



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Fakultät Maschinenwesen

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik



LEHRE · FORSCHUNG · PRAXIS

TÄTIGKEITSBERICHT

DES LEHRSTUHLS FÜR WERKZEUGMASCHINEN
2011/2012



Herausgeber:
Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen

Lehre • Forschung • Praxis

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen

Tätigkeitsbericht
des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen
2011 / 2012

Herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann
Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen
der Technischen Universität Dresden
Dresden, Februar 2013

Technische Universität Dresden

Fakultät Maschinenwesen
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik
Professur für Werkzeugmaschinenentwicklung

Kutzbach-Bau
Helmholtzstraße 7 a
01069 Dresden

Telefon: +49/351/463 3 43 58
Fax: +49/351/463 3 70 73
E-Mail: mailbox@iwm.mw.tu-dresden.de
Internet: www.iwm.info

Autorenteam:
Tätigkeitsbericht 2011 / 2012

Redaktion:
G. Brzezinski
K. Wanstrath

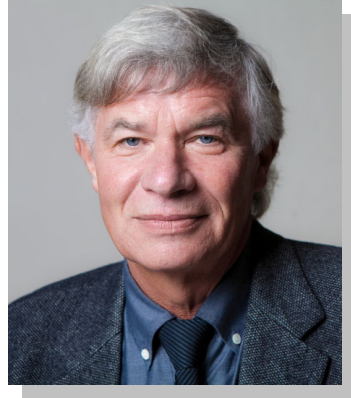
Herstellung:
addprint® AG, Possendorf

Selbstverlag
ISBN 978-3-86780-303-8

© Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen 2013

Vorwort

Wenn Sie das aktuelle Titelbild neben das unseres letzten Tätigkeitsberichts von 2009/2010 legen, werden Sie feststellen können, dass ganz offensichtlich aus der Planung Wirklichkeit geworden ist, dass sich sozusagen Virtualität in Realität gewandelt hat: der CAD-Entwurf für den Versuchsträger MAX wurde in eine Experimentalmaschine umgesetzt, aus verschraubten Stahlprofilen und wasserstrahlgeschnittenen Aluminiumblechen, aus impulskompensierten Lineardirektantrieben und PSF-integrierten Messsystemen, aus ... doch dazu und was wir damit bezwecken später in diesem Bericht.



Natürlich wollen wir auch mit dem Tätigkeitsbericht 2011/2012 wieder über die Vorhaben und Ergebnisse unserer Arbeit in Lehre und Forschung berichten.

Wiederholt können wir dabei auf zwei sehr erfolgreiche Jahre zurückblicken, die gekennzeichnet sind von deutlichen Steigerungsraten bei der Anzahl der Absolventen, der Interdisziplinären Projektarbeiten und Diplomarbeiten, der Studentischen Hilfskräfte und Wissenschaftlichen Mitarbeiter. Letztlich sind dies ganz wesentlich auch die erfreulichen Auswirkungen unseres weiter erheblich gewachsenen Drittmittelaufkommens.

Neben größeren von der Industrie direkt finanzierten Projekten und den von BMBF sowie BMWi geförderten Vorhaben sind es besonders die von der DFG unterstützten grundlagennahen Themen, deren Umfang weiter ausgebaut werden konnte. Hierzu zählen sowohl eine Vielzahl interessanter Einzelprojekte, als auch die Mitwirkung in einer Forschergruppe und die Beteiligung mit mehreren Vorhaben in zwei Sonderforschungsbereichen.

Ganz besonders freuen wir uns darüber, dass wir, nach zweijähriger intensiver Vorbereitung Anfang 2011 einen SFB/Transregio gemeinsam mit Aachen und Chemnitz, erfolgreich verteidigen konnten. Seit dessen Einrichtung im Juli 2011 unter Koordination des IWM wird mit großem Engagement aller Beteiligten unter der Zielstellung "Thermo-Energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen" daran gearbeitet. Es dürfte deshalb auch nicht verwunderlich sein, dass die diesbezüglichen Informationen einen Schwerpunkt im vorliegenden Bericht bilden.

Für das gemeinsam Geleistete möchte ich allen Beteiligten Dank sagen. Dazu zählen die Vertreter der mit uns zusammenarbeitenden Unternehmen, die Damen und Herren der Projektförderung bei der DFG, dem BMBF und BMWi, der AiF und deren Mitgliedsvereinigungen sowie die vielen Kollegen, vor allem aus der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik.

Mein ganz besonderer Dank gilt den engagierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern am Institut, ohne die die hier vorgelegten Ergebnisse nicht möglich gewesen wären.



Dresden, Januar 2013

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	9
1.5	Struktur.....	13
2	Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen	15
2.1	Mitarbeiter.....	16
2.2	Ausstattung	31
2.2.1	Messtechnische Ausstattung.....	31
2.2.2	Rechentechnische Ausstattung	34
2.2.3	Labor- und Versuchsfeldverbund.....	35
2.2.4	Werkzeugmaschinen-Versuchsfeld	35
2.2.4.1	Vorschubachse mit linearem Direktantrieb.....	38
2.2.4.2	Impulskompensation und -entkopplung	40
2.2.4.3	Vorschubachse mit Kugelgewindetrieb	42
2.2.4.4	Laufeigenschaften von Hauptspindeln	44
2.2.4.5	Motorspindel mit aktiver Magnetlagerung	46
2.2.4.6	Prüfstand für Profilschienenführungen nach dem Prinzip "bewegte Wagen"	48
2.2.4.7	Prüfstand für Profilschienenführungen nach dem Prinzip "bewegte Schienen"	50
2.2.4.8	Hexapod 1	52
2.2.4.9	Hexapod 2	54
2.2.4.10	Hexapod 3	56
2.2.4.11	Versuchsträger MAX	58
2.2.4.12	Programmierung der Funktionssteuerung von Fertigungssystemen (SPS).....	62
2.2.4.13	CAM-Labor	64
2.2.4.14	Geräuschuntersuchungen an Werkzeugmaschinen.....	66
2.2.4.15	Positioniergenauigkeit von Werkzeugmaschinen	68

2.2.4.16	Kalibrierung von Stabachsen	70
3	Lehre	73
3.1	Entwicklungsetappen der vom Institut getragenen Lehre.....	74
3.2	Lehrangebot.....	80
3.2.1	Übersicht.....	80
3.2.2	Modul Werkzeugmaschinen-Grundlagen	84
3.2.2.1	Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme	84
3.2.2.2	Konzeptioneller Entwurf einer Werkzeugmaschine	88
3.2.2.3	Vorrichtungskonstruktion	90
3.2.3	Modul Werkzeugmaschinen-Entwicklung.....	93
3.2.3.1	Bewegungsgeführte Maschinensysteme - Funktionell relevantes Systemverhalten und Beispiele mechatronischer Anwendungen	93
3.2.3.2	Baugruppengestaltung	98
3.2.4	Modul Werkzeugmaschinen-Steuerung.....	102
3.2.4.1	Funktionssteuerung	102
3.2.4.2	Bewegungssteuerung.....	106
3.2.5	Modul Bewegungsgeführte Maschinensysteme..	109
3.2.5.1	Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme	109
3.2.5.2	Funktionell relevantes Systemverhalten und Beispiele mechatronischer Anwendungen ...	109
3.2.6	Werkzeugmaschinen-Seminar	110
3.2.7	Unterstützung der Lehre an anderen Bildungseinrichtungen	110
3.3	Studien- und Diplomarbeiten	111
3.3.1	Interdisziplinäre Projektarbeit.....	111
3.3.2	Großer Beleg.....	112
3.3.3	Diplomarbeit.....	113
3.4	Exkursionen	115

4	Forschung	121
4.1	Entwicklung der Forschung am IWM.....	122
4.2	Die aktuellen Forschungsschwerpunkte	125
4.3	AG Struktur- und Prozessanalyse	129
4.3.1	Voraussetzungen zur reproduzierbaren Fertigung von textilen Preforms.....	129
4.3.2	Thermische Simulation des Konsolidierungsprozesses für Spacer Fabrics	133
4.3.3	Systemsimulation des prozessaktuellen Werkzeugmaschinenabbildes.....	136
4.3.4	Strukturmodellbasierte Korrektur thermoelastischer Fehler an Werkzeugmaschinen	140
4.3.5	Grundlagenuntersuchungen zur effizienten Dämpfungsbeschreibung und -parametrierung für elementare werkzeugmaschinentypische Körper und Kopplungselemente	143
4.3.6	Synthese von Ratterkarten mit hochtourig drehenden Spindel-Lager-Systemen unter Berücksichtigung gyroskopischer Effekte.....	147
4.3.7	Strukturbasierte Modellierung des für die Stabilität des Zerspanprozesses relevanten drehzahlabhängigen Übertragungsverhaltens eines Spindel/Werkzeug-Systems	150
4.3.8	Dynamische Maschinenuntersuchung mittels Experimenteller Modalanalyse	154
4.3.9	Thermo-elastische FE-Modelle von Fräs- Bearbeitungszentren	156
4.3.10	Experimenteller Abgleich und Verifizierung des simulativ ermittelten Aufteilungsverhältnisses der Zerspanungsleistung in Span, Werkstück und Werkzeug	158
4.3.11	Kondensation und Freiheitsgrad-Reduktion für thermo-elastische Modelle von Gestellstrukturbauteilen an Werkzeugmaschinen .	161
4.3.12	Objektivierung der Verfahrensgrundlagen für die experimentelle Ermittlung der dynamischen Tragzahl von Profilschienenführungen.....	164

4.3.13	Konstruktion, Fertigung und Montage eines Prüfstandes für Profilschienenführungen nach dem Prinzip bewegte Schienen.....	168
4.4	AG Steuerungstechnik	170
4.4.1	Identifikation von Modellparametern für exemplarisch streuende sowie zeitlich veränderliche thermische Maschineneigenschaften	170
4.4.2	Grundlagen für den Einsatz exzentrischer Gelenke in parallelkinematischen Werkzeugmaschinen	174
4.4.3	Grundlagen für den effizienten Einsatz mehrachsiger interpolierender Servoantriebe in Verarbeitungsmaschinen.....	181
4.4.4	Wirtschaftliche Posemessung an Werkzeugmaschinen mit einem photogrammetrischen Messsystem	187
4.4.5	MOBIMA – Arbeitsausrüstungen mit parallelkinematischen Strukturen für mobile Arbeitsmaschinen	192
4.5	AG Umformtechnik.....	197
4.5.1	Entwicklung und Bewertung von Simulationstechnologien für die Blechumformung unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Maschine/ Werkzeug und Prozess/Werkstück	197
4.5.2	3D-Bauteile aus Blech und Textil durch umformende Verbundherstellung.....	201
4.5.3	Simulation von Ziehkisseneinflüssen im FEM-Prozessmodell.....	204
4.5.4	Simulationsgestützte Abstimmung von Ziehkissen	207
4.5.5	Modellierung von Prozessen auf Servo-Pressen...	211
4.5.6	Modellverarbeitungsprozess für eine effektive endkonturnahe Fertigung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen - EFFEKT Teilprojekt Preformhandling.....	215
4.5.7	InnoFab – Innovationsfabrik als Lehr- und Lernform einer Universität	219

4.5.8	Produktionstechnisches Demonstrationszentrum für Lithium-Ionen-Zellen - DeLIZ	223
4.5.9	Simulationsgestützte Konstruktion und Einarbeitung eines Tiefziehwerkzeuges zur Herstellung von Blechbauteilen - LEVITA	226
4.6	AG Antriebs- und Bewegungssysteme	228
4.6.1	Messtechnische Erfassung von verhaltens- und betriebszustandsrelevanten Größen entlang der thermischen Wirkungskette für Analyse, Bewertung, Simulation und Korrektur an einem spezifischen Versuchsträger	228
4.6.2	Grundlagenuntersuchungen für die Impulskompensation an Vorschubachsen mit Lineardirektantrieb.....	232
4.6.3	Gestaltung impulsentkoppelter Lineardirektantriebsachsen aus Anwendersicht – GiLdA.....	235
4.6.4	Grundlagenuntersuchungen zur Anwendung der Impulskompensation von Lineardirektantrieben an einem Kreuzschlitten.....	238
4.6.5	Energieeffizienter Bearbeitungsroboter mit selbstadaptierendem Systemverhalten für spanende Arbeitsvorgänge an inhomogenen Werkstoffverbunden	241
4.7	AG Prozessketten.....	244
4.7.1	Datenbankgestützte Modellierung und Simulation der Prozessketten zur gezielten Einstellung vordefinierter Eigenschaften sowie zur Absicherung der reproduzierbaren Fertigung von thermoplastischen Textil-Verbundbauteilen.....	244
4.7.2	Modellgestützte Methode zur Bewertung der Lösungsvarianten in Planung und Realisierung insbesondere unter thermoenergetischen, qualitativen und wirtschaftlichen Aspekten.....	249
4.7.3	Methodik zur Wissensgenerierung für die reproduzierbare Herstellung biogener Verbundbauteile - ECEMP BioComp	253

4.7.4	Bionisch optimierte Hybridstrukturen für ressourceneffizienten Leichtbau (BioHybrid)	257
4.7.5	Informationsmanagementsystem zur Unterstützung von Technologiebetriebnahmen und zur Bildung von Technologiewissen (Tec-In).....	260
5	Dissertationen	265
	Ein Beitrag zur Analyse der nichtlinearen Systemdynamik in der Entwurfsphase von Werkzeugmaschinen	266
6	Öffentlichkeitsarbeit	273
6.1	Dresdner Werkzeugmaschinen-Fachseminare	274
6.2	Veröffentlichungen.....	281
6.2.1	Bücher.....	281
6.2.2	Buchbeiträge.....	282
6.2.3	Fachaufsätze	283
6.2.4	Vorträge	289
6.2.5	Forschungsberichte	294
6.2.6	Patente.....	297
6.3	Messen und Ausstellungen	298
6.4	Gewinnung von Ingenieur-Nachwuchs	299
6.5	Mitarbeit in Gremien	305
6.6	Auszeichnungen.....	306
6.7	Förderverein DWM e. V.	307
6.8	Schriftenreihe Lehre • Forschung • Praxis	310

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 und ist Mitglied der TU9.

Seit 2012 ist die TU Dresden eine der elf Exzellenzuniversitäten Deutschlands.

An den 14 Fakultäten der TU Dresden, die in den fünf Bereichen

- Mathematik und Naturwissenschaften,
- Geistes- und Sozialwissenschaften,
- Ingenieurwissenschaften,
- Bau und Umwelt und
- Medizin

zusammengefasst sind, werden in mehr als 150 Studiengängen 37.000 Studenten ausgebildet, davon etwa 6.200 im Maschinenwesen. Die ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge wurden im Rahmen des Bologna-Prozesses modularisiert und inhaltlich modernisiert. Sie haben auch zukünftig den Diplomabschluss zum Ziel.

Die TU Dresden ist Arbeitsstelle für 5.319 haushaltsfinanzierte Mitarbeitern – darunter 507 Professoren – sowie 3.265 Drittmittelbeschäftigte. Das Gesamtbudget der Universität beträgt ca. 500 Mio. EUR, davon eingeworbene Drittmittel rund 204 Mio. EUR (2011). 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. Dr.-Ing. habil. Deng/Auckland
H. Müller-Steinhagen

Prorektor f. Univ.-planung: Prof. Dr. phil. habil. **K. Lenz**

Prorektor f. Forschung: Prof. Dr. rer. nat. habil. **G. Rödel**

Prorektorin f. Bildung
u. Internationales: Prof. Dr. phil. habil. **U. Schaefer**

Kanzler: **W.-E. Wormser**

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

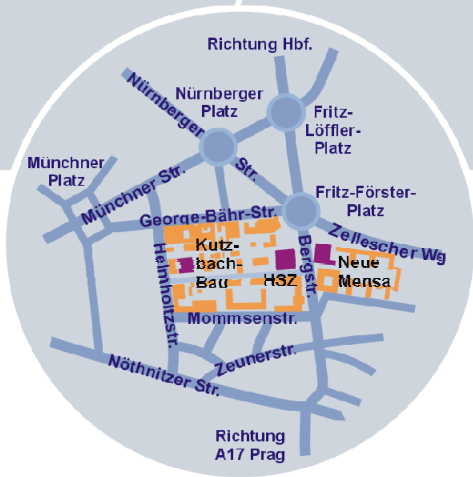
Der Maschinenbau besitzt an der TU Dresden eine lange Tradition, die verknüpft ist mit Namen wie Johann Andreas Schubert (1808-1870), Gustav Zeuner (1829-1907), Franz Karl Kutzbach (1875-1942), Ewald Sachsenberg (1877-1946) und Georg Berndt (1880-1972).

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* ansässig.

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. R. Stelzer

Prodekane

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

Prof. Dr.-Ing. Chr. Leyens

Studiendekan Studiengang Maschinenbau

Prof. Dr. rer. nat. habil. S. Odenbach

Studiendekan Studiengang Verfahrenstechnik

Studiengang Werkstoffwissenschaft

Studiengang Chemie-Ingenieurwesen

Studiengang Verfahrenstechnik und Naturstofftechnik

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

Institute

Institut für Energietechnik

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

Institut für Fertigungstechnik

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

Institut für Festkörpermechanik

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

Institut für Fluidtechnik

Prof. Dr.-Ing. J. Weber, 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. Prof. E.h. Dr. h.c. W. Hufenbach, Direktor

Institut für Luft- und Raumfahrttechnik

Prof. Dr.-Ing. K. Wolf, Direktor

Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion

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

Institut für Strömungsmechanik

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Fröhlich, Direktor

Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme

Prof. Dr.-Ing. habil. Th. Schmidt, Direktor

**Institut für Textilmaschinen
und Textile Hochleistungswerkstofftechnik**

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

**Institut für Verarbeitungsmaschinen
und Mobile Arbeitsmaschinen**

Prof. Dr.-Ing. habil. Th. Herlitzius, Geschäftsführender Direktor

Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik

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

Institut für Werkstoffwissenschaft

Prof. Dr.-Ing. Chr. Leyens, 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

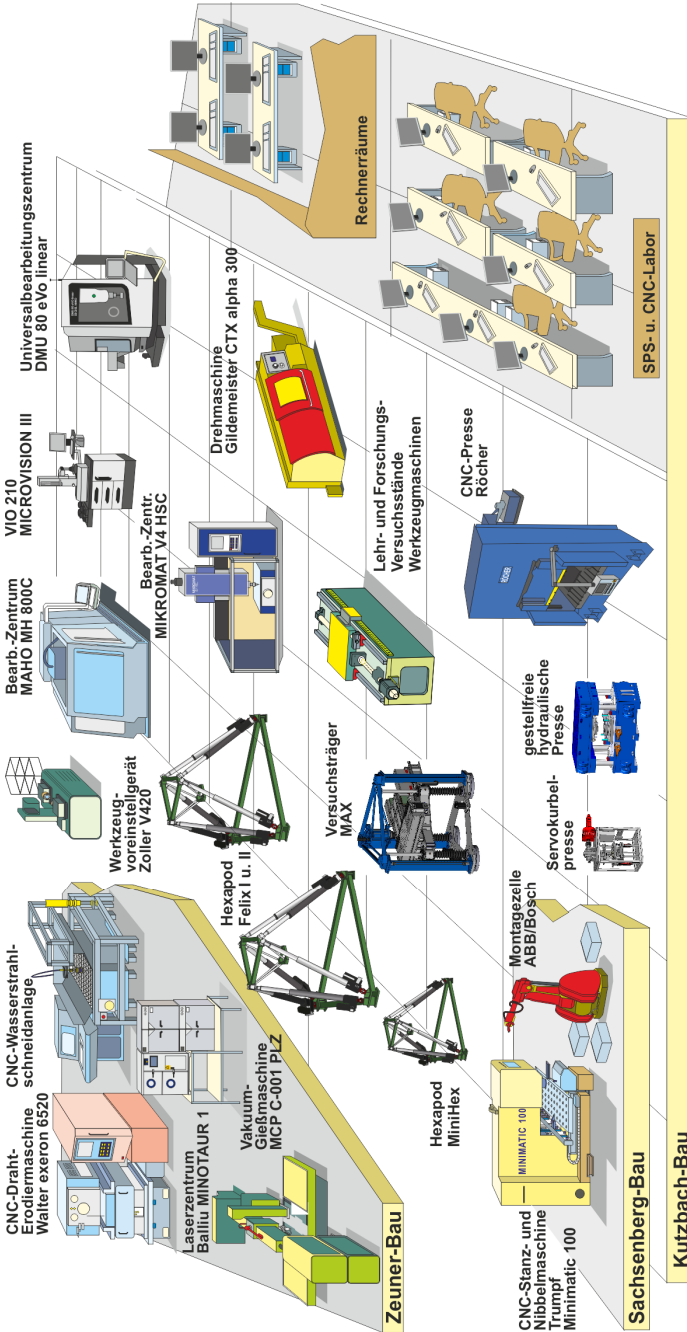
Am 15.11.2006 wurde mit der konstituierenden Sitzung das **Produktionstechnische Zentrum Dresden (ProZeD)** gegründet.

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. Mitglieder sind:

- Institut für Fertigungstechnik (IF)
- Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK)
- Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme (TLA)
- 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.

Sprecher des Produktionstechnischen Zentrums Dresden ist Prof. Dr.-Ing. habil. Knut Großmann, Direktor des Instituts für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik.



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 Werkzeugmaschinen

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

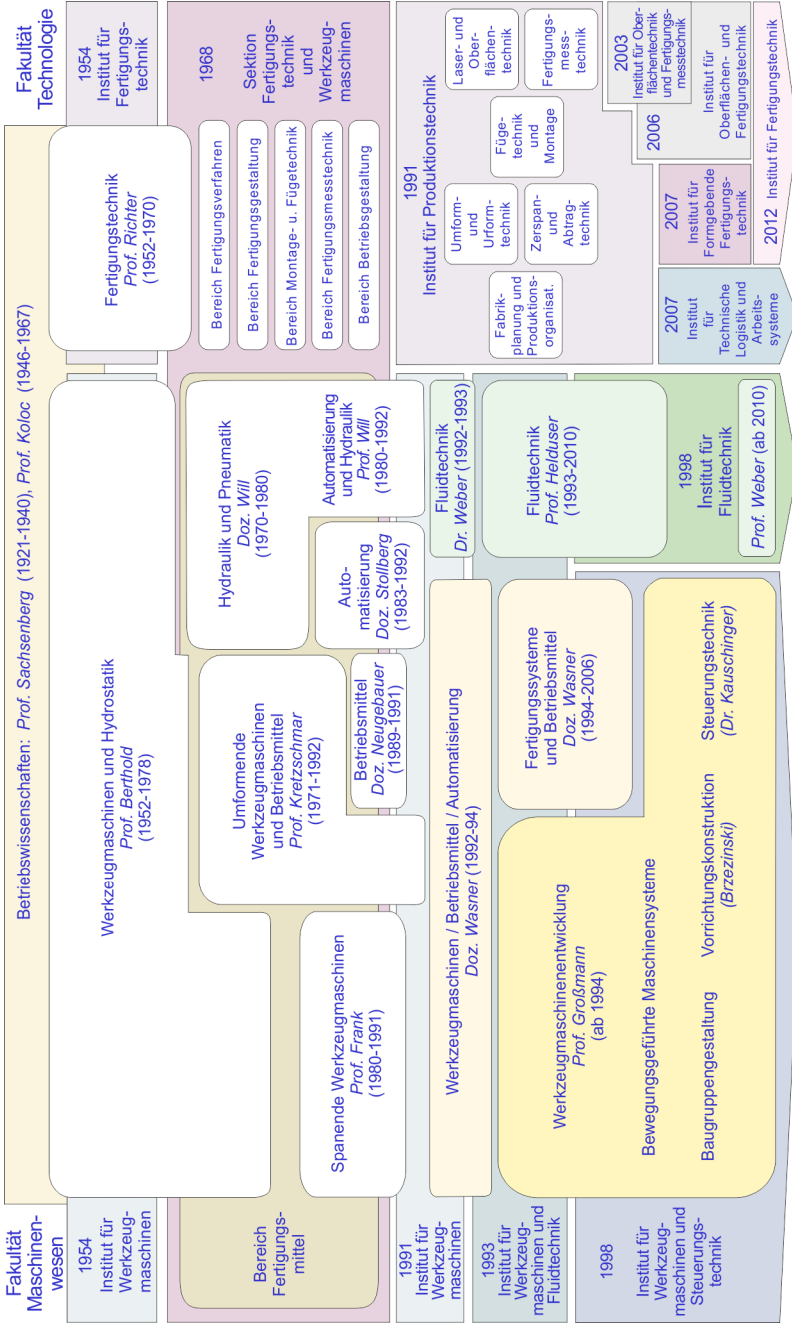
- 1.8.1993 Kommissarischer Leiter:
Doz. Dr.-Ing. O. Wasner
- 1.8.1994 Geschäftsführender Direktor und Leiter des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen:
Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

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)

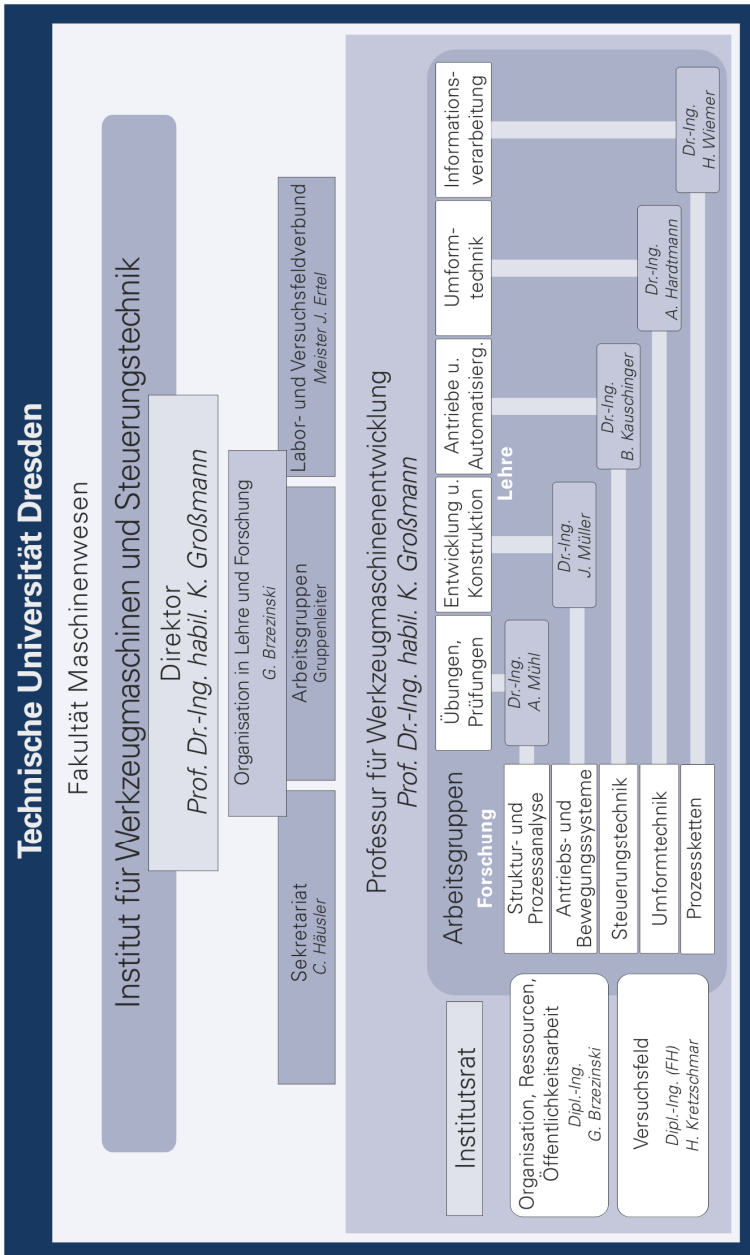
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik

- 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 Mitarbeiter



Prof. Dr.-Ing. habil. Knut Großmann

- geb. 1949 in Ottendorf-Okrilla
- 1967 - 1971 Studium Maschinenbau / WZM-Konstruktion an der TUD
- 1978 - 1990 Forschung und Entwicklung MIKROMAT Dresden
- 1990 - 2000 Geschäftsführer ITI GmbH
- seit 1994 Inhaber des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinenentwicklung, 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 u. Getriebe-technik an der Fachschule für Maschinenbau Leipzig
- seit 1991 Sekretärin am IWM



Dipl.-Ing. (FH) Peggy Böhme

- geb. 1972 in Dresden
- 2005 - 2010 Studium Betriebswirtschaft an der HTW Dresden
- seit 2011 Verwaltungsangestellte am IWM



Dipl.-Ing. Gunter Brzezinski

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



Dr. rer. nat. Gunnar Dietz

- geb. 1973 in Hamburg
- 1993 - 2001 Studium Mathematik an der Universität Hamburg
- 2002 - 2005 Promotion an der Universität Münster
- 2011 - 2012 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Dipl.-Ing. Christian Friedrich

- geb. 1984 in Werdau
- 2003 - 2008 Studium Mechatronik an der TU Dresden
- seit 2009 Wiss. Mitarbeiter am IWM



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



Dipl.-Math. Alexander Galant

- geb. 1981 in St. Petersburg
- 1999 - 2000 Studium Mathematik an der TU St. Petersburg
- 2001 - 2007 Studium Angewandte Mathematik an der TU Dresden
- 2007 - 2010 Wiss. Mitarbeiter am Inst. f. Wiss. Rechnen der TU Dresden
- seit 2010 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Florian Görschel

- geb. 1989 in Radebeul
- 2007 - 2011 Berufsausbildung als Industriemechaniker
- seit 2012 Facharbeiter im Labor- und Versuchsfeldverbund Kutzbach-Bau der TU Dresden



Dipl.-Inf. Kay K. Großmann

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



Dr.-Ing. André Hardtmann

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



Dipl.-Wirt.-Inf. Michaela Helbig

- geb. 1983 in Bautzen
- 2002 - 2009 Studium Wirtschaftsinformatik an der TU Dresden
- seit 2009 Wiss. Mitarbeiterin am IWM



Dipl.-Ing. Hubert Höfer

- geb. 1983 in Bautzen
- 2003 - 2008 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 2009 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Dipl.-Ing. Olaf Holowenko

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



Dr. rer. pol. Martin Jührisch

- geb. 1981
- 2011 - 2012 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Dr.-Ing. Bernd Kauschinger

- geb. 1968 in Schkeuditz
- 1990 - 1995 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 1995 Wiss. Mitarbeiter am IWM
- 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
- Leiter des Werkzeugmaschinen-Versuchsfeldes



Dipl.-Ing. Sebastian Kriechenbauer

- geb. 1983 in Neustadt a. d. Waldnaab
- 2004 - 2009 Studium Maschinenbau / Allgemeiner u. konstruktiver Maschinenbau an der TU Dresden
- 2010 - 2011 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Dipl.-Ing. Sven Krihning

- geb. 1973 in Dresden
- 1994 - 1999 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenkonstruktion an der TU Dresden
- 1999 - 2009 Konstrukteur bei Koenig & Bauer AG Radebeul
- 2009 -2011 Wiss. Mitarbeiter am IWM



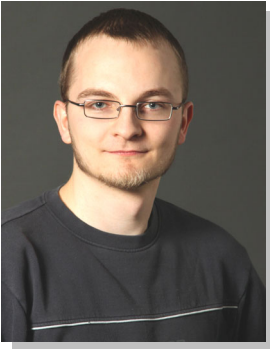
Dipl.-Ing. Michael Löser

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



Jochen Loose

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



Dipl.-Ing. Marcel Merx

- geb. 1985 in Nordhausen
- 2005 - 2010 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 2011 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Dr.-Ing. Andreas Mühl

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



Dr.-Ing. Jens Müller

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

**Dr.-Ing. Michael Nicolai**

- geb. 1978 in Berlin
- 1999 - 2005 Studium Maschinenbau / Leichtbau und Kunststofftechnik an der TU Dresden
- seit 2012 Wiss. Mitarbeiter am IWM

**Dipl.-Ing. Lars Penter**

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

**Dipl.-Ing. Christoph Peukert**

- geb. 1983 in Pößneck
- 2003 - 2010 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenkonstruktion an der TU Dresden
- seit 2011 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Dipl.-Ing. (BA) Andreas Richter

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



Dipl.-Ing. Mirko Riedel

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



Dr.-Ing. Holger Rudolph

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



Dipl.-Ing. Christer-Clifford Schenke

- geb. 1983 in Saalfeld
- 2002 - 2009 Studium Mechatronik an der TU Dresden
- seit 2010 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Jens Schober

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



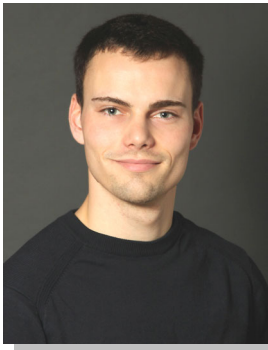
Stefan Scholz

- 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 der TU Dresden



Dipl.-Ing. Steffen Schroeder

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



Martin Schwabe

- geb. 1987 in Dippoldiswalde
- 2004 - 2008 Berufsausbildung als Industriemechaniker
- seit 2008 Facharbeiter im Labor- und Versuchsfeldverbund Kutzbach-Bau der TU Dresden



Dipl.-Ing. Christian Städel

- geb. 1983 in Cottbus
- 2003 - 2009 Studium Maschinenbau / Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 2009 Wiss. Mitarbeiter am IWM



André Thasler

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



Dipl.-Ing.(FH) Kerstin Wanstrath

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



Dipl.-Ing. Udo Weber

- geb. 1981 in Dresden
- 2000 - 2006 Studium Elektrotechnik an der TU Dresden
- 2006 - 20012 XENON Dresden
- seit 2012 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Dr. rer. nat. Hannes Weishart

- geb. 1963 in Nürnberg
- 1983 - 1988 Studium Physik an der Universität Erlangen
- 1993 - 1998 Postdoktorand am Forschungszentrum Rossendorf
- 1998 - 1999 IT Consultant bei Platinum Technology München
- 1999 - 2007 TUD/IWM, FZ Rossendorf
- 2009 - 2012 Wiss. Mitarbeiter am IWM



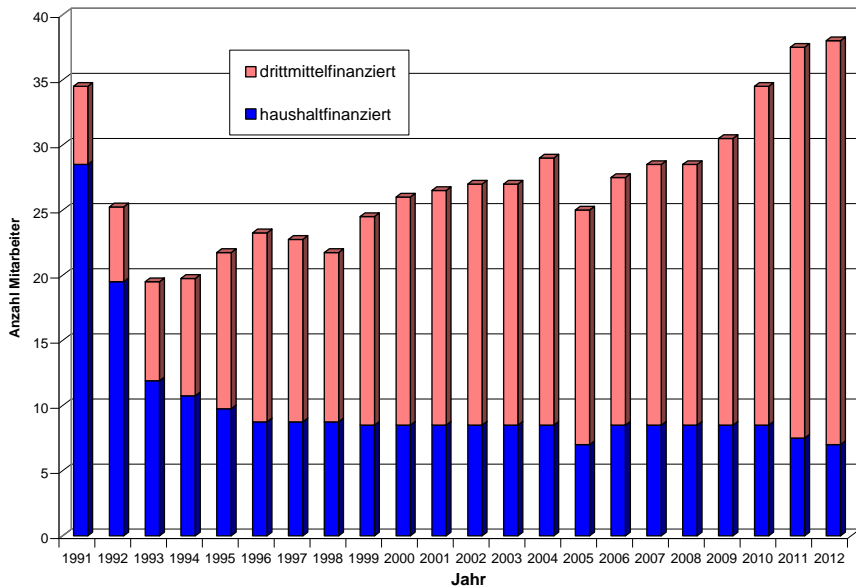
Dr. rer. pol. Jens Weller

- geb. 1976 in Dresden
- 1996 - 2001 Studium Wirtschaftsinformatik an der TU Dresden
- 2001 - 2003 selbstständiger Softwareentwickler
- 2003 - 2009 Wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl f. Wirtschaftsinformatik der TUD, Systementwicklung
- seit 2010 Wiss. Mitarbeiter am IWM



Dr.-Ing. Hajo Wiemer

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



Entwicklung der Mitarbeiterzahl am IWM

2.2 Ausstattung

2.2.1 Messtechnische Ausstattung

Messplatz für geometrische Prüfungen und Maschinenabnahmen

- Ausrüstung
- Laserinterferometer (RENISHAW ML 10/EC 10)
 - Laserinterferometer (API XD-Laser)
 - 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)
 - Positionierungsicherheit 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
 - IR-Kamera Optris PI 400

- Messumfang
- Temperaturen
 - Verlagerungen
 - Wärmebilanzen

Messplatz zur Geräuschuntersuchung an Maschinen

- Ausrüstung
- Zweikanal-Echtzeit-Frequenzanalysator
 - Präzisionsimpulsschallpegelmesser
 - Messmikrofon
 - Schallintensitätsmesssonde

- Messumfang
- Geräuschmessungen an Maschinen nach DIN 45635 (E DIN ISO 230-5)
 - Lärmquellenanalyse

Messplatz zur optischen Maschinenuntersuchung

- Ausrüstung
- Koordinatenmesssystem AICON 3D

- High Speed Kamera Mikrotron EoSens MC3010
 - CCD- und CMOS-Kameras
- Messumfang
- Berührungslose 3D-Koordinaten-, Bewegungs- und Deformationsmessung
 - System AICON 3D zertifiziert nach VDI 2634 Blatt 1



Kalibrierung eines Stereokamerasystems

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++	SolidWorks
Adobe Acrobat 7	Borland C++	Matlab/Simulink
Adobe Photoshop	Borland Delphi	ITI-SIM
CorelDRAW 12	MathCAD 2001	ITI SimulationX
Studio 3	DIAdem	LS-DYNA
Designer	ANSYS	HyperWorks



Bei der Ausbildung im Computer-Pool

2.2.3 Labor- und Versuchsfeldverbund

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

Auf den vorhandenen Maschinen können die wesentlichsten Zerspanungsarbeiten (einschließlich CNC-Fräsen), Schweiß-, Montage- und Elektro-/Elektronikarbeiten 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.

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. Geräuschemessung 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

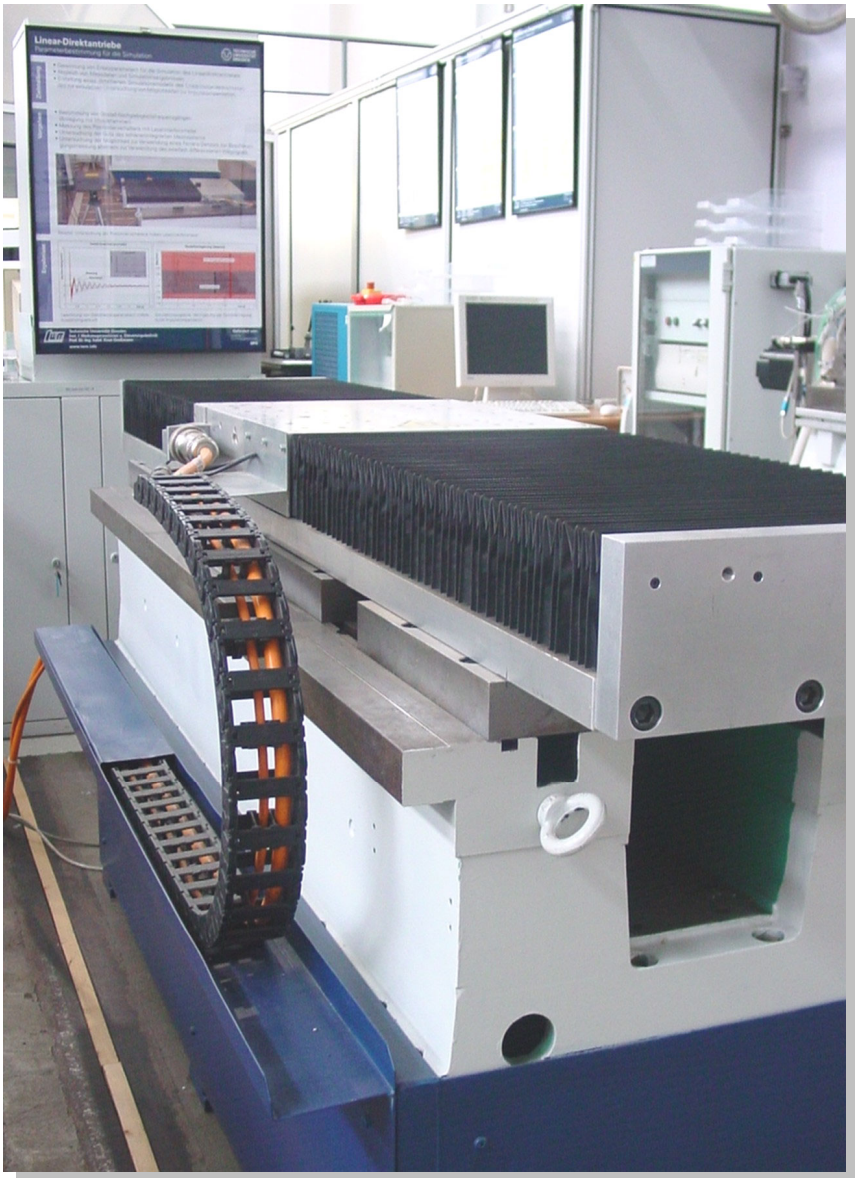
- Lagegeregelte Vorschubachse
- Kugel-Profilschienenführungen mit integriertem Messsystem

Daten

- Vorschubkraft (max.) 3.800 N
- Dauerkraft 1.500 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-Profilschienenführungen Größe 35

Messtechnik

- Temperaturverteilung
- Positioniergenauigkeit
- Beschleunigung



Vorschubachse mit Linear-Direktantrieb

2.2.4.2 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-Profilschienenführungen
- Verstellbare Gestellsteifigkeit
- Steuerungsoberfläche zur Bewegungsvorgabe und Messdatenanalyse
- Antriebsansteuerung über SERCOS III
- Sicherheitsstoßdämpfer

Daten

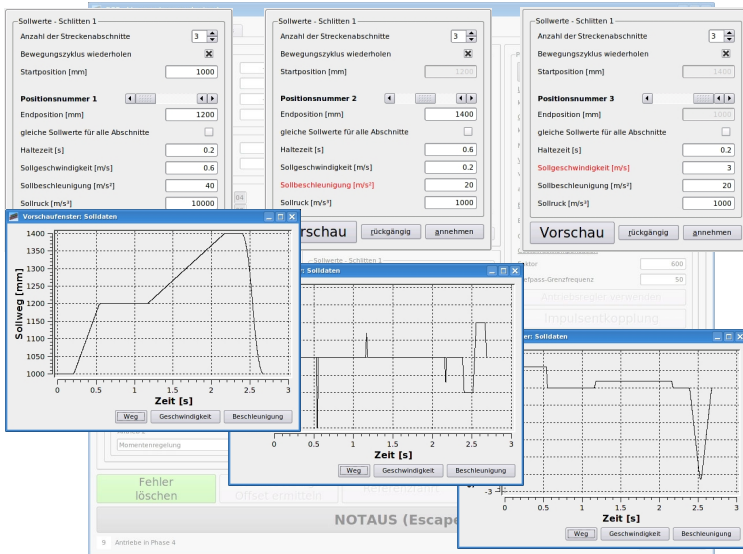
- Vorschubkraft (max.) 3.800 N
- Dauernennkraft 1.200 N
- Geschwindigkeit (max.) 290 m/min
- Beschleunigung (max.) 75 m/s²
- Verfahrweg (max.) 2.700 mm
- Tischgröße 2 x 400 mm x 520 mm
- Kugel-Profilschienenführungen Größe 35

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 mm x 20 mm T5 (gerollt)
- Tischgröße 470 mm x 500 mm
- Verfahrweg 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

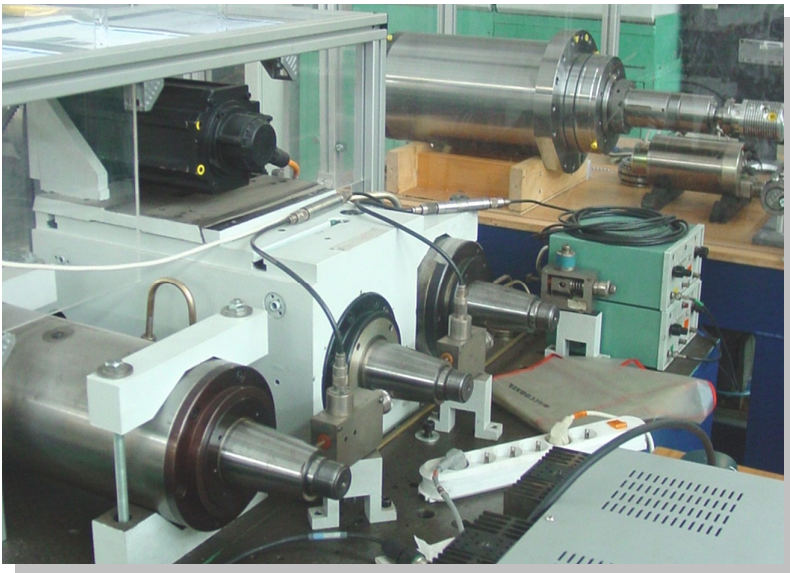
- Analyse und Vergleich der Laufeigenschaften von unterschiedlich gelagerten Genauigkeits-Spindeln
- Signalanalyse zur Ermittlung von Quellen wälzlagerbedingter Störbewegungen
- Ermittlung von Reibmoment und Verlustleistung an einer hydrostatischen Schleifspindel

Versuchsstandausrüstung

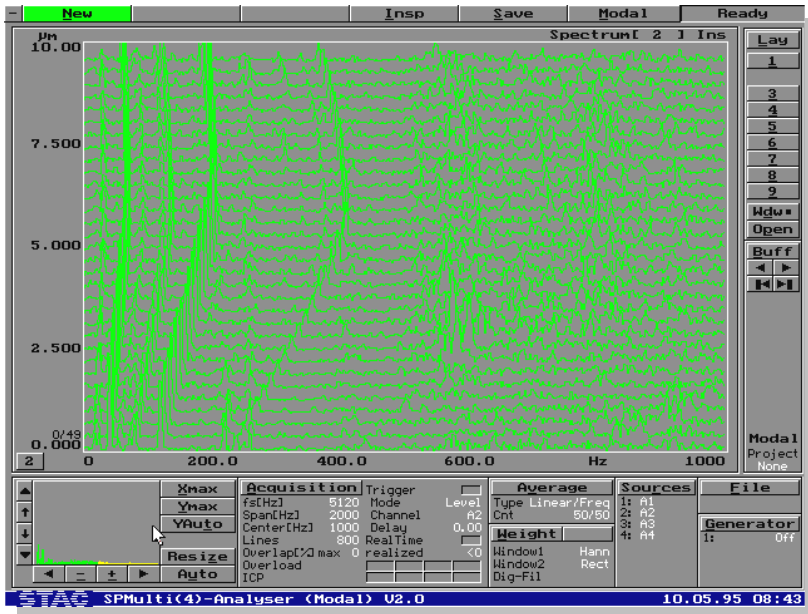
- hydrodynamisch, hydrostatisch und wälzgelagerte Spindeln für das Außenrundschleifen
- Bohrspindeleinheit
- Motor-Spindeln zum Bohrungsschleifen

Messtechnik

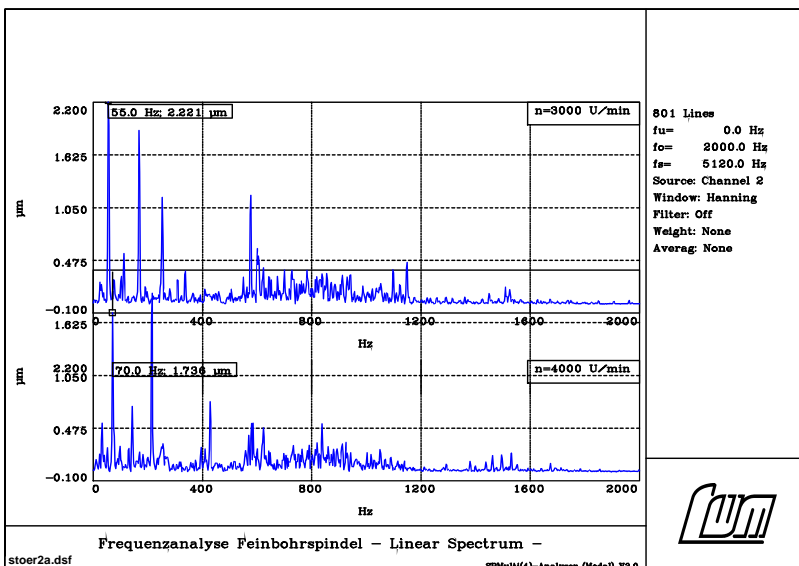
- kapazitive Wegmesseinrichtung
- PC-gestützter Echtzeit-FFT-Analysator



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

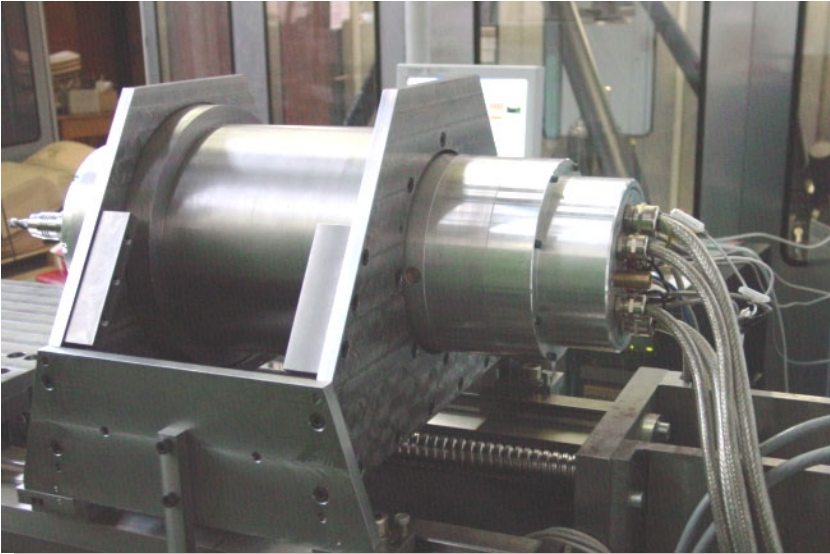
- Motorspindel mit aktiver Magnetlagerung, AXOMAT GmbH
- Einbindung mit paralleler Anordnung zu einer Linearvorschubachse in einen Versuchsstand zum Ausbohren

Daten

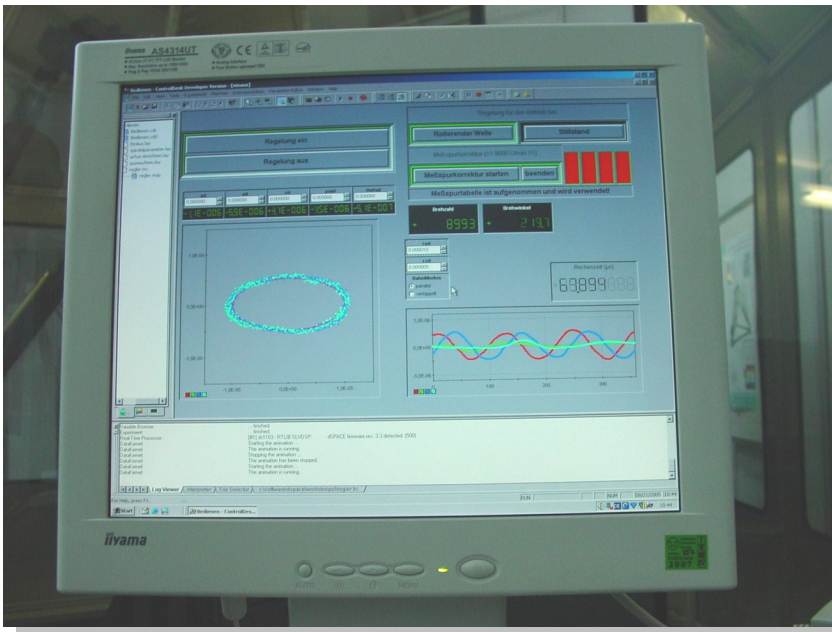
- 10 kW (S1)
- $n_{\max} = 30.000 \text{ min}^{-1}$
- fremdgekühlt
- Werkzeugaufnahme HSK-C 40
- dynamisch optimierter Spindelkörper (Leistung des IWM)
- flachheitsbasierte digitale Regelung der aktiven Magnetlagerung auf der Hardwarebasis d-space (Leistung des Instituts für Regelungs- und Steuerungstheorie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

Aufgabenstellung

- Lebensdaueruntersuchungen an Kugel-Profilschienenführungen der Baugröße 25 unter konstanter Belastung
- Vergleichende Untersuchung bei der Laufwegermittlung von Profilschienenführungen mittels Prüfstand "bewegte Wagen" und Prüfstand "bewegte Schienen"

Versuchsstandausrüstung

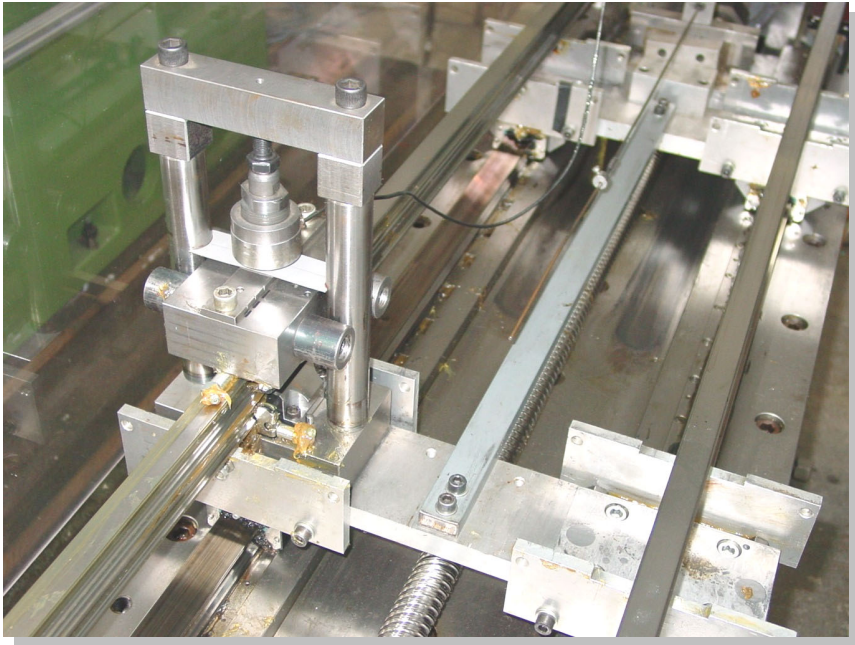
- Vorschubachse mit Servomotor
- Belastungseinrichtungen für statische Kräfte

Daten

- 4 Prüfplätze für je 2 Prüflinge
- max. Prüfkraft 12 kN
- Geschwindigkeit (max.) 0,8 m/s
- Beschleunigung (max.) 10 m/s²
- Beschleunigungsverlauf sinusförmig
- Hub (max.) 550 mm
- Messmöglichkeiten für Prüfkraft

Messtechnik

- Prüfkraft für jeden Prüfling
- Laufweg (mech. Zähler)



Lebensdauerprüfstand für PSF "bewegte Wagen"

2.2.4.7 Prüfstand für Profilschienenführungen nach dem Prinzip "bewegte Schienen"

Aufgabenstellung

- Lebensdaueruntersuchungen an Kugel-Profilschienenführungen der Baugröße 15, 25 und 35 unter konstanter Belastung
- Vergleichende Untersuchung bei der Laufwegermittlung von Profilschienenführungen mittels Prüfstand „bewegte Wagen“ und Prüfstand „bewegte Schienen“

Versuchsstandausrüstung

- Vorschubachse mit Servomotor
- Belastungseinrichtungen für statische Kräfte
- frei programmierbare automatische Schmiereinrichtung für die Prüflinge

Daten

- 8 Prüfplätze
- max. Prüfkraft 28 kN
- Geschwindigkeit (max.) 0,8 m/s
- Beschleunigung (max.) 10 m/s²
- Beschleunigungsverlauf sinusförmig
- Hub (max.) 500 mm
- Messmöglichkeiten für Prüfkraft und Beschleunigung

Messtechnik

- Prüfkraft für jeden Prüfling
- Triax-Beschleunigungssensoren an jedem Prüflingswagen
- Laufweg (elektronischer Zähler)



Lebensdauerprüfstand für PSF "bewegte Schienen"

2.2.4.8 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

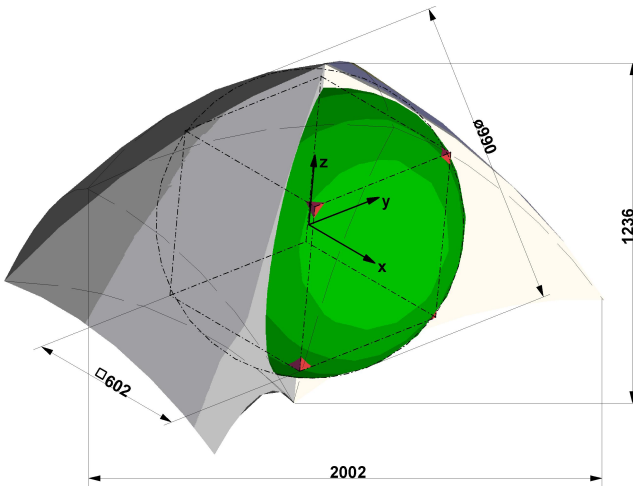
- 6-Komponenten-Kraftmessplattform KISTLER
- Genauigkeits-Messsystem (Double-Ball-Bar) RENISHAW QC 10
- Laser-Interferometer RENISHAW ML 10

Technische Spezifikation

- 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

2.2.4.9 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
- Bewegungseinrichtung, z. B. für das Plasmaschneiden und Stapeln textiler Preforms

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 Spann- und Greifvorrichtungen für das Handling von Holzformteilen und textilen Preforms
- Abzugseinrichtung für textile Materialien
- Spezialwerkzeug für das Thermoglätten von Holz und Holzwerkstoffen
- Plasmabrenner zum Schneiden von HGTT-Halbzeugen
- Industrielle Staub-/Späneabsaugung

Messtechnik

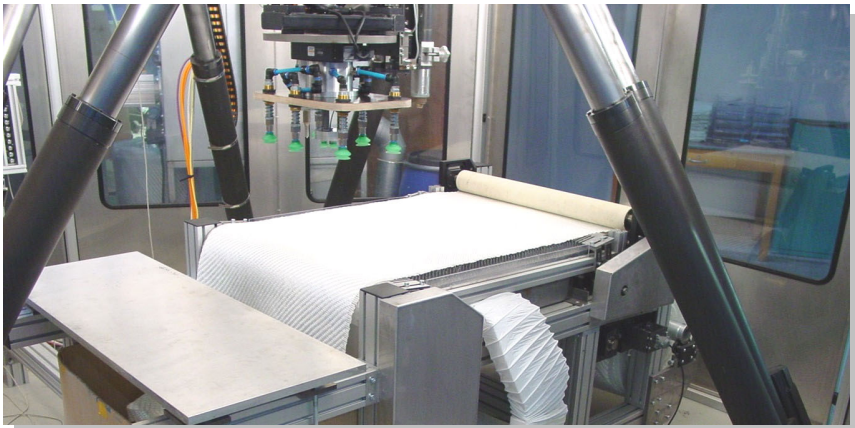
- Bildverarbeitungssystem zur Form- und Lageerkennung des zu bearbeitenden Werkstücks
- weitere s. Pkt. 2.2.4.9

Technische Spezifikation

- identisch zu Hexapod unter Pkt. 2.2.4.9



Hexapod mit Ausrüstung für Plasmaschneiden und Handling von Hybridgarn-Textil-Thermoplast (HGGT)-Halbzeugen



Sauggreifer und Plasmabrenner

2.2.4.10 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. 2.2.4.9

Technische Spezifikation

- 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

2.2.4.11 Versuchsträger MAX

Aufgabenstellung

- Schaffen einer 3-achsigen Präzisions-Bewegungseinrichtung (X, Y, Z) zur Fräsbearbeitung, welche die gezielte Fehlerkorrektur in allen 6 Freiheitsgraden (ΔX , ΔY , ΔZ , $\Delta \varphi_x$, $\Delta \varphi_y$, $\Delta \varphi_z$) unter Ausnutzung der parallelen Antriebe in Y und Z ermöglicht
- Verringerung der erforderlichen mechanischen Bewegungsgenauigkeit durch die Korrekturfunktionalitäten
- Realisierung der Impulskompensation in der X- und Y-Achse (impulskompensierter Kreuzschieber)
- Wirkung der resultierenden Antriebskräfte im Schwerpunkt der bewegten Baugruppen für verminderte Schwingungsanregung
- Einsatz gelenkiger Anbindungen zwischen Gewindetrieben sowie Linearführungen, um die geforderten Korrekturbewegungen mit minimalem Kraftaufwand zu gewährleisten
- modulare Bauweise der einzelnen Funktionsbaugruppen, um eine getrennte Inbetriebnahme und Analyse zu ermöglichen
- Realisierung der bewegten Baugruppen in Leichtbauweise (Aluminium-Platten) unter Anwendung von mittels Zugankern verspannten reibschlüssigen Verbindungen
- Anbringung der Hauptspindel an einer leichten und steifen Stabwerkskonstruktion

Versuchsstandausrüstung

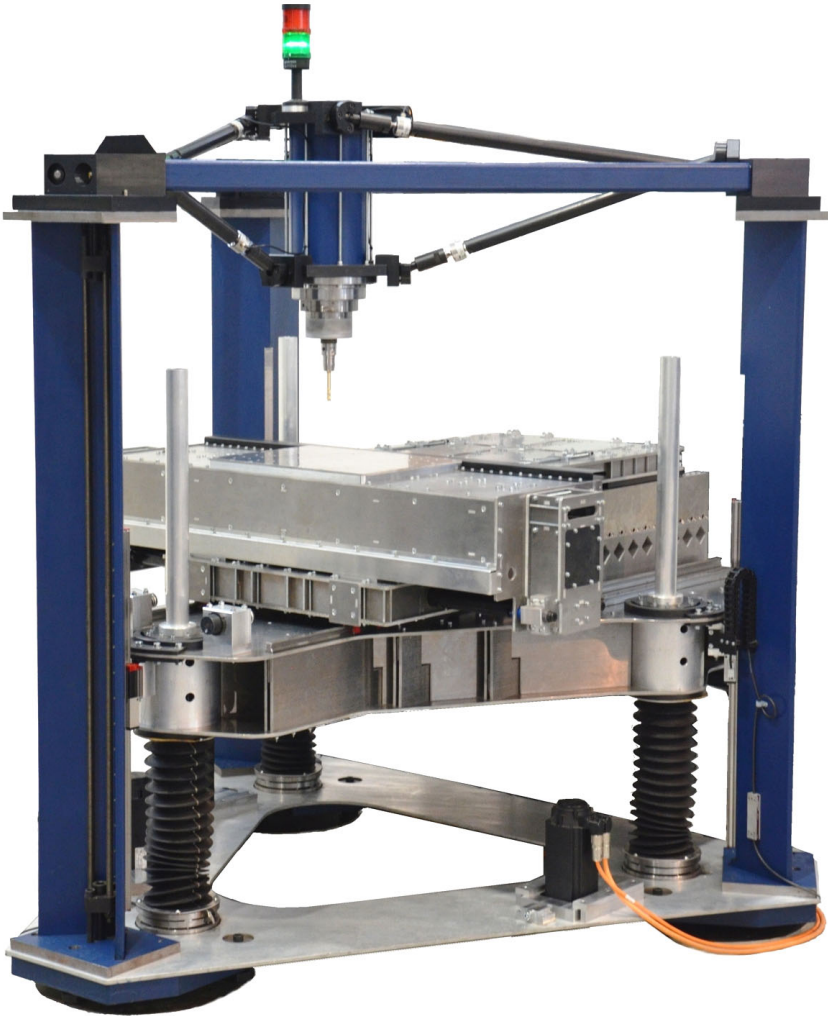
- Bewegungseinrichtung mit Freiheitsgrad 6 (MAX)
- Kugelgewindeantriebe in den 3 Z-Achsen (Steigung 10 mm)
- Servomotoren BoschRexroth Indradyn MSK 061C
- Zahnriemenstufe 1:1
- 2 Y-Nutz- und Kompensationsantriebe (eisenlose Lineardirektantriebe Parker ML50)
- 1 X-Nutz- und 2 X-Kompensationsantriebe (eisenlose Lineardirektantriebe Parker ML50)
- Kugel-Profilschienenführungen mit integriertem Messsystem
- PC-basierte Steuerung (TwinCAT, Fa. Beckhoff), Kommunikation mit den Antrieben über EtherCAT (0,25 ms Zykluszeit)

Messtechnik

- Kraftmessdosen in den Stäben der Stabwerksstruktur zur Erfassung der Prozesslasten in allen Freiheitsgraden
- Bildverarbeitungssystem zur photogrammetrischen Vermessung und Lagebestimmung

Technische Spezifikation

- Verfahrenswege: X = 450 mm
Y = 400 mm
Z = 500 mm
Kompensation X = 160 mm
Kompensation Y = 180 mm
- Winkelkorrekturvermögen maximal ca. 200 $\mu\text{m}/\text{m}$
- alle Bewegungen auf der Werkstückseite
- maximale Vorschubgeschwindigkeiten:
X = 90 m/min
Y = 90 m/min
Z = 30 m/min
- maximale Beschleunigungen:
X = 20 m/s^2
Y = 20 m/s^2
Z = 5 m/s^2
- Vorschubkräfte der Direktantriebe:
0,4 kN (Dauer)
1,8 kN (maximal)
- Frässpindel (GMN) 11 kW mit 42.000 min^{-1}



Versuchsträger MAX

2.2.4.12 Programmierung der Funktionssteuerung von Fertigungssystemen (SPS)

Aufgabenstellung

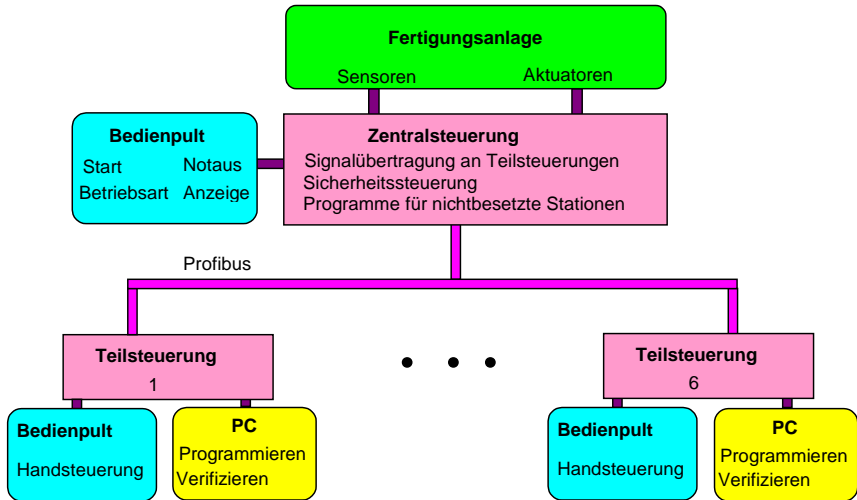
- Modulare Programmierung des asynchronen Ablaufs einzelner Arbeitsstationen
- Koordinierung ihres Zusammenwirkens in einem Fertigungssystem

Versuchsstandausrüstung

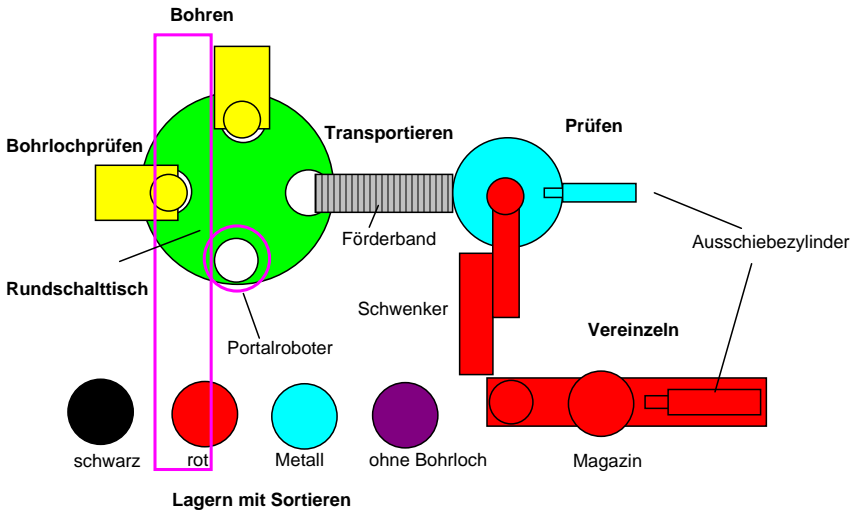
- Modell eines Fertigungssystems mit zentraler SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)
- sechs über Feldbus angeschlossene Studentearbeitsplätze mit modularen SPS



*Lehrkabinett
für die Programmierung der SPS eines modular aufgebauten
Fertigungssystem-Modells*



Aufbau des Lehrkabinetts



Aufbau des Fertigungssystems

2.2.4.13 CAM-Labor

Aufgabenstellung

- Rechnergestützte Erzeugung von NC-Programmen (bis 5achs-simultan)
- Rechnergestützte Simulation und Optimierung der NC-Bearbeitung
- Durchführung von Studentenpraktika zur Bewegungssteuerung
- Fertigung von Demonstrator-Werkstücken auf der Modellfräsmaschine
- Entwicklung spezifischer Postprozessoren für CAM-Systeme
- Öffentlichkeitsarbeit (z. B. Lange Nacht der Wissenschaften)

Ausrüstung

- 5 CAD/CAM PCs
- CAD Software SolidWorks
- CAM-Software ESPRIT
- CAM-Software CAMWorks
- CNC-Modellfräsmaschine EMCO PC-Mill 50
- Werkzeugeinstellgerät DMG MICROSET VIO 210 Microvision III
- WLAN zu IWM-Netz und NC-Maschinen im Werkstattbereich
- Beamer, Whiteboard

Daten

- Modellfräsmaschine EMCO PC-Mill 50
- 3 interpolierende Vorschubachsen mit Schrittmotoren
- Arbeitsraum: 190 x 90 x 190 mm (XYZ)
- Vorschub: $v_{\max} = 750$ mm/min
- Vorschubkraft: $F_{\max} = 600$ N
- Spindel: $n_{\max} = 2500$ U/min, $M_{\max} = 4$ Nm
- Kühlung: Druckluft
- Werkstoffe: Kunststoff, Aluminium, Stahl
- Steuerung: Emulation einer Siemens 810
- Fertigung von Demonstratorteilen für die 3- bis 5-achsige Bearbeitung (Fräsen, Schruppen, Schlichten)
- Konstruktion mit 3D-CAD-System SolidWorks



Modellfräsmaschine EMCO PC-MILL 50



CAD/CAM-Arbeitsplätze und Werkzeugeinstellgerät

2.2.4.14 Geräuschuntersuchungen an Werkzeugmaschinen

Aufgabenstellung

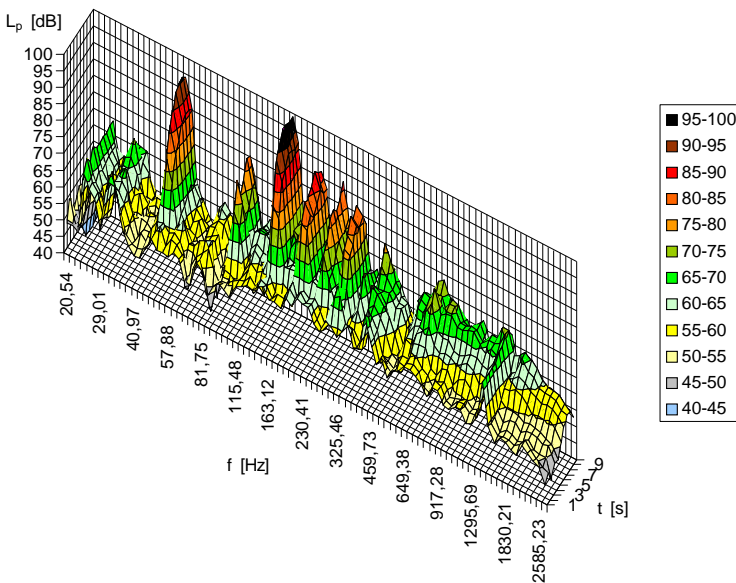
- Einführung in den Lärmschutz
- Messung von Lärmkenngrößen mit verschiedenen Messverfahren
- Kennen lernen von Analysemethoden und Lärminderungsmaßnahmen

Versuchsstandausrüstung

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

Messtechnik

- Schalldruckpegel-Messgerät
- Schallintensitäts-Messgerät



Schalldruckpegel-Multispektrum eines Umformvorganges



Schallintensitätsmessung am Versuchsträger MAX

2.2.4.15 Positioniergenauigkeit von Werkzeugmaschinen

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

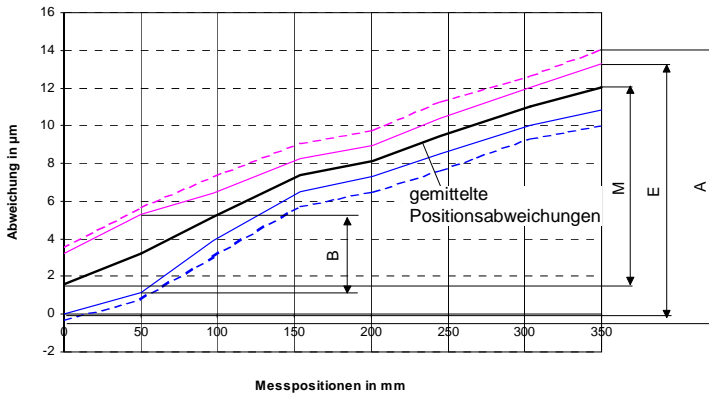
- Durchführung der Messungen unter Nutzung der lagegeregelten x-Achse einer CNC-Fräsmaschine

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 der Ermittlung der Positionierunsicherheit



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 von Stabachsen

Aufgabenstellung

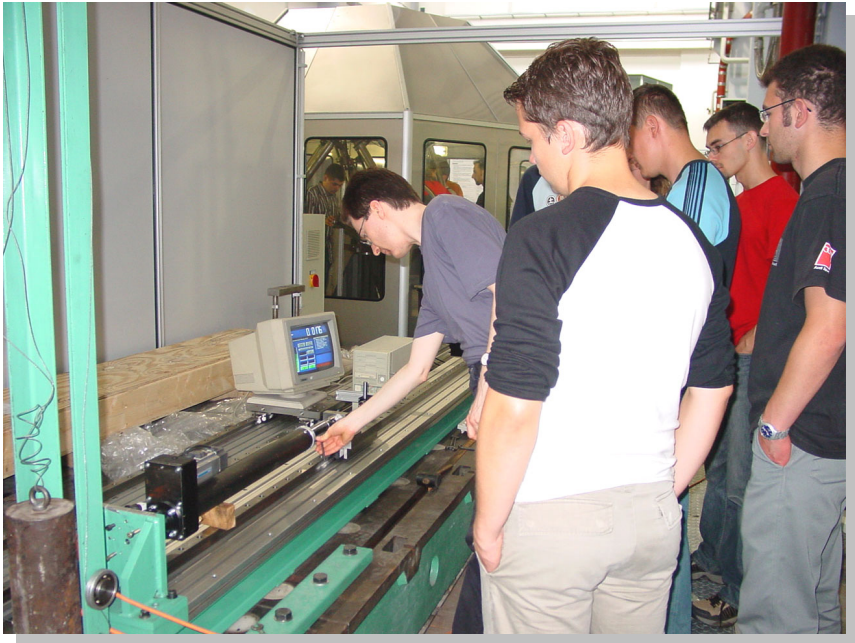
- Einstellung und Optimierung der Lageregelung der Stabachsen
- Referenzierung des Motorgebers an den Stabachsen
- Aufnahme des Spindelsteigungsfehlers der Stabachsen
- Bestimmung der exemplarischen minimalen und maximalen Achslänge (mechanische Anschläge)
- Ausrichtung der Kardangelenkachsen
- Untersuchung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

Versuchsstandausrüstung

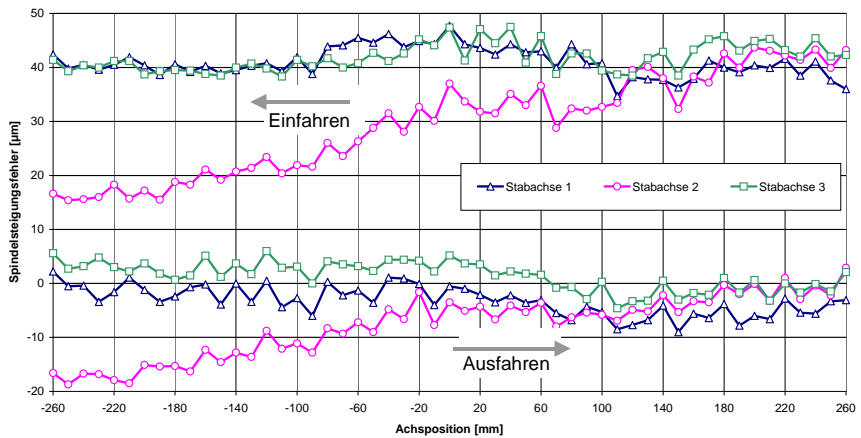
- Prüfstand mit modularen Gelenkaufnahmen für verschiedene Stabachsbauformen und -größen
- auf Profilschiene verschiebbarer Wagen mit Gelenkaufnahme
- Adapter zur Anbringung von Kraftsensoren
- Einrichtung zur Aufbringung von Vorspannungen
- Endmaße als physisch repräsentiertes Bezugsmaß

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-Grundlagenlehrveranstaltungen 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.

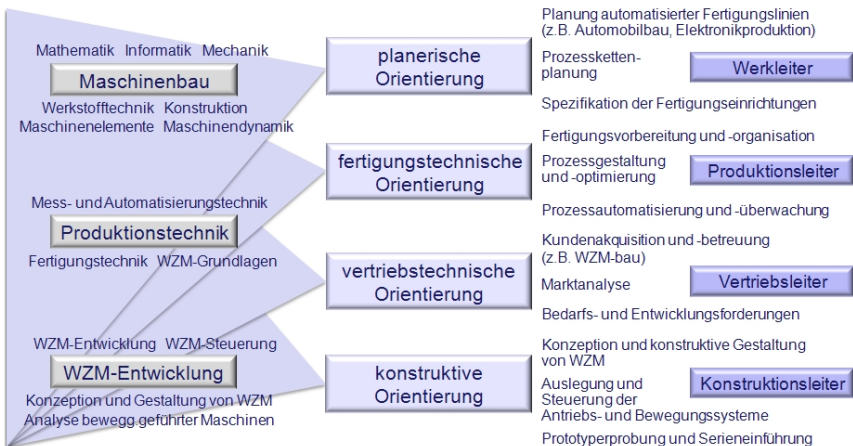
- 1994 Erarbeitung neuer Vorlesungskonzepte:
- Grundlagen der Werkzeugmaschinen
 - Baugruppen der Werkzeugmaschinen
 - Rechnerische Analyse von Werkzeugmaschinen
 - SPS-Programmierung von Fertigungseinrichtungen
- 1999 Eingliederung der Fachrichtung als Vertiefungsrichtung **Werkzeugmaschinenentwicklung** 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.

2011/12 Im Rahmen des Bologna-Prozesses erfolgt die grundlegende inhaltliche Neugestaltung modularisierter Lehrinhalte für die Studienrichtung Produktionstechnik und den interdisziplinären Studiengang Mechatronik.

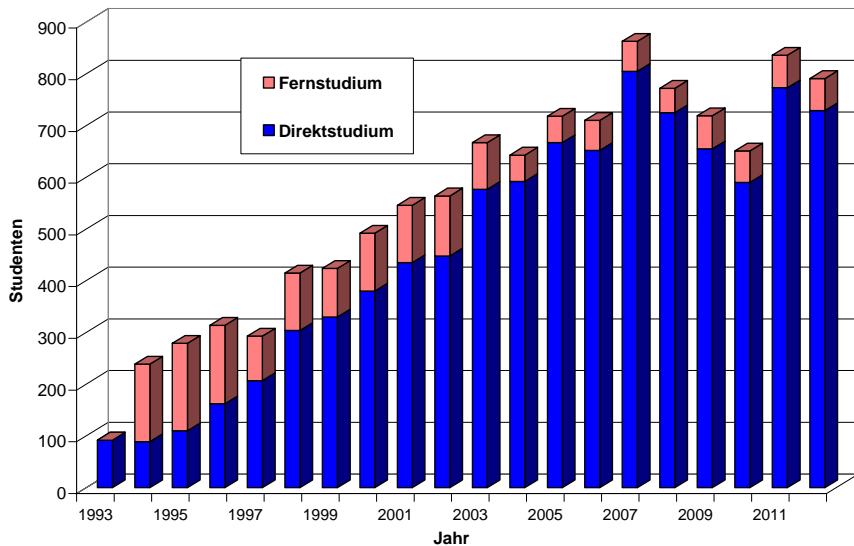
Neben dem traditionsreichen und auch zukünftig angestrebten Studienabschluss als Diplomingenieur (Dipl.-Ing.) werden auch die Abschlüsse als Bachelor und Master angeboten.

Da sich die neuen Studienpläne im Berichtszeitraum noch in der abschließenden Bearbeitung befanden und noch nicht in Kraft getreten waren, wird auf deren Darstellung an dieser Stelle verzichtet.

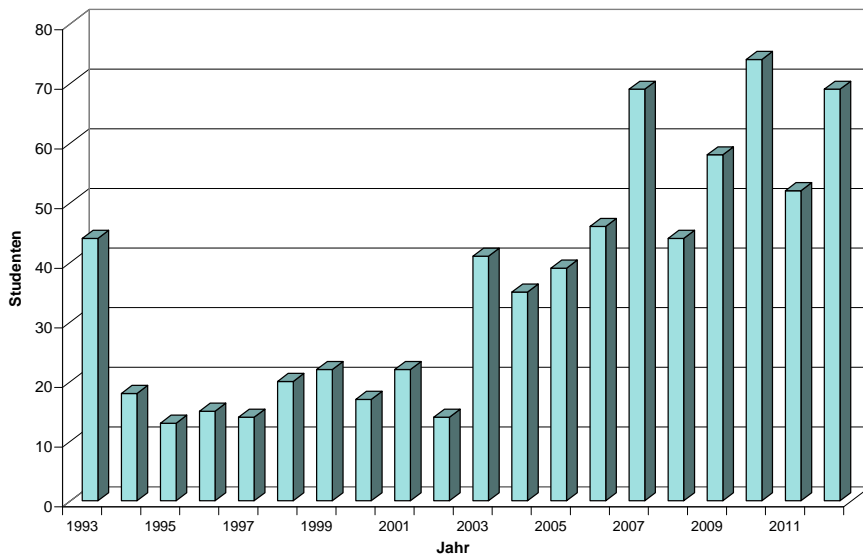
2012 Die Lehrveranstaltung "Konzeptioneller Entwurf einer Werkzeugmaschine", die auch die Anfertigung eines entsprechenden Beleges umfasst, wird inhaltlich völlig neu gestaltet und im Wintersemester 2012/2013 erstmalig angeboten (s. a. Pkt. 3.2.2.2).



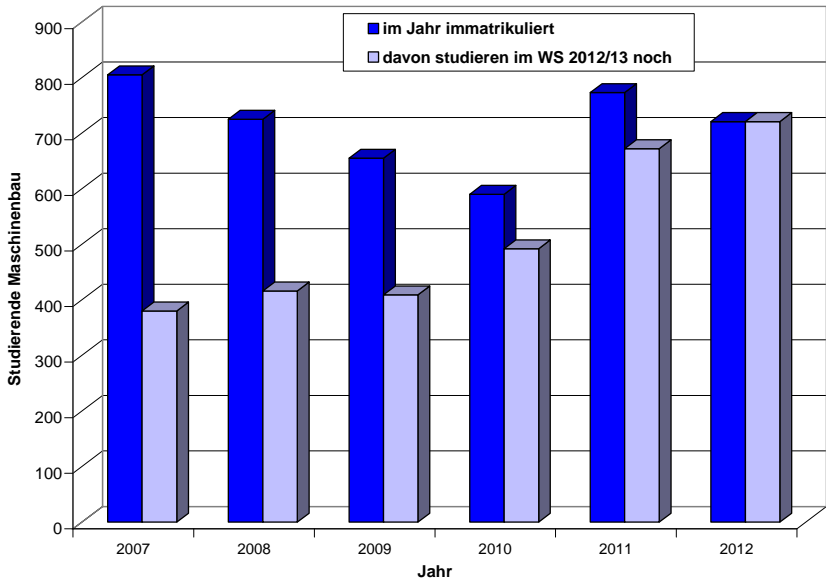
Anforderungen und Einsatzfelder für den Werkzeugmaschinen-Entwickler



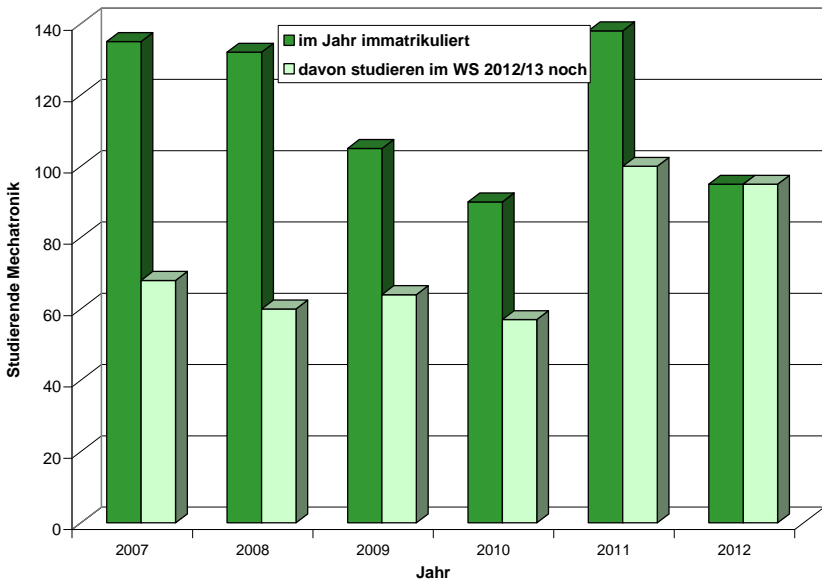
Studienanfänger im Studiengang Maschinenbau der Fakultät Maschinenwesen (1. Semester)



Studierende in der Studienrichtung Produktionstechnik (5. Sem.)



Studierende in den Studiengängen Maschinenbau (oben) und Mechatronik (im jeweiligen Jahr immatrikuliert und davon im Wintersemester 2012/13 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.

In Vorbereitung sind inhaltlich überarbeitete und Bologna-konform modularisierte Lehrinhalte, die auch in Zukunft den Dipl.-Ing. als Abschluss zum Ziel haben werden.

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)	
	Bewegungsgeführte Maschinensysteme/ Systemcharakter und Komponenten (2/1/0)	
	Konzeptioneller Entwurf (0/1/0)	
6. Sem.	Vorrichtungskonstruktion (1/1/0)	
8. Sem. (6. Sem.)	WZM-STEUERUNG (8 SWS)	WZM-ENTWICKLUNG (14 SWS)
	Funktions- steuerung (3/0/2)	Bewegungsgef. Maschinensyst./ Verhaltensanalyse und Anwendungen (4/1/2)
9. Sem.	Bewegungs- steuerung (2/0/1)	Baugruppengestaltung (2/1/1)
		Elektrische Antriebe (2/1/0)

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 style="text-align: center;"><i>Bewegungsgeführte Maschinensysteme</i> <i>(10 SWS)</i></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"><p>Systemcharakter und Komponenten bewegungsgeführter Prozesse und Systeme (2/1/0)</p></div>
8. Sem.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"><p>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 2006)*

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

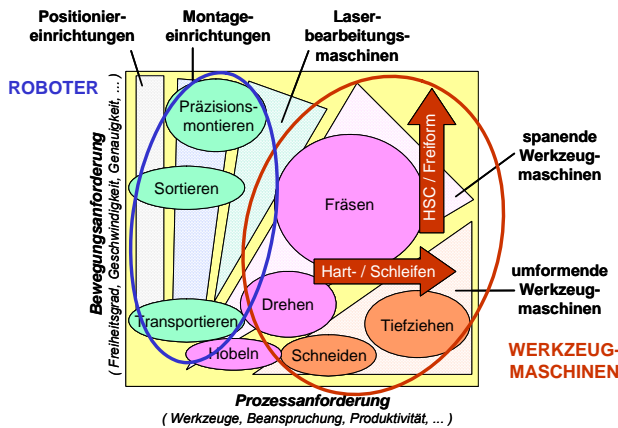
Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

Inhalt

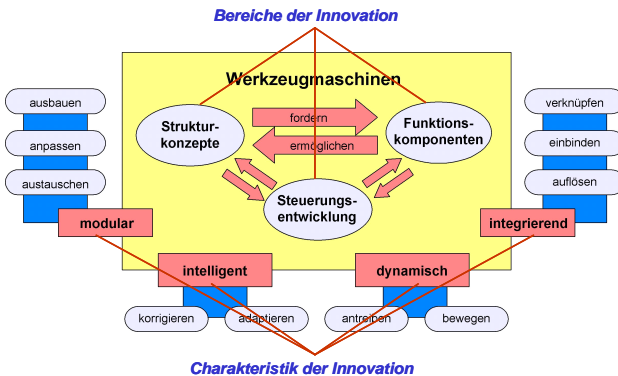
Mechatronischer Systemcharakter bewegungsgeführter Prozesse und Maschinen

- 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



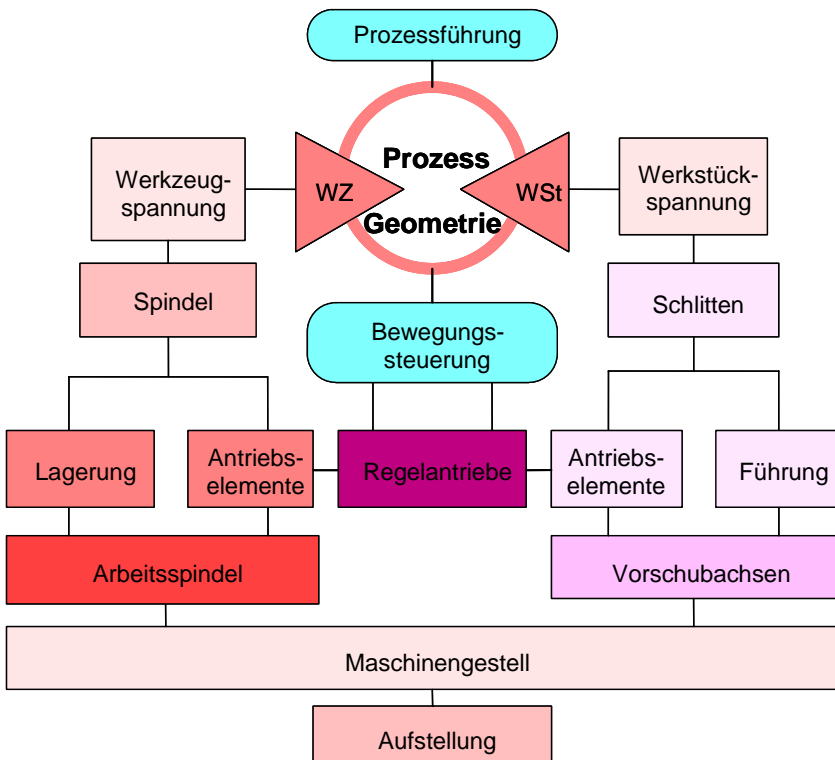
Prozess- und Bewegungsanforderungen für bewegungsgeführte Maschinensysteme



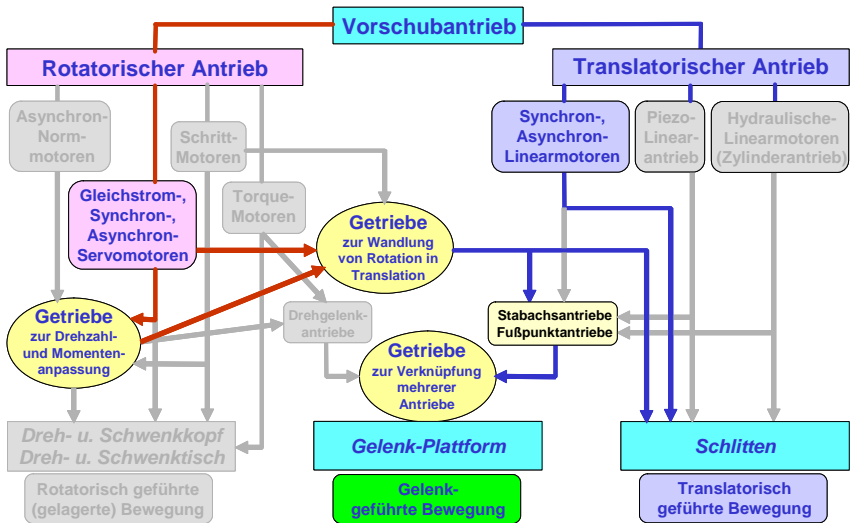
Innovation an Werkzeugmaschinen als Gestaltungsraum

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

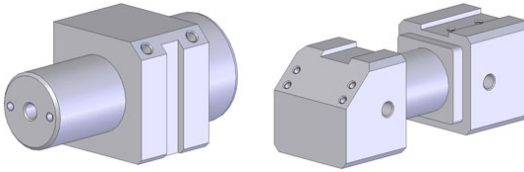
Dipl.-Ing. H. Höfer

Inhalt

Mit dieser Lehrveranstaltung soll den Studenten die Komplexität von Entwicklungsaufgaben am Beispiel der Werkzeugmaschine vermittelt werden. Den Schwerpunkt bildet dabei die Entwicklung eines Maschinenkonzepts für ein konkretes Werkstück. Für das Werkstück wird vorab eine Fertigungstechnologie erstellt und daraus das Konzept für eine geeignete Dreh- oder Fräsmaschine mit allen notwendigen Komponenten entwickelt. Durch einen wirtschaftlichen Vergleich mit einer Referenzmaschine wird neben technischen Parametern auch der Umgang mit wirtschaftlichen Kriterien vermittelt.

Bestandteil der Lehrveranstaltung ist die Anfertigung eines Beleges "Konzeptioneller Entwurf einer Werkzeugmaschine" im Umfang von 1 SWS mit folgendem Inhalt:

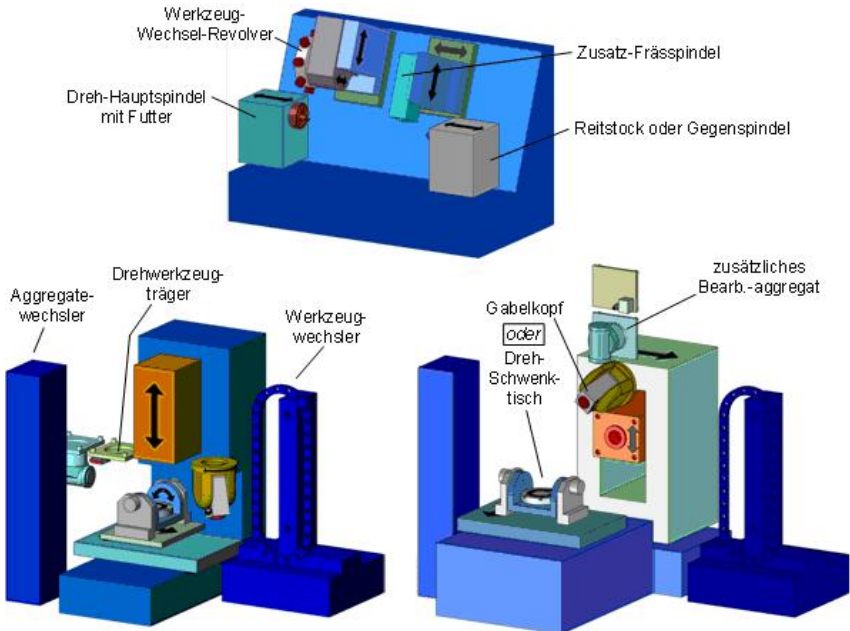
1. Erstellen der Fertigungstechnologie für ein Werkstück
 - Abmessungen des Halbzeuges
 - Fertigungspläne jeweils für eine Dreh- und Fräsmaschine
 - Auswahl der zu konzipierenden Maschine anhand der Gesamtfertigungszeit



Beispielwerkstücke

2. Werkzeugmaschinenkonzept

- Entwicklung des Maschinenkonzepts im CAD
- Erstellen einer Maschinenskizze mit allen für die Fertigungstechnologie notwendigen Komponenten



Vereinfachte CAD-Komponenten

3. Wirtschaftlicher Vergleich

- Vereinfachte Kalkulation des Maschinenpreises
- Wirtschaftliche Vergleich mit einer Referenzmaschine

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

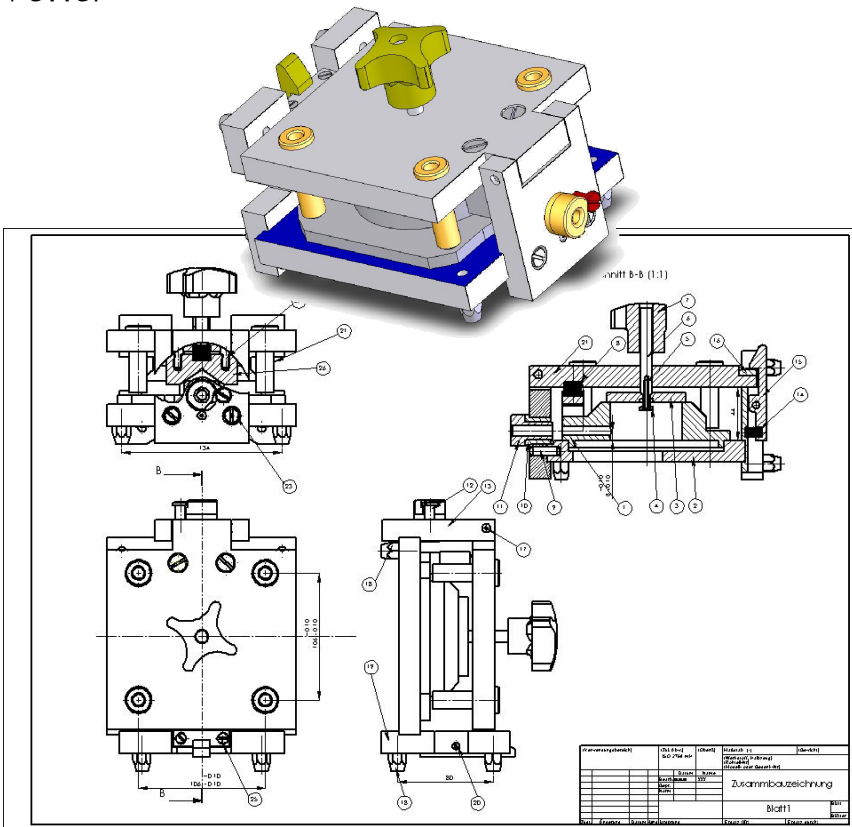
- Das System Werkzeugmaschine-Vorrichtung
 - Definition und Aufgabe der Werkzeugmaschine
 - Einordnung der Vorrichtung
 - Definition der Vorrichtung
 - Ausführungsbeispiele von Vorrichtungen
- Lagebestimmung des Werkstücks
 - Richtlinien
 - Bezugsebenen
 - Bestimmelemente
 - Toleranzbetrachtungen
 -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

- Spannhebelsysteme
 - Schubswinge
 - 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

Palettensysteme
 Nullpunktspannsysteme (Zero-Point-Systems)

- Systemvorrichtungen
 - Einsatzkriterien
 - Grundsysteme
 - Lochsystem
 - Nutsystem
 - Kombisystem

Bestandteil der Lehrveranstaltung ist die Anfertigung eines konstruktiven Beleges "Vorrichtungskonstruktion" im Umfang von 1 SWS.



Auszug aus einem Beleg Vorrichtungskonstruktion

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"

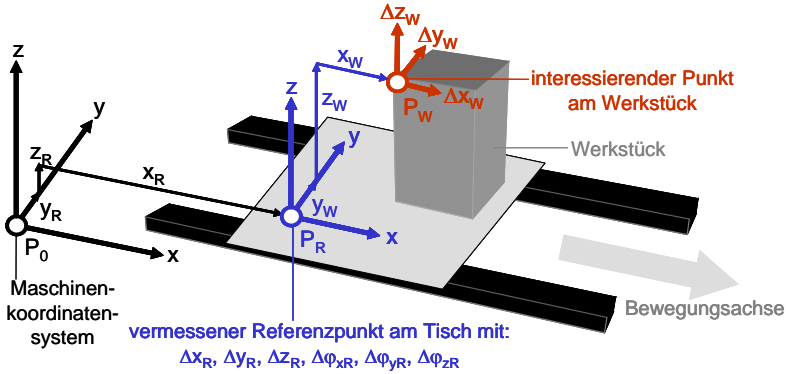
Lehrender

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

Inhalt

Funktionell relevante Verhaltenseinflüsse und -beschreibung (Vorlesung und Übung)

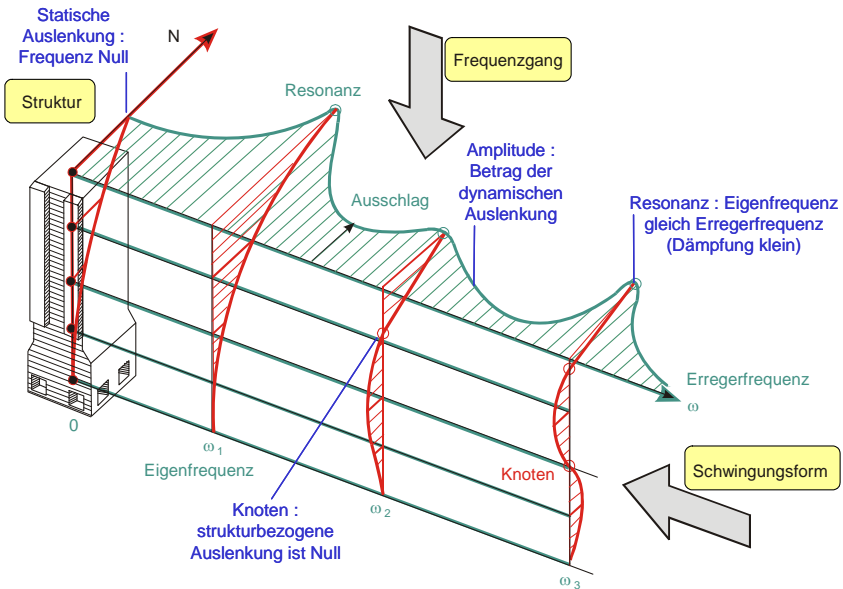
- Verhaltensbereiche und ihre funktionellen Einflüsse
- Geometrisch-kinematisches Verhalten
 - Prüfung im Rahmen der Maschinenabnahme
 - Genauigkeit im Bewegungsraum
- Linear-elastisches Verformungsverhalten
 - Grundlagen der linearen Strukturanalyse
 - Statisch und quasi-statisch bedingte Verformungen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



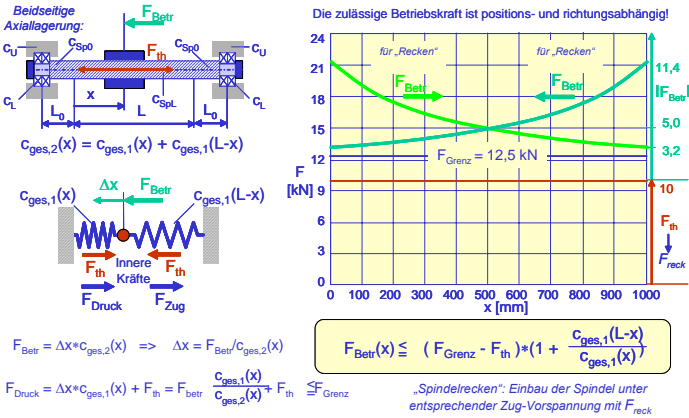
$$\{\Delta x(x_R)\}_W = \{\Delta x(x_R)\}_R + [\Delta \Phi(x_R)]_R * \{X\}_W$$

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

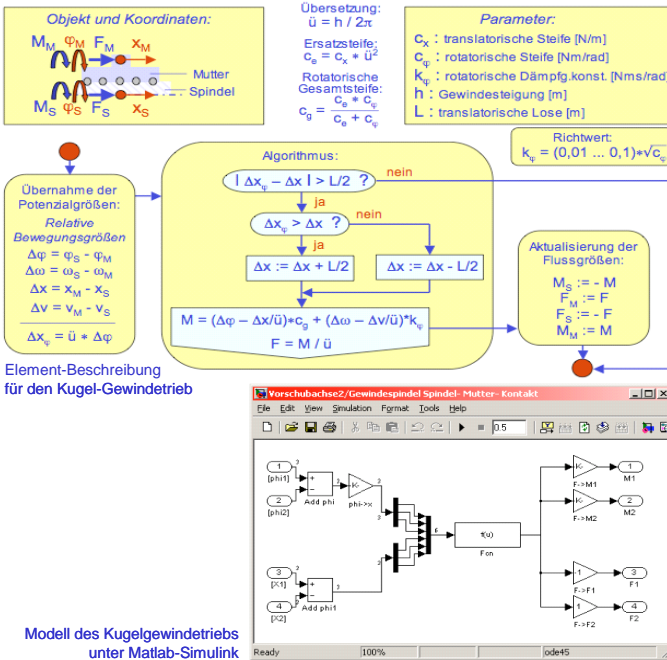
Räumliche Fehlerwirkungen bei Bewegung einer Achse



Veranschaulichung von Struktur, Schwingungsform und Frequenzgang



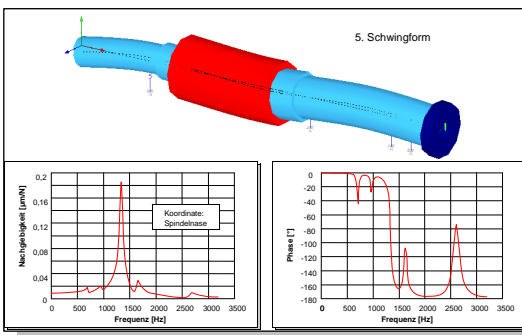
Betriebskraftgrenzen an der beidseitig axial gelagerten Gewindespindel unter thermischer Belastung



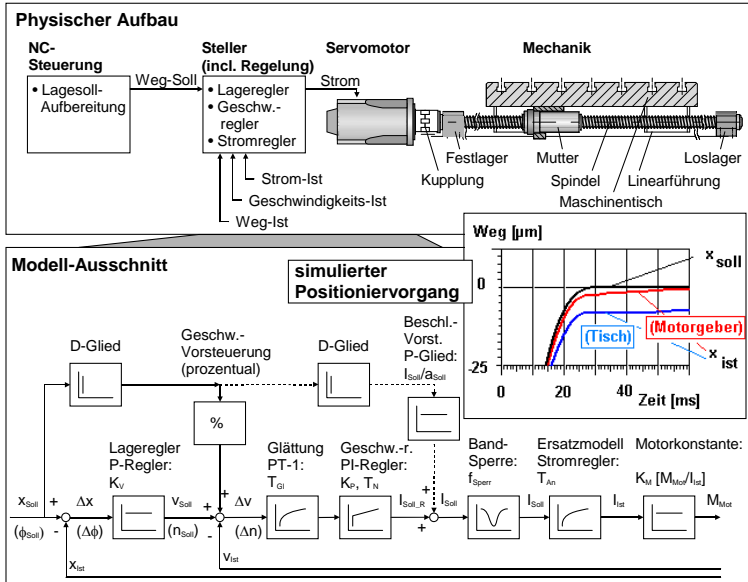
Modellbeschreibung und simulationsfähiges Modell des Mutter-Spindel-Kontakts

Beispiele mechatronischer Anwendungen (Praktikum)

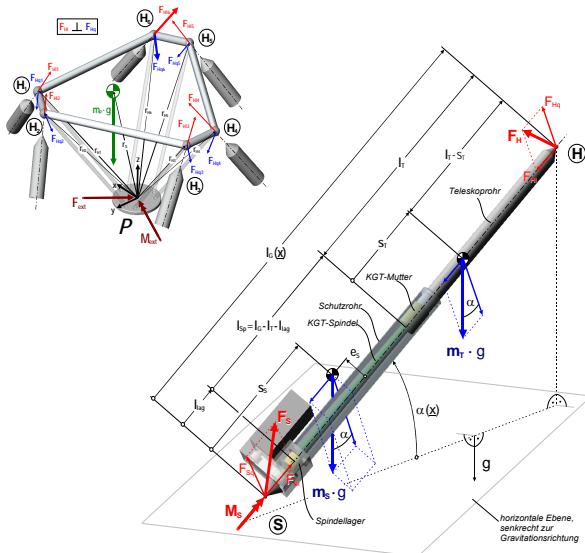
- Lage geregelter elektro-mechanischer Vorschubantrieb
 - Grundlagen Modellstruktur und Parametrierung
 - Simulationsmodell, virtuelle Inbetriebnahme
 - Grundlagen zur experimentellen Prüfung an Vorschubachsen
 - Positionierverhalten, praktische Achstests
- Piezoelektrische Stellantriebe
 - Grundlagen 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

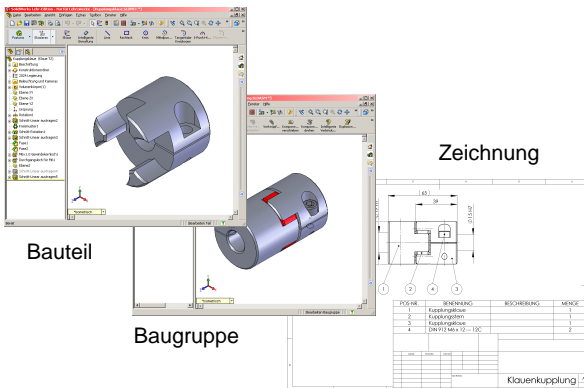
Lehrender

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

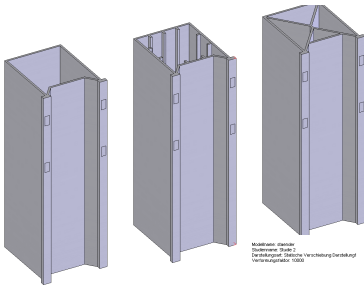
Inhalt

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

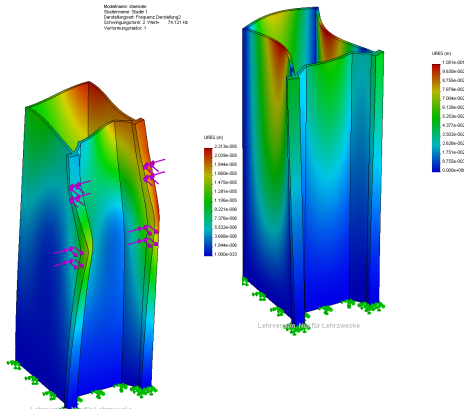


Modellierungsgrundlagen



Ableitung des Berechnungsmodells

statische und dynamische Analyse



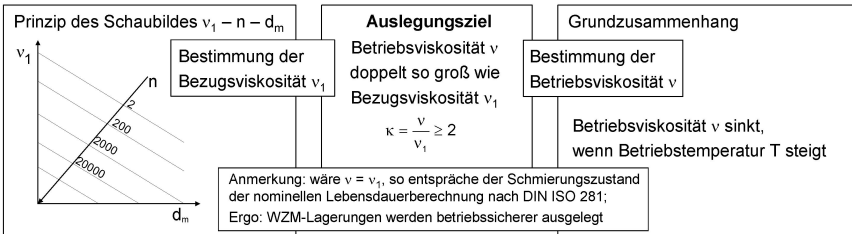
Modellvarianten und -analyse

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:

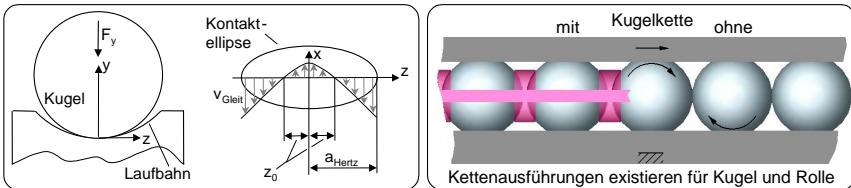
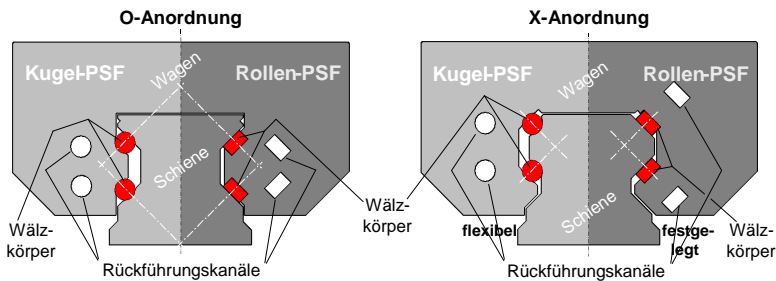
- Angabe einer kin. Bezugsviskosität v_1 als Funktion des mittl. Lagerdurchmessers d_m und der Drehzahl n
- Angabe der kin. Betriebsviskosität v als Funktion der Temperatur und der vom Schmierstoffhersteller angegebenen kin. Grundölviskosität $v_{40^\circ C}$ bei $40^\circ C$



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:

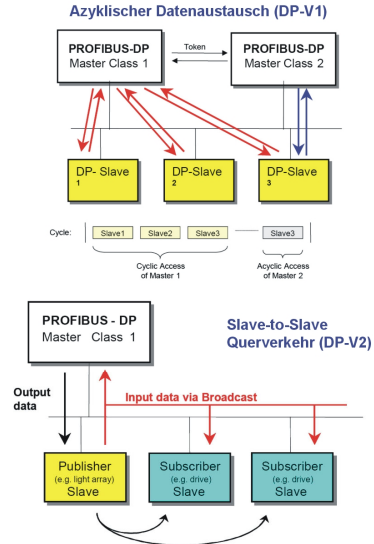
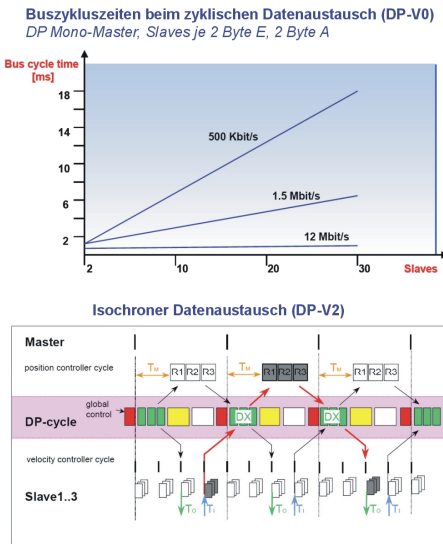
- Kopfbereich
 - Deklaration von Typen und Variablen
 - Definition von Ein- und Ausgangsgrößen
- Rumpf
 - Implementation in einer der 5 Sprachen

```

(* 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 : TON ;             (* Interne Variablen *)
    DB_OFF : TON ;           (* und FB-Instanzen *)
    DB_FF : SR ;
END_VAR
(** Funktionsbaustein-Rumpf **)
DB_ON(IN:=IN, PT:=DB_TIME) ;
DB_OFF(IN:=NOT IN, PT:=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 *)
    DBBOUNCE
    IN --- IN
    DB_TIME --- DB_TIME
    ET_OFF --- ET_OFF
    OUT --- OUT
    ET --- ET
(** Funktionsbaustein-Rumpf *)
    DB_ON
    DB_FF
    TON
    SR
    IN Q
    S1 Q
    PT ET
    R
    DB_OFF
    TON
    IN Q
    DB_TIME
    PT ET
    ET_OFF
END_FUNCTION_BLOCK
    
```

Programmierung: IEC 61131 - Programmorganisationseinheiten

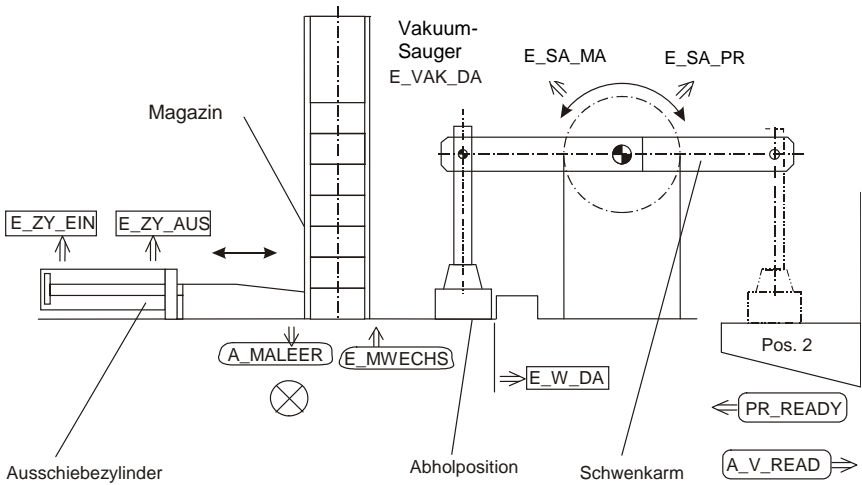


Feldbusse: ProfiBus DP - Leistungsstufen

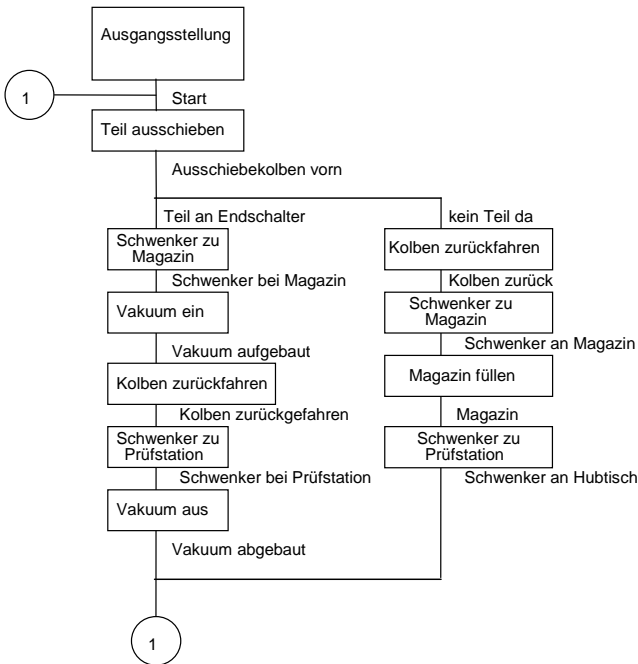
Inhalt (Praktikum)

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

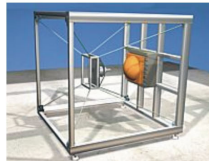
Inhalt

- 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

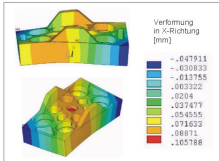
- Aufbau und Komponenten von NC-Steuerungen
 - Bedienoberflächen
 - Antriebe
 - Messsysteme
 - Antriebsregelung
- Antriebskommunikation
 - Schnittstellen, Protokolle
 - SERCOS-interface
- Bewegungsgenauigkeit
 - Ursachen
 - Korrektur
 - Kalibrierung

Bewegungseinrichtungen:

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



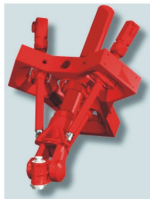
Seilkinematik
(parallel, statisch überbestimmt)



Statisch überbestimmter Stößel



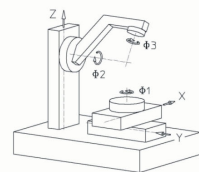
Hexapod (parallel)



Tricept (hybrid)

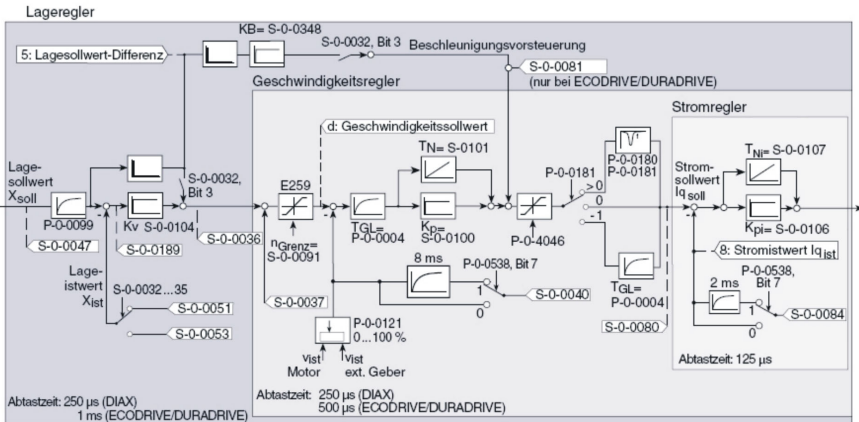


Industrieroboter (seriell)



Werkzeugmaschine (seriell)

Bewegungseinrichtungen: Kinematiken



- S-0-0032 Hauptbetriebsart
- S-0-0036 Geschwindigkeits-Sollwert
- S-0-0037 Geschwindigkeits-Sollwert additiv
- S-0-0040 Geschwindigkeits-Istwert
- S-0-0047 Lage-Sollwert
- S-0-0051 Lage-Istwert Geber 1
- S-0-0053 Lage-Istwert Geber 2
- S-0-0080 Drehmoment/Kraft-Sollwert
- S-0-0081 Drehmoment/Kraft-Sollwert additiv
- S-0-0084 Drehmoment/Kraft-Istwert
- S-0-0091 Geschwindigkeits-Grenzwert Bipolar
- S-0-0100 Geschwindigkeitsregler-Proportionalverstärkung
- S-0-0101 Geschwindigkeitsregler-Nachstellzeit
- S-0-0104 Lageregler-Kv-Faktor
- S-0-0106 Stromregler-Proportionalverstärkung 1
- S-0-0107 Stromregler-Nachstellzeit 1
- S-0-0189 Schlierabstand
- S-0-0348 Verstärkung Beschleunigungsvorsteuerung
- P-0-0004 Drehzahlregler-Glättungszeitkonstante
- P-0-0099 Lagesollwert-Glättungsfilter-Zeitkonstante
- P-0-0121 Geschwindigkeits-Mischfaktor Geber1 & Geber2
- P-0-0180 Sperrfrequenz Geschwindigkeitsregler
- P-0-0181 Bandbreite Sperrfilter Geschwindigkeitsregler
- P-0-0538 Motorfunktionsparameter 1
- P-0-4046 Wirksamer Spitzenstrom

d: Geschwindigkeitssollwert
 S-0-0036 > Bezeichnung der Signale zur Analogausgabe

5: ...
 d: ...
 8: ... > Hinweis auf erweiterte Analogausgabe

Quelle: Bosch-Rexroth

Fp5008fq.th7

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.

3.2.7 Unterstützung der Lehre an anderen Bildungseinrichtungen

Berufsakademie Sachsen

Staatliche Studienakademie Riesa

Fach Werkzeugmaschinen

Lehrende Dr.-Ing. A. Mühl
 Dipl.-Ing. M. Löser

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.

Jahr 2011

Sánchez Plastic, Augustin Pablo

Berechnung und konstruktive Gestaltung eines Gelenks zur elastischen Struktur-anbindung an Profilschienenführungen

Jahr 2012

Hirsch, Johannes

2D-Pressmodell des Scherschneidens in LS-DYNA

Wächtler, Nico

Recherche und Systematisierung der Gestaltungsvarianten von Festkörpergelenken

Merkel, Tobias Erarbeitung einer Konstruktionssystematik für ein kombiniertes Führungs- und Feder-element zur Anbindung des Sekundärteil-trägers einer impulsentkoppelten, linear motorbetriebenen Servoachse

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 2011

Fetzer, Martin Parameterstudien für Modelle des Systems Werkzeug-Futter

Koch, Martin Grundlagen zur Messung räumlicher Prozesslasten am Hexapod mit Hilfe einachsiger Kraftsensoren in den Plattformstäben

Jahr 2012

Erdmann, Alexander 3D-Visualisierung und Modellierung des steuerungstechnisch relevanten Verhaltens einer SPS-gesteuerten Fertigungsanlage

Preusche, Maximilian Systematisierung der Vorbereitung und Durchführung von Experimenten zur Abbildung thermisch bedingter Geometriefehler einer spanenden Werkzeugmaschine in einem dafür geeigneten Prüfwerkstück

- Carow, André Untersuchung der Einflüsse alternativer FE-Modellierungsvarianten auf die Genauigkeit, die Rechenzeit und den Aufwand bei der Modellerstellung für das Beispiel der Berechnung des thermisch-elastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen-Strukturbauteilen unter ANSYS
- Wächtler, Nico Simulationsgestützte Untersuchung der spanenden Bearbeitung mit einem Industrieroboter

3.3.3 Diplomarbeit

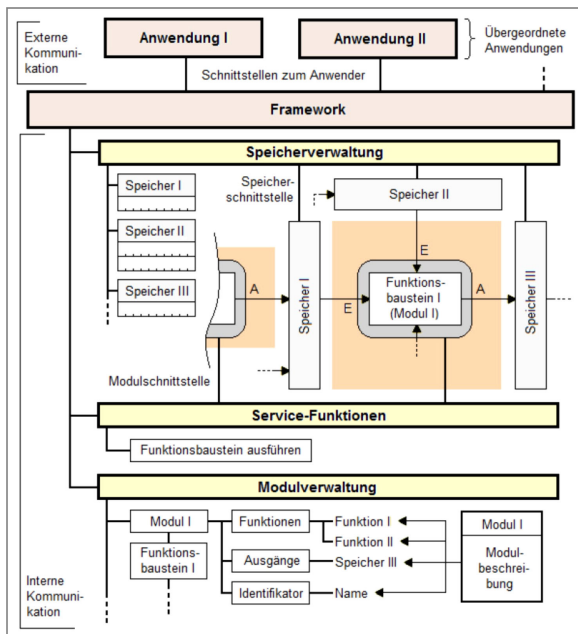
Nach erfolgreichem Abschluss aller Prüfungen erfolgt im 10. Semester die Anfertigung der Diplomarbeit (Bearbeitungszeit 4 Monate). Die Themen der Diplomarbeiten werden aus den aktuellen Forschungsprojekten des Lehrstuhls ausgewählt. Jede Arbeit wird zum Abschluss durch den Diplomanden verteidigt.

Jahr 2011

- Steinhäuser, Sebastian Entwicklung eines Verfahrens zur aufwandsarmen Ermittlung von Nachgiebigkeitsfrequenzgängen am TPC
- Thierfelder, Christoph Messtechnische Modal- und Betriebs-schwingformanalyse des nichtlinearen Systems: Hydraulische Pressmaschine
- Wörner, Eva Karola Experimentelle Überprüfung von Berechnungsgleichungen und Parametrierungsvorschriften zur Bestimmung der Wärme-stromaufteilung in Span, Werkstück und Werkzeug beim Langdrehen

Jahr 2012

- Rasche, Robert Echtzeitfähige CAN-Anbindung unter Linux/RTAI zur Ansteuerung eines mobilen hydraulischen Hexapoden
- Scharenberg, Werner Vergleichende Genauigkeitsuntersuchungen photogrammetrischer Messprinzipien: Posemessung mittels Vorwärts- und Rückwärtsschritt
- Koch, Martin Erstellung und Abgleich eines thermischen und eines thermo-elastischen Modells zur Beschreibung der Aluminium-Tragstruktur einer Experimentalmaschine
- Erdmann, Alexander Systematisierung und Modularisierung der Informationsverarbeitung für die experimentell gestützte Parameteridentifikation



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 neben den IWM-Mitarbeitern vor allem Studenten der letzten Semester der Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung, der Studienrichtung Produktionstechnik und des Studiengangs Mechatronik. Aber auch interessierte Studenten anderer Semester und Fachrichtungen nutzten diese Gelegenheit für ihre berufliche Orientierung.



Exkursion 2012

22.09.2011

- **EMO**, Hannover

Fest eingeplant im Exkursionsprogramm des IWM ist die **Exposition Mondiale de la Machine Outil (EMO)** in Hannover.

Die Messe bietet das gesamte Spektrum der Metallbearbeitungstechnik, wie spannende, zerteilende, abtragende und umformende Werkzeugmaschinen, Fertigungssysteme, Präzisionswerkzeuge, automatisierter Materialfluss, Computertechnologie, Industrieelektronik und Zubehör. Sie ist die internationale Leitmesse der Metallbearbeitung.

Neben einem allgemeinen Überblick zum aktuellen Stand der Technik können sich unsere Studenten hier auch vielfältige Anregungen für die Anfertigung ihrer Beleg- und Abschlussarbeiten holen.

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



Gruppenfoto vor dem Messebesuch

27.-28.09.2012

• **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG,**

Blankenfelde-Mahlow, OT Dahlewitz

Rolls-Royce Deutschland ist der einzige behördlich genehmigte Triebwerkshersteller Deutschlands mit Entwicklungs-, Herstellungs- und Instandhaltungsbetriebszulassung für moderne zivile und militärische Turbinentriebwerke.

In Zusammenarbeit mit deutschen Partnern liefert, produziert und betreut Rolls-Royce Triebwerke für deutsche und internationale Kunden. Neben namhaften Linien- und Charter-Fluggesellschaften setzt auch die Bundeswehr Triebwerke von Rolls-Royce in Flugzeugen und Hubschraubern ein. So befinden sich derzeit 2.200 Rolls-Royce Triebwerke in Deutschland im Einsatz.

Am Standort Dahlewitz befindet sich die Entwicklung und Endmontage aller BR700 Triebwerke. Als Kompetenzzentrum für Zweiwellentriebwerke innerhalb der Rolls-Royce Group ist der Standort Dahlewitz außerdem für die Triebwerksbaureihen Tay, Spey und Dart verantwortlich. Insgesamt unterstützt Rolls-Royce Deutschland weltweit circa 5.000 im Dienst befindliche Triebwerke.

(Quelle: Website Rollc-Royce Deutschland)

Fotografieren leider nicht gestattet.

• **Schiffshebewerk, Schleuse und Wasserstraßenkreuz Magdeburg-Rothensee**

Mittelpunkt des Wasserstraßenkreuzes Magdeburg ist die Kanalbrücke Magdeburg. Sie führt den Mittellandkanal über die Elbe hinweg. Östlich der Elbe geht der Mittellandkanal in den Elbe-Havel-Kanal über.

Weiterhin gibt es als Abstiegsbauwerke das Schiffshebewerk Rothensee und die parallel gebaute Sparschleuse Rothensee, über die die Schiffe vom Mittellandkanal zur Elbe wechseln können. Auf der östlichen Elbseite gehören noch die Schleuse Niegripp, für die Verbindung Elbe – Elbe-Havel-Kanal, und die

Doppelsparschleuse Hohenwarthe, zum Ausgleich des Höhenunterschieds zwischen den beiden Kanälen, zum Wasserstraßenkreuz bei Magdeburg.

Bis zur Eröffnung der Kanalbrücke und der Doppelschleuse mussten die Schiffe, die vom Mittellandkanal zum Elbe-Havel-Kanal oder umgekehrt wollten, einen zwölf Kilometer langen Umweg über das Schiffshebewerk Rothensee, Elbe und Schleuse Niegripp in Kauf nehmen. Problematisch dabei waren die unterschiedlichen Wasserstände zwischen Mittellandkanal und Elbe und die damit verbundenen unterschiedlichen Tauchtiefen der Wasserfahrzeuge.

(Quelle: WIKIPEDIA)



Der Mittellandkanal in der Trogbrücke über die Elbe

- **Schunk Sintermetalltechnik GmbH, Thale**

Die Technologie des Sinterns ist zugleich eine der ältesten aber auch innovativsten Zweige der Metallurgie. Formgebung von Metallpulver, anschließende Verfestigung durch Glühen und Veredelung der Sinterbauteile ist ein Verfahren, das überzeugende Vorteile aufweist: Sinterbauteile besitzen höchste Maßgenauigkeit, auch bei komplexen Geometrien, und lassen sich gerade in hohen Stückzahlen qualitätssicher herstellen und sind 10 bis 15 % leichter als kompakte Stahlteile.

Das pulvermetallurgische Spritzgießen (MIM - Metal Injection Moulding) ist ein alternatives Fertigungsverfahren zu konventionellen Gießverfahren (z. B. Feinguss).

(Quelle: Website SCHUNK)

Fotografieren leider auch hier nicht gestattet.

- **Schiess GmbH, Aschersleben**

Die Produkte der Schiess GmbH werden unter den Marken Schiess und Aschersleben angeboten.

Die Produktpalette Schiess umfasst horizontale Tisch- und Plattenbohrwerke sowie vertikale Großbearbeitungszentren zur kombinierten Dreh-, Fräs- und Bohrbearbeitung.

Unter der Marke Aschersleben werden 5-achsige Portalfräsmaschinen und mehrachsige Karusselldrehmaschinen angeboten.

2004 wurde die Schiess GmbH vom chinesischen Maschinenbauer Shenyang Machine Tool Group übernommen.

(Quelle: WIKIPEDIA)

- **Kultur**

Kulturelle Weiterbildung ist fester Bestandteil jeder Exkursion des IWM - diesmal eine Führung durch die geschichtsträchtige Altstadt von Wernigerode mit anschließendem Tagesausklang im "Schloßkrug am Dom".



Unterwegs in der Altstadt von Quedlinburg



Ausklang eines interessanten Exkursionstages

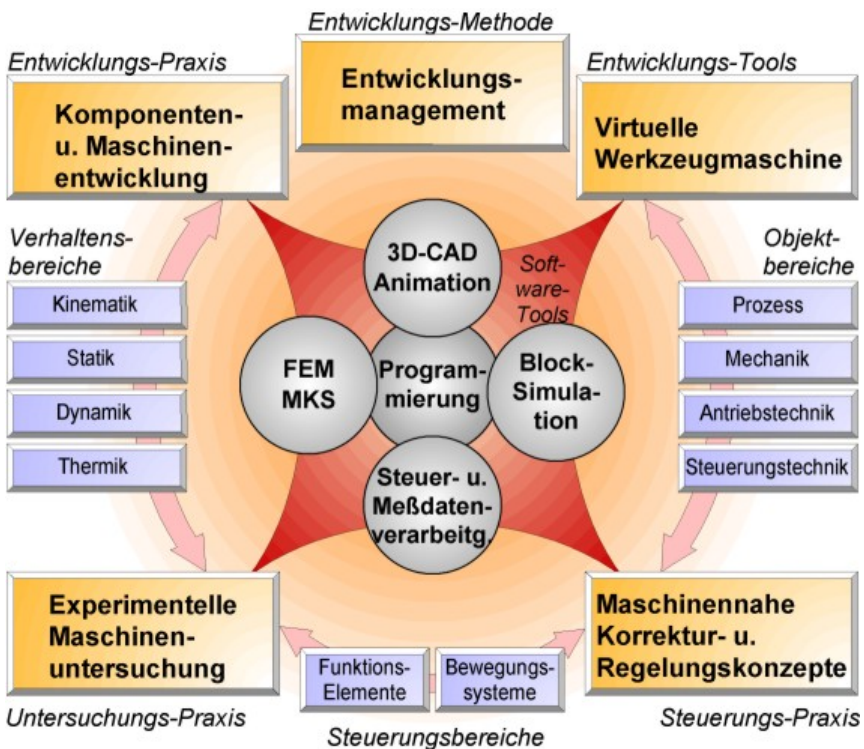
4 Forschung



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). Wesentlichen Anteil daran hatte die Einrichtung des SFB/TR 96 im Jahr 2011.

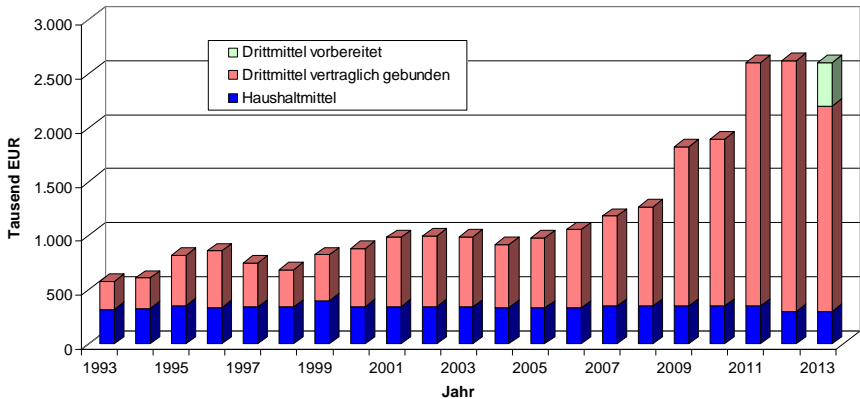


Bild 1: Budget des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen

Die Finanzierungsquellen und deren Anteile am Gesamt-Drittmittelaufkommen zeigt Bild 2.

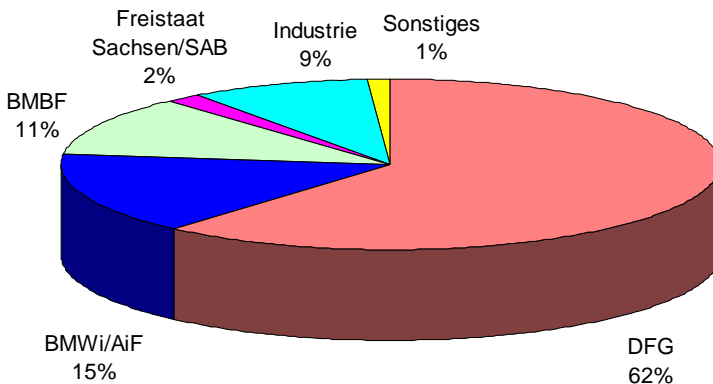


Bild 2: Anteile der Forschungsfinanzierung 2011/2012 (Drittmittel)

Bild 3 veranschaulicht die zahlenmäßige Entwicklung im jeweiligen Jahr bearbeiteter und in Vorbereitung befindlicher DFG-Projekte.

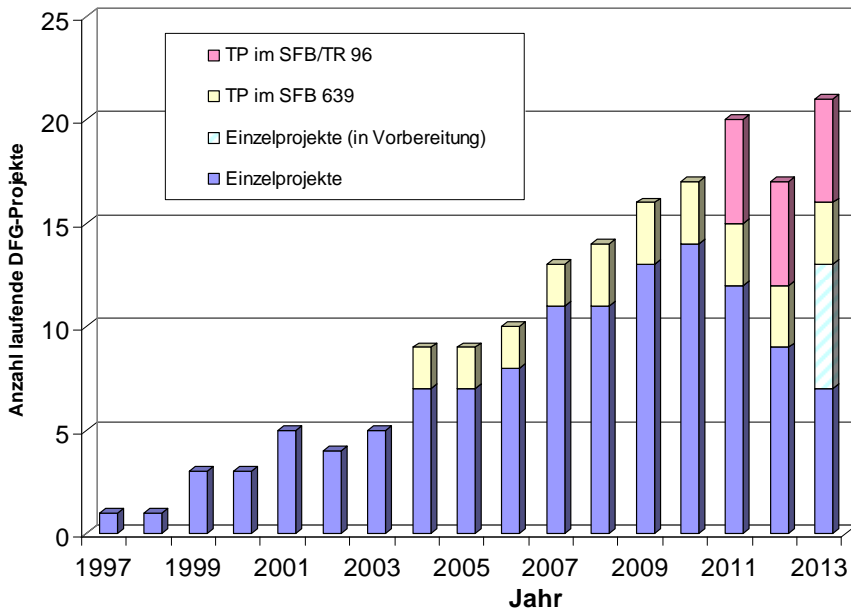


Bild 3: Anzahl laufender und vorbereiteter DFG-Projekte

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:

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



Bewegungsvermögen

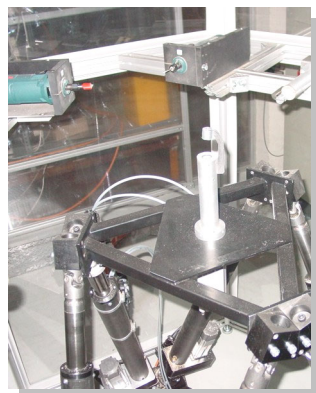
6 DOF im Arbeitsraum:

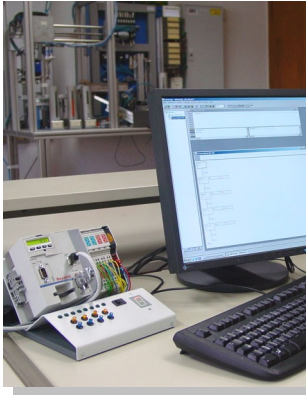
- Hexapod (Handling und Bearbeitung)
- Bahnplanung (Koordinatensysteme)
- Prozessführung (Regelungskonzepte)
- Kollisionsprüfung (Lagebestimmung)
- Fehlerkorrektur (Transformation)

Flexibilität

(Re-)Konfigurierbarkeit:

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





Automatisierung

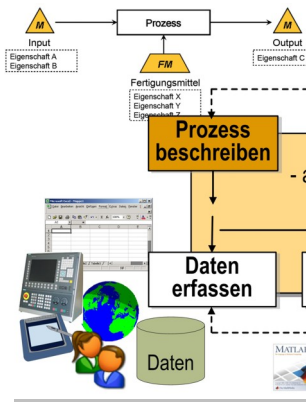
Alternatives Steuerungskonzept:

- 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



Reproduzierbarkeit

Analysemethoden für komplexe technisch-technologische Prozessketten:

- Modellierungs- und Analysemethoden für Wechselwirkungen im Fertigungsprozess
- Integration der Betriebsdatenerfassung und der Bauteilprüfung
- Informations- und Wissensmanagement

Die Forschungstätigkeit ist organisiert in den fünf Arbeitsgruppen

- Struktur- und Prozessanalyse
Leiter: Dr.-Ing. Andreas Mühl
- Steuerungstechnik
Leiter: Dr.-Ing. Bernd Kauschinger
- Umformtechnik
Leiter: Dr.-Ing. André Hardtmann
- Antriebs- und Bewegungssysteme
Leiter: Dr.-Ing. Jens Müller
- Prozessketten
Leiter: Dr.-Ing. Hajo Wiemer

4.3 AG Struktur- und Prozessanalyse

4.3.1 Voraussetzungen zur reproduzierbaren Fertigung von textilen Preforms



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

Laufzeit 01/2004 - 12/2015

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 ("Verarbeitung und Bearbeitung") 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 führte 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 in der Verknüpfungsphase 2008 - 2011 zu einer technologisch wesentlich reiferen Lösung. Das Projekt entwickelt und testet zudem angepasste Gerätetechniken für den Abzug gekrümmter spacer-fabric-Strukturen. 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 Simulationswerkzeug dient der fundierten Stützung o. g. Entwicklungsarbeiten zu angepassten Gerätetechniken.

niken, erlaubt deren modellgestützte Inbetriebnahme und die Beurteilung von Maschineneinstellparametern hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf schädigungsrelevante und dennoch webtechnologisch erforderliche Kettfadenzugkräfte.

Lösungsweg

In den ersten zwei Projektphasen 2004 - 2007 und 2008 - 2011 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 im Zeitbereich arbeitende Simulationsmodelle zur Prognose dynamischer Kettfadenkräfte im Gesamtsystem Webmaschine-Abzug entwickelt. Zudem erfolgte die Entwicklung und der Bau einer neuen, ergänzenden Gerätetechnik zum Abzug auch einfach gekrümmte spacer fabrics auf der Basis eines Schussfadenrückhaltesystems.

In der dritten Projektphase 2012 - 2015 erfolgen schwerpunktmäßig Arbeiten zu

- Test und die Anpassung des Schussfadenrückhaltesystems
- Erweiterung des Simulationsmodells zur Prognose dynamischer Kettfadenkräfte um die Berücksichtigung zusätzlicher Effekte wie Kettfaden-Litze-Wechselwirkungen
- modellgestützte Optimierungsroutinen zur Bestimmung günstiger Maschineneinstellparameter mit dem Ziel der Begrenzung dynamischer Kettfadenkräfte bei gleichzeitiger Gewährleistung webtechnologisch erforderlicher Mindestzugkräfte in den Kettfäden
- Erweiterung der Gerätetechnik im Abzugsbereich, um webtechnisch vorgefertigte Schale-Rippen-Strukturen zu öffnen.

Ergebnisse

Bild 1 zeigt das im Teilprojekt A4 entwickelte Abzugs-, Schneid- und Stapelsystem für das Weben von spacer fabrics sowie die geometrischen Abmessungen einer ebenen Spacer-Struktur.

Bild 2 zeigt die erreichte Prognosefähigkeit zur Vorhersage der Kettfadenkräfte beim spacer-Weben.

Bild 3 zeigt, wie mit dem Simulationsmodell zur Prognose dynamischer Kettfadenkräfte der Einfluss unterschiedliche Gewebe-Bindungen und damit des in der Webmaschine programmierten Rapports auf die Kettfadenkräfte beurteilt werden kann.

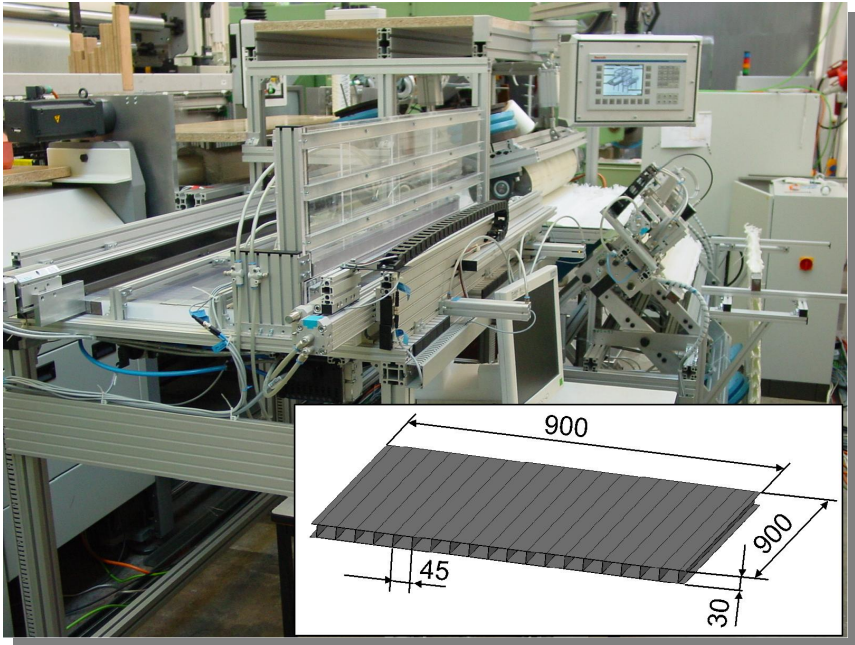


Bild 1: Abzugs-, Schneid- und Stapelsystem

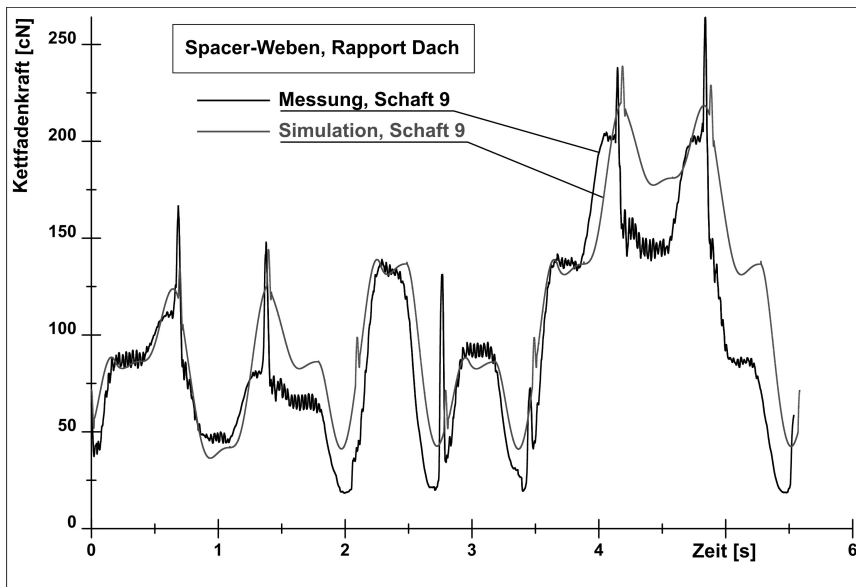


Bild 2: Simulation von Kettfadenkräften beim Spacer-Weben

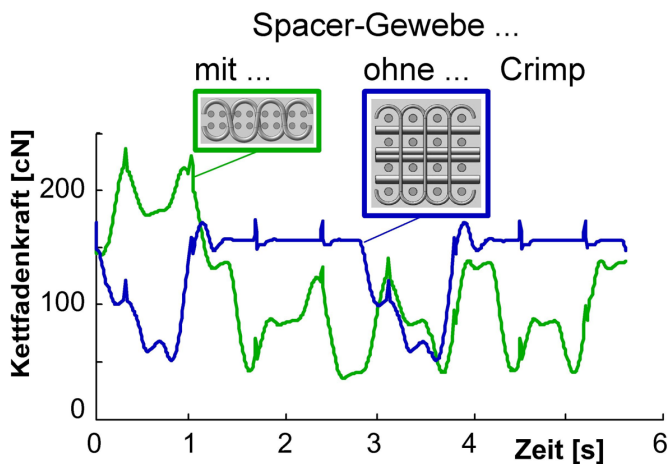


Bild 3: Einfluss der Bindung auf die Kettfadenkräfte

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 - 12/2015

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Andreas Mühl
Dipl.-Ing. Steffen Schroeder

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 von räumlich aufgebauten Spacer Fabrics einen Schwerpunkt dar. Für die Entwicklung der Konsolidierungswerkzeuge und die Steuerung der Prozessabläufe beim Konsolidieren der textilen Preforms ergeben sich zahlreiche Fragen, die mit Hilfe der thermischen Simulation gelöst werden.

Lösungsweg

Für die transiente Temperaturfeldberechnung beim Konsolidieren textiler Preforms auf Basis Glasfaser-Polypropylen-Hybridgarn wurde ein homogenisiertes thermisches Werkstoffmodell entwickelt. In diesem werden die temperaturabhängige Abnahme der Materialdicke, ausgedrückt durch den sog. Bauschfaktor als Verhältnis von textiler Materialdicke s zu konsolidierter Materialdicke s_{end} und die sich u. a. daraus ergebende Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärmeleitfähigkeit λ und der spezifischen Wärmekapazität c_p derart berücksichtigt, dass in zugehörigen FE-Modellen die Geometrie der Preforms konstant in

ihrer Enddicke modelliert werden kann: Die temperaturabhängige Änderung der Materialdicke wird dabei ersetzend in λ und in c_p abgebildet. Dieses homogenisierte thermische Materialmodell wurde in Versuchen überprüft (Bild 1).

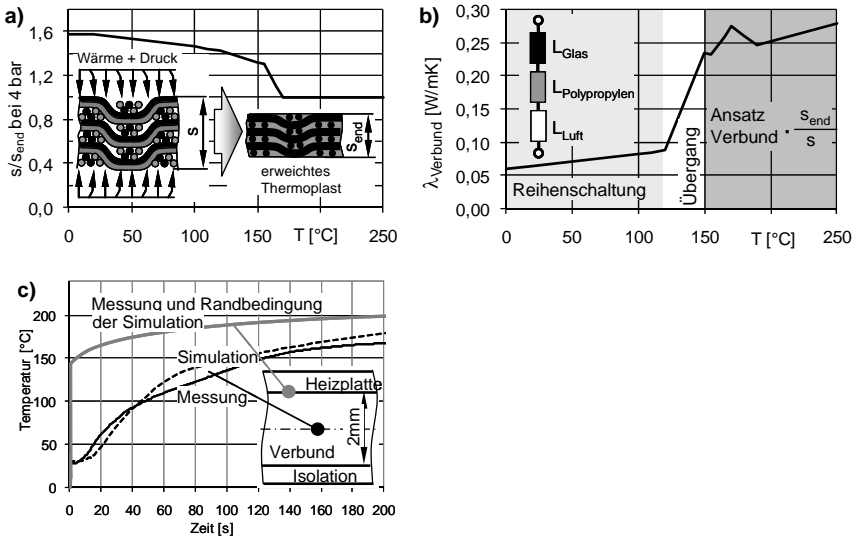


Bild 1: a) Gemessene Abnahme der textilen Bauschung über der Temperatur
 b) homogenisierte temperaturabhängige spezifische Wärmeleitfähigkeit
 c) experimentelle Kalibrierung des Werkstoffmodells

Ergebnisse

Es wurden zahlreiche Simulationsmodelle zur Lösung einzelner Fragestellungen bei der thermischen Konsolidierung von Spacer fabrics aufgebaut. Beispielhaft soll hier die Untersuchung der Wärmeübertragungseigenschaften der Werkzeugkerne gezeigt werden. Die Werkzeugkerne sind für die innere Temperierung und Formgebung des Werkstücks zuständig.

Bild 2 zeigt das thermische Simulationsmodell zur Untersuchung des Wärmetransports im Werkzeug-Kernquerschnitt sowie

berechnete Temperatur-Zeit-Verläufe für unterschiedliche Temperiervarianten.

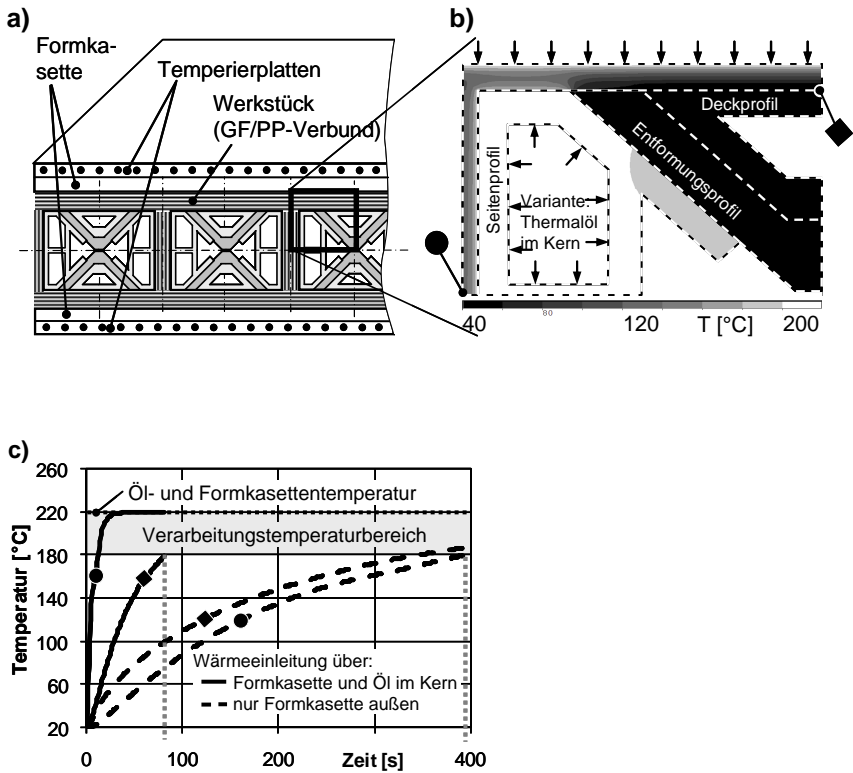


Bild 2: a) Simulationsmodell

b) Temperaturverteilung im Viertelquerschnitt nach 5 s Heizzeit (Temperatur Thermalöl 220 $^{\circ}\text{C}$)

c) Temperaturverläufe für unterschiedliche Heizkonzepte

4.3.3 Systemsimulation des prozessaktuellen Werkzeugmaschinenabbildes



Teilprojekt A05 im SFB/TR 96 Thermo-energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen

Eine systemische Lösung des Zielkonflikts von Energieeinsatz, Genauigkeit und Produktivität am Beispiel der spanenden Fertigung

- Laufzeit** 07/2011 - 06/2015
- Finanzierung** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB/TR 96
- Bearbeiter** Dr.-Ing. Andreas Mühl
Dipl.-Math. Alexander Galant
- Kooperation** Standorte Dresden, Aachen und Chemnitz des SFB/TR 96

Zielstellung

Für die Gestaltung von Kompensationslösungen, die Bewertung des thermo-elastischen Verhaltens und für die Korrektur thermo-elastischer Fehler im Betrieb von Werkzeugmaschinen werden im Zeitbereich simulierbare Modelle für das Gesamtsystem aus Maschine, Werkzeug, Prozess, Antriebs- und Kühlsystemen sowie Umgebung benötigt.

Für die Analyse eines breiten Spektrums thermischer Last- und Randbedingungen bezüglich ihrer Wirkungen im Arbeitsraum und für die Korrektur thermo-elastischer Fehler im Betrieb von Werkzeugmaschinen bei Berücksichtigung großer Relativbewegungen treten Forderungen nach Minimierung der Rechenzeit sowie nach Abbildbarkeit veränderlicher Koppelbedingungen und nichtlinearer Last- und Randbedingungen in den Vordergrund. Bei diesen Problemstellungen wird die Berechnung von Verformungen aber nur für ausgewählte Punkte der Struktur benötigt – wie an Koppelstellen und am TCP. Eine übersichtliche Model-

lierung als Kapazitäts-Leitwert-Netzwerkmodell bietet sich als Lösungsweg an: Die im CAD definierten, zunächst FE-modellierten Gestellstrukturen werden mit MOR-Algorithmen ordnungsreduziert, auf Koppel- und Ergebniskoordinaten kondensiert und als Objekte mit zu entwickelnden thermo-elastischen Koppel- und Lastelementen zu einem Netzwerkmodell verbunden.

Lösungsweg

Aufbauend auf der gewonnenen Erfahrung aus dem Projekt DFG GR 1458/43-1 "Kondensation und Freiheitsgrad-Reduktion für thermo-elastische Modelle von Gestellstrukturbauteilen an Werkzeugmaschinen" und mit der Unterstützung des Teilprojektes DFG SFB/TR96 A06 "Modellordnungsreduktion für thermo-elastische Baugruppenmodelle" wurden im ersten Schritt die Modellordnungsreduktion-Verfahren problemspezifisch adaptiert und weiterentwickelt.

Basierend auf dem MOR-Verfahren und unter Ausnutzung der im Projekt DFG GR 1458/43-1 entwickelten Import-Export-Routinen zwischen ANSYS und MATLAB/Simulink wird ein effizientes, durchgängiges Lösungsschema von der CAD-Geometrie über die FEM-Modellierung bis hin zur Berechnung der thermisch bedingten Verformungen einer Baugruppe geschaffen.

Ergebnisse

Die alternative Simulationstechnologie mit Einbeziehung der MOR-Methoden wurde mit dem konventionellen Vorgehen in ANSYS am Beispiel der thermo-elastischen Berechnung eines Fräsmaschinen-Ständers bezüglich Genauigkeit, Anzahl der Freiheitsgrade, Speicherbedarf und Rechenzeit verglichen.

Ein wesentlicher Vorteil des entwickelten durchgängigen Lösungswegs von der CAD-Geometrie bis hin zur Berechnung der thermisch bedingten Strukturverformungen besteht u. a. in der Automatisierbarkeit der Export-/Import-Routinen zwischen ANSYS und MATLAB/Simulink sowie der Reduktions-/Berechnungsalgorithmen in MATLAB/Simulink, so dass der Anwender

diesen Ablauf als Black-Box nutzen kann und daher kein spezifisches Wissen – außer den Umgang mit ANSYS – benötigt.

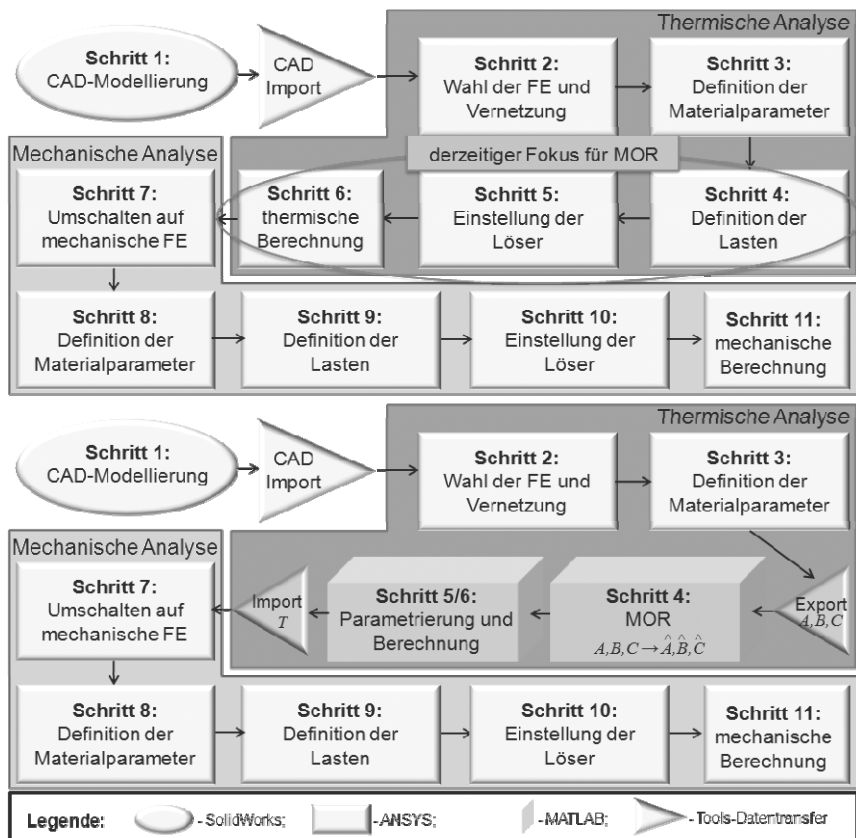


Bild 1: Schema der konventionellen thermo-elastischen Simulation in ANSYS (oben) und der alternativen Simulation unter Einbeziehung der MOR (unten)

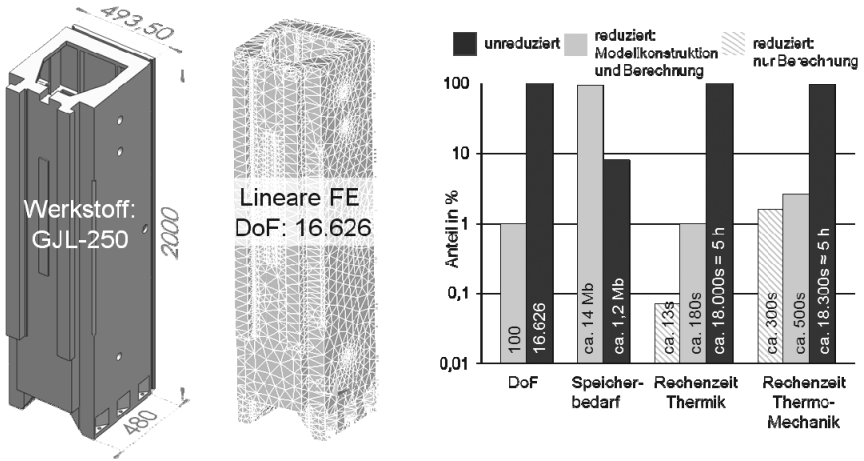


Bild 2: CAD- und FE-Modell eines Fräsmaschinen-Ständers (links) und Aufwandsvergleich zwischen unreduzierter und reduzierter Variante (rechts)

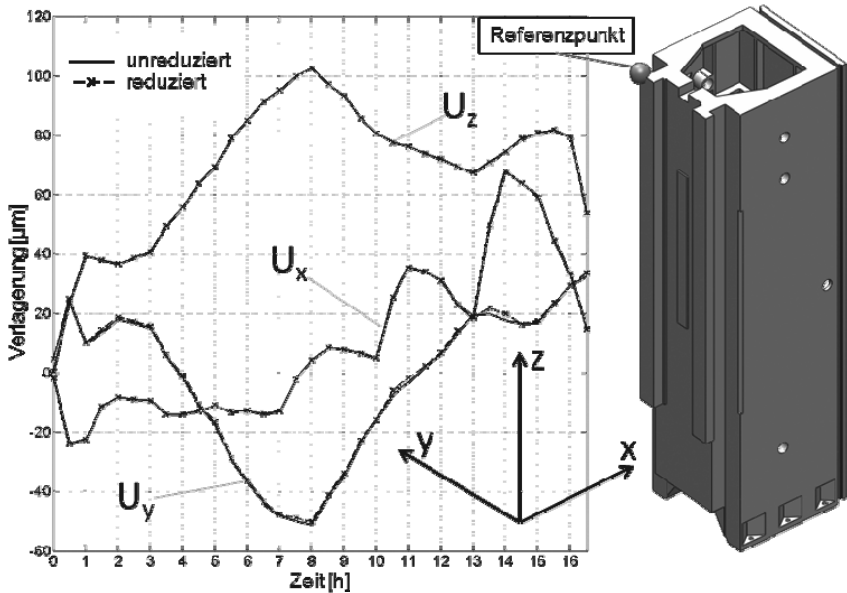


Bild 3: Vergleich der Verlagerungen am Referenzpunkt in X-, Y- und Z-Richtung

4.3.4 Strukturmodellbasierte Korrektur thermo-elastischer Fehler an Werkzeugmaschinen



Teilprojekt B07 im SFB/TR 96 Thermo-energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen

Eine systemische Lösung des Zielkonflikts von Energieeinsatz, Genauigkeit und Produktivität am Beispiel der spanenden Fertigung

Laufzeit	07/2011 - 06/2015
Finanzierung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB/TR 96
Bearbeiter	Dr.-Ing. Andreas Mühl Dipl.-Ing. Christian Städel
Kooperation	Standorte Dresden, Aachen und Chemnitz des SFB/TR 96

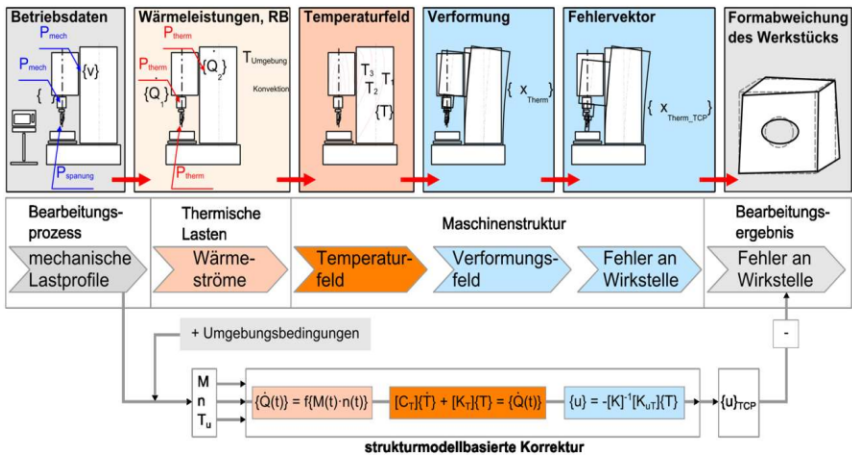
Zielstellung

Das Teilprojekt B07 befasst sich mit der Generierung, der Parametrierung und dem Betreiben von strukturmodellbasierten Korrekturmodellen, mit denen thermo-elastisch verursachte Fehler von Werkzeugmaschinen steuerungsgesteuert in thermischer Echtzeit berechnet und über Vorschubantriebe korrigiert werden können. Der Anwendungsschwerpunkt für diesen Korrekturansatz sind Werkzeugmaschinen mit Prozessen großer Variabilität.

Lösungsweg

Der Korrekturansatz basiert auf einem Verfahren, mit dem in der Steuerung mitgeloggte Last- und Geschwindigkeitsdaten (Motor-momente, Drehzahlen) mittels Verlustleistungsmodellen in Wärmeströme an Motoren, Lagern und Führungen umgerechnet werden. Diese Wärmeströme werden einem thermischen Netzwerkmodell beaufschlagt. Das Netzwerkmodell wird aus reduzierten thermischen FE-Modellen von Strukturbauteilen bestehen, die mit Führungs-, Kontakt- und Umgebungsbe-

dingungen abbildenden thermischen Leitwerten verknüpft sind. Durch numerische Integration dieses Netzwerkmodells im Zeitbereich und anschließende Verformungsberechnung wird der Fehler am TCP positionsabhängig berechnet und den entsprechenden Vorschubachsen invers als Lagesollwert-Offset beaufschlagt. Somit bildet die strukturmodellbasierte Korrektur die gesamte kausale Wirkungskette der Entstehung thermo-elastischer Fehler bis hin zur Korrektur ab.



tischer Fehler bis hin zur Korrektur ab.

Bild 1: Thermo-elastische Wirkungskette und strukturmodellbasierte Korrektur

Ergebnisse

Erste Arbeiten befassen sich mit der Modularisierung des Korrekturansatzes. Wiederum entlang der thermo-elastischen Wirkungskette werden Datenerfassungs-, Berechnungs- und Datenübergabeschritte definiert. Diesen werden aus Sicht des Zeitverhaltens der Wirkungskette notwendige Aktualisierungs- und/oder Berechnungstakte zugeordnet und hieran wiederum die entsprechenden Ressourcen gebunden.

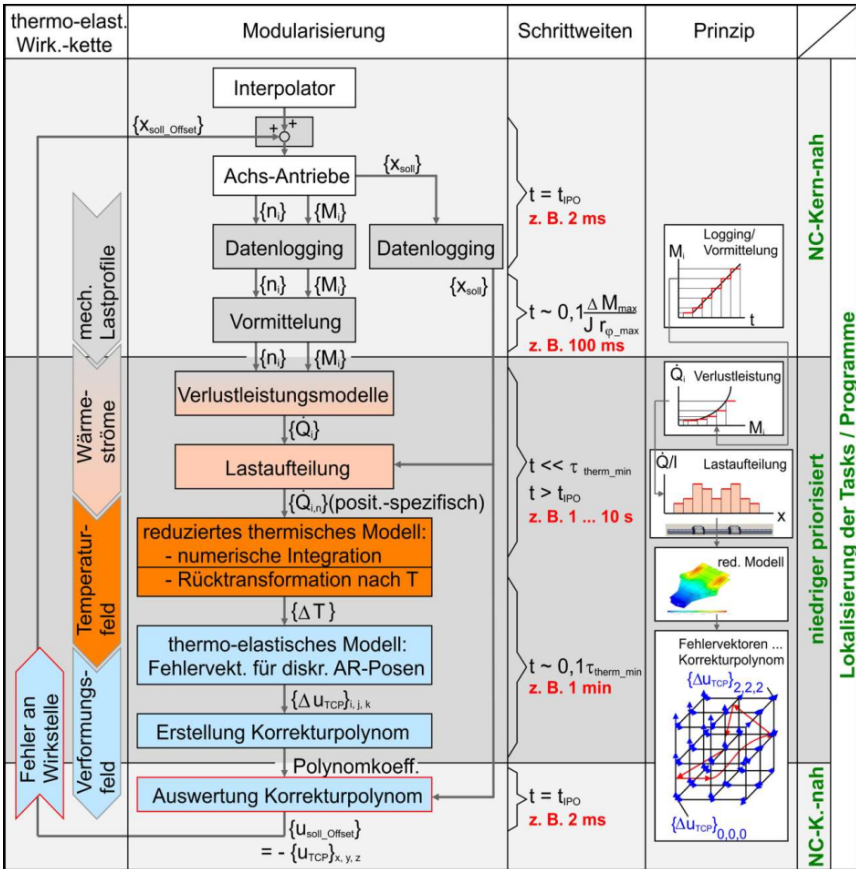


Bild 2: Modularisierung der strukturmodellbasierten Korrektur

4.3.5 Grundlagenuntersuchungen zur effizienten Dämpfungsbeschreibung und -parametrierung für elementare werkzeugmaschinentypische Körper und Kopplungselemente

Teilprojekt 1 in FOR 1087

Dämpfungseffekte in Werkzeugmaschinen

Laufzeit 01/2010 - 03/2013

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Ing. Holger Rudolph
Dr. rer. nat. Hannes Weishart

Kooperation RWTH Aachen, WZL
TU München, iwv

Zielstellung

Bei der Gestaltung von Werkzeugmaschinenbaugruppen ist die simulationsgestützte Bestimmung des strukturdynamischen Verhaltens von großer Bedeutung. Eine Simulation, insbesondere der zeit- bzw. frequenzabhängigen Schwingungsamplituden, kann aber nur dann das tatsächliche Verhalten ausreichend gut beschreiben, wenn auch die Dämpfungswirkungen "treffend" berücksichtigt werden.

Das Ziel der gesamten Forschergruppe ist es, systematische Grundlagen zu schaffen, um das dynamische Verhalten von Werkzeugmaschinen wesentlich genauer und gesicherter vorherbestimmen zu können, als dies nach dem Stand der Technik bisher möglich ist. Während Eigenfrequenzen und Schwingungsformen einer Werkzeugmaschine bereits heute gut vorhergesagt werden können, ist eine Prognose des Dämpfungsverhaltens und damit der dynamischen Nachgiebigkeiten nicht ausreichend möglich.

Das Teilprojekt 1 konzentriert sich auf die Grundlagenuntersuchungen zur Dämpfungsbeschreibung und -parametrierung für

elementare werkzeugmaschinentypische Körper sowie für Kopplungselemente, die diese Körper im Montagezustand miteinander verknüpfen. Damit liefert das Teilprojekt 1 Modellierungs- und Parametrierungstechnologien zur Beschreibung von Dämpfungseffekten für die anderen Teilprojekte der Forschergruppe.

Lösungsweg

Auf elementarer Ebene betrachtet bestehen Werkzeugmaschinen aus einer Vielzahl von Strukturbauteilen, die ihrerseits auf verschiedene Art und Weise über Verbindungselemente miteinander gekoppelt sind. Basierend auf dieser Einordnung sollen im Teilprojekt 1 auf der elementaren Grundlagenebene geeignete Dämpfungsbeschreibungen für typische

- Strukturkomponenten
 - homogene Körper (z. B. Spindelwelle, Wälzlagerringe, Gestellbauteile) und
 - als homogen idealisierbare Körper (z. B. Motorläufer, Werkzeug-Futter) sowie
- Verbindungselemente
 - Pressverbindungen (z. B. Passungen, Stufenpressverbände) und
 - Verschraubungen (verschraubte Fugen)

theoretisch und experimentell begründet gefunden werden.

Als grundsätzliche Lösungsidee hat sich der sequentielle Aufbau bewährt, bei dem in einem ersten Schritt jeweils die Strukturkomponenten separat analysiert und Dämpfungsparameter identifiziert werden, um dann in einem zweiten Schritt durch paarweise Montage dieser Strukturkomponenten die entsprechenden Verbindungselemente zu untersuchen und zu parametrieren. Die verschiedenen Pfade zur Durchführung der angestrebten Parameteridentifikation illustriert *Bild 1*. Dazu werden in einem Approximationsschritt zunächst für jede o. g. Struktur die modalen Dämpfungsmaße aus der Messdatenbasis bestimmt und anschließend in einem Identifikationsschritt, unter Verwendung eines korrespondierenden FEM-Strukturmodells, die

gesuchten Dämpfungsparameter für die in Frage kommenden Dämpfungsmodelle berechnet.

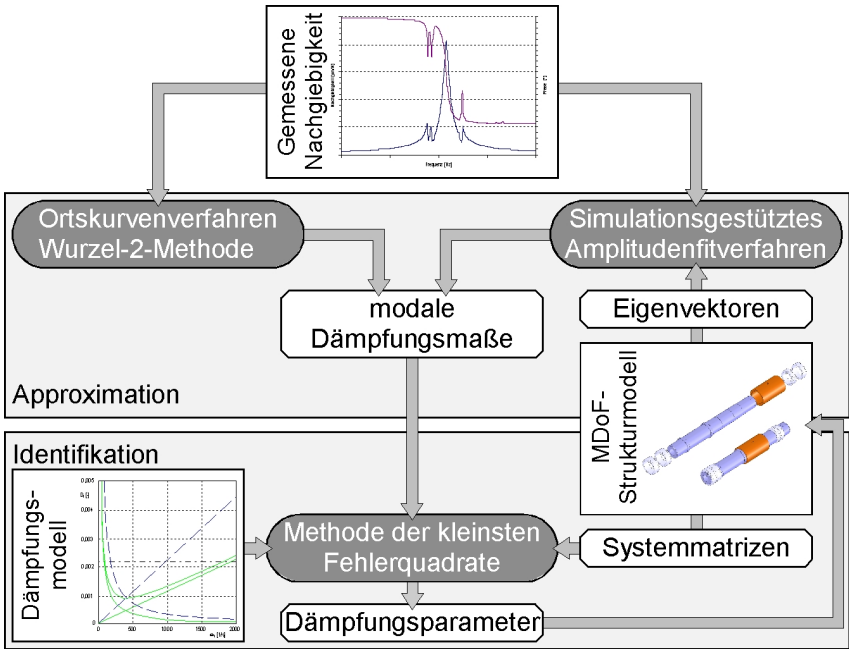


Bild 1: Verfahren zur Bestimmung von Dämpfungsparametern

Ergebnisse

Die gegenwärtigen Arbeiten befassen sich sowohl mit der Durchführung und Auswertung der schrittweisen experimentellen Modalanalysen als auch mit dem sukzessiven Aufbau der korrespondierenden FE-Modelle. Als Beispiel sei hier der Aufbau des Spindelkörpers einer Hauptspindel angeführt. Das Einsetzen aller Verlustfaktoren, die unter Anwendung des oben gezeigten Verfahrens gewonnen wurden, erlaubt die Berechnung der modalen Dämpfungsmaße sowie des Nachgiebigkeitsfrequenzgangs für die komplett montierte Baugruppe. Bild 2 zeigt hierzu die modalen Dämpfungsmaße und den Amplitudengang im Vergleich zwischen den vier Wiederholungsmessungen

einerseits und dem Ergebnis der simulierten Prognose andererseits.

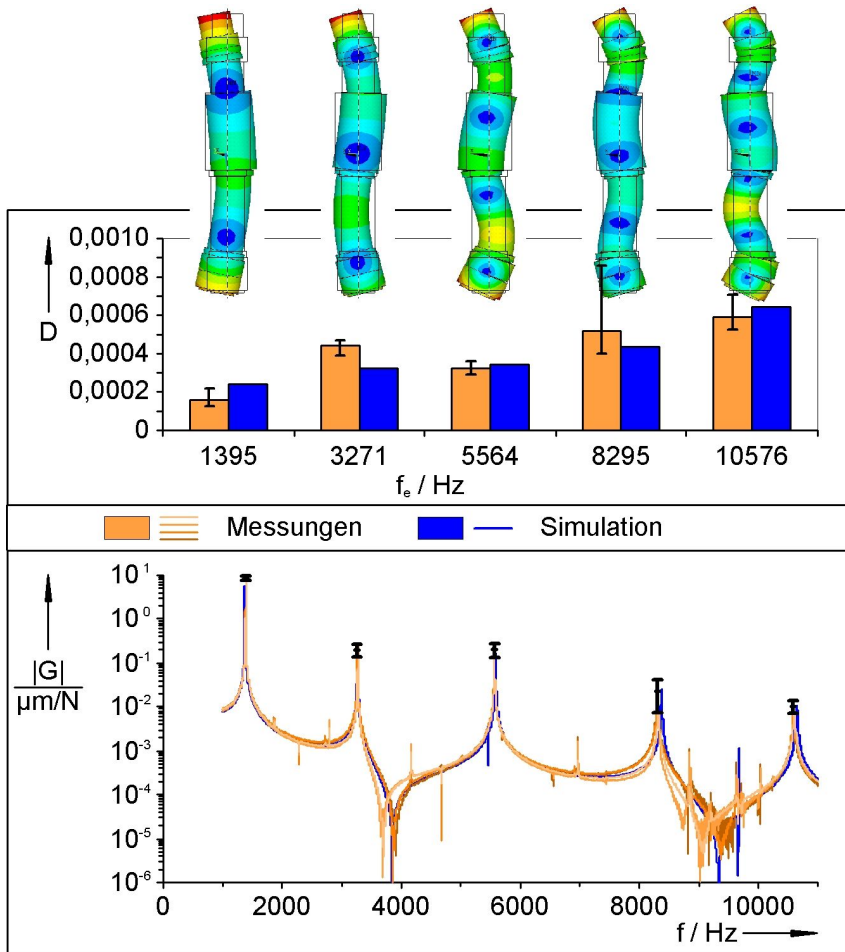


Bild 2: Dämpfungsmaße und Amplitudengang für Experiment und Modell mit Verlustfaktorenansatz

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

Laufzeit 06/2007 - 05/2009
11/2009 - 10/2011 (Fortsetzung)

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

Bearbeiter Dipl.-Ing. Michael Löser

Zielstellung

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. Ein weiterer Untersuchungsgegenstand ist der Einfluss niederfrequenter Anteile der Strukturdynamik des Maschinengestells sowie des Werkstücks bzw. der Werkstückspannung auf die Prozessstabilität bei hohen Drehzahlen und stark unterbrochenem Schnitt. Hinsichtlich der gegensätzlichen Forderungen nach Recheneffizienz und Prognosegenauigkeit erhält die Wahl eines geeigneten Berechnungsverfahrens eine hohe Bedeutung. Hierzu sollen Kenngrößen ermittelt werden, die eine Klassifizierung der Prozesse hinsichtlich der notwendigen Detailtiefe der in den Berechnungsverfahren zu berücksichtigenden Effekte erlauben.

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 zuordnen

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.

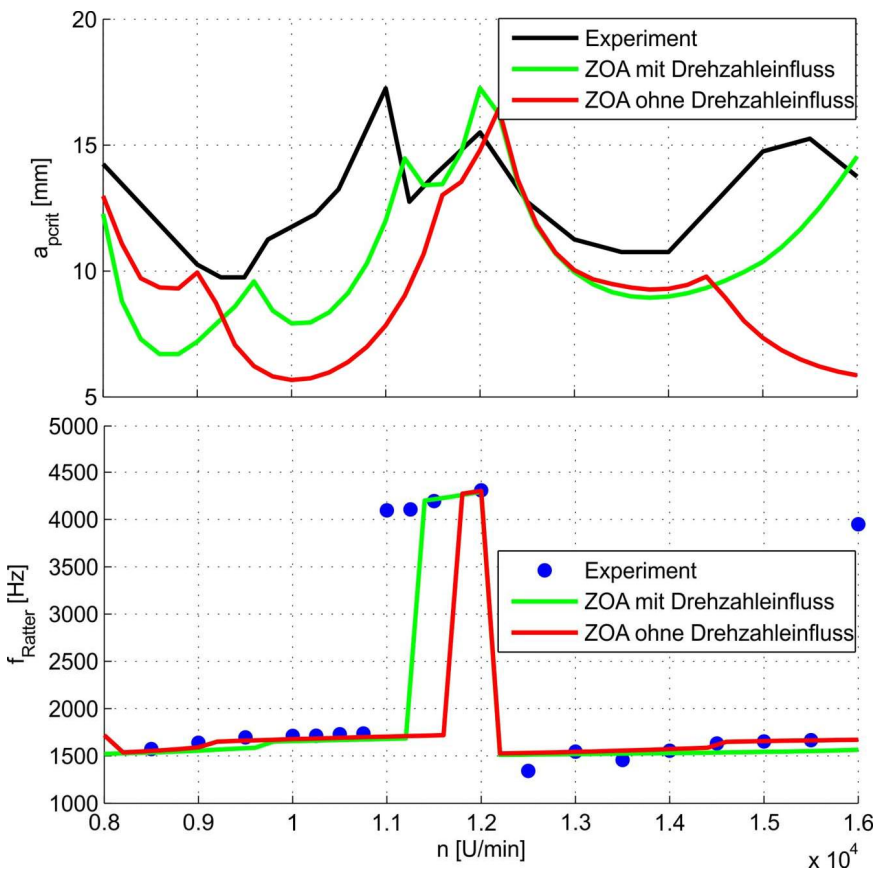
Ergebnisse

In den experimentellen Untersuchungen konnte die Notwendigkeit zur Berücksichtigung des drehzahlabhängigen Übertragungsverhaltens des rotierenden Spindel-Werkzeug-Systems bei hochtourig geführten Fräsprozessen bestätigt werden. Vor diesem Hintergrund konnten auch Ergebnisse und Modelle aus einem - bereits durch die DFG geförderten - Projekt genutzt und die Eignung modellbasierter Methoden zur Ermittlung von Parametern modaler Ersatzbeschreibungen für geänderte Werkzeugkonfigurationen gezeigt werden.

Der Einfluss des Drallwinkels und die damit verbundene Notwendigkeit zur Anwendung geeigneter Frequenzbereichsverfahren zur Stabilitätsprognose (multi frequency solution) konnte insbesondere für das Auftreten niederfrequenter Anteile der Strukturnachgiebigkeit gezeigt werden. Für andere Versuchskonfigurationen geht der in den Berechnungsverfahren gezeigte Effekt des Drallwinkels allerdings unter, gegenüber den Unsicherheiten bei der Parametrierung der verwendeten Modelle sowie der begrenzten Reproduzierbarkeit experimentell ermittelter Ratterkarten.

Hierin liegen auch die Schwierigkeiten, die sich bei der Bearbeitung des Projektes ergaben. Aufgrund von Schwankungen und Unsicherheiten von Parametern lassen sich einige der simulativ gezeigten Effekte nicht eindeutig im Experiment verifizieren. Die Einflüsse solcher Unsicherheiten konnten in einer abschließenden Untersuchung gezeigt werden. Diese Herausforderungen hinsichtlich der Prognosesicherheit ergeben sich für eine praktikable Nutzung der Möglichkeiten der Stabilitätsprognose. Für zukünftige Forschungsarbeiten können daher aus den gewonnenen Erkenntnissen folgende Aufgabenschwerpunkte abgeleitet werden:

- Ermittlung von Vertrauensbereichen der Modellparameter,
- Definition geeigneter Beschreibungsformen für Parameterunsicherheiten der Prozess- und Strukturmodelle,
- Entwicklung effizienter Verfahren zur Berücksichtigung von Parameterunsicherheiten bei der Prognose von Stabilitätsgrenzen,
- Ermittlung von Vertrauensbereichen der prognostizierten Stabilitätsgrenze, um eine bewertete Aussagesicherheit der Stabilitätsprognose bereitzustellen.



Vergleich experimentell und rechnerisch ermittelter Ratterkarten

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

Laufzeit 10/2005 - 09/2007
07/2008 - 06/2009 (1. Fortsetzung)
07/2010 - 06/2011 (2. Fortsetzung)

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Ing. Michael Löser

Zielstellung

Das dynamische Übertragungsverhalten von rotierenden Spindel-Werkzeug-Systemen ändert sich über der Drehzahl. Dies kann einen Einfluss auf die Stabilität von Zerspanprozessen besitzen. Ziel des Projektes ist es, die Vorteile strukturbasierter und modaler Beschreibungen des dynamischen Verhaltens eines Spindel-Werkzeug-Systems zu verbinden und dabei deren Nachteile zu minimieren.

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. Dies soll durch eine hybride Methode zur Ermittlung modaler Ersatzparameter erreicht werden. Grundlage ist dabei ein möglichst einfaches strukturbasiertes Modell. Für dieses Modell können Abweichungen bezüglich der Abbildung des dynamischen Übertragungsverhaltens toleriert und damit der Aufwand für Modellerstellung und Parameterabgleich verringert werden. Wichtig ist, dass das Modell die Qualität der Drehzahleinflüsse wiedergibt. Diese qualitativen (relativen) Änderungen des Übertragungsverhaltens können dann auf Ersatzparameter übertragen werden, die aus Messungen an der realen Struktur

gewonnen wurden. Hierbei reichen Messungen an wenigen Stützstellen aus. Zwischen diesen Stützstellen kann dann das drehzahlabhängige Verhalten modellgestützt interpoliert werden.

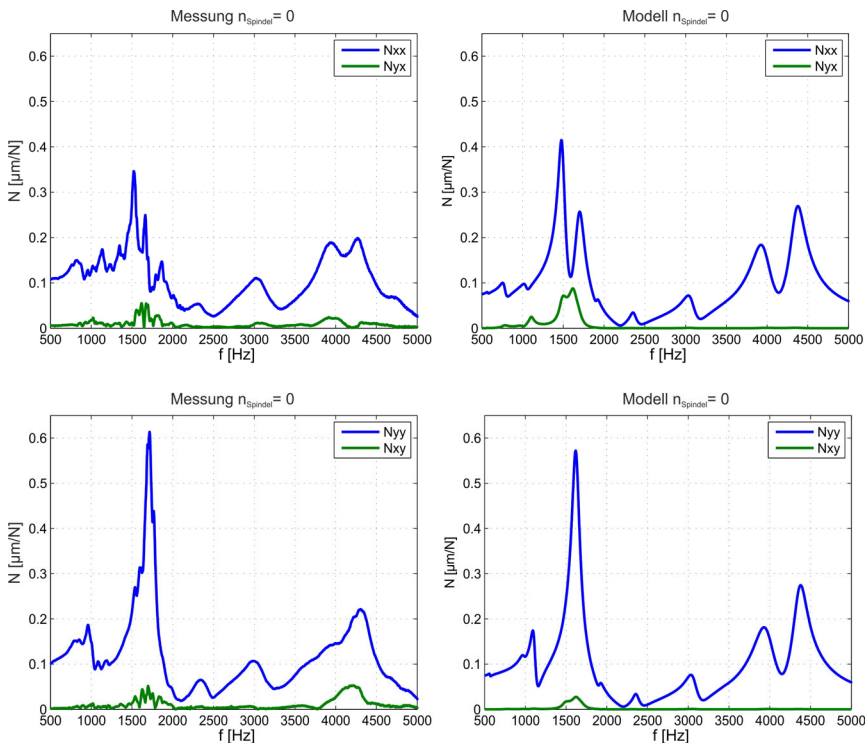
Um die Parameteridentifikation und die Untersuchungen zum Modellumfang effizient zu gestalten, wurde unter Matlab ein Script zur strukturbasierten Modellierung des Spindel-Werkzeug-Systems erstellt. Dabei wurde eine FE-Formulierung für *Timoshenko*-Balken verwendet. Für die Dämpfungsberechnung wurde ein *Rayleigh*-Ansatz zugrunde gelegt. Die Abbildung von Koppellementen, wie HSK-Schnittstelle oder Lagersteifigkeiten, erfolgt durch konzentrierte Feder-Dämpfer-Elemente. Da Torsions- und Längsschwingungen der Struktur nicht Gegenstand der Untersuchungen dieses Projektes sind, wurde der Freiheitsgrad der Knoten des Modells auf $FG = 4$ beschränkt. Es werden nur die translatorischen und rotatorischen Freiheitsgrade senkrecht zur Längsachse der Spindel berücksichtigt.

Ergebnisse

Das Vorhaben zur hybriden – simulativen und messtechnischen – Ermittlung von Übertragungsfrequenzgängen konnte umgesetzt und auf zwei Referenz-Systeme angewandt werden. Je nach Charakteristik des untersuchten Systems lassen sich dabei unterschiedlich gute Prognoseergebnisse erzielen. Mit diesem Vorgehen lässt sich der messtechnische Aufwand zur Ermittlung der drehzahlabhängigen Frequenzgänge und damit die Zeit in der eine Maschine durch Messungen belegt werden muss reduzieren. Mit dem – zunächst für ruhende Systeme – dargestellten Ansatz zur Kopplung modaler Ersatzbeschreibungen des Spindel-Lager-Systems mit Strukturmodellen des Werkzeug-Futter-Systems lässt sich dieses Vorgehen prinzipiell erweitern und auf andere Spindel-Futter-Werkzeug-Konfigurationen übertragen.

Im Rahmen des Projektes konnten Grundlagen für die messtechnischen Untersuchungen an rotierenden Spindeln bereitgestellt werden. Es wurden Anforderungen an das Minimalmodell hinsichtlich Diskretisierung, Modellvereinfachung und Modellumfang definiert. Mit den durchgeführten Sensitivitätsanalysen

konnten Parametereinflüsse ermittelt sowie die zu erwartenden Fehler abgeschätzt werden. Die gewonnenen Erkenntnisse sind dabei zumindest qualitativ auf andere Spindel-Lager-Werkzeug-Systeme übertragbar.



Vergleich von Nachgiebigkeitsfrequenzgängen von Messung und Modell

Die Quantifizierung von Unsicherheiten, die sich bei einer Anwendung des Vorgehens auf weitere Untersuchungsobjekte ergeben ist allerdings schwierig. Für einzelne Aspekte, wie Parametersensitivitäten sowie messtechnische und modellierungsseitige Einflüsse konnten „lokale“ Aussagen für die untersuchten Referenzsysteme gemacht werden, die sich allerdings auch je nach Charakteristik (z.B. der Einbausituation) für die beiden Systeme unterscheiden. Für die Bereitstellung einer

bewerteten Aussagefähigkeit der Modelle anderer Untersuchungsobjekte müssten die Einzelaspekte und ihr Zusammenwirken systematisch aufbereitet und zusammengefasst werden. Dies könnte Aufgabe zukünftiger Forschungsarbeiten sein.

4.3.8 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 spannenden 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.

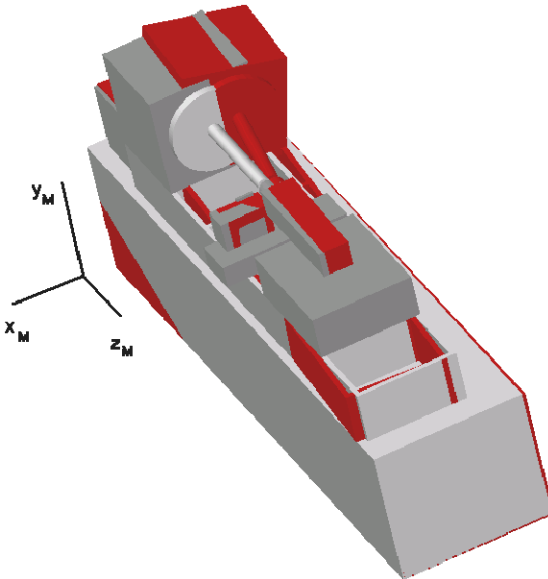
Lösungsweg

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

4.3.9 Thermo-elastische FE-Modelle von Fräs-Bearbeitungszentren

Laufzeit	laufend
Finanzierung	Industrie über GWT-TUD GmbH
Bearbeiter	Dipl.-Ing. Christian Städel Dr.-Ing. Andreas Mühl

Zielstellung

Für Fräs-Bearbeitungszentren mehrerer Baugrößen werden Analysen der Wärmequellen in den Maschinen und der dadurch bedingten thermischen Verlagerungen durchgeführt. Ziel ist es, jeweils ein für die Maschinensteuerung zu handhabendes Korrelationsmodell zu generieren, welches aus gemessenen Temperaturen an der realen Maschine thermisch bedingte Verlagerungen der Wirkstelle berechnet und die entsprechenden Achssollwerte entgegengerichtet korrigiert. Dabei sind auch die Ergebnisse messtechnischer Untersuchungen zu berücksichtigen.

Lösungsweg

Zur Verwirklichung des genannten Ziels werden durch den Projektpartner zielgerichtet Versuche durchgeführt, welche thermische Belastungen in den Einzelachsen als auch kombinierte Lastfälle mit Wechsel der Umgebungsbedingungen beinhalten. Durch das IWM werden FE-Modelle erstellt, welche mit den Ergebnissen dieser Versuche bezüglich Temperaturen und Verlagerungen abgeglichen werden. Dabei umfassen die FE-Modelle:

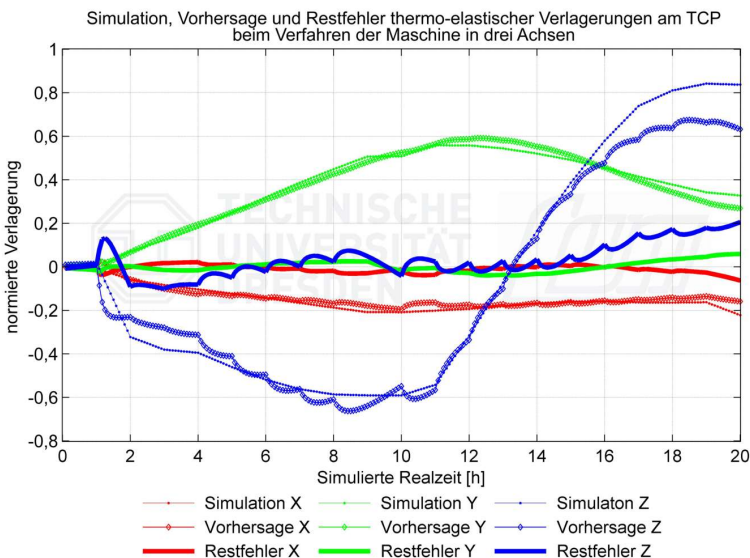
- die thermischen Lasten (Wärmequellen: Motoren, Führungs- und Lagerungselemente, in denen Wärme aufgrund von Reibung entsteht),
- die Materialparameter der einzelnen Baugruppen,
- die Wärmeabgabe an die Umgebung,
- die Wärmeabgabe an innere Wärmekapazitäten sowie
- die Wärmeabgabe an die Kühl- und Kühlschmierkreisläufe der Maschinen.

Neben der Tatsache, dass mit diesen Modellen Temperaturfelder und Verlagerungen in der Struktur berechnet und sichtbar gemacht werden können, wird mit den Berechnungsergebnissen die den Korrelationsmodellen zugrunde liegende gemessene Datenbasis des Temperatur-Verlagerungs-Zusammenhangs auf simulativem Wege erweitert.

Aus dieser breiten Datenbasis (Temperaturen und Verlagerungen aus Messung und Simulation) werden in der NC-Steuerung einfach zu implementierende Korrelationsmodelle gebildet, welche zwischen charakteristischen Temperaturzuständen an einer endlichen Anzahl von Temperaturmessstellen und Verlagerungen des TCP relativ zum Tisch vermitteln.

Ergebnisse

Mit den erstellten Korrelationsmodellen ist eine Vorhersagegenauigkeit der thermo-elastischen Verformungen der Maschine und der dementsprechenden Verlagerungen am TCP über ein großes Lastfallspektrum von ca. 50% erreichbar.



Wirkpunktverlagerungen: FE-simuliert; mit Korrelationsmodell vorhergesagt; Restfehler

4.3.10 Experimenteller Abgleich und Verifizierung des simulativ ermittelten Aufteilungsverhältnisses der Zerspanungsleistung in Span, Werkstück und Werkzeug

Laufzeit 04/2007 - 03/2009
10/2009 - 09/2011 (Fortsetzung)

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Ing. Christian Städel

Zielstellung

Der Fertigungsprozess 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. Es wurden bereits parameterabhängige thermische Modelle für die Beschreibung des Fertigungsprozesses bei der Simulation spanender Werkzeugmaschinen erstellt. Dieses bisher nur simulativ erarbeitete Modellobjekt soll experimentell abgeglichen und verifiziert werden.

Lösungsweg

Der Einfluss der Spanungsparameter auf das Aufteilungsverhältnis wurde mittels eines Wärmekapazitäts-Wärmeleitwert-Netzwerkes ermittelt, wobei die Spanungsparameter in 5000 Einzelsimulationen innerhalb praktischer Grenzen zufällig gestreut wurden. Als Ergebnis wurden stets die Wärmestromanteile ins Werkstück q_{Wst} , ins Werkzeug q_{WZ} und in die Späne q_{Span} ermittelt. Die erhaltenen Ergebnisse der Einzelsimulationen wurden mittels einer Ausgleichsrechnung in einfache mathematische Beschreibungen der Wärmestromanteile überführt. Zur Überprüfung der Simulationsergebnisse bzw. des in Ausgleichsrechnungen ermittelten Formelwerks, wurde ein Versuchsaufbau entworfen, bei dem die Wärmestromanteile in allen drei Zerspanpartnern bestimmt werden können. Dabei wurde auf

einem Drehteil ein wendelförmiger Steg herausgearbeitet, von dessen Stegoberfläche während der Versuche Späne abgenommen wurden. Die messtechnische Erfassung der Wärmeströme geschah am Werkzeug mittels eingebrachter Thermolemente und am Werkstück durch eine berührungslose pyrometrische Messung. Die Messung des Wärmestromanteils in den Spänen geschah unter Nutzung der Kalorimetrie. Zusätzlich wurden die entstehenden Zerspankräfte mittels eines Dynamometers erfasst, um eine Überbestimmung der Messung zu erzielen.



Bild 1: Versuchsaufbau – Erfassung des Spananteils des Wärmestromes

Der Einfluss folgender Spanungsparameter wurde messtechnisch untersucht:

- Schnittgeschwindigkeit v_c ,
- Spanungsbreite b ,
- Verschleißmarkenbreite VB ,
- Wärmeleitfähigkeit des Schneidstoffes $\lambda_{Schneid}$.

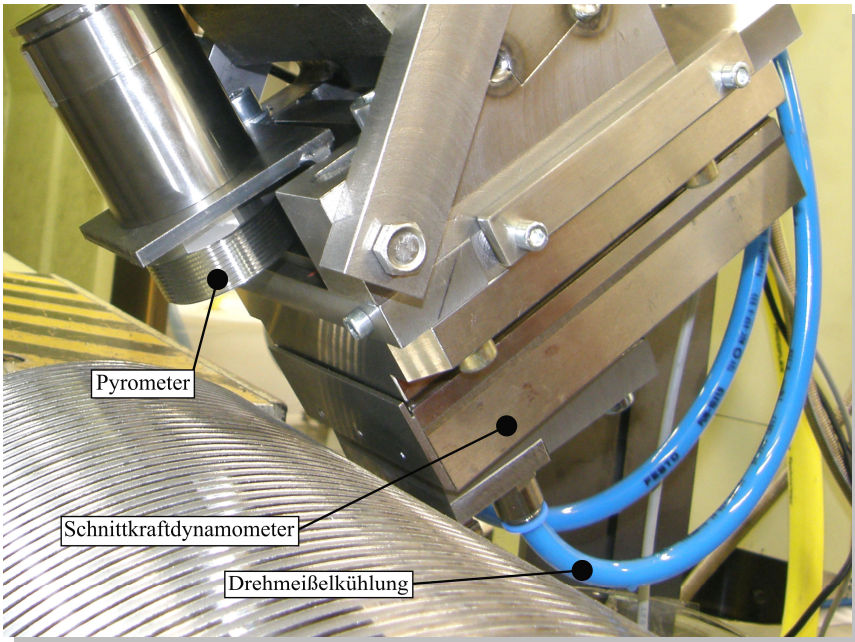


Bild 2: Versuchsaufbau – Erfassung von Werkzeug- und Werkstückanteil des Wärmestromes

Ergebnisse

Bei niedrigen Péclet-Zahlen ist der berechnete Werkstückanteil bis auf eine Ausnahme höher als messtechnisch erfasst. Die Tendenz des Werkzeugwärmestromanteils wird in allen Versuchsreihen erfasst. Die Maximalabweichung ist stets $\Delta q_{WZ} < 0,1$. Spanwärmestromanteile können gut durch das Formelwerk beschrieben werden. Höhere absolute Abweichungen können im hohen Pe-Zahl-Bereich auftreten. Die tendenzielle Gültigkeit des auf simulativer Grundlage ermittelten Formelwerks, kann bestätigt werden.

4.3.11 Kondensation und Freiheitsgrad-Reduktion für thermo-elastische Modelle von Gestellstrukturbauteilen an Werkzeugmaschinen

Laufzeit 03/2010 - 02/2012

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dipl.-Math. Alexander Galant

Zielstellung

Thermo-elastische Verformungen von spanenden Werkzeugmaschinen (WZM) verursachen einen bedeutenden Teil des Bearbeitungsfehlers am Werkstück. Die Berechnung dieser Verformungen im Entwicklungsprozess von WZM ist daher von großer Bedeutung.

Bei thermo-elastischen FE-Modellierungen großer Strukturen entstehen komplexe, rechenintensive Modelle. Die Verringerung der Rechenzeit ist essentiell für die Designoptimierung sowie für die steuerungsintegrierte Korrektur thermischer Verformungen.

Im Forschungsprojekt wurden die Grundlagen geschaffen, um durch Anwendung von bekannten und notwendigerweise modifizierten mathematischen Methoden zur Modellordnungsreduktion (MOR) kompakte, strukturerhaltende, untereinander koppelbare thermo-elastische Modelle von Gestellstrukturbauteilen zu erstellen. Das Verfahren setzt dabei direkt auf den CAD-FEM-Prozess auf.

Lösungsweg

Gemäß der Zielstellung des Projektes wurden im ersten Schritt Recherche und Weiterentwicklung zu mehreren mathematischen MOR-Verfahren (Guyan-Methode, Modale Reduktion, Krylov-Methoden) unter dem Aspekt der Anwendbarkeit für thermo-elastische FE-Modelle von WZM-Komponenten durchgeführt. Die Verfahren wurden in der Matlab-Umgebung implementiert und anhand der Abbildungsgüte sowohl des stationären und transienten Verhaltens als auch der Übertragungsfunktionen miteinander verglichen.

Im zweiten Schritt wurde ein Werkzeug geschaffen, das einen direkten Import der FE-Modelle aus der Ansys-Umgebung in die Matlab-Umgebung ermöglicht. Es wurden kompakte, strukturerhaltende Modelle von 3D-WZM-Komponenten erstellt und dabei weitere Aussagen zur erreichbaren Abbildungsgenauigkeit des transienten und des Beharrungsverhaltens von reduzierten Modellen gewonnen.

Ergebnisse

Bild 2 zeigt den Vergleich zwischen einem nicht-reduzierten FE-Modell eines Führungswagens (*Bild 1*) mit ca. 65.000 Freiheitsgraden und dem reduzierten Modell mit 30 Freiheitsgraden. Der Vergleich erfolgte an zwei Referenzpunkten sowohl im Zeit- als auch im Bildbereich.

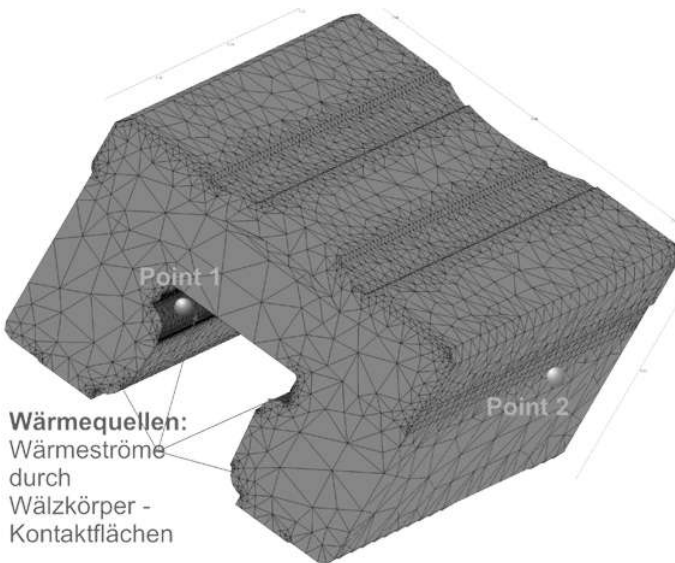


Bild 1: FEM - Netz eines Führungswagens mit den Referenzpunkten 1 und 2

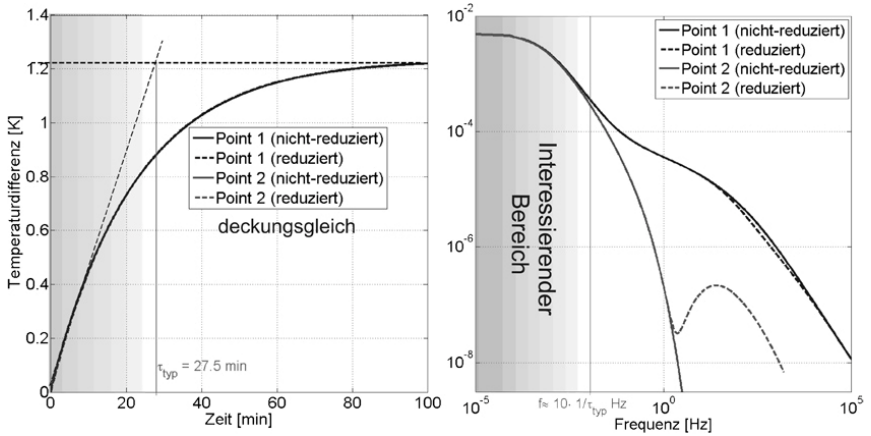


Bild 2: Vergleich des transienten Verhaltens (links) und der Übertragungsfunktionen (rechts) zwischen ANSYS-Modell (ca. 65.000 DOF) und reduziertem Modell (30 DOF)

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

Laufzeit	03/2006 - 02/2008 12/2009 - 05/2011 (1. Fortsetzung) 12/2012 - 11/2013 (2. Fortsetzung)
Finanzierung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bearbeiter	Dipl.-Ing. Sven Krihning Dipl.-Ing. Lars Neidhardt

Zielstellung

Die Wechselwirkungen der möglichen Konfigurationen relevanter PSF-Prüflings- und VersuchsstandsbaufORMen, unvermeidbare Fertigungs- und Montagetoleranzen sowie thermisch bedingte Verlagerungen führen bei Experimenten zur Ermittlung der dynamischen Tragzahl von PSF zu verschiedenen nicht idealen Versuchsbedingungen. Auf diese Bedingungen haben unter anderem die Laufbahnanstellung der PSF-Prüflinge, die Eigenschaften der VersuchsstandsbaufORM und die Art der Prüfkraftgenerierung Einfluss. Ziel des Forschungsprojekts ist es zum einen, die Konsequenzen zu untersuchen, die sich aus den möglichen Konfigurationen von VersuchsstandsbaufORMen und PSF-Prüflingen für die ermittelten dynamischen Tragzahlen ergeben, und daraus Schlussfolgerungen für die sinnvolle Gestaltung der Versuchsstände sowie für die Durchführung der Experimente zu ziehen. Zum anderen sollen Möglichkeiten zur Reduzierung von Prüfkraftschwankungen und von nicht idealen Belastungen gefunden und untersucht werden, um die Toleranz experimentell ermittelter dynamischer Tragzahlen von PSF zu reduzieren. Eine Grundlage der Arbeiten ist das im Vorgängerprojekt entwickelte Verfahren zur Prognose dieser Toleranz.

Lösungsweg

Zur Schaffung der Basis für die Durchführung von Experimenten wird zusätzlich zu dem vorhandenen Versuchsstand mit dem Konzept der bewegten Prüflingswagen ein weiterer Versuchsstand konzipiert und aufgebaut, bei dem die Prüflingsschienen bewegt werden. Beide Konzepte unterscheiden sich sowohl im Aufbau als auch in ihren Eigenschaften. Auf dieser Experimentierbasis sollen PSF mit X- und O-Laufbahnanstellung untersucht werden. Zum Erreichen des Forschungsziels sind folgende Teilaufgaben zu bearbeiten:

- Durchführung von Experimenten zur Ermittlung der dynamischen Tragzahl auf beiden Versuchsständen,
- Aufstellen und Bewerten von Varianten zur Nachgiebigkeitserhöhung im Prüfkraftfluss für die Reduzierung von Prüfkraftschwankungen sowie Konstruktion, Fertigung und Montage der Vorzugsvariante,
- Messung der damit erzielten Prüfkraftverläufe und Vergleich mit den bereits erfassten Prüfkraftverläufen,
- Aufbau von FE-Modellen zur Bestimmung von Einzelwälzkörperkräften der Prüflings-PSF,
- Prognose der Toleranz experimentell bestimmter dynamischer Tragzahlen unter Berücksichtigung realer Betriebsbedingungen,
- Vergleich verschiedener Auswertungsverfahren sowie
- Auswertung und Beurteilung der experimentellen Ermittlung von dynamischen Tragzahlen von PSF.

Ergebnisse

Beim Vergleich der auf beiden VersuchstandsbaufORMen für PSF mit unterschiedlichen Laufbahnanstellungen experimentell ermittelten dynamischen Tragzahlen ergaben sich für PSF mit X-Laufbahnanstellung höhere dynamische Tragzahlen bei den Experimenten auf dem Versuchsstand mit bewegten Wagen, für PSF mit O Laufbahnanstellung dagegen auf dem mit bewegten Schienen. Der Grund dafür kann in der mit je 8 Stück geringen Prüflingsanzahl liegen. Nach den geplanten weiteren Versuchen

in der Verlängerung des Projekts sind hierzu weitere Erkenntnisse zu erwarten.

Bei den Messungen der Prüfkraft während der Versuche auf den verschiedenen Versuchsständen zeigten sich mit der bisherigen, relativ steif ausgeführten Einleitung der Prüfkraft beim Versuchsstand mit bewegten Schienen (*Bild oben*) nennenswerte Schwankungen der Prüfkraft. Diese waren sowohl von der Position als auch vom Temperaturfeld abhängig. Beim Versuchsstand mit bewegten Wagen fielen diese Schwankungen nur ca. halb so groß aus. Zur Reduzierung dieses Einflusses auf eine vernachlässigbare Größe sind in der Verlängerung des Projekts die Konzipierung, die Fertigung und der Test einer Prüfkrafteinrichtung mit erheblich größerer Nachgiebigkeit vorgesehen.

Auf Basis von FE-Modellen wurde für PSF sowohl mit X- als auch mit O Laufbahnanstellung (*Bild unten*) festgestellt, dass es bei gleichen, exzentrisch angreifenden Prüflasten zu keinen signifikanten Unterschieden zwischen den höchsten Einzelwälzkörperbelastungen bei Laufversuchen auf den verschiedenen Versuchsstandsbauformen kommt. Das führte bei der für diese Prüflast-Einleitungsbedingungen durchgeführten Berechnung der Toleranzen der experimentell ermittelten dynamischen Tragzahlen zu etwa gleichen Werten. Eine vorteilhafte Kombination von PSF-Prüflings- und Versuchsstandsbauformen ist demnach nicht ableitbar. In der zweiten Projektphase soll eine zusammenfassende Bewertung des Einflusses wesentlicher, nicht idealer Belastungen neben der „idealen“ Prüfkraft auf experimentell ermittelte dynamische Tragzahlen erfolgen. Im Vergleich der verschiedenen Auswertungsverfahren zur Bestimmung der dynamischen Tragzahl aus den Ergebnissen der Experimente ergaben sich Unterschiede der ermittelten dynamischen Tragzahlen von bis zu 12 %. Bei der Bewertung der Auswertungsverfahren anhand des Kriteriums der Passgenauigkeit der Regressionsfunktion ergab sich für die 3-parametrische Weibullverteilung mit Ermittlung ihrer Parameter nach

der Methode der kleinsten Fehlerquadratmethode die beste Annäherung an die experimentell ermittelten Stützpunkte.

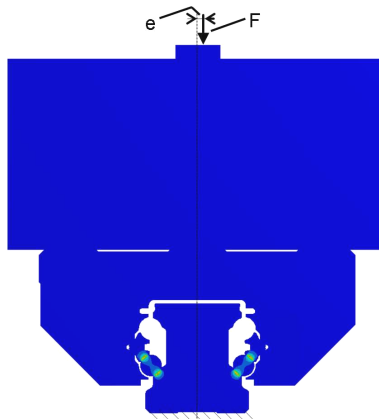


Bild oben: Versuchsstand mit bewegten Schienen
Bild unten: mit der FEM berechnetes Spannungsschaubild bei exzentrischer Belastung

4.3.13 Konstruktion, Fertigung und Montage eines Prüfstandes für Profilschienenführungen nach dem Prinzip bewegte Schienen

Laufzeit 07/2010 - 02/2011

Finanzierung Industrie

Bearbeiter Dipl.-Ing. Sven Krihning

Zielstellung

Unter Nutzung der Erfahrungen aus dem in Pkt. 4.3.12 beschriebenen DFG-Projekt war ein Lebensdauerversuchsstand für Profilschienenführungen (PSF) nach dem Prinzip "bewegte Schiene" zu konstruieren, zu fertigen, zu montieren und in Betrieb zu nehmen.

Umsetzung

Der entwickelte Prüfstand ermöglicht normgerechte Versuchsbedingungen nach DIN 631.

Er ist dazu mit Kraftsensoren an jedem Prüfling (Wagen) sowie mit Ölschmierung ausgestattet.

Fertigstellung und Übergabe an den Auftraggeber erfolgten im Februar 2011.

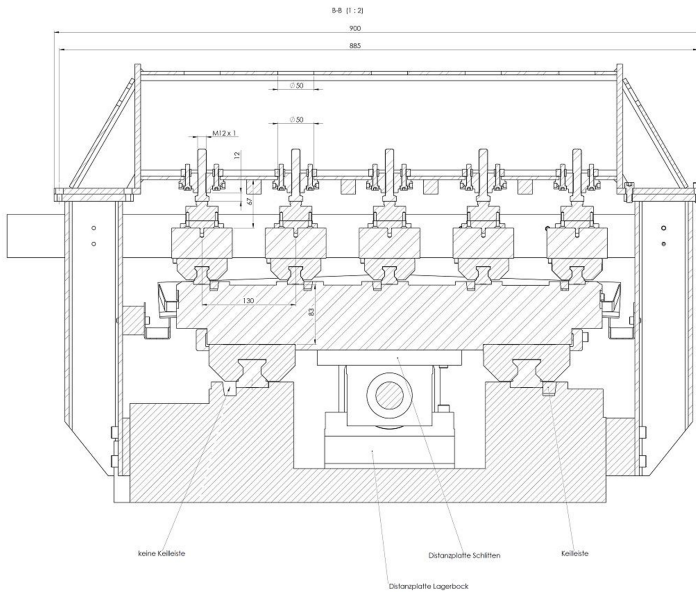


Bild 1: Schnittdarstellung des Prüfstandes

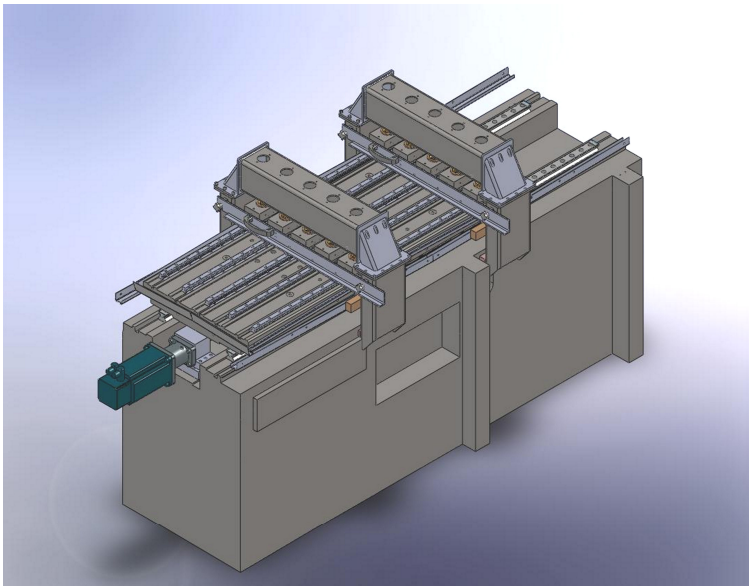


Bild 2: Ansicht des PSF-Prüfstandes mit bewegten Schienen

4.4 AG Steuerungstechnik

4.4.1 Identifikation von Modellparametern für exemplarisch streuende sowie zeitlich veränderliche thermische Maschineneigenschaften



Teilprojekt B04 im SFB/TR 96 Thermo-energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen

Eine systemische Lösung des Zielkonflikts von Energieeinsatz, Genauigkeit und Produktivität am Beispiel der spanenden Fertigung

- Laufzeit** 07/2011 - 06/2015
- Finanzierung** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB/TR 96
- Bearbeiter** Dr.-Ing. Bernd Kauschinger
Dipl.-Ing. Steffen Schroeder
- Kooperation** Standorte Dresden, Aachen und Chemnitz des SFB/TR 96

Zielstellung

Ziel des Teilprojektes B04 ist die Entwicklung von Methoden für den effizienten Abgleich von exemplarischen Parametern in thermischen Modellen von Werkzeugmaschinen. Exemplarische Parameter bilden dabei diejenigen Eigenschaften ab, die von Maschine zu Maschine stark streuen bzw. die sich über der Lebenszeit der Maschine verändern. Ursachen dafür sind fertigungs- und montagebedingte Toleranzen sowie Einlaufvorgänge und Verschleiß. Eigenschaften mit dieser Charakteristik stellen sich in der Regel erst im montierten Zustand der Maschine ein und können daher nicht auf direktem Wege und im Voraus mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden. Eine Alternative

dazu ist der indirekte Abgleich der Modellparameter auf Basis von gemessenen Parameterwirkungen.

Fernziel im Teilprojekt B04 sind weitgehend automatisierte Verfahren zur Identifikation exemplarischer Parameter im technologischen Einsatzfeld, d.h im betriebsfähigen Zustand der Maschine. Dabei wird vorrangig steuerungsseitige Funktionalität sowie das bereits installierte Vermögen der Maschine ausgenutzt und auf diese Weise der Bedarf für zusätzliche Messtechnik minimiert. Weiterhin werden Methoden entwickelt, die einen robusten und reproduzierbaren Parameterabgleich ermöglichen ohne die bisher nötigen sehr hohen Anforderungen an das thermische Fachwissen der durchführenden Personen.

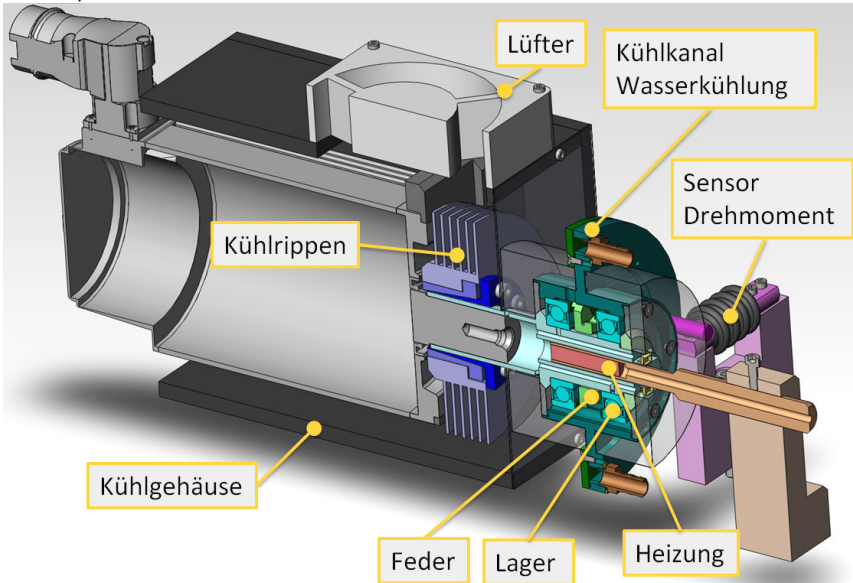
Lösungsweg

Ein solcher Abgleich erfolgt derart, dass durch Aufbringen geeigneter Belastungen oder Lastregimes gezielt exemplarische Verhaltensanteile der Maschine angeregt und daraus resultierende thermische bzw. thermo-elastische Wirkungen messtechnisch erfasst werden. Mit Hilfe von nichtlinearen Optimierungsverfahren werden dann die exemplarischen Parameter des thermischen Modells so angepasst, dass berechnete und gemessene Wirkungen bestmöglich übereinstimmen.

Im Modell muss dafür nicht nur das thermische Verhalten der Maschine sondern zusätzlich auch die Anregung (Belastung) sowie die Messung mit abgebildet sein. Die Auswahl geeigneter Lastregimes für die Anregung sowie günstiger Messgrößen und -stellen erfolgt auf Grundlage einer Sensitivitäts- und Orthogonalitätsanalyse. Ziel dabei ist, dass die Wirkungen der zu identifizierenden exemplarischen Modellparameter in den Messwerten einerseits hinreichend groß gegenüber unvermeidlichen Meßunsicherheiten sind (Sensitivität) und sich andererseits in ausreichendem Maße voneinander unterscheiden (Orthogonalität).

Stark streuende Eigenschaften, die durch exemplarische Modellparameter abgebildet werden, finden sich innerhalb der Maschinen insbesondere in verlustbestimmenden Größen von Maschinenkomponenten mit bewegten Kontakten in Vorschubachs- und

Spindelbaugruppen. Auf Grund ihres starken Einflusses auf das thermische Maschinenverhalten bilden dabei wälzgelagerte Maschinenkomponenten wie Lager, Profilschienenführungen und Kugelgewindetriebe einen Schwerpunkt der Untersuchungen im Teilprojekt B04. Die Arbeiten fokussieren zunächst auf die exemplarische Parameteridentifikation an einzelnen Maschinen-



komponenten. Mit Fortschritt der Arbeiten wird die Modellkomplexität erhöht. Die Betrachtung erstreckt sich dann über Baugruppen bis hin zur Gesamtmaschine

Konstruktion des Versuchsstandes für die exemplarische Parameteridentifikation an einzelnen Wälzlagern

Ergebnisse

Die Arbeiten im ersten Jahr fokussierten am Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik auf die Einarbeitung in das Thema der exemplarischen Parametrierung von Wälzlagern. Dafür wurden insbesondere Recherchen durchgeführt, um Informationen zu bestehenden Verlustleistungs- und Leitwertmodellen für Wälzlager sowie deren exemplarische Ausprägung zu erhalten. Weiterhin wurden materielle und

methodische Voraussetzungen für die experimentellen Lageruntersuchungen geschaffen, die später zum Nachweis der Parameteridentifikation dienen. Dazu wurde eine Basis für den Versuchsstand, Mess- und Antriebstechnik sowie verschiedene Lager als Versuchsobjekte beschafft. Die aktuellen Arbeiten liegen einerseits in der konstruktiven Gestaltung und Fertigung des Lager-Versuchsstands (*Bild*) und andererseits in der Erstellung und dem Abgleich eines thermischen Verhaltensmodells als Grundlage für die Untersuchungen an den Wälzlagern. Dabei ist auch die Bauteilumgebung, also der Versuchsstand, mit abzubilden.

4.4.2 Grundlagen für den Einsatz exzentrischer Gelenke in parallelkinematischen Werkzeugmaschinen

Laufzeit 01/2009 - 04/2011

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Bernd Kauschinger
Dipl.-Ing. Mirko Riedel

Zielstellung

Projektziel war die Verbesserung der Anwendungseignung von Parallelkinematiken, deren Anwendungsbreite, trotz intensiver Erforschung und Entwicklung seit Mitte der 1990er Jahre, nach wie vor eingeschränkt ist. Als Ursachen dafür gelten die noch nicht wirtschaftliche Beherrschung der Bewegungsgenauigkeit sowie der begrenzte Arbeitsraum. In beiden Fällen bilden die eingesetzten Gelenke entscheidende Schwachstellen. Für Gelenke an Parallelkinematiken wird allgemein gefordert, dass sich die Gelenkdrehachsen in einem Punkt schneiden. Diese Forderung führt vorteilhaft zu einem vereinfachten kinematischen Modell für die Ansteuerung und Analyse. Darüber hinaus wird sie vielfach auch als relevante Grundlage für die Anwendbarkeit diverser Formalismen angesehen, wie zum Beispiel Entwurfs- und Auslegungsmethoden. Nachteilig werden dadurch allerdings die konstruktiven Gestaltungsmöglichkeiten im Gelenk stark eingeschränkt, so dass hohe Gelenksteifigkeit (d.h. hohe Genauigkeit) und große Schwenkwinkel (d.h. großer Arbeitsraum) gegensätzliche Forderungen darstellen, was Kompromisse bei der Gelenkgestaltung und -fertigung erfordert. Optimierte Lösungen führen zu sehr teuren Spezialgelenken, deren Einsatz nur begrenzt wirtschaftlich ist. Diese Forderung nach sich schneidenden Gelenkdrehachsen ist jedoch keine Voraussetzung für den Zwanglauf der kinematischen Struktur. Das eröffnet die Möglichkeit für eine alternative Gelenkbauf orm, die gelenkspezifische Begrenzungen beseitigt und Defizite konventioneller Gelenke umgeht.

Lösungsweg

Der im Vorhaben verfolgte Lösungsansatz besteht darin, die Forderung nach sich schneidenden Gelenkdrehachsen aufzulösen (*Bild 1*). Dadurch erweitern sich die konstruktiven Gestaltungsmöglichkeiten im - hier als exzentrisch bezeichneten - Gelenk. Der kollisionsfreie Bauraum für die Lagerung der Gelenkachsen wird größer, und es lassen sich große Schwenkwinkel in allen Gelenkachsen realisieren. Gleichzeitig kann vor allem das Kardankreuz kompakter gestaltet werden, so dass hohe Gelenksteifigkeiten und große Schwenkwinkel nicht mehr gegensätzlich sind. Konstruktive Vereinfachungen im Gelenk reduzieren zusätzlich Fertigungsaufwand und Herstellkosten und ermöglichen damit auch einfache und preiswerte Bauformen. Der Lösungsansatz folgt damit konsequent dem Konzept der einfachen Bauart, nach dem am IWM Dresden bereits der Hexapod FELIX entwickelt wurde.

Diese alternative Gelenkbauform erfordert allerdings eine komplexere kinematische Transformation, d.h. höheren Rechenaufwand bei der Ansteuerung und Analyse. Mit der Leistungsfähigkeit heutiger Rechentechnik stellt dieser Umstand aber mittlerweile kein Problem mehr dar. Die dem Vorhaben zu Grunde liegende Idee exzentrischer Gelenkdrehachsen ist prinzipiell nicht neu. Für den Einsatz solcher Gelenke in parallel-kinematischen Werkzeugmaschinen fehlten jedoch theoretische, konstruktive und anwendungsspezifische Grundlagen, die im Rahmen des Vorhabens erarbeitet und durch Untersuchungen am Einzelgelenk praktisch überprüft wurden.

Ergebnisse

Wesentliche Arbeitsinhalte waren die Erarbeitung berechnungsseitiger Grundlagen für die erweiterte kinematische Transformation, die Analyse von Auswirkungen auf den Arbeitsraum sowie die Untersuchung konstruktiver Gestaltungsmöglichkeiten, insbesondere mit vorspannbaren Wälzlagern. Weiterhin erfolgte die Konstruktion und Fertigung ausgewählter exzentrischer Gelenkbauformen (*Bild 1*). Die Gestaltung orientierte sich dabei

einerseits an der Baugröße und mechanischen Schnittstellen eines konventionellen Kardangelkes, um Vergleichbarkeit zu ermöglichen, und andererseits an der eingesetzten Lagerung (Schrägkugellager, Dünnring-Schrägkugellager, Kegelrollenlager).

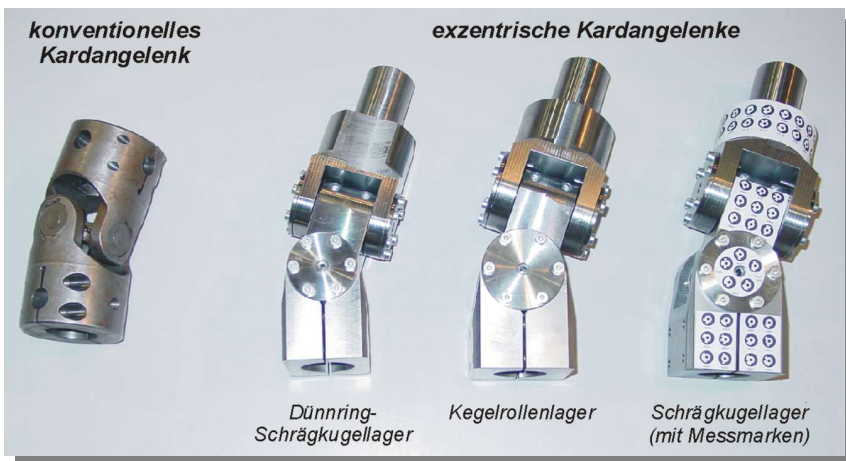
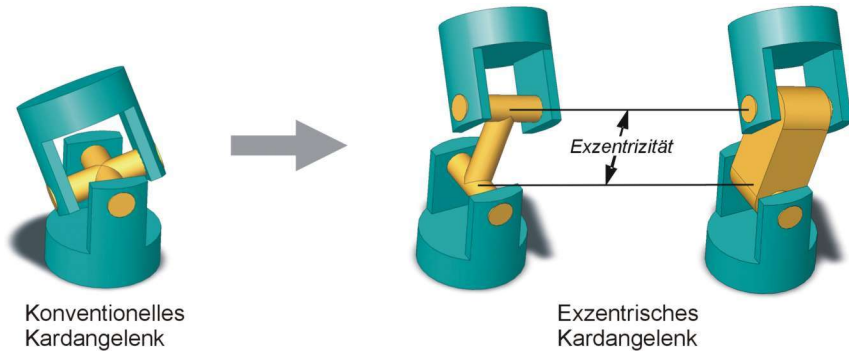


Bild 1: Übergang vom konventionellen zum exzentrischen Kardangelk (oben) sowie experimentell untersuchte Bauformen (unten)

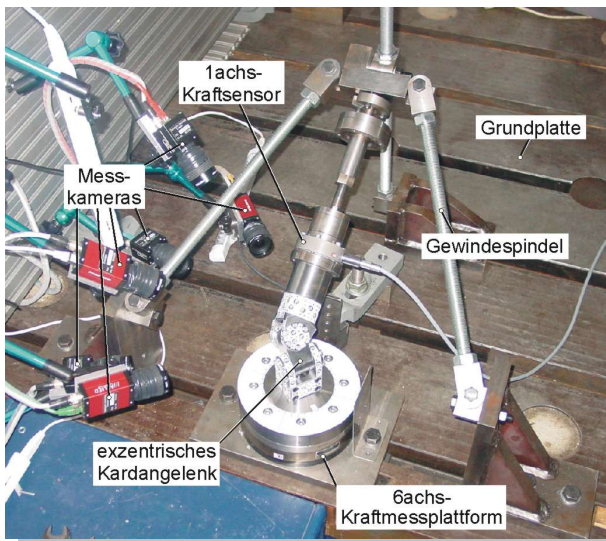
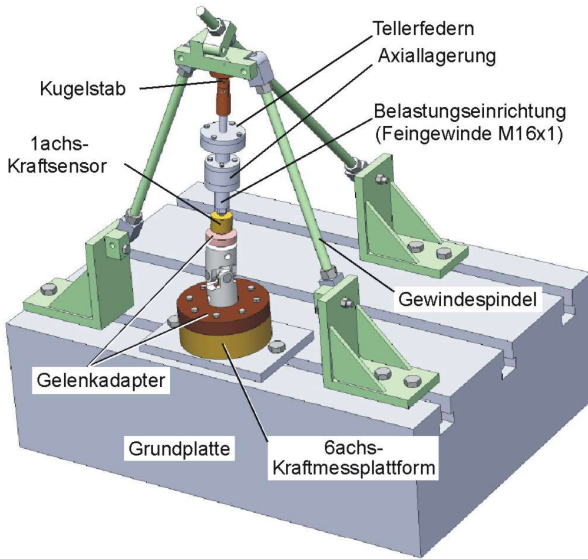


Bild 2: Gelenkprüfstand zur experimentellen Untersuchung der schwenkwinkelabhängigen räumlichen Steifigkeit exzentrischer Kardangelnke. Konstruktion (oben) sowie realisierter Prüfstand (unten)

Experimenteller Schwerpunkt war die Analyse der schwenkwinkelabhängigen Steifigkeit der gefertigten Gelenke. Hierfür wurde ein spezieller Prüfstand entwickelt und aufgebaut, der die Einstellung beliebiger Schwenkwinkelkombinationen bis $\pm 90^\circ$ sowie das Aufbringen von Gelenkbelastungen bis $\pm 5\text{kN}$ ermöglicht (*Bild 2*). Die Messung der lastabhängigen räumlichen Verlagerung der Gelenkkomponenten erfolgte mit optischen Mitteln auf Basis der Nahbereichsphotogrammetrie. Auf dieser Grundlage ließen sich sehr aussagekräftige Messwerte gewinnen, was mit der ursprünglich geplanten Verlagerungsmessung mit Feinzeigern nicht möglich gewesen wäre. *Bild 3* zeigt beispielhaft die dafür verwendete photogrammetrische Mess- und Auswertesoftware, die am IWM im Rahmen eines weiteren DFG-Projektes "Wirtschaftliche Posemessung an Werkzeugmaschinen mit einem photogrammetrischen Messsystem", siehe Punkt 4.4.3) entwickelt wurde und vorteilhaft für die Gelenkvermessung eingesetzt werden konnte.

Mit den drei gefertigten Gelenkbauformen sowie dem konventionellen Kardangelenk als Vergleichsbasis wurden umfangreiche Versuchsreihen für verschiedene Schwenkwinkelkombinationen und Gelenkbelastungen durchgeführt und ausgewertet. In *Bild 4* sind die gemessenen schwenkwinkelabhängigen Gelenksteifigkeiten (in Stabrichtung) dargestellt. Dabei zeigen sich für die exzentrischen Gelenke fast durchgängig deutlich höhere Werte gegenüber dem konventionellen Vergleichsgelenk (bis zu 5fach). Darüber hinaus existiert noch gestalterisches Potential für weitere Steigerungen.

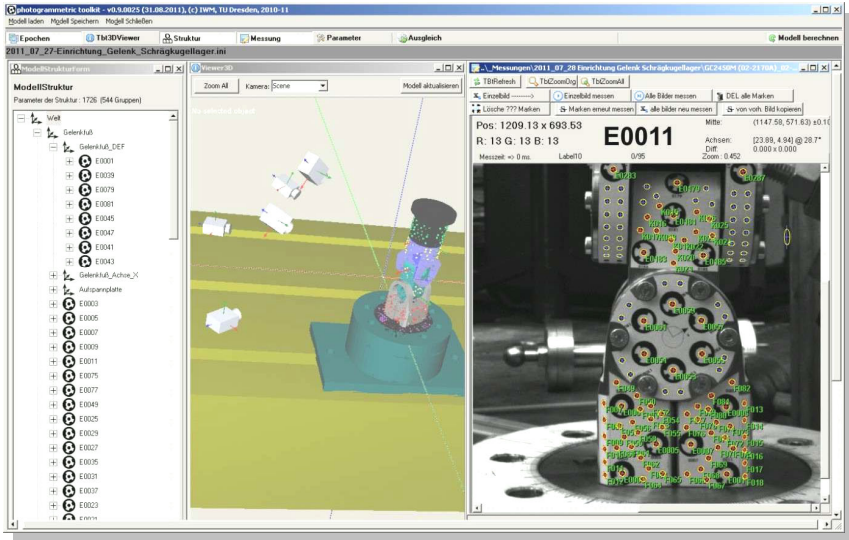


Bild 3: Am IWM entwickelte photogrammetrische Mess- und Auswertesoftware zur Gelenkvermessung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mit Hilfe exzentrischer Gelenke der Widerspruch zwischen hoher Gelenksteifigkeit und großem Schwenkbereich aufgelöst werden kann. Damit sind an Parallelkinematiken größere Arbeitsräume und höhere Bewegungsgenauigkeiten realisierbar. Mit Hilfe vorgespannter Wälzlager lassen sich steife und spielfreie Gelenke gestalten, die auch vergleichsweise preiswert herzustellen sind. Die kinematische Transformation ist zwar aufwändiger und komplexer, es wurden jedoch Lösungen gefunden, die eine echtzeitfähige und damit steuerungsnahe Berechnung ermöglichen. Damit sind wesentliche Voraussetzungen zur Verbesserung der Anwendungseignung von Parallelkinematiken geschaffen. Weiterführende Untersuchungen sollen nun zeigen, wie sich die verbesserten Gelenkeigenschaften auf das geometrisch-kinematische sowie das elastostatische Verhalten des Gesamtsystems der Parallelkinematik auswirken.

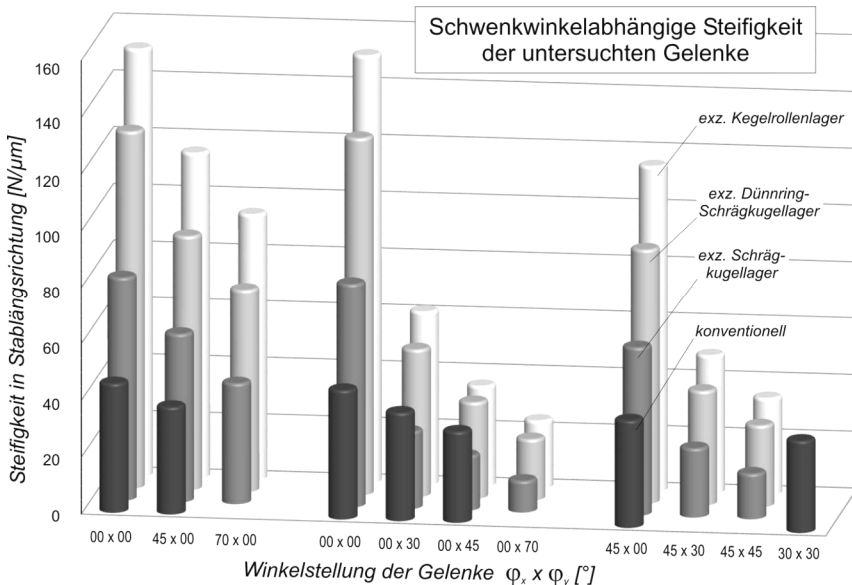


Bild 4: Gemessene schwenkwinkelabhängige Steifigkeit in Stabrichtung für die untersuchten Gelenke

4.4.3 Grundlagen für den effizienten Einsatz mehrachsig interpolierender Servoantriebe in Verarbeitungsmaschinen

Laufzeit	10/2010 - 09/2012
Finanzierung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Bernd Kauschinger Dr.-Ing. Andreas Mühl Dipl.-Ing. Olaf Holowenko
Kooperation	TU Dresden Professur für Verarbeitungsmaschinen/ Verarbeitungstechnik (VM/VAT)

Zielstellung

Der Einsatz von Servoantrieben in Verarbeitungsmaschinen besitzt große Potentiale gegenüber konventionellen Antriebslösungen. Durch komplexere Bewegungen der Antriebe kann die Anzahl bewegter Bauteile reduziert werden. Die hohe Flexibilität bei der Bewegungsvorgabe vereinfacht nicht nur die Formatanpassung (Umrüstung) sondern ermöglicht auch die Adaption der Bewegungen an variierende Bedingungen im laufenden Prozess. Die bisher erreichte Bewegungsgüte ist jedoch noch unbefriedigend, speziell bei schnellen mehrachsigen Bewegungen. Eine Ursache dafür liegt im Bewegungsdesign. Relevante Einflüsse, wie das Maschinen- und Prozessverhalten, werden dabei noch unzureichend berücksichtigt. Das Vermögen der Verarbeitungsmaschine wird dadurch nicht ausgenutzt. Für die Erstellung optimierter Bewegungsvorgaben fehlen jedoch geeignete Methoden und Werkzeuge sowie geeignete Modelle von Verarbeitungsprozessen. Anteil und Stärke der wirkenden Einflüsse variieren mit der Taktrate (Arbeitsgeschwindigkeit) der Verarbeitungsmaschine. Entsprechend ist zu erwarten, dass sich optimale Bewegungsvorgaben jeweils abhängig von der Taktrate unterscheiden. Die Taktrate für die Einzelmaschine wird dabei üblicherweise von der übergeordneten Gesamtanlage bestimmt. Zur Maximierung der Ausbringung wäre es deshalb wün-

schenswert, die Bewegung der Einzelmaschine jeweils taktatenabhängig optimal vorgeben zu können. Bisher bekannte Steuerungsansätze ermöglichen eine solche Funktionalität jedoch nicht. Ziel des Vorhabens ist die Erschließung der Potentiale von Servoantrieben für Anwendungen in Verarbeitungsmaschinen. Dadurch sollen höhere Ausbringungen sowie flexible Bewegungsanpassungen ermöglicht werden.

Lösungsweg

Inhaltlich gliedert sich das Vorhaben in zwei Schwerpunkte, die vom VM/VAT und vom IWM bearbeitet werden. Dabei sollen Möglichkeiten und Grenzen des verfolgten Ansatzes zur Bewegungsplanung für Verarbeitungsmaschinen untersucht, bewertet sowie beispielhaft nachgewiesen und demonstriert werden. Inhaltlicher Schwerpunkt des VM/VAT ist die Ermittlung taktratenabhängig optimaler Bewegungsvorgaben für Verarbeitungsmaschinen. Charakteristisch dafür sind zyklische Bewegungen. Dabei werden Bewegungsanforderungen aber nur punkt- bzw. abschnittsweise gestellt. Deshalb soll bei der Optimierung nicht nur das Geschwindigkeitsprofil sondern auch die Bahngeometrie variiert werden. Dafür wird ein modellbasierter Optimierungsansatz entwickelt und untersucht, der die modulare Einbeziehung aller relevanten Verhaltenseinflüsse gestattet (*Bild 1*).

Für Funktionsnachweis und Demonstration des Ansatzes sollen Modelle von repräsentativen Verarbeitungsprozessen erarbeitet werden. Inhaltlicher Schwerpunkt des IWM ist die effiziente Abarbeitung taktratenabhängiger Bewegungsvorgaben in der Steuerung. Gegenüber bekannten Ansätzen soll dabei der Bedarf für zeitkritische Steuerungsfunktionalität minimiert werden. Dafür werden die Bewegungsvorgaben mit einem splinebasierten Ansatz vollständig im zeitunkritischen Bereich aufbereitet. Darin eingeschlossen sind nichtlineare Koordinaten- und Achstransformationen, Bewegungskorrekturen sowie Endlagen- und Kollisionsprüfungen. Basierend darauf werden für den zeitkritischen Bereich der Steuerung Funktionen zur effizienten Interpolation der Bewegungen mit Berücksichtigung einer Taktratenvorgabe entwickelt und untersucht (*Bild 2*). Die zu entwickelnde

Steuerungsfunktionalität ist eine Voraussetzung für Funktionsnachweis und Demonstration des Ansatzes. Hierfür werden jeweils die theoretischen Grundlagen erarbeitet und verifiziert.

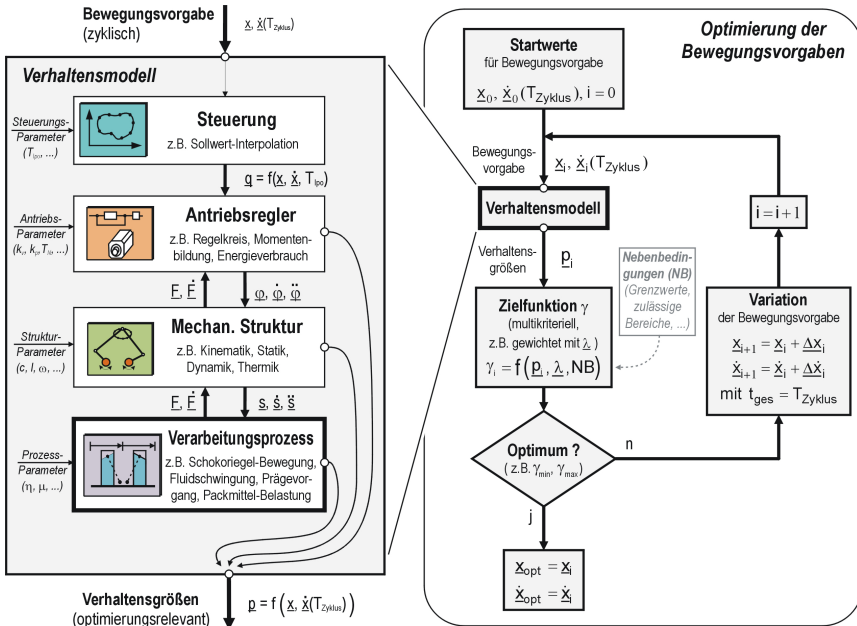


Bild 1: Optimierungsansatz für Bewegungsvorgaben an Verarbeitungsmaschinen

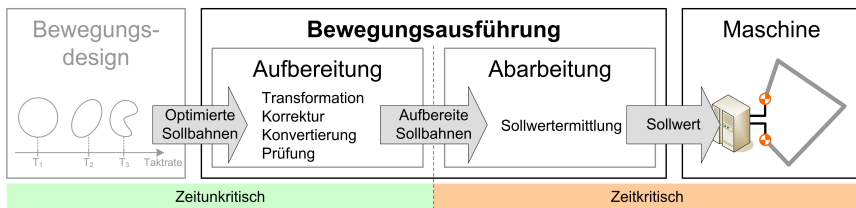


Bild 2: Verfolgter Ansatz zur Bewegungsausführung in der Steuerung

Darüber hinaus erfolgen Konstruktion, Aufbau (VM/VAT) sowie Steuerungsanbindung und Inbetriebnahme (IWM) eines Versuchsstandes (*Bild 3*). Die Betrachtungen beschränken sich in diesem Zeitraum zunächst auf eine repräsentative Klasse von Verarbeitungsprozessen, und zwar den innermaschinellen Transport kleinformatiger Stückgüter.

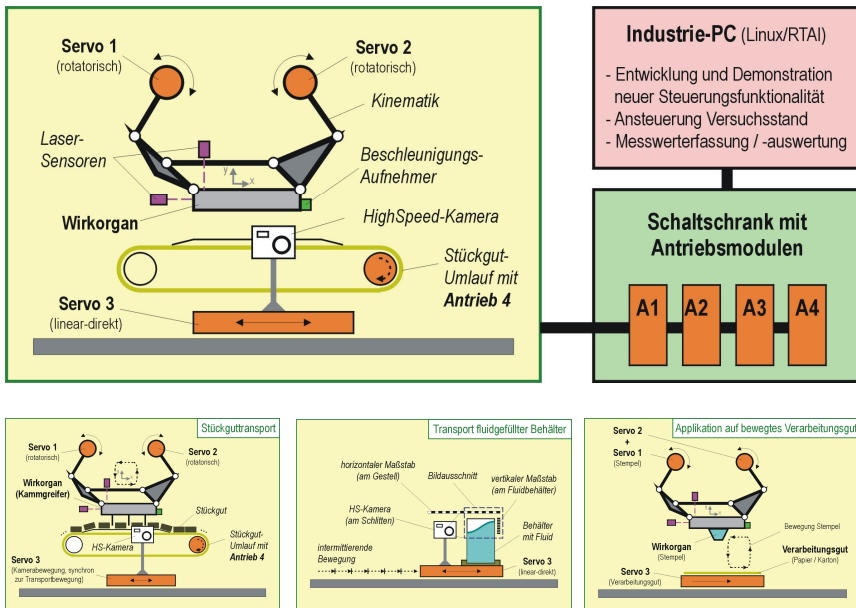
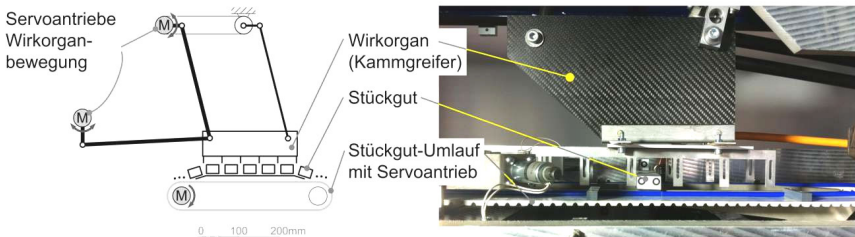


Bild 3: Versuchsstandkonzept (oben) und Analyse verschiedener Prozessklassen (unten)

Darauf aufbauend ist die Übertragung der erarbeiteten Grundlagen auf weitere Klassen von Verarbeitungsprozessen vorgesehen. Dann sollen zusätzlich der intermittierende Transport offener fluidgefüllter Behälter (Schwappverhalten) sowie das Applizieren auf gleichförmig bewegtes Verarbeitungsgut betrachtet werden. Anschließend werden spezifische Möglichkeiten und Grenzen des verfolgten Bahnplanungs- sowie Steuerungsansatzes untersucht und bewertet.

Ergebnisse

Die ersten Arbeiten beinhalten die konstruktive Gestaltung sowie Fertigung, Aufbau und Inbetriebnahme des Versuchsstandes. Weiterhin erfolgte die Spezifikation und Beschaffung der dafür erforderlichen Antriebs-, Steuerungs- und Messtechnik. *Bild 4* zeigt *links* eine Funktionsskizze des Demonstrators, *rechts* dessen Umsetzung.



*Bild 4: Funktionsskizze des Demonstrators (links),
Demonstrator (rechts)*

Der Umlauf legt im Arbeitstakt Verarbeitungsgüter (z.B. Schokoriegel) unter den Kammgreifer. Dieser schiebt in jedem Takt gleichzeitig bis zu 5 Stückgüter um eine Position weiter. Verlassen die Riegel der Arbeitsbereich des Kammgreifers, werden sie vom Umlauf in die Ausgangsposition zurück befördert.

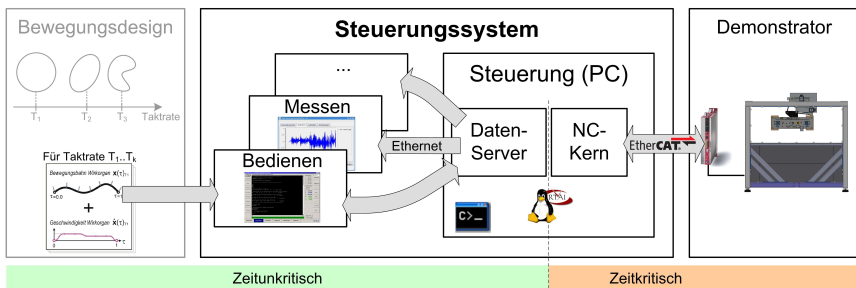


Bild 5: Aufbau des Steuerungssystems

Die Steuerung des Versuchsstandes erfolgt PC-basiert unter Linux/RTAI (*Bild 5*). Ein im zeitkritischen Bereich angesiedelter NC-Kern stellt alle erforderlichen Funktionalitäten zur Abarbeitung traktatenabhängig optimierter Bewegungsvorgaben bereit. Seine

Bedienung ermöglicht ein Datenserver, welcher im zeitunkritischen Bereich der Steuerung umgesetzt ist. Er stellt unterschiedliche Dienste bereit, z. B. Umkonfiguration der Bewegungsvorgaben oder Abruf zyklisch geloggtter Daten. Ausgelagerte Benutzeroberflächen können über Ethernet mit dem Server kommunizieren und dessen Dienste nutzen – auch über Betriebssystemgrenzen hinweg. Durch diesen Aufbau müssen auf dem Steuerungs-PC nur die nötigsten Funktionen umgesetzt werden, aufwändige Berechnungen können auf andere Computer ausgelagert werden (z. B. Auswertung geloggtter Daten, Einsatz beschleunigter Grafikkarten zur Visualisierung).

4.4.4 Wirtschaftliche Posemessung an Werkzeugmaschinen mit einem photogrammetrischen Messsystem

Laufzeit 07/2010 - 08/2012

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Bernd Kauschinger
Dipl.-Ing. Mirko Riedel

Zielstellung

Zur Abnahme und Bewertung der Bewegungsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen wird neben achsspezifischen Kenngrößen auch die Vermessung der räumlichen Bewegungsgenauigkeit in allen 6 Freiheitsgraden gefordert. Dafür bisher eingesetzte Messsysteme (z.B. Lasertracker) sind jedoch sehr teuer und können den Arbeitsraum nicht immer geschlossen erfassen, zudem sind die Messungen zeitaufwändig und erfordern qualifiziertes Fachpersonal.

Eine Alternative bieten photogrammetrische Messverfahren, wobei die Messgenauigkeit bisher verfügbarer Systeme mit zueinander fixierten Messkameras ungenügend ist und der vermessbare Arbeitsraum durch Anzahl und Anordnung der Kameras fest vorgegeben ist.

Ziel des Vorhabens ist die Erschließung der Potentiale eines frei konfigurierbaren photogrammetrischen Messsystems zur hoch genauen Vermessung der Bewegungsgenauigkeit in 6 Freiheitsgraden im Arbeitsraum einer Werkzeugmaschine. Die dafür erforderlichen Grundlagen sollen im Rahmen dieses Vorhabens erarbeitet und verifiziert werden.

Lösungsweg

Der Lösungsansatz besteht darin, die Kameras und zu erfassenden Marken sowohl direkt an zu vermessenden Maschinenbaugruppen als auch frei im Arbeitsraum anzuordnen und gemeinsam in einer erweiterten Bündelblockausgleichung auszuwerten.

Dabei werden neben photogrammetrischen Zusammenhängen auch kinematische Verkopplungen von relativ zueinander bewegten Baugruppen (*Bild 1 links*) sowie Steuerungsinformationen in einem Messmodell zusammengeführt (*Bild 1 rechts*).

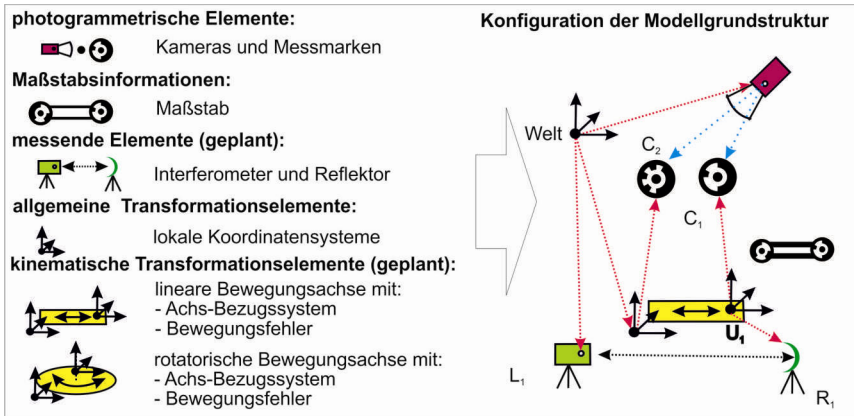


Bild 1: Baukastensystem zur Erstellung von Messmodellen

Die Messkonfiguration (Anzahl und Anordnung der Kameras und Messmarken) soll im Vorfeld hinsichtlich der modellintern erreichbaren Messgenauigkeit sowie des erfassbaren Messbereiches maschinen- und messsystemspezifisch angepasst und optimiert werden. Arbeitsschwerpunkte sind Methoden zur Integration der zu vermessenden Maschinenstruktur und ihres Bewegungsvermögens in ein erweitertes Messmodell sowie Methoden für die Optimierung von Anordnung und Blickfeld der Kameras auf der Basis dieses Modells. Anhand experimenteller Untersuchungen verschiedener Messsystemkonfigurationen soll die Funktion des verfolgten Lösungsansatzes nachgewiesen sowie Möglichkeiten und Grenzen eines solchen Posemesssystems demonstriert und bewertet werden. Als Demonstrator dient ein am IWM Dresden vorhandene Linearachs-Versuchsstand (*Bild 2*).

Ergebnisse

Kern der Arbeiten ist die Zusammenfassung und Anpassung der theoretischen photogrammetrischen Grundlagen und Methoden zur Modellerstellung und Auswertung der Posemessung in ver-

schiedenen Konfigurationen. Dafür wurde eine Software erstellt in der unterschiedlichste Messkonfigurationen erstellt, Bilder zugeordnet, die Bildmessungen durchgeführt und einer Bündelblockausgleichung zugeführt werden (*Bild 3*). Die Bündelblockausgleichung ist ebenfalls in der Software integriert und ermöglicht eine direkte Identifikation der Bewegungsfehler der Maschine.

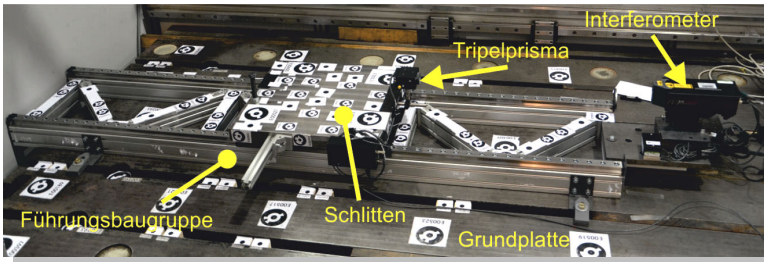


Bild 2: Aufbau Linearachs-Versuchsstand

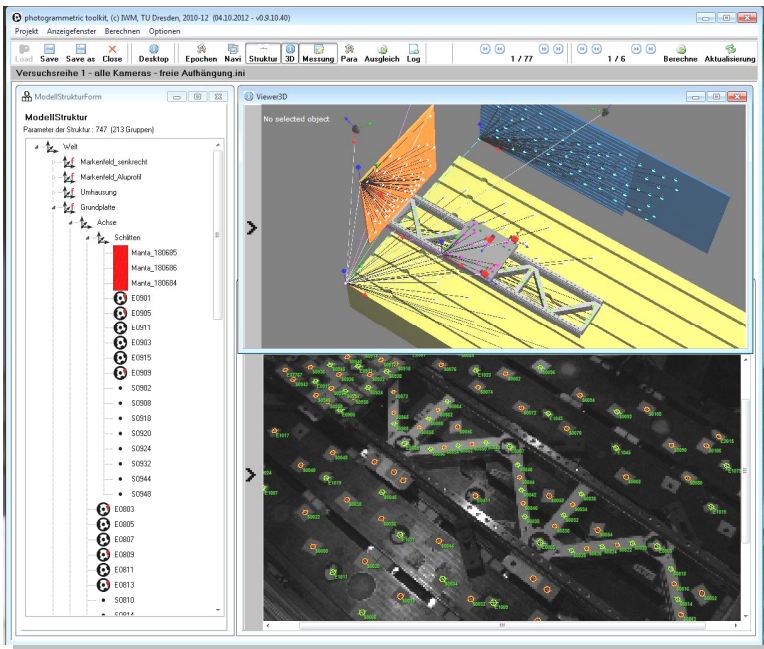


Bild 3: Oberfläche des Modellierungs- und Berechnungswerkzeugs

Eine Zusammenstellung der untersuchten Messsystemkonfigurationen zur Erfassung der Schlittenpose des Linearachs-Versuchsstandes ist in *Bild 4* dargestellt. Dabei sind aus Verfahrenssicht selbstkalibrierende Systeme hoch interessant. Mit diesen Systemen können alle bisher für eine Messsystemkalibrierung notwendigen Arbeitsschritte weggelassen werden.

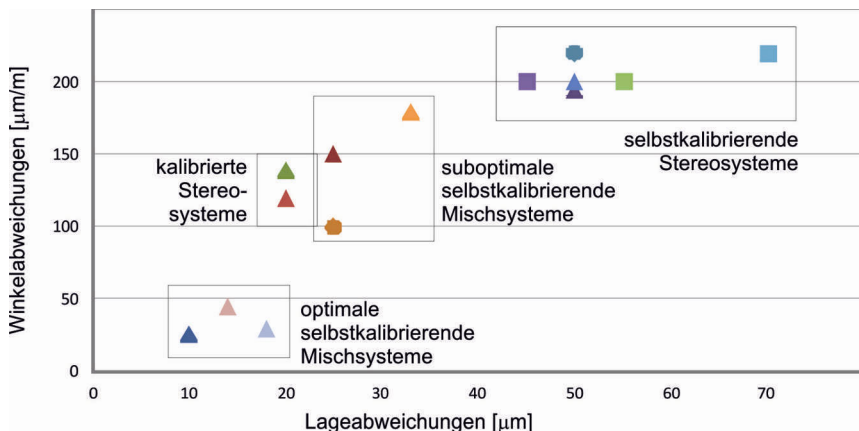


Bild 4: Lage- und Winkelabweichungen der untersuchten Messsystemkonfigurationen gegenüber der Referenzmessung

Mit der neuen Auswertemethode konnten am Linearachs-Versuchsstand Abweichungen gegenüber der Referenzmessung mit einem 6D-Laserinterferometer von nur $\pm 10 \mu\text{m}$ (Lage) sowie $\pm 40 \mu\text{m}/\text{m}$ (Winkel) experimentell erreicht werden (*Bild 5*). Hervorzuheben ist dabei, dass diese minimalen Abweichungen mit einer selbstkalibrierenden Konfiguration erreicht wurden.

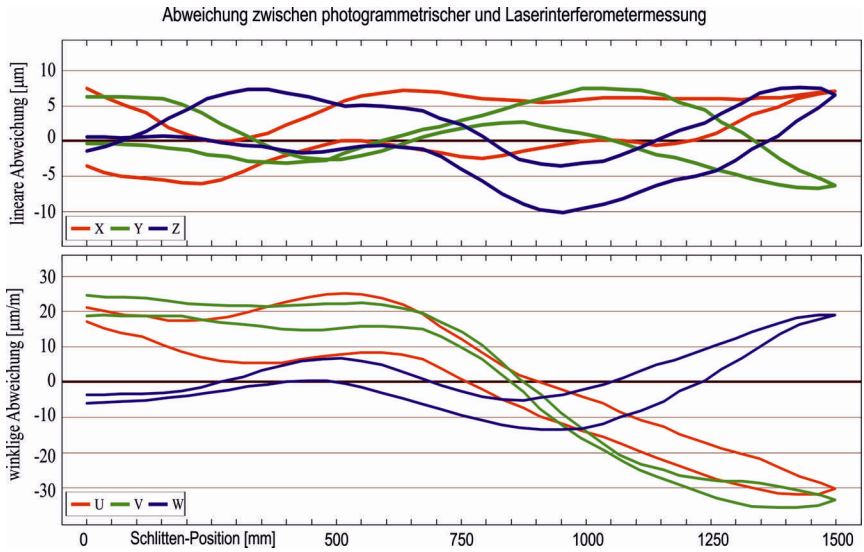


Bild 5: Abweichung gegenüber der Laserinterferometermessung der besten Messkonfiguration

4.4.5 MOBIMA – Arbeitsausrüstungen mit parallelkinematischen Strukturen für mobile Arbeitsmaschinen

Laufzeit	01/2011 - 12/2012
Finanzierung	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Bernd Kauschinger Dipl.-Ing. Christian Friedrich
Kooperation	TU Dresden Institut für Verarbeitungsmaschinen und Mobile Arbeitsmaschinen, Professur für Baumaschinen und Fördertechnik

Zielstellung

Parallelkinematiken besitzen dabei im Allgemeinen Vorteile durch hohe Traglast und Steifigkeit bei geringer bewegter Eigenmasse, ein gutes Verhältnis von Arbeitsraum zu Aufspannfläche sowie die einfache Umsetzbarkeit modularer und leichter Bauweisen. Für mobile Arbeitsmaschinen finden Parallelkinematiken allerdings aufgrund der komplexen Steuerung bisher keine Anwendung. Ziel des Projektes ist daher die Analyse der wirtschaftlichen und technischen Potenziale des Einsatzes von Parallelkinematiken in mobilen Arbeitsmaschinen. In der ersten Projektphase ergaben Untersuchungen möglicher Einsatzfelder besonders großes Potenzial für den Einsatz als Arbeitskinematik am Radlader.

Speziell für Radlader existieren sowohl viele Maschinentypen, wie Kompakt-, Teleskop- oder Schwenklader, als auch zahlreiche arbeitsprozessspezifische Werkzeuge, wie bspw. Schaufeln und Palettengabeln mit integriertem Schub- oder Drehmodul. Ein Großteil dieser Vielfalt besteht jedoch nur zur Kompensation der eingeschränkten Arbeitsbeweglichkeit des Radladers. Dabei führt die ständige Anpassung an den jeweiligen Arbeitsprozess durch Maschinen- oder Werkzeugwechsel zu einer geringen Maschinenauslastung und hohen Gesamtkosten.

Der Einsatz einer Hexapodarbeitsausrüstung am Radlader erlaubt die Bewegung aller Werkzeuge in allen sechs Freiheitsgraden und ermöglicht so Bewegungen wie bspw. seitlichen Versatz, seitliches Kippen/Verdrehen oder Telekopieren und damit für viele Anwendungsfälle den Verzicht auf den Einsatz teurer Sonderwerkzeuge oder gar anderer Maschinentypen. Die damit erreichte höhere Wendigkeit und Flexibilität führt direkt zu einer effizienteren Maschinennutzung mit entsprechenden Zeit- und Kostenersparnissen bei den Arbeitsprozessen.

Ziel der Hauptphase des Projektes ist daher die Entwicklung, Umsetzung und Erprobung eines hydraulischen Hexapods als parallelkinematische Arbeitsausrüstung an einem Radlader (Bild 1).

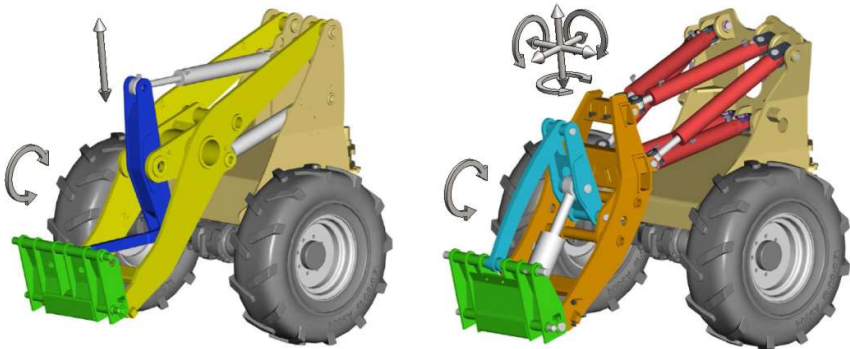


Bild 1: Konventionelle Arbeitsausrüstung (links) und Hexapodarbeitsausrüstung (rechts) mit Darstellung der Bewegungsfreiheitsgrade

Lösungsweg

Es erfolgt zunächst der Aufbau eines stationären Prüfstandes mit dem Ziel der Inbetriebnahme der Teilsysteme sowie prozessunabhängigen Untersuchungen an Anwendungen und Arbeitsausrüstungen. Anschließend folgen, mittels der verstellbaren Gelenkpunktanordnungen am Prüfstand, Untersuchungen zu verschiedenen Gelenkpunktlagen, um eine für den Radlader passende und hinsichtlich Arbeitsraum und Kraftverteilung güns-

tige Konfiguration zu finden. Parallel werden die Neukonstruktion des Vorderwagens zur Anbindung der neuen Struktur und die Konzipierung der Hydraulik durchgeführt. Die Entwicklung der Steuerung umfasst, entsprechend der neuen Systemarchitektur auf dem Radlader (Bild 2), als wesentliche Aufgaben die

- Auslegung eines CANopen-Bussystems zur Anbindung sämtlicher mit der Steuerung verbundener Sensorik und Aktorik,
- die Inbetriebnahme eines echtzeitfähigen Linuxbetriebssystems und die Entwicklung der notwendigen Grundfunktionalitäten: CANopen-Anbindung, Prozessabbild, Datenlogger, Entwickler-Bedienoberfläche, etc.,
- Entwicklung und Implementierung der Regler, Bahnplanungs- und Interpolatorfunktionen,
- Entwicklung und Implementierung echtzeitfähiger kinematischer Transformationen für den Hexapod mit exzentrischen Gelenken und die neue Kippkinematik sowie
- Entwicklung einer Bedienoberfläche für den Radlader.

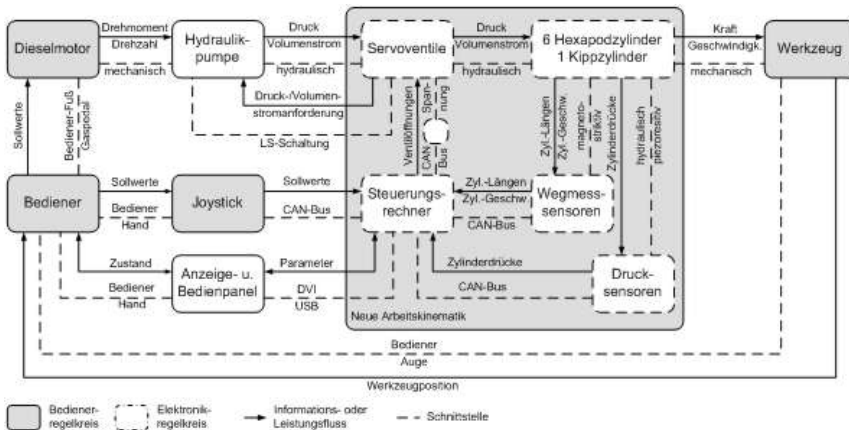


Bild 2: neue Systemarchitektur aus Steuerungssicht

Ergebnisse

Die gegenständlichen Ergebnisse des Projektes sind ein Hexapod-Prüfstand und ein Demonstrator-Radlader. Der Prüfstand ist mit einer Belastungseinrichtung versehen, die Untersuchungen bei unterschiedlichen Lastsituationen ermöglicht. Der Radlader ist trotz umfangreicher Messtechnik praxisnah aufgebaut und autark einsetzbar (*Bild 3*).



Bild 3: Demonstrator-Radlader mit Hexapodarbeitsausrüstung

Die Bedienung erfolgt entweder interaktiv durch den Bediener mit einem Joystick oder trajektoriengeführt durch Auswahl von Trajektorien oder einfachen Zielpositionen (z. B. der Homeposition) auf dem Display. Eine Bedienoberfläche unterstützt den Fahrer weiterhin durch Anzeige der Istpose, der aktuellen Joystickbelegung und des Systemzustandes (*Bild 4*).

Als weitere Ergebnisse des Projektes sind der hohe Erkenntnisgewinn über den Einsatz von Parallelkinematiken an mobilen Arbeitsmaschinen, die Bestätigung der Machbarkeit und die durchweg positiven Reaktionen von Anwendern und Herstellern zu nennen. Die neuartige Hexapod-Arbeitsausrüstung ist zum Patent angemeldet und es bestehen Kontakte zu Radladerherstellern bzgl. einer Weiternutzung.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Statusmeldungen
 procim: line=882 bus: timing-active input-missing: Constants (A/0x3ff)
 petrimet: hyd_guard:0x0 c_Fp:0x0 c_Qv:0x0 c_Ovr:0x0 c_TDK:0x0 s_hydraulic:0x3 tool_unlocked:0x0
 drive_direction:0x0 drive_velocity:0x0 incremental_memu:0x0

IVMA

Pose
 Plattform in Gestell

	X	Y	Z	B	L	D	Kippwinkel
	-259.30	0.62	157.02	1.65	0.51	-0.01	-18.36

	l [mm]	Sx [°]	Sy [°]	Rz [°]	Hx [°]	Hs [°]
A1	239.10	-12.3	2.6	69.9	-15.1	2.9
A2	239.10	-10.0	-8.5	-40.4	17.8	3.6
A3	239.20	6.9	8.0	70.7	-9.9	6.0
A4	239.00	-7.0	8.0	70.8	10.0	-6.0
A5	239.10	-10.1	8.5	40.4	-11.8	3.7
A6	239.20	-12.3	-2.6	69.9	15.1	3.0

gespeicherte Posen
 HOME anfahren PARKEN anfahren
 MEMORY 1 anfahren MEMORY 2 anfahren
 MEMORY 1 setzen MEMORY 2 setzen

Status
 MOTOR
 DRUCK
 VENTILE
 VOLUMENSTROM
 WZ-VERRIEGELUNG

Joystickbewegung - Hauptachsen
 Joystickbewegung - Zusatzachsen

Geschwindigkeitsbegrenzung: 100%

Betriebsmodus
 Radlader Standard Radlader Erweitert 6-Achs Kartesisch 6-Achs Kugelkoordinaten Benutzerdefiniert

Verbinden
 Trennen

MODUS: Interaktiv Start

Bild 4: Anzeige- und Bedienoberfläche für den Einsatz auf dem Radlader

Die Vorstellung des Radladers erfolgte bereits auf der Hannovermesse 2012, der 5. Fachtagung für Baumaschinentechnik in Dresden und dem 7. Kolloquium Mobilhydraulik in Karlsruhe. Der Besuch weiterer Messen, wie der bauma 2013, ist geplant.

4.5 AG Umformtechnik

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

Laufzeit 01/2006 - 03/2011

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

Bearbeiter Dr.-Ing. Hajo Wiemer
Dr.-Ing. André Hardtmann
Dipl.-Ing. Lars Penter
Dipl.-Ing. Sebastian Kriechenbauer

Ausgangssituation

Die Berücksichtigung von Hubzahlerhöhung, Auftreffstoß und Schnittschlag auf den Umform-, bzw. Schneidprozess, die Erscheinungen bei einem Maschinenwechsel oder bei der Werkzeugeinarbeitung werden in derzeitigen Simulationsansätzen für die Blechumformung nicht berücksichtigt. Soll bereits in der Planungsphase bewusst Einfluss auf die Qualität und Wirtschaftlichkeit des Umformprozesses genommen werden, wird als Simulationswerkzeug ein Gesamtmodell des Umformprozesses benötigt, welches die Wechselwirkungen zwischen den Teilsystemen Maschine, Werkzeug und Werkstück (Prozess) sowie deren wesentliche Einflussgrößen beschreibt.

Zielstellung

Für den letzten Berichtszeitraum lag der Schwerpunkt bei der Erarbeitung von Grundlagen der Modellierung und Lösungsalgorithmen für die Berücksichtigung der dynamischen Wechsel-

wirkungen zwischen Presse/Werkzeug und Prozess/Werkstück in der Umformung.

Lösungsweg

Zur Untersuchung relevanter dynamischer Einflussgrößen auf den Umformprozess wurden Prozessmodelle für Tiefziehen und Schneiden aufgestellt. Beide Verfahren unterscheiden sich wesentlich hinsichtlich ihres Kraft-Weg-Verlaufs. Sie bilden somit prädestinierte Beispiele für unterschiedliche Möglichkeiten einer Schwingungsanregung in einer Umformmaschine. Die Berücksichtigung von Maschinenschwingungen im FE-Prozessmodell erfordert Berechnungen ohne die bei explizit integrierenden FE-Programmen übliche Masse-, bzw. Zeitskalierung. Dies bedingt speziell bei der Abbildung großer Strukturen mit vielen Freiheitsgraden extrem lange Berechnungszeiten. Im 3. Berichtszeitraum wurde daher die modale Reduktion als vielversprechende Methode zur Reduzierung der Freiheitsgrade untersucht. Die Hydraulik einer Maschine und deren Steuerung und Regelung kann mithilfe der blockorientierten Signalflussbeschreibung modelliert werden. Subroutinen ermöglichen die Überführung eines mit Differenzgleichungen beschriebenen Signalflussmodells in das FE-Prozessmodell (Modellmigration), *Bild 1*.

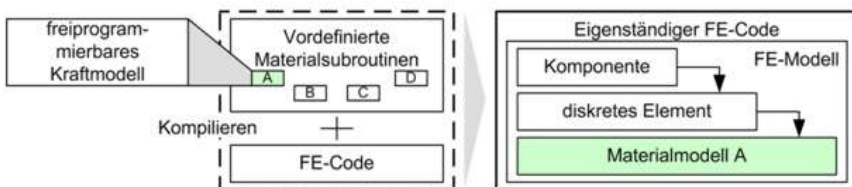


Bild 1: Modellmigration mittels Kompilierens eines eigenständigen FE-Lösers zur Überführung eines frei programmierbaren Kraftmodells in das FE-Prozessmodell

Zur Analyse der dynamischen Einflüsse aus der Maschine auf den Prozess müssen im Reibmodell zur Definition der Kontaktverhältnisse zwischen Blech und Werkzeug und im Materialmodell des Bleches Geschwindigkeitsabhängigkeiten abgebildet werden. Hierfür wurden entsprechende Reibmodelle, die von Gleitge-

schwindigkeit und Kontaktnormalspannung abhängig sind, implementiert sowie Dehnratenabhängigkeiten in den Materialmodellen berücksichtigt:

Ergebnisse

Simulationsergebnisse zeigen Unterschiede in der Blechdickenverteilung in Abhängigkeit von Antriebskinematik und Hubzahl. *Bild 2* zeigt dies am Beispiel eines Exzenterantriebs und eines 8-gliedrigen Hebelantrieb. Deutlich zu erkennen sind einerseits die größere Blechdicke im Zargenbereich bei größerer Hubzahl (und damit Umformgeschwindigkeit) sowie andererseits die größere Blechdünnung am Bodenradius beim 8-gliedrigen Hebelantrieb.

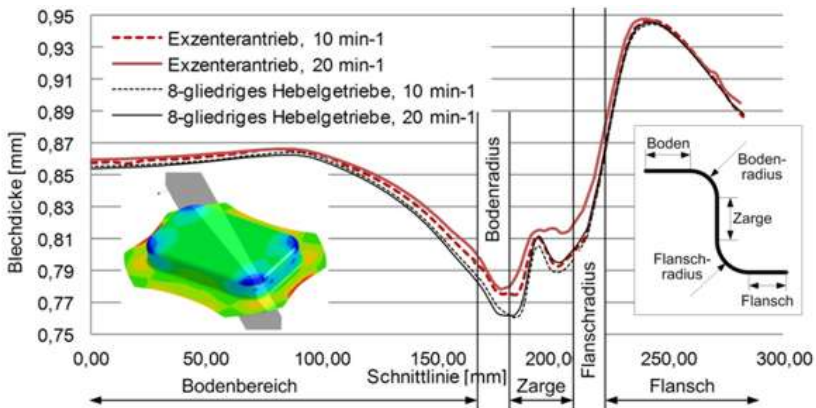


Bild 2: Blechdickenverteilung beim Rechtecknapf in Abhängigkeit von Antriebskinematik und Hubzahl

Weitere Untersuchungen demonstrieren die sinnvolle Anwendbarkeit der modalen Reduktion auf Simulationenaufgaben mit dominierend globalen Verformungen. Hier ist die hinreichend genaue Abbildung der elasto-statischen und dynamischen Verformung mit einer schon geringen Anzahl an berücksichtigten Einzelmoden möglich. Zur Abbildung lokaler Verformungen ist selbst bei der Verwendung von sehr vielen Moden und einer damit verbundenen hohen Rechenzeit keine hinreichend genaue Abbildung der quasistatischen Verformung möglich.

Bei hydraulischen Pressen haben neben den mechanischen Komponenten die Antriebe einschließlich ihre Regelung und Steuerung einen maßgeblichen Einfluss auf das dynamische Verhalten der Presse. Auf Grundlage von [Li08] wurde die Abbildung der Hydraulik der Presse Wanzke HPV160 im Mixed-Modell-Programm ITI-SIM erstellt und im Anschluss in ein Signalmodell mit Differenzgleichungen umgewandelt. Dieses Signalmodell wurde mittels eines frei programmierbaren Kraftmodells in den FE-Code von LS-DYNA implementiert und definiert dort das Verhalten eines diskreten Elementes (siehe *Bild 3*).

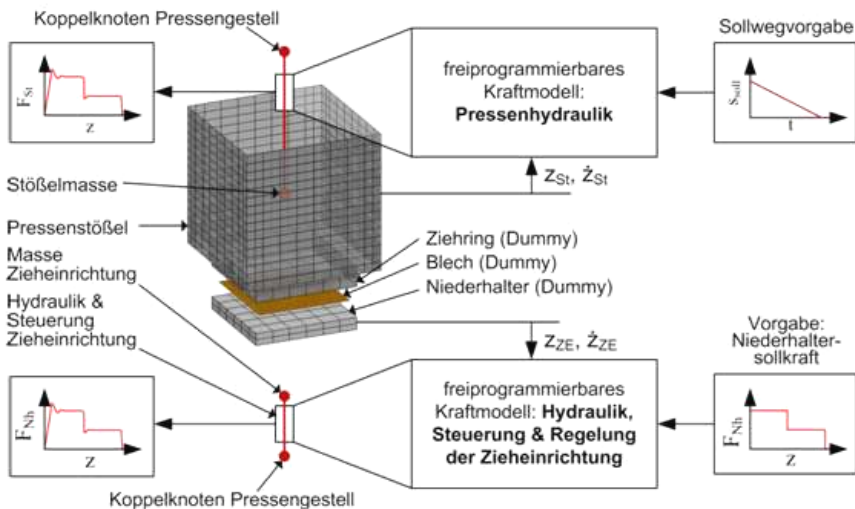


Bild 3: FE-Prozessmodell mit integrierter Pressenhydraulik

Durch Modellmigration konnten hydraulische Antriebe von Pressmaschinen einschließlich ihrer Steuerung und Regelung in das FE-Prozessmodell überführt werden. Dies ermöglicht die Abbildung der dynamischen Wechselwirkungen zwischen Maschine, Werkzeug und Prozess.

4.5.2 3D-Bauteile aus Blech und Textil durch umformende Verbundherstellung

Laufzeit	01/2011 - 03/2013
Finanzierung	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) Mitgliedvereinigung Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB)
Bearbeiter	Dr.-Ing. André Hardtmann Dipl.-Ing. Sven Bräunling
Kooperation	TU Dresden Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik Institut für Festkörpermechanik

Zielstellung

Forschungsziel ist ein innovatives Verfahren zur In-Situ-Umform-Sandwich-Erzeugung (USE) zur Herstellung qualitätsgerechter, komplex gestalteter Textil-Blech-Verbund-Bauteile (TBV-Bauteile) aus Metallblechen und endlosfaserverstärktem Thermoplast für den Maschinen- und Fahrzeugbau. Das USE-Verfahren ist eine Einschritttechnologie, um die Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Fertigung zu schaffen. Die qualitätsgerechte Reproduzierbarkeit der Technologie und die praktische Umsetzbarkeit der Bauteile werden an einem Funktionsmuster nachgewiesen. Der erfolgreiche und reproduzierbare Herstellprozess erfordert folgende Teilziele:

- Sicherstellung des Blechumformprozesses,
- anwendungs- und verfahrensgerechte Anpassung der Halbzuge,
- haftungsfördernde Oberflächengestaltung auf Blech- und Textilseite,
- Entwicklung eines Prozessregimes für den USE-Vorgang und
- Entwicklung geeigneter Simulationsmethoden für Bauteilauslegung und Prozessgestaltung.

Die Untersuchungen werden exemplarisch anhand der Materialkombination Glas (GF)/Polypropylen (PP) und Metallblech (Tiefziehstahl, Edelstahl, Aluminiumlegierung) durchgeführt. Daraus ergeben sich gute Ansätze für die exemplarische Übertragung der Ergebnisse auf andere Materialkombinationen für höhere mechanische und thermische Anforderungen, wie Glas/Polyester oder Kohlenstoff/Polyetheretherketon.

Lösungsweg

Der USE-Verfahrensansatz zur Herstellung komplex geformter TBV-Bauteile basiert darauf, dass textilverstärkte FKV auf Basis von Hybridgarn-Verstärkungstextilien ohnehin durch Heißpressen konsolidiert werden müssen. Dabei wird die Thermoplastmatrix aufgeschmolzen, um eine vollständige Tränkung und Benetzung der Faserstruktur zu erreichen. Nach dem USE-Verfahren soll durch die aufgeschmolzene Thermoplastmatrix gleichzeitig mit dem Umformen die Verbindung zum Blech erfolgen. Die bestmögliche Haftung zwischen Metall und Textil kann vor allem über die Gestaltung bzw. Modifikation der Textil- und/oder der Metalloberfläche erreicht werden. Die Formgebung der beiden Komponenten Blech und biegeschlaffes Textil erfolgt während des Heißpressens in einem speziell dafür ausgelegten USE-Werkzeug mit entsprechenden Nachführungen für die Halbzeuge. Die Anpassung des Deformationsverhaltens der Hybridgarn-Verstärkungstextilien an die bestehenden Verarbeitungs- und Gebrauchsanforderungen ist ebenfalls Untersuchungsschwerpunkt.

Das USE-Verfahrensprinzip (*Bild 1*) funktioniert folgendermaßen:

1. Einlegen/Stapeln der Einzelkomponenten Blech und biegeschlaffes Hybridgarn-Verstärkungstextil in das USE-Werkzeug, Koppelung mit den Nachführsystemen,
2. Temperierter Umformprozess,
3. Entnahme des versteiften 3D-Leichtbauteils aus dem TBV.

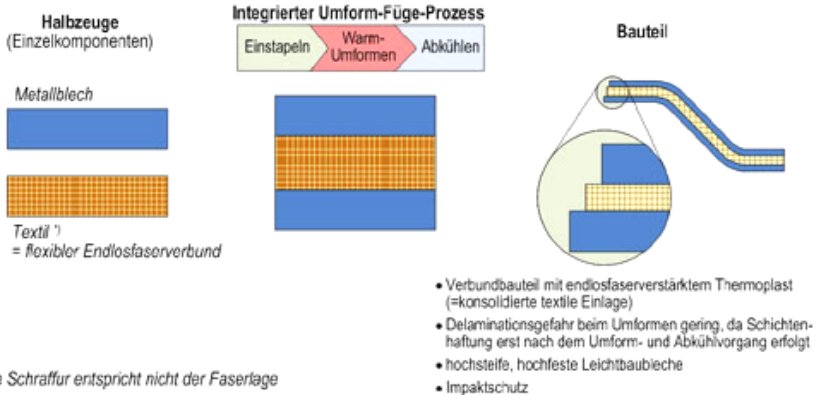


Bild 1: USE Verfahrensprinzip

Ergebnisse

Das angestrebte wissenschaftlich-technische Ergebnis des Vorhabens ist ein neues Fertigungsverfahren, mit dem hochfeste und hochsteife Bauteile mit komplexer dreidimensionaler Geometrie aus einem neuartigen, leichtbaugerechten Verbundwerkstoff kostengünstig hergestellt werden können (Bild 2).

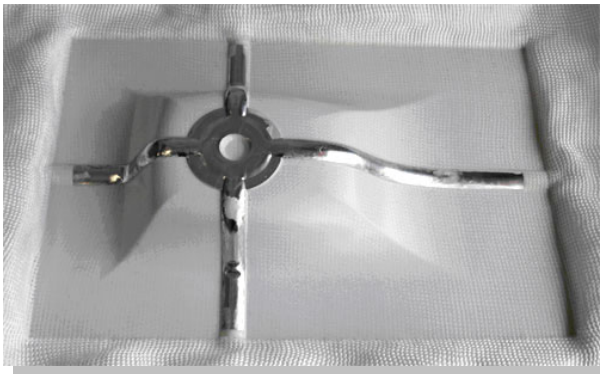


Bild 2: TBV-Bauteil aus endlosfaserverstärktem Thermoplast mit Verstärkungsblech

Das USE-Verfahren und die neuartigen Leichtbauteile ermöglichen schließlich gewichtsreduzierte Produkte für eine höhere Dynamik bei bewegten Baugruppen oder Fahrzeugen und eine Senkung des Energieverbrauchs.

4.5.3 Simulation von Ziehkisseneinflüssen im FEM-Prozessmodell

Laufzeit	04/2009 - 03/2011
Finanzierung	BMW über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgemeinschaften "Otto von Guericke" (AiF), Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V. (EFB)
Bearbeiter	Dipl.-Ing. Lars Penter
Kooperation	TU Dresden Institut für Fluidtechnik (IFD)

Zielstellung

Ziel dieses Projektes ist es, die Teilmodelle Prozess, Ziehkissenmechanik und das reduzierte Modell der Ziehkissenhydraulik, -steuerung und -regelung in einer FEM-Umgebung zusammenzuführen und damit deren Einfluss auf die Teilequalität mittels Prozesssimulation berechnen und bewerten zu können.

Lösungsweg

Im Verlauf der Projektbearbeitung wurden die Teilmodelle der Ziehkissenmechanik erstellt, parametrisiert und evaluiert. Anschließend wurde ein reduziertes Signalmodell der Ziehkissenhydraulik, -steuerung und -regelung mittels eines selbstprogrammierbaren Materialmodells in eine FEM-Umgebung implementiert werden. Das reduzierte Signalmodell wird vom Projektpartner erstellt, parametrisiert und mit Messwerten abgeglichen. *Bild 1* illustriert die Teilmodelle und stellt deren wesentliche Merkmale dar.

Ergebnisse

Das neue Materialmodell Hydraulik-Steuerung-Regelung (HSR-Modell) ist für diskrete Balkenelemente konzipiert. Es wurde in der Programmiersprache FORTRAN erstellt und mit dem FEM-Code LS-DYNA verschmolzen (*Bild 1*).

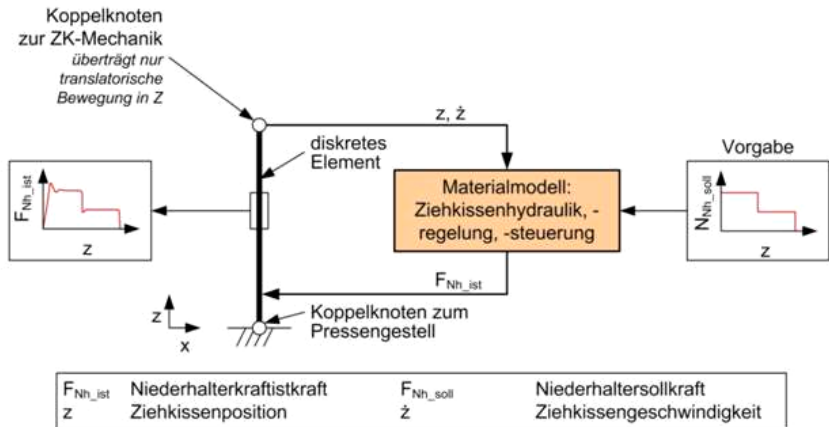


Bild 1 Integration der Ziehkissenhydraulik, -regelung, -steuerung

Damit ist es als eigenständiges Materialmodell in dieser FEM-Umgebung verfügbar. Die dazugehörigen Materialparameter (z. B. Kolbenflächen, Volumen, Öl-Kompressionsmodul, Reglerverstärkungen) werden über eine entsprechende Materialkarte im Pre-Prozessor definiert. Bild 2 links zeigt den Aufbau des FEM-Modells zur Evaluierung des neuen Materialmodells. Ziehring und Niederhalter sind als Starrkörper modelliert und besitzen einen Freiheitsgrad in z-Richtung. Das Blech dient zur Formulierung des Kontaktes zwischen den beiden Starrkörpern.

In Bild 2 rechts sind die berechneten Verläufe der Niederhalterkraft für einen Beispielhub der Pressmaschine ohne Werkstück mit einem vorgegebenen Sprung der Sollkraft von 200 kN auf 250 kN dargestellt. Die Übereinstimmung der Niederhalterkraftverläufe zeigt die Funktionsfähigkeit des in die FEM-Umgebung integrierten Modells der Zieheinrichtung.

In einem weiteren Schritt wurde das HSR-Modell in ein FEM-Tiefziehprozessmodell integriert. In Bild 3 sind die Verläufe der simulierten und gemessenen Niederhalteristkräfte sowie die Positionen des Niederhalters dargestellt. Deutlich wird, dass mit dem neuen Modell auch der Auftreffschlag des Ziehringes auf den Niederhalter und die damit verbundene Kraftüberhöhung in der Kontaktzone simuliert werden kann.

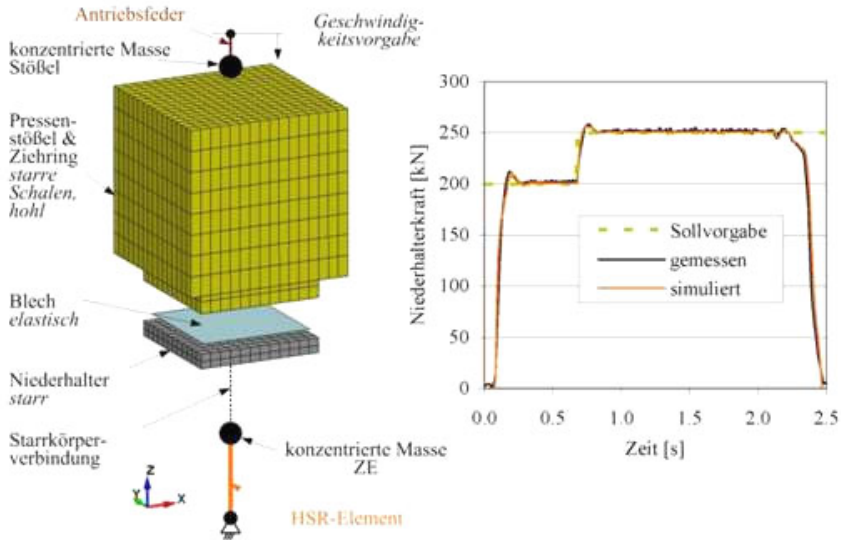


Bild 2: links: FE-Modell mit Eigenschaften der Ziehpresshydraulik, -regelung und -steuerung, rechts: Niederhalterkraftverlauf für Messung u. FE-Modell

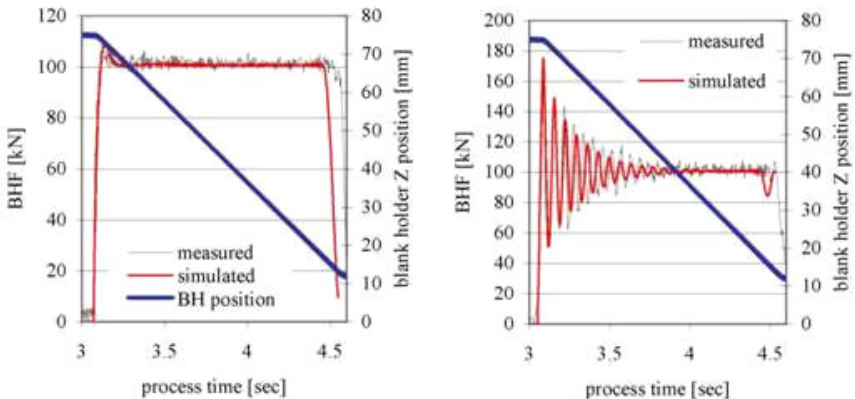


Bild 3: simulierter und gemessener Niederhalterkraftverlauf während des Auftreffstoßes für verschiedene Reglereinstellungen

4.5.4 Simulationsgestützte Abstimmung von Ziehkissen

Laufzeit	08/2012 - 07/2014
Finanzierung	BMW über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgemeinschaften "Otto von Guericke" (AiF), Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V. (EFB)
Bearbeiter	Dipl.-Ing. Lars Penter
Kooperation	TU Dresden Institut für Fluidtechnik (IFD)

Ausgangssituation

Hydraulische Zieheinrichtungen werden bei Tiefziehprozessen auf einfachwirkenden Pressen eingesetzt, um den Materialfluss für einen stabilen Umformprozess zu kontrollieren. Der Betrieb ist jedoch (vor allem bei Mehrpunktziehanlagen) mit hohem Inbetriebnahmeaufwand verbunden, denn für jedes neue Werkstück müssen die Betriebsparameter neu bestimmt und eingestellt werden. Dieser Vorgang ist durch die komplexen Wirkzusammenhänge sowie einen hohen Zeit- und Kostenaufwand gekennzeichnet und erfordert viel Erfahrungswissen. Durch hinreichend genaue (Start-)Betriebsparameter, welche prinzipiell durch die numerische Simulation bestimmt werden können, ließe sich die Inbetriebnahme wesentlich verkürzen. Bisher ist jedoch keine ausreichende Unterstützung der teilespezifischen Inbetriebnahme von Zieheinrichtungen durch Simulation möglich.

Zielstellung

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung und experimentelle Erprobung einer Methodik zur Vorausbestimmung geeigneter Betriebsparameter von Mehrpunktziehkissen, die in Tiefziehpressen für Produktion und Werkzeugerprobung Anwendung finden. Im Mittelpunkt steht speziell die Bestim-

mung bauteilspezifischer, zeitlich und örtlich günstiger Sollwertvorgaben für die einzeln ansteuerbaren hydraulischen Antriebe von Mehrpunktzieheinrichtungen. Dazu muss ein Simulationssystem verfügbar gemacht werden, das die Online-Kopplung einer FEM-Simulation für den Umformprozess und einer Systemsimulation für die Maschine (Mechanik, Ziehkissen, Antriebe, Regelung) ermöglicht. Ein solches Simulationssystem gewährleistet die unmittelbare Zugänglichkeit zu den Sollwertvorgaben sowie zu den Reglerparametern und bietet eine große Realitätsnähe. Die Methode soll durch Nutzung praxisüblicher Software mit standardisierten Schnittstellen, durch gründliche, beispielhafte Erprobung einschließlich Untersuchung und Durchführung von Maßnahmen zur Rechenzeitoptimierung und eine ausführliche Dokumentation auch für kleine und mittlere Anwender einfach nachvollziehbar und nutzbar sein.

Lösungsweg

Während der Modellbildung erfolgt die Übertragung der betrachteten Anlage und Umformprozesse in eine ganzheitliche Simulationsumgebung (*Bild 1*). Für die Teilmodelle der Zieheinrichtung (Mechanik, Hydraulik, Steuerung und Regelung) werden auf Basis von Konstruktionsunterlagen, Schaltplänen und Messdaten physikalische Ersatzschaltbilder aufgestellt und die Systemgleichungen formuliert. Die Teilmodelle des Ziehkissens werden in der Systemsimulation (DBS) umgesetzt und zu einem Gesamtmodell der Anlage zusammengeführt. Die Beschreibung komplexer mechanischer Maschinenteile erfolgt durch modale Ersatzsysteme und kann so in die Systemsimulation oder alternativ in die erweiterte FE-Prozesssimulation integriert werden.

Für die Anlagenmodellierung wird das Programm SimulationX angewendet, die Entwicklung des Teilmodells Umformprozess erfolgt im FEM-Programm LS-DYNA.

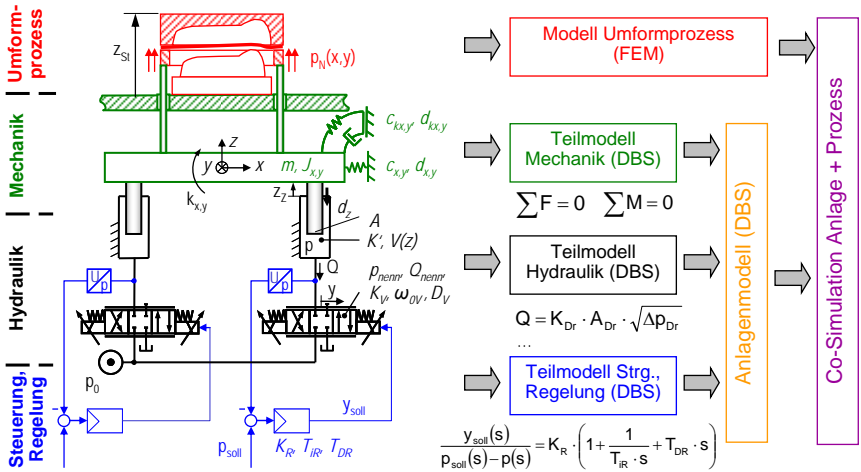


Bild 1: Modellbildung von Anlage und Prozess für gekoppelte Simulation (beispielhaft)

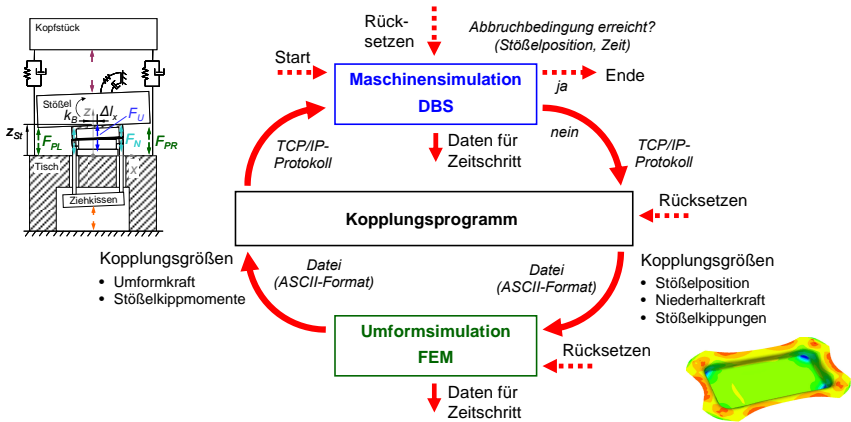


Bild 2: Beispiel für die gekoppelte Simulation von Tiefziehpresse und -prozess.

Nach der Bereitstellung einer realistischen Versuchsumgebung innerhalb der gekoppelten Simulation (Bild 2) erfolgt die virtuelle Inbetriebnahme der betrachteten Mehrpunktzieheinrichtung nacheinander für zwei Beispielwerkzeuge. Dazu wird eine Metho-

dik zur Durchführung des Inbetriebnahme-Prozesses in der Simulation erarbeitet. Die virtuelle Ermittlung der zeitlichen Sollwertverläufe für die einzelnen hydraulischen Ziehkissenachsen erfolgt manuell durch zielgerichtete Modifikationen zum Erreichen einer optimalen Bauteilqualität. Die mit Hilfe der Simulation ermittelten Sollwertvorgaben für die Zieheinrichtung werden in der Beispielmachine implementiert und erprobt.

4.5.5 Modellierung von Prozessen auf Servo-Pressen

Laufzeit	02/2011 - 01/2013
Finanzierung	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgemeinschaften "Otto von Guericke" (AiF), Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V. (EFB)
Bearbeiter	Dr.-Ing. André Hardtmann Dipl.-Ing. Christer Schenke
Kooperation	Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (FhG IWU)

Ausgangssituation

Um auch künftig eine wirtschaftliche Blechverarbeitung sicherzustellen, müssen vielseitige Herausforderungen, wie z. B. die zunehmende Bauteilkomplexität und Variantenvielfalt unter Einsatz neuer, schwer umformbarer Werkstoffen, bewältigt werden. Um konkurrenzfähig zu bleiben sind industrielle Unternehmen fortwährend zur Steigerung von Produktivität und Effizienz gezwungen. Um dem resultierenden enormen Zeitdruck gerecht zu werden und dabei die Entwicklungskosten für neue Verfahren, Werkzeuge und Maschinen zu minimieren ist der Einsatz numerischer Simulationsmethode unumgänglich.

Zielstellung

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Weiterentwicklung von bestehenden Prozessmodellen, um das dynamische Verhalten der Teilsysteme Werkstück und Werkzeug unter Berücksichtigung der dynamischen Eigenschaften der Umformmaschine zu simulieren und so hochdynamische Prozesse sicher und zuverlässig auslegen zu können. Dabei sollen experimentelle Untersuchungen die Modellbildung unterstützen und zu einer besseren Durchdringung hochdynamischer Prozesse beitragen.

Lösungsweg

In diesem Forschungsvorhaben werden am IWM am Beispiel typischer Umformprozesse, dem Scherschneiden (das Video zeigt die plastische Dehnung beim Schneidvorgang) und dem Tiefziehen (*Bild 1*), Prozessmodelle entwickelt, die eine Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens der Umformmaschine ermöglichen.

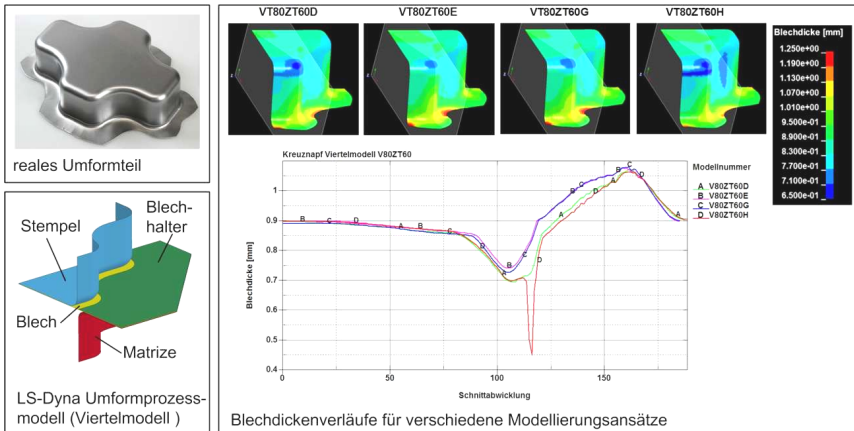


Bild 1: Tiefziehen eines Kreuznapses

Als Umformmaschine kommt dabei eine Servo-Spindelpresse der Dunkes GmbH des Fraunhofer IWU Dresden zum Einsatz. Dieser Maschinentyp eignet sich aufgrund geringer Massen im Antriebsstrang und hoher erreichbarer Beschleunigungen besonders für die Durchführung dynamisch anspruchsvoller Prozesse.

Das Arbeitsdiagramm in *Bild 2* zeigt chronologisch die einzelnen Arbeitsschritte und die Vernetzung zwischen den beteiligten Forschungsstellen. Verbunden werden dabei die jeweiligen Erfahrungen zur

- simulationsgestützte Analyse von Umformprozessen unter Berücksichtigung des statischen und dynamischen Maschinenverhaltens am IWM

mit den Erfahrungen zur

- Konstruktion und Technologieentwicklung auf Basis neuer umformender Fertigungssysteme des Fraunhofer IWU.

Ergebnisse

Als angestrebtes wissenschaftlich-technisches Ergebnis des Vorhabens sollen mit Hilfe der erarbeiteten Prozessmodelle Erkenntnisse über die dynamischen Eigenschaften der Beispielprozesse unter Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens der Umformmaschine gewonnen werden mit dem Ziel, Prozessparameter zu ermitteln, die das Verhalten und Zusammenwirken der Teilsysteme Werkstück, Werkzeug und Maschine berücksichtigen und so einen stabilen Umformprozess gewährleisten.

Die Prozessmodelle werden derart gestaltet, dass auch die Untersuchung anderer Antriebskinematiken von Servo-Pressen durch entsprechende Parametrierung vorgenommen werden kann.

Zusammenfassend konzentrieren sich die Arbeiten auf folgende Schwerpunkte:

- Ermittlung relevanter Prozessparameter,
- Erweiterungsmöglichkeiten der Verfahrensgrenzen durch experimentelle und simulative Untersuchung der Prozesse,
- Entwicklung von Prozessmodellen, die die Berücksichtigung verschiedener Antriebskinematiken von Servo-Pressen ermöglichen.

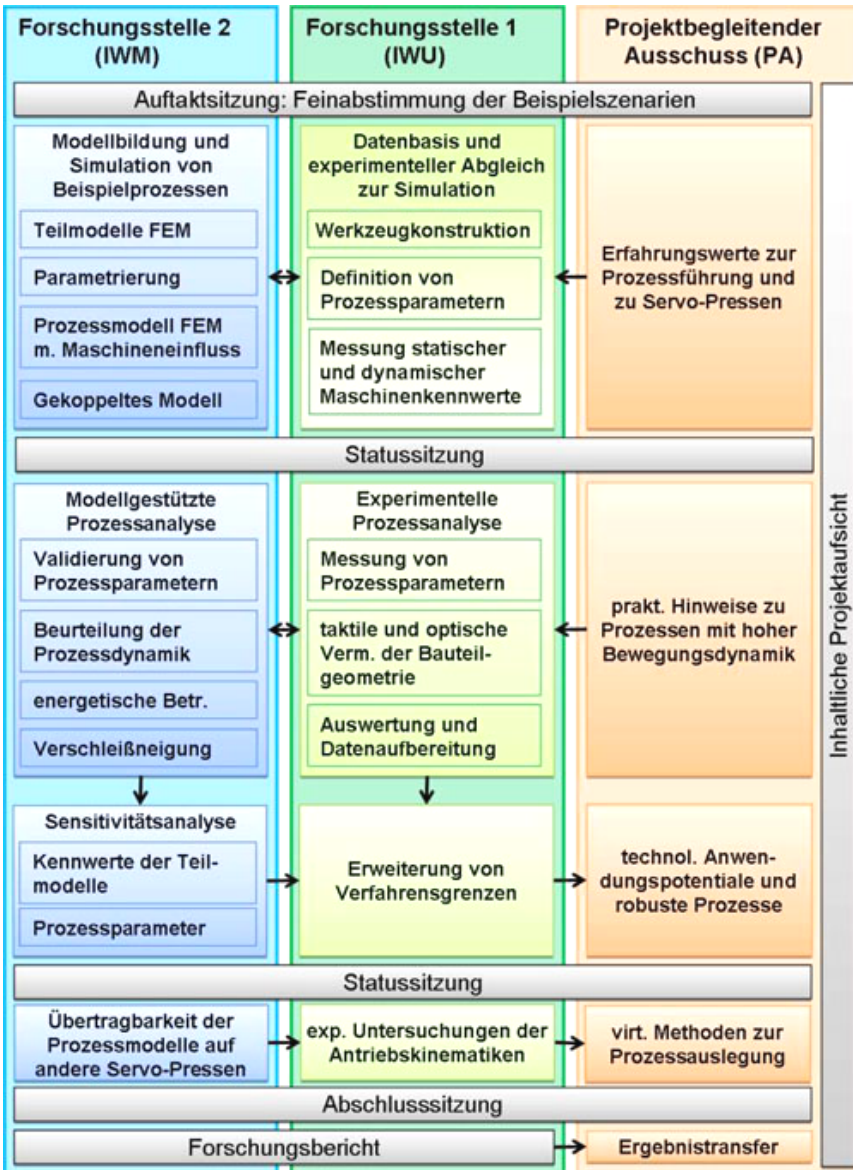


Bild 2: Arbeitsdiagramm und Übersicht über die Kooperation der Forschungspartner

4.5.6 Modellverarbeitungsprozess für eine effektive endkonturnahe Fertigung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen - EFFEKT

Teilprojekt Preformhandling

Laufzeit	04/2009 - 03/2011
Finanzierung	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Bearbeiter	Dipl.-Ing. Mirko Riedel Dipl.-Ing. Christian Friedrich Dipl.-Ing. Christer-Clifford Schenke
Kooperation	Produktionstechnisches Zentrum Dresden (ProZeD)

Zielstellung

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt erarbeitet einen neuartigen Fertigungsprozess für die Herstellung von dreidimensionalen Bauteilen aus Hybridgarn-Textil-Thermoplast (HGTT)-Halbzeugen. Dabei wird das endkonturnahe Fertigteil durch Heißpressen direkt aus einer textilen Preform erzeugt und somit auf den bisher üblichen Zwischenschritt der Organoblechherstellung verzichtet. Als Demonstratorbauteil wurde ein Federdom ausgewählt.

Das Teilprojekt Preformhandling am IWM befasst sich - im Rahmen der Gestaltung und Umsetzung einer automatisierten Prozesskette - mit der Entwicklung, Konstruktion und Inbetriebnahme der Anlagentechnik zur Herstellung der Preform sowie zur Handhabung der biegeschlaffen Preform und des konsolidierten, biegesteifen Fertigteils.

Lösungsweg

Die Prozesskette (*Bild 1*) gliedert sich in die Herstellung der textilen Preform aus der Rollenware sowie der anschließenden Umformung und Konsolidierung der Preform zum endkontur-

nahen Fertigteil. Entsprechend dieser Struktur ist der Prozess am IWM in zwei getrennten Bearbeitungszentren (BAZ) umgesetzt.

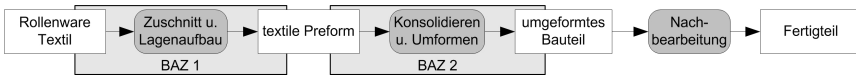


Bild 1: Ablauf des Gesamtprozesses

Im BAZ 1 erfolgt nach Zustellung des Materials durch die Abzugseinrichtung von der Rolle auf den Schneidrost zunächst der Zuschnitt der Einzellagen mit einem Plasmabrenner. Durch die hohen Temperaturen beim Schneidvorgang wird das Material an den Schnittkanten angeschmolzen und ein Vereinzeln der Gewebestandteile bei der Handhabung vermieden. Die Handhabung der Einzellagen sowie der fertigen Preform erfolgt mit Vakuumsauggreifern. Durch entsprechend große Öffnungsquerschnitte der Sauger kann ein ausreichend hoher Volumenstrom erreicht und das luftdurchlässige Textil prozesssicher gegriffen werden. Nach dem Stapeln zur Preform und dem Abtransport des Verschnittes durch den umlaufenden Schneidrost erfolgt als letzter Prozessschritt das Fixieren aller sechs Einzellagen mit einem Ultraschallschweißgerät. Die Preform kann somit als Ganzes in weiteren Prozessschritten gehandhabt werden.

Plasmabrenner, Vakuumsauger und Ultraschallschweißgerät können an der Plattform des Hexapod befestigt werden. So ist ein zeitaufwendiger Werkzeugwechsel unnötig und dadurch eine Minimierung der Prozesszeit möglich. Bild 2 veranschaulicht den Prozess im BAZ 1 und die zugehörigen Werkzeuge.

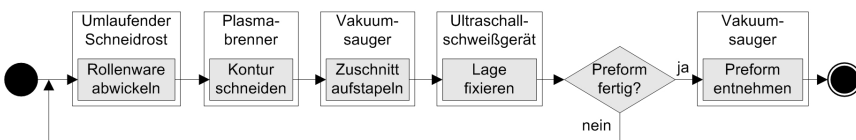


Bild 2: Ablauf der Preformherstellung im BAZ 1

Im BAZ 2 wird aus der textilen Preform durch Heißpressen das Fertigteil hergestellt. Die Anforderungen liegen hier - neben dem Pressprozess selbst - hauptsächlich in der Handhabung der biegeschlaffen Preform und des biegesteifen Fertigteils. In beiden Zuständen muss das Werkstück prozesssicher gegriffen werden, um eine präzise Positionierung der Preform im Werkzeug und das zuverlässige Abnehmen des Fertigteils zu gewährleisten. Die Arbeitsschritte von Industrieroboter und Presse sind durch eine übergeordnete Steuerung koordiniert.

Mittels einer Zustelleinrichtung wird die Preform vor jedem Pressvorgang positioniert. Nadelgreifer stellen beim Greifen der Preform sicher, dass alle Lagen durch das Greifersystem gehalten werden und das genaue Positionieren der Preform im Werkzeug möglich ist. Nach dem Pressen wird das fertige Bauteil mit Vakuumsauggreifern aus dem Werkzeug entnommen und auf einem Fertigteilstapel abgelegt. In *Bild 3* ist der Prozessablauf im BAZ 2 dargestellt.

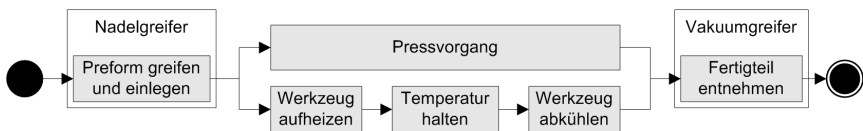


Bild 3: Ablauf der Fertigteilherstellung im BAZ 2

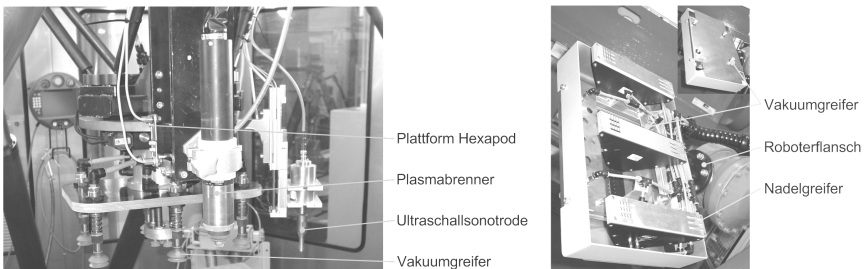
Auch am BAZ 2 werden die Greifersysteme so ineinander verschachtelt, dass ein Werkzeugwechsel vermieden werden kann und eine sehr geringe Bauhöhe erreicht wird. Dadurch ist das Einlegen der Preform ohne vorhergehendes Ablegen des Fertigteils möglich, was zu einer Minimierung der Prozesszeit beiträgt.

Ergebnisse

Bild 4 zeigt die im Forschungsprojekt aufgebauten Bearbeitungszentren, in *Bild 5* sind die jeweiligen Werkzeugplattformen dargestellt.



*Bild 4: Bearbeitungscentren
links: Preformherstellung (BAZ 1),
rechts: Fertigteilherstellung (BAZ 2)*



*Bild 5: Werkzeugplattformen
links: Hexapod (BAZ 1),
rechts: Industrieroboter (BAZ 2)*

Die im Projekt entstandene Versuchsanlage bleibt in Betrieb und wird für folgende Forschungsprojekte weiterhin eingesetzt:

- "3D Bauteile aus Blech und Textil durch umformende Verbundherstellung",
- "Datenbankgestützte Modellierung und Simulation der Prozessketten zur gezielten Einstellung vordefinierter Eigenschaften sowie zur Absicherung der reproduzierbaren Fertigung von thermoplastischen Textil-Verbundbauteilen" und
- "InnoFab – Innovationsfabrik als Lehr- und Lernform einer Universität".

4.5.7 InnoFab – Innovationsfabrik als Lehr- und Lernform einer Universität

Laufzeit	01/2011 - 12/2012
Finanzierung	Europäischer Sozialfond ESF
Bearbeiter	Dipl.-Ing. Christian Friedrich
Kooperation	TU Dresden Professur für Fügetechnik und Montage Professur für Technische Logistik CIMTT Zentrum für Produktionstechnik und Organisation

Zielstellung

Für eine effiziente und effektive Entwicklung und Herstellung von konkurrenzfähigen Produkten sind in Zeiten der Globalisierung verstärkt intelligente Verfahren und Vorgehensweisen notwendig. Basis erfolgreicher Entwicklungen ist daher neben dem Einsatz zielführender Methoden der Produktentwicklung vor allem ein strukturierter Innovationsprozess, der technische, organisatorische und personelle Aspekte des Wertschöpfungsprozesses, unter Umständen sogar des gesamten Produktlebenszyklusses, ausreichend und aufeinander abgestimmt berücksichtigt. Innovationen, d.h. erfolgreich am Markt eingeführte Produkte, sind bisher häufig das Ergebnis von Zufällen oder Einzelinitiativen in den Betrieben. Dieser Zustand ist unbefriedigend, da nur durch Innovationen die wirtschaftliche Zukunft eines Unternehmens gesichert werden kann. Deshalb ist es notwendig, dass die verfügbaren Methoden aufgearbeitet und praxisrelevant an der Universität vermittelt werden. Ziel ist es daher, den ganzheitlichen Prozess der Produktherstellung von der Innovationsidee über die Entwicklung bis hin zur Fertigung und Montage inklusive den notwendigen Logistikprozessen abzubilden und den Studierenden die dazugehörigen Methoden und Fachkenntnisse zu vermitteln.

Lösungsweg

Die Wissensvermittlung geschieht mit Hilfe der Innovationsfabrik, in der eine ganzheitliche und praxisnahe Aus- und Weiterbildung anhand des Produktlebenszyklus realer Produkte erfolgt. Dazu werden die Teilthemen Fabrikplanung, Produktionstechnik, Betriebswirtschaft, Arbeitsorganisation und -sicherheit, Fabrikbetrieb sowie Logistik miteinander verknüpft behandelt. Konkreter Gegenstand des Projektes ist die Erarbeitung des Lehr- und Lernkonzeptes für diese Innovationsfabrik und seine pilothafte Erprobung. Dabei wird bzgl. der genannten Teilthemen auf Arbeiten in anderen Projekten zurückgegriffen und es werden laufenden Arbeiten an der TU Dresden integriert. Es geht insbesondere um eine Bündelung der bislang an verschiedenen Professuren verteilten Kompetenzen und Lehrkonzepte. Das Absolvieren von Lernmodulen in der Innovationsfabrik wird dem Studierenden eine ganzheitliche und praxisorientierte Qualifikation ermöglichen und dabei folgende Aspekte berücksichtigen:

- In der Innovationsfabrik stehen das Lernen am konkreten Anwendungsfall und die selbstständige Arbeit im Vordergrund.
- Die abgebildeten Produktions- und Unternehmensprozesse werden mit den verschiedenen Sichtweisen der unterschiedlichen Disziplinen analysiert, gestaltet und bewertet.
- Der Durchlauf der Innovationsfabrik ist ein Ergänzungsangebot zu existierenden Studienplänen.
- Die Angebote der Innovationsfabrik sollen sowohl der Vertiefung erworbenen theoretischen Wissens durch praktische Anwendung dienen, als auch Orientierungswissen zu angrenzenden Fachgebieten vermitteln.

Mit der Innovationsfabrik wird eine praxisnahe Lern- und Schulungsplattform an der Universität entwickelt und etabliert. Dazu wird ein pädagogisches Konzept entwickelt, das ein handlungsgeleitetes Lernen ermöglicht. Es entstehen Module für die Bachelor- und Masterausbildung.

Ergebnisse

Die Aufgabenstellung für die Studierenden wurde als Rollenspiel konzipiert bei der die Studierenden das Entwicklungsteam innerhalb einer fiktiven Firma, der EFFEKT AG, darstellen. Durch die Einbindung in eine Story lassen sich leicht aktuelle Themen aus Forschung und Entwicklung in die Aufgabenstellung einbringen sowie praxisnahe Ausrichtung und leichte Modifikationsfähigkeit erreichen. Die Aufgabe des Innovationsteams besteht in der Einführung eines innovativen Fertigungsprozesses, der sich an Ergebnisse des ForMaT/EFFEKT-Projektes anlehnt, zur Fertigung einer Baugruppe aus einem HGTT-Federdom und einem Leichtbau-Federbein (*Bild 1*) im Rahmen einer Neuausrichtung des fiktiven Unternehmens.

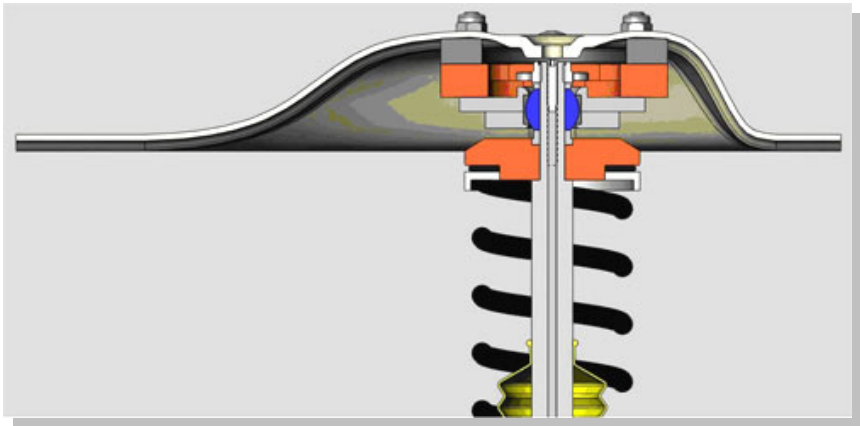


Bild 1: Baugruppe aus Federdom und Federbein

Bei der Einführung des bisher prototypischen Fertigungsprozesses sind neben den technischen Problemen zur Realisierung der geforderten Stückzahl auch wirtschaftliche (Einhaltung der Stückkosten), fabrikplanerische (Platzierung des Prozesses innerhalb der vorhandenen Produktionshalle), logistische (Planung der Transport- und Lagerkapazitäten), personalplanerische (effizienter und sozialer Einsatz des bisher beschäftigten Personals), arbeitswissenschaftliche (z. B. Arbeitssicherheit, Ergonomie, etc.)

sowie die fertigungs- und montageplanerische (z. B. Gestaltung von Montagearbeitsplätzen) Gesichtspunkte zu berücksichtigen.

Während der Durchführung der Innovationsfabrik werden die Studierenden durch Tutoren begleitet, um Hilfestellung anzubieten sowie die Herangehensweise der Studierenden zu beobachten und den Erfolg des Lehr- und Lernkonzeptes zu bewerten. Die Rollenverteilung innerhalb der InnoFab ist in *Bild 2* dargestellt.

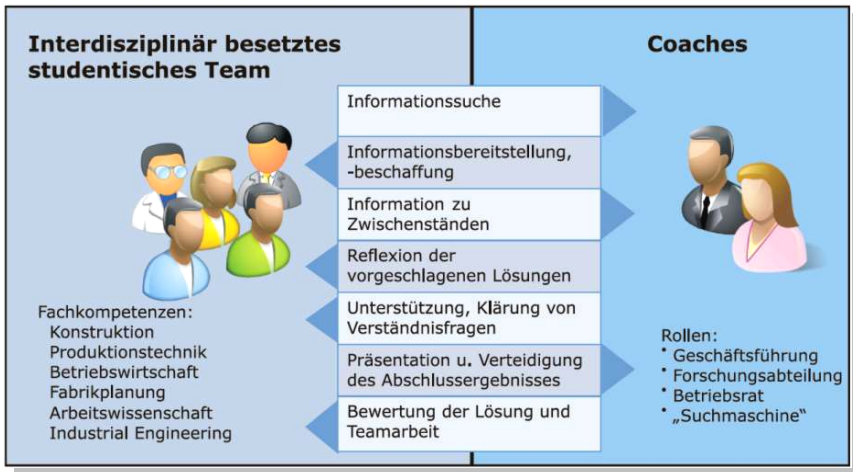


Bild 2: Rollenverteilung in der InnoFab

4.5.8 Produktionstechnisches Demonstrationszentrum für Lithium-Ionen-Zellen - DeLIZ

Laufzeit	05/2010 - 06/2011
Finanzierung	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Bearbeiter	Dr.-Ing. André Hardtmann Dipl.-Ing. Sven Bräunling
Kooperation	TU Dresden Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) Institut für Fertigungstechnik (IF) Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik Dresden TU München Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (IWB)

Zielstellung

Das Forschungsvorhaben befasst sich mit der Entwicklung neuer automatisierter Produktionsverfahren zur wirtschaftlichen Massenfertigung von hochenergetischen Lithium-Ionen-Zellen (LIZ). Ziel der Forschungsarbeiten am IWM ist die grundlegende Entwicklung von Fertigungsmethoden zur Herstellung und von geometrisch unbestimmten Zellformen (Freiformflächen) und deren Integration in Tragstrukturen. Dazu gehört die Evaluierung möglicher Formgebungs- und Fügemethoden und die versuchs-technische Ermittlung deren Grenzen anhand prototypischer Muster. Weiterhin wird das IWM einen Beitrag leisten, die Zuführ- und Montagetechnologien zur Integration von LIZ-Modulen in Strukturkomponenten zu erarbeiten.

Lösungsweg

Fertigen von LIZ mit geometrisch unbestimmter Zellform

Ausgehend von einem erstellten Fertigungskonzept zur Herstellung geometrisch unbestimmter Zellformen sind zunächst die hierzu möglichen unterschiedlichen Formgebungstechnologien zu

evaluieren. In Zusammenarbeit mit dem IF (Trennen der Folien) ist die Formgebung und Fixierung der Folien anhand der erarbeiteten technologischen Möglichkeiten in Form einer Machbarkeitsstudie zu untersuchen.

Integration von LIZ in Strukturkomponenten

Zunächst sind am IWM im Formgebungs- und Montagewerkzeug Formgebung und Fügen des Verifikationsbauteils aus faserverstärktem Thermoplast und Blechverstärkungen zu realisieren. Nachfolgend wird durch die Variation der Formgebungs- und Verbindungstechnologien und deren Parametrierung ermittelt, wie die geometrisch unbestimmten Zellformen in das Verifikationsbauteil eingebettet werden können. Für die Erzielung seriengerechter Taktzeiten ist ein hoher Automatisierungsgrad erforderlich. Somit ist für den konzipierten Verarbeitungsprozess mit dem ILK ein automatisiertes Handhabungssystem zu entwickeln. Außerdem gilt es, die Steuerungen aller Prozesseinrichtungen aufeinander abzustimmen. Dies beinhaltet die Temperiereinrichtungen sowie weitere prozessintegrierte und periphere Handhabungs- und Zuführsysteme.

Ergebnisse

Zu Beginn wurden umfangreiche Recherchen zur Ermittlung von Werkstoffparametern und Vorversuche zur Auswahl einer geeigneten Formgebungstechnologie durchgeführt. Diese Erkenntnisse wurden beim Entwurf des Verifikationsbauteils für die Integration der geometrisch unbestimmten Zellformen berücksichtigt (*Bild 1*). Für die Fertigung dieses Verifikationsbauteils wurde ein prototypisches, modular aufgebautes, variotherm temperierbares Formgebungs- und Montagewerkzeug entworfen (*Bild 2*). Hierzu wurden durch experimentelle Untersuchungen geeignete Fertigungs- und Gestaltungsmöglichkeiten der Werkzeugaktivelemente sowie Möglichkeiten zur Einbindung der Temperierelemente gefunden.

In weiteren Arbeiten wurden mit einem bereits vorhandenen Formpresswerkzeug Startparameter für die spätere Optimierung des Formgebungs- und Fügeprozesses ermittelt. Dabei wurden

Standard-Lithiumionenzellen sowie (bis zur Verfügbarkeit lasergeschnittener Elektrodenfolien) manuell gefertigte "LIZ-Dummies" aus ähnlichen Folienmaterialien verwendet.

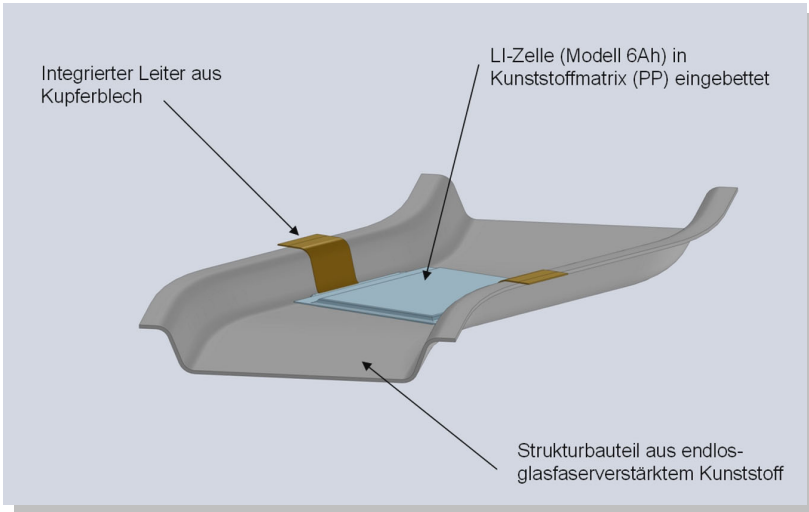


Bild 1: Entwurf des Verifikationsbauteils

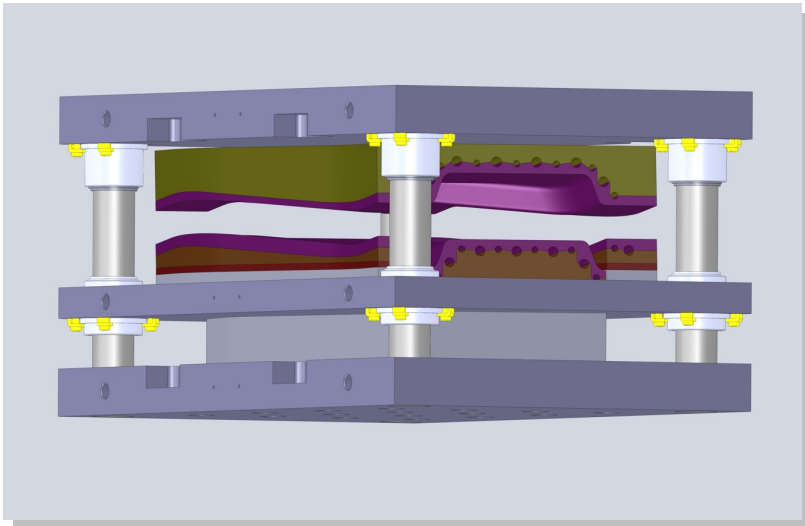


Bild 2: Entwurf eines Formgebungs- und Fügwerkzeuges

4.5.9 Simulationsgestützte Konstruktion und Einarbeitung eines Tiefziehwerkzeuges zur Herstellung von Blechbauteilen - LEVITA

Laufzeit 02/2009 - 02/2010
03/2010 - 12/2011 (Fortsetzung)

Finanzierung Industrie

Bearbeiter Dr.-Ing. André Hardtmann
Dipl.-Ing. Lars Penter

Zielstellung

Im Auftrag der Luftfahrtindustrie sollten Bauteile aus Edelstahl (1.4301) mittels Tiefziehen hergestellt werden. Dabei stellt insbesondere die sehr komplexe Form und die geringe Blechdicke (0,2 mm) eine große Herausforderung dar.

Lösungsweg

Der Lösungsweg beinhaltet zunächst die Überprüfung der Umformbarkeit der Ziehteile mittels FE-Umformprozesssimulation. Weiterhin wurden sowohl die Endgeometrie des Ziehteils, die Gestalt der Werkzeugaktivflächen sowie die Lage und Form der Ziehstäbe simulativ bestimmt (*Bild 1*). Mittels der am IWM verfügbaren CAD-Software wurde das komplette Werkzeug konstruiert. Die Werkzeugfertigung erfolgte in der Industrie, Werkzeugeinarbeitung und Herstellung der Ziehteile wurden am IWM durchgeführt.

Ergebnisse

Als Ergebnis liegt ein modulares Tiefziehwerkzeug vor, auf dem durch Austausch der Werkzeugaktivflächen zwei Blechteile gefertigt werden können. Die geforderten Blechteile konnten auf der hauseigenen Presse (*Bild 2*) hergestellt werden.

Nach weiteren Prozessschritten an anderen Forschungsinstituten und Firmen entstand am Ende des Projektes ein integrales Bauteil für die Luftfahrtindustrie.

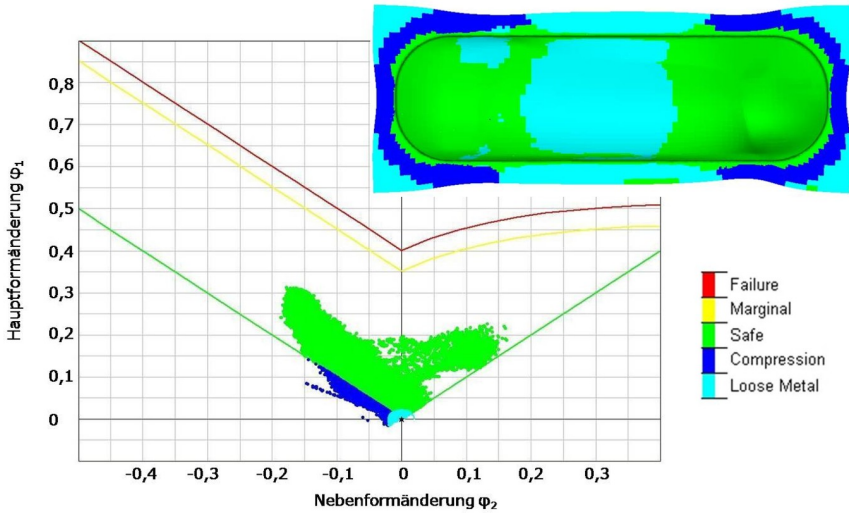


Bild 1: Bestimmung der Umformbarkeit des Ziehteils mittels Simulation und Grenzformänderungskurve

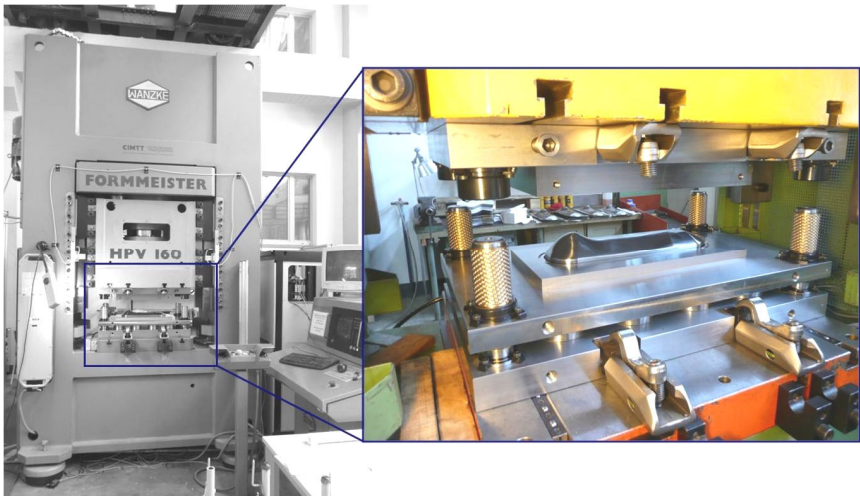


Bild 2: Hydraulische Presse mit eingebautem Tiefziehwerkzeug

4.6 AG Antriebs- und Bewegungssysteme

4.6.1 Messtechnische Erfassung von verhaltens- und betriebszustandsrelevanten Größen entlang der thermischen Wirkungskette für Analyse, Bewertung, Simulation und Korrektur an einem spezifischen Versuchsträger



Teilprojekt C06 im SFB/TR 96 Thermo-energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen

Eine systemische Lösung des Zielkonflikts von Energieeinsatz, Genauigkeit und Produktivität am Beispiel der spanenden Fertigung

Laufzeit	07/2011 - 06/2015
Finanzierung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB/TR 96
Bearbeiter	Dr.-Ing. Jens Müller Dipl.-Ing. Marcel Merx
Kooperation	Standorte Dresden, Aachen und Chemnitz des SFB/TR 96

Zielstellung

Das Ziel des Vorhabens ist es, die Analyse von Werkzeugmaschinen entlang der thermischen Wirkungskette zu verbessern. Dazu sollen die gegenwärtigen Hauptdefizite:

- begrenzte strukturelle Auflösung der Temperatur- und Verformungsmessung,
- hoher Zeitaufwand zur Vorbereitung und Durchführung von Messungen sowie
- der fehlende Bezug zwischen steuerungsintern- und extern verfügbaren Messgrößen

durch den Einsatz einer neuartigen Messmethodik beseitigt werden. Diese nutzt die auf definierte Messpunkte bezogene (selektive) Thermografie zur berührungslosen Temperaturmessung bzw. die Nahbereichsfotogrammetrie zur berührungslosen Deformationsmessung auch an bewegten Baugruppen und bezieht die von der Maschinensteuerung erfassten Daten unter Berücksichtigung des korrekten Zeitbezugs in die Auswertung ein. Die Messmethodik wird in der ersten Projektphase an einem spezifischen Versuchsträger implementiert und weiterentwickelt.

Lösungsweg

Ausgangspunkt für die Arbeiten ist der am IWM entwickelte und bereits aufgebaute Versuchsträger in Leichtbauweise, welcher zu Projektbeginn hinsichtlich der relevanten Verhaltensbereiche (Geometrie und Kinematik, Statik, Dynamik) untersucht wird. Aus den ermittelten Daten werden Verhaltensmodelle abgeleitet, um die isolierte Betrachtung des thermischen Verhaltens des Versuchsträgers zu ermöglichen.

Als Grundlage für die Entwicklung der neuartigen Messmethodik werden die Nahbereichsfotogrammetrie sowie die selektive Thermografie für den Einsatz an Werkzeugmaschinen qualifiziert. Dies umfasst die Definition von geeigneten Signalisierungen (bspw. Papiermarken) zur Darstellung von Messpunkten am Untersuchungsobjekt. Es werden verschiedene Varianten entwickelt und hinsichtlich der erreichbaren Messgenauigkeit (Fotogrammetrie) sowie der Temporauflösung (Thermografie) verglichen. Schließlich werden die Kamerabilder und Thermobilder durch geeignete Auswertelgorithmen kombiniert, um Verformungs- und Temperaturfeld in Deckung zu bringen.

Am Versuchsträger wird eine PC-basierte CNC-Steuerung integriert, wobei Funktionalitäten zur Erfassung und Dokumentation der grundlegenden (bspw. Motorströme, Drehzahlen usw.) und erweiterten (bspw. Temperaturen, Beschleunigungen) steuerungsinternen Daten geschaffen werden.

Die entwickelte neuartige Messmethodik wird schließlich am Versuchsträger implementiert, evaluiert und weiterentwickelt.

Ergebnisse

Bisher wurde der Versuchsträger in den Verhaltensbereichen Geometrie & Kinematik, Statik und Dynamik untersucht und aus den Untersuchungsergebnissen ein Maschinenmodell abgeleitet. Die Steuerungsfunktionalität wird derzeit weiterentwickelt und Methoden zur Datenerfassung implementiert.

Zur Qualifizierung der selektiven Thermografie und der Nahbereichsfotogrammetrie für den Einsatz an Werkzeugmaschinen wurden geeignete Marken bzw. Signalisierungen entwickelt (*Bild 1 links*). Für die Fotogrammetrie („sichtbares“ Spektrum) konnten Papiermarken als geeignet identifiziert werden.



Bild 1: Einteilung von Signalisierungen für Nahbereichsfotogrammetrie und selektive Thermografie

Für die selektive Thermografie wurden unterschiedliche Arten von Signalisierungen (*Bild 1 rechts*) entwickelt und erstellt. Um eine definierte Versuchsumgebung zu schaffen, wurde eine beheizbare Versuchseinrichtung entwickelt und aufgebaut (*Bild 2 links*). Diese ermöglicht es, die Temperatur der blanken Metalloberflächen der Versuchseinrichtung bzw. aufgebrachtener Materialproben gezielt einzustellen, um das Verhalten der

Signalisierungen bei unterschiedlichen thermischen Parametern (Temperatur, Emissions- bzw. Reflexionsgrad des Untergrundes, Strahlungshintergrund, usw.) bewerten zu können (*Bild 2 rechts*).

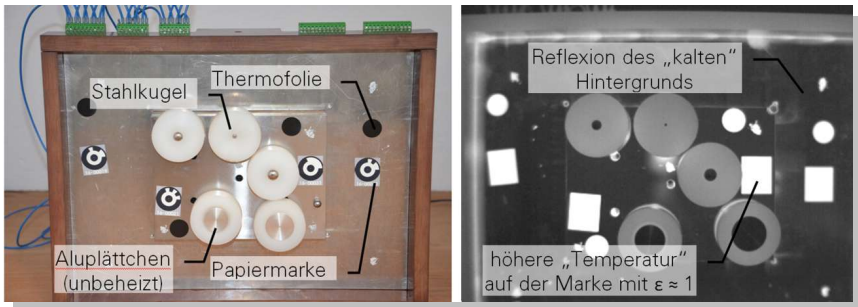


Bild 2: links: Thermografie-Untersuchungseinrichtung mit verschiedenen Signalisierungen, rechts: Thermobild der Untersuchungseinrichtung bei ca. 20 K Übertemperatur

4.6.2 Grundlagenuntersuchungen für die Impulskompensation an Vorschubachsen mit Lineardirektantrieb

Laufzeit	07/2008 - 06/2010 10/2010 - 09/2012 (Fortsetzung)
Finanzierung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Jens Müller Dipl.-Ing. Marcel Merx Dipl.-Ing. Christoph Peukert

Zielstellung

Lineardirektantriebe wurden in den letzten Jahren immer leistungsfähiger und gleichzeitig immer preiswerter. Aufgrund ihrer großen Antriebskräfte und Kraftanstiegsgeschwindigkeiten werden hohe Verfahrgeschwindigkeiten, Beschleunigungen und Beschleunigungsänderungen (Ruck) erreicht. 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 Linearmotorkomponenten 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 von Maschinenstrukturen mit Lineardirektantrieb.

Lösungsweg

Im Rahmen der aktuellen Phase des Forschungsprojektes werden folgende Teilaufgaben bearbeitet:

- Untersuchungen zur antriebs- und steuerungsseitigen Implementierung der Impulskompensation,
- Untersuchung zur Anwendung der Impulskompensation in elastischer Umgebung sowie
- simulationsgestützte Untersuchungen zur Kompensation räumlicher Schwingungen.

Ergebnisse

Eine wesentliche steuerungstechnische Herausforderung für die Impulskompensation ist die erforderliche synchrone Ansteuerung von Nutz- und Kompensationsantrieb. Für eine kommerzielle Nutzung der Impulskompensation ist der Nachweis zu erbringen, dass die Umsetzung auch mit handelsüblicher Antriebs- und Steuerungstechnik möglich ist. Dazu wurde ein neuer, im Bild gezeigter Versuchsstand aufgebaut. An diesem Versuchsstand wird eine kommerzielle Steuerung (TwinCAT) eingesetzt, mit der in Kombination mit den verwendeten Antriebsregelgeräten (Unidrive SP) verschiedene Ansteuervarianten für den Kompensationsantrieb untersucht werden können.

Bisher wurde beim Lösungsansatz Impulskompensation immer vom Einsatz in einer steifen Maschinenumgebung ausgegangen. Bei optimaler Kompensation müsste aber auch bei relativ weichen Strukturen, wie z.B. bei Handhabungseinrichtungen, eine exakte Positionierung bei hoher Dynamik erreichbar sein. Um die Grenzen für diesen, insbesondere für den Leichtbau sehr interessanten Ansatz zu untersuchen, wurde der in der ersten Projektphase verwendete Versuchsstand dahingehend modifiziert, dass der Sekundärteilschlitten (für die Impulskopplung) nicht starr, sondern über Federn mit der Ersatzgestellmasse

verbunden wurde. Durch Einstellung verschiedener Steifigkeiten lassen sich damit unterschiedliche elastische Gestellstrukturen nachbilden.

An Werkzeugmaschinen treten in der Regel verkoppelte Achsstrukturen auf. Für die Impulskompensation derart verkoppelter Achsen ergeben sich räumliche Anregungsverhältnisse, die von den bisher betrachteten, quasi einachsigen Verhältnissen erheblich abweichen. Daher wurden auf der Basis der bisherigen Ergebnisse anhand stark vereinfachter Strukturmodelle grundsätzliche Anforderungen für die Anwendung der Impulskompensation in komplexeren Maschinenstrukturen und Achsanordnungen untersucht.



Versuchsaufbau zur Impulskompensation

4.6.3 Gestaltung impulsentkoppelter Lineardirektantriebsachsen aus Anwendersicht – GiLdA

Laufzeit	07/2011 - 06/2014
Finanzierung	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Jens Müller
Kooperation	Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (FhG IWU)

Zielstellung

Mit der Impulsentkopplung wurde ein Verfahren entwickelt, die Reaktionskräfte von Lineardirektantrieben so in das Gestell einzuleiten, dass eine gegenüber der unentkoppelten Achse deutlich verringerte Strukturangregung auftritt. Trotz zahlreicher Forschungsarbeiten zur Impulsentkopplung und der dabei nachgewiesenen Wirksamkeit konnte sie sich nicht in der Praxis durchsetzen.

Zielsetzung des Forschungsprojektes ist daher die Entwicklung einer praxisgerechten konstruktiven Lösung für die Impulsentkopplung mit folgenden Eigenschaften:

- Begrenzung der Sekundärteilauslenkungen, so dass die Rotorlage nicht nachgeführt werden muss,
- Erhöhung der Maximalauslenkung durch möglichst große Polpaarweiten des Lineardirektantriebes, da die maximal mögliche Auslenkung (ohne Rotorlagerückführung) von der Polpaarweite abhängt,
- elastische Lagerung der Sekundärteile über Festkörpergelenke,
- Kombination der Sekundärteilschlittenlagerung mit der Entkoppelsteifigkeit.

Lösungsweg

Zunächst wird das Konzept der Impulsentkopplung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten untersucht, um systematisch Vereinfachungspotentiale zu erschließen. Darauf aufbauend werden geeignete Führungs- und Koppel-Komponenten entwickelt. Zur Untersuchung dieser Komponenten wird ein geeigneter Versuchsstand konstruiert, aufgebaut und in Betrieb genommen. Anschließend werden die Eigenschaften des Versuchsstandes messtechnisch ermittelt. Nach der Einzeluntersuchung der Komponenten werden sie im Versuchsstand implementiert und untersucht. Auf Basis der Erkenntnisse aus den vorhergehenden Untersuchungen wird ein Demonstrator für eine eigenständige impulsentkoppelte Kompaktachse als Systembaugruppe entwickelt.

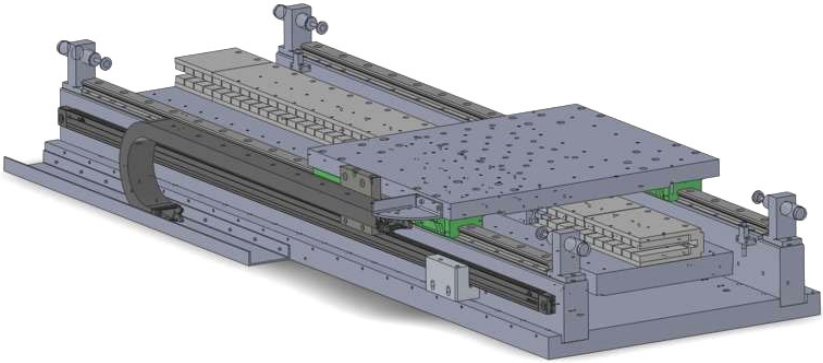
Ergebnisse

Es wurde ein einachsiger Versuchsstand mit folgenden Eigenschaften entwickelt (siehe Bild):

- Möglichkeit der Klemmung des Sekundärteilschlittens,
- Montagemöglichkeit für unterschiedliche Motorbauformen (eisenbehaffeter Motor in Flachbauweise und eisenloser Motor in Doppelkambbauweise),
- zusätzliches Messsystem zwischen Sekundärteilschlitten und Gestell zur Erfassung des Kommutierungsfehlers.

Die erforderlichen Komponenten wurden beschafft und Fertigungsunterlagen erstellt.

Zur Ansteuerung des Versuchsstandes ist eine PC-basierte Steuerung der Fa. Beckhoff vorgesehen. Der dafür erforderliche Industrie-PC wurde beschafft, die Steuerungsumgebung installiert und an einer, am IWM vorhanden Einzelachse in Betrieb genommen. Weiterhin wurde eine Bedienoberfläche zur Bedienung sowie zur Datenerfassung bei durchzuführenden Messungen am Versuchsstand programmiert.



CAD-Modell des Versuchsstandes zur Impulskopplung

4.6.4 Grundlagenuntersuchungen zur Anwendung der Impulskompensation von Lineardirektantrieben an einem Kreuzschlitten

Laufzeit 07/2011 - 06/2013

Finanzierung Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bearbeiter Dr.-Ing. Jens Müller
Dipl.-Ing. Hubert Höfer

Zielstellung

Die für die Bewegung von Maschinenbaugruppen erforderlichen Antriebskräfte können sowohl die bewegten Baugruppen als auch das Gestell zu unerwünschten Schwingungen anregen. Einen möglichen Lösungsansatz zur Vermeidung dieser gestellseitigen Anregung stellt die Impulskompensation dar, bei der mittels zusätzlicher, kollinear angeordneter Antriebe eine Kompensationskraft in die Struktur eingeleitet wird. Die Wirksamkeit des Verfahrens wurde in vorhergehenden Forschungsprojekten für einachsige Achsanordnungen nachgewiesen.

Bei verkoppelten Achsanordnungen, wie sie an mehrachsigen Werkzeugmaschinen auftreten, ergeben sich infolge der mechanischen Koppelung der Achsen, der veränderlichen Strukturmechanik der verkoppelten Achsen selbst sowie der zusätzlichen Kompensationsantriebe einschließlich der durch die Kompensationsbewegung verursachten Massen- und Trägheitsverlagerungen neue Anforderungen für den Einsatz der Impulskompensation. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes sollen sowohl gestalterisch-konstruktive als auch antriebs- und regelungstechnische Grundlagenuntersuchungen zum Einsatz der Impulskompensation an verkoppelten Achsstrukturen am Beispiel eines Kreuzschlittens durchgeführt werden.

Lösungsweg

Im Rahmen des Forschungsprojektes werden folgende Teilaufgaben bearbeitet:

- Entwicklung von Gestaltungsprinzipien zur Masseminimierung, Steifigkeitserhöhung, Verstellbarkeit der Schwerpunktlagen, Integration der Nutz- und Kompensationsantriebe,
- Simulation des Gesamtsystems,
- Konstruktion des Kreuzschlittens,
- Fertigung, Montage, Inbetriebnahme des Kreuzschlittens,
- Programmierung der Steuerung sowie
- Simulationsgestützte Untersuchungen zur Bahn-Vorausberechnung der Kompensationsantriebe.

Ergebnisse

Es wurde der im *Bild* gezeigte Kreuzschlitten konstruiert, gefertigt, montiert und in Betrieb genommen. Er besteht aus gezogenen Aluminium-Platten, die ineinander gesteckt und mit Zugankern verspannt wurden. Ein wesentlicher Anspruch an die Konstruktion war die kraftflussgerechte Gestaltung. Im Bereich der Führungen wurde das erreicht, indem die Führungswagen von x- und y-Schlitten direkt, um 90 Grad verdreht, miteinander verbunden werden. Die x-Führungsschiene wird vom x-Schlitten mitbewegt. Dadurch erfolgt die Kraftleitung vom x-Schlitten über die beiden Führungsschuhe direkt in die mit dem Gestell verbundene Führungsschiene des y-Schlittens. Um eine möglichst geringe Strukturanregung zu erreichen, wurde für die getragene x-Achse zwei Kompensationsantriebe symmetrisch zum Nutzantrieb angeordnet, um eine, bezogen auf die tragende y-Achse, symmetrische Masseverteilung zu erreichen. Da es bei gekreuzten Achsen mit Einzelantrieben nicht möglich ist, dass die Antriebe weitgehend im Massenschwerpunkt der bewegten Massen angreifen, wurden für die tragende Achse zwei Antriebe in Gantry-Anordnung mit jeweils einem parallel angeordneten Kompensationsantrieb vorgesehen, wodurch sich wiederum eine weitgehend symmetrische und damit momentenarme Kraft-einleitung ergibt.



Montierter Kreuzschlitten in Leichtbauweise

4.6.5 Energieeffizienter Bearbeitungsroboter mit selbstadaptierendem Systemverhalten für spanende Arbeitsvorgänge an inhomogenen Werkstoffverbunden

Laufzeit	09/2011 - 08/2014
Finanzierung	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Jens Müller Dipl.-Ing. Marcel Merx
Kooperation	MAG IAS GmbH Kuka Laboratories GmbH ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH Leichtbau-Systemtechnologien KORROPOL GmbH Universität Stuttgart Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen Technische Universität Dresden Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik

Zielstellung

Das Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von konstruktiven, messtechnischen und informationstechnischen Grundlagen für die Bereitstellung einer neuen Generation von effizienten Bearbeitungsrobotern für die mechanische Bearbeitung inhomogener Werkstoffe, wie etwa Faserkunststoffverbunde. Für den Einsatz dieser neuartigen, aktiv gedämpften Bearbeitungsroboter ist die Entwicklung erweiterter Auslegungsstrategien auf Basis analytischer und numerischer Simulationsmodelle und experimenteller Strukturversuche durchzuführen.

Die grundlegenden Zielsetzungen und damit die Ausgangspunkte für weitere Entwicklungs- und Anwendungsfelder des Verbundprojektes sind:

- Multifunktionale Leichtbaustrukturen mit integrierten Sensor-Aktor-Elementen zur aktiven Schwingungskompensation von Werkzeugmaschinen,
- Angepasste CNC-Steuerungs- und Regelungsmethoden für selbstadaptierende Bearbeitungssysteme,
- Bearbeitungstechnologie hoher Flexibilität, welche sich gegenüber konventionellen Portalfräsanlagen gut in vorhandene Fertigungsprozessketten für Faserverbundstrukturen integrieren lässt,
- Kosten- und energieeffizienter Bearbeitungsroboter für Serienanwendungen mittlerer und hoher Stückzahl.

Lösungsweg

Die Hauptaufgabe des IWM im Verbundprojekt ist die Entwicklung von Berechnungsmodellen zur kinematischen und dynamischen Analyse und Vorauslegung des Leichtbauroboters. Dazu werden die von den Projektpartnern bereitgestellten bzw. messtechnisch ermittelten Daten zur Parametrierung des MKS-Modells des Bearbeitungsroboters aufbereitet. Weiterhin wird ein empirisches Zerspankraftmodell auf der Basis von Zerspankraftmessungen an FKV-Probekörpern erstellt und in MATLAB/Simulink implementiert. Das Zerspankraftmodell wird in das aus elastisch gekoppelten Starrkörpern bestehende MKS-Modell des Bearbeitungsroboters integriert, um die Rückwirkung des Prozesses auf Maschinenstruktur und Regelung (sog. Stabilitätsregelkreis) in der Simulation zugänglich zu machen. Das Modell des Bearbeitungssystems wird schließlich anhand von Messdaten (Modal- und Betriebsschwingformanalyse) validiert und um das vom ILK entwickelte aktive Schwingungsdämpfungselement ("Kompensator") ergänzt.

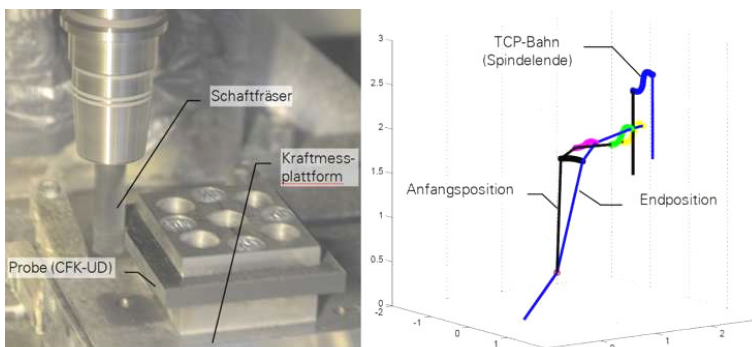
Mit Hilfe des gekoppelten Modells aus Strukturmechanik, Regelung und Steuerung sowie Prozess und Kompensator wird die Effektivität der aktiven Schwingungsdämpfung bewertet und das Gesamtsystem optimiert. Dabei können prozessseitig die Eingriffsgeometrien, Drehzahlen, Werkstoffe usw. sowie

steuerungsseitig die Bearbeitungsprogramme und die Parameter der aktiven Schwingungsdämpfung variiert werden.

Ergebnisse

Aus den experimentellen Zerspankraftmessungen (siehe Versuchsaufbau für das Umfangsfräsen im Bild links) wurden Kenngrößen für die Beschreibung der Zerspankräfte an inhomogenen Werkstoffverbunden ermittelt. Hierbei zeigte sich, dass die Zerspankraftkoeffizienten – ähnlich wie bei Stahlwerkstoffen – von der mittleren Spannungsdicke abhängig sind. Werkstoffspezifisch konnten auch Abhängigkeiten der ermittelten Koeffizienten von der Faserorientierung bzw. der Bearbeitungsstrategie (Gleichlauf- oder Gegenlaufräsen) nachgewiesen werden. Die Koeffizienten dienen der Parametrierung der Beispielprozesse Umfangsfräsen und Kernlochbohren im Gesamtmodell.

Mit dem Gesamtmodell konnten bereits Bearbeitungsprozesse simuliert und die erwartete prozessbedingte Strukturanregung nachvollzogen werden. Im Bild rechts ist dazu beispielhaft eine simulierte Positionierbewegung des Roboters dargestellt. Anfangs- und Endposition wurden durch einen schwarzen bzw. blauen Vektorzug kenntlich gemacht. Die räumlichen Bewegungsbahnen der Gelenke sowie des TCP sind ebenfalls dargestellt.



links: Versuchsaufbau zur Zerspankraftkoeffizientenbestimmung für das Fräsen; rechts: simulierte Bewegung des Bearbeitungsroboters (räumliche Gelenkbahnen)

4.7 AG Prozessketten

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



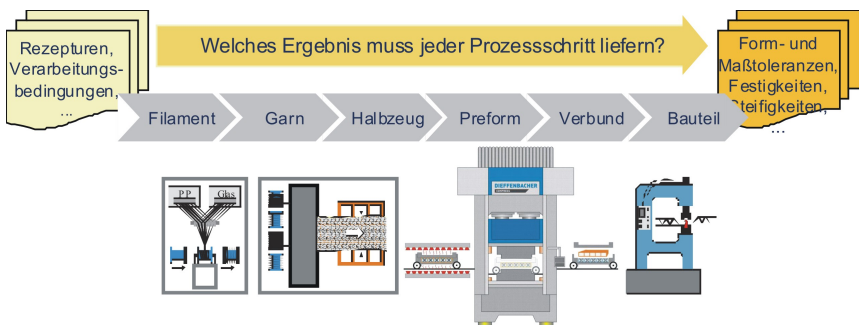
**Vorhaben im Teilprojekt E2 des SFB 639
Textilverstärkte Verbundkomponenten für
funktionsintegrierende Mischbauweisen bei
komplexen Leichtbauanwendungen**

Laufzeit	01/2012 - 12/2015
Finanzierung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB 639
Bearbeiter	Dr.-Ing. Hajo Wiemer Dipl.-Inf. Kay K. Großmann
Kooperation	TU Dresden, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK)

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

In vorangegangenen Arbeiten wurden die technologische Prozesskette zur Herstellung textilverstärkter Verbundstoffe einschließlich charakteristischer Besonderheiten untersucht, Anforderungen an die erforderlichen Methoden zur Beschreibung und Analyse der Prozessketten abgeleitet sowie übliche Planungsmethoden unterschiedlicher Fachrichtungen auf Nutzbarkeit geprüft. Nach der Entwicklung der methodischen Grundlagen fokussierte die Arbeit auf die Entwicklung eines unterstützenden, datenbankgestützten Beschreibungs- und Analysetools. Im Berichtszeitraum fand eine kontinuierliche

Fortentwicklung von Methodik und Softwaretool statt. Dabei wurden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Weiterentwicklung der Modellierungssprache und des unterstützenden Softwaretools zur Prozesskettenbeschreibung unter Einbeziehung von technisch-technologischen Wechselwirkungen auf Basis der Prozesskettenanalyse.
- Integration von statistischen Methoden in das Softwaretool und Anwendung dieser Methoden bei der Datenanalyse zur Ermittlung von technisch-technologischen Wechselwirkungen und Parametern.
- Unterstützung der Forschungsarbeiten in den anderen Teilprojekten mit der begleitenden Modellierung der technisch-technologischen Prozesse.
- Praktischer Test des Softwaretools und Anwendung des Fertigungsprozessmodells für eine reproduzierbare Herstellung ausgewählter Eigenschaften. Als Beispiel diente der Konsolidierprozess aus der Fertigung des Verbundbauteils "Federdom" (*Bild 2*). Dieses Bauteil ist ein Strukturbauteil des SFB 639-Demonstrators FiF und wurde mitsamt der Fertigungsumgebung aus dem BMBF-Verbundvorhaben "Modellverarbeitungsprozess für eine effektive endkonturnahe Fertigung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen" (EFFEKT) nachgenutzt.
- Aufbau eines geeigneten Identifikationssystems auf Basis von Barcodes. Hierfür wurden Untersuchungen zur Eignung unterschiedlicher Etikettensysteme (Hersteller; Basisfolien; Drucksysteme) für die Heißpressvorgänge hinsichtlich der Haftung und der Barcode-Lesbarkeit nach dem Heißpressen durchgeführt. Im Rahmen der Erprobung wurde das Einlesen von technologisch relevanten Maschinenbetriebsdaten in die Datenbank am Beispiel einer Pressmaschine umgesetzt.

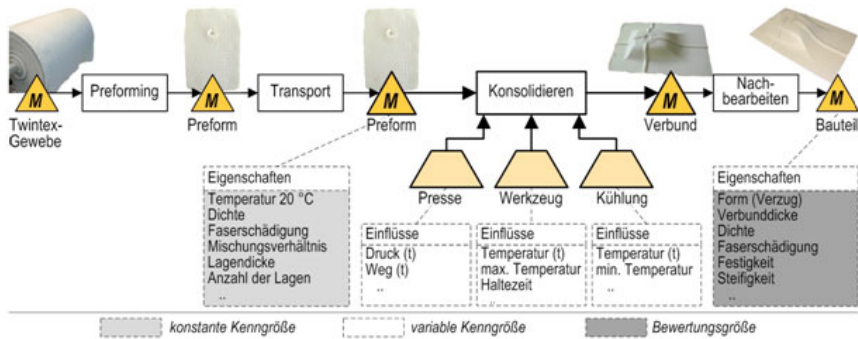


Bild 2: Prozesskette zur Fertigung des Federdoms

Ergebnisse

Das unterstützende datenbankgestützte Modellierungs- und Analysewerkzeug wurde für die Anwendung im SFB 639 entwickelt und bereits schrittweise eingeführt. Mit dem erreichten Stand des Softwaretools werden die Arbeiten in den Teilprojekten mit folgenden Funktionen unterstützt:

- *Beschreibung der technisch-technologischen Prozessabläufe mittels grafischer Beschreibungssprache:*

Im Prozessmodell werden die beteiligten Objekte (eingehendes und ausgehendes Material, Ressourcen) mit ihren Zustandsparametern und in ihrer strukturellen Anordnung beschrieben (Bild 3). Mit der Möglichkeit der detaillierenden Untergliederung von Prozessmodellen können sehr komplexe Prozessabläufe übersichtlich dargestellt werden. Das Prozessmodell dient neben der Funktion als Kommunikationsmittel zwischen den Teilprojekten zugleich als Werkzeug zur Konfiguration einer Datenbank, die im Hintergrund ohne zusätzlichen Aufwand angelegt wird und die die Basis der weiteren Funktionen der Informationsbehandlung ist. Die Prozessmodellierung erfolgt webbasiert, so dass die Bearbeiter in den Teilprojekten das Werkzeug von allen Stand-orten aus nutzen können. Alle Daten (für das Modell und aus der Fertigung) werden auf einem zentralen Server abgelegt.

- *Prozessdatenerfassung:*

Mit dem Ziel der Ermittlung der prozessrelevanten Ursache-

Wirkungs-Zusammenhänge werden für die einzelnen Prozesszyklen sowohl die Ist-Eigenschaften der Werkstück-Exemplare als auch die Ist-Zustandsänderungen der Prozess- und Ressourcen-Exemplare erfasst und in die Datenbank geschrieben. Das Einschreiben ist auf drei Wegen möglich: manuell über webbasierte Formulare; halbautomatisch über Import-Schnittstellen für in der Steuerung mitgeschriebene Protokolldateien; vollautomatisch durch Anbindung an Betriebsdatenerfassungssysteme (wird derzeit exemplarisch umgesetzt). Als Voraussetzung für die eindeutige, fehlerfreie Zuordnung der Messdaten zu den Bauteilobjekten in der Datenbank sowie für die durchgängige Verfolgung der Bauteile durch die Prozesskette ist ein Identifikationssystem erforderlich, welches mittels Barcode-System realisiert wurde.

- **Analyse:**

Zunächst wurden Standardanalysefunktionen (z. B. Streuungsanalyse von Messwerten im Analysewerkzeug) implementiert. Für komplexere Analyseaufgaben wurde das Analysetool R integriert. Da in den Fachbereichen spezielle Analysewerkzeuge eingeführt sind, wurden zudem Exportschnittstellen für die Nutzung externer Werkzeuge (z. B. MATLAB/Simulink oder Microsoft Excel) geschaffen.

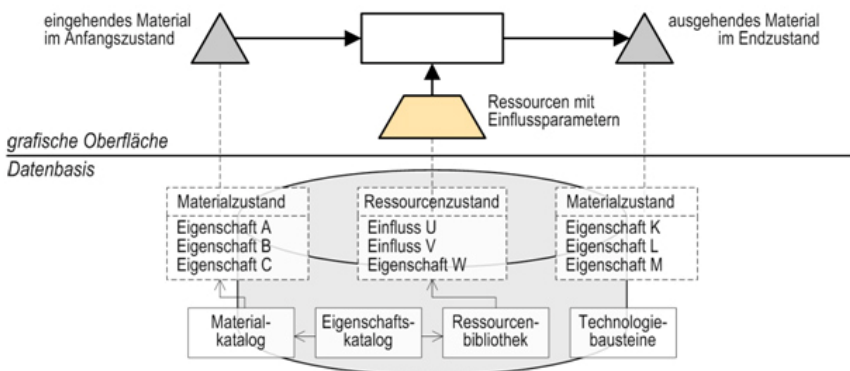


Bild 3: Schema des Modells eines Prozessschritts und der Datenbankankopplung

4.7.2 Modellgestützte Methode zur Bewertung der Lösungsvarianten in Planung und Realisierung insbesondere unter thermoenergetischen, qualitativen und wirtschaftlichen Aspekten



Teilprojekt C05 im SFB/TR 96 Thermo-energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen

Eine systemische Lösung des Zielkonflikts von Energieeinsatz, Genauigkeit und Produktivität am Beispiel der spanenden Fertigung

- Laufzeit** 07/2011 – 06/2015
- Finanzierung** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB Transregio 96
- Bearbeiter** Dr.-Ing. Hajo Wiemer
Dipl.-Ing. Lars Neidhardt
- Kooperation** Standorte Dresden, Aachen und Chemnitz des SFB/TR 96

Die im Transregio 96 verfolgten Ansätze zur Korrektur bzw. Kompensation thermisch bedingter Bearbeitungsfehler führen zu unterschiedlichen Lösungen, die sich durch differenzierten Aufwand für ihre Erstellung und Anwendung sowie durch unterschiedliche Auswirkungen auf Genauigkeit und erreichbare Mengenleistung auszeichnen. Hinsichtlich eines künftigen Transfers in die industrielle Anwendung sollen die Ergebnisse über die einzelnen Phasen des Produktprozesses (Entwicklung, Realisierung, Nutzung) vergleichbar gemacht und bewertet werden. Eine dafür erforderliche Zusammenführung der technischen und wirtschaftlichen Beurteilung der Ansätze erfordert als Grundlage eine Metrik, welche aus heutiger Sicht folgende relevante Merkmale beinhalten muss:

- die thermo-energetische Wirksamkeit der entwickelten Einzelösungen,
- ihre Auswirkung auf die Energieeffizienz des Bearbeitungsprozesses,
- die Auswirkungen der Ansätze auf die Produkt- und Prozessqualität sowie auf den erforderlichen Ressourceneinsatz bei Entwicklung, Herstellung sowie Betrieb der Maschine,
- die Eignung der Ansätze für geforderte Produkteigenschaften, welche sowohl technischer als auch wirtschaftlicher Natur sein können.

Für die Komplexität dieser Zusammenhänge gibt es bisher keine äquivalente Bewertungsmethode, sodass Entscheidungen in der Praxis oft stark erfahrungsgeprägt sind und unter dem Anspruch einer hochproduktiven, spannenden Niedrigenergie-Genauigkeitsfertigung nicht nachweisbar optimal ausfallen können.

Zielstellung

Für die übergreifende Analyse und Bewertung der Lösungsansätze im SFB/Transregio werden im Teilprojekt C05 neuartige Methoden entwickelt.

Lösungsweg

Der verfolgte Ansatz besteht in der übergreifenden Erfassung und Repräsentation der für die unterschiedlichen Fachdomänen der Technik und Wirtschaft relevanten Eigenschaften der untersuchten Lösungen. Er basiert auf der Theorie und Methodik der konzeptionellen, semi-formalen Modellierung. Damit werden einerseits formal beschreibbare Bestandteile durch eine syntaktische Fassung formalen Auswertungen zugänglich, andererseits bleiben nicht vollständig formalisierbare Eigenschaften oder Zusammenhänge nicht unberücksichtigt. Die Innovation liegt darin, mithilfe dieser Modelle die technologischen Auswirkungen im Zusammenhang mit thermo-energetisch relevanten Lösungsvarianten der Maschinenteknik einem existierenden Methodenset für technische und wirtschaftliche Analysen zugänglich zu machen. Diese Analysen liefern den Teilprojekten Erkenntnisse für die wirtschaftliche und technische Bewertung

der unterschiedlichen Lösungsvarianten für verschiedene Anwendungsszenarien (Technologie, Produktion, Markt), welche schließlich der Optimierung der Lösungsvarianten und der Zuordnung gesamtwirtschaftlicher Einsatzfelder dienen.

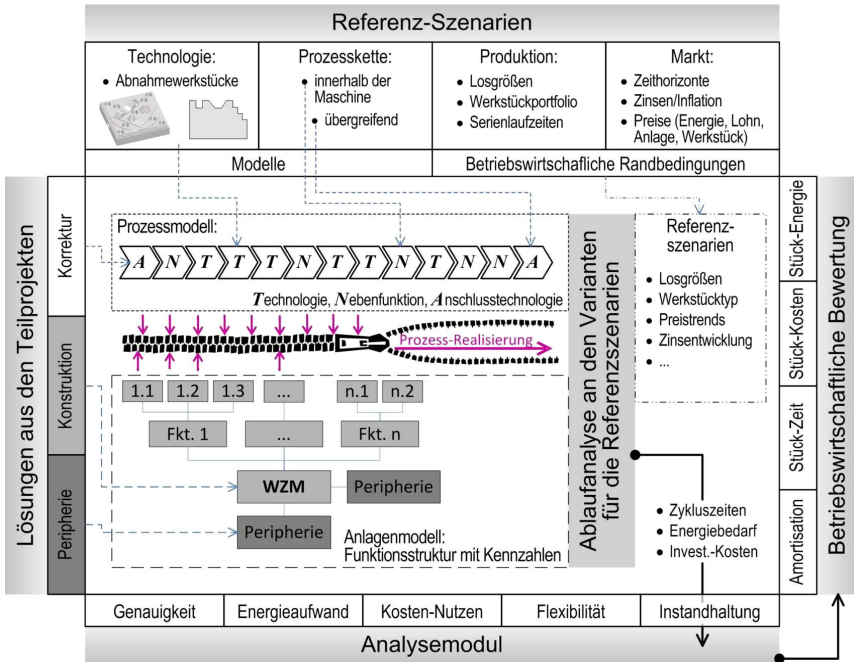
Das Ziel wird durch ein schrittweises Vorgehen erreicht. Zunächst werden die unterschiedlichen Lösungen und die zugehörigen Entwicklungsabläufe analysiert sowie Referenzszenarien und Benchmarkmethoden als Voraussetzung für die Ergebnisvergleichbarkeit erarbeitet. Weiterhin werden die Metrik und die Methodik zum Bewertungsmodell (siehe Bild) sowie geeignete Analyse- und Bewertungstools entwickelt. Diese werden schließlich zur Variantenanalyse hinsichtlich der Konzeptreife in den Referenzszenarien und hinsichtlich der wirtschaftlichen Wirkung angewendet.

Ergebnisse

Im Berichtszeitraum erfolgten die Forschungsarbeiten zu folgenden Schwerpunkten:

- Erhebung des aktuellen Standes von technischen und organisatorischen Maßnahmen, von Handlungsbedarf sowie von diesbezüglicher Innovationsbereitschaft aus industrieller Sicht durch eine Befragung von Unternehmen des Werkzeugmaschinenbaus sowie typischen Betreibern.
- Vom Kooperationspartner wurden erste konzeptionelle Arbeiten für ein übergreifendes, funktionsorientiertes Modell der Werkzeugmaschine vorgenommen, mit dem zunächst die Lösungsvarianten eingeordnet werden und künftig die unterschiedlichen Aspekte der Metrik abgebildet werden können.
- Zur Herstellung der objektiven Vergleichbarkeit der Wirksamkeit der einzelnen Lösungsansätze wurde am IWM ein experimentelles Vorgehen zur Fertigung von Referenzwerkstücken entwickelt. Mit dem Bearbeitungsprozess werden die thermischen Lasten in der Maschine indirekt erzeugt. Zudem werden im Referenzwerkstück die resultierenden Maschinen-

deformationen und deren Wirkung auf die Arbeitsgenauigkeit vergegenständlicht.



Funktionsprinzip des Bewertungsmodells

4.7.3 Methodik zur Wissensgenerierung für die reproduzierbare Herstellung biogener Verbundbauteile - ECEMP BioComp



Vorhaben im Teilprojekt BioComp "Biologische Materialverbunde und deren Übertragung in Verbundwerkstoffe" des sächsischen Spitzenclusters "ECEMP - European Centre for Emerging Materials and Processes Dresden"

Laufzeit	04/2009 - 03/2012
Finanzierung	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Hajo Wiemer Dipl.-Wirt.-Inf. Michaela Helbig
Kooperation	TU Dresden Institut für Holz- und Papiertechnik Institut für Botanik Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik Institut für Pflanzen- und Holzchemie

Zielstellung

Das Vorhaben BioComp widmet sich der materialeffizienten Verwendung regional verfügbarer Einjahrespflanzen und deren Übertragung in bionisch optimierte, funktionalisierte Mehrkomponentenwerkstoffe für Ressourcen schonende Leichtbaustrukturen. Die Verarbeitung biogener Rohstoffe zu Verbundwerkstoffen und deren Nutzung in Verbundbauteilen steht im Wesentlichen vor zwei Herausforderungen. Zum Einen sind zunächst Pflanzen zu finden, deren Bestandteile als Faser- oder Matrixrohstoffe geeignet sind. Zum anderen werden industrietaugliche Technologien benötigt, mit denen die biogenen Verbundwerkstoffe entlang der im *Bild 1* dargestellten Stufenfolge reproduzierbar hergestellt werden können. Dies ist aufgrund der wachstumsbedingten starken Streuung der Rohstoffeigenschaften besonders anspruchsvoll.

Ziel des am IWM bearbeiteten Schwerpunkts ist daher die Entwicklung geeigneter Methoden, mit denen sowohl die Bestimmung der Rohstoffeigenschaften als auch die Ermittlung technologischer Einflussmöglichkeiten unterstützt werden. Schließlich soll ausreichend technologisches Prozesswissen generiert werden, um Werkstoffeigenschaften gezielt einstellen und eine reproduzierbare Verarbeitung absichern zu können.

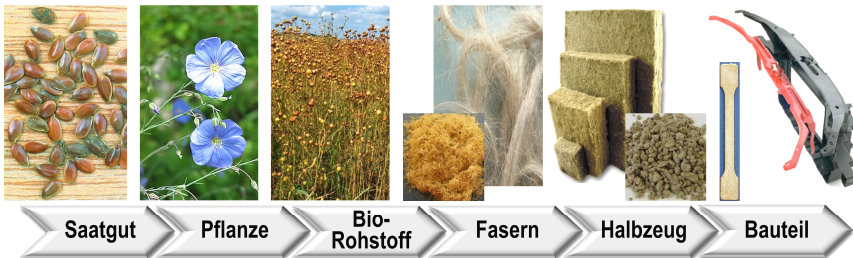


Bild 1: Betrachtete Stufenfolge zur Herstellung von biogenen Verbundbauteilen aus pflanzlichen Rohstoffen

Lösungsweg

Aufbauend auf den Vorarbeiten zur Prozesskettenmodellierung und -analyse bildeten folgende Schwerpunkte den Lösungsweg:

- Entwicklung einer Methode zur effektiven Generierung von Technologiewissen (*Bild 2*),
- Weiterentwicklung der Methodik zur Prozesskettenbeschreibung (*Bild 3*),
- Schaffung der Voraussetzungen für die Datenerfassung in dem mit einer Datenbank verknüpften Prozessmodell,
- Erfassung und Analyse der Daten der untersuchten Pflanzen und Technologien,
- Entwicklung geeigneter Methoden zur Ablage und Bereitstellung von Technologiewissen,
- Test und exemplarische Anwendung der Gesamtmethode mit Unterstützung des entwickelten Beschreibungs- und Analysewerkzeugs (*Bild 4*) sowie

- Test, Einführung und Anwendung des Modellierungs- und Analysewerkzeugs.

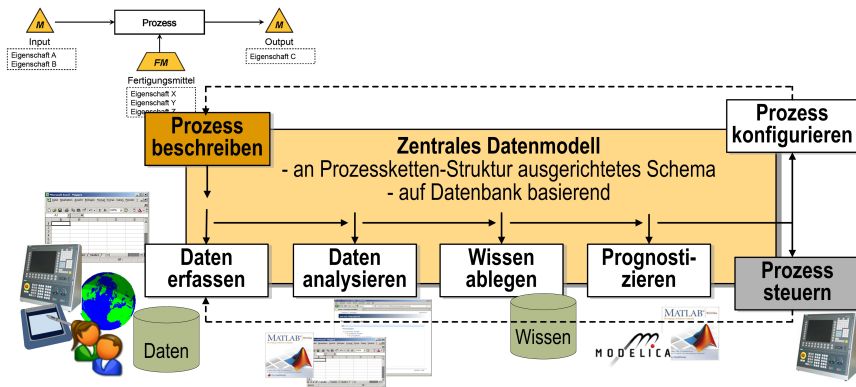


Bild 2: Hauptschritte der Generierung und Nutzung von Technologiewissen

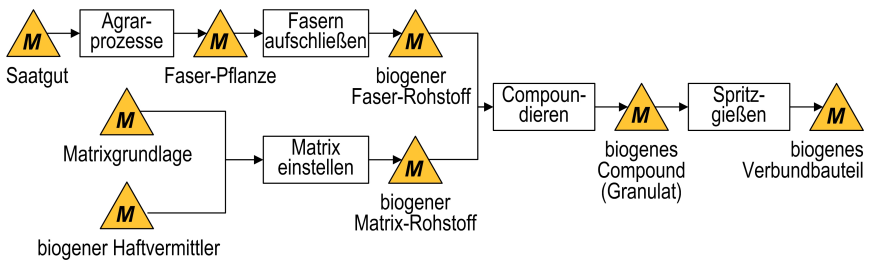


Bild 3: Beispiel für ein Modell der Prozessketten zu den technologischen Untersuchungen (BioComp-Hauptlinie)

Ergebnisse

Das Projekt wurde abgeschlossen und als Fortführung aufgrund des identifizierten weiterführenden Forschungsbedarfs als BioHybrid (C2) im Spitzencluster ECEMP beantragt und genehmigt.

Es erfolgte die detaillierte Modellierung der Hauptforschungslinie zur Herstellung von Prüfkörpern aus biogenen Verbundwerkstoffen sowie deren Prüfung hinsichtlich Verarbeitungs- und

Bauteileigenschaften. Zu dieser Darstellung konnte eine Vielzahl von Exemplardaten erhoben werden, die sich im Wesentlichen in zwei Untersuchungsschwerpunkte unterteilen lassen: wie wirkt sich eine Matrixmodifikation aus und wie gut ist die Faser-Matrix-Haftung in Bezug auf die zu untersuchenden Eigenschaften. Die genutzte Software wurde dahingehend weiterentwickelt, dass sie nicht nur die ganzheitliche Prozesskettenbetrachtung ermöglicht, sondern nunmehr eine Analysefunktion über die gesamte Kette anbietet. Die Analysen wurden durchgeführt und die Ergebnisse flossen sowohl in die Berichterstattung, als auch in die Versuchsplanung des Folgeprojektes ein. Weiterführend wurden Methoden zur Generierung von Prozesswissen hinsichtlich der Absicherung einer reproduzierbaren Fertigung konzeptionell erarbeitet und weiterführender Forschungsbedarf aus den projektspezifischen Besonderheiten abgeleitet.

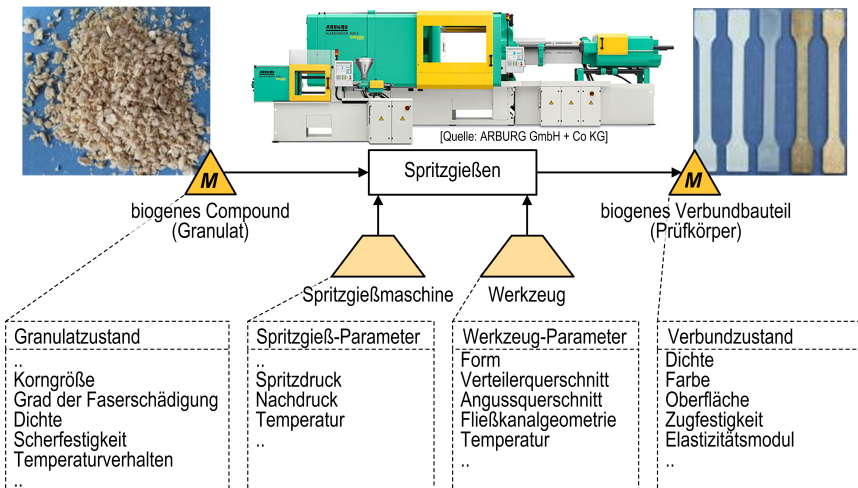


Bild 4: Prozessmodell zum Spritzgießen

4.7.4 Bionisch optimierte Hybridstrukturen für ressourceneffizienten Leichtbau (BioHybrid)

Laufzeit	04/2012 - 03/2014
Finanzierung	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Hajo Wiemer Dipl.-Wirtsch.-Inf. Michaela Helbig
Kooperation	TU Dresden Institut für Holz- und Papiertechnik Institut für Botanik Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik Institut für Pflanzen- und Holzchemie

Zielstellung

Ziele des Teilprojektes sind die Analyse pflanzlicher Konstruktionsprinzipien und deren technische Anwendung in bionisch optimierten, funktionalisierten Hybridstrukturen auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Dazu sollen die in BioComp erarbeiteten Methoden zur Verarbeitung und Nutzung dieser biobasierten Werkstoffverbunde sowie zur ganzheitlichen Simulation zielgerichtet weiter verfolgt und arbeitspaketübergreifend zu einer durchgängigen praxisnahen Verarbeitungsprozesskette verdichtet werden. Eine analysegebundene Erweiterung des Rohstoffspektrums hinsichtlich Nutzbarkeit und Effizienz, die Erarbeitung von Design-Prinzipien hin zu hybriden Mehrkomponentenstrukturen und die Weiterentwicklung der Methoden zur Verbesserung der Faser-Matrix-Haftung stehen im Vordergrund. Die so vertiefte Kenntnis der werkstofflichen Wirkzusammenhänge und das erarbeitete Prozesswissen sollen genutzt werden, um neuartige flächige Halbzeuge aus BioComps mit gerichteter Endlosfaserverstärkung zum Einsatz instruktorell beanspruchten, funktionalisierten Leichtbauanwendungen zu entwickeln.

Um trotz der werkstofftypisch schwankenden Rohstoffeigenschaften sowohl reproduzierbare Fertigungsergebnisse zu ermöglichen als auch Produktionsergebnisse zu prognostizieren, werden weiterführende Analysemechanismen und Werkzeuge zur Wissensgenerierung und -nutzbarmachung entwickelt. Darüber hinaus sollen Methoden zur Verknüpfung der Datenerfassungs- und -analyseanwendung mit Funktionen zur Unterstützung des Projektmanagements erarbeitet werden, um weiterhin die Forschungstätigkeit der anderen Arbeitsbereiche zu verknüpfen und zu unterstützen. Das strukturiert verfügbare Prozesswissen soll abschließend dazu genutzt werden, eine erste Abschätzung zur Wirtschaftlichkeit des entwickelten Werkstoffsystems zu treffen.

Lösungsweg

Aufbauend auf den Vorarbeiten aus BioComp bildeten folgende Schwerpunkte den Lösungsweg:

- Weiterentwicklung einer Methode zur effektiven Generierung von Technologiewissen,
- Weiterentwicklung der Methodik zur Prozesskettenbeschreibung und Exemplardatenerfassung mit Fokus auf die unterschiedlichen Arbeitsweisen der einzelnen Disziplinen,
- Erfassung und Analyse der Daten der untersuchten Pflanzen und Technologien,
- Weiterentwicklung geeigneter Methoden zur Ablage und Bereitstellung von Technologiewissen,
- Erweiterung der Methodik zur Integration von Qualitätssicherungsstrategien.

Ergebnisse

Die experimentellen Versuche in Fortführung der BioComp-Arbeiten wurden und werden weiterhin methodisch und softwareseitig begleitet, so dass bei Bedarf Auswertungen auf dieser Datenbasis schnell und einfach durchführbar sind. Um die Schwierigkeiten, die ein interdisziplinäres Projekt mit sich bringt zu reduzieren und eine ganzheitliche Methode zur Forschungsunterstützung bereitzustellen, wurden erste Analysen der unter-

schiedlichen Arbeitsweisen, Dokumentationsformen und Wissensquellen vorgenommen. Die Fokussierung auf einen disziplinunabhängigen Methodenkernel ist derzeit in Bearbeitung, eine Betrachtung der Abweichungen sowie die Entwicklung einer Methode, dies zu unterstützen, werden folgen.



Demonstrator – biogenes Verbundbauteil "Tragstruktur"

4.7.5 Informationsmanagementsystem zur Unterstützung von Technologieinbetriebnahmen und zur Bildung von Technologiewissen (Tec-In)

Laufzeit	04/2011 - 09/2012
Finanzierung	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Bearbeiter	Dr.-Ing. Hajo Wiemer Dr. rer. pol. Jens Weller Dr. Dr. rer. pol. Martin Juhrisch Dr. rer. nat. Gunnar Dietz
Kooperation	Dresden exists

"Tec-In" ist ein Forschungstransfer-Vorhaben im Förderprogramm EXIST des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Das EXIST-Programm zielt darauf ab, das Gründungsklima an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu verbessern, um schließlich die Anzahl technologieorientierter und wissensbasierter Unternehmensgründungen zu erhöhen. Die Forschungsstelle wird gefördert, um universitäre Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in marktreife Produkte zu überführen, die Unternehmensgründung vorzubereiten und den Markteintritt zu vollziehen.

Zielstellung

In Tec-In stand die Entwicklung eines "Informationsmanagementsystems zur Unterstützung von Technologieinbetriebnahmen und zur Bildung von Technologiewissen" im Mittelpunkt. Grundlage bildeten zunächst die methodischen Ergebnisse zur Modellierung und Analyse von technologischen Prozessketten, die im Sonderforschungsbereich 639 "Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen" und im Sächsischen Spitzencluster "European Centre for Emerging Materials and Processes Dresden" erarbeitet wurden.

In Tec-In wurden folgende Teilziele verfolgt:

1. Für die Anwendung der Methoden zur systematischen Beschreibung und Analyse von technologischen Prozessketten zur Unterstützung von Technologie-Inbetriebnahmen wurden weitere Methoden angestrebt, welche die organisatorischen Abläufe und die Informationsflüsse bei Inbetriebnahmen unterstützen. Die Marktfähigkeit des zu entwickelnden Produkts war herzustellen.
2. Für die Veranschaulichung der Methoden war ein Demonstrationskonzept zu entwickeln, in welchem ausgewählte Methoden in einer prototypischen IT-Unterstützung umgesetzt werden sollten. Der Demonstrator dient der Unterstützung der erforderlichen Marketingmaßnahmen hinsichtlich Akquirierung von Industrieprojekten.
3. Für die Vermarktung des Produkts waren geeignete Unternehmenskonzepte zu erarbeiten und ein Unternehmen zu gründen.

Lösungsweg

Zu 1.) Die Entwicklung der Methoden zur Inbetriebnahme begann mit der Analyse des datengetriebenen Ansatzes zur Beschreibung und Analyse von technologischen Prozessketten hinsichtlich der praxisgerechten Anwendung im Industrieumfeld.

Entsprechend der Analyseergebnisse wurden Methoden für eine klare und strukturierte Beschreibung der Zielstellung der Prozesskettenanalyse und -verbesserung, für eine systematische Anwenderführung bei der Prozessbeschreibung, für die Einbeziehung des vorhandenen Fachwissens, für die Vorbereitung der Datenerfassung und -analyse entwickelt. Die zusätzlichen Methoden basieren größtenteils auf Techniken zur Moderation (Befragung der Fachleute) und zur Bewertung und Strukturierung von Informationen.

Zu 2.) Als Demonstrator wurde ein Konzept ausgewählt, welches bewusst von den produktionstechnischen Inhalten entkoppelt ist aber dennoch das prinzipielle Vorgehen veranschaulichen kann.

Zum Demonstrator wurde eine für die Erläuterungen geeignete Prozesskette entwickelt. Für ausgewählte Methoden wurden prototypisch IT-Funktionen entwickelt und in einem Feldversuch getestet.

Zu 3.) In Kooperation mit Dresden exists und weiteren Partnern waren erforderliche Strategien für den Marktauftritt, die Preisgestaltung sowie die PR-Arbeit zu schaffen. Zudem waren ein tragfähiger Businessplan zu entwickeln und gründungsbegleitende Maßnahmen durchzuführen.

Ergebnisse

Zu 1.) Aus methodischer Sicht wurden zwei wesentliche Vorgehensweisen entwickelt. Für die Behandlung der produktionstechnischen Fragestellung entstand ein Ablauf von der Erörterung der Problemstellung bis zur Anwendung von Analyseergebnissen (*siehe Bild*). Für den Umgang mit interessierten Unternehmen wurde ein Phasenmodell für die Projektdurchführung entwickelt, welches letztlich die Projekte transparenter und abrechenbarer gestaltet.

Zu 2.) An einem hochwertigen, steuerbaren Kaffeevollautomat wurde die Modellierung des Zubereitungsprozesses, die Versuchsplanung für eine Inbetriebnahme, die Datenerfassung und -analyse sowie die Entwicklung eines datenbasierten Steuerungsmodells zur Prozessbeeinflussung umgesetzt. Der Demonstrator wurde inzwischen auf mehreren Messen erfolgreich genutzt.

Zu 3.) Die entwickelte Strategie führte bisher zu ersten Pilotprojekten mit produzierenden Unternehmen unterschiedlicher Branchen (z. B. Spritzgießen, Zerspanung, Laserbearbeitung). Der Businessplan wurde vom Projektträger geprüft und zu weiterführender Förderung empfohlen.

Im April 2012 wurde die Symate GmbH ausgegründet.



Vorgehensmodell der Methoden zur Unterstützung von Technologieinbetriebnahmen

5 Dissertationen



Ein Beitrag zur Analyse der nichtlinearen Systemdynamik in der Entwurfsphase von Werkzeugmaschinen

Promovend



Holger Rudolph

- geboren am 31. Januar 1968 in Jena
- 1990 –1995 Studium Maschinenbau/ Werkzeugmaschinenentwicklung an der TU Dresden
- seit 10/1995 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik der TU Dresden

Gutachter

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

Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher (RWTH Aachen)

Verteidigung

21. September 2012

Die Entwicklung von Werkzeugmaschinen erfordert unter den heutigen Anforderungen an Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Genauigkeit neue Herangehensweisen an den Konstruktionsprozess. Bereits in den Phasen des Maschinenkonzeptes und der Konstruktion müssen frühzeitig Aussagen gewonnen werden, um Varianten diskutieren, eventuelle Schwachstellen der Gesamtanordnung erkennen und geeignete Änderungen verifizieren zu können. Die getrennte Auslegung von Mechanik, Antriebssystemen und Maschinensteuerung trägt dem nicht mehr in genügendem Maße Rechnung. Zumeist wird in diesem Zusammenhang der eigentliche Fertigungsprozess in den diversen Modellen sogar vernachlässigt. Die Ausnutzung neuer technologischer Entwicklungen in der Fertigungstechnik, wie beispielsweise die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (HSC),

stellt jedoch auch entsprechend hohe Forderungen an die Maschinentechnik.

Vor diesem Hintergrund stellt die Modellierung und Simulation der komplexen mechatronischen Zusammenhänge im Verhalten einer Werkzeugmaschine durch einen virtuellen Prototypen ein bedeutendes Werkzeug für die Analyse, Bewertung und Optimierung des Maschinenentwurfs dar. Hierfür existieren eine Reihe von verschiedenen Modellierungsansätzen sowie dazu jeweils diverse Software-Lösungen.

Diese Arbeit konzentriert sich auf die Analyse prozessgerecht bewegter Werkzeugmaschinen, in denen sich die einzelnen, in sich linearelastischen Baugruppen unter der Wirkung der Antriebe relativ zueinander bewegen können. Diese Relativbewegungen führen zu strukturellen Veränderungen der gesamten Maschine und damit zu teils gravierenden Verhaltensänderungen über dem Arbeitsraum, die in den Simulationsmodellen Berücksichtigung finden.

Für die Modellierung wird ein Ansatz gewählt, welcher alle benötigten Systemkomponenten – angefangen bei den mechanischen Baugruppen über die Maschinensteuerung, Regelkreise und Antriebe bis hin zum eigentlichen Fertigungsprozess – über die Modellintegration in einer Simulationsumgebung zusammenführt und einer Analyse im Zeitbereich zugänglich macht. Nach der Zusammenstellung der mathematischen Grundlagen, deren algorithmischer Aufbereitung und Implementation in Modellbibliotheken steht ein effektives Verfahren zur Simulation von Werkzeugmaschinen zur Verfügung. Der bewusste Verzicht auf eine gekoppelte Simulation in einem Prozessverbund umgeht dabei die häufig auftretenden numerischen Probleme bei der Synchronisation verschiedener Simulatoren. Insbesondere die ganz erhebliche Reduktion der Berechnungszeiten für die Simulation stellt einen wesentlichen Vorteil des Verfahrens dar. Das gilt erst recht, wenn man sich vor Augen führt, dass für die Berechnung einer Maschine im Fertigungsprozess zu simulierende Zeitfenster von mehreren Sekunden bis Minuten erforderlich sind.

Das Beispiel einer Magnetspindel soll exemplarisch die durchgängige Modellierung und Analyse illustrieren, angefangen vom elastischen Teilmodell für den eigentlichen Spindelrotor über die Teilmodelle für die aktive Magnetlagerung und deren Regelung bis hin zum Fertigungsprozessmodell für das Ausbohren mit einem einschneidigen Werkzeug (*Bild 1*).

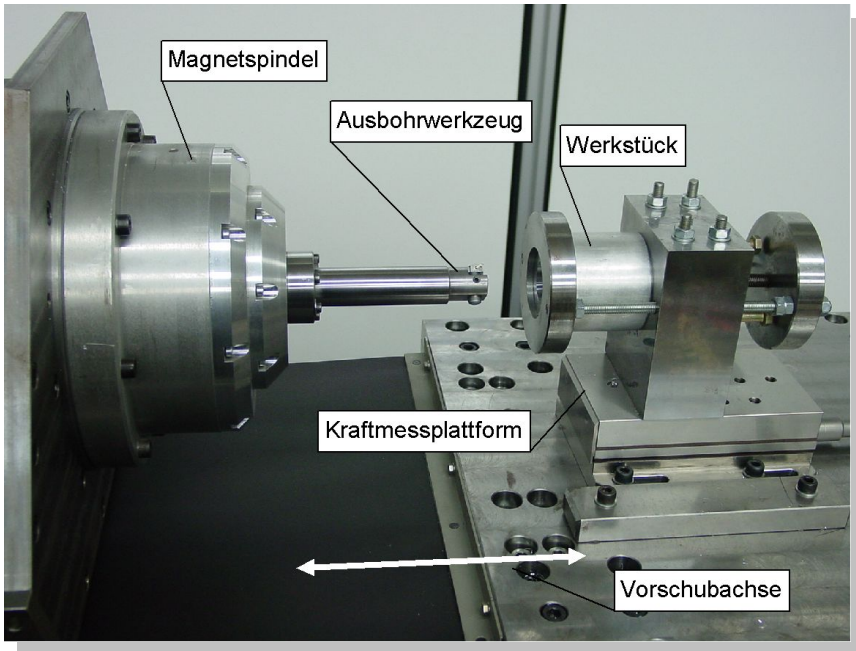


Bild 1: Ansicht des Versuchsaufbaus der Magnetspindel

Magnetisch gelagerte Hauptspindeln können in Maschinen zur spanenden Fertigung eingesetzt werden. Insbesondere ermöglicht die magnetische Lagerung das gezielte und gegebenenfalls auch winkelsynchrone Auslenken des Rotors. Dies kann z. B. bei der Unrundbearbeitung oder auch bei der Strukturierung von Oberflächen ausgenutzt werden. Allerdings wird die erweiterte Funktionalität, die höhere Präzision und die größere Flexibilität, die sich durch den Einsatz magnetisch gelagerter Spindeln erschließt, durch eine deutlich größere

Systemkomplexität erkauft. Die Auslegung eines derart komplexen Systems erfordert nahezu zwingend die Anwendung modellgestützter Methoden. Bild 2 zeigt hierzu das Simulationsmodell mit allen relevanten Teilmodellen, mit welchem sich das Systemverhalten im Zeitbereich analysieren lässt.

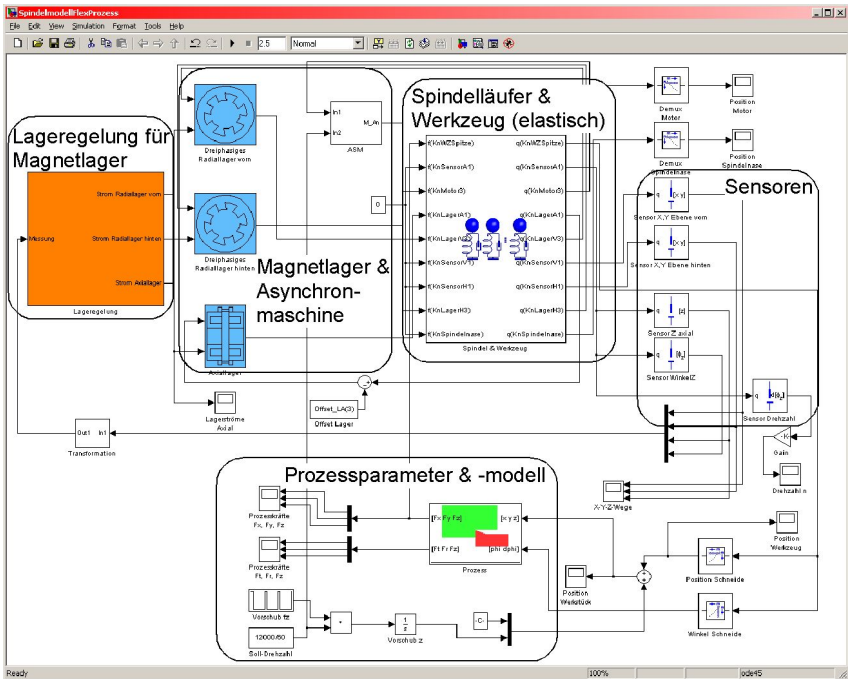


Bild 2: Simulationsmodell zur Analyse der Magnetspindel

Die folgende Anwendung des gezeigten Modells demonstriert die Analyse typischer Fertigungsprozesse mit dem Ziel, Prognosen der entstehenden Oberflächenrauheit zu treffen und Aussagen zu Maß- und Formabweichungen für ein- und mehrstufige Ausbohrprozesse zu gewinnen. Beispielhaft wird in Bild 3 ein zweistufiger Ausbohrprozess gezeigt.

In der Bildmitte ist die Abwicklung der simulierten Oberfläche und dazu im Bild unten ein vergrößerter Auszug aus dieser Oberfläche dargestellt.

Das Bild zeigt oben schließlich den Verlauf der Oberflächenrauheit und die beiden Rauheitskennwerte im Vergleich eines aus der simulierten Oberfläche gewonnenen Profilschnitts sowie des gemessenen Profilschnitts.

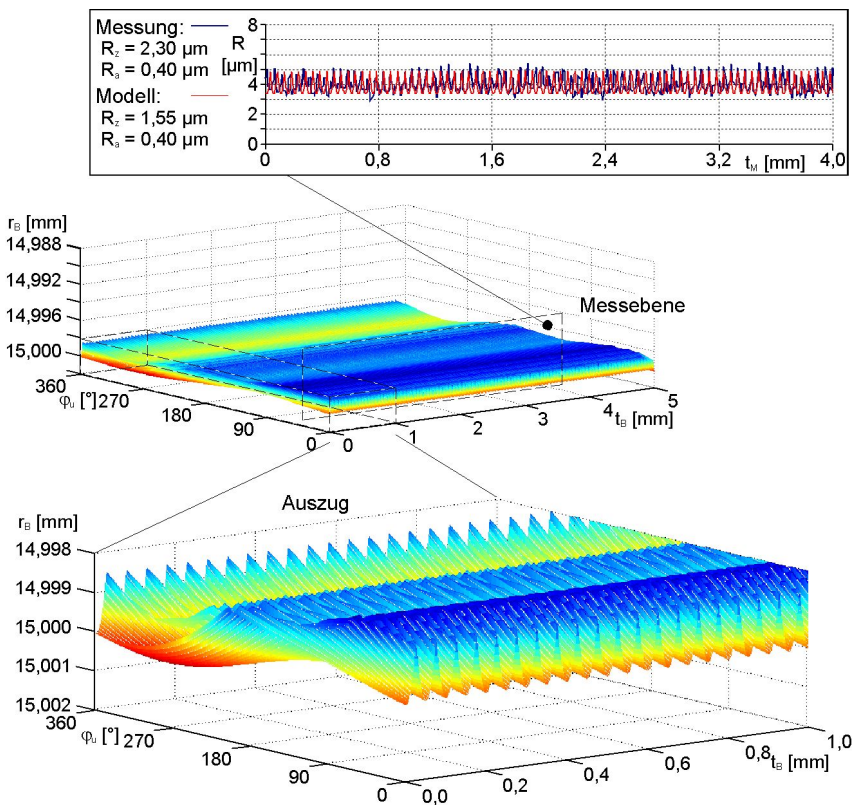


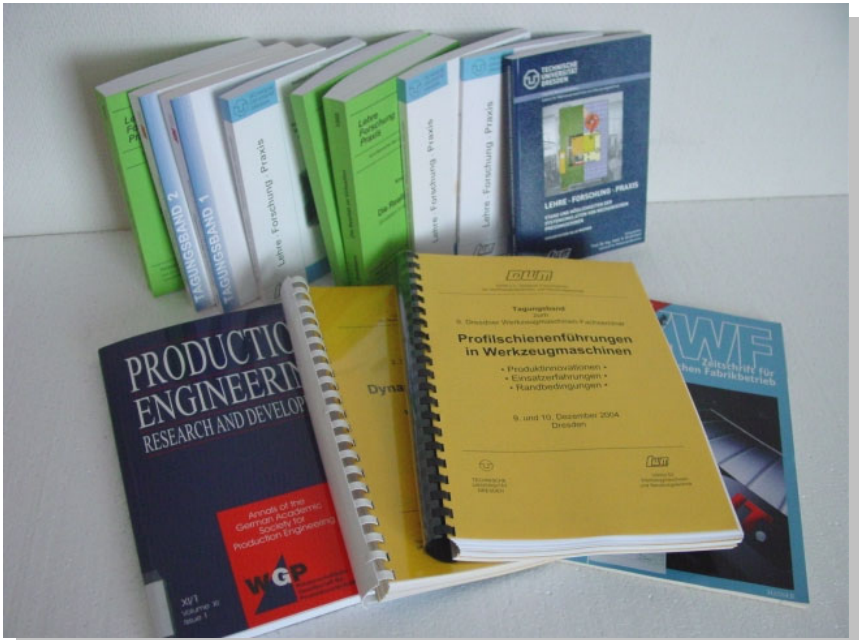
Bild 3: Oberflächenqualität eines zweistufigen Ausbohrprozesses

Man erkennt eine deutliche Überlagerung der Oberflächen-Topographien des Vor- und Fertigschnitts. An der abgewickelten

Darstellung der Oberfläche ist zudem ersichtlich, dass auch der gewünschte Zielradius der Bohrung nahezu exakt erreicht wird.

Die in der Arbeit aufgeführten Beispiele demonstrieren, wie sich auch gute quantitative Aussagen zum zu erwartenden dynamischen Systemverhalten gewinnen lassen, wenn die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Systembestandteilen im Modell enthalten und die diversen Parameter hinreichend gesichert bestimmbar bzw. abgeglichen sind. Sie zeigen aber auch, dass der Modellierungsaufwand wegen des ganz erheblichen Abstraktionsgrades in den elementaren Modellobjekten sowie der Aufwand für die Ergebnisinterpretation wegen der derzeit stark eingeschränkten Möglichkeiten zur Ergebnisvisualisierung ganz beträchtlich sind. Andererseits bietet der hohe Modellabstraktionsgrad auch Anwendungsmöglichkeiten für das Verfahren, die weit über das Gebiet der Werkzeugmaschine hinausgehen.

6 Öffentlichkeitsarbeit



6.1 Dresdner Werkzeugmaschinen- Fachseminare

Die im Jahr 2000 begonnene Reihe der Dresdner Werkzeugmaschinen-Fachseminare wurde im Berichtszeitraum ausgesetzt zugunsten der ersten zwei Kolloquien zum SFB/TR 96.

Das nächste Fachseminar wird stattfinden am 21./22.03.2013 aus Anlass des 100. Geburtstages unseres Institutsgründers, Prof. Dr. Horst Berthold.

1. Kolloquium zum SFB/TR-96 Thermo-Energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen - am 28. / 29.11.2011 in Dresden

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden
Überblick zum SFB/Transregio 96

Prof. Dr.-Ing. Klocke, F.; Dipl.-Ing. Brockmann, M.
WZL, RWTH Aachen
Thermo-mechanische Evaluierung und Modellierung von Zerspanprozessen

Dr.-Ing. Schmidt, G.; Dr.-Ing. Hoyer, K.
Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
Dipl.-Ing. Regel, J.
Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse,
TU Chemnitz
Messung und Simulation von Kraft, Temperatur und Verformung an Werkzeugen

Dr.-Ing. Nestmann, S.; Dipl.-Ing. Richter, C.;
Dipl.-Ing. Schädlich, K.
Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
Thermische Untersuchung von Werkzeugmaschinen unter definierten Belastungs- und Umgebungsbedingungen

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dr.-Ing. Kauschinger, B.;
Dipl.-Ing. Rehn, S.

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden

Experimentelle Untersuchungen zur adäquaten Abbildung des
Umgebungseinflusses bei der thermischen Modellierung

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dr.-Ing. Jungnickel, G.;
Dipl.-Ing. Städel, C.

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden

Modellierungsansätze für die Wärmestromaufteilung im
Zerspanungsprozess

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dipl.-Math. Galant, A.;
Dr.-Ing. Mühl, A.

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden

Modellreduktion für die thermische Analyse

Prof. Dr.-Ing. habil. Neugebauer, R.; Dipl.-Ing. Ihlenfeldt, S.;
Dipl.-Ing. Zwingenberger, C.

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
FEM-basierte thermische Analyse von Werkzeugmaschinen

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dipl.-Math. Galant, A.;
Dr.-Ing. Jungnickel, G.; Dr.-Ing. Mühl, A.

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden

Ansätze zur Modellierung des thermo-elastischen Verhaltens der
prozessaktuell bewegten Werkzeugmaschine

Dr.-Ing. Wenzel, C.

Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie

Direkte Messung lokaler Verlagerungen mit strukturintegrierter
Sensorik als Voraussetzung für Korrektur und Kompensation

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dr.-Ing. Mühl, A.;
Dipl.-Ing. Städel, C.

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik

TU Dresden

Dipl.-Ing. Martens, K.

GROB-Werke, Mindelheim

Entwurf und Abgleich einer korrelativen Korrektur thermoelastischer Fehler für ein 5-Achs-Fräszentrum

Prof. Dr. Herzog, R.

Numerische Mathematik, TU Chemnitz

Dipl.-Ing. Priber, U.

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
Sensitivitätsanalyse von FE-Modellen und Fehlerkorrektur auf der Basis höherdimensionaler Kennfelder

Prof. Dr.-Ing. Brecher, C.; Dipl.-Ing. Haber, D.;

Dipl.-Ing. Bäumler, S.

Werkzeugmaschinenlabor, RWTH Aachen

Eigenschaftsmodellbasierte Korrektur lastabhängiger Verformungen

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dr.-Ing. Jungnickel, G.;

Dr.-Ing. Kauschinger, B.; Dipl.-Ing. Rehn, S.

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik

TU Dresden

Prozessaktuelle strukturmodellbasierte Korrektur thermoelastischer Fehler

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

Dipl.-Ing. Rehn, S.; Dipl.-Ing. Städel, C.

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,

TU Dresden

Wärmeübertragung in Gestellinnenräumen

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dipl.-Ing. Höfer, H.;

Dipl.-Ing. Merx, M.; Dr.-Ing. Müller, J.

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,

TU Dresden

Konstruktive Lösungen für die räumliche Korrekturfähigkeit am Versuchsträger

Prof. Dr.-Ing. habil. Neugebauer, R.; Dr.-Ing. Drossel, W.-G.;
Dipl.-Ing. Ohsenbrügge, C.

Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse,
TU Chemnitz

Dipl.-Ing. Hannemann, C.; Dipl.-Ing. Bucht, A.

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
Basismechanismen zur Steuerung der Temperaturverteilung
mittels thermoaktiver Werkstoffe

Prof. Dr.-Ing. Kneer, R.

Lehrstuhl für Wärme- und Stoffübertragung, RWTH Aachen
Thermographie -Temperaturmessungen an komplexen und
zusammengesetzten Bauteilen und Bauteilverbindungen

2. Kolloquium zum SFB/TR-96 Thermo-Energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen - Modellierung und Simulation - am 24. / 25.10.2012 in Chemnitz

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden
Bedeutung und Konzepte von Modellierung und Simulation für
den SFB/TR-96

Dipl.-Ing. Braun, R.; Dipl.-Ing. Burwitz, M.; Prof. Dr. Esswein, W.;
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Systementwicklung
TU Dresden
Fachkonzeptionelle Modelle als Basis der Integration und
Bewertung (C05)

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dr. h.c. Klocke, F.;
Dipl.-Ing. Brockmann, M.; Dr.-Ing. Veselovac, D.
Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren, RWTH
Aachen
Grundlagenuntersuchungen der Temperaturverteilung beim
kontinuierlichen Schnitt mittels Thermografie (A02)

Prof. Dr. Werner, R.; Dipl.-Ing. Winkler, S.
Professur Elektrische Energiewandlungssysteme und Antriebe,
TU Chemnitz
Modellierung der Verlustquellen in Antriebsmotoren (C04)

Dipl.-Ing. Bäumler, S.; Prof. Dr.-Ing. Brecher, C.; Dipl.-Ing. Haber,
D.; Dipl.-Ing. Roissant, J.
Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen, RWTH Aachen
Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dr.-Ing. Kauschinger, B.;
Dipl.-Ing. Rehn, S.
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden
Simulation der Erwärmung von Spindellagern auf der Basis eines
lokalen Reibmodells (B03, B04)

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dr.-Ing. Kauschinger, B.;
Dipl.-Ing. Rehn, S.; Dipl.-Ing. Städel, C.

Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden

Wärmeübertragung in Aluminium-Leichtbaustrukturen (B04, C06)

Prof. Dr.-Ing. Kneer, R.; Dipl.-Ing. Vieler, S.

Lehrstuhl für Wärme- und Stoffübertragung, RWTH Aachen

Dr. Semmler, U.

Fraunhofer IWU Chemnitz

Dipl.-Ing. Bräunig, M.

Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse,
TU Chemnitz

Wärmeübertragung an Fugenkontakten am Beispiel spanender
Werkzeuge (B02, A01)

Dipl.-Ing. Ihlenfeldt, S.; Dipl.-Ing. Zwingenberger, C.

Fraunhofer IWU Chemnitz

Prof. Dr. Herzog, R.; Dipl.-Ing. Riedel, I.

Professur Numerische Mathematik, TU Chemnitz

Identifikation relevanter Parameter und Strukturbereiche für den
Wärmeübergang zwischen Maschine und Umgebung (B01, B05)

Prof. Dr.-Ing. Weber, J.; Dipl.-Ing. Weber, J.

Institut für Fluidtechnik, TU Dresden

Analyse und Modellierung der fluidischen Kühlung von
Motorspindeln (A04)

Dipl.-Ing. Etling, T.; Prof. Dr. Herzog, R.

Professur Numerische Mathematik, TU Chemnitz

Prof. Dr.-Ing. Kneer, R.; Dipl.-Ing. Vieler, S.

Lehrstuhl für Wärme- und Stoffübertragung, RWTH Aachen

Optimale Versuchsplanung für die experimentelle Ermittlung von
Kennwerten der Wärmeübertragung an Fugenkontakten
(B02, B05)

Dipl.-Ing. Naumann, A.; Prof. Dr. Wensch, J.

Institut für wissenschaftliches Rechnen, TU Dresden

Moderne Techniken zur schnellen und hochauflösenden
Simulation (A07)

Prof. Dr. Benner, P.; Dipl.-Ing. Lang, N.; Dr. Saak, J.
Professur Mathematik in Industrie und Technik, TU Chemnitz
Parametererhaltende Modellordnungsreduktion für die Simulation
thermo-elastischer Probleme an Werkzeugmaschinen (A06)

Dipl.-Math. Galant, A.; Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.;
Dr.-Ing. Mühl, A.
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden
Effiziente Simulation thermo-elastischer Verformungen an
Werkzeugmaschinen mit ordnungsreduzierten Modellen bei
Berücksichtigung großer Relativbewegungen (A05)

Prof. Dr.-Ing. Beitelschmidt, M.; Dipl.-Ing. Partzsch, M.
Institut für Festkörpermechanik, TU Dresden
Thermische Analyse bewegter Baugruppen mittels FEM am
Beispiel der Führungswagen(A05)

Dipl.-Ing. Bäumler, S.; Prof. Dr.-Ing. Brecher, C.;
Dipl.-Ing. Wennemer, M.
Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen, RWTH Aachen
Voraussetzungen und Grenzen einer eigenschaftsmodellbasierten
Korrektur (B06)

Prof. Dr.-Ing. habil. Großmann, K.; Dr.-Ing. Mühl, A.,
Dipl.-Ing. Städel, C.
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik,
TU Dresden
Modularisierung der Datenflüsse und Algorithmen für die
steuerungsintegrierte Korrektur thermisch bedingter
Verlagerungen in Werkzeugmaschinen (B07)

6.2 Veröffentlichungen

6.2.1 Bücher

Jahr 2011

Großmann, K.

Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen
2009/2010

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen, 2011
TU Dresden, ISBN 978-3-86780-190-4

Großmann, K.; Borriboon, K.; Friedrich, C.; Geller, S.; Kötter, H;
Krengel, M.; Leipner, A.; Machova, K.; Niemand, T.; Ott, G.;
Riedel, M.; Schenke, C.; Zhao, N.

Prinziplösungen für die automatisierte Verarbeitung von
Hybridgarntextilthermoplast

2011 Cuvillier Verlag, ISBN 978-3-86955-959-9

Jahr 2012

Rudolph, H.

Ein Beitrag zur Analyse der nichtlinearen Systemdynamik in der
Entwurfsphase von Werkzeugmaschinen -

Die aktive virtuelle Werkzeugmaschine

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen, 2012

Dissertation, TU Dresden, ISBN 978-3-86780-302-1

6.2.2 Buchbeiträge

Jahr 2011

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Riedel, M.
Photogrammetrische Maschinenvermessung – Integration von kinematischen Maschinenstrukturen in funktionale Modelle
Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik,
Beiträge der Oldenburger 3D-Tage, S. 177 - 184

Jahr 2012

Palaniswamy, H.; Penter, L.
Cushion Systems for Sheet Metal Forming
in: Altan, T.; Tekkaya, A. E. (Eds.):
Sheet Metal Forming Fundamentals, ASM International, 2012,
ISBN 978-1-61503-842-8

Großmann, K.; Hardtmann, A.; Wiemer, H.; Penter, L.;
Kriechenbauer, S.
Advanced Forming Process Model - AFPM
in: Denkena, B.; Hollmann, F. (Eds.):
Process Machine Interactions, Springer Verlag, 2012,
ISBN 978-3-642-32447-5

Naganathan, A.; Penter, L.
Hot Stamping
in: Altan, T.; Tekkaya, A. E. (Eds.):
Sheet Metal Forming Processes and Applications,
ASM International, 2012, ISBN 978-1-61503-844-2

Hentschel, T.; Friedrich, C.; Kunze, G.
Arbeitsausrüstungen mit parallelkinematischen Strukturen für
Mobile Arbeitsmaschinen.
in: Geimer, M.; Synek, P.-M.
WVMA - Wissenschaftlicher Verein für Mobile Arbeitsmaschinen
e.V., Hrsg.: 7. Kolloquium Mobilhydraulik Karlsruhe, Band 14 in
Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik, S. 109–124,
KIT Scientific Publishing, 2012, ISBN 978-3-86644-881-0

Großmann, K.; Löser, M.
Synthesis of Stability Lobe Diagrams
in: Denkena, B.; Hollmann, F. (Eds.):
Process Machine Interactions, Springer Verlag, 2012,
ISBN 978-3-642-32447-5

6.2.3 Fachaufsätze

Jahr 2011

Großmann, K.; Löser, M.
Einflussgrößen auf die Stabilität von Zerspanprozessen. Eine
vergleichende Untersuchung
ZWF 106 (2011) 3, S. 147-152

Großmann, K.; Rehn, S.
Thermische Simulation von Werkzeugmaschinen
Wärmestrommessung zur Berücksichtigung des
Umgebungseinflusses
ZWF 106 (2011) 4, S.249-254

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Riedel, M.
Integration, Photogrammetrische Maschinenvermessung:
Integration von kinematischen Maschinenstrukturen in
funktionale Modelle
Photogrammetrie, Laserscanning, optische 3D-Messtechnik –
Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2011,
Wichmann-Verlag Heidelberg, 2011

Großmann, K.; Müller, J.; Peukert, C.
Vorab-Sollwertberechnung für die Impulskompensation von
Lineardirektantrieben
ZWF 106 (2011) 5, S. 352-356

Großmann, K.; Wiemer, H.
Reproduzierbare Fertigung in innovativen Prozessketten
Anwendungsbeispiele und –erfahrungen (Teil 3)
ZWF 106 (2011) 10, S. 26-29

Jungnickel, G.; Drossel, W.; Müller, J.; Pagel, K.
Untersuchungen zu den Grenzwerten des Einsatzes

adaptronischer Komponenten zur Impulsentkopplung von linearmotorgetriebenen Werkzeugmaschinenachsen unter veränderlichen strukturmechanischen Umgebungsmechanismen
Hesselbach, J. (Hrsg.): Adaptronik für Werkzeugmaschinen
Shaker Verlag, 2011, ISBN 978-3-8322-9809-8; S. 139 - 178

Machova, K.; Zschetzsche, J.; Füssel, U.; Friedrich, C.; Riedel, M.; Schuster, H.

Innovatives Schneiden technischer Textilien mittels Plasmastrahl
Technische Textilien 5 (2011) S. 251-253

Friedrich, C.; Geller, S.; Kötter, H.; Machova, K.; Niemand, T.; Ott, G.; Riedel, M.; Schenke, C.; Zhao, N.

Hybridgarnverarbeitung

Verzicht auf Organobleche erhöht Fertigungseffizienz
Maschinenmarkt Composites World 44 (2011) S. 14-17

Großmann, K.; Borriboon, K.; Friedrich, C.; Geller, S.; Kötter, H.; Krengel, M.; Leipner, A.; Machova, K.; Niemand, T.; Ott, G.; Riedel, M.; Schenke, C.; Zhao, N.

Prinziplösungen für die automatisierte Verarbeitung von Hybridgarntextilthermoplast

Cuvillier Verlag, 2011, ISBN 978-3-86955-959-9

Großmann, K.; Ott, G.; Friedrich, C.; Geller, S.; Kötter, H.; Machova, K.; Niemand, T.; Riedel, M.; Schenke, C.; Zhao, N.

Endkonturnahe Thermoplastverbundbauteile

Neuartiger Fertigungsprozess zur effizienten Herstellung
ZWF 10 (2011) S. 752-757

Machova, K.; Zschetzsche, J.; Füssel, U.; Friedrich, C.; Riedel, M.; Schuster, H.

Innovatives Schneiden technischer Textilien mittels Plasmastrahl
Schweissen und Schneiden 10 (2011) S. 599-603

Großmann, K.; Müller, J.; Neugebauer, R.; Pagel, K.

GiLdA - Gestaltung impulsentkoppelter Lineardirektantriebsachsen aus Anwendersicht

Schwingungen in Antrieben, 2011, Bd. VDI-Berichte 2155
Leonberg, 19./20. Oktober 2011, S. 157 -170

Hardtmann, A.; Bräunling, S.
Fertigung von Lithium-Zellen mit geometrisch unbestimmter Zellform und Integration in Strukturkomponenten.
in: DeLIZ - Produktionstechnisches Demonstrationszentrum für Lithium-Ionen-Zellen, Ergebnisbericht, Fraunhofer IWS Dresden, 2011

Jahr 2012

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Riedel, M.
Exzentrische Gelenke für parallelkinematische Werkzeugmaschinen
ZWF 107 (2012) 1-2, S. 25-32

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Riedel, M.
Photogrammetrischer Modellbaukasten zur Erfassung von Bewegungsfehlern an Werkzeugmaschinen,
Photogrammetrie, Laserscanning, optische 3D-Messtechnik –
Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2012, S. 332-339,
Wichmann-Verlag Heidelberg, 2012

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Riedel, M.; Scharenberg, W.
Bestimmung der Bewegungsfehler einer Linearachse
Photogrammetrie, Laserscanning, optische 3D-Messtechnik –
Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2012, S. 340-347,
Wichmann-Verlag Heidelberg, 2012

Ficker, Th.; Hardtmann, A.
Entwicklung des Axial-Vorschub-Querwalzens an der TU Dresden –
ein historischer Überblick von Anfang der 1970-er Jahre bis heute
www.utfscience.de/II/2012

Großmann, K.; Bräunling, S.; Hardtmann, A.; Staiger, E.;
Kerber, T.
3D-Textil-Blech-Verbunde
www.utfscience.de/II/2012

Mehr als nur Statistik - Symate GmbH bietet Prozessoptimierung mit neuartigem Technologiedatenmanagement-System
DresdnerTransferbrief 1.12 (20. Jahrgang) Dresden, 2012

Machova, K.; Zschetsche, J.; Füssel, U.; Friedrich, C.; Riedel, M.; Schuster, H.; Rückert, R.

Innovatives Schneiden technischer Textilien mittels Plasmastrahl
Melliand Textilberichte, 3/2012, Frankfurt 2012

Großmann, K.; Rudolph, H.; Weishart, H.

Verfahren zur Bestimmung modaler Dämpfungsmaße an
Werkzeugmaschinen-Strukturen

ZWF 107 (2012) 3, S. 168-173

Großmann, K.; Jungnickel, G.; Mühl, A.; Rehn, S.; Städel, C.

Ermittlung des Aufteilungsverhältnisses der beim Spanen in
Wärme umgesetzten Verlustleistung - Abhängigkeit der
Wärmeströme von Prozessparametern

ZWF 107 (2012) 4, S. 217-222

Großmann, K.; Löser, M.

Frequenzgangermittlung an einer rotierenden Spindel

ZWF 107 (2012) 4, S. 240-243

Großmann, K.; Wiemer, H.; Helbig, M.

Modellierung und Analyse technologischer Ketten - Ein neuer
Ansatz zur effektiven Generierung von Technologiewissen
Industrie Management 28 (2012) 4, S. 38-42

Großmann, K.; Bräunling, S.; Hardtmann, A.; Staiger, E.;
Kerber, T.

Blech und Textil im Verbund

Bleche Rohre Profile 59 (2012) 4, S. 16-19

Ficker, Th.; Hardtmann, A.

Werkzeugkontur per Kinematik

Umformtechnik 46 (2012) 4, S. 32-33

Brecher, C.; Großmann, K.; Zäh, M.; Fey, M.; Niehues, K.;
Rudolph, H.; Schwarz, S.

Lineare Dynamikmodelle für verschraubte Fugen

Vergleichende Untersuchung von Modellen mit
unterschiedlichem Abstraktionsgrad

wt Werkstattstechnik online 102 (2012) 5, S. 276-281

- Großmann, K.
Thermo-Energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen
ZWF 107 (2012) 5, S. 307-314
- Großmann, K.; Rehn, S.; Mühl, A.
Thermische Simulation von Werkzeugmaschinen. Ersatzmodelle zur Beschreibung konvektiver Wärmeübertragung in Gestellinnenräumen
ZWF 107 (2012) 5, S. 315-321
- Großmann, K.; Kalisch, S.; Mühl, A.; Rehn, S.; Wilhelm, W.
Thermal simulation of the consolidation process of textile-reinforced thermoplastic components using homogenized parameters
Production Engineering. Volume 6, 3 (Juni 2012), S. 251-257
- Großmann, K.; Galant, A.; Mühl, A.
Thermo-elastische Berechnung von Werkzeugmaschinen-Baugruppen.
Effiziente Simulation durch Modellordnungsreduktion
ZWF 107 (2012) 6, S. 457-461
- Großmann, K.; Städel, C.; Galant, A.; Mühl, A.
Berechnung von Temperaturfeldern an Werkzeugmaschinen - Vergleichende Untersuchung alternativer Methoden zu Erzeugung kompakter Modelle
ZWF 107 (2012) 6, S. 452-456
- Großmann, K.; Rudolph, H.; Weishart, H.
Parameteridentifikation für die Dämpfungsbeschreibung. Vergleichende Untersuchung zur Bestimmung von Dämpfungsparametern
ZWF 107 (2012) 7-8, S. 497-502
- Großmann, K.; Penter, L.; Hardtmann, A.; Weber, J.; Lohse, H.
FEA of deep drawing with dynamic interactions between die cushion and process enables realistic blank holder force predictions
Archives of Civil and Mechanical Engineering, Volume 12, 3 (September 2012), S. 273-278

Schenke, C.-C.; Wiemer, H.; Großmann, K.
Analysis of servo-mechanic drive concepts for forming presses
Production Engineering, Volume 6, 4-5 (September 2012),
S. 467-474

Großmann, K.; Kauschinger, B.
Eccentric universal joints for parallel kinematic machine tools:
variants and kinematic transformations
Production Engineering, Volume 6, 4-5 (September 2012),
S. 521-529

Dietz, G.; Juhrisch, M.
Datengetriebene Entwicklung technologisch-statistischer Modelle
1. Tagung Innovation 2012 Dresden, Tagungsband S. 45 - 49

Großmann, K.; Wiemer, H.; Dietz, G.
Unterstützung der Entwicklung innovativer Technologien.
Systematische Ermittlung von Prozessfenstern
ZWF 107 (2012) 11, S. 808-813

Schmauder, M.; Erler, M.; Fabig, C.; Friedrich, C.; Grölllich, D.;
Günther, G.; Ott, G.
InnoFab – Innovationsfabrik als Lehr- und Lernform einer
Universität
ZWF 107 (2012) 11, S. 840-844

Großmann, K.; Friedrich, C.
Steuerung einer neuartigen Hexapod-Arbeitsausrüstung für
Radlager.
Teil 1: Systembeschreibung, Busauslegung und Steuerungs-
architektur
ZWF 107 (2012) 12, S. 897-902

6.2.4 Vorträge

Jahr 2011

Hufenbach, W.; Adam, F.; Modler, K.-H.; Hanke, U.;
Großmann, K.; Rehn, St.; Krahl, M.

Novel manufacturing process for complex thermoplastic
lightweight structures using adapted consolidation kinematics
International Conference on Manufacturing of Advanced
Composites, 22.-23.03.2011, Belfast (GB)

Hufenbach, W.; Großmann, K.; Wiemer, H.; Weller, J.;
Helbig, M.; Adam, F.; Krahl, M.; Heber, T.

Reproducible manufacturing of textile-reinforced thermoplastic
composites based on database-driven modelling of innovative
process chains

ICMAC 2011; International Conference on Manufacturing of
Advanced Composites, 22.-23.03.2011, Belfast (GB)

Großmann, K.; Mühl, A.; Löser, M.; Cherif, Ch.; Hoffmann, G.;
Mountasir, A.

Requirements for the reproducible manufacturing of spacer
preforms made of glass thermoplastic hybrid yarns for
composites

Techtextil 2011, Internationales Techtextil-Symposium,
24.05.2011, Frankfurt am Main

Großmann, K.; Mühl, A.; Cherif, Ch.; Modler, K.-H.; Adam, F.;
Krahl, M.

Fertigungstechnologien für thermoplastische textilverstärkte
Sandwich-Leichtbaustrukturen

Manufacturing technologies for lightweight applications with
thermoplastic textile-reinforced sandwich structures
1. WGP-Jahreskongress, 08.-09.06.2011, Berlin

Dietz, G.; Juhrisch, M.; Großmann, K.

Inherence of Ratios for Service Identification and Evaluation
Proceedings of the 17th Americas Conference on Information
Systems (AMCIS), 04.-07.08.2011, Detroit (USA)

Großmann, K.; Wiemer, H.; Helbig, M.; Weller, J.
Adapting potentials of biogenic materials into composites by
using the advantages of database-driven modeling
International Conference on Innovative Technologies IN-TECH,
01.-02.09.2011, Bratislava (Slowakei)

Helbig, M.
Projektvorstellung European Centre of Emerging Materials and
Processes Dresden - Teilprojekt C2 (BioComp)
Werkzeugmaschinen-Seminar des Institutes für Werkzeug-
maschinen und Steuerungstechnik, 08.12.2011, Dresden

Jahr 2012

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Riedel, M.; Scharenberg, W.
Bestimmung der Bewegungsfehler einer Linearachse
Photogrammetrie, Laserscanning, optische 3D-Messtechnik –
Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2012,
01.-02.02.2012, Heidelberg

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Riedel, M.
Photogrammetrischer Modellbaukasten zur Erfassung von
Bewegungsfehlern an Werkzeugmaschinen,
Photogrammetrie, Laserscanning, optische 3D-Messtechnik –
Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2012,
01.-02.02.2012, Heidelberg

Großmann, K. K.
"Verknüpfung zum Demonstrator" – SFB 639, Teilprojekt E2: Ziele
in der Demonstratorphase
Werkzeugmaschinen-Seminar des Institutes für Werkzeug-
maschinen und Steuerungstechnik,
02.02.2012, Dresden

Döring, M.; Majschak, J.-P.; Holowenko, O.; Großmann, K.
Grundlagenuntersuchung zur modellbasierten Bahnplanung
Tagung Verarbeitungsmaschinen, Verpackungstechnik VVD 2012,
in: Tagungsband Verarbeitungsmaschinen und
Verpackungstechnik (VVD), 2012, S. 135–148
22.-23.03.2012, Dresden

Juhrisch, M.

Datengetriebene Optimierung maschineller Produktionsprozesse
Hannovermesse 2012,
Messekolloquium "Tech Transfer - Gateway to Innovation",
25.04.2012, Hannover

Juhrisch, M.

Absicherung der Reproduzierbarkeit innerhalb innovativer
Prozessketten
Hannover Messe 2012,
Messekolloquium "Werkstoff-Forum Intelligenter Leichtbau",
25.04.2012, Hannover

Juhrisch, M.; Wiemer, H.; Weller, J.; Dietz, G. (Symate GmbH)

Datengetriebene Optimierung maschineller Prozesse
Technologietransfergespräche des BVMW, Bundesverband
mittelständische Wirtschaft,
Unternehmerversand Deutschland e.V., 1. Workshop,
08.05.2012 Dresden

Dietz, G.; Juhrisch, M.

Datengetriebene Entwicklung technologisch-statistischer Modelle
Fachtagung der Informatik "open4INNOVATION2012",
08.05.2012, Dresden

Großmann, K.; Penter, L.; Hardtmann, A.; Weber, J.; Lohse, H.
FEA of deep drawing with dynamic interactions between
machine and process enables realistic blank holder force
predictions

in: The 3rd International Lower Silesia - Saxony Conference
"Advanced metal forming processes in automotive industries",
13.-16.05.2012, Wroclaw

Dietz, G.

Vorstellung eines Datengetriebenen Modellierungs- und
Simulationswerkzeugs
1. Unternehmertreff BVMW (Bundesverband Mittelständischen
Wirtschaft), Technologietransfergespräche,
29.05.2012, Dresden

Wiemer, H.

Detact - vollintegrierte Softwareunterstützung zur
Analyseplanung und -durchführung

2. Unternehmertreff BVMW (Bundesverband Mittelständischen
Wirtschaft), Technologietransfergespräche,
06.09.2012, Dresden

Juhrisch, M.; Wiemer, H.; Weller, J.; Dietz, G. (Symate GmbH)
Datengetriebene Optimierung maschineller Prozesse

2. Unternehmertreff BVMW (Bundesverband Mittelständischen
Wirtschaft), Technologietransfergespräche,
06.09.2012, Dresden

Wiemer, H. (Symate GmbH)

Detact - Introducing a novel system for rapid identification and
utilization of technological process interdependencies

Composite Forum 2012, Composite Europe
06.09.2012, Dresden

Großmann, K.; Wiemer, H.; Großmann, K. K.

Methods for modelling and analysing process chains for
supporting the development of new technologies

Materials Science Engineering – Symposium B6: Hybrid
Structures,

25.–27.09.2012, Darmstadt

Weller, J.

Reproduzierbarkeit in innovativen Prozessketten

Mittelständischer Unternehmertag des Bundesverbandes
mittelständische Wirtschaft,

Unternehmerverband Deutschland e.V.,
11.10.2012, Leipzig

Juhrisch, M. (Symate GmbH)

Datengetriebene Optimierung maschineller Produktionsprozesse
Mittelständischer Unternehmertag des Bundesverbandes

mittelständische Wirtschaft,
Unternehmerverband Deutschland e.V.,

11.10.2012, Leipzig

Großmann, K.; Mühl, A.; Städel, C.

Modularisierung der Datenflüsse und Algorithmen für die steuerungsintegrierte Korrektur thermisch bedingter Verlagerungen in Werkzeugmaschinen

"Thermo-Energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen - Modellierung und Simulation"- 2. Kolloquium SFB/Transregio 96, 24.-25.10.2012, Chemnitz

Großmann, K.; Galant, A.; Mühl, A.

Effiziente Simulation thermo-elastischer Verformungen an Werkzeugmaschinen mit ordnungsreduzierten Modellen bei Berücksichtigung großer Relativbewegungen

"Thermo-Energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen - Modellierung und Simulation"- 2. Kolloquium SFB/Transregio 96, 24.-25.10.2012, Chemnitz

Bäumler, St.; Brecher, C.; Haber, D.; Rossaint, J.; Großmann, K.; Kauschinger, B.; Schroeder, S.

Simulation der Erwärmung von Spindellagern auf der Basis eines lokalen Reibmodells

"Thermo-Energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen - Modellierung und Simulation"- 2. Kolloquium SFB/Transregio 96, 24.-25.10.2012, Chemnitz

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Schroeder, S.; Städel, C.; Koch, M.

Wärmeübertragung in Aluminium-Leichtbaustrukturen

"Thermo-Energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen - Modellierung und Simulation"- 2. Kolloquium SFB/Transregio 96, 24.-25.10.2012, Chemnitz

Galant, A.; Großmann, K.; Mühl, A.

Effiziente Simulation thermo-elastischer Verformungen an Werkzeugmaschinen mit ordnungsreduzierten Modellen bei Berücksichtigung großer Relativbewegungen

Ansys Conference & 30. CADFEM Users' Meeting 2012, 24.-26.10.2012, Kassel

Wiemer, H.

Technologiedatenmanagement unterstützt die Integration des Formwerkzeuges in die Prozesstechnologie
Thementag "Werkzeug- und Formenbau" des Carbon Composites Ost e.V.,
16.11.2012, Dresden

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Holowenko, O.

Hochdynamische Bahnvorgaben an Verarbeitungsmaschinen effizient abarbeiten
SPS IPC Drives 2012
in: Tagungsband SPS/IPC/Drives 2012, S. 205-213
27.-29.11.2012, Nürnberg

Großmann, K.; Kauschinger, B.; Riedel, M.

Photogrammetrische Erfassung von Bewegungsfehlern an Werkzeugmaschinen und Linearachsen
15. Anwendungsbezogener Workshop zur Erfassung, Modellierung, Verarbeitung und Auswertung von 3D-Daten, Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. (GFal),
06-07.12.2012, Berlin

Großmann, K. K.

Arbeitsstand des Teilprojektes E2
Mitarbeitertagung des SFB 639 "Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierte Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen",
07.12.2012, Rabenau

6.2.5 Forschungsberichte

Jahr 2011

Großmann, K.; Ott, G.; Friedrich, C.; Geller, S.; Kötter, H.; Machova, K.; Niemand, T.; Riedel, M.; Schenke, C.; Zhao, N.
Effiziente Fertigungsprozesse für endkonturnahe Thermoplastverbundbauteile
Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben mit Forschungskennzeichen 03FO1172

Großmann, K.; Mühl, A.; Kalisch, S.; Rehn, St.
Thermische Simulation des Konsolidierprozesses von
textilverstärkten thermoplastischen Verbundwerkstoffen
Abschlussbericht des Instituts für Werkzeugmaschinen und
Steuerungstechnik in der Arbeitsgruppe Temperiersystem zum
BMBF-Verbundprojekt "ToHoP": Entwicklung eines
prozessaktiven Werkzeugsystems für die Formgebung komplexer
Topologie-Hohlprofile aus textilverstärkten Verbundwerkstoffen
mittels Heißpressen, Berichtszeitraum 01.04.2007 – 31.12.2010;
18.01.2011

Ulbricht, V.; Süße, D.; Großmann, K.; Hardtmann, A.; Stelzer, R.;
Schöne, C.
CAE-Methoden in der Einarbeitungsphase der Blechumformung
EFB-Forschungsbericht Nr. 330, Hannover, 2011,
ISBN 978-3-86776-367-7

Großmann, K.; Penter, L.; Weber, J.; Lohse, H.
Simulation von Ziehkisseneinflüssen im FEM-Prozessmodell
EFB-Forschungsbericht Nr. 336, Hannover, 2011,
ISBN 978-3-86776-373-8

Jahr 2012

Großmann, K.; Penter, L.; Hardtmann A.
Entwicklung und Bewertung von Simulationstechnologien für die
Blechumformung unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen
zwischen Maschine/Werkzeug und Prozess/Werkstück
DFG-Abschlussbericht, TU Dresden

Großmann, K.; Mühl, A.; Rudolph, H.; Weishart, H.
Grundlagenuntersuchungen zur effizienten
Dämpfungsbeschreibung und parametrierung für elementare
werkzeugmaschinen-typische Körper und Kopplungselemente
Zwischenbericht an die DFG zum Teilprojekt 1 der
Forschergruppe FOR1087

Großmann, K.; Galant, A.; Mühl, A.
Kondensation und Freiheitsgrad-Reduktion für thermo-elastische Modelle von Gestellstrukturbauteilen an Werkzeugmaschinen
DFG-Abschlussbericht, TU Dresden

Großmann, K.; Städel, C.
Experimenteller Abgleich und Verifizierung des simulativ ermittelten Aufteilungsverhältnisses der Zerspanungsleistung in Span, Werkstück und Werkzeug
DFG-Abschlussbericht, TU Dresden

Großmann, K.; Löser, M.
Synthese von Ratterkarten für Fräsprozesse mit hochtourig drehenden Spindel-Lager-Systemen unter Berücksichtigung gyroskopischer Effekte
DFG-Abschlussbericht, TU Dresden

Großmann, K.; Löser, M.
Strukturbasierte Modellierung des drehzahlabhängigen Übertragungsverhaltens eines Spindel/Werkzeug-Systems
DFG-Abschlussbericht, TU Dresden

Großmann, K.; Ott, G.; Friedrich, C.; Geller, S.; Kötter, H.; Machova, K.; Niemand, T.; Riedel, M.; Schenke, C.; Zhao, N.
Effiziente Fertigungsprozesse für endkonturnahe Thermoplastverbundbauteile
Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben mit Forschungskennzeichen 03FO1172

Wagenführ, A.; Neinhuis, C.; Hufenbach, W.; Großmann, K.; Fischer, S.
Teilprojekt C2: Charakterisierung des Anwendungspotenzials biologischer Materialverbünde und technologische Übertragung in Verbundwerkstoffe (BioComp)
Zwischenbericht zum Vorhaben SAB-Projektnr. 13855/2379

6.2.6 Patente

Jahr 2011

Großmann, K.; Möbius, V.; Höfer, H.; Müller, J.; Kauschinger, B.
(Erfinder):

Verfahren zum Erzeugen von Präzisionsbewegungen von
Objekten mit hohen Beschleunigungen sowie Einrichtung hierzu
Schutzrecht WO 002011066825 A1 (09.06.2011),
Technische Universität Dresden, 01069 Dresden (Anmelder)

6.3 Messen und Ausstellungen

Jahr 2011

"Technologiedatenmanagement" auf der 3. Innovationsbörse des CIMTT der TU Dresden, Glaubitz

Jahr 2012

"Technologiedatenmanagement" am Gemeinschaftsstand
"Forschung für die Zukunft" intec Leipzig

"Technologiedatenmanagement" auf der Fachtagung der Informatik "open4INNOVATION2012", Dresden

"Technologiedatenmanagement" am Gemeinschaftsstand
"Forschung für die Zukunft" Hannovermesse

"Technologiedatenmanagement für die Energiebilanzierung
produktionstechnischer Prozesse" Stand der Symate GmbH auf
der 3. Fachtagung "Energie - Effizienz – Strategie" der saena
Sächsische Energieagentur GmbH, Dresden

"Technologiedatenmanagement" am Gemeinschaftsstand
"Forschung für die Zukunft" Composite Europa in Düsseldorf

"Technologiedatenmanagement" auf der 4. Innovationsbörse des CIMTT der TU Dresden, Dresden

6.4 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, im SPS-Labor 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 2011

UNI LIVE - Schnupperstudium für einen Tag

13.01.2011

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

Dies academicus

11.05.2011

- Traditionell steht der Dies academicus für den "Blick über den Tellerrand" – für Studenten und Mitarbeiter
- TU-zentrale Veranstaltungen mit interessanten Vorträgen, Informationsmöglichkeiten und sportlicher Betätigung, z. B. dem Campuslauf
- Das IWM öffnet an diesem Tag das Werkzeugmaschinen-Versuchsfeld und das SPS-Labor

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

21.05.2011

- Informationen zur Ausbildung in der Studienrichtung Produktionstechnik und in der Vertiefungsrichtung Werkzeugmaschinenentwicklung
- Demonstrationsobjekt des IWM: der LEGO-Hexapod
- PC-Einsatz in Konstruktion und Verhaltensberechnung
- Vortrag:
"Maschinen im 21. Jahrhundert: intelligente Kreaturen?"



Tag der offenen Tür – Informationen für Schüler und Eltern

Lange Nacht der Wissenschaften

01.07.2011

- Das Werkzeugmaschinenversuchsfeld des IWM ist von 18 bis 01 Uhr geöffnet und bietet interessante und auch ungewöhnliche Einblicke in unsere Arbeit für Groß und Klein. Und auch unser Rektor zeigt sich interessiert ...



Interessierte Nachwuchswissenschaftler



Info-Theke

14.07.2011

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

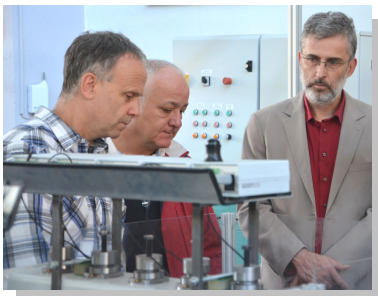


Info-Theke: Infos zum Hauptstudium, Bratwurst, Getränke

Fortbildung der Fachberater für das Fach "Technik und Computer" an sächsischen Mittelschulen und Gymnasien

13./14.10.2011

- Durchführung einer Fortbildungsveranstaltung im Auftrag des Freistaates Sachsen/Sächsisches Bildungsinstitut (SBI) für Lehrer, die als Fachberater für das Fach "Technik und Computer" an sächsischen Mittelschulen und Gymnasien tätig sind
- Der Theorieteil stand unter dem Motto "Megatrends und Maschinenbau?- die neuesten Entwicklungen am Beispiel der Werkzeugmaschinen"
- Wie das in der Praxis aussieht, wurde dann im Werkzeugmaschinen-Versuchsfeld des IWM vermittelt



Jahr 2012**UNI LIVE - Schnupperstudium für einen Tag**

12.01.2012

Dies academicus

09.05.2012

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

09.06.2012

Lange Nacht der Wissenschaften

06.07.2012

Info-Theke

12.07.2012



Studienberatung im Hörsaalzentrum

6.5 Mitarbeit in Gremien

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Großmann

- Mitglied der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP)
- DFG-Fachgutachter
- AiF-Fachgutachter
- Stellvertretender Leiter der AiF-GAG 4
- Sprecher des Produktionstechnischen Zentrums Dresden (ProZeD)
- Vertreter des Maschinenbaus in der Studienkommission für den Studiengang Mechatronik der TU Dresden
- 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

6.6 Auszeichnungen

VDI-Förderpreis 2012

des VDI Dresdner Bezirksverein e. V. an



Dr.-Ing. Holger Rudolph

für seine Dissertationsschrift

Ein Beitrag zur Analyse der nichtlinearen Systemdynamik in der Entwurfsphase von Werkzeugmaschinen – Die aktive virtuelle Werkzeugmaschine

(s. a. Pkt. 5)

6.7 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 aktiv im Verein:



CIMTT

TU Dresden
CIMTT Zentrum für
Produktionstechnik und
Organisation



EMAG Leipzig
Maschinenfabrik GmbH



Symate GmbH



Wohlenberg
Werkzeugmaschinen GmbH

Aktuelle Informationen im Internet unter

<http://www.dwm.info>

Dort findet man auch Satzung des Vereins und Mitgliedsantrag.



DWM e. V. - Jahreshauptversammlung 2011



Vorge stellt: der LEGO-Hexapod

6.8 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
ISBN 3-86005-278-0
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 2001/2002**
200 Seiten; erschienen 04/2003
ISBN 3-86005-342-6
- Knut Großmann; Günter Jungnickel
Instationäres thermoelastisches Verhalten von Vorschubachsen mit bewegtem Wälzkontakt
230 Seiten, erschienen 09/2003
ISBN 3-86005-381-7

- Knut Großmann; Andreas Mühl
Adaptiv geregeltes Fräsen auf einem Hexapoden
108 Seiten, erschienen 02/2004
ISBN 3-86005-417-1
- Hajo Wiemer
Stand und Möglichkeiten der Systemsimulation von mechanischen Pressmaschinen
Dissertation, 228 Seiten, erschienen 12/2004
ISBN 3-86005-457-0
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 2003/2004**
243 Seiten; erschienen 05/2005
ISBN 3-86005-458-9
- Bernd Kauschinger
Verbesserung der Bewegungsgenauigkeit an einem Hexapod einfacher Bauart
Dissertation, 172 Seiten, erschienen 04/2006
ISBN 3-86005-516-X
- Knut Großmann; Günter Jungnickel
Prozessgerechte Bewertung des thermischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
259 Seiten, erschienen 12/2006
ISBN 3-86005-547-X
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 2005/2006**
251 Seiten; erschienen 04/2007
ISBN 3-86005-548-8
- Szabolcs Szatmári
Kinematic Calibration of Parallel Kinematic Machines in the Example of the Hexapod of Simple Design
Dissertation, 175 Seiten, erschienen 10/2007
ISBN 978-3-86780-037-2

- 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
ISBN 978-3-86780-040-2
- Knut Großmann; Günter Jungnickel
Thermische Modellierung von Prozesseinflüssen an spanenden Werkzeugmaschinen
134 Seiten, erschienen 09/2008
ISBN 978-3-86780-089-1
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 2007/2008**
243 Seiten; erschienen 03/2009
ISBN 978-3-86780-107-2
- Jens Müller
Vergleichende Untersuchung von Methoden zur Verringerung der Gestellanregung durch linearmotorgetriebene Werkzeugmaschinenachsen
Dissertation, 171 Seiten, erschienen 04/2009
ISBN 978-3-86780-109-6
- Volker Möbius
Produktprozess im Computerzeitalter - Methodische Grundsätze zur Informationsbehandlung im Produktprozess und deren Anwendung auf die Entwicklung eines Steuerungskonzepts
Dissertation, 201 Seiten, erschienen 08/2009
ISBN 978-3-86780-127-0
- Günter Jungnickel
Simulation des thermischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen - Modellierung und Parametrierung
223 Seiten, erschienen 05/2010
ISBN 978-3-86780-172-0

- André Hardtmann
Entwicklung und Bewertung eines erweiterten Blechumformprozessmodells unter besonderer Berücksichtigung der elasto-statischen Wechselwirkungen zwischen Maschine und Prozess
Dissertation, 116 Seiten, erschienen 10/2010
ISBN 978-3-86780-189-8
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 2009/2010**
300 Seiten; erschienen 02/2011
ISBN 978-3-86780-190-4
- Holger Rudolph
Ein Beitrag zur Analyse der nichtlinearen Systemdynamik in der Entwurfsphase von Werkzeugmaschinen
Dissertation, 172 Seiten, erschienen 11/2012
ISBN 978-3-86780-302-1
- **Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen 2011/2012**
322 Seiten; erschienen 03/2013
ISBN 978-3-86780-303-8

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