



Jahresbericht 2024



Jahresbericht 2024

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 2025

Fotos: IKFF

INHALT



GRÜßWORT

4



DAS INSTITUT

5



STUDIEREN AM IKFF

11



KONSTRUKTIONSWETTBEWERB

20



FORSCHUNG UND PROJEKTE

23



DISSERTATIONEN, PUBLIKATIONEN, PATENTE

32



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wir haben im IKFF-Jahresbericht 2024 unsere Aktivitäten aus dem Institut rund um Forschung und Lehre zusammengestellt und wünschen eine angenehme Lektüre.

Die Bearbeitung unserer Forschungsschwerpunkte in der Präzisionsgerätetechnik im Bereich der Aktorik und dem Präzisionsspritzguss ist sehr gut vorangekommen und wir konnten interessante Inhalte publizieren und in die Lehre des Instituts transferieren. Für den hohen Arbeitseinsatz gilt mein besonderer Dank dem ganzen IKFF-Team.

Die Anfängerzahlen in den Ingenieurwissenschaften sind im Jahr 2024 im Vergleich zu den Vorjahren leicht gestiegen, aber immer noch auf einem niedrigen Niveau. Mit großen Anstrengungen und verschiedenen Aktivitäten treten wir seitens des Instituts auf Studierende zu, um sie für unsere Lehrinhalte und studentische Arbeiten zu begeistern. Unser Lehrangebot am IKFF ist erfreulicherweise im Master gut nachgefragt und wir bauen unser Angebot kontinuierlich mit interessanten Forschungsthemen weiter aus. Die verringerten Anfängerzahlen in der Bachelorausbildung spiegelt sich auch bei uns in geringen Studierendenzahlen in der Grundlagenvorlesung „Konstruktionslehre“ wider. Das gesamte Lehrangebot haben wir im Jahr 2024 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 im Bereich der Aktorik und dem Präzisionsspritzguss konnten wir mit den bestehenden Kooperationen und dem laufenden wissenschaftlichen Förderprojekt weiter ausbauen. Die gewonnenen Erkenntnisse sind auf Konferenzen vorgestellt und über reviewte Veröffentlichungen publiziert worden. Weitere Details über die Forschungsinhalte können Sie dem Kapitel „Schwerpunkte am IKFF“ entnehmen. Der vorhandene Laborbereich ist mit der zur Verfügung stehenden Messtechnik und den Auslegungs- und Simulationswerkzeugen sehr gut ausgestattet und unterstützt unsere Forschungsaktivitäten.

And Gündelsweiler



DAS INSTITUT

SCHWERPUNKTE AM IKFF

Feinwerktechnische Aktorik und Präzisionsstritzguss

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

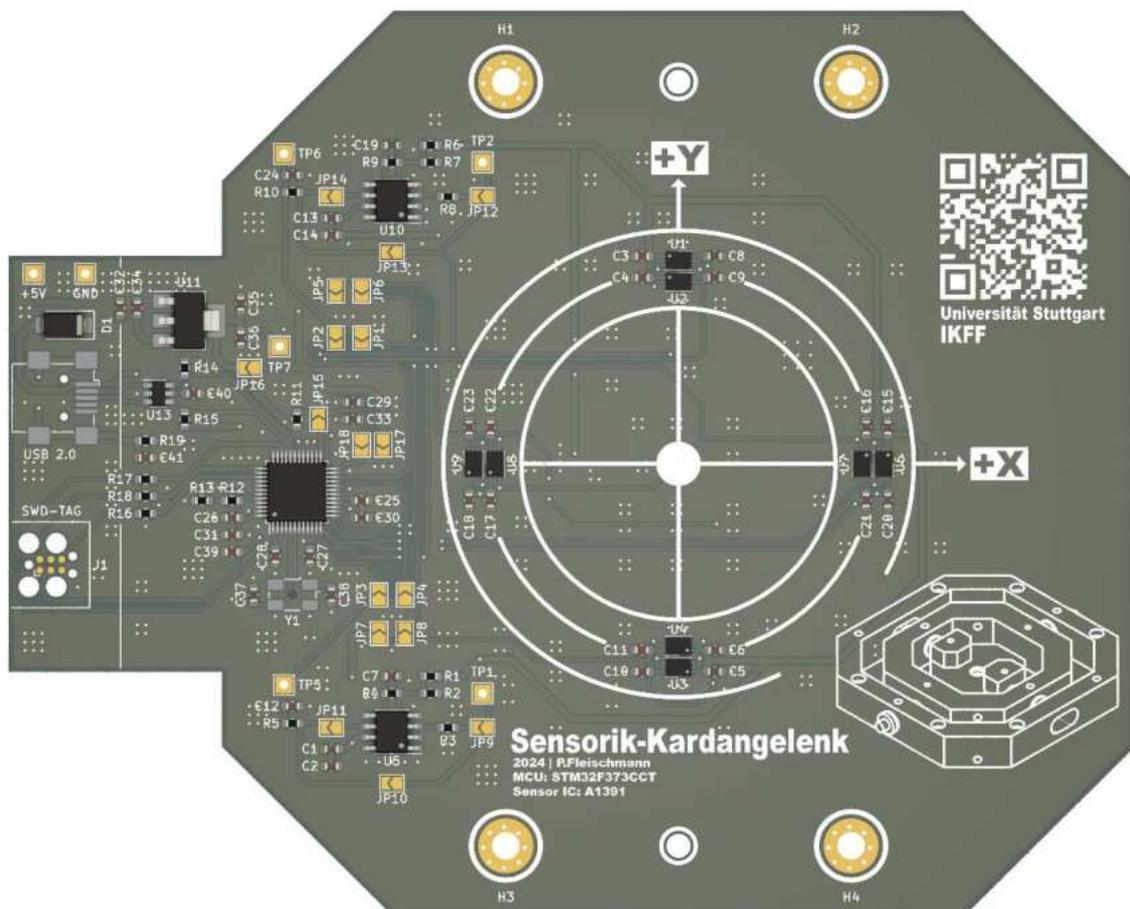
Auch das Arbeitsgebiet Zuverlässigkeit feinwerktechnischer Antriebe lässt sich in dieses Tätigkeitsfeld einordnen. Hier arbeitet das Institut auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit von elektromechanischen/mechatronischen Systemen am Beispiel feinwerktechnischer Antriebe/Aktorik. Dies betrifft sowohl die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

Längenausdehnung bei Festkörperelementen: Aktor-/Sensorbetrieb

Forschungsschwerpunkt ist die Entwicklung einer Versuchseinrichtung, in der die Längenänderung eines Festkörperelements in allen Raumachsen exakt vermessen werden kann. Jeder einzelne Freiheitsgrad kann dabei pro Achse gesperrt werden. Zur Sensierung werden Hall-Elemente verwendet, die am Kardangelen Positionsveränderungen sensieren. Die Festkörperelemente sollen im Aktorbetrieb und Sensorbetrieb eingesetzt werden.

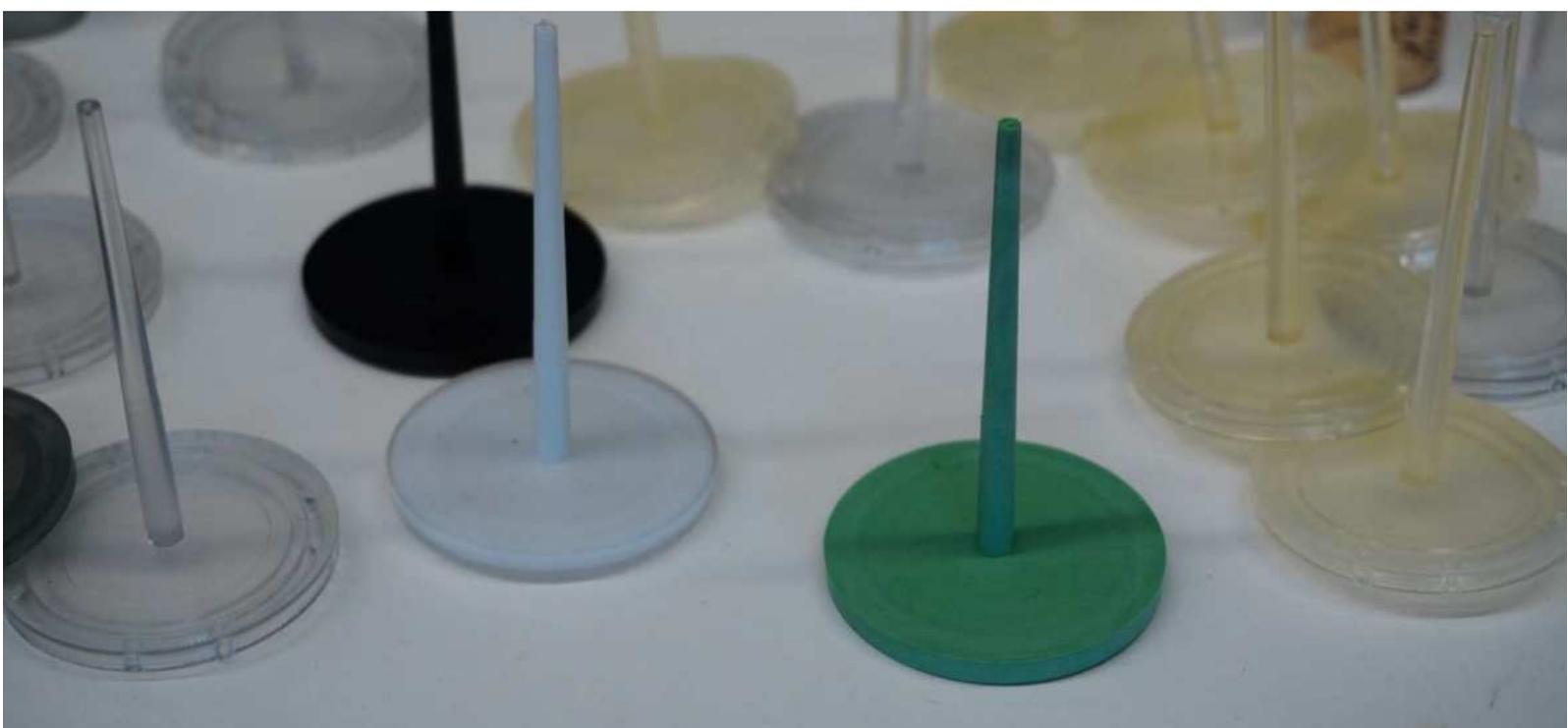


Induktive variotherme Temperierung: Compoundwerkstoffe für die Energiewende

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 vom 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 MitarbeiterInnen

M. Sc. Milan Fitzlaff
Kunststoffspritzguss / induktive Temperierung

M. Sc. Patrick Fleischmann
Feinwerktechnische Antriebssysteme

M. Sc. Marco Hutter
Feinwerktechnische Antriebssysteme

M. Sc. Ulrike Kurz
Feinwerktechnische Antriebssysteme

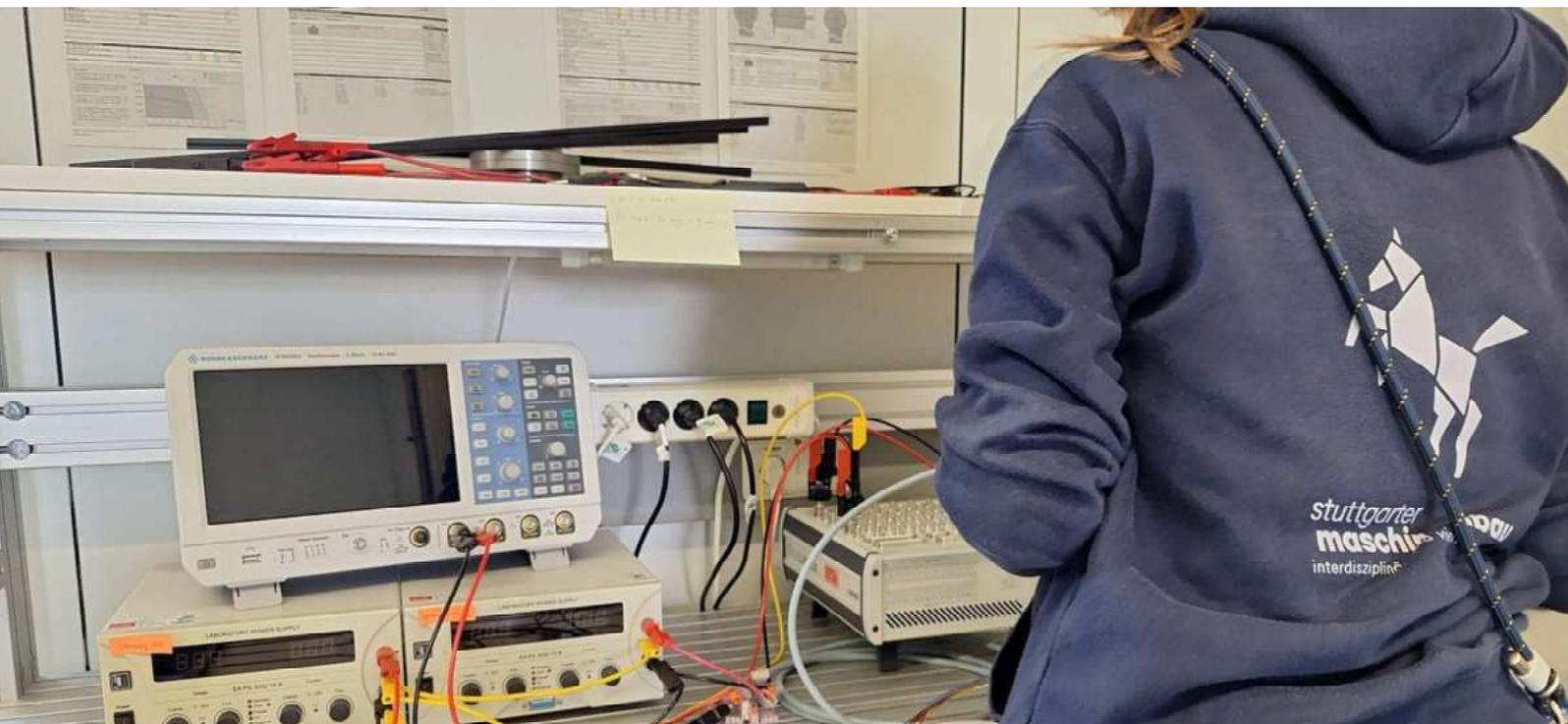
M. Sc. Manuel Mauch (bis 30.04.2024)
Aktorik / Sensorik

M. Sc. Philipp Reinhard (seit 01.05.2024)
Feinwerktechnische Antriebssysteme

M. Sc. Jonas Veit
Kunststoffspritzguss

Wissenschaftliche Hilfskräfte

Jan Gärtner
Mohammed Rabah
Pauline Rais
Christoph Schnorr
Durant Trajeanno Tchoma Tchameni





**STUDIERN
AM IKFF**

STUDIERN AM IKFF – UNSERE LEHRE IM ÜBERBLICK

Der Masterstudiengang „Maschinenbau/Mikrotechnik, Gerätetechnik und Technische Optik“ (Studiendekan Professor Bernd Gundelsweiler und Studiengangmanager Eberhard Burkard) hatte im Jahr 2024 im Winter- und Sommersemester insgesamt 48 Bewerbungen. 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 2024/25 16 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 20 Studierende das Fach „Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik“ als Pflicht- oder Kernfach. 19 Studierende starteten im Kernfach „Aktorik“. Das Fach „Praxis des Spritzgießens in der Gerätetechnik: Verfahren, Prozesskette, Simulation“ belegten 12 Studierende, die „Praktische FEM-Simulation mit ANSYS und Maxwell“ belegten 10 Studierende. Im vergangenen Jahr hatten wir zudem mit neun Bachelor- und Masterarbeiten wieder einen sehr hohen Zuspruch in diesem Bereich. Hinzu kommen noch drei Forschungsarbeiten.

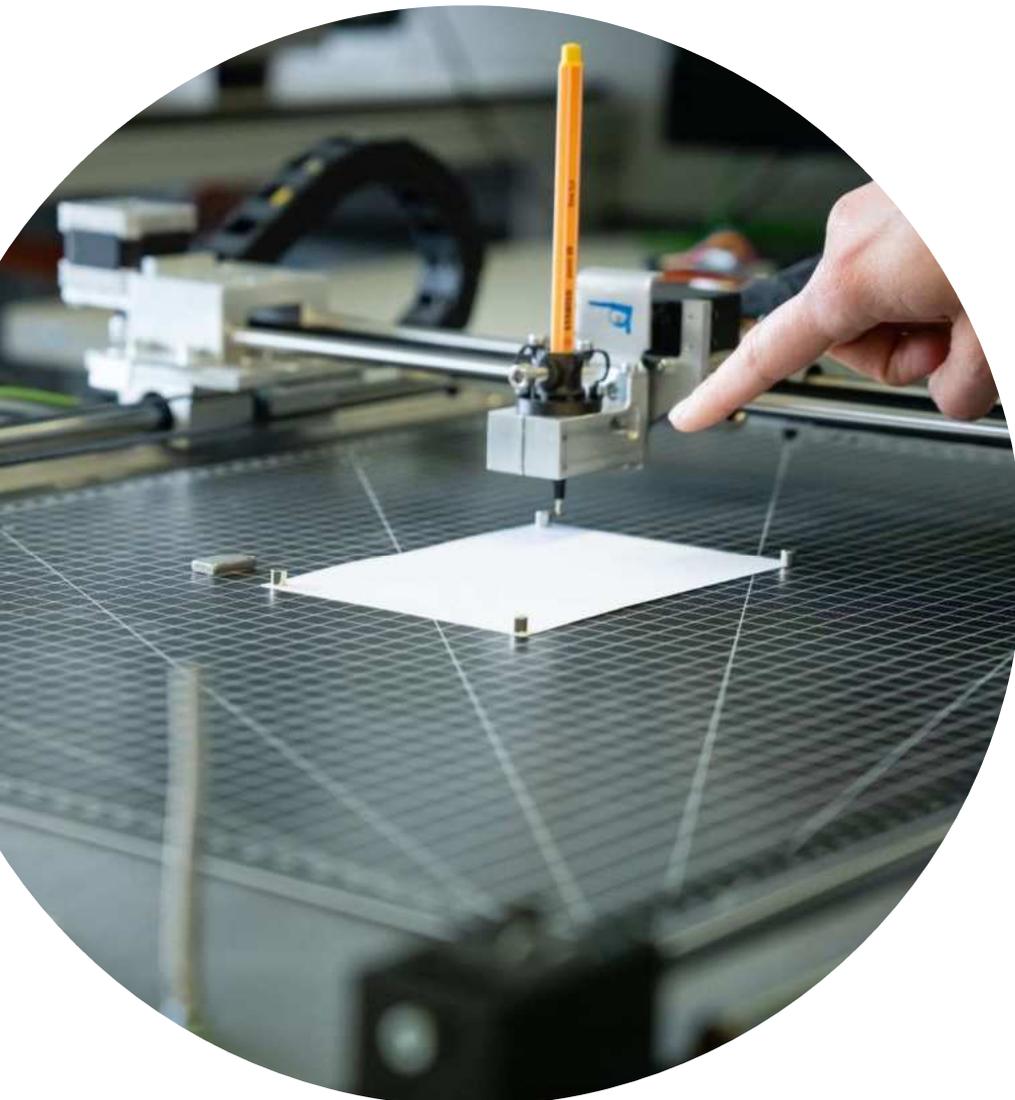
Die Lehrveranstaltungen des Masterstudiums konzentrieren sich auf die beiden Schwerpunkte Gerätekonstruktion als methodisch orientierte Linie und feinwerktechnische Actorik als konkret forschungs- und entwicklungsorientierte Linie, ergänzt durch die Lehrveranstaltungen „Praxis des Spritzgießens“ und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

Die Vorlesung „Gerätekonstruktion und -fertigung in der Feinwerktechnik“ behandelt Grundlagen der Entwicklung und Konstruktion feinwerktechnischer Geräte bzw. Systeme. Den Schwerpunkt bilden Themenkreise wie zuverlässigkeits- und sicherheitsgerechte Konstruktion, Genauigkeit, Fehlerverhalten 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, 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.



ABSCHLUSSARBEITEN AM IKFF 2024



3 Bachelorarbeiten



6 Masterarbeiten



3 Forschungsarbeiten

Lehrveranstaltungen

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, Marco Hutter, Ulrike Kurz, Manuel Mauch, Philipp Reinhard, 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, Philipp Reinhard, 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, Philipp Reinhard
- INHALT** Magnettechnik, -technologie, Kraftwirkungen im Magnetfeld, Elektrodynamische Stelltechnik, Gleichstrommotoren – permanentenerregte 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, Philipp Reinhard
- INHALT** 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

- DOZENT** Milan Fitzlaff
- BETREUER** Patrick Fleischmann, Milan Fitzlaff, Ulrike Kurz, Philipp Reinhard, 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 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 2024 haben gut 80 Studierende 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 Geräuschesstechnik und Lärminderung

Projektarbeiten

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

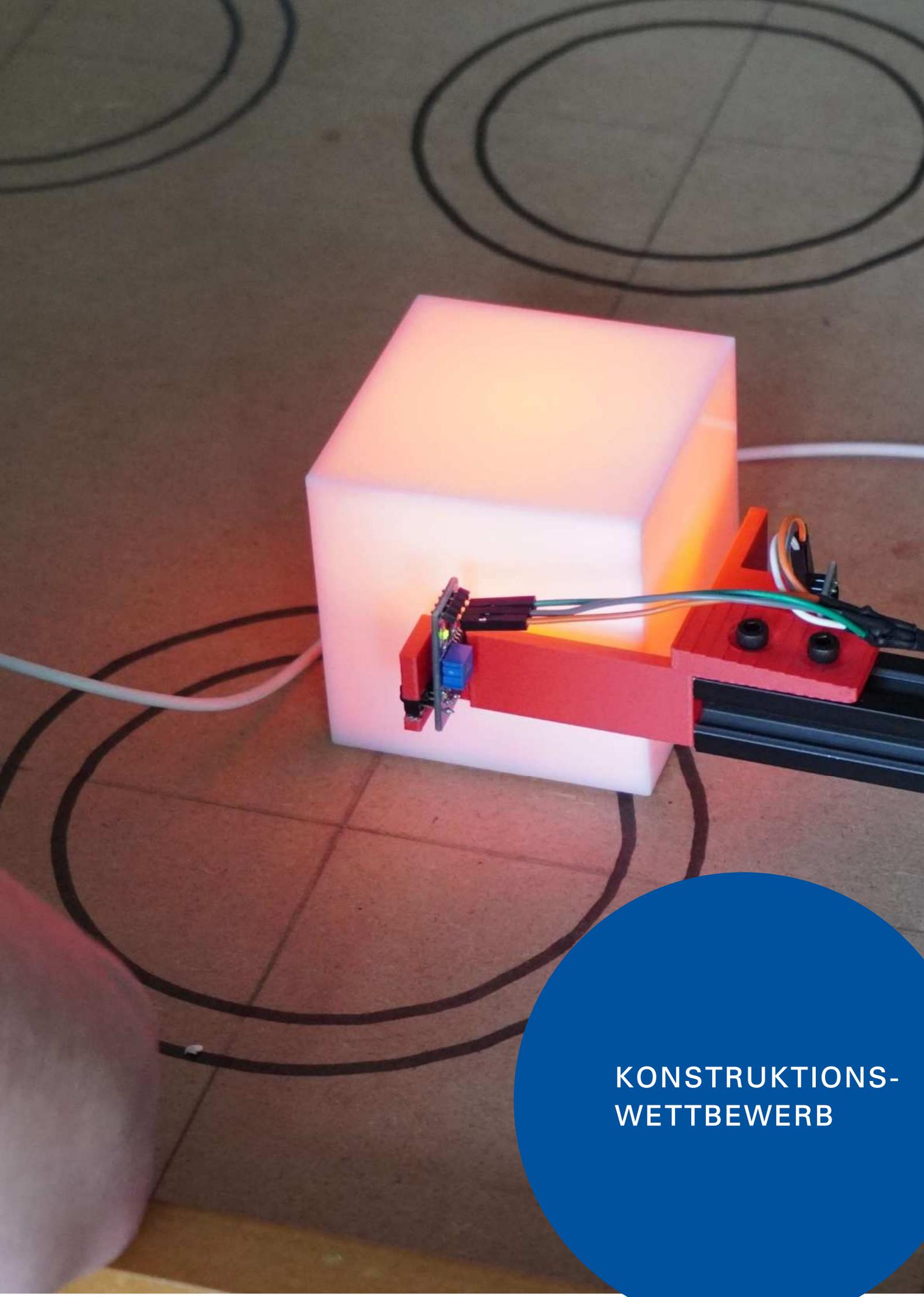
Seminare der Feinwerktechnik Abschlussarbeiten

Im Seminar der Feinwerktechnik werden in loser Folge die Ergebnisse von Bachelor-, Studien- und Masterarbeiten vorgestellt.

29.02.2024 Bachelorarbeit	Buchmann, Karl Entwicklung eines Prüfkörpers und Prüfablaufs für taktile und optische 3D-Messgeräte
19.03.2024 Masterarbeit	Müller, Lukas Fertigungsgerechte Konstruktion einer Absaugvorrichtung für handgehaltene Elektrowerkzeuge
28.03.2024 Forschungsarbeit	Nayak, Manohar Determination of the influence of PVD hard coatings and processing parameters on adhesive demolding forces during injection molding of optical plastics
09.04.2024 Masterarbeit	Reinhard, Philipp Entwicklung einer Antriebseinheit mit integrierter Sensorik für die Anwendung in einem Hüpfroboter
28.05.2024 Bachelorarbeit	Tchoma Tchameni, Durant Trajeanno Entwicklung und Inbetriebnahme eines Demonstratoraufbaus zur geregelten Dehnungseinstellung von MSM-Sticks in selbsthaltenden Konfigurationen
05.07.2024 Masterarbeit	Kullick, Felix Thermische Analyse eines 6-Achs-Industrieroboters für Messtechnikapplikationen

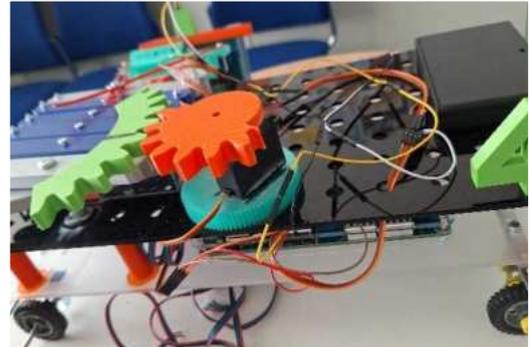
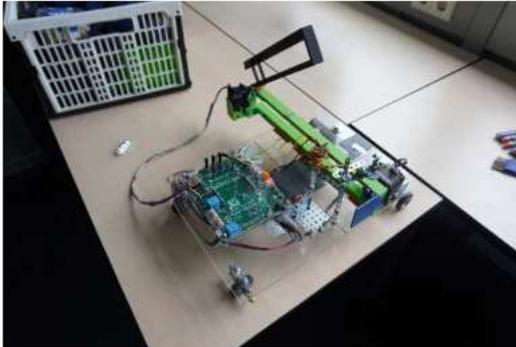


- 17.09.2024
Masterarbeit
Link, Steffen
Feinwerktechnisches hochkompaktes Antriebsmodul für Robotik-
anwendungen
- 18.09.2024
Masterarbeit
Youssef, Ali
Entwicklung eines Aktorsystems mit antagonistischen magneti-
schen Formgedächtnisaktoren zur adaptiven Einstellung der Kraft-
Weg-Charakteristik
- 18.09.2024
Masterarbeit
Francisco, David
Entwicklung, Aufbau und Charakterisierung eines folienbasierten
Wegaufnehmers zur Positionsregelung von Magnetventilen
- 29.10.2024
Forschungs-
arbeit
Cyll, Michael
Konstruktive Optimierung eines Messwerkzeuges von adhäsiven
Entformungskräften im Spritzguss zur Steigerung der Genauigkeit
- 30.11.2024
Forschungs-
arbeit
Khoury, Gibran
Untersuchung von Einsätzen eines Spritzgieß-Wechselwerkzeugs
- 12.12.2024
Bachelor-
arbeit
Ye, Yuwen
Dateiverwaltungssoftware mit GUI: Entwicklung von Entformungs-
kraftmessungen im Spritzguss zur Generierung von Auswertungen
und Vergleichsdarstellungen



KONSTRUKTIONS-
WETTBEWERB

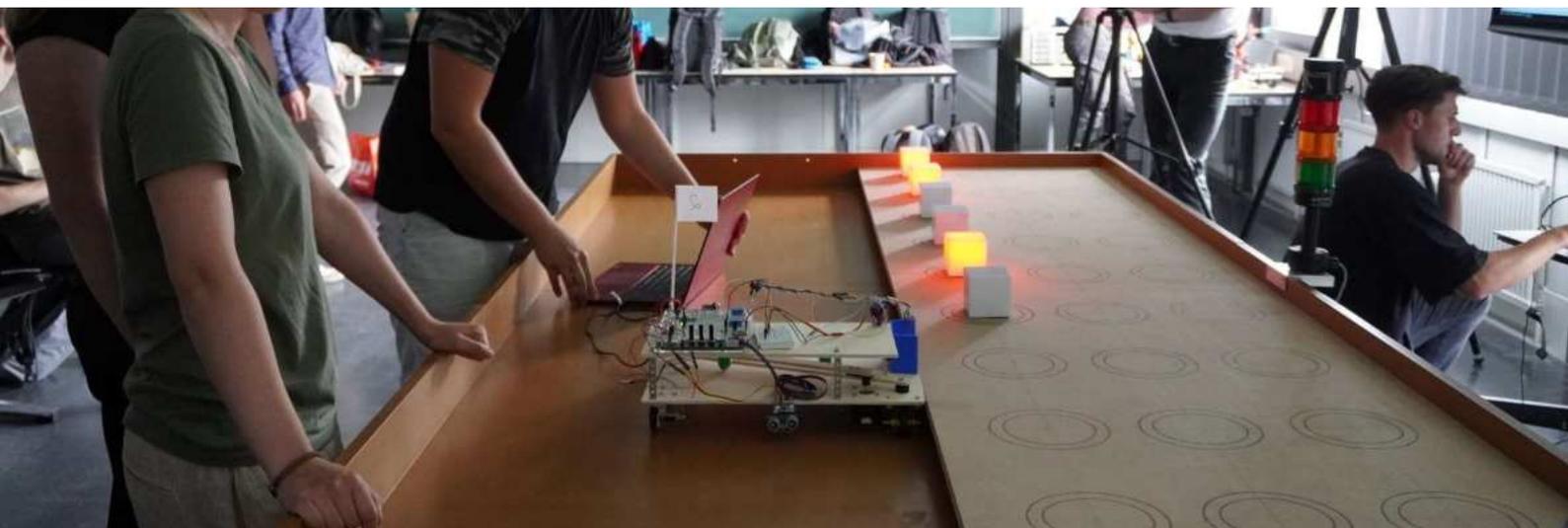
31. KONSTRUKTIONSWETTBEWERB GEHT NICHT – GEHT – GEHT NICHT...



Wie bekomme ich eine kleine, selbstgebaute Maschine dazu, leuchtende von blinkenden oder ganz dunklen Kunststoffwürfeln zu unterscheiden?

Im Maschinenbau gibt es heutzutage nahezu kein Gerät mehr, das nicht über eine Steuerung verfügt, die Eingangsinformationen verarbeitet und davon abhängig das Gerät steuert und regelt. Auch die kleinen Maschinen, die beim diesjährigen Konstruktionswettbewerb für Studierende des Maschinenbaus und der Fahrzeugtechnik entwickelt werden mussten, sollten so eine Aufgabe erledigen. Optische Signalgeber mussten auf ihre Funktion überprüft werden.

Die korrekte Funktion der Signalgeber war ein dauerhaftes Leuchten. Die möglichen Fehlerbilder waren blinkende oder komplett dunkle Signalgeber. Richtig funktionierende Signalgeber mussten in einen gut-Bereich gebracht werden, blinkende Signalgeber zur Nacharbeit in einen Nachbesserungsbereich und dunkle, defekte Signalgeber sollten als Ausschuss entsorgt werden.



Am Ende von vier Semestern Konstruktionslehre fasst der Konstruktionswettbewerb den ganzen Stoff der Vorlesungen und Übungen zusammen. Waren es bisher einzelne Themen und abgegrenzte Aufgaben, wird nun ein Produkt entwickelt. Die Zeit dafür ist knapp, es stehen nur fünf Wochen von der Aufgabenstellung bis zum Vergleich der kleinen Maschinen beim Wettbewerb zur Verfügung.

Kaum war die Aufgabenstellung vorgestellt, ging es schon los. Was muss die Maschine können? Welche Einschränkungen gibt es? Ist das Gewicht oder die Energieversorgung eingeschränkt? Was darf die Maschine wiegen und wie groß darf sie sein? Kann die Aufgabe rein mechanisch gelöst werden oder sind elektrische Antriebe und eine Mikroprozessorsteuerung notwendig?

Um das alles zu bewältigen, musste nahezu alles bisher in der Konstruktionslehre Gelernte zusammengeführt werden. Konstruktionsmethodische Verfahren, Getrieberechnung, Programmierung, Sensorik, Fertigungsverfahren... alles wurde benötigt.

Beim Wettkampf traten dann unterschiedliche Lösungen gegeneinander an. Ein ausklappbarer Arm, ein 3D-gedrucktes Scherengitter mit Greifer, eine mittels Zahnstange angetriebene Schaufel – für das Bewegen der Signalgeber gab es ganz unterschiedliche Lösungen. Auch die Chassis waren verschieden. Aluminiumprofile, Holz oder Kunststoff – hier wurde nach den Fertigungsmöglichkeiten und manchmal wohl auch nach dem Gefühl des zuverlässigeren Aufbaus entschieden.

Beim Wettbewerb zeigte sich, dass es möglich ist, in der kurzen Zeit eine Maschine zu entwickeln, die die Aufgabe löst. Leicht war es nicht, aber alle hatten sicher nicht nur etwas bei der Aufgabe gelernt, sondern auch viel Spaß beim Konstruktionswettbewerb als Abschluss der Konstruktionslehre gehabt.





**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 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 BMWK (Verbundvorhaben: 01236557/1), zusammengeschlossen.

Die Identifizierung optimierter Strukturen für die additive Fertigung von Induktoren wurde anhand von Druckversuchen finalisiert. Es konnte eine Festigkeit von 98 % gegenüber Referenzproben aus Vollmaterial erzielt werden.

Weiterhin erfolgte des Scale-Up der Bipolarplatte vom Labormaßstab auf eine kommerziell erhältliche Größe. Anpassungen des Werkzeugkonzepts zeigten die Notwendigkeit weiterer Iterationen für eine finale Werkzeuggestaltung auf. Dennoch konnten im Sommer 2024 erste Bipolarplatten für einen potentiell kommerziellen Einsatz im induktiv-variothermen Prozess hergestellt werden. Eine hohe Detailtreue bei der Abformung konnte erzielt werden. Mit dem Scale-Up sind weiterhin neue Herausforderung hinsichtlich der Prozessführung und der Automatisierung identifiziert worden, welche im intensiven Austausch mit den Partnern adressiert worden sind. Verzögerungen im Ablauf des Projekts, welche ihren Ursprung teilweise bereits zu Beginn des Projekts aufgrund der globalen Corona-Pandemie haben, erforderten zur Erreichung der vereinbarten Ziele eine kostenneutrale Verlängerung des Projekts, sodass dessen Laufzeit bis zum 31.05.2025 erweitert wurde.

Mit großem Bedauern erreichte das Konsortium im Herbst 2024 die Nachricht über ein vorzeitiges Ausscheiden der Proton Motor Fuel Cell GmbH zum Ende des Jahres 2024. Dies erforderte eine strategische Neubewertung der Projektziele und eine Anpassung der bevorstehenden Arbeiten.

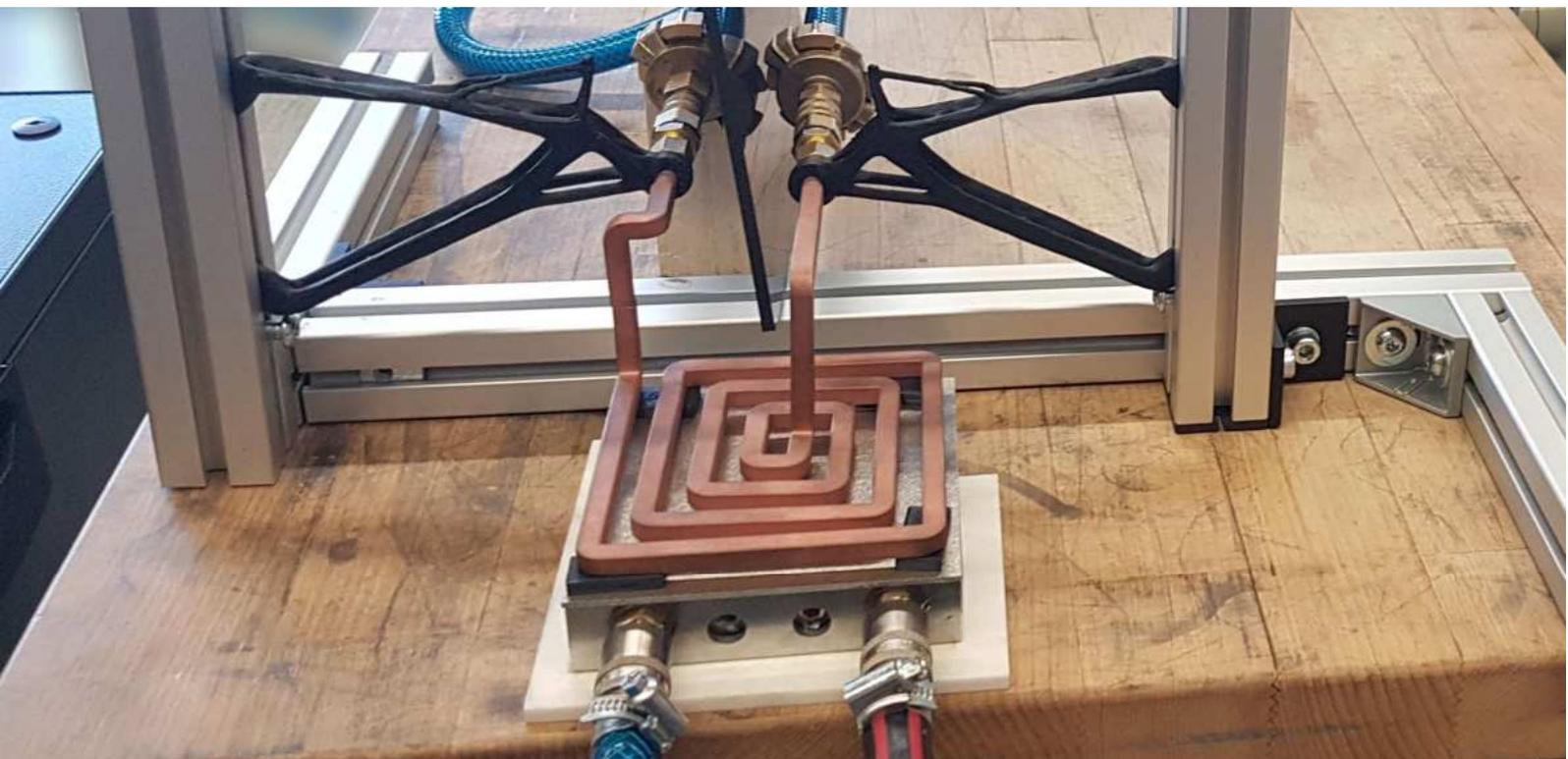
Das Jahr 2024 schloss mit dem gemeinsamen Aufbau einer Produktionsumgebung mit hohem Automatisierungsgrad beim Projektpartner Boyke Technology GmbH in Lindlar in Vorbereitung zu finalen Pressversuchen in 2025.

Parallel wurden in 2024 Versuchsreihen an zuvor am IKFF entwickelten Spritzgießwerkzeug-Einsätzen mit reduzierten thermischen Massen und komplexen Kühlsystemen durchgeführt und die Erkenntnisse hieraus auf nationaler und internationaler Bühne vor Fachpublikum präsentiert und publiziert.

Ansprechpartner

Milan Fitzlaff

milan.fitzlaff@ikff.uni-stuttgart.de

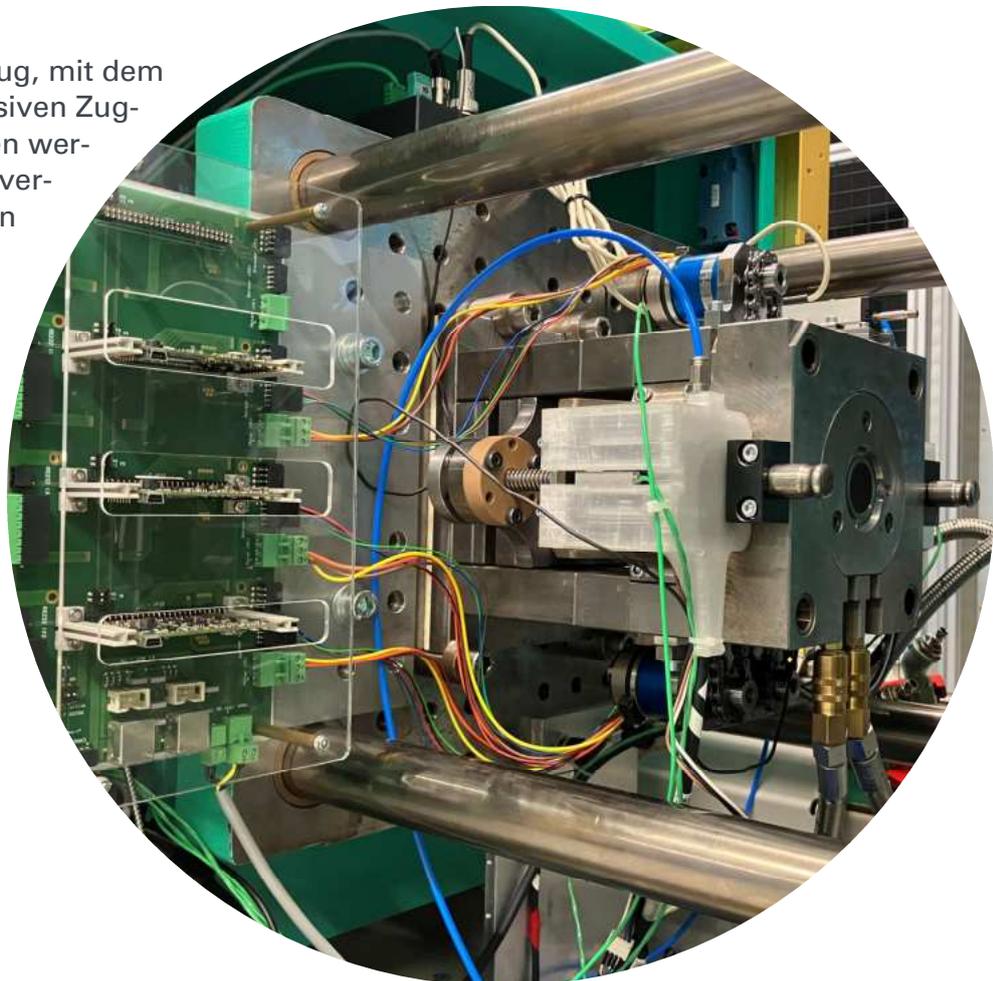


Einsatz hochpräziser Messwerkzeuge im Spritzguss zur Bestimmung des Entformungsverhaltens und deren Weiterentwicklung

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 Kunststoffe mit verschiedenen Additiven zur Verbesserung der Entformung des Spritzteils aus einem unbeschichteten Werkzeug untersucht werden. Die Ergebnisse zeigten die unterschiedlichen Auswirkungen auf die Entformungskräfte und gaben Hinweise, 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.



Mit dem Messwerkzeug wurden Messungen im CIM-Verfahren (Ceramic-Injection-Molding) durchgeführt. Da beim CIM-Verfahren oft hohe Entformungskräfte auftreten und durch diese Kräfte verursachte Risse oder Defekte erst nach dem tagelangen, aufwendigen Sinterprozess entdeckt werden, können diese Untersuchungen zu erheblichen Verbesserungen im CIM-Verfahren führen. Die Messungen zeigten, dass die Entformungskräfte im CIM durch das Bindersystem des Materials, die Oberflächenbeschaffenheit des Werkzeugs und die Werkzeugtemperatur beeinflusst werden können.

Um mit dem verwendeten Messwerkzeug auch komplexere Kunststoffe wie PC oder PMMA messen zu können, wurden verschiedene Erweiterungen realisiert. Die im Messwerkzeug implementierte pneumatische Sperreinheit zum Schutz der Sensorik während des Einspritzvorgangs wurde in eine elektromechanische Sperreinheit umgewandelt. Die Lagerung und die Anzahl der Bauteile der Messwelle wurden optimiert. Für eine Varianz der hergestellten Probekörper wurde ein zweiter Formeinsatz mit außermittigem Anguss hergestellt, um Kunststoffe mit Neigung zur Vakuolenbildung messen zu können.

Für die Auswertung der gesammelten Messdaten beider Messwerkzeuge wurde eine Datenverwaltungssoftware programmiert. Damit können Messdaten aus den vergangenen Jahren einfach miteinander verglichen werden. Neue Messdaten können schneller gesichtet und Auswertungen mit verschiedensten Diagrammen erstellt werden.

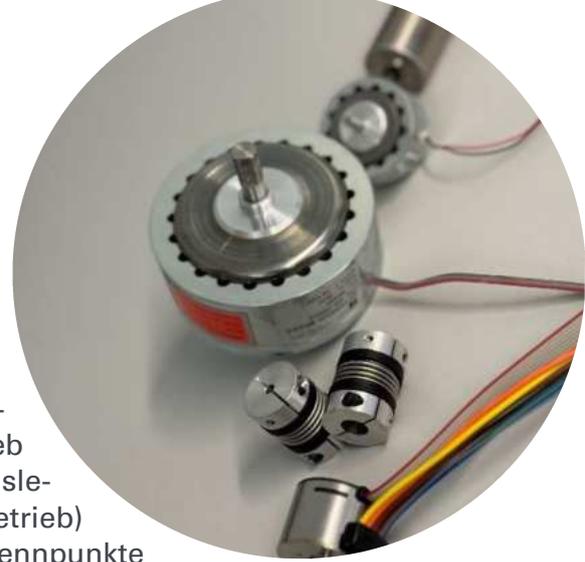
Ansprechpartner

Jonas Veit

jonas.veit@ikff.uni-stuttgart.de

Hocheffiziente elektrische Kleinantriebe im diskontinuierlichen Betrieb

Elektrische Kleinantriebe kommen häufig in Anwendungen zum Einsatz, welche keinen dauerhaften Betrieb des Motors erfordern. Dem gegenüber steht die Auslegung, welche üblicherweise auf Dauerbetrieb (S1-Betrieb) erfolgt. Die Berücksichtigung der entsprechenden Nennpunkte führt zu überdimensionierten Lösungen. So kann in einem Kurzzeit- oder Aussetzbetrieb die Leistung überhöht werden, womit ein verringerter Einsatz von Material, Bauraum und Kosten einhergeht. Um die Ausnutzung von elektrischen Kleinantrieben zu steigern, also die Effizienz zu erhöhen, wird dieses Verhalten am Institut näher untersucht.



Dazu erfolgte im vergangenen Jahr die experimentelle Untersuchung der Kapazitäten von Glockenankermotoren. Die entsprechende Grenzwertbetrachtung fokussierte das Moment in Abhängigkeit der Einschaltdauer. So wurde die maximal zulässige Wicklungstemperatur durch eine Verringerung der Einschaltdauer berücksichtigt. In den Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass gängige Überhöhungsfaktoren deutlich übertroffen werden können. Die Einschaltzeiten lagen trotz deutlich überhöhter Momente in einem technisch sinnvollen Bereich. Im nächsten Schritt wird die Grenzwertbetrachtung auf genutzte Kleinmotoren ausgeweitet und die Kapazitäten der Technologien werden vergleichend untersucht.

Auch wurde im Jahr 2024 eine konkrete Anwendung betrachtet, welche Kleinantriebe im diskontinuierlichen Betrieb fordert. So erfolgte die Untersuchung potentieller Antriebslösungen für eine mechatronisierte Kontrabassklarinettenklappe. Mechatronisierung bedeutet in diesem Zusammenhang u.a. ein elektromechanisches Schließen/Öffnen der Klappen. Auch hier kann die Überlastfähigkeit von Kleinantrieben genutzt werden, um eine passgenaue Dimensionierung zu realisieren.

Ansprechpartnerin

Ulrike Kurz

ulrike.kurz@ikff.uni-stuttgart.de

Magnetische Formgedächtnislegierung in feinwerktechnischen Systemen

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.



Prototyp eines MSM-gesteuerten Reluktanzaktors

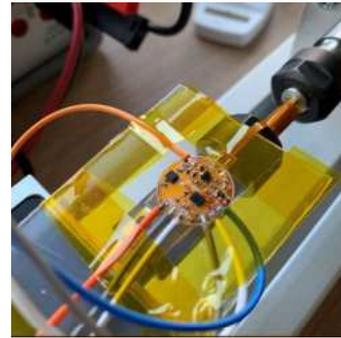
In einem am IKFF entwickelten und patentierten Aktorprinzip wird der Sensoreffekt genutzt, um einen steuerbaren magnetischen Widerstand zu erzeugen und damit den magnetischen Fluss in permanentmagnetisch erregten Kreisen zu steuern. Somit können Permanentmagnete in Anwendungen genutzt werden, die sonst nur mit Elektromagneten möglich sind. Der Vorteil liegt hierbei in einer deutlich geringeren Verlustleistung im stationären Betrieb. Untersuchungen zur Modellbildung des zugrundeliegenden Effekts der dehnungsabhängigen Reluktanz wurden bei einer Veröffentlichung auf der Actuator-Konferenz im Juni in Wiesbaden vorgestellt. Ebenfalls im Juni wurde das Arbeitsgebiet mit dem Vortrag „Multifunktionale Potentiale magnetischer Formgedächtnislegierung für aktive, passive und sensorische Anwendungen“ beim Ilmenauer Magnettag präsentiert. Zuletzt wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizingerätetechnik (IMT) der Uni Stuttgart ein Review zu Forschungsprojekten und Nutzungsmöglichkeiten von MSM in der Medizintechnik verfasst und bei der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (DGBMT) vorgestellt. Damit ergaben sich für den Forschungsbereich Fortschritte sowohl im Grundlagenbereich wie auch in der Suche nach neuen Anwendungsbereichen.

Ansprechpartner

Marco Hutter

marco.hutter@ikff.uni-stuttgart.de

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



Die Erforschung von Sensoren und Aktoren mit magnetischen Formgedächtnislegierungen gewinnt in der Feinwerktechnik aufgrund der steigenden Nachfrage nach energieeffizienten und hochintegrierten Antrieben zunehmend an Bedeutung. Diese Aktor- und Sensorkonzepte integrieren intelligente Werkstoffe wie NiMnGa-Formgedächtnislegierungen. Der Einsatz dieser magnetischen Formgedächtnislegierung als passives Bauelement ermöglicht die vorteilhafte Nutzung der inneren mechanischen Spannung, um konventionelle Aktoren in multistabile, selbsthemmende und spielfreie Antriebe zu überführen. Darüber hinaus kann die dehnungsabhängige magnetische Permeabilität der Legierungen zur Positionsbestimmung des Antriebs genutzt werden. Die Kombination dieser beiden Eigenschaften bildet die Grundlage für die Entwicklung hochintegrierter lage geregelter mechatronischer Systeme mit passiven magnetischen Formgedächtnislegierungen. Derzeit wird ein Sensorkonzept untersucht, das die Permeabilitätsänderung der passiv eingesetzten magnetischen Formgedächtnislegierung über eine Senserspulenordnung in eine Änderung der Selbstinduktivität transformiert. Experimentelle Untersuchungen und Messreihen haben gezeigt, dass mit diesem Sensorkonzept eine präzise Positionierung im Submillimeterbereich möglich ist. Die Forschungsergebnisse wurden in dem Journal „tm-Technisches Messen“ veröffentlicht und auf der ISC-Konferenz in Ilmenau vorgestellt. Die laufenden Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf die Entwicklung einer Auslegungsrichtlinie für die Senserspule, um den optimalen Arbeitspunkt der Auswerteelektronik und damit hohe Empfindlichkeiten zu erreichen. Darüber hinaus wird eine vollintegrierte Elektronik auf einer flexiblen Leiterplatte aufgebaut, um die Miniaturisierung und Flexibilität des Sensorsystems zu erhöhen. Zur weiteren Verbesserung des Systems wird zudem an Methoden zur Kompensation von Temperatureinflüssen und Hystereseeffekten gearbeitet, um die Genauigkeit unter variierenden Umgebungsbedingungen zu erhöhen. Neben diesem Sensorkonzept für passive Anwendungen wird derzeit auch das sensorische Potenzial von klassischen Push-Aktoren mit magnetischen Formgedächtnislegierungen untersucht. Hierbei werden die variablen magnetischen Eigenschaften des Erregerkreises ausgenutzt, indem Induktionsspannungen in den als Transformator angeordneten Aktorspulen ausgewertet werden. Gleichzeitig wird ein Hall-Element in den Erregerkreis integriert, das die Überwachung der magnetischen Flussdichte ermöglicht. Damit kann der Dehnungszustand des Systems bestimmt werden. Zukünftige Forschungsarbeiten zielen darauf ab, diese Sensorkonzepte in bestehende Aktoren zu integrieren und darauf aufbauende Ansteuerungs- und Regelungskonzepte zu entwickeln.

Ansprechpartner

Patrick Fleischmann

patrick.fleischmann@ikff.uni-stuttgart.de

Automatisierte Charakterisierung von Gleichstrommotoren

Elektrodynamische Kleinantriebe sind ein fester Bestandteil unseres Alltages. Man findet sie in Haushaltsgeräten wie dem Kaffeeautomaten, Werkzeugen wie den Akuschrauber und sogar im Sanitärbereich beispielsweise für elektrische Ventile. Um den geeigneten Motor für die jeweilige Anwendung zu ermitteln, sind neben den elektrischen und mechanischen Kennwerten auch die zu erwartende Lebensdauer entscheidend.

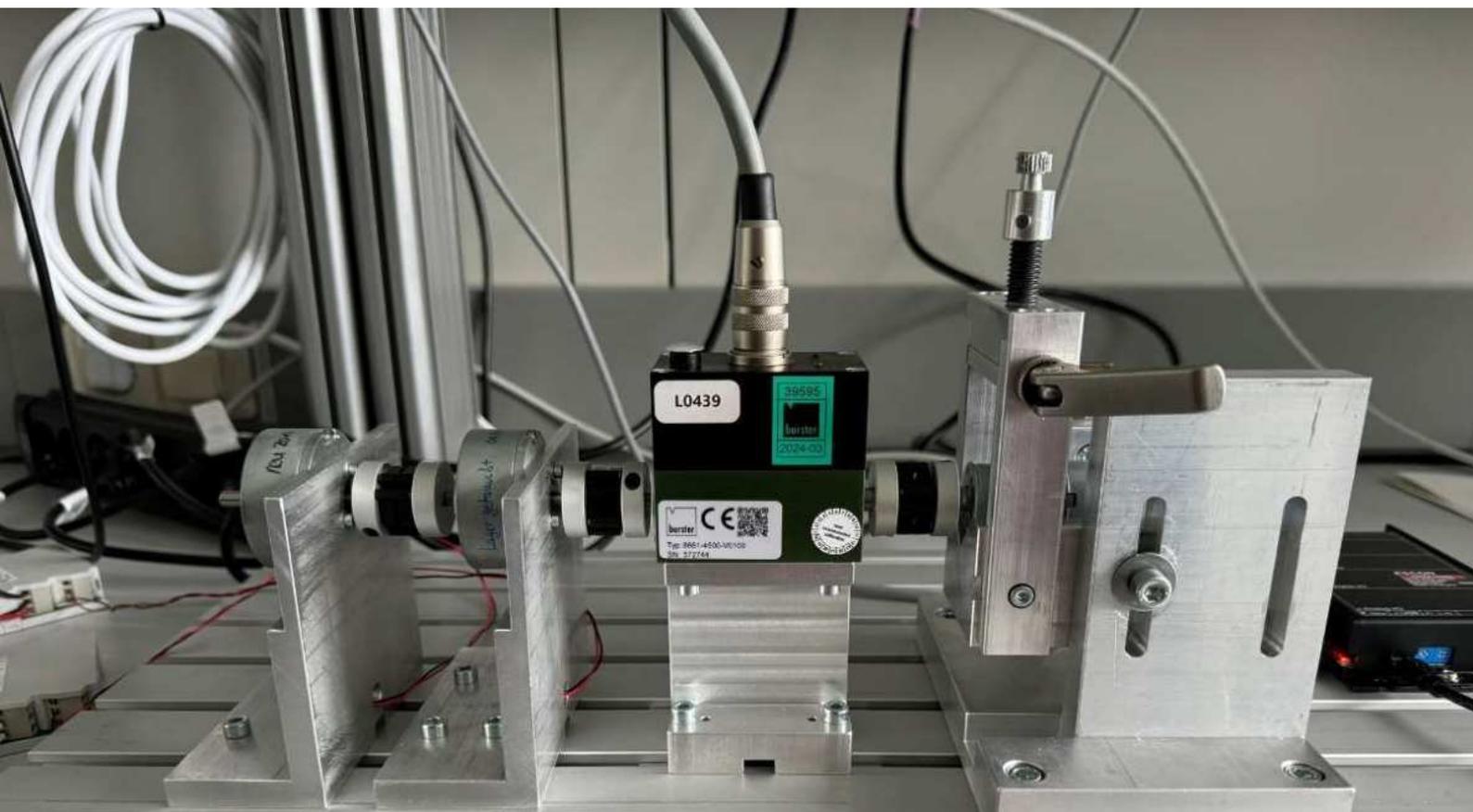
Um diese Eigenschaften für verschiedene Motortypen zu ermitteln, wurden im letzten Jahr verschiedene Prüfstände entwickelt. Dadurch ist es nun möglich, die Motorkennlinien der DC-Motoren experimentell zu ermitteln. Augenmerk bei der Entwicklung lag vor allem auf einem hohen Automatisierungsgrad sowie hoher Flexibilität und Präzision.

Ein weiterer Prüfaufbau zur Durchführung von Dauerlaufversuchen für die Lebensdauerprüfung wurde ebenfalls konzipiert. Ziel dieses Aufbaus ist es, Motoren über Zeiträume von mehreren Monaten zu beanspruchen, um Aussagen über die Zuverlässigkeit der Antriebssysteme treffen zu können. Mithilfe der beiden Prüfstände wird es in Zukunft möglich sein, die Eigenschaften verschiedener DC- und BLDC-Motoren zu ermitteln und damit eine sichere und zuverlässige Anwendung zu gewährleisten.

Ansprechpartner

Philipp Reinhard

philipp.reinhard@ikff.uni-stuttgart.de



Entwicklung und Konstruktion von feinwerktechnischen hybriden Hub-Haft-Aktoren

Vortrag zur Doktorprüfung
von Manuel Mauch, M. Sc.



13.11.2014



**DISSERTATIONEN
PUBLIKATIONEN
PATENTE**

Dissertationen

M. Mauch: "Entwicklung und Konstruktion von feinwerktechnischen hybriden Hub-Haft-Aktoren"

Publikationen

P. Fleischmann, R. Schnetzler and B. Gundelsweiler, "Development of an integrated foil-based sensor for position sensing of magnetic shape memory alloy actuators", ACTUATOR 2024, International Conference and Exhibition on New Actuator Systems and Applications, Wiesbaden, Germany, 2024, pp. 76-79. Print ISBN: 978-3-8007-6391-7

P. Fleischmann, J. Happel, Julius and B. Gundelsweiler, "Analysis and development of a sensor concept for multistable actuators with passive magnetic shape memory alloy", tm - Technisches Messen, vol. 91, no. 5, 2024, pp. 255-267.
<https://doi.org/10.1515/teme-2023-0158>

M. Fitzlaff, L. Schmidt, P. Stannek, B. Gundelsweiler, S. Palecki, M. Grundler, "Production of compound-based PEM fuel cell bipolar plates with reduced cycle time using a novel compression moulding concept", 24th World Hydrogen Energy Conference 2024, Tulúm-Rivera Maya, Mexico

A. Gans, P. Fleischmann, B. Gundelsweiler, "Entwicklung und Fertigung eines folienbasierten Hall-Effekt-Sensors", Dresden, DGFT-Tagung Sep. 2024

M. Hutter, B. Gundelsweiler, "Flux control in magnetic circuits using variable reluctance of magnetic shape memory alloys", ACTUATOR 2024, International Conference and Exhibition on New Actuator Systems and Applications, 2024, Wiesbaden, Germany

M. Hutter, B. Gundelsweiler, "Multifunktionale Potentiale magnetischer Formgedächtnislegierung für aktive, passive und sensorische Anwendungen", Magnettag 2024, Ilmenau

M. Hutter, J. Mayer, M. Schäfer, P. Pott, B. Gundelsweiler, "Potential of magnetic shape memory alloys in medical applications", Current Directions in Biomedical Engineering, Vol. 10 (Issue 4), pp. 336-339, 2024, Stuttgart, Germany

M. Fitzlaff, G. Khoury, M. Käß, M. Werz, B. Gundelsweiler and S. Weihe, "Investigations on Injection Mold Inserts with Reduced Thermal Masses using Additive Manufacturing" in "Proceedings of the 39th Conference of the Polymer Processing Society", Cartagena de Indias (Kolumbien), Dezember 2024, DOI: <https://doi.org/10.51573/Andes.PPS39.GS.IM.3>

Patente

Berührungsloses Verfahren zur Prüfung von Entformungskräften im werkzeuggebundenen Herstellungsprozess mittels Schallmessung
J. Veit, M. Schoenherr, B. Gundelsweiler, Patentanmeldung AZ 10 2023 005 218.3

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.



Herr Professor Gundelsweiler Mitglied in folgenden Gremien:

- 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 Kleinmotorenteknik (GMM)
- Delegierter des Fakultätentages für Maschinenbau und Verfahrenstechnik