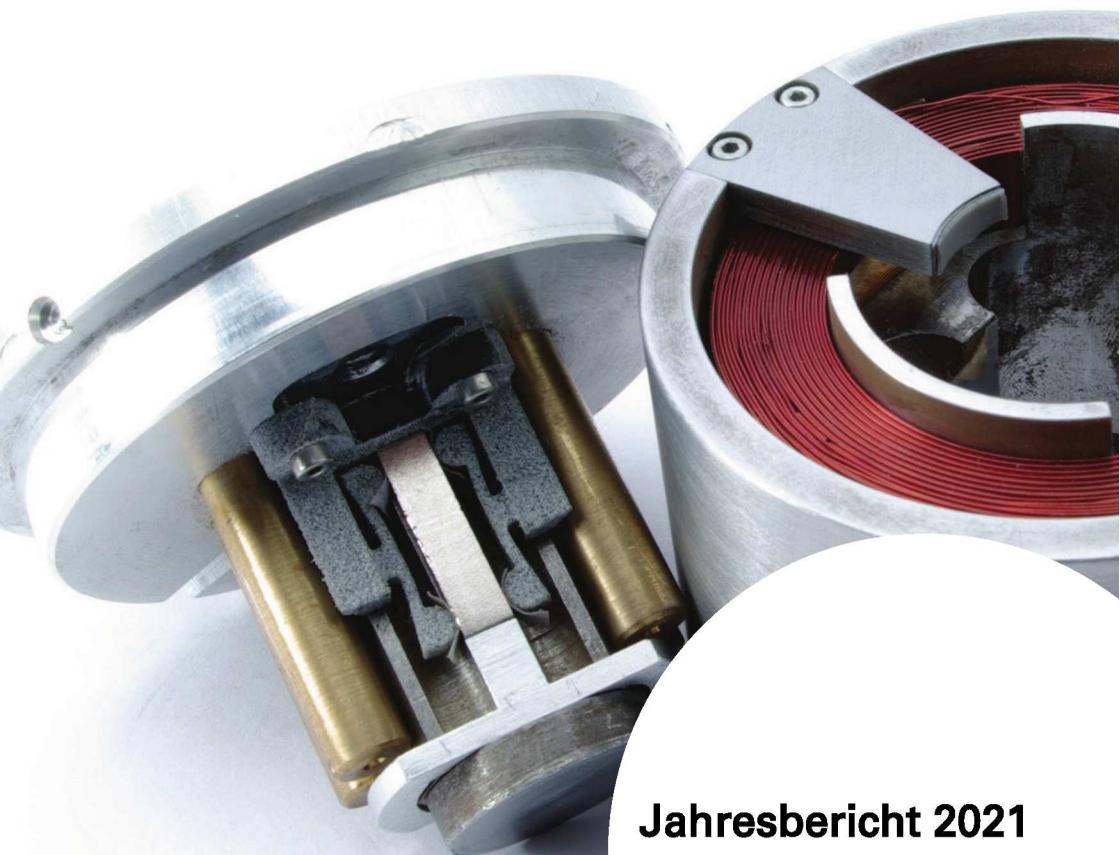




Universität Stuttgart
Institut für Konstruktion und Fertigung
in der Feinwerktechnik



Jahresbericht 2021

IKFF

Jahresbericht 2021

Institut für Konstruktion und
Fertigung in der Feinwerktechnik

Herausgeber, Verlag und Bildrechte

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 2022

Inhaltsverzeichnis



EINLEITUNG

6 Vorwort

DAS INSTITUT

9 Schwerpunkte am IKFF
Feinwerktechnische
Aktorik und Präzisions-
spritzguss

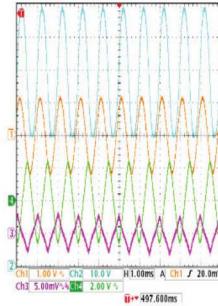
14 Unsere Mitarbeiter

LEHRE am IKFF

19 Studieren am IKFF

22 Vorlesungen

33 Lehre in Zahlen



KONSTRUKTIONSWETTBEWERB

- 34** Konstruktionswettbewerb 2021
Wurfmaschine für Schokokugeln

FORSCHUNG und PROJEKTE

- 39** Spritzgießtechnologie
43 Aktorik
48 Zuverlässigkeitsuntersuchungen

VORTRÄGE, PUBLIKATIONEN und PATENTE

- 50** Publikationen
52 Patente

„Die produktbezogene Konstruktionsmethodik in der Feinwerktechnik verkörpert die Schnittstellendisziplin. Schwerpunkte sind hier die konstruktive Gestaltung unter Nutzung von 2D- und 3D-CAD, generatives Design, die Berechnung von Systemen und die Simulation mit FEM. Dazu zählen auch Magnetfeldberechnungen sowie thermische Berechnungen für Linearantriebe, die FEM-Analyse von piezoelektrischen Antrieben und Formfüllsimulationen für den Kunststoffspritzguss. Für die Entwicklungen in der Gerätetechnik sind elektronische Schaltungen, Mikroprozessorprogrammierung, Software und optische Messtechnik für das Gesamtsystem erforderlich.“

Prof. Bernd Gundelsweiler

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wir haben den Jahresbericht des IKFF überarbeitet und für Sie einen Überblick unserer interessanten Forschungsschwerpunkte und Aktivitäten in der



Lehre zusammengestellt. Das ganze IKFF-Team hat sich mit viel Engagement eingesetzt und ich möchte an dieser Stelle allen Mitarbeiter*innen ganz herzlich danken.

Die Anfängerzahlen in den Ingenieurwissenschaften sind maßgeblich in den Bachelorstudiengängen weiter rückläufig und konnten durch konstante Studierendenzahlen bei der Einschreibung im Master nicht kompensiert werden. Über den neuen Außenauftritt des Stuttgarter Maschinenbaus und Veranstaltungen mit Kontaktmöglichkeiten zur Studieninformation möchten wir Studieninteressierte für ein Studium an der Universität Stuttgart begeistern. Erfreulicherweise sind unsere Lehrangebote gut nachgefragt, was Sie unserer Lehrübersicht und den geleisteten Bachelor-, Studien- und Masterarbeiten entnehmen können. Wir haben unser Lehrangebot im vergangenen Wintersemester wieder vollständig in Präsenz anbieten können und zusätzlich mit digitalen Inhalten hinterlegt. Den Semesterbetrieb im Sommer- und Wintersemester konnten wir gut meistern.

Unsere beiden Forschungsbereiche in der Antriebs- und Präzisions-spritzgusstechnik konnten wir mit Industrieprojekten und wissenschaftlichen Förderprojekten weiter ausbauen. Dabei sind neuartige smarte Aktoren, Aktoren auf Basis von magnetischen Formgedächtnislegierungen, induktive Energieübertragungen, Entformungskraftmessungen und variotherme induktive Temperierverfahren entwickelt

worden. Unseren Laborbereich konnten wir mit neuer Messtechnik – einem 2½D-Laser-Doppler-Vibrometer, einem Magnetfeldscanner und einem optischen Mikrofon – ausstatten und damit unsere Forschungstätigkeiten ideal unterstützen. Die Ergebnisse konnten in Tagungsbeiträgen, zahlreichen Veröffentlichungen und Patentanmeldungen vorgestellt werden.

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), Kunststoffspritzguss (Entformungskraftmessungen, variotherme induktive Temperierung) und Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Baugruppen.

Modernste Labortechnik und die institutseigene Werkstatt erlauben umfassende Forschung und Entwicklung in Theorie und Praxis.

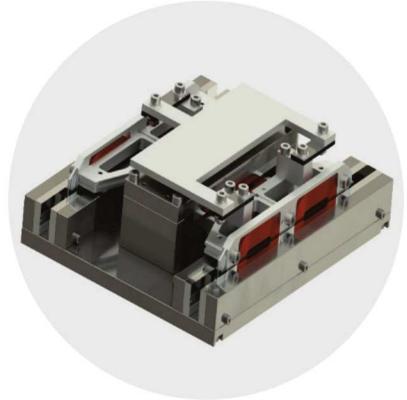
Entwicklung alternativer Antriebssysteme

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

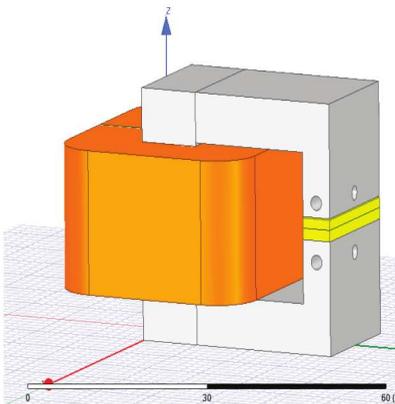


Zuverlässige Antriebe

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.



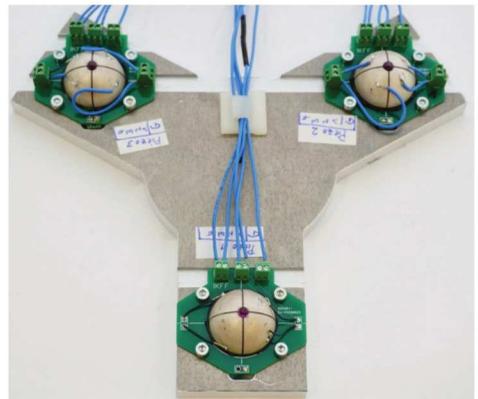
Patentierte Sensorik



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.

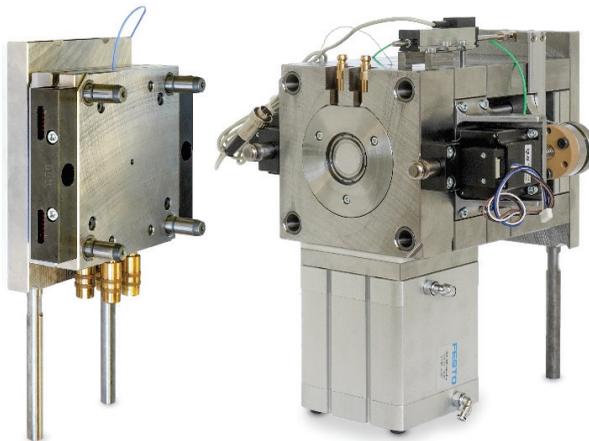
Planarer Ultraschallantrieb

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.



Effizientere Verarbeitung von Kunststoffen

Im Arbeitsgebiet Präzisionsstritzguss 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.



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 In-

duktoranordnung wurden fortge-

führt und weiter ausgebaut. Er-

gebnisse dazu sind mehrfach

veröffentlicht. Das BMBF geför-

derte Projekt Ultrapress I wurde

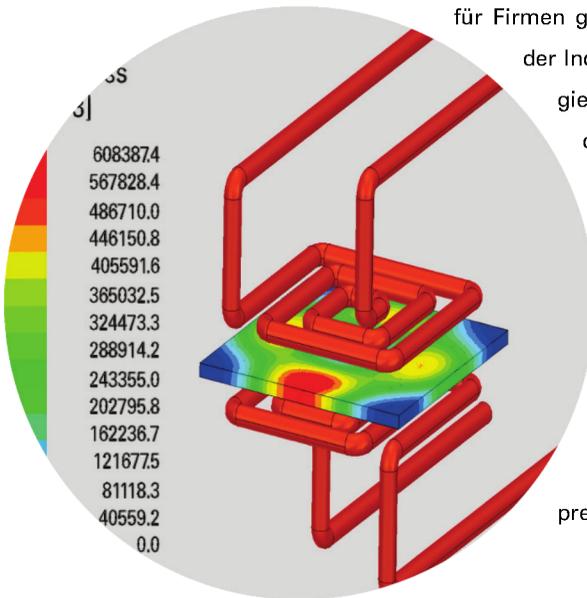
mit großem Erfolg für die Her-

stellung von Bipolarplatten für

Brennstoffzellen abgeschlossen.

Ein Folgeförderantrag für Ultra-

press II wurde neu eingeworben.



Unsere Mitarbeiter**Institutsleitung und Organisation**

Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler

Institutsleiter

Dipl.-Ing. Eberhard Burkard

Akademischer Oberrat, stellvertretender Institutsleiter

Ulrike Ortner (bis 28.02.2021)

Kornelia Wanner (bis 31.05.2021)

Claudia Sabo (ab 15.04.2021)

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. Clara Holfelder-Fritsche

Absicherung und Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe

M. Sc. Thomas Litwin (bis 31.10.2021)

Kunststoffspritzguss / induktive Temperierung

M. Sc. Marco Hutter

Konzeptionierung, Entwicklung und Aufbau feinwerktechnischer Antriebssysteme

M. Sc. Manuel Mauch

Aktorik / Sensorik

M. Sc. Marcel Mittag

Lineardirektantriebe mit induktiver Energieübertragung

M. Sc. Frank Schiele (bis 30.09.2021)

Piezoelektrische Antriebe

Dipl.-Ing. Max Schönherr

Kunststoffspritzguss

Wissenschaftliche Hilfskräfte

Jan Allmendinger

Patrick Fleischmann

Gibram Khoury

Felix Kohlhoff

Ulrike Kurz

Lukas Lang

Jakob Mayer

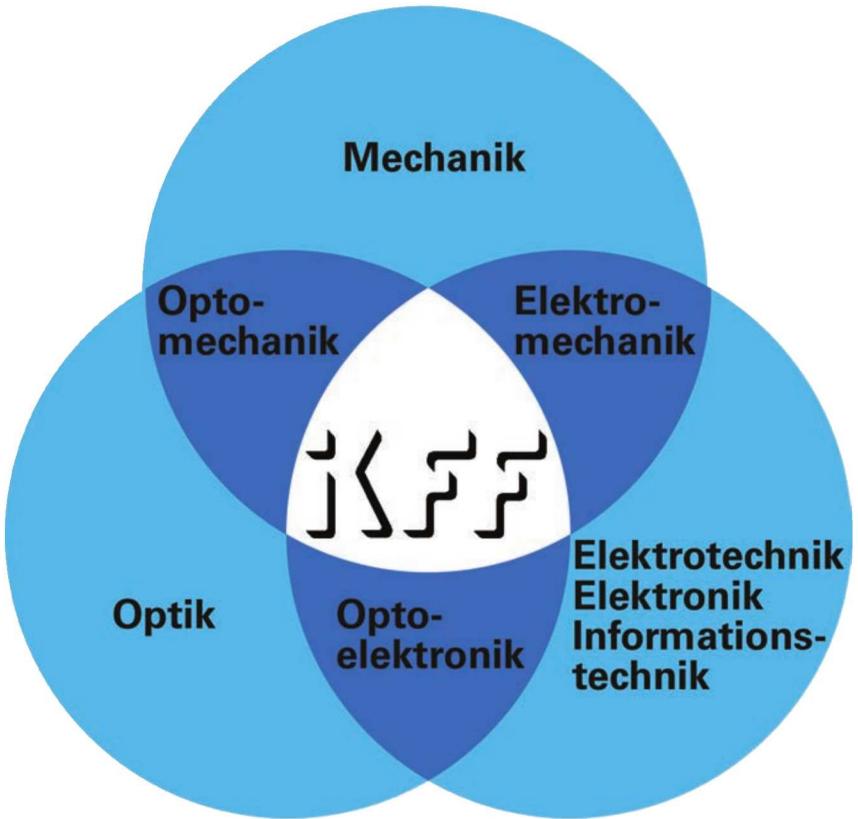
Michael Preisser

Christoph Schnorr

Richard Wunderle

Maximilian Ziegler





Lehre 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 etwa 150 bis 200 Bewerbungen pro Jahr. Zuspruch zu unserem Master gibt es vor allem aus anderen Universitäten, Hochschulen bzw. aus Dualen Hochschulen. Die Studierendenzahl liegt leicht unter der langfristigen Zielstellung von 20 Immatrikulationen pro Jahr.

In der „Konstruktionslehre Feinwerktechnik“ waren im Wintersemester 2021/22 42 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 41 Studierende das Fach „Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik“ als Pflicht- oder Kernfach. 39 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 Studien-, 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.

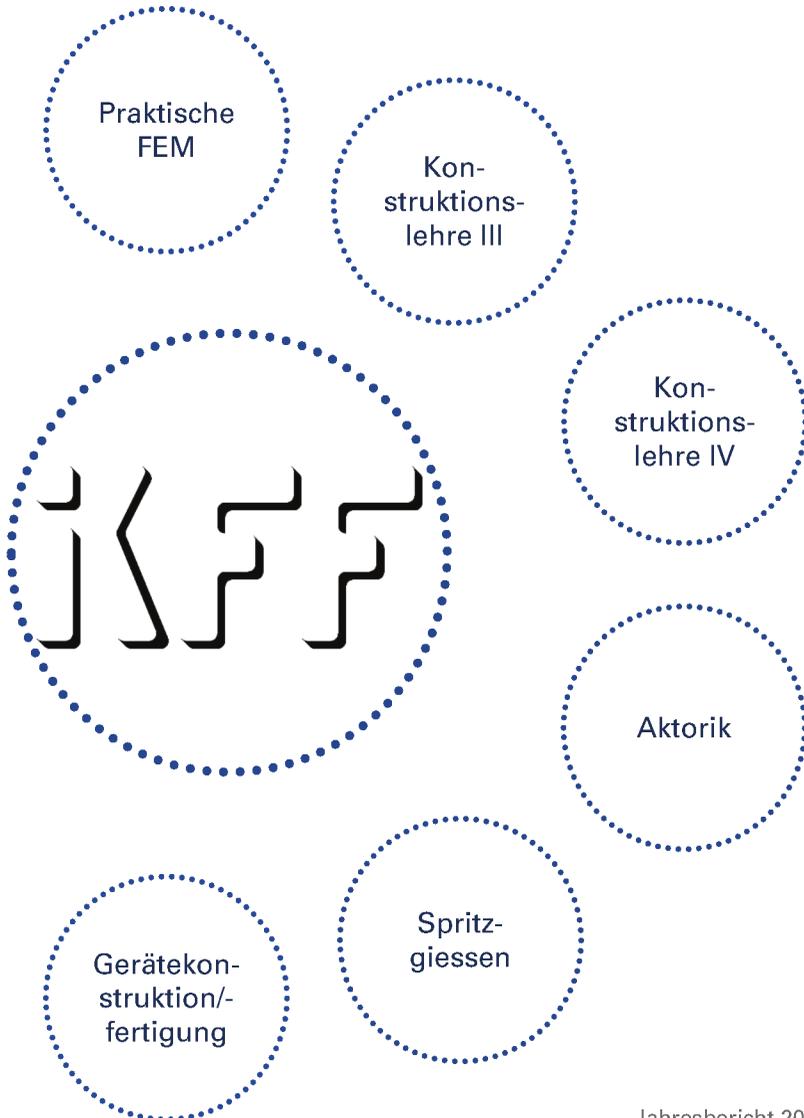
Die Vorlesung „Aktorik in der Gerätetechnik – Konstruktion, Berechnung und Anwendung mechatronischer Komponenten“ beleuchtet ausgewählte Aspekte der Entwicklung und Konstruktion mechatronischer Komponenten und Systeme der Feinwerktechnik. Behandelt werden feinwerktechnische Antriebssysteme unterschiedlichster Wirkprinzipien. Den Schwerpunkt bilden elektromagnetische und elektrodynamische Stelltechnik, piezoelektrische und magnetostriktive 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 2020/2021 und im Sommersemester 2021 wurden alle Vorlesungen den Studierenden als online-Vorlesungen auf ILIAS zur Verfügung gestellt. Zusätzlich wurde eine wöchentliche Videosprechstunde angeboten.

Im Wintersemester 2021/2022 konnten die Vorlesungen wieder in Präsenz stattfinden, wurden jedoch teilweise zusätzlich als online-Vorlesungen angeboten.

Vorlesungen im Detail

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

Dozenten: Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler, Dipl.-Ing. Eberhard Burkard

Betreuer: Burkard, Fitzlaff, Holfelder-Fritsche, Hutter, Litwin, Mauch, Mittag,
Schiele, Schönherr

Mechanische Funktionsgruppen

- Achsen und Wellen
- Lager (Gleit-, Wälz- und Sonderlager, aerostatische Lager)
- Führungen
- Getriebe, Zahnradgetriebe
- Koppelgetriebe
- Zahnriemengetriebe, Zugmittelgetriebe
- Schraubenge triebe
- Kupplungen

Fertigungsgerechtes Gestalten – ausgewählte Fertigungsverfahren

- Gestalten von Kunststoffkomponenten (Spritzguss)
- Blechteile
- Optik-Fassungen

Konstruktionslehre (Feinwerktechnik) IV

Teil I: Mechanische und elektromechanische Funktionsgruppen, Konstruktionsmethodik

Dozenten: Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler, Dipl.-Ing. Burkard

Betreuer: Burkard, Fitzlaff, Hutter, Litwin, Mauch, Mittag, Schiele, Schönherr

- Schaltbare Kupplungen und Bremsen
- Selbstschaltende Kupplungen
- Feste Kupplungen, Ausgleichkupplungen
- Gerätebau / Anwendung der Konstruktionsmethodik auf komplexe Systeme
- Elektromechanische Funktionsgruppen
- Elektromagnetische Stelltechnik
- Stelltechnik auf Basis von Festkörpereffekten

Teil II: Optische Funktionsgruppen

Dozent: Dipl.-Ing. Burkard

- Bewegungsverhalten von Koppelgetrieben
- Dimensionierung von Kupplungen
- Einführung in die Methodikübung / Konstruktionswettbewerb
- Optische Funktionsgruppen

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

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Gundelsweiler

Betreuer: Holfelder-Fritsche, Hutter

- Magnettechnik, -technologie
- Kraftwirkungen im Magnetfeld
- Elektrodynamische Stelltechnik
- Gleichstrommotoren – permanenterregte DC- und EC-Motoren
- Lineardirektantriebe
- Gleichstrommotoren – Ansteuerung / Regelung
- Übung Lineardirektantriebe

Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik

Dozenten: Prof. Dr.-Ing. Gundelsweiler, Dipl.-Ing. Burkard

Betreuer: Burkard, Hutter, Mauch, Schiele

- Genauigkeit und Fehlerverhalten 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

Dozenten: Litwin, Fitzlaff

Betreuer: Litwin, Fitzlaff, Mittag, Schönherr, Schiele

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.

Die Vorlesung inkl. Übungen mit 3 ECTS wird in der ersten Hälfte des Sommersemesters als Blockveranstaltung angeboten.

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

Dozenten: Prof. Dr.-Ing. Gundelsweiler, Dipl. Ing. Burkard

Betreuer: Burkard, Schönherr

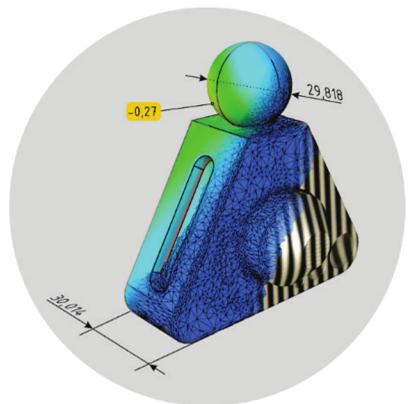
- Polymerwerkstoffe
- Verarbeitungsverfahren Spritzgießen
- Konstruktion von Spritzgießwerkzeugen
- spritzgussgerechte Konstruktion
- rheologische Auslegung von Teil und Werkzeug
- Kunststoffspritzguss in der Mikro- und Gerätetechnik, Sonderverfahren
- Prozesskette – von der Konstruktion bis zum Fertigungsprozess
- 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
- Spritzgusssimulation mit Moldflow
- Ultraschallantriebe
- Koordinatenmesstechnik
- Gleichstrommotoren
- Lineardirektantriebe
- optische 3D-Vermessung
- CAM-Praktikum

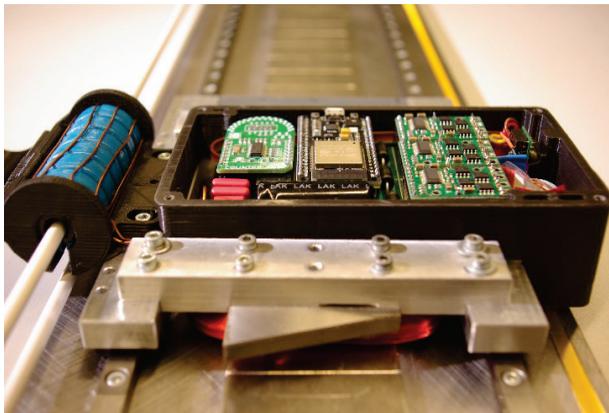


Allgemeine Praktika Maschinenbau (APMB)

- Schrittmotoren
- Koordinatenmesstechnik
- Optische 3D-Vermessung

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

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



Projektarbeiten

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

Themen Wintersemester 2021/2022

- Entwicklung eines mechanischen Musikautomaten
- Automatisierung einer Kaffeemaschine
- Entwicklung eines Schreib- und Zeichenroboters
- Der elektromagnetische Boxermotor

Seminare der Feinwerktechnik / Abschlussarbeiten

Im Seminar der Feinwerktechnik werden in loser Folge die [Ergebnisse von Bachelor-, Studien- und Masterarbeiten](#) vorgestellt. Aufgrund der Pandemie wurden die Vorträge teilweise live per WebEx übertragen.

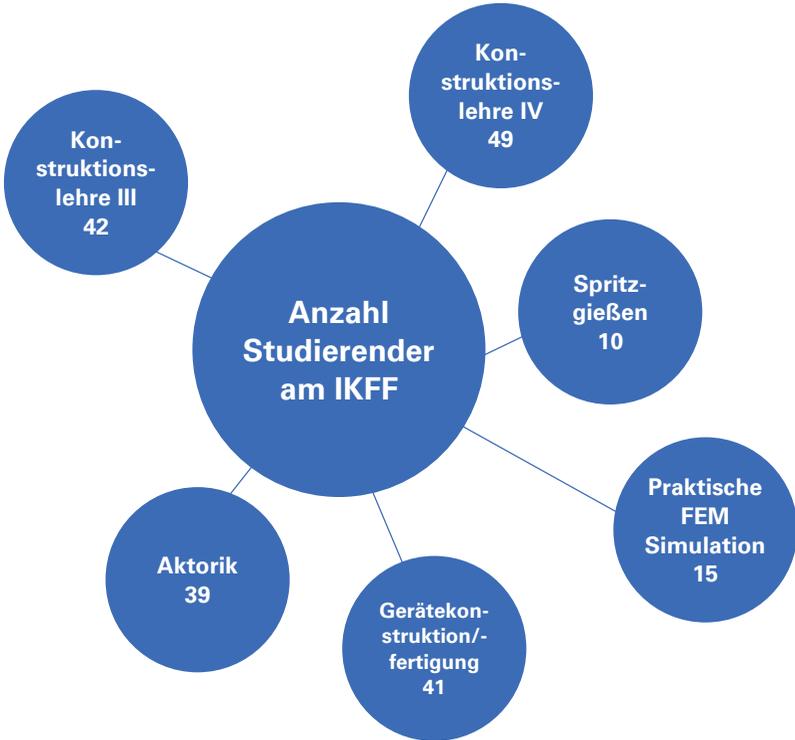
08.10.2020 Bachelorarbeit	Wunderle, Richard Messtechnische Evaluation und konstruktiver Ausbau eines Aktors mit magnetischer Formgedächtnislegierung unter Zuhilfenahme von Simulationswerkzeugen
17.12.2020 Bachelorarbeit	Fröschle, Richard Entwicklung eines Dosiergeräts zur Beimischung von Masterbatches beim Kunststoffspritzgießen
17.12.2020 Bachelorarbeit	Khoury, Gibran Untersuchung der Entformungskräfte im Kunststoffspritzguss und Bestimmung der Einflüsse unterschiedlicher Prozessparameter

17.12.2020 Masterarbeit	Reich, Christian Simulative Optimierung eines induktiven Übertragungssystems und experimentelle Validierung anhand eines Demonstrators
17.12.2020 Studienarbeit	Schneller, Lukas Simulative Untersuchung von piezoelektrischen Halbkugeln mit Parameterstudien mit dem Ziel der Trajektorienoptimierung des Reibkontaktes
10.03.2021 Bachelorarbeit	Zhao, Qian Simulative Untersuchungen des Einflusses von Fertigungs- und Setztoleranzen von Magneten auf den Feldverlauf in Lineardirektantrieben
10.05.2021 Projektarbeit	Mayer, Philip Modellbildung zum dynamischen Verhalten eines Elektromagneten in Matlab Simulink und Entwicklung von Regelungskonzepten
10.05.2021 Projektarbeit	Poppe, Benjamin Mechatronische Optimierung eines homopolaren Lineardirektantriebs
10.05.2021 Projektarbeit	Sajawal, Ahmed Aufbau NdT EddyCurrent Sensor
10.05.2021 Projektarbeit	Salar, Sinan Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für metallische und Graphit-Bipolarplatten
10.05.2021 Projektarbeit	Schnorr, Christoph Entwicklung und Inbetriebnahme eines Testaufbaus für thermisch aktivierte Formgedächtnisaktoren

12.10.2021 Studien- arbeit	Chong, Heewon Simulative Untersuchung eines magnetischen Hub-Haft-Aktors in ANSYS Maxwell
09.12.2021 Studien- arbeit	Guter, Johannes Untersuchung der elektrischen Sensoreigenschaften magneti- scher Formgedächtnislegierung
03.02.2022 Master- arbeit	Allmendinger, Jan Entwicklung und Charakterisierung eines linear aufgebauten MSM-gesteuerten Permanentmagnetkreises
03.02.2022 Bachelor- arbeit	Böhm, Finn Aufbau, Inbetriebnahme und Abmusterung eines neuartigen Messsystems zur Messung von adhäsionsbedingten Zugkräften beim Spritzgießen
03.02.2022 Bachelor- arbeit	Xu, Xiao Charakterisierung von unterschiedlichen Oberflächen und de- ren Beeinflussung auf das Entformungsverhalten beim Spritz- gießen

Wintersemester 2020/2021, Sommersemester 2021, Wintersemester 2021/2022 (Stand Feb 2022)

LEHRE IN ZAHLEN



Konstruktions- wettbewerb



28. Konstruktionswettbewerb

Wurfmaschine für Schokokugeln

Er ist gute Tradition an der Universität Stuttgart – der Konstruktionswettbewerb. Vom Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik ausgetragen, lädt er jedes Jahr Studierende der Fächer Maschinenbau, Fahrzeug- und Motorenbau ein, sich der Herausforderung zu stellen und ganz besondere Maschinen zu entwickeln.

Zum zweiten Mal seit seinem Bestehen fand der Konstruktionswettbewerb aufgrund der Pandemie rein virtuell statt und konnte nicht am Tag der Wissenschaft ausgetragen werden. Der Spannung, die sich am Tag der Preisverleihung, am 6. Juli, online ausbreitete, tat dies jedoch keinen Abbruch. Und auch dem konstruktiven Einfallsreichtum der Studierenden hatte es keinen Abbruch getan, denn die Jury war voll des Lobes für die „durchgängig gut ausgefallenen Arbeiten“.

Animiert von der Postzustellung auf Abstand in Pandemie-Zeiten hatten die Studierenden eine kleine, aber feine Wurfmaschine zu entwickeln, die Gegenstände möglichst weit und zielgerichtet befördern kann. Beim Wurf sollte die gerade mal 500 Gramm schwere und in einen Würfel mit 150 mm Kantenlänge passende Maschine Standfestigkeit beweisen. Als Wurfgeschoss diente – bei freier Auswahl der Geschmacksrichtung – eine kleine Schokokugel.

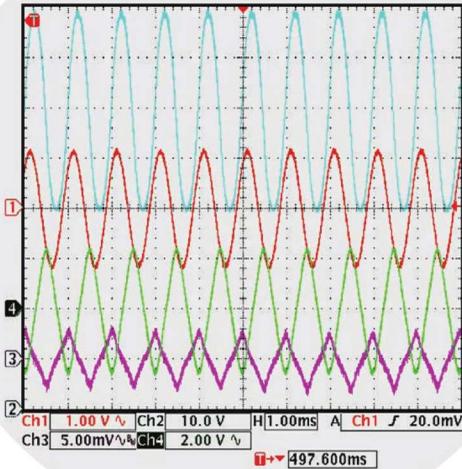
Werkeln und Bauen am Institut ging leider nicht. Die zwölf Studierenden, die sich in drei Gruppen zusammengefunden hatten, erwarteten jedoch spannende Zusatzttermine. In deren Verlauf konnten sie sich online am gemeinsamen Konstruieren mittels 3D-CAD üben und wurden in die Software Inventor eingeführt, mit der sich Simulationen erstellen lassen. Die nur auf dem Papier entwickelten Wurfmaschinen

konnten schließlich zwar nicht real zeigen, was sie können, beeindruckten aber durchaus in der Simulation – teils gar mit über drei Meter Wurfweite.

Leicht sei die Auswahl nicht gewesen, befand das Jury-Team, dem Institutsleiter Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler angehörte, dessen Stellvertreter, der „alte Wettbewerbs-Hase“ Eberhard Burkard, und Marcel Mittag, der sich die Aufgabenstellung ausgedacht hatte. In die Bewertung flossen das Gewicht der beweglichen Maschinenteile und natürlich die Wurfweite ein, zudem die Fertigungs- und Materialkosten, die benötigte Zeit für Entwicklung und Simulation und schließlich auch die Ausarbeitung und das Lösungskonzept.

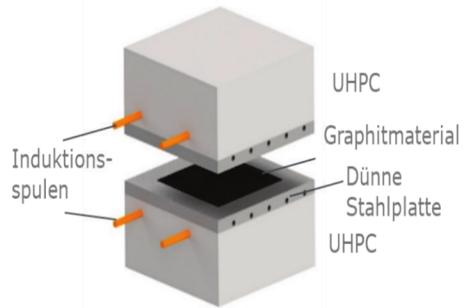
Drei Gruppen, das bedeutete beim diesjährigen Wettbewerb schließlich durchweg Gewinner*innen – für alle blieb ein Treppchen, und für alle gab es einen Preis. Die Erstplatzierten – Niklas Hornung, Michael Weishaupt, Max Hönig und Luca Ieva – können sich jetzt über je einen Buchgutschein in Höhe von 125 Euro freuen, die Zweit- und Drittplatzierten Buchgutscheine in Höhe von je 100 bzw. 75 Euro in Empfang nehmen, und für alle gab es zudem noch Fachbücher nebst diverser Aufmerksamkeiten verschiedenster Sponsoren.

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 abgeschlossenen Forschungsprojekt UltraPress, das im Rahmen der Förderinitiative KMU NetC des BMBFs 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.



Werkzeugaufbau mit Induktionsspule, Kühlkonzept und Stahlaufleger mit integriertem Flowfield

Aufgrund der enormen Zeit- und Kostenersparnis, die diese Grundlagenforschung bereits verspricht, soll im nun gestarteten Folgeprojekt „Ultrapress2“ dieses Herstellverfahren in den nächsten drei Jahren weiterentwickelt und in einen Serienprozess überführt werden. Dazu haben sich die Firmen Proton Motor Fuel Cell GmbH, Boyke Press Technology GmbH, Eisenhuth GmbH & Co. KG, Runkel Fertigteilbau 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.

Innerhalb des Projekts wird das IKFF seine Expertise in der induktiv-variothermen Prozessführung einbringen und erweitern. Der besondere Belastungsfall des in die UHPC-Komponente des Werkzeugs eingebrachten Induktors soll in diesem Projekt genauer betrachtet und berücksichtigt werden. Weiterhin steht eine Optimierung der Induktor-Geometrie unter Berücksichtigung der Forderung nach möglichst effizienten und kurzen Zykluszeiten im Fokus.

Ziel des Projektes ist neben der weiteren Reduzierung der Prozesszeiten und der Skalierung der Presswerkzeuge, die Implementierung des neu entwickelten induktiven Heißpressverfahrens in einer Demonstrationsanlage für die automatisierte und vorserientaugliche Herstellung von Bipolarplatten.

Ansprechpartner

Milan Fitzlaff

milan.fitzlaff@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 67472

Charakterisierung der Werkzeuoberflächentopografie 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 Werkzeuoberfläche – 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 Auswerfergeschwindigkeiten, 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. Zusätzlich wurde ein neuartiges Werkzeug aufgebaut, welches die auftretenden adhäsionsbedingten Zugkräfte isoliert messbar macht. Die gewonnenen Erkenntnisse können dabei helfen, den Spritzgießprozess unter den genannten Aspekten effizienter zu gestalten und die Qualität der Kunststoffprodukte zu erhöhen.



Neuartiges Messwerkzeug zur Ermittlung von adhäsionsbedingten Zugkräften beim Spritzgießen

Ansprechpartner

Max Schönherr

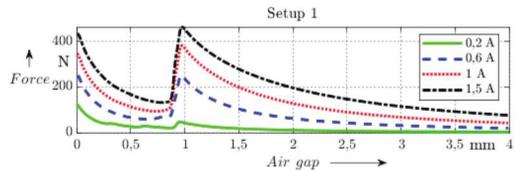
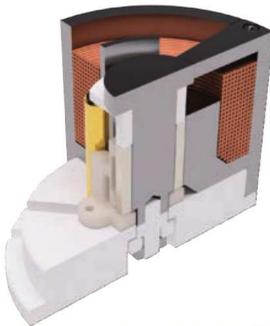
max.schoenherr@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66423

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. Sie übernehmen beispielsweise kritische Schalt- und Positionieraufgaben in der Relais- und Ventiltechnik und sind auch in anderen Technologiebereichen von höchster Wichtigkeit. 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. Die beiden am IKFF entwickelten hybriden Hub-Haft-Magnete versuchen, diesen Anforderungen dahingehend gerecht zu werden, dass sie über einen stellbaren inneren Stößel verfügen, welcher im Schaltvorgang aktiv den zu überbrückenden Luftspalt zur externen Ankerplatte hin verkürzt und so Einfluss auf die Kraft-Luftspalt-Charakteristik sowie das Schaltgeräusch nehmen kann.

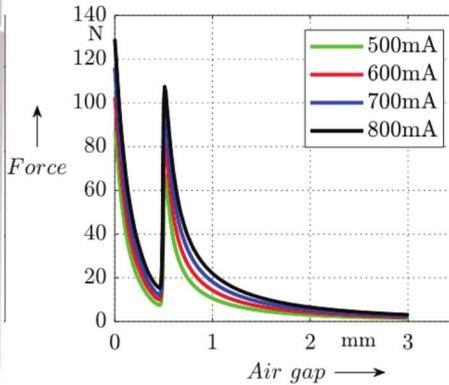
Erfolgreich ist am IKFF bereits ein hybrider Hub-Haft-Aktor entwickelt worden, welcher mit magnetischen Formgedächtnislegierungen (Magnetic-Shape-Memory, MSM) arbeitet. Die stromdurchflossene Spule erzeugt ein die beiden MSM-Sticks durchflutendes Magnetfeld, welches diese wiederum in ihrer Längsausdehnung um etwa 5 % (entspricht 1 mm bei einer Ausgangslänge von 20 mm) dehnt und so einen aktiven Stößelhub ermöglicht.



Am IKFF entwickelter Hub-Haft-Aktor (Ø 70 mm) mit magnetischen Formgedächtnislegierungen (links) und entsprechender Kraft-Weg-Kennlinie auf die externe Ankerplatte (rechts)

Auf diese magnetischen Formgedächtnislegierungen soll in dem zweiten am IKFF entwickelten hybriden elektromagnetischen Hub-Haft-Aktor durch eine entsprechende Auslegung des magnetischen Kreises verzichtet und so der Anwendungsbereich erweitert werden.

Der für diesen Elektromagneten designte Magnetkreis zeichnet sich dadurch aus, dass der magnetische Widerstand zwischen Stößel und Grundkörper des Elektromagneten durch den Spacer aus Aluminium verhältnismäßig groß ist. Der magnetische Fluss wird deshalb lokal auf einen Umweg gezwungen und ermöglicht auf diese Weise ein Abheben des ferromagnetischen Stößels aus der hinteren Endlage. Aufgrund der Quellenfreiheit des Feldes der magnetischen Flussdichte überbrücken die Feldlinien den Luftbereich oberhalb des Aktors hin zum Grundkörper und veranlassen durch die Reluktanzkraft eine Bewegung des beweglichen Stößels in eine vordere Endlage. Diese energetisch günstige Endlage reduziert den magnetischen Widerstand des magnetischen Kreises weitestgehend und ist damit die bevorzugte Ausrichtung des beweglichen Stößels.



links: Am IKFF entwickelter Hub-Haft-Aktor (\varnothing 30 mm) mit ferromagnetischem Stößel (dunkel); rechts: Entsprechende Kraft-Weg-Kennlinie auf die externe Ankerplatte

Der somit aktiv verkürzte Luftspalt zur externen Ankerplatte sorgt für einen exponentiellen Anstieg der Kraft-Luftspalt-Kurve des hybriden Hub-Haft-Aktors für einen Luftspalt > 0 mm (Abbildung 2). Dieser Aktor kann die Kraft-Weg-Kennlinie in noch festzustellenden Grenzen hin zu einem größeren Hub beeinflussen.

Noch durchzuführende Untersuchungen zur Geräuschentwicklung im Schaltbetrieb der beiden Aktoren sowie zu inhärenten sensorischen Eigenschaften des Elektromagneten (Position und oder Schaltzustand) sollen die Vorzüge dieses hybriden Magnetdesigns weiter untermauern.

Ansprechpartner

Manuel Mauch

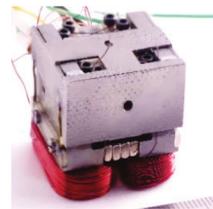
manuel.mauch@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66424

Neues Aktorprinzip basierend auf Festkörpereffekten

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 einen Aktoreffekt (Dehnung unter Einfluss eines Magnetfeldes) und einen Sensoreffekt (Änderung ihrer Permeabilität bei Verformung).

In einem am IKFF entwickelten und patentierten Aktorprinzip wird der Sensoreffekt genutzt, um einen steuerbaren magnetischen Widerstand zu erzeugen und damit den magnetischen Fluss in permanentmagnetisch erregten Kreisen zu steuern. Somit können Permanentmagnete in Anwendungen genutzt werden, die sonst nur mit Elektromagneten möglich sind. Der Vorteil liegt hierbei in einer deutlich geringeren Verlustleistung im stationären Betrieb. Die erste Charakterisierung eines Prototypen war Thema einer Veröffentlichung bei der Actuator-Konferenz im Februar 2021. Im Rahmen der weiteren Forschung an diesem Aktorprinzip wurden neben der Betrachtung und Optimierung des zugrunde liegenden Prinzips auch Peripheriethe-men, wie die mechanische Lagerung der MSM-Legierungen und die integrierte Umsetzung von Messaufgaben, betrachtet. Die Forschung in diesem Bereich ist entscheidend, um Aktoren auf MSM-Basis den Transfer von reinen Forschungsthemen hin zur Anwendung zu ermöglichen.



Prototyp eines MSM-gesteuerten Reluktanzaktors

Ansprechpartner

Marco Hutter

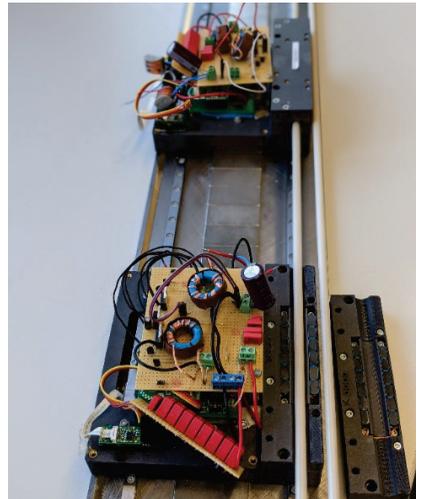
marco.hutter@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66173

Lineardirektantriebe mit induktiver Energieübertragung

Durch den Aufbau eines Lineardirektantriebs mit zwei Läufern konnten im letzten Jahr die weiteren Vorteile einer induktiven Energieübertragung gezeigt werden. Wo sonst Schleppketten zum Einsatz kommen, findet sich ein Koaxialtransformator wieder. 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.

Bei den bisherigen Aufbauten wurde das Übertragungssystem immer als zusätzliche Komponente seitlich an den Antrieb angeflanscht. In einem weiteren Aufbau wird an einer Integration des Übertragungssystems in den bestehenden Antrieb geforscht. Die Führung soll dabei die Tragstruktur der Primärspule bilden. Untersucht wird dabei auch die Einflussnahme auf das Gesamtsystem.



Lineardirektantriebe mit zwei Läufern und induktiver Energieübertragung

Ansprechpartner

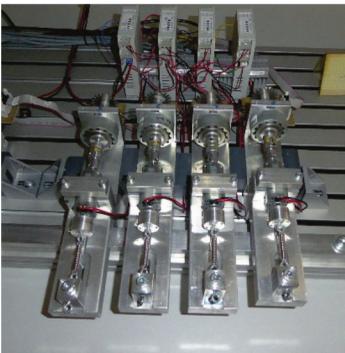
Marcel Mittag

marcel.mittag@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66407

Zuverlässigkeitsuntersuchungen und Absicherung am Beispiel feinwerktechnischer, bürstenloser Antriebe

Der Forschungsschwerpunkt liegt hier bei der Absicherung und Zuverlässigkeit feinwerktechnischer mechatronischer Systeme. Hierbei soll ein Lastprofil für geraffte Dauerlauftests von bürstenlosen DC-Motoren entwickelt und definiert sowie ein Dauerlaufprüfstand aufgebaut werden. Für diese Langzeitversuche sollen dabei geeignete In-line-Messverfahren entwickelt und implementiert werden, um Echtzeitdaten der einzelnen Prüfnester zu erhalten.



Vergleichbarer Prüfstand für bürstenbehaftete DC-Motoren

Durch erste Vorversuche sollen relevante Messverfahren herausgearbeitet werden, um die messtechnische Überwachung der Versuche auf ein vertretbares Maß zu bündeln. Desweiteren sollen erste Zuverlässigkeitsabschätzungen durch Methoden zur Zuverlässigkeitsermittlung und mathematischen Zuverlässigkeitsmodellen erfolgen. Um die Anzahl der sich daran anschließenden Tests möglichst überschaubar zu halten, sollen Methoden der DoE zum Einsatz kommen.

Mithilfe geeigneter Methoden, beispielsweise durch künstliche Intelligenz, sollen die Daten der sich anschließenden Langzeitversuche derart ausgewertet und analysiert werden, dass Echtzeitvorhersagen vor dem tatsächlichen Ausfall der getesteten Prüflinge möglich werden. Diese so ermittelten Zuverlässigkeitsprognosen dienen der Systemzuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen und der Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme.

Die Langzeitversuche sollen von diversen Messanalysen der Prüflinge vor und nach den Dauerlaufmessungen flankiert werden, die Ausgangs- und Endzustand der einzelnen Prüflinge reproduzierbar erfassen und weitere Aufschlüsse zur Charakteristik der einzelnen Prüflinge geben.

Ansprechpartner

Clara Holfelder-Fritsche

clara.holfelder-fritsche@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66408

Vorträge, Publikationen und Patente



Publikationen

M. Hutter, A. Kazi, B. Gundelsweiler, "Experimental Investigation of an MSM controlled Reluctance Actuator," ACTUATOR; International Conference and Exhibition on New Actuator Systems and Applications 2021, 17.-19.02.2021

Raab, M.; Hutter, M.; Kazi, A.; Schinkoethe, W.; Gundelsweiler, B., "Magnetically Levitated Linear Drive Using an Active Gravity Compensation Based on Hybrid Shape Memory Actuators", IEEE Transactions on Mechatronics Volume 26, Issue 3 (2021)

M. Mauch, M. Hutter, B. Gundelsweiler, "Development of an electromagnetic actuator with magnetic-shape-memory active core for stroke enlargement and noise reduction", ETG-Fachbericht 164 Elektromechanische Antriebssysteme 2021 (VDE), pp. 136-142, 09.-10.11.2021

M. Mittag, "Inductively powered Linear Direct Drive with multiple Armatures", Elektromechanische Antriebssysteme 2021, München online, November 2021

F. Schiele, B. Gundelsweiler, "Hemispherical resonators made of soft and hard piezo material for planar ultrasonic motors", ACTUATOR; International Conference and Exhibition on New Actuator Systems and Applications 2021, 2021, pp. 1-4.

F. Schiele, B. Gundelsweiler, "Design and Characterization of a Planar Motor Drive Platform Based on Piezoelectric Hemispherical Shell Resonators", Actuators 2021, 10, 187. <https://doi.org/10.3390/act10080187>

M. Schönherr, „Charakterisierung von Entformungskräften beim Spritzgießen – neuer Ansatz zur Ermittlung der adhäsionsbedingten Zugkräfte zwischen Werkzeugoberfläche und Kunststoff“, Kunststoffkolloquium März 2021, Institut für Kunststofftechnik IKT, Universität Stuttgart

Patente

Aktor mit aktivem Kern

B. Gundelsweiler, M. Mauch, M. Raab

Patentschrift DE 10 2019 218 567, 6. Juni 2021



Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler

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.

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)

stuttgarter
maschinenbau
interdisziplinär und vielfältig

