

Universität Stuttgart

## **Jahresbericht IKFF 2012**

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 2013

## **1 DAS INSTITUT**

- 1.1 Mitarbeiter
- 1.2 Jahresrückblick
- 1.3 Wissenschaftliche Arbeitsgebiete

## **2 LEHRVERANSTALTUNGEN**

- 2.1 Vorlesungen und Übungen für das Bachelorstudium
- 2.2 Vorlesungen und Übungen für das Masterstudium und das Hauptdiplom
- 2.3 Prüfungen
- 2.4 Praktika
- 2.5 Projektarbeiten
- 2.6 Seminar Feinwerktechnik

## **3 WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN, STUDIEN-, DIPLOM- UND BACHELOR-ARBEITEN**

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

## **4 ARBEITSGEBIETE DER WISSENSCHAFTLICHEN MITARBEITER**

- 4.1 Aktorik
- 4.2 Spritzgießen
- 4.3 Zuverlässigkeitstechnik

## **5 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT**

- 5.1 Veröffentlichungen
- 5.2 Doktorandenkolloquien
- 5.3 Gremienarbeit
- 5.4 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

Kornelia Wanner

### **Unbefristeter wissenschaftlicher Mitarbeiter:**

Akademischer Oberrat: Dipl.-Ing. Eberhard Burkard

### **Befristete wissenschaftliche Mitarbeiter:**

Dipl.-Ing. Hakan Akkaya

Dipl.-Ing. Sebastian Bobrowski

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

Dipl.-Ing. Bastian Keller

Dipl.-Ing. Judith Kofler

Dipl.-Ing. Matthias Maier

Dipl.-Ing. Andreas Maucher (ab Januar 2013)

Dipl.-Ing. Minh Nguyen (Graduate Student der GSaME)

Dipl.-Ing. Adrian Retzbach

Dipl.-Ing. Benjamin Reutzsch

Dipl.-Ing. Gregor Schattka

Dipl.-Ing. Matthias Ulmer

### **Modellbau und Versuchswerkstatt:**

Ralf Berwanger

Stefan Schneider

**Wissenschaftliche Hilfskräfte:**

Dietz, Nina

Litwin, Thomas

Grandy, Marko

Pham, Tien

Karlowitz, Andreas

Riaz, Zohaib

Laabs, Kevin

Strohmeyr, Simon

## 1.2 Jahresrückblick

**Personalia**

Im Jahr 2012 inklusive Januar 2013 wurden vier neue wissenschaftliche Mitarbeiter eingestellt, Frau Dipl.-Ing. Judith Kofler sowie die Herren Dipl.-Ing. Hakan Akkaya, Dipl.-Ing. Adrian Retzbach und im Januar Dipl.-Ing. Andreas Maucher.

**Aktivitäten in der Lehre**

Ab Oktober 2011 begannen im Maschinenbau die Masterstudiengänge, unter anderem auch der Masterstudiengang Maschinenbau/ Mikrotechnik, Gerätetechnik und Technische Optik (Studiendekan Prof. Schinköthe, Studiengangsmanager Herr Burkard). Allerdings sind bisher immer noch vergleichsweise wenige Bachelor aus Stuttgart planmäßig nach 6 Semestern in einen Master übergetreten. Zuspruch zu unserem Master gab es vor allem von außen, aus anderen Universitäten, Fachhochschulen bzw. aus Dualen Hochschulen. Bisher hat der Master 22 eingeschriebene Studierende. Generell haben alle spezialisierten Master noch vergleichsweise geringe Studierendenzahlen. Aus unserer Sicht ist ein weiterführender Masterstudiengang für die Studierenden allerdings zwingend nötig.

Die Anfängerzahlen im Maschinenbau sind konstant hoch. Der Doppeljahrgang hat sich nicht ausgewirkt, viele Studierende kamen schon im letzten Jahr hinzu (Aussetzung der Wehrpflicht), andere warten vielleicht noch wegen der Presseberichte über möglicherweise volle Hörsäle. Die Anfängerzahlen aller maschinenbaulichen Studiengänge der Universität Stuttgart (ohne Luft- und Raumfahrttechnik) liegen nach ca. 1200 Studierenden in 2011 nun bei ca. 1150 Studierenden. Das entspricht etwa 25 % aller Erstsemester der gesamten Universität. Im Studiengang Maschinenwesen selbst bewegen sich die Anfängerzahlen wie im Vorjahr bei ca. 370. Hinzu kommen noch insgesamt ca. 385 Masterstudierende in allen Mastern der Fakultät, was sogar etwa 32 % aller Masteranfänger der Universität entspricht.

In der Konstruktionslehre Feinwerktechnik hatten wir bis zum Sommer 78 Studierende zu betreuen, im Wintersemester sind es 79. Die Bachelor-Lehrver-

anstaltungen konzentrierten sich nach wie vor auf die Fächer Konstruktionslehre Feinwerktechnik III und IV im dritten und vierten Semester als Wahlmöglichkeit für die beiden Bachelorstudiengänge Maschinenbau sowie Fahrzeug- und Motorentechnik. Ein Highlight ist dabei immer wieder der Konstruktionswettbewerb, auf den weiter hinten noch eingegangen wird.

Im Hauptfach laufen die Diplomstudiengänge aus und die Master beginnen zu greifen. Derzeit belegen 35 Studierende das Fach „Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik“ als Pflicht- oder Kernfach. 13 Studierende belegen das Kernfach „Aktorik“. Das Fach „Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik, Verfahren, Prozesskette, Simulation“ belegten 5 Studierende, es ist noch im Aufbau, die „Praktische FEM Simulation mit ANSYS und MAXWELL“ belegten 16 Studierende. Im vergangenen Jahr hatten wir zudem mit 29 Studien-, Bachelor- und Diplomarbeiten wieder einen enormen Zuspruch in diesem Bereich. Hinzu kamen nochmals 20 Studierende in Projektarbeiten.

Die Lehrveranstaltungen des Hauptdiploms konzentrieren sich auf die beiden Schwerpunkte Gerätekonstruktion als methodisch orientierte Linie und feinwerktechnische Actorik als konkret forschungs- und entwicklungsorientierte Linie, ergänzt durch die Lehrveranstaltungen Praxis des Spritzgießens und Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und MAXWELL.

Die Vorlesung „Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik“ behandelt Grundlagen der Entwicklung und Konstruktion feinwerktechnischer Geräte bzw. Systeme. Den Schwerpunkt bilden Themenkreise wie zuverlässigkeits- und sicherheitsgerechte Konstruktion, Genauigkeit, Fehlverhalten und Toleranzrechnung in der Präzisionsgerätetechnik, Lärminderung in der Gerätetechnik sowie Beziehungen zwischen Gerät und Umwelt. Eingeschlossen in die Lehrveranstaltung sind drei praktische Bestandteile, zur Einführung in die Koordinatenmesstechnik, zur Zuverlässigkeit und zur Geräuschemessung und Lärminderung.

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.

Unsere Lehrveranstaltung „Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und MAXWELL“ wurde wieder sehr gut angenommen und ist mit 19 Studierenden sehr gut ausgelastet. Auch unsere Lehrveranstaltung „Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik; Verfahren, Prozesskette, Simulation“ fand 2012, wenn auch mit kleiner Teilnehmerzahl, wieder erfolgreich statt. Diese Vorlesung wird ab SS 2012 mit dem doppelten Umfang (4 SWS) gelesen und beinhaltet den gesamten Komplex Spritzgießen.

Die Hauptfachpraktika Ultraschallantriebe, Lineardirektantriebe, Schrittmotoren, Gleichstrommotoren, Koordinatenmesstechnik, FEM-Berechnung mit ANSYS sowie MAXWELL, Spritzgießen inklusive Spritzgieß-Simulation mit Moldflow sind in die Lehrveranstaltungen einbezogen. Mit diesen insgesamt 7 Praktika wurde ein solides Angebot zum praktischen Arbeiten für die Studierenden geschaffen.

Die Absolventen fanden auch 2012 problemlos ihren Einstieg in die Industrie.

### **Aktivitäten in der Forschung**

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

Als Schwerpunkt in der Nutzung elektrodynamischer Antriebsprinzipien wurden 2012 Untersuchungen zum thermischen Verhalten derartiger Antriebe abgeschlossen sowie Arbeiten zu magnetischen Führungen weitergeführt und dazu ein Patent eingereicht. Die Forschungen zur Entwicklung von neuartigen Direktantrieben mit piezoelektrischen Antrieben wurden 2012 ebenfalls fortgeführt. Hier bilden 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 gegenseitig.

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. Dazu läuft ein ZIM-Projekt.

Im Jahre 2012 wurden darüber hinaus die Arbeiten zur variothermen Prozessführung mit integrierten Induktoren und Impulskühlung sowie zur Nutzung der Induktionserwärmung für andere Aufgaben (Induktives Kleben) weiterbetrieben. Ergebnisse



dazu sind mehrfach veröffentlicht. Auch hierzu laufen insgesamt drei ZIM-Projekte, die der breiten Überführung dieser Erkenntnisse dienen.

Im Arbeitsgebiet **Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe** konnte ein gemeinsames DFG-Projekt im Normalverfahren zusammen mit der Universität Hohenheim eingeworben werden. Ziel ist dabei eine Zuverlässigkeitsprognose in frühen Entwicklungsphasen mit Hilfe statistischer Modelle. Mit den zu entwickelnden Prognosesystemen sollen effiziente Werkzeuge für die Nutzung vorhandener Ausfalldaten zur statistischen Vorhersage des Ausfallverhaltens bei nicht unmittelbar getesteten Parametersätzen in verschiedenen Phasen der Entwicklungs- und Lebenszyklen verfügbar werden. Derzeit stehen Dauerversuche zur Ermittlung der Ausfalldaten vorzugsweise an Kleingetrieben im Mittelpunkt.

Generell werden dabei am Institut neben oder innerhalb dieser Forschungsarbeiten auch eine Vielzahl von Industrieprojekten realisiert.

### 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 und Simulation. Zusätzlich wurden die Aktivitäten auch auf die Entwicklung von Luftführungen und magnetische Schwebeführungen für Linearantriebe erweitert. Neben den elektrodynamischen Systemen bilden piezoelektrische Antriebe 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. Neuerdings kommen auch Aktivitäten zum Magnetspritzgießen hinzu.

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 sowie thermische Berechnungen für Linearantriebe oder die FEM-Analyse von piezoelektrischen Antrieben.

Auch das Arbeitsgebiet **Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe** lässt sich in diesen Problemkreis einordnen. Hier arbeitet das Institut auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit von elektromechanischen/mechatronischen Systemen am Beispiel feinwerktechnischer Antriebe/Aktorik. 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, Piezomotoren).
- Berechnung derartiger Antriebe und Simulation ihres dynamischen Verhaltens.
- Erarbeitung geeigneter Unterstützungsmittel und Methoden zur Entwicklung derartiger Antriebssysteme.
- Entwicklung von magnetischen Schwebeführungen für Linearantriebe.

#### 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.
- Magnetspitzgießen.
- Erweiterung der induktiven Erwärmung auf weitere Anwendungen (induktiv unterstütztes Kleben).

### 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 Bachelorstudium

#### **Konstruktionslehre III (Feinwerktechnik) (Schinköthe, Burkard)**

Wintersemester 2011/2012: 76 Studenten (mach + famo)

Wintersemester 2012/2013: 79 Studenten (mach + famo)

15 Vorlesungen à 2 SWS

15 Vorlesungen à 1 SWS

15 Übungen à 2 SWS

Betreuer: Burkard, Keller, Reutzsch, Ulmer

#### **Konstruktionslehre IV (Feinwerktechnik) (Schinköthe, Burkard)**

Sommersemester 2012: 78 Studenten (mach + famo)

13 Vorlesungen à 2 SWS

13 Vorlesungen à 1 SWS

13 Übungen à 2 SWS

Betreuer: Bobrowski, Burkard, Reutzsch, Schattka

### 2.2 Vorlesungen und Übungen für das Bachelor- und Masterstudium und das Hauptdiplom

#### **Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik (Schinköthe, Burkard, Bobrowski)**

Wintersemester 2011/2012: 15 Studenten

Wintersemester 2012/2013: 35 Studenten

18 Vorlesungen à 2 SWS

9 Übungen à 2 SWS

Betreuer: Burkard, Bobrowski, Engel, Reutzsch

## **Aktorik in der Gerätetechnik - Konstruktion, Berechnung, und Anwendung mechatronischer Komponenten**

### **(Schinköthe)**

Wintersemester 2011/2012: 6 Studenten

Wintersemester 2012/2013: 13 Studenten

9 Vorlesungen à 2 SWS

5 Übungen à 2 SWS

Sommersemester 2012: 9 Studenten

6 Vorlesungen à 2 SWS

8 Übungen à 2 SWS

Betreuer: Keller, Reutzsch, Ulmer

## **Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und MAXWELL**

### **(Ulmer, Nguyen, Reutzsch)**

Sommersemester 2012: 16 Studenten

10 Vorlesungen à 2 SWS

10 Übungen à 2 SWS

Betreuer: Ulmer, Nguyen, Reutzsch

## **Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik; Verfahren, Prozesskette, Simulation**

### **(Schinköthe/Burkard)**

Sommersemester 2012: 5 Studenten

19 Vorlesungen à 2 SWS

7 Übungen à 2 SWS

Betreuer: Burkard

## **Projektarbeiten für alle Studierenden der Maschinenbau fakultäten**

Wintersemester 2011/2012: 20 Studenten

5 Gruppen mit jeweils 3-5 Studierenden

Wintersemester 2012/2013: 20 Studenten

5 Gruppen mit jeweils 4 Studierenden

## 2.3 Prüfungen

Fach	Termin	Kandidaten
KL III + IV (Feinwerktechnik)	F 2012	12
	H 2012	48
Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik (Kompetenzfeld, Pflichtfach)	F 2012	15
	H 2012	1
Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik (Kernfach, mündlich)	F 2012	4
	H 2012	0
Aktorik in der Feinwerktechnik - Berechnung, Konstruktion und Anwendung mechatronischer Komponenten (Kernfach, mündlich) (Pflichtfach, mündlich)	F 2012	2
	H 2012	4
	H 2012	2
Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik; Verfahren, Prozesskette, Simulation	H 2012	4
Praktische FEM Simulation mit ANSYS und MAXWELL	H 2012	8
Projektarbeiten	F 2012	20
Hauptfach Feinwerktechnik	F 2012	2
	H 2012	3
Studienarbeit Feinwerktechnik	F 2012	6
	H 2012	3
Bachelorarbeiten	F 2012	9
	H 2012	7
Diplomarbeiten/Masterarbeiten	F 2012	5
	H 2012	1

## 2.4 Praktika

### Hauptfachpraktikum Feinwerktechnik

(Für Studierende des Hauptfachs Feinwerktechnik)

#### Sommersemester 2012

Versuch 1: „Gleichstrommotoren“

10 Teilnehmer 3 Termine

Betreuer: Engel, Bobrowski

Versuch 2: „Spritzgießen“

7 Teilnehmer 2 Termine

Betreuer: Maier

Versuch 3: „FEM-Simulation mit ANSYS/MAXWELL“

16 Teilnehmer 5 Termine

Betreuer: Ulmer, Nguyen, Reutzsch

Versuch 4: „Lineardirektantriebe“

11 Teilnehmer 3 Termine

Betreuer: Ulmer, Reutzsch

Versuch 5: „Ultraschallantriebe“

16 Teilnehmer 3 Termine

Betreuer: Keller

#### Wintersemester 2012/2013

Versuch 1: „Koordinatenmesstechnik“

25 Teilnehmer 6 Termine

Betreuer: Burkard

Versuch 2: „Gleichstrommotoren“  
6 Teilnehmer 1 Termin  
Betreuer: Engel, Bobrowski

Versuch 3: „Lineardirektantriebe“  
6 Teilnehmer 2 Termine  
Betreuer: Reutzsch, Kofler

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

Wintersemester 2012/2013

Versuch 2: „Koordinatenmesstechnik“  
25 Teilnehmer 6 Termine  
Betreuer: Burkard

### **Praktika im Rahmen des Kompetenzfeldes Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik**

Wintersemester 2012/2013

Versuch 1: „Einführung in die 3D-Messtechnik“  
24 Teilnehmer 3 Termine  
Betreuer: Burkard

Versuch 2: „Zuverlässigkeitsuntersuchung und Lebensdauertests“  
33 Teilnehmer 2 Termine  
Betreuer: Bobrowski

Versuch 3: „Einführung in die Geräuschmesstechnik und Lärminderung“  
10 Teilnehmer 1 Termin  
Betreuer: Reutzsch, Engel



## 2.5 Projektarbeiten

### Wintersemester 2011/2012

- |            |  |
|------------|--|
| 09.02.2012 | Konstruktion von Spritzgießwerkzeugen für Demonstratorteile für den Tag der Wissenschaft |
| 09.02.2012 | Entwicklung von Regelungskonzepten für ein magnetisch gelagertes Schwebesystem           |
| 09.02.2012 | Funktionsanalyse eines feinwerktechnischen Geräts aus der Computertechnik (Bandwechsler) |
| 09.02.2012 | Entwicklung von Zahnradvermessungsroutinen   |
| 09.02.2012 | Konstruktion und Aufbau eines elektromagnetischen Aktors                                 |

### Wintersemester 2012/2013

- |            |   |
|------------|---|
| 31.01.2013 | Konstruktion eines Spritzgießwerkzeugs mit Kassetteneinsätzen                         |
| 31.01.2013 | Entwicklung von Regelungskonzepten für einen elektromagnetischen Schwebeaktor         |
| 07.02.2013 | Aufbau einer Messvorrichtung zur Bestimmung der Reibwerte von axial belasteten Lagern |
| 07.02.2013 | Entwicklung und Inbetriebnahme eines DC-Motorprüfstands                               |
| 07.02.2013 | Funktionsanalyse eines feinwerktechnischen Geräts aus der Computertechnik             |

## 2.6 Seminar Feinwerktechnik (WS 2011/12 und SS 2012)

27.10.2011	Keilbach, Daniel	Experimentelle Ermittlung von Temperaturverteilungen in Spulen aus Backlackdraht
17.11.2011	Lutz, Christian	Erweiterung der automatischen Datenerfassung von Impedanzanalysatoren mit Labview
17.11.2011	Wälder, Jonas	Konstruktion eines Spritzgießwerkzeugs mit externer induktiver Temperierung und wechselbaren Kavitätseinsätzen
01.12.2011	Rähtz, Christian	Aufbau und Implementierung einer Regelungsstruktur für einen magnetisch geführten Schwebeantrieb
01.12.2011	Dietz, Nina	Konstruktion eines Prüfkörpers für die Überprüfung von 3D-Messgeräten und Konzeption eines Praktikumsversuchs mit diesem Prüfkörper
19.01.2012	Kaucher, Ina	Konstruktion eines Werkzeugeinsatzes für das Spritzgusspraktikum
19.01.2012	Dusdal, Alexander	Konstruktion eines Spritzgusswerkzeugs mit integrierter induktiver Erwärmung
26.01.2012	Bokesch, Stefanie	Entwicklung einer Simulationsmethodik auf Basis der FEM zur Abbildung der Temperaturverteilung in Spulen
02.02.2012	Schattka, Gregor	Thermische FEM-Analyse eines feinwerktechnischen Lineardirektantriebs

02.02.2012	Retzbach, Adrian	Aufbau einer dSPACE gestützten Steuer- elektronik mit Frequenznachführung für dreiphasige Ultraschallmotoren
16.02.2012	Wolf, Martin	Simulative Untersuchungen von ther- mischen Randbedingungen mit ANSYS und ANSYS CFX
16.02.2012	Szasz, Thomas	Konstruktion eines Prüfstands zur Ermitt- lung der Abscherfestigkeit von mit Kunst- stoff umspritzten Einlegeteilen
16.02.2012	Weidner, Markus	Konstruktion von Formeinsätzen zur Herstellung von Demonstratorteilen mittels eines induktiv beheizten Spritzgusswerk- zeugs
16.02.2012	Dannecker, Benjamin	Konzeption, Entwurf und Dimensionierung eines bistabilen miniaturisierten Magnet- ventils für Brennstoffzellenanwendungen
26.04.2012	Butzer, Manuel	Aufbau eines Simulationsmodells für einen permanentenerregten Gleichstrommotor
05.06.2012	Sturm, Josef	Grundlagenuntersuchungen zur direkten elektrodynamischen Temperierung von Spritzgusswerkzeugen unter Ausnutzung des Effekts der frequenzabhängigen Stromverdrängung
21.06.2012	Strohmeyr, Simon	Entwicklung und Aufbau eines Prüfstands zur messtechnischen Erfassung von Wärmeübergängen
12.07.2012	Schiele, Frank	Konstruktion einer universellen Resona- torhalterung für die Erfassung mecha- nischer Amplituden von Ultraschallmotoren

24.07.2012	Walker, Simon	Simulationsgestützte Konstruktion einer Helmholtzspule
30.08.2012	Ebert, Christofer	Entwicklung eines Prüfstandes zur Steifigkeitsmessung an einem linearen Schwebenantrieb
06.09.2012	Kammerlocher, Andreas	Konstruktion modular kombinierbarer Abtriebsmodule mit variabler Anpresskraft für diverse multimodale Ultraschallmotoren
06.09.2012	Bayerlein, Philipp	Simulative und experimentelle Untersuchung des Schwingverhaltens geklebter piezoelektrischer Ringproben
06.09.2012	Craciunescu, Benjamin	Entwicklung eines Moduls zur Erweiterung einer Vorrichtung zur Zahnradvermessung

#### Wintersemester 2012/2013 (unvollständig)

10.10.2012	Pricci, Roberto	Konstruktion eines Kerns zur Messung der Schwindkräfte für das Spritzgießwerkzeug zur Messung von Entformungskräften
29.11.2012	Jamroz, Ariel	Entwicklung einer trajektoriengeplanten Vorschubregelung für einen synchronen Lineardirektantrieb
29.11.2012	Kauer, Benjamin	Messdatenerfassung und Prüfstandssteuerung mit Microcontrollern und USB
06.12.2012	Altdörfer, Denis	Untersuchungen zum Verschleiß und zur Lebensdauer von Kunststoff-Zahnradern
06.12.2012	Kofler, Judith	Entwicklung einer Mehrgrößenregelung für einen Schwebenantrieb

10.01.2013	Knelz, Walter	Entwicklung eines kombinierten Prüfstands zur Aufnahme von Motorkennlinien
17.01.2013	Beckert, Markus	Entwicklung und Konstruktion eines motorischen Antriebs für den Fokus eines Mikroskops zur Erweiterung des Schärfentiefebereichs
17.01.2013	Schönwiesner, Micha	Entwicklung und Konstruktion einer Ausgabe- und Selektiervorrichtung für Spritzgießmaschinen
31.01.2013	Wuschek, Christian	Regelung eines elektromagnetischen Schwebeaktors
21.02.2013	Lipowsky, Tobias	Konstruktion eines Lineardirektantriebs mit statorseitigen Halbach-Arrays
21.02.2013	Kuczera, Matthias	Konzeption, Konstruktion und Simulation eines Tauchspulmotors

### 3 WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN, STUDIEN-, DIPLOM- UND BACHELORARBEITEN

#### 3.1 Dissertationen

Zimmermann, Till	Auslegung und Konstruktion von Spritzgusswerkzeugen mit induktiver Temperierung. Dissertation, Universität Stuttgart, IKFF, Institutsbericht Nr. 35, 2012
Wibbing, Daniel	Wegmess-System für Miniatur-Linearmotoren (SensMiLi). Dissertation, Universität Stuttgart, IKFF, Institutsbericht Nr. 36, 2013

#### 3.2 Diplomarbeiten am IKFF (WS 2011/12 und SS 2012)

10/2011	Schattka, Gregor	Thermische FEM-Analyse eines feinwerktechnischen Lineardirektantriebs
10/2011	Reiter, Diana	Modellbildung zur thermo-hydraulischen Systemsimulation für ein NKW-Automatikgetriebe
12/2011	Keck, Alexander	Pulse control for swim training
02/2012	Retzbach, Adrian	Aufbau einer dSPACE gestützten Steuer elektronik mit Frequenznachführung für dreiphasige Ultraschallmotoren
02/2012	Rapp, Stefan	Konzeption eines Funktions-, Kosten- und Bauraum-optimierten Blockiermechanismus für einen Bohrhammer

03/2012	Reiber, Mario	Konstruktion und Berechnung einer integrierten Rollenbahn für eine Spritzkabine
05/2012	Schnell, Thomas	Ermittlung der Eigenschaften von Getriebemotoren in der Feinwerktechnik
08/2012	Kofler, Judith	Entwicklung einer Mehrgrößenregelung für einen Schwebeantrieb
Wintersemester 2012/2013 (unvollständig)		
11/2012	Maucher, Andreas	Entwicklung und Konstruktion eines RTM-Werkzeugs mit energieeffizienter, variothermer Temperierung zur Herstellung großflächiger CFK-Bauteile

### **3.3 Bachelorarbeiten am IKFF (WS 2011/12 und SS 2012)**

10/2011	Keilbach, Daniel	Experimentelle Ermittlung von Temperaturverteilungen in Spulen aus Backlackdraht
10/2011	Wälder, Jonas	Konstruktion eines Spritzgießwerkzeugs mit externer induktiver Temperierung und wechselbaren Kavitätseinsätzen
11/2011	Dietz, Nina	Konstruktion eines Prüfkörpers für die Überprüfung von 3D-Messgeräten und Konzeption eines Praktikumsversuchs mit diesem Prüfkörper
11/2011	Lutz, Christian	Erweiterung der automatischen Datenerfassung von Impedanzanalytoren mit Labview

02/2012	Wolf, Martin	Simulative Untersuchungen von thermischen Randbedingungen mit ANSYS und ANSYS CFX
02/2012	Szasz, Thomas	Konstruktion eines Prüfstands zur Ermittlung der Abscherfestigkeit von mit Kunststoff umspritzten Einlegeteilen
03/2012	Dusdal, Alexander	Konstruktion eines Spritzgusswerkzeugs mit integrierter induktiver Erwärmung
03/2012	Weidner, Markus	Konstruktion von Formeinsätzen zur Herstellung von Demonstratorteilen mittels eines induktiv beheizten Spritzgusswerkzeugs
03/2012	Kaucher, Ina	Konstruktion eines Werkzeugeinsatzes für das Spritzgusspraktikum
04/2012	Butzer, Manuel	Aufbau eines Simulationsmodells für einen permanenterregten Gleichstrommotor
05/2012	Sturm, Josef	Grundlagenuntersuchungen zur direkten elektrodynamischen Temperierung von Spritzgusswerkzeugen unter Ausnutzung des Effekts der frequenzabhängigen Stromverdrängung
06/2012	Strohmeyr, Simon	Entwicklung und Aufbau eines Prüfstandes zur messtechnischen Erfassung von Wärmeübergängen
07/2012	Schiele, Frank	Konstruktion einer flexiblen Haltevorrichtung für Piezoaktoren zur Messung mechanischer Auslenkungen mit einem Laservibrometer



08/2012	Ebert, Christofer	Entwicklung eines Prüfstandes zur Steifigkeitsmessung an einem linearen Schwebetrieb
09/2012	Beckert, Markus	Entwicklung und Konstruktion eines motorischen Antriebs für den Fokus eines Mikroskops zur Erweiterung des Schärfentiefebereichs
09/2012	Craciunescu, Benjamin	Entwicklung eines Moduls zur Erweiterung einer Vorrichtung zur Zahnradvermessung

#### Wintersemester 2012/2013 (unvollständig)

10/2012	Pricci, Roberto	Konstruktion eines Kerns zur Messung von Schwindkräften für das Spritzgießwerkzeug zur Messung von Entformungskräften
11/2012	Kauer, Benjamin	Messdatenerfassung und Prüfstandssteuerung mit Mikrocontrollern und USB
11/2012	Schönwiesner, Micha	Entwicklung und Konstruktion einer Ausgabe- und Selektivvorrichtung für Spritzgießmaschinen
12/2012	Jamroz, Ariel	Entwicklung einer trajektoriengeplanten Vorschubregelung für einen synchronen Lineardirektantrieb
12/2012	Knelz, Walter	Entwicklung eines kombinierten Prüfstands zur Aufnahme von Motorkennlinien
12/2012	Altdörfer, Denis	Untersuchungen zum Verschleiß und zur Lebensdauer von Kunststoff-Zahnradern
01/2013	Wuschek, Christian	Regelung eines elektromagnetischen Schwebektors

### 3.4 Studienarbeiten am IKFF (WS 2011/12 und SS 2012)

10/2011	Landecker, Felix	Optimierung einer Vorrichtung zur automatischen Vermessung von feinwerktechnischen Kunststoffzahnradern
10/2011	Hadiani Kapourchali, datenArsham	Entwicklung von Routinen zur Prüfstandsauswertung
10/2011	Rähtz, Christian	Aufbau und Implementierung einer Regelungsstruktur für einen magnetisch geführten Schwebeantrieb
01/2012	Bokesch, Stefanie	Entwicklung einer Simulationsmethodik auf Basis der FEM zur Abbildung der Temperaturverteilung in Spulen
03/2012	Dannecker, Benjamin	Konzeption, Entwurf und Dimensionierung eines bistabilen miniaturisierten Magnetventils für Brennstoffzellenanwendungen
07/2012	Walker, Simon	Simulationsgestützte Konstruktion einer Helmholtzspule
09/2012	Bayerlein, Philipp	Simulative und experimentelle Untersuchung des Schwingverhaltens geklebter piezoelektrischer Ringproben
09/2012	Kammerlocher, Andreas	Konstruktion modular kombinierbarer Abtriebsmodule mit variabler Anpresskraft für diverse multimodale Ultraschallmotoren
Wintersemester 2012/2013 (unvollständig)		
12/2012	Knelz, Walter	Entwicklung eines kombinierten Prüfstands zur Aufnahme von Motorkennlinien

## 4 ARBEITSGEBIETE DER WISSENSCHAFTLICHEN MITARBEITER

### 4.1 Aktorik

Engel, M.

Lehre:

Betreuung der Bachelorübungen in KL 3/4 in Form von Gruppenübungen. Korrektur von Klausuraufgaben.

Durchführung des Praktikums „Gleichstrommotoren“.

Aufbau und Durchführung des Praktikums „Schallmessung“.

Betreuung FEM-Praktikumsarbeit.

Betreuung Bachelor-Projektarbeit.

Forschung:

Wirbelstrom- und Hystereseverluste in Linearmotoren.

Simulation von Wirbelstromverlusten und Hystereseverlusten in Rückschlussmaterialien.

Konzepte zur Reduzierung der Verlustkomponenten.

Inbetriebnahme und Messungen am Prüfstand zur Verlustmessung in Materialien.

Keller, B.

Lehre:

Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4 in Form von Vortrags- und Gruppenübungen und Überarbeitung der Vortragsübung „Getriebedimensionierung“.

Ausarbeitung von Aufgabenstellungen für Übungs- und Klausuraufgaben sowie deren Korrektur.

Durchführung der Vortragsübung „Ultraschallantriebe“ im Hauptfach Aktorik. Durchführung des Praktikums „Ultraschallantriebe“.

Betreuung von Bachelor-, Studien- und Diplomarbeiten.

Forschung:

Entwicklung von piezoelektrischen Motoren mit Schwerpunkten in Schwingungsuntersuchungen und in der Entwicklung von

geeigneten Ansteuerelektroniken der Motoren in Verbindung mit dSPACE.

Industrieprojekte.

Sonstiges: PC-Administration.

Kofler, J.

Lehre:

Mitbetreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4 in Form von Gruppenübungen. Korrektur von Übungsaufgaben.

Industrieprojekte.

Reuttsch, B.

Lehre:

Vortragsübung und Vorlesung KL 3/4 zum Themenkomplex „Welle-Lager“ und „Kupplungen“.

Vorlesung zum Themenkomplex „Ansteuerung und Regelung von Lineardirektantrieben“ in „Aktorik in der Feinwerktechnik“.

Vorlesung „Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und MAXWELL“.

Durchführung der Praktika „Lineardirektantriebe“ und „Geräuschesstechnik“.

Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4, Testatgruppen.

Organisation des Übungskomplexes „Welle-Lager“ und „Kupplungen“.

Betreuung von Bachelor- und Diplomarbeiten.

Forschung:

Forschungsschwerpunkt: Magnetschwebetechnik für feinwerktechnische Antriebe.

Simulative Auslegung und Konstruktion sowie Regelung und Ansteuerung magnetischer Führungen und linearer Direktantriebe.

Industrieprojekte.

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.

Industrieprojekte.

Sonstiges: Betreuung des Linux-Netzwerkes und der Netzwerksicherheit am Institut.

## 4.2 Spritzgießen

Akkaya, H.

Lehre:

Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4, Testatgruppen.

Forschung:

Modellbildung, Simulation und Auslegung von induktiven Heizsystemen.

Industrieprojekte.

Burkard, E.

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

Bearbeitung von Industrieaufträgen.

Betreuung der Studenten im B. Sc., M. Sc. und Hauptdiplom.

Betreuung von Vorlesungen und Übungen im B. Sc., M. Sc. und Hauptdiplom.

Organisation des Konstruktionslehrewettbewerbs.

Betreuung und Durchführung der Vorlesung „Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik“.

Betreuung der 3D-Messmaschinen und Vermessung von Werkstücken und der Praktika zur 3D-Messtechnik.

Administration und Wartung der UNIX/Linux-Rechner und des Institutsnetzes.

Stundenplanbeauftragter und Studiengangsmanager für den M. Sc. Maschinenbau/Mikrotechnik, Gerätetechnik und Technische Optik.

- Maier, M.
- Lehre:  
Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4, Testatgruppen.  
Durchführung des Hauptfachpraktikums Spritzgießen.  
Betreuung von Bachelor- und Studienarbeiten.
- Forschung:  
Weiterentwicklung von FEM-Simulationsmodellen zur quantitativen Beschreibung von Induktionserwärmung unter Berücksichtigung des Generatorschwingkreises.  
Einsatz von Hochleistungskeramiken in induktiv beheizten Spritzgusswerkzeugen.  
Industrieprojekte.
- Nguyen, M.
- Lehre:  
Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4 in Form von Gruppenübungen. Korrektur von Klausuraufgaben.  
Durchführung der Vorlesung und Übung „Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und MAXWELL“.  
Betreuung von Studienarbeiten.
- Forschung:  
Entwicklung eines Simulationssystems zur Berechnung spritzgegossener kunststoffgebundener Dauermagnete unter Berücksichtigung der Schmelztemperatur.  
Konstruktion eines Spritzgusswerkzeugs zur variothermen Herstellung kunststoffgebundener Dauermagnet-Probekörper.  
Verifikation einer Messvorrichtung zur Erfassung der Entmagnetisierungskurve hartmagnetischer Werkstoffe.  
Sonstiges: Abschluss des Ergänzungsprogramms der GSaME.
- Retzbach, A.
- Lehre:  
Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4, Testatgruppen.
- Forschung:  
Untersuchungen zu induktiven Erwärmung gefüllter Klebstoffe.  
Modellbildung, Simulation und Auslegung von induktiven Heizsystemen.  
Industrieprojekte.

Schattka, G.      Lehre:

Betreuung der Vordiplomsübungen in KL 3/4, Testatgruppen.  
 Korrektur von Prüfungsaufgaben in KL 3/4.  
 Betreuung von Studienarbeiten und Bachelor-Projektarbeiten.  
 Organisation des Konstruktionslehrewettbewerbs.

Forschung:

Konstruktion eines Spritzgusswerkzeugs zur Ermittlung der Adhäsionskräfte verschiedener Kunststoff-Beschichtungs-Paarungen beim Spritzgießen.  
 Messung mehrerer Entformungskräfte unterschiedlicher Kunststoff-Beschichtungs-Paarungen.  
 Ansätze zur theoretischen Ermittlung der Adhäsionskräfte im Kunststoffspritzguss.

### 4.3 Zuverlässigkeitstechnik

Bobrowski, S.      Lehre:

Durchführung der Vortragsübungen „Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme“ im Rahmen der Vorlesung Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik im Masterstudium.  
 Durchführung der Vortragsübungen „Koppelgetriebe“ im Rahmen der KL 4-Vorlesung im Bachelorstudium.  
 Konzeption von Übungsaufgaben und Prüfungsaufgaben zur Zuverlässigkeit und zu Koppelgetrieben.  
 Durchführung des Praktikums „Gleichstrommotoren“ (in Kooperation mit Herrn Engel).  
 Betreuung von Gruppenübungen in KL 3/4, Korrektur von Übungsaufgaben.  
 Durchführung des Praktikums „Zuverlässigkeitsuntersuchung und Lebensdauertests“ für die Vorlesung Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik.  
 Betreuung von Studienarbeiten und Bachelor-Projektarbeiten.

Forschung:

Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen, Zuverlässigkeit von elektromechanischen/mechatronischen Systemen am

Beispiel feinwerktechnischer Antriebe/Aktorik, Zuverlässigkeitsprognose.

Aufbau und Betrieb von Dauerlaufprüfständen für mechatronische Systeme (rotatorische Kleinantriebe), Dokumentation.

Vermessung von Prüflingen.

Entwicklung von Methoden zur Zuverlässigkeitsermittlung und mathematischen Zuverlässigkeitsmodellen (Kooperation mit dem IAMS, Institut für Angewandte Mathematik und Statistik der Universität Hohenheim).

Industrieprojekte.

Sonstiges: Ansprechpartner für Literaturrecherchen.



## 5 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

### 5.1 Veröffentlichungen

#### Artikel oder Tagungsbeiträge:

Maier, M.; Schinköthe, W.: New ways of induction heating in the injection moulding process. Micro Technology iNNOVATION FORUM, Villingen-Schwenningen, February 29, 2012.

Maier, M.: Induction heating in the injection moulding process. Postervortrag. Micro Technology iNNOVATION FORUM, Villingen-Schwenningen, February 29, 2012.

Reutzsch, B.: Patentanmeldung DE 10 2012 002 266.2: Linearführung für Schwebeantriebe, 01.02.2012.

Ulmer, M.; Schinköthe, W.: Simulationsgestützte Auslegung von Lineardirektantrieben mit MAXWELL, SIMPLORER und ANSYS. Deutschsprachige NAFEMS Konferenz, Bamberg, 08./09.05.2012.

Ulmer, M.; Schinköthe, W.: Ableitung thermischer Randbedingungen für lineare Antriebseinheiten. ANSYS Conference & 30. CADFEM Users Meeting, Kassel, 24.-26.10.2012.

Wibbing, D.; Binder, J.; Schinköthe, W.; Pauly, C.; Gachot, C.; Mücklich, F.: SensMiLi: Absolutes Wegmess-System aus einer diffraktiven q-nären Pseudo-Zufalls-Sequenz. Zeitschrift tm Technisches Messen 79(2012)1, Seiten 44-51.

## 5.2 Doktorandenkolloquien

28.06.2012      Nguyen, Minh                      Charakterisierung von Magnetspritz-  
gießprozessen

## 5.3 Gremienarbeit

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe:

Mitglied des Wissenschaftlichen Beirates der Zeitschrift Mechatronik F&M

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

In 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 des Programmausschusses der 9. ETG/GMM-Fachtagung Innovative Klein-  
und Mikroantriebstechnik, Nürnberg.

Ulmer, M.:

Leitung des Arbeitskreises für Elektromechanische Simulation mit ANSYS und  
MAXWELL.

Mitarbeit im Vorstand des ANSYS User Clubs.

## 5.4 Tag der offenen Tür



### Stäffele und Traubenlese...

An den Hängen rund um Stuttgart ist die Traubenlese eine anstrengende Sache. Kann einem da nicht eine kleine Maschine helfen, die schweren Bütten zu tragen?

Der diesjährige Konstruktionswettbewerb des Instituts für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik der Universität Stuttgart war ein rundes Jubiläum, es war nun schon der zwanzigste Wettbewerb, und auch ein Novum: Zum ersten Mal fand er zeitgleich auch an der Universidad Autónoma de San Luis Potosí in México statt.

An beiden Universitäten mussten die Studierenden Maschinen entwickeln, die Trauben von den Reben ernten können und die Ernte zu einem Zuber bringen. Selbstverständlich handelte es sich dabei nicht um echte Trauben. Es war, ähnlich wie bei den bisherigen Wettbewerben, ein Parcours aufgebaut, auf dem die kleinen Maschinen Kunststofftrauben ernten und über eine Treppe oder einen Serpentinweg zu einer Abladestelle bringen mussten.

Wie immer waren auch dieses Mal einige Randbedingungen zu beachten. Die limitierte Größe der Maschinen beim Start und die Vorgaben zur Energieversorgung waren die wohl schärfsten Einschränkungen.

Im Vorlauf ging es nur um die Zeit, die benötigt wurde, um eine einzelne Traube vom Startplatz zum Ziel zu bringen. Die acht schnellsten Maschinen qualifizierten sich für den Endlauf. In diesem mussten sie dann zuerst Trauben ernten und danach zum Ziel bringen. Dabei wurde mehr Wert auf die Zahl der geernteten Trauben, als auf Zeit gelegt. Bei den drei besten Maschinen entschied dann aber doch die Zeit, da alle die volle Ernte einbringen konnten.

Im Wettbewerb zeigte es sich, dass man ganz unterschiedlich an die Aufgabe herangehen kann. Es gab Maschinen, die den langen Serpentinweg wählten, Raupenfahrzeuge für die Treppe und eine Maschine, die sich einfach direkt nach der Ernte bis zum Ziel streckte und so die lange Fahrzeit umging.

Dieses Jahr war es zwar ein internationaler Wettkampf, aber der Länderwettbewerb spielte keine Rolle, sondern es stand vielmehr der gemeinsame Spaß bei den per

Internet live übertragenen Läufen im Vordergrund. Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass die beste mexikanische Gruppe den fünften Platz belegte.

Alles in allem war es wieder ein spannender Wettbewerb, der den Studierenden die Möglichkeit gab, Theorie und Praxis zu vergleichen, und ein unterhaltsames Erlebnis für das Publikum.

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, G. Ulmer Automation GmbH, Kendrion Magnettechnik GmbH und Springer-Verlag GmbH.

### **Ergebnisse:**

1. Platz: Constantin Böhm, Elias Junginger, Clemens Oberfell, Aulon Bajrami.
2. Platz: Fabian Seeger, Marius Wolf, Andreas Karlowitz, Mathias Heilemann.
3. Platz: Simon Pettillon, Thomas Haarmann, Simon Riggermann, Christian Duerr.

## 6 KONGRESSE, TAGUNGEN UND MESSEN

Prof. Schinköthe, W.:

- Jahrestagung der GSaME Graduate School of advanced Manufacturing Engineering „Produktion im Dialog“, Reinach, 11./12.10.2012

Akkaya, H.:

- ARBURG Technologietage, Loßburg, 15.03.2012
- FAKUMA, Friedrichshafen, 17.10.2012

Berwanger, R.:

- AMB Internationale Ausstellung für Metallbearbeitung, Stuttgart, 18.09.2012

Bobrowski, S.:

- Mitarbeit im vdi Gremium FA825 thermoplastische Zahnräder (Richtlinie vdi 2736), München, 18.04.2012, Friedrichshafen, 09.10.2012

Burkard, E.:

- ARBURG Technologietage, Loßburg, 15.03.2012

Engel, M.:

- Teilnahme an Vorträgen und Kongressen im Rahmen der GSaME Graduate School of advanced Manufacturing Engineering
- Jahrestagung der GSaME Graduate School of advanced Manufacturing Engineering „Produktion im Dialog“, Reinach, 11./12.10.2012
- GSaME Graduate School of advanced Manufacturing Engineering „Technologie, Führungskultur, Werte - Potenzial Gender“, Stuttgart, 06.11.2012

Keller, B.:

- Electronica, Messe München, 14.11.2012
- Wilhelm-Binder-Tag, Fa. Kendrion, Villingen-Schwenningen, 22.11.2012

Maier, M.:

- ARBURG Technologietage, Loßburg, 15.03.2012
- FAKUMA, Friedrichshafen, 17.10.2012
- Heilbronner Kunststoffsymposium 2012, Hochschule Heilbronn, 15.11.2012

Nguyen, M.:

- GSaME Graduate School of advanced Manufacturing Engineering „Technologie, Führungskultur, Werte - Potenzial Gender“, Stuttgart, 06.11.2012

Retzbach, A.:

- FAKUMA, Friedrichshafen, 17.10.2012
- Electronica, Messe München, 14.11.2012

Reuttsch, B.:

- Kleinmaschinenkolloquium, TU Ilmenau, 15./16.03.2012

Schattka, G.:

- FAKUMA, Friedrichshafen, 17.10.2012

Schneider, S.:

- AMB Internationale Ausstellung für Metallbearbeitung, Stuttgart, 18.09.2012

Ulmer, M.:

- Seminar Hocheffiziente Elektrische Antriebe, München, 12./13.03.2012
- Kleinmaschinenkolloquium, TU Ilmenau, 15./16.03.2012
- Deutschsprachige NAFEMS Konferenz, Bamberg, 08./09.05.2012
- ANSYS Conference & 30. CADFEM Users Meeting, Kassel, 24.-26.10.2012
- Wilhelm-Binder-Tag, Fa. Kendrion, Villingen-Schwenningen, 22.11.2012

## **7 WERKSTATTBERICHT**

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

## **8 ANHANG - Ausgewählte Veröffentlichungen**

In diesem Jahr hängen wir exemplarisch ein Poster aus dem Bereich Spritzgießen und einen Beitrag aus dem Bereich Lineardirektantriebe an:

Maier, M.: Induction heating in the injection moulding process. Postervortrag. Micro Technology iNNOVATION FORUM, Villingen-Schwenningen, February 29, 2012.

Ulmer, M.; Schinköthe, W.: Simulationsgestützte Auslegung von Lineardirektantrieben mit MAXWELL, SIMPLORER und ANSYS. Deutschsprachige NAFEMS Konferenz, Bamberg, 08./09.05.2012.

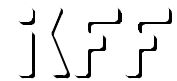
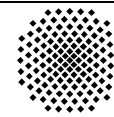






## Induction heating in the injection moulding process

Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik  
Universität Stuttgart



### BACKGROUND AND BASICS

#### Variotherm tool temperature control

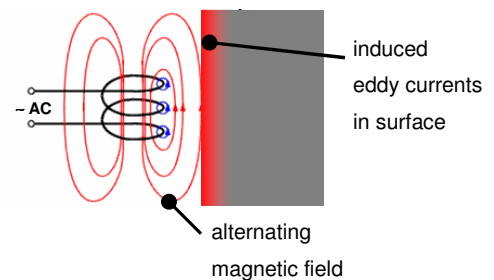
For several applications a dynamic mould heating may improve the injection moulding process:

- Processing of highly filled compounds
- Generation of high-gloss surfaces without joint lines
- Realization of parts with high aspect-ratio

#### Induction heating

A high-frequency alternating current generates a magnetic field which induces eddy currents in ferromagnetic conductors. These eddy currents lead to Joule heating.

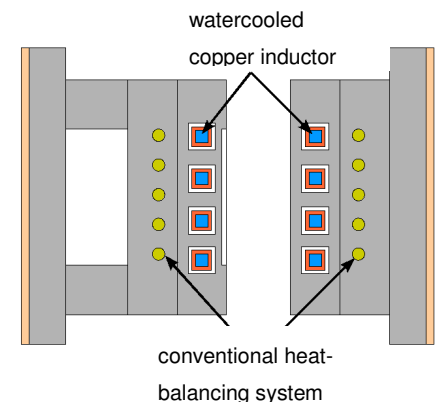
- Surpassing power density allows short heating cycles



### CONCEPT AND SOLUTION

#### High performance ceramics and induction heating

- Tool integrated induction heating coil
- Ceramic coatings for electrical insulation
- Machinable ceramics for structural moulding tool elements
- Temperature dependent closed-loop control for process reliability



### STATUS AND OUTLOOK

#### Diversification of application range

- Currently only small moulding tool parts armoured with ceramics
- Complete cavity area made of high performance ceramics intended
- ➔ "Electromagnetic windows" for induction heating
- ➔ New chances for variotherm process with increased energy efficiency due to reduced heating volume



© Leroxid



### CONTACT

Dipl.-Ing. Matthias Maier; Institut für Feinwerktechnik, Universität Stuttgart,  
Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart  
phone: +49 (0) 711-685 66421; E-Mail: [maier@ikff.uni-stuttgart.de](mailto:maier@ikff.uni-stuttgart.de)  
web: [www.uni-stuttgart.de/ikff](http://www.uni-stuttgart.de/ikff)

Poster sponsored by:



Wir stehen Unternehmen zur Seite



# Simulationsgestützte Auslegung von Lineardirektantrieben mit MAXWELL, SIMPLORER und ANSYS

Dipl.-Ing. Matthias Ulmer, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe

Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

## 1 Motivation und Zielsetzung

Lineardirektantriebe halten immer stärker Einzug in die Automatisierungstechnik, da diese inzwischen günstiger angeboten werden wie vor einigen Jahren. Um diese Antriebe jedoch kostengünstig für die jeweilig gewünschten Anforderungen auszulegen und zu dimensionieren, ist eine Simulation im Vorfeld unumgänglich.

In diesem Beitrag soll ein systematischer Ansatz zur Dimensionierung feinwerktechnischer elektrodynamischer Linearantriebe vorgestellt werden. Dabei findet eine Auslegung des elektrischen, mechanischen, magnetischen und thermischen Teilsystems unter Berücksichtigung der physikalischen Zusammenhänge verschiedener Domänen statt. Die Software MAXWELL wird für die elektrische und magnetische Auslegung verwendet, ANSYS für die thermische und SIMPLORER für die Anbindung der mechanischen Komponenten.

Durch systematischen Einsatz von simulationsgestützten Programmen konnte eine durchgängige Methodik zur Entwicklung elektrodynamischer Lineardirektantriebe entwickelt werden.

## 2 Grundlagen elektrodynamischer Lineardirektantriebe

### 2.1 Funktionsweise

In Abbildung 1 ist das Funktionsprinzip eines elektrodynamischen Lineardirektantriebs dargestellt. Die Spule aus Kupferdrähten wird von einem Strom durchflossen, der durch das Permanentmagnetfeld der Magnete auf Basis der Lorentzkraft einen Vorschub erzeugt.

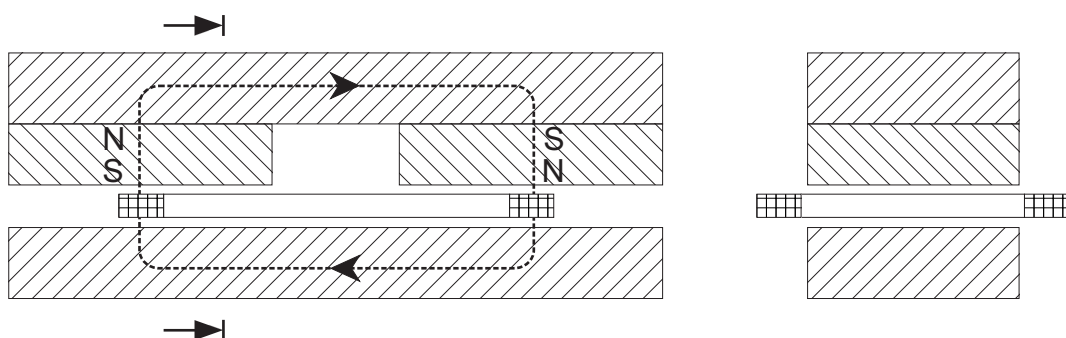


Abb. 1: Schematische Grundstruktur eines Lineardirektantriebs [1]

## 2.2 Bauformen

Lineardirektantriebe sind in unterschiedlichen Bauformen verfügbar. Dabei bietet jede Bauform unterschiedliche Vor- und Nachteile, die hinsichtlich der geforderten Einsatzumgebung bewertet werden müssen. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale sind:

- die Art des Aufbaus und der geometrischen Ausführung
- die Art der Bewegung und der bewegten Komponente
- die Art der Ansteuerung und der Kommutierung

Eine Übersicht über mögliche Bauformen ist in Abb. 2 dargestellt.

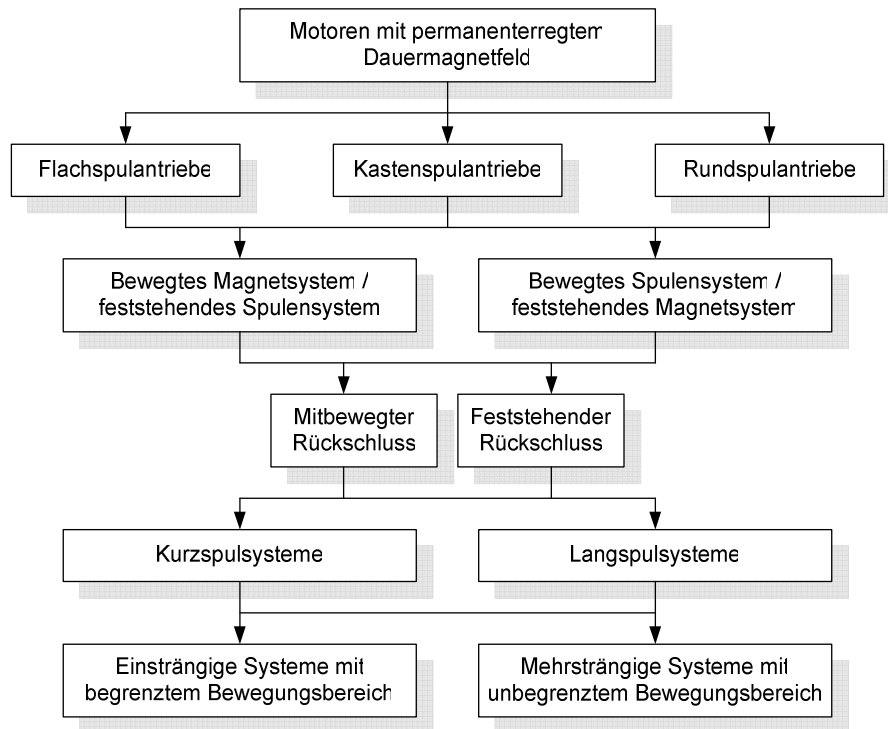


Abb. 2: Übersicht Motorbauformen [2]

Die Aufteilung der möglichen Bauformen dient zum einen der Übersichtlichkeit und zum anderen zur Unterscheidung. Die Auswahl und Struktursynthese kann hierbei allerdings nicht beliebig erfolgen, sondern muss speziell auf die geforderte Aufgabenstellung angepasst werden. Dies erfordert vom Ingenieur ein hohes Maß an Kompetenz und Erfahrung bezüglich den Vor- und Nachteilen der unterschiedlichen Bauformen.

## 3 Dimensionierung von Antrieben

### 3.1 Allgemeine Vorgehensweise

Die Dimensionierung von Antrieben gliedert sich im Allgemeinen in vier Bereiche. Zunächst werden die Anforderungen und Spezifikationen im Lastenheft definiert. Dann wird eine Struktursynthese auf Basis der Bewegung und der Einsatzumgebung durchgeführt und eine Bauform ausgewählt. In einem weiteren Schritt wird auf Basis analytischer Ansätze die Motorbaugröße skaliert und eine überschlägige Berechnung der Motorkennwerte durchgeführt. Dabei werden auch die Werkstoffe ausgewählt und die Werkstoffparameter definiert sowie eine konstruktive Gestaltung vorgenommen. Als Ergebnis der Grobdimensionierung liegt ein erstes Geometriemodell mit Werkstoffkennwerten und überschlägigen Berechnungen der Kraft-Weg-Kennlinie sowie die Verlustleistung vor.

Auf Basis der FEM wird das Geometriemodell hinsichtlich der magnetischen, elektrischen, mechanischen und thermischen Parameter optimiert. Dabei findet eine Berücksichtigung der dabei auftretenden physikalischen Zusammenhänge der unterschiedlichen Domänen statt.

Abschließend erfolgen die Fertigung und die Inbetriebnahme des Antriebs. Durch den hohen simulativen Detaillierungsgrad ist der erste Prototyp meist sehr nahe am fertigen Endprodukt.

Der Ablauf ist in Abb. 3 schematisch als Übersicht dargestellt.

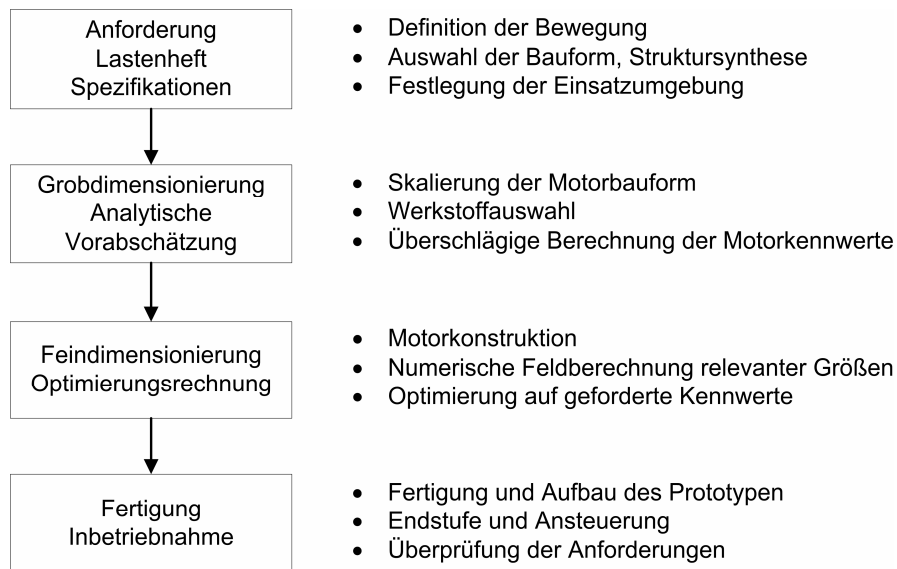


Abb. 3: Dimensionierungsablauf

### 3.2 Feindimensionierung mit Hilfe der FEM

Für die Feindimensionierung und Optimierung eines Antriebssystems mit Hilfe der FEM hat sich folgendes Vorgehen mit MAXWELL, ANSYS und SIMPLORER etabliert:

- Magnetisch-statische Auslegung
- Magnetisch und elektrisch transiente Betrachtung
- Kopplung mit dem thermischen Teilsystem
- Systembetrachtung im Simplorer, Einbeziehung des mechanischen und des elektrischen Teilsystems

### 3.3 Verknüpfung der Teilsysteme

Speziell bei der Verknüpfung der Teilsysteme miteinander zeigt die FEM-Simulation klare Stärken gegenüber analytischen Ansätzen. Hierbei kann die Rückwirkung und die Beeinflussung der Motorkenngrößen aufeinander berücksichtigt und dargestellt werden. In Abb. 4 ist der prinzipielle Ablauf einer gekoppelten elektromagnetischen und thermischen Simulation dargestellt.

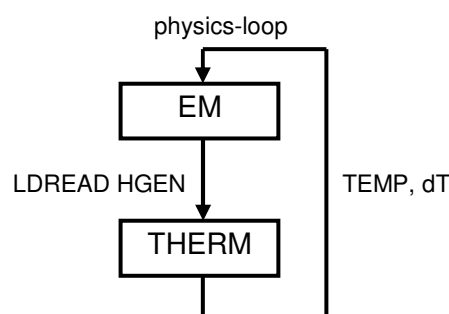


Abb. 4: Schematischer Ablauf einer gekoppelten Simulation

Die Leistungsfähigkeit eines Antriebs ist durch die maximal abführbare Leistung begrenzt. Durch eine Optimierung des thermischen Teilsystems kann somit die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems oftmals deutlich gesteigert werden. Da eine Vielzahl an Motorkennwerten von der Temperatur abhängig ist, sind speziell thermisch gekoppelte Simulationen von großer Bedeutung. Eine Kopplung der Systeme kann in unterschiedlichen Detaillierungsgraden durchgeführt werden. Von unidirektionalen Lasteinkopplungen bis hin zu transient-transient Kopplungen mit Rückführung der Ergebnisse ist mit modernen Simulationsprogrammen alles möglich. Trotz der Verfügbarkeit hoher Rechenleistungen bleiben dreidimensionale transient-transient-Kopplungen meist nur für kleine Aufgaben berechenbar. Hierbei spielen im speziellen die unterschiedlichen zeitlichen Domänen zwischen dem elektrischen, magnetischen und thermischen Teilsystem eine große Rolle. Während

beispielsweise im elektrischen Teilsystem ein PWM-Signal im kHz-Bereich aufgelöst werden muss, sind im thermischen die Auswirkungen nach Sekunden, Minuten oder gar Stunden von Interesse.

#### **4 Zusammenfassung**

In diesem Beitrag konnte eine durchgängige Methodik zur Simulation und Optimierung von Lineardirektantrieben mit MAXWELL, ANSYS und SIMPLORER aufgezeigt werden.

Physikalische Zusammenhänge zwischen magnetischem, elektrischem, thermischen und mechanischem Teilsystem können mit Hilfe der Kopplung der Simulationssysteme abgebildet und visualisiert werden. Die Entwicklungszeit kann dadurch massiv verkürzt werden. Der erste Prototyp ist bereits meist sehr nah am fertigen Produkt.

#### **5 References**

- [1] Stölting, H.-D., Kallenbach, E.: Handbuch elektrische Kleinantriebe, Carl Hanser Verlag, München, 4. Auflage, 2011.
- [2] Grotz, A.: Vergleichende Untersuchungen hochdynamischer, feinwerktechnischer, elektrodynamischer Lineardirektantriebe mit bewegtem Spulensystem und bewegtem Magnetsystem. Dissertation am IKFF, Universität Stuttgart, 2008.