- und Elektrotechnik sowie die Spritz-

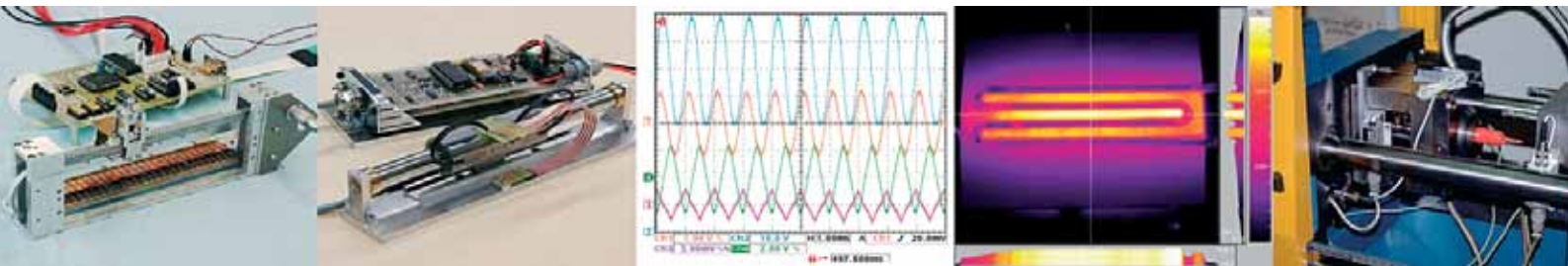
men Vorlesungen im Vor- und Hauptdiplom angeboten. Insbesondere für Studierenden der Elektrotechnik war die Konstruktionstechnik-Vorlesung gedacht.

Im Jahre 1993 gelang schließlich die schon Jahre zuvor angestrebte Verstärkung des Institutes durch eine C4-Fiebiger-Stelle (vorgezogene Nachfolge) mit der Berufung von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe. Zwar war der Zeitraum der Parallelbesetzung bis zur Emeritierung von Herrn Prof. Jung im März 1995 nur recht kurz in Relation zu den



Institut für Konstruktion und
 Fertigung in der Feinwerk-
 technik (IKFF)
 Pfaffenwaldring 9
 70569 Stuttgart

Institutsleitung:
 Prof. Dr.-Ing. Wolfgang
 Schinköthe
 Tel. 0711/685-66402
 ikff@ikff.uni-stuttgart.de



nische Optik (seit 1960) und dem neu zu gründenden Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik – IKFF. Dadurch entstand eine gute Basis für Studium und Forschung im Bereich der Feinwerktechnik, der Mikrotechnik und der Technischen Optik am Standort Stuttgart.

Die Aufbauphase des IKFF begann im Kollegiengebäude K II in der Stadtmitte im 8. Obergeschoss und war geprägt von Lehre und auch ersten größeren Forschungsprojekten (ab 1973 SFB Flexible Fertigungssysteme).

gießtechnologie für feinmechanische Bauelemente.

Umzug nach Vaihingen

Im Juni und Juli 1977 erfolgte der Umzug von der Keplerstraße in der Stadtmitte, in der die Mitarbeiter recht verstreut saßen, in den Neubau im Pfaffenwaldring 9 nach Vaihingen. Von der räumlichen Seite her waren nun sehr gute Arbeitsbedingungen gegeben. Unaufhaltsam wuchs auch die Lehrbelastung. Studierende des Maschinenwesens und benachbarter Studiengänge beka-

eigentlichen Zielen des Fiebiger-Programms, ermöglichte aber einen kontinuierlichen Übergang in der Institutsleitung und in den Lehr- und Forschungsarbeiten des Institutes. Am 1. April 1994 hat Prof. Schinköthe die Institutsleitung übernommen. In der Lehre wurden die Vorlesungen und Übungen aktualisiert und massiv insbesondere um elektromechanische Komponenten erweitert. In der Forschung wurden neue Arbeitsgebiete zur Aktorik in der Feinwerktechnik inklusive Sensorik und zur Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe initiiert

Aktorik und Spritzgießen
 am IKFF

Bilder: IKFF

Neuer Institutsstandort
 am Pfaffenwaldring 9 in
 Vaihingen

Bild: IKFF





Studentengruppe beim Konstruktionswettbewerb im Jahr der Fußball-WM

Bild: IKFF

und das Präzisionsspritzgießen weitergeführt.

Aktorik und Präzisionsspritzguss – Forschung für die Feinwerktechnik

Am Institut werden heute vier Forschungsschwerpunkte bearbeitet. Im Arbeitsgebiet Aktorik stehen feinwerktechnische Direktantriebe

im Mittelpunkt. Die Entwicklung alternativer Antriebssysteme für die Feinwerktechnik auf der Basis elektrodynamischer Kraftwirkung bzw. von Festkörpereffekten (elektrodynamische Linearmotoren, piezoelektrische Antriebssysteme) bildet dabei den Schwerpunkt. Ausgangspunkt ist die Tatsache, dass neben rotatorischen Antrieben zunehmend Lineardirektantriebe in verschie-

denste Anwendungsfelder der Feinwerktechnik vordringen. Initiiert beispielsweise durch die Verfügbarkeit neuer Magnetwerkstoffe oder durch die systematische Untersuchung neuer Wirkprinzipien können bekannte Bauformen miniaturisiert neue Anwendungsfelder erschließen oder auch völlig neue Motorbauformen zum Einsatz kommen.



Im Arbeitsgebiet Präzisionsspritzguss steht die Abformung von Präzisionsbauteilen mit sehr feinen, genauen Strukturen durch Spritzgießen im Vordergrund. Dabei wird neben der Bauteilkonstruktion und dem Formenbau insbesondere der Formfüllvorgang sowohl theoretisch simuliert als auch praktisch an zwei Spritzgießautomaten untersucht. Maßnahmen zur Verbesserung des Füllvorgangs, wie die variotherme Prozessführung durch induktive Formtemperierung, sowie die Erfassung von Entformungskräften bilden gegenwärtig die Arbeitsschwerpunkte. In den letzten Jahren wurden dabei umfangreiche Untersuchungen zur variothermen Prozessführung beim Präzisionsspritzgießen mikrotechnischer und feinwerktechnischer Präzisionsteile vorgenommen.

Im Arbeitsgebiet optische und mechanische Sensorik standen in den letzten Jahren insbesondere Verfahren zur integrierten Wegsignalerfassung in elektrodynamischen Linearmotoren im Fokus.

Großes Interesse am Wettkampf der studentischen Maschinen

Bild: IKFF

Das Arbeitsgebiet Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe wurde im Rahmen einer DFG-Forschergemeinschaft zur Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen im Jahre 2002 gegründet. Dadurch wird Kompetenz in der Zuverlässigkeitstechnik, speziell zur Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe aufgebaut.

Engagierte Lehre, eine wichtige Aufgabe des IKFF

Die Ausbildung der Studierenden wird am IKFF seit Institutsgründung als äußerst wichtige Aufgabe verstanden. Im Hauptdiplom profiliert sich das IKFF mit zwei Schwerpunkten, der Gerätekonstruktion als methodisch orientierte Linie einerseits und der feinwerktechnischen Aktorik als konkret forschungs- und entwicklungsorientierte Linie andererseits, ergänzt durch Spezialvorlesungen. Im Vordiplom bestreitet das IKFF zwei Semester der Konstruktionslehre-Ausbildung, im 3. und 4. Semester können die Studierenden des Maschinenbaus und zum Teil auch anderer Studiengänge wahlweise die Konstruktionslehre Feinwerktechnik belegen. Als Besonderheit wurden dort im vierten Semester Freiräume geschaffen, um einerseits zusätzlich zu den bisher behandelten mechanischen Komponenten auch elektromechanische Baugruppen der Antriebstechnik und Aktorik bereits im Vordiplom darstellen zu können. Andererseits fand auch ein relativ großer Block beispielorientierter Konstruktionsmethodik in das vierte Semester Eingang.

Einen Höhepunkt findet die methodische Ausbildung dabei in dem jährlich stattfindenden Konstruktionswettbewerb, der in die Methodik-Übungen integriert ist. An einer unkonventionellen Aufgabenstellung üben die Studierenden einen kompletten Entwicklungsablauf vom Lastenheft über die Konzept- und Entwurfsphase bis zur Ausarbeitung. Eine bewusst einfach gewählte, unkonventionelle Aufgabenstellung erlaubt dabei einerseits

das Trainieren einer völligen Neuentwicklung ohne von Vorgängerzeugnissen eingeengt zu werden. Andererseits können dabei auch publikumswirksame Wettbewerbe um die besten Lösungen zum Tag der Wissenschaft organisiert werden.

Wettbewerb

Die Studierenden bauen nach dem Entwicklungsprozess und dem Abschluss der eigentlichen Methodikübung auf freiwilliger Basis einen Prototyp ihres Entwurfes und treten mit diesem im Wettbewerb am Tag der Wissenschaft gegen ihre Kommilitonen an.

Gruppen von bis zu fünf Studierenden organisieren sich selbst und bauen ihre eigenen Prototypen, zum Teil auch in der Diplomanwerkstatt des Institutes. Sie kämpfen um die beste Lösung, um den Sieg im Wettkampf aber auch um attraktive Preise, die von der Industrie dafür gestiftet werden. Oft wird die Umsetzung ihrer Lösungen im Rahmen des Konstruktionswettbewerbes aber auch zum heilsamen Kriterium der Wahrheit.

Die Monate vor dem Wettbewerb sind dabei eine Herausforderung für das Institut hinsichtlich des beachtlichen Organisationsaufwandes, die letzte Woche vor dem Wettkampf herrscht Ausnahmezustand.

Wolfgang Schinköthe

Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik (IKFF)

Gründung des IKFF: 1967

Mitarbeiter: 13
 Budget 2007: 0,7 Millionen Euro
 Drittmittelanteil: 30 %

Bisherige Lehrstuhlinhaber und Institutsleiter

1967-1976 Prof. Dr.-Ing. Heinrich Stabe
 1977-1995 Prof. Dipl.-Ing. Artur Jung
 Seit 1993 Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe

Hauptarbeitsgebiete

- Feinwerktechnische Konstruktion und Fertigung
- Aktorik und Sensorik der Feinwerktechnik
- Präzisions-spritzgießen
- Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe

Labore und Anlagen

- Antriebslabore
- Messlabore
- Spritzgussanlagen
- Feinmechanische Werkstatt
- 3-Koordinaten-Messmaschine
- Rasterelektronenmikroskop

Vorlesungen

Es werden Vorlesungen zu folgenden Themen angeboten:

- Konstruktionslehre (Feinwerktechnik) III und IV im Vordiplom
- Grundlagen der Feinwerktechnik; Gerätekonstruktion und -fertigung
- Aktorik in der Feinwerktechnik; Konstruktion, Berechnung und Anwendung mechatronischer Komponenten
- Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und MAXWELL
- Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik; Verfahren, Prozesskette, Simulation

