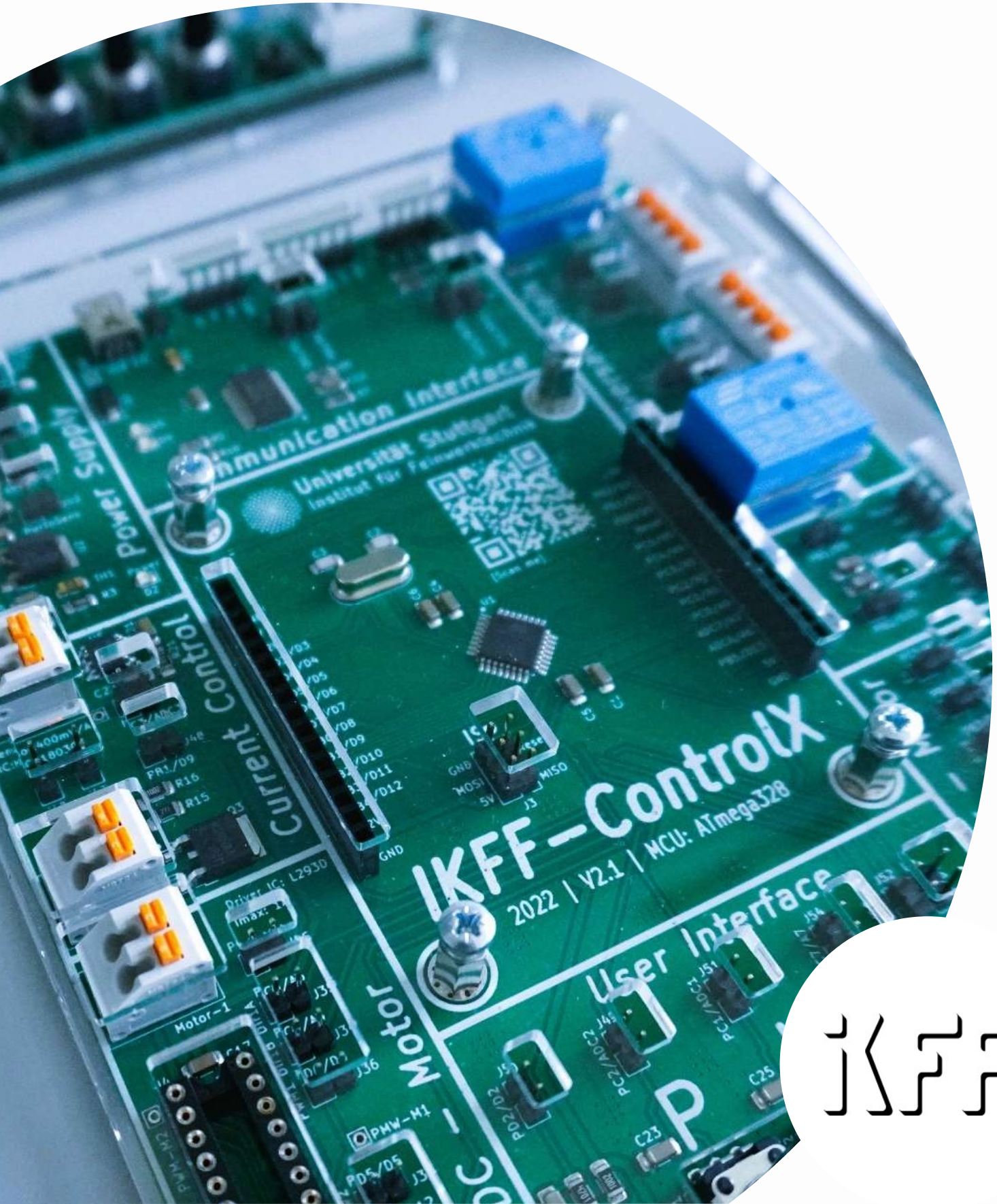
Universität Stuttgart
Institut für Konstruktion und
Fertigung in der Feinwerktechnik

Jahresbericht 2023



Jahresbericht 2023

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 2024

Fotos: IKFF

INHALT

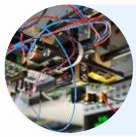
Grußwort 4

Das Institut 5

Studieren am IKFF 11

Konstruktionswettbewerb 21

Forschung und Projekte 24


Dissertationen, Publikationen, Patente 32

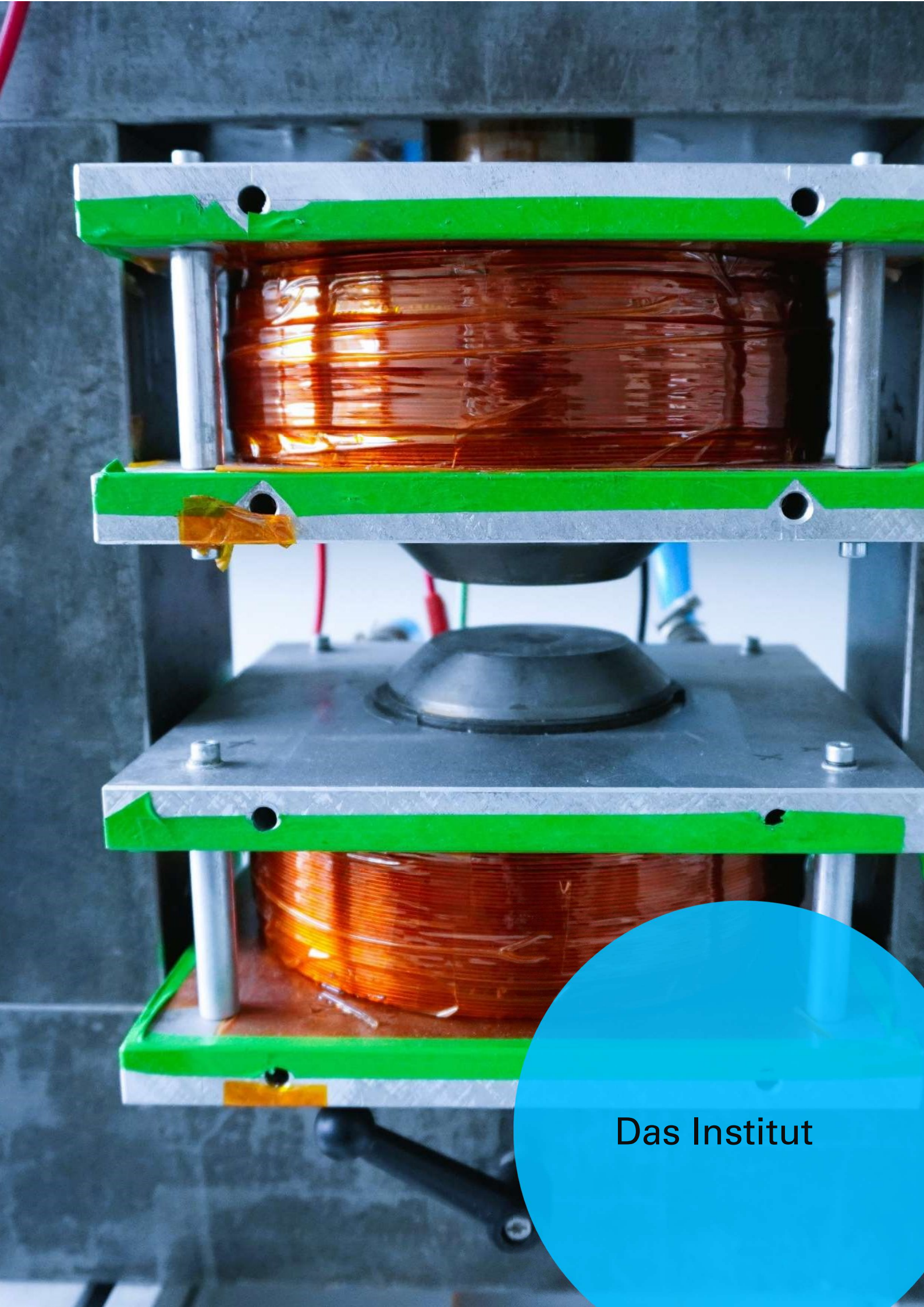
Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wir haben im IKFF Jahresbericht 2023 die Aktivitäten aus dem Institut aus Forschung und Lehre zusammengestellt. Die Bearbeitung unserer Forschungsschwerpunkte in der Präzisionsgerätetechnik im Bereich der Aktorik und dem Präzisionsspritzguss sind sehr gut vorangekommen und wir konnten interessante Inhalte direkt in die Lehre transferieren. Für den hohen Arbeitseinsatz und das große Engagement möchte ich mich beim ganzen IKFF-Team herzlich bedanken.

Die Anfängerzahlen in den Ingenieurwissenschaften sind in 2023 auf konstantem niedrigem Niveau und wir sind mit großen Anstrengungen und vielen Aktivitäten am Institut an Studieninteressierte herangetreten, um für unsere Lehrinhalte und angebotene studentische Arbeiten zu begeistern. Unsere Lehrangebote am IKFF sind erfreulicherweise im Bachelor- und Masterbereich gut nachgefragt und wir bauen unser Angebot kontinuierlich mit interessanten Forschungsthemen weiter aus. Das gesamte Lehrangebot haben wir in 2023 in Präsenz angeboten und mit zusätzlichen digitalen Inhalten hinterlegt. Die gesamte Lehrübersicht mit den abgeschlossenen studentischen Arbeiten entnehmen Sie bitte dem Kapitel Lehre.

Beide Forschungsbereiche in der Aktorik und dem Präzisionsspritzguss konnten wir mit weiteren Kooperationen mit der Industrie und dem laufenden wissenschaftlichen Förderprojekt weiter ausbauen. Die gewonnenen Erkenntnisse sind auf Konferenzen vorgestellt und über reviewte Veröffentlichungen publiziert worden. In der Aktorik kümmern wir uns um smarte Aktoren, Festkörperaktoren, DC-Gleichstrommotoren, induktive Energieübertragung und Formgedächtnislegierungen. Im Spritzgussbereich verfeinern wir die Verfahren bei der variothermen Temperierung durch neue additiv gefertigte Induktorkonzepte bei der induktiven Temperierung und durch additiv gefertigte Formeinsätze bei der oberflächennahen variothermen Öltemperierung. Für die Messung der Entformungskräfte haben wir zwei Messwerkzeuge entwickelt und verfügbar, mit denen die Messung der Scher- und Adhäsionskräfte möglich ist. Der Laborbereich ist mit der zur Verfügung stehenden Messtechnik und den Auslegungs- und Simulationswerkzeugen sehr gut ausgestattet und unterstützt unsere Forschungsaktivitäten.

Bernd 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.

Neuartige 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. Das zur Verfügung stehende Laser-Doppler-Vibrometer konnte über einen Großgeräteantrag beschafft werden und wurde durch die DFG unterstützt.

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. Das durch das BMWi geförderte Folgeprojekt Ultrapress II ist erfolgreich in Bearbeitung.

Effizientere Verarbeitung von Kunststoffen

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, oberflächennahe Öltemperierung 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 Dannenmann
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. Marco Hutter
Feinwerktechnischer Antriebssysteme

M. Sc. Ulrike Kurz
Feinwerktechnische Antriebssysteme

M. Sc. Manuel Mauch
Aktorik / Sensorik

M. Sc. Jonas Veit
Kunststoffspritzguss

Wissenschaftliche Hilfskräfte

Luca Binner
Jan Gärtner
Felix Kohlhoff
Lena Kühn
Jakob Mayer
Philipp Reinhard
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 2023/24 26 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 „Fahrzeugtechnik“.

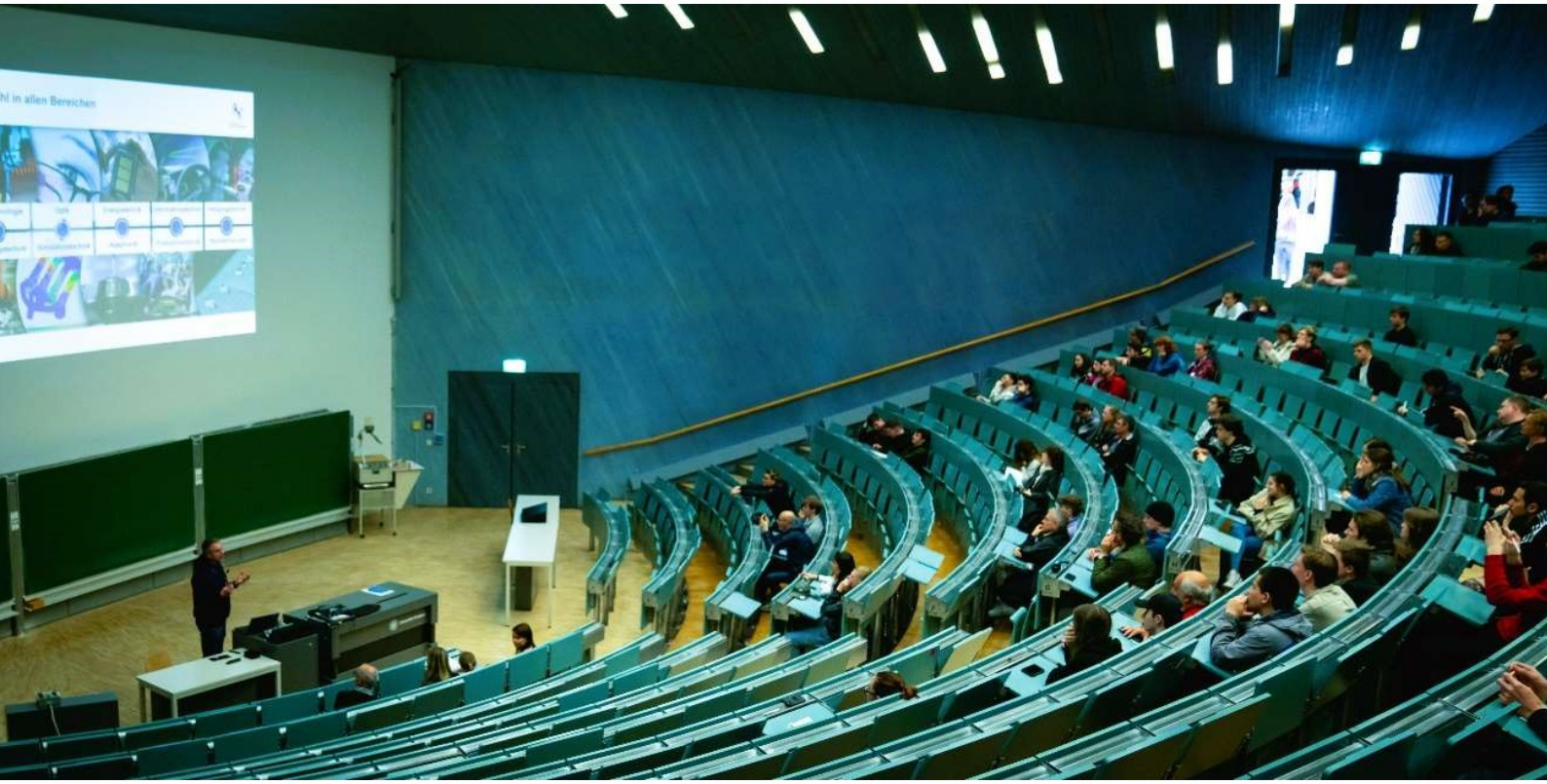
Im Masterstudium dominieren die Spezialisierungsfachstudierenden. Derzeit belegen 22 Studierende das Fach „Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik“ als Pflicht- oder Kernfach. 18 Studierende starteten im Kernfach „Aktorik“. Das Fach „Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik: Verfahren, Prozesskette, Simulation“ belegten 3 Studierende die „Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und Maxwell“ belegten 10 Studierende. Im vergangenen Jahr hatten wir zudem mit 10 Bachelor- und Masterarbeiten wieder einen sehr hohen Zuspruch in diesem Bereich. Hinzu kommen noch vier Studienarbeiten.

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, Fehlerverhalten und Toleranzrechnung in der Präzisionsgerätetechnik, Lärmminderung 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 Lärmminderung.

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, Spritzgusssimulation 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.



[BG1]

Abschlussarbeiten am IKFF in 2023

5 Bachelorarbeiten

5 Masterarbeiten

4 Studienarbeiten

Lehrveranstaltungen

Konstruktionslehre (Feinwerktechnik) III und IV

Das dritte und vierte Semester der Konstruktionslehre im Maschinenbau und der Fahrzeug- und Motorentechnik 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, Marco Hutter, Ulrike Kurz, Manuel Mauch, Jonas Veit

INHALT Die Schwerpunkte bilden folgende Themenkreise der Konstruktionslehre: Wellen, Lager und Führungen, Zahnradgetriebe, Koppelgetriebe, Zugmittelgetriebe, Rotations-Translations-Umformer, Kupplungen.

Konstruktionslehre (Feinwerktechnik) IV

DOZENT Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler, Dipl.-Ing. Eberhard Burkard

BETREUER Patrick Fleischmann, Milan Fitzlaff, Marco Hutter, Ulrike Kurz, Jonas Veit

INHALT Mechanische / elektromechanische Funktionsgruppen wie Kupplungen und Bremsen und deren Konstruktionsmethodik und optische Funktionsgruppen. Den Abschluss bildet ein Konstruktionswettbewerb.

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

DOZENT Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler

BETREUER Patrick Fleischmann, Marco Hutter, Ulrike Kurz, Manuel Mauch

INHALT 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

DOZENT Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler, Dipl.-Ing. Burkard

BETREUER Marco Hutter, Manuel Mauch

INHALT Genauigkeit und Fehlerverhalten in Geräten, Toleranzrechnung, Sicherheitstechnik im Gerätebau, Zuverlässigkeit im Gerätebau, Schwingungs- und Lärmminderung im Gerätebau, Thermische Situation in Geräten

Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und Maxwell

DOZENT Milan Fitzlaff

BETREUER Patrick Fleischmann, Milan Fitzlaff, Ulrike Kurz, Jonas Veit

INHALT 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

DOZENT Prof. Dr.-Ing. Gundelsweiler, Dipl. Ing. Burkard

BETREUER Eberhard Burkard

INHALT

- Polymerwerkstoffe
- Verarbeitungsverfahren Spritzgießen
- Konstruktion von Spitzgießwerkzeugen
- 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 / 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 Lärmminderung

Projektarbeiten

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

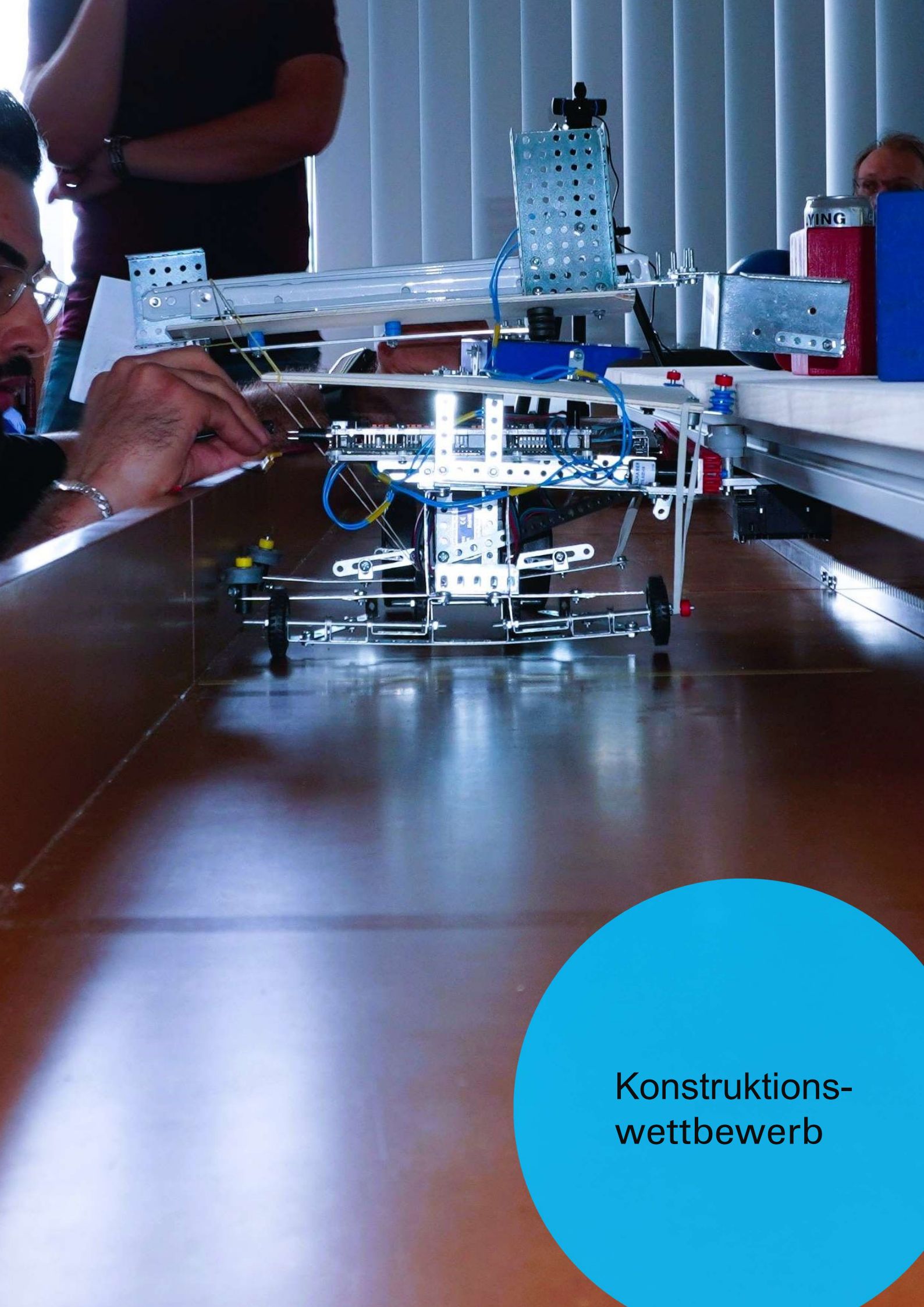
Das Thema im Jahr 2023 war die Konstruktion und Fertigung eines Metalldetektors.

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.

06.04.2023 Bachelor-arbeit	Eberle, Sergej Konstruktion und Aufbau einer Wärmebildkamera
16.03.2023 Studien-arbeit	Tabellion, Robin Untersuchung zur Wirkung der Lorentzkraft auf vergossene Induktoren
18.04.2023 Bachelor-arbeit	Kühn, Lena Entwurf, Implementierung und Inbetriebnahme einer Regelungsarchitektur für einen MSM-Push-Aktor Design
24.05.2023 Bachelor-arbeit	Perovic, Taulant Mechatronische Weiterentwicklung eines Ausgabesystems an einer Kunststoffspritzgießmaschine
30.05.2023 Studien-arbeit	Sudakov, Michael Entwicklung eines induktiven Steckers für ein Solarmodul
30.05.2023 Master-arbeit	Jäckle, Graham Untersuchung von neuartigen Spritzgieß-Werkzeugeinsätzen mit vorangehender Entwicklung und Aufbau eines zugehörigen Wechselwerkzeugs
07.06.2023 Master-arbeit	Poppe, Benjamin Optimierung des Ansteuerungs- und Regelverhaltens von feinwerktechnischen hybriden Aktoren mit aktivem Polkern
27.06.2023 Bachelor-arbeit	Gärtner, Jan Entwicklung einer Spritzgussform zur Herstellung eines Festkörpergelenklagers für MSM-Sticks

11.10.2023 Master- arbeit	Werner, Carolin Simulative Untersuchung der Potentiale adaptiver Magnetkreise mit magnetischer Formgedächtnislegierung
11.10.2023 Forschungs- arbeit	Gans, Alexander Entwicklung eines folienbasierten Hall-Sensors
11.10.2023 Bachelor- arbeit	Pein, Ruben Konstruktion eines Spritzgießwerkzeugs für Demonstratorteile für den Tag der Wissenschaft der Universität Stuttgart
23.11.2023 Master- arbeit	Lauer, Yannik Auslegung und Konstruktion eines neuartigen Arretierungskonzeptes für Luft- und Raumfahrtanwendungen
05.12.2023 Studien- arbeit	Mayer, Jakob Aufbau und Charakterisierung einer permeabilitätsbasierten Dehnungsüberwachung aktiver MSM-Sticks
13.12.2023 Master- arbeit	Sun, Yifan Ansteuerstrategie für einen Dualmotor betriebenen elektrischen Antriebsstrang anhand von "Reinforcement Learning" für Holzverschraubungen



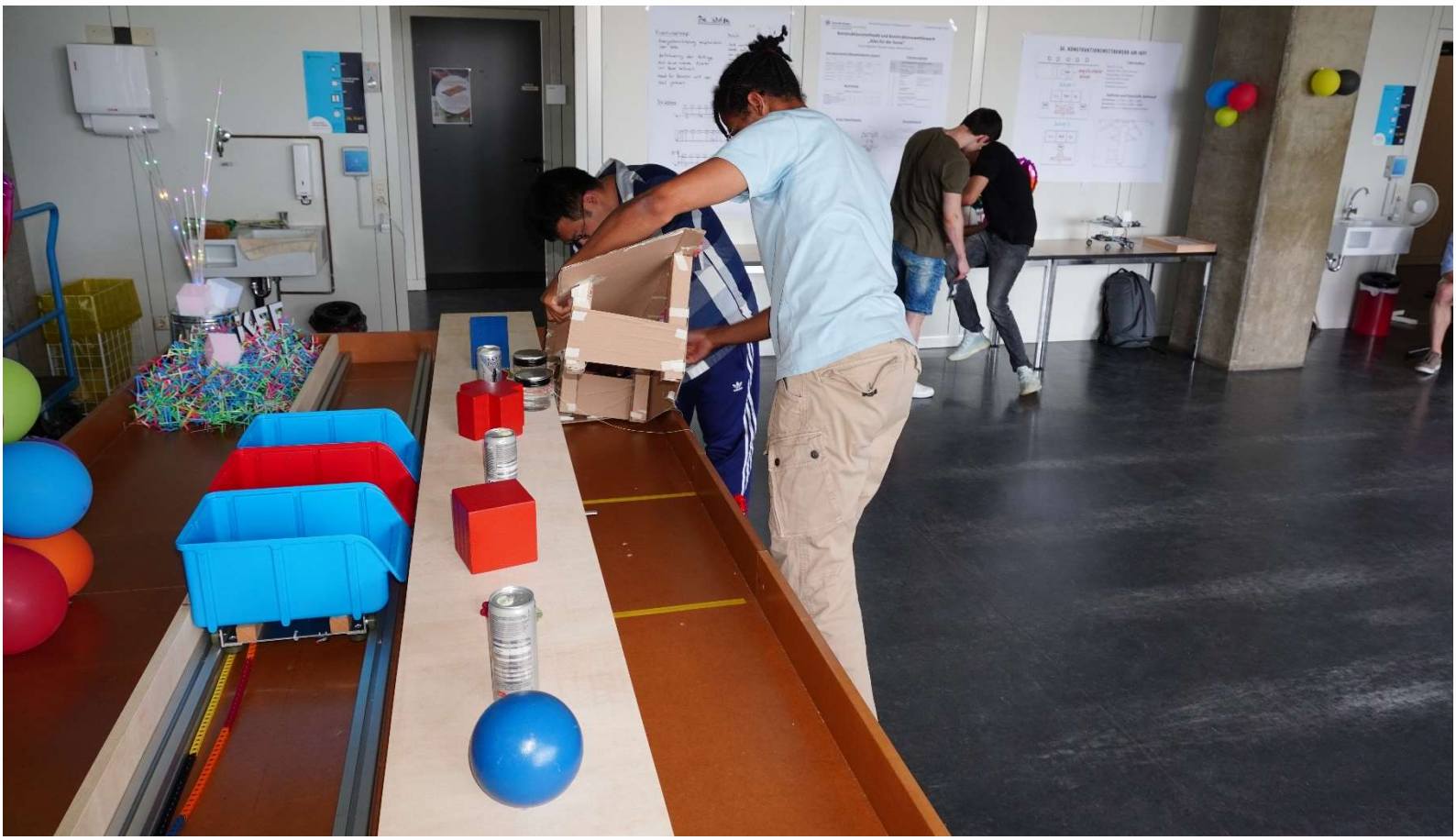
Konstruktions-wettbewerb

30. Konstruktionswettbewerb
Alles für die Tonne?

Dieses Jahr feierte der Konstruktionswettbewerb am IKFF sein 30-jähriges Jubiläum. Um Platz zu haben, um gebührend feiern zu können war es notwendig, die zahlreichen Überbleibsel aus den vergangenen Jahren aufzuräumen. Ein Teil der Überbleibsel sollte maschinell der Resteverwertung zugeführt werden, wobei die Abfälle in die Fraktionen Biomüll, Recycling und Restmüll eingeordnet werden mussten.

In 30 Jahren sammelt sich so einiges an. Da gibt es unter anderem noch alte Plastiktrauben und Kunststoffäpfel, leere Getränkedosen und Holzspielzeug. Bevor nun die Geburtstagsfeier beginnen kann, musste das alles erst einmal aufgeräumt werden. Beim Konstruktionswettbewerb des Instituts für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik wird das natürlich nicht per Hand gemacht, sondern das müssen kleine Maschinen erledigen.

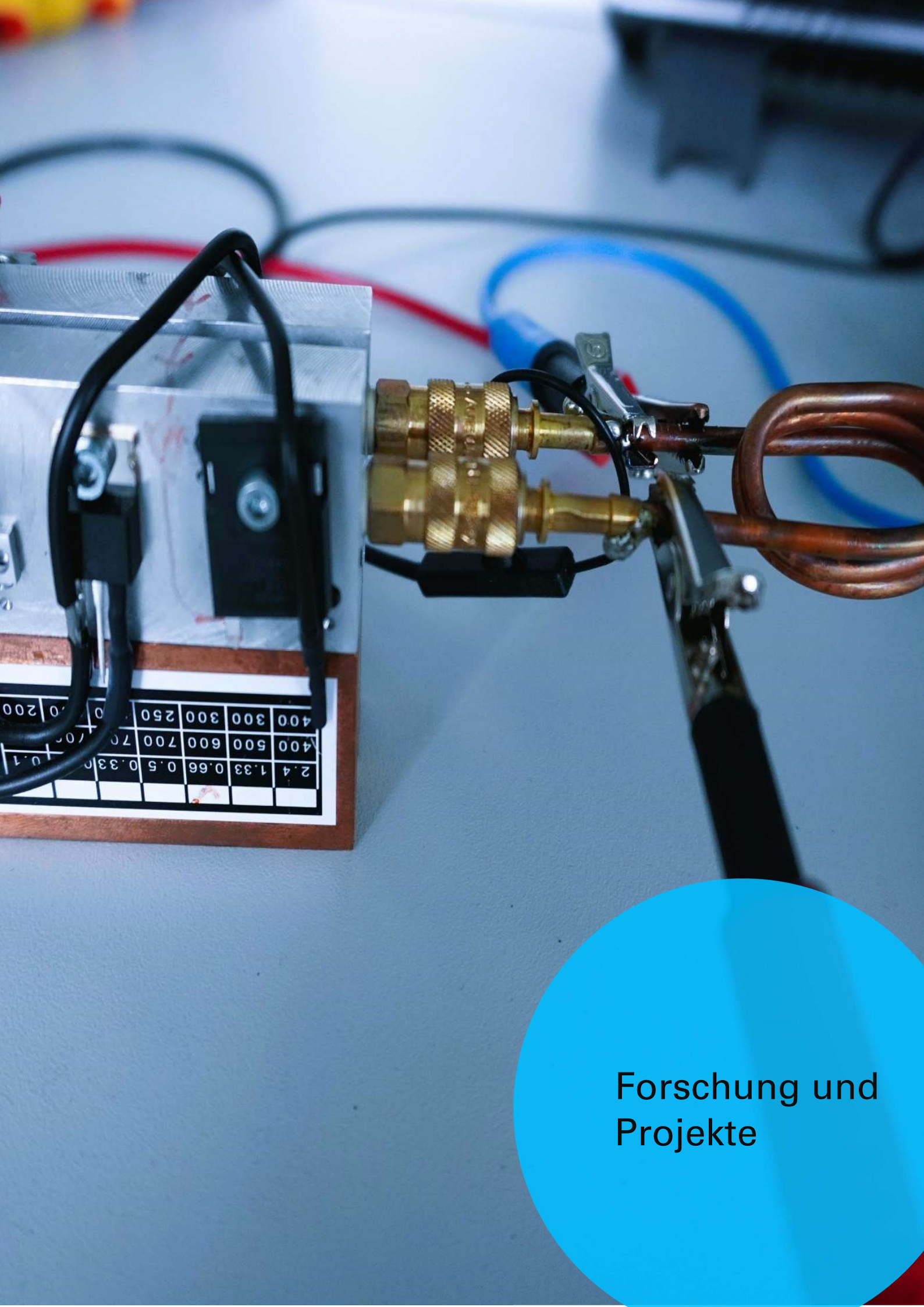
Die Aufgaben für die studentischen Teams war es, in nur sechs Wochen eine Maschine zu entwickeln, die die Überreste der vergangenen Jahre nicht nur wegräumt, sondern auch zielsicher in Behälter für die Wiederverwendung oder Verwertung einsortiert.



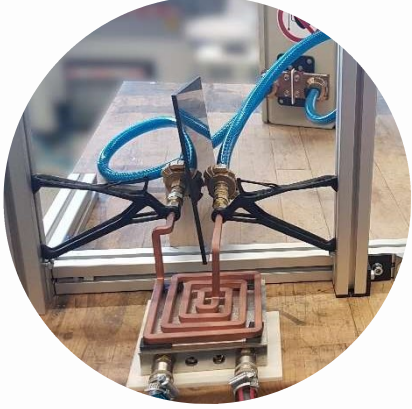
Nach der Bekanntgabe der Aufgabenstellung ging es dann gleich los. Was muss die Maschine können? Was sind das eigentlich für Überreste der vergangenen Jahre? Wie groß und schwer sind sie? Wie kann man sie unterscheiden? Welche Einschränkungen für die kleinen Maschinen müssen beachtet werden? Was kann man mit den zur Verfügung gestellten Sachen – Motoren, Lager, IKFF-ControlX-Mikroprozessorsteuerung usw. – eigentlich anfangen und was muss noch selbst hergestellt oder besorgt werden?

Beim Wettbewerb gab es unterschiedlich Ansätze: mit oder ohne Mikrocontroller-steuerung, mit motorischen Sortierarmen oder schwerkraftbetriebenen Schlägern. Alles Wissen aus vier Semestern Konstruktionslehre wurde eingesetzt, um die beste Maschine zu entwickeln. Und danach wurde dann ganz stilecht mit Geburts-tagstorte, Getränken und Pizza gefeiert.

Als Ehrengast war einer der Gründerväter des Wettbewerbs bei der Feier mit dabei. 30 Jahre Konstruktionswettbewerb am IKFF, ob er sich das damals vorstellen konnte?



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 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 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 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.

Die auf Basis der simulativen Untersuchungen des Vorjahres identifizierten Geometrien und Strukturen für den Induktor bildeten die Grundlage für die Auswahl und Fertigung ausgewählter Testgeometrien. Diese wurden weiter in Druckversuchen analysiert und die Ergebnisse mit den Simulationsvorhersagen verglichen. Es erfolgte eine weitere Auswahl und Eingrenzung geeigneter Strukturen, die in abschließenden Untersuchungen im vergossenen Zustand validiert werden sollen.

Die Untersuchungen zur Herstellung der Bipolarplatten mit dem angestrebten Verfahren beim Projektpartner ZBT in Duisburg zeigten vielversprechende Ergebnisse. Mit dem induktiven Prozess konnte die Zykluszeit in ersten Iterationen bereits um 50% reduziert werden. Auch die Abformung des filigranen Flow-Fields in allen Details gelang nach Überwindung eingänglicher Herausforderungen.

Aufgrund der Vorteile, die die additive Fertigung bei der Induktor-Fertigung bietet, wird diese Technologie auch für die Werkzeugherstellung als vorteilhaft angesehen. Eine weitere Optimierung des Werkzeugkonzepts, bei dem die Stahlmasse generell ein zykluszeitverlängernder Faktor sein kann, kann die Wirtschaftlichkeit des Prozesses positiv beeinflussen. Daher wurden am IKFF im Jahr 2023 weiterhin Untersuchungen zur Eignung additiv gefertigter Werkzeugstähle im Vergleich zu konventionell gefertigten Pendants durchgeführt.

Ansprechpartner

Milan Fitzlaff

milan.fitzlaff@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 67472

Charakterisierung der Werkzeugoberflächentopografie und deren Einfluss auf das Enformungsverhalten 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 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. Auch in diesem Jahr konnten im Rahmen von Auftragsuntersuchungen optimale Beschichtungen für einen gewünschten Kunststoff gefunden werden. Ebenso wurden für weitere Kunststoffe verschiedene Additive untersucht, die die Entformung des Spritzlings aus einem unbeschichteten Werkzeug verbessern sollen. Die Ergebnisse zeigten die unterschiedlichen Auswirkungen auf die Entformungskräfte und gaben eine Richtung vor, welche Additive weiter untersucht werden sollten. Weitere Messungen dieser Art werden in den nächsten Jahren notwendig sein.

Das neue Messwerkzeug, mit dem die auftretenden adhäsiven Zugkräfte isoliert gemessen werden können, wurde in verschiedenen Messungen eingesetzt. Weitere Kunststoffe wurden mit dem Messwerkzeug auf ihre Adhäsionskraft untersucht. Diese Kunststoffe sind größtenteils transparent, so dass mit dem Kamerasystem aufgenommen werden kann, ob eine Adhäsion aufgetreten ist. In weiteren Schritten soll mit dem Kamerasystem ausgewertet werden, wie viel der Oberfläche adhäsiv haftet. Die gewonnenen Erkenntnisse können helfen, den Spritzgießprozess unter den genannten Aspekten effizienter zu gestalten und die Qualität der Kunststoffprodukte zu erhöhen.

Mit dem Messwerkzeug wurden erste Versuche im CIM-Verfahren (Ceramic Injection Moulding) durchgeführt. Da beim CIM-Verfahren oft hohe Entformungskräfte auftreten und durch diese Kräfte verursachte Risse oder Beschädigungen erst nach dem tagelangen, aufwendigen Sinterprozess entdeckt werden, können diese Untersuchungen zu erheblichen Verbesserungen im CIM-Verfahren führen.

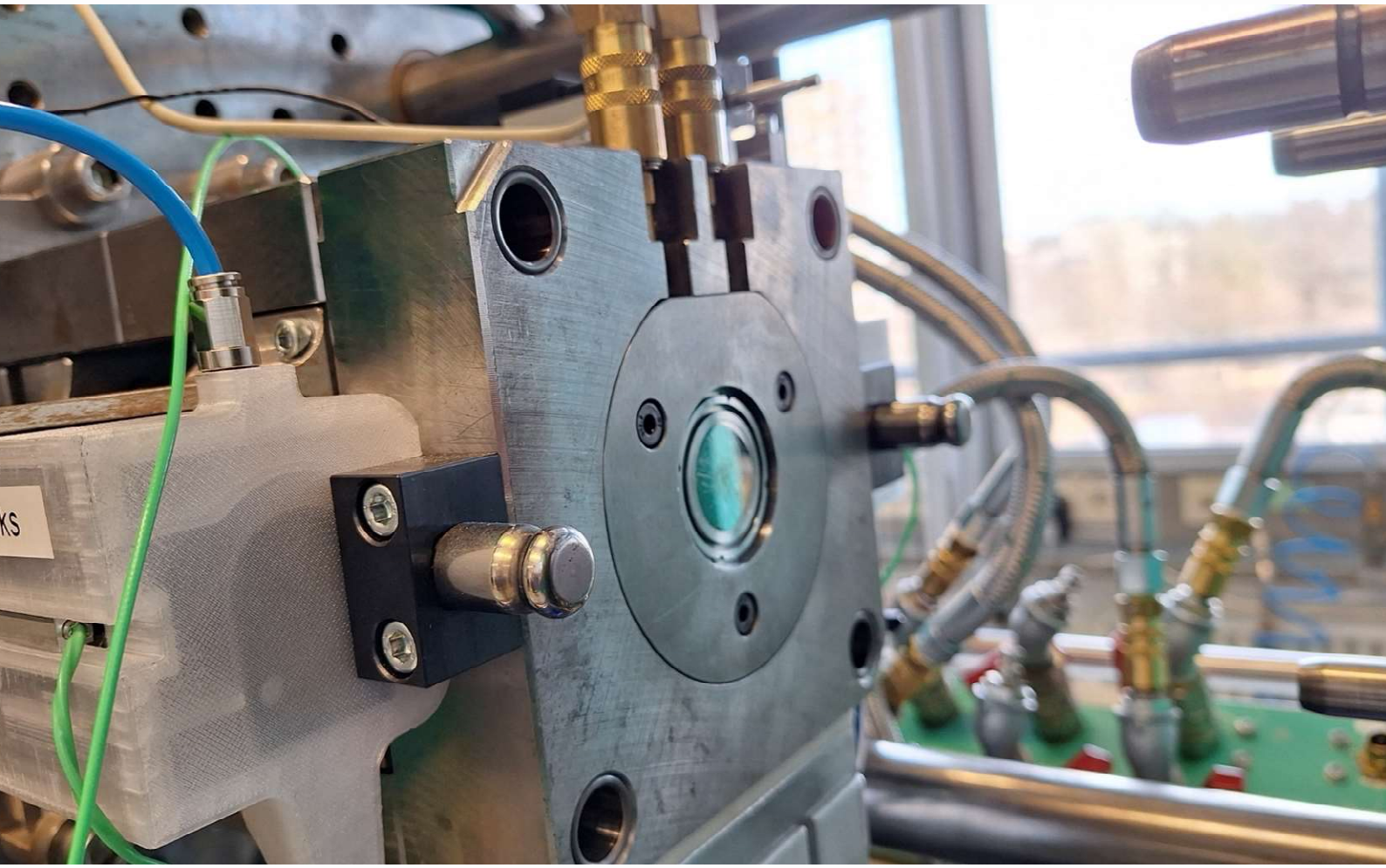
Eine weitere Möglichkeit, die mit dem neuen Messwerkzeug untersucht wird, ist die Messung der Haftkraft von Nanobeschichtungen. Hierbei werden die Ronden mit einer Nanobeschichtung versehen und es wird versucht, die Beschichtung mit einem Kunststoff, der eine sehr hohe Adhäsionskraft aufweist, zu entfernen. Mit dem installierten Kamerasystem kann dann die exakte Haftkraft/-spannung ausgegeben werden. Erste Versuche mit dem Messwerkzeug zeigten hier positive Messwerte.

Ansprechpartner

Jonas Veit

jonas.veit@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685-66425



Hocheffiziente elektrische Kleinantriebe im diskontinuierlichen Betrieb

Präzise elektrische Kleinantriebe spielen eine wichtige Rolle in Anwendungsgebieten mit hohen Qualitätsansprüchen wie beispielsweise der Medizintechnik oder Luft- und Raumfahrttechnik. Häufig kommen dabei rotatorische, bürstenlose Motoren zum Einsatz, die herstellerseitig für einen Dauerbetrieb (S1-Betrieb) ausgelegt wurden. Dabei fordern jedoch die Anwendungen nur selten einen dauerhaften Betrieb. Ganz im Gegenteil weist ein Großteil der Applikationen lediglich ein diskontinuierliches Lastprofil auf, wobei eine Leistungsüberhöhung gegenüber dem Dauerbetrieb möglich ist. Daraus folgt, dass in der gängigen Praxis Motoren eingesetzt werden, die für die jeweilige Anwendung überdimensioniert sind, was mit einem erhöhten Material-, Bauraum- und Kosteneinsatz einhergeht.

Zur Steigerung der Ausnutzung von elektrischen Kleinantrieben, also zur Erhöhung der Effizienz, wird dieses Verhalten am Institut näher untersucht. Im vergangenen Jahr wurden die Grundpfeiler für eine entsprechende Forschung gesetzt. Neben theoretischen Hintergründen erfolgte der Aufbau eines Versuchsstandes zur experimentellen Betrachtung von Kleinmotoren. Ziel ist dabei die Untersuchung der Grenzen der Leistungsüberhöhung sowie die Identifikation entsprechender Limitationen. Neben der Betriebsart sollen in 2024 auch weitere Faktoren bezüglich der Effizienz von elektrischen Kleinantrieben betrachtet werden.

Ansprechpartnerin

Ulrike Kurz

ulrike.kurz@ikff.uni-stuttgart.de

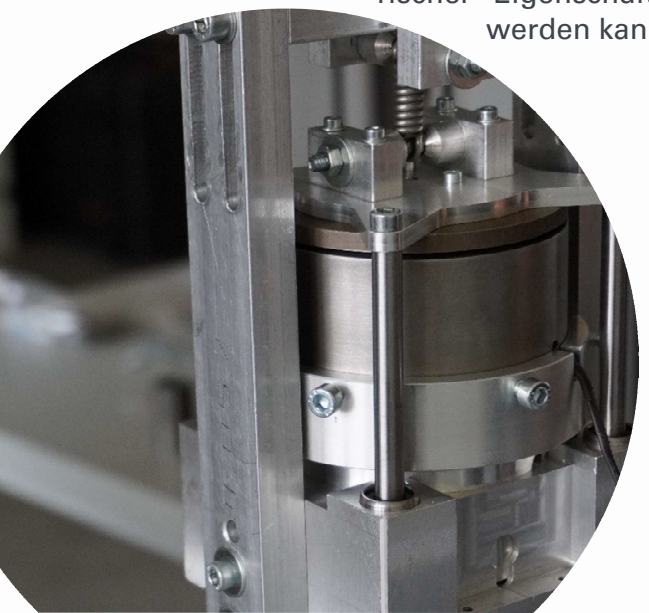
0711 685 66408

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 gefordert. Des Weiteren ist ein Absenken der Ansteuerleistung wünschenswert. Es wurde am IKFF bereits erfolgreich eine Serie bestehend aus drei hybriden Hub-Haft-Aktoren mit dem Ziel entwickelt, diesen Anforderungen 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 hybrider Reluktanzaktor auf der geschickten Auslegung des Magnetkreises.

Der maßgebliche Unterschied der beiden MSM-Aktoren liegt an der räumlichen Orientierung der MSM-Sticks in Form einer zur Spulenachse parallelen bzw. horizontalen Integration. Neben der bisher gezeigten Vorteilhaftigkeit hybrider Elektromagnete bezüglich dem Kraft-Weg-Zusammenhang und der Absenkung der Ansteuerleistung kann die Aktorzusatzfunktion des integrierten Stößelhubs nachweislich zu einer Absenkung des Schließgeräusches beitragen. Dafür wird der Dämpfungseffekt in den MSM-Aktoren aufgrund der Stauchung der MSM-Sticks durch die Ankerplatte direkt für ein Absenken des maximalen A-bewerteten Impulsschallleistungspegel $L_{WAI,max}$ genutzt. Für den hybriden Reluktanzaktor ersetzt eine funktionsrelevante Distanzscheibe zwischen Stößel und Topf aus NR/SBR die Vorgängerversion aus Aluminium. Dadurch kann eine Absenkung des Schaltgeräusches erreicht werden, ohne zu einer Reduktion der Hubarbeit zu führen. Dies wäre bei Einsatz einer Dämpfungs- oder Anti-Kleb-Scheibe zwischen Ankerplatte und der vorderen Begrenzungsebene des Elektromagneten der Fall.

Ein aktueller Schwerpunkt in der Forschung ist die Entwicklung eines Digitalen Zwillings des hybriden Reluktanzaktors bestehend aus einer Kombination aus transienter FEM-Simulation und einer gekoppelten Datenverarbeitung in Matlab/Simulink, welcher zur Auslegung eines Stromsensors für die Nutzung inhärenter sensorischer Eigenschaften hinsichtlich Schaltzustandserfassung eingesetzt werden kann.



Ansprechpartner

Manuel Mauch

manuel.mauch@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66424

Magnetische Formgedächtnislegierung in feinwerktechnischen Systemen

Auf Festkörpereffekten basierende Antriebe haben Eigenschaften, die von klassischer Antriebstechnik nicht zu erreichen sind und werden daher zur Erweiterung der zur Verfügung stehenden Wirkprinzipien der (feinwerktechnischen) Antriebstechnik erforscht. Als Vertreter dieser „Smart Materials“ wird am IKFF mit magnetischer Formgedächtnislegierung (MSM) gearbeitet. Dabei wird sowohl der aktorische Effekt (Materialdehnung in Magnetfeldern) als auch sensorische Effekte (dehnungsabhängige Permeabilität und Widerstand) genutzt.

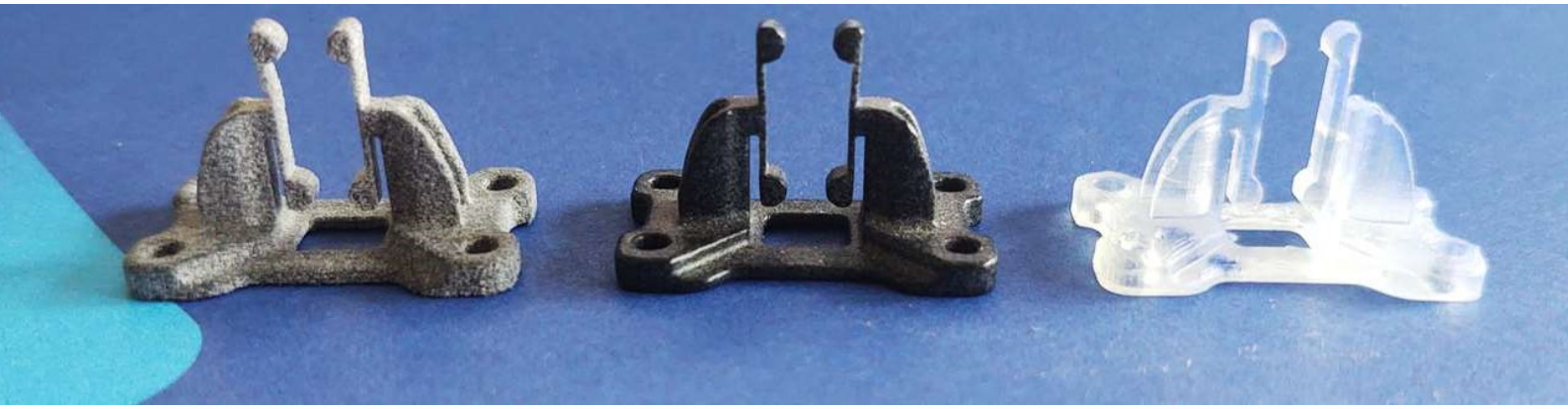
Im vergangenen Jahr konnte dazu ein Journalartikel in einer Sonderausgabe von MDPI Actuators platziert werden, in dem Arbeiten zum Konzept eines hybriden Hub-Haft-Aktors mit MSM-aktuiertem Kern vorgestellt wurden. Aus diesem Projekt heraus wird seit einiger Zeit auch eine Aufnahme für MSM-Sticks in Aktoren untersucht. Im Mai wurden dazu auf der ICFSMA in Houston, Texas, Potentiale zur Anbindung der inhärenten Sensoreffekte vorgestellt. Im Herbst erfolgte dann die Erteilung eines Patents zu diesem Ansatz für eine MSM-Lagerung mit integrierter Zustandsüberwachung. Zuletzt wurde im Rahmen des 60th Ilmenau Scientific Colloquium die Möglichkeit zur Schaffung selbsthaltender Systeme auf Basis von MSM und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD, Uni Stuttgart) ein Ausblick für deren Anwendung im Interfacedesign präsentiert.

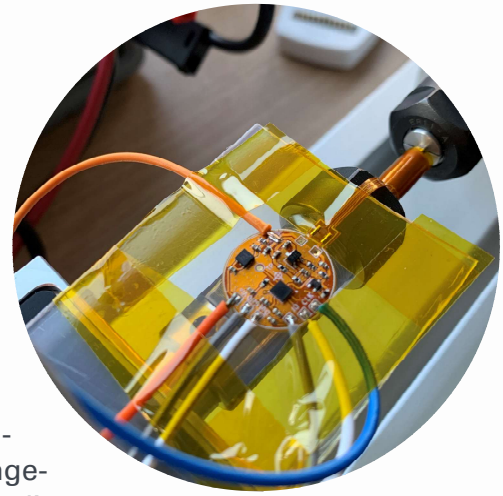
Ansprechpartner

Marco Hutter

marco.hutter@ikff.uni-stuttgart.de

0711-685 66173





Erforschung von Sensoren und smarte Aktoren durch den Einsatz von magnetischen Formgedächtnislegierungen

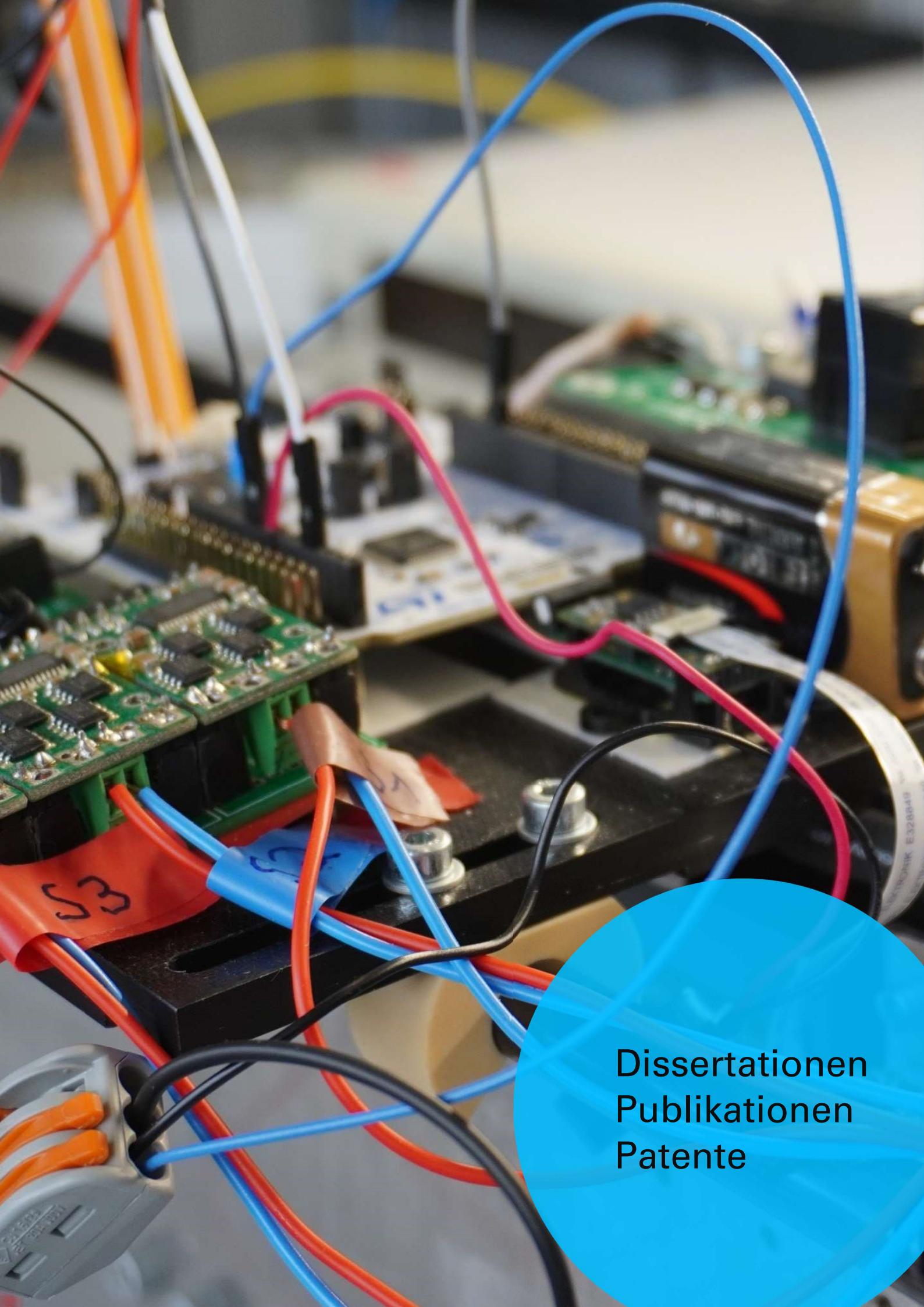
Aufgrund der steigenden Nachfrage nach energieeffizienten und hochintegrierten Antrieben rücken neuartige Aktorkonzepte zunehmend in den Fokus der Feinwerktechnik. Durch den Einsatz von magnetischen Formgedächtnislegierungen als intelligentes Material können diese beiden Anforderungen erfüllt werden. 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 Sensorspulenanordnung 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

M. Mittag: “Lineardirektantriebe mit drahtloser Energie- und Datenübertragung“

Publikationen

M. Fitzlaff, G. Jäkle und B. Gundelsweiler: „Additiv gefertigte Werkzeugeinsätze für den variothermen Spritzgießprozess“ in Schriftenreihe / Institut für Kunststofftechnik, 28. Stuttgarter Kunststoffkolloquium: 28. Februar - 2. März 2023, C. Bonten und M. Kreutzbruck, Hg., Stuttgart: IKT Universität Stuttgart, 2023, S. 259–266

M. Schönherr, H.Ruehl, T. Guenther, B. Gundelsweiler: “Adhesion-Induced Demolding Forces of Hard Coated Microstructures Measured with a Novel Injection Molding Tool”, Polymers, March 2023. doi: 10.3390/polym15051285

M. Racs, D. Holder, M. Hutter, B. Gundelsweiler: „Anpassbare Mensch-Maschine-Schnittstelle zwischen Adaptivität und Individualisierung, Adaptable human-machine-interfaces between adaptivity and individualization“, Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2023, Mai 2023

M. Schönherr, B. Gundelsweiler: „Die Entformung besser verstehen“, Sep. 2023, Kunststoffe

M. Mauch, M. Hutter, B. Gundelsweiler: „Hybrid Solenoids Based on Magnetic Shape Memory Alloy” Aug. 2023, Actuators 12. doi: 10.3390/act12080328

P. Fleischmann, J. Happel, and B. Gundelsweiler: “Analysis and development of a sensor concept for multistable actuators with passive magnetic shape memory alloy", Engineering for a changing world: Proceedings: 60th ISC, Ilmenau Scientific Colloquium, Technische Universität Ilmenau September 04-08, 2023, Ilmenau: ilmedia, 2023. doi: 10.22032/dbt.58733

M. Mauch, B. Gundelsweiler: “Optimization of the actuation behaviour of a hybrid electromagnetic switching/holding solenoid”: 0th ISC, Ilmenau Scientific Colloquium, Technische Universität Ilmenau September; Nov. 2023. doi: 10.22032/dbt58874

M. Hutter, B. Gundelsweiler, D. Holder, T. Maier: „Multistable setups combining magnetic shape memory alloys with reluctance counterforces”: 60th ISC, Ilmenau Scientific Colloquium, Technische Universität Ilmenau September; Nov. 2023. doi: 10.22032/dbt.58873

M. Mauch, B. Gundelsweiler: “Funktionsintegrierte feinwerktechnische Aktoren“, Dresden, DGFT-Tagung Nov. 2023

W. Zhang, L. Decker, T. Brigadski, B. Gundelsweiler, S. Urschel: „A Linear Magnetic Soft Actuator with Image-based Force Sensing for Mechanical Characterization of Soft Materials“, IEEE International Conference on Robotics and Biometics, Dec. 2023. doi: 10.1109/ROBIO58561.2023.10355041

Patente

Vorrichtung zum Halten, Lagern und/oder Führen eines stabförmigen Elements aus einer magnetischen Formgedächtnislegierung
M. Hutter, B. Gundelsweiler
DE 1020221130427

Professor Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler ist seit 2018 Institutsleiter beim IKFF 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 im Senat, Universität Stuttgart
- Mitglied Senatsausschuss Lehre, Universität Stuttgart
- Mitglied im Senatsausschuss Struktur, 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