

Lehre • Forschung • Praxis

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen

Tätigkeitsbericht
des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen
2007 / 2008

Herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen
der Technischen Universität Dresden
Dresden, 2009

Technische Universität Dresden

Fakultät Maschinenwesen

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik

Professur für Werkzeugmaschinenentwicklung

Kutzbach-Bau

Helmholtzstraße 7 a

01069 Dresden

Telefon: +49/351/46 33 43 58

Fax: +49/351/46 33 70 73

Email: mailbox@iwm.mw.tu-dresden.de

Internet: iwm.mw.tu-dresden.de

Autorenteam:

Tätigkeitsbericht 2007 / 2008

Redaktion:

G. Brzezinski

Herstellung:

addprint® AG, Possendorf

Selbstverlag

ISBN 978-3-86780-107-2

© Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen 2009

Vorwort

Mit dem vorliegenden Tätigkeitsbericht können wir auch für 2007/08 auf zwei weitere äußerst erfolgreiche Jahre der Institutsentwicklung zurückblicken.

Wenn die in diesem Zeitraum am Lehrstuhl geleistete Arbeit und die dabei erzielten Ergebnisse betrachtet werden, begründet sich die erfreuliche Gesamteinschätzung.

Bei anhaltend hoher Anzahl Studierender in der Studienrichtung Produktionstechnik sowie im Studiengang Mechatronik konnte die Lehrqualität durch die grundlegende Überarbeitung der Vorlesungsinhalte, die Erweiterung der Anwendungsbeispiele und -aufgaben sowie die Erstellung ausführlicher digitaler Skripte für die vom Lehrstuhl getragenen, zentralen Lehrveranstaltungen "Bewegungsgeführte Maschinensysteme" und "Baugruppengestaltung" weiter verbessert werden.

Ein weiteres Mal ist es uns gelungen, unsere Forschungsaktivitäten und die damit verbundenen Drittmiteleinahmen auszubauen und neue, attraktive Themen kompetent zu erschließen. Besondere Bedeutung hat dabei für uns die grundlagennahe Anwendungsforschung. So konnten wir neben einer ganzen Reihe interessanter Einzelprojekte im Normalverfahren drei Vorhaben im Rahmen von zwei Schwerpunktprogrammen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) platzieren und mit drei Teilprojektbeteiligungen in die zweite Runde des Sonderforschungsbereiches "Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen" starten.

Für das gemeinsam Geleistete möchte ich allen Beteiligten Dank sagen.



Ganz besonders betrifft dies die Vertreter der mit uns zusammenarbeitenden Unternehmen, die Damen und Herren der Projektförderung bei der DFG, dem BMBF, dem BMWi, der AiF und deren Mitgliedsvereinigungen sowie die vielen Kollegen, insbesondere aus dem Kreis der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP).

Natürlich - und das besonders herzlich - gilt der Dank allen meinen engagierten Mitarbeitern am Institut, ohne die die hier vorgelegten Ergebnisse nicht möglich gewesen wären.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Frank P. P.', followed by a long horizontal flourish.

Dresden, März 2009

Inhaltsübersicht

1	Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik.....	1
1.1	Standort.....	2
1.2	Fakultät Maschinenwesen	5
1.3	ProZeD Produktionstechnisches Zentrum Dresden	7
1.4	Geschichte	12
1.5	Struktur.....	16
2	Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen	17
2.1	Personal.....	18
2.2	Ausstattung	28
2.2.1	Messtechnische Ausstattung.....	28
2.2.2	Rechentechnische Ausstattung	30
2.2.3	Labor- und Versuchsfeldverbund.....	31
2.2.4	Werkzeugmaschinen-Versuchsfeld	32
2.2.4.1	Vorschubachse mit linearem Direktantrieb.....	33
2.2.4.2	Versuchsstand Impulskompensation und - entkopplung	35
2.2.4.3	Vorschubachse mit Kugelgewindetrieb	37
2.2.4.4	Laufeigenschaften von Hauptspindeln	39
2.2.4.5	Motorspindel mit aktiver Magnetlagerung	41
2.2.4.6	Kupplungsprüfstand.....	43
2.2.4.7	Prüfstand für Profilschienenführungen unter konstanter Normalkraftbelastung.....	45
2.2.4.8	Prüfstand für Profilschienenführungen unter steuerbarer Normalkraft- und Momentenbelastung.....	47
2.2.4.9	Prüfstand für Profilschienenführungen unter steuerbarer Normalkraftbelastung	49
2.2.4.10	Hexapod 1	51
2.2.4.11	Hexapod 2	53
2.2.4.12	Hexapod 3	55
2.2.4.13	Programmierung der Funktionssteuerung von Fertigungssystemen (SPS).....	57

2.2.4.14	Geräuschuntersuchungen an Werkzeugmaschinen	59
2.2.4.15	Positioniergenauigkeit einer Werkzeugmaschine	61
2.2.4.16	Kalibrierung einer Stabachse	63
3	Lehre	65
3.1	Entwicklungsetappen der vom Institut getragenen Lehre.....	66
3.2	Lehrangebot.....	71
3.2.1	Übersicht.....	71
3.2.2	Modul Werkzeugmaschinen-Grundlagen	75
3.2.2.1	Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme	75
3.2.2.2	Konzeptioneller Entwurf einer Werkzeugmaschine	79
3.2.2.3	Vorrichtungskonstruktion	82
3.2.3	Modul Werkzeugmaschinen-Entwicklung.....	85
3.2.3.1	Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Funktionell relevantes Systemverhalten und Beispiele mechatronischer Anwendungen	85
3.2.3.2	Baugruppengestaltung	90
3.2.4	Modul Werkzeugmaschinen-Steuerung.....	94
3.2.4.1	Funktionssteuerung	94
3.2.4.2	Bewegungssteuerung.....	98
3.2.5	Modul Bewegungsgeführte Maschinensysteme..	101
3.2.5.1	Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme	101
3.2.5.2	Funktionell relevantes Systemverhalten und Beispiele mechatronischer Anwendungen ...	101
3.2.6	Werkzeugmaschinen-Seminar	102
3.2.7	Unterstützung der Lehre an anderen Bildungseinrichtungen	104
3.3	Studien- und Diplomarbeiten	105
3.3.1	Interdisziplinäre Projektarbeit.....	105

3.3.2	Großer Beleg	105
3.3.3	Diplomarbeit	107
3.4	Exkursionen.....	109
4	Forschung.....	117
4.1	Entwicklung der Forschung am IWM.....	118
4.2	Die aktuellen Forschungsschwerpunkte	121
4.3	AG Struktur- und Prozessanalyse	124
4.3.1	Voraussetzungen zur reproduzierbaren Fertigung von textilen Preforms.....	124
4.3.2	Thermische Simulation des Konsolidierungsprozesses für Spacer Fabrics	127
4.3.3	Untersuchungen zu den Grenzwerten des Einsatzes adaptronischer Komponenten zur Impulskopplung von linearmotorgetriebenen Werkzeugmaschinenachsen unter veränderlichen strukturmechanischen Umgebungsbedingungen..	131
4.3.4	Grundlagenuntersuchungen für die Impulskompensation an Vorschubachsen mit Lineardirektantrieb.....	135
4.3.5	Synthese von Ratterkarten mit hochtourig drehenden Spindel-Lager-Systemen unter Berücksichtigung gyroskopischer Effekte.....	139
4.3.6	Strukturbasierte Modellierung des für die Stabilität des Zerspanprozesses relevanten drehzahlabhängigen Übertragungsverhaltens eines Spindel/Werkzeug-Systems	142
4.3.7	Grundlagenuntersuchungen zur effizienten Dämpfungsbeschreibung und -parametrierung für die modellgestützte dynamische Strukturanalyse von Werkzeugmaschinen.....	145
4.3.8	Entwicklung, Anwendung und Bewertung von Simulationstechnologien für die aktive virtuelle Werkzeugmaschine	148
4.3.9	Abbildung des Umgebungseinflusses in der thermischen Simulation und für die Kompensation	

	thermisch bedingter Wirkpunktabweichungen an Werkzeugmaschinen.....	151
4.3.10	Berücksichtigung veränderlicher Prozessbedingungen bei der Kompensation thermischer Verformungen an spanenden Werkzeugmaschinen	153
4.3.11	Thermoglätten von Holz und Holzwerkstoffen mittels parallelkinematischer Bewegungseinheit.....	155
4.3.12	Modellgestützte Kompensation von thermisch bedingten Verlagerungen in Echtzeitfähigkeit.....	159
4.3.13	Entwicklung eines prozessaktiven Werkzeugsystems für die Formgebung komplexer Topologie-Hohlprofile aus textilverstärkten Verbundwerkstoffen mittels Heißpressen (ToHoP).....	162
4.3.14	Potenzial-Screening zur Identifikation und Bewertung von Lösungen für die wirtschaftliche und reproduzierbare endkonturnahe Fertigung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen	164
4.3.15	Temperaturmodell für ein Bearbeitungszentrum ..	166
4.3.16	Dynamische Maschinenuntersuchung mittels Experimenteller Modalanalyse	168
4.4	AG Steuerungstechnik	170
4.4.1	Regelung der Ziehstabhöhe beim Ziehen von Blechformteilen zur Erzielung ebener Zargenflächen..	170
4.4.2	Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Konzeption eines neuen Verfahrens und dessen Umsetzung in ein Schleifzentrum	175
4.5	AG Umformtechnik/Arbeitsplanung	181
4.5.1	Datenbankgestützte Modellierung und Simulation der Prozessketten zur gezielten Einstellung vordefinierter Eigenschaften sowie zur Absicherung der reproduzierbaren Fertigung von thermoplastischen Textil-Verbundbauteilen	181
4.5.2	Entwicklung und Bewertung von Simulationstechnologien für die Blechumformung unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen	

	zwischen Maschine/ Werkzeug und Prozess/Werkstück.....	185
4.5.3	Untersuchung von Berechnungsmodellen und des Deformationsverhaltens für das inkrementellen Umformverfahren Axialprofilrohrwalzen (APRW) ..	189
4.5.4	CAE-Methoden in der Einarbeitungsphase der Blechumformung.....	192
4.5.5	Entwicklung der Grundlagen für die simulationsgestützte Analyse von Profilschienenführungen	195
4.5.6	Objektivierung der Verfahrensgrundlagen für die experimentelle Ermittlung der dynamischen Tragzahl von Profilschienenführungen.....	198
5	Dissertationen.....	201
5.1	Kinematic calibration of parallel kinematic machines on the example of the hexapod of simple design	202
6	Öffentlichkeitsarbeit	207
6.1	Dresdner Werkzeugmaschinen-Fachseminare.....	208
6.2	Veröffentlichungen	214
6.2.1	Bücher	214
6.2.2	Fachaufsätze	215
6.2.3	Vorträge	218
6.2.4	Forschungsberichte.....	220
6.3	Gewinnung von Ingenieur-Nachwuchs	222
6.4	Mitarbeit in Gremien	226
6.5	Förderverein DWM e. V.	227
6.6	Schriftenreihe Lehre • Forschung • Praxis.....	230

1 Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik



1.1 Standort

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik gehört zur Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden.

Die TU Dresden hat ihre Wurzeln in der 1828 gegründeten *Technischen Bildungsanstalt Dresden*, welche 1851 die Bezeichnung *Königlich Sächsische Polytechnische Schule* und 1890 den Namen *Königlich Sächsische Technische Hochschule* erhielt. Sie gehört damit zu den ältesten technisch-akademischen Bildungsanstalten Deutschlands.

1961 wurde der Status einer *Technischen Universität* verliehen.

Nachdem bereits 1929 die Forstliche Hochschule Tharandt eingegliedert worden war, erfolgte im Laufe der letzten Jahre durch die Einbeziehung der Ingenieurhochschule Dresden, der Pädagogischen Hochschule, der Medizinischen Akademie und eines Teils der Verkehrshochschule Dresden eine wesentliche territoriale und fachliche Erweiterung der Technischen Universität Dresden. Sie zählt heute zu den forschungsstärksten Hochschulen in Deutschland.

An den 14 Fakultäten der TU Dresden werden in mehr als 150 Studiengängen 35.000 Studenten ausgebildet, davon etwa 5.300 im Maschinenwesen. Auch in den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen wird zunehmend neben dem klassischen Diplomstudium das zweistufige Studium in Bachelor- und Masterstudiengängen angeboten.

Die TU Dresden ist Arbeitsstelle für etwa 420 Professoren und ca. 6.200 haushalt- und drittmittelfinanzierte Beschäftigte (ohne Medizinische Fakultät). Das Gesamtbudget der Universität beträgt ca. 500 Mio. EUR, davon eingeworbene Drittmittel rund 150 Mio. EUR (2008). Damit stellt die TU Dresden einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor im Raum Dresden dar.

Die Technische Universität Dresden wird geleitet vom Rektoratskollegium. Dieses besteht aus dem Rektor als Vorsitzenden, drei Prorektoren und dem Kanzler als Leiter der Verwaltung.

Rektor: Prof. **H. Kokenge**
Prorektor f. Univ.-planung: Prof. Dr.-Ing. **M. Curbach**
Prorektor f. Wissenschaft: Prof. Dr. rer. nat. habil. **J. Weber**
Prorektor f. Bildung: Prof. Dr. phil. habil. **K. Lenz**
Kanzler: **W.-E. Wormser**

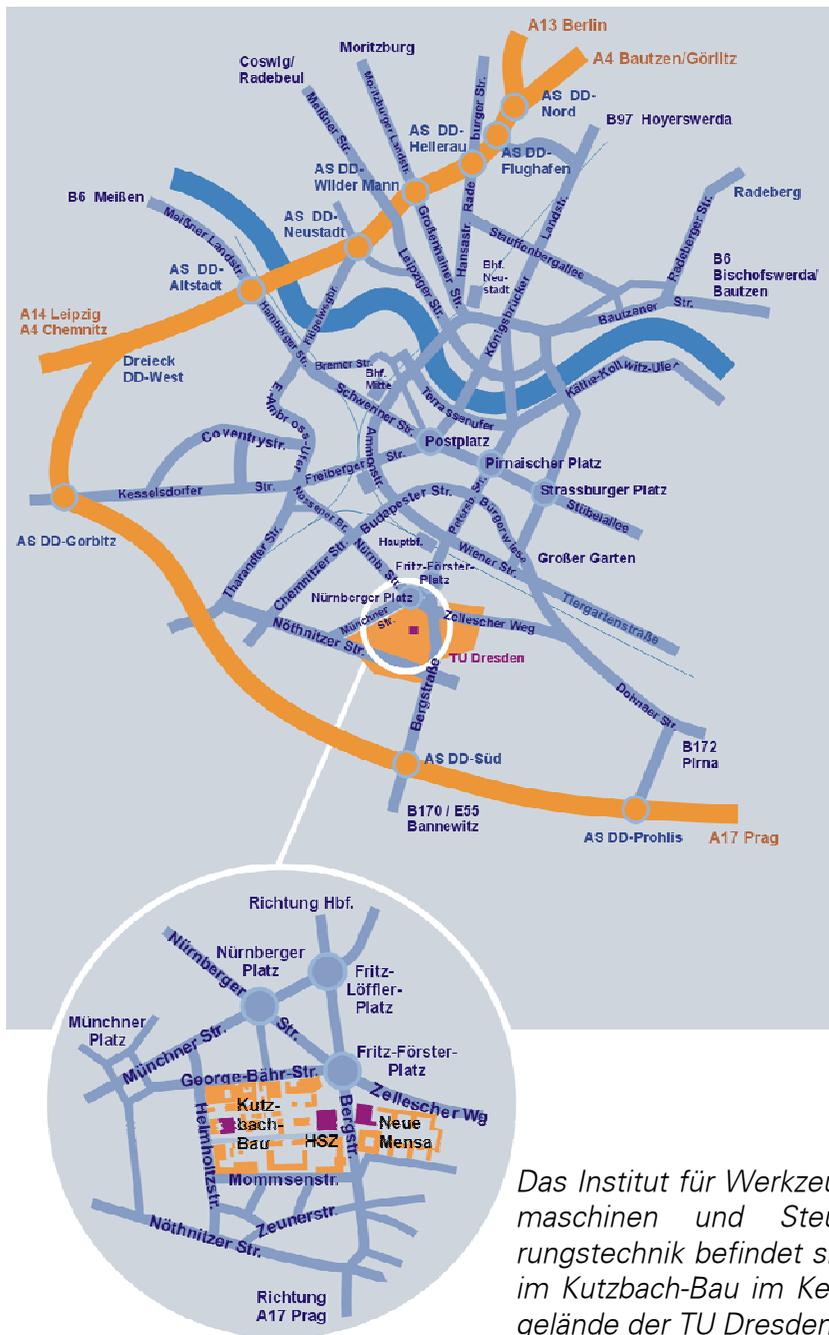
Umfassende Informationen zur TU Dresden unter:
www.tu-dresden.de

Der Maschinenbau besitzt an der TU Dresden eine lange Tradition, die verknüpft ist mit Namen wie Johann Andreas Schubert (1808-1870), Gustav Zeuner (1829-1907), Franz Karl Kutzbach (1875-1942), Ewald Sachsenberg (1877-1946) und Georg Berndt (1880-1972).

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde der Lehrbetrieb auf dem stark zerstörten Kerngelände der TU Dresden wieder aufgenommen. Es entstand eine Reihe neuer Institute und Institutsgebäude.

In dem von 1958 bis 1961 erbauten Kutzbach-Bau ist das *Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik* untergebracht. Die Zufahrt zum Institutsgebäude und zum angrenzenden Werkzeugmaschinen-Versuchsfeld erfolgt über die Helmholtzstraße.

(Lageplan auf der nächsten Seite)



Das Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik befindet sich im Kutzbach-Bau im Kerngelände der TU Dresden

1.2 Fakultät Maschinenwesen

Leitung

Dekan

Prof. Dr.-Ing. habil. V. Ulbricht

Prodekan

Prof. Dr.-Ing. habil. R. Stelzer

Studiendekan Studiengang Maschinenbau

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Rödel

Studiendekan Studiengang Verfahrenstechnik Studiengang Werkstoffwissenschaft Studiengang Chemie-Ingenieurwesen

Prof. Dipl.-Ing. Dr. rer. nat. techn. habil. H. Rohm

Institute

Institut für Energietechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. A. Hurtado, Direktor

Institut für Festkörpermechanik

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. h.c. H.-J. Hardtke, Direktor

Institut für Fluidtechnik

Prof. Dr.-Ing. S. Helduser, Direktor

Institut für Formgebende Fertigungstechnik

Prof. Dr.-Ing. V. Thoms, Geschäftsführender Direktor

Institut für Holz- und Papiertechnik

Prof. Dr.-Ing. A. Wagenführ, Geschäftsführender Direktor

Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik

Prof. Dipl.-Ing. Dr. rer. nat. techn. habil. H. Rohm, Direktor

Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. W. Hufenbach, Direktor

Institut für Luft- und Raumfahrttechnik

Prof. Dr.-Ing. St. Fasoulas, Direktor

Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion

Prof. Dr.-Ing. B. Schlecht, Direktor

Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. E. Beyer, Direktor

Institut für Strömungsmechanik

Prof. Dr.-Ing. K. Vogeler, Geschäftsführender Direktor

Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme

Prof. Dr.-Ing. M. Schmauder, Direktor

Institut für Textil- und Bekleidungstechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Ch. Cherif, Direktor

Institut für Verarbeitungsmaschinen und Mobile Arbeitsmaschinen

Prof. Dr.-Ing. J.-P. Majschak, Geschäftsführender Direktor

Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. R. Lange, Geschäftsführender Direktor

Institut für Werkstoffwissenschaft

Prof. Dr.-Ing. B. Kieback, Direktor

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann, Direktor

Zentrum für Produktionstechnik und Organisation (CIMTT)

Prof. Dr.-Ing. M. Schmauder, Direktor

1.3 ProZeD Produktionstechnisches Zentrum Dresden

ProZeD

Am 15.11.2006 wurde mit der konstituierenden Sitzung das **Produktionstechnische Zentrum Dresden (ProZeD)** gegründet.

Das Produktionstechnische Zentrum Dresden ist ein Kompetenzzentrum der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden. Es generiert, bündelt, koordiniert und präsentiert produktionstechnische Aktivitäten seiner Mitglieder in Lehre, Forschung und Transfer. Mitglied sind:

- Institut für Formgebende Fertigungstechnik (IFF)
- Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK)
- Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik (IOF)
- Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
- Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik (IWM)
- Professur für Holz- und Faserwerkstofftechnik (HFT)
- Professur für Textiltechnik (TT)
- Professur für Verarbeitungsmaschinen/Verarbeitungstechnik (VMVAT)
- Zentrum für Produktionstechnik und Organisation (CIMTT)

Beschlüsse fasst der Koordinierungsrat, dem die Leiter der ProZeD-Mitgliedseinrichtungen und der Leiter der Studienrichtung Produktionstechnik angehören.

Als Sprecher des Produktionstechnischen Zentrums Dresden wurde Prof. Dr.-Ing. habil. Knut Großmann, Direktor des Instituts für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik, am 17.12.2008 für einen Zeitraum von zwei Jahren wiedergewählt.

IFF - Institut für Formgebende Fertigungstechnik

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr.-Ing. V. Thoms

Professur für Umform- und Urformtechnik

Prof. Dr.-Ing. V. Thoms

Telefon: 0351/463 37616

Umform- und Urformtechnik, Modellierung und Simulation der Umformprozesse, Automatisierung in der Umformtechnik, Umformwerkzeuge

Arbeitsgruppe Produktionsautomatisierung, Zerspan- und Abtragtechnik

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. A. Nestler

Telefon: 0351/463 37088

Programmierung, Steuern/Regeln/Überwachen von Fertigungsprozessen, Fertigungsinformatik, Abtrenntechnik, Fein- und Präzisionsbearbeitung, Abtragtechnik und Lasermaterialbearbeitung, Werkzeugwesen, Zerspanwerkzeuge

ILK - Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik

Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. W. Hufenbach

Professur für Leichtbau und Kunststofftechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. W. Hufenbach

Telefon: 0351/463 38142

Gesamte Entwicklungskette beanspruchungsgerechter Leichtbaustrukturen: Werkstoff-Konstruktion-Simulation-Fertigung-Prototyp-Qualitätssicherung-Kosten

IOF - Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik

Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. E. Beyer

Professur für Laser- und Oberflächentechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. E. Beyer

Telefon: 0351/463 31993

Fügeverfahren: Schweißen, Löten, Kleben, Hybrid;

Trennverfahren: Schneiden, Drehen, Sägen, Hybrid

Abtragverfahren: Bohren, Verdampfen, Fräsen, Reinigen

Oberflächenbehandlung: Härten, Legieren, Umschmelzen, Strukturieren

Beschichten: Spritzen, PVD, CVD, Sol-Gel, Pulver

Professur für Fügetechnik und Montage

Prof. Dr.-Ing. habil. U. Füssel

Telefon: 0351/463 37615

Kombinierte Fügeverbindungen, Kleb- und Beschichtungstechnik, Schweiß- und Löttechnik, Montageprozess-Planung/

-projektierung, Montage- und Demontagetechnik, Roboter-
technik, Recycling

Professur für Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Weise Telefon: 0351/463 34355

Messtechnik

Fertigungsplanung: Qualitätssicherung

Systemtechnik

Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme

Direktor: Prof. Dr.-Ing. M. Schmauder

Professur für Arbeitswissenschaft

Prof. Dr.-Ing. M. Schmauder Telefon: 0351/463 32538

Arbeitsgestaltung

Arbeitswirtschaft

Ergonomie

Arbeits- und Gesundheitsschutz

Professur für Technische Logistik

Prof. Dr.-Ing. habil. Th. Schmidt Telefon: 0351/463 32538

Materialflusstechnik

Modellierung und Simulation

Fabrikplanung

IWM - Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik

Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

Professur für Werkzeugmaschinenentwicklung

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann Telefon: 0351/463 34358

Entwicklungsmanagement

Virtuelle Werkzeugmaschine

Komponenten- und Maschinenentwicklung

Verhaltensanalyse (rechnergestützt, experimentell)

Steuerungsentwicklung

Maschinennahe, intelligente Korrektur- u. Regelungskonzepte

Professur für Holz- und Faserwerkstofftechnik

Prof. Dr.-Ing. A. Wagenführ Telefon: 0351/463 38101

Analysieren, Messen, Modellieren und Verändern der Eigenschaften und des Verhaltens von Holz und Holzwerkstoffen,
Entwicklung, Herstellung und Vergütung neuartiger Partikel- und Verbundwerkstoffe,
Grundlagen des Be- und Verarbeitens von Holz- und Faserwerkstoffen

Professur für Textiltechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Ch. Cherif

Telefon: 0351/463 39300

Auslegung und Konstruktion von Textilmaschinen
Verfahrensentwicklung
Produktinnovationen
Material- sowie Prozessmodellierung
Entwicklung Technischer Textilien

Professur für Verarbeitungsmaschinen/Verarbeitungstechnik

Prof. Dr.-Ing. J.-P. Majschak

Telefon: 0351/463 34746

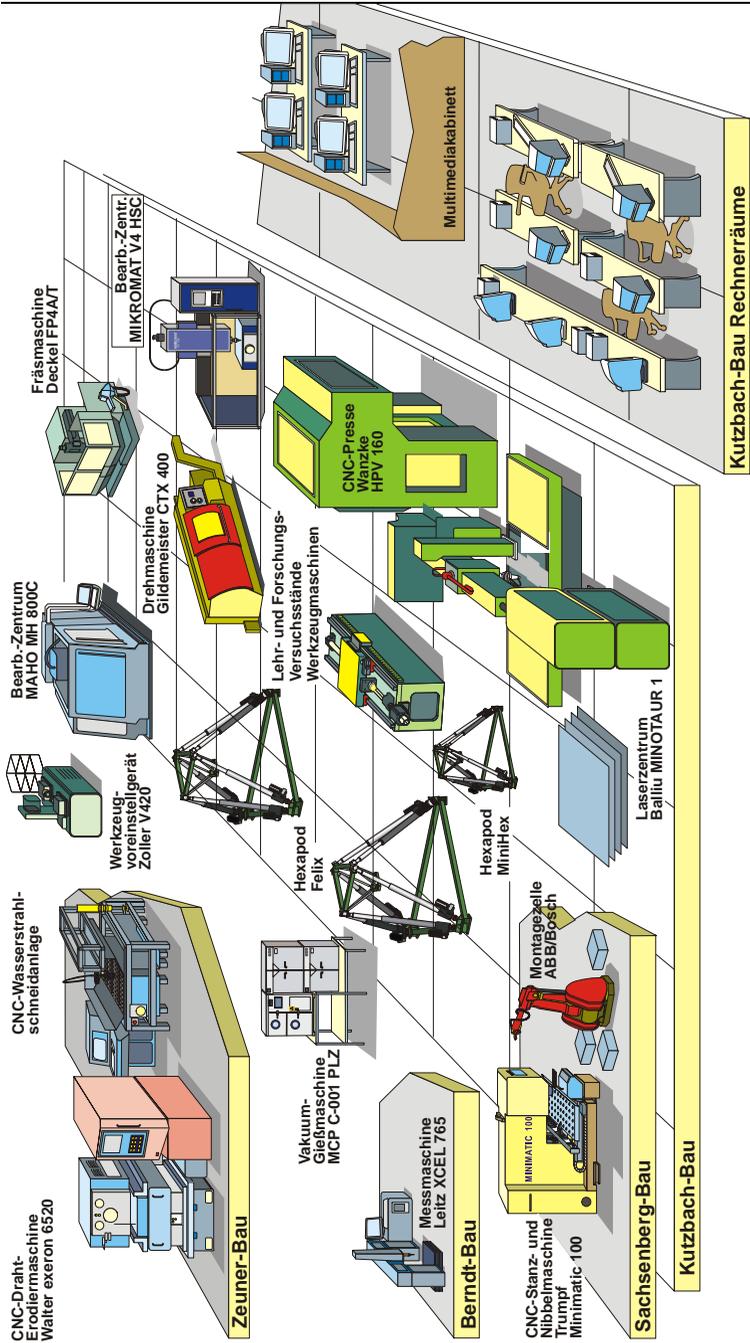
Untersuchung und Weiterentwicklung von Umformprozessen für Flachformgut durch Prozessmodelle,
Optimierung von Bewegungssystemen in Verarbeitungsmaschinen mit durchgängiger Betrachtung von der Wirkpaarung bis zum Antrieb,
Hygienegerechte Gestaltung von Verarbeitungsprozessen und -maschinen,
Optimierung von Schweiß- und Siegelprozessen für Kunststoffe

CIMTT - Zentrum für Produktionstechnik und Organisation

Direktor: Prof. Dr.-Ing. M. Schmauder

Telefon: 0351/463 37518

Unterstützung sächsischer Firmen bei der Erarbeitung komplexer Lösungen zur Kopplung technischer Komponenten und der organisatorischen Einbindung der Mitarbeiter,
Information und Kontaktvermittlung, Schulung und Weiterbildung, Analysen zur Beurteilung betrieblicher Organisationsstrukturen, Erarbeitung und Erprobung technischer und organisatorischer Lösungen



Ausgewählte Ausrüstungen des Produktionstechnischen Zentrums Dresden (ProZeD)

1.4 Geschichte

Wurzeln des Instituts

- 1921 Berufung von Prof. Ewald Sachsenberg (1877-1946) an die TH Dresden auf den ersten deutschen Lehrstuhl Betriebswissenschaften, Fabrikorganisation und Werkzeugmaschinen (bis 1939)
- 1946 Berufung von Prof. Kurt Koloc (1904-1967) an die TH Dresden auf den Lehrstuhl für Allgemeine Gewerbelehre und Normung
- 1949 Gründung des Instituts für Betriebswissenschaften und Normung unter Prof. Dr. Kurt Koloc
- 1951 Lehrbeauftragter für Werkzeugmaschinen/Konstruktion:
Dipl.-Ing. Horst Berthold
Lehrbeauftragter für Werkzeugmaschinen/Fertigung:
Dipl.-Ing. Alfred Richter
am Institut für Betriebswissenschaften und Normung
- 1952 Professur mit Lehrauftrag Werkzeugmaschinen und Hydrostatik am Institut für Betriebswissenschaften und Normung:
Dipl.-Ing. Horst Berthold

Institut für Werkzeugmaschinen

- 1.1.1954 Gründung des Instituts für Werkzeugmaschinen der TH Dresden
Berufung von Dr.-Ing. Horst Berthold zum kommissarischen Institutsdirektor und Professor mit vollem Lehrauftrag
- 1.3.1958 Berufung von Dr.-Ing. habil. Horst Berthold zum Institutsdirektor und Professor mit Lehrstuhl
- 1961 Einweihung des neuen Institutsgebäudes mit der Maschinen-/Versuchshalle und Verleihung des Namens Kutzbach-Bau

Wissenschaftsbereich Fertigungsmittel

- 1968 Eingliederung des Instituts als Wissenschaftsbereich
Fertigungsmittel in die neu gegründete Sektion
Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen,
Bereichsleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. H. Berthold
- 1978 Bereichsleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. G. Kretzschmar
- 1990 Bereichsleiter: Doz. Dr.-Ing. R. Neugebauer

Berufungen:

- 1970 Dr.-Ing. D. Will
zum Dozenten für Hydraulik und Pneumatik
- 1971 Dr.-Ing. G. Kretzschmar
zum Professor für Werkzeugmaschinen
- 1979 Dr.-Ing. W. Bahmann
zum Honorarprofessor für Werkzeugmaschinen
- Dr.-Ing. W. Frank
zum Dozenten für spanende Werkzeugmaschinen
- 1980 Doz. Dr.-Ing. D. Will
zum Professor für Automatisierungstechnik und
Hydraulik
- Doz. Dr.-Ing. W. Frank
zum Professor für spanende Werkzeugmaschinen
- 1983 Dr.-Ing. H. Stollberg
zum Dozenten für Automatisierung der Werkzeug-
maschinen

Institut für Werkzeugmaschinen

- 1.1.1991 Wiedergründung des Instituts
Geschäftsführender Leiter:
Doz. Dr.-Ing. habil. R. Neugebauer
- 1.1.1992 Kommissarischer Leiter:
Doz. Dr.-Ing. O. Wasner

Berufungen:

- 1989 Dr.-Ing. habil. R. Neugebauer
zum Dozenten für Werkzeugmaschinen- und Rationalisierungsmittelkonstruktion
- 1992 Dr.-Ing. O. Wasner
zum Dozenten für Fertigungssysteme und Betriebsmittel

Institut für Werkzeugmaschinen und Fluidtechnik

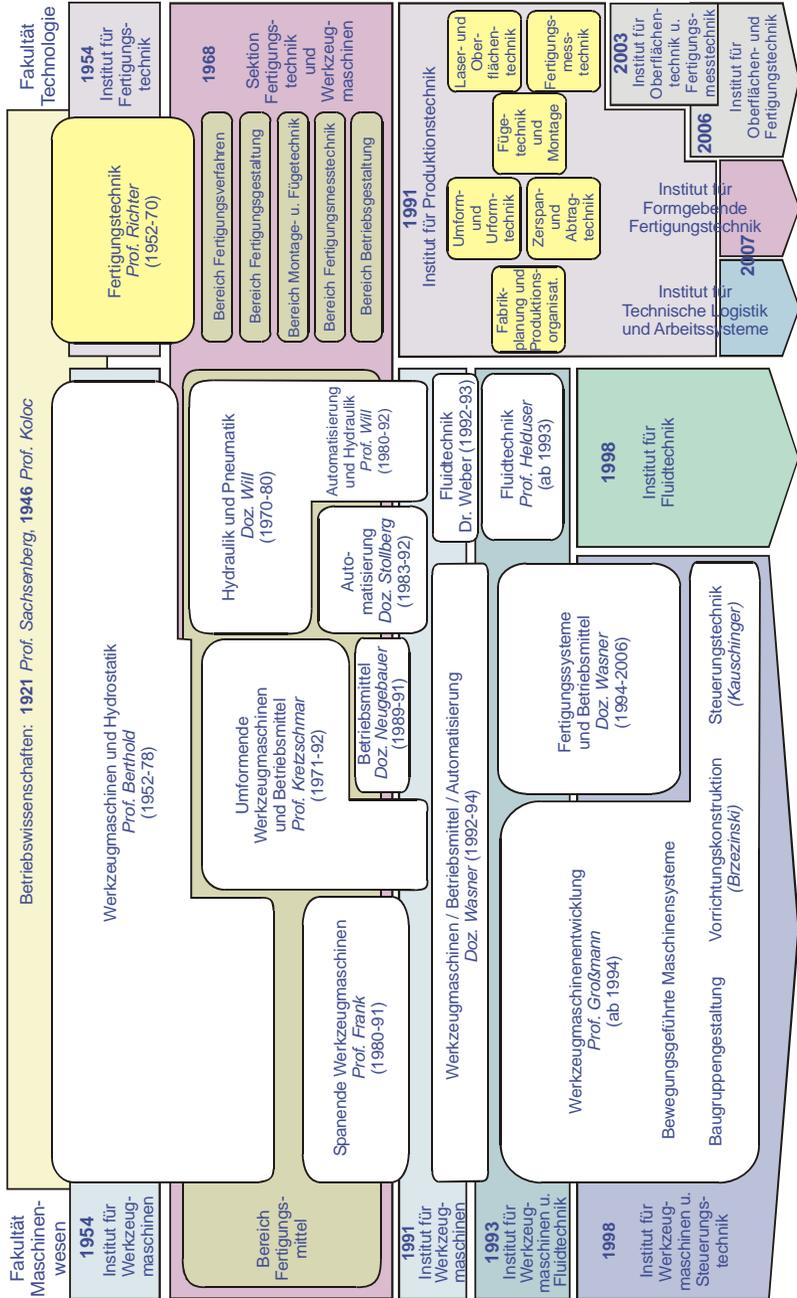
- 1.8.1993 Kommissarischer Leiter:
Doz. Dr.-Ing. O. Wasner
- 1.8.1994 Geschäftsführender Direktor und Leiter des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen:
Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

Berufungen:

- 1993 Dr.-Ing. S. Helduser
zum Professor für Hydraulik und Pneumatik
- 1994 Dr.-Ing. habil. K. Großmann
zum Professor für Werkzeugmaschinenkonstruktion
(mit Wirkung vom 1.4.2006 Umwidmung in
Professur für Werkzeugmaschinenentwicklung)

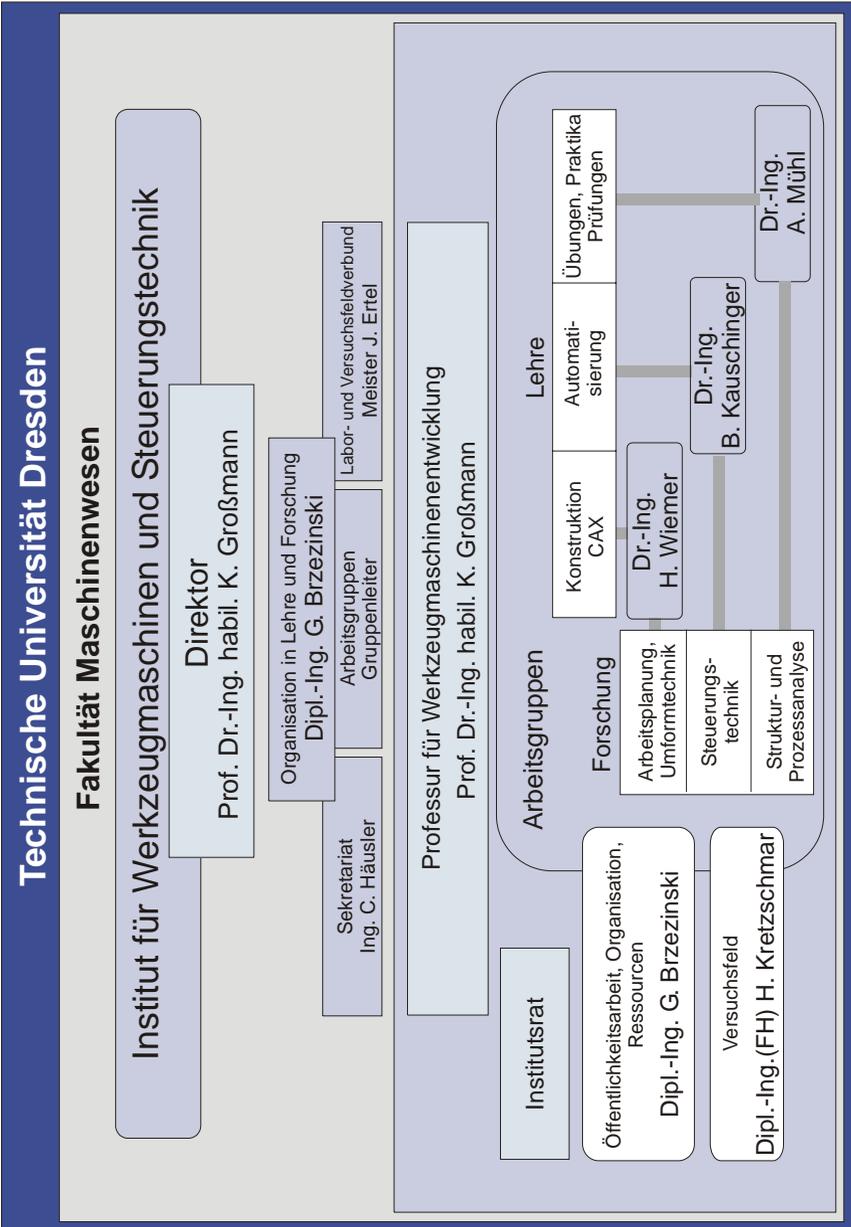
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik

- 1.12.97 Direktor:
Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
- Die Professur für Hydraulik und Pneumatik wird als Institut für Fluidtechnik ausgegründet.



Entwicklung der Produktionstechnik in Dresden

1.5 Struktur



2 Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen



2.1 Personal

Prof. Dr.-Ing. habil. Knut Großmann



- geb. 1949 in Ottendorf-Okrilla
- 1967 - 1971 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenkonstruktion an der TUD
- 1978 - 1990 Forschung und Entwicklung bei Mikromat Dresden
- 1990 - 2000 Geschäftsführer ITI GmbH
- seit 1994 Lehrstuhlinhaber für Werkzeugmaschinen, Direktor des Instituts für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik (IWM) der TU Dresden

Ing. Christine Häusler



- geb. 1955 in Leipzig
- 1972 - 1974 Berufsausbildung zum Maschinenbauzeichner
- 1975 - 1978 Studium Allgemeiner Maschinenbau / Hydraulik und Getriebetechnik an der Fachschule für Maschinenbau Leipzig
- seit 1991 Sekretärin am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. Gunter Brzezinski



- geb. 1949 in Herwigsdorf b. Löbau
- 1968 - 1972 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenkonstruktion an der TUD
- 1981 - 1990 Leiter Rationalisierungsmittel bei Kupplungswerk Dresden
- 1991 - 2000 Prokurist/Geschäftsführer ITI GmbH Dresden
- seit 2001 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden
- Leiter Organisation Lehre und Forschung

Dipl.-Inf. Kay K. Großmann



- geb. 1975 in Dresden
- 1994 – 1996 Berufsausbildung als Bankkaufmann
- 2000 - 2007 Informatik-Studium an der TU Dresden
- seit 2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. André Hardtmann



- geb. 1967 in Dresden
- 1989 - 1994 Studium Produktionstechnik / Umformtechnik an der TU Dresden
- 1994 - 1999 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Ur- u. Umformtechnik d. TUD
- 2000 Forschungsingenieur an der Dr. Mirtsch GmbH Teltow
- 2000 - 2005 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPT, Lehrstuhl Ur- und Umformtechnik der TU Dresden
- seit 2005 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. Olaf Holowenko



- geb. 1981 in Gera
- 2001 - 2006 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 2006 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dr.-Ing. Günter Jungnickel



- geb. 1943 in Aue (Erzgebirge)
- 1962 - 1968 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenkonstruktion an der TU Dresden
- 1974 - 1992 Forschung und Entwicklung bei Mikromat Dresden
- 1994 bis 2008 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dr.-Ing. Bernd Kauschinger



- geb. 1968 in Schkeuditz
- 1990 - 1995 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 1995 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden
- Leiter der Arbeitsgruppe Steuerungstechnik

Dipl.-Ing.(FH) Holger Kretzschmar



- geb. 1972 in Dresden
- 1994 - 1998 Studium Automatisierungstechnik an der HTW Dresden
- seit 1998 Technischer Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. Michael Löser



- geb. 1976 in Marienberg
- 1997 - 2003 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 2003 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. Volker Möbius



- geb. 1944 in Herzogswalde
- 1963 - 1969 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenkonstruktion an der TU Dresden
- 1969 - 1992 Forschung und Entwicklung bei Mikromat Dresden
- seit 1993 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dr.-Ing. Andreas Mühl



- geb. 1964 in Olbernhau
- 1986 - 1991 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 1991 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden
- Leiter der Arbeitsgruppe Struktur- und Prozessanalyse

Dipl.-Ing. Jens Müller



- geb. 1972 in Rodewisch
- 1994 - 1999 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 1999 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. Lars Neidhardt



- geb. 1970 in Osterwieck
- 1990 - 1995 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- 1996 - 2001 Konstrukteur bei mehreren sächsischen Maschinenbauunternehmen
- 2001 bis 2008 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. Lars Penter



- geb. 1982 in Löbau
- 2001 - 2006 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. Steffen Rehn



- geb. 1973 in Dohna
- 1998 - 2003 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenkonstruktion an der TU Dresden
- seit 2004 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. (BA) Andreas Richter



- geb. 1978 in Bautzen
- 1997 - 2000 Studium Technische Informatik an der Berufsakademie Sachsen, Staatliche Studienakademie Dresden
- seit 2001 Technischer Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. Mirko Riedel



- geb. 1977 in Burgstädt
- 1997 - 2004 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 2004 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing. Holger Rudolph



- geb. 1968 in Jena
- 1990 - 1995 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 1995 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

MSc. Szabolcs Szatmari



- geb. 1972 in Mediasch
- 1991 - 1996 Studium Maschinenbau an der TU Cluj (Klausenburg)
- 1996 - 1997 Magisterstudium an der TU Cluj (Klausenburg)
- 1997 - 2000 Promotionstudium an der TU Budapest
- 2001 bis 2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Dipl.-Ing.(FH) Kerstin Wanstrath



- geb. 1963 in Dresden
- 1983 - 1988 Studium Informationsverarbeitung an der IHS Görlitz
- seit 1993 Technische Mitarbeiterin am IWM der TU Dresden

Dr.-Ing. Hajo Wiemer



- geb. 1966 in Dresden
- 1988 - 1993 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 1996 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden
- Leiter der Arbeitsgruppe Arbeitsplanung/Umformtechnik

Jens Ertel



- geb. 1961 in Leipzig
- 1977 - 1979 Berufsausbildung als Maschinenbauer
- 1986 - 1988 Meisterausbildung
- 1984 - 2006 Facharbeiter/Meister am IWM der TU Dresden
- seit 2006 Leiter des Labor- und Versuchsfeldverbundes Kutzbach-Bau der TU Dresden

Jochen Loose



- geb. 1959 in Cottbus
- 1975 - 1977 Berufsausbildung als Elektromechaniker
- seit 1977 Facharbeiter im Labor- und Versuchsfeldverbund Kutzbach-Bau der TU Dresden

Jens Schober



- geb. 1967 in Dresden
- 1983 - 1985 Berufsausbildung als Zerspanungsfacharbeiter
- seit 1985 Facharbeiter im Labor- und Versuchsfeldverbund Kutzbach-Bau der TU Dresden

Stefan Scholz

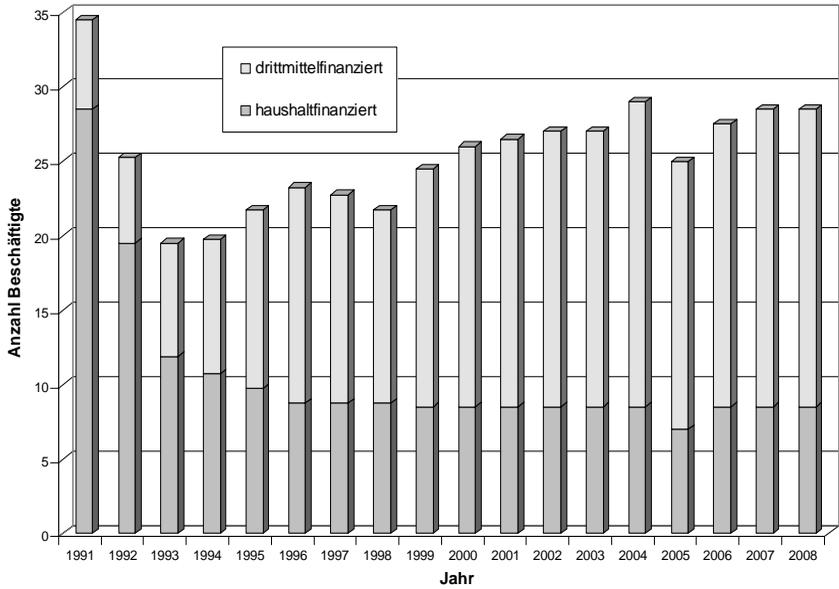


- geb. 1968 in Dresden
- Berufsausbildung als Elektromechaniker
- seit 2005 Facharbeiter im Labor- und Versuchsfeldverbund Kutzbach-Bau der TU Dresden
- 2006 - 2008 Ausbildung zum Industriemeister Elektrotechnik
- seit 2006 stellvertretender Leiter des Labor- und Versuchsfeldverbundes Kutzbach-Bau

André Thasler



- geb. 1985 in Dresden
- Berufsausbildung als Industriemechaniker
- seit 2006 Facharbeiter im Labor- und Versuchsfeldverbund Kutzbach-Bau der TU Dresden



Beschäftigte am IWM

2.2 Ausstattung

2.2.1 Messtechnische Ausstattung

Messplatz für geometrische Prüfungen und Maschinenabnahmen

- Ausrüstung
- Laser-Interferometer-System (RENISHAW ML 10/EC 10)
 - Teleskop-Kugelstab (RENISHAW QC10)
 - Elektronisches Neigungsmessgerät (WYLER Minilevel NT)
- Messumfang
- Geometrische Genauigkeit nach DIN ISO 230-1 (Geradheit, Rechtwinkligkeit, Neigung, Ebenheit)
 - Geometrisch-kinematische Genauigkeit (Geradheit, Rechtwinkligkeit, Neigung, Ebenheit)
 - Positionierungsunsicherheit und Wiederholpräzision d. Positionierung numerisch gesteuerter Achsen nach DIN ISO 230-1 (VDI/DGQ 3441 u. a.)
 - Kreisformprüfung für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen nach DIN ISO 230-4
 - Dynamische Messungen (Weg, Geschwindigkeit)

Messplatz zur statischen Maschinenuntersuchung

- Ausrüstung
- Mechanische und hydraulische Belastungseinrichtungen
 - Sensoren und Messverstärker für Weg und Kraft
 - Systeme zur allgemeinen Messwerterfassung und -verarbeitung
- Messumfang
- Verformungsanalyse
 - Belastungsanalyse

Messplatz zur dynamischen Maschinenuntersuchung

- Ausrüstung
- Elfkanal-Schwingungsanalysesystem
 - Vierkanal-Echtzeit-Frequenzanalysator (FFT)
 - Zweikanal-Echtzeit-Frequenzanalysator (Ortskurvenmessplatz)

- 6-Komponenten-Kraftmesstechnik
 - Systeme zur allgemeinen Messwerterfassung und -verarbeitung
 - Schwingungserreger (elektrodynamisch, Impulshammer)
 - Sensoren, insbesondere für Weg, Beschleunigung und Kraft
 - Messverstärker
 - Speicheroszilloskop
- Messumfang
- Signalanalyse im Zeit- und Frequenzbereich
 - Schwingungsformanalyse
 - Modalanalyse
 - Prozesskraftanalyse

Messplatz für thermische Maschinenuntersuchungen

- Ausrüstung
- Vielstellenmesseinrichtung (64 Kanäle), rechnerbedienbar mit Messwertverarbeitungsmöglichkeit
 - Temperatursensoren
 - Wegsensoren
- Messumfang
- Temperaturen
 - Verlagerungen
 - Wärmebilanzen

Messplatz zur Geräuschuntersuchung von Maschinen

- Ausrüstung
- Zweikanal-Echtzeit-Frequenzanalysator
 - Präzisionsimpulsschallpegelmesser
 - Messmikrofon
 - Schallintensitätsmesssonde
- Messumfang
- Geräuschmessungen an Maschinen nach DIN 45635 (E DIN ISO 230-5)
 - Lärmquellenanalyse

2.2.2 Rechentechnische Ausstattung

Hardware

PC Intel Pentium PC AMD Athlon WS Silicon Graphics

Betriebssysteme

MS Windows NT 4 / 2000 / XP IRIX
Linux Mac OS

Netzwerk

Server (Linux) / Client (MS Netzwerk, TCP-IP)
Internet 100 Mbit/s
WLAN für Anbindung von Versuchsständen

Anwendungssoftware

MS Office 2000	MS Visual C++	AutoCAD 2000
Adobe Acrobat 7	Borland C++	ProEngineer 2000
Adobe Photoshop	Borland Delphi	SolidWorks
CorelDRAW 12	MathCAD 2001	MegaCAD
Studio 3	DIAdem	ITI-SIM
Designer	Ansys	Matlab/Simulink
		LS-DYNA
		HyperWorks



Bei der Ausbildung im Computer-Pool

2.2.3 Labor- und Versuchsfeldverbund

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik nutzt gemeinsam mit anderen Instituten den Labor- und Versuchsfeldverbund (LVV) Kutzbach-Bau.

Auf den vorhandenen Maschinen können die wesentlichsten Zerspanungsarbeiten (einschließlich CNC-Fräsen), Schweiß-, Montage- und Elektroarbeiten sowie Trenn- und Umformarbeiten ausgeführt werden.

Maschinen, die im Rahmen von Forschungsaufträgen im Versuchsfeld stehen, gestatten die Ausführung hochgenauer Koordinatenbohr- und -schleifarbeiten. Durch den möglichen Zugriff auf den Maschinenpark des CIMTT sind auch anspruchsvolle Maschinenarbeiten, wie CNC-Drehen, 5-Achs-Fräsen sowie Laser- und Wasserstrahlschneiden realisierbar.



Fertigungsbereich des LVV Kutzbach-Bau

2.2.4 Werkzeugmaschinen-Versuchsfeld

Das Versuchsfeld ist die leistungsfähige experimentelle Basis für Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen sowie deren Steuerungen.

Gegenstand der Arbeit im Versuchsfeld ist einerseits das Vermitteln praktischer und methodischer Kenntnisse zur experimentellen Analyse sowie zum konstruktiven Aufbau und zu den Eigenschaften typischer Werkzeugmaschinen und deren Hauptkomponenten. Andererseits dienen die modern ausgerüsteten Prüfstände der Bearbeitung aktueller Forschungsprojekte und darauf aufbauender Dienstleistungen.

Mit mobiler Messtechnik können Untersuchungen direkt an Maschinen und deren Komponenten durchgeführt werden:

- Genauigkeitsuntersuchungen,
z. B. Maschinenabnahme nach DIN ISO 230-1, -2, -4
- Statisches und dynamisches Verhalten, Modalanalyse
- Thermisches Verhalten (DIN ISO 230-3)
- Akustisches Verhalten,
z. B. Geräuschmessung nach DIN 45635 (E DIN ISO 230-5)



Blick in das Werkzeugmaschinen-Versuchsfeld

2.2.4.1 Vorschubachse mit linearem Direktantrieb

Aufgabenstellung

- Wechselwirkung zwischen Antriebs- und Gestelldynamik
- Ermittlung von Modellparametern zur Simulation der Impulskompensation und -entkopplung
- Vergleichsuntersuchungen an Vorschubachsen gleicher Baugröße mit unterschiedlicher Antriebsstruktur

Versuchsstandausrüstung

- Lagegeregelte Vorschubachse
- Kugel-Profileschienenführungen mit integriertem Messsystem

Daten

- Vorschubkraft (max.) 3.800 N
- Dauerkraft 1500 N
- Geschwindigkeit (max.) 200 m/min
- Beschleunigung (max.) 60 m/s²
- Verfahrweg (max.) 1.334 mm
- Tischgröße 440 mm x 555 mm
- Tischbelastung (max.) 163,2 kN
- Kugel-Profileschienenführungen Größe 35

Messtechnik

- Temperaturverteilung
- Positioniergenauigkeit
- Beschleunigung



Vorschubachse mit Linear-Direktantrieb

2.2.4.2 Versuchsstand Impulskompensation und -entkopplung

Aufgabenstellung

- Wechselwirkung zwischen Antriebs- und Gestelldynamik
- Ermittlung von Modellparametern zur Simulation der Impulskompensation und -entkopplung
- Untersuchung von Kompensationsstrategien bei veränderlicher Gestelldynamik
- Ermittlung des Einflusses von Massen- und Schwerpunktlage auf das Entkopplungs-/Kompensationsergebnis

Versuchsstandausrüstung

- Zwei lagegeregelte Vorschubachsen
- Kugel-Profilischieneführungen
- Verstellbare Gestellsteifigkeit
- Steuerungsoberfläche zur Bewegungsvorgabe und Messdatenanalyse
- Antriebsansteuerung über SERCOS III
- Sicherheitsstoßdämpfer

Daten

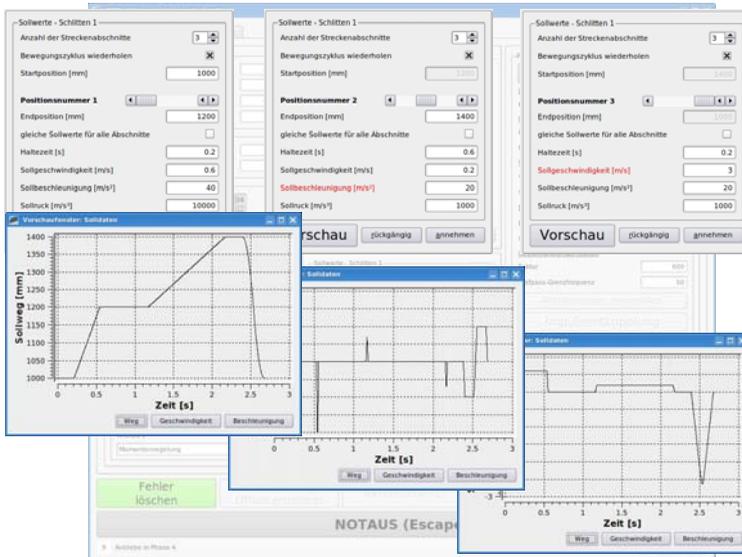
- Vorschubkraft (max.) 3.800 N
- Dauernennkraft 1.200 N
- Geschwindigkeit (max.) 290 m/min
- Beschleunigung (max.) 75 m/s²
- Verfahrweg (max.) 2.700 mm
- Tischgröße 2 x 400 mm x 520 mm
- Kugel-Profilischieneführungen Größe 35

Messtechnik

- Weg (inkremental)
- Beschleunigung (Ferarissensor)
- Strom und Kraft am Motor
- Gestellschwingungen (Lage, Beschleunigung)



Versuchsstand Impulskompensation und -entkopplung



Steuerungsoberfläche

2.2.4.3 Vorschubachse mit Kugelgewindetrieb

Aufgabenstellung

- Experimentelle Ermittlung von Reibung und Wärmeübertragung an einer Vorschubachse mit Kugelgewindetrieben verschiedener Konfigurationen
- Analyse der Wärmequellen
- Ermittlung der Rückwirkungen thermisch bedingter Form- und Lageänderungen auf Reibung und Bewegungsgenauigkeit
- Vergleich und Bewertung des Verhaltens verschiedener Messsysteme bei instationärer Erwärmung

Versuchsstandausrüstung

- Lagegeregelte Vorschubachse (Servoantrieb)
- Kugelgewindetrieb mit angetriebener Spindel, Doppelmutter mit einstellbarer Vorspannung, axial vorspannbarer Spindel und variabler Endenlagerung
- Lagemessung indirekt über rotatorisches Messsystem oder direkt über in eine Rollen-Profilschienenführung integriertes Messsystem

Daten

- Motor-Nenn Drehzahl 4.000 min^{-1}
- Kugelgewindetrieb $40 \text{ mm} \times 20 \text{ mm T5}$ (gerollt)
- Tischgröße $470 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$
- Verfahrensweg 1.500 mm
- Rollen-Profilschienenführungen Größe 35

Messtechnik

- Messung von Drehmomenten und Kräften auf DMS-Basis
- Mehrstellenmesseinrichtung f. Temperaturen u. Verlagerungen
- Laser-Interferometer-System RENISHAW ML 10



Vorschubachse mit Kugelgewindetrieb

2.2.4.4 Laufeigenschaften von Hauptspindeln

Aufgabenstellung

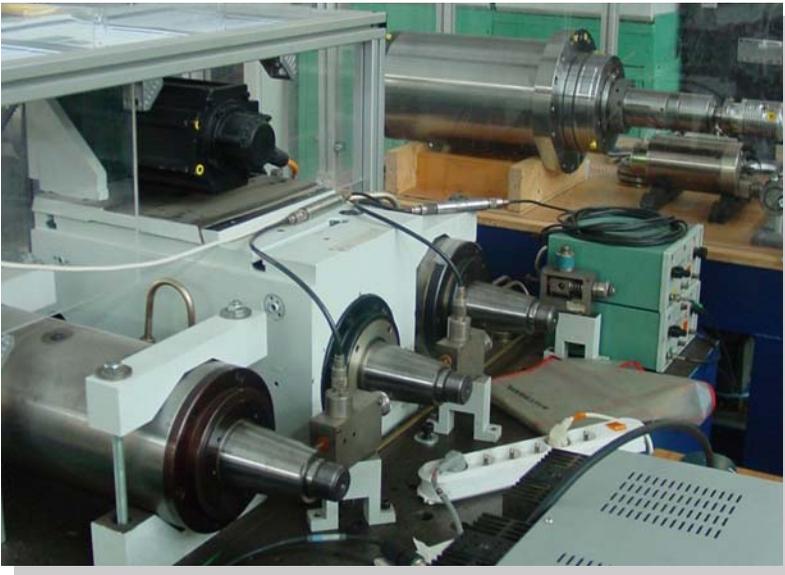
- Analyse und Vergleich der Laufeigenschaften von unterschiedlich gelagerten Genauigkeits-Spindeln
- Signalanalyse zur Ermittlung von Quellen wälzlagerbedingter Störbewegungen
- Ermittlung von Reibmoment und Verlustleistung an einer hydrostatischen Schleifspindel

Versuchsstandausrüstung

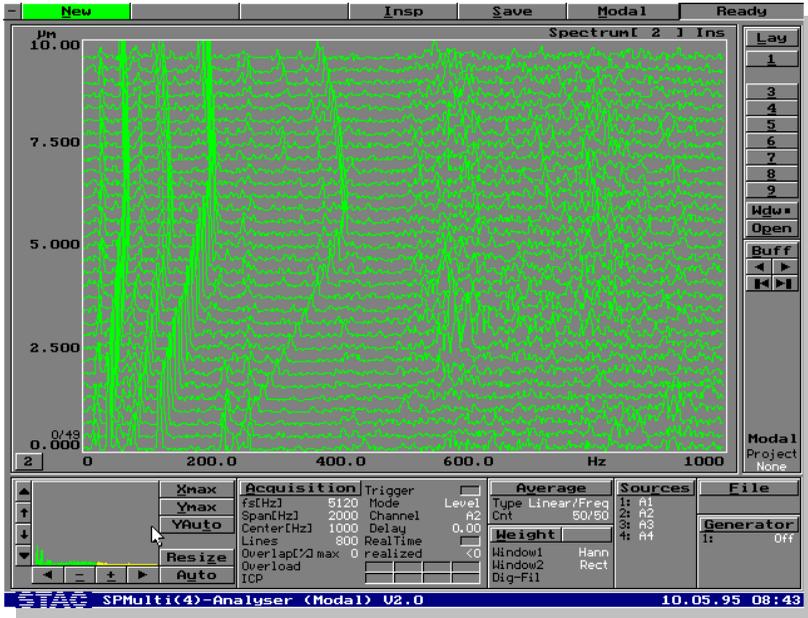
- hydrodynamisch, hydrostatisch und wälzgelagerte Spindeln für das Außenrundscheifen
- Bohrspindeleinheit
- Motor-Spindeln zum Bohrungsscheifen

Messtechnik

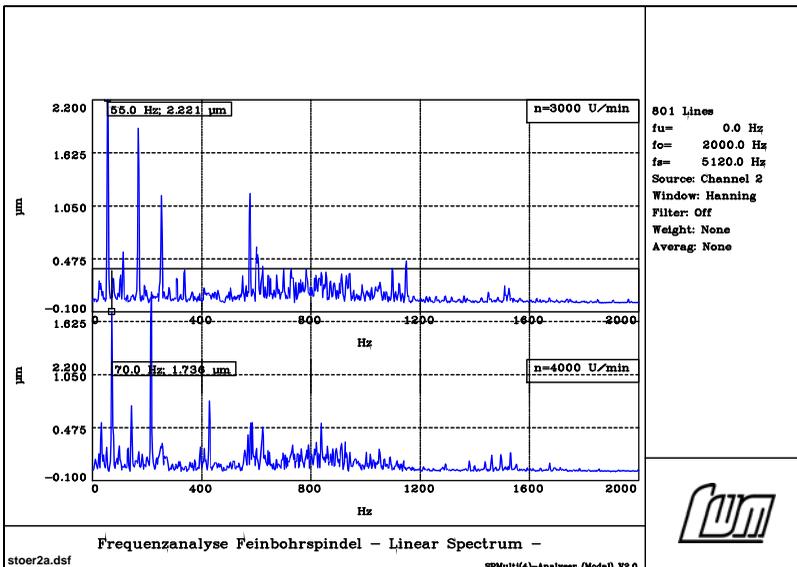
- kapazitive Wegmesseinrichtung
- PC-gestützter Echtzeit-FFT-Analysator



Hauptspindelprüfstand



Frequenzanalyse einer Feinbohrspindel bei verschiedenen Drehzahlen



2.2.4.5 Motorspindel mit aktiver Magnetlagerung

Aufgabenstellung

- Einsatz der aktiven magnetischen Spindellagerung zur definierten radialen und axialen Auslenkung sowie Neigung des Spindelkörpers während der Bearbeitung
- Nutzung dieser Möglichkeiten für die Unrundbearbeitung und für die Kompensation von statisch und thermisch verursachten Wirkstellenverlagerungen
- Studentische Ausbildung: Praktikum in den Lehrveranstaltungen der Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung sowie im Fach Bewegungsgeführte Maschinensysteme des Studiengangs Mechatronik

Versuchsstandausrüstung

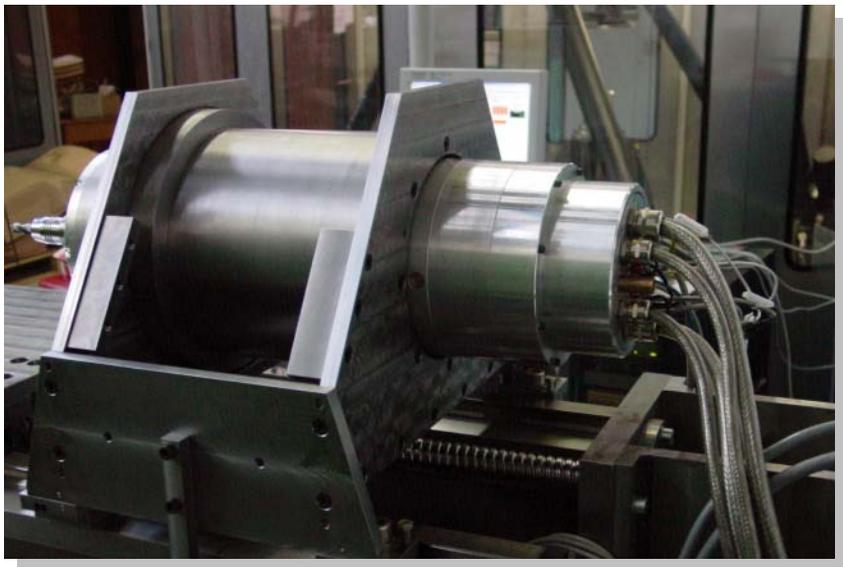
- Motorspindel mit aktiver Magnetlagerung, AXOMAT GmbH
- Einbindung mit paralleler Anordnung zu einer Linearvorschubachse in einen Versuchsstand zum Ausbohren

Daten

- 10 kW (S1)
- $n_{\max} = 30.000 \text{ min}^{-1}$
- fremdgekühlt
- Werkzeugaufnahme HSK-C 40
- dynamisch optimierter Spindelkörper (Leistung des IWM)
- flachheitsbasierte digitale Regelung der aktiven Magnetlagerung auf der Hardwarebasis d-space (Leistung des Instituts für Regelungs- und Steuerungstheorie der TU Dresden)

Messtechnik

- Erfassung von Daten der Spindel-Regelung (System d-space)
- 6-Komponenten-Kraftmesstechnik zur Erfassung von Zerspankräften (System KISTLER)



Versuchsaufbau Motorspindel mit aktiver Magnetlagerung



Monitoring für die Unrund-Bearbeitung

2.2.4.6 Kupplungsprüfstand

Aufgabenstellung

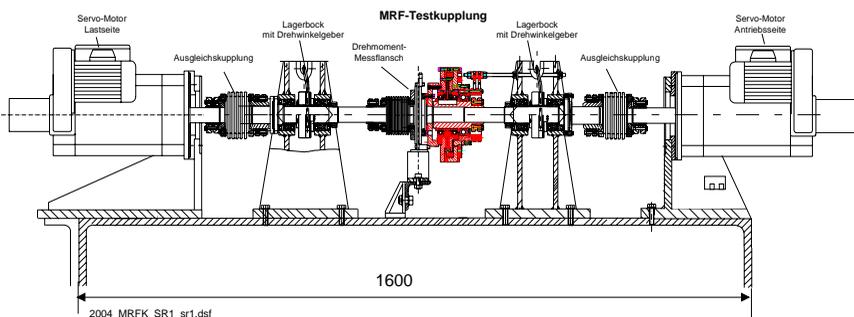
- Ermittlung der Übertragungseigenschaften von Schalt- und regelbaren Kupplungen
- Nachweis der Steuerbarkeit von Drehmomenten mit magneto-rheologischen Flüssigkeiten
- Ermittlung der Parameter einer magnetorheologischen Experimentierkupplung
- Optimierung der konstruktiven, magnetischen und elektrischen Auslegung von magnetorheologischen Kupplungen und Bremsen (Variation konstruktiver Parameter sowie der Ansteuerparameter und der Drehzahl)

Versuchsstandausrüstung

- zwei unabhängig regelbare Servoantriebe

Messtechnik

- Drehmoment
- Drehzahl
- Temperatur



Schematischer Aufbau des Prüfstandes mit MRF-Kupplung



Ansicht des Kupplungsprüfstandes

2.2.4.7 Prüfstand für Profilschienenführungen unter konstanter Normalkraftbelastung

Aufgabenstellung

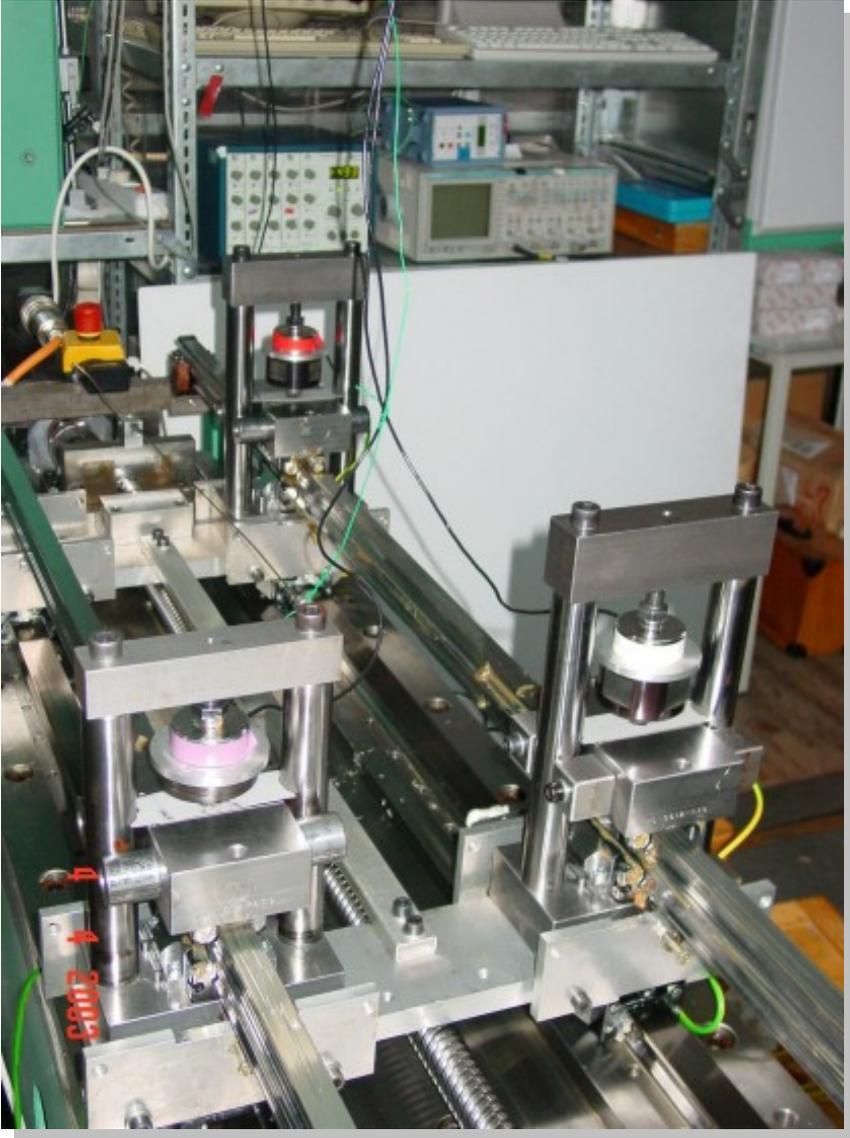
- Untersuchung des Einflusses von Lageabweichungen der Montageflächen an den Umbauteilen auf die Reibkraft und die Führungsgenauigkeit an einem Schlitten
- Untersuchung des Einflusses der Geschwindigkeit und des Bewegungsablaufs auf Reibkraft und Genauigkeit
- Lebensdauerprüfung von Profilschienenführungen

Versuchsstandausrüstung

- NC-Vorschubachse mit AC-Servo-Motor und indirektem Wegmesssystem
- spezielles Maschinenbett mit Schlitten zum Einbau unterschiedlicher Arten und Größen von Profilschienenführungen
- Möglichkeiten zur Erzeugung definierter Einbautoleranzfehler
- Belastungseinrichtungen für aufliegende und abhebende Belastung

Messtechnik

- Kraftmessung mit PC-gestützter Messwerterfassung
- Laser-Interferometer RENISHAW ML 10 mit Linear-, Geradheits- und Winkeloptiken
- Temperaturmessung



*Universeller Prüfstand für Profilschienenführungen,
eingerrichtet für Lebensdauerersuche mit
Kugelschienenführungen*

2.2.4.8 Prüfstand für Profilschienenführungen unter steuerbarer Normalkraft- und Momentenbelastung

Aufgabenstellung

- Lebensdaueruntersuchungen an Rollen-Profilschienenführungen bis zur Baugröße 25 unter pressentypischer stoßartiger Belastung
- Ermittlung des Einflusses dieser Belastungsart auf die Lebensdauer der Führungselemente
- Erarbeitung von Auslegungsrichtlinien für Profilschienenführungen als Pressenstoßführung

Versuchsstandausrüstung

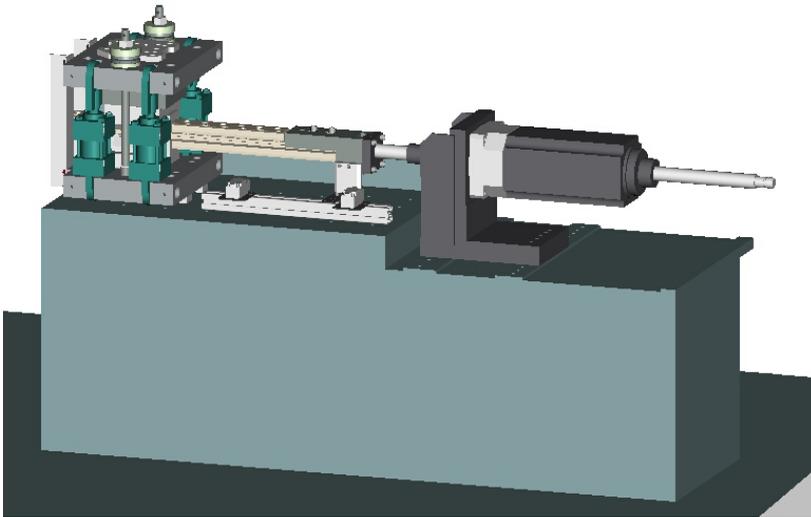
- Servoantrieb mit Hohlwellenmotor
- Belastungseinrichtung für statische und dynamische Kräfte

Daten

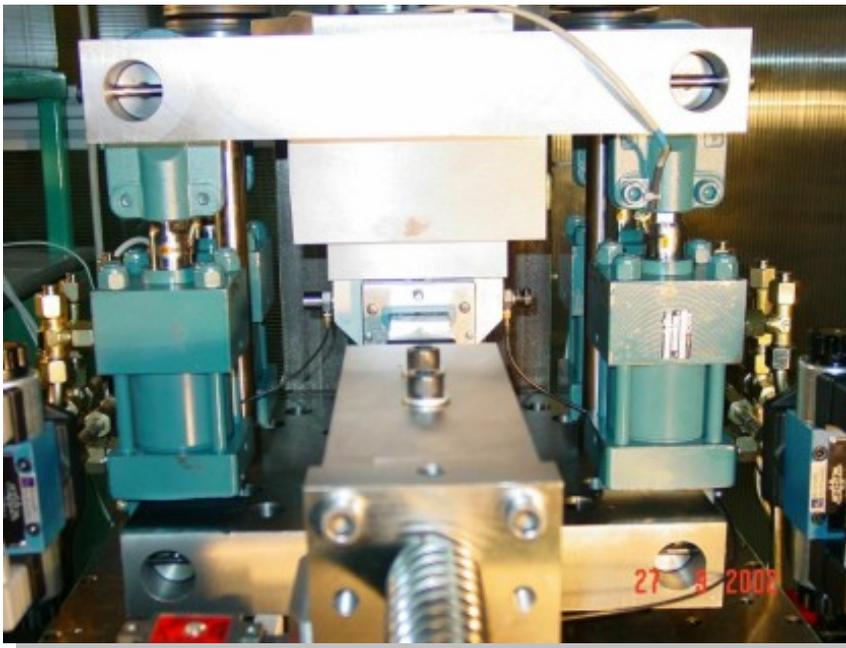
- Belastung (max.) 150 kN
- Hubzahl (max.) 85 min⁻¹
- Beschleunigung (max.) 12 m/s²
- Beschleunigungsverlauf sinusförmig
- Hub (max.) 250 mm
- Messmöglichkeiten für Normal- und Reibkraft

Messtechnik

- Belastungskraft
- Geschwindigkeit
- Temperatur



Prüfstand für Rollen-Profilschienenführungen unter pressentypischer Belastung (CAD-Entwurf und Ausführungsdetail)



2.2.4.9 Prüfstand für Profilschienenführungen unter steuerbarer Normalkraftbelastung

Aufgabenstellung

- Lebensdaueruntersuchungen an Rollen-Profilschienenführungen bis zur Baugröße 125 unter pressentypischer stoßartiger Belastung
- Ermittlung des Einflusses dieser Belastungsart auf die Lebensdauer der Führungselemente
- Erarbeitung von Auslegungsrichtlinien für Profilschienenführungen als Pressenstoßelführung

Versuchsstandausrüstung

- Servoantrieb mit Hohlwellenmotor
- Belastungseinrichtung für statische und dynamische Kräfte

Daten

- Belastung (max.) 800 kN
- Hubzahl (max.) 40 min⁻¹
- Beschleunigung (max.) 10 m/s²
- Beschleunigungsverlauf sinusförmig
- Hub (max.) 560 mm

Messtechnik

- Belastungskraft



Hydraulik für die Erzeugung pressentypischer Belastungen

2.2.4.10 Hexapod 1

Aufgabenstellung

- Kinematische Kalibrierung
- Adaptive Prozessführung
- Referenzierung von Werkstück und Werkzeug
- Modellbasierte, steuerungsintegrierte Korrekturen systematischer Fehlerwirkungen (geometrisch, elastostatisch, thermisch)

Versuchsstandausrüstung

- Bewegungseinrichtung mit Freiheitsgrad 6
- Hexapodspezifische Bedienoberfläche mit Netzwerkanbindung
- Entwicklungsplatz für eigene Steuerungs-Funktionalität
- Frässpindel 10 kW, 21.000 min⁻¹, Wasserkühlung
- REFU-Spindelumrichter mit digitalem SERCOS-Interface

Messtechnik

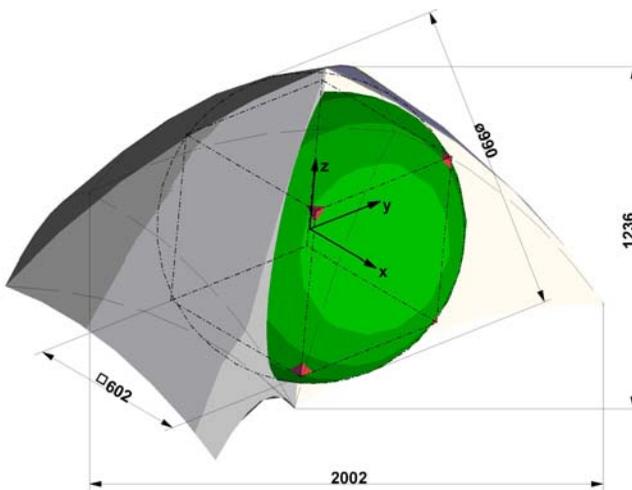
- 6-Komponenten-Kraftmessplattform KISTLER
- Genauigkeits-Messsystem (Double-Ball-Bar) RENISHAW QC 10
- Laser-Interferometer RENISHAW ML 10

Technische Spezifikation des Hexapoden

- Arbeitsraum: Gelenkkreis Boden 3.000 mm
Gelenkkreis Plattform 1.200 mm
Auskragung 600 mm
- Komponenten: Kugelgewindetriebe, Servomotoren,
Multi-Turn-Messsysteme
- Steuerung: Bosch Typ 3 OSA
- Stabachs-Stellwege: 980 mm
- Plattformwege (TCP) max.: horizontal 1.900 mm
vertikal 1.200 mm
- Plattformneigung max. ± 50 °
- Drehung um z max. ± 60 °
- Zusatzmasse Plattform max. 100 kg
- Kräfte an Plattform max. 3 kN
- Geschwindigkeit max. 50 m/min



Parallelkinematische Bewegungseinrichtung "Hexapod FELIX"



Größe und Form des Arbeitsraumes

2.2.4.11 Hexapod 2

Aufgabenstellung

- Geometrisch-kinematische Korrektur an einer Parallelkinematik
- Optische Referenzierung
- Alternative Konzepte für 3D-Handling und -Bearbeitung
- Bearbeitungszentrum z. B. für Holzformteile
- Richtzentrum z. B. für geschweißte Baugruppen

Versuchsstandausrüstung

- Bewegungseinrichtung mit Freiheitsgrad 6
- Hexapodspezifische Bedienoberfläche mit Netzwerkanbindung
- Offenes Steuerungssystem Bosch Typ 3 OSA mit digitalen Antrieben
- Programmierarbeitsplatz zur Entwicklung eigener Steuerungsfunktionalität
- Frässpindel 1,7 kW, 2.400 min⁻¹, Luftkühlung, pneumatische Werkzeugspannung SK 30
- Frässpindel 7,8 kW, 17.400 min⁻¹, Luftkühlung, Werkzeugspannzange 8 bis 12 mm
- Modulare pneumatische Spannvorrichtung zum Greifen und Spannen von Holzformteilen
- Spezialwerkzeug für das Thermoglätten von Holz und Holzwerkstoffen
- Industrielle Staub-/Späneabsaugung

Messtechnik

- Bildverarbeitungssystem zur Form- und Lageerkennung des zu bearbeitenden Werkstücks
- weitere s. Pkt. 2.2.4.10

Technische Spezifikation des Hexapoden

- identisch zu Hexapod unter Pkt. 2.2.4.10



Bildverarbeitung / Rohling und bearbeitetes Werkstück



Auswertung des Kamerabildes für die Werkstück-Lageerkennung

2.2.4.12 Hexapod 3

Aufgabenstellung

- Parallelkinematisches Bearbeitungszentrum mit hoher Flexibilität in Werkzeugkonfiguration und Werkstückhandhabung
- Technologien zur effizienten und automatisierten Referenzierung von Werkzeugen und Werkstücken im Arbeitsraum

Versuchsstandausrüstung

- Bewegungseinrichtung mit Freiheitsgrad 6 (MiniHex)
- Bewegung des Werkstückes relativ zu den feststehenden Werkzeugen
- Zweiter, fest angeordneter Greifer zum Umgreifen des Werkstückes für eine 6-Seiten-Bearbeitung

Messtechnik

- s. Pkt. 2.2.4.10

Technische Spezifikation des Hexapoden

- Arbeitsraum: $X_{\max} = 1.340 \text{ mm}$
 $Y_{\max} = 1.240 \text{ mm}$
 $Z_{\max} = 560 \text{ mm}$
- Plattformneigung: $\varphi_{x,y,z_{\max}} = \pm 45^\circ$
- Geschwindigkeit: $v_{\max} = 60 \text{ m/min}$



MiniHex bei der Bearbeitung von Holzkugeln

2.2.4.13 Programmierung der Funktionssteuerung von Fertigungssystemen (SPS)

Aufgabenstellung

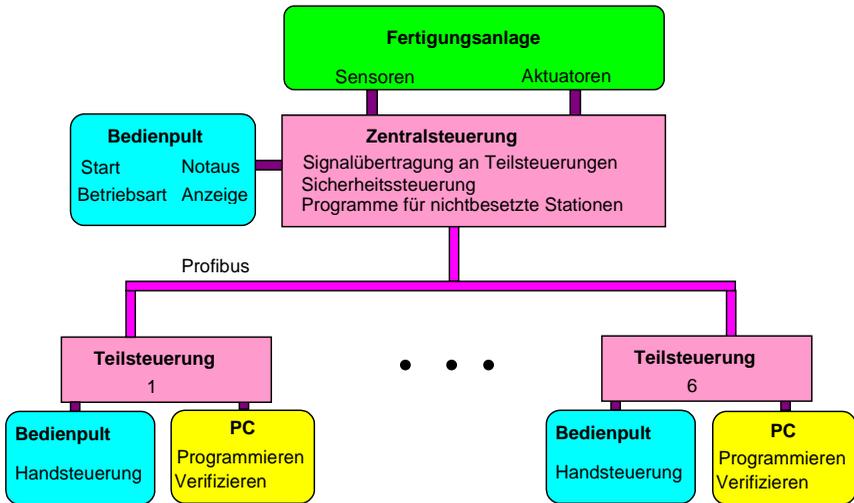
- Modulare Programmierung des asynchronen Ablaufs einzelner Arbeitsstationen
- Koordinierung ihres Zusammenwirkens in einem Fertigungssystem

Versuchsstandausrüstung

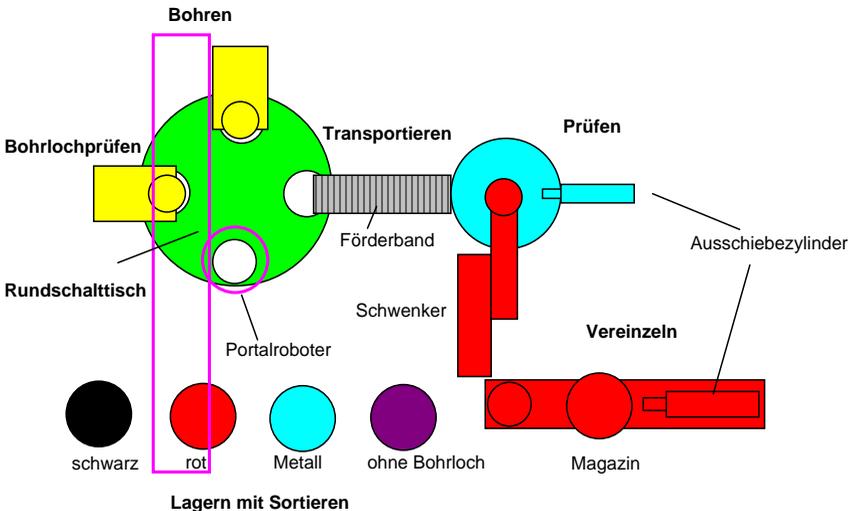
- Modell eines Fertigungssystems mit zentraler SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)
- sechs über Feldbus angeschlossene Studentearbeitsplätze mit modularen SPS



*Lehrkabinett
für die Programmierung der SPS eines modularen
Fertigungssystems*



Aufbau des Lehrkabinetts



Aufbau des Fertigungssystems

2.2.4.14 Geräuschuntersuchungen an Werkzeugmaschinen

Aufgabenstellung

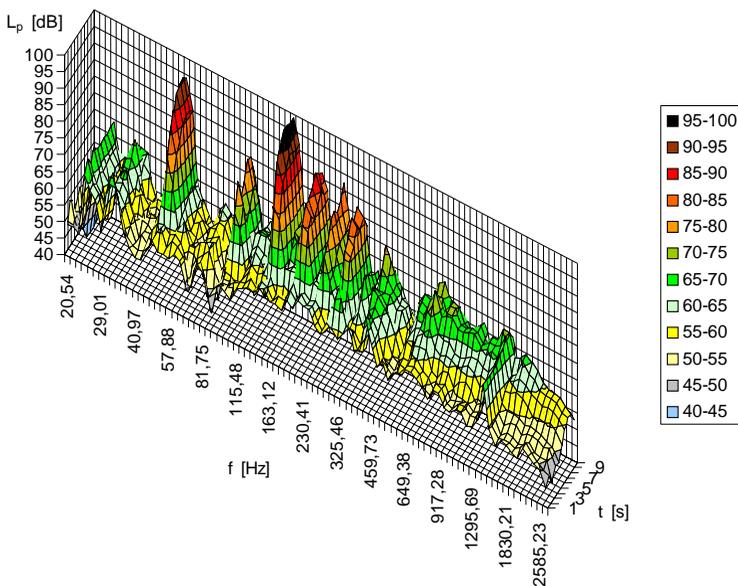
- Einführung in den Lärmschutz
- Messung von Lärmkenngrößen mit verschiedenen Messverfahren
- Kennen lernen von Analysemethoden und Lärminderungsmaßnahmen

Versuchsstandausrüstung

- Versuchsdurchführung nach DIN 45635 T. 1 (Hüllflächenverfahren)
- Frequenzanalyse zur Lärmquellenortung

Messtechnik

- Schalldruckpegel-Messgerät
- Schallintensitäts-Messgerät



Schalldruckpegel-Multispektrum eines Umformvorganges



Schallintensitätsmessung an einer Drehmaschine

2.2.4.15 Positioniergenauigkeit einer Werkzeugmaschine

Aufgabenstellung

- Statistische Prüfung der Positionsunsicherheit numerisch gesteuerter Achsen mit dem Laser-Interferometer RENISHAW ML 10
- Statistische Auswertungsverfahren nach DIN ISO 230-2 Prüfregeln für Werkzeugmaschinen, Teil 2: Bestimmung der Positionsunsicherheit und der Wiederholpräzision der Positionierung von numerisch gesteuerten Achsen (bisher VDI/DGQ 3441)
- Untersuchung maschinenbedingter Einflüsse auf den Positioniervorgang

Versuchsstandausrüstung

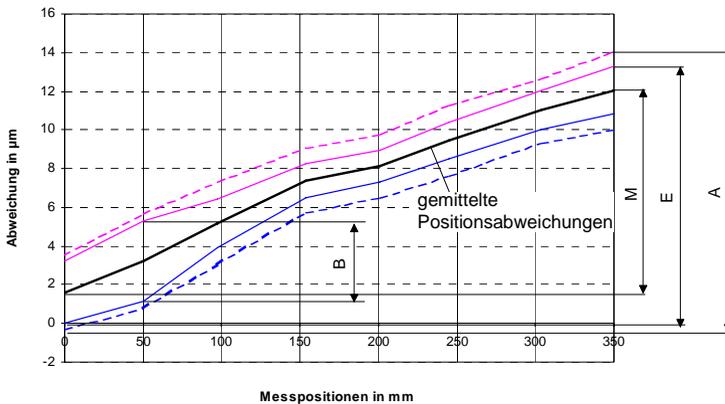
- Durchführung der Messungen unter Nutzung der lagegeregelten x-Achse einer CNC-Fräsmaschine

Messtechnik

- Laser-Interferometer RENISHAW ML 10
Messparameter für: lineare Verschiebung
 - Messbereich 0,1 bis 40 m
 - Genauigkeit $\pm 1,1 \mu\text{m/m} + 0,025 \mu\text{m}$
 - Auflösung 0,001 μm
- lineare Geschwindigkeit
 - Messbereich 1 m/s
 - Genauigkeit + 0,05 %
 - Auflösung 0,05 $\mu\text{m/s}$



Laser-Interferometer bei einer linearen Verschiebungsmessung



- B – Umkehrspanne einer Achse
- M – gemittelte zweiseitige Positionsabweichung einer Achse
- E – zweiseitige systematische Positionsabweichung einer Achse
- A – zweiseitige Positionierunsicherheit einer Achse

Untersuchungsergebnisse für eine Achse

2.2.4.16 Kalibrierung einer Stabachse

Aufgabenstellung

- Einstellung und Optimierung der Lageregelung der Stabachsen
- Referenzierung des Motorgebers an den Stabachsen
- Aufnahme des Spindelsteigungsfehlers der Stabachsen
- Bestimmung der exemplarischen minimalen und maximalen Achslänge (mechanische Anschläge)
- Ausrichtung der Kardangelenkachsen
- Untersuchung des elastischen, thermischen und dynamischen Verhaltens der Stabachsen

Versuchsstandausrüstung

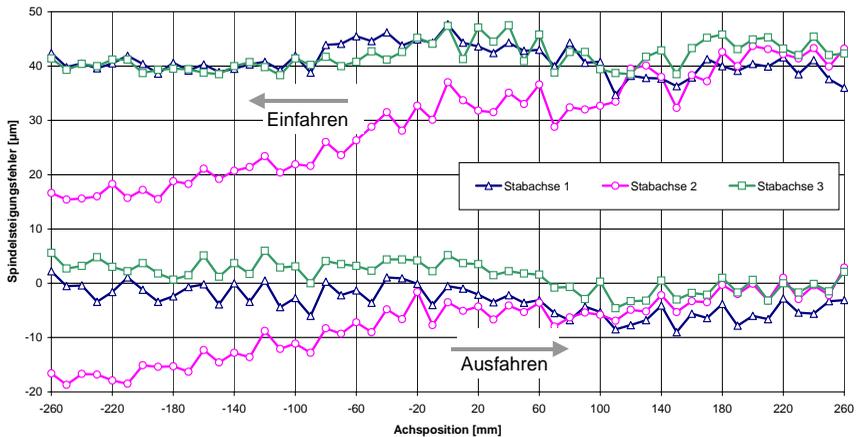
- Prüfstand mit modularen Gelenkaufnahmen für verschiedene Stabachsbauformen und -größen
- auf Profilschiene verschiebbarer Wagen mit Gelenkaufnahme
- Adapter zur Anbringung von Kraftsensoren
- Einrichtung zur Aufbringung von Vorspannungen
- Endmaße als physisch repräsentiertes Bezugsmaß

Messtechnik

- Laser-Interferometer RENISHAW ML 10 für Referenzmessungen
- GTM-Kraftsensor 0...5 kN zur Ermittlung von Stablängskräften
- STAC-Analysator mit Mehrachs-Beschleunigungssensor für dynamische Untersuchungen



Praktikum am Stabachsprüfstand



Ergebnisse einer Spindelsteigungsfehler-Messung ohne Achslast

3 Lehre

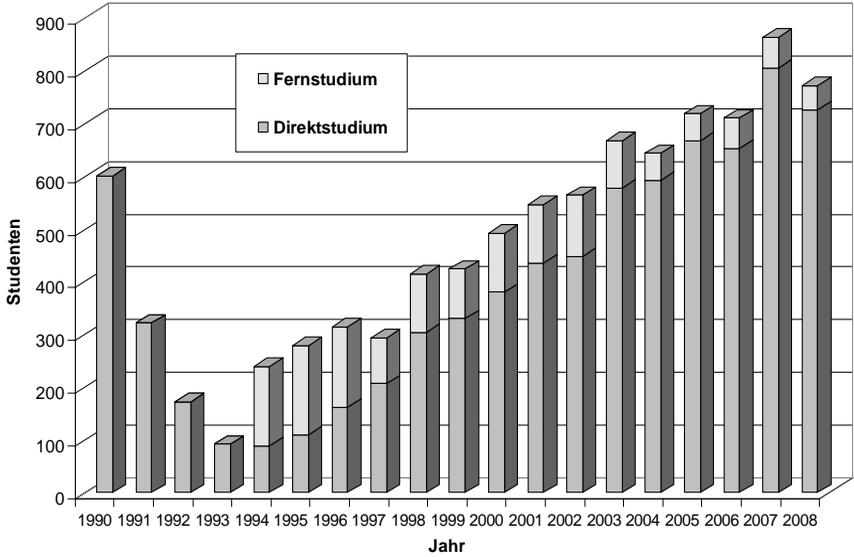


3.1 Entwicklungsetappen der vom Institut getragenen Lehre

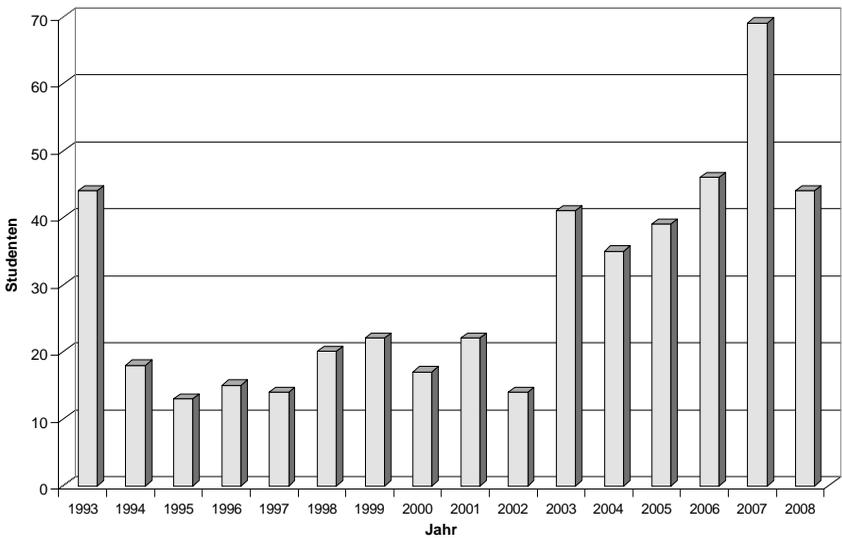
- ab 1952 Bildung einer selbstständigen Fachrichtung **Werkzeugmaschinen** im Studiengang Maschinenwesen; Ausbildungsschwerpunkte im Direkt- und Fernstudium:
- Vorrichtungs-, Werkzeug- und Werkzeugmaschinenkonstruktion
 - Werkzeugmaschinenlabor
 - fertigungstechnische Versuchsfeldübungen
 - Konstruktionsübungen und Belegarbeiten (Entwerfen von Werkzeugmaschinen, Rationalisierungsmitteln, Verkettungs-, Transport- und Montageeinrichtungen)
 - Steuerung und Automatisierung von Werkzeugmaschinen
 - Hydraulische und pneumatische Antriebe, Steuerungen und Regelungen
- In der Folgezeit auch Angebot der Fach-Grundlagenlehreveranstaltungen für weitere Fachrichtungen: Fertigungstechnik, Arbeitswissenschaften, Berufspädagogik.
- 1965 Eine erste Studentengruppe absolviert für sechs Monate ein Ingenieurpraktikum in der Konstruktionsabteilung eines Werkzeugmaschinenbetriebes. Ziel: Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen schöpferischen Arbeit unter interdisziplinären Praxisbedingungen.
- 1967 Allgemeine Einführung des Forschungs- bzw. Ingenieurpraktikums
- 1968 Die bisherige Fachrichtung Werkzeugmaschinen wird Vertiefungsrichtung in der Fachrichtung Technologie der metallverarbeitenden Industrie.
Neues Studienfach: EDV in der Konstruktion.

- 1973 Neuprofilierung einer selbstständigen konstruktiven Fachrichtung unter dem Namen **Fertigungsmittelentwicklung**.
Neue Ausbildungselemente:
- Bildung komplexer Grundlagenfächer wie Konstruktionslehre mit Technischer Darstellungslehre und Maschinenelemente, Elektrotechnik und Elektronik bzw. Mess- und Automatisierungstechnik
 - Zeitlich und inhaltlich gestaffelter Übergang vom Grund- zum Fachstudium, d. h. Beginn der Fachausbildung bereits im Grundstudium
 - Einführung eines 3. und 4. konstruktiven Beleges zum Entwerfen von Werkzeugmaschinen
 - Verstärkte fertigungstechnische Ausbildung der Studenten der Fachrichtung Fertigungsmittelentwicklung in Urform-, Umform-, Abtrenn- und Fügetechnik
- 1983 Weiterentwicklung der Ausbildungskonzeption vor allem durch Einführung rechnerunterstützter Arbeitsweisen in allen Bereichen der Ingenieur Tätigkeit, insbesondere vertiefte Ausbildung in CAD/CAM, Computergrafik, Computergeometrie und Datenbanken, Vergrößerung des Zeitanteils für die selbstständige wissenschaftliche Arbeit der Studenten.
- 1989 Die Fachrichtung erhält die Bezeichnung:
Werkzeugmaschinenkonstruktion und Fertigungssysteme.
- 1990 Eingliederung der Fachrichtung als Vertiefungsrichtung **Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme** in die Studienrichtung Konstruktiver Maschinenbau.
Zeitliche und inhaltliche Trennung von Grund- und Fachstudium.
Einführung eines Maschinenkundeversuchsfeldes und eines Beleges zum methodischen Konzipieren und Entwickeln einer Werkzeugmaschine.

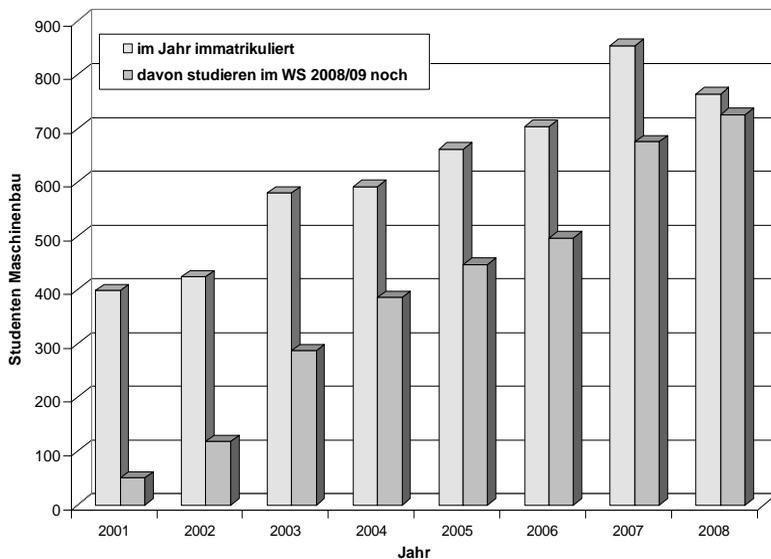
- 1994 Erarbeitung neuer Vorlesungskonzepte:
- Grundlagen der Werkzeugmaschinen
 - Baugruppen der Werkzeugmaschinen
 - Rechnerische Analyse von Werkzeugmaschinen
 - SPS-Programmierung von Fertigungseinrichtungen
- 1999 Eingliederung der Fachrichtung als Vertiefungsrichtung **Werkzeugmaschinenentwicklung** in die Studienrichtung Produktionstechnik.
- Konzipierung der Lehrveranstaltungen:
- Werkzeugmaschinenentwicklung II
 - Verhaltensanalyse von Werkzeugmaschinen
 - Simulation technischer Systeme
 - Alternative Antriebs- und Maschinenstrukturen
 - Elektrische Antriebe für Werkzeugmaschinen
- 2002 Angebot der Fach-Grundlagenlehrveranstaltungen für andere Fachrichtungen:
- Werkzeugmaschinen/Grundlagen für Holz- und Faserwerkstofftechnik (im Rahmen von Sonderstudienplänen)
 - Werkzeugmaschinen/Grundlagen für Wirtschaftsingenieure (Bestandteil des Studienplans)
- 2004 Erarbeitung der Lehrveranstaltung:
- Bewegungsgeführte Maschinensysteme (Studiengang Mechatronik - Hauptstudium, Gruppe Anwendungen)
- 2006 Modularisierung des Lehrangebotes für die Studienrichtung Produktionstechnik sowie Vereinheitlichung der Module im Studiengang Mechatronik, der Studienrichtung Produktionstechnik und der Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung.
- 2008 Umfassende Überarbeitung, Neufassung und Erweiterung der Lehrveranstaltungen "Bewegungsgeführte Maschinensysteme" und "Baugruppengestaltung" mit umfangreichen Beispielaufgaben; digitale Vorlesungsskripte.



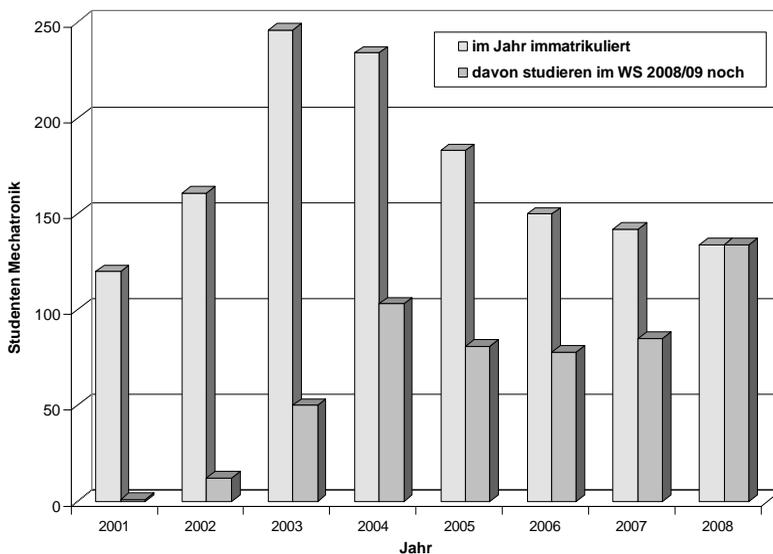
Studienanfänger im Studiengang Maschinenbau der Fakultät Maschinenwesen (1. Semester)



Studierende in der Studienrichtung Produktionstechnik (5. Sem.)



*Studierende in den Studiengängen Maschinenbau (oben) und Mechatronik
(im jeweiligen Jahr immatrikuliert und davon im Wintersemester 2008/09 noch studierend)*



3.2 Lehrangebot

3.2.1 Übersicht

Der Lehrstuhl Werkzeugmaschinen bietet die folgenden Module und Lehrveranstaltungen im Hauptstudium der Ausbildung zum Diplomingenieur (Dipl.-Ing.) an (konsekutive Studiengänge mit dem Abschluss Bachelor und Master sind in Vorbereitung):

Werkzeugmaschinen-Grundlagen

Pflichtmodul für die Studienrichtung Produktionstechnik im Studiengang Maschinenbau sowie Wahlpflichtmodul für die Studienrichtung Holz- und Faserwerkstofftechnik und die Studiengänge Wirtschaftsingenieurwesen und Höheres Lehramt an berufsbildenden Schulen mit den Lehrveranstaltungen

- Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme
- Vorrichtungskonstruktion

Werkzeugmaschinen-Entwicklung

Wahlpflichtmodul für den Studiengang Maschinenbau sowie Pflichtmodul für die Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung mit den Lehrveranstaltungen

- Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Funktionell relevantes Systemverhalten und Beispiele mechatronischer Anwendungen
- Baugruppengestaltung
- Elektrische Antriebe
(seit Auflösung der Dozentur Fertigungssysteme und Betriebsmittel im April 2006 wird die entsprechende Lehrveranstaltung der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik genutzt)

5. Sem.	WZM-GRUNDLAGEN (6 SWS)	
	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Bewegungsgeführte Maschinensysteme/ Systemcharakter und Komponenten (2/1/0) </div> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px;"> Konzeptioneller Entwurf (0/1/0) </div>	
6. Sem.	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px;"> Vorrichtungskonstruktion (1/1/0) </div>	
8. Sem. (6. Sem.)	WZM-STEUERUNG (8 SWS)	WZM-ENTWICKLUNG (14 SWS)
	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px;"> Funktions- steuerung (3/0/2) </div>	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px;"> Bewegungsgef. Maschinensyst./ Verhaltensanalyse und Anwendungen (4/1/2) </div>
9. Sem.	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px;"> Bewegungs- steuerung (2/0/1) </div>	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Baugruppengestaltung (2/1/1) </div> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px;"> Elektrische Antriebe (2/1/0) </div>

Lehrangebot des IWM für die Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung

Werkzeugmaschinen-Steuerung

Wahlpflichtmodul für den Studiengang Maschinenbau sowie Pflichtmodul für die Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung mit den Lehrveranstaltungen

- Funktionssteuerung
- Bewegungssteuerung

Bewegungsgeführte Maschinensysteme

Wahlpflichtmodul für den interdisziplinären Studiengang Mechatronik mit den Lehrveranstaltungen

- Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme
- Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Funktionell relevantes Systemverhalten und Beispiele mechatronischer Anwendungen

7. Sem.	<p><i>Bewegungsgeführte Maschinensysteme (10 SWS)</i></p> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme (2/1/0)</p> </div>
8. Sem.	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">Funktionell relevantes Systemverhalten und Beispiele mechatronischer Anwendungen (4/1/2)</p> </div>

Lehrangebot des IWM für den Studiengang Mechatronik

Werkzeugmaschinenseminar

Fakultative Lehrveranstaltung zur Vorstellung und Diskussion aktueller werkzeugmaschinenrelevanter Themen aus Lehre, Forschung und Praxis.

Nr.	Modul und ggf. Lehrveranstaltungen	Semesterwochenstunden (V / Ü / P)					
		Σ	5. Sem.	6. Sem.	7. S.	8. Sem.	9. Sem.
Pflichtmodule							
1	Grundlagen der Mess- und Automatisierungstechnik	6	201 P, Pr	201 P, Pr (F)	F A C H P R A K T I K U M		
2	Arbeitswissenschaften/Betriebswirtschaftslehre - Arbeitswissenschaft/Technische Betriebsführung - Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre	5	200 P	(F) 210 P			
3	Werkzeugmaschinenentwicklung/Grundlagen - Grundlagen der Werkzeugmaschine/ Systemcharakter und Komponenten bewegungs- geführter Prozesse und Systeme - Vorrichtungskonstruktion	6	310 B, P	(F) 110 B			
4	Fertigungstechnik II - Zerspan- u. Abtragtechnik - Umformtechnik - Oberflächen- und Schichttechnik	6	F 110 110 110				
5	Produktionssysteme - Automatisierung u. Messtechn. - Produktionsautomatisierung - Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung	5	100	(F) 110 B, P 002 P, Pr			
6	Maschinendynamik und Mechanismentechnik - Maschinendynamik - Mechanismentechnik	6	210 P	(F) 210 P			
7	Produktionstechnisches Praktikum	2		002 L			
Summe Pflichtmoduler		36	19	17			
Wahlpflichtmodule							
8	Werkzeugmaschinenentwicklung - Bewegungsgeführte Maschinensysteme/ Verhaltensanalyse und Anwendungen - Baugruppengestaltung - Elektrische Antriebe	14				412 P, Pr 211 P 210 P	
9	Werkzeugmaschinensteuerung - Funktionssteuerung - Bewegungssteuerung	8				302 P, Pr 201 P, Pr	
10	Technisches Wahlpflichtmodul	4				4 F	
11	Nichttechnisches Wahlpflichtmodul	4				4 F	
Summe Wahlpflichtmodule		30				20	
Studienarbeiten u. sonst.							
Interdisziplinäre Projektarbeit (max. Laufzeit 6 Mon.)		300 h			PA		
Großer Beleg (max. Laufzeit 6 Mon.)		500 h				PA	
Exkursionen		Teilnahme insgesamt mindestens 2 Tage					
Diplomarbeit (max. Laufzeit 4 Mon.)		im 10. Semester					

*Hauptstudienplan Studienrichtung Produktionstechnik,
Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung
(ab Immatrikulationsjahrgang 2003)*

3.2.2 Modul Werkzeugmaschinen-Grundlagen

3.2.2.1 Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme

Umfang

3 SWS (2/1/0)

Hörende

Studenten des 5. Semesters Studiengang Maschinenbau, Studienrichtung Produktionstechnik, Studienrichtung Holz- und Faserwerkstofftechnik und ohne den Beleg die Studiengänge Wirtschaftsingenieurwesen, Höheres Lehramt an berufsbildenden Schulen und Mechatronik (7. Semester)

Lehrender

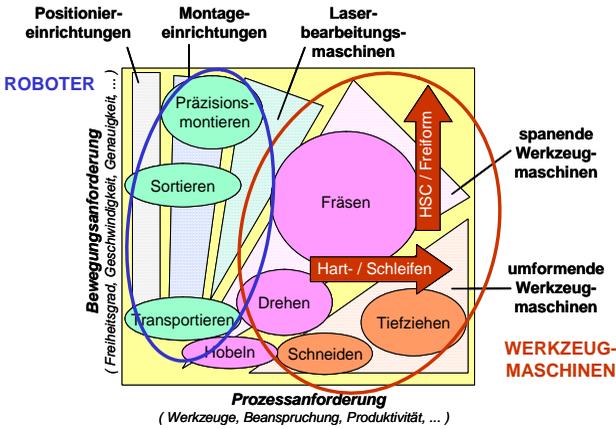
Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

Inhalt

Mechatronischer Systemcharakter bewegungsgeführter Prozesse und Maschinen

- Abgrenzung zwischen Handhabung und Bearbeitung
- Bearbeitungsprozesse und -maschinen
 - Einteilung, Definition u. Aufgaben der Werkzeugmaschinen
 - Beispiele aus der Blechumformung
 - Beispiele aus der Zerspanung
- Handhabungsprozesse und -einrichtungen
 - Definition, Aufgaben und Abläufe der Handhabung
 - Werkzeug- und Werkstück-Handhabung an spanenden Werkzeugmaschinen
 - Identifikation und Referenzierung von Körper-Koordinatensystemen
 - Erarbeitung von Handhabungslösungen am Beispiel automatischer Bearbeitung von flächigen und kleinen Holzformteilen auf dem Hexapod

- Innovationspotenziale und mechatronischer Systemcharakter
 - Innovation bei der spanenden Bearbeitung
 - Ein Beispiel: Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung (HSC)
 - Wirtschaftlichkeit und Innovation
 - Der Produktprozess
 - Die virtuelle Werkzeugmaschine
 - Innovation an Werkzeugmaschinen
- Praktische Maschinenkunde



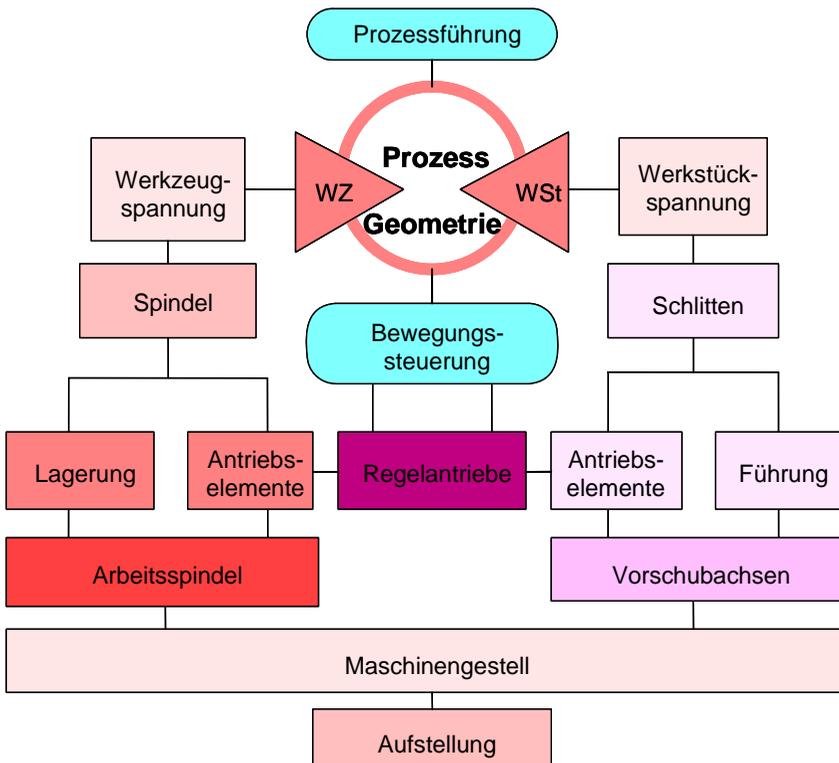
Prozess- und Bewegungsanforderungen für bewegungsgeführte Maschinensysteme



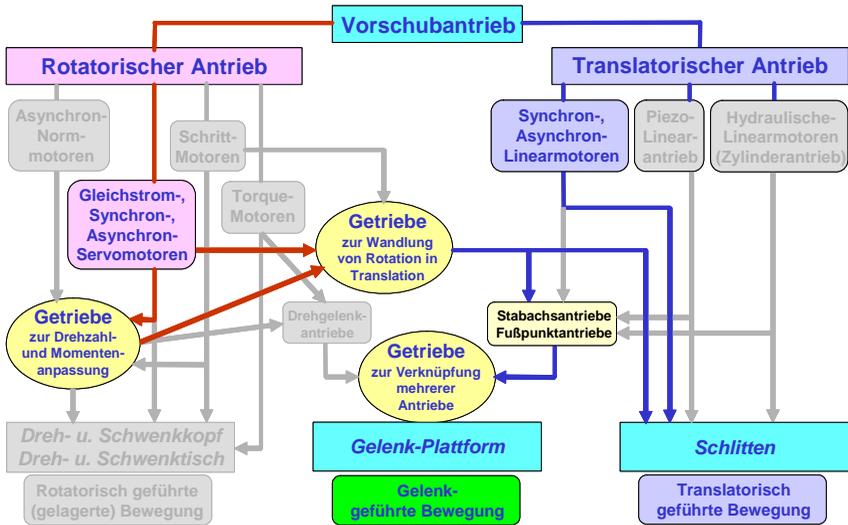
Innovation an Werkzeugmaschinen als Gestaltungsraum

Typische Teilfunktionen, Komponenten und Anforderungen

- Antriebssysteme
 - Hauptantrieb und Hauptspindel
 - Vorschubantriebe und geführte Baugruppen
- Steuerungssysteme
 - Funktions- und Ablaufsteuerung (SPS)
 - Bewegungssteuerung (CNC)
- Kinematik- und Gestellsysteme
 - Kinematik-Konzepte und Gestellstrukturen
 - Steifigkeitsorientierte Gestaltung



Systemstruktur und Komponenten der spanenden Werkzeugmaschine



Vorschubantriebe zur Bewegung geführter Baugruppen

3.2.2.2 Konzeptioneller Entwurf einer Werkzeugmaschine

Umfang

1 SWS (1/0/0)

Hörende

Studenten des 5. Semesters Studiengang Maschinenbau, Studienrichtung Produktionstechnik und Studienrichtung Holz- und Faserwerkstofftechnik

Lehrender

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

Dipl.-Ing. V. Möbius

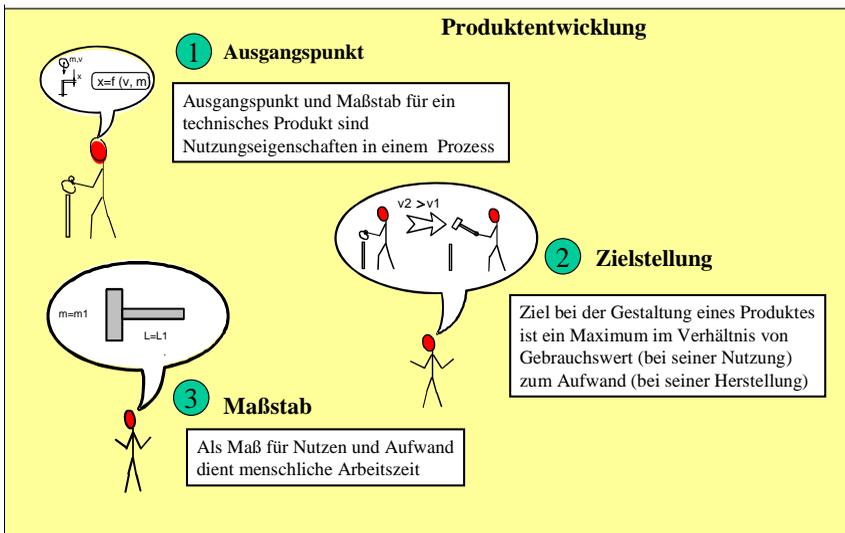
Inhalt

Mit Vorlesungsinhalt und anzufertigendem Beleg soll bei den Studenten erstes Verständnis für prinzipielles entwicklungs-methodisches Vorgehen bei der Produktentwicklung und für die dabei geltenden Bewertungsmaßstäbe erreicht werden. Das stützt sich auf Erfahrungen zu Defiziten bei Absolventen in der Fähigkeit, bei komplexen Konstruktionsaufgaben neben technischen Parametern auch angemessen und vergleichbar souverän mit wirtschaftlichen Kriterien umzugehen.

1. In der **Vorbereitung zum Beleg** wird herausgearbeitet, dass
 - das Ergebnis aller Technik an einem wirtschaftlichen Maßstab zu messen ist,
 - die Abschätzung der Wirkung einer technischen Entscheidung auf das wirtschaftliche Gesamtergebnis damit das einzig tragfähige Entscheidungskriterium darstellt,
 - entwicklungsbegleitende Kostenkalkulation für den Ingenieur genauso selbstverständlich sein muss wie der quantifizierte Nachweis der technischen Gestaltung.
2. Hinsichtlich der **methodischen Schritte** soll
 - der Schwerpunkt auf die Systemgestaltung in der Konzeptphase gelegt und die dort erfolgende "80 % -

Gesamtentscheidung" einer Entwicklung demonstriert werden,

- der Blick für die Bedeutung der Anwendungsprozesse durch die Definition einer Produktentwicklung als "schrittweise Informationspräzisierung zu einem System" geschärft werden,
- die gedankliche Beweglichkeit zur Innovationsfähigkeit gefördert werden.



Das Produkt als Gegenstand menschlicher Tätigkeit

3. Als **hervorgehobene Etappen** bei der Produktentwicklung und diesen Etappen zugeordnete Entscheidungsmeilensteine werden formuliert:

1. Die marktstrategische Zielstellung
2. Die technisch-wirtschaftliche Konzeption
3. Konstruktion mit technischer und wirtschaftlicher Dokumentation
4. Bau des Prototyps
5. Experimentelle Überprüfung des technischen Ergebnisses und Nachkalkulation

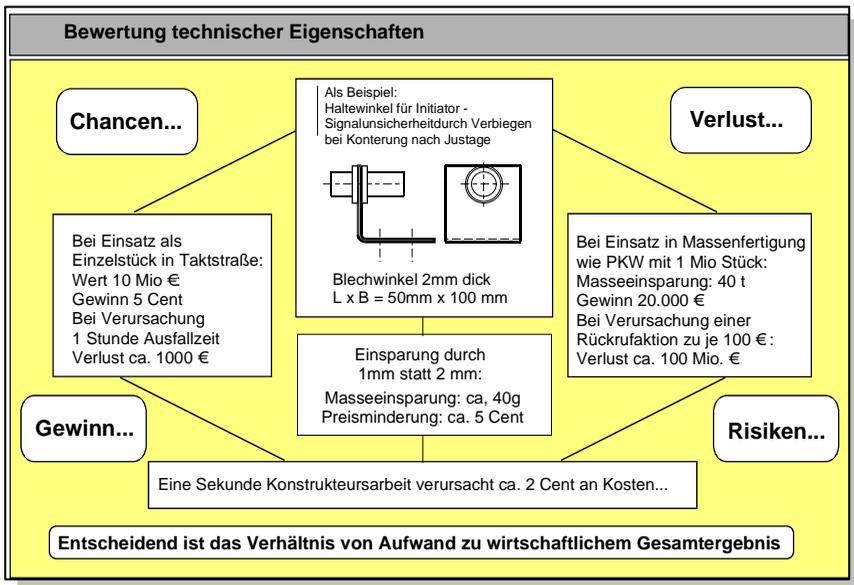
6. Überarbeitung zur Produktionsfreigabe

Dabei wird besonders die Bedeutung des Faktors Zeit herausgearbeitet.

Die Belegaufgabe beinhaltet unter einer angenommenen Ausgangssituation eines Unternehmens erste wichtige Schritte zur Innovation einer Fräsmaschine. Dazu erfolgt die Ausarbeitung von Dokumenten als Teilbeleg zur

- marktstrategischen Zielstellung,
- technisch-wirtschaftlichen Konzeption,
- Konkretisierung der Konzeption für eine Hauptbaugruppe.

Die Ergebnisse der Teilbelege werden jeweils von einigen Studenten in einem Rollenspiel als "Entwicklungsleiter des Unternehmens" vor den anderen Teilnehmern als "Vertreter der Geschäftsleitung" vorgetragen und sind in der Diskussion zu verteidigen.



Aufwand und Ergebnis

3.2.2.3 Vorrichtungskonstruktion

Umfang

2 SWS (1/1/0)

Hörende

Studenten des 6. Semesters Studiengang Maschinenbau,
Studienrichtung Produktionstechnik

Lehrender

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
Dipl.-Ing. G. Brzezinski

Inhalt

- Das System Werkzeugmaschine-Vorrichtung
 - Definition und Aufgabe der Werkzeugmaschine
 - Einordnung der Vorrichtung
 - Definition der Vorrichtung
 - Ausführungsbeispiele von Vorrichtungen
- Lagebestimmung des Werkstücks
 - Richtlinien
 - Bezugsebenen
 - Bestimmelemente
 - Toleranzbetrachtungen
 - Allgmeintoleranzen
- Spannen des Werkstücks
 - Spannprinzip
 - Ermittlung der Bearbeitungskräfte
 - Bestimmung von Betrag und Richtung der Spannkraft
 - Spannelemente
 - Mechanische Spannelemente
 - Keilförmige Spannelemente
 - Spannkeil
 - Spannschraube
 - Spannschraube
 - Spannschraube
 - Spannspiral
 - Spannspiral
 - Spannexzenter
 - Spannzange

- Spannhebelsysteme
 - Schubschwinge
 - Kurbelschwinge
- Mechanische Kraftübertragungselemente
 - Spanneisen
 - Winkelhebel
 - Niederzugspanner
 - Ausgleichsspanner
- Spannen mit Druckmedien
 - Hydraulik
 - Grundlagen der Hydraulik
 - Handbetätigte Spannhydraulik-Systeme
 - Druckluftbetätigte Spannhydraulik-Systeme
 - Spannhydrauliksystr. m. Motor u. Radialkolbenpumpe
 - Anwendungsbeispiele
 - Spannpneumatik / Anwendungsbeispiele
 - Spannen mit plastischen Medien / Anwendungsbeispiele
- Magnetische Spannmittel / Anwendungsbeispiele
- Werkzeugführungen
 - Zweck
 - Direkte Werkzeugführungen
 - Bohrbuchsen / Anwendungsbeispiele
 - Räumnadelführungen
 - Indirekte Werkzeugführungen / Werkzeugeinstellelemente
- Vorrichtungskörper
 - Gegossene Ausführung
 - Geschweißte Ausführung
 - Verschraubt/verstiftete Ausführung
- Teileinrichtungen
 - Längsteilen
 - Kreisteilen
 - Index- und Feststellelemente
- Vorrichtungsverschlüsse
- Aufnahme der Vorrichtung auf der Werkzeugmaschine
 - Konventionelle Aufnahme / Anwendungsbeispiele
 - Aufnahmen für die automatisierte Fertigung

3.2.3 Modul Werkzeugmaschinen-Entwicklung

3.2.3.1 Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Funktionell relevantes Systemverhalten und Beispiele mechatronischer Anwendungen

Umfang

7 SWS (4/1/2)

Hörende

Studenten des 8. Semesters Studiengang Maschinenbau, Studienrichtung Produktionstechnik, Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung sowie Studenten des 8. Semesters im Studiengang Mechatronik als Wahlpflichtfach aus der Gruppe "Anwendungen"

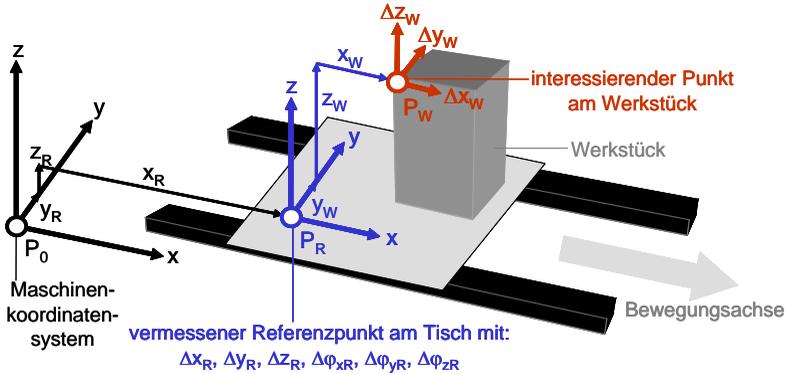
Lehrender

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
u. a.

Inhalt

Funktionell relevante Verhaltenseinflüsse und -beschreibung (Vorlesung und Übung)

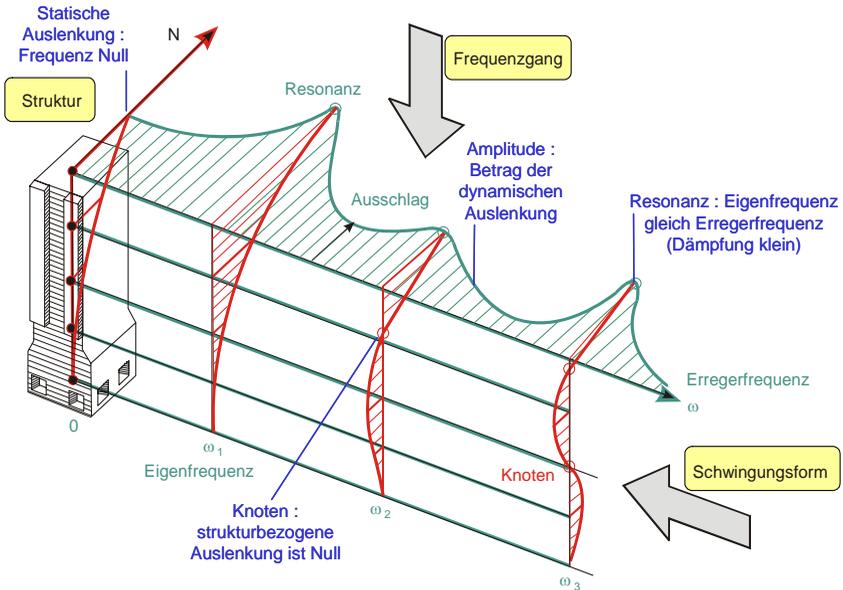
- Verhaltensbereiche und ihre funktionellen Einflüsse
- Geometrisch-kinematisches Verhalten
 - Prüfung im Rahmen der Maschinenabnahme
 - Genauigkeit im Bewegungsraum
- Linear-elastisches Verformungsverhalten
 - Grundlagen der linearen Strukturanalyse
 - Statisch und quasi-statisch bedingte Verformungen
 - Thermisch bedingte Verformungen
 - Dynamisch bedingte Verformungen im Frequenzbereich
- Nichtlineares Verhalten im Zeitbereich
 - Grundlagen der digitalen Simulation des Zeitverhaltens
 - Mechatronische Systemsimulation
 - Simulation instationärer thermischer Vorgänge



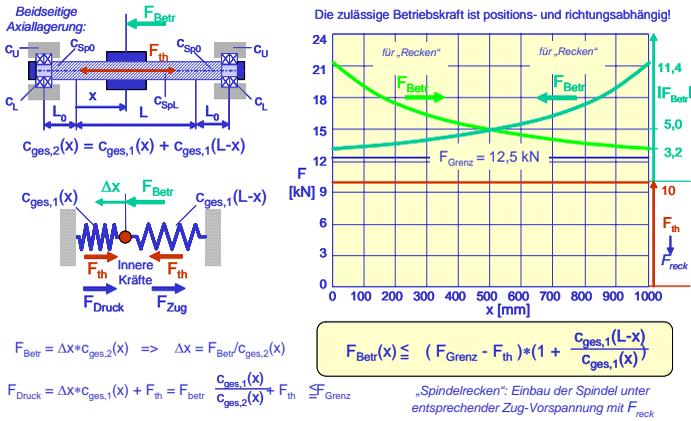
$$\{\Delta x(x_R)\}_{iW} = \{\Delta x(x_R)\}_R + [\Delta \Phi(x_R)]_R * \{X\}_W$$

$$\{\Delta x\}_W = \begin{Bmatrix} \Delta x_W \\ \Delta y_W \\ \Delta z_W \end{Bmatrix} \quad \{\Delta x\}_R = \begin{Bmatrix} \Delta x_R \\ \Delta y_R \\ \Delta z_R \end{Bmatrix} \quad \{X\}_W = \begin{Bmatrix} x_W \\ y_W \\ z_W \end{Bmatrix} \quad [\Delta \Phi]_R = \begin{pmatrix} 0 & -\Delta \phi_{zR} & \Delta \phi_{yR} \\ \Delta \phi_{zR} & 0 & -\Delta \phi_{xR} \\ -\Delta \phi_{yR} & \Delta \phi_{xR} & 0 \end{pmatrix}$$

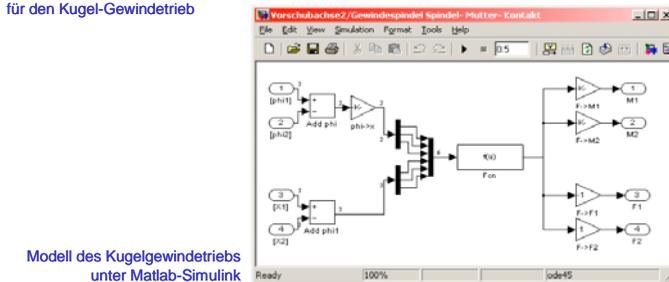
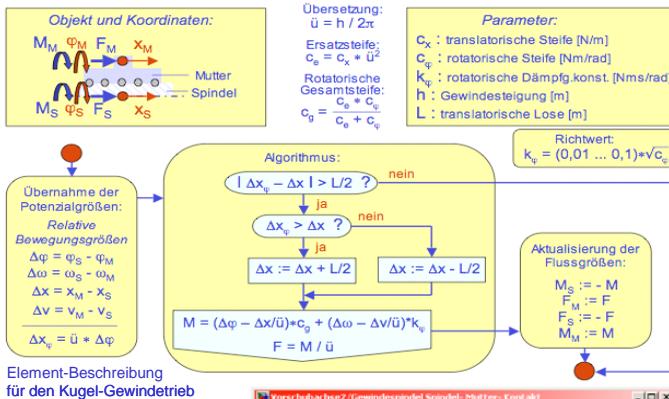
Räumliche Fehlerwirkungen bei Bewegung einer Achse



Veranschaulichung von Struktur, Schwingungsform und Frequenzgang



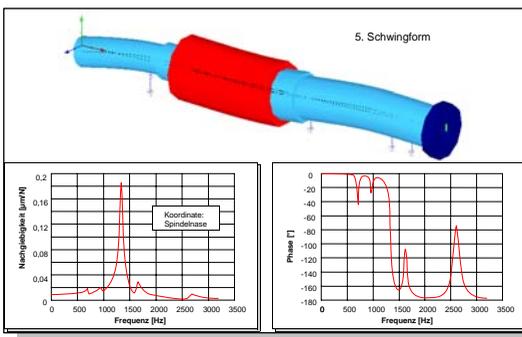
Betriebskraftgrenzen an der beidseitig axial gelagerten Gewindespindel unter thermischer Belastung



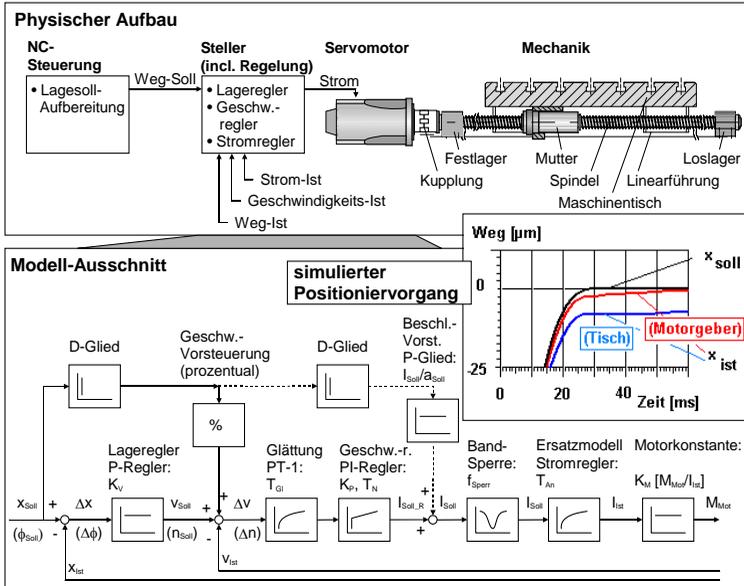
Modellbeschreibung und simulationsfähiges Modell des Mutter-Spindel-Kontakts

Beispiele mechatronischer Anwendungen (Praktikum)

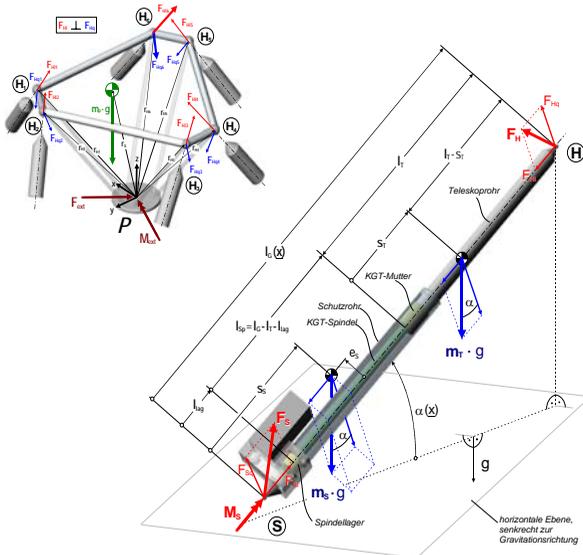
- Lage geregelter elektro-mechanischer Vorschubantrieb
 - Grundlagen Modellstruktur und Parametrierung
 - Simulationsmodell, virtuelle Inbetriebnahme
 - Grundlagen zur experimentellen Prüfung an Vorschubachsen
 - Positionierverhalten, praktische Achstests
- Piezoelektrische Stellantriebe
 - Grundlagen Piezo-Stapelaktoren und Modellierung
 - Beispiel: Piezoelektrischer Werkstücktisch zur Neigungs korrektur
 - Beispiel: Piezoelektrische Mikro-Achse zur Werkzeug-Verstellung
- Aktiv magnetisch gelagerte Werkzeugmaschinen-Hauptspindel
 - Spindelaufbau, Funktionsweise, Spindelmodellierung
 - Strukturanalyse Spindel, Statik und Dynamik
 - Grundlagen Regleraufbau und -modellierung
 - Modellgestützte Ansteuerung und Regelung
- Parallelkinematisches Bewegungssystem "Hexapod"
 - Gestaltungsgrundlagen, Aufbau, Arbeitsweise
 - Bewegungssteuerung, Transformation, Fehlereinflüsse
 - Achsinbetriebnahme und -kalibrierung
 - Grundlagen modellgestützte Fehlerkorrekturen
 - Bedienung, Kreistest mit und ohne Korrektur
 - Grundlagen kinematische Kalibrierung
 - Kalibrierung mit Double Ball Bar (DBB)



Dynamikanalyse an einer Motorspindel (Praktikum)



Simulation Positioniervorgang einer NC-Achse (Praktikum)



Modell zur Aufstellung der Gleichgewichtsbedingungen am Hexapod für die Ermittlung der inneren Lasten (Praktikum)

3.2.3.2 Baugruppengestaltung

Umfang

4 SWS (2/1/1)

Hörende

Studenten des 9. Semesters Studiengang Maschinenbau, Studienrichtung Produktionstechnik, Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung

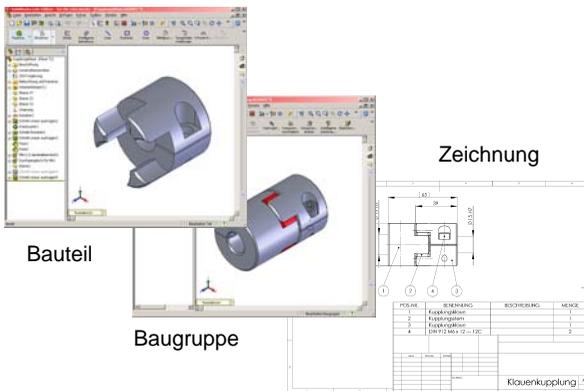
Lehrender

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
u. a.

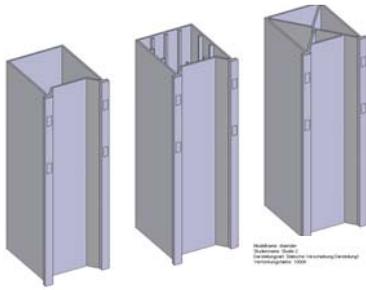
Inhalt

Anwendung von CAD zur Baugruppengestaltung

- Stand und Tendenzen der Anwendung von CAD in der Werkzeugmaschinen-Entwicklung
- Parametrische 3D-CAD-Beschreibung
- Einzelteile und Parametrierung, Kenngrößenermittlung
- Baugruppen, Strukturierung, Stücklisten
- Zusammenstellung, Darstellungsweisen, Varianten
- Kopplung von CAD und FEM

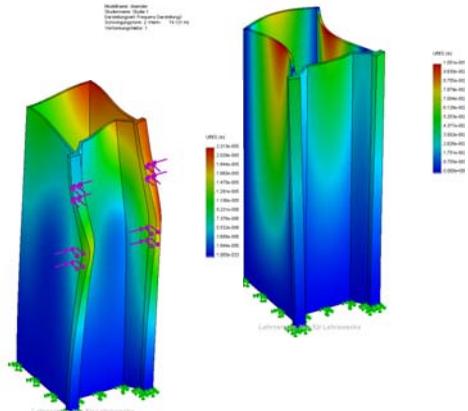


Modellierungsgrundlagen



Ableitung des Berechnungsmodells

statische und dynamische Analyse



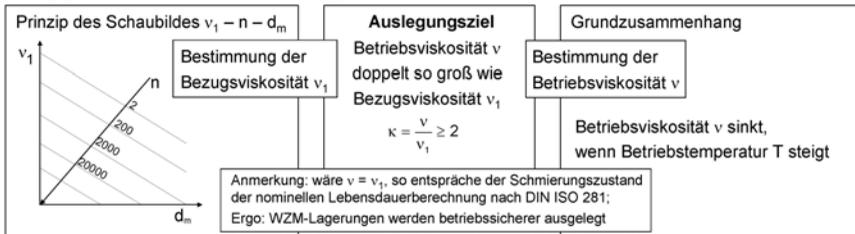
Modellvarianten und -analyse

Lagerungen und Hauptspindeln

- Gestaltung der Wälzlagerung von Hauptspindeln
- Integration von Hauptspindel und Antrieb
- Schmierung von wälzgelagerten Hauptspindeln
- Integration von Spannsystemen in die Spindel
- Alternative Hauptspindel-Lagerungen

Zusammenfassung der EHD-Theorie in Schaubildern:

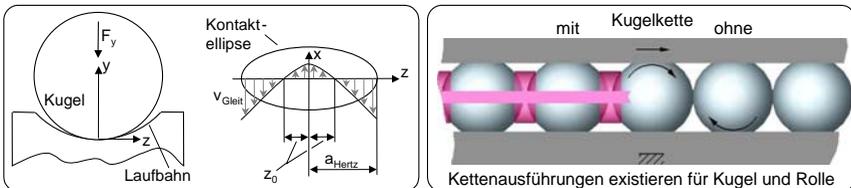
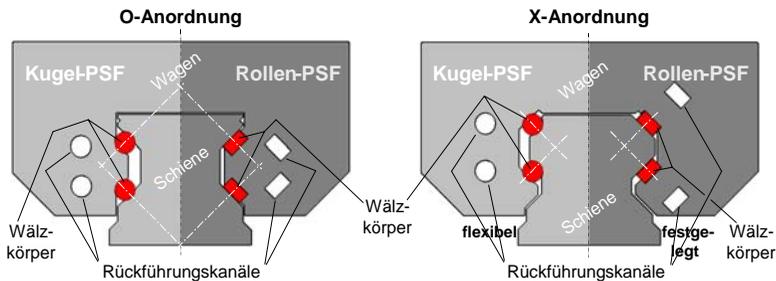
- Angabe einer kin. Bezugviskosität v_1 als Funktion des mittl. Lagerdurchmessers d_m und der Drehzahl n
- Angabe der kin. Betriebsviskosität v als Funktion der Temperatur und der vom Schmierstoffhersteller angegebenen kin. Grundölviskosität $v_{40^\circ C}$ bei $40^\circ C$



Wahl von Schmierstoffen für wälzgelagerte Spindeln

Führungen und Vorschubachsen

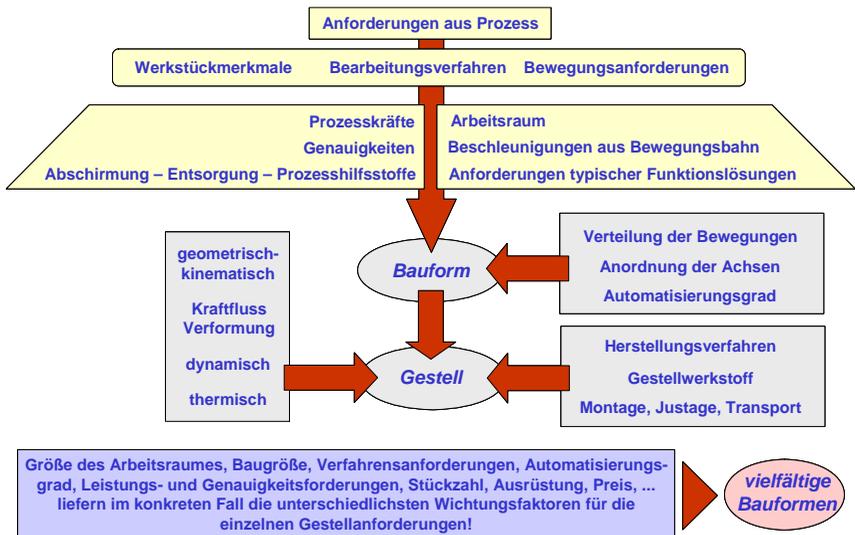
- Antriebsvarianten, Gewindetriebe und deren Lagerungen
- Aufbau, Arten und Einsatz von Profilschienen-Führungen
- Montage und Betriebsbedingungen von Profilschienen-Führungen
- Experimentelle und modellgestützte Analyse von Profilschienen-Führungen
- Linear-Messsysteme, Dichtungs- und Abdeck-Systeme
- Eigenschaften u. Anwendungsbereiche alternativer Führungen



Profilschienen-Führungen (PSF) für Vorschubachsen

Strukturen und Baugruppen von Gestellen

- Gestaltungsprinzipien für den Strukturaufbau und Gestellkonzepte
- Charakteristik der Baugruppen der Bewegungsbasis (Betten, Ständer, ...)
- Charakteristik d. bewegten Baugruppen (Schlitten, Schieber, ...)
- Verschraubte Verbindungsstellen



Ablauf und Gesichtspunkte zur Gestellgestaltung

3.2.4 Modul Werkzeugmaschinen-Steuerung

3.2.4.1 Funktionssteuerung

Umfang

5 SWS (3/0/2)

Hörende

Studenten des 8. Semesters Studiengang Maschinenbau, Studienrichtung Produktionstechnik, Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung

Lehrender

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
Dr.-Ing. B. Kauschinger
Dipl.-Ing. (FH) H. Kretzschmar

Inhalt (Vorlesung)

- Einführung
 - Entwicklungsgeschichte der Funktionssteuerung
 - Einteilung, Steuerungsarten
- Grundlagen
 - Abbild und Realität, Modelle als Basis zur Steuerung
 - Funktionelle Gliederung der Anlage
 - Grundsaltungen binärer Steuerungen
- Beschreibungsmittel
 - Programmiersprachen
 - Zustandsgraphen, Petrinetze
 - IEC 61131
- SPS
 - Aufbau und Arbeitsweise
 - Ausführungsformen (Software, Hardware)
 - Programmiersprachen
 - Programmierung, Inbetriebnahmen, Programmtest

- Feldbusse
 - Kommunikation (OSI-Referenzmodell,
 - Busanbindung, Topologien
 - Buszugriffsmechanismen
 - Bussysteme (AS-interface, Interbus, CAN, ProfiBus, SERCOS)
- Sicherheit
 - Begriffe, Normen
 - Risikobeurteilung
 - Sicherheitskonzepte, Schutzarten
- Alternative Steuerungsansätze (CFS)

Programm-Organisations-Einheiten (POE):

- Funktionen
 - liefern für gleiche Eingangsgrößen immer gleiche Ergebnisse
 - instanzlos
- Funktionsbausteine
 - liefern für gleiche Eingangsgrößen **nicht** immer gleiche Ergebnisse, d.h. sie können speichernde Eigenschaften haben (Vorgeschichte)
 - Instantiierung nur innerhalb von Programmen oder anderen Funktionsbausteinen
- Programme
 - kapseln Funktionen und Funktionsbausteine
 - Instantiierung nur innerhalb von Ressourcen

Darstellung:

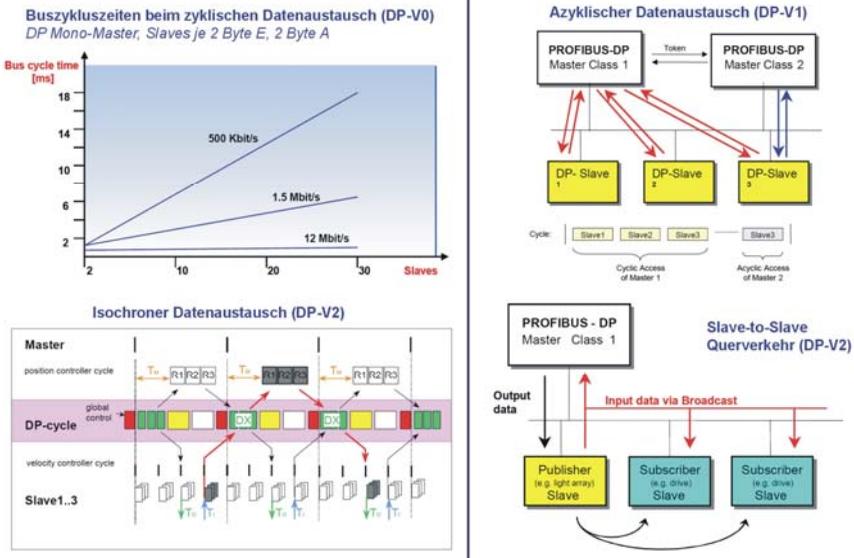
- Kopfbereich
 - Deklaration von Typen und Variablen
 - Definition von Ein- und Ausgangsgrößen
- Rumpf
 - Implementation in einer der 5 Sprachen

```

[* a) Textuelle Deklaration in ST-Sprache (siehe 3.3) *]
FUNCTION_BLOCK DEBOUNCE
(** External Interface **)
VAR_INPUT
    IN      : BOOL ;          (* Voreinstellung = 0 *)
    DB_TIME : TIME := t#10ms ; (* Voreinstellung = t#10ms *)
END_VAR
VAR_OUTPUT
    OUT : BOOL ;          (* Voreinstellung = 0 *)
    ET_OFF : TIME ;      (* Voreinstellung = t#0s *)
END_VAR
VAR
    DB_ON : TOF ;          (* Interne Variablen *)
    DB_OFF : TOF ;        (* " und FB-Instanzen *)
    DB_FF : SE ;
END_VAR
(** Funktionsbaustein-Rumpf **)
DB_ON(IN->IN, PT:=DB_TIME) ;
DB_OFF(IN->NOT IN, FT:=DB_TIME) ;
DB_FF(S1:=DB_ON.Q, R1:=DB_OFF.Q) ;
OUT := DB_FF.Q ;
ET_OFF := DB_OFF.ET ;
END_FUNCTION_BLOCK

[* b) Grafische Deklaration in FBD-Sprache (siehe 4.3) *]
FUNCTION_BLOCK
(** Außen-Schnittstelle *)
    BOOL---[IN] DEBOUNCE [OUT]---BOOL
    TIME---[DB_TIME ET_OFF]---TIME
(** Funktionsbaustein-Rumpf *)
    DB_ON DB_FF
    |---|---|
    |---|---|
    |---|---|
    IN---[IN Q]---[S1 Q]---OUT
    |---|---|
    |---|---|
    |---|---|
    DB_OFF
    |---|---|
    |---|---|
    |---|---|
    DB_TIME---[PT ET]---[ET_OFF]
    |---|---|
    |---|---|
    |---|---|
END_FUNCTION_BLOCK
    
```

Programmierung: IEC 61131 - Programmorganisationseinheiten

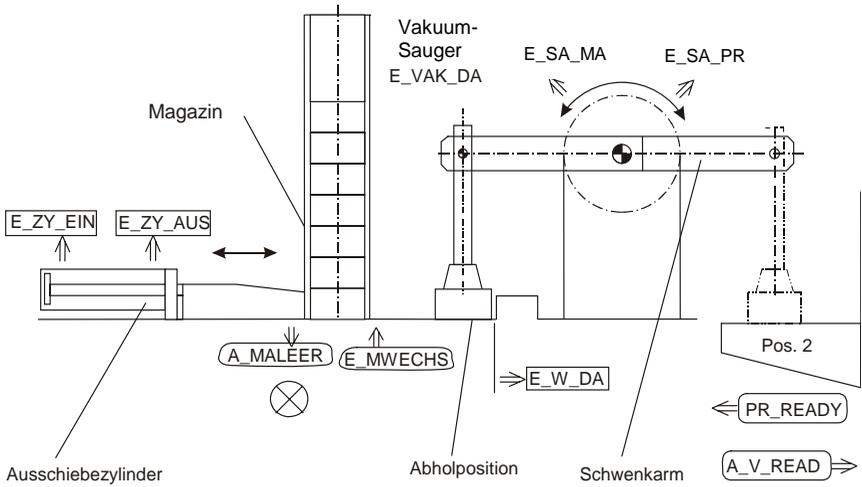


Feldbusse: ProfiBus DP - Leistungsstufen

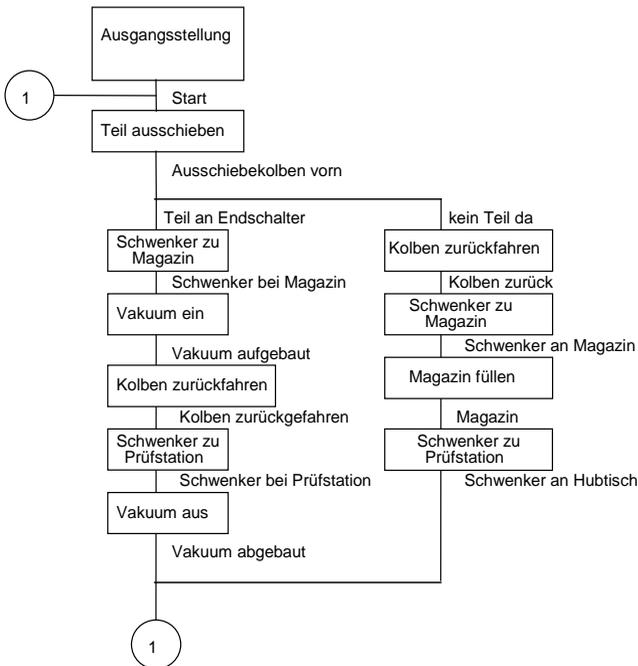
Inhalt (Praktikum)

Die Lehrveranstaltung umfasst ein Praktikum im Umfang von 2 SWS, in dessen Rahmen die Studenten die SPS eines Fertigungssystems, bestehend aus den Stationen Vereinzeln, Prüfen, Bearbeiten_1, Bearbeiten_2, Rundtaktisch und Lager, programmieren und an einem Modell des Systems testen (s. a. Punkt 2.2.4.13).

- Programmentwicklung für einen vorgegebenen Fertigungsablauf mit den Betriebsarten
 - Automatikbetrieb
 - Schrittbetrieb
 - Tippbetrieb
- Programmierung der Funktion jeder Arbeitsstation in Form einer Anweisungsliste (AWL)
- Synchronisation über den Master-Teil der SPS



SPS-gesteuertes Modell-Fertigungssystem - Station "Vereinzeln"



Prozessanalyse für die Station "Vereinzeln"

3.2.4.2 Bewegungssteuerung

Umfang

3 SWS (2/0/1)

Hörende

Studenten des 8. Semesters Studiengang Maschinenbau, Studienrichtung Produktionstechnik, Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung

Lehrender

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
Dr.-Ing. B. Kauschinger

Inhalt

- Einführung
 - Motivation
 - Steuerung und Automatisierung
 - Entwicklung der Rechentechnik und der NC-Technik
- Bewegungseinrichtungen
 - serielle, parallele und hybride Kinematiken
 - Freiheitsgrade
 - Bewegungsachsen
- Bahnerzeugung
 - Mathematische Grundlagen
 - Bahnvorbereitung (Satzverarbeitung, look-ahead, Ruckbegrenzung)
 - Interpolation (Bahn-, Geschwindigkeits-, Beschleunigungs-führung)
- NC-Programmierung
 - Programmierverfahren
 - DIN-ISO 66025 (G-Code)
 - STEP-NC, Roboterprogrammierung

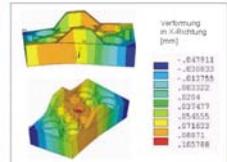
- Aufbau und Komponenten von NC-Steuerungen
 - Bedienoberflächen
 - Antriebe
 - Messsysteme
 - Antriebsregelung
- Antriebskommunikation
 - Schnittstellen, Protokolle
 - SERCOS-interface
- Bewegungsgenauigkeit
 - Ursachen
 - Korrektur
 - Kalibrierung

Bewegungseinrichtungen:

- **Kinematik:**
 - Seriell / parallel / hybrid
 - statisch bestimmt / überbestimmt
 - redundante Achsen



Seilkonzeption
(parallel, statisch überbestimmt)



Statisch überbestimmter Stoßel



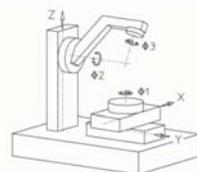
Hexapod (parallel)



Tricept (hybrid)

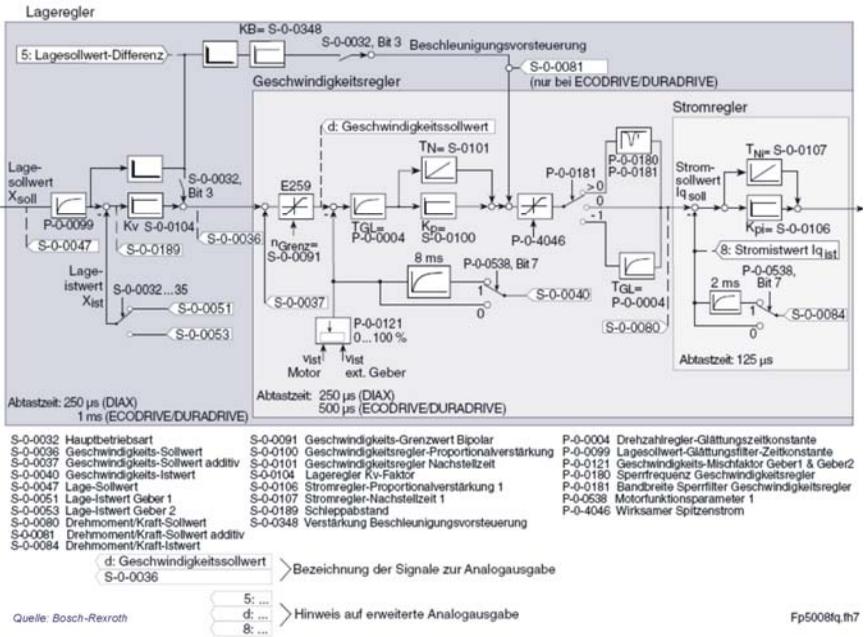


Industrieroboter (seriell)



Werkzeugmaschine (seriell)

Bewegungseinrichtungen: Kinematiken



Antriebsregelung: Regelkreisstruktur an einem SERCOS-Antrieb

3.2.5 Modul Bewegungsgeführte Maschinensysteme

3.2.5.1 Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme

Umfang

3 SWS (2/1/0)

Hörende

Studenten 7. Semesters im Studiengang Mechatronik als Wahlpflichtfach aus der Gruppe "Anwendungen"

Lehrender

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
u. a.

Inhalt

Der Inhalt ist identisch zu Punkt 3.2.2.1

3.2.5.2 Funktionell relevantes Systemverhalten und Beispiele mechatronischer Anwendungen

Umfang

7 SWS (4/1/2)

Hörende

Studenten 8. Semesters im Studiengang Mechatronik als Wahlpflichtfach aus der Gruppe "Anwendungen"

Lehrender

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
u. a.

Inhalt

Der Inhalt ist identisch zu Punkt 3.2.3.1

3.2.6 Werkzeugmaschinen-Seminar

Umfang

1 SWS (1/0/0)

Teilnehmer

- Studenten der Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung
- Mitarbeiter des Instituts für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik
- Gäste

Leitung

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

Dipl.-Ing. G. Brzezinski

Inhalt

Vorstellung und Diskussion aktueller werkzeugmaschinenrelevanter Themen aus Lehre, Forschung und Praxis.

Im Berichtszeitraum fanden folgende Seminare statt:

Jahr 2007

- H. v. Biedersee, R. Silze
(MTS Sensor Technologie GmbH & Co. KG Lüdenscheid)
Magnetostriktive Positionssensoren
- L. Neidhardt (IWM)
FEM-gestützte Analyse von Profilschienenführungssystemen
- M. Fuchs (igus GmbH Köln)
Energiekettenauswahl leicht gemacht - Beispiele an Werkzeugmaschinen
- M. Riedel (IWM)
Mess- und Richtzentrum - Projektergebnisse

- L. Penter (IWM)
Simulation von Umformprozessen
- H. Rudolph (IWM)
Ein Beitrag zur Analyse der nichtlinearen Systemdynamik in der Entwurfsphase von Fertigungseinrichtungen der spanenden und umformenden Technik
- G. Danz
(Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG
Pfungstadt)
Integriertes Auswuchten erhöht die Wirtschaftlichkeit beim HSC-Fräsen



Vorträge von Industrievertretern sind immer von besonderem Interesse für Studenten und Mitarbeiter

Jahr 2008

- L. Neidhardt (IWM)
Einflüsse auf experimentell ermittelte dynamische Tragzahlen von Profilschienenführungen
- Dr. A. Mühl (IWM)
Abzugs-, Schneid- und Stapelsystem für das Weben von Spacer Preforms
- Dr. J. Mehnert
(NILES SIMMONS Industrieanlagen GmbH Chemnitz)
NILES SIMMONS - Unternehmen und Produkte

3.2.7 Unterstützung der Lehre an anderen Bildungseinrichtungen

Berufsakademie Sachsen Staatliche Studienakademie Riesa

Fach Werkzeugmaschinen

Lehrender Dr.-Ing. A. Mühl

Steinbeis-Hochschule

Fach Kompetenzstudium Produktionstechnik

Lehrender Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
Dipl.-Ing. V. Möbius
Dipl.-Ing. (FH) H. Kretzschmar

3.3 Studien- und Diplomarbeiten

3.3.1 Interdisziplinäre Projektarbeit

Umfang

300 Stunden, Laufzeit 6 Monate

Teilnehmer

Studenten des 6. bis 9. Semesters der Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung und des Studiengangs Mechatronik

Leitung

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

Inhalt

Mit der Interdisziplinären Projektarbeit wird die Fähigkeit zur Teamarbeit und insbesondere zur Entwicklung, Durchsetzung und Präsentation von Konzepten nachgewiesen. Hierbei soll der Student zeigen, dass er an einer größeren Aufgabe Ziele definieren sowie interdisziplinäre Lösungsansätze und Konzepte erarbeiten kann. Die Themen leiten sich aus den aktuellen Forschungsprojekten des IWM ab.

3.3.2 Großer Beleg

Der Große Beleg wird während des 9. Semesters mit einem geplanten Zeitaufwand von 500 Stunden bearbeitet (Laufzeit 6 Monate). Er ist als selbständige wissenschaftliche Arbeit während des Studiums konzipiert und stellt die unmittelbare Vorstufe der Diplomarbeit dar. Die Themen der Belegarbeiten werden aus den laufenden Forschungsprojekten des Lehrstuhls ausgewählt. Abschluss des Beleges ist die Verteidigung.

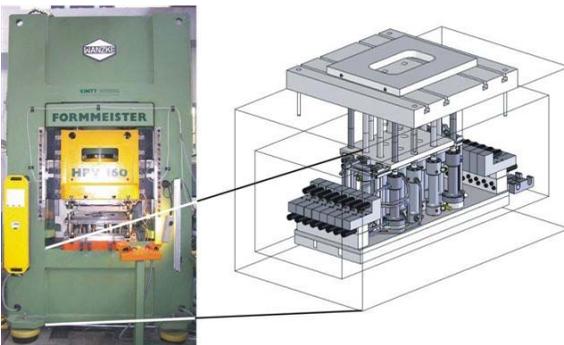
Jahr 2007

Ullrich, Markus	Entwicklung und Parametrierung eines Simulationsmodells zur Berechnung der dynamischen Kräfte im Kettfadenstrang einer Webmaschine
-----------------	--

- Paul, Michael Erweiterung des Simulationsmodells eines Lineardirektantriebs um die von Permanentmagneten des Sekundärteils verursachte Kraftwirkung auf das Primärteil des Motors
- Lu, Yigiang Entwicklung einer Softwarelösung zur Anwendung von Superelementen und Substrukturtechniken bei der Simulation von Blechumformprozessen
- Labbé, Laurent Entwicklung spezieller SPS-Algorithmen für neue Steuerungsansätze

Jahr 2008

- Höfer, Hubert Entwicklung und Implementierung eines dynamischen Fräskraftmodells
- Schenke, Christer Entwicklung einer Vielpunktzieheinrichtung zur Nachrüstung an der Wanzke HPV 160
- Krauß, Sebastian Erarbeitung eines Demonstrationsbeispiels für eine entwicklungsmethodisch begründete Funktionsnotation
- Xu, Yiliang Programmierung des Touchpanels im SPS-Labor des IWM
- Kalisch, Sebastian Exzentrische Gelenke für einen Hexapod einfacher Bauart



Vielpunktzieheinrichtung [Großer Beleg Chr. Schenke]

3.3.3 Diplomarbeit

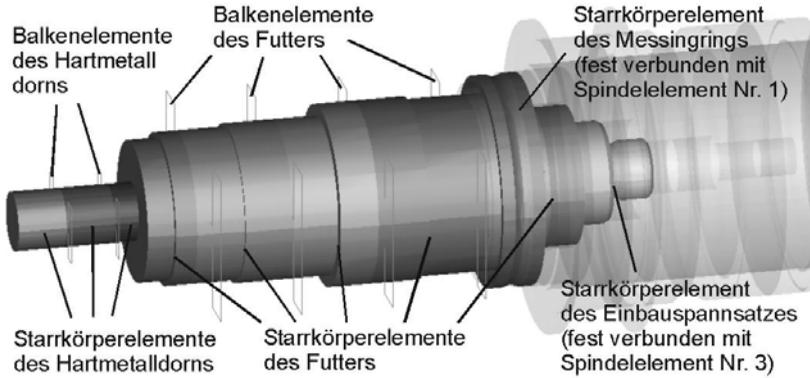
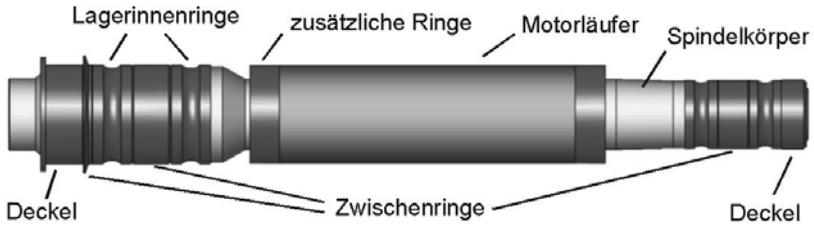
Nach erfolgreichem Abschluss aller Prüfungen erfolgt im 10. Semester die Anfertigung der Diplomarbeit (Bearbeitungszeit 4 Monate). Die Themen der Diplomarbeiten werden aus den aktuellen Forschungsprojekten des Lehrstuhls ausgewählt. Jede Arbeit wird zum Abschluss durch den Diplomanden verteidigt.

Jahr 2007

- Grismajer, Martin Modellierung, Parametrierung und experimentelle Modellvalidierung des dynamischen Nachgiebigkeitsverhaltens einer Frässpindel als Abbild des Maschinenverhaltens zur Berechnung von Ratterkarten
- Großmann, Kay K. Entwurf einer Datenbasis, eines Entwicklungs-Werkzeuges und eines Visualisierung-Werkzeuges für die Funktionsnotation einer technischen Anlage
- Zabel, Stefan Analytische Berechnung von Stabilitätskarten für das Fräsen unter Berücksichtigung des Einflusses der Spindelrotation
- Paul, Michael Experimentelle Untersuchungen und Erarbeitung eines Lösungsansatzes zur adaptiven Parametrierung eines Feder-Dämpfer-Systems zur Impulskopplung

Jahr 2008

- Lu, Yigiang Umstellung der Längsschlittenführung einer Flachbett-Drehmaschine auf Profilschienenführungen (PSF) - Konzipierung, Dimensionierung
- Trueba, Jesus Algorithm for virtual adaption of topology of forming dies
- Trommer, Arnaud Untersuchung des thermischen Verhaltens von Werkzeug-Kernsystemen beim Konsolidieren von Spacer Fabrics



Frässpindelmodell [Diplomarbeit M. Grismajer]

3.4 Exkursionen

Mit unseren Exkursionen werden Studenten und Mitarbeiter mit dem Erzeugnisspektrum, den Aufgaben und Problemen der Erzeugnisentwicklung und -fertigung verschiedenartiger Unternehmen vertraut gemacht. Dafür wurden sowohl Betriebe der Großserien-/Massenproduktion als auch der Kleinserien/Einzel-fertigung besucht und großer Wert auf die Besichtigung der Fertigungs- und Erprobungsbereiche gelegt. Den neuesten Stand der Technik vermitteln die Messebesuche.

Teilnehmer der Exkursionen waren vor allem Studenten der letzten Semester der Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinen-entwicklung, der Studienrichtung Produktionstechnik und des Studiengangs Mechatronik. Aber auch interessierte Studenten anderer Semester und Fachrichtungen nutzten diese Gelegenheit für ihre berufliche Orientierung.



Exkursion 2008

19.09.2007

- **EMO 2007** (Exposition mondiale de la Machine Outil), Hannover
Die EMO Hannover war auch 2007 die größte und wichtigste Plattform für die Metallbearbeitung. Über 166.500 Fachbesucher aus mehr als 80 Ländern informierten sich über die Neuheiten in der Fertigungstechnik. 2.120 Aussteller aus 42 Ländern präsentierten ihre zukunftsweisenden Lösungen für die industrielle Produktion.

Das IWM organisierte eine Busfahrt nach Hannover, finanziell unterstützt vom Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e. V. (VDW).



Gruppenfoto vor dem Messebesuch

02.-05.04.2008

• **BMW Fahrzeugtechnik GmbH**, Krauthausen bei Eisenach

Das BMW Werk Eisenach gilt als eine der ersten Adressen für Großpresswerkzeuge und Karosserieblechteile. Die Eisenacher sind Spezialisten für Außenhautwerkzeuge und bieten Lösungen für anspruchsvolle und innovative Designs an.

Das Werk ist für die Herstellung von Werkzeugen für die Serien- und Nischenproduktion ausgerichtet sowie für Werkzeuge, die bei der Produktion hochqualitativer Kleinserien eingesetzt werden.

Die BMW Fahrzeugtechnik GmbH ist das kleinste deutsche BMW Werk mit ca. 250 Mitarbeitern und Auszubildenden. Der Jahresumsatz beträgt rund 50 Mio. EUR. Das Unternehmen ist Partner aller Fahrzeug produzierenden Werke der BMW Group einschließlich Rolls Royce.



Beim Übersichtsvortrag vor der Werksbesichtigung

- **SMS Meer GmbH**, Mönchengladbach

SMS Meer erstellt Gesamtanlagen für die wirtschaftliche Produktion und Fertigbearbeitung von Rohren der unterschiedlichsten Anspruchsgrade und Produktnormen.

Als Generalunternehmer ist SMS Meer Partner für Planung, Engineering, Fertigung, Montage und Inbetriebnahme, nicht nur von kompletten, schlüsselfertigen Rohrwerken zur Herstellung von nahtlosen und geschweißten Rohren und Anlagen und Maschinen der Kupfer- und Aluminiumindustrie sowie für das gesamte Spektrum der Profilwalzwerke, sondern auch für Gesenkschmiedeanlagen und Ringwalzmaschinen.

Das Unternehmen ist weltweit einziger Anbieter mit allen Kernmaschinen zur Herstellung und Weiterverarbeitung von Rohren.



In der Fertigung bei SMS Meer

- **METAV 2008**, Düsseldorf

Fest eingeplant im Exkursionsprogramm des IWM ist aller zwei Jahre die Messe für Metallbearbeitung, der Treffpunkt der europäischen Fachwelt, um sich über die neuesten Produkte, Trends und Innovationen zu informieren.

Mit dem Schwergewicht auf Werkzeugmaschinen, Fertigungssystemen, Präzisionswerkzeugen, automatisiertem Materialfluss, Computertechnologie, Industrieelektronik und Zubehör präsentiert sich in Düsseldorf das vollständige Spektrum der Metallbearbeitung - von Standardmaschinen für die Großserienfertigung bis hin zu anspruchsvollen Sonderlösungen.

Aber auch vielfältige Anregungen für die Anfertigung ihres Beleges "Vorrichtungskonstruktion" können sich unsere Studenten hier holen.



Auch hier darf das obligatorische Gruppenbild nicht fehlen ...

• Erlebnisbergwerk Merkers

Begrüßt von ehemaligen Bergleuten mit einem herzlichen "Glückauf" und nach einer Seilfahrt von 90 Sekunden im Förderkorb in eine Tiefe von über 500 Meter und weiteren 300 Metern nach unten im offenen Fahrzeug durch ein unendlich erscheinendes Labyrinth von Strecken und Abbaukammern erhält man Einblick in ein modernes Bergbauunternehmen und erfährt Wissenswertes über Geschichte, Entwicklung und Tradition des Kalibergbaus.

Von den zum Ende des Zweiten Weltkrieges hier eingelagerten Beständen Berliner Museen sowie Gold- und Devisenbeständen der Deutschen Reichsbank künden im historischen "Goldraum" leider nur noch interessante Requisiten, Bilder und Filmberichte ...



Auf Info-Tour 800 m unter Tage

• Kultur

Kulturell abgerundet wurde die Exkursion mit dem Musical "We Will Rock You" in Köln. Gewöhnungsbedürftig blieb trotz uriger und gemütlicher Kneipen der Altstadt allerdings das "Kölsch".



In einem Rock-Musical geht's schon mal etwas lauter zu ...



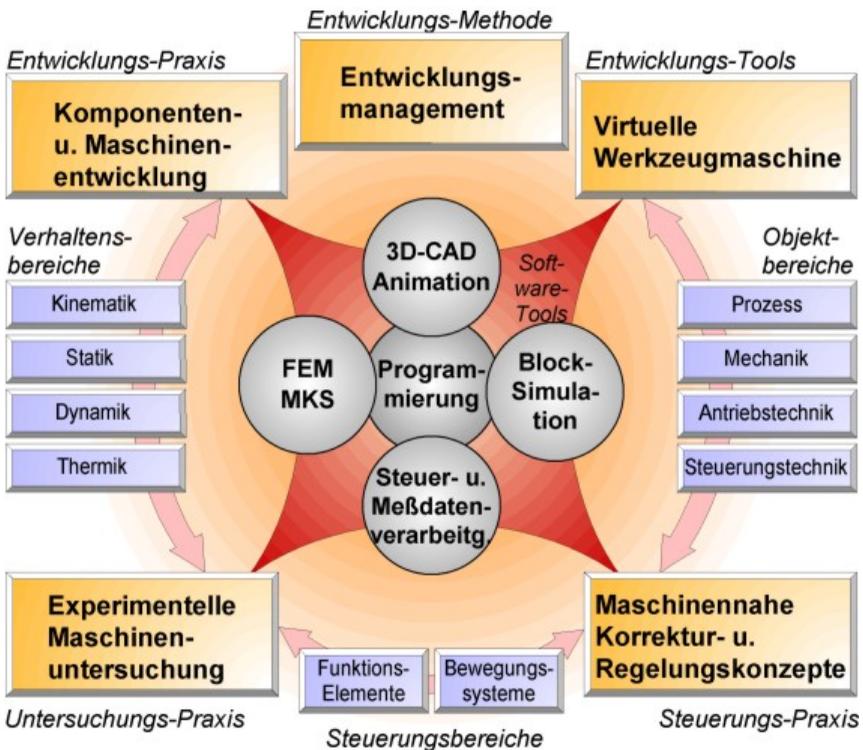
4 Forschung



4.1 Entwicklung der Forschung am IWM

Die Forschungsgebiete des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen umfassen die im Entwicklungsprozess zusammengehörenden Felder der mechanischen und steuerungsseitigen Maschinenkomponenten und die für Auslegung und Eigenschaftsnachweis relevanten rechnerischen und experimentellen Arbeitsmittel und -methoden.

Besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang dem "Virtual Prototyping" zu, der ganzheitlichen Abbildung der Maschine und ihres Verhaltens im Rechner. Hierdurch werden wesentliche Eigenschaften einer Neu- oder Weiterentwicklung bereits vor dem Bau des ersten Prototyps beurteilbar.



Als Ergebnis hochwertiger Projektanträge konnte die Anzahl bewilligter Projekte und damit das Drittmittelbudget zur Finanzierung der Forschung weiter erhöht werden (Bild 1).

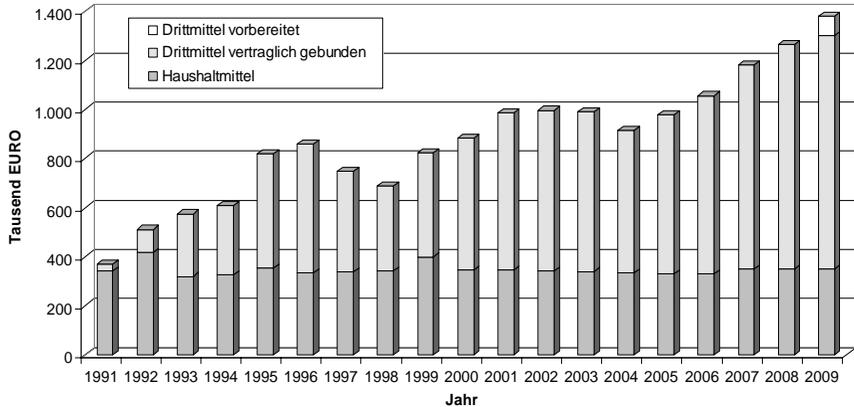


Bild 1: Budget des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen

Bei den Finanzierungsquellen wurde der Anteil der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) weiter gesteigert.

Der Anteil Forschungsmittel "Industrielle Gemeinschaftsforschung", vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF) finanziert, blieb etwa konstant.

Gleiches gilt für über das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanzierte Projekte.

Weiterhin eine untergeordnete Rolle spielten im Berichtszeitraum direkte Industrieprojekte und sonstige Finanzierungsquellen (Bilder 2 und 3).

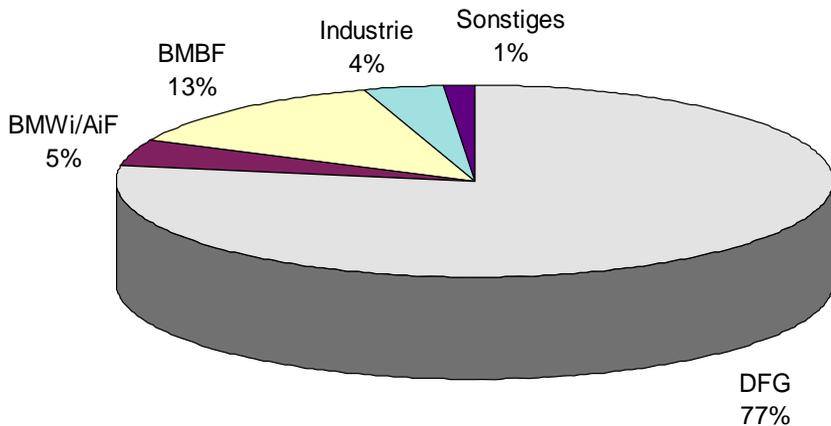


Bild 2: Anteile der Forschungsfinanzierung 2007/2008 (Drittmittel)

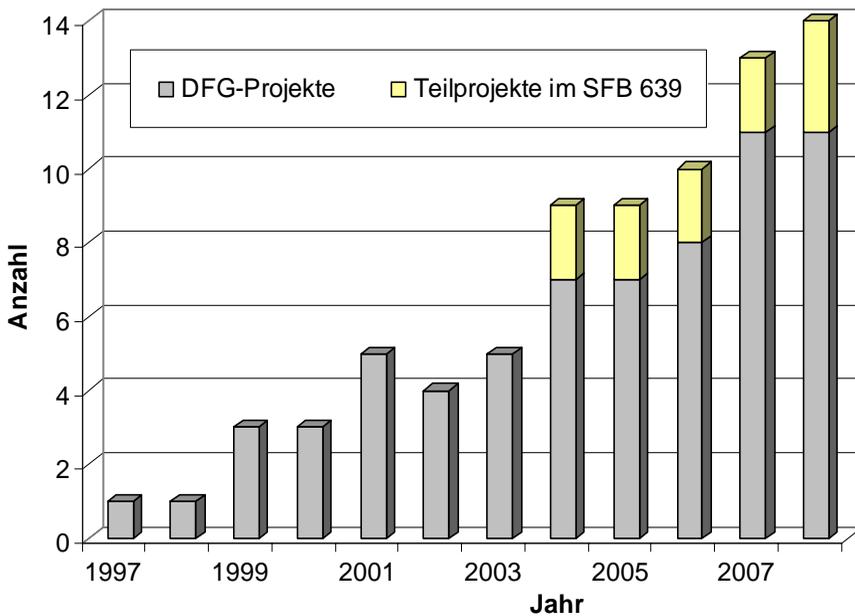


Bild 3: Anzahl bearbeiteter DFG-Projekte

4.2 Die aktuellen Forschungsschwerpunkte

Produktivität

Konzeptionelle Maschinenentwicklung:

- ganzheitliche Wirtschaftlichkeit
- funktionsorientierte Gestaltung
- entwicklungsmethodische Unterstützung (Kompakt-Präzisionsdrehmaschine, Hexapod einfacher Bauart, Lineardirektgetriebene Präzisions-Leichtbau-Fräsmaschine)

Virtuelle aktive Werkzeugmaschine:

- Modellierungs- und Simulationstechnologien für das prozessaktuelle Gesamtsystem unter einer Simulationsumgebung (Zerspanung, Umformung)

Prozessanalyse und -optimierung:

- Prozess-Simulation (WZ-WSt) unter Einfluss von Maschine, Antrieben und Steuerung
- Bearbeitungsergebnis (Maß, Form, Oberfläche)
- Stabilitätsanalyse
- thermische Analyse



Dynamik

Komponenten zur Steigerung der Bewegungsdynamik:

- Lineardirektantriebe (Impulskompensation)
- Profilschienenführungen (Lebensdauer)
- aktiv magnetisch gelagerte Spindel

Genauigkeit

Strukturmodellbasierte Fehlerkorrektur im Arbeitsraum:

- steuerungsgintegrierte Simulation des statischen und thermischen Verhaltens
- Kalibrierung kinematischer Modelle



Bewegungsvermögen

6 DOF im Arbeitsraum:

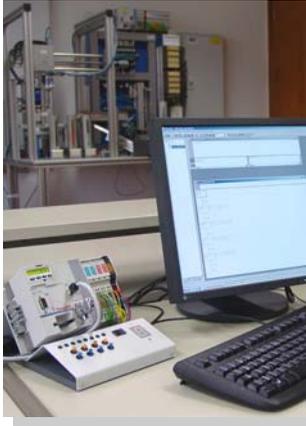
- Hexapod (Handling und Bearbeitung)
- Bahnplanung (Koordinatensysteme)
- Prozessführung (Regelungskonzepte)
- Kollisionsprüfung (Lagebestimmung)
- Fehlerkorrektur (Transformation)

Flexibilität

(Re-)Konfigurierbarkeit:

- funktionelle Modularisierung (Mechanik/Steuerung)
- Selbstinbetriebnahme (Steuerungsgintegration)
- Referenzierung (Lagebestimmung)





Automatisierung

Alternatives Steuerungskonzept:

- Datenaufbereitung und -abarbeitung zur Bewegungssteuerung
- entwicklungsbegleitende Definition der Funktionssteuerung (Prüfung, Steuerung, Überwachung, Diagnose)

Intelligenz

Funktionserweiterungen in der Maschinensteuerung:

- Messbahngenerierung (z. B. DBB) mit Messdatenerfassung und -verarbeitung
- Kalibrierung von Kamera-Modellen mit Bilderfassung und -verarbeitung
- Adaption exemplarischer Parameter



Die wissenschaftlichen Aktivitäten des Lehrstuhls finden ihren Ausdruck in den nachfolgend aufgeführten Forschungsprojekten.

Die Projektbearbeitung erfolgt in den drei Arbeitsgruppen

- Struktur- und Prozessanalyse
Leiter: Dr.-Ing. Andreas Mühl
- Steuerungstechnik
Leiter: Dr.-Ing. Bernd Kauschinger
- Umformtechnik/Arbeitsplanung
Leiter: Dr.-Ing. Hajo Wiemer

4.3 AG Struktur- und Prozessanalyse

4.3.1 Voraussetzungen zur reproduzierbaren Fertigung von textilen Preforms



Teilprojekt A4 im SFB 639 Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen

Laufzeit 01/2004 - 12/2011

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Andreas Mühl
Dipl.-Ing. Michael Löser

Kooperation Mitgliedsinstitute der TU Dresden im SFB 639

Zielstellung

Das Teilprojekt A4 des SFB 639 liefert in Verknüpfung mit den ebenfalls im SFB 639 laufenden Vorhaben A3 ("Textile spacer fabrics") und D4 ("Konstruktion und Verarbeitung") einen Beitrag zur Entwicklung einer Prozesskette, mit der neuartige spacer fabrics auf der Basis von Glasfaser-Polypropylen-Hybridgarn gewebt, abgezogen, zu Preforms zugeschnitten, gepuffert und thermisch verpresst werden können. Das Teilprojekt A4 führt die in der Basisphase des Projekts 2004 - 2007 entworfene und erfolgreich in Betrieb genommene neuartige Abzugs-, Schneid- und Stapleinrichtung für ebene spacer fabrics mit rechteckiger Öffnungsgeometrie zu einer technologisch reifen Lösung. Das Projekt entwickelt und testet ab 2008 angepasste Gerätetechniken für Abzug und Zuschnitt gekrümmter spacer-fabric-Strukturen mit variabler Öffnungsgeometrie. Weiterhin erfolgen Arbeiten zur Modellierung und Simulation der dynamischen Wechselwirkungen zwischen Fadensystemen und Antriebszügen der textilen Gerätetechnik zum Faltenweben und Abzug von spacer fabrics. Dieses zu entwickelnde Simulationswerkzeug dient der fundierten Stützung o. g. Entwicklungsarbeiten zu

angepassten Gerätetechniken und erlaubt deren modellgestützte Inbetriebnahme.

Lösungsweg

In der ersten Projektphase 2004 - 2007 wurde auf der Basis konstruktionsmethodischer Vorgehensweisen ein völlig neuartiges Abzugs-, Schneid- und Stapelsystem für ebene spacer fabrics mit rechteckiger Öffnungsgeometrie entwickelt und in Betrieb genommen; zugleich wurden erste Simulationsmodelle zur Prognose dynamischer Kettfadenkräfte im Gesamtsystem Webmaschine-Abzug entwickelt. In der genehmigten zweiten Phase 2008 - 2011 sind die Entwicklung und Anpassung der Gerätetechniken zum Abzug, Zuschnitt und Stapeln für ebene und einfach gekrümmte spacer fabrics mit variabler Öffnungsgeometrie geplant; der Lösungsweg hierzu gliedert sich in die Schritte

- (1) Finden und modellgestütztes Bewerten von Lösungsprinzipien
- (2) Konstruktion und Modifikation
- (3) Bau
- (4) Steuerungsentwicklung und
- (5) Inbetriebnahme.

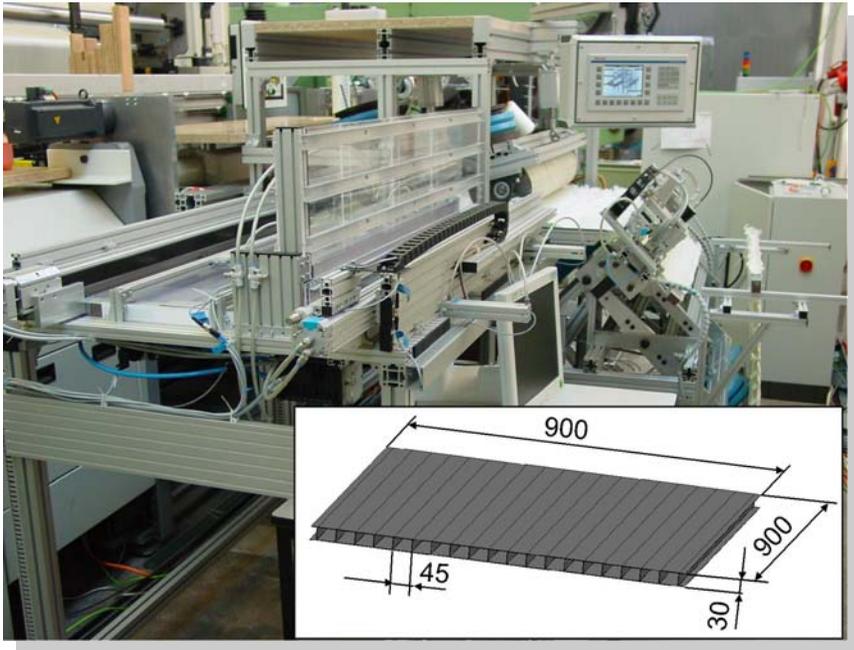
Begleitend hierzu sind Arbeiten zur Erlangung einer umfassenden Simulationsfähigkeit dynamischer Wechselwirkungen beim Weben und Abziehen von spacer fabrics vorgesehen; der Lösungsweg gliedert sich in die Schritte

- (1) Analyse der Systemkomponenten
- (2) Aufbau einer Modellstruktur
- (3) Parametergewinnung
- (4) Modellierung, Modellrechnung und Modellverifikation und
- (5) Entwicklung einer modellgestützten Inbetriebnahmestrategie.

Im Jahr 2008 konzentrierte sich die Arbeit im Teilprojekt A4 u. a. auf die konzeptionelle Entwicklung eines Schussfaden-Rückhaltesystems zur Erzeugung einfach gekrümmter spacer fabrics und auf die Modellierung der dynamischen Kraft zwischen Webblatt und Warenrand während des Blattanschlages.

Ergebnisse

Das *Bild* zeigt das im Teilprojekt A4 entwickelte Abzugs-, Schneid- und Stapelsystem für das Weben von spacer fabrics sowie die geometrischen Abmessungen der Spacer-Struktur aus der Basisphase des Projekts.



Abzugs-, Schneid- und Stapelsystem

4.3.2 Thermische Simulation des Konsolidierungsprozesses für Spacer Fabrics



**Vorhaben im Teilprojekt D4 des SFB 639
Textilverstärkte Verbundkomponenten für
funktionsintegrierende Mischbauweisen bei
komplexen Leichtbauanwendungen**

Laufzeit 01/2004 - 12/2011

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Günter Jungnickel
Dipl.-Ing. Steffen Rehn

Kooperation Mitgliedsinstitute der TU Dresden im SFB 639

Zielstellung

Im Teilprojekt D4 "Konstruktion und Verarbeitung" des Sonderforschungsbereichs 639 "Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen" stellt die thermische Konsolidierung der Spacer Fabrics einen Schwerpunkt dar. Aus der Konsolidierung räumlich aufgebauter Preforms und den geforderten kurzen Taktzeiten ergeben sich Probleme, die sich nur auf dem Wege der Simulation effektiv lösen lassen. Im vorliegenden Projekt wurde ein Simulationssystem für das im SFB 639 behandelte Musterwerkstück aufgebaut.

Lösungsweg

Die praktisch erreichbaren Prozesszeiten weichen erheblich von den theoretischen Werten einfacher Modellvorstellungen ab (*Bild 1*). Die Ursachen liegen im nichtlinearen Werkstoffverhalten, in den teilweise erheblichen Wärmekapazitäten der Leistungsquellen, Wärmeträger und Werkzeuge, in den Wärmeverlusten an die Umgebung, in den örtlichen Eigenschaften der Leistungsquellen, in den Temperaturunterschieden über dem Wandquerschnitt des Werkstücks und in Temperaturgrenzen auf der Wärmeübertragungstrecke. Alle diese relevanten Einflüsse müssen

im Simulationsmodell berücksichtigt werden. Ein Teil dieser Probleme wurde gesondert behandelt und als Korrekturlösung in das Simulationsmodell eingebracht. Für den zyklischen Konsolidierungsprozess nach *Bild 2* sind die einzelnen Phasen entsprechend der jeweiligen Anlagenkonfiguration und den konkreten thermischen Lastbedingungen im Simulationsmodell abzubilden. Bei der Berechnung der instationären Temperaturänderungen wird der Übergang von einer Phase zur nächsten mit dem Erreichen eines Temperaturkriteriums oder dem Ablauf einer technologisch bedingten Zeit ausgelöst. Die Rechnungen müssen bis in den quasistationären Zustand ausgeführt werden, denn erst hier liegen stabile Fertigungsbedingungen der Anlage vor. Dieser Zustand ist für die Gestaltung des technologischen Prozesses und die Leistungsauslegung und den Abgleich der Leistungsquellen maßgebend.

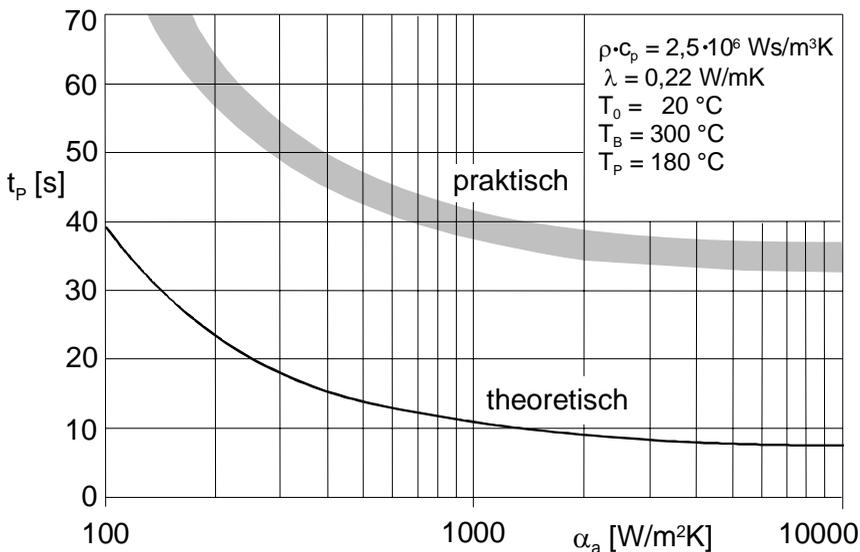


Bild 1: Erwärmungszeit des Musterwerkstücks

Ergebnisse

Es wurde ein Simulationssystem zur Lösung von Fragestellungen bei der thermischen Konsolidierung von Spacer fabrics aufgebaut. *Bild 3* zeigt beispielhaft die Temperaturverteilung im Werkstück nach Abschluss der Heizphase. Erste Ergebnisse lieferten die Leistungswerte zur Auslegung der Versuchsanlage. Im Zuge der laufenden Entwicklung wurde das Simulationssystem den konkretisierten Anlagendaten nachgeführt und weiter detailliert. Damit konnten zahlreiche Fragen hinsichtlich der thermisch optimalen Gestaltung der Detailkonstruktion des Werkzeugsystems beantwortet werden.

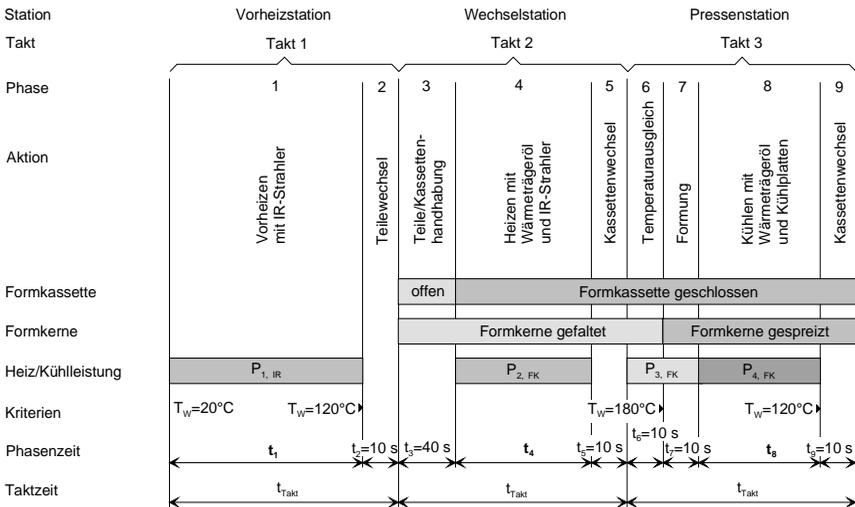


Bild 2: Prozess zur Konsolidierung von Spacer Fabrics

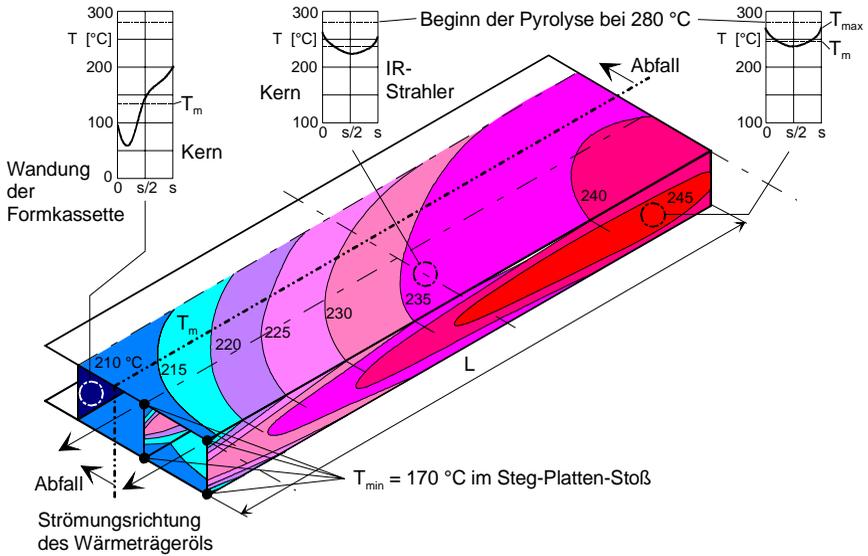


Bild 3: Temperaturverteilung im Werkstück nach Abschluss der Heizphase

4.3.3 Untersuchungen zu den Grenzwerten des Einsatzes adaptronischer Komponenten zur Impulskopplung von linearmotorgetriebenen Werkzeugmaschinenachsen unter veränderlichen strukturmehchanischen Umgebungsbedingungen

Laufzeit 06/2007 - 05/2009 (2. Fortsetzung)

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
SPP 1156 Adaptronik für Werkzeugmaschinen

Bearbeiter Dipl.-Ing. Jens Müller
Dr.-Ing. Günter Jungnickel

Kooperation FhG IWU Chemnitz, Außenstelle Dresden

Zielstellung

Ziel des Forschungsvorhabens sind Grundlagenuntersuchungen zur wirksamen Impulskopplung des Gestells einer Maschinenstruktur mit Lineardirektantrieb nach dem Funktionsprinzip der Lafette. Es soll nachgewiesen werden, dass der Ansatz fest eingestellter Feder-Dämpfer-Parameter den Erfordernissen strukturmehchanisch veränderlicher Maschinenstrukturen nicht gerecht wird. Im Ergebnis soll ein adaptronisch wirkendes Feder-Dämpfer-Element entwickelt werden, das sich variablen Steifigkeits- und Dämpfungsverhältnissen anpassen kann (*Bild 1*).

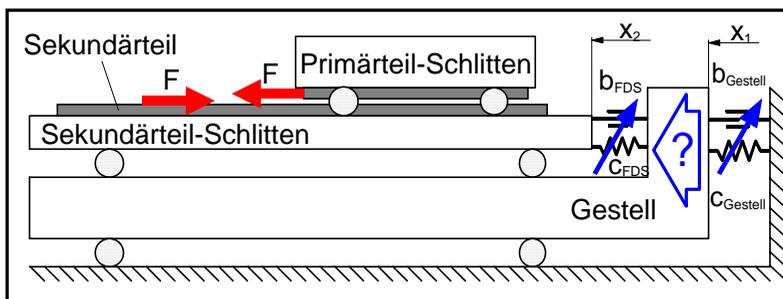


Bild 1: Grundprinzip der Impulskopplung mit adaptronischem Feder-Dämpfer-System

Lösungsweg

Es wurde zunächst ein vereinfachtes Simulationsmodell entwickelt, das eine Fräsmaschine in Gantry-Bauweise als Feder-Masse-System sowie die zugehörigen Regelkreise reduziert abbildet. Hiermit durchgeführte Variationsrechnungen belegen bereits, dass ein Feder-Dämpfer-System die Anregung des Gestells deutlich verringert und dass eine für die optimierten Parameter relevante Strukturabhängigkeit besteht. Weiterhin wurden Maschinentypen gesucht, die für den Einsatz eines Lineardirektantriebs geeignet sind, deren Genauigkeitsanforderungen und/oder anwendungsbedingte Anforderungen den erhöhten Aufwand einer Impulskopplung rechtfertigen und deren Gestellsteifigkeit sich über den Verfahrensweg mindestens einer Maschinenachse maßgeblich ändert. Für diese Maschinentypen wurden einfache FE-Modelle erstellt, die dann in einem für diese Bauformen repräsentativen Parameterbereich analysiert wurden. Zur experimentellen Verifizierung der o. g. Ergebnisse wurde ein Versuchsstand konstruiert, gebaut und in Betrieb genommen, sowie eine PC-basierte Steuerung für den Versuchsstand programmiert (*Bild 2*). Zur Erweiterung der untersuchbaren Parameterbereiche, insbesondere der Verfahrenswege, sowie zur Verringerung des Messaufwandes wurden Simulationsrechnungen an einem Matlab/Simulink®-Modell dieses Versuchsstandes durchgeführt. Anhand definierter Kriterien wurden Optima und Grenzen der Impulskopplung ermittelt und mit der unentkoppelten Standard-Achse verglichen.

Ergebnisse

Wie die theoretischen und experimentellen Untersuchungen gezeigt haben, ist es erforderlich, sowohl die Dämpfung als auch die Steifigkeit des Feder-Dämpfer-Systems an veränderliche Gestellparameter anzupassen. Als Beispiel sind in *Bild 3* die gemessenen und simulierten Maximalwerte der Gestellbeschleunigung bei Anregung durch einen Beschleunigungsvorgang mit

Sollgeschwindigkeit $v_{\text{Soll}} = 0,5 \text{ m/s}$,

Sollbeschleunigung $a_{\text{Soll}} = 40 \text{ m/s}^2$ sowie

Sollruck $r_{\text{Soll}} = 10.000 \text{ m/s}^3$

bei unterschiedlichen Gestelleigenschaften und Feder-Dämpferparametern für die Impulskopplung dargestellt. Es hat sich gezeigt, dass die Steifigkeit c_{FDS} und Dämpfungskonstante d_{FDS} für eine optimale Impulskopplung jeweils in Abhängigkeit von den Gestelleigenschaften und dem gewählten Bewertungskriterium zu parametrieren sind. Eine allgemeingültige Aussage zur optimalen Parametrierung der Feder und des Dämpfers zur Impulskopplung ist nicht möglich.



Bild 2: Prüfstand zur Impulskopplung

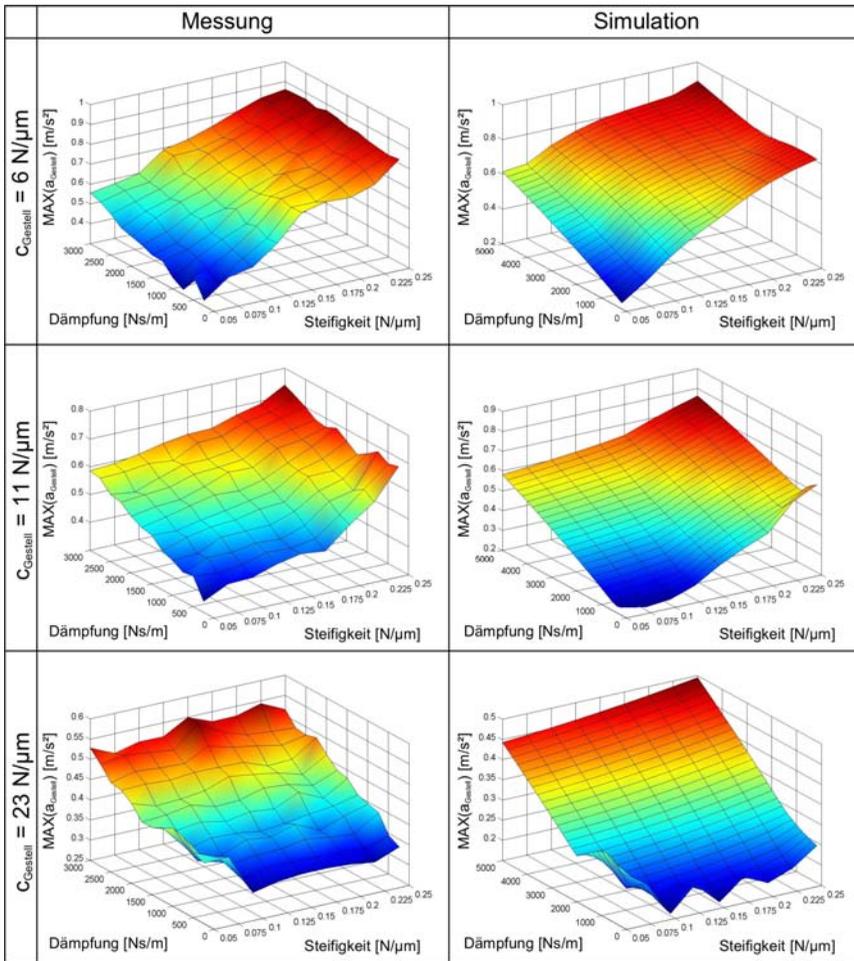


Bild 3: Gemessene und simulierte Maximalwerte der Gestellbeschleunigung in Abhängigkeit von c_{FDS} , d_{FDS} und Gestellsteifigkeit

4.3.4 Grundlagenuntersuchungen für die Impulskompensation an Vorschubachsen mit Lineardirektantrieb

Laufzeit 07/2008 - 06/2010

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Ing. Jens Müller
Dipl.-Ing. Olaf Holowenko

Zielstellung

Lineardirektantriebe wurden in den letzten Jahren immer leistungsfähiger und gleichzeitig immer preiswerter. Aufgrund ihrer besonderen Vorteile, den hohen Kraftanstiegsgeschwindigkeiten, Verfahrgeschwindigkeiten, Beschleunigungen und Beschleunigungsänderungen (Ruck), eignen sie sich besonders für hochdynamische Anwendungen, wie z. B. Werkzeugmaschinen für die Leichtmetall- und HSC-Bearbeitung, Handhabungstechnik oder in der Halbleiterindustrie (z. B. Bonder). Antriebskräfte erzeugen jedoch auch immer entgegengesetzt gerichtete Reaktionskräfte, die das Gestell, je nach Kraftamplitude und Kraftänderungsgeschwindigkeit, zu Schwingungen anregen. Beim Lineardirektantrieb entsprechen diese Reaktionskräfte aufgrund der direkten Anbindung der Linearmotor-komponenten an Gestell und Schlitten sowie fehlender mechanischer Übertragungselemente, wie z. B. übersetzender und elastischer Kugelgewindetriebe oder Zahnstangen, direkt den Antriebskräften. Eine Möglichkeit, die Gestellanregung durch die Reaktionskraft zu vermeiden, ist die Kraftkompensation, bei der eine zur Reaktionskraft entgegengesetzt wirkende Kompensationskraft in das Gestell eingeleitet wird. Eine spezielle Form der Kraftkompensation ist die am IWM entwickelte Impulskompensation, bei der nur die hochfrequenten, gestellanregenden Kraftanteile mit einem zweiten, kollinear angeordneten Lineardirektantrieb kompensiert werden. Die Berechnung der Sollkraft für den Kompensationsantrieb erfolgt durch Filterung des Sollkraftsignals des Nutzantriebes mit einem Bandpassfilter. Ziel

dieses Forschungsvorhabens sind Grundlagenuntersuchungen zur wirksamen Impulskompensation des Gestells einer Maschinenstruktur mit Lineardirektantrieb.

Lösungsweg

Es wurde ein Linearmotorversuchsstand (s. Bild 2 in Abschnitt 4.3.3.) aufgebaut, an dem die Impulskompensation sowie ein alternatives Verfahren, die Impulsentkopplung, untersucht werden können. Zur Erweiterung der untersuchbaren Parameterbereiche, insbesondere der Verfahrswege, sowie zur Verringerung des Messaufwandes wurden Matlab/Simulink[®]-Modelle des Versuchsstandes erstellt. Anhand definierter Kriterien wurden Optima und Grenzen des Verfahrens ermittelt und die erreichbare Verringerung der Gestellanregung mit der Anregung durch die unkompenzierte Standard-Achse verglichen. Weiterhin wird der Einfluss der unterschiedlichen Lage von Massenschwerpunkt und Kraftangriffspunkt bei Nutz- und Kompensationsschlitten auf die Anregung von Biegeschwingungen des Gestells untersucht.

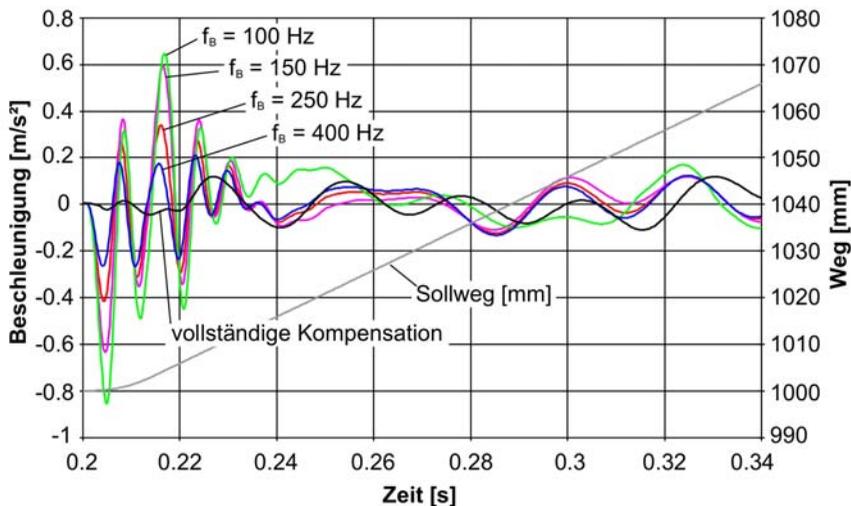


Bild 1: Einfluss der Bandbreite auf die Gestellbeschleunigung ($f_G = 0\text{ Hz}$)

Ergebnisse

Es wurden experimentell und in der Simulation mit Matlab/Simulink® Parametervariationen zur Ermittlung des Einflusses von Bandbreite und Grenzfrequenz des Bandpasses zur Sollstromgenerierung sowie der Reglerparameter des Kompensationsantriebes auf die erreichbare Impulskompensation durchgeführt. Als Beispiel ist in *Bild 1* der Einfluss der Bandbreite des Filters zur Sollstromgenerierung auf die Gestellbeschleunigung bei Anregung durch einen Beschleunigungsvorgang mit

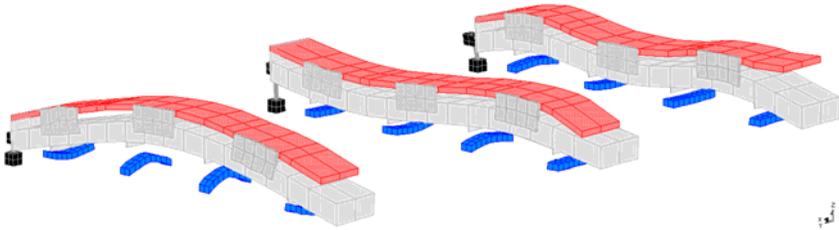
Sollgeschwindigkeit 0,5 m/s ,
Sollbeschleunigung 40 m/s² sowie
Sollruck 10.000 m/s³ dargestellt.

Es wurde gezeigt, dass bei der Filterparametrierung für eine optimale Impulskompensation die Grenzfrequenz f_G möglichst klein und die Bandbreite f_B möglichst groß zu wählen sind. Bei der Parametrierung von Lage- und Geschwindigkeitsregelkreis des Kompensationsantriebes, die für die Rückführung des Antriebes in seine Ausgangsposition erforderlich sind, zeigte sich, dass der k_V -Faktor kaum Einfluss auf die Gestellantwort hat, während der k_p -Faktor die Gestellantwort maßgeblich beeinflusst. Der k_V -Faktor kann also relativ groß gewählt werden, der k_p -Faktor dagegen muss möglichst klein sein. Der I-Regler des Geschwindigkeitsregelkreises muss ausgeschaltet werden. Eine maßgebliche Abhängigkeit der Gestellantwort von den Gestelleigenschaften ist nicht erkennbar.

Um Informationen über das Verhalten des Versuchsstandsgestells zu erhalten, wurden mittels experimenteller Modalanalyse die Eigenschwingformen der Struktur gemessen. Neben Eigenschwingformen verschiedener Gestellbauteile konnten drei signifikante Eigenschwingformen des Ersatzgestells bei 110Hz, 220Hz und 341Hz ermittelt werden (*Bild 2*, von links nach rechts).

Dabei handelt es sich um Biegeschwingungen infolge der Momentenanregung durch den Abstand von Schwerpunkt und Krafteinleitung.

Darauf aufbauend soll ein Simulationsmodell entstehen, welches den Einfluss der Schlittenschwerpunktlagen auf die Gestellbiegung abbildet.



*Bild 2: Eigenschwingformen des Ersatzgestells
bei 110 Hz, 220 Hz und 341 Hz (von links nach rechts)*

4.3.5 **Synthese von Ratterkarten mit hochtourig drehenden Spindel-Lager-Systemen unter Berücksichtigung gyrokopischer Effekte**

Laufzeit 06/2007 - 05/2009

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
SPP 1180 Prognose und Beeinflussung der Wechselwirkungen von Strukturen und Prozessen

Bearbeiter Dipl.-Ing. Michael Löser

Zielstellung

Zur Prognose von Stabilitätsgrenzen von Zerspanprozessen werden die Wechselwirkungen zwischen den zu einem geschlossenen Wirkungskreis verkoppelten Teilsystemen Werkzeugmaschinen-Struktur und Zerspanprozess betrachtet. Für diesen Wirkungskreis sind nach dem Stand der Technik mehrere instabilitätsverursachende Wirkmechanismen bekannt, auf die wiederum eine Vielzahl von Einflussgrößen wirken. Die Berücksichtigung dieser Mechanismen und Einflussgrößen in ihrer Gesamtheit erfolgt derzeit nur durch Simulationen im Zeitbereich. Diese Zeitbereichssimulationen sind jedoch sehr rechenzeitaufwendig. Das Ziel des Vorhabens besteht darin, Ratterkarten insbesondere unter Berücksichtigung der drehzahlabhängigen Änderung des strukturdynamischen Verhaltens von Spindel-Lager-Systemen schnell, zumindest teilanalytisch und unter Verzicht auf zeitaufwändige Simulationen im Zeitbereich zu berechnen.

Lösungsweg

Es existieren verschiedene zeiteffiziente analytische bzw. teilanalytische Berechnungsverfahren zur Analyse der Prozessstabilität, mit denen unter Berücksichtigung einzelner Effekte Ratterkarten berechnet werden. Diese Verfahren können angewandt und gegebenenfalls erweitert und/oder kombiniert werden. Damit können Sätze von Ratterkarten berechnet werden, die sich unterschiedlichen Wirkmechanismen und Einflussgrößen zuord-

nen lassen. Mit diesen Teilratterkarten ist die Synthese einer Gesamtratterkarte möglich. Als Referenz zur Bewertung der mit den weiterentwickelten Methoden berechneten Stabilitätsgrenzen dienen durch Simulationen im Zeitbereich ermittelte Ratterkarten.

Ergebnisse

Der Schwerpunkt zu Beginn des Projektes lag auf der Analyse zeiteffizienter Berechnungsverfahren und deren Anwendung zunächst auf ein Referenzsystem mit einem über der Drehzahl konstanten dynamischen Übertragungsverhalten. Dabei wurden geeignete Methoden zur Berechnung und Synthese von Teilratterkarten untersucht, die sich den einzelnen Eigenformen (EF) des schwingungsfähigen Systems "Maschine" zuordnen lassen (*Bild 1*). Die Gesamtratterkarte wird dann durch eine Minimumbildung ermittelt.

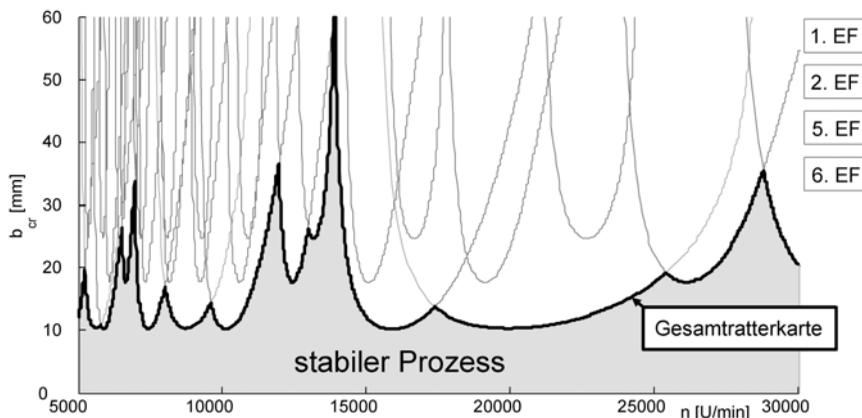


Bild 1: Synthese einer Gesamtratterkarte aus den Eigenformen (EF) zuordenbaren Teilratterkarten

Unter Verwendung einer modalen Ersatzbeschreibung, welche um die Abbildung gyroskopischer Effekte erweitert wurde, und unter Annahme eines für diskrete Drehzahlbereiche konstanten dynamischen Verhaltens, lassen sich Ratterkarten unter Berücksichtigung des drehzahlabhängigen Verhaltens eines

Spindel-Werkzeug-Systems rechenzeiteffizient berechnen. *Bild 2* zeigt, dass sich teilweise deutliche Unterschiede zu der Ratterkarte ergeben, die ohne Berücksichtigung des drehzahlabhängigen dynamischen Verhaltens berechnet wurde. Die oben beschriebene analytische Berechnung unter Annahme eines diskret drehzahlabhängigen Verhaltens liefert dagegen nahezu die gleichen Stabilitätsgrenzen wie die als Referenz dienende rechenzeitaufwendige Simulation im Zeitbereich. Bei einer leichten Verringerung der Prognosegenauigkeit lässt sich damit eine deutliche Verringerung der benötigten Rechenzeit erzielen.

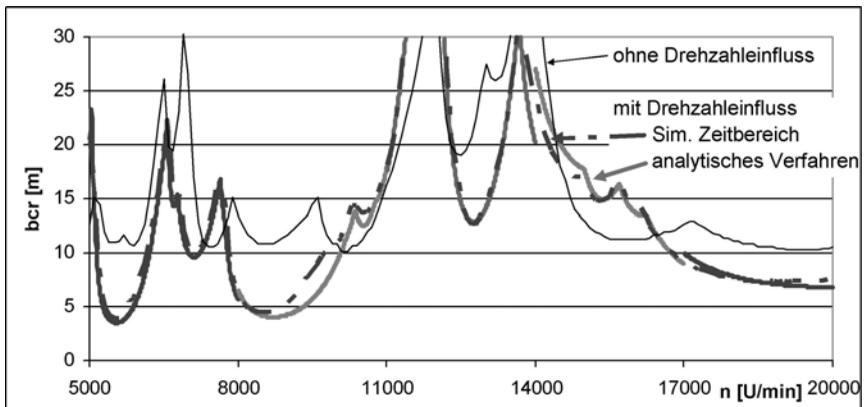


Bild 2: Ratterkarten mit und ohne Berücksichtigung des Drehzahleinflusses

4.3.6 Strukturbasierte Modellierung des für die Stabilität des Zerspanprozesses relevanten drehzahlabhängigen Übertragungsverhaltens eines Spindel/Werkzeug-Systems

Laufzeit	10/2005 - 09/2007 07/2008 – 06/2009 (Fortsetzung)
Finanzierung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Andreas Mühl Dipl.-Ing. Michael Löser

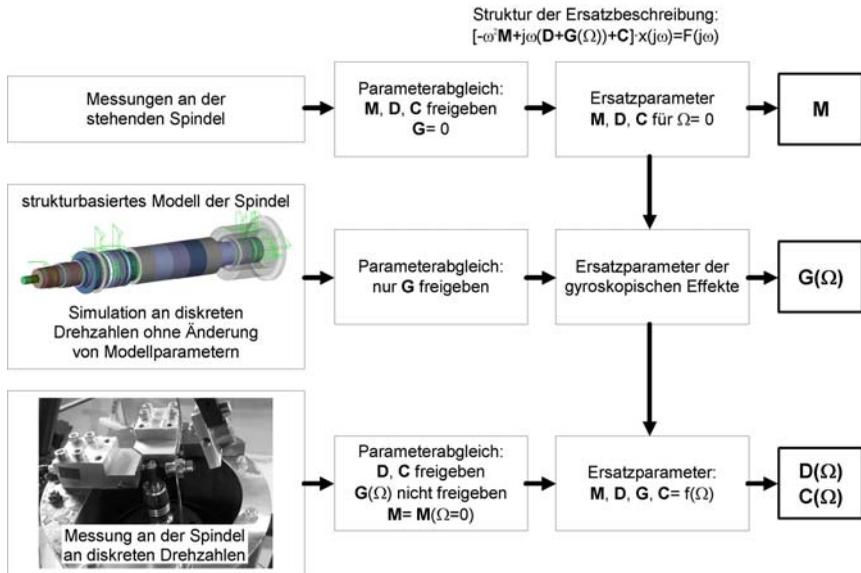
Zielstellung

Im ersten Projektzeitraum wurde eine Modellierungs- und Parametrierungsstrategie für die Abbildung des drehzahlabhängigen Übertragungsverhaltens eines Spindel-Werkzeug-Systems entwickelt. Dabei wurde ein elastisches MKS-Modell verwendet, welches durch eine Kopplung mit einem Prozesskraftmodell die Berechnung von Ratterkarten durch Simulationen im Zeitbereich zulässt. Ziel der Fortsetzung ist es, aufbauend auf diesen Ergebnissen eine Modellierungs- und Parametrierungsstrategie für eine geeignete drehzahlabhängige Ersatzbeschreibung zu entwickeln, mit der eine zeiteffiziente Berechnung von Ratterkarten durch analytische/teilanalytische Verfahren möglich wird.

Lösungsweg

Grundlage des Vorgehens ist es, hinsichtlich der Ersatzparameter eine Separierung der Einflussgrößen vorzunehmen, welche die Drehzahlabhängigkeit verursachen. Damit wird es möglich, den Einfluss der Einzeleffekte isoliert voneinander zu untersuchen. In welchem Maße sich lokale Änderungen von Parametern der Komponenten eines Spindel-Werkzeug-Systems auf das Übertragungsverhalten auswirken, ist vom jeweiligen Einfluss der Systemkomponente auf die unterschiedlichen Schwingformen abhängig. In einer Ersatzbeschreibung, die ausschließlich das Übertragungsverhalten am TCP wiedergibt, gehen derartige Infor-

mationen verloren. Aussagen zum Einfluss der Systemkomponenten auf die sich ausbildenden Schwingformen erfordern ein Mindestmaß an Informationen zur physischen Struktur des Spindel-Werkzeug-Systems. Daher sollen neben der Entwicklung des Verfahrens zur Parameterermittlung auch Anforderungen an ein Minimalmodell definiert werden, welches solche Informationen bereitstellt und mit dem das Verfahren auch auf andere Spindel-Werkzeug-Systeme übertragbar wird. Damit ergibt sich ein Vorgehen, welches durch eine Separierung von parametergebundenen und strukturdynamisch bedingten drehzahlabhängigen Einflüssen bereits im Modellansatz und durch ein hybrides - auf Modellrechnungen und Messungen gestütztes - Verfahren die Ermittlung von Ersatzparametern erleichtert.

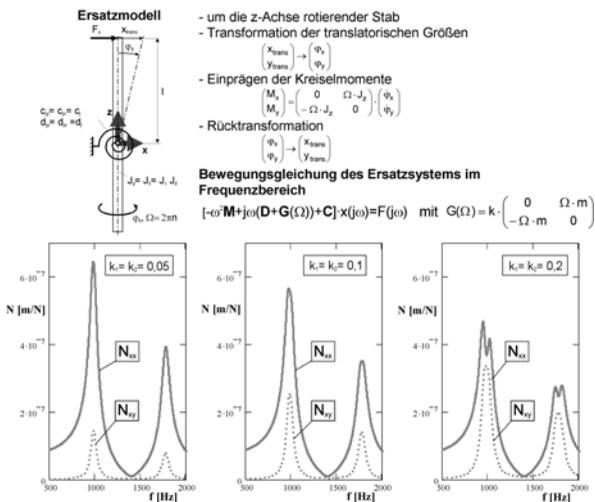


Prinzipielles Vorgehen zur Ermittlung von Ersatzparametern

Ergebnisse

Für das geplante Vorgehen wird eine Ersatzbeschreibung benötigt, welche die drehzahlabhängige Wirkung gyroskopischer Effekte berücksichtigt. Zum Wesen der Kreiselwirkung gehört es, dass ein Verkippen eines rotierenden Körpers in einer Koordinate

eine Momentenwirkung in einer senkrecht dazu stehenden Koordinate hervorruft. Da für die Abbildung der Gyroskopie also mindestens zwei Koordinaten benötigt werden, erscheint eine Ersatzbeschreibung durch eine Zerlegung in entkoppelte Ein-Freiheitsgrad-Systeme wenig sinnvoll. Daher erfolgt eine Zerlegung in eine Reihe von Zwei-Freiheitsgrad-Systemen. Darüber hinaus erscheint die ersetzende Beschreibung des Spindelverhaltens durch translatorische Größen zunächst als ungeeignet, da hier die rotatorischen Freiheitsgrade fehlen, die für die Beschreibung einer Drehbewegung und das Wirken von Kreiselmomenten notwendig sind. Das Ersatzmodell wurde daher so modifiziert, dass eine solche Beschreibung möglich wird. Das *Bild* zeigt das Ersatzmodell und die sich dafür ergebende Struktur der Bewegungsgleichungen. Als zusätzlicher Ersatzparameter taucht hier der Koeffizient k auf, der die "Stärke" der Kreiselwirkung beschreibt. Weiterhin zeigt das *Bild* beispielhaft die Wirkung des Koeffizienten k auf die Übertragungsfunktionen des Ersatzsystems. Dabei wird deutlich, dass mit der oben dargestellten Ersatzbeschreibung sowohl das Aufspalten der Eigenfrequenzen als auch das Auftreten von Kreuznachgiebigkeiten abbildbar ist.



Ersatzbeschreibung mit Berücksichtigung gyroskopischer Effekte

4.3.7 Grundlagenuntersuchungen zur effizienten Dämpfungsbeschreibung und -parametrierung für die modellgestützte dynamische Strukturanalyse von Werkzeugmaschinen

Laufzeit 07/2008 - 06/2010

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Ing. Holger Rudolph

Zielstellung

Für alle Aufgaben der dynamischen Strukturanalyse an Werkzeugmaschinen, sowohl beim Entwurf als auch im Betrieb, bei denen die absoluten Amplituden der Schwingungen relevant sind, ist die "treffende" Berücksichtigung der Dämpfungskräfte von entscheidender Bedeutung. Dies trifft ganz besonders dann zu, wenn über die Schwingungseigenschaften der rein mechanischen Baugruppen hinaus das dynamische Verhalten gekoppelter Systeme interessiert, wie z. B. zur Bewertung von Bewegungssystemen oder zur Beurteilung der Zerspanungsstabilität. Daher sollen im Forschungsvorhaben zur Beschreibung strukturrelevanter Dämpfung an Verbindungs-, Lager- und Führungselementen von Werkzeugmaschinen Modellierungsansätze untersucht und weiterentwickelt, Verfahren zu Parameteridentifikation und -verifikation geschaffen sowie hinsichtlich Möglichkeiten und Grenzen bewertet werden.

Lösungsweg

Auf der Basis einer systematischen Darstellung der Dämpfungsproblematik (s. *Bild 1*) und ihrer Ansätze zur Modellierung und Berechnung werden relativ einfache experimentelle Elementarstrukturen verwendet, welche in gezielt kontrollierbarer Weise eine Untersuchung der Einzeleinflüsse ermöglichen. Dabei werden parallel zu den Messungen von Nachgiebigkeitsfrequenzgängen an den Versuchsaufbauten Modelle mit alternativen

Dämpfungsbeschreibungen erstellt, an denen Dämpfungskenngrößen für die verschiedenen Modellansätze identifiziert werden.

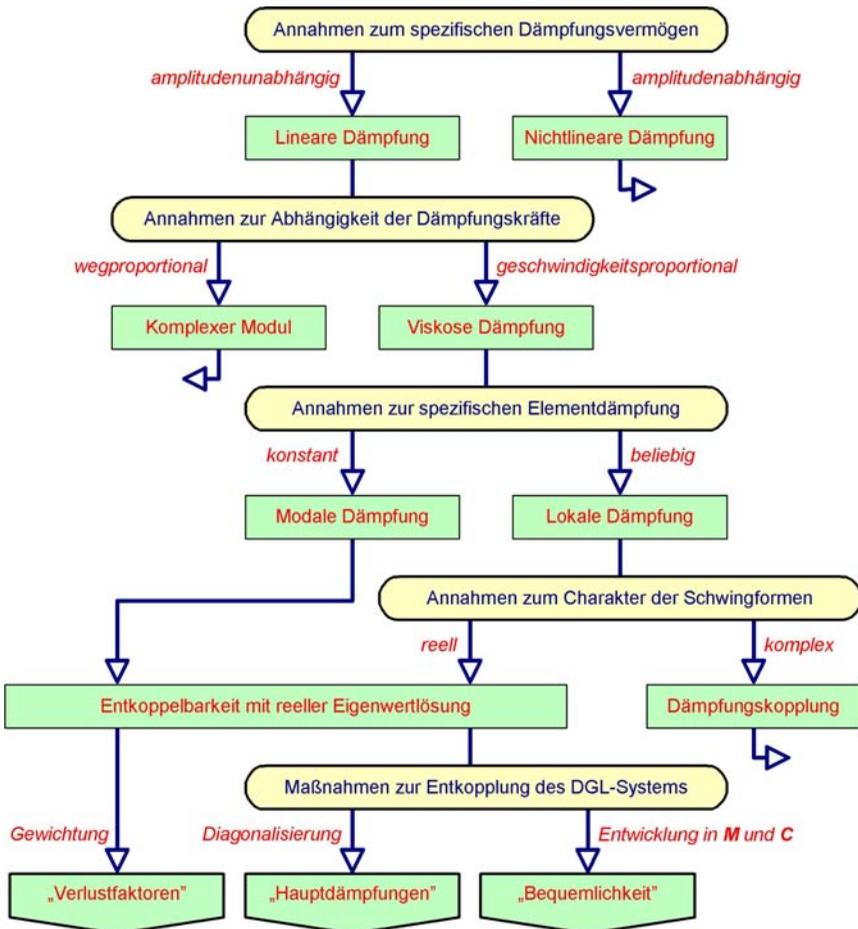


Bild 1: Klassifizierung der Dämpfungsansätze

Ergebnisse

Die gegenwärtigen Arbeiten befassen sich mit Entwurf und Aufbau der experimentellen Elementar-Strukturen sowie mit der Konfiguration und Applikation der messtechnischen Ausstattung für die experimentellen Untersuchungen an diesen Elementar-Strukturen. *Bild 2* zeigt die aus den identifizierten Dämpfungsparametern resultierenden Dämpfungsmaße für zwei ausgewählte Modellansätze als Ergebnis der Voruntersuchung an einer frei aufgehängten Profilschiene für eine ausgewählte Position des Führungswagens.

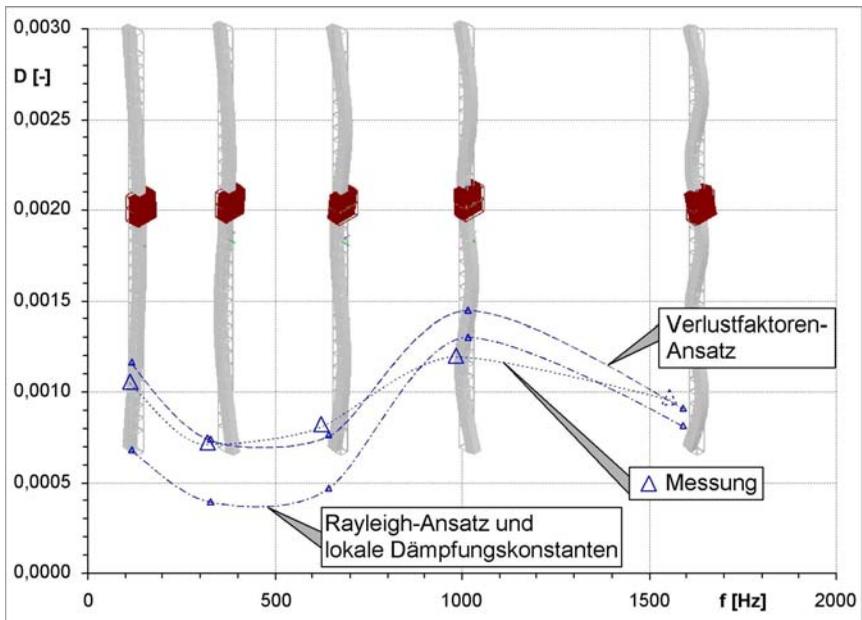


Bild 2: Vergleich der gemessenen Dämpfungsmaße mit den Ergebnissen der gewählten Modellansätze

4.3.8 Entwicklung, Anwendung und Bewertung von Simulationstechnologien für die aktive virtuelle Werkzeugmaschine

Laufzeit 04/2007 - 03/2009 (Fortsetzung)

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Ing. Holger Rudolph

Zielstellung

Für die Analyse, Bewertung und Optimierung des Maschinenentwurfs in einem Simulationsmodell ist es erforderlich, die einzelnen, in sich zumeist linearelastischen, Baugruppen unter der Wirkung der Antriebe und des eigentlichen Fertigungsprozesses relativ zueinander bewegen zu können. Diese Relativbewegungen führen zu einer strukturellen Veränderung der gesamten Maschine. Im Forschungsprojekt sollen die Simulationstechnologien aus dem Vorgängerprojekt weiterentwickelt und angewandt werden, um veränderliche Maschinenstrukturen mit großen räumlichen Schwenkbewegungen einer Modellierung und numerischen Lösung zuzuführen. Hierzu sollen die Modellgrundlagen für die Simulation kontinuierlicher Bauteilbewegungen an elastischen, strukturvariablen Modellen erweitert und in einem ausgewählten Softwaresystem umgesetzt werden.

Lösungsweg

Für die gemäß der Zielstellung erforderliche räumliche Beweglichkeit von Werkzeugmaschinen-Baugruppen wird die Modellfunktionalität für elastische Körper (abgebildet durch ein modal reduziertes Ersatzsystem) mit den aus der Starrkörpermechanik bekannten Berechnungsgrundlagen in einer Modellsynthese verknüpft. Um die Relativbewegungen zwischen den Baugruppen - wie sie insbesondere an Linearführungen auftreten - simulieren zu können, wird die Interaktion zwischen den diskreten, jeweils korrespondierenden Strukturkoordinaten durch einen gleitenden Übergang modelliert. *Bild 1* zeigt das Simulationsmodell eines beispielhaften Gelenkmechanismus, wie es zur Verifikation der implementierten Modellgrundlagen verwendet wird.

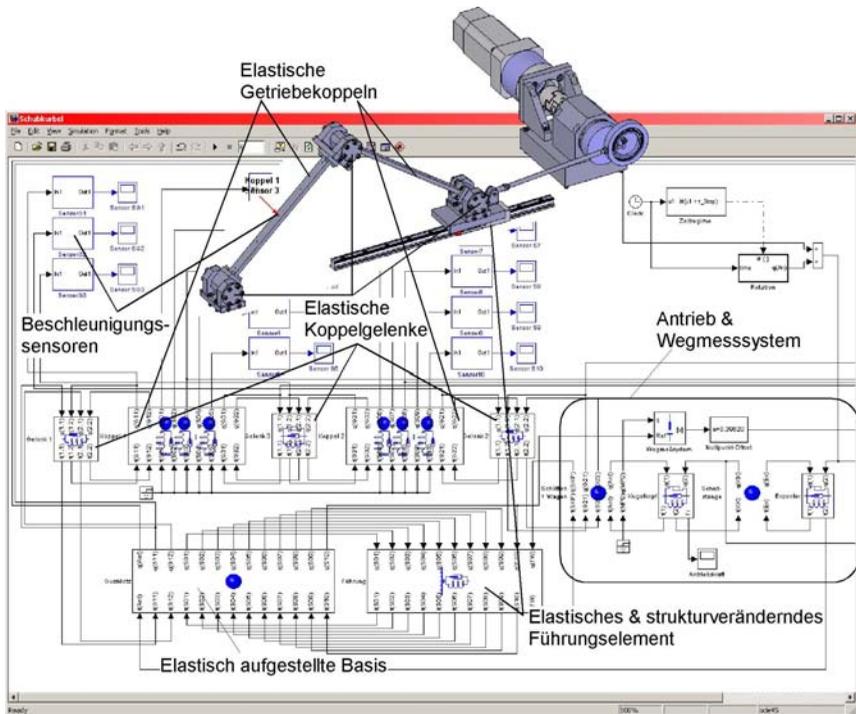


Bild 1: Simulationsmodell des Gelenkmechanismus

Ergebnisse

Die abschließenden Arbeiten befassen sich mit der Verifikation der Modelle und der vergleichenden Simulation von Bewegungsvorgängen. *Bild 2 und 3* zeigen im Vergleich von Messung und Modellen verschiedener Detaillierungsstufen das dynamische Verhalten einer Koppel an dieser Versuchsanordnung für eine ausgewählte Koordinate bei zwei ausgewählten Antriebsdrehzahlen.

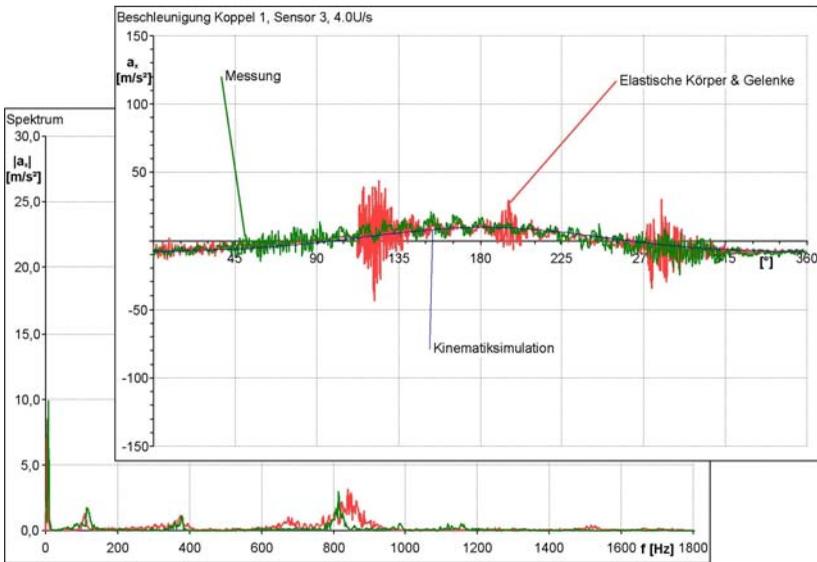


Bild 2: Zeitverlauf und Amplitudenspektrum der Beschleunigung bei einer Antriebsdrehzahl von 4 s^{-1}

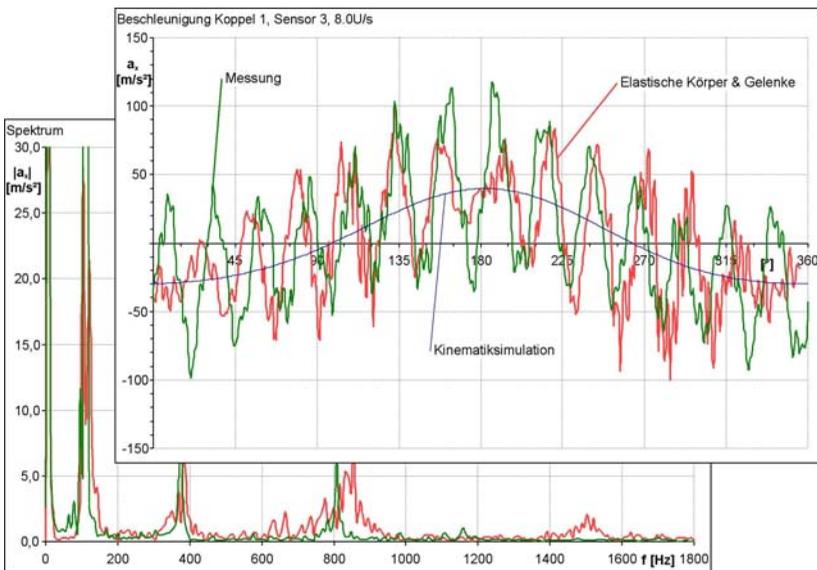


Bild 3: Zeitverlauf und Amplitudenspektrum der Beschleunigung bei einer Antriebsdrehzahl von 8 s^{-1}

4.3.9 Abbildung des Umgebungseinflusses in der thermischen Simulation und für die Kompensation thermisch bedingter Wirkpunktabweichungen an Werkzeugmaschinen

Laufzeit 10/2007 - 09/2009

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Günter Jungnickel
Dipl.-Ing. Steffen Rehn

Zielstellung

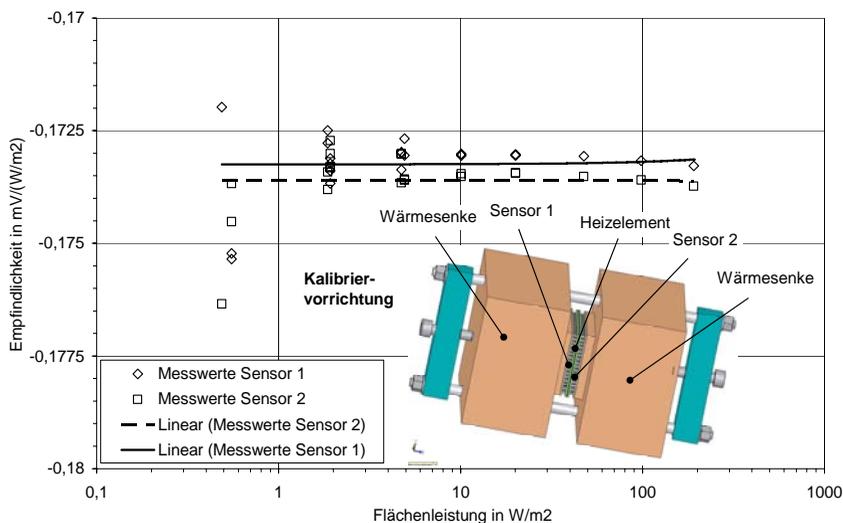
Thermische Einflüsse aus der Umgebung, insbesondere in unklimateisierten Werkhallen, führen an Großwerkzeugmaschinen zu relevanten Wirkpunktabweichungen. Bei der Kompensation dieser thermisch bedingten Abweichungen konnte bisher von den Umgebungseigenschaften nur die Lufttemperatur berücksichtigt werden. Die weit größeren Einflüsse, wie die Veränderlichkeit der Strömungsverhältnisse und der Strahlungsumgebung, werden nicht erfasst. Ziel des Projektes ist, die Eignung von Wärmefluss-Sensoren zur Abbildung des Umgebungseinflusses für die prozessparallele thermische Simulation und Kompensation im Hinblick auf den industriellen Einsatz zu untersuchen. Die verbesserte Genauigkeit bei der Verwendung von Wärmestromwerten als Randbedingung in der thermischen Simulation soll durch Messungen an Gestellbauteilen bei variablen Umgebungsbedingungen nachgewiesen werden.

Lösungsweg

In einem ersten Abschnitt werden grundlegende Untersuchungen zum Einsatz von Wärmeflussmessungen an Gestellbauteilen durchgeführt. Dies beinhaltet den Aufbau einer Messkette, die Auswahl und die Kalibrierung geeigneter Sensoren sowie den Test der gesamten Messkette.

Ergebnisse

In ersten Untersuchungen wurde die Eignung von handelsüblichen Wärmeflussensoren für die vorgesehenen Messungen nachgewiesen. Des Weiteren wurden Vorrichtungen für die Sensorkalibrierung und zur Untersuchung der Wärmestrommessung entwickelt und realisiert. Nach den Versuchen zur Sensorkalibrierung (s. *Bild*) schließen sich im Weiteren Versuche für den Nachweis der Wärmestrommessung zur Abbildung des Umgebungseinflusses an Werkzeugmaschinen an.



Mit Kalibriervorrichtung gemessene Empfindlichkeit der Wärmeflussensoren

4.3.10 Berücksichtigung veränderlicher Prozessbedingungen bei der Kompensation thermischer Verformungen an spanenden Werkzeugmaschinen

Laufzeit 04/2007 - 03/2009

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Günter Jungnickel

Zielstellung

Die Nutzleistung einer Werkzeugmaschine wird im Fertigungsprozess in Wärme umgesetzt. Der Prozess stellt im System Werkzeugmaschine-Werkzeug-Werkstück die größte Wärmequelle dar. Die Prozesswärme und die Fertigungsbedingungen beeinflussen damit wesentlich das thermische Verhalten der Werkzeugmaschine. Bei der Simulation des thermischen Verhaltens konnten diese Bedingungen bisher nur ungenügend berücksichtigt werden. Das betrifft insbesondere die Aufteilung der Zerspanungsleistung auf Werkzeug, Werkstück und Späne, (s. *Bild*), den Späne- und Kühlmiteleinfluss sowie den Einfluss der geometrischen Bedingungen von Werkzeug und Werkstück. Dieser Mangel führt insbesondere bei der Kompensation von thermischen Verformungen an Werkzeugmaschinen mittels strukturbasierter Modelle zu unzulässigen Restfehlern. Ziel des Projektes ist, die Zerspanungs- und Prozessbedingungen als aussagefähige thermische Randbedingungen zu beschreiben, um damit den Fertigungsprozess bei der thermischen Simulation spanender Werkzeugmaschinen darstellen und die Prozesseinflüsse an der Maschine kompensieren zu können.

Lösungsweg

Diese thermischen Randbedingungen werden in Form detaillierter Verhaltensmodelle der Wärmeübertragung simuliert; sie lassen sich damit effektiv für weite Parameterbereiche untersuchen. Über Modellreduktionen und eine regressive Auswertung der Simulationsergebnisse werden parameterabhängige

thermische Modellobjekte für den Zerspanungsvorgang und die damit zusammenhängenden Prozessbedingungen formuliert.

Ergebnisse

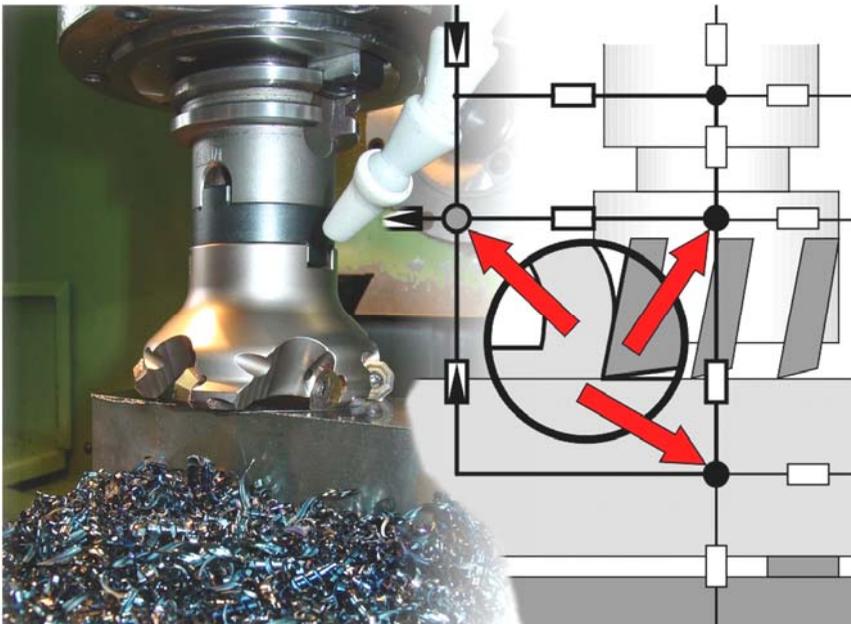
Die Ergebnisse des Forschungsprojektes wurden detailliert veröffentlicht unter

Großmann, K.; Jungnickel, G.

Thermische Modellierung von Prozesseinflüssen an spanenden Werkzeugmaschinen

*Schriftenreihe des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen, 2008
TU Dresden*

Es besteht nunmehr die Möglichkeit, die veränderlichen Prozessbedingungen bei der Kompensation der thermischen Verformungen an Werkzeugmaschinen zustandsaktuell zu berücksichtigen. In einem Folgeprojekt sollen die Aussagen versuchs-technisch überprüft und erweitert werden.



4.3.11 Thermoglätten von Holz und Holzwerkstoffen mittels parallelkinematischer Bewegungseinheit

Laufzeit 09/2005 - 08/2007

Finanzierung BMWi
über die Arbeitsgemeinschaft industrieller
Forschungsgemeinschaften "Otto von Guericke"
(AiF), Internationaler Verein für Technische
Holzfragen e. V. (iVTH)

Bearbeiter Dipl.-Ing. Steffen Rehn
Dr.-Ing. Hajo Wiemer

Kooperation TU Dresden, Institut für Holz- und Papiertechnik
ihd Institut für Holztechnologie Dresden gGmbH

Zielstellung

Die Herstellung profilierter Möbelteile aus Holz oder Mitteldichter Faserplatte (MDF) erfolgt mittels Fräsen auf CNC-gesteuerten Bearbeitungszentren (BAZ). Die durch Fräsen erzielbare Oberflächenqualität ist in der Regel für eine nachfolgende Flüssig- oder Foliebeschichtung nicht ausreichend, deshalb werden Profilflächen von Hand oder mit Spezialwerkzeugen geschliffen. Am Institut für Holztechnologie Dresden wurden verschiedene Thermoglättverfahren entwickelt, die mittels Druck und Temperatur ein Glätten und Verdichten der Profiloberflächen bewirken. Auf CNC-Bearbeitungszentren werden durch Fräsen Profilflächen erzeugt, die in der gleichen Aufspannung anschließend durch Fixglätten mit beheizbaren Glättwerkzeugen vergütet werden (*Bild 1*). Durch das Glätten verdoppelt sich die Bearbeitungsdauer der Teile auf dem BAZ. Im Rahmen dieses Projektes wird untersucht, ob das Entkoppeln von Fräs- und Glättvorgang möglich ist und das Fixglätten mittels einer preisgünstigeren Glättmaschine separat realisiert werden kann.



Bild 1: Thermoglätten des Innenprofils einer MDF Faserplatte

Lösungsweg

Durch das Verlagern des Bearbeitungsschrittes Thermoglätten auf eine autarke Fertigungseinheit ergeben sich zusätzliche Aufgaben für die Prozessführung. Eine wesentliche Aufgabe beschäftigt sich mit der Beherrschung des Prozessparameters Flächendruck, welcher sich zwischen dem Glättwerkzeug und dem gefrästen Profil des Werkstücks aufbaut. Der Flächendruck wird über eine Kraft erzeugt, die durch die Verspannung des Gesamtsystems Maschine-Spannvorrichtung-Werkzeug-Werkstück aufgebaut wird. Der Federweg für die Verspannung des Systems ist der Versatz zwischen Fräs- und Glättbahn. Dieser konnte durch die bisherige Bearbeitung in einer Aufspannung relativ einfach in den vorgegebenen Toleranzen gehalten werden. Bei Verwendung einer separaten Glättmaschine kommt es durch den zusätzlich notwendigen Spannvorgang und die begrenzten Bewegungsgenauigkeiten der Maschinen zu Abweichungen der Bewegungsbahn des Glättwerkzeuges relativ zur gefrästen Profilhahn. Dadurch kommt es zu Abweichungen beim Federweg

und damit wiederum zu unzulässig hohen Schwankungen des Flächendruckes. Die Abweichungen des Federweges sollten im Rahmen des Projekts durch eine kraftgeregelte Korrektur der Bewegungsbahn des Glättwerkzeugs verringert werden. Das Prinzip der geregelten Kraftführung ist dabei folgendes: Die Bewegung des Werkzeugs wird wie üblich durch Wegvorgaben über ein NC-Programm gesteuert. Um die den Prozess bestimmende Kraft im zulässigen Bereich zu halten, wird die vorgegebene Bahn während der Bearbeitung korrigiert. Damit wird die Verspannung des Gesamtsystems und damit wiederum die prozessbestimmende Kraft angepasst. Am IWM ist zunächst ein Konzept der geregelten Kraftführung für Bearbeitungseinrichtungen mit NC-Steuerungen erarbeitet worden. In *Bild 2* wird der prinzipielle Aufbau und Ablauf der geregelten Kraftführung vorgestellt. Es zeigt zudem die Einordnung der zu entwickelnden Funktionsbausteine in die bestehende Funktionalität von NC-Steuerungen. Die beispielhafte Umsetzung dieser Technologie erfolgte an dem am IWM der TU Dresden vorhandenen Hexapod "Felix". Zunächst wurden geeignete Hardwarekomponenten für die Kraftmessung ausgewählt und installiert. Dann wurden die in dem Konzept entworfenen Funktionsbausteine entwickelt und auf der vorhandenen Steuerungshardware implementiert.

Ergebnisse

Unter Einsatz der entwickelten Kraftführung konnten die sich durch die separate Glättung ergebenden Abweichungen des Federwegs und damit der Kraft deutlich reduziert werden. *Bild 3* zeigt die Ergebnisse beim Glätten des Innenprofils eines Demonstrator-Werkstücks (*Bild 1*). Zum Glätten des Innenprofils wurde vom Prozessmodell eine konstante Prozesskraft als Sollwert in z-Richtung vorgegeben. Das Diagramm enthält die Kraftverläufe in z-Richtung bei Versuchen mit und ohne Kraftregelung. Die Spannweite der Kraftmesswerte konnte dabei durch die geregelte Kraftführung auf weniger als ein Viertel verringert werden.

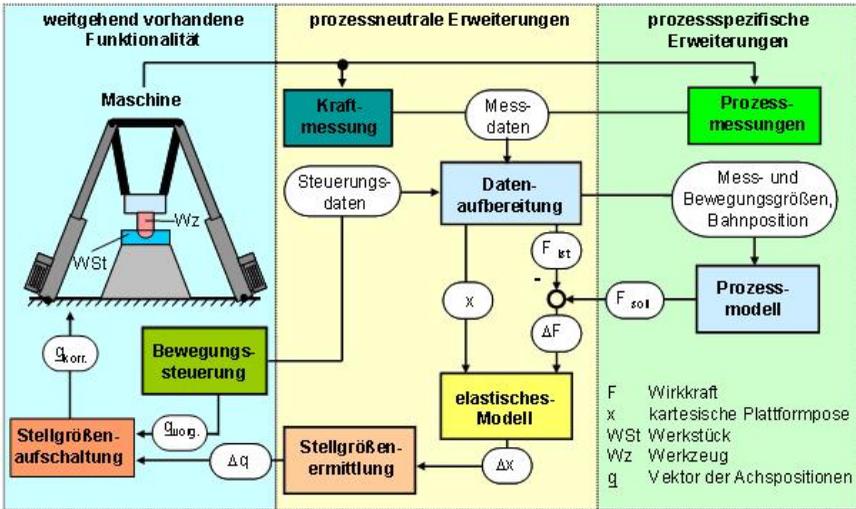


Bild 2: Konzept der Kraftregelung

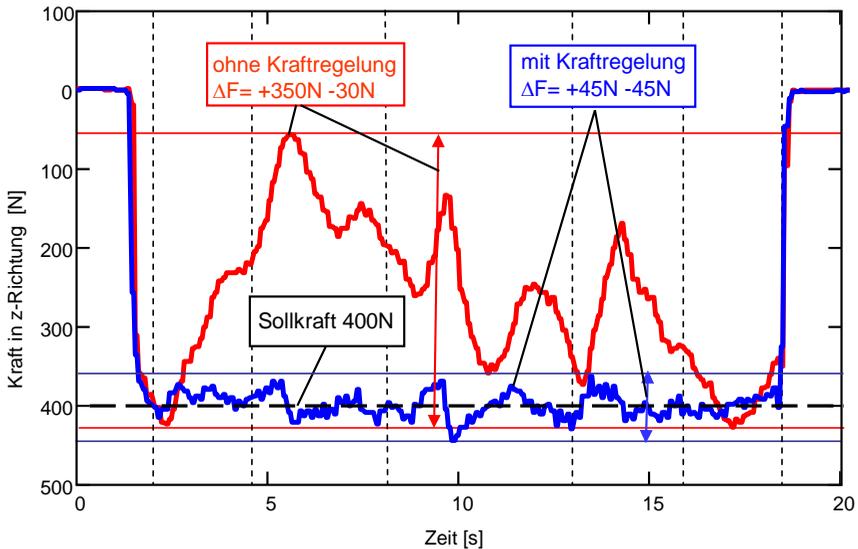


Bild 3: Kraftverlauf beim Abfahren des fensterförmigen Innenprofils des Werkstücks mit und ohne Kraftregelung

4.3.12 Modellgestützte Kompensation von thermisch bedingten Verlagerungen in Echtzeitfähigkeit

Laufzeit 03/2005 - 02/2007

Finanzierung BMWi
über die Arbeitsgemeinschaft industrieller
Forschungsgemeinschaften "Otto von Guericke"
(AiF) PRO INNO II
Kooperationsprojekt "Genauigkeitssteigerung an
Bohr- und Fräsmaschinen durch modellgestützte
Kompensation thermisch bedingter Verlagerungen;
Modellgestützte Kompensation von thermisch
bedingten Verlagerungen in Echtzeit"

Bearbeiter Dr.-Ing. Günter Jungnickel
Dipl.-Ing. Steffen Rehn

Kooperation UNION Werkzeugmaschinen GmbH Chemnitz

Zielstellung

An Großmaschinen führt neben den internen Wärmequellen und den Einflüssen des Bearbeitungsprozesses vor allem der Umgebungseinfluss zu großen thermisch bedingten Wirkpunktabweichungen. Für ein Bohrwerk ist eine thermische Korrektur als Softwarelösung aufzubauen. Auf Grund der großen Achswege ist eine positionsabhängige Korrektur notwendig. In einer ersten Stufe werden die thermisch bedingten Längenfehler der Bohrspindel-Achse betrachtet. In der Fortsetzung werden die erreichten Ergebnisse in ein Korrekturprogramm für die komplette Maschine eingearbeitet.

Lösungsweg

Der Korrektur wird ein strukturbasiertes Zustandsmodell der Maschine zugrunde gelegt. Der Vorteil dieser Methode gegenüber korrelativen Zustandsmodellen besteht in der Abbildung beliebiger thermischer Lastverläufe und Randbedingungen und der durch die Vorschubbewegungen bedingten Struktur-

änderungen. Der letztgenannte Punkt ermöglicht überhaupt erst den Aufbau einer positionsabhängigen Korrektur. Aus der Simulation des Temperaturfeldes in Echtzeit wird positionsabhängig der Längenfehler am Wirkpunkt bestimmt. *Bild 1* zeigt für das untersuchte Bohrwerk die simulierten Wirkpunktabweichungen über dem Arbeitsraum als Folge von Temperaturunterschieden in der Maschinenumgebung. Diese Werte werden der Steuerung zur Realisierung der Korrektur übergeben.

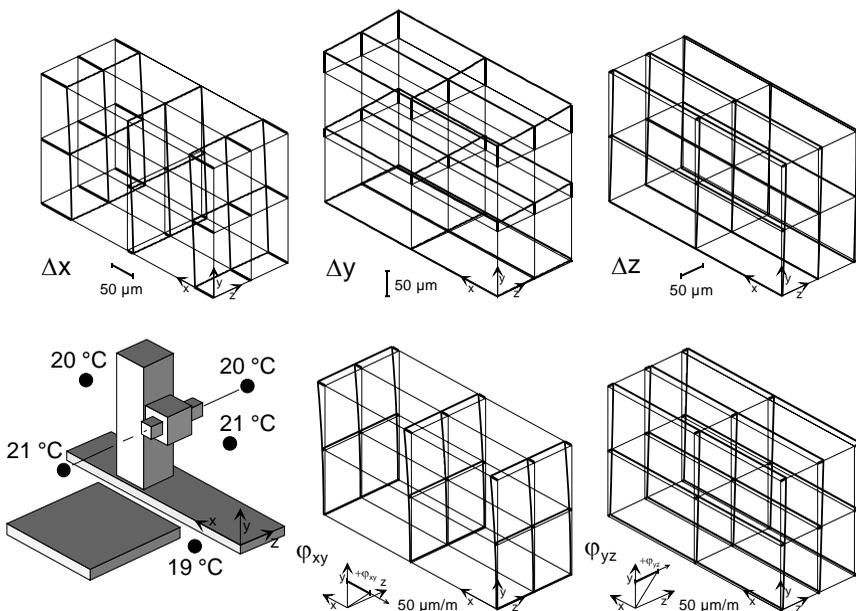


Bild 1: Simulierte Wirkpunktabweichungen an einem Bohrwerk bei Temperaturgradienten in der Umgebung

Ergebnisse

Gemeinsam mit dem Steuerungshersteller wurden die Voraussetzungen für eine Implementation des Korrekturkonzeptes geklärt. Als Ergebnis der beiden ersten Projektstufen liegen das strukturbasierte Zustandsmodell eines Bohrwerk-Spindelstocks und eines Bohrwerkes vor.

Gegenwärtig laufen die Inbetriebnahme der Korrektur beim Anwender und Versuche zur erreichbaren Genauigkeit, siehe Bild 2.

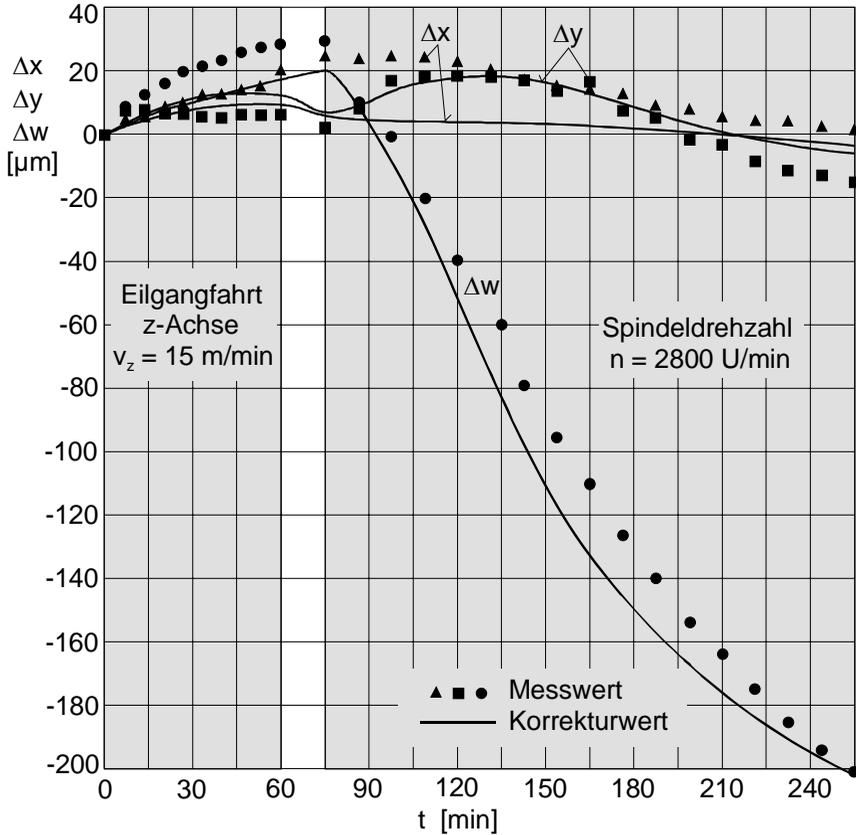


Bild 2: Wirkstellenverlagerungen und Korrekturwerte bei einem Eilgang- und Drehzahlversuch

4.3.13 Entwicklung eines prozessaktiven Werkzeugsystems für die Formgebung komplexer Topologie-Hohlprofile aus textilverstärkten Verbundwerkstoffen mittels Heißpressen (ToHoP)

Laufzeit	04/2007 - 03/2010
Finanzierung	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Andreas Mühl Dipl.-Ing. Steffen Rehn
Kooperation	TU Dresden, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) ONI Temperiertechnik Rhytemper GmbH Hofmann & Engel Produktentwicklungs GmbH MITRAS Composites Systems GmbH Peguform GmbH Dieffenbacher GmbH + Co. KG

Zielstellung

Im Rahmen des Projektes werden Technologien für eine Prozesskette zur Herstellung komplex gekrümmter Hohlprofile mit variablem Querschnitt und belastungsangepassten Stegen (sog. Topologie-Hohlprofile) entwickelt. Die Prozesskette umfasst das Flechten der textilen Preforms (Basis: Glasfaser-Polypropylen-Hybridgarn) und das Heißpressen zum konsolidierten Verbund-Bauteil. Die Besonderheit der Anforderung an das Werkzeug besteht darin, dass innenliegende Hohlräume ausgeformt und auch von innen temperaturgeführt werden müssen.

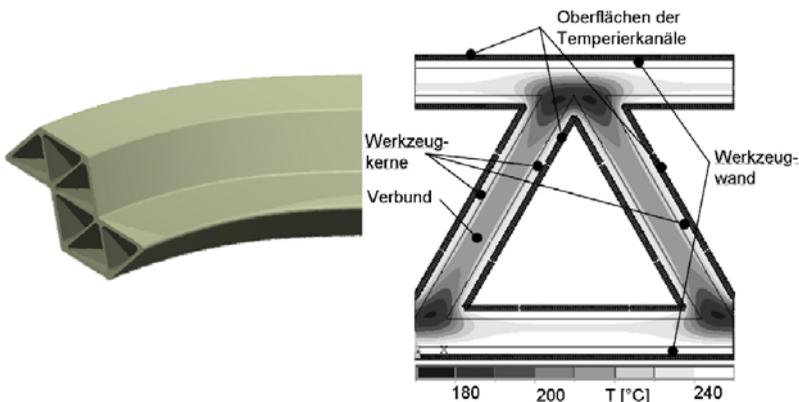
Der Schwerpunkt der Arbeiten am IWM ist die realitätsnahe Simulation der thermischen Vorgänge beim Heizen und Kühlen der Preform im prozessaktiven Werkzeugsystem. Die Ziele sind die Bewertung von unterschiedlichen Temperierstrategien nach den Kriterien Temperierzeit, Energieeffizienz und Gleichmäßigkeit der Temperaturführung im Verbund.

Lösungsweg

Im ersten Schritt wurde eine Modellbibliothek für transiente Temperaturberechnungen mithilfe von thermischen Knotenpunktmodellen erarbeitet. Mit diesem Modellierungsansatz konnten in der frühen Entwurfsphase des Werkzeuges schnell prinzipielle Aussagen zu Temperierzeiten und zur energetischen Effizienz unterschiedlicher Grobentwürfe gemacht werden. In einem zweiten Schritt wird die Detaillierung des Werkzeuges mit geometrisch höher aufgelösten thermischen FE-Modellen begleitet. Beide Berechnungsverfahren erfordern eine Beschreibung des nichtlinearen thermischen Materialverhaltens der textilen Preform. Hierzu wurde ein Modellansatz entwickelt, der den thermischen Leitwert und die thermische Kapazität des textilen Werkstoffs in Abhängigkeit der Temperatur und des druckabhängigen Bauschverhaltens beschreibt. Zur Validierung dieses thermischen Werkstoffmodells wird derzeit ein Versuchstand aufgebaut, mit dem Leitwerte und Kapazitäten bestimmt werden können.

Ergebnisse

Das *Bild* zeigt die FE-Berechnung der Temperaturen des Topologie-Hohlprofils im Werkzeug am Ende der Aufheiz-Phase.



Topologie-Hohlprofil sowie Temperaturfeld des Hohlprofils und angrenzender Werkzeug-Bereiche

4.3.14 Potenzial-Screening zur Identifikation und Bewertung von Lösungen für die wirtschaftliche und reproduzierbare endkonturnahe Fertigung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen

Laufzeit	03/2008 - 08/2008
Finanzierung	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Innovationsinitiative Neue Länder "Unternehmen Region"
Bearbeiter	Dipl.-Ing. Mirko Riedel Dr.-Ing. Hajo Wiemer
Kooperation	Produktionstechnisches Zentrum Dresden (ProZeD) TU Dresden, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre

Zielstellung

Identifikation und Bewertung von Lösungen für die wirtschaftliche und endkonturnahe Fertigung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen (HGTT).

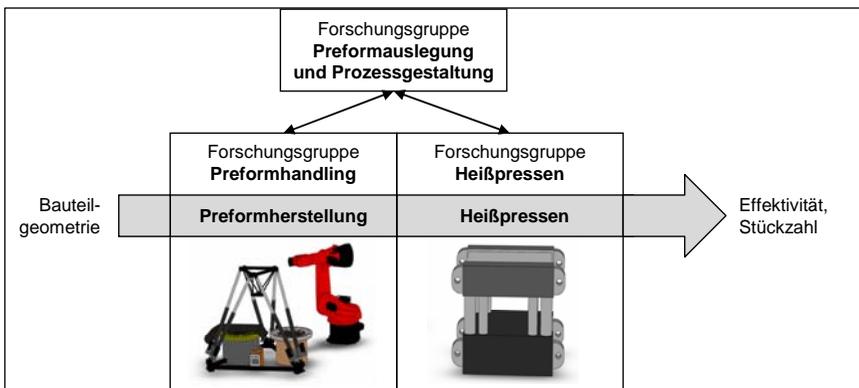
Lösungsweg

Vor dem Hintergrund steigender Rohstoff- und Energiepreise gewinnen Leichtbauanstrengungen aus wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten stetig an Bedeutung. Der Leichtbau mit textilverstärkten Verbundwerkstoffen bietet bei der Entwicklung material- und energieeffizienter Strukturbauteile zahlreiche Vorteile gegenüber konventionellen Bauweisen. Dabei kommt insbesondere dem funktionsintegrierenden Leichtbau in textiler Mischbauweise hoher Stellenwert zu. Besonders die hohe Festigkeit und Steifigkeit bei geringem Gewicht, die einstellbaren Dämpfungs- und Crasheigenschaften, die große Vielfalt textiler Verfahren und Strukturen sowie die wirtschaftliche Fertigung mit hoher Reproduzierbarkeit, die Serientauglichkeit und die Recyclingfähigkeit machen die noch junge Werkstoff-

gruppe der Hybridgarn-Textil-Thermoplast-(HGTT-)Verbunde für zukünftige Leichtbauanwendungen in unterschiedlichsten Branchen besonders interessant. Im ersten Abschnitt des Projektes sollten Ideen eruiert werden, die die größten Umsetzungschancen aber auch die größten wirtschaftlichen Effekte für die definierte Region (Sachsen, Südbrandenburg, Thüringen und Sachsen-Anhalt) erwarten lassen.

Ergebnisse

Der installierte Interaktionsprozess zwischen Forschern und Wirtschaft soll dazu beitragen, die Voraussetzungen für die konkrete wirtschaftliche Umsetzung möglichst präzise zu formulieren und zu gestalten und zugleich eine Aktivierung und Sensibilisierung der potenziellen Kunden für die neuen Technologien erreichen.



Interaktionsprozess zwischen Forschung und Wirtschaft

4.3.15 Temperaturmodell für ein Bearbeitungszentrum

Laufzeit 04/2008 - 10/2008

Finanzierung Industrie über GWT-TUD GmbH

Bearbeiter Dr.-Ing. Günter Jungnickel
Dipl.-Ing. Jens Müller

Zielstellung

Für ein Bearbeitungszentrum ist eine thermische Analyse mittels rechnerischer Modelle durchzuführen mit dem Ziel, ein korrelatives Zustandsmodell (Temperaturmodell) für die Kompensation der thermisch bedingten Relativverlagerungen der Wirkstelle Werkzeug/Werkstück aufzubauen. Dabei sind auch die Ergebnisse messtechnischer Untersuchungen zu berücksichtigen.

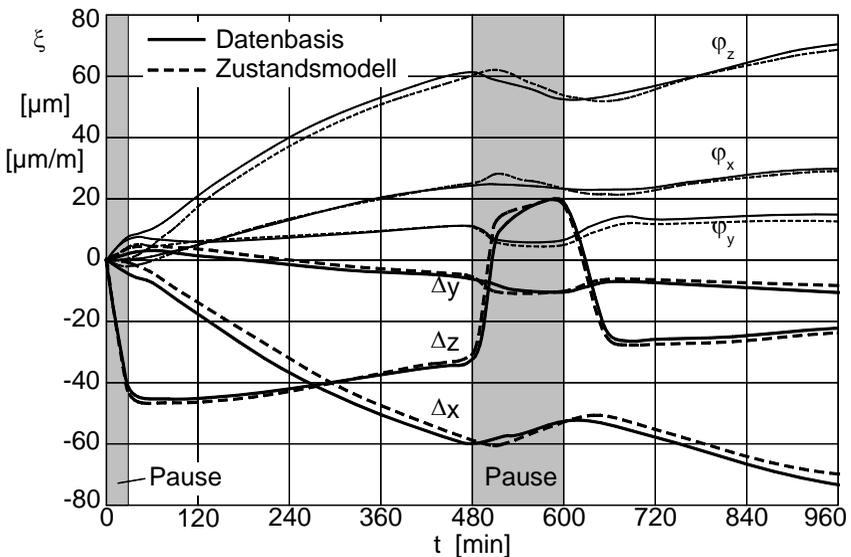
Lösungsweg

Für die thermische Analyse wird ein Simulationsmodell der Maschine erstellt. Mit einer feinen Diskretisierung ist eine gute Lokalisierung von Wärmequellen, Wärmeeinleitungsflächen, mechanischen Koppelstellen und Temperaturmesspunkten am Modell möglich. Die Verlustleistungsansätze werden anhand der Versuchswerte abgeglichen. Das Modell liefert den Zusammenhang zwischen der Temperaturverteilung in der Maschine und der thermisch bedingten Verlagerung an der Wirkstelle. Darauf basiert das korrelative Zustandsmodell für die Kompensation. Zur Analyse des thermischen Verhaltens der Maschine wird die Wirkung der einzelnen Hauptwärmequellen auf die Wirkpunktverlagerung betrachtet. Ausgewertet wird die Systemantwort auf einen Lastsprung. Die Ergebnisse werden außerdem genutzt, um günstige Temperaturmesspunkte zu ermitteln, deren Temperaturverläufe eine hohe Korrelation zu den Verlagerungsverläufen besitzen. Das korrelative Zustandsmodell besteht aus einem linearen Zusammenhang zwischen den Temperaturwerten der optimalen Temperaturmesspunkte und der Wirkpunktverlagerung. Für eine hohe Allgemeingültigkeit des korrelativen Zu-

standsmodells ist eine ausreichende Datenbasis entsprechend dem Einsatzspektrum der Maschine erforderlich. Eine solche Datenbasis lässt sich effektiv nur mittels der Simulationsrechnungen schaffen. Dabei lassen sich auch Einflüsse wie die Prozesskühlung berücksichtigen, die messtechnisch schwierig zu erfassen sind. Die Einflussfaktoren werden nach der Fehlerquadrat-Minimum-Methode ermittelt.

Ergebnisse

Das charakteristische thermische Verhalten des Bearbeitungszentrums wurde anhand der thermischen Analyse dargestellt. Möglichkeiten zur Verbesserung des thermischen Verhaltens werden angegeben. Mit Hilfe des Simulationsmodells konnten zwölf optimale Temperaturmesspunkte ermittelt werden. Das korrelative Zustandsmodell für die thermische Kompensation lässt sich als einfacher Formelsatz in die Maschinensteuerung integrieren. Über eine stufenweise Reduzierung der Messpunktanzahl kann bei Kontrolle einer hinreichenden Korrelation der Messaufwand an der Maschine für die Kompensation verringert werden.



Wirkpunktverlagerungen für einen Lastfall

4.3.16 Dynamische Maschinenuntersuchung mittels Experimenteller Modalanalyse

Laufzeit laufend

Finanzierung Industrie

Bearbeiter Dr.-Ing. Andreas Mühl
Dipl.-Ing. Michael Löser

Zielstellung

Das IWM misst und visualisiert im Industrieauftrag an spanenden und umformenden Werkzeugmaschinen sowie an sonstigen dynamisch belasteten Maschinen, Anlagen und Gehäusestrukturen deren Eigenfrequenzen, zugehörige Eigenschwingungsformen sowie Betriebsschwingungsformen, letztere bei Erregung der Maschine durch den Prozess selbst. Zum Analyseumfang gehören, je nach konkreter Aufgabenstellung, die Herstellung kausaler Zusammenhänge zwischen den ggf. auftretenden Fehlern am Werkstück sowie den Begrenzungen der Dynamik in den Bewegungsvorgaben der Maschine einerseits und den gemessenen Eigen- und Betriebsschwingungsformen andererseits. Je nach konkreter Aufgabenstellung werden auf Basis dieser Messungen und Visualisierungen z. B.

- das dynamische Verhalten von Gestell-, Antriebs- und Führungsstrukturen bewertet und Vorschläge zu deren Verbesserung aus strukturdynamischer Sicht erarbeitet,
- dynamisch kritische Komponenten wie z .B. Bestandteile von Getriebezügen während des Betriebes der Maschine oder Anlage identifiziert, deren Verhalten diagnostiziert und Vorschläge zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens erarbeitet.

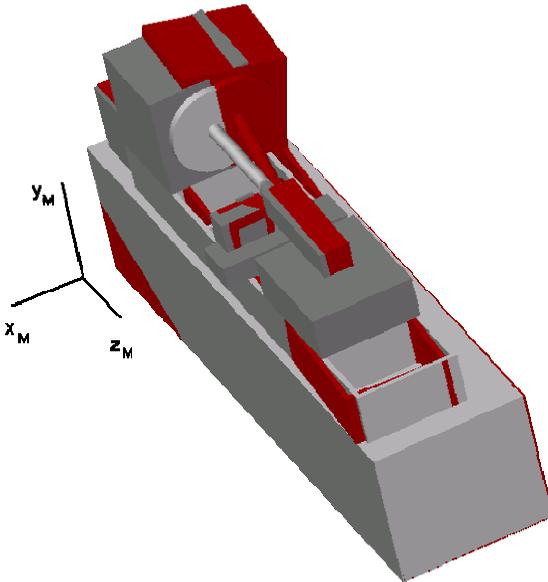
Lösungsweg

Aufgabenstellungen dieser Art werden mittels experimenteller Modalanalyse und zugehöriger Auswertungen gelöst. Experimentelle Modalanalysen gehören zu den Standard-Aufgabenstellungen am IWM und werden mit entsprechend verfügbarer

Erregungs-, Mess- und Signalverarbeitungstechnik sowie gestützt auf langjährige Erfahrung durchgeführt.

Ergebnisse

Das *Bild* zeigt eine gemessene und anschließend visualisierte Eigenschwingungsform einer Großdrehmaschine.



Beispiel einer visualisierten Eigenschwingungsform einer Großdrehmaschine

4.4 AG Steuerungstechnik

4.4.1 Regelung der Ziehstabhöhe beim Ziehen von Blechformteilen zur Erzielung ebener Zargenflächen

Laufzeit 11/2006 - 02/2007

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Bernd Kauschinger
Dipl.-Ing. Christian Blaich (IFU Stuttgart)

Kooperation Universität Stuttgart, Institut für Umformtechnik

Zielstellung

Wenn Blechformteile mit geraden Zargenabschnitten tiefgezogen werden, kommt es oftmals zu einer Beeinträchtigung der Zieheteilqualität durch Formabweichungen in der Zarge (Falten 2. Art). Die Ursache dafür liegt in der nicht vollständigen Plastifizierung des Umformgutes über dem Zargenquerschnitt. Konventionelle Ziehetechnik (Stempel, Ziehring, Niederhalter) kann dies nur begrenzt leisten, da eine Erhöhung der Niederhalterkraft eher zu Reißen am Werkstück führt. Eine Alternative besteht im Aufbringen zusätzlicher Zugspannungen gegen Ende des Ziehprozesses. Dies ist möglich mit Hilfe von Ziehsicken und in der Höhe verstellbaren Ziehsickenstäben. Dadurch wird die Zarge gereckt, und somit plastisch nachverformt, was zur Minimierung der Formabweichungen führt. Voruntersuchungen haben gezeigt, dass sich die Ebenheit der Zarge mit der Höhe der wirkenden Zargenspannungen verbessern lässt, wobei unerheblich ist, über welchen Ziehweg die maximale Zargenspannung wirkt; sie muss nur am Ende des Ziehprozesses wirken. Neben der Form von Ziehsicke und Ziehsickenstab wird die Längsspannung in der Zarge auch durch die Änderung tribologisch relevanter Eingangsparameter (Schmierstoffart und -menge pro Fläche, Blechoberflächen usw.) und durch die Eigenschaften des Blechwerkstoffes beeinflusst. Eine *gesteuerte* Verstellung der Ziehsickenstabhöhe abhängig vom Stempelweg (sogenanntes Shape-Set) kann auf

diese Einflüsse nicht reagieren und ermöglicht dadurch nur in begrenztem Maße eine sichere und robuste Prozessführung. Ein Ziel des Projektes war es deshalb, die Zargenspannung durch Höhenverstellung von Ziehsickenstäben auf einen vorgegebenen Verlauf zu regeln und den Nachweis zu erbringen, dass dies auch unabhängig von Schwankungen tribologisch relevanter Eingangsparameter möglich ist. Dafür sollte eine geeignete Regelung aufgebaut und deren Funktion praktisch nachgewiesen werden.

Lösungsweg

Nach Aufbau und Programmierung der Regelung folgten experimentelle Untersuchungen sowie die Auswertung der Ergebnisse. Für die Untersuchungen wurde ein spezielles Umformwerkzeug mit steuerbaren Ziehsickenstabhöhen und integrierten Zargenspannungssensoren eingesetzt, das bereits in vorangegangenen Untersuchungen entwickelt, aufgebaut und erprobt worden war (*Bild 1*). Die Höhenverstellung der vier Ziehsickenstäbe erfolgte jeweils über servohydraulisch angetriebene Zylinder, die am Ziehring des Werkzeuges befestigt waren und auf einen Keilschiebermechanismus wirkten. Zur Zargenspannungsmessung dienten spezielle Sensoren mit integrierten Piezokraftmesszellen.

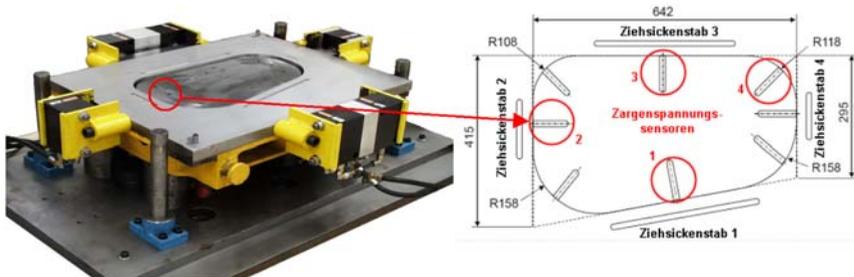


Bild 1: Versuchswerkzeug mit Anordnung der Ziehsickenstäbe und Zargenspannungssensoren (Quelle: IFU Stuttgart)

Für den Sollwert der Zargenspannung sollte ein Verlauf über dem Stößelweg vorgegeben werden können, mit einer Anhebung bis kurz unter die Reißergrenze kurz vor Ende des Ziehvorgangs.

Das Regelungssystem besteht aus den Komponenten Sensorik, Aktorik, Rechnerhardware und Regelungssoftware. Es wurde aufgebaut an einer hydraulischen Presse der Fa. Müller Weingarten. Als Regelungsrechner diente ein VMEbus-System, das bereits im Rahmen anderer regelungstechnisch geprägter Forschungsprojekte am IFU erfolgreich eingesetzt wurde. Das Rechnersystem besteht aus einem schnellen Prozessorboard mit PC-typischer Architektur (Intel PIII-850 MHz, 256 MB RAM, Schnittstellen für IDE-HDD, FDD, USB, VGA, PS2, Keyboard, Ethernet, etc.) und Interfacechips für den VMEbus. Weiterhin sind im Rechnersystem mehrere VMEbus-Trägerboards (VMOD-IO der Fa. JANZ) integriert, die mit unterschiedlichen I/O-Modulen zum Anschluss der Sensorik und Aktorik bestückt sind. Als Betriebssystem des Regelungsrechners wird Linux (Kernel 2.4.25) mit der Echtzeiterweiterung RTAI (Version 3.2) verwendet. Auf der eingesetzten Hardware sind damit Zykluszeiten für den Regler bis $< 100 \mu\text{s}$ in harter Echtzeit bei wenigen μs Jitter realisierbar. Darüber hinaus bietet die Linux-Lösung bereits umfangreiche Funktionalität und Schnittstellen für die Entwicklung leistungsfähiger, flexibler und komfortabler Reglungs- und Bediensoftware. Als Klassenbibliothek für die Bedienoberfläche diente das QT-Framework 3.3.3 (C++ Toolkit der Fa. Trolltech AS) mit den zugehörigen Entwicklungswerkzeugen. Die durchgeführten Arbeiten bestanden in der Entwicklung, Inbetriebnahme und Parametrierung der Regelung, sowie der Durchführung und Auswertung von Tiefziehversuchen mit und ohne Regelung.

Ergebnisse

Die vom IWM Dresden entwickelte Reglersoftware besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten:

- Reglerkern mit zeitkritischen Funktionen (Hardwareansteuerung, Messwerterfassung und -aufbereitung, Filterung, Berechnung der Regelalgorithmen, Stellwertaufbereitung und -ausgabe, Daten-Logging, Kommunikation mit der Bedienoberfläche), realisiert als Echtzeit-Kernelmodul und ausgeführt als hochpriorisierte RTAI-Task. Als Reglertakt wurde 1 ms gewählt.

- Bedienoberfläche (*Bild 2*) mit zeitunkritischen Funktionen (Bedienung, Datenanzeige, Logdatenübernahme, -auswertung und -speicherung, Parametrierung der Reglersoftware, grafische Anzeige, Parametersicherung und -wiederherstellung, Kommunikation mit der Reglersoftware).

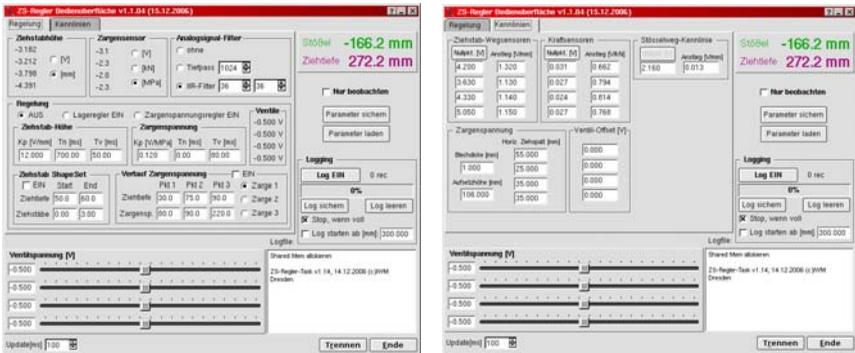


Bild 2: Bedienoberfläche der am IWM entwickelten Software zur Regelung der Zargenspannung

In die Reglersoftware wurden auch Funktionen zum Mitschreiben von reglerinternen Daten (Logging) integriert, als grundlegende Voraussetzung für nachfolgende Untersuchungen des Tiefziehprozesses sowie für die Reglerentwicklung und -auslegung. Das betrifft nicht nur Sensormesswerte sondern prinzipiell alle im Reglerkern verwendeten Daten. Die Funktionsfähigkeit dieser Regelungslösung konnte anhand einer Vielzahl von Tiefziehversuchen für veränderte Prozessbedingungen erfolgreich nachgewiesen werden. Untersucht wurden dabei Kombinationen aus verschiedenen Schmierstoffarten, unterschiedlichen Schmierstoffmengen pro Fläche sowie verschiedenen Blechwerkstoffen. *Bild 3* zeigt beispielhaft Messergebnisse für einen geregelten und einen unregulierten Tiefziehversuch. Für die mit Zargenspannungsregelung tiefgezogenen Bauteile konnte eine Verbesserung der Bauteilqualität insbesondere im Zargenbereich nachgewiesen werden (*Bild 4*).

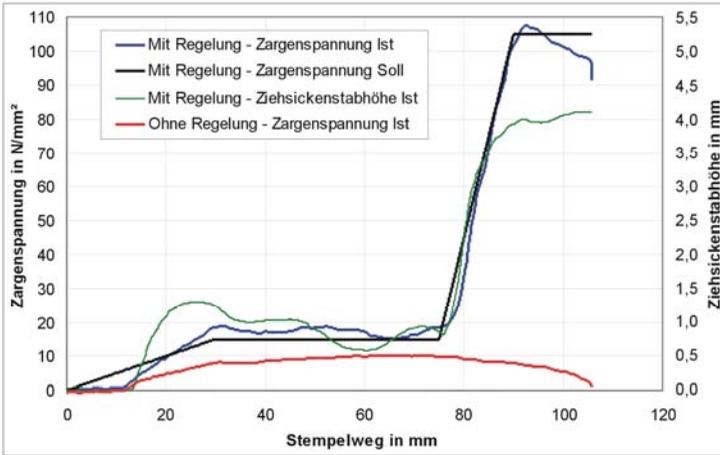


Bild 3: Verlauf der Zargenspannung über dem Stempelweg ohne (unten) und mit (oben) stempelwegabhangiger Zargenspannungsregelung für einen Ziehsickenstab

Es wird ein praxisrelevanter Weg zu einem geregelten Umformprozess gezeigt, der einerseits die geforderte Produktgute sicherstellt und andererseits bei Einsatz nur eines Werkzeugs für die Kombination von Tiefziehen und mechanischem Tiefen eine hohe Produktivität verspricht.

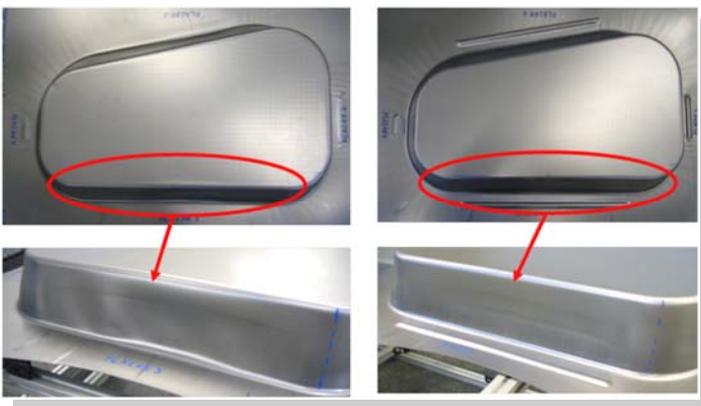


Bild 4: Ergebnisse, links: Zu große Formabweichungen in der Zarge, rechts: Gutteil

4.4.2 Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Konzeption eines neuen Verfahrens und dessen Umsetzung in ein Schleifzentrum

Laufzeit 01/2008 - 12/2009

Finanzierung BMWi
über die Arbeitsgemeinschaft industrieller
Forschungsgemeinschaften "Otto von Guericke"
(AiF) PRO INNO II
Kooperationsprojekt "Entwicklung von Verfahren
und Anlage zur Automatisierung manueller
Schleifoperationen zu Oberflächenverbesserung
von Turbinenschaufeln

Bearbeiter Dipl.-Ing. Mirko Riedel
Dipl.-Ing. Steffen Rehn
Dipl.-Ing. Volker Möbius
Dr.-Ing. Andreas Mühl
Dipl.-Ing (FH) Holger Kretzschmar
Dipl.-Ing. (BA) Andreas Richter

Kooperation MAB Maschinen- und Anlagenbau GmbH,
Radebeul
a&a technologies GmbH, Bremen

Zielstellung

Turbinenschaufeln sind High-Tech-Erzeugnisse für extreme Belastungen, bei denen Formgenauigkeit und Oberflächenrauheit direkt auf die Leistungseffizienz des Endproduktes Turbine wirken. Nach der spanenden Herstellung auf 5-D-Fräsmaschinen wird deshalb z. Z. in einem manuellen Arbeitsgang an einer Bandschleifmaschine die gefräste Oberfläche in den Rauheitswerten verbessert. Das Projekt will die manuell geführte komplexe Relativbewegung zwischen dem Werkstück Turbinenschaufel und dem Schleifband mit einer parallelkinematischen Bewegungseinrichtung mit sechs Freiheitsgraden (Hexapod) sowie einer zusätzlichen Drehachse an der Werkstückaufnahme ablösen. Opti-

sche Messeinrichtungen sollen die optimale geometrische Orientierung beim Schleifprozess sowie die Ergebniskontrolle der geschliffenen Oberfläche ermöglichen. Der manuell erfahrungsgestützt aufgebrachte Schleifdruck soll durch Messung der Schleifkraft im Prozess berücksichtigt und mit Modellstützung sowie anspruchsvollem Datenmanagement des Schleifprozesses intelligent gesteuert werden. Der Hexapod soll zusätzlich Handling-Operationen ausführen, Umhausung und Absaugungen vermindern die Staubbelastung des neuartigen Arbeitsplatzes.

Lösungsweg

Die Lösungskonzeption des Projektes stützt sich auf folgende Strategie:

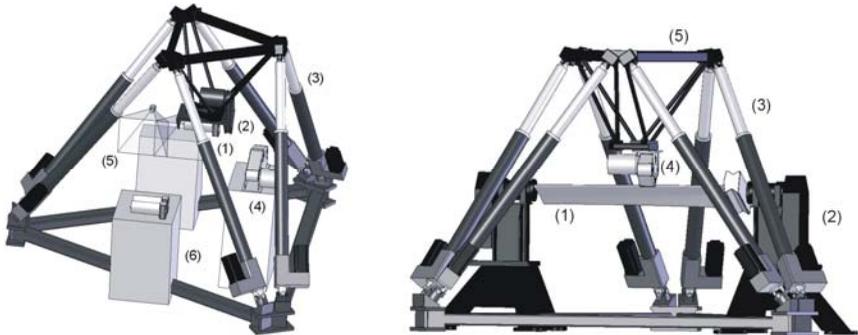
- Verbindung der Bewegungsmöglichkeit einer Parallelkinematik in sechs Freiheitsgraden mit prozessaktiver Sensorik
- Steuerung des Prozesses nach einem aktuell geführten Prozessabbild auf der Grundlage von sensorischer Erfassung und Auswertung der Schleifkräfte hinsichtlich Angriffspunkt, Betrag und Richtung
- Einbeziehung optischer Verfahren für die Identifikation der Werkstücklagen für automatische Beschickungsvorgänge sowie für die Beurteilung des Arbeitsergebnisses

Die beabsichtigte technologische Entwicklung und deren Umsetzung in eine Arbeitsstation begründet sich dabei in folgenden Kernelementen:

1. Nutzung der Eigenschaften einer Parallelkinematik
 - Bewegungsmöglichkeit in sechs Freiheitsgraden
 - relativ hohe Steifigkeit
 - relativ hohe Bewegungsgenauigkeit
2. Integration der im Prozess ermittelten Bearbeitungskräfte in die modellgestützte Verfahrenssteuerung
3. Integration optischer Messeinrichtungen

Bild 1 zeigt dafür mögliche prinzipielle Anordnungen und Konfigurationen. Darin sind:

- (1) Werkstück Turbinenschaufel
- (2) Aufnahmeeinrichtung für die Turbinenschaufel
- (3) Bewegungseinrichtung Parallelkinematik
- (4) Schleifwerkzeug
- (5) Anordnungsraum für die optische Messeinrichtung und
- (6) Bereitstellungsplatz für Werkstücke



*Bild 1: Konfigurationen einer Parallelkinematik für das Schleifen von Turbinenschaufeln;
links: bewegtes Werkstück, rechts: bewegtes Werkzeug*

Bei beiden Ausführungen ist in die Aufnahme-Einrichtung eine aktive Drehachse integriert, so dass sieben Bewegungsachsen durch die Steuerung zu koordinieren sind. Bei kleineren Schaufeln bis ca. 360 mm Baulänge soll mit bewegtem Werkstück und stationär angeordneten Werkzeugen gearbeitet werden (*Bild 1, links*), bei größeren Werkstückabmessungen und entsprechend größeren Massen wird ein Aufbau mit bewegtem Werkzeug und stationärem, nur mit der Drehachse verbundenem Werkstück favorisiert (*Bild 1, rechts*). Als Demonstrator ist die Ausführung in *Bild 1, links* vorgesehen. Das zu entwickelnde Schleifzentrum soll folgende wesentlichen Merkmale aufweisen:

- Erweiterung der Bewegungsmöglichkeit des Hexapod in sechs Freiheitsgraden um eine aktive Drehachse (360°) für den Schaufelrohling
- Stationäre Anordnung von mehreren Schleifwerkzeugen mit unterschiedlicher Körnung im Arbeitsraum

- Einbeziehung ausgewählter Handlingoperationen wie Holen des Werkstückes von einem Bearbeitungsplatz und Ablegen nach Bearbeitung
- Genaue Lage-Referenzierung des Werkstückes in der Maschine mit optischen Messeinrichtungen
- In-Prozess-Messung der Schleifkraft und Einbeziehung in die Bewegungssteuerung
- Kontrolle des erreichten Arbeitsergebnisses über eine spezifische optische Messung
- Ausführungen mit Sperrluft an wichtigen Elementen (Optik) zum Schutz vor Schleifstaub
- Absaugung an den Bearbeitungsstellen zur Sicherung der Arbeitsschutzanforderungen sowie Einhausung und filternde Absaugung des Schleifzentrums

Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurden potentielle Anwender und realisierte Technologien analysiert. Weiterhin wurde eine Turbinenschaufel als Demonstrator ausgewählt (*Bild 2, links*) und weitere untersetzende Informationen zur derzeitigen manuellen Arbeitstechnologie sowie ein Muster einschließlich Aufnahme (Original-Spanneinrichtung des Herstellers) übergeben (*Bild 2, rechts*). Zur Präzisierung der Automatisierungstechnologien für die Demonstrator-Turbinenschaufel wurde nach manuellem Test die Werkzeugauswahl getroffen. Es werden Bandschleif-einrichtungen und Schleifbänder unterschiedlicher Körnungen und Bindungen eingesetzt.

Die Konfiguration der Experimentalmaschine für den ausgewählten Demonstrator und die Werkzeuge entspricht *Bild 1, links*. Die Turbinenschaufel wird an der bewegten Hexapodplattform aufgenommen. Die zusätzliche Drehachse liegt horizontal an der Plattform. Die Werkzeuge sind ortsfest im Bewegungsraum angeordnet. Der Hexapod bewegt die Turbinenschaufel zum jeweiligen Werkzeug. Für Schrupp- und Schlichtoperationen sowie für die verschiedenen Formelemente sind sechs verschiedene Werkzeuge erforderlich. In der Testphase wird mit drei

Arbeitsstationen begonnen, an denen dann noch unterschiedliche Schleifbänder und Schleifscheiben untersucht werden.

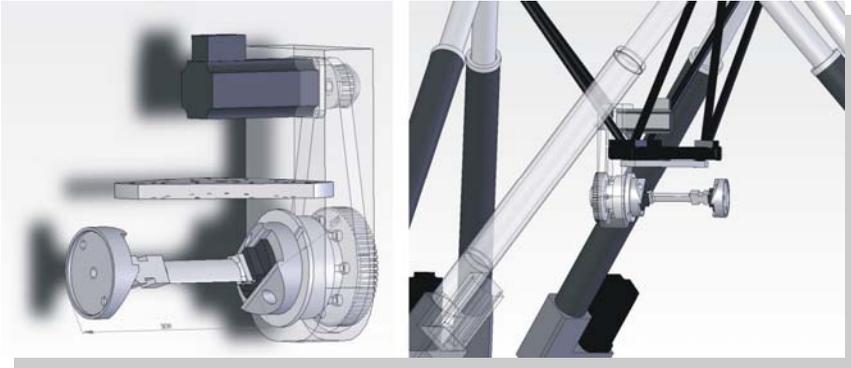


*Bild 2: Sortiment Turbinenschaufeln (links)
und Demonstratorschaufel mit Aufnahme (rechts)*

Bild 3 zeigt einen Entwurf für die 7. Achse. Merkmale sind eine kräftige Lagerung mit geringer Bauhöhe, geringe Auskragung bezogen auf die Plattform und eine analoge Antriebsstruktur zu den anderen sechs Bewegungsachsen (Stellmotor mit rotatorischem Messsystem und Zahnriemen).

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten von IWM und Projektpartner a&a ist die Entwicklung und Integration der erweiterten Messtechnik. Zum prozessnahen Erfassen von räumlichen Bearbeitungskräften in Betrag und Richtung wurde eine strukturintegrierte Kraftmesseinrichtung für den Hexapod konzipiert, entwickelt und konstruiert, die mit Sensoren (Zug/Druck) in den Kugelstäben der Hexapodplattform arbeitet. Struktur und konstruktive Ausführung bewirken, dass in den Kugelstäben annähernd nur Zug-Druck-Kräfte auftreten. Aus den gemessenen Längskräften lassen sich die resultierenden räumlichen Prozesskräfte berechnen.

Mit dem Projektpartner a&a erfolgte die Auswahl und Erprobung einer Messeinrichtung für die Erfassung der Turbinenschaufel-Geometrie. Zur Anwendung kommt der in *Bild 4* gezeigte Laser-Scanner. Die Bewegungseinrichtung dient dabei auch zur Bewegung der Schaufel relativ zum Messkopf.



*Bild 3: Drehachse für die Turbinenschaufel (links)
und deren Anordnung an der Plattform (rechts)*

Die nachfolgenden Arbeiten konzentrieren sich auf die Integration der Messtechnik in die Experimentalmaschine, die Erweiterung der Steuerungsfunktionalität, die Erarbeitung geeigneter Mess- und Bearbeitungszyklen sowie deren praktische Erprobung.



Bild 4: Makrogeometrieerfassung mittels Laserscanner

4.5 AG Umformtechnik/Arbeitsplanung

4.5.1 Datenbankgestützte Modellierung und Simulation der Prozessketten zur gezielten Einstellung vordefinierter Eigenschaften sowie zur Absicherung der reproduzierbaren Fertigung von thermoplastischen Textil-Verbundbauteilen



**Vorhaben im Teilprojekt E2 des SFB 639
Textilverstärkte Verbundkomponenten für
funktionsintegrierende Mischbauweisen bei
komplexen Leichtbauanwendungen**

Laufzeit 01/2008 - 12/2011

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Hajo Wiemer
Dipl.-Inf. Kay K. Großmann

Kooperation Dr.-Ing. Bernd Grüber
Dipl.-Inf. (BA) Jan Wiedemuth
TU Dresden, Institut für Leichtbau und
Kunststofftechnik

Zielstellung

Im Zusammenhang mit Leichtbau-Konzepten erlangen textilverstärkte Verbundwerkstoffe immer mehr an Bedeutung. Textilverstärkte Verbundwerkstoffe besitzen große Flexibilität in Bezug auf die Anpassung der Werkstoffstruktur an die Belastungen. Diese Flexibilität ist durch viele Einflussmöglichkeiten entlang der Prozesskette, beginnend mit den Eigenschaften der Rohstoffe, deren Mischungsverhältnisse bei der Filament- und Garnherstellung, über die Wahl unterschiedlicher Verarbeitungsverfahren und Montagevarianten zum textilen Halbzeug mit zugehörigen anpassbaren Prozessparametern bis zur Konsolidierung des Textiles zum Bauteil gegeben. Die bislang übliche isolierte

Betrachtung von einzelnen Problemfeldern und Prozessschritten wird bei einer von derartigen starken Wechselwirkungen geprägten Prozesskette den Anforderungen nicht gerecht. Die durchgängige Betrachtung der einzelnen Teilbereiche Werkstoffe, Konstruktion, Fertigung und Montage ist zwingend erforderlich, denn nur bei möglichst durchgängiger, abgestimmter Vorgehensweise kann das gegebene hohe Leichtbaupotenzial voll ausgeschöpft werden (*Bild 1*). Ziel der Forschungsarbeit ist daher die Entwicklung eines offenen Modells zur Darstellung, Planung und Überwachung von Fertigungsabläufen textilverstärkter Verbundstoffe.



*Bild 1: Problemstellung der Prozesskettenmodellierung:
Erfassung aller relevanten Einflüsse auf die reproduzierbare Herstellung der geforderten Bauteileigenschaften*

Lösungsweg

- Analyse der Grobstruktur der Prozesskette sowie der charakteristischen Besonderheiten bei der Herstellung textilverstärkter Verbundstoffe.
- Erstellen eines Anforderungskataloges an das Fertigungsprozessmodell.
- Recherche nach geeigneten Planungsmethoden aus den planerischen Fachdisziplinen, wie Arbeitsplanung und Prüfung der Einsatzmöglichkeiten kommerziell verfügbarer Planungssoftware.

- Entwicklung eines datenbankgestützten Modells der Prozesskette (Bild 3).
- Darstellung des Fertigungsablaufes im SFB 639 im Sinne der Grobplanung.
- Untersetzung der Grobstruktur mit Arbeitsgängen, Arbeitsstufen, Stammdaten, Prüfanweisungen usw. im Sinne der Feinplanung.
- Anwendung des Fertigungsprozessmodells für eine reproduzierbare Herstellung ausgewählter Eigenschaften.

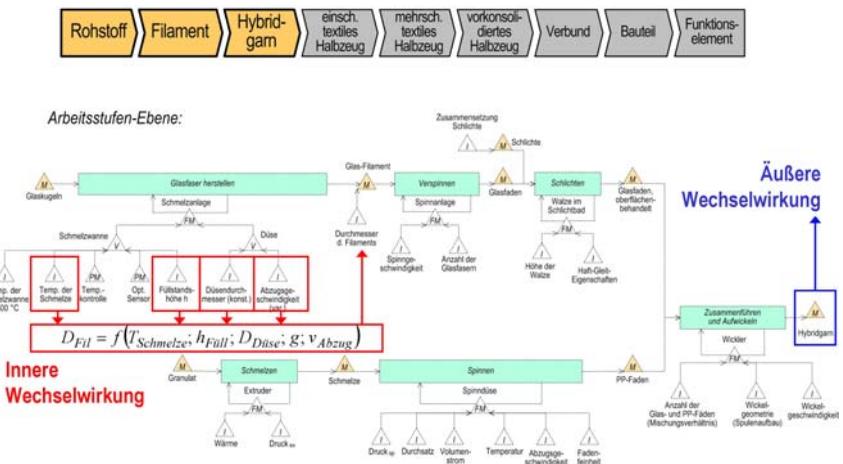


Bild 2: Struktur des Prozessschrittes Spinnen mit Objekten für Material, Technologischen Vorgängen und Fertigungsmitteln sowie mit beispielhaft angetragenen Materialeigenschaften und Fertigungseinflüssen

Ergebnisse

Im bisherigen Bearbeitungszeitraum erfolgte die detailliert strukturierte Darstellung des Fertigungsablaufes. Basierend auf dieser Darstellung wurde zum Einen begonnen, die Wechselwirkungen bzw. Einflüsse zu modellieren, die für die reproduzierbare Herstellung der geforderten Werkstück- und Werkstoffeigenschaften der textilverstärkten Verbundstoffe erforderlich sind (z. B. Bild 2). Zum Anderen wurde ein Konzept zur Daten-

bankgestützten Prozesskettenmodellierung und -analyse (Bild 3) entwickelt.

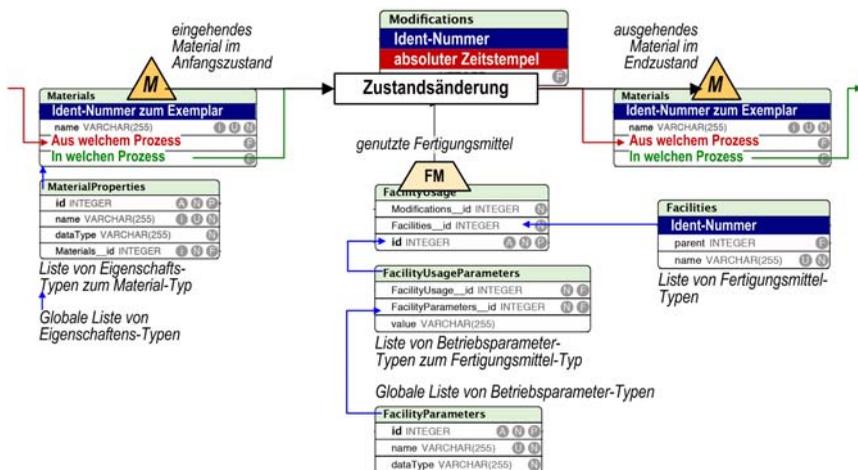


Bild 3: Ansatz zur Verkopplung der Objekte der Prozesskette mit den für die Betriebsdatenerfassung und Qualitätsanalyse erforderlichen Tabellen der Datenbank

4.5.2 Entwicklung und Bewertung von Simulationstechnologien für die Blechumformung unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Maschine/Werkzeug und Prozess/Werkstück

Laufzeit 01/2006 - 12/2008

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
SPP 1180 Prognose und Beeinflussung der Wechselwirkungen von Strukturen und Prozessen

Bearbeiter Dr.-Ing. Hajo Wiemer
Dipl.-Ing. André Hardtmann

Zielstellung

Um bereits in der Planungsphase die Qualität und Wirtschaftlichkeit des Blechumformprozesses wesentlich verbessern zu können, müssen bei der Prozesssimulation praktisch relevante Einflüsse wie Stößelkipfung, Querversatz, Werkzeugdeformation, Hubzahlerhöhung, Auftreffstoß und Schnit Schlag mit berücksichtigt werden.

Ziel des Vorhabens ist deshalb die Schaffung eines umformtechnischen Gesamtmodells, welches die Wechselwirkungen zwischen den Teilsystemen Maschine/Werkzeug und Prozess/Werkstück sowie deren wesentliche Einflussgrößen beschreibt. Es erweitert die Aussagefähigkeit der bisherigen Prozessanalyse, da es die Randbedingungen von Maschine und Werkzeug mit einbezieht, was beim derzeitigen Stand der Simulation aufgrund der isolierten Modellierung nicht realisiert wird.

Die Prognosefähigkeit des erweiterten Umformprozessmodells wird an einem Beispielwerkstück, welches begleitend zur Modellbildung in einer Experimentiereinrichtung gefertigt wird, untersucht und bewertet.

Lösungsweg

- Modellierung der quasistatischen elastischen Maschineneinflüsse (*Bild 1*).
- Modellierung der quasistatischen elastischen Werkzeuginflüsse
- Modellierung der quasistatischen elastischen Einflüsse von Zieheinrichtungen (*Bild 2*) und Werkzeugführungen
- Entwicklung der Experimentiereinrichtung
- Modellberechnungen und begleitende Experimente
- Ergebnisdarstellung und -bewertung (*Bild 3*)
- Modellierung der dynamischen Einflüsse

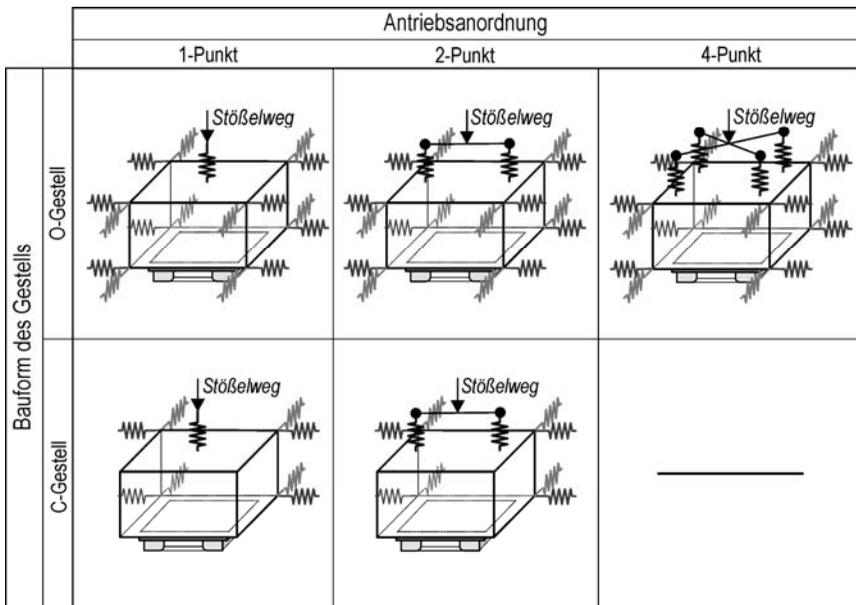


Bild 1: Schematische Darstellungen von Modellen unterschiedlicher Pressenstrukturen

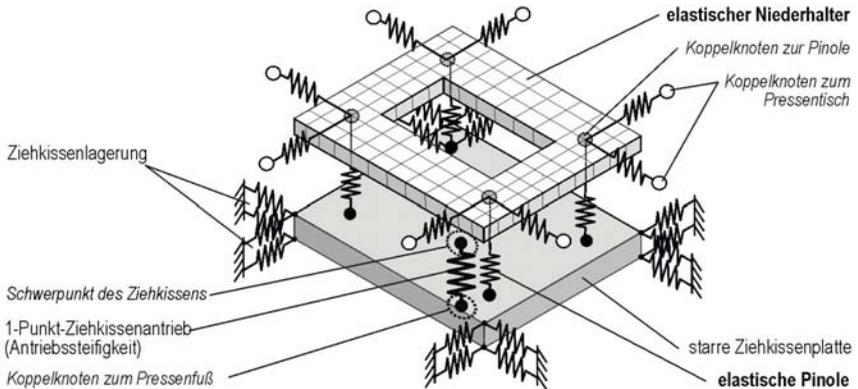


Bild 2: Modellstruktur der Zieheinrichtung für elastischen Blechhalter

Ergebnisse

Ausgehend von den relevanten Einflüssen aus Werkzeug, Presse und Zieheinrichtung auf den Umformprozess wurden bei Variation der Pressenstruktur (Bild 1) entsprechende Teilmodelle entwickelt, welche das bisherige FEM-Modell des Umformprozesses erweitern. Der Vergleich der Simulationsergebnisse der erweiterten Umformprozessmodelle mit den Ergebnissen der bisherigen Modellierung zeigt, dass mit um die Einflüsse der Presse und Zieheinrichtung erweiterten Umformprozessmodellen maschinenbedingte Einflüsse auf das Ziehergebnis sichtbar gemacht werden können.

Damit steht prinzipiell ein Gesamtmodell des Umformprozesses zur Verfügung, um sowohl Einflüsse unterschiedlicher Presseigenschaften als auch unterschiedlicher Ziehkissenkonfigurationen und -einstellungen in der Prozessplanung zu berücksichtigen (Bild 3).

Parallel zu den Arbeiten der Modellbildung wurden Entwicklung und Bau einer Experimentierumgebung zur experimentellen Validierung der Simulationsergebnisse durchgeführt. Weiterführende Arbeitsschritte haben die reduzierte Modellierung der

elastischen Werkzeugeigenschaften und die Einbeziehung der elastischen Einflüsse der Werkzeugführungen zum Inhalt.

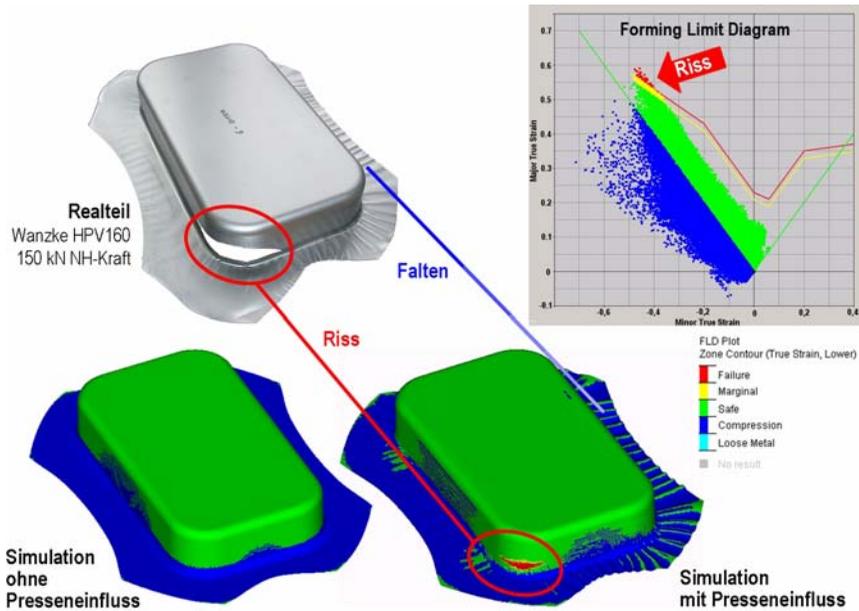


Bild 3: Ergebnisvergleich zwischen Modell und Experiment bzgl. der Aussagefähigkeit des Prozessmodells mit und ohne Maschineneinfluss

4.5.3 **Untersuchung von Berechnungsmodellen und des Deformationsverhaltens für das inkrementelle Umformverfahren Axialprofilrohrwalzen (APRW)**

Laufzeit 07/2008 - 03/2010

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Ing. André Hardtmann

Kooperation TU Dresden, Institut für Festkörpermechanik
TU Dresden, Institut für Formgebende
Fertigungstechnik

Zielstellung

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Weiterentwicklung, Erprobung und Validierung der in der ersten Antragsphase am Institut für Festkörpermechanik (IFKM) entwickelten Berechnungsverfahren für das Umformverfahren Axialprofilrohrwalzen (APRW). Voraussetzung bilden Auswahl, Bewertung und Validierung geeigneter FE-Modelle unter dem Aspekt der speziellen Anforderungen des APRW. Dazu sind die bisherigen Modelle hinsichtlich ihrer Realitätsnähe und ihrer Prognosefähigkeit weiter zu optimieren. Zu diesem Zweck sind zur Vereinfachung angenommene Randbedingungen und Symmetrieeigenschaften auf ihre Zulässigkeit zu überprüfen und ggf. durch geeignetere zu ersetzen.

Weiterer Forschungsschwerpunkt ist die Modellierung komplizierter geometrischer Profileigenschaften einschließlich der Untersuchung von deren Auswirkungen vor allem auf die Genauigkeit der Berechnungsergebnisse sowie auf die Rechengeschwindigkeit und den Speicherbedarf. Zur Modellierung beispielsweise einer oder mehrerer Einsteckprofilformen ist es notwendig, effizientere Vernetzungsstrategien zur Abbildung großer lokaler Deformationen in einer sonst global wenig verformten Struktur zu erarbeiten.

In Vorarbeiten zur Blechumformung wurde nachgewiesen, dass das elastische Verhalten von Werkzeug und Maschine erheb-

lichen Einfluss auf den Umformprozess und somit auf die Qualität der hergestellten Produkte hat. Um die Genauigkeit und Prognosefähigkeit des FEM-Prozessmodells entscheidend zu verbessern, müssen diese elastischen Randbedingungen in einem umformtechnischen Gesamtmodell berücksichtigt werden.

Die vorhandenen Ansätze sind auf ihre Übertragbarkeit und Anwendbarkeit für die Simulation des APRWs zu prüfen und zu bewerten. Danach wird ein Ansatz ausgewählt, mit dem ein umformtechnisches Gesamtmodell für das APRW einschließlich der elasto-statischen Einflüsse aus Maschine und Werkzeug demonstriert werden kann.

Lösungsweg

- Weiterentwicklung und Optimierung des FE-Modells zum APRW
- Modellierung komplizierter Profilgeometrien - Vernetzungsstrategien (*Bild 1*)
- Parameteridentifikation für das Fließ- und Reibverhalten bei großen lokalen plastischen Dehnungen
- Qualifizierung des Prozessmodells durch Berücksichtigung elasto-statischer Maschinen- und Werkzeugeinflüsse

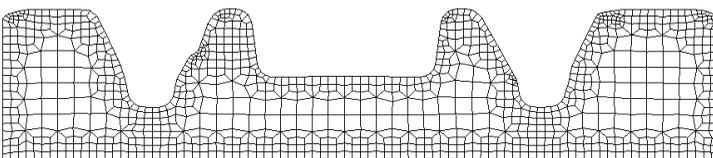


Bild 1: Intelligente Neuvernetzung bei großen Verzerrungen

Ergebnisse

Wie bei allen inkrementellen Umformverfahren erfordert das Ringwalzen lokal an der Kontaktstelle eine sehr feine Diskretisierung, während für den Restkörper eine sehr grobe Unterteilung ausreicht. Die Anwendung der in kommerziellen Programmsystemen implementierten Substrukturtechniken für lineare Superelemente war in der ersten Antragsphase nicht

erfolgreich, da - bedingt durch die ständige örtliche Änderung der Kontakt- und damit der Umformzone - der Berechnungsaufwand zur Kondensation der Steifigkeitsmatrix des gerade in Umformung befindlichen Rohrsegmentes auf die externen Elementfreiheitsgrade größer ist als bei einem vollständig fein diskretisierten Modell. In diesem Arbeitspunkt wird die Senkung der Elementanzahl durch intelligente Vernetzungsstrategien als Lösungsansatz gesehen. Durch die Festlegung von definierten Zonen feinerer Neuvernetzung werden in der Kontakt- bzw. Umformzone die kleinen Elementgrößen verwendet, die zur Berechnung der lokalen plastischen Verformungen und damit der resultierenden Geometrien notwendig sind.

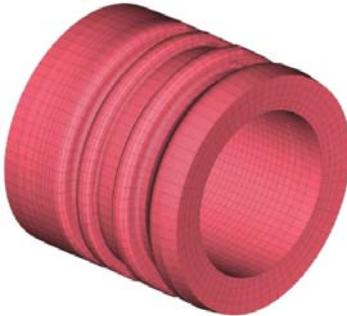


Bild 2: Kontursensitives Remeshing bei der Simulation des APRW

Im erarbeiteten Demonstrationsmodell wurde hierzu eine neue Vernetzungsstrategie "Template Ring Meshing" entwickelt (*Bild 2*) und erfolgreich zur Anwendung gebracht. Diese Technologie war entscheidend, um bei der Simulation des Walzens von Getrieberingen (*Bild 3*) die Rechenzeit je nach Größe und Detaillierungsgrad um ca. 50 - 80 % zu senken.

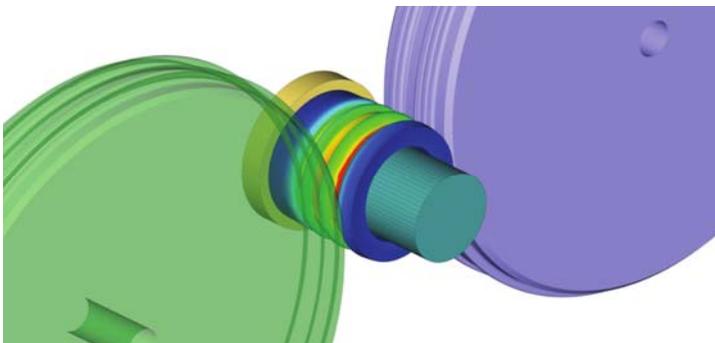


Bild 3: 3D-Simulation der Herstellung eines Getrieberinges

4.5.4 CAE-Methoden in der Einarbeitungsphase der Blechumformung

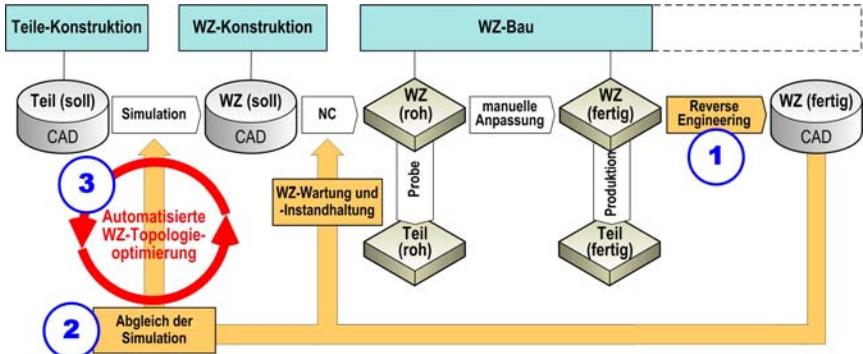
Laufzeit	10/2008 - 09/2010
Finanzierung	BMW über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgemeinschaften "Otto von Guericke" (AiF), Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V. (EFB)
Bearbeiter	Dipl.-Ing. André Hardtmann Dipl.-Ing. Lars Penter
Kooperation	Dr.-Ing. Dietmar Süße TU Dresden, Institut für Festkörpermechanik Dr.-Ing. Christine Schöne TU Dresden, Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion)

Zielstellung

An die Maßhaltigkeit von umgeformten Blechteilen und damit an die Werkzeugqualität werden ständig höhere Anforderungen gestellt. Ursachen für Maßabweichungen, die letztlich meist zur Nacharbeit an den Umformwerkzeugen führen, resultieren maßgeblich aus den elastischen Maschinen- und Werkzeuginflüssen. Diese Einflüsse werden in der derzeit üblichen Werkzeugauslegung nicht berücksichtigt, was mit großer Wahrscheinlichkeit die zur Nacharbeit führenden Differenzen zwischen CAD- und eingearbeiteter Geometrie des Werkzeuges verursacht.

Im Bereich des Werkzeugbaus werden zudem Potenziale zum schnelleren Serienanlauf und zur Kostensenkung in der Verkürzung des Einarbeitungsprozesses gesehen. Deshalb stehen Forderungen nach entsprechender Absicherung der Werkzeugkonstruktion mittels einer prognosesicheren und damit notwendig qualitativ erweiterten numerischen Simulation. Dieses Ziel soll im Vorhaben durch den Ansatz erreicht werden, wesentliche bisher notwendige "Nacharbeiten" vorab in der

Werkzeugplanungsphase im Virtuellen zu berechnen und damit bereits bei der Herstellung des "Rohwerkzeuges" zu berücksichtigen. Die Geometrie des Rohwerkzeuges soll damit wesentlich näher an der des Fertigwerkzeuges liegen. Damit soll der notwendige Nacharbeitsaufwand verringert werden.



Ablauf vom Blechteil bis zum fertigen Umformwerkzeug und Einordnung der Forschungsschwerpunkte

1. Reverse Engineering zur Rückführung von Messdaten,
2. Abgleich und Nachrechnung mit der Simulation und
3. Automatisierte Anpassung der Werkzeugtopologie (virtuelles Tuschieren)

Lösungsweg

Lösungsansatz ist die Verknüpfung der Umformprozesssimulation unter Berücksichtigung der Maschineneinflüsse mit innovativer Mess- und Auswertetechnik, um die der Simulation zugrunde liegenden Modelle weiterzuentwickeln und damit die Einarbeitung von Umformwerkzeugen wissenschaftlich durchdringen und effektiveren zu können. Das bedeutet:

- Mittels Reverse Engineering soll die "erweiterte Methodenplanung" am realen Einarbeitungsprozess nachgewiesen werden, was bisher nicht erfolgte.
- Mit dem Vergleich der Simulations- und Messergebnisse wird die Realitätsnähe der untersuchten Modelle bewertet.

- Mit der Weiterentwicklung von zur Rückfederungskompensation verwendeten Optimierungsalgorithmen auf die Problematik der Werkzeugeinarbeitung soll die Anpassung der Werkzeugtopologie durch neue Softwarefunktionalität automatisiert ablaufen.

Schwerpunkt der Arbeiten am IWM ist die Weiterentwicklung der FEM-basierten Prozesssimulation zum Umformprozess.

Ergebnisse

Das Vorhaben leistet für die Weiterentwicklung der Simulation von Umformprozessen einen wichtigen Beitrag zur Ermittlung erforderlicher Modellabstraktionen, Randbedingungen und technologischer Parameter, mit denen eine hohe Prozesssicherheit, eine hohe Qualität in Bezug auf die Maßhaltigkeit sowie eine sichere Reproduzierbarkeit bei der Herstellung von Umformteilen planerisch abgesichert werden kann. Folgende Ergebnisse werden durch Berücksichtigung von elastischen Maschinen- und Werkzeugeinflüssen in der "erweiterten Methodenplanung" angestrebt:

- Systematisch entwickelte Modelle zur "erweiterten Methodenplanung" mit vom projektbegleitenden Ausschuss bestimmten kommerziellen FE-Programmen.
- Schaffung einer messtechnisch im Realprozess ermittelten Vergleichsbasis zum Nachweis und zur Bewertung der "erweiterten Methodenplanung".
- Vergleichende Modellbewertung mit der Antwort auf die Frage "Welches Modell kann die Effekte der Werkzeugeinarbeitung am besten abbilden?"
- Methode zur automatisierten Optimierung der Werkzeugtopologie unter den Einflüssen der Werkzeugverlagerung und -deformation auf Basis von kommerziell verfügbaren Optimierungsalgorithmen.
- Schlussfolgerungen für den weiterführenden Einsatz des verwendeten fotogrammetrischen Messverfahrens beispielsweise zur In-Prozess-Messung der Blechteile oder zur Qualitätssicherung im Werkzeugbau.

4.5.5 Entwicklung der Grundlagen für die simulationsgestützte Analyse von Profilschienenführungen

Laufzeit 01/2007 - 03/2009

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Ing. Lars Neidhardt

Zielstellung

Bei der Gestaltung der Hauptfunktionselemente von Profilschienenführungen (PSF) sind die Belastungen beim Verfahren des PSF-Wagens bzw. der -Schiene von großer Bedeutung. Sowohl mit dem Einsatz virtueller als auch mit dem Einsatz experimenteller Methoden können diese Belastungen z. Z. noch nicht ausreichend genau ermittelt werden. Daraus ergaben sich für das gegenwärtig bearbeitete Projekt folgende Hauptzielstellungen:

1. Entwicklung von Verfahren zur virtuellen, simulationsgestützten Analyse von Kugel-PSF,
2. Validierung von Modellierungsvarianten für Kugel-PSF,
3. Experimente zum Abgleich der Parameter von Kugel-PSF-Modellen und
4. Untersuchung von Gestaltungsvarianten des Wälzkörperein- und Auslaufes auf Basis der virtuellen, simulationsgestützten Analyse von Kugel-PSF und deren vergleichende Bewertung anhand relevanter Kriterien.

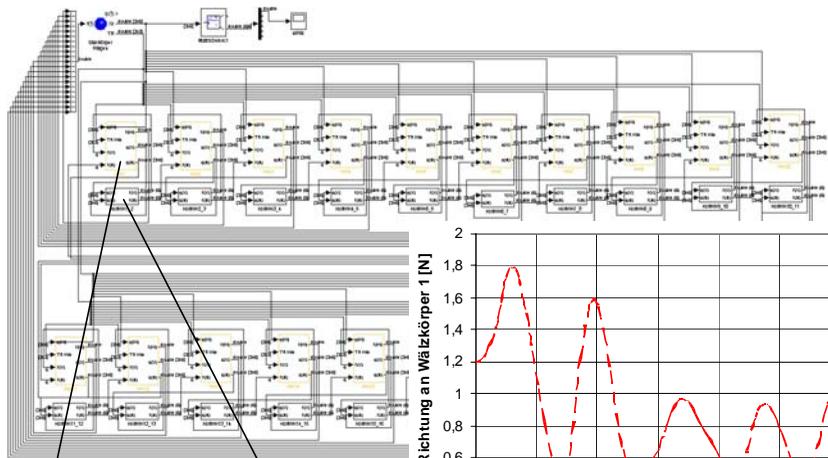
Lösungsweg

- Ermittlung von Kennfeldern für die auf Wälzkörper einwirkenden Rückstellkräfte bei geschmiertem Wälzkontakt für relevante Geschwindigkeiten
- Organisation des Austauschs der ermittelten Belastungs- und Bewegungsgrößen zwischen den Simulationselementen
- Geometriebeschreibung für die relevanten Teile der zu analysierenden Kugel-PSF

- Integration von Methoden für die Kollisionserkennung und Durchdringungs-Berechnung in die Simulationsmodelle
- Berücksichtigung realer Exemplargeometrien (Toleranzen) in den Simulationsmodellen
- Integration von Beschreibungsmöglichkeiten der elastischen Eigenschaften der Hauptfunktionselemente von PSF
- Konzipierung, Gestaltung, Fertigung und Aufbau eines Versuchsstandes zum Abgleich der Parameter der aufzustellenden Simulationsmodelle
- Durchführung von Versuchen zum Abgleich der Parameter der aufzustellenden Simulationsmodelle
- Exemplarische Untersuchung von Möglichkeiten zur Gestaltung des Wälzkörperein- und Auslaufes mit dem Ziel der Verringerung der auf die Wälzkörper einwirkenden Kräfte

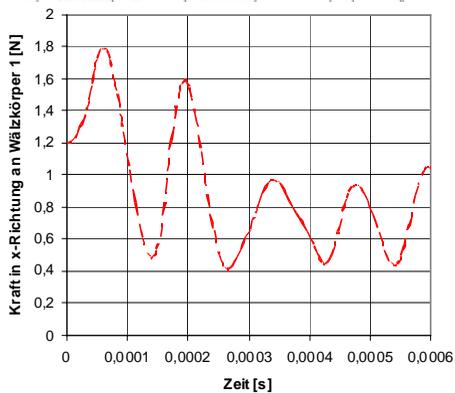
Ergebnisse

- Lauffähige gekoppelte CFD-Struktur-Modelle für die Ermittlung von Kennfeldern für die auf Wälzkörper einwirkenden Rückstellkräfte bei geschmiertem Wälzkontakt
- Berechnung der Kennfelder
- Beschreibung der Geometrie für relevante Bereiche der zu analysierenden Kugel-PSF und darauf basierende Entwicklung und Implementierung der erforderlichen Kollisionsalgorithmen
- Aufbau der Modelle zur Simulation von PSF im Zeitbereich
- Integration der Kollisionsalgorithmen in die Simulationsmodelle
- Konzipierung, Gestaltung, Fertigung und Aufbau eines Versuchsstandes für die Gewinnung von Parametern zum Abgleich der aufzustellenden Simulationsmodelle
- Experimentelle Gewinnung von Geschwindigkeitsgrößen zum Abgleich der Simulationsmodelle
- Berechnungen der Auswirkungen exemplarischer Gestaltungsänderungen der PSF-Geometrie auf die Wälzkörperkräfte im Inneren von PSF bei deren Betrieb



Kollisions- und Belastungsberechnung zwischen Wälzkörper 1 und dem Wagen sowie Wälzkörper 1 und der Schiene

Kollisions- und Belastungsberechnung zwischen Wälzkörper 1 und Wälzkörper 2



4.5.6 Objektivierung der Verfahrensgrundlagen für die experimentelle Ermittlung der dynamischen Tragzahl von Profilschienenführungen

Laufzeit 03/2006 - 02/2008

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Ing. Lars Neidhardt

Zielstellung

Die Lebensdauerberechnung für PSF ist auf rein analytischem Weg bislang nicht möglich. Als Alternative existiert das empirisch gefundene Modell von Lundberg und Palmgren, welches auf experimentelle Untersuchungen zur Ermittlung der dynamischen Tragzahl angewiesen ist. Die dabei ermittelte dynamische Tragzahl wird durch die Untersuchungsbedingungen und durch die Auswertung der Ergebnisse beeinflusst. Aus diesen Tatsachen ergeben sich vier Hauptziele für das Projekt:

1. Erfassung, Bewertung und Verringerung nicht idealer Belastungen
2. Bewertung des Einflusses der Prüfkrafthöhe und darauf basierende Festlegung der Prüfkrafthöhe
3. Erarbeitung von Methoden zur definierten Feststellung eines Prüflingsausfalls
4. Entwicklung eines bezüglich der Ergebnisgenauigkeit optimierten Verfahrens zur Auswertung von PSF- Lebensdaueruntersuchungen

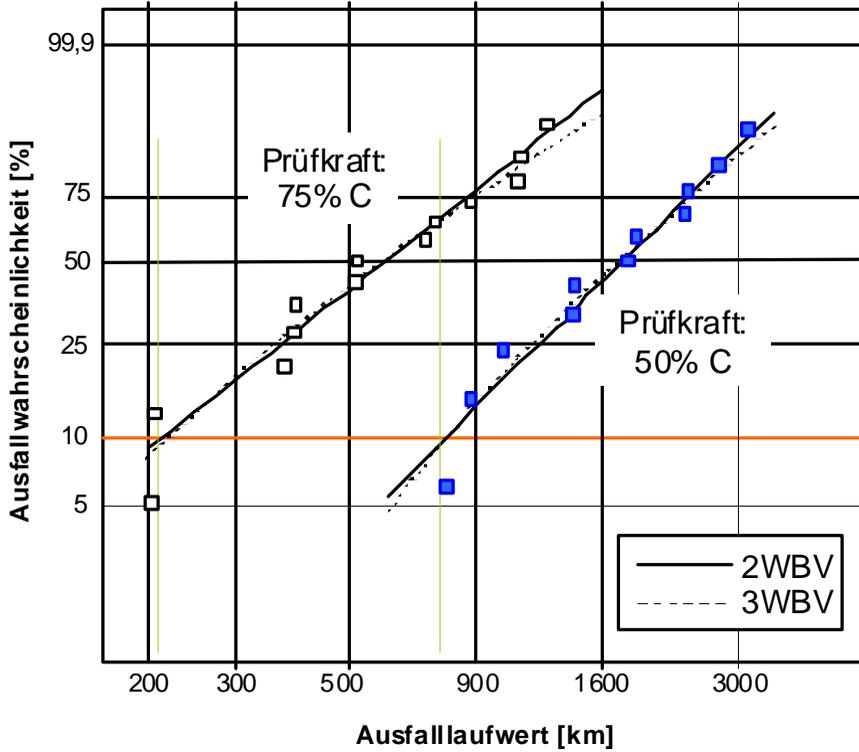
Lösungsweg

- Messtechnische Erfassung realer Prüflasten
- Auswirkungsanalyse nicht idealer (z. B. außermittiger) Belastungen auf Basis der FEM
- Festlegung der max.zulässigen Höhe nicht idealer Belastungen
- Berechnung Kantenlauf bewirkender Prüflasthöhen auf Basis von FEM-Kontaktmodellen am Markt erhältlicher PSF

- Ermittlung der Abhängigkeit der dynamischen Tragzahl von der Prüflasthöhe auf Basis von Lebensdauerexperimenten bei verschiedenen Prüflasthöhen
- Untersuchung von Verfahren zur Unterstützung der Ausfallerkennung
- Beschreibung der realen Ausfallverteilung durch Wertepaare von Ausfallwahrscheinlichkeit und Laufwert anhand durchgeführter Lebensdauerversuche
- Ermittlung einer durch Parameter beschreibbaren Wahrscheinlichkeitsverteilung, welche die reale Ausfallverteilung mit möglichst geringen Abweichungen beschreibt
- Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der unbekanntenen Beschreibungsparameter der ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilung aus experimentell gewonnenen Laufwerten
- Entwicklung einer Software zur Bestimmung der dynamischen Tragzahl aus experimentell ermittelten Laufwerten

Ergebnisse

- Eingrenzung des Bereichs der zulässigen Prüfkraft auf Basis von FEM-Untersuchungen zum Erreichen von Wälzkörper-Kantenlauf und auf Basis von experimentellen Lebensdauerversuchen
- Messtechnische Erfassung der tatsächlich bei Lebensdauerversuchen auf die Prüflinge einwirkenden Belastungen
- Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung der Auswirkung realer Prüflasten auf die mit Versuchen ermittelte dynamische Tragzahl
- Vorstellung eines praktisch anwendbaren Verfahrens zur automatisierbaren Ausfallerkennung
- quantifizierte Bewertung potenziell einsetzbarer Auswertungsverfahren
- Vorstellung einer einfach anwendbaren, softwareunterstützten Möglichkeit zur Ermittlung der Parameter der Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Auswertung experimentell ermittelter Ausfalllaufwerte



5 Dissertationen



5.1 Kinematic calibration of parallel kinematic machines on the example of the hexapod of simple design

Promovend



Szabolcs Szatmári

- geboren 1972 in Mediasch
- 1991 - 1996 Studium Maschinenbau an der TU Cluj (Klausenburg)
- 1996 - 1997 Magisterstudium an der TU Cluj
- 2001 - 2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWM der TU Dresden

Gutachter

Prof. Dr.-Ing. habil. Knut Großmann (TU Dresden)

Prof. Dr.-Ing. habil. Günter Binger (TU Dresden)

Prof. h.c. Dr.-Ing. Ferenc Alpek (Universität Budapest)

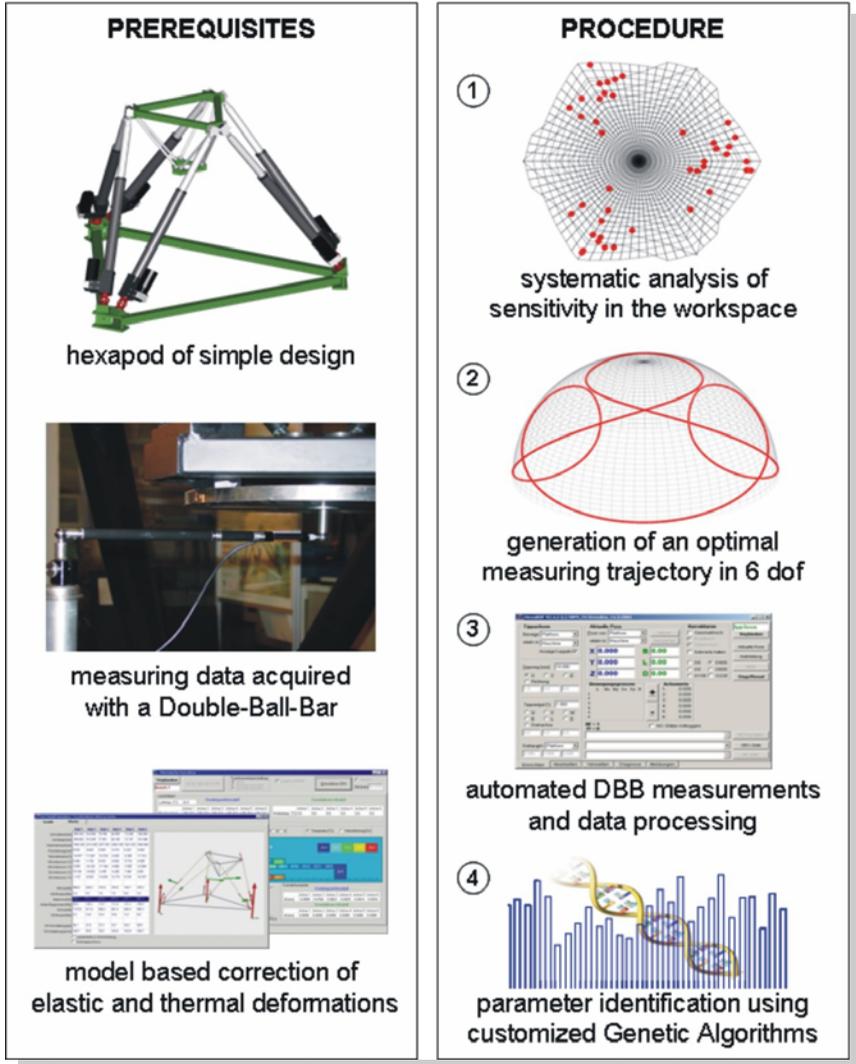
Verteidigung

18. September 2007

The aim of using parallel kinematic motion systems as an alternative of conventional machine tools for precision machining has raised the demands made on the accuracy of identification of the geometric parameters that are necessary for the kinematic transformation of the motion variables. The accuracy of a parallel manipulator is not only dependent upon an accurate control of its actuators but also upon a good knowledge of its geometrical characteristics.

Since the platform's controller determines the length of the actuators according to the nominal model, the resulted pose of

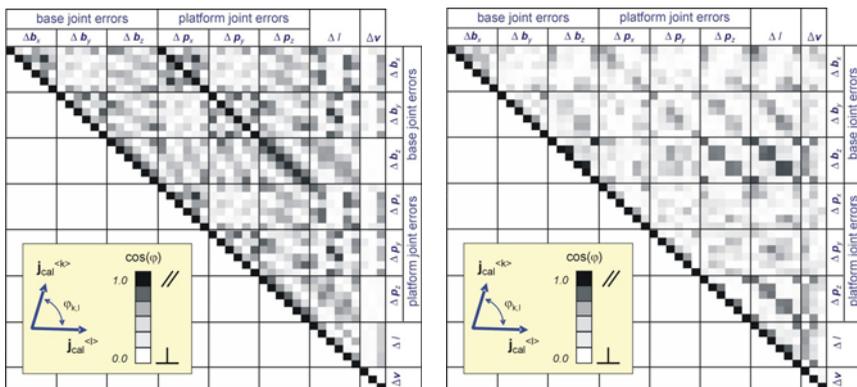
the platform is inaccurate. One way to enhance platform accuracy is by kinematic calibration, a process by which the actual kinematic parameters are identified and then implemented to modify the kinematic model used by the controller.



Prerequisites and procedure of the calibration approach

The first and most general valuation criterion for the actual calibration approaches is the relative improvement of the motion accuracy, eclipsing the other aspects to pay for it. The calibration outlay has been underestimated or even been neglected for a long time. The scientific value of the calibration procedure is not only in direct proportion to the achieved accuracy, but also in the calibration effort. These demands become particularly stringent in case of the calibration of hexapods of the so-called simple design.

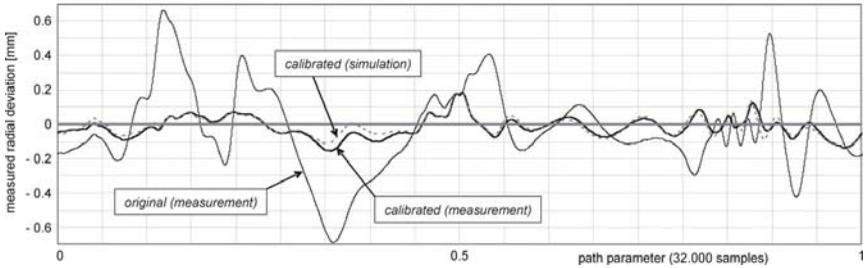
The objectives of the proposed new calibration procedure are based on the deficits mentioned above under the special requirements due to the circumstances of the simple design-concept. The main goal of the procedure can be summarized in obtaining the basics for an automated kinematic calibration procedure which works efficiently, quickly, effectively and possibly low-cost, all-in-one economically applied to the parallel kinematic machines.



Orthogonality matrix for the non-optimized (left) and the optimized trajectory

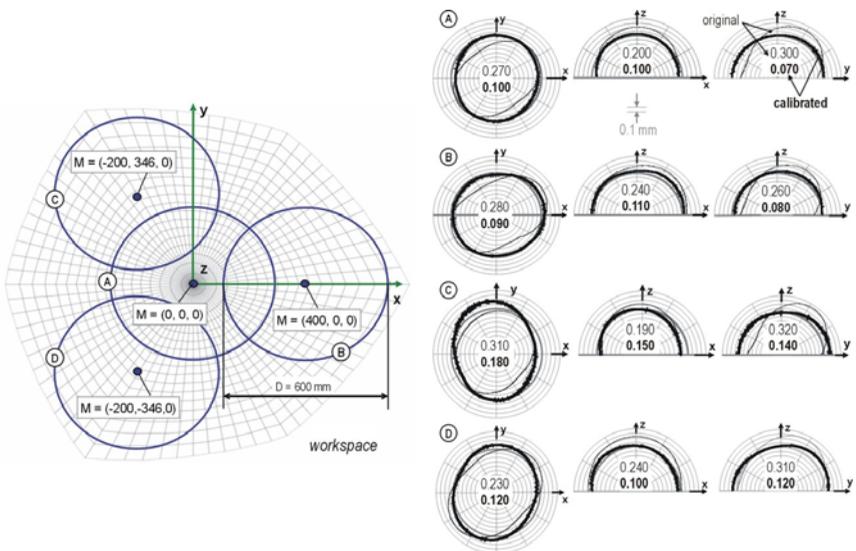
The problem will be approached systematically and taking step by step the necessary conclusions and measurements through: systematic analysis of the workspace to determine the optimal measuring procedure, measurements with automated data

acquisition and evaluation, simulated measurements based on the kinematic model of the structure and identifying the kinematic parameters using efficient optimization algorithms.



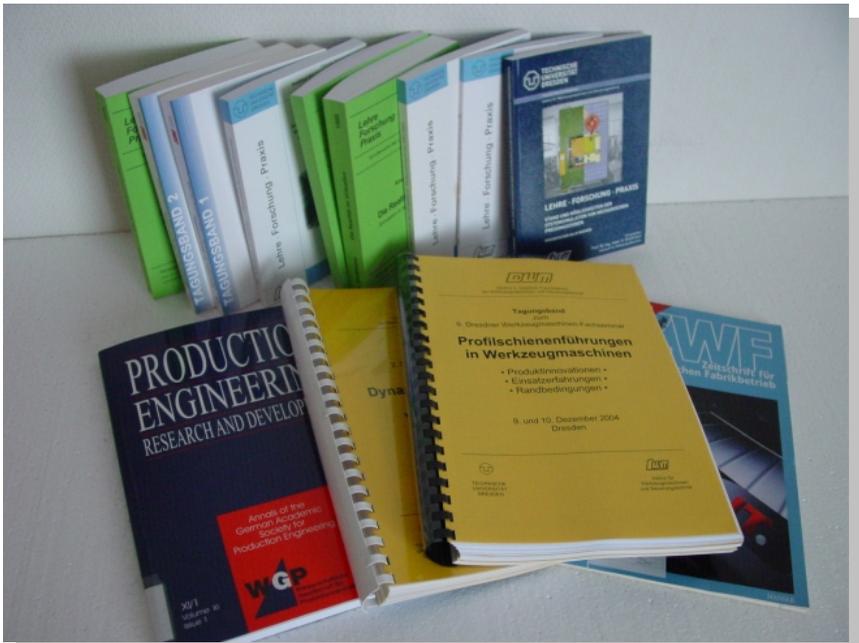
Measurements before and after the calibration along the optimized trajectory

The presented calibration has been successfully implemented and tested on the hexapod of simple design "Felix" available at the IWM. The obtained results encourage the application of the procedure to other hexapod structures.



Cross-validation of the calibration results in the workspace

6 Öffentlichkeitsarbeit



6.1 Dresdner Werkzeugmaschinen- Fachseminare

Die im Jahr 2000 begonnene Reihe der Dresdner Werkzeugmaschinen-Fachseminare wurde im Berichtszeitraum erfolgreich fortgesetzt.

Die Fachseminare waren das Forum für Forscher und Ingenieure zu Darstellung und Diskussion des aktuellen Arbeitsstandes ausgewählter Spezialthemen der Werkzeugmaschinenentwicklung.

Das Themenangebot orientierte sich einerseits an aktuellen Forschungsschwerpunkten des Institutes für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik (IWM) der TU Dresden, andererseits war es Ziel und Verpflichtung, die Veranstaltungen mit Beiträgen der auf den jeweiligen Spezialgebieten führend tätigen Forschungsinstitute der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP) sowie mit Industriebeiträgen zu bereichern.

12. Dresdner Werkzeugmaschinen-Fachseminar *Simulation von Umformprozessen unter Einbeziehung der Maschinen- und Werkzeugeinflüsse* 06. bis 07.12.2007

Prof. Dr.-Ing. K. Roll
DaimlerChrysler AG, Werk Sindelfingen
Simulation d. Blechumformung - neue Anforderungen u.
Tendenzen

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann, A. Hardtmann
Inst. f. Werkzeugmaschinen u. Steuerungstechnik, TU Dresden
FEM-basierte Modellierung und Simulation des Blechumform-
prozesses mit den elastischen Wechselwirkungen zur Maschine
und zum Werkzeug

Prof. Dr.-Ing. B.-A. Behrens, J. Poelmeyer
IFUM, Leibniz Universität Hannover
Modellbildung zur Berücksichtigung des Maschineneinflusses in
der numerischen Simulation von Umformprozessen mittels
gekoppelter Simulation

Prof. Dr.-Ing. S. Helduser, H. Lohse
Institut für Fluidtechnik, TU Dresden
Antriebs- und Prozessoptimierung hydraulischer Tiefziehpressen
mit Hilfe der gekoppelten Simulation

Prof. Dr.-Ing. A. E. Tekkaya, Dr.-Ing. A. Brosius, V. Psyk
Inst. f. Umformtechnik und Leichtbau, TU Dortmund
Untersuchung der komplexen Wechselwirkungen beim elektro-
magnetischen Umformen rohrförmiger Werkstücke mittels
gekoppelter Simulation

Markus L. v. Schwerin
BMW Group, München
Entwicklung einer Methodik z. Gestaltung v. Umformwerkzeugen

M. Schroeder
ESI GmbH, Eschborn
Weitere Potenziale der Topologieoptimierung zur Rückfederungs-
kompensation von Blechformteilen

Dr.-Ing. A. Lieb
SMS Meer GmbH, Witten
Simulation in der Massivumformung als Optimierungswerkzeug
im Anlagenbau

Prof. Dr.-Ing. habil. U. Engel, Th. Kroiß, R. Völkl
LFT, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Berechnung der Wechselwirkungen zwischen Umformmaschine
und -prozess auf Basis der Integration eines Pressenmodells in
die FE-Fließpress-Simulation

Prof. Dr.-Ing. C. Brecher, M. Tannert
WZL, RWTH Aachen
Gekoppelte Simulation von Presse und mehrstufigem Massiv-
umformprozess

Prof. Dr.-Ing. G. Hirt, Sreedhar Puchhala
Inst. f. Bildsame Formgebung, RWTH Aachen
Entwicklung eines validierten Simulationswerkzeuges zur
Abbildung der Wechselwirkungen zwischen Werkzeug und
Werkstück am Beispiel des Flachwalzprozesses

Dr.-Ing. H. Just, Dr.-Ing. H. Schafstall
FEMUTEC Engineering GmbH, Hamburg
Simulation des dynamischen Verhaltens eines Schmiedehammers im Umformprozess

Dr.-Ing. A. Haufe
Dynamore GmbH, Stuttgart
Abbildung großer Werkzeugstrukturen mit reduzierten Modellen in der Blechumformung

R. Lingbeek
Institute for Metals Research, Delft, Netherlands
Reduzierte Werkzeugbeschreibung



Gut besucht: Die Dresdner Werkzeugmaschinen-Fachseminare

13. Dresdner Werkzeugmaschinen-Fachseminar ***Thermisch unterstützte Formprozesse*** **11. bis 12.12.2008**

Prof. Dr.-Ing. R. Kolleck

Institut für Werkzeugtechnik und spanlose Produktion, TU Graz,
Österreich

Technologien und Fertigungsmittel für die temperierte Blech-
umformung

Prof. Dr.-Ing. A. E. Tekkaya, Dr.-Ing. A. Brosius, T. Kloppenborg,
H. Karbasian

Institut für Umformtechnik und Leichtbau, TU Dortmund
Stand der Simulation bei thermisch unterstützten Umform-
prozessen

Prof. Dr.-Ing. G. Hirt, R. Baadjou, F. Knauf

Institut für Bildsame Formgebung, RWTH Aachen

Prof. Dr.-Ing. D. Abel, R. Gasper

Institut für Regelungstechnik, RWTH Aachen

Regelung und Steuerung des thermischen Prozesses beim Thixo-
forming

Dr.-Ing. habil. P. Bogon

Daimler AG, Sindelfingen

Entwicklung und Erprobung eines Werkzeuges zur Umformung
von Magnesiumblechen

Prof. Dr.-Ing. U. Schwarz

FB Holztechnik, FH Eberswalde

Technologien und Fertigungsmittel zur Umformung von
Massivholz

Prof. Dr.-Ing. A. Wagenführ, B. Buchelt

Institut für Holz- und Papiertechnik, TU Dresden

Möglichkeiten der Furnierumformun

Prof. Dr. P. Navi

Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau, Biel, Schweiz

Difficulties of the modelling of wood forming process

Dr.-Ing. R. Becker

Fritz Becker KG, Brakel

Anforderungen an eine systematische Auslegung von Holzformprozessen aus industrieller Sicht

H. Sorgenfrei

Wemhoener Surface Technologies GmbH & Co. KG, Herford
Anlagentechnik für die Verformung thermoplastischer Folien

Prof. Dr.-Ing. habil. W. Hufenbach, Dr.-Ing. F. Adam, M. Krahl

Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, TU Dresden

Prof. Dr. rer. nat. habil. Dr. h.c. K.-H. Modler, U. Hanke

Institut für Festkörpermechanik, TU Dresden

Fertigungsstrategien für die Herstellung komplexer

Strukturbauteile aus Hybridgarn-Textil-Thermoplast- (HGTT-)Halbzeugen

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann, Dr.-Ing. A. Mühl, S. Rehn

Inst. f. Werkzeugmaschinen u. Steuerungstechnik, TU Dresden

Möglichkeiten d. simulationsgestützten Auslegung v. Konsolidierprozessen für hohlraumbehaftete textilverstärkte Verbundbauteile

Th. Müllner

Produktbereich Kunststofftechnologie,

Dieffenbacher GmbH + Co. KG, Eppingen

Direktprozesse und Anlagentechnik zur Verarbeitung von faserverstärkten Kunststoffen

D. Hofmann

ONI Temperiertechnik Rhytemper GmbH, Großröhrsdorf

Die Impulstemperierung als spezielle Form der Mehrkanaltemperierung in der Kunststoffverarbeitung

Prof. Dr.-Ing. D. Biermann, T. Michelitsch

Institut für Spanende Fertigung, TU Dortmund

Optimierung bohrungsbasierter und freigeformter Kühlkanalsysteme

P. Hofmann, O. Mangels

Arnstädter Werkzeug- und Maschinenbau AG

Einsatz der LaserCUSING®-Technik in Spritzgieß-Werkzeugen

I. Brexeler

gwk Gesellschaft Wärme Kältetechnik mbH, Kierspe
Leistungsfähigere Spritzgießwerkzeuge mit kavitätstnaher
Werkzeugtemperierung durch gwk-System "integrat 4D"



Informative Vorträge und aufmerksame Zuhörer

6.2 Veröffentlichungen

6.2.1 Bücher

Jahr 2007

Großmann, K.

Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen
2005/2006

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen, 2007
TU Dresden

Szatmári, S.

Kinematic calibration of parallel kinematic machines on the
example of the hexapod of simple design

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen, 2007
TU Dresden, Dissertation

Großmann, K.; Wiemer, H.

Simulation in der Produktionstechnik - wovon, womit, wofür?
Bericht zur WGP Summer School Dresden 2007,

WGP Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik
2007

Jahr 2008

Großmann, K.; Jungnickel, G.

Thermische Modellierung von Prozesseinflüssen an spannenden
Werkzeugmaschinen

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen, 2008
TU Dresden

6.2.2 Fachaufsätze

Jahr 2007

Großmann, K.

Flexible Automatisierung für die wirtschaftliche Bearbeitung von Holzformteilen mit Hexapoden

Teil 1: Charakteristik von Teilespektrum und Hexapod einfacher Bauart

holztechnologie 48 (2007) 1, S. 10-14

Großmann, K.; Wiemer, H.

Modellierung d. Prozesskette f. textilverstärkte Verbund-Bauteile

Teil 1: Prozesscharakter, Modellanforderungen und Beschreibungsmittel

ZWF 102 (2007) 3, S. 111-115

Großmann, K.; Mühl, A.; Löser, M.

Integriertes Abzugssystem zum Weben von Spacer Preforms für textilverstärkte Verbund-Bauteile

Teil 1: Konzept und Konstruktion

ZWF 102 (2007) 3, S. 145-148

Großmann, K.; Wiemer, H.

Modellierung d. Prozesskette f. textilverstärkte Verbund-Bauteile

Teil 2: Stand und Integration der Teilmodelle

ZWF 102 (2007) 4, S. 195-199

Großmann, K.

Flexible Automatisierung für die wirtschaftliche Bearbeitung von Holzformteilen mit Hexapoden

Teil 2: Parallelkinematisches Bearbeitungszentrum für Holzformteile

holztechnologie 48 (2007) 2, S. 27-32

Großmann, K.; Mühl, A.; Löser, M.; Holowenko, O.; Möbius, V.

Integriertes Abzugssystem zum Weben von Spacer Preforms für textilverstärkte Verbund-Bauteile

Teil 2: Simulation, Steuerungsentwurf und –test

ZWF 102 (2007) 4, S. 216-221

Großmann, K.

Flexible Automatisierung für die wirtschaftliche Bearbeitung von Holzformteilen mit Hexapoden

Teil 3: Konfiguration für die Bearbeitung großer Holzformteile
holztechnologie48 (2007) 3, S. 33-37

Großmann, K.; Neidhardt, L.

Experimentelle Ermittlung der dynamischen Tragzahl von Profilschienen-Führungen

ZWF 102 (2007) 6, S. 380-385

Großmann, K.

Flexible Automatisierung für die wirtschaftliche Bearbeitung von Holzformteilen mit Hexapoden

Teil 4: Variable Fertigungsumgebung für kompakte Kleinteile
holztechnologie 48 (2007) 4, S. 27-32

Penter, L.; Wiemer, H.; Schatz, M.

Erweiterte Prozess-Simulation unterstützt Inbetriebnahme eines Ziehwerkzeuges

Maschinenmarkt38/2007, S. 30-33

Groche, P.; Großmann, K.; Hofmann, T.; Wiemer, H.

Advanced experimental and numerical methods for the analysis of the dynamic forming press behavior

Production Engineering(2007) 1, pp. 303-308

Siegert, K.; Liewald, M.; Blauch, C.; Großmann, K.;

Kauschinger, B.

Zihsickenstabhöhenregelung

wt Werkstatttechnik online, 97 (2007) 10, S. 781-791

Großmann, K.; Rudolph, H.; Brecher, Ch.; Hoffmann, F.

Simulationstechnologien für virtuelle Werkzeugmaschinen - Neue Methoden zur Simulation der prozessgerecht bewegten virtuellen Werkzeugmaschine

ZWF 102 (2007) 10, S. 614-619

Großmann, K.; Wiemer, H.; Hardtmann, A.; Penter, L.

Faster to Sound Parts by Advanced Forming Process Simulation - Advanced Forming Process Model Including the Elastic Effects of

the Forming Press and Tool
steel research int. 78 (2007) 10-11, pp. 825-830

Jahr 2008

Großmann, K.; Löser, M.; Mühl, A.; Grismajer, M.
Modellierung eines Spindel-Werkzeug-Systems, Untersuchungen
zum drehzahlabhängigen Übertragungsverhalten
ZWF 103 (2008) 1-2, S. 53-57

Großmann, K.; Kauschinger, B.
Räumliche Referenzierung an Werkzeugmaschinen mit dem
Double-Ball-Bar
ZWF 103 (2008) 3, S. 104-110

Riedel, M.
Integration, Kalibrierung und Anwendung eines Mehrkamera-
systems in eine Werkzeugmaschine
in: Luhmann, Müller (Hrsg.): Photogrammetrie, Laserscanning,
Optische 3D-Messtechnik
Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2008, Wichmann Verlag
Heidelberg 2008

Großmann, K.; Möbius, V.; Riedel, M.
Parallelkinematisches Mess- und Richtzentrum für geschweißte
Tragkörper-Bauteile
ZWF 103 (2008) 4, S. 249-256

Großmann, K.; Wiemer, H.
State and potentials of the "Virtual Forming Press"
Production Engineering(2008) 2, pp. 285-292

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Szatmari, S.
Kinematic calibration of a hexapod of simple design
Production Engineering(2008) 2, pp. 317-325

Großmann, K.; Neidhardt, L.
Kugel-Profileschienenführungen - Konzept und Vorbereitungs-
untersuchungen zur Simulation der inneren Wechselwirkungen
zwischen deren Komponenten
ZWF 103 (2008) 10, S. 671-675

Großmann, K.; Rudolph, H.
Dämpfungsbeschreibung für die modellgestützte dynamische
Strukturanalyse
ZWF 103 (2008) 11, S. 67-73

6.2.3 Vorträge

Jahr 2007

Großmann, K.; Wiemer, H.; Hardtmann, A.; Penter, L.
Stand der Simulation von Umformprozessen mit den elastischen
Einflüssen aus Maschine und Werkzeug
EFB-Kolloquium "Neue Wege zum wirtschaftlichen Leichtbau",
2007, Fellbach, Tagungsband S. 185-198

Großmann, K.; Wiemer, H.
Simulation des Umformprozesses aus Sicht des
Maschinenentwicklers und aus Sicht des Prozessgestalters
Seminar Mechatronik "Vorsprung durch Simulation", Band 88,
2007 München

Großmann, K.; Hardtmann, A.
FEM-basierte Modellierung und Simulation des
Blechumformprozesses mit den elastischen Wechselwirkungen
zur Maschine und zum Werkzeug
12. Dresdner WZM-Fachseminar "Simulation von
Umformprozessen unter Einbeziehung der Maschinen- und
Werkzeugeinflüsse", 06.-07.12.2007 TU Dresden, Tagungsband

Jahr 2008

Großmann, K.; Wiemer, H.
Möglichkeiten der erweiterten Modellierung von Umformpro-
zessen zur Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit
Werkzeugen und Maschine
Internationale Konferenz "Neuere Entwicklungen in der
Blechumformung", 2008 Fellbach, MAT INFO Werkstoff-
Informationsgesellschaft mbH Frankfurt

Riedel, M.
Integration, Kalibrierung und Anwendung eines

Mehrkamerasystems in eine Werkzeugmaschine
in: Luhmann, Müller (Hrsg.): Photogrammetrie, Laserscanning,
Optische 3D-Messtechnik
Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2008, Wichmann Verlag
Heidelberg 2008

Großmann, K.; Wiemer, H.; Hardtmann, A.; Penter, L.
The Advanced Forming Process Model Including the Elastic
Effects of the Forming Press and Tool
Archives of civil and mechanical engineering, Vol. VIII No. 3,
Polish Academy of Sciences, 2008 Wroclaw, pp. 41-54

Großmann, K.; Wiemer, H.; Hardtmann, A.
Process Simulation - Advanced Forming Process Model Including
the Elastic Effects of the Forming Press and Tool
International Lower Silesia - Saxony Conference "Advanced Metal
Forming Processes in Automotive Industry", 2008 Wroclaw

Großmann, K.; Wiemer, H.; Hardtmann, A.; Penter, L.
An Advanced Forming Process Model Including the Interactions
between Machine, Tool and Process
Internationale Konferenz "Process Machine Interactions", Leibniz
Universität Hannover, Produktionstechnisches Zentrum,
2008 Hannover, Tagungsband

Großmann, K.; Löser, M.
Synthesis of Stability Lobe Diagrams under Consideration of
Speed Dependent Dynamics of Rotating Spindle-Tool-Systems.
Internationale Konferenz "Process Machine Interactions", Leibniz
Universität Hannover, Produktionstechnisches Zentrum,
2008 Hannover, Tagungsband

Mühl, A.; Löser, M.; Großmann, K.
Fibre-sparing take-up, cutting and stringing of spacer fabrics - A
new equipment technology for manufacturing of spacer preforms
(Faserschonendes Abziehen, Zuschneiden u. Handling v. Spacer
Fabrics - neue Gerätetechnik f. die Fertigung v. Spacer-Preforms)
Proceedings of the 2nd Aachen-Dresden International Textile
Conference. Dresden, December 04-05, 2008

Großmann, K.; Mühl, A.; Rehn, S.
Möglichkeiten d. simulationsgestützten Auslegung v. Konsolidierungsprozessen f. hohlraumbehaftete textilverstärkte Verbundbauteile
13. Dresdner WZM-Fachseminar "Thermisch unterstützte Formprozesse", 11.-12.12.2008 TU Dresden, Tagungsband

6.2.4 Forschungsberichte

Jahr 2007

Großmann, K.; Möbius, V.; Riedel, M.
Wissenschaftliche Grundlagen für ein Mess- und Richtzentrum mit integrierter Bildverarbeitung, parallelkinematischer Bewegungseinrichtung und intelligenter Richtstrategie
Sachbericht zum AiF-Kooperationsprojekt PRO INNO II - Entwicklung einer technologischen Gesamtlösung für das Messen und Richten geschweißter Tragkörper-Bauteile (01.10.2004 -30.11.2006)

Großmann, K.; Hardtmann, A.; Wiemer, H.; Ulbricht, V.; Süße, D.
Vergleichende Bewertung der Simulation von Umformprozessen mit elastischen Randbedingungen
EFB-Forschungsbericht, Nr. 264, Hannover 2007

Großmann, K.; Kauschinger, B.
Verfahrensalternativen und Genauigkeitsbedingungen zur räumlichen Referenzierung in Werkzeugmaschinen
Abschlussbericht zum DFG-Vorhaben GR 1458/19-1

Großmann, K.; Löser, M.
Strukturbasierte Modellierung des drehzahlabhängigen Übertragungsverhaltens eines Spindel-Werkzeug-Systems
Zwischenbericht zum DFG-Vorhaben GR 1458/22-1

Jungnickel, G.; Drossel, W.-G.; Müller, J.; Pagel, K.
Untersuchungen zu den Grenzwerten des Einsatzes adaptiver Komponenten zur Impulskopplung von linearmotorgetriebenen Werkzeugmaschinenachsen unter veränderlichen strukturmechanischen Umgebungsbedingungen
Zwischenbericht zum DFG-Vorhaben JU 477/1-2 (SPP 1156)

Jahr 2008

Großmann, K.; Löser, M.

Synthese von Ratterkatren für Fräsprozesse mit hochtourig drehenden Spindel-Lager-Systemen unter Berücksichtigung gyroskopischer Effekte

Zwischenbericht zum DFG-Vorhaben GR 1458/30-1 (SPP 1180)

Großmann, K.; Hardtmann, A.

Entwicklung und Bewertung von Simulationstechnologien für die Blechumformung unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Maschine/Werkzeug und Prozess/Werkstück

Zwischenbericht zum DFG-Vorhaben GR 1458/24-2 (SPP 1180)

6.3 Gewinnung von Ingenieur-Nachwuchs

Große Bedeutung kommt am Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen der Gewinnung von Ingenieur-Nachwuchs zu. Dazu werden Schülern und anderen interessierten Personen viele Möglichkeiten geboten, sich im Werkzeugmaschinen-Versuchsfeld und im Computer-Pool mit moderner Maschinen- und Rechentechnik sowie den angebotenen Lehrinhalten und aktuellen Forschungsvorhaben vertraut zu machen.

Nachfolgend sind zentrale Veranstaltungen der TU Dresden, für die der Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen engagierte Beiträge lieferte, sowie eigene Angebote aufgeführt, die von den Studierenden in spe gern und zahlreich genutzt wurden.

Der Dank für Vorbereitung und Durchführung der Veranstaltungen gilt hier insbesondere dem DWM e. V. Dresdner Freundeskreis der Werkzeugmaschinen- und Steuerungstechnik.

Jahr 2007

Schnupperstudium für einen Tag

11.01.2007

- Angebot der tagaktuellen Lehrveranstaltungen zum "Schnuppern"
- Versuchsfeldbesichtigungen
- Demonstration von CAD- und Berechnungssoftware

Uni-Tag (Tag der offenen Tür der TU Dresden)

21.04.2007

- Informationen zur Ausbildung in der Studienrichtung Produktionstechnik und in der Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung
- Vorführung von Lehr- und Forschungsversuchsständen im Versuchsfeld des IWM
- PC-Einsatz in Konstruktion und Verhaltensberechnung

Betriebspraktikum der 9. Klassen von Gymnasien

30.04. bis 11.05.2007, 2 Schüler

- Maschinenkunde - Demonstration verschiedener Werkzeugmaschinen
- Programmierung der SPS des Modells einer Fertigungseinrichtung
- Einführung in die Arbeit mit 3D-CAD-Software
- Gestaltung einer Web-Site
- "Schnupper"-Vorlesung "Technische Mechanik"
- Demonstration Wasserstrahl- und Laserschneiden
- Arbeit am Lehrversuchsstand "Dynamik einer Bohrstange"



Schüler versuchen sich an einer Zug- und Leitspindel-Drehmaschine

Info-Theke

12.07.2007

- Informationen zum Hauptstudium für Studenten des Studiengänge Maschinenbau und Mechatronik nach Abschluss des Grundstudiums
- Möglichkeit der Besichtigung von Maschinen- und Versuchstechnik
- Vorführung von Berechnungs- und Analyse-Software an den PC-Arbeitsplätzen
- Informationen zu Einsatzmöglichkeiten der Absolventen der Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung
- Leckeres vom Grill und Getränke



Info-Theke: Infos zum Hauptstudium, Bratwurst, Getränke

Jahr 2008

Schnupperstudium für einen Tag

10.01.2008

Uni-Tag (Tag der offenen Tür der TU Dresden)

31.05.2008

Info-Theke

11.07.2008



Uni-Tag-Atmosphäre im Hörsaalzentrum

6.4 Mitarbeit in Gremien

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

- Mitglied der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP)
- DFG-Sonder-Fachgutachter
- AiF-Fachgutachter
- Stellvertretender Leiter der AiF-GAG 4
- Sprecher des Produktionstechnischen Zentrums Dresden (ProZeD)
- Vorsitzender des Beirates des DWM e. V. Dresdner Freundeskreis der Werkzeugmaschinen- und Steuerungstechnik

Dipl.-Ing. G. Brzezinski

- Vorsitzender des Vorstandes des DWM e. V. Dresdner Freundeskreis der Werkzeugmaschinen- und Steuerungstechnik

J. Ertel

- Mitglied des Meisterrates der TU Dresden

Dipl.-Inf. K. K. Großmann

- Mitglied des Vorstandes des DWM e. V. Dresdner Freundeskreis der Werkzeugmaschinen- und Steuerungstechnik

Dr.-Ing. H. Wiemer

- Mitglied des Vorstandes des DWM e. V. Dresdner Freundeskreis der Werkzeugmaschinen- und Steuerungstechnik

6.5 Förderverein DWM e. V.

Name und Sitz des Vereins

Der Förderverein des Instituts für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik der Technischen Universität Dresden führt den Namen

DWM e. V.

Dresdner Freundeskreis der Werkzeugmaschinen- und Steuerungstechnik.

Der Sitz des Vereins ist Dresden.

Aufgaben, Gemeinnützigkeit

Der Verein verfolgt ausschließlich gemeinnützige Zwecke. Seine Aufgabe ist die Förderung von Wissenschaft und Forschung auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinen- und Steuerungstechnik und die damit verbundene Unterstützung des Instituts für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik der Technischen Universität Dresden. Dies betrifft vor allem die Initiierung von Forschungsvorhaben, die regelmäßige Verbreitung von Forschungsergebnissen, Aufbau, Pflege und Koordination von Kontakten zur Industrie und zu Forschungseinrichtungen, den wissenschaftlich-technischen Erfahrungsaustausch sowie Fragen der fachspezifischen Aus- und Weiterbildung.

Die Vereinsmitglieder verwirklichen diese Zielstellung durch:

- die Erarbeitung zukunftsorientierter Maßstäbe für die Entwicklung und Anwendung von Werkzeugmaschinen,
- die Förderung praxisrelevanter Inhalte für Lehre und Weiterbildung auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
- Beratungsleistungen bei der Ausarbeitung und Durchführung gemeinsamer Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit der Industrie,
- die Unterstützung interdisziplinärer Forschungsprojekte durch institutsübergreifende wissenschaftliche Zusammenarbeit,

- die Vermittlung von Forschungspartnern, Praktikumsplätzen und Arbeitsstellen,
- die Konzipierung und Organisation von Vortragsveranstaltungen, Kolloquien, Seminaren und Tagungen zur Publikation der Forschungsergebnisse des Instituts,
- Publikationen zur zeitnahen Verbreitung von Forschungsergebnissen und Nachrichten aus dem Fachgebiet,
- die Pflege von Kontakten zu den Absolventen des Instituts in Wirtschaft, Wissenschaft und Administration
- die materielle Anerkennung herausragender Studien- und Forschungsleistungen in der Fachrichtung.

Mitglieder im DWM e. V.

Neben zahlreichen natürlichen Personen - darunter viele Absolventen des IWM - sind die folgenden Unternehmen und Institutionen Mitglied im Förderverein und tragen aktiv zur Erfüllung der gesteckten Ziele bei:



TU Dresden
CIMTT Zentrum für Produktionstechnik
und Organisation



MAB Maschinen- und Anlagenbau
GmbH



EMAG Leipzig Maschinenfabrik GmbH



WEMA VOGTLAND GmbH



Wohlenberg Werkzeugmaschinen
GmbH

Aktuelle Informationen zur Tätigkeit des Fördervereins gibt es im Internet unter

<http://iwm.mw.tu-dresden.de>

Von dort können auch Satzung des Vereins und Mitgliedsantrag herunter geladen werden.



DWM e. V. - Jahreshauptversammlung 2007

6.6 Schriftenreihe Lehre • Forschung • Praxis

Die Forschungsergebnisse des IWM werden u. a. in der Schriftenreihe **Lehre • Forschung • Praxis** veröffentlicht.

In dieser Reihe sind durch Unterstützung und in Zusammenarbeit mit dem DWM e. V. Dresdner Freundeskreis der Werkzeugmaschinen- und Steuerungstechnik bisher erschienen:

- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 1995/96**

121 Seiten, erschienen 12/1996

- Andreas Mühl

- **Technologie und angepasste Maschinenkonzepte zum Schleifen von Konstruktionskeramik auf Koordinatenschleifmaschinen**

- Dissertation, 116 Seiten, erschienen 02/1997

- Simeon Christov

- **Einbaugenaugigkeit und Querschnittsberechnung von Profilschienenführungen**

- Dissertation, 244 Seiten, erschienen 05/1997

- Knut Großmann; Horst Neundorf; Roger Grundmann

- **Intelligente Funktionsmodule der Maschinentechnik**

- Zwischenbericht 1997 zum Landesinnovationskolleg, 206 Seiten, erschienen 04/1997

- Knut Großmann

- **Die Realität im Virtuellen**

- Simulation in technischen Anwendungen
396 Seiten, erschienen 12/1997

- **Potentiale und Chancen**

- Absolvententagung am Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik

- 20.-21. November 1998, 260 Seiten, erschienen 11/1998

- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 1997/98**
300 Seiten, erschienen 12/1998
- Andreas Mühl; Bernd Wunderlich
ACC-Regelung von Bahnschleifprozessen
Abschlussbericht zu den Forschungspraktika 55/96 und 56/96 bei der Stiftung Industrieforschung, 94 Seiten, erschienen 01/1999
- **Intelligente Funktionsmodule der Maschinentechnik**
Abschlussbericht zum Landesinnovationskolleg 1995-1998, 228 Seiten, erschienen 07/1999
- Günter Jungnickel
Simulation des thermischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
228 Seiten, erschienen 02/2000
- Holger Arndt
Auslegung und Bewertung von Vorschubantrieben mit Spindel-Mutter-Systemen
Dissertation, 180 Seiten, erschienen 12/2000
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 1999/2000**
200 Seiten, erschienen 04/2001
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 2001/2002**
200 Seiten; erschienen 04/2003
- Knut Großmann; Günter Jungnickel
Instationäres thermoelastisches Verhalten von Vorschubachsen mit bewegtem Wälzkontakt
230 Seiten, erschienen 09/2003
- Knut Großmann; Andreas Mühl
Adaptiv geregeltes Fräsen auf einem Hexapoden
108 Seiten, erschienen 02/2004

- Hajo Wiemer
Stand und Möglichkeiten der Systemsimulation von mechanischen Pressmaschinen
Dissertation, 228 Seiten, erschienen 12/2004
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 2003/2004**
243 Seiten; erschienen 05/2005
- Bernd Kauschinger
Verbesserung der Bewegungsgenauigkeit an einem Hexapod einfacher Bauart
Dissertation, 172 Seiten, erschienen 04/2006
- Knut Großmann; Günter Jungnickel
Prozessgerechte Bewertung des thermischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
259 Seiten, erschienen 12/2006
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 2005/2006**
251 Seiten; erschienen 04/2007
- Szabolcs Szatmári
Kinematic Calibration of Parallel Kinematic Machines in the Example of the Hexapod of Simple Design
Dissertation, 175 Seiten, erschienen 10/2007
- Knut Großmann; Hajo Wiemer
Simulation in der Produktionstechnik - wovon, womit, wofür?
Bericht zur WGP Summer School Dresden 2007
Herausgegeben von der WGP Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik, 103 Seiten, erschienen 10/2007
- Knut Großmann; Günter Jungnickel
Thermische Modellierung von Prozesseinflüssen an spanenden Werkzeugmaschinen
134 Seiten, erschienen 09/2008

• **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen
2007/2008**

243 Seiten; erschienen 03/2009

Die Hefte der Schriftenreihe können erworben werden bei:

DWM e. V.

c/o Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik

Technische Universität Dresden

01062 Dresden

Bestellungen bitte schriftlich an o. g. Anschrift,

per Fax (0351) 463 37073

oder per E-Mail: mailbox@iwm.mw.tu-dresden.de