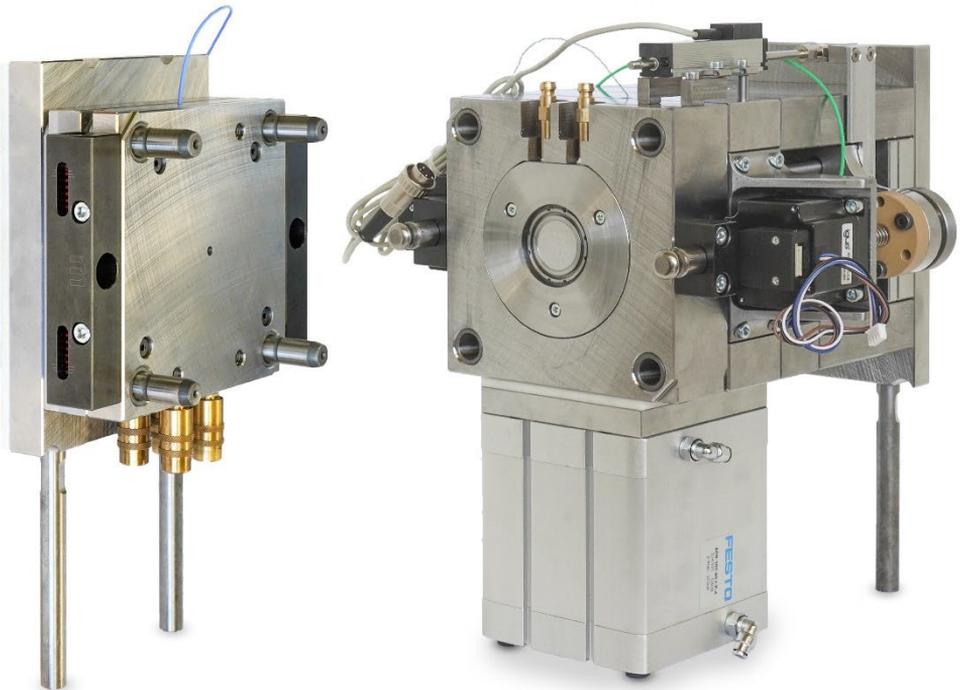




Jahresbericht 2022



Jahresbericht 2022

Institut für Konstruktion und
Fertigung in der Feinwerktechnik

Herausgeber und Verlag

Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik
Pfaffenwaldring 9
70569 Stuttgart

Tel.: 0711 685-66401
ikff@ikff.uni-stuttgart.de
www.ikff.uni-stuttgart.de

Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler
Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik, März 2023

Fotos: IKFF, S. 6,15, 17, 31: Universität Stuttgart, S. 47, 50: Christian Pecksteiner / Sebastian Poltschak

INHALT



Grußwort

4



Das Institut

6



Studieren am IKFF

15



Konstruktionswettbewerb

28



Forschung und Projekte

31



Dissertationen, Publikationen, Patente

41

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wir haben im IKFF Jahresbericht 2022 wieder interessante Themen aus dem Institut für Sie zusammengestellt. Die Bearbeitung unserer Forschungsschwerpunkte und die Aktivitäten in der Lehre haben wir durch den hohen Arbeitseinsatz und mit viel Engagement des ganzen IKFF-Teams prima gemeistert. Ein ganz besonderer Dank dafür an alle Mitarbeiter*innen.



Die Anfängerzahlen in den Ingenieurwissenschaften sind auch in 2022 weiter rückläufig und wir unternehmen große Anstrengungen, um mit Studieninteressierten in Kontakt zu treten und für das technische Studium an der Universität Stuttgart zu begeistern. Die Lehrangebote des IKFF sind erfreulicherweise gut nachgefragt und wir bauen unser Angebot kontinuierlich mit interessanten Forschungsthemen in den Vorlesungen, Praktika, Seminaren und studentischen Arbeiten weiter aus. Das gesamte Lehrangebot konnten wir in 2022 in Präsenz anbieten und haben zusätzliche digitale Inhalte hinterlegt. Die gesamte Lehrübersicht mit den abgeschlossenen Arbeiten können Sie bitte dem Kapitel Lehre entnehmen.

Unsere beiden Forschungsbereiche in der Antriebs- und Präzisionsstritzusstechnik konnten wir mit Kooperationen mit der Industrie und dem laufenden wissenschaftlichen Förderprojekt weiter ausbauen. In der Antriebstechnik kümmern wir uns um smarte Aktoren, induktive Energieübertragung, Formgedächtnislegierungen, DC-Gleichstrommotoren und piezoelektrische Werkstoffe.

Im Spritzgussbereich verfeinern wir die Verfahren bei der induktiven variothermen Temperierung durch neue Induktorkonzepte und haben die Entformungskraftmessung durch die Messung der Scher- und Adhäsionskräfte mit einem neuen Messwerkzeug erweitert. Die angeschaffte und zur Verfügung stehende Messtechnik im Laborbereich und die zur Verfügung stehende Auslegungs- und Simulationswerkzeuge haben unsere Forschungstätigkeit vorangebracht und wir haben die Ergebnisse in Tagungen, Veröffentlichungen und Patentanmeldungen publiziert.

Band Gundelsweiler



Das Institut

SCHWERPUNKTE AM IKFF

Feinwerktechnische Aktorik und Präzisionsspritzguss



Das IKFF beschäftigt sich mit verschiedenen Aspekten der Feinwerk- und Präzisionsgerätetechnik. Haupttätigkeitsfelder sind die Bereiche Aktorik (Smart Actuators, Lineardirektantriebe, Magnetschwebeantriebe, Thermische Analyse / Spulentechnologie, piezoelektrische Antriebe, induktive Energieübertragung, magnetische Formgedächtnislegierungen, elektronische Ansteuerungen und Programmierungen), Kunststoffspritzguss (Entformungskraftmessungen von Scher- und Adhäsionskräften, variotherme induktive Temperierung) und Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Baugruppen. Modernste Labortechnik und die institutseigene Werkstatt erlauben umfassende Forschung und Entwicklung in Theorie und Praxis.

Entwicklung alternativer Antriebssysteme

Die Entwicklung alternativer Antriebssysteme für die Feinwerktechnik auf der Basis elektrodynamischer und elektromagnetischer Kraftwirkung bzw. von Festkörpereffekten steht nach wie vor im Mittelpunkt des Arbeitsgebiets Aktorik. Schwerpunkte bilden deren Auslegung, Berechnung, Optimierung und Simulation. Mögliche integrierte sensorische Eigenschaften der Aktoren mit Ansteuerung und Regelung werden analysiert.

Zuverlässige Antriebe

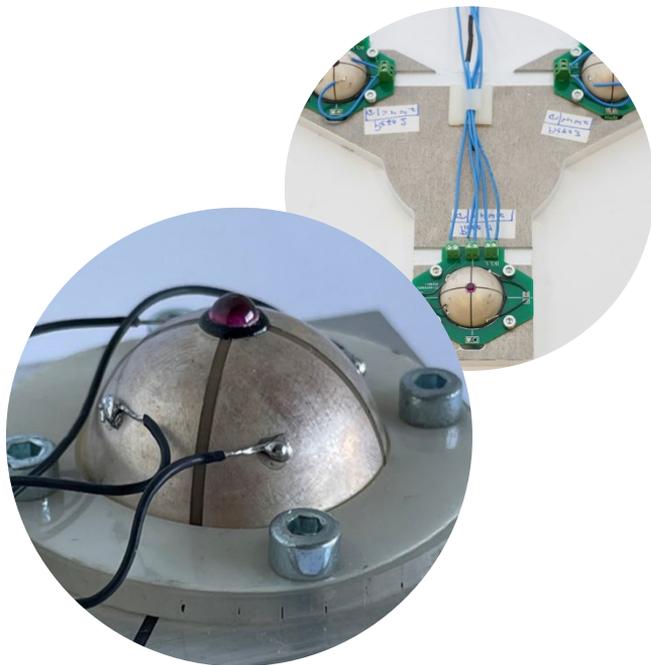
Auch das Arbeitsgebiet Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe lässt sich in dieses Tätigkeitsfeld einordnen. Hier arbeitet das Institut auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit von elektromechanischen/mechatronischen Systemen am Beispiel feinwerktechnischer Antriebe/Aktorik. Dies betrifft sowohl die elektromechanischen als auch die mechanischen Komponenten derartiger Antriebe.

Patentierte Sensorik

Im Arbeitsgebiet optische und mechanische Sensorik stehen die Smart Actuators im Mittelpunkt. Interne sensorische Eigenschaften der Aktoren werden zur Positionsbestimmung bzw. Wegsignalerfassung in Elektromagneten oder elektrodynamischen Linearmotoren angewendet. Durch die Rückführung der Signale werden in den Steuergeräten intelligente Zusatzfunktionen im Zuge dieser Digitalisierung ermöglicht.

Planarer Ultraschallantrieb

Forschungsschwerpunkt ist die Entwicklung eines planaren Ultraschallantriebs auf Basis von piezoelektrischen Halbkugelschalen. Auf nur einer Plattformebene können planare Bewegungen in drei Achsen (X, Y, Rotation) erzeugt werden. In den entstandenen Aufbauten wird das Schwingungsverhalten piezoelektrisch weicher und harter PZT-Keramiken im Ultraschallbereich mittels Laservibrometrie gemessen.

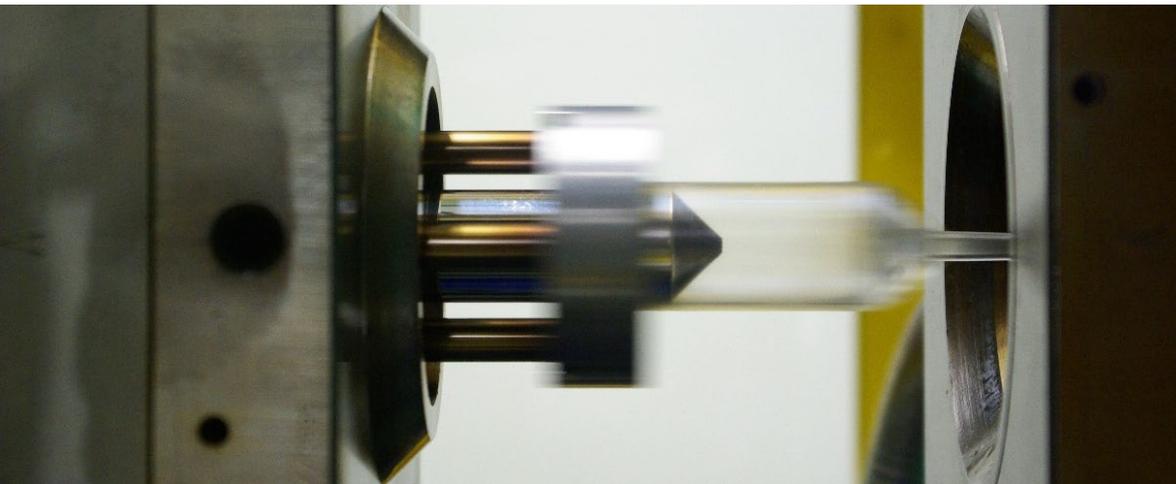


Induktive variotherme Temperierung: Compoundwerkstoffe für die Energiewende

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. Die Arbeiten zur Nutzung der Induktionserwärmung für das Spritzgießen mit externer oder interner Induktoranordnung wurden fortgeführt und weiter ausgebaut. Ergebnisse dazu sind mehrfach veröffentlicht. Das BMBF geförderte Projekt Ultrapress I wurde mit großem Erfolg für die Herstellung von Bipolarplatten für Brennstoffzellen abgeschlossen. Ein Folgeförderantrag für Ultrapress II wurde neu eingeworben und ist in Bearbeitung.

Effizientere Verarbeitung von Kunststoffen

Im Arbeitsgebiet Präzisionspritzguss 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. Erste Ansätze bei der direkten Erwärmung von elektrisch leitfähigen Materialien und neuartige Möglichkeiten in der Gestaltung der Spritzgussform werden aktuell untersucht.



Unsere Mitarbeiter

Institutsleitung und Organisation

Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler

Institutsleiter

Dipl.-Ing. Eberhard Burkard

Akademischer Oberrat, stellvertretender Institutsleiter

Claudia Sabo

Sekretariat

M. A. Annette Maske

Studiengangmanagerin Maschinenbau

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe

Emeritus

Modellbau und Versuchswerkstatt

Mario Fietz

Werkstatt und Modellbau

Stefan Schneider

Werkstatt und Modellbau

Wissenschaftliche Mitarbeiter*innen

M. Sc. Milan Fitzlaff

Kunststoffspritzguss / induktive Temperierung

M. Sc. Patrick Fleischmann

Feinwerktechnische Antriebssysteme

M. Sc. Clara Holfelder-Fritsche (bis 15.10.2022)

Absicherung und Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe

M. Sc. Marco Hutter

Feinwerktechnischer Antriebssysteme

M. Sc. Manuel Mauch

Aktorik / Sensorik

M. Sc. Marcel Mittag

Lineardirektantriebe mit induktiver Energieübertragung

M. Sc. Max Schönherr (bis 30.09.2022)

Kunststoffspritzguss

M. Sc. Jonas Veit (ab 01.09.2022)

Kunststoffspritzguss

Wissenschaftliche Hilfskräfte

Theodor Gavrilă
Gibran Khoury
Felix Kohlhoff
Ulrike Kurz
Jakob Mayer
Philipp Reinhard
Michael Preisser
Christoph Schnorr





Studieren am IKFF

Studieren am IKFF – unsere Lehre im Überblick

Der Masterstudiengang „Maschinenbau / Mikrotechnik, Gerätetechnik und Technische Optik“ (Studiendekan Professor Bernd Gundelsweiler und Studiengangmanager Eberhard Burkard) hat durch die Änderung bei den Sprachvoraussetzungen internationaler Bewerberinnen und Bewerber etwa 30 bis 60 Bewerbungen pro Jahr. Zuspruch zu unserem Master gibt es vor allem aus anderen Universitäten, Hochschulen bzw. aus Dualen Hochschulen. Die Studierendenzahl liegt unter der langfristigen Zielstellung von 20 Immatrikulationen pro Jahr.

In der „Konstruktionslehre Feinwerktechnik“ waren im Wintersemester 2022/23 34 Studierende eingeschrieben. Die Bachelor-Lehrveranstaltungen konzentrierten sich nach wie vor auf die Fächer „Konstruktionslehre Feinwerktechnik III“ und „Konstruktionslehre Feinwerktechnik IV“ im dritten und vierten Semester als Wahlmöglichkeit für die beiden Bachelor-Studiengänge „Maschinenbau“ sowie „Fahrzeug- und Motorentechnik“.

Im Masterstudium dominieren die Spezialisierungsfachstudierenden. Derzeit belegen 35 Studierende das Fach „Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik“ als Pflicht- oder Kernfach. 36 Studierende starteten im Kernfach „Aktorik“. Das Fach „Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik: Verfahren, Prozesskette, Simulation“ belegten 10 Studierende, die „Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und Maxwell“ belegten 15 Studierende. Im vergangenen Jahr hatten wir zudem mit erneut 11 Bachelor- und Masterarbeiten wieder einen sehr hohen Zuspruch in diesem Bereich. Hinzu kommen noch fünf Projektarbeiten.

Die Lehrveranstaltungen des Masterstudiums konzentrieren sich auf die beiden Schwerpunkte Gerätekonstruktion als methodisch orientierte Linie und feinwerktechnische Aktorik 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: Einführung in die Koordinatenmesstechnik, Zuverlässigkeit und Geräuschmessung und Lärminderung.



Die Vorlesung „Aktorik in der Gerätetechnik – Konstruktion, Berechnung und Anwendung mechatronischer Komponenten“ beleuchtet 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 mit magnetischen Formgedächtnislegierungen in der Feinwerktechnik.

Hinzu kommen die Lehrveranstaltungen „Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und Maxwell“ und „Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik: Verfahren, Prozesskette, Simulation“, die einen guten Anklang finden.

Die Spezialisierungsfachpraktika Grundlagen und spezielle Anwendungen der FEM mit ANSYS/Maxwell, Spritzgießen, Spritzgussimulation mit Moldflow, Ultraschallantriebe, Koordinatenmesstechnik, Grundlagen der FEM mit ANSYS/Maxwell, Gleichstrommotoren, Lineardirektantriebe, optische 3D-Vermessung und CAM-Praktikum sind in die Lehrveranstaltungen einbezogen. Mit diesen insgesamt zehn Praktika existiert ein solides Angebot zum praktischen Arbeiten für die Studierenden.

Im Wintersemester 2022/2023 konnten die Vorlesungen wieder in Präsenz stattfinden, wurden jedoch teilweise zusätzlich als online-Vorlesungen angeboten.

Abschlussarbeiten am IKFF in 2022



5 Bachelorarbeiten



6 Masterarbeiten



4 Studienarbeiten

Konstruktionslehre (Feinwerktechnik) III und IV

Das dritte und vierte Semester der Konstruktionslehre im Maschinenbau und der Fahrzeug- und Motorentchnik kann entweder maschinenbauorientiert oder feinwerktechnikorientiert gewählt werden. Das Modul Konstruktionslehre Feinwerktechnik hat einen stark mechatronischen Charakter und sehr heterogene, aber auch vielfältige Einsatzfelder.

Konstruktionslehre (Feinwerktechnik) III

DOZENT	Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler, Dipl.-Ing. Eberhard Burkard
BETREUER	Patrick Fleischmann, Milan Fitzlaff, Clara Holfelder-Fritsche, Marco Hutter, Manuel Mauch, Marcel Mittag, Maximilian Schönherr
INHALT	Die Schwerpunkte bilden folgende Themenkreise der Konstruktionslehre: Wellen, Lager und Führungen, Zahnradgetriebe, Koppelgetriebe, Zugmitelgetriebe, Rotations-Translations-Umformer, Kupplungen.

Konstruktionslehre (Feinwerktechnik) IV

DOZENT	Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler, Dipl.-Ing. Eberhard Burkard
BETREUER	Patrick Fleischmann, Milan Fitzlaff, Clara Holfelder-Fritsche, Marco Hutter, Manuel Mauch, Marcel Mittag, Maximilian Schönherr
INHALT	Mechanische / elektromechanische Funktionsgruppen wie Kupplungen und Bremsen und deren Konstruktionsmethodik und optische Funktionsgruppen wie Koppelgetriebe und Kupplungen. Den Abschluss bildet ein Konstruktionswettbewerb.

Aktorik in der Gerätetechnik: Konstruktion, Berechnung und Anwendung mechatronischer Komponenten

DOZENT	Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler
BETREUER	Clara Holfelder-Fritsche, Marco Hutter
INHALT	Magnettechnik, -technologie, Kraftwirkungen im Magnetfeld, Elektrodynamische Stelltechnik, Gleichstrommotoren – permanenterrechte DC- und EC-Motoren, Lineardirektantriebe, Gleichstrommotoren – Ansteuerung / Regelung, Übung Lineardirektantriebe

Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik

DOZENT	Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler, Dipl.-Ing. Burkard
BETREUER	Marco Hutter, Manuel Mauch
INHALT	Genauigkeit und Fehlverhalten in Geräten, Toleranzrechnung, Sicherheitstechnik im Gerätebau, Zuverlässigkeit im Gerätebau, Schwingungs- und Lärminderung im Gerätebau, Thermische Situation in Geräten

Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und Maxwell

DOZENT	Milan Fitzlaff
BETREUER	Milan Fitzlaff, Marcel Mittag, Maximilian Schönherr
INHALT	<p>Diese Vorlesung kann als Ergänzungsfach im Spezialisierungsfach Feinwerktechnik gewählt werden. Der Vorlesungsstoff behandelt die Methoden und Möglichkeiten der Simulation mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode. Ausgehend von den Grundlagen wird an praktischen Beispielen der Einsatz der Programme ANSYS und Maxwell in den Vorlesungen und Übungen aufgezeigt.</p> <p>Die Vorlesung inkl. Übungen mit 3 ECTS wird in der ersten Hälfte des Sommersemesters als Blockveranstaltung angeboten.</p>

Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik: Verfahren, Prozesskette, Simulation

DOZENT	Prof. Dr.-Ing. Gundelsweiler, Dipl. Ing. Burkard
BETREUER	Eberhard Burkard, Maximilian Schönherr
INHALT	<ul style="list-style-type: none"> • Polymerwerkstoffe • Verarbeitungsverfahren Spritzgießen • Konstruktion von Spritzgießwerkzeugen • spritzgussgerechte Konstruktion • rheologische Auslegung von Teil und Werkzeug • Kunststoffspritzguss in der Mikro- und Gerätetechnik, Sonderverfahren • Prozesskette – von der Konstruktion bis zum Fertigungsprozess • Berechnung und Simulation des Spritzgießprozesses

Praktika

Für verschiedene Masterstudiengänge im Bereich Maschinenbau bietet das IKFF Spezialisierungsfach- und APMB-Praktika an. Im Jahr 2022 haben gut 80 Studenten das Angebot an Praktika in Anspruch genommen.

Spezialisierungsfachpraktika Feinwerktechnik

- Grundlagen der FEM mit ANSYS/Maxwell
- spezielle Anwendungen der FEM mit ANSYS/Maxwell
- Spritzgießen
- Spritzgussimulation mit Moldflow
- Ultraschallantriebe / Formgedächtnislegierungen
- Koordinatenmesstechnik
- Gleichstrommotoren
- Lineardirektantriebe
- optische 3D-Vermessung
- CAM-Praktikum

Allgemeine Praktika Maschinenbau (APMB)

- Schrittmotoren
- Koordinatenmesstechnik
- Optische 3D-Vermessung

Praktika im Rahmen des Kompetenzfeldes Grundlagen der Feinwerktechnik, Gerätekonstruktion und -fertigung

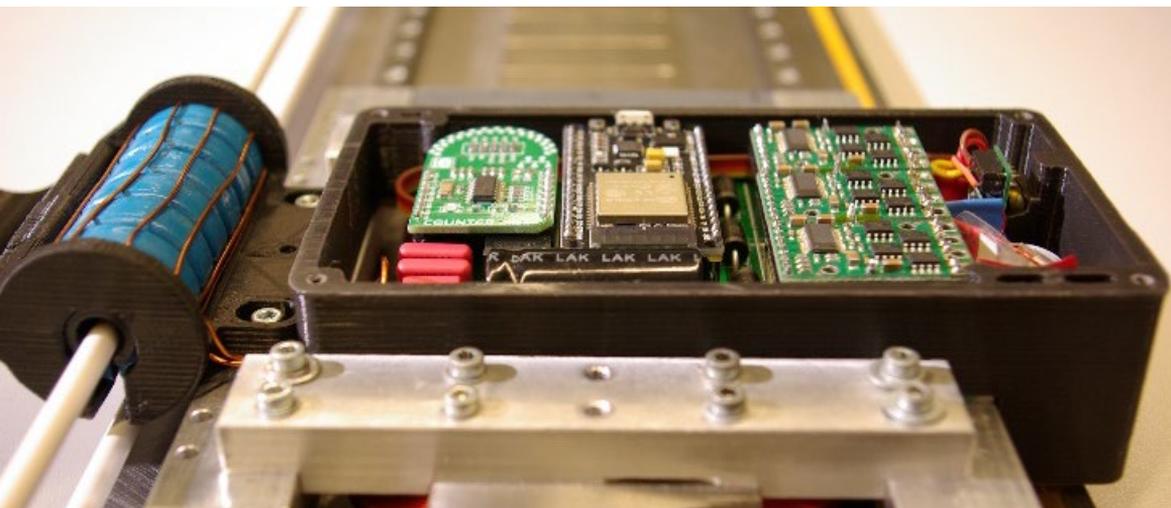
- Einführung in die 3D-Messtechnik
- Einführung in die Geräuschmesstechnik und Lärminderung

Projektarbeiten

Das IKFF bietet den Studierenden jedes Semester verschiedene interessante Themen als betreute Projektarbeiten an.

Themen Wintersemester 2022/2023

- Konstruktion und Aufbau einer Wärmebild-Kamera
- Inbetriebnahme einer Motorsteuerung mithilfe eines Microcontrollers
- Entwicklung eines elektromagnetischen Teilchenbeschleunigers
- Konstruktion eines Metalldetektors





Seminare der Feinwerktechnik / Abschlussarbeiten

Im Seminar der Feinwerktechnik werden in loser Folge die Ergebnisse von Bachelor-, Studien- und Masterarbeiten vorgestellt. Die Vorträge wurden teilweise live per WebEx übertragen.

03.02.2022	Allmendinger, Jan
Masterarbeit	Entwicklung und Charakterisierung eines linear aufgebauten MSM-gesteuerten Permanentmagnetkreises
03.02.2022	Böhm, Finn
Bachelorarbeit	Aufbau, Inbetriebnahme und Abmusterung eines neuartigen Messsystems zur Messung von adhäsionsbedingten Zugkräften beim Spritzgießen
03.02.2022	Xu, Xiao
Studienarbeit	Charakterisierung von unterschiedlichen Oberflächen und deren Beeinflussung auf das Entformungsverhalten beim Spritzgießen
21.04.2022	Sproll, William
Bachelorarbeit	Simulative Optimierung der Flussführung in einem MSM-gesteuerten Reluktanzaktor
21.04.2022	Francisco, David
Bachelorarbeit	Entwicklung und Aufbau eines Teststandes zur Qualifizierung der multistabilen Eigenschaften magnetischer Formgedächtnislegierungen unter verschiedenen Umgebungseinflüssen
12.05.2022	Binner, Luca
Bachelorarbeit	Entwicklung eines Läufers für einen Lineardirektantrieb zur Integration einer induktiven Energieübertragung in die Führung

31.05.2022	Bittner, Artur
Masterarbeit	Bestimmung von Adhäsionseffekten beim Entformen von Spritzgießbauteilen und deren Identifizierung mittels neuartigen optischen Mikrofons
02.06.2022	Gomez, Elizabeth
Studienarbeit	Untersuchung zum Aufbau eines Dauerlaufprüfstands bürstenloser Gleichstrommotoren
29.09.2022	Badawi, Nayl
Bachelorarbeit	Entwicklung und Konstruktion eines Lager- und Federungskonzepts für einen elektromagnetischen hybriden Hub-Haft-Aktor
20.10.2022	Lodroner, Christian
Masterarbeit	Entwicklung und Inbetriebnahme einer Ansteuerung für ein antagonistisches Positioniersystem mit thermischer Formgedächtnislegierung“
20.10.2022	Alustiza, Jon
Masterarbeit	Konstruktion und Entwicklung eines Aktors mit magnetischen Formgedächtnislegierungen
15.11.2022	Kurz, Ulrike
Masterarbeit	Modellierung und praktische Verifizierung zur Analyse des Bürstensystems edelmetallkommutierter DC-Kleinmotoren
08.12.2022	Preisser, Michael
Studienarbeit	Entwicklung eines induktiven Steckers für ein 100 W Solarmodul
23.02.2023	Walz, Antonina
Masterarbeit	Entwicklung einer Messvorrichtung zur Bestimmung der magnetischen Feldstärke in kleinen Luftspalten
23.02.2023	Sancho, Alberto
Studienarbeit	Konstruktion und Aufbau einer miniaturisierten Heißpresse



Konstruktions-
wettbewerb

29. Konstruktionswettbewerb

O'zapft isch!

Endlich gibt es wieder das Volksfest in Stuttgart, aber wo nehmen wir nur die ganzen Kellnerinnen und Kellner her?

Durch die beiden coronabedingten Ausfälle des Volksfests fehlt leider ein Teil des Personals. Genau hier setzt der Konstruktionswettbewerb des Instituts für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik an. Dieses Jahr mussten kleine Maschinen entwickelt werden, die genau diesen Mangel ausgleichen sollten.

Bei dem bereits zum 29. Mal ausgetragenen Konstruktionswettbewerb für Studierende der Fächer Maschinenbau und Fahrzeug- und Motorentechnik mussten kleine, selbst entwickelte Maschinen zuerst leere Bierkrüge vom Tisch wegräumen und danach frische Krüge am Tresen mit „Bier“ füllen und zum Tisch bringen. Es waren zwar keine vollen Maßkrüge, die gestemmt sein wollten, aber auch eine „Halbe“ ist für eine kleine Maschine, die maximal 1500 Gramm leicht sein darf und nur mit Hilfe von 8 Mignonzellen mit Energie versorgt wird, eine schwere Aufgabe.

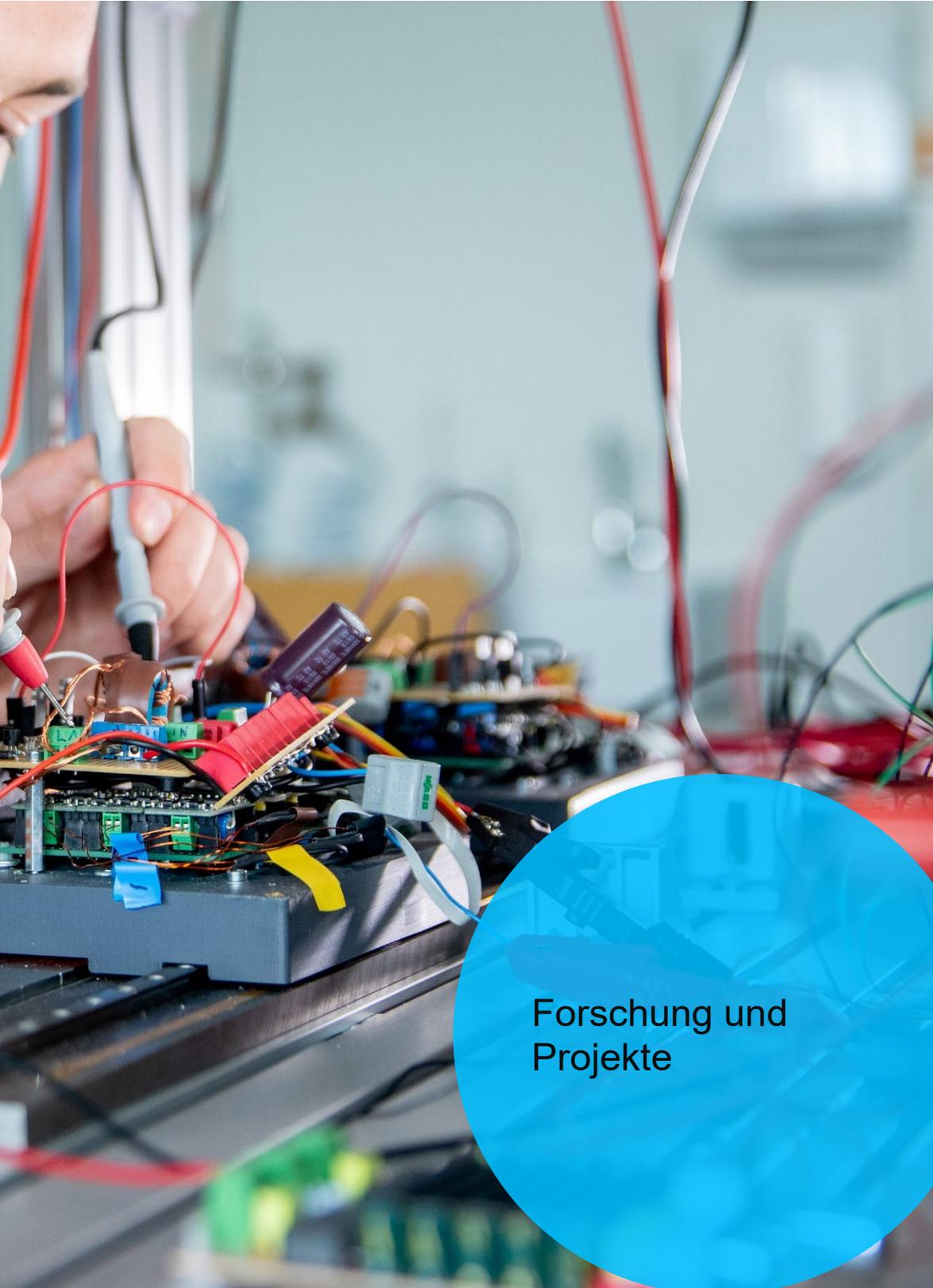
Die Teams mussten sich zunächst über die Aufgabe klar werden. Die Aufgabenstellung forderte, es seien Maschinen zu entwickeln, die in der Lage sind, eine „Pick-and-Place“-Aufgabe zu erfüllen. Und dann ging es los: Aufgabe analysieren, Lösungsansätze finden, bewerten und anschließend daraus die optimale Maschine entwickeln und auch aufbauen. Das klingt einfach, ist aber bei der kurzen Bearbeitungszeit von fünf Wochen keine leichte Aufgabe.

Beim Wettbewerb am Tag der Wissenschaft der Universität Stuttgart gab es dann unterschiedliche Ansätze und verschiedene Ausführungen zu sehen.

Auch wenn eine Maschine ein Eigenleben entwickelte und nicht mehr so genau wusste, wo die Krüge sind, was man damit machen soll und wo sie hin müssen, eine andere Maschine sich zu viel Zeit nahm und zum Schluss auch die Taktik, zusätzlich noch viele leere Krüge zu platzieren, nicht ganz zum Sieg reichte, zeigten alle Maschinen, dass die Aufgabe lösbar ist. Eventuell hätten ein paar Teams aber doch noch etwas mehr Zeit gebraucht.

So routiniert wie menschliches Personal im Bierzelt war keine der Maschinen. Dafür war die Stimmung bei den Teams und im Publikum mindestens so gut wie in einem großen Festzelt!





Forschung und
Projekte

**Automatisierung des induktiven Heißpressens von elektrisch leitfähigen Compoundwerkstoffen für die Herstellung von BPP für die Energiewende –
Ultrapress2-Projekt am 1. September 2021 gestartet**

Im zuvor abgeschlossenen Forschungsprojekt UltraPress, das im Rahmen der Förderinitiative KMU NetC des BMBF finanziert wurde, konnten die Grundlagen für ein neuartiges innovatives Heißpressverfahren mit einem Werkzeug aus ultrahochfestem Beton (ultra-high-performance concrete (UHPC)) und induktiver Temperierung zur Herstellung graphit-basierter Bipolarplatten für PEM-Brennstoffzellen geschaffen werden.

Aufgrund enormer Zeit- und Kostenersparnis, die diese Grundlagenforschung bereits verspricht, soll im laufenden Folgeprojekt „Ultrapress2“ dieses Herstellverfahren bis Ende 2024 weiterentwickelt und in einen Serienprozess überführt werden. Dazu haben sich die Firmen Proton Motor Fuel Cell GmbH, Boyke Technology GmbH, Eisenhuth GmbH & Co. KG, Runkel Fertigteilebau GmbH, Eldec induction GmbH, MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG und das Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik der Universität Stuttgart sowie das Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH, gefördert vom BMWi (Verbundvorhaben: 01236557/1), zusammengeschlossen.

Im Rahmen des Projekts wurden im Jahr 2022 am IKFF simulativ die Belastungen am Werkzeug bestimmt und mit den Versuchen aus der vorangegangenen Forschung abgeglichen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen hinsichtlich der wirkenden Kräfte und Lastpfaden erfolgte eine Ableitung struktureller Optimierungen des für das finale Werkzeug vorgesehenen Induktors.

Weiterhin wurde in enger Abstimmung mit den Projektpartnern ein Werkzeug im Labormaßstab mit induktiver Erwärmung konzipiert und die Umsetzung begonnen. Das Werkzeug ermöglicht die Untersuchung des angestrebten Gesamtsystems in verkleinertem Maßstab, jedoch bereits im final geforderten Detailgrad und mit entsprechender Komplexität. Mit diesem Werkzeug werden die filigranen Strukturen der Bipolarplatte auf einer reduzierten Grundfläche abgeformt und wichtige Erkenntnisse für die Umsetzung des Vorserien-Werkzeugs gewonnen werden.

Ansprechpartner

Milan Fitzlaff

milan.fitzlaff@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 67472

Charakterisierung der Werkzeugoberflächentopografie und deren Einfluss auf das Entformungsverhalten beim Spritzgießen

Am IKFF wird das Entformungsverhalten von Spritzgusskomponenten in Abhängigkeit verschiedener Oberflächenbeschichtungen und -topografien sowie Prozessparameter untersucht. Insbesondere die Adhäsion – also das „Kleben“ des Kunststoffes an der Werkzeugoberfläche – steht hierbei im Fokus. Daraus erfolgende hohe Entformungskräfte können zu Beschädigungen am Werkstück oder auch der Werkzeugbeschichtung führen. Aus dem Wunsch nach immer kürzeren Zykluszeiten resultieren hohe Auswerfgeschwindigkeiten, welche die Belastung auf das Material zusätzlich erhöhen. Verschärft wird dies noch durch die aus Nachhaltigkeitsaspekten gewollten Materialeinsparung, was zu dünnwandigeren und damit auch auf hohe Entformungskräfte anfälligeren Produkten führt.

Zur Bestimmung von auftretenden Scherkräften existiert am Institut ein Messwerkzeug, welches die praxisnahe Ermittlung der Entformungskräfte beim Kunststoffspritzgießen ermöglicht. Dabei konnten auch in diesem Jahr im Rahmen von Auftragsuntersuchungen optimale Beschichtungen für einen gewünschten Kunststoff gefunden werden.

Ein neuartiges Werkzeug, welches die auftretenden adhäsionsbedingten Zugkräfte isoliert messbar macht, wurde aufgebaut. Diese isolierte Messung findet bei geöffnetem Werkzeug statt, sodass die Adhäsion des Spritzlings zum Werkzeugeinsatz durch ein transparentes Material, wie PET, über ein Kamerasystem beobachtet werden kann. Die Messung der Kraft erfolgt über ein abgekoppeltes System vom Spritzgusswerkzeuges. Während der Messung steht dieses Spritzgusswerkzeug komplett still, sodass keine verfälschten Ergebnisse auftreten können und die reine Adhäsionskraft gemessen wird. Die Werkzeugeinsätze werden in verschiedenen Rauheiten und mit verschiedenen Oberflächenbeschichtungen gefertigt. Mit diesem Werkzeug konnten die ersten Kunststoffe

vermessen werden, um die Auswirkung der verschiedenen Beschichtungen und Rauheiten auf die Adhäsionskräfte darzustellen. Die gewonnenen Erkenntnisse können dabei helfen, den Spritzgießprozess unter den genannten Aspekten effizienter zu gestalten und die Qualität der Kunststoffprodukte zu erhöhen.

Ansprechpartner

Maximilian Schönherr (bis 30.09.2022)

maximilian.schoenherr@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66423

Jonas Veit

jonas.veit@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685-66425

Entwicklung und Konstruktion von hybriden elektromagnetischen Hub-Haft-Aktoren auf Basis magnetischer Formgedächtnislegierungen und Reluktanzkräften bei weichmagnetischen Magnetkreisen

Trotz ihres langjährigen Bestehens und vielfältigen Einsatzes als elektro-magneto-mechanische Energiewandler bieten Elektromagnete weiterhin Entwicklungspotential und sind aus vielen Bereichen der Technik nicht wegzudenken. Aufgrund steigender Anforderungen und technologischem Fortschritt muss der Elektromagnet teilweise neu erfunden werden. Es werden zum Beispiel Bedingungen an eine einstellbare Kraft-Luftspalt-Charakteristik der beweglichen Ankerplatte gestellt und zeitgleich ein geräuscharmer Betrieb eingefordert. Es wurde am IKFF bereits erfolgreich eine Serie bestehend aus drei hybriden Hub-Haft-Aktoren entwickelt, die, diesen Anforderungen dahingehend gerecht zu werden. Zwei der drei Aktoren arbeiten mit vertikal bzw. horizontal ausgerichteten magnetischen Formgedächtnislegierungen (Magnetic-Shape-Memory, MSM) zur aktiven Hubbewegung des Stößels, ein Aktor basiert als Reluktanzaktor auf der geschickten Auslegung des Magnetkreises.

Der maßgebliche Unterschied dieser beiden MSM-Aktoren liegt an der räumlichen Orientierung der MSM-Sticks. So sind die MSM-Sticks zum einen parallel oder zum anderen horizontal, mit integrierter Übersetzungsmechanik, zur Spulennachse integriert. Bei allen drei entwickelten Aktoren ist ein Stirnwandanstieg der Kraft bei einem Luftspalt $\delta > 0$ mm, abhängig von der MSM-Stick Dehnung mit und ohne Übersetzungsverhältnis bzw. der konstruktiven Gestaltung des Kerns mit beweglichem Stößel, zu beobachten. In der Folge kann der Luftspalt einer anzuziehenden Ankerplatte bis zu 23 % (Steigerung des Luftspalts der Anordnung von 2,6 mm auf 3,2 mm) weiter entfernt sein bzw. ein gleicher Luftspalt mit 28 % Einsparung von elektrischer Energie überbrückt werden.

Neben der Entwicklung der hybriden elektromagnetischen Hub-Haft-Aktoren ist ein aktueller Schwerpunkt in der Forschung die Entwicklung einer zugehörigen Endstufe, welche die Ansteuerung der Aktoren mit Zusatzfunktionen, wie die Nutzung inhärenter sensorischer Eigenschaften, verbessern soll.

Ansprechpartner

Manuel Mauch

manuel.mauch@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66424

Festkörperaktoren auf Basis magnetischer Formgedächtnislegierung

Antriebe auf Basis von Festkörpereffekten bieten Möglichkeiten, die mit herkömmlichen Prinzipien nicht zu erreichen sind. Ein Vertreter dieser Gruppe von Materialien sind magnetische Formgedächtnislegierungen (MSM). Diese zeigen als Aktoreffekt eine Dehnung unter Einfluss eines Magnetfeldes und als Sensoreffekt die Änderung ihrer Permeabilität bei Verformung.

Als noch sehr neuer Vertreter in der Klasse der aktiven Materialien wird hier sowohl an Anwendungen als auch an Peripherie für die Überführung in die Anwendung geforscht. Im Bereich der Peripherie werden Aufnahmen untersucht, die sowohl die Lagerung im Aufbau und auch die Führung der Dehnungsbewegung übernehmen. In einer Veröffentlichung bei der Actuator-Konferenz in Mannheim konnten hier Ergebnisse zur reduzierten Streuung erreichter Hübe gezeigt werden. Aktuell werden hier außerdem Möglichkeiten für die Integration von Sensoren untersucht, um den Aufbau intelligenter Systeme zu ermöglichen.

Als Anwendung wurden MSM-Sticks als Steuerelement in permanentmagnetischen Kreisen untersucht. Dabei wird der Sensoreffekt ausgenutzt, der die dehnungsabhängige Permeabilität der Legierung beschreibt. Dadurch ergibt sich im magnetischen Kreis ein einstellbarer Widerstand mit dem der magnetische Fluss gesteuert werden kann. Eine Übersicht über das Potential dieses Prinzips wurde anhand einer simulativen Designstudie ermittelt und auf der IKMT in Linz vorgestellt.

Ansprechpartner

Marco Hutter

marco.hutter@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66173

Lineardirektantriebe mit induktiver Energieübertragung

Wo sonst Schleppketten zum Einsatz kommen, findet sich ein Koaxialtransformator wieder. Das Gesamtkonzept beruht dabei auf einer induktiven Energieübertragung und einer funkbasierten Datenübertragung. Durch den Wegfall der Schleppkette ist eine Reduzierung des Platzbedarfs möglich, genauso wie das Verhindern einer zusätzlichen Störkraft. Auch die Zuverlässigkeit des Antriebs kann gesteigert werden, da die Kabel keiner mechanischen Belastung mehr ausgesetzt sind.

Mit dieser Alternativlösung für Schleppketten wird sich am IKFF im Kontext von Lineardirektantrieben befasst. Dabei zeigte ein erster Prototyp mit einem bzw. mehreren Läufern, dass eine Anwendbarkeit und Funktionsfähigkeit gegeben sind. Mit diesem Wissen der Umsetzbarkeit und dem Ziel einer weiteren Wirkungsgradsteigerung wurde in diesem Jahr an einem neuen Konzept gearbeitet. Am Ende entstand daraus ein Lineardirektantrieb mit in die Führungswelle integrierter Primärspule und einer neuen vor- und nachgeschalteten Elektronik. Dies resultierte in einem vollintegrierten Übertragungssystem mit einem Wirkungsgrad von ca. 90 %. Zum Abschluss wurden die Ergebnisse auf der Konferenz für innovative Kleinantriebs- und Kleinmotorentechnik (IKMT) in Linz vorgestellt.

Ansprechpartner

Marcel Mittag

marcel.mittag@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66407

Smarte Aktoren durch den Einsatz von magnetischen Formgedächtnislegierungen

Aufgrund der steigenden Nachfrage nach energieeffizienten und hochintegrierten Antrieben rücken neuartige Aktorkonzepte zunehmend in den Fokus der Feinwerktechnik. Durch den Einsatz von magnetischen Formgedächtnislegierungen als intelligentes Material können diese beiden Anforderungen erfüllt werden. Die Nutzung der inneren Reibung von passiven magnetischen Formgedächtnislegierungen ermöglicht es, konventionelle Aktoren in multistabile, selbsthemmende und spielfreie Antriebe zu überführen. Zusätzlich kann die dehnungsabhängige Permeabilität der Legierung genutzt werden, um die Position des Antriebs intrinsisch zu bestimmen. Die Kombination dieser beiden Eigenschaften ermöglicht die Entwicklung integrierter, multistabiler und lagegeregelter mechatronischer Systeme.

Vor diesem Hintergrund wird ein neuartiges Sensorkonzept erforscht, welches die Permeabilitätsänderung der magnetischen Formgedächtnislegierung über eine Sensorspulenordnung in eine Änderung der Induktivität überführt. Erste Versuche zeigen, dass dieses Sensorkonzept eine Positionierung im Submillimeterbereich ermöglicht. In der zukünftigen Forschung wird die Integration des Sensorkonzepts in konventionelle Aktoren untersucht und darauf aufbauende Ansteuerungs- und Regelungskonzepte erarbeitet.

Ansprechpartner

Patrick Fleischmann

patrick.fleischmann@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66116



Dissertationen
Publikationen
Patente

Dissertationen

T. Litwin: "Vorschlag zur Optimierung der induktiv-variothermen Temperierung im Werkzeugbau", Institutsbericht Nr. 51

F. Schiele: "Entwicklung multidimensionaler Ultraschallantriebe auf Basis piezoelektrischer Halbkugelschalen", Institutsbericht Nr. 52

Publikationen

M. Hutter, B. Gundelsweiler, "Analysis of the impact of mechanical guidance on active MSM-stick elongation behaviour", ACTUATOR 2022 – International Conference and Exhibition on New Actuator Systems and Applications, 2022, pp. 1-4.

M. Hutter, B. Gundelsweiler, "Analysis of design parameters' influence of MSM-controlled PM-based reluctance actuators," IKMT 2022 – Innovative small Drives and Motors, 13. ETG/GMM-Symposium, 2022, pp. 1-6.

M. Mauch, B. Gundelsweiler, "Design of a hybrid electromagnetic switching/holding solenoid with adjustable core", IKMT 2022 – Innovative small Drives and Motors

M. Mittag, B. Gundelsweiler, "Integration of inductive energy transfer into the guidance of a linear drive", IKMT 2022 – Innovative small Drives and Motors

M. Mauch, B. Gundelsweiler, „Feinwerktechnische Aktoren mit aktivem Polkern“, 15. Tagung „Feinwerktechnische Konstruktion“, 13.10.2022, Dresden

Patentanmeldungen

Membranlüfter und Verfahren zum Betrieb

S. Strohmeyr, B. Gundelsweiler

DE 10 2021 1102 18, 27.10.2022

Fächer mit Steuereinheit zur Bestimmung der Resonanzfrequenz

P. Fleischmann, S. Strohmeyr, B. Gundelsweiler

DE10 2020 1281 81, 28.04.2022

Elektromagnetischer Hub- und/oder Haft-Aktor

B. Gundelsweiler, M. Mauch

DE 10 2021 124654, 03.11.2022

Professor Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler ist Institutsleiter beim IKFF seit 2018 und Experte für Präzisionsgerätetechnik und Antriebssysteme. Im Stuttgarter Maschinenbau ist er im Fakultätsvorstand als Studiendekan Maschinenbau und Maschinenbau / Mikrotechnik, Gerätetechnik und Technische Optik der Universität Stuttgart.



Foto: Christian Pecksteiner / Sebastian Poltschak

Des Weiteren ist Herr Professor Gundelsweiler Mitglied in folgenden Gremien:

- Stellvertretender Vorsitzender der Großen Kommission Maschinenbau GKM, Universität Stuttgart
- Mitglied Senatsausschuss Lehre, Universität Stuttgart
- Mitglied im Aufsichtsrat der Hahn-Schickard-Gesellschaft
- Mitglied im Vorstand Innovationsnetzwerk Schwarzwald-Baar-Heuberg
- Automotive Beirat, WVIB-Schwarzwald AG, Freiburg
- Mitglied im Kuratorium Südwestmetallpreis, Stuttgart
- Mitglied der VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik und Feinwerktechnik (GMM)
- Mitglied des Fachausschusses Elektrische Geräte- und Stellantriebe (GMM)
- Programmausschuss der Tagung Innovative Kleinantriebs- und Kleinmotorentechnik (GMM)
- Delegierter des Fakultätentages für Maschinenbau und Verfahrenstechnik