Universität Stuttgart
Institut für Konstruktion und Fertigung
in der Feinwerktechnik

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik

Wahlmöglichkeit für die Studiengänge Maschinenbau und Fahrzeugtechnik

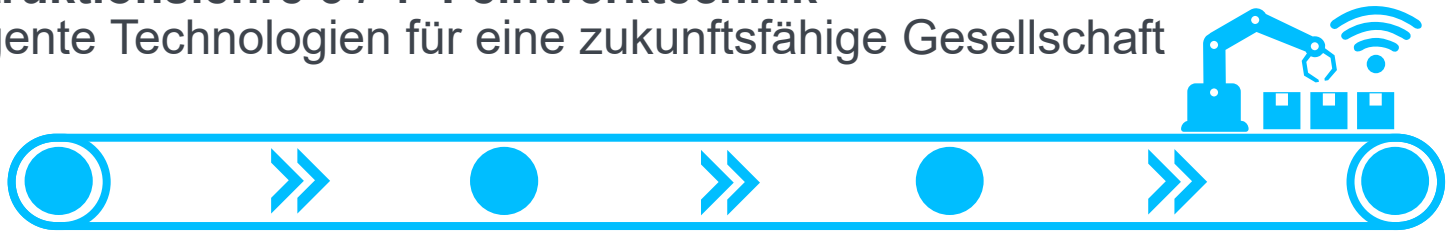
11.07.2024

Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler

stuttgarter maschinenbau
interdisziplinär und vielfältig

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik

Intelligente Technologien für eine zukunftsfähige Gesellschaft



Datenbrillen/
HMD´s

Smartphones
& Tablets

RFID Chips/
Beacons

Sensoren & Aktoren
Eingebettete Steuerungen

Cloud Computing

Data Analytics/
Smart Data

Echtzeit-Informationsaustausch durch neue Technologien

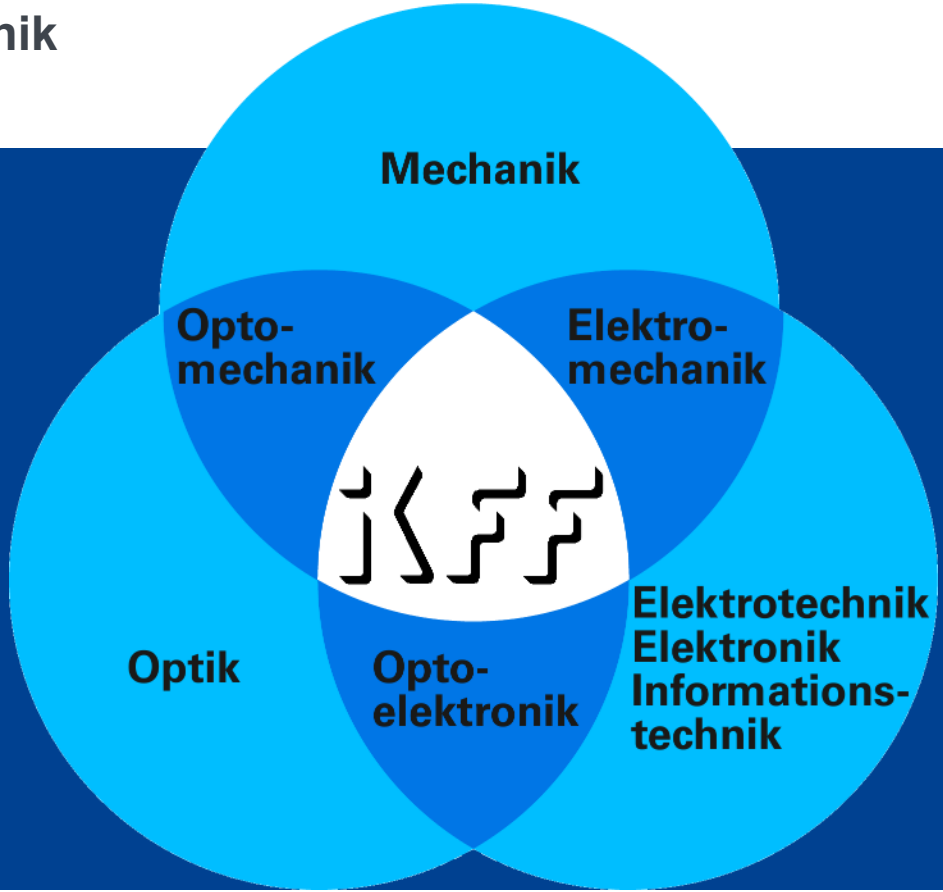
Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik

Studienverlaufsplan Studiengang B.Sc. Maschinenbau

Semester 1 2 3 4 5 6

Höhere Mathematik I + II		Höhere Mathematik III	Numerische Grundlagen	Modellierung, Simulation & Optimierungsverfahren	Schlüsselqualifikation
Experimentalphysik & Praktikum			Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit	Wahlpflichtbereich I	Wahlpflichtbereich II
Werkstoffkunde I + II mit Praktikum		Technische Thermodynamik I + II		Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit	
Technische Mechanik I	Technische Mechanik II + III		Technische Mechanik IV	Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit	
Konstruktionslehre I + II mit Festigkeitslehre		Konstruktionslehre III + IV mit Wahlmöglichkeit		Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit	
Fertigungslehre und Fabrikorganisation	Elektrotechnik		Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit		
	Angewandte Chemie	Informatik I + II		Projektarbeit (Schlüsselqualifikation)	**Bachelorarbeit**

Was ist Feinwerktechnik?



Feinwerktechnik…

…hat andere Dimensionen!

…hat einen starken mechatronischen Charakter!

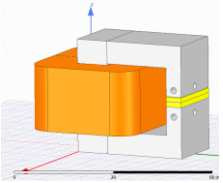
… ist stark interdis-ziplinär!

…hat sehr heterogene, aber auch vielfältige Einsatzfelder!

…hat andere Werkstoffe und Fertigungs-verfahren!

Warum Feinwerktechnik?

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Forschungsschwerpunkte IKFF



Antriebstechnik – Smart Actuators

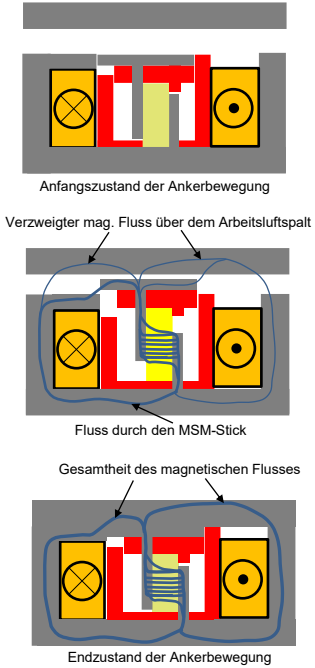
Dimensionierung von feinwerktechnischen Aktoren (linear & rotatorisch) mit inhärenten Eigenschaften, die eine anschließende Informationsverarbeitung möglich machen. Diese Geräte können als Aktor, aber auch als Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine eingesetzt werden.

Schwerpunkt: Feedback und Kopplungssysteme
Digitalisierung zur Datengewinnung und Auswertung, Aktorik an der Wirkstelle, vorbeugende Wartung und Zustandsüberwachung des Systems

Schwerpunkt: Integrierte Sensorik
Ansteuerung und Regelung über integrierte Sensorinformationsgewinnung (extern und intern), integrierte Wegmessung, thermische Charakterisierung

Schwerpunkt: Werkstoff- und Fertigungstechnik
Werkstoffe mit Funktionsintegration (hart- / weichmagnetisch), Spulentechnologie, Präzisionsspritzguss und additive Fertigungsverfahren.Ansteuerung und Regelung über integrierte Sensorinformationsgewinnung (extern und intern)

Geräuschgedämpfter Aktor
(linearisierte Kraft- / Hubkennlinie)



[Quelle: IKFF]

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Forschungsschwerpunkte IKFF

Schwebeantrieb mit repulsiven Magnetkräften

Antriebstechnik – Magnetschwebeantriebe

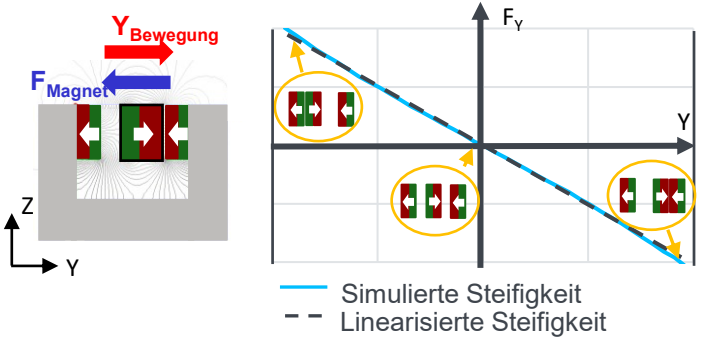
Auslegung von linearen Magnetschwebeantrieben mit variierenden Lasten. Führungskonzept und aktive Stabilisierung der Freiheitsgrade durch repulsive Magnetkräfte bzw. den Einsatz von Formgedächtnislegierungen zur Gewichtskraftkompensation.

Schwerpunkt: Schwebeantriebe mit repulsiven Magnetkräften
Antriebsauslegung mit semiaktiver Gewichtskraftkompensation, aktive & passive Stabilisierung von Achsen, Nutzung von Lorenzkräften bzw. abstoßenden Magnetkräften.

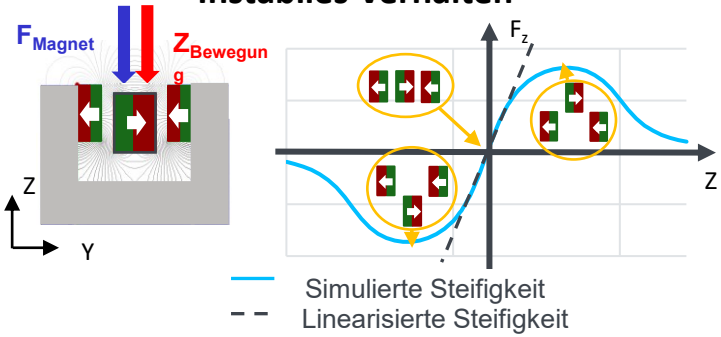
Schwerpunkt: Elektromagnetischer Schwebeantriebe mit Gewichtskraftskompensation
Akive Gewichtskraftkomensation mit magnetischen Formgedächtnislegierungen; Minimierung der Schwebeleistung durch Luftspaltvariation der Reluktianzaktoren

Schwerpunkt: Regelungstechnik und Ansteuerung
Stabilisierung und Regelung der Freiheitsgrade bei veränderlichen Lasten; verlustleistungsoptimierte Aktorkonzepte

Stabiles Verhalten



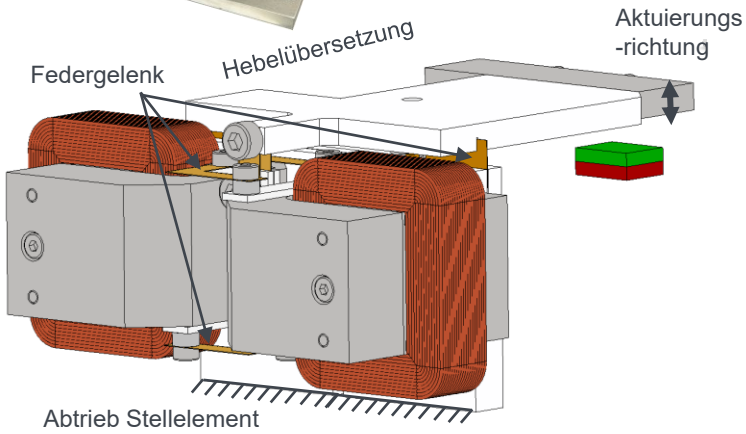
Instabiles Verhalten



[Quelle: IKFF]

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Forschungsschwerpunkte IKFF

Elektromagnetischer Schwebeantrieb mit Gewichtskraftkompensation



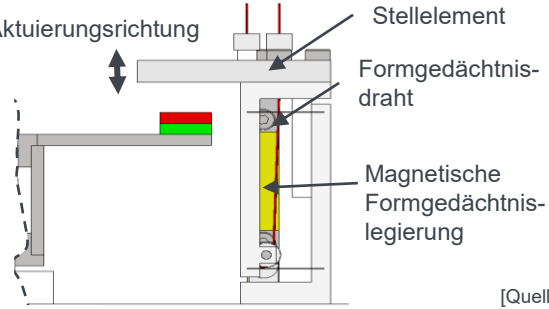
Antriebstechnik – Magnetschwebeantriebe

Auslegung von linearen Magnetschwebeantrieben mit variierenden Lasten. Führungskonzept und aktive Stabilisierung der Freiheitsgrade durch repulsive Magnetkräfte bzw. den Einsatz von Formgedächtnislegierungen zur Gewichtskraftkompensation.

Schwerpunkt: Schwebeantriebe mit repulsiven Magnetkräften
Antriebsauslegung mit semiaktiver Gewichtskraftkompensation, aktive & passive Stabilisierung von Achsen, Nutzung von Lorenzkräften bzw. abstoßenden Magnetkräften.

Schwerpunkt: Elektromagnetischer Schwebeantriebe mit Gewichtskraftskompensation
Akive Gewichtskraftkomensation mit magnetischen Formgedächtnislegierungen; Minimierung der Schwebeleistung durch Luftspaltvariation der Reluktianzaktoren

Schwerpunkt: Regelungstechnik und Ansteuerung
Stabilisierung und Regelung der Freiheitsgrade bei veränderlichen Lasten; verlustleistungsoptimierte Aktorkonzepte



[Quelle: IKFF]

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Forschungsschwerpunkte IKFF

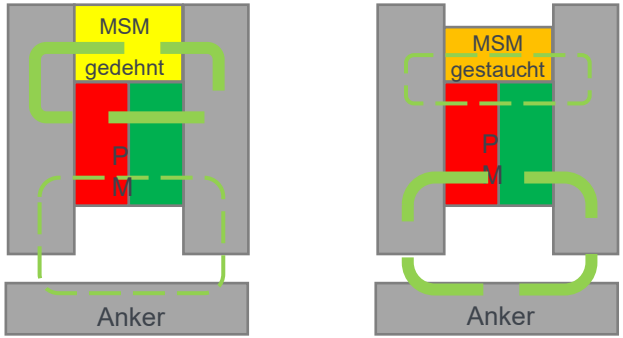
Antriebstechnik – MSM gesteuerter Reluktanzaktor
Entwicklung neuer Systeme zur Erzeugung einstellbarer magnetischer Kräfte. Kompaktes Konzept zur Steuerung permanentmagnetisch erregter Kreise durch variable Permeabilität magnetischer Formgedächtnislegierung (MSM).

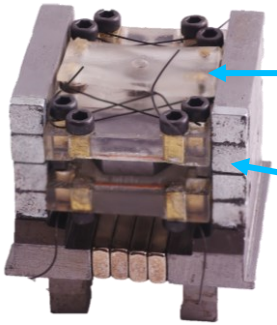
Schwerpunkt: Magnetflusssteuerung durch variable Permeabilität
FEM-basierte Magnetkreisauslegung zur Ausnutzung der Permeabilitätsänderung bei Dehnung bzw. Stauchung von MSM-Elementen.

Schwerpunkt: multistabiler stationärer Betrieb für minimale Verlustleistungen
Multistabiles Halten eingestellter Dehnungszustände bzw. Reluktanzkräfte durch magnetische Gegenkräfte auf die MSM-Sticks. Leistungsloses Halten der Dehnung und damit minimierte Verlustleistungen im stationären Betrieb.

Schwerpunkt: Dehnungseinstellung SMA-Drahtaktor
Einstellung der Dehnung der MSM-Sticks durch ein Positioniersystem auf Basis von Drähten aus thermischer Formgedächtnislegierung (SMA). Hohe Energiedichten erlauben kompakten Aufbau.

Permanentmagnetischer Reluktanzaktor mit MSM-Steuerung





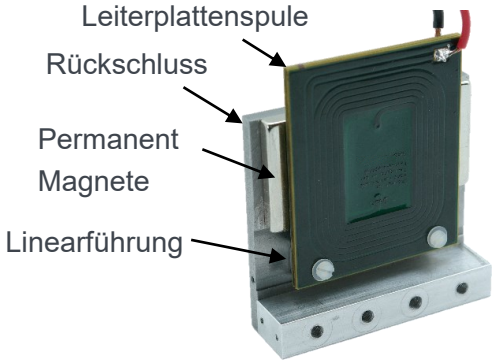
SMA – Positioniersystem

Magnetanordnung zum multistabilen Halten des Dehnungszustands

[Quelle: IKFF]

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Forschungsschwerpunkte IKFF

Thermische Analyse / Spulentechnologie



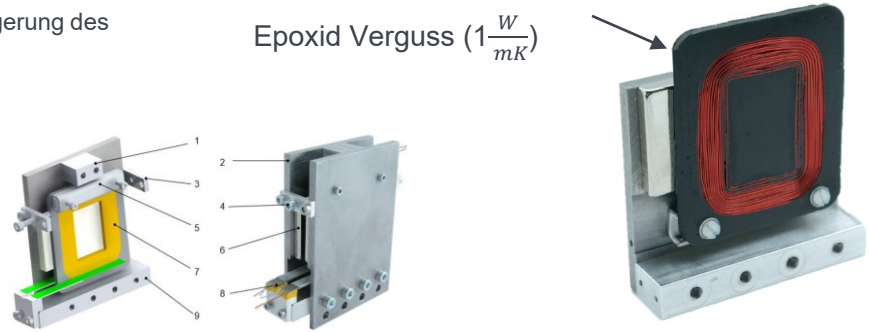
Antriebstechnik – Thermische Analyse / Spulentechnologie

Potentiale der Leistungssteigerung von feinwerktechnischen Linearmotoren mittels aktiver und passiver Kühlung. Wärmevermeidung durch Erhöhung des Kupferfüllfaktors bzw. aktive Kühlung der Spule durch einen Fächerantrieb.

Schwerpunkt: Spulenfertigung und Design
Spulenauslegung mittels optimiertem Kupferfüllfaktor auf Basis von Leiterplattenspulen; thermische Optimierung und Designregeln; Wärmeabfuhrmechanismen optimieren / maximieren

Schwerpunkt: aktiver Fächerkühler
Spulenzwangskühlung mittels eines aktiven Piezofächers zur Leistungssteigerung des Antriebes. Konstruktion und Auslegung des Fächers

Runddrahtspule mit
Epoxid Verguss ($1\frac{W}{mK}$)



[Quelle: IKFF]

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Forschungsschwerpunkte IKFF

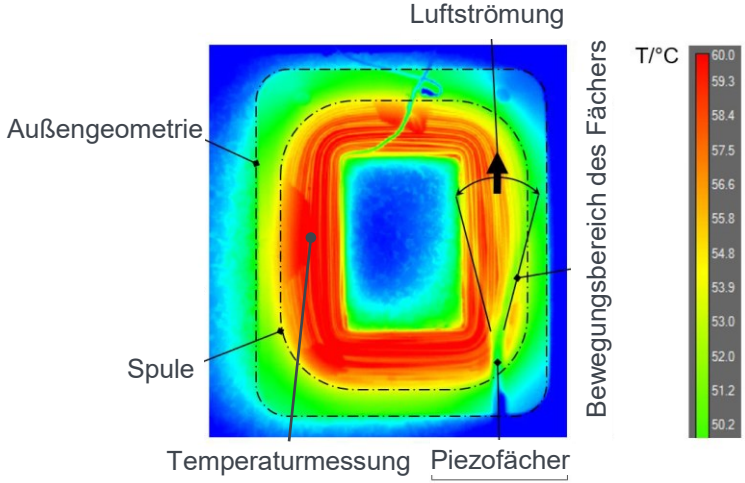
Antriebstechnik – Thermische Analyse / Spulentechnologie

Potentiale der Leistungssteigerung von feinwerktechnischen Linearmotoren mittels aktiver und passiver Kühlung. Wärmevermeidung durch Erhöhung des Kupferfüllfaktors bzw. aktive Kühlung der Spule durch einen Fächerantrieb.

Schwerpunkt: Spulenfertigung und Design
Spulenauslegung mittels optimiertem Kupferfüllfaktor auf Basis von Leiterplattenspulen; thermische Optimierung und Designregeln; Wärmeabfuhrmechanismen optimieren / maximieren

Schwerpunkt: aktiver Fächerkühler
Spulenzwangskühlung mittels eines aktiven Piezofächers zur Leistungssteigerung des Antriebes. Konstruktion und Auslegung des Fächers

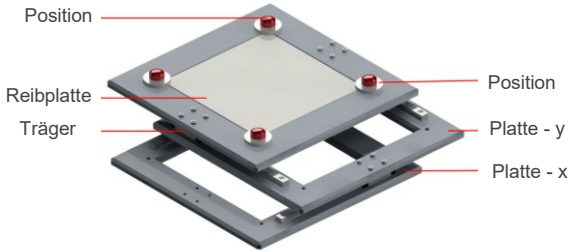
Thermische Analyse / aktiver Fächerkühler



[Quelle: IKFF]

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Forschungsschwerpunkte IKFF

Multidimensionaler piezo-elektrischer Antrieb

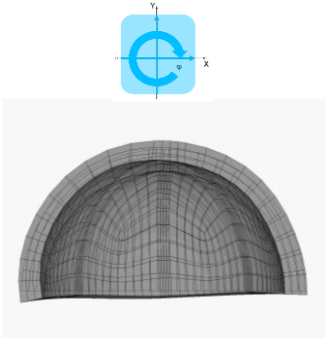


Antriebstechnik – Piezoelektrische Antriebe

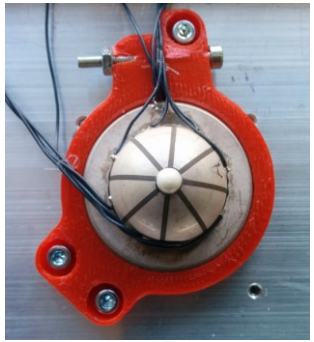
Dimensionierung und Auslegung von piezoelektrischen multidimensionalen Antrieben für die Präzisionspositionierung. Konzeptstudien zu stehenden und mitbewegten halbkugelförmigen Resonatoren.

Schwerpunkt:
FEM-Simulation der Schwingungsmoden mit Ansys® zur Ermittlung der radialen und tangentialen Auslenkungen in allen Raumrichtungen.

Schwerpunkt:
Prototypaufbau und messtechnische Verifizierung der Schwing-ungen mittels Laser-Doppler-Vibrometer. Ansteuerung und Regelung des Antriebes und Bestimmung der möglichen Vorschubkräfte.



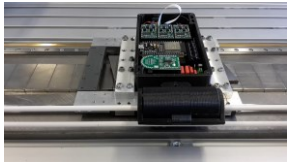
FEM-Simulation der Verformung



[Quelle: IKFF]

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik

Forschungsschwerpunkte IKFF



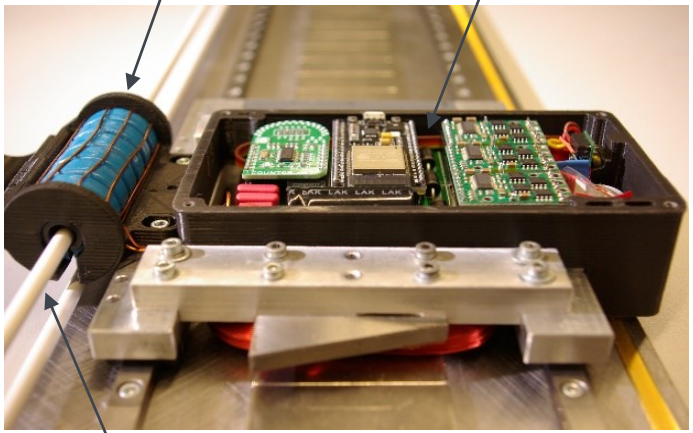
Antriebstechnik – Induktive Energieübertragung

Dimensionierung der induktive Energieübertragung an Lineardirektantrieben mit bewegtem Spulensystem.
Auslegung und analytische Berechnung des Energie-übertragungssystems, bestehend aus Primär- und Sekundärspule.
Optimierung hinsichtlich eines maximalen Wirkungsgrades bei der Energieübertragung.

Schwerpunkt:
Aufbau eines Übertragungssystems mit Untersuchung der Lastabhängigkeit, hinsichtlich Resonanzfrequenz und
Analyse der Auswirkungen auf den Wirkungsgrad für unterschiedliche Spannungen bei gleicher Last.

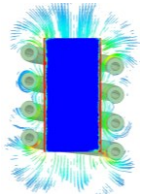
Schwerpunkt:
Positionierung, Ansteuerung und Regelung des Antriebes.

Aufbau der induktiven Energieübertragung

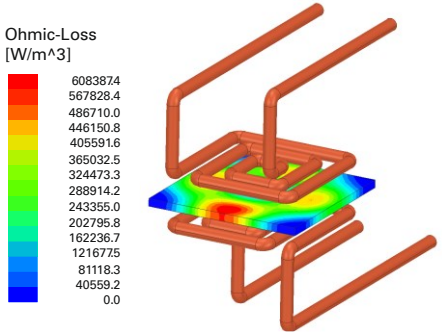


[Quelle: IKFF]

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Forschungsschwerpunkte IKFF



Induktive variotherme Temperierung

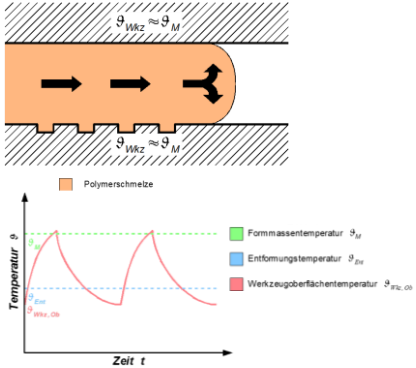


Präzisionsspritzgießen – Variotherme induktive Temperierung

Induktive variotherme Formnesttemperierung mit extern / intern angeordneten Induktoren. Effiziente Erwärmung und Abkühlung des Werkzeuges zur Verkürzung der Zykluszeiten durch gezielte Führung der Wirbelströme und Wärmeausbreitung.

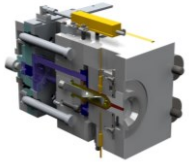
Schwerpunkt:
Induktorauslegung und Simulation des magnetischen Feldes und der erzeugten Wirbelströme im elektrisch leitfähigen Material. Gekoppelte thermisch- / magnetische FEM-Berechnung.

Schwerpunkt:
Werkzeugkonstruktion mit gezielter Positionierung des Induktors und Führung der Wirbelströme & Wärmeverteilung über Beschichtungen und Luftspalte.



[Quelle: IKFF]

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Forschungsschwerpunkte IKFF



Präzisionsspritzgießen – Entformungs-kraftmessungen

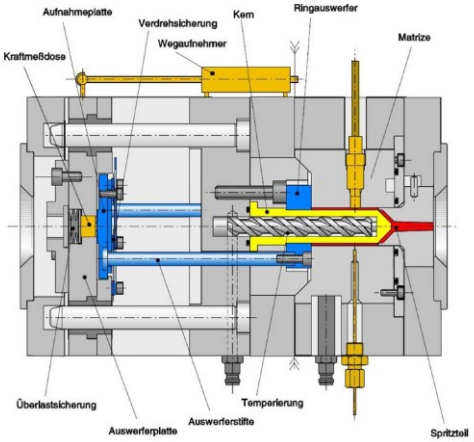
Minimierung der Entformungskräfte beim Präzisionsspritzgießen durch Optimierung des Spritzgießprozesses, Werkstoffauswahl, Oberflächengüte und Beschichtung des Kern / Formnestes.

Schwerpunkt:
Werkzeugauslegung und Optimierung zur Minimierung der Scherkräfte durch Aufschrumpfung auf den Kern.

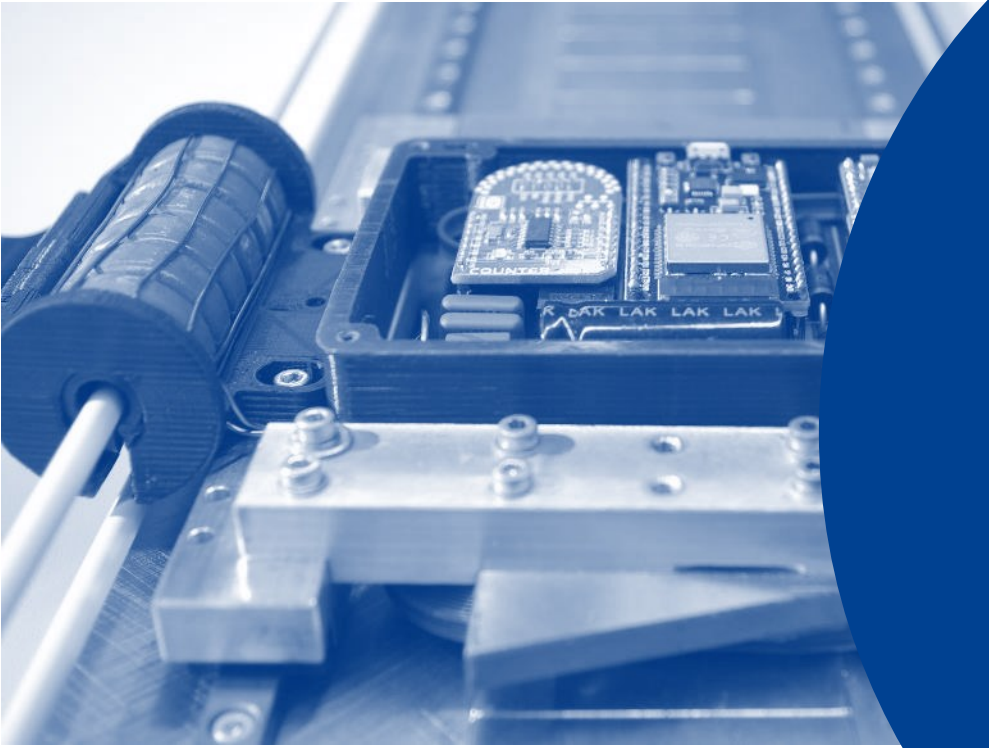
Schwerpunkt:
Werkzeugauslegung und Optimierung zur Minimierung der adhäsiven Klebekräfte an den Formnestoberflächen.

Schwerpunkt:
Rechnerische Modellierung über FEM-Simulation des Entformungsvorganges.

Entformungskraftmessungen



[Quelle: IKFF]



Was erwartet Sie im Modul Konstruktionslehre Feinwerktechnik?

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik
Inhalte Modul Konstruktionslehre III

- **Mechanische Funktionsgruppen**
  - Achsen und Wellen
  - Lager (Gleit-, Wälz- und Sonderlager, aerostatische Lager)
  - Führungen
  - Getriebe (Zahnrad-, Koppel-, Zahnriemen-, Schraubengetriebe)
  - Kupplungen

Rillenkugellager

Schrägkugellager

Vierpunktlager

Pendelkugellager

Quelle: FAG-Katalog

Konstruktionslehre 3 / 4 Feinwerktechnik

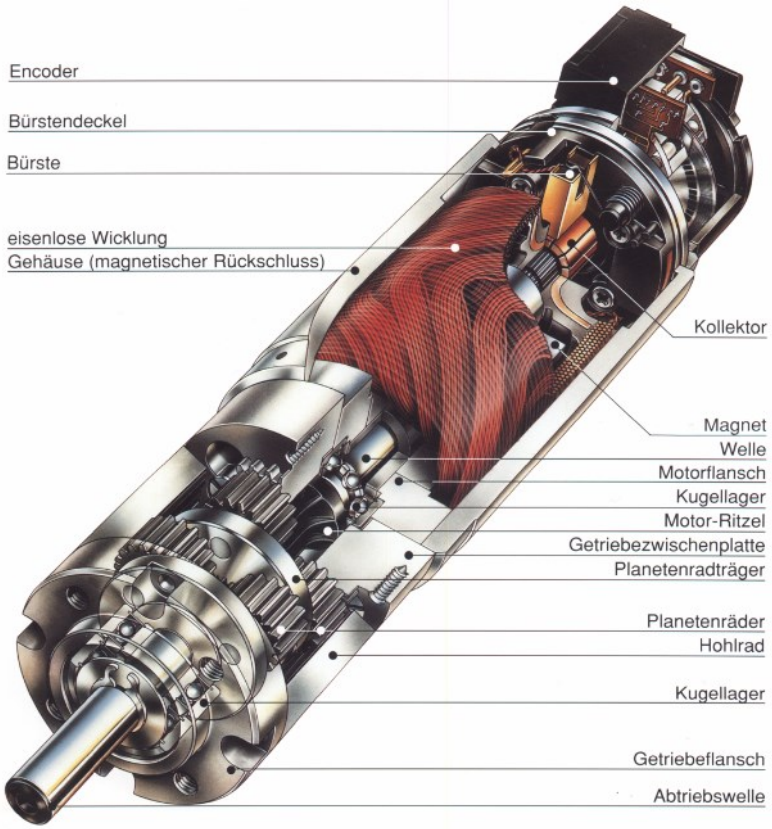
Inhalte Modul Konstruktionslehre IV

- **Elektromechanische Funktionsgruppen** (mechatronische Komponenten)
  - Elektromagnetische Stelltechnik (Elektromagnete, Schrittmotoren)
  - Elektrodynamische Stelltechnik (rotatorische Gleichstrommotoren, Linearmotoren)
  - Stelltechnik auf Basis von Festkörpereffekten

- **Mikrocontroller in der Feinwerktechnik**
  - Grundlagen der Microcontrollertechnik und Anwendungen

- **Optische Funktionsgruppen**
  - Blenden, Luken, Pupillen, nötige Querschnitte in opt. Funktionsgruppen
  - Konstruktion optischer Funktionsgruppen

- **Konstruktionsmethodik**
  - Ideenfindung
  - Geräteentwicklung
  - Entwicklungsablauf (VDI 2221, VDI/VDE 2422)
  - Methoden des Konzipierens, Entwerfens, Ausarbeitens



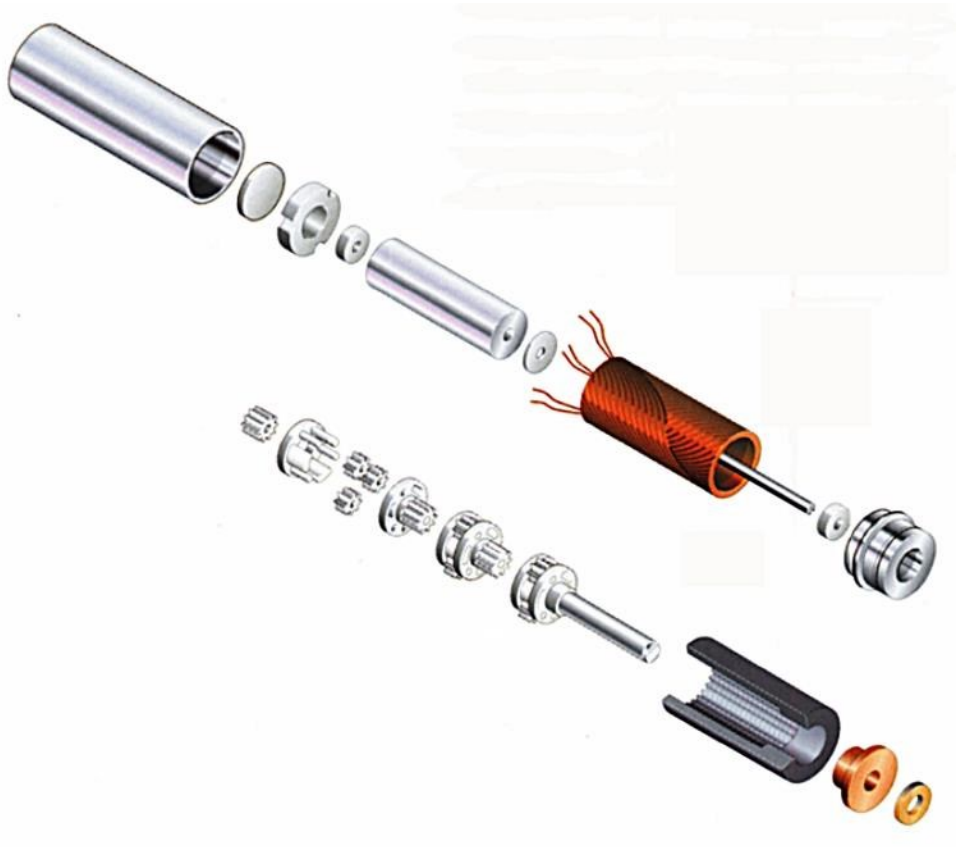
Permanentmagnetisch erregter Gleichstrom-Hohlläufermotor

für hochdynamische Positionieraufgaben

mit angeflanschtem inkrementalem Geber

mit stirnseitigem Umlaufräder-Getriebe

Quelle: maxon motor

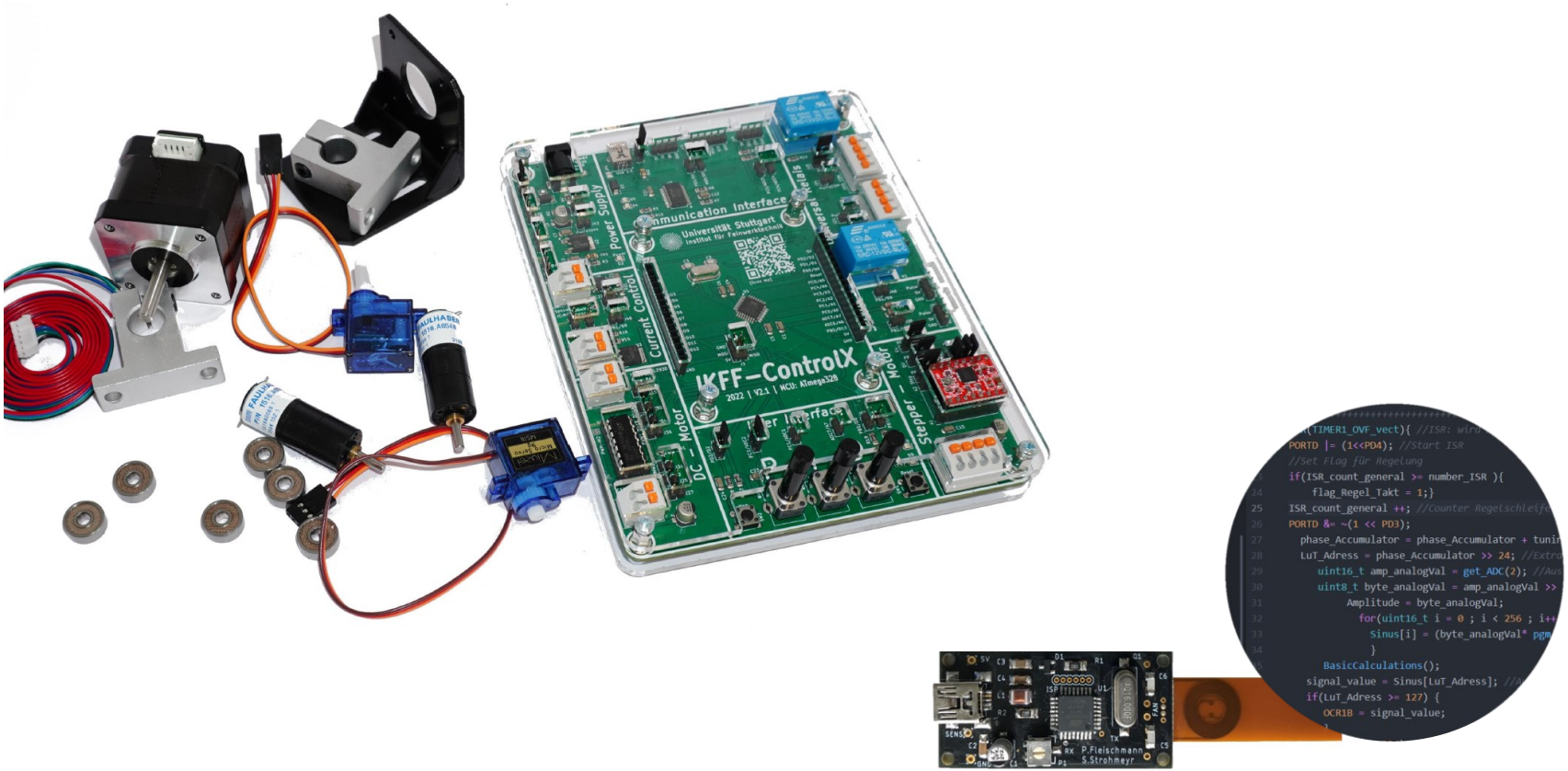


Elektronisch kommutierter Gleichstrom-Mikromotor

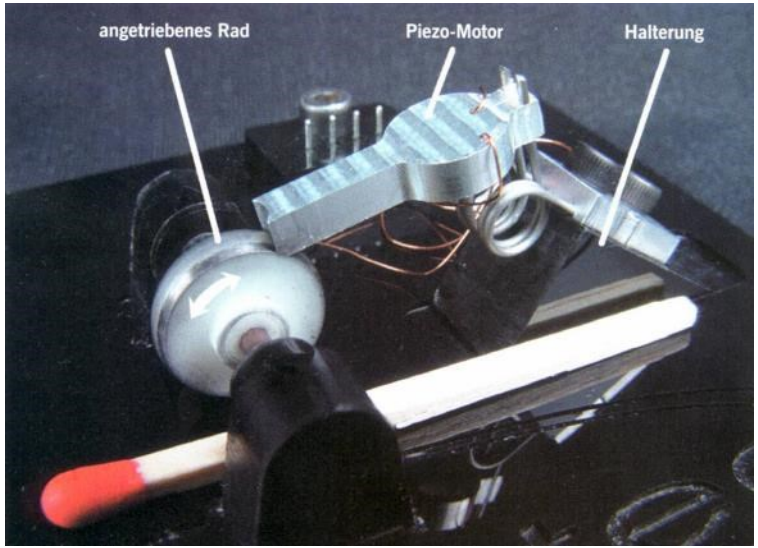
mit stirnseitigem Umlaufräder-Getriebe

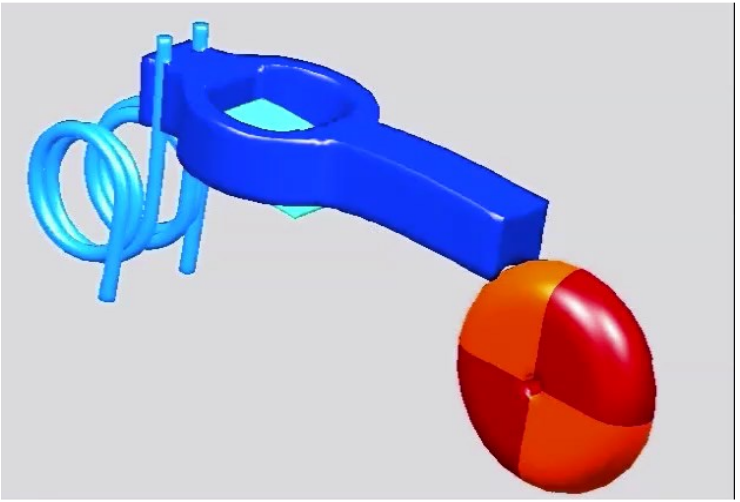
Ø 1,9 mm

Quelle: Faulhaber



Entwicklerkit - Mikrocontroller





Quelle: Märklin

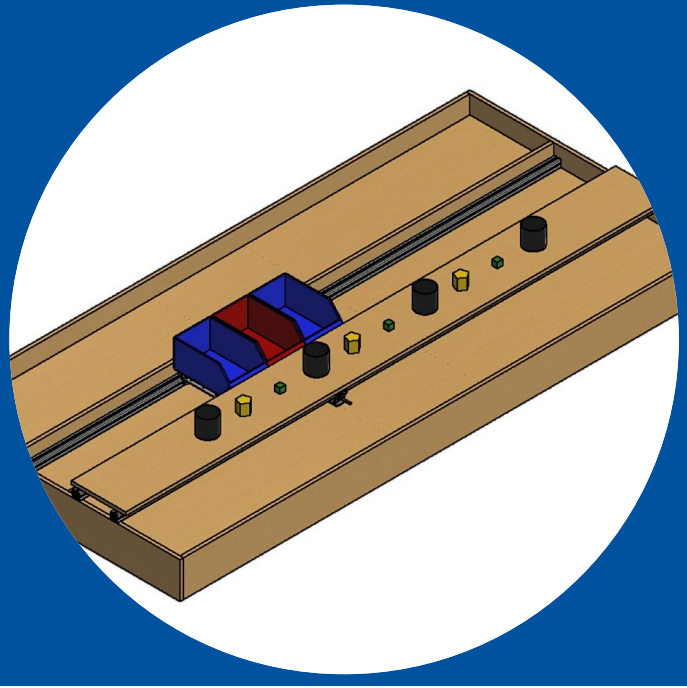
Piezo-Mikrostossantrieb in einer Modelleisenbahn

O'zapft isch !

Entwickelt eine Maschine, die in der Lage ist eine „Pick-and Place“–Aufgabe zu erfüllen – nämlich Bier zapfen und servieren!

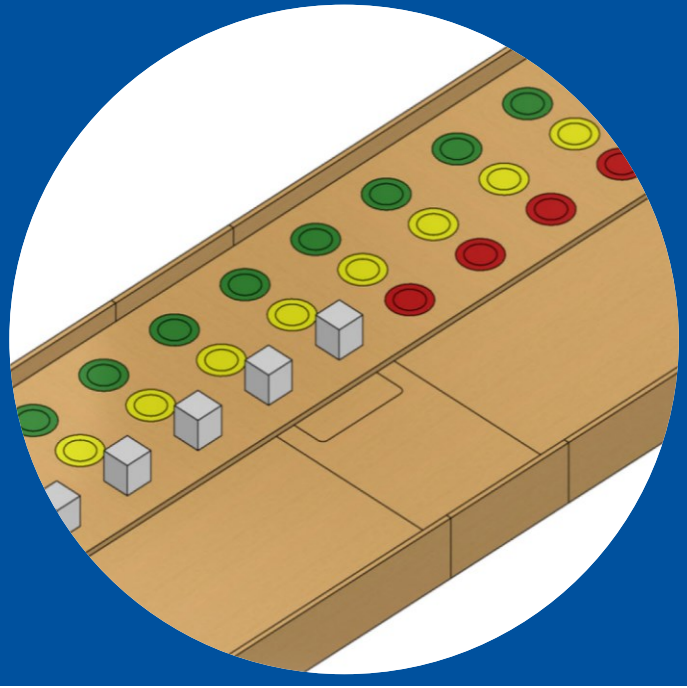
„Alles für die Tonne?“

Zum 30-jährigen Jubiläum soll eine Maschine entwickelt werden, die in der Lage ist eine Sortieraufgabe zu erfüllen. Termin für den Wettbewerb ist der **14.07.2023**!



„Sortiersystem“

Im 31. Konstruktionswett-bewerb soll eine Maschine entwickelt werden, die in der Lage ist Produkte auf ihre Funktion zu kontrollieren und fehlerhafte Teile auszusortieren …!



Anmeldung im C@MPUS als Teilnehmer der Vorlesungen und Übungen zu

Konstruktionslehre III (Feinwerktechnik)
LV-Nr. 360305100/200

vor oder nach der ersten Übung und Vorlesung in der ersten Semesterwoche.

Offene Fragen?
Beratungsbedarf?

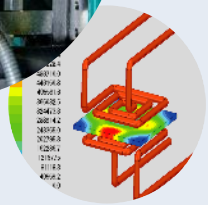
Kommen Sie am IKFF vorbei!

Pfaffenwaldring 9, 4. Stock

Prof. Gundelsweiler / Herr Burkard

oder

studium@ikff.uni-stuttgart.de



Universität Stuttgart
Institut für Konstruktion und Fertigung
in der Feinwerktechnik

Vielen Dank!

Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler

E-Mail: bernd.gundelsweiler@ikff.uni-stuttgart.de

Telefon +49 (0) 711 685-66401

www.mabau.uni-stuttgart.de

Universität Stuttgart

Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik

Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart

STUTTGARTERMASCHINENBAU

stuttgarter
maschinenbau
interdisziplinär und vielfältig