



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



TU DARMSTADT

Wissenschaft
DFG



Jahresbericht 2017

Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen

Titelbild

Aufnahme von Prozessschritten
in der Prozesslernfabrik CiP im
Rahmen eines Workshops

Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen

Institutsleitung
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

24
Forschung



54
Wissenschaftliche
Veröffentlichungen



76
Studium & Lehre



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Das PTW im Überblick	8
Neues vom PTW	12
Veranstaltungen und Ereignisse	18
Forschung	24
Die Forschungsgruppen am PTW	26
Industrie 4.0	28
Werkzeugmaschinen und Komponenten	30
Zerspanungstechnologie	34
Additive Fertigung und Dentale Technologie	38
Center für industrielle Produktivität	42
Management industrieller Produktion	46
Umweltgerechte Produktion	50
Wissenschaftliche Veröffentlichungen	54
Dissertationen	56
Koreferate	64
Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge	66
Mitarbeit in Gremien	74
Studium & Lehre	76
Vorlesungen	78
Neue Vorlesung am PTW	79
Arbeiten von Studierenden	80
Studierendenzahlen	87
Personalstand	88
Anfahrt und Standorte	91
Impressum	92



Liebe Freunde und Partner des PTW, liebe Leserinnen und Leser,

mit unserem Jahresbericht 2017 lassen wir das abgelaufene Jahr am PTW noch einmal Revue passieren. Rückblickend war es ein sehr erfolgreiches Jahr! Wir konnten sowohl einen Anstieg der Beschäftigten verbuchen als auch die eingeworbenen Drittmittel um rund. 10 %, auf ca. 8 Mio. € erhöhen.

Es wäre für ein Forschungsinstitut fatal, Erfolg nur an Größe und Drittmittelvolumen festzumachen, nein, uns liegen auch die Qualität der Forschungsergebnisse, und die Innovationen, die wir letztendlich „auf die Straße bringen“, aber auch das Arbeitsumfeld sowie die Arbeitszufriedenheit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Herzen.

Am Ende eines erfolgreichen Jahres sollte man sich ruhig auch einmal die Frage stellen: Was sind denn eigentlich die Erfolgsfaktoren für ein anwendungsnah forschendes produktionstechnisches Institut?

Wie in jedem Unternehmen sind zunächst die Qualität, die Motivation und die Kreativität der Mitarbeitenden die wohl wichtigsten Faktoren. Gerade die noch anhaltende Hochkonjunkturphase zeigt überaus deutlich, dass sich der Kampf um die besten Talente verschärft hat und die finanziellen Angebote seitens Unternehmen oftmals potenzielle Promotionskandidatinnen und Promotionskandidaten sofort in die Industrie ziehen. Trotz dieser schwierigen Situation sind wir am PTW aber unserer Leitlinie treu geblieben: Lieber auf ein Projekt verzichten oder dieses auch eventuell zurückzugeben, wenn wir nicht den aus unserer Sicht exzellenten Kandidaten oder die Kandidatin finden. Diese Regel kann ein Institut in der Praxis aber nur aufrecht halten, wenn wir die Vorteile einer Promotion am PTW auch transparent kommunizieren! Diese waren die letzten Jahre:

- Attraktive Forschungsthemen, die zukünftig relevante Technologien und Prozesse erforschen und weiterentwickeln.
- Konzentration auf ausgewählte Fragestellungen, die Synergien der verschiedenen Arbeitsgruppen ermöglichen.

- Ein exzellentes Forschungsumfeld, hochwertige apparative Ausstattung in den Laboren und den 2 Lernfabriken.
- Eine Forschungsprogrammatik, die jeder Promotionskandidatin und jedem Promotionskandidaten ermöglicht, sowohl Grundlagenprojekte, aber auch Umsetzungsprojekte in der meist 5-jährigen Verweilzeit zu gestalten.
- Freiraum bei der Gestaltung des eigenen wissenschaftlichen Themas.
- Möglichst vielseitigen Einblick in die Breite der produktionstechnischen Themen, Kontakte zu Verbänden, Institutionen, etc.

Kurzum: Wir sind geleitet von dem Ziel, unsere jungen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einen möglichst guten Start in eine Industrielaufbahn im Produktionsumfeld oder im Bereich einer akademischen Qualifizierung zu geben.

Bei dem Blick auf unsere internen Stärken sollte aber nicht vergessen werden, dass Erfolg auch viel mit unseren Forschungspartnern, unseren Kunden, der Unterstützung der Universitätsleitung, aber auch einem guten Verhältnis zu Ministerien und Projektträgern zu tun hat.

Ihnen allen möchten wir an dieser Stelle ganz herzlich für die Unterstützung im abgelaufenen Jahr 2017 danken und freuen uns, auch in Zukunft gemeinsam mit Ihnen die produktionstechnische Forschung weiter zu entwickeln.



Mit freundlichen Grüßen,
die Institutsleitung des PTW

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

Darmstadt, März 2018



» Bei den Trends von morgen dabei sein «
 lautet das Motto der Sonderschau des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen der TU Darmstadt, die auch dieses Jahr wieder im Rahmen der AMB in Stuttgart stattfindet.

Hierzu präsentieren Innovationsführer aus dem Bereich der spannenden Fertigung ihre Neuentwicklungen als Antworten auf die Herausforderungen der Zerspaltung von morgen. Ebenso werden neue und zukunftsweisende Themen wie zum Beispiel die Kombination aus additiver Fertigung und spanender Nachbearbeitung oder die Steigerung der Energieeffizienz von Maschinen und Fabrikssystem auf Grundlage umfangreicher Energiedaten im Kontext von Industrie 4.0 fokussiert.

In fünf Themenclustern werden den Besuchern die Innovationen der „Fertigungstechnik von morgen“ kompakt, spannend und greifbar demonstriert und geben somit Impulse für eine erfolgreiche Umsetzung.

- Intelligente Produktionssysteme 4.0
- Additiv trifft Zerspaltung
- Energieoptimierung 4.0
- Titan & Co: Prozesssicher zerspalten
- Zerspaltung mit Industrierobotern

Die Innovationstour des PTW wird erneut in Kooperation mit der Landesmesse Stuttgart in exklusiver Lage auf 520 m² stattfinden, dieses Jahr zum ersten Mal in der neu gebauten Paul-Horn-Halle (Halle 10), die Anfang dieses Jahres offiziell eröffnet wurde.



Florian Löber, M. Sc.
 06151 16-23688
 loeber@ptw.tu-darmstadt.de



Thorsten Reiber, M. Sc.
 06151 16-20843
 reiber@ptw.tu-darmstadt.de

Messe Stuttgart
 18.–22.09.2018

Paul-Horn-Halle
 Halle 10

Wir freuen uns Sie als Partner sowie Besucher begrüßen zu dürfen.

www.ptw-amb.de

AMB SONDERSCHAU
Innovationstour
 »Trends von morgen«



Das PTW im Überblick

MitarbeiterInnen

Personenanzahl nach Tätigkeit



- 68 ■ Wissenschaftliche MitarbeiterInnen
- 23 ■ MitarbeiterInnen in der Werkstatt und im technischen Bereich
- 16 ■ MitarbeiterInnen im administrativen Bereich
- 03 ■ Lehrbeauftragte

[Außerdem beschäftigen wir 130 Studierende]

Miteinnahmen

Aufteilung in Prozent



- 35 ■ Industrielle Verbundprojekte
- 20 ■ Auftragsforschung Industrie
- 22 ■ Grundlagenforschung
- 22 ■ Landesmittel
- 1 ■ Spenden

Unter der Leitung von zwei Professoren betreuen 110 MitarbeiterInnen:

10 Vorlesungen mit ca. 1300 HörerInnen pro Jahr

- 4 Tutorien im Bereich
- Werkzeugmaschine und Automatisierung
 - Prozesslernfabrik CiP
 - CAD/CAM
 - Roboterprogrammierung

ca. 50 Forschungsprojekte

ca. 150 Abschlussarbeiten pro Jahr

ca. 8 Mio. € eingeworbene Drittmittel für Forschungsprojekte

ca. 2/3 unserer Projekte sind mit direkter Industriebeteiligung

Versuchsfeld und Lernfabriken

Für Forschungsaktivitäten stehen dem PTW aktuell drei Versuchshallen zur Verfügung. In der ursprünglichen Versuchshalle des PTW (Versuchsfeld Fertigungstechnik) sind ein moderner Maschinenpark sowie ein klimastabiler Mess- und Probearbeitungsraum, der mechanische Support und die Lehrwerkstatt untergebracht. Im Jahre 2007 wurde das Versuchsfeld mit der Prozesslernfabrik CiP (Center für industrielle Produktivität, 500 m² Fläche) um eine Einrichtung erweitert, in der Prinzipien der schlanken Produktion erforscht und erlebbar vermittelt werden. Anfang 2016 wurde mit dem Energieeffizienz-, Technologie- und Anwendungszentrum (ETA-Fabrik) eine neue Fabrikhalle mit 770 m² eröffnet. Forschungsseitig werden hier insbesondere Themen der Energieeffizienz und Energieflexibilität auf Gebäude-, und Maschinenebene adressiert.

Dienstleistungsspektrum

Das PTW steht mit seinem Namen für über 120 Jahre industrienaher Spitzenforschung im Bereich der Produktionstechnik. Der Fokus liegt hierbei auf der Zerspanung metallischer Werkstoffe, der Konstruktion und Auslegung von Werkzeugmaschinen und Komponenten sowie der Prozessoptimierung, Produktionsorganisation und Energieeffizienz in der Fertigung. Mit unserer Erfahrung und Expertise im Umfeld der Produktionstechnik beraten, unterstützen und schulen wir zudem zahlreiche Partner aus Industrie und Mittelstand. In unserer Broschüre erhalten Sie einen ausführlichen Überblick über unsere Dienstleistungen.



Unsere Broschüre zum Download unter: www.ptw.tu-darmstadt.de/dienstleistung



Versuchsfeld Fertigungstechnik

- 5-Achs-Bearbeitungszentren
- Drehmaschinen
- Roboter
- Motorspindellabor
- Dentallabor
- Additivlabor
- Schleuderprüfstand
- Klimaraum für Messtätigkeiten
- Mechanischer Support mit Lehrwerkstatt



Prozesslernfabrik CiP | Lean & Industrie 4.0

- 2 Zerspanungslinien mit 9 Werkzeugmaschinen
- Eine Montagelinie für die Hochvolumenfertigung
- Eine Montagelinie für die Variantenfertigung
- Reinigung und QS
- Shopfloor Management
- Lernzellen

Weiterbildung, Training & praxisorientierte Ausbildung in der Prozesslernfabrik CiP



ETA-Fabrik | Energieeffizienz in der Produktion

- Thermisch aktivierbare Gebäudehülle
- Bearbeitungszentren für Dreh-, Fräs- und Schleifoperationen
- Reinigungsmaschinen für wässrige Bauteilreinigung
- Nitrierofen
- Roboter
- Lernzellen

Weiterbildung, Training & praxisorientierte Ausbildung im ETA-Lernparcours

Ihre AnsprechpartnerInnen

Institutsleitung



**Prof. Dr.-Ing.
Eberhard Abele**



**Prof. Dr.-Ing.
Joachim Metternich**



Assistenz Prof. Abele

Renate Doyle
06151 16-20080
doyle@ptw.tu-darmstadt.de



Assistenz Prof. Metternich

Christine Sutton
06151 16-20102
sutton@ptw.tu-darmstadt.de

Oberingenieurin und Oberingenieure



Eva Bosch, M. Sc.
06151 16-20114
e.bosch@ptw.tu-darmstadt.de



Thomas Heep, M. Sc.
06151 16-20119
heep@ptw.tu-darmstadt.de



Dr.-Ing. Stefan Seifermann
06151 16-20081
seifermann@ptw.tu-darmstadt.de



Dr.-Ing. Michael Tisch
06151 16-25761
tisch@ptw.tu-darmstadt.de

Forschungsgruppenleiter

Werkzeugmaschinen und Komponenten



Andreas Bretz, M. Sc.
06151 16-20130
bretz@ptw.tu-darmstadt.de

Center für industrielle Produktivität



Jens Hambach, M. Sc.
06151 16-20296
hambach@ptw.tu-darmstadt.de

Zerspanungstechnologie



Christian Bölling, M. Sc.
06151 16-20841
boelling@ptw.tu-darmstadt.de

Management industrieller Produktion



Andreas Wank, M. Sc.
06151 16-20847
wank@ptw.tu-darmstadt.de

Additive Fertigung und Dentale Technologie



Michael Kniepkamp, M. Sc.
06151 16-20842
kniepkamp@ptw.tu-darmstadt.de

Umweltgerechte Produktion



Mark Helfert, M. Sc.
06151 16-20129
helfert@ptw.tu-darmstadt.de



Niklas Panten, M. Sc.
06151 16-20845
panten@ptw.tu-darmstadt.de

Support-Team

Wissensmanagement



Ellen Schulz
06151 16-20089
schulz@ptw.tu-darmstadt.de

Veranstaltungsmanagement



Annette Heb
06151 16-20105
heb@ptw.tu-darmstadt.de

IT



**Leiter IT
Fachinf.-SysInt. Boris Prinzisky**
06151 16-20097
prinzisky@ptw.tu-darmstadt.de



**stv. Leiter IT
Fachinf.-SysInt. Alexander Rühl**
06151 16-20840
ruehl@ptw.tu-darmstadt.de



**Auszubildender
Philipp Damrau**
06151 16-20127
damrau@ptw.tu-darmstadt.de



**Auszubildender
Jonas Schüler**
06151 16-20844
schueler@ptw.tu-darmstadt.de



**Auszubildender
Tamin Etefaq**
06151 16-20683
etefaq@ptw.tu-darmstadt.de

Mechanische Werkstatt



**Leiter mechanische Werkstatt
Mirko Feick**
06151 16-23140
feick@ptw.tu-darmstadt.de

Elektronikwerkstatt



Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Hermann
06151 16-20108
hermann@ptw.tu-darmstadt.de

Öffentlichkeitsarbeit



Dipl.-Des. Sandra Antes
(SynErgie)
06151 16-23426
antes@ptw.tu-darmstadt.de



Torsten Kroth, B.A. (Hons)
06151 16-20283
kroth@ptw.tu-darmstadt.de



Sibylle Scheibner
06151 16-20116
scheibner@ptw.tu-darmstadt.de

Projektassistenz



Dipl.-Geogr. Kamelia Kletti
(SynErgie)
06151 16-23784
kletti@ptw.tu-darmstadt.de

Finanzen | Controlling



Susanne Hanika
06151 16-20104
hanika@ptw.tu-darmstadt.de



Cecilia Herdt
06151 16-20290
herdt@ptw.tu-darmstadt.de



Jochen Schledt
06151 16-20083
schledt@ptw.tu-darmstadt.de

Werkstatt-Team



Hinterere Reihe v.l.n.r.: Lukas Bechtel | Luca Glaser | Mirko Feick | Jonas Zöllner | Jonas Herdel | Tobias Breu | Damian Klein | Vordere Reihe v.l.n.r.: Bruno Adams | Anne Machowski | Niklas Herper | Thorben Kirschnick | Michelle Bergmann | Bastian Arras | Jürgen Schmidt | Sven Müller | Achim Reinhold
Nicht auf dem Bild: Roland Bitsch | Andreas Mampel | Christoph Schwarz | Benjamin Arzt | Edwin Kirchner | Paul Boger

Neues vom PTW

Neue MitarbeiterInnen in 2017



Werkzeugmaschinen und
Komponenten
Fares Ali, M. Sc.



Umweltgerechte
Produktion
Jessica Walther, M. Sc.



Werkzeugmaschinen und
Komponenten
Frederik Birk, M. Sc.



Umweltgerechte
Produktion
Thomas Weber, M. Sc.



Werkzeugmaschinen und
Komponenten
Markus Weber, M. Sc.



Management
industrieller Produktion
Amina Ziegenbein, M. Sc.



Additive Fertigung und
Dentale Technologie
Martin Link, M. Sc.



Center für
industrielle Produktivität
Lukas Hartmann, M. Sc.



Umweltgerechte
Produktion
Sandra Antes, Dipl.-Des.



Center für
industrielle Produktivität
Antonio Kreß, M. Sc.



Umweltgerechte
Produktion
Kamelia Kletti, Dipl.-Geogr.



Center für
industrielle Produktivität
Marvin Müller, M. Sc.



Umweltgerechte
Produktion
Florian Löber, M. Sc.



Zerspanungstechnologie
Felix Geßner, M. Sc.



Umweltgerechte
Produktion
Lars Petruschke, M. Sc.



Auszubildender, IT
Tamim Etefaq



Umweltgerechte
Produktion
**Johannes Sossenheimer,
M. Sc.**



Auszubildender, IT
Jonas Schüler

Neue Anlagen in 2017

Neueste Messtechnik zur Bestimmung von Verschleiß

Im Januar 2017 wurde der Bestand an Messeinrichtungen um ein Digitalmikroskop vom Typ VHX-5000 der Firma Keyence erweitert. Anwendungsgebiet ist die qualitative und quantitative Bestimmung von Werkzeugverschleiß. Das Mikroskop besitzt einen motorbetriebenen Objektisch und einen schwenkbaren Stativarm mit angetriebener Z-Achse. Dadurch ist die Herstellung tiefscharfer Aufnahmen unter einem beliebigen Blickwinkel möglich. Weiterhin besteht die Möglichkeit zur Aufnahme von Proben mit einem hohen Dynamikumfang (HDR) und dem Stitching von Einzelbildern in der XY-Ebene. Der modulare Aufbau ermöglicht die einfache Erweiterung um weitere Zoomobjektive und anwendungsspezifische Adapter. Aktuell wird das Mikroskop mittels einer Eigenkonstruktion um die Möglichkeit zur Vermessung langauskragender Werkzeuge erweitert.



Digitalmikroskop Keyence VHX-5000

Neue Maschinengeneration im Additiv Labor

Im März 2017 wurde das Labor für die additive Fertigung um ein neues SLM System vom Typ EOS M290 erweitert. Das von der EOS GmbH im Rahmen der beiden vom BMBF geförderten Projekte IndiPro und BadgeB bereitgestellte System entspricht der neuesten Maschinengeneration mit einem 400W Laser für die Verarbeitung von Stahl-, Aluminium-, und Titanlegierungen. Für die Prozessentwicklung sind verschiedene Systeme zur Prozessüberwachung integriert wie etwa EOSTATE MPM zur Überwachung des Schmelzbades oder EOSTATE Exposure OT zur Überwachung des Abkühlverhaltens. Im Rahmen der beiden Projekte wird mit dem System das Betriebsverhalten additiv gefertigte Bauteile untersucht und neue Prozessstrategien für bauteilindividuelle Belichtungsparameter entwickelt.



Additives Fertigungssystem für Metallbauteile EOS M290

Zustandsbasierte, vorbeugende Instandhaltung bei Bestandsmaschinen | Gezieltes Vorgehen zur Datenerfassung und -analyse

In 2017 wurde ein Condition-Monitoring Maschinendemonstrator basierend auf einer Bestandsmaschine aufgebaut. Gemeinsam mit den Industriepartnern B&R Elektronik sowie Pepperl & Fuchs wurde eine Bandsägemaschine mit diversen Sensoren und einer modernen SPS ausgestattet, was eine lückenlose Erfassung wesentlicher Maschinen- und Prozessdaten ermöglicht. Über den modernen Kommunikationsstandard OPC-UA können diese Daten im Netzwerk erfasst und gespeichert werden. Zusätzlich wurde das System mit eigener „Intelligenz“ in Form einer automatischen Zustandserfassung ausgestattet: Erfasste Maschinenzustände wurden mit Verfahren des maschinellen Lernens angelernt und werden nun zur Zustandsbestimmung und -prognose aus Daten automatisch ausgewertet. Fehler können somit schon bevor sie zu Defekten werden erkannt werden, was eine proaktive Instandhaltung ermöglicht.



Retrofit an einer Bestandsmaschine – Ein lernfähiges Condition Monitoring System in der Lernfabrik CiP



Erneuerung der Klimakammer

Für die experimentelle Forschungsarbeit des PTW sind Messungen durch hochwertige Messapparaturen bei konstanten Umgebungsbedingungen essentiell. Daher wurde ein neuer klimastabiler Messraum, welcher Schwankungen der Temperatur und Luftfeuchtigkeit ausgleicht, eingerichtet.

Durch die Erneuerung der Klimakammer in der Maschinenhalle (L1|06) steht dem PTW ein Mess- und Probearbeitungsraum zur Verfügung, der auf die Einhaltung der Güteklasse 2 ausgelegt ist. Die Güteklasse nach VDI/VDE 2627 gibt dabei an, wie exakt die klimatischen Bedingungen im Raum eingehalten werden können. Demnach sind für die Klimakammer Temperaturänderungen von 0,4 K pro Stunde, maximal aber 0,8 K pro Tag zulässig. Zudem wird eine räumliche Temperaturabweichung von maximal 0,3 K pro Meter zur eingestellten Basistemperatur von 21° C toleriert. Weitere Vorgaben bestehen hinsichtlich der Luftfeuchtigkeit sowie der Reinheit der Luft.

Um die Basistemperatur innerhalb der geforderten Toleranzen zu halten, wird die Temperatur durch acht im Raum verteilte Thermosensoren ständig überwacht und durch Anpassung von Menge und Temperatur der Zuluft geregelt. So können Störgrößen wie schwankende Außentemperaturen oder die Abwärme der Maschinen und deren Bedienern ausgeglichen werden.

Neben der messtechnischen Bewertung von Werkzeugen und Bauteilen sowie deren Abnahme und Bemusterung, ist in der Klimakammer auch die Herstellung von Werkstücken und Proben möglich. Dies erfolgt durch die beiden Bearbeitungszentren der Firmen Kern und Roeders, welche neben den momentan elf Messsystemen unter klimastabilen Bedingungen betrieben werden.

Unter den Messsystemen ist auch das optische Form- und Rauheitsmessgerät »Alicona Infinite Focus IFM G3«. Dieses ermöglicht beispielsweise die Untersuchung anhaftender Grate an Werkstückproben, aber auch die Aufnahme der Realgeometrie von Zerspanungswerkzeugen. Durch eine Rotationseinheit kann das zu untersuchende Werkzeug dabei von allen Seiten erfasst werden. Anschließend wird ein detailliertes, digitales 3D-Objekt erzeugt, anhand dessen zum Beispiel Schneidkantenvermessungen durchgeführt werden können.

Dieses und weitere Messsysteme werden dank des erneuerten Mess- und Probearbeitungsraums weiterhin verlässliche Ergebnisse liefern und somit einen Beitrag für präzise Messungen am PTW leisten.



Felix Geßner, M. Sc.
06151 16-29974
gessner@ptw.tu-darmstadt.de

Nachruf

Gedenken an Hans Geißler

Hans Geißler, ehemaliger Leiter der mechanischen Werkstatt des Instituts für Produktionstechnik und Werkzeugmaschinen, (damals noch unter dem Namen ITW – Institut für Spanende Technologie und Werkzeugmaschinen) und Technischer Amtsinspektor der Technischen Universität Darmstadt, ist am 15. September 2017 im Alter von 95 Jahren verstorben.

Nach seinem Schulbesuch absolvierte Hans Geißler von 1936 bis 1939 eine Ausbildung zum Werkzeugmacher bei der Firma Schenck in Darmstadt. Dort war er, nach seiner dreijährigen Kriegsgefangenschaft (1942 bis 1945), als Technischer Angestellter im Zeitraum von 1945 bis 1952 tätig.

Im Jahre 1953 begann seine Laufbahn an der Technischen Universität Darmstadt, wo Hans Geißler zunächst als Technischer Zeichner angestellt war und sich begleitend die Qualifikation des Handwerksmeisters aneignete. 1955 gelang ihm letzteres erfolgreich und er erhielt den Meisterbrief im Handwerk des Werkzeugmachers. Ab Januar 1956 war Hans Geißler als Werkstattleiter beim PTW (damals noch unter dem Namen ITW – Institut für Spanende Technologie und Werkzeugmaschinen) tätig. Von 1958 bis 1983 übernahm er zusätzlich die Position des Technischen Amtsinspektors bei der Technischen Universität Darmstadt.

Für seine besonderen persönlichen Verdienste um die Technische Universität Darmstadt wurde Hans Geißler im Jahre 1983 mit der Erasmus-Kittler-Medaille ausgezeichnet.

Unser Mitgefühl gilt seiner Familie.

Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren

alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Institute für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) sowie für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW)



Dr.-Ing. Walter Arnold (links),
Hans Geißler (rechts)



In Erinnerung an Ingolf Kunz

(* 25. März 1958, † 26. Dezember 2017)

Nach schwerer Krankheit ist unser langjähriger und geschätzter Mitarbeiter sowie stellvertretender Werkstattleiter Ingolf Kunz am 26. Dezember 2017 im Alter von 59 Jahren gestorben.

Ingolf Kunz hat in den Jahren 1974 bis 1977 seine Ausbildung als Maschinenbauer bei der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt und war im Anschluss an die erfolgreich abgeschlossene Prüfung in unserem Fachbereich angekommen. In den darauffolgenden Jahrzehnten hat er einen großen Anteil zum Aufbau und zur Leistungsfähigkeit der gemeinsamen Werkstatt PTW/PtU beigetragen.

Seine Fachkenntnisse, seine Koordinationsfähigkeit, aber insbesondere auch seine menschliche Art – geprägt durch Hilfsbereitschaft und Humor – zeichneten Ingolf Kunz besonders aus.

Am 1. September 2014 feierte er sein 40-jähriges Dienstjubiläum.

Ingolf Kunz hinterlässt seine Ehefrau und seine 16-jährige Tochter.

Es ist sehr schwer tröstende Worte zu finden, wenn sich ein Mensch, der uns so viele Jahre unseres Wegs begleitet hat, für immer verabschiedet.

Wir werden unseren stellvertretenden Werkstattleiter Ingolf Kunz als kompetenten, fairen und unermüdlichen Kollegen in Erinnerung behalten und sein Engagement wird noch lange fortwirken.

In Dankbarkeit und Trauer

alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Institute für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) sowie für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW)



Ausgewählte Veranstaltungen und Ereignisse

7. Internationale Lernfabrikkonferenz



Nina Strobel, M. Sc.
06151 16-20848
strobel@ptw.tu-darmstadt.de

Am 4. und 5. April 2017 fand die 7. Internationale Lernfabrikkonferenz in der Prozesslernfabrik CiP und der ETA-Lernfabrik am PTW statt.

Bereits seit 2011 treffen sich jährlich internationale Experten, um die neuesten Entwicklungen im Bereich Lernfabriken auszutauschen und zu diskutieren. Der Gastgeber der ersten Lernfabrikkonferenz war das PTW. Nach verschiedenen Stationen in Deutschland und Europa – angefangen von Wien über München, Bochum und Stockholm bis nach Norwegen – ist die Konferenz 2017 nun wieder nach Darmstadt zurückgekehrt. Das Teilnehmerfeld ging auch in diesem Jahr weit über Europas Grenzen hinaus: Unter den 120 Gästen waren Experten aus der Mongolei, Kanada, Südafrika, Brasilien und vielen weiteren Ländern.

Am ersten Konferenztag konnten die Teilnehmer die beiden Lernfabriken des PTW hautnah erleben. Neben Rundgängen durch beide Fabriken fanden in der Prozesslernfabrik CiP Workshops zum Thema „Implementierung eines Wertstromdesigns“ und in der ETA-Fabrik zum Thema „Bewertung des Energieeffizienzpotenzials in der Produktion“ statt. Am Abend konnten sich die Teilnehmer bei einem abwechslungsreichen Programm austauschen und Kontakte knüpfen.

Der zweite Konferenztag wurde von Prof. Bruder, dem Vizepräsident der TU Darmstadt sowie von Prof. Metternich und Prof. Abele eröffnet. Nach einem Keynote-Vortrag von Prof. Kluge, dem ehemaligen Direktor von McKinsey in Deutschland,

folgten über 50 weitere Fachvorträge aus der Wissenschaft und Praxis.

Ein Schwerpunkt lag dabei auf dem Thema „Industrie 4.0“, das auch im Bereich Lernfabriken Einzug gehalten hat. In den beiden Tracks „Industrie 4.0 production systems“ und „Industrie 4.0 use cases“ wurde diskutiert, wie ein lebenslanges Lernen im Bereich Digitalisierung umgesetzt werden kann und wie neue Technologien, z. B. digitale Assistenzsysteme, in bestehende Fabriken integriert wurden.

Weitere Themenschwerpunkte waren die Integration digitaler Lernelemente, neue Lernfabrikkonzepte sowie die „demografiesensible Kompetenzentwicklung“. Letzteres Thema wurde unter dem Titel „InnoCom 2017 - Innovative approaches to work-related competency development“ diskutiert. Die InnoCom 2017 behandelte dabei vor allem die Ergebnisse des Forschungsprojektes ZielKom. Neben den Fachvorträgen fand im Rahmen der Konferenz eine Ausstellung innovativer Lernsysteme statt, auf der die Firmen Festo Didactic, Bosch Rexroth, B&R sowie das PTW Lernmodul aus den Bereichen Industrie 4.0, Digitales Shopfloor Management sowie Energieeffizienz in der Produktion zeigten. Die Vorträge der Konferenz stehen unter www.clf-2017.de zum Download zur Verfügung.

Die nächste Lernfabrikkonferenz wird am 12. und 13. April 2018 an der Universität Patras in Griechenland stattfinden.



Rupert Glass, M. Sc.
06151 16-20577
glass@ptw.tu-darmstadt.de



14th Powertrain Manufacturing Conference

Am 21. und 22. November 2017 fanden sich über 140 Vertreter aus 19 Nationen im Kongresszentrum Darmstadtium ein. Der Grund für dieses Zusammentreffen war die Powertrain Manufacturing Conference, zu der das PTW nun bereits zum 14. Mal eingeladen hatte. Das Leitthema der Konferenz lautete „Change Drives Progress“. Die Themen der Konferenz waren damit ein Spiegelbild des Umbruchs, welchem sich die Automobilindustrie gegenwärtig ausgesetzt sieht.

Das Hauptaugenmerk lag dabei auf dem Themenkomplex „Digitalisierung/Industrie 4.0“. Für eine ganzheitliche Betrachtung der Thematik sorgten die unterschiedlichen Blickwinkel auf das komplexe Thema, da Referenten von OEMs, von Zulieferer- und Softwareunternehmen sowie von Werkzeug- bzw. Werkzeugmaschinenherstellern und von Systemanbietern Einblicke in ihren Umgang mit den Umbrüchen gaben.

Auf thematisches Neuland begab man sich mit dem Themenblock „Elektromobilität“. Die zunehmende Bedeutung alternativer Antriebssysteme war ein Grund, die Herausforderungen der Fertigung von Elektroantrieben ins Programm zu nehmen. Den Referenten gelang es, den Zuhörern spannende Einblicke in die Fertigungslandschaft dieser Antriebskonzepte zu geben und aufzuzeigen, wo die Stellschrauben für eine produktive Fertigung von E-Antrieben liegen.

Nicht erst seit der Eröffnung der ETA-Fabrik im Frühjahr 2016 hat sich das PTW den Themen Energieeffizienz und Nachhaltigkeit in der Produktion verschrieben. Aus diesem Grund war die

Entscheidung, dem Themenfeld auch auf der diesjährigen Konferenz eine Session einzuräumen, schnell gefasst. Neben Vorträgen zu den Themen Minimalmengenschmierung und Energieeffizienz in der Motorenfertigung stand auch eine PTW-eigene Präsentation auf dem Programm. Dominik Flum aus der Forschungsgruppe „Umweltgerechte Produktion“ gab einen Überblick über das EU-finanzierte Projekt „Twin-Control“, das die Steigerung der energetischen Transparenz von Fertigungsprozessen zum Ziel hat.

Natürlich kam die Konferenz heuer nicht ohne die spannende Fertigung aus. Industrievertreter stellten aktuelle Herausforderungen der Getriebefertigung sowie die Potenziale elektrochemischer Materialabtragsprozesse vor. Der dritte Vortrag stammte von Thomas Heep, Oberingenieur des PTW, der aufzeigte wie additive Fertigungsverfahren dazu beitragen können, neuartige und leistungsfähigere Werkzeugkonzepte zu realisieren.

Neben den Präsentationen stand auch in diesem Jahr der Austausch zwischen den Besuchern im Mittelpunkt. Das Rahmenprogramm bot dazu reichlich Gelegenheit – ob im Rahmen der stets gut besuchten Industrieausstellung oder während der Abendveranstaltung im Versuchsfeld des PTW.

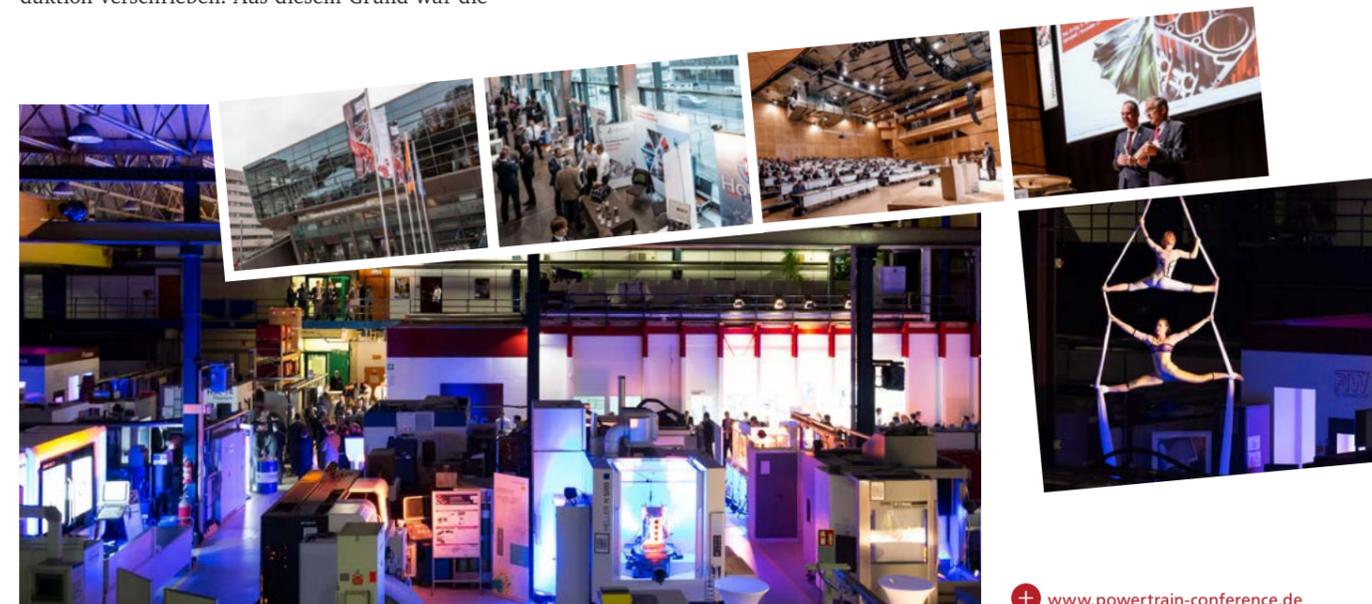
Das Fazit fällt jedenfalls durchweg positiv aus und alle Beteiligten freuen sich schon sehr auf die nächste Auflage der Konferenz.



Timo Scherer, M. Sc.
06151 16-20088
scherer@ptw.tu-darmstadt.de



Patrick Stanula, M. Sc.
06151 16-20139
stanula@ptw.tu-darmstadt.de



Forschung für die Energiewende Modellfabrik „PHI-Factory“ stabilisiert das Stromnetz



Niklas Panten, M. Sc.
06151 16-20845
panten@ptw.tu-darmstadt.de

Mit der ETA-Fabrik nahm im März 2016 an der TU Darmstadt ein Leuchtturm der Energieproduktivität für die metallbearbeitende Industrie seine Arbeit auf. In der energieeffizienten Modellfabrik der Zukunft erforschen Wissenschaftler, wie Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß in der industriellen Produktion reduziert werden können. Neben der Reduktion des Energieverbrauchs gilt es in Zukunft auch, das Angebot regenerativer Energieerzeuger in Einklang mit der Nachfrage zu bringen. Wie das gelingen kann, untersuchen Wissenschaftler der TU Darmstadt gemeinsam mit Partnern aus der Industrie im neuen Forschungsprojekt PHI-Factory.

Die Energiemenge, die aus erneuerbaren Energieträgern wie Solar- und Windkraft gewonnen wird, ist zeitlich stark schwankend, da die Erzeugung von unbeeinflussbaren Faktoren wie dem Wetter abhängig ist. In der PHI-Factory entwickeln Forscher neue Lösungen, die einen zeitvariablen Leistungsbezug von Fabriken ermöglichen, der sich an die aktuelle Netzkapazität anpasst. Neben der Verschiebung von Lasten werden Maßnahmen zur Verbesserung der Netzqualität sowie die Einbindung von dezentralen Erzeuger- und Speichersystemen in das Energiemanagement untersucht. Damit können zusätzlich zur eigentlichen Warenproduktion das lokale Verteilnetz stabilisiert und Kosten eingespart werden. Das Ziel ist es, eine flexible Fabriknetzführung zu entwickeln, die es möglich macht, sowohl den Energieeinsatz zu steuern als auch die Energieeffizienz zu steigern. Zentrale Herausforderungen der Energiewende.

„Mit dem Projekt PHI-Factory greifen wir zentrale Herausforderungen der Energiewende und die Chancen der Digitalisierung in der Industrie auf. Am Campus Lichtwiese werden wir demonstrieren, wie neue Geschäftsmodelle durch eine flexible Fabriknetzführung entstehen. Die Validierung

an einem realen Großdemonstrator ist in dieser Form einzigartig“, erklärt Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele, Leiter des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen.

Die technischen und organisatorischen Lösungen, mittels derer Industriebetriebe als aktives Regелеlement zeitgleich Energiekosten einsparen und das Stromnetz stützen können, werden in der ETA-Fabrik integriert und experimentell erprobt. Zeitgleich wird bei zwei Partnern aus der metallbearbeitenden Industrie untersucht, inwieweit die Ansätze unter Einbezug wirtschaftlicher Aspekte in reale Produktionsumgebungen transferiert werden können.

Projektleiter Niklas Panten: „Das Projekt berücksichtigt ganzheitliche Lösungen im Zusammenspiel von energieflexiblen Verbrauchern beziehungsweise Wandlern über Speicher und Erzeuger bis hin zu energieadaptiven Produktionsprozessen. Bei der dynamischen Betriebsoptimierung werden fabrikindividuell mehrere Zielgrößen unter Beachtung von technischen sowie organisatorischen Nebenbedingungen abgewogen.“

In der PHI-Factory forschen in einem interdisziplinären Konsortium unter der Leitung des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der TU Darmstadt 16 Partner aus den Branchen Software, Maschinenbau, Elektrotechnik sowie Energiewirtschaft mit einem Projektvolumen von über 6,6 Millionen Euro. Auch das Institut für Mechatronische Systeme im Maschinenbau (IMS) und das Fachgebiet Elektrische Energiesysteme unter Einsatz Erneuerbarer Energien (E5) der TU Darmstadt sind beteiligt. Das Projekt läuft über drei Jahre und wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.



Kickoff Veranstaltung am 6. März 2017 in der ETA-Fabrik mit Vertreterinnen und Vertretern des Konsortiums, Projektträgers und Förderers

Austausch zwischen Forschung und Industrie Werkzeugmanagement mit Industrie 4.0

Am 28. März 2017 fand bereits zum dritten Mal die Veranstaltung „Werkzeugmanagement mit Industrie 4.0“ am PTW statt, diesmal auf Grund des großen Interesses in größeren Räumlichkeiten im Hörsaal- und Medienzentrum.

Neben den Projektpräsentationen der Verbundprojekte BaZMod, ToolCloud und SmartTool wurde erstmals auch eine Demonstration der Projektergebnisse von SmartTool im Versuchsfeld durchgeführt. Hier wurden an vier Stationen die Ergebnisse rund um das Thema Werkzeugnachverfolgung, Sensorintegration in Werkzeugspannfuttern und Bauteiltraceability präsentiert.

Die Werkzeugnachverfolgung wurde an einer prototypischen Werkzeugvorbereitung und der Versuchsmaschine Hermle C32U eindrucksvoll gezeigt. So war es möglich, jeden Schritt von der Werkzeugentnahme über die Werkzeugmontage und -vermessung bis hin zum Einlegen in die Werkzeugmaschine nachzuverfolgen. Zudem wurde präsentiert wie Werkzeugeinsatzdaten auch nach der Nutzung und der Entnahme aus der Maschine über eine zentrale Datenbankanbindung eindeutig dem richtigen Werkzeug zugeordnet werden.

An einer weiteren Versuchsmaschine wurde das Werkzeugspannfutter mit integrierter Schwingungssensorik vorgestellt und demonstriert. Zur

Bauteiltraceability wurde ein Demonstrator des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums vorgestellt. Als weitere Aussteller konnten die Firmen Balluff GmbH und die Cognex Corporation gewonnen werden, die durch ihr Produktportfolio bereits im Projekt SmartTool unterstützend beitrugen.

Wie bereits in den Vorjahren war die Resonanz sehr gut und es konnten mehr als 70 Teilnehmer begrüßt werden. Die Veranstaltung diente auch als öffentliche Abschlusspräsentation der Projekte ToolCloud und SmartTool, welche im März 2017 beendet wurden.

In den Pausen und nach der Veranstaltung wurden intensive Fachgespräche rund um die präsentierten Themen geführt und dabei die gute Organisation und Ergebnisdarstellung gelobt. Zum Abschluss betonte der Vertreter des Projektträgers, Herr Sehorz, welcher die drei Projekte während der Laufzeit betreute, noch einmal die Notwendigkeit solcher Forschungsverbundprojekte und die guten Ergebnisse insbesondere der praktischen Testumgebung.



Eva Bosch, M. Sc.
06151 16-20114
e.bosch@ptw.tu-darmstadt.de



Thomas Grosch, M. Sc.
06151 16-20123
grosch@ptw.tu-darmstadt.de



WGP-Rückblick auf zwei Jahre Präsidentschaft

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik e. V. (WGP) ist ein Zusammenschluss führender deutscher Professorinnen und Professoren der Produktionswissenschaft. Sie vertritt die Belange von Forschung und Lehre gegenüber Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit. Die WGP vereint mehr als 60 Professorinnen und Professoren aus 36 Universitäts- und Fraunhofer-Instituten und steht für ca. 2.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Produktionstechnik.

Als Präsident für die Periode 2016/2017 darf ich am Ende meiner Amtszeit auf zwei spannende Jahre zurückblicken, in denen ich einen Blick aus einer anderen Perspektive auf das Wissenschaftssystem werfen konnte. In dieser Position hatte ich mir zum Ziel gesetzt, die Bedeutung der Produktion und der Produktionswissenschaft für die Gesellschaft und den Standort Deutschland aufzuzeigen. Hierzu wurde seitens der WGP die Öffentlichkeitsarbeit unter dem Motto „WGP – das Sprachrohr der Produktionswissenschaft“ forciert. Im Rahmen dieser neuen Aktivität wurde zunächst eine Stelle für Öffentlichkeitsarbeit geschaffen, die mit Frau Kneifel als einer sehr erfahrenen und mit den Medien hervorragend vernetzten Persönlichkeit besetzt werden konnte.

Die Zusammenstellung einer Broschüre, in der die einzelnen Mitglieder der WGP und deren vielfältigen Arbeitsgebiete dargestellt werden, ist gerade vor kurzem erschienen und kann unter www.wgp.de eingesehen werden.

Ein ganz besonderes Augenmerk lag im letzten Jahr auf der Neugestaltung der Homepage, aber auch auf dem Aufbau eines Newsletters, der zukünftig in halbjährlichem Abstand über neue Themen seitens der WGP informiert.

Die inhaltliche Arbeit der WGP wird schon seit längerem durch den Wissenschaftsausschuss unter Vorsitz meines Kollegen Jürgen Fleischer intensiv vorbereitet und auf den beiden jährlich stattfindenden Tagungen in Arbeitsgruppen und Diskussionsforen vertieft. Im Jahr 2016 stand dabei das Thema „Nachwuchsförderung“ im Vordergrund, während wir uns in diesem Jahr unter dem Stichwort „Industriearbeitsplatz 2025“ intensiv mit der Frage nach dem Arbeitsplatz der Zukunft und den dafür erforderlichen Schlüsselqualifikationen beschäftigten.

Eine besondere Sichtbarkeit erlangte die WGP erstmals auf der Messe EMO in Hannover, auf der die WGP gemeinsam mit dem VDW ein Symposium ausrichtete und auf einem Gemeinschaftsstand – ebenfalls in Zusammenarbeit mit dem VDW – Innovationen aus dem Bereich „Industrie 4.0“ präsentierte.

Die Ausübung des Präsidentenamtes erfordert ein Team, welches den Präsidenten in seinen vielfältigen Aufgaben unterstützt. Mein Dank gilt an dieser Stelle insbesondere den beiden WGP-Assistenten Herrn Bölling und Herrn Wank, aber auch dem Support-Team um Frau Doyle, Frau Heb, Frau Scheibner, Frau Schulz und Frau Sutton, die mich in vielfältiger Weise unterstützten.

Rückblickend waren es für alle im WGP-Team beteiligten Personen zwei herausfordernde, aber auch interessante Jahre, verbunden mit der Chance ein klein wenig an der Erhöhung der Sichtbarkeit der Produktionswissenschaften in Deutschland mitwirken zu können.

Eberhard Abele
WGP-Präsident 2016/2017



DIGITALE-Neuigkeiten



2017 feierte die Prozesslernfabrik CiP ihr 10-jähriges Jubiläum, wir laden Sie auf die neu gestaltete Webseite ein.
Weitere Informationen: www.prozesslernfabrik.de



Auf unserer neuen Internetpräsenz finden Sie umfangreiche Informationen zur ETA-Fabrik, zur Forschungsgruppe „Umweltgerechte Produktion“ sowie zu Ihren Möglichkeiten der gemeinsamen Kooperation.
Weitere Informationen: www.eta-fabrik.de



Forschung für die Fabrik der Zukunft Intelligenter Energieeinsatz - Effizient. Flexibel. Autark.
Weitere Informationen: www.phi-factory.de



Welche Technologien sind wichtig, um Industrieprozesse an eine neue Energieversorgung anzupassen? Im Rahmen des Kopernikus-Projektes SynErgie ist ein neuer Film entstanden, der auf einfache und leicht verständliche Weise die Herausforderungen der Energiewende für Deutschland skizziert und erklärt, was industrielle Produktionsprozesse beisteuern können, um diese Herausforderungen zu bewältigen.
Weitere Informationen: www.kopernikus-projekte.de

Videobeitrag



WGP-Fußballturnier

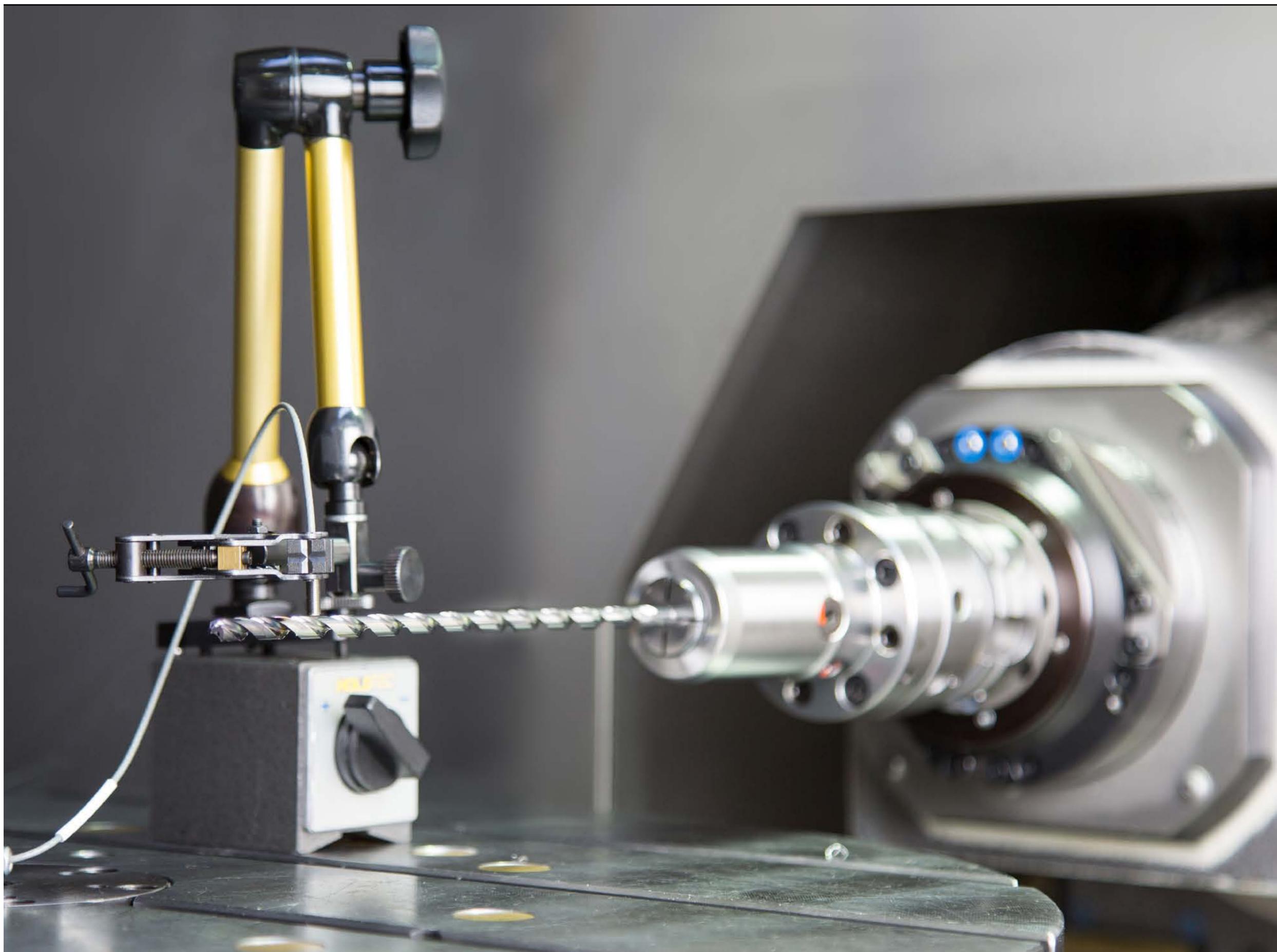
Beim jährlichen Fußballturnier der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP) bestritt das PTW gemeinsam mit dem Partnerinstitut PtU den sportlichen Vergleich gegen 16 weitere Mitgliedsinstitute. Am Austragungsort Braunschweig gelang der Mannschaft gleich zu Beginn des Turniers ein Auftaktsieg. Der Schwung konnte jedoch nicht in die weiteren Spiele mitgenommen werden, sodass die Mannschaft nach der Gruppenphase nicht mehr um den Turniersieg mitspielen konnte und in die Platzierungsspiele musste. Das PTW/PtU/ beendete das Turnier auf dem 11. Platz.



Merck-Firmenlauf

Auch im letzten Jahr nahm das PTW am Darmstädter Firmenlauf teil. Bei bestem Laufwetter machten sich 29 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf die 5 bzw. 10 km lange Strecken rund ums Stadion am Böllenfalltor und die Lichtwiese. Christoph Schwarz konnte dabei einen beachtlichen vierten Platz in der Altersklasse M35 erzielen. Nachdem alle erfolgreich die Ziellinie erreicht hatten, ging es zurück ans PTW, wo die Läufer den Abend in geselliger Runde bei einer gemütlichen Grillfeier ausklingen ließen.





Vermessung der Geradheit von überlangen Tiefbohrwerkzeugen in Bearbeitungszentren

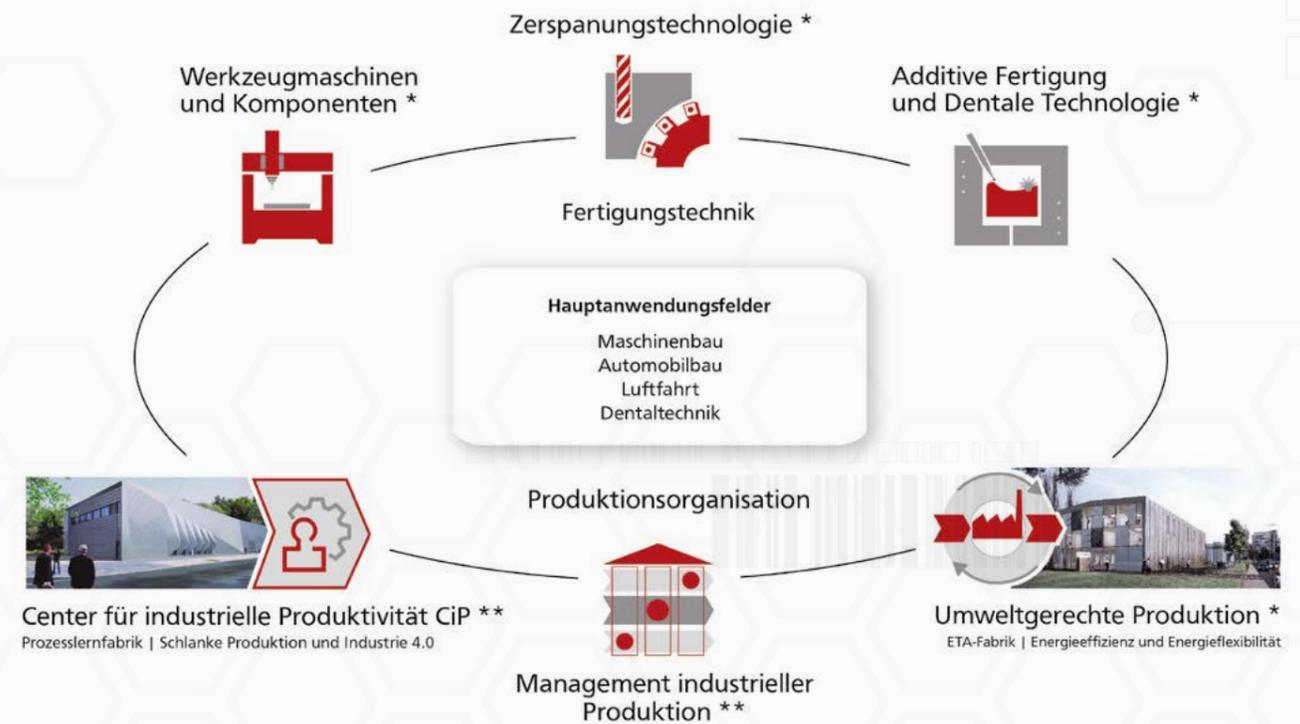
Die Forschungsgruppen am PTW

Exzellenz in der Produktion basiert auf der Fähigkeit, Mensch, Technik und Organisation optimal miteinander zu verbinden.

Ganzheitlich Lösungen für die Produktion müssen nach dem Verständnis des PTW immer alle drei Sichtweisen berücksichtigen. Das erfordert Tiefgang in den jeweiligen Fachthemen, eine breite grundlegende Qualifikation im gesamten Themenfeld der Produktion und die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Wissenschaftlern am PTW. Die fachlichen Spezialisierungen erreichen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in sechs Forschungsgruppen.

- Werkzeugmaschinen und Komponenten *
- Zerspanungstechnologie
- Additive Fertigung und Dentale Technologie *
- Center für industrielle Produktivität
- Management industrieller Produktion
- Umweltgerechte Produktion

Die Stärke des PTW wächst nicht zuletzt aus der Zusammenarbeit dieser Forschungsgruppen, zum Beispiel durch gemeinsames Bearbeiten von Forschungsprojekten.



Das PTW konzentriert sich auf ausgewählte Themenschwerpunkte in den Bereichen

* Fertigungstechnik (Prof. E. Abele) und
 ** Produktionsorganisation (Prof. J. Metternich)

An der Schnittstelle der etablierten Forschungsgruppen entstehen interessante und zukunftsweisende Forschungsfragen und Synergiepotenziale.

Industrie 4.0

Transferstelle beim Kompetenzzentrum

Interview mit Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich, Sprecher des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt, und Tobias Meudt, der seit 1. März 2018 die vom Land Hessen finanzierte Transferstelle beim Kompetenzzentrum inne hat.

Prof. Metternich, das Kompetenzzentrum unterstützt bereits seit 2016 insbesondere mittelständische Unternehmen und Handwerker bei der Digitalisierung. Angenommen ein Unternehmer kennt es noch nicht. Warum sollte er zu Ihnen kommen?

Antwort: Auf den Punkt gebracht: Wir helfen Ihnen, die richtigen Industrie 4.0-Schritte zu gehen. Ob Sie sich informieren, Ihre Mitarbeiter weiterbilden oder einen Prozess in Ihrem Unternehmen digitalisieren wollen, wir haben die Expertise in sehr vielen Bereichen und beraten Sie welches Format für Sie passt.

Prof. Metternich, welchen Mehrwert soll die nun eingerichtete Transferstelle bieten?

Antwort: Wir freuen uns sehr, dass uns diese Stelle bewilligt wurde. Mit Herrn Meudt haben wir einen erfahrenen Mitarbeiter für die Transferstelle gewonnen, der kundenorientiert die Industrie mit der Wissenschaft verbinden wird. Neben dem Knüpfen neuer Kontakte zu Unternehmen für das Kompetenzzentrum werden einige interessante Forschungsprojekte mit Partnerunternehmen in den nächsten Jahren gestartet werden. Durch die neue Stelle werden wir hier noch stärker werden.

Herr Meudt, wir wünschen Ihnen viel Erfolg in der neuen Position. Stellen Sie sich bitte kurz vor. Welche Erfahrungen bringen Sie ein?

Antwort: Vielen Dank dafür! Ich freue mich auf meine neue Aufgabe und damit die Möglichkeit zu haben, unsere sehr guten Leistungen in die Industrie zu tragen.

Seit über vier Jahren bin ich aktiv als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die Digitalisierung der Prozesslernfabrik CiP eingebunden. In mehreren Umsetzungsprojekten bei Partnerunternehmen waren es immer die pragmatischen Lösungen, die gerne angenommen und dann umgesetzt wurden. Mit denselben Erfahrungen haben wir auch unsere Leistungen im Kompetenzzentrum aufgebaut und bieten diese den Unternehmen an.

Tobias Meudt, was sind Ihre ersten Schritte in der neuen Funktion und wie wollen Sie das Angebot des Kompetenzzentrums noch besser in die Fläche bringen?

Antwort: Seit dem Projektstart wurde in Sachen Öffentlichkeitsarbeit schon vieles richtig gemacht und wir erreichen durchweg sehr viele Unternehmen in unserer Region. Dies möchte ich noch weiter ausbauen. Gerade im nordhessischen Bereich werde ich vermehrt über unser Angebot informieren, sei es über den direkten Kontakt zu Unternehmen, über Messen zum Thema Digitalisierung/Industrie 4.0 oder durch die Industrie-Verbände. Über die sehr gute Kooperation mit Hessen Trade & Invest werden wir auch weitere Unternehmen gewinnen können. Ein konkretes Vorgehen erarbeite ich aktuell mit meinem Team.

Prof. Metternich, das Kompetenzzentrum beantragt die Verlängerung der Förderung durch das BMWi über den Februar 2019 hinaus. Welche Veränderungen sind aufgrund der bisherigen Erfahrungen vorgesehen?

Antwort: Wie Herr Meudt schon sagte, werden wir in Nordhessen verstärkt aktiv sein und Unternehmen ansprechen. Inhaltlich werden wir das Format der Industrie 4.0-Fachgespräche vermehrt anbieten, da wir hier eine sehr große Nachfrage und Bestätigung durch die Unternehmen erfahren haben. Weiterhin überführen wir kontinuierlich unsere aktuellen Forschungsergebnisse in Informationsveranstaltungen und Workshop-Formate des Kompetenzzentrums. Viele produzierende Unternehmen sind mit der Abarbeitung von Aufträgen oder Entwicklung neuer Technologien sehr gut ausgelastet und finden wenig Zeit, sich mit dem wichtigen Thema IT-Sicherheit zu beschäftigen. In unserem Konsortium sehen wir für Unternehmen großen Nachholbedarf im Bereich IT-Sicherheit und stärken unsere Aktivitäten durch neue Formate.

Das Kompetenzzentrum können Sie z. B. hier kennenlernen:

11. April 2018 | Digital-Kongress Hessen
www.future-internet-kongress.de

12. April 2018 | Hessischer Ressourceneffizienz-kongress Themenschwerpunkt Digitalisierung
www.technologieland-hessen.de/ressourceneffizienz-kongress-2018

12.–27. April 2018 | HANNOVER MESSE auf dem Hessischen Firmengemeinschaftsstand

7. Juni 2018 | Digitalisierungskonferenz für den Mittelstand
www.konm40.digital

Task-Force „Datenauswertung und Digitalisierung“

Der Themenkomplex Datenauswertung und Digitalisierung hat sich in den vergangenen Jahren aus einer Nische heraus zu einem komplexen Querschnittsthema entwickelt, welches in sämtlichen Gruppen des PTW Anknüpfungspunkte findet. Als besondere Herausforderung stellt sich dabei heraus, dass die anstehenden Aufgaben aufgrund des weit gespannten inhaltlichen Bogens nicht mehr ganzheitlich im Alleingang von den einzelnen Gruppen gelöst werden können, sondern eine umfassende fachliche und inhaltliche Zusammenarbeit erfordern. Durch die Gründung der Task-Force „Datenauswertung und Digitalisierung“ ist es dem PTW und seinen Arbeitsgruppen möglich, das jeweils in den Gruppen vorhandene Wissen effektiv zu bündeln und Synergien effizient zu nutzen.

Durch den inhaltlichen Austausch über die Grenzen der Arbeitsgruppen hinweg, werden in der Task-Force regelmäßig Informationen rund um das Thema „Datenauswertung und Digitalisierung“ ausgetauscht sowie gemeinsam neue Inhalte für kommende Anträge erarbeitet. Auf diesem Wege steht den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zur Bearbeitung von Projekten das gesamte Fachwissen des Instituts PTW zur Verfügung.

Aktuelle Forschungsthemen, welche von den Mitgliedern der Task-Force bearbeitet werden, decken große Bereiche der derzeitigen Herausforderungen im Bereich Industrie 4.0 ab. In der Gruppe Prozesslernfabrik CiP wurde eine Säge mit zusätzlichen Sensoren ausgestattet, welche in Kombination mit einer leistungsfähigen Prozessüberwachung sowie eines neuronalen Netzwerks in der Lage ist, mit Hilfe von Predictive Maintenance Methoden und erfassten Prozessdaten den Riss des Sägeblatts vorherzusagen, um hieraus durch optimale Wartungszeitpunkte eine ausfallsichere Produktion zu gewährleisten. Die Bereitstellung einer Datengrundlage spielt für die Gruppe Werkzeugmaschinen und Komponenten eine große Rolle. Eine der zahlreichen Herausforderungen ist die Verfügbarmachung von Daten aus Bestandsmaschinen. Im Gegensatz zu neueren Modellen, sind hier Konnektivitätslösungen noch nicht in einem ausreichenden Umfang vorhanden – jedoch spiegeln diese älteren Bestandsmaschinen das Gros der im Produktionsumfeld der Wirtschaft vorhandenen Werkzeugmaschinen wider.

Die Gruppen Werkzeugmaschinen und Komponenten und Zerspanungstechnologie arbeiten deshalb an Lösungen für eine Vernetzung von Bestandsmaschinen unterschiedlicher Hersteller und Steuerungen. Eine Nutzung der so erhobenen Daten erfolgt beispielsweise durch die Gruppe Management industrieller Produktion im Rahmen

des Arbeitskreises „Powertrain Machining“. Hier wird beispielsweise der Informationsgehalt von Werkzeugmaschinen für konkrete Anwendungsfälle untersucht (z.B. Trouble Shooting durch Anomalieerkennung). In der Gruppe Umweltgerechte Produktion wird die Energieeffizienz durch die Themen „Energie 4.0“ und Energiesimulation in der Produktion mit den Methoden der Industrie 4.0 bearbeitet. Dabei spielen vor allem Energiekennzahlen-, Analyse- und Prognose im Hinblick auf Condition und Process Monitoring mittels Energiedaten eine Rolle.

Das PTW verfügt durch seine vielfältigen Arbeitsgruppen über den einmaligen Vorteil, dass vom Span der Werkzeugmaschine bis hin zu den ERP-Systemen umfassendes Detailwissen zu den stattfindenden Prozessen vorhanden ist. Diese Prozesse werden nun durch die fortschreitende Nutzung von Datenauswertung und Digitalisierungsmethoden engmaschig vernetzt. Die Ausnutzung der vorliegenden Synergieeffekte am PTW durch die Task-Force macht so eine ganzheitliche und umfassende Bearbeitung der anfallenden Aufgaben und Forschungsgebiete überhaupt erst möglich.



Amina Ziegenbein, M. Sc.
06151 16-20071
ziegenbein@ptw.tu-darmstadt.de



Guido Pfeiffer, M. Sc.
06151 16-20094
g.pfeiffer@ptw.tu-darmstadt.de



Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Meudt
im Gespräch



Weitere Informationen:
www.mit40.de

Image Film Mittelstand
4.0-Kompetenzzentrum in
Darmstadt



VIDEOBEITRAG



Werkzeugmaschinen und Komponenten

Gruppenleiter

Andreas Bretz, M. Sc.
06151 16-20130
bretz@ptw.tu-darmstadt.de

- Fares Ali, M. Sc.
- Dipl.-Ing. Christian Baier
- Dipl.-Wirt.-Ing. Matthias Berger
- Frederik Birk, M. Sc.
- Thomas Grosch, M. Sc.
- Felix Hähn, M. Sc.
- Tugrul Öztürk, M. Sc.
- Guido Pfeiffer, M. Sc.
- Florian Unterderweide, M. Sc.
- Markus Weber, M. Sc.

Moderne Werkzeugmaschinen sind heute komplexe mechatronische Systeme. Neben klassischen mechanischen Themen wie statischer und dynamischer Steifigkeit rücken zunehmend elektro- und informationstechnische Fragestellungen in den Mittelpunkt. So wird die, in den Maschinen in einer Vielzahl von Komponenten bereits vorhandene, Sensorik zur dauerhaften Aufzeichnung des Maschinenstatus verwendet. Die Vernetzung mehrerer Maschinen und das Condition Monitoring dienen als Basis für Forschungsthemen wie Predictive Maintenance.

Im Fokus der Forschungsgruppe „Werkzeugmaschinen und Komponenten“ (WK) stehen neben der klassischen Werkzeugmaschine sowie einzelner Maschinenkomponenten auch werkzeugführende Industrieroboter zur Zerspaltung. Die drei Forschungsschwerpunkte „Mechatronische Systeme und mechanische Komponenten“, „Motorspindelssysteme“ und „Zerspanen mit Industrierobotern“ adressieren aktuelle Fragestellungen der Industrie, die in gemeinsamen Verbundprojekten, Arbeitskreisen aber auch direkten Industrieprojekten bearbeitet werden.

Dabei kombiniert die WK Simulationstools mit praktischen Versuchen, wobei auf die umfangreiche messtechnische Ausstattung des PTW zurückgegriffen wird. So werden praxistaugliche Lösungen für die Produktion von Morgen erarbeitet. Zum Einsatz kommen hierbei eigens entwickelte Versuchsprüfstände sowie Werkzeugmaschinen und Industrieroboter namhafter Hersteller.

Forschungsschwerpunkte

Mechatronische Systeme und Komponenten

- Komponenten aus innovativen Werkstoffen
- Intelligente Werkzeugsysteme
- Systemidentifikation und Beurteilung des Maschinen- und Prozessverhaltens
- Entwicklung von mechatronischen / adaptiven Lösungen zur Steigerung der Prozesssicherheit und Bauteilqualität

- Datenaggregation und Condition Monitoring

Motorspindelssysteme

- Entwicklung und Analyse von Motorspindeln und Kernkomponenten
- Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Zerspanprozess und Spindelssystem
- Optimierung von Speisung und Regelung des Antriebs
- Zustands- und Prozessüberwachung

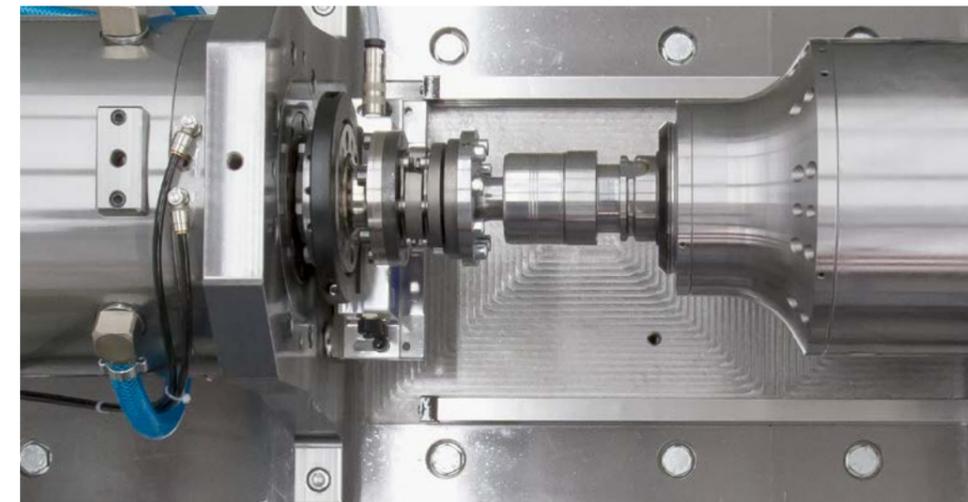
Zerspanen mit Industrierobotern

- Nachbearbeitung von additiv gefertigten Bauteilen aus schwer zerspanbaren Materialien
- Modellierung der Roboterstruktur
- Digitalisierung und Qualitätssicherung von Bauteilen mit Robotern
- Entgraten komplexer Konturen



links:
Spindelwelle mit montiertem Synchronreluktanzrotor und integrierten CFK-Stäben zur mechanischen Abstützung bei hohen Drehzahlen

rechts:
Sensorisches Werkzeug mit Telemetrieinheit zur drahtlosen Datenübertragung



Prüfstand zur leistungstechnischen Vermessung von Motorspindeln am PTW

Unser Angebot an die Industrie

- Simulative Untersuchungen (FEM) von Werkzeugmaschinen und deren Komponenten
- Messtechnische Untersuchungen von Maschinen und Komponenten (Modalanalyse, Steifigkeitsanalyse, Betriebsschwingungsmessung, Kraftmessung)
- Bewertung der Maschinengenauigkeit nach VDI/DGQ 3441 und DIN ISO 230
- Entwicklung kundenspezifischer Lösungen zur Steigerung der Prozesssicherheit und Prozessleistung
- Experimentelle Untersuchung von Spindelssystemen bei der Bearbeitung und auf Belastungsprüfständen - Spindellagern
- Analyse und Vermessung von Industrierobotern
- Experimentelle Zerspanuntersuchungen

Leistungssteigerung von Bearbeitungsmaschinen durch CFK-Komponenten in dynamisch angeregten Primärstrukturen



Frederik Birk, M. Sc.
06151 16-20291
f.birk@ptw.tu-darmstadt.de

Die Anforderungen an Werkzeugmaschinen steigen insbesondere im Hinblick auf erhöhte Dynamik bei gleichbleibender oder verbesserter Bauteil- und Oberflächenqualität. Die Substitution der klassischen Metallbauweise durch CFK (kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff) bietet aufgrund der hohen spezifischen Steifigkeiten signifikantes Potenzial zur Steigerung der Antriebsdynamik.

Neben den reduzierten Massenträgheitsmomenten bieten FKV (Faser-Kunststoff-Verbunde) aufgrund ihrer Anisotropie die Möglichkeit die Steifigkeiten an die vorliegenden Belastungen anzupassen. Somit können unter anderem die Eigenfrequenzen und dynamischen Steifigkeiten von Bauteilen gezielt eingestellt werden. Beide Aspekte tragen sowohl zur Steigerung der Bearbeitungsqualität als auch zur Verbesserung der Prozessstabilität bei. Zusätzliche Vorteile sind durch den sogenannten Sekundärleichtbau und den geringeren Energiebedarf infolge der reduzierten Massen zu erwarten. Sekundärleichtbau bezeichnet dabei den Effekt, dass durch die leichtere Primärstruktur z.B. Antriebe, Führungen und Verbindungsstrukturen

kleiner dimensioniert werden können. Schlussendlich bietet der Einsatz von CFK-Strukturen in Werkzeugmaschinen durch verringerten Energiebedarf, erhöhte Bearbeitungsqualität und erhöhte Dynamik die Möglichkeit Kosten zu sparen. Beispielhaft hierfür ist in der Abbildung ein Bauteil aus einem vorherigen Forschungsvorhaben dargestellt.

Im Rahmen des AIF-Forschungsvorhabens in Kooperation mit der DATRON AG, der CHIRON Group, der SMS Group und dem Fachgebiet KLuB der TU Darmstadt werden drei Bauteile in innovativer und FKV-gerechter Bauweise entwickelt. In ersten Analysen zeigte sich hierbei bereits das Potenzial von CFK als Werkstoff für Primärstrukturen. So konnte für zwei Bauteile eine potenzielle Massenreduktion von 50 % identifiziert werden. Die Herausforderung besteht nun darin dieses Gewichtspotenzial in Einklang mit einem wirtschaftlichen Herstellungsprozess für die jeweiligen Strukturen zu bringen.

In einem vorherigen Projekt umgesetzt Schwenkarm aus CFK. Sowohl die Strukturmasse als auch das Massenträgheitsmoment konnten um ca. 65 % gesenkt werden. Darüber hinaus wurde die Steifigkeit um 15 % gesteigert. In Kombination mit der Massenreduktion lässt sich somit die Nutzlast um 20 % steigern.



Projektpartner



Förderträger



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Prüfstand zur Untersuchung des Auszugverhaltens von Schaftfräsern

Aus der Schwerzerspannung und der Turbinenschaufelfertigung ist bekannt, dass Werkzeuge aus dem Spannfutter ausgezogen werden. Diese Veränderung der Werkzeugposition führt zu einer Abweichung der vorgegebenen Toleranzen des Werkstücks und somit zu einer geringeren Fertigungsqualität, bzw. Beschädigungen des Werkstücks. Im Rahmen des AK Titan wird das Auszugverhalten an unterschiedlichen Spannfuttern mittels eines Prüfstands untersucht und die vorherrschenden Wirkmechanismen beschrieben.

Dabei wird das auftretende Belastungskollektiv durch eine radiale, wechselnde Kraft und eine statische, axiale Kraft auf das Werkzeug nachgebildet. Die radiale Kraft wird durch einen Hydraulikzylinder bereitgestellt und über einen Mitnehmer auf das Werkzeug übertragen. Die wirkende Kraft wird mittels einer zwischengeschalteten Kraftmessdose aufgezeichnet. Die axiale Kraft wird über eine vorgespannte Feder erzeugt und ebenfalls über die gesamte Versuchsdauer aufgezeichnet. Die Abbildung stellt den aktiven Arbeitsbereich des Prüfstands dar. Um die Bewegungen des

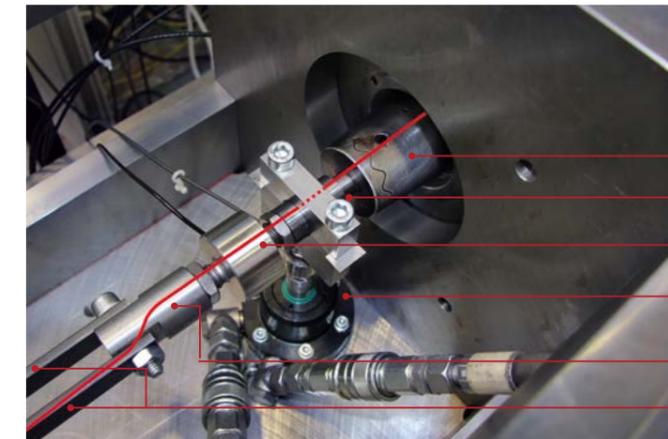
Schaftfräasers aufzuzeichnen und zu untersuchen, werden im Spannfutter montierte Wirbelstromsensoren genutzt. Es werden zwei Sensoren, die vertikal angeordnet sind, eingesetzt. Dies ermöglicht nicht nur die Erfassung des Auszuges, sondern auch die Ermittlung der Bewegungsart (translatorischer Schlupf oder Verkipfung) des Werkzeuges im Spannfutter. Die Wirbelstrom-Sensoren befinden sich in einer Sensorhülse. Die Sensorhülse wird in das Spannfutter geschraubt.

Es werden unterschiedliche Werkzeugarten, Schaftoberflächen und Spannfutterarten untersucht, wobei insbesondere Klemmlängen und Beträge der Kräfte variiert werden, um ein breites Erkenntnisspektrum zu erhalten.

Der Prüfstand befindet sich in stetiger Weiterentwicklung, um noch realitätsnähere und vielseitigere Untersuchungen durchführen zu können.



Fares Ali, M. Sc.
06151 16-20093
f.ali@ptw.tu-darmstadt.de



- Spannfutter
- Werkzeugdummy
- Axialkraftmessdose
- Hydraulischer Zylinder
- Gelenkige Schienenbefestigung
- Zugschienen

Aktiver Arbeitsbereich des Prüfstands





Zerspanungstechnologie

Gruppenleiter

Christian Bölling, M. Sc.

06151 16-20841

boelling@ptw.tu-darmstadt.de

- Felix Geßner, M. Sc.
- Mihir Joshi, M. Sc.
- Adrian Meinhard, M. Sc.
- Christopher Praetzas, M. Sc.
- Timo Scherer, M. Sc.
- Eric Schmidt, M. Sc.
- Marcel Volz, M. Sc.

Die Zerspanungstechnologie sieht sich in den kommenden Jahren deutlich gestiegenen Anforderungen ausgesetzt. Neben einer ökonomischen Prozessgestaltung mit hohen Zerspanleistungen rückt die gleichzeitige energie- und ressourceneffiziente Auslegung von spanenden Bearbeitungsprozessen immer weiter in den Vordergrund.

Im Zuge der Digitalisierung der Produktion gewinnen intelligente Werkzeuglösungen, die durch integrierte Sensorik Prozessinformationen in Echtzeit liefern, zunehmend an Bedeutung. Der Einsatz dieser Werkzeuge ermöglicht eine Verbesserung des Prozessverständnisses und hilft so, die Produktivität bei gleichzeitig steigenden Anforderungen an die Qualität weiter zu erhöhen. Parallel dazu erhöht der Einsatz von immer leistungsfähigeren und hochfesten Konstruktionswerkstoffen den Innovationsdruck auf die Zerspanungstechnologie.

Im Handlungsfeld dieser verschärften Randbedingungen gilt es, die eingesetzten Werkzeuge und Maschinen sowie die gewählte Technologie und Bearbeitungsparameter zu überdenken, zu optimieren oder gegebenenfalls zu ersetzen, um den gestiegenen Quantitäts- und Qualitätsansprüchen zu genügen. Hierbei greift die Forschungsgruppe auch auf additive Fertigungstechnologien zurück, um neuartige Werkzeugkonzepte zu testen und umzusetzen.

Die Forschungsgruppe Zerspanungstechnologie fokussiert sich auf Zerspanprozesse mit definierter Schneide. Dabei kann die Forschungsgruppe auf ein umfangreiches Partnernetzwerk zurückgreifen, das u. a. aus den Bereichen Automotive und Luft- und Raumfahrt stammt, und den Forschern hilft, stets am Puls der Zeit zu sein. In enger Zusammenarbeit mit diesen Projektpartnern aus Forschung und Industrie werden Werkzeuge und Prozesse optimiert, um Produktivität, Prozesssicherheit und Bauteilqualität nachhaltig zu verbessern.

Forschungsschwerpunkte

Bohren, Reiben und Entgraten mit hoher Qualität

- Werkzeugoptimierung von Hochleistungsbohrern und -reibahlen
- Simulation der Bohr-, Reib-, Gewindebohr- und Entgratbearbeitung
- Beherrschung von Unsicherheit in der Prozesskette Bohren-Reiben bzw. Bohren-Gewinde

Werkzeugsicherheit

- Entwicklung von optimierten Werkzeugen (z. B. Schneidstoffe, Beschichtungen) zur HSC-Bearbeitung von Blechen
- Prozessentwicklung zur optimierten Fräsbearbeitung mit adaptiven Spannfuttern
- Zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen zur Ermittlung der max. Betriebsdrehzahlen schnelldrehender Werkzeuge

Schwer zerspanbare Werkstoffe

- Werkzeugoptimierung von Fräsern, hinsichtlich Schneidstoff, Beschichtung und Geometrie
- Prozessentwicklung zur wirtschaftlichen Zerspanung von Titan- und Nickelbasislegierungen
- Simulation und Modellbildung

Zerspanung von Powertrain-Komponenten

- Ganzheitliche Produktivitätssteigerung von Zerspanprozessen mit definierter Schneide
- Implementierung innovativer Kühlverfahren
- Auslegung von Hochleistungsschneidstoffen



links:
Fräswerkzeuge zur Bearbeitung von schwer zerspanbaren Materialien

rechts:
Untersuchung des Wärmeeintrags bei der Bohrbearbeitung von Titanlegierungen



Drehbearbeitung mittels additiv gefertigter Werkzeughalter

Unser Angebot an die Industrie

- Optimierung von Bearbeitungsparametern und -strategien bei Dreh-, Fräs- und Zylinderbohrprozessen hinsichtlich
 - Standzeit und Werkzeugverschleiß
 - Prozesskräften
 - Oberflächenqualität
- Optimierung der Werkzeuggeometrie von Hochleistungsschneidstoffen (Hartmetall, Keramik, CBN, PKD) zur Verbesserung des Einsatzverhaltens
- Untersuchung von Bauteileigenschaften unter Einfluss verschiedener Kühlverfahren
- Optimierung der Werkzeuggeometrie und der Bearbeitungsparameter zur Erhöhung der Werkzeugstandzeit und Verbesserung der Bauteilqualität für
 - Dreh- und Fräswerkzeuge
 - Entgratwerkzeuge
 - überlange Spiralbohrer
- Fliehkraftbelastungsuntersuchungen von HSC-Werkzeugen und sonstigen rotierenden Komponenten
- Analyse der Kraft- und Schwingungsverhältnisse bei der HSC-Bearbeitung

Beherrschung von Unsicherheit beim Gewindebohren



Felix Geßner, M. Sc.
06151 16-29974
gessner@ptw.tu-darmstadt.de

Im Mittelpunkt der Forschung des Sonderforschungsbereichs 805 steht die ganzheitliche Beherrschung von Unsicherheit entlang aller Produktlebensphasen – von der Produktentwicklung über die Produktion bis hin zur Nutzung. Im Teilprojekt B3 werden zerspanende Fertigungsverfahren bei gleicher Fertigungsqualität flexibel gestaltet.

Die betrachtete Prozesskette aus Vorbohren und Gewindebohren ist ein häufig eingesetztes Verfahren zur Herstellung von Innengewinden. Da sie am Ende der Wertschöpfungskette angesiedelt ist, spielt die Vermeidung von Bauteilausschuss durch kritische Verfahrensfehler eine zentrale Rolle. Um die Prozesssicherheit zu erhöhen, können passive und aktive Maßnahmen eingesetzt werden. So sollen neben der Weiterentwicklung robuster Werkzeuggeometrien zukünftig auch auftretende Störgrößen detektiert und durch Anpassung der Stellgrößen aktiv ausgeglichen werden.

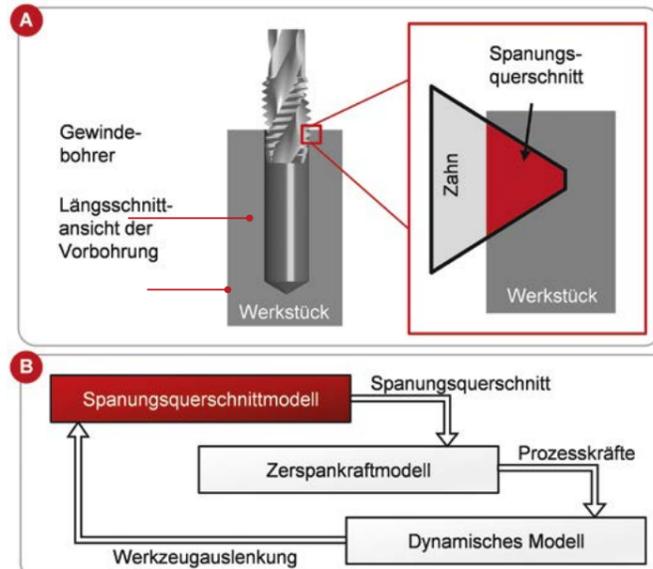
Grundlage für die Umsetzung dieser Maßnahmen stellt ein detailliertes Prozessverständnis und eine modellhafte Abbildung des Gewindebohrprozesses dar.

Ein Ziel des Teilprojekts ist es daher die bereits erarbeiteten Modelle des Reibens auf das Gewindebohren zu adaptieren und entsprechend zu erweitern. Analog zum Reibprozess wird ein mechanistischer Ansatz zugrunde gelegt. Zunächst wird daher der lokale, zeitabhängige Querschnitt des unverformten Spans senkrecht zur Schnitttrichtung bestimmt (Abbildung A). Aus diesem können mittels eines empirischen Kraftmodells die Prozesskräfte berechnet werden. Die daraus resultierende Auslenkung des Gewindebohrwerkzeugs wird in das Spanungsquerschnittmodell zurückgeführt (Abbildung B). Somit können auch Rückkopplungen der auftretenden Störgrößen berücksichtigt werden.

Für das Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen bietet sich durch dieses Projekt die Möglichkeit, die Expertise im Bereich der mehrstufigen Prozessketten beim Bohren auszubauen und somit Anknüpfungspunkte für zukünftige Forschungsprojekte und Industriekooperationen zu schaffen.

➕
Weitere Informationen:
www.sfb805.tu-darmstadt.de

Spanungsquerschnitt beim Gewindebohren (A) und Modelllaufbau (B)



Förderträger



Kompetenz durch hoch-intelligente Produktion mit einzigartiger Temperatursensorik in Fräswerkzeugen

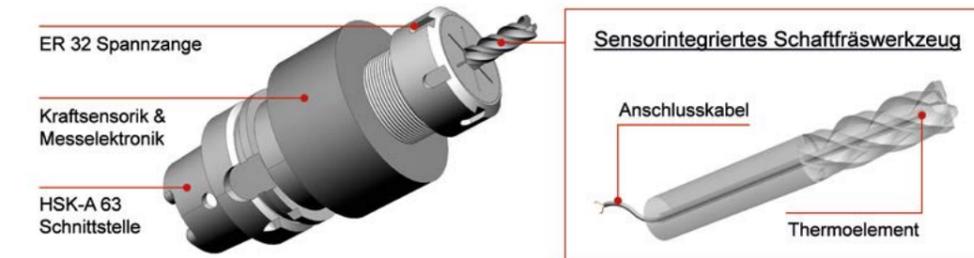
Die Luftfahrtindustrie erwartet in den nächsten 20 Jahren eine Verdoppelung der sich in Betrieb befindlichen Flugzeuge. Aus dieser Entwicklung heraus kann eine gesteigerte Nachfrage nach Bauteilen aus schwer spanbaren Werkstoffen wie Titan- oder Nickelbasislegierungen abgeleitet werden. Jedoch stellen gerade diese Werkstoffe aufgrund ihrer hohen Festigkeit und ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit eine große Herausforderung für die spanende Fertigung dar. Die besonderen Werkstoffeigenschaften führen zu einem raschen Werkzeugverschleiß und daher zu hohen Produktionskosten. Um die Wirtschaftlichkeit des Bearbeitungsprozesses zu steigern und Schäden am Bauteil durch Werkzeugbruch zu vermeiden, ist ein umfassendes Verständnis der thermomechanischen Werkzeugbelastung erforderlich.

Das Ziel des Projekts „CHIP“ ist die wissensbasierte Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Fräsbearbeitung schwer spanbarer Werkstoffe mittels Vollhartmetallschaftfräsern. Hierzu werden in einem ersten Schritt von der Ceratizit Austria GmbH Fräswerkzeuge mit innenliegender Tem-

peratursensorik entwickelt und ein sensorischer Werkzeughalter entsprechend adaptiert (siehe Bild). Am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen erfolgen anschließend die Prozessauslegung sowie die Charakterisierung der Schädigungsmechanismen und die Aufnahme der werkzeugseitig generierten Prozessdaten. Parallel dazu entwickelt und appliziert das Institut für Fertigungstechnik (IFT) der TU Graz hochauflösende Messsensorik zur werkstückseitigen Bestimmung der Werkstoff- und Schneidentemperatur. Die gesammelten Daten werden am Materials Center Leoben genutzt, um eine Simulation des Fräsprozesses zu erstellen und zu verifizieren. Letztendlich können anhand der im Projekt generierten Daten Einflussgrößen und Wirkzusammenhänge bestimmt werden, die der Werkzeug- und Prozessauslegung dienen.



Christopher Praetzas, M. Sc.
06151 16-20126
praetzas@ptw.tu-darmstadt.de



Adaptierter Werkzeughalter mit sensorintegriertem Werkzeug



Projektpartner



Förderträger



Additive Fertigung und Dentale Technologie

Gruppenleiter

Michael Kniepkamp, M. Sc.

06151 16-20842

kniepkamp@ptw.tu-darmstadt.de

- Vitali Dejgun, M. Sc.
- Martin Link, M. Sc.
- Holger Merschroth, M. Sc.
- Stefan Mischliwski, M. Sc.
- Thorsten Reiber, M. Sc.

Innovative Produkte stellen durch funktionsintegrierte oder individualisierte Geometrien bei geringen Stückzahlen neue Anforderungen an die Fertigungstechnik. Die Produktion erfolgt durch additive Fertigungsverfahren und hochautomatisierte, abtragende CAD-CAM-Produktionsprozesse. Gegenstand der Forschungsgruppe sind die beiden Forschungsfelder additive Fertigung von metallischen Bauteilen sowie die hybride Prozesskette, in der die Geometriefreiheit der additiven Fertigung mit den Vorteilen der abtragenden Verfahren kombiniert wird.

Die Forschungsschwerpunkte im Bereich additive Fertigung liegen in der Prozessentwicklung für das Pulverbett-basierte Verbinden (Selective Lasermelting–SLM). Neben der Verbesserung von Bauteileigenschaften stehen hier vor allem die Steigerung der Prozesssicherheit und die Steigerung der Baugeschwindigkeit durch eine intelligente Prozessführung im Vordergrund. Dadurch soll die Bauteilqualität gesteigert und die Fertigungskosten gesenkt werden. Weiterhin wird untersucht wie die Fertigungstechnologie genutzt werden kann um neue funktionsintegrierte Bauteile und neue innovative Produkte herzustellen.

Im Bereich hybride Produktion liegt der Fokus in der Prozessentwicklung für die Kombination von auftragenden und abtragenden Verfahren am Beispiel der dentalen Prozesskette. Hierfür kommen entweder verschiedene Fertigungsanlagen in Serie oder hochintegrierte Kombinationsmaschinen zum Einsatz. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die weitere Automatisierung des Gesamtprozesses und eine Abstimmung der Einzelprozesse aufeinander. Durch die Entwicklung von speziell angepassten Werkzeugen und neuen CAD-CAM Strategien soll die Gesamtproduktivität der Prozesskette gesteigert werden.

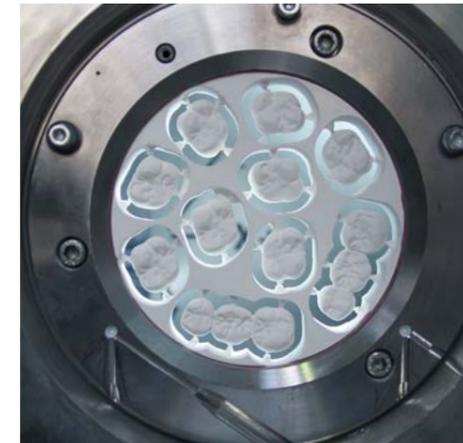
Forschungsschwerpunkte

Hybride Produktion

- Hybride sequenzielle Verfahrenskombination von fräsender Bearbeitung und SLM Produktgenerierung
- Nachbearbeitung von additiv produzierten Bauteilen (unabhängig vom eingesetzten additiven Verfahren)
- Werkzeugentwicklung zur spanenden Nachbearbeitung
- SLM-Technologieveränderung zur gezielten Oberflächeneinstellung

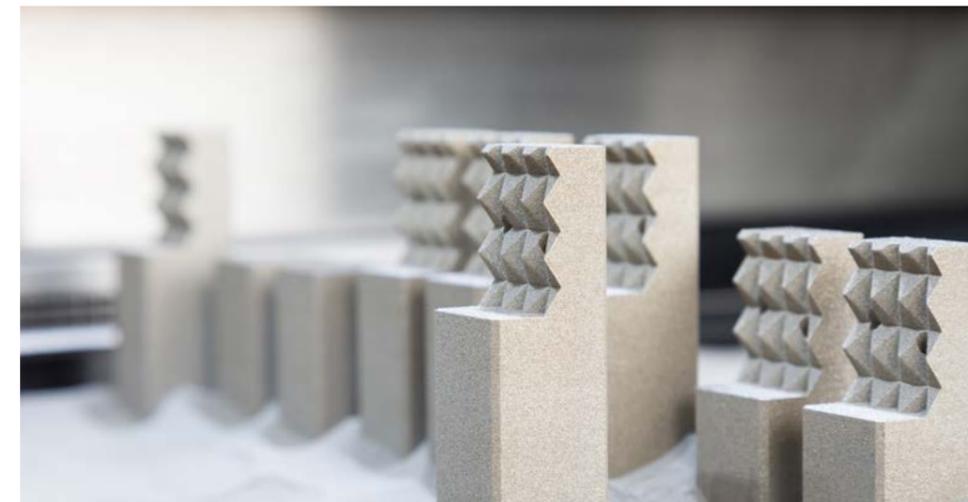
Prozessentwicklung Additive Fertigung

- Realisierung funktionsintegrierter Strukturen
- Qualifizierung von metallischen Werkstoffen
- Entwicklung bauteilangepasster Prozessparameter zur Produktivitätssteigerung
- Herstellung von definierten Porositätseigenschaften
- (Mikro) Rapid Manufacturing



links:
Entwicklung der Bearbeitungsstrategie für die Zirkonbearbeitung

rechts:
SLM System vom Typ EOS M290



Additive Fertigung von Grundkörpern für Zerspanungswerkzeuge

Unser Angebot an die Industrie

Im Bereich der Additiven Fertigung

- Unterstützung bei der Prozessanwendung und -auslegung
- Beratung zur prozessgerechten Bauteilgestaltung
- Steigerung der Prozesssicherheit, Produktivität und Qualität
- Erarbeitung von Lösungen für die Prototypen- und Serienfertigung
- Etablierung hybrider Fertigungsprozesse

im Bereich der Dentalen Technologie

- Entwicklung von Fräswerkzeugen für medizintechnische Produkte
- Anpassung von Bearbeitungsstrategien (Templates) bzgl. verwendeter Maschinen und Werkzeuge
- Einführung von Weiterentwicklungen in der digitalen dentalen Prozesskette (repräsentative Prozesskette vorhanden)

Additive Fertigungsprozesse für Crimpwerkzeuge (3DCrimp)

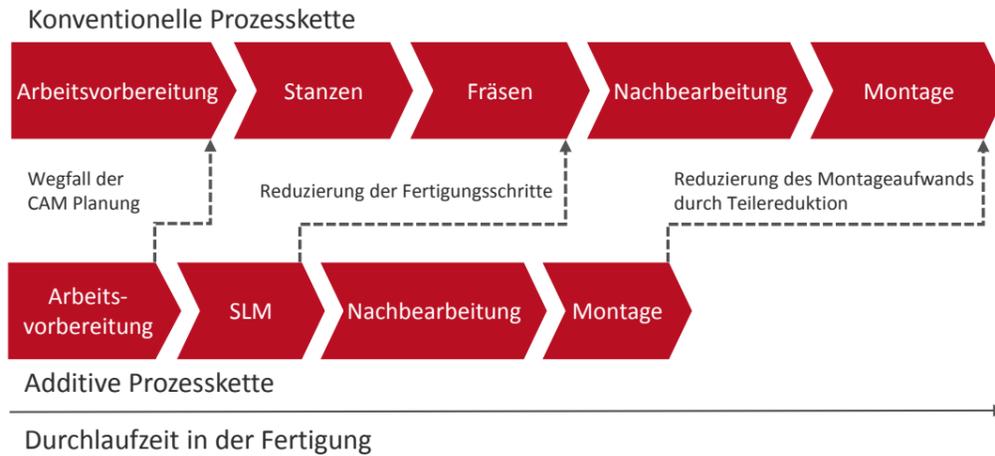


Martin Link, M. Sc.
06151 16-20474
link@ptw.tu-darmstadt.de

Knapper werdende fossile Brennstoffe und ein erhöhter Mobilitätsbedarf erfordern neue Lösungen in der Automobilindustrie. Die Elektromobilität gewinnt dabei sowohl national als auch international immer weiter an Bedeutung. Verbunden mit dieser Entwicklung ist die steigende Anzahl an neuen Leiterwerkstoffen und Leitungskonzepten, wodurch die Anzahl an neuartigen Crimpwerkzeugen (Montagewerkzeug) weiter steigen wird. Die Fa. WEZAG ist ein weltweit führender Hersteller im Bereich der Crimptechnologie und hat derzeit 20.000 verschiedene Crimpwerkzeugeinsätze ab Losgröße 1 im Programm. Bei Neuentwicklungen müssen im Durchschnitt 3–5 Funktionsprototypen produziert werden, die derzeit extrem zeit- und kostenintensiv in klassischer Einzelteilproduktion hergestellt werden. Das additive Fertigungsverfahren „Selektives Laserschmelzen“ (SLM) bietet die Möglichkeit einer Verkürzung der Prozesskette, die Herstellung individueller Bauteile und somit eine Verkürzung der Produktionsdauer und eine Flexibilitätssteigerung.

Im Rahmen des BMBF – KMU innovativ Verbundprojektes „3DCrimp“ wird in enger Zusammenarbeit mit der Fa. WEZAG eine neue Prozesskette entwickelt, bei der sämtliche Produktionsschritte durch die Einführung additiver Fertigung miteinander verknüpft werden. Um dies zu erreichen, werden beginnend bei der Konstruktion und Auslegung über die Arbeitsvorbereitung, die additive Fertigung mittels SLM bis hin zur Nachbearbeitung und Erprobung bzw. Qualitätssicherung alle Schritte der Prozesskette aufeinander abgestimmt. Für eine Verkürzung der Produktionszeit und Reduzierung der Kosten für Prototypen bietet das SLM-Verfahren ein großes Potenzial, wie eine vereinfachte Arbeitsvorbereitung, die Reduktion von Prozessschritten und eine Verminderung des Montageaufwands.

Konventionelle Prozesskette gegenüber optimierter additiver Prozesskette



Förderträger



KMU-innovativ
Vorfahrt für Spitzenforschung
im Mittelstand

Projektpartner



MYTHOS

Multimateriale hybride Technologie für die Herstellung in dentalen Prozessketten

In der heutigen Zeit wird ein großer Teil der Herstellung von ästhetischem Zahnersatz noch händisch durchgeführt. Dazu wird zunächst ein hochfestes Zahngerüst aus Keramik oder Metall gefräst, auf dem im Anschluss manuell mehrere farblich angepasste Verblendschichten aufgetragen werden. Hierdurch wird ein mehrfarbiger Zahnersatz hergestellt welcher sich im individuellen Gebiss ästhetisch einfügt. Thematisch setzt das Forschungsprojekt MYTHOS hier an indem ein Prozess entwickelt wird welcher durch additive Fertigung eine automatisierbare alternative in der Herstellung bietet. Hinter MYTHOS verbirgt sich die „multimateriale hybride Technologie für die additive Herstellung in dentalen Prozessketten“. Die additive Fertigung ermöglicht es in MYTHOS, die bisher händisch geprägten Prozesse zur Herstellung von individuellen Dentalprodukten mit Losgröße 1 zu automatisieren.

Ziel des Forschungsprojektes MYTHOS ist die Entwicklung eines automatisierten Verfahrens zur additiven Herstellung von multimateriellen mehrfarbigen Verblendungen dentaler Gerüstwerkstoffe. Am PTW wird hierzu unter anderem die Prozessentwicklung der additiven Fertigung durchgeführt, durch die sichergestellt wird, dass die Materialeigenschaften denen der konventionellen Prozesskette entsprechen. Hierbei wird natürlich auch auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf weitere Branchen geachtet. Die Vorteile der Automatisierung sind, dass zum Einen eine Reproduzierbarkeit des hergestellten Dentalproduktes gegeben ist und zum Anderen die Kosten für die Herstellung von ästhetischem Zahnersatz durch die Anwendung des automatisierten Verfahrens reduziert werden. Des Weiteren können auch die Herstellzeiten verkürzt und die Präzision in der Fertigung gesteigert werden.



Stefan Mischliwski, M. Sc.
06151 16-20109
mischliwski@ptw.tu-darmstadt.de



Auf das Dentalgerüst werden verschiedene Materialschichten aufgebracht, um einen ästhetischen Zahnersatz zu erhalten.
Quelle: Form for Function GmbH



Projektpartner



Förderträger



Center für industrielle Produktivität (Prozesslernfabrik)

Gruppenleiter
Jens Hambach, M. Sc.
06151 16-20296
hambach@ptw.tu-darmstadt.de

- Siri Adolph, M. Sc. stv. Gruppenleiterin
- Dr.-Ing. Christian Hertle stv. Gruppenleiter
- Alexander Busse, M. Sc.
- Dipl.-Wirt.-Ing. Judith Enke
- Rupert Glass, M. Sc.
- Lukas Hartmann, M. Sc.
- Joscha Kaiser, M. Sc.
- Antonio Kreß, M. Sc.
- Michael Kutzen, M. Sc.
- Maximilian Meister, M. Sc.
- Alyssa Meißner, M. Sc.
- Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Meudt
- Marvin Müller, M. Sc.
- Carsten Schaede, M. Sc.

Die Prozesslernfabrik CiP ist ein innovatives Aus- und Weiterbildungszentrum, in dem seit Mai 2007 die wichtigsten Methoden zur Gestaltung effizienter Produktionsprozesse vermittelt werden.

Seitdem wurden mehr als 4.000 Studierende und über 2.000 Mitarbeiter von Industrieunternehmen aus- und weitergebildet. Die praxisorientierten Schulungen erfolgen anhand der kompletten Wertschöpfungskette eines Unternehmens, die mit Wareneingang des Rohmaterials beginnt und bis zum Versandprozess der Fertigwaren reicht. Neben dem Betrieb und der Weiterentwicklung der Prozesslernfabrik beschäftigt sich die Arbeitsgruppe forschungsseitig mit vielseitigen Fragestellungen im Kontext der schlanken Produktion.

Dabei gewinnt das Thema der Digitalisierung von Produktionsprozessen zunehmend an Bedeutung und diverse Industrie 4.0 Use Cases sind bereits in der Prozesslernfabrik umgesetzt worden. Seit März 2016 bildet die Prozesslernfabrik CiP den Kern des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Darmstadt und bereitet mittelständische Unternehmen auf die Herausforderungen der Digitalisierung vor.

Darüber hinaus unterstützt die Forschungsgruppe Unternehmen vor Ort bei deren täglichen Herausforderungen. Typische Industrieprojekte sind hierbei die Betreuung von Verbesserungsprojekten in Pilotbereichen der Montage, Zerspaltung oder Intralogistik, Schulungen vor Ort zu ausgewählten Themen oder das Coaching von Mitarbeitern, wie z.B. bei der Einführung eines Shopfloor Managements.

Forschungsschwerpunkte

Flexible Produktions- und Intralogistiksysteme

- Ganzheitliche Planung von Produktionssystemen und innerbetrieblichen Materialflüssen nach Prinzipien der schlanken Produktion
- Planung und Implementierung Flexibler Produktion und Intralogistischer Systeme

Flexible Teilefertigung

- Entwicklung von ganzheitlichen Konzepten zur flexiblen Teilefertigung in Deutschland
- Produktivitätssteigerung durch Low-Cost-Automation Lösungen in der Zerspaltung

Lean Quality

- Qualitätstechniken in der schlanken Produktion vor dem Hintergrund der Null-Fehler-Philosophie
- Reaktive und proaktive Verbesserung durch Jidoka-Sequenz und strukturierte Problemlösung am Ort des Geschehens

Schlanke Produktion und Informationstechnik

- Simulationsgestützte Analyse und Gestaltung von schlanken Material- und Informationsflüssen
- Unterstützung schlanker Produktionen durch Informationstechnik

Lernfabriken für die schlanke Produktion

- Systematische Gestaltung von Lernfabriken
- Zielgruppenspezifische Gestaltung von Lernmodulen rund um die schlanke Produktion
- Qualitätssysteme und Reifegradmodelle für Lernfabriken

Shopfloor Management und KVP

- Shopfloor Management Systeme
- Gestaltung der vernetzten Produktion von Morgen durch digitale Führungssysteme
- Zielorientierte kontinuierliche Verbesserungssysteme (KVP)



links:
Analyse bestehender Produktionsprozesse zur Schaffung von Transparenz über den Fertigungsprozess

rechts:
Umsetzen der identifizierten Verbesserungspotenziale am Arbeitsplatz



Problemlösung mithilfe von digitalem Shopfloor Management

Unser Angebot an die Industrie

- Gestaltung schlanker Wertströme mit den Methoden der schlanken Produktion und Materialflusssimulation
- Unterstützung bei der Gestaltung von Wertströmen nach Just-In-Time Gesichtspunkten (Austaktung, Pull-Systeme, Layout)
- Gestaltung von abgestimmten Digitalisierungskonzepten durch Lean 4.0 wie digitales Shopfloor Management oder Wertstromanalyse 4.0
- Unterstützung bei der Einführung von Lean-Methoden und Fließfertigung in der Zerspaltung („Lean Machining“)
- Analyse und Beratung zur Verbesserung von Rüst- und Instandhaltungsprozessen
- Entwicklung und Verstetigung eines zielorientierten Mitarbeiter-KVP in der Produktion
- Unterstützung bei der Konzeption und Umsetzung der eigenen Lernfabrik
- Gestaltung und Implementierung angepasster Shopfloor Management Systeme
- Analyse und Unterstützung bei der Optimierung der Materialbereitstellung in der Produktion
- Gestaltung und Implementierung von Qualitätsmanagementsystemen unter Berücksichtigung schlanker Produktionsprinzipien



Weitere Informationen unter:
www.prozesslernfabrik.de

Automatisierte Erstellung kundenindividueller NC-Programme: Stückzahl Eins fertigen wie in Serie



Carsten Schaede, M. Sc.
06151 16-20138
schaede@ptw.tu-darmstadt.de



Weitere Informationen:
www.mit40.de

Die Nachfrage nach individualisierten Produkten steigt branchenübergreifend. Bei vielen Unternehmen liegt die Herausforderung darin, Produktdesign und Produktionsprozess so zu gestalten, dass Fertigung und Montage kundenindividueller Produkte bei vergleichbarer Lieferzeit und Produktivität wie in Massenproduktion möglich werden. Insbesondere die spanende Fertigung individueller Komponenten in Stückzahl eins weist großes Potential auf, so auch bei der Munsch Chemiepumpen GmbH. Das Unternehmen produziert kundenspezifische Chemiepumpen ab Stückzahl 1. Ein Großteil der Pumpenkomponenten wird dabei auftragspezifisch ausgelegt und gefertigt.

In einem Umsetzungsprojekt des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Darmstadt mit dem Unternehmen ist die Erstellung individueller CNC-Programme für die Pumpengrundplatte digitalisiert und automatisiert worden. Die individuellen Geometrieinformationen der einzelnen Pumpenkomponenten werden nun vom Produktkonfigurator an einen CNC-Programmgenerator übergeben. Dieser generiert das individuelle Ein-

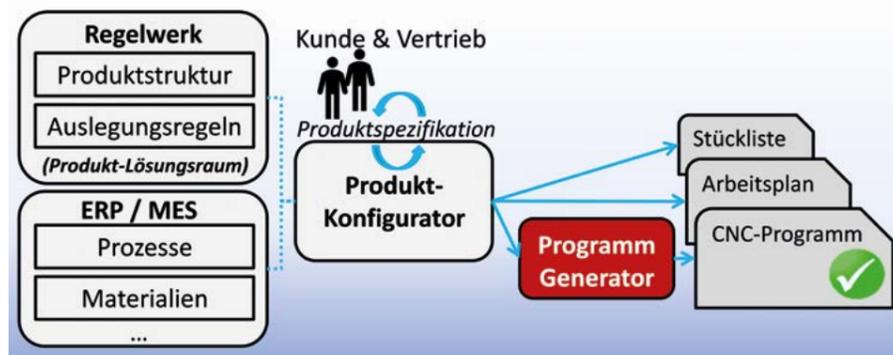
mess- und Bearbeitungsprogramm für die Grundplatte und stellt dieses auf der Maschine bereit. Seit der Automatisierung der Programmerstellung werden die individuellen Grundplatten zuverlässig und fehlerfrei der Montage bereitgestellt. Neben einer Steigerung der Produktivität konnte in Folge der hohen Prozesszuverlässigkeit die Durchlaufzeit der Grundplatte von einer Woche auf weniger als eine Schicht reduziert werden.

Die Munsch Chemiepumpen GmbH und das PTW übertragen nun die erfolgreich realisierte Informationsprozesskette (Abbildung rechts unten) auf komplexe Bearbeitungsaufgaben. Zusätzlich wird ein Vorgehen zur Prozessfähigkeitsanalyse bei Fertigung in Stückzahl 1 entwickelt.

Über das Projekt: Das BMWi-Projekt „Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt“ unterstützt die Digitalisierungs- und Vernetzungsaktivitäten deutscher KMU. Neben Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen werden Umsetzungsprojekte gemeinsam mit Unternehmen durchgeführt.

links:
Bohrbearbeitung
einer Pumpengrundplatte

rechts:
Informationsprozesskette
zur automatisierten
NC-Programmerstellung



Wertstrommodellierung im Zeichen von Digitalisierung und Industrie 4.0 – Eine App zur Produktionsoptimierung durch Materialflusssimulation

Die Wertstrommethode sowie -simulation von Produktionsabläufen sind etablierte Vorgehensweisen, die in der Praxis aber häufig unabhängig voneinander eingesetzt werden. Die Wertstrommethode bedient sich auch in Zeiten von Industrie 4.0 meistens analoger Hilfsmittel wie Klemmbrettern und Flipcharts. Hier setzt das Forschungsprojekt MobiSim an, das Wertstromanalyse und -design direkt an der Fertigungslinie digitalisiert und mit dynamischer Simulation verknüpft.

Eine der wesentlichen Ideen des geförderten MobiSim-Verbundprojekts (Fördermaßnahme „KMU-Innovationsoffensive IKT“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung) ist die möglichst einfache, intuitive und effiziente Digitalisierung der Wertstrommethode. Eine wesentliche Anforderung dabei ist, dass diese Digitalisierung nicht fernab der Linie an den PCs der Fertigungsingenieure, sondern unmittelbar – ganz im Sinne der Konzepte der Schlanke Produktion – direkt an der Linie stattfinden soll. Aus diesem Grund hat das Projekt von Beginn an den Ansatz verfolgt, Wertstrommodellierung auf mobi-

len Endgeräten (Tablets) zur Verfügung zu stellen und diese mit den Partnern SimPlan, DATRON und Bosch Rexroth in der Praxis zu entwickeln.

Entstanden ist eine Applikation, die mit der für diese Art der Technologie üblichen Gestensteuerung arbeitet und durch „Wischen, Antippen und Ziehen“ den Aufbau eines Wertstroms am Tablet ermöglicht (Abbildung). Ein Benutzer kann in dieser App aus einem Katalog standardisierter Wertstromsymbole bspw. Prozesskästen, Bestände, Lieferanten, etc. (blaues Feld in Abbildung) auswählen und diese durch einfaches Ziehen mit dem Finger auf der Modellierungsfläche (weiße Fläche Abbildung) positionieren und danach miteinander verbinden. Durch Eintragen der Prozessdaten wie bspw. Zykluszeiten, bildet das entstehende Modell zunehmend besser die Realität ab. Ein Wertstrom kann somit modelliert, anschließend simuliert und optimiert werden. Die App ist unter dem Namen SimVSM verfügbar.



Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Meudt
06151 16-20136
meudt@ptw.tu-darmstadt.de



Weitere Informationen:
www.simplan.de/forschung/forschungsprojekt-mobisim/



Einsatz der MobiSim-App auf dem Shopfloor bei den Praxispartnern

Microsoft Store



iOS App Store





Management industrieller Produktion

Gruppenleiter

Andreas Wank, M. Sc.

06151 16-20847

wank@ptw.tu-darmstadt.de

- Christian Bayer, M. Sc.
- Thimo Keller, M. Sc.
- Markus Schreiber, M. Sc.
- Patrick Stanula, M. Sc.
- Amina Ziegenbein, M. Sc.

Im globalen Wettbewerb werden Unternehmen am Wirtschaftsstandort Deutschland zunehmend mit vielfältigen Veränderungen konfrontiert. Insbesondere die effiziente Nutzung von Ressourcen und die Dynamisierung der Produktlebenszyklen stellen wichtige Herausforderungen für produzierende Unternehmen dar. Um sich diesen Herausforderungen zu stellen, sind transparente und effiziente Wertschöpfungsprozesse erfolgsentscheidend. Die Forschungsgruppe „Management industrieller Produktion“ (MiP) untersucht insbesondere Innovationen auf Prozessebene in der Produktion. Betrachtungsgegenstand sind Strategie-, Planungs-, Produktions- und Serviceprozesse. Der Fokus der Forschungsgruppe MiP liegt auf der Bearbeitung von Forschungs- und Industrieprojekten zu den Themen:

- Aktives Bauteiltraceability
- Digitalisierung im Werkzeugmanagement
- Integration digitaler Mitarbeiterassistenten
- Datengetriebene Geschäftsmodelle

Die einzelnen Forschungsthemen zielen auf das übergreifende Ziel der Schaffung transparenter und intelligenter Wertschöpfungsprozesse ab. Industrieprojekte zu Produktionsoptimierung und Entwicklung von Produktionsstrategien ergänzen das Portfolio. Zusätzlich erarbeitet die Gruppe Studien zu wesentlichen Zukunftsfeldern der Produktion. In der jüngeren Vergangenheit waren dies zum Beispiel „Industrie 4.0 – Potenziale, Nutzen und Good-Practice-Beispiele für die hessische Industrie“, „Handbuch Globale Produktion“ oder „Zukunft der Produktion“.

Forschungsschwerpunkte

Aktives Bauteil-Traceability

- Markierungsstrategien für wertstromdurchgängige Bauteilkennzeichnungen/-identifizierung
- Nutzenorientierte Integrationsstrategien aktiver Bauteiltraceability

Digitalisierung im Werkzeugmanagement

- Optimierungsstrategien des Werkzeugmanagements durch simulative Unterstützung
- Wissenstransfer von Best Practice-Beispielen der Digitalisierung im Werkzeugkreislauf
- Entwicklung von intelligenten Werkzeugen für die vernetzte Produktion von morgen

Integration digitaler Mitarbeiterassistenten

- Ganzheitlicher Ansatz zur Entwicklung „guter“ digitaler Assistenz
- Methodenentwicklung zur Identifikation von Unterstützungsbedarf auf Basis der Wertstromanalyse 4.0
- Nutzenorientierte Integrationsstrategie digitaler Mitarbeiterassistenten

Datengetriebene Geschäftsmodelle

- Strategien zur geschäftsmodellorientierten Integration der Losgröße 1 mittels additiver Fertigung
- Datenbasierte Geschäftsmodelle für „intelligente“ Komponenten der Werkzeugmaschine
- Geschäftsmodellinnovation auf Basis der Digitalisierung der Produktion und Industrie 4.0-Technologien



Traceability – das SmartTool als cyber-physisches-System



Unser Angebot an die Industrie

- Erarbeitung wertstromdurchgängiger Markierungsstrategien für Bauteile
- Nutzenorientierte Integration aktiver Bauteiltraceability
- Entwicklung und Begleitung der Umsetzung von Praxislösungen von Industrie 4.0 zur Effizienzsteigerung
- Bewertung von Geschäftsmodellen hinsichtlich Nutzenpotentiale neuer Technologien
- Analyse von Wertschöpfungssystemen zur Umsetzung der Losgröße 1 mittels additiver Fertigungsverfahren und dezentraler Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme
- Analyse, Bewertung und Optimierung von Werkzeugspektren
- Simulative Bewertung und Gestaltung der Werkzeugversorgung
- Aufzeigen von Entwicklungen und Trends der Industrie
- Analyse von Wertschöpfungssystemen mit dem Fokus auf Einsatzmöglichkeiten digitaler Assistenzsysteme
- Integration digitaler Werkerassistenzsysteme

Forschungsprojekt IntAKom: Gute digitale Assistenz



Thimo Keller, M. Sc.
06151 16-20289
keller@ptw.tu-darmstadt.de

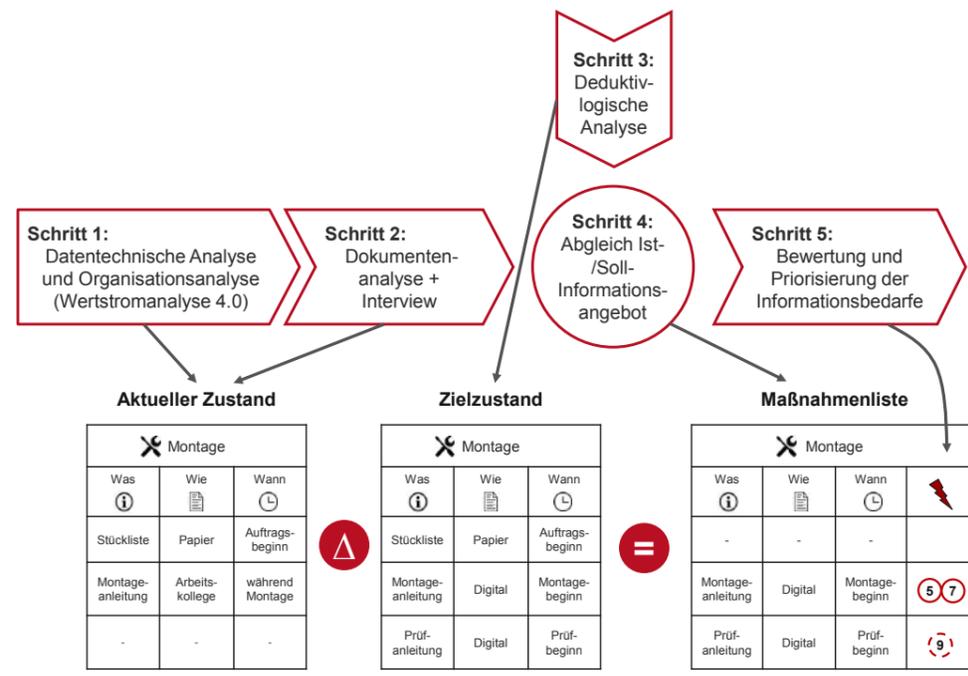
Mit der zunehmenden Digitalisierung ändert sich in industriellen Produktionsumgebungen das Arbeitsumfeld der Beschäftigten. Unter Berücksichtigung der Mitarbeiterbedürfnisse und betrieblicher Interessen stellt sich die Frage, wie eine leistungsförderliche Arbeitsplatzgestaltung aussehen soll. In Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie entwickelt und erprobt das Forschungsprojekt IntAKom konstruktive Ansätze guter digitaler Assistenz in der Produktion. Zur Betrachtung der Zusammenhänge der technischen, personellen, organisatorischen und strategischen Aspekte eines Produktionssystems lässt es sich als sozio-technisches System beschreiben. IntAKom strebt die Entwicklung eines übertragbaren Gestaltungskonzepts für industrielle Arbeitsumgebungen an. Ziel ist die Aufwertung von manuellen und teilautomatisierten Arbeitssystemen in der Produktion durch digitale Kommunikationstechnologie, um die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter in Bezug auf die Arbeitsaufgabe zu steigern. Durch den Einsatz digitaler Medien als Assistenzsysteme sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, Arbeitsinhalte zu erweitern und Arbeitsstrukturierungskonzepte zu fördern. Außerdem sollen die Beschäftigten stärker an der Beseitigung von Fehlern und Störungen beteiligt werden und die dabei gewonnenen Erfahrungen strukturiert in die Verbesserung der Prozesse einfließen. Anschließend werden die entwickelten Methoden und gewonnenen Erkenntnisse in einem Handbuch für „gute digitale Assistenz“ zusammengefasst.

Die Abbildung skizziert die Vorgehensweise der im Rahmen des Projektes entwickelten wertstromorientierten Informationsbedarfsanalyse. Diese Methode dient der Erfassung von Informationsbedarfen der Mitarbeiter entlang des Wertstroms. Die Maßnahmenliste stellt das Ergebnis dieser Methode dar. Sie ergibt sich aus dem Abgleich des Ist- und des Soll-Informationsangebots am Arbeitsplatz. Abschließend werden die in Schritt 1 mithilfe der Wertstromanalyse 4.0 identifizierten Verschwendungen ergänzt, um eine Bewertung der Maßnahmen zu ermöglichen. Nicht jede, im Rahmen der Wertstromanalyse identifizierte, Verschwendung hat ihre Ursache in der Informationsversorgung. Andererseits führt die mangelnde Informationsversorgung fast immer zu Verschwendungen im Prozess. Diese Zusammenhänge werden so deutlich.

Der Produktionsprozess soll durch die informationstechnische Unterstützung der Mitarbeiter insgesamt effizienter werden. Durch eine gute digitale Assistenz für Mitarbeiter mit wertschöpfenden Tätigkeiten, wird deren Leistungsfähigkeit und somit auch die des Wertschöpfungsprozesses gesteigert. Dafür werden im Rahmen des Projektes unterschiedliche, repräsentative Arbeitsprozesse vor und nach der Aufwertung mittels einer quantitativen Nutzenbewertung analysiert, um die Wirksamkeit der entwickelten Assistenzlösungen zu bewerten.



Christian Bayer, M. Sc.
06151 16-20092
c.bayer@ptw.tu-darmstadt.de



Vorgehensweise bei der wertstromorientierten Informationsbedarfsanalyse



Weitere Informationen:
www.intakom.com

Nutzenorientierte Erschließung von Potenzialen vorhandener Datenquellen in Werkzeugmaschinen für die Datenanalyse

Während immer komplexere Datenanalysen mit der Entwicklung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien sowie fortschrittlicher Rechenleistung erschwinglich wird, stellt das Data Mining in Produktionsprozessen von Unternehmen nach wie vor eine Herausforderung dar und wird entsprechend selten nutzenstiftend eingesetzt.

Obwohl moderne Werkzeugmaschinen mit umfassender Sensorik ausgestattet sind, werden die erzeugten Daten häufig nicht ausgewertet und stellen damit ein ungenutztes Potenzial zur Verbesserung von Produktionsprozessen dar. Dies liegt daran, dass oft nur geringe Kenntnisse über rückführbare Maschinendaten vorliegen. Der monetäre und technologische Nutzen dieser Informationen ist im Vorfeld nur schwer abschätzbar.

Als Lösung wurde im Industriearbeitskreis „Powertrain Machining“ ein methodisches Vorgehen erarbeitet, das die Auswahl spezifischer prozessrelevanter Parameter aus der verbauten Sensorik unterstützt, sowie den vielversprechendsten An-

satz der Datenanalyse identifiziert, um sowohl digitale Potenziale auszuschöpfen, als auch zusätzliche Kosten und Risiken für Retrofitting zu vermeiden. Dazu dient der branchenübergreifende Standard-Prozess für Data Mining (CRISP-DM) als Basis für die Gesamtmethodik und wird mit der Failure Mode Effects Analysis (FMEA) und dem Quality Function Deployment (QFD) kombiniert, um sowohl die technologische als auch die geschäftsorientierte Sichtweise des Prozesses zu integrieren. Die Abbildung zeigt diese Vorgehensweise. Anschließend können die methodisch und nutzenorientiert ausgewählten Analysemethoden auf die identifizierten Prozessparameter angewendet werden.

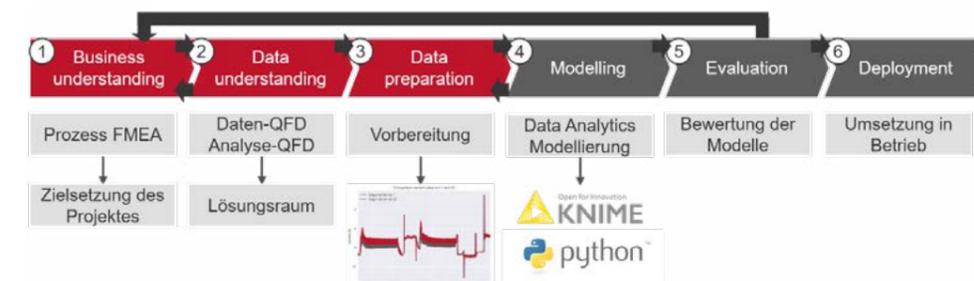
Diese Methode wird anhand eines Use Cases validiert, der auf Hochfrequenz-Werkzeugmaschinen-basiert, welche im Rahmen des Industriearbeitskreises „Powertrain Machining“ generiert wurden.



Patrick Stanula, M. Sc.
06151 16-20139
stanula@ptw.tu-darmstadt.de



Amina Ziegenbein, M. Sc.
06151 16-20071
ziegenbein@ptw.tu-darmstadt.de



Vorgehensweise nach dem CRISP-DM; Softwareunterstützung mit KNIME und Python



Weitere Informationen:
www.ptw.tu-darmstadt.de/arbeitskreise



Umweltgerechte Produktion

Gruppenleiter
 Mark Helfert, M. Sc.
 06151 16-20129
 helfert@ptw.tu-darmstadt.de

Niklas Panten, M. Sc.
 06151 16-20845
 panten@ptw.tu-darmstadt.de

- Christoph Bauerdick, M. Sc. M. Eng.
- Dipl.-Wirt.-Ing. Martin Beck
- Max Burkhardt, M. Sc.
- Dominik Flum, M. Sc.
- Ann-Christin Frensch, M. Sc.
- Dipl.-Ing. Felix Junge
- Thomas Kohne, M. Sc.
- Florian Löber, M. Sc.
- Daniel Moog, M. Sc.
- Lars Petruschke, M. Sc.
- Dr.-Ing. Philipp Schraml
- Dipl.-Ing. Johannes Sossenheimer, M. Sc.
- Nina Strobel, M. Sc.
- Jessica Walther, M. Sc.
- Thomas Weber, M. Sc.

Die Energiewende mit steigenden Energiepreisen, volatilen Energiemärkten und eine wachsende Umweltverantwortung stellen Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes vor neue Herausforderungen. Vor allem der Energie- & Ressourceneffizienz in der Produktion kommt eine wachsende Bedeutung zu, um normative Vorgaben zu erfüllen und wettbewerbsfähig zu bleiben. Zeitgleich können Produktionsbetriebe durch einen flexiblen Energieeinsatz Kosten reduzieren und das Stromnetz stützen.

In einem interdisziplinären Team von aktuell 17 wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern forscht die Gruppe „Umweltgerechte Produktion“ an einer Vielzahl an Aspekten rund um die Themen Energieeffizienz, Energieflexibilität und Ressourceneffizienz in der Produktion. Diese übergeordneten drei Themenfelder werden in den vier Forschungsschwerpunkten „Energieoptimierte Produktionsmaschinen“, „Energie- und Versorgungstechnik in der Produktion“, „Energiesimulation in der Produktion“ und „Energie 4.0 – Monitoring & Control“ aufgegriffen.

Die energetischen Optimierungen reichen von einzelnen Maschinen bis zur ganzheitlichen energetischen Optimierung von der Produktionsumgebung. Sowohl die effiziente Auslegung von Komponenten und Systemen (Maschinen, Versorgungstechnik) als auch das synergetische Zusammenwirken von vernetzten Systemen und regelungstechnischen Fragestellungen sind Bestandteil der Forschung. Hierfür werden auf verschiedenen Betrachtungsebenen ausgerichtete Simulationsmodelle entwickelt, die in der energieeffizienten Maschinenentwicklung, Maschinensteuerung sowie in der Produktions- und Fabrikplanung Einsatz finden. Digitale Werkzeuge sind aber nicht nur in der Simulation eine der Kernkompetenzen des Teams: Wertvolle Energiedaten sind das Fundament aller Analysen und Voraussetzung für die anschließende Optimierung. Die systematische und effiziente Erfassung sowie Analyse von Energiedaten sind daher in verschiedensten Ausprägungen wichtige Elemente der Forschungsaktivitäten.

Forschungsschwerpunkte

Energieoptimierte Produktionsmaschinen

- Analysen von Produktionsmaschinen
- Effiziente Querschnittstechnologien
- Neu- und Bestandsprojektierung

Energie- und Versorgungstechnik in der Produktion

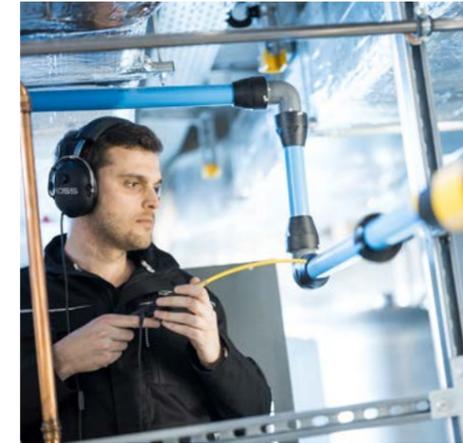
- Ganzheitliche energetische Analysen von Produktionsbetrieben
- Energetische Vernetzung von Produktionsmaschinen, Versorgungstechnik und Gebäude
- Energetische Vernetzung von Produktionsmaschinen (TGA) und Energierückgewinnungskonzepte

Energiesimulation in der Produktion

- Energetische Modellierung von Komponenten, Maschinen, Prozessketten, Versorgungstechnik
- Energieeffiziente und energieflexible Betriebsstrategien und Systemdesign
- Virtuelle Inbetriebnahme
- Energieeffiziente und flexible Produktionsplanungen

Energie 4.0 – Monitoring & Control

- Effiziente, sensorreduzierte Energiemessstellenkonzepte
- Energiekennzahlen- & Analysesysteme
- Condition und Process Monitoring mittels Energiedaten
- Spitzenlastmanagement und Power Quality Regelung
- Energieeffiziente und energieflexible Energieflussregelung (Maschinen, TGA, Gebäude)
- Energieprognosen und Daten- sowie Modellgestützte Betriebsoptimierungsverfahren



links:
 Messtechnik zur Identifikation von Energieverschwendung

rechts:
 Energieeffiziente Bauteilreinigung



Thermische Speichersysteme in der ETA-Fabrik

Unser Angebot an die Industrie

- Umsetzungsbegleitung von Energieeffizienzmaßnahmen an Produktionsmaschinen
- Komponentenweise Ermittlung von prozessbezogenen Energie- und Ressourcenverbräuchen durch Leistungsmessungen
- Durchführung von Potenzialanalysen zur energetischen Vernetzung
- Energetischer Benchmark von Technologievarianten zu Kälte- & Wärmebereitstellung sowie zur Speicherung von thermischer Energie
- Prädikative Abschätzung des zu erwartenden Energiebedarfs von Produktionsmaschinen und Prozessketten
- Analyse potenzieller Energieeffizienzmaßnahmen durch energetische Simulation von Maschinenkomponenten
- Entwicklung von Messstellenkonzepten zur Echtzeit-Erfassung von Energieflüssen und Auslegung von Energiekennzahlensystemen
- Entwicklung von Konzepten und Verfahren für den energieoptimierten Betrieb von Versorgungssystemen und Maschinen
- Workshops und Seminare zu Energieeffizienz in der Produktion



Weitere Informationen:
www.eta-fabrik.de

ETA-Transfer: Pilothafte Umsetzung innovativer Energieeffizienzmaßnahmen in der Industrie



Dipl.-Wirt.-Ing. Martin Beck
06151 16-20111
beck@ptw.tu-darmstadt.de

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) fördert die Forschung zur Energieeffizienzsteigerung in der Industrie. Gleichsam werden Technologien und Maßnahmen zur Umsetzung innovativer und marktverfügbarer Technologien in der Industrie im Rahmen von Zuschussförderungen unterstützt. Im Forschungsprojekt „ETA-Fabrik“ konnten zahlreiche Energieeffizienzmaßnahmen gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft im Forschungsgebäude umgesetzt und erprobt werden.

Einfache Maßnahmen, die ohne größere Expertise umgesetzt werden können, sind häufig bereits bekannt und teilweise implementiert. Die große Mehrheit der verbleibenden Potenziale erfordert ein Verständnis des Systemzusammenhangs. Entsprechende Kompetenzen sind üblicherweise nicht Bestandteil der Kernaktivitäten produzierender Unternehmen. An dieser Stelle knüpft das Projekt „ETA-Transfer“ an und zielt darauf ab, die Lücke zwischen Forschung, Entwicklung und einer breiten Umsetzung in der Industrie zu

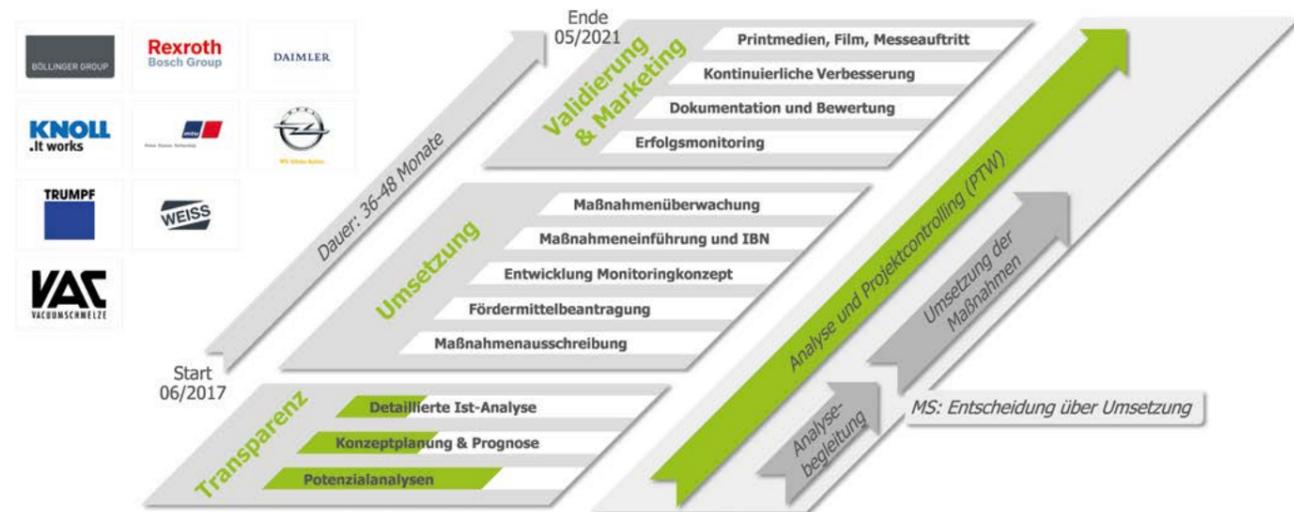
schließen. Das Projekt stellt somit auch eine ab- und ergänzende Ergänzung der Aktivitäten des PTW in Person des Kurators Prof. Dr.-Ing. E. Abele im vom BMWi initiierten Forschungsfeld „Fertigungstechnik“ des Forschungsnetzwerks Energie in Industrie und Gewerbe dar.

In einer ersten Projektphase werden derzeit im Rahmen von Vor-Ort-Workshops bei den Partnerunternehmen ausgewählte Fertigungsbereiche messtechnisch erfasst. Basierend auf diesen Messdaten sowie unternehmensspezifischen Daten werden Energieeffizienzpotenziale durch das PTW quantifiziert und ein Konzept zum Heben dieser Potenziale entwickelt. Basierend auf dieser Entscheidungsgrundlage wird daraufhin von den Projektpartnern entschieden, welche Maßnahmen in der Umsetzungsphase umgesetzt werden sollen. Der Erfolg der Maßnahmen soll anschließend über einen Zeitraum von mindestens 12 Monaten überwacht und nicht zuletzt auch durch Printmedien sowie filmische Beiträge in der Industrie verbreitet werden.



Weitere Informationen:
www.eta-fabrik.de

Zeitplan des Projekts „ETA-Transfer“



Förderträger



PHI-Factory – Flexible elektrische Fabriknetzführung zur systemübergreifenden Steigerung der Energieeffizienz unter den Anforderungen zukünftiger Verteilnetze

Angesichts des steigenden Anteils fluktuierend einspeisender Stromerzeuger ergeben sich neue Herausforderungen für eine bezahlbare und stabile Stromversorgung. Zum stabilen Betrieb der elektrischen Netze mit hoher Versorgungszuverlässigkeit und -qualität werden von den Netzbetreibern vermehrt Systemdienstleistungen angefordert. Produktionsanlagen und Industrieprozesse beinhalten ungenutzte Potenziale zur Flexibilisierung des Energieverbrauchs von Produktionsstätten. Über eine Ertüchtigung der Prozessabläufe und -anlagen können Netzdienstleistungen kosteneffizient bereitgestellt werden. Zeitgleich kann eine informationstechnisch und energetisch vernetzte Fabrik durch eine intelligente Betriebsführung die energiebezogenen Kosten am Produktionsstandort erheblich reduzieren.

Zentrales Forschungsziel des Vorhabens ist es, technische und organisatorische Lösungen zu entwickeln, mittels derer Industriebetriebe als aktives Regelement zeitgleich Energiekosten einsparen und das Stromnetz stützen können. Neben einem aktiven Lastmanagement werden

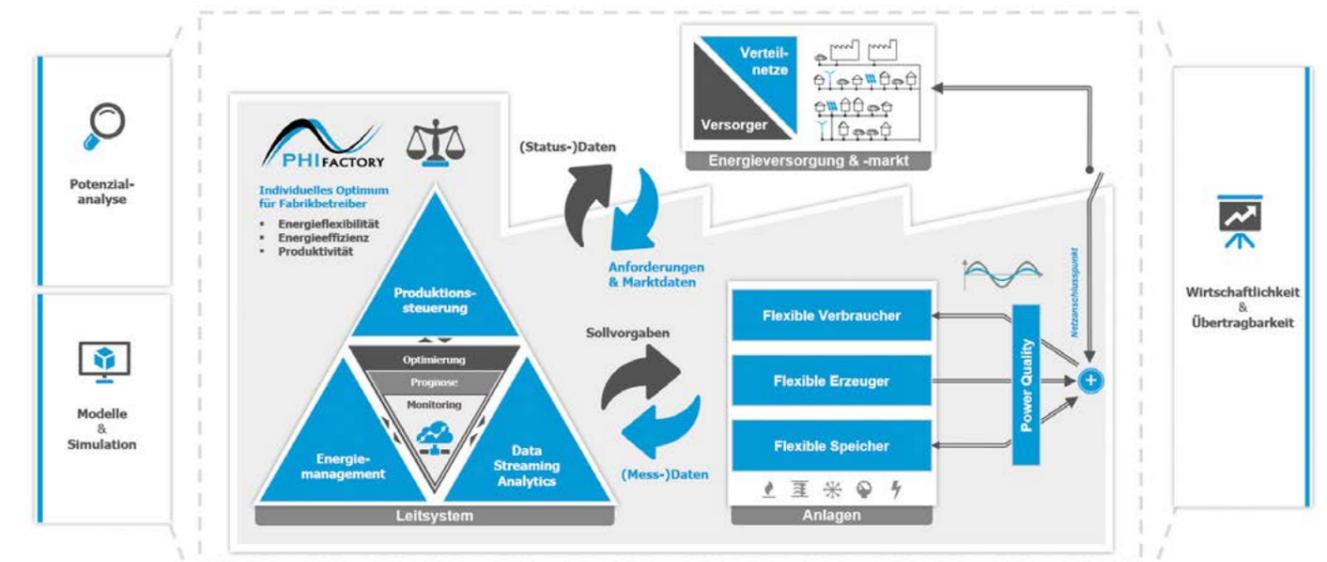
Maßnahmen zur Verbesserung der Netzqualität sowie die Integration von dezentralen Erzeugern und Speichersystemen untersucht. Eine „intelligente“ Leittechnik für Versorgungstechnik und Produktionsplanung soll dazu befähigt werden, Speicherkapazitäten ideal auszunutzen und den Fabrikenergiebedarf für volatile Energiemärkte vorausschauend zu optimieren.

Dafür werden im Projekt verschiedene Ansätze der mathematischen Optimierung und des verstärkenden Lernens mittels tiefergehender künstlicher neuronaler Netze (Stichwort Künstliche Intelligenz) genutzt. Aus über 3.000 kontinuierlich auflaufenden Messdatenpunkten, externen Wetterdaten sowie Produktionsplandaten werden zudem durch Maschinelles Lernen und statistischer Verfahren möglichst exakte Energiebedarfsprognosen entwickelt, die eine kostenoptimale Produktionsplanung und Betriebsweise der Versorgungsanlagen unterstützen. Die entwickelten Lösungen werden in der ETA Forschungsfabrik am Campus Lichtwiese der TU Darmstadt integriert und experimentell erprobt.



Niklas Panten, M. Sc.
06151 16-20845
panten@ptw.tu-darmstadt.de

Teilprojekte und Vernetzungsschema des Projektes PHI-Factory im Überblick



Weitere Informationen:
www.phi-factory.de



Prozessentwicklung und ökonomische Bewertung der automatisierten Nachbearbeitung von additiv gefertigten Dentalunikaten



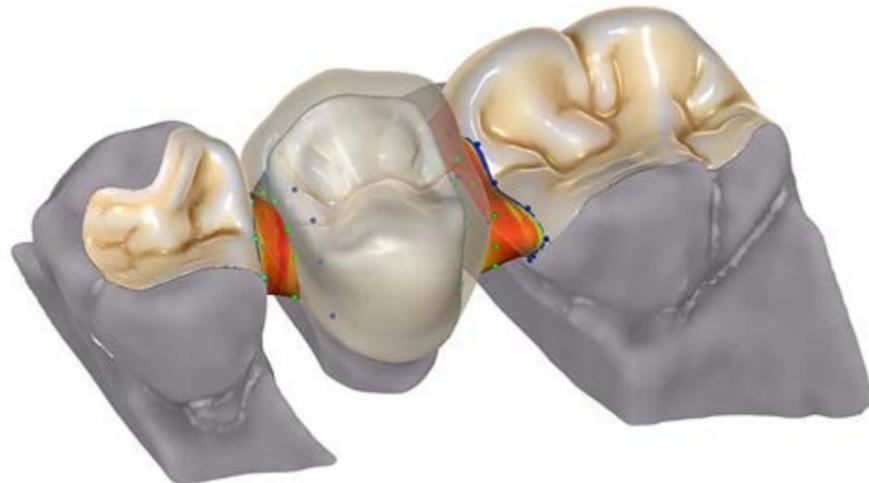
Dr.-Ing. Sören Reiner Dietz

Schriftenreihe des PTW:
Innovation Fertigungstechnik
Shaker-Verlag, Aachen
ISBN: 978-3-8440-5403-3

Im Zeitalter einer zunehmenden digitalen Vernetzung von virtuellen Arbeitsschritten und der physischen Produktion stellt die Serienfertigung von Dentalunikaten ohne technisches Fachpersonal größte Herausforderungen an die Automatisierung des Produktentstehungsprozesses in dem, patientenindividueller Zahnersatz soll in der sogenannten „digitalen dentalen Prozesskette“ hergestellt werden. Ziel der Forschung ist die bestmögliche Nachbildung der Eigenschaften eines natürlichen Zahnes. Dies ist durch den eingesetzten Werkstoff und aufgrund des Fertigungsverfahrens limitiert. Additive Fertigungsverfahren erlauben es bionische (Zahn-)Formen ohne werkzeugspezifische Geometriegrenzen zu produzieren. Die digitale dentale Prozesskette ist zudem der erste Fertigungsprozess, in dem additive Verfahren bei identischen Qualitäts- und Zeitanforderungen bezüglich der Fertigungskosten mit abtragenden Verfahren konkurrieren können. Neben den oben

genannten Vorteilen der additiven Verfahren stehen diesen Herausforderungen bezüglich der erreichbaren Präzision, den benötigten Zusatzgeometrien und der erzielbaren Oberflächenqualität gegenüber. Diese Nachteile werden heute in der Produktion von Zahnunikaten durch eine manuelle Nachbearbeitung reduziert. In dieser Arbeit wird am Beispiel von Dentalunikaten ein automatisierter frästechnischer Nachbearbeitungsprozess entwickelt und im Anschluss der Grad des Nachbearbeitungsaufwandes am Gesamtprozess identifiziert. Der erste Teil der Arbeit befasst sich mit der Entwicklung eines automatisierbaren Nachbearbeitungsprozesses von additiv gefertigten Unikaten mit minimalem Materialabtrag. Darauf aufbauend werden im zweiten Teil der Arbeit die Kosten hinsichtlich der benötigten Maschinenhauptzeit und des Werkzeugverschleißes durch Versuche quantifiziert.

Konstruktion einer Brücke



Kompetenzentwicklung im Werkzeugmanagement im Rahmen einer Lernfabrik: Entwicklung und Erprobung eines computergestützten Planspiels

Ausgangspunkt für die Forschungsarbeiten im Rahmen der Dissertation ist der identifizierte Bedarf an kompetenten Mitarbeitern, die ein effizientes und unternehmensindividuelles Werkzeugwesen für eine zerspanende Klein- und Serienfertigung gestalten können. Lernfabriken stellen hierbei eine vielversprechende Möglichkeit dar, diesen notwendigen Kompetenzerwerb effizient zu fördern. Kennzeichen von Lernfabriken ist deren Handlungsorientierung, bei der typische Problemsituationen des jeweiligen industriellen Handlungsfelds adressiert werden. Zur Abbildung realistischer Problemsituationen im Werkzeugwesen muss die Möglichkeit gegeben sein, diese zeitlich gerafft darzustellen. Diese Anforderung kann mit einem computergestützten Planspiel erfüllt werden. Aufbauend auf diesen Überlegungen wurde die folgende zentrale Forschungsfrage für die Dissertation abgeleitet: *Wie kann ein computergestütztes Planspiel in der Prozesslernfabrik CiP zur Unterstützung der Kompetenzentwicklung im Rahmen eines Lernmoduls zum „Werkzeugmanagement in der zerspanenden Klein- und Serienfertigung“ eingesetzt werden?* Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurde zunächst die anzusprechende fachlich-methodische Hauptkompetenz formuliert und durch Teilkompetenzen unterlegt, wobei auf eine empirisch erprobte Methode zum komplexen Problemlösen zurückgegriffen wurde. Dieser theoriegeleitete Ansatz erwies sich als vielversprechend. Aufbauend auf den formulierten und angestrebten Kompetenzen wurde ein zweitägiges Lernmodul auf Grundlage des curricularen Ansatzes der Prozesslernfabrik CiP entwickelt und auf die dortigen Gegebenheiten abgestimmt. Mit diesem Lehr-Lernarrangement soll ein selbstgesteuerter und handlungsorientierter Lernprozess angeregt werden. Gleichzeitig wurden mit der Konzeption des Lernmoduls die Anforderungen an das zu entwickelnde computergestützte Planspiel „OPT-WZV“ definiert.

Diese Anforderungen aufgreifend, wurden zunächst die Kernbestandteile des konzeptionellen Modells des Planspiels „OPT-WZV“ literaturbasiert konkretisiert. Insbesondere die abzubildenden Elementarfaktoren, Prozessabläufe und Steuerungsmechanismen galt es zu identifizieren. Anschließend erfolgte die konzeptionelle Modellierung des Planspiels, bei der eine zerspanende Klein- und Serienfertigung, bestehend aus Bearbeitungszentren (Abbildung), Drehmaschinen sowie einer separaten Werkzeugversorgung abgebildet wurde.



Dr.-Ing. Laura Faatz

Schriftenreihe des PTW:
Innovation Fertigungstechnik
Shaker-Verlag, Aachen
ISBN: 978-3-8440-5554-2



| WERKZEUGMASCHINENTYP
Bearbeitungszentrum (Typ 63)

- | WERKZEUGMAGAZIN
- Anzahl: 1 + Zusatzmagazin
 - Anzahl Magazinplätze gesamt: 30 | 40 | 60 | 70
 - Aufnahme: HSK-A63
 - Austauschart in Hauptspindel: automatisch
 - Austauschart in Magazin: manuell bei Maschinenstillstand | manuell hauptzeitparallel

- | WERKSTÜCKBELADUNG
- Vorrichtungen
 - manuell



| WERKZEUGMASCHINENTYP
Bearbeitungszentrum (Typ 100)

- | WERKZEUGMAGAZIN
- Anzahl: 1 + Zusatzmagazin
 - Anzahl Magazinplätze gesamt: 40 | 60 | 180
 - Aufnahme: HSK-A100
 - Austauschart in Hauptspindel: automatisch
 - Austauschart in Magazin: manuell bei Maschinenstillstand | manuell hauptzeitparallel

- | WERKSTÜCKBELADUNG
- Vorrichtungen
 - manuell

Konzeptionelle Modellierung der Bearbeitungszentren mit Hilfe eines Steckbriefs

Entscheidungshilfe zur Auswahl von Produktdatenverfolgungs-Technologien als Know-how-Schutzmaßnahmen



Dr.-Ing. Eugenia Gossen

Schriftenreihe des PTW:
Innovation Fertigungstechnik
Shaker-Verlag, Aachen
ISBN: 978-3-8440-5680-8

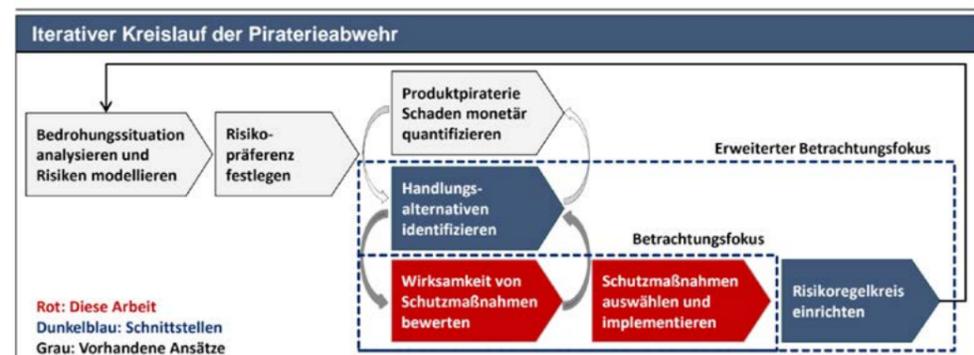
Die zunehmende Verflechtung von Wertschöpfungsnetzwerken bedeutet für produzierende Unternehmen eine erhöhte Notwendigkeit Know-how verstärkt vor ungewollter Weiterverbreitung und unrechtmäßiger Nutzung zu schützen. Neben den allgemein bekannten Plagiaten der Konsumgüterindustrie ist auch ein Großteil der deutschen Maschinen- und Anlagenbau Unternehmen von Produktpiraterie betroffen. Als Ausgangslage der vorliegenden Arbeit stand diesen Unternehmen zwar eine Vielzahl an möglichen Schutzmaßnahmen zur Verfügung, eine konkrete Unterstützung bei deren Bewertung und Auswahl für den spezifischen Einsatzfall war jedoch nicht bekannt.

Mithilfe der entwickelten Methodik sollen Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau befähigt werden, Produktdatenverfolgungs-Technologien als technische Know-how-Schutzmaßnahme auf Effektivität und Effizienz zu prüfen. Vorab un-

klare Nutzenpotenziale werden erforscht, um Unternehmen eine fundierte technische und wirtschaftliche Maßnahmenauswahl zu ermöglichen, die über vorhandene Darstellungen möglicher Maßnahmenklassen hinausgeht.

Ein zentraler Aspekt der Arbeit ist die erstmalige strukturiert methodische Untersuchung der Wirksamkeit und Einsatzgrenzen der betrachteten Technologien für den Know-how-Schutz. Um dieses Gesamtziel zu erreichen, erfolgt zunächst eine technische Vorauswahl geeigneter Alternativen. Anschließend werden vier Bewertungskriterien abgeleitet und im Rahmen von unternehmensspezifischen Anforderungsprofilen quantifiziert. Abschließend werden die Kriterien in ein multi-kriterielles Entscheidungsmodell überführt, das vorhandene Technologien systematisiert und in einer praktischen Auswahlmethodik mit Implementierungsempfehlungen mündet.

Iterativer Kreislauf der Piraterieabwehr



Shopfloor Management Systeme zur zielgerichteten, systematischen Kompetenzentwicklung in der Produktion

Produzierende Unternehmen müssen den aktuellen Trends der Produktion - u.a. Globalisierung, Dynamisierung der Produktlebenszyklen und demografischer Wandel - begegnen, um auch zukünftig wettbewerbsfähig zu bleiben. Dabei stellen insbesondere die Trends Wissensgesellschaft und demografischer Wandel besondere Herausforderungen an Unternehmen. Die aus der schlanken Produktion bekannten Shopfloor Management Systeme können diese Trends adressieren und werden bereits in vielen industriellen Produktionen eingesetzt, um Beschäftigte am Ort der Wertschöpfung zu führen. Bisherige Beschreibungen fokussieren sich auf die Unterstützung der Wertschöpfungsprozesse (durch Erkennung von Abweichungen und Problemlösung), sowie auf die Auswirkungen der Wertschöpfungsprozesse auf die Unternehmensergebnisse (Visualisierung von Kennzahlen). Jedoch fehlt es an einer Beschreibung für ein systematisches Vorgehen zur Personalentwicklung im Rahmen des Shopfloor Managements.

Um diese Lücke zu schließen, wird in dieser Arbeit ein Beschreibungsmodell von Shopfloor Management Systemen entwickelt, anhand dessen eine Methode zur systematischen Zuordnung von Problemen zur Entwicklung von Beschäftigtenkompetenzen abgeleitet werden kann. Dabei zeigt diese Arbeit, wie mithilfe der hierin entwickelten Methode im Rahmen des Shopfloor Managements Führungskräfte effektiv Probleme im Team lösen lassen können und gleichzeitig die Entwicklung der Beschäftigten unterstützen. Dabei ergänzt diese Methode Shopfloor Management Systeme um das Element der Kompetenzentwicklung von Beschäftigten und liefert damit einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung der wichtigsten Ressource im Produktionssystem - dem Mitarbeiter.



Dr.-Ing. Christian Hertle

Schriftenreihe des PTW:
Innovation Fertigungstechnik
Shaker-Verlag, Aachen
ISBN: 978-3-8440-5826-0



Entwicklung eines wissensbasierten Systems zur wirtschaftlichen und ökologischen Bewertung der MMS bei der Planung flexibler Fertigungssysteme

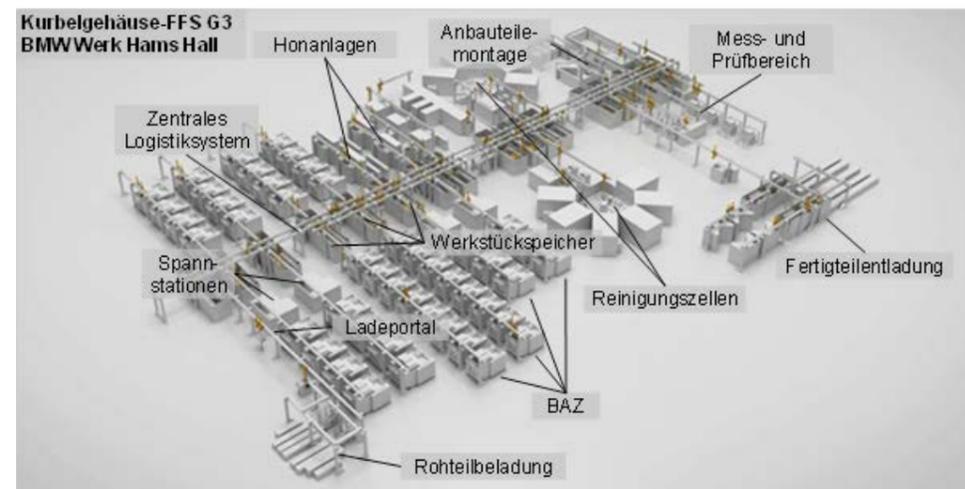
Im Dezember 2015 legte die internationale Staatengemeinschaft auf der Klimakonferenz einen Grundstein für die zukünftige weltweite Umweltpolitik. Durch die gemeinsame Verpflichtung zur Einhaltung einer festgelegten Obergrenze der Erderwärmung stellt sie sich einer der großen Herausforderungen unserer Zeit: Förderung ökologischer Nachhaltigkeit zur Abwendung der drohenden Veränderung des Weltklimas und seinen Folgen.

Diese Entwicklung schlägt sich auch in den Auftragsbüchern der deutschen Industrie nieder: Mit steigender Relevanz ökologischer Nachhaltigkeit erfahren ressourceneffiziente Produkte und Prozesse eine stetig steigende Nachfrage. Der Bereich der Metallbearbeitung bietet zahlreiche Ansätze zur Hebung von Effizienzpotenzialen. In diesem Kontext gewinnt die bereits seit Mitte der Neunzigerjahre erforschte Minimalmengenschmierung zunehmend an Bedeutung. Manager und Fabrikplaner stehen der vergleichsweise neuen Technologie allerdings skeptisch gegenüber – zu unberechenbar sind die fallspezifische Umsetzbarkeit sowie ihre ökologischen und monetären Vorteile angesichts der derzeitigen Faktenlage.

In der vorliegenden Arbeit wurde diese Problemstellung aufgegriffen. Am Beispiel der spannenden Fertigung in der Automobilindustrie wurde eine

Methode entwickelt, um den Einsatz der Minimalmengenschmierung ökologisch und wirtschaftlich zu bewerten und seine Umsetzbarkeit zu beurteilen. Der Ansatz basiert auf der strukturierten Unterteilung flexibler Fertigungssysteme in ihre Elemente und der Identifikation jener Systemelemente, die von einer Einführung der Minimalmengenschmierungstechnologie betroffen sind. Für den Einsatz in den Phasen der Fertigungssystem- und Technologieplanung ist eine Softwarelösung entwickelt worden. Sie bietet demnach eine Bandbreite an Bewertungsmöglichkeiten von einzelnen Werkstückfeatures bis hin zu kompletten Fertigungshallen. Neben den Kosten werden die vom europäischen Gemeinschaftssystem für das freiwillige Umweltmanagement empfohlenen Umweltkenngrößen für Energie, Wasser, Abfälle und Fläche herangezogen. Die Bewertung erfolgt als Differenzbetrachtung im Vergleich zu herkömmlichen Kühlschmierungsstrategien.

Die ökologischen und ökonomischen Vorteile der Minimalmengenschmierung konnten anhand einer Fallstudie für Szenarien mit gering oder nicht ausgeprägter Bestandsinfrastruktur aufgezeigt werden. Angesichts des Einflusses von Werkstückvorgaben und vorhandenen Strukturen bietet sich eine fallspezifische Betrachtung auf Basis der vorgeschlagenen Methode an.



Dr.-Ing. Josep Manuel Grebner

Schriftenreihe des PTW:
Innovation Fertigungstechnik
TUprints, Darmstadt

Flexibles Fertigungssystem der BMW Group mit automatisiertem Werkstück- und Werkzeugfluss
(Bildquelle: Felsomat GmbH & Co. KG)

Methode zur digitalen Vernetzung von Produktionsmaschinen zur Lastgangglättung im Betrieb

Im Hauptteil der Arbeit wird die Zusammensetzung des elektrischen Lastgangs von Werkzeugmaschinen analysiert und wesentliche Komponenten identifiziert, die einen Beitrag zu hohen Leistungspeaks stellen. Im Wesentlichen werden die Hauptantriebe wie Achsen und Spindeln im weiteren Verlauf der Arbeit betrachtet und Freiheitsgrade zur Glättung herausgearbeitet.

Nach der Analyse der einzelnen Komponenten wird ein Softwareframework erarbeitet und vorgestellt, welches die Lastgänge aus unterschiedlichen Maschinen sammelt und anschließend analysiert. Durch ein automatisches Eingreifen werden die Lastgänge von Werkzeugmaschinen übergreifend geglättet. Die übergreifende und hochfrequente Datenakquise ist ein wesentlicher Bestandteil und wird im Detail vorgestellt.

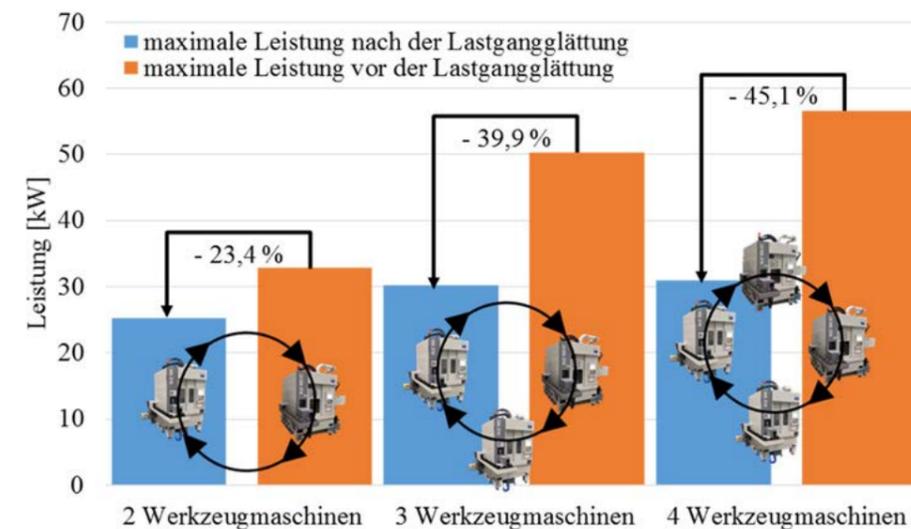
Anschließend wird ein mathematisches Konzept zur Lastgangglättung erarbeitet. Die Durchführung der Lastgangglättung in einer Modellfabrik ist abschließend dargestellt. Dabei sind maschinenübergreifende Leistungsspitzen, die durch die Hauptantriebe hervorgerufen werden, um 23,4 % reduziert.

Dazu werden die Kombinationen von vier Bearbeitungsprogrammen betrachtet, die auf zwei Werkzeugmaschinen zur Fertigung des Bauteils genutzt werden. Die theoretische Verteilung der einzelnen Bearbeitungsprogramme auf drei oder vier Werkzeugmaschinen erhöht dieses Ergebnis nochmals. Es sind Reduktionen von 39,9 % bis zu 45,1 % bei vier Werkzeugmaschinen möglich.



Dr.-Ing. Benjamin Menz

Schriftenreihe des PTW:
Innovation Fertigungstechnik
Shaker-Verlag, Aachen
ISBN: 978-3-8440-5277-0



Methode zur digitalen Vernetzung von Produktionsmaschinen mit erreichter Glättung des Lastgangs

Methode zur angepassten Erhöhung des Automatisierungsgrades hybrider, schlanker Fertigungszellen



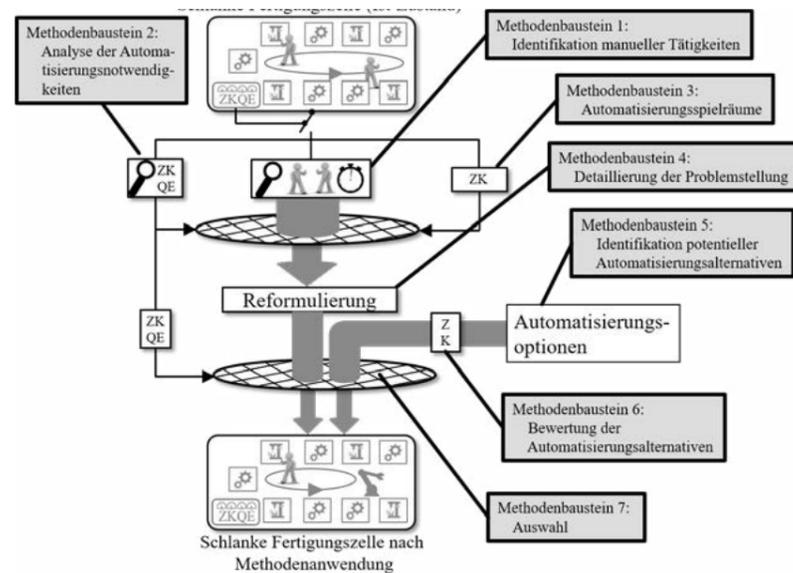
Dr.-Ing. Stefan Seifermann

Schriftenreihe des PTW:
Innovation Fertigungstechnik
Shaker-Verlag, Aachen
ISBN: 978-3-8440-5684-6

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich der Ansatz der „Schlanken Produktion“ als integratives, ganzheitliches Konzept zur Verbesserung der Produktion in den klassischen Zieldimensionen Zeit, Kosten und Qualität erwiesen. Einer der wesentlichen Grundpfeiler der Schlanken Produktion ist dabei die kontinuierliche Fließfertigung, die in der Regel durch schlanke Fertigungszellen realisiert wird. In solchen schlanken Fertigungszellen arbeiten Menschen und Maschinen hybrid zusammen. Art und Umfang der Arbeitsteilung zwischen Mensch und automatisierter Maschine hängen dabei stark vom vorherrschenden Automatisierungsgrad in der Fertigungszelle ab. Gerade in bestehenden Brownfield-Fertigungszellen stellt sich die Frage, ob der Mensch dabei nicht Tätigkeiten wahrnimmt, die automatisiert zu einem besseren Gesamtsystem führen, und - falls dem so ist - wie man zu technischen Automatisierungslösungen gelangt, die nach Kosten, Art und Umfang an die schlanke Brownfield-Umgebung angepasst sind.

Zur Beantwortung dieser Fragestellung hat der Autor einen siebenstufigen methodischen Ansatz entwickelt und auf seine Tauglichkeit überprüft. Ausgehend von der analytischen Untersuchung der manuellen Tätigkeiten, der Automatisierungsnotwendigkeiten und der Automatisierungsspielräume in der Zelle werden systematische Wege zum Finden, Bewerten und zur Auswahl von angepassten, schlanken Automatisierungslösungen aufgezeigt. Der Fokus liegt dabei auf der operationalen Anwendbarkeit der Methode, auch durch unerfahrene Nutzer. Entsprechende Unterstützung in Form von Software und Formblättern stellt der Autor ebenfalls bereit. In der empirischen Anwendung konnte die hohe Güte der Methode hinsichtlich der an sie gestellten Anforderungen nachgewiesen werden.

Bausteine der Methode zur angepassten Erhöhung des Automatisierungsgrades hybrider, schlanker Fertigungszellen



Zum Einsatz von Synchronreluktanzmotoren in Motorspindeln für Universal-Bearbeitungszentren

Die Steigerung der Energieeffizienz ist über die Werkzeugmaschine hinweg von hoher gesellschaftlicher Relevanz. Dies zeigt sich in veränderten gesetzliche Rahmenbedingungen zum Erreichen der gesteckten umweltpolitischen Ziele und zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes. Dazu gehören beispielsweise neue Effizienzklassen der IEC mit steigenden Anforderungen an die Energieeffizienz von Norm-Motoren. Diese beziehen sich im Zuge von deren vermehrtem Einsatz künftig auch auf drehzahlvariable Antriebe mit Frequenzumrichter. Das Erreichen der Anforderungen kann nicht mehr allein durch weitere Optimierungen der verbreiteten Asynchrontechnologie erreicht werden. Daher rücken neue alternative Technologien, wie die Synchronreluktanzmaschine, deren Einsatz durch den Umrichterbetrieb ermöglicht wird, seit einigen Jahren verstärkt in den Fokus von Forschung und Industrie. Dabei wird für verschiedene Anwendungen gezeigt, dass ein Gesamtsystem aus Synchronreluktanztechnologie und Frequenzumrichter deutliche Effizienzvorteile gegenüber den 4-poligen Norm-Asynchronmotoren für den unteren Drehzahlbereich bietet. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse wird mit der Arbeit das Ziel verfolgt, den Einsatzbereich von transversal laminierten Synchronreluktanzmotoren dergestalt zu erweitern, dass sie eine effiziente Alternative zur Asynchronmaschine als Direktantrieb für High-Performance-Anwendungen – wie Motorspindeln – bieten. Dabei sol-

len vor allem die geringeren Verluste im Rotor der Synchronreluktanzmaschine einen Beitrag dazu leisten, dass der anwendungsbezogene Zielkonflikt von Produktivität und Energieeffizienz für diese, auch als Herzstück der Werkzeugmaschine bezeichnete, Kernkomponente ressourcenschonend aufgelöst wird. Für das Erreichen dieses Ziels wird eine Methode zum Entwurf und der Berechnung einer geeigneten Maschine für die Anwendung entwickelt und beschrieben. Dabei wird im Zuge der Modellbildung auf die Bedeutung der Induktivitäten für den Betrieb und die Ausnutzung der Synchronreluktanzmaschine sowie deren nichtlineares Verhalten in Abhängigkeit des Betriebspunktes eingegangen.

Zur Validierung der Berechnung und Überprüfung der erwarteten positiven Eigenschaften wird ein Prototyp einer Motorspindel mit einem Synchronreluktanzmotor aufgebaut und experimentell untersucht. Für eine optimale Ausnutzung und den verlustminimalen Betrieb wird eine kennfeldbasierte Methode für den geforderten Drehzahl-Drehmoment-Bereich ermittelt und umgesetzt. Mit diesem betriebspunktabhängigen Steuerverfahren wird das System im Vergleich zu einer identischen Spindel mit Asynchronmaschine jeweils im gesamten Betriebsbereich unter Last betrachtet. Die Untersuchungen zeigen, dass eine Reihe von Vorteilen mit dem Synchronreluktanzmotor erreicht werden.



Dr.-Ing. Tilo Sielaff

Schriftenreihe des PTW:
Innovation Fertigungstechnik
Shaker-Verlag, Aachen
ISBN: 978-3-8440-5343-2



Prototyp der Motorspindel mit Synchronreluktanzmotor

Koreferate

unter Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele:

Moser, Emanuel
Migrationsplanung globaler Produktionsnetzwerke – Bestimmung robuster Migrationspfade und risiko-effizienter Wandlungsbefähiger

Faltin, Fabian
Endkonturnahme Schruppbearbeitung von Titanaluminid mittels Wasserabrasivstrahlen mit kontrollierter Schnitttiefe

Landmann, Andreas
Zur Gestaltung von Maschinenkomponenten aus Faser-Kunststoff-Verbund-Halbzeugen

Ludwig, Manuel
Bewertung von Einflussgrößen auf die Reibverhältnisse in der Blechumformung und deren Korrelation mit numerisch ermittelten Belastungsverläufen

Reinkober, Sascha
Fräsbearbeitung von Nickelbasislegierungen mit Industrierobotern

Sarnes, Julian
Methodik zur Ableitung und Auswahl heuristischer Handlungsempfehlungen in EcoDesign – Ein Lösungsansatz für die Entwicklung umweltgerechter Komponenten

Schmiedel, Christian
Numerische Prozesssimulation zur Auslegung des Druckfließlappens am Beispiel additiv gefertigter Bauteile

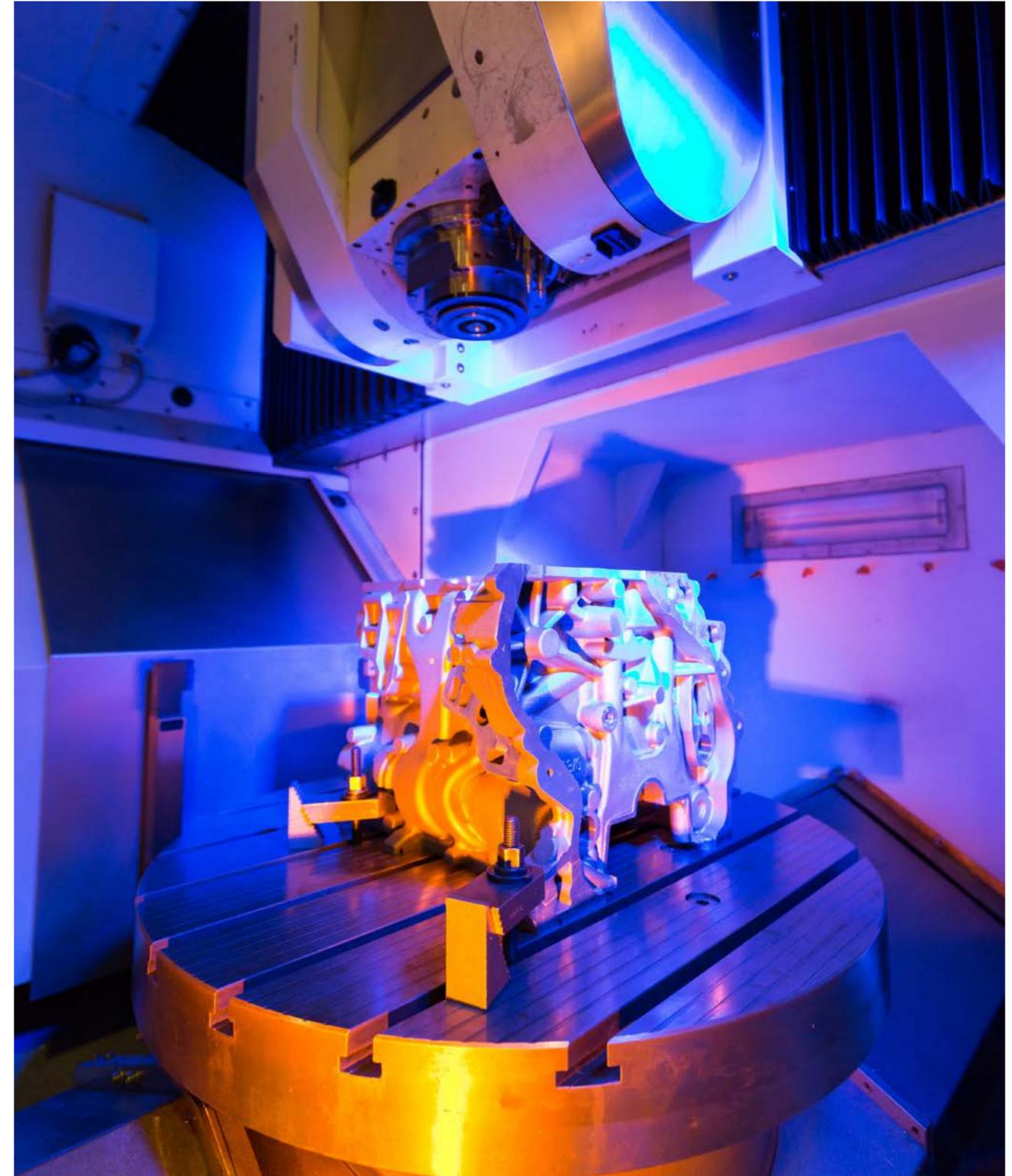
Schmitt, Wolfram
Spaltprofilieren von Blechen mit nicht-linearem Bandkantenverlauf

unter Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich:

Sandra Link
Eine Methodik zur ganzheitlichen Berücksichtigung versorgungskritischer Ressourcen in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus

Philipp Wittmann
Konzeption eines Verfahrens zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen für fähigkeitsgerechte Arbeitsplätze

Sebastian Zang
Bestimmung von Temperaturen und deren Einflüsse auf tribologische Systeme der Kaltmasivumformung



Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

Artikel

**Abele, Eberhard ; Baier, Christian ;
Tepper, Cornelia ; Bay, Stephan ;
Kuhn, Clemens :**
Bessere Qualitätsschleifen.
In: Form + Werkzeug, Carl Hanser Verlag,
München, 26 (4) pp. 62-63. ISSN 1439-667X

Abele, Eberhard ; Bretz, Andreas :
*Werkzeugverlagerung beim Reiben - Entwick-
lung sensorischer Werkzeuge zur Erkennung
von Prozessstörungen.*
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI
Verlag, Düsseldorf, 107 (1-2) pp. 21-26.
ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Chrysolouris, George ;
Sihn, Wilfried ; Metternich, Joachim ;
ElMaraghy, Hoda ; Seliger, Günther ; Sivard,
Gunilla ; ElMaraghy, Waguih ; Hummel, Vera ;
Tisch, Michael ; Seifermann, Stefan :**
*Learning Factories for Future Oriented Rese-
arch and Education in Manufacturing.*
In: CIRP Annals - Manufacturing Technology,
Published by Elsevier Ltd on behalf of CIRP,
66 (2) pp. 803-826.

**Abele, Eberhard ; Daume, Christian ;
Sielaff, Tilo :**
*Lagerungsalternativen durch Einsatz von Syn-
chronreluktanztechnologie in Motorspindeln.*
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI
Verlag, Düsseldorf, 107 (7/8) pp. 492-499.
ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Flum, Dominik ;
Strobel, Nina :**
*A Systematic Approach for Designing
Learning Environments for Energy Efficiency
in Industrial Production.*
In: Procedia Manufacturing 9, 7th Conference
on Learning Factories, Darmstadt, April 4th-5th,
2017, Elsevier B.V. pp. 9-16.

**Abele, Eberhard ; Frensch, Ann-Christin ;
Junge, Felix :**
*Energieeffizienz in der wässrigen
Bauteilreinigung.*
In: Werkstatt + Betrieb : WB, Carl Hanser Verlag,
München, 150 (10) pp. 81-83. ISSN 0043-2792

Abele, Eberhard ; Haddadian, Kaveh :
*Softwarebasierte Ermittlung der statischen
Verlagerung des Toll Center Point bei der
roboterbasierten Zerspanung.*
In: Ingenieurspiegel | Maschinenbau, Public
Verlagsgesellschaft, Bingen (3) pp. 17-19.

**Abele, Eberhard ; Haddadian, Kaveh ; Baier,
Christian ; Hähn, Felix ; Kuhn, Clemens :**
*Presswerkzeugbau: Lean Tryout | Tool &
Die Shop: Lean Tryout.*
In: Fachtagung Mechatronik 2017 Dresden,
9.-10. März 2017 pp. 191-197.

Abele, Eberhard ; Hasenfratz, Christian :
Kavitäten in Titan-Blisks produktiver fertigen.
In: Werkstatt + Betrieb : WB, Carl Hanser Verlag,
München, 150 (10) pp. 24-27. ISSN 0043-2792

**Abele, Eberhard ; Hasenfratz, Christian ;
Beltrop, Martin :**
*Spanende Fertigung von sicherheitsrelevanten
rotierenden Triebwerkskomponenten.*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb
ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (11)
pp. 806-810.

**Abele, Eberhard ; Hasenfratz, Christian ;
Bücker, Markus :**
*Modeling of Process Forces with Respect
to Technology Parameters and Tool wear in
Milling Ti6Al4V.*
In: Production Engineering : WGP, Springer
Verlag, Heidelberg, 11 (3) pp. 285-294.
ISSN 0944-6524

**Abele, Eberhard ; Hasenfratz, Christian ;
Geßner, Felix :**
*Analyse zur Anfahrstrategie beim Flankenfrä-
sen - Entwicklung eines Kennwerts zur
Bewertung von Anfahrstrategien beim Flan-
kenfräsen von TiAl6V4.*
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI
Verlag, Düsseldorf, 107 (1-2) pp. 2-7.
ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Hasenfratz, Christian ;
Praetzas, Christopher ; Schüler, Guido ;
Stark, Christian ; Kannwischer, Markus :**
*Schrupppräsbearbeitung von
Verdichterscheiben.*
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI
Verlag, Düsseldorf, 107 (9) pp. 674-680.
ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Hasenfratz, Christian ;
Praetzas, Christopher ; Stark, Christian ;
Kannwischer, Markus ; Wichlas, Nick :**
*Process Design for Rough Machining of
Ti6Al4V Integral Components.*
In: Procedia Manufacturing - 17th Machining
Innovations Conference for Aerospace Industry,
Published by Elsevier B.V., 14 pp. 118-127.

**Abele, Eberhard ; Heep, Thomas ;
Feßler, Philipp :**
*Laseradditiv gefertigter Drehhalter für die
prozesssichere CO₂-Schneestrahlkühlung -
Einsatzverhalten von beschichtetem Hartmetall
beim Drehen von Vermicularguss.*
In: Diamond Business, diamond business KG,
Eltmann (60) pp. 66-73. ISSN 1619-5558

Abele, Eberhard ; Lautenschläger, Nils :
*Untersuchung des Einflusses der
Nebenschneiden auf den Reibprozess.*
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI
Verlag, Düsseldorf, 107 (1/2) pp. 27-33.
ISSN 1436-4980

Abele, Eberhard ; Praetzas, Christopher :
*Schneidstoffabhängige Standzeitanalyse bei
Beeinflussung der Prozessstemperatur.*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb:
ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (5)
305-309. ISSN 0947-0085

**Bauer, Dennis ; Abele, Eberhard ;
Ahrens, Raphael ; Bauernhansl, Thomas ;
Fridgen, Gilbert ; Jarke, Matthias ;
Keller, Fabian ; Keller, Robert ; Pullmann,
Jaroslav ; Reiners, René ; Reinhart, Gunther;
Schel, Daniel ; Schöpf, Michael ; Schraml,
Philipp ; Simon, Peter :**
*Flexible IT-Plattform to Synchronize Energy
Demands with Volatile Markets.*
In: The 50th CIRP Conference on Manufacturing
Systems, Elsevier B.V., 63 pp. 318-323.

**Bauerdick, Christoph ; Helfert, Mark ; Menz,
Benjamin ; Abele, Eberhard :**
*A Common Software Framework for Energy
Data Based Monitoring and Controlling for
Machine Power Peak Reduction and Workpiece
Quality Improvements.*
In: The 24th CIRP Conference on Life Cycle Engi-
neering, Kamakura, Japan, March, 8th-10th, 2017,
Elsevier B.V., 61 pp. 359-364.

**Bölling, Christian ; Hacker, Michael ;
Abele, Eberhard :**
*Pulvermetallurgische Stahlliegierungen
für Ventilsitze.*
In: Werkstatt + Betrieb : WB, Carl Hanser Verlag,
München, 150 (5) pp. 31-34. ISSN 0043-2792

**Bölling, Christian ; Kuhne, Milla ;
Abele, Eberhard :**
*Modeling of Process Forces with Consideration
of Tool Wear for Machining of Sintered
Steel Alloy for Application to Valve Seat in a
Combustion Engine.*
In: Production Engineering : WGP, Springer Ver-
lag, Heidelberg, 11 (4-5) pp. 477-485.
ISSN 0944-6524

**Enke, Judith ; Glass, Rupert ;
Metternich, Joachim :**
*Introducing a Maturity Model for
Learning Factories.*
In: Procedia Manufacturing 9, 7th Conference
on Learning Factories, Darmstadt, April 4th-5th,
2017, Published by Elsevier B.V., 9 pp. 1-8.

**Enke, Judith ; Kaiser, Joscha ;
Metternich, Joachim :**
Die Lernfabrik als Export-Erfolg.
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb:
ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (10) pp.
644-647. ISSN 0947-0085

**Enke, Judith ; Meister, Maximilian ;
Metternich, Joachim ; Genne, Michael ;
Justus, Brosche :**
*Der Weg zur Lean Quality 4.0 | Weiterent-
wicklung der Qualitätsinstrumente schlanker
Produktionssysteme durch Industrie 4.0.*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb:
ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (9)
pp. 612-615. ISSN 0947-0085

**Hambach, Jens ; Kümmel, Kilian ;
Metternich, Joachim :**
*Development of a Digital Continuous
Improvement System for Production.*
In: The 50th CIRP Conference on Manufacturing
Systems, Session F-2: Smart technologies for
manufacturing, Smart Factories, Taichung,
China, May 4th, 2017, 63 pp. 330-335.

**Hambach, Jens ; Müller, Lea ;
Metternich, Joachim :**
*Evaluation of Coaching Success for the
Continuous Improvement Process - How to
Distinguish a Good Leader in CI?*
In: Procedia Manufacturing 9, 7th Conference
on Learning Factories, Darmstadt, April 4th-5th,
2017, Elsevier B.V. pp. 331-338.

**Hambach, Jens ; Reiß, Julia ; Tenberg, Ralf ;
Tisch, Michael ; Metternich, Joachim :**
*Lernkonzepte für eine wandlungsfähige
Produktion.*
In: Journal of Technical Education (JOTED), 5 (1)
pp. 100-132. ISSN 2198-0306

Heep, Thomas ; Abele, Eberhard :
*Additiv gefertigtes Drehhaltersystem - Einfluss
der Zuführstrategie von kryogener Kühlung
mit CO₂-Schnee auf die thermomechanische
Schneidstoffbelastung.*
In: wt Werkstattstechnik online: wt, Springer
VDI Verlag, Düsseldorf, 107 (6) pp. 420-425.
ISSN 1436-4980

Hertle, Christian ; Hambach, Jens ; Meißner, Alyssa ; Rossmann, Sven ; Metternich, Joachim ; Rieger, Jürgen : *Digitales Shopfloor Management - Neue Impulse für die Verbesserung der Werkstatt.*
In: PRODUCTIVITY Management, GITO Verlag, Berlin, 22 (1) pp. 59-61. ISSN 1868-8519

Metternich, Joachim ; Rieger, Jürgen : *Digitales Shopfloor Management - Neue Impulse für die Verbesserung der Werkstatt.*
In: PRODUCTIVITY Management, GITO Verlag, Berlin, 22 (1) pp. 59-61. ISSN 1868-8519

Hertle, Christian ; Tisch, Michael ; Metternich, Joachim ; Abele, Eberhard : *Das Darmstädter Shopfloor-Management-Modell.*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (3) pp. 118-120. ISSN 0947-0085

Junge, Felix ; Abele, Eberhard ; Vogel, Florian: *Qualification of Aqueous Part Cleaning Machines for the Use of Waste Heat in Industrial Production Companies.*
In: The 24th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Kamakura, Japan, March, 8th–10th, 2017, Elsevier B.V., 61 pp. 570-575.

Kaiser, Joscha ; Meister, Maximilian ; Metternich, Joachim ; Herbert, Thorben : *Entwicklung einer flussorientierten Fertigungssteuerung für die variantenreiche Fertigung im mittelständischen Anlagenbau.*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (12) pp. 831-834. ISSN 0947-0085

Meinhard, Adrian ; Güth, Sebastian : *Ein Werkzeugbenchmark zum gratminimalen Bohren.*
In: MaschinenMarkt : MM, Vogel Verlag, Würzburg, Ausgabe 24 pp. 28-32. ISSN 0341-5775

Meister, Maximilian ; Metternich, Joachim ; Batz, Svenja : *Reifegradmodell für den systematischen Problemlösungsprozess.*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (12) pp. 848-851. ISSN 0947-0085

Meißner, Alyssa ; Glass, Rupert ; Gebauer, Christopher ; Stürmer, Sandra ; Metternich, Joachim : *Hindernisse der Industrie 4.0 - Umdenken notwendig?*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (9) pp. 607-611. ISSN 0947-0085

Metternich, Joachim ; Müller, Marvin ; Meudt, Tobias ; Schaede, Carsten : *Lean 4.0 – zwischen Widerspruch und Vision.*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (5) pp. 346-348. ISSN 0947-0085

Meudt, Tobias ; Kaiser, Joscha ; Metternich, Joachim ; Spiekermann, Sven : *Wertstrommodellierung und -simulation im Zeichen von Digitalisierung und Industrie 4.0.*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (12) pp. 865-868. ISSN 0947-0085

Meudt, Tobias ; Metternich, Joachim ; Abele, Eberhard : *Value Stream Mapping 4.0: Holistic Examination of Value Stream and Information Logistics in Production.*
In: CIRP Annals - Manufacturing Technology, Published by Elsevier Ltd on behalf of CIRP, 66 (1) pp. 413-416. ISSN 0007-8506

Moog, Daniel ; Weber, Thomas ; Flum, Dominik ; Strobel, Nina ; Schraml, Philipp ; Abele, Eberhard ; Valerie, Scharmer M. ; Popp, Richard S.-H. ; Schulz, Julia ; Zäh, Michael F. : *Energieflexibilitätspotenziale in der Produktionsinfrastruktur.*
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 112 (12) pp. 852-856. ISSN 0947-0085

Müller, Marvin ; Schiffbänker, Paul ; Albers, Albert ; Braun, Andreas ; Bursac, Nikola : *Efficient Application of MBSE using Reference Models: A PGE Case Study.*
In: 21st International Conference on Engineering Design (ICED17), Vancouver, Canada, August 21st–25th, 2017, 3 pp. 271-280.

Oechsner, Matthias ; Siebers, Marius ; Scheerer, Herbert ; Andersohn, Georg ; Abele, Eberhard ; Heep, Thomas : *Drehen von Vermicularguss unter kryogener Kühlung - Untersuchungen zum Einfluss der Prozesskühlung auf Werkstoff- und Spanbildungseigenschaften.*
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 107 (1-2) pp. 14-20. ISSN 1436-4980

Panten, Niklas ; Abele, Eberhard : *Prädiktive Energieflussregelung von Versorgungssystemen.*
In: Industrie Management, GITO Verlag, Berlin, 34 (1) pp. 19-23. ISSN 1434-1980

Schaede, Carsten ; Metternich, Joachim ; Fassel, Max : *Automatisierte Generierung von CNC-Programmen für die Fertigung individualisierter Produktvarianten.*
In: Ingenieurspiegel | Maschinenbau, Public Verlagsgesellschaft, Bingen (3) pp. 34-37.

Schaupp, Eva ; Abele, Eberhard ; Metternich, Joachim : *Potentials of Digitalization in Tool Management.*
In: The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Published by Elsevier B.V, 63 pp. 144-149.

Schaupp, Eva ; Metternich, Joachim : *Ziele erkennen, rational handeln. Werkzeugvielfalt, Kostenreduktion, Praxistrends.*
In: Werkstatt + Betrieb : WB, Carl Hanser Verlag, München, 150 (4) pp. 66-70. ISSN 0043-2792

Tisch, Michael ; Laudemann, Heiko ; Kreß, Antonio ; Metternich, Joachim : *Utility-based Configuration of Learning Factories Using a Multidimensional, Multiple-choice Knapsack Problem.*
In: Procedia Manufacturing 9, 7th Conference on Learning Factories, Darmstadt, April 4th–5th, 2017, Elsevier B.V. pp. 25-32.

Tisch, Michael ; Metternich, Joachim : *Potentials and Limits of Learning Factories in Research, Innovation Transfer, Education, and Training.*
In: Procedia Manufacturing 9, 7th Conference on Learning Factories, Darmstadt, April 4th–5th, 2017, Elsevier B.V. pp. 89-96.

Volz, Marcel ; Abele, Eberhard ; Donig, Fabian : *Simulationsmodell zur Temperaturbestimmung beim Bohren.*
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 107 (10) pp. 761-766. ISSN 1436-4980

Wiech, Michael ; Böllhoff, Jörg ; Metternich, Joachim : *Development of an Optical Object Detection Solution for Defect Prevention in a Learning Factory.*
In: Procedia Manufacturing 9, 7th Conference on Learning Factories, Darmstadt, April 4th–5th, 2017 pp. 190-197.

Ziegenbein, Amina ; Metternich, Joachim ; Schaupp, Eva : *Herausforderungen im Werkzeugmanagement der spanenden Verarbeitung.*
In: Ingenieurspiegel | Maschinenbau, Public Verlagsgesellschaft, Bingen, 2017 (3) pp. 64-66.

Reports

Meudt, Tobias ; Pohl, Malte ; Metternich, Joachim : *Modelle und Strategien zur Einführung des Computer Integrated Manufacturing (CIM)*
Ein Literaturüberblick.

Meudt, Tobias ; Wonnemann, Andreas ; Metternich, Joachim : *Produktionsplanung und -steuerung (PPS)*
Ein Überblick der Literatur der unterschiedlichen Einteilung von PPS-Konzepten.

Meudt, Tobias ; Pohl, Malte ; Metternich, Joachim : *Die Automatisierungspyramide*
Ein Literaturüberblick.

Seifermann, Stefan : *Automatisierungstechnik*
Ein Überblick.

Abele, Eberhard ; Bauerdick, Christoph ; Schebek, Liselotte ; Kannengießer, Jan ; Campitelli, Alessio ; Fischer, Julia ; Anderl, Reiner ; Haag, Sebastian ; Sauer, Alexander ; Mandel, Jörg ; Lucke, Dominik ; Bogdanov, Ivan ; Nuffer, Anne-Kathrin ; Steinhilper, Rolf ; Böhner, Johannes ; Lothes, Gerald ; Schock, Christoph ; Zühlke, Detlef ; Plociennik, Christiane ; Bergweiler, Simon : *Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0-Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes.*
VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE)

Abele, Eberhard ; Sellmer, Dirk : *MAPAL Technologie Report 07 | Feinbearbeitung von Funktionsflächen in Graugusswerkstoffen.*
MAPAL Präzisionswerkzeuge
Dr. Kress KG, Aalen

Konferenz- oder Workshop-Beitrag

Kaiser, Joscha ; Friedrich, A. ;
Metternich, Joachim

Technische Universität Darmstadt, Institute
of Production Management, Technology
and Machine Tools, Darmstadt, Germany,
Technische Universität Darmstadt, Chair of
Management and Logistics, Darmstadt,
Germany (eds.):

*A Planning Approach for the Implementation
of Lean In-House Transport Systems in Brown-
field Plants.*

In: 3rd Interdisciplinary Conference on Produc-
tion, Logistics and Traffic (ICPLT), September
25th–26th 2017, Darmstadt.

Seifermann, Stefan ; Abele, Eberhard ;
Bauernhansl, Thomas ; Brecher, Christian ;
Franke, Jörg ; Herrmann, Christoph ;
Putz, Matthias ; Reinhart, Gunther ;
Thiede, Sebastian ; Zaeh, Michael :
*Energy Flexibility in Manufacturing: The
Kopernikus-Project SynErgie.*

In: CIRP 2017 General Assembly, STC-A Meeting,
Lugano, Switzerland, August 20th–26th 2017.

Jokovic, Benjamin ; Nischwitz, Dominik ;
Hertle, Christian ; König, Christina :
*Entwicklung und Implementierung von
arbeitsintegrierten Kompetenzentwicklungs-
maßnahmen in produzierenden Unternehmen.*

In: 63. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswis-
senschaft, 15.–17. Februar 2017, Brugg, Schweiz

Abele, Eberhard ; Kniepkamp, Michael ;
Thomas, Heep :

*Additiv gefertigte Zerspanungswerkzeuge -
Herstellungsprozess und Einsatzverhalten.*

In: DGM Werkstoffwoche, Produktionstechnische
Aspekte im Umfeld der Additiven Fertigung,
27.–28. September 2017, Dresden.

Abele, Eberhard ; Metternich, Joachim :
*Learning Factories: 6 Theses for Future
Development.*

In: 7th Conference on Learning Factories,
Darmstadt, April 4th–5th, 2017.

Bauerdick, Christoph :
*Smart Factories: Best Practice Case
Studies in EU.*

In: Innovative Low Carbon Technology Work-
shop, Seoul, Korea, December 1st, 2017.

Bretz, Andreas :

*The Energy Transition and its Consequences
for Production Processes.*

In: 1st Sino-German Forum of Manufacturing
SGFM, May 22nd–25th, Nanjing, Taicang, China.

Bölling, Christian :

*Control of Uncertainty in High Precision
Machining of Valve Guide and Seat in a
Combustion Engine.*

In: 1st Sino-German Forum of Manufacturing
SGFM, May 22nd–25th, Nanjing, Taicang, China.

Enke, Judith ; Glass, Rupert ;

Metternich, Joachim :

*Introducing a Maturity Model for Learning
Factories.*

In: 7th Conference on Learning Factories,
Darmstadt, April 4th–5th, 2017.

Enke, Judith ; Tisch, Michael ;

Metternich, Joachim :

*A Guide to Develop Competency-Oriented Lean
Learning Factories Systematically.*

In: ELEC 2016 - 3rd European LEAN EDUCATOR
Conference, Buckingham, Great Britain.

Flum, Dominik :

*Creation of Energy Transparency within
the EU Project Twin-Control.*

In: 14th Powertrain Manufacturing Conference,
Darmstadt, November 21st–22nd, 2017.

Flum, Dominik :

*Die ETA-Fabrik - Eine energieeffiziente
Modellfabrik für die Zukunft.*

In: KEFF Innovation Forum Energieeffizienz,
Villingen-Schwenningen, 2. Mai 2017.

Grosch, Thomas ; Turan, Emrah :

From Band Edge Milling to Rail Machining.

In: Manufacturing Integrated Design – Final
Colloquium CRC 666. Darmstadt,
February 21st, 2017

Hambach, Jens ; Müller, Lea ;

Metternich, Joachim :

*Evaluation of Coaching Success for the
Continuous Improvement Process – How to
Distinguish a Good Leader in CI?*

In: 7th Conference on Learning Factories,
Darmstadt, April 4th–5th, 2017.

Hasenfratz, Christian :

*Process Design for Rough Machining of
Ti6Al4V Integral Components.*

In: 17th Machining Innovations Conference for
Aerospace Industry, Garbsen, December
6th–7th, 2017.

Heep, Thomas :

*Additively Manufactured Turning Tool
Solution for the Application of Cryogenic
CO₂-Cooling.*

In: 14th Powertrain Manufacturing Conference,
Darmstadt, November 21st–22nd, 2017.

Junge, Felix ; Helfert, Mark ; Abele, Eberhard ;
Vogel, Florian :

*Increase in Energy Efficiency of Industrial
Production Processes through Thermal
Crosslinking of Cutting-Machine Tools and
Cleaning Machines by Heat-Pump Technology.*

In: Proceedings of 12th IEA Heat Pump Conference,
Rotterdam, May 29th, 2017.

Mandel, Christian ; Jiménez-Sáez, Alejandro ;
Polat, Ersin ; Schüßler, Martin ; Kubina,
Bernd ; Scherer, Timo ; Lautenschläger, Nils ;
Jakoby, Rolf :

*Dielectric ring resonators as chipless
temperature sensors for wireless machine
tool monitoring.*

In: Antennas and Propagation (EUCAP), 2017
11th European Conference on.

Meinhard, Adrian :

*Entwicklungen im Bereich des gratminimalen
Bohrens mit Vollhartmetallbohrern -
ein Werkzeugbenchmark.*

In: 5. Fachtagung Entgrattechnologien und Präzi-
sionsoberflächen, Nürtingen 21. Februar 2017.

Meißner, Alyssa ; Hertle, Christian ;

Metternich, Joachim ; Jokovic, Benjamin :
*Problem Solving Circles as Work-Integrated
Learning Opportunity.*

In: European Lean Educator Conference,
Nijmegen, Niederlande, November 9th, 2017.

Metternich, Joachim :

*Competency Development and Learning Facto-
ries: Some Theses for Future Development.*

In: CIRP General Assembly, STC-Dn, Lugano,
Schweiz, 23. August 2017.

Metternich, Joachim :

*Einleitendes Statement Wirtschaft 4.0
in Hessen.*

In: Öffentliche Anhörung im Landtag zur Digita-
lisierung in Hessen, Wiesbaden, 16. August 2017.

Metternich, Joachim :

*Value Stream Mapping 4.0: Holistic Examina-
tion of Value Stream and Information Logistics
in Production.*

In: CIRP General Assembly, STC-O, 23. August
2017, Lugano, Schweiz.

Metternich, Joachim :

*Lean 4.0 – Widerspruch oder geniale
Ergänzung?*

In: Lean-Konferenz Frankfurt, IHK Frankfurt am
Main, 21. Februar 2017.

Metternich, Joachim :

*Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0
Darmstadt.*

In: Unternehmer-Forum Vogelsberg über den
digitalen Wandel, Lauterbach, 28. März 2017.

Metternich, Joachim :

*Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0
Darmstadt | Hilfestellung und Lernfabrik.*

In: IHK-Fachtagung „Hands on Ind. 4.0“, Wetzlar,
Rittal Arena, 20. Februar 2017.

Metternich, Joachim :

Lean 4.0 – between Dogma and Pragmatism.

In: Mahle European Manufacturing Days,
Stuttgart, 3. Mai 2017.

Metternich, Joachim :

*Lean 4.0 – Chancen und Grenzen einer
digitalen Vision.*

In: Management Forum Perfect Production,
Lohr, 25. Oktober 2017.

Metternich, Joachim :

*Lean 4.0 – Chance und Grenzen einer
digitalen Vision.*

In: Staufen Best Practice Day, Darmstadt,
4. Juli 2017.

Metternich, Joachim :

*Lean 4.0 – Widerspruch oder geniale
Ergänzung?*

In: 9. MAV Innovationsforum, 22. März 2017,
Böblingen.

Metternich, Joachim :

*Industrie 4.0 – Wie gelingt dem Mittelstand
der Einstieg?*

In: Wirtschaftsförderung – Arbeitskreis der Wirt-
schaftsförderer im hessischen Städtetag, Rodgau,
9. November 2017.

Metternich, Joachim :

*Learning Factories: 6 Theses for Future
Development.*

In: 7th Conference on Learning Factories,
Darmstadt, April 4th–5th, 2017.

Metternich, Joachim :

*Learning Factories: A European Perspective for
Qualification and Research in Manufacturing
Excellence.*

In: Workshop FUTURING European Industry,
Brüssel, Belgien, 13. Juni 2017.

Metternich, Joachim :
Wertstromanalyse in der Zugbereitstellung – Potentiale für mehr Fluss und Pünktlichkeit.
In: Eisenbahntechnisches Kolloquium, Darmstadt, 20. April 2017.

Metternich, Joachim ; Tenberg, Ralf :
Competency Development – A Discussion from Two Perspectives.
In: 7th Conference on Learning Factories, Darmstadt, April 4th–5th, 2017.

Michael, Wiech ; Böllhoff, Jörg ; Metternich, Joachim :
Development of an Optical Object Detection Solution for Defect Prevention in a Learning Factory.
In: 7th Conference on Learning Factories, Darmstadt, April 4th–5th, 2017.

Praetzas, Christopher :
Hybrid Machining Strategy for High-Performance Milling of Difficult-To-Cut Materials.
In: WGP-SYMPOSIUM: Production For Tomorrow, Hannover, 21. September 2017.

Seifermann, Stefan ;
Ein Jahr Kopernikus-Projekt SynErgie.
In: Gesamtprojektsitzung Kopernikus-Projekt ENavi, Berlin, 23. November 2017.

Tisch, Michael ; Laudemann, Heiko ; Kreß, Antonio ; Metternich, Joachim :
Utility-based Configuration of Learning Factories using a Multidimensional, Multiple-choice Knapsack Problem.
In: 7th Conference on Learning Factories, Darmstadt, April 4th–5th, 2017.

Tisch, Michael ; Metternich, Joachim :
Potentials and Limits of Learning Factories in Research, Innovation Transfer, Education, and Training.
In: 7th Conference on Learning Factories, Darmstadt, April 4th–5th, 2017.

Wank, Andreas :
Competency Center 4.0 Darmstadt – Support for Digital Manufacturing in SMEs.
In: 1st Sino-German Forum of Manufacturing SGFM, May 22nd–25th, Nanjing, Taicang, China.

Buch

Abele, Eberhard ; Metternich, Joachim (eds.) :
Proceedings of the 14th Powertrain Manufacturing Conference – Powertrain Manufacturing – Change Drives Progress, Darmstadt, November 21st–22nd, 2017, p 290.

Abele, Eberhard ; Boltze, Manfred ; Pfohl, Hans-Christian (eds.), :
Dynamic and Seamless Integration of Production, Logistics and Traffic: Fundamentals of Interdisciplinary Decision Support.
Springer International Publishing, p. 207. ISBN 978-3-319-41095-1

Buchkapitel

Metternich, Joachim ; Hertle, Christian ; Tisch, Michael ; Jokovic, Benjamin ; König, Christina ; Bruder, Ralph ; Weber, Claudia ; Tenberg, Ralf ; Ardelt, Thomas Ahrens, Daniela ; Molzberger, Gabriele (eds.) :
Betriebliche Kompetenzentwicklungsansätze zur Weiterentwicklung fachlich-methodischer und sozial-kommunikativer Kompetenzen in produktionsnahen Bereichen.
In: Kompetenzentwicklung in analogen und digitalisierten Arbeitswelten: Gestaltung sozialer, organisationaler und technologischer Innovationen. Springer, pp. 73-87. ISBN 978-3-662-54955-1

Abele, Eberhard ; Boltze, Manfred ; Pfohl, Hans-Christian ; Abele, Eberhard ; Boltze, Manfred ; Pfohl, Hans-Christian (eds.) :
Interdisciplinary Research in Production, Logistics and Traffic: Introduction to Dynamo PLV and Overview of the Book.
In: Dynamic and Seamless Integration of Production, Logistics and Traffic: Fundamentals of Interdisciplinary Decision Support. Springer International Publishing, pp. 1-9. ISBN 978-3-319-41095-1

Abele, Eberhard ; Heep, Thomas Biermann, Dirk (ed.) :
Kapitel: 1.6 Feinbearbeitung von Vermicularguss bei Einsatz eines additiv gefertigten Drehhalters für die Prozesskühlung mit CO₂-Schnee.
In: Spanende Fertigung, 7. Ausgabe. Vulkan Verlag, Essen, pp. 48-56. ISBN 978-3-8027-2989-8

Abele, Eberhard ; Hoßfeld, Alexander ; Schmidt, Sebastian (PTW) ; Turan, Emrah Groche, Peter ; Bruder, Enrico ; Gramlich, Sebastian (eds.) :
Chapter 9: The Result: A New Design Paradigm / 9.2.1 Facade Cleaning System.
In: Manufacturing Integrated Design – Sheet Metal Product and Process Innovation. Springer International Publishing, pp. 309-320. ISBN 978-3-319-52376-7

Abele, Eberhard ; Schraml, Philipp ; Verl, Alexander (ed.) :
Kapitel: 2.2, 3.2, 5.3, 7.3.
In: Abschlussbericht FOR 1088 ECOMATION. Fortschritt-Berichte VDI (695). Düsseldorf : VDI Verlag, pp. 19-29, 58-69, 104-109, 150-152 ISBN 978-3-18-369502-7

Abele, Eberhard ; Schmidt, Sebastian (PTW) ; Turan, Emrah ; Groche, Peter ; Bruder, Enrico ; Gramlich, Sebastian (eds.) :
Chapter 3: New Technologies: From Basic Ideas to Mature Technologies / 3.2.2 Cutting Technologies.
In: Manufacturing Integrated Design – Sheet Metal Product and Process Innovation. Springer International Publishing, pp. 56-78. ISBN 978-3-319-52376-7

Abele, Eberhard ; Schmidt, Sebastian (PTW) ; Turan, Emrah ; Groche, Peter ; Bruder, Enrico ; Gramlich, Sebastian (eds.) :
Chapter 3: New Technologies: From Basic Ideas to Mature Technologies / 3.2.5 Process Control.
In: Manufacturing Integrated Design – Sheet Metal Product and Process Innovation. Springer International Publishing, pp. 87-92. ISBN 978-3-319-52376-7

Kniepkamp, Michael ; Beermann, Mara ; Abele, Eberhard ; Schmitt, Robert ; Schuh, Günther (eds.) :
Selective Laser Melting of Ti6Al4V using Powder Particle Diameters less than 10 Microns.
In: 7. WGP-Jahreskongress, Aachen, 5.–6. Oktober 2017, Apprimus Wissenschaftsverlag; Aachen. pp. 137-146. ISBN 978-3-86359-555-5

Metternich, Joachim ; Adolph, Siri ; Hambach, Jens ; Hertle, Christian ; Meudt, Tobias ; Wank, Andreas ; Lucks, Kai (ed.) :
Lean 4.0: Durch Digitalisierung die nächste Stufe der Exzellenz erreichen – der Darmstädter Ansatz.
In: Praxishandbuch Industrie 4.0. Schäffer-Poeschel Verlag, pp. 193-216. ISBN 978-3-7910-3851-3

Rößler, Markus Philipp ; Wiegel, Felix ; Abele, Eberhard ; Metternich, Joachim Abele, Eberhard ; Boltze, Manfred ; Pfohl, Hans-Christian (eds.) :
Simulation-Based Assessment of Lean Production Methods: Approaches to Increase Volume and Variant Flexibility.
In: Dynamic and Seamless Integration of Production, Logistics and Traffic: Fundamentals of Interdisciplinary Decision Support. Springer International Publishing, pp. 83-104. ISBN 978-3-319-41095-1

Schaupp, Eva ; Grosch, Thomas ; Abele, Eberhard ; Metternich, Joachim Reinhart, Gunther (ed.) :
2.4: Das intelligente Werkzeug.
In: Handbuch Industrie 4.0, Carl Hanser Verlag, München, pp. 334-340. ISBN 978-3-446-44642-7

Seifermann, Stefan ; Böllhoff, Jörg ; Adolph, Siri ; Abele, Eberhard ; Metternich, Joachim Abele, Eberhard ; Boltze, Manfred ; Pfohl, Hans-Christian (eds.) :
Flexible Design of Lean Production Systems in Response to Fluctuations Due to Logistics and Traffic.
In: Dynamic and Seamless Integration of Production, Logistics and Traffic: Fundamentals of Interdisciplinary Decision Support. Springer International Publishing, pp. 51-82. ISBN 978-3-319-41095-1

Wank, Andreas ; Paul, Patrick ; Metternich, Joachim :
Decision Model for Technical Value-Stream Integration of Active Component Traceability.
In: 24th International Conference on Production Research (ICPR), 30. Juli–3. August 2017 Posnan, Poland. DEStech Transactions on Engineering and Technology Research, pp. 645-651. ISBN 978-1-60595-507-0

PTWissenswert

**Ausgabe Nr. 49, Juli
Ausgabe Nr. 50, Dezember**

unter: www.ptwissenswert.de können Sie unsere Newsletter downloaden.



Unsere 50 Jubiläumsausgabe der PTWissenswert im Dezember 2017

Mitarbeit in Gremien

acatech-Themennetzwerk
Produktentwicklung und Produktion
» *Botschafter für TU Darmstadt*
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

CIRP
» *Fellow*
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
» *Research Affiliate*
Dr.-Ing. Stefan Seifermann

Indo-German Science & Technology Centre
» *Member of Governing Body*
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

Technische Universität Darmstadt
» *Mitglied Wissenschaftsrat*
» *Botschafter acatech*
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

VDW-Arbeitskreis 5
» *Werkzeugmaschinenkonstruktion*
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
» *Kurator Forschungsfeld Energieeffizienz in
Industrie und Gewerbe*
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

Wissenschaftliche Gesellschaft für
Produktionstechnik (WGP)
» *Präsident*
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

Verein der Freunde des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen e.V.

Im Jahre **1978** wurde der Verein
der Freunde des PTW gegründet.

Der Verein bringt ehemalige und aktive Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PTW, aber auch befreundete Industrieunternehmen zusammen, um die wissenschaftliche Arbeit des Instituts zu unterstützen. Dies geschieht in einem offenen Dialog zwischen Industrie und Hochschule, in dem Ideen für Weiterentwicklungen und auch gemeinsame Projekte entstehen.

Der Verein engagiert sich unter anderem in Form von finanzieller und technischer Unterstützung des PTW zur Verbesserung der Institutsausstattung und Erweiterung der Forschungsmöglichkeiten sowie der Finanzierung und Durchführung von verschiedensten Veranstaltungen. Die verfolgten Ziele des Vereins sind durchweg gemeinnütziger Natur.

Die Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin oder Mitarbeiter an einem Hochschulinstitut ist eine der interessantesten und sicher auch eine der prägendsten Phasen im Berufsleben. Über einen begrenzten Zeitraum von mehreren Jahren widmet man sich gemeinsam mit einem überschaubaren Kreis von Kolleginnen und Kollegen, die einen ähnlichen Hintergrund haben, wissenschaftlichen Fragestellungen. Wir wünschen uns, dass dieser persönliche Kontakt sich auch im Berufsleben fortsetzt und eine Quelle unbürokratischen Wissensaustausches darstellt.

Durch inzwischen regelmäßige Treffen hat der Verein insbesondere die letzten 10 Jahre einen erheblichen Mitgliederzuwachs erhalten. Über 90 % aller promovierten PTW-Absolvierenden wurden die letzten Jahre Mitglieder im VdF.

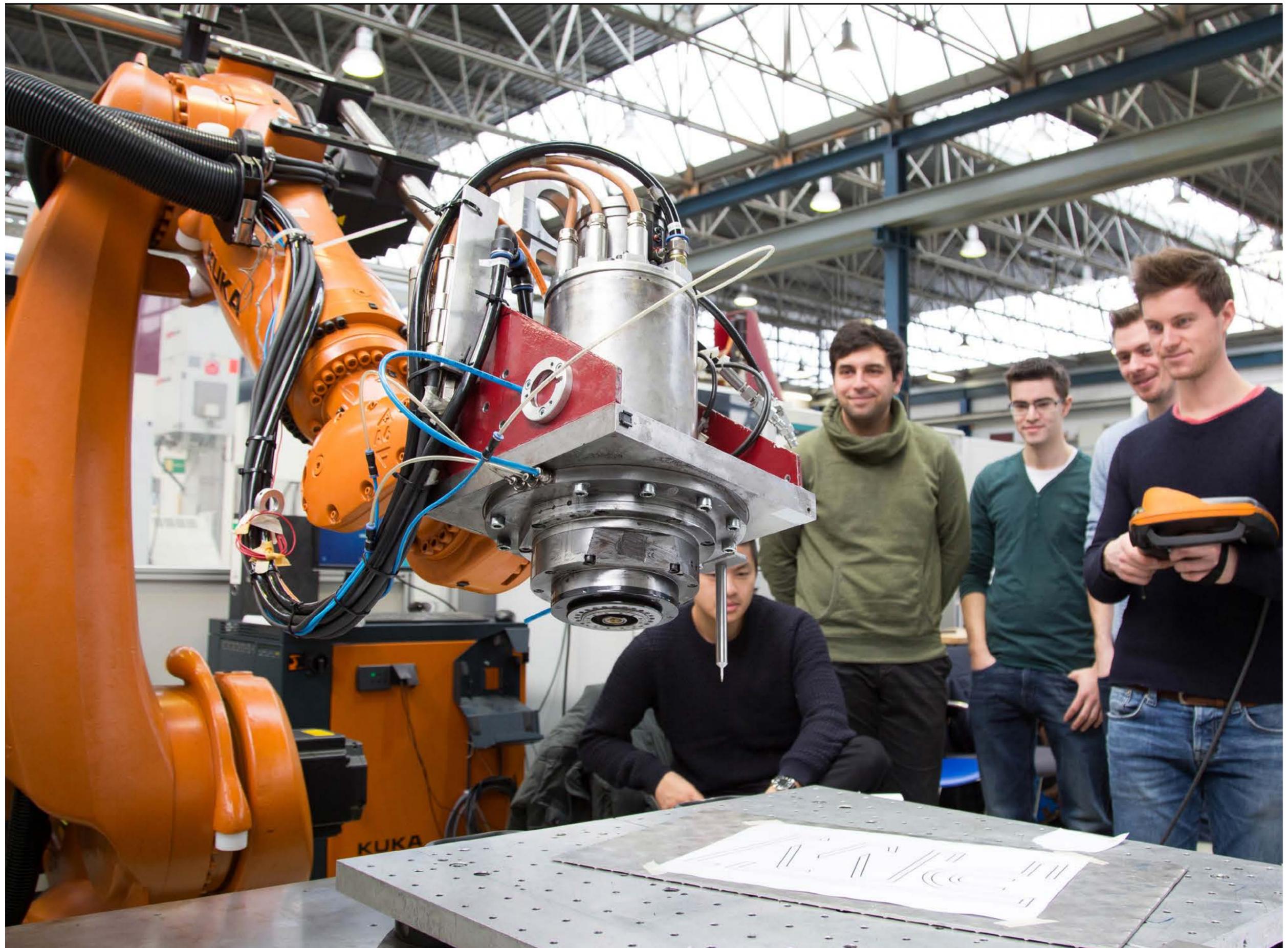
Werden auch Sie Mitglied in dem Verein der Freunde des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen e.V.

„Wissenschaft ist eine Sammlung klarer
Begriffe aus vielen lebhaften Erfahrungen über eine Sache.“

J.J. Heins



Jochen Schledt
06151 16-20083
schledt@ptw.tu-darmstadt.de



Studierende des 6. Semesters verbessern die Interpolations-Algorithmen an einem Industrieroboter am PTW

Vorlesungen

Titel	Inhalte	Dozent
Technologie der Fertigungsverfahren 6 CPs	Methoden und Ziele der Fertigungstechnik: Grundlagen der Fertigungsverfahren Urformen, Umformen, Trennen, Abtragen und Fügen; Anwendungsbeispiele, Grundlagen Fabrikbetrieb	Prof. E. Abele Prof. P. Groche
Werkzeugmaschinen und Industrieroboter 8 CPs	Zerspanungstheorie, Zerspanungspraxis, Auslegung von modernen Werkzeugmaschinen, Werkzeugmaschinenkomponenten, Produktionskonzepte, Grundlagen Industrieroboter	Prof. E. Abele
Automatisierung der Fertigung 4 CPs	Automatisierung in der Fertigungstechnik, Industrieroboter in der Fertigung, Verkettung von Fertigungssystemen	Prof. E. Abele
Management industrieller Produktion 4 CPs	Abläufe und Organisationsstrukturen in Industrieunternehmen. Schwerpunkt: Technische Unternehmensbereiche, Forschung und Entwicklung, Arbeitsvorbereitung, Produktionsdurchführung	Prof. E. Abele Prof. J. Metternich
Betriebswirtschaft für Ingenieure 4 CPs	Einführung in betriebswirtschaftliche Zusammenhänge. Ablauf und Methoden in kaufmännischen Unternehmensbereichen: Rechnungswesen, Personalwesen, Einkauf, Vertrieb	Dr. V. Schultz Prof. J. Metternich
Qualitätsmanagement – Erfolg durch Business Excellence 4 CPs	Aufgaben des Qualitätsmanagements, Qualität im Produktlebenszyklus, Prüfdatenerfassung und Messtechnik sowie Qualitätskosten, Wirtschaftlichkeit und rechtliche Aspekte	Dr. R. J. Ahlers
Vernetzte Produktionsentstehungsprozesse 6 CPs	Grundlagen des Produktentstehungsprozesses und strategische Orientierung, Kreativitätstechniken und Bewertungsmethoden, Analytische Verfahren zur Zielkostenbewertung und Regression, Qualitätstechniken, Best Practice Industriebeispiele	Prof. J. Metternich Prof. R. Anderl
Technologie und Management im Werkzeug- und Formenbau 4 CPs	Fertigungsverfahren für den Werkzeug- und Formenbau. Technologiemanagement und Organisation des Formenbaus	Dr. A. Daniel Prof. E. Abele
Lean Production 6 CPs	Lean Production explains in a demonstrative and practical way lean production systems, the concept of value orientation and waste, standardisation and stability, just-in-time and pull-systems, lean quality, value stream management, continuous improvement and lean logistics as well as total productive maintenance and lean leadership	Prof. J. Metternich
Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion 4 CPs	Grundlagen sowie aktuelle Erkenntnisse zur Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Industrie	Prof. E. Abele

Neue Vorlesung am PTW

Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion

Seit dem Wintersemester 2017/18 wird das Vorlesungsangebot des PTW um die Vorlesung „Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion“ ergänzt. Die Vorlesung vereint die Grundlagen sowie die in zahlreichen Forschungsprojekten gewonnenen Erkenntnisse im Bereich der industriellen Energieeffizienz und Energieflexibilität. Neben den eigentlichen Vorlesungen fanden zur besseren Wissensvermittlung Praxisübungen zu einzelnen Themengebieten in der ETA-Fabrik statt.

Zusätzlich hat Herr Helmrich von der IHK Darmstadt das Thema aus Sicht der Industrie beleuchtet. Die Resonanz der Studierenden war durchweg positiv. So wurde die Vorlesung im Rahmen einer TU-seitigen Evaluation durchschnittlich mit der Note 1,7 bewertet. Hierbei wurden insbesondere die interessanten und lehrreichen Praxisteile in der ETA-Fabrik hervorgehoben.

- Energieeffizienz & Energieflexibilität in der Produktion
 - Praxisübung in der ETA-Fabrik
- Grundlagen und Erkenntnisse direkt aus der Forschung
 - Externe Gastvorträge



FORSCHUNG | LERNFABRIK | NETZWERK | TRANSFER

Verschiedene Demonstratoren erleichtern das Verständnis komplexer Zusammenhänge. Dargestellt: Die Energieeffiziente Bauteilreinigung



Arbeiten von Studierenden

Studienarbeiten

Baier, Philipp

Weiterentwicklung der KVP-Werkstätten zur Low-Cost-Automatisierung im Industrie 4.0-Kontext

Barth, Jannik

Entwicklung einer Methode zur Analyse von Informationsflüssen in der Auftragsabwicklung kundenindividueller Produkte

Batz, Svenja

Entwicklung und Erprobung eines Reifegradmodells für systematische Problemlösungsprozesse

Burak, Yilmaz

Definition und Beschreibung geeigneter Kennzahlensysteme zur Bewertung der Energieeffizienz im Bereich industrieller wässriger Bauteilreinigung

Dacres, Michelle

Entwicklung eines analytischen Reifegradmodells zur ganzheitlichen Bewertung von Produktionssystemen in der Fertigung am Beispiel von Fahrzeugmontagen

Diederich, Carsten

Industrie 4.0 im Werkzeugmanagement: Simulative Nutzenbewertung eines intelligenten Werkzeugkreislaufs

Ditz, Marco

Identifikation und Analyse des Fehlerpotenzials manueller Tätigkeiten beim Werkzeug- und Spannmittelwechsel an spanenden Werkzeugmaschinen

Eckert, Jonas

Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Einsatzszenarien additiver Fertigungsverfahren in Kombination mit dezentralen Produktionssteuerungskonzepten

Fassel, Max

Einsatz von Produktkonfiguratoren in der Arbeitsvorbereitung der spanenden Fertigung

Flashaar-Bloedorn

Entwicklung einer Methode zur Gegenüberstellung von Lean Production und Industrie 4.0 am Beispiel Kanban und Milkrun

Freidel, Benedikt

Entwicklung einer Methode zur Bewertung von dezentralen Planungs- und Steuerungssystemen in der Produktion

Friedrich, Anne

Entwicklung eines Konzepts für den innerbetrieblichen Transport eines Logistiksystems nach Prinzipien der schlanken Produktion

Gebauer, Christopher

Industrie 4.0 im Mittelstand - Ermittlung von Digitalisierungsbedarfen im Rahmen einer quantitativen Studie

Grigore, Michael

Entwicklung eines Vorgehensmodells zur strategischen Ausrichtung und Implementierung von Industrie 4.0 Technologien in der Produktion von KMU

Han, Song

Modellierung und Parametrisierung eines Industrieroboters

Hegger, Jan

Systematisierung und Bewertung der Einsatzpotentiale heuristischer Optimierungsmodelle im innerbetrieblichen Transport

Hermann, Alexander

Entwicklung eines Modells zur Evaluierung der Digitalisierung von Shopfloor Management

Kaufmann, Carsten

Marktpotential von digitalem Shopfloor Management

Kirchner, Sebastian

Evaluierung von Energieeffizienzmaßnahmen an Anlagen der wässrigen Bauteilreinigung auf Grundlage thermodynamischer Bilanzierung

Klaes, Paul-Jonas

Validierung eines Reifegradmodells für Lernfabriken

Knobloch, Eszter

Übersicht über Trends und Best Practice Beispiele für innerbetriebliche Milkrunsysteme

Kutscheid, Lukas

Entwicklung und Bewertung von Lean Automation Konzepten für die Rennermontagelinie direktgesteuerte Schaltventile der Nenngröße 6

Lenz, Pascal

Systematisches Erfassen von Kompetenzen in produzierenden Unternehmen – Entwicklung eines Leitfadens zur Kompetenzanalyse

Licht, Julian

Entwicklung von Netz- und Anlagenmodellen zur Simulation von vernetzten Energieflüssen in industriellen Versorgungssystemen

Marchlewitz, Johannes

Analyse und Bewertung von Kombinationsmöglichkeiten wertschöpfender und logistischer Tätigkeiten in Milkrunsystemen

Mewes, Charlotte

Anforderungen des Shopfloor-Managements in einer Industrie 4.0 Umgebung an Cloud Computing und Big Data Analysen sowie eine ganzheitliche Darstellung der Anforderungen durch die Wertstromanalyse 4.0

Modrack, Fabian

Technologischer und wirtschaftlicher Vergleich von trennenden Bearbeitungsverfahren

Pairott, Marcel

Entwicklung einer Methode zur Potentialanalyse des Wertstroms für die Bewertung des Einsatzes additiver Fertigungsverfahren und dezentraler Steuerungskonzepte

Peters, Marian

Entwicklung und Validierung einer Methode zur Wirkungsanalyse von Kompetenzzentren mit dem Schwerpunkt Digitalisierung von KMU

Resch, Tilman

Entwicklung und Gestaltung einer digitalen Applikation zum Problemmanagement im Shopfloor Management

Roeder, Patric

Entwicklung einer Methode zur Ableitung eines individuellen Materialflusskonzeptes für kleine und mittelständische Unternehmen - Exemplarische Umsetzung innerhalb eines Medizintechnik-Herstellers

Samide, Lino Marius

Führungsinformationssysteme der digitalen Fabrik - Entwicklung eines optimalen Dashboards als Entscheidungsgrundlage

Scheb, Felix

Konzeptentwicklung eines Condition Monitoring Systems für die Lernfabrik

Schoner, Manuel

Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur gezielten Gestaltung bzw. Innovation von Geschäftsmodellen im Kontext der Industrie 4.0 für kleine und mittlere Unternehmen

Schönitz, Marcel

Technologischer und wirtschaftlicher Vergleich trennender Bearbeitungsverfahren

Stridde, Bastian

Entwicklung und Implementierung eines Demonstrators zur Korrektur der Roboterabdrängungen bei der spanenden Bearbeitung

Stähle, Justus

Modellierung und Anwendung eines Entscheidungsmodells zur wertstromübergreifenden Technologieauswahl von Autoidentifikationstechnologien im Kontext Industrie 4.0

Stürmer, Sandra

Erfassung und Strukturierung von Widerständen gegenüber Industrie 4.0

Qureshi, Hamza

Entwicklung eines methodischen Geschäftsmodellinnovationsprozesses am Beispiel von Digitalisierungsansätzen im Kontext der Industrie 4.0

Zimmermann, Johannes

Entwicklung eines Kategorisierungssystems für Probleme von Lean Produktion zum zielgerichteten Einsatz von Elementen der Digitalisierung im Zuge von Industrie 4.0

Bachelorarbeiten

Abali, Emre

Modellierung der Temperaturverteilung beim Drehen

Ackermann, Ralf

Gegenüberstellung des Einsatzverhaltens unterschiedlicher Gewindebohrwerkzeuge auf Basis experimenteller Untersuchungen

Aign, Franziska

Konzeption eines Wälzlagerverschleißprüfstand

Bendriss, Abdelali

Entwicklung eines Vorgehens zur Bewertung von Lieferanten im Bereich Infotainment in Bezug auf das Qualitätsmanagement

Bentz, Daniel

Weiterentwicklung eines Reifegradmodells für Lernfabriken

Bienefeld, Christoph

Analyse des Käfigbewegungsverhaltens von Wälzlagern mittels Lasersensorik

Borst, Fabian

Konzept zur Integration mobiler Wärmespeicher in Produktionssysteme mit verschiedenen Wärmequellen und -senken

Brahem, Zied

Entwicklung eines Simulationsmodells zur Untersuchung der dynamischen Eigenschaften eines passiv-gedämpften Spannfeeders

Brombacher, Daniel

Nutzenbewertung des Einsatzes von Smart-glasses in der Instandhaltung und Entwicklung eines Anwendungsleitfadens

Brunn, Marc

Marketingkonzept zur zusammenhängenden, videogestützten Darstellung der Workshop-Angebote des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums

Donnelly, Julia

Experimentelle Untersuchung zum Entgraten von Kreuzbohrungen auf Werkzeugmaschinen mit Kugelkopfräsern

Fehn, Patrick

Optimierte geregelte Einspeiseeinrichtung für Antriebsverbände in Werkzeugmaschinen

Forst, Benjamin

Entwicklung einer mechanischen Spann- und Löseeinheit für ein alternatives HSK Spannsystem

Garkusha, Pawel

Prozessüberwachungsmethoden und deren Anwendung mittels sensorintegriertem Spannfutter

Harbig, Jana

Entwicklung eines Modells zur Maximierung der Aufbauraten beim selektiven Laserschmelzen

Hartinger, Lukas

Entwicklung eines Modells zur vergleichenden Lernerfolgsmessung im digitalen kontinuierlichen Verbesserungsprozess

Hebgen, Niclas

Erstellung eines Modells zur Darstellung und Analyse des Werkzeugkreislaufs

Hees, Leon

Identifikation von Potenzialen spanender Bearbeitungsschritte in der Herstellung von elektrischen Antriebskomponenten beim PKW

Hergenröder, Simon

Simulative Untersuchung zum dynamischen Verhalten von HSK-Werkzeugspannsystemen während der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

Hoppmann, Katja

Optimierung von Prozessparametern für das μ SLM Verfahren zur Verbesserung der erzielbaren Oberflächenqualitäten

Kandemir, Burak

Agile Fräswerkzeugentwicklung zur Zerspanung von schwer zerspanbaren Werkstoffen

Koch, Yanik

Entwicklung einer Methodik zur Nachgiebigkeitskompensation bei Fräsprozessen

Krasowski, Hanna

Simulative Untersuchung zur optimierten Speisung von Hauptspindeltrieben mittels Sinusausgangfiltern

Kraus, Peter

Entwicklung einer Schulung zum Thema energieeffiziente elektrische Antriebe

Kreitner, Tim

Development of a process data analysis for the economical production of safety-critical aerospace components

Kurzschinkel, David

Entwicklung einer Schulung zum Thema energieeffiziente elektrische Antriebe

Lehmann, Martin

Modellentwicklung zur Analyse und Berechnung der mechanischen Belastungen unterschiedlicher Bohrwerkzeuge

Löw, Robin

Optimierung des dynamischen Betriebsverhaltens eines Prüfstandsrotors

Magin, Jonathan

Analyse und Nutzung des Energieflexibilisierungspotenzials einer Werkzeugmaschine

Marks, Thomas

Entwicklung einer Schulung zum Thema energieeffiziente elektrische Antriebe

Maza de la Prieto, Inigo

Potential analysis and predesign of an additive manufactured floating bearing bushing for motor spindle drives

Menz, Fabian

Untersuchung der Porositätseigenschaften an mittels Selektivem Laserschmelzen hergestellten dünnwandigen röhrenförmigen Elementen aus der Edelstahllegierung 316L

Metz, Maximilian

Praktische Überprüfung eines sensorischen Werkzeugspannfutters

Meyer, Maximilian

Strukturdynamische Untersuchungen zur Analyse des dynamischen Verhaltens von Tellerfederspannern in Motorspindeln

Mudersbach, Marian

Eignungsprüfung von Bohrwerkzeugen für die Titanzerspannung unter Variation der Schnittparameter

Nagel, Lukas

Entwicklung eines didaktischen Konzepts zur aktiven Bauteiltraceability im Rahmen des „Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Darmstadt“

Quernheim, Niklas

Entwicklung einer mechanischen Spann- und Löseeinheit für ein alternatives HSK Spannsystem

Rettenmaier Franz

Untersuchung des stabilen und instabilen Käfigverhaltens von Kugellagern durch Frequenzbereichsbetrachtung

Reintke, Maximilian

Gestaltung und Implementierung einer unternehmensspezifischen Lernfabrik für einen Applikationsspezialisten

Röth, Julia

Studie zu Zielen des Shopfloor Managements

Sauer, Marcel

Assembly, programming and start-up of a moveable clamping system for sheet metal profiles

Stickl, Bastian

Konzeption einer Vorrichtung zur definierten Krafteinleitung in rotierende Wellen

Tüzün, Said Nuri

Untersuchung von Trocknungsstrategien für die wässrige Bauteilreinigung im Niedertemperaturbereich

Ulrich, Thomas

Identifikation von Konstruktionsmerkmalen von Mehrschneidenreibahlen zur Vermeidung von lateralen Pendelschwingungen

Masterarbeiten

Ahlers, Stefan

Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur systematischen Einordnung von Problemen und Verbesserungszielen im Produktionsprozess

Akin, Mahir

Entwicklung einer Methode zur Identifikation von Einsatzmöglichkeiten digitaler Kommunikationstechnologie zur Unterstützung des Mitarbeiters entlang des Wertstroms

Ali, Fares Gamal

Experimentelle und analytische Untersuchung des Auszugverhaltens von Schaftfräsern aus Spannfütern mit unterschiedlichen Klemmechanismen

Andras, Daniel

Unterstützung eines Spannkonzpts zur 6-Seiten Bearbeitung von additiv gefertigten Bauteilen

Arnold, Peter

Methodisch unterstützte Zielformulierung aktiver Bauteilrückverfolgung in der Produktion

Bartl, Mark

Entwicklung eines Modells zur energetischen und wirtschaftlichen Bewertung der effizienten Abfuhr von Maschinenabwärme innerhalb und außerhalb eines Produktionsgebäudes

Bayer, Christian

Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Smart Devices hinsichtlich Ihrer Einsatztauglichkeit in unterschiedlichen industriellen Produktionsumgebungen

Beier, Sebastian

Prozessplanung und -auslegung einer Sequenzfertigungslinie bei kleiner Variantenvielfalt

Beltróp, Martin

Entwicklung einer Prozessdatenanalyse zur wirtschaftlichen Fertigung von sicherheitskritischen Luftfahrtkomponenten

Bickert, Christian

Experimentelle Untersuchung und Neugestaltung von bestehenden Düsenkonzepten für kryogene Kühlstrategien

Böing, Tobias

Entwicklung eines Konzepts zur Nutzung von Potenzialen der Industrie 4.0 für systematische Problemlösungsprozesse

Brinkhus, Henning

Systematisierung und Bewertung der Einsatzpotentiale elektronischer Kanban zur Steigerung der Effizienz in verbrauchsgesteuerten Produktionssystemen für komplexe Wertströme

Brönnner, Matthias

Erstellung eines Konzeptes zur Integration elektrobetriebener Fahrzeuge in die Montagelinie dieselbetriebener Fahrzeuge in der Nutzfahrzeugindustrie

Brosche, Justus

Umsetzung von Prozessqualität durch Lean Quality und Industrie 4.0 im Wertstrom der Prozesslernfabrik CiP

Bub, Jannis

Entwicklung eines hybriden Laderschaufelkonzepts – Zukunftsorientierter Einsatz innovativer Fertigungstechnologien und Leichtbaumaterialien unter Berücksichtigung spezifischer Marktanforderungen

Budde, Jasper

Entwicklung und Anwendung einer Methodik zur nutzenorientierten Implementierung aktiver Bauteiltraceability am Beispiel einer Zylinderfertigung

Büscher, Felix

Lean im Werkzeugmaschinenbau - Bestandsaufnahme und Ermittlung von Weiterentwicklungspotentialen der Schlanken Produktion im Werkzeugmaschinenbau

Cankurt, Ali

Untersuchung der Eignung von Industrie 4.0 Lösungen in der „Schlanken Instandhaltung“

Claßen, Hendrik

Konzeption und Erarbeitung eines strukturierten Lösungskataloges zur Einfachautomatisierung

Coskun, Ramazan

Technologischer und wirtschaftlicher Vergleich trennender Bearbeitungsverfahren

Daubenmerkl, Martin

Automatisierte Bauteil-Positionserkennung mittels Industrieroboter

El Kassem, Raafat

Entwicklung eines Demonstrators für vorausschauende Maschinenzustandsprognose an der Fräse in der Lernfabrik CiP

Frey, Diana

Simulation-based Energy and Media Requirements Assessment of Production Machines in Mechanical Manufacturing

Friedmann, Marco

Leitfaden für die „Smartification“ technischer Produkte am Beispiel eines mechatronischen Greifers

Friedrich, Thomas

Die Relevanz einzelner Key Performance Indicators im Shopfloor Management, deren digitale Bereitstellung durch die IT-Unternehmensinfrastruktur und die Eignung der Wertstromanalyse 4.0 als Gestaltungs- sowie Evaluierungsmethodik

Gao, Ye

Funktionsorientiertes Modell zur Return-on-Investment Rechnung für das digitale Shopfloor Management im Rahmen der Industrie 4.0

Geiermann, Jan Paul

Entwicklung und Validierung eines Versuchstandes zur Ermittlung des Einsatzgebietes eines Dichtungssystems für eine kryogene Drehdurchführung

Goetz, Nicolas

Entwicklung und Validierung einer Methode zur Untersuchung des Know-How-Schutzes in der Produktion am Praxisbeispiel des Hochtechnologieunternehmens Trumpf GmbH + Co. KG

Grau, Philip

Entwicklung und Implementierung einer optimierten Bearbeitungsstrategie zur Herstellung von tiefen Kavitäten

Grieco, Christian

Modellbasierte Analyse von Produktionssystemoptimierungs- und Darstellungsverfahren

Hafer, Simon

Modellgestützte Analyse thermischer Energiewandler zur Lastflexibilisierung im Produktionsprozess

Häußer, Gerwin

Problemanalyse und Entwicklung eines Lösungskonzepts bei Zu- und Abführungsvorgängen von Warmwasserspeichern an den Emaillieranlagen von Bosch Thermotechnik

Herbert, Thorben

Entwicklung einer flussorientierten Fertigungssteuerung und Intralogistik für die variantenreiche Produktion im mittelständischen Anlagenbau

Hieronymus, Aljoscha

Simulative Analyse des Materialflusses und Instandhaltung am Autoklav und Erarbeitung eines Optimierungskonzepts mit Bewertung

Huang, Yiming

Analyse und energetische Bewertung der Prozessschritte „Oberfläche reinigen“ und „Profile richten“ für die Hubgerüstfertigung für Flurförderzeuge

Jansen, Philipp

Gestaltung und Umsetzung variantenreicher Montagelinien für die Ventilterfertigung bei der Ross Europa GmbH

Joswig, Marcus

Entwicklung einer Bewertungsmethodik für Energieflexibilität in der industriellen Fertigung

Judel, Ozan

Entwicklung des Intralogistikkonzepts für eine Lernfabrik unter Berücksichtigung von Prinzipien der schlanken Produktion und Industrie 4.0

Keitz von, Pascal

Entwicklung und Implementierung eines genetischen Algorithmus zur Ermittlung der optimalen Prozessparameter bei der Zirkonzerspannung

Kirchhoff, David

Untersuchung und Bewertung geeigneter Big Data Methoden zur Früherkennung von Prozessabweichungen in komplexen Produktionslinien

Knochenhauer, Xenia

Wertstromanalyse 4.0: Eine Geschäftsmodell-Analyse zur Weiterentwicklung der Methode für mobile Anwendungen

Kohl, Verena

Potenzialanalyse eine MES-Einführung in der Fertigung direktgesteuerter Hydraulikventile

Köppl, Julian

Design for Lean - Entwicklung einer Methode zur Unterstützung der Produktentwicklung bei der Verschlankeung von Fertigungs-, Montage- und Instandhaltungsprozessen

Krautkrämer, Lars

Entwicklung einer Methode zur Kosten-Nutzen-Analyse vorausschauender Instandhaltung in der Fertigung

Kusminov, Artjom

Entwicklung einer ganzheitlichen Methode zur Geschäftsmodellinnovation in KMU auf Basis von Industrie 4.0

Kutzen, Michael

Wertstrommanagement für die Montage komplexer Produkte bei hoher Variantenvielfalt und mit geringen Stückzahlen am Beispiel einer mittelständischen Produktion

Link, Martin

Entwicklung einer hybriden Fertigungsmaschine für die multimateriale Bearbeitung

Liu, Ying

Entwicklung eines verbrauchsgesteuerten Systems zur Auslegung von Kanban-Kreisläufen in Echtzeit in der Prozesslernfabrik CiP

May, Alexander

Geschäftsmodellbasierter, mitarbeitergetriebener Verbesserungsprozess in direkten und indirekten Bereichen im Panelbau bei Ross Europa

Minius, Mark

Konzeptentwurf von Spannungsmöglichkeiten für die hybride Fertigung

Moog, Felix

Erweiterung eines Software Frameworks zur Beurteilung der Belastungen an Komponenten von Werkzeugmaschinen durch statistische Methoden und Machine Learning

Muralha Schweikert Farinha, Marcelo Joao

Entwicklung und Validierung eines Kennzahlensystems zur Bewertung und Optimierung der Energieeffizienz sowie Energieflexibilität von Karosseriebauprozessen und -anlagen

Negash, Simon

Prädiktive Betriebsführung von thermisch versorgten Versorgungssystemen in der Industrie

Öktem, Yasar

Identifikation notwendiger Daten als Bestandteil der Verwaltungsschale aus Sicht der schlanken Produktion

Otto, Patrick

Leitfaden für die kundenindividuelle Fertigung durch parametrische Programmierung von CAD-Modellen und NC-Programmen

Öztürk, Tugrul

Simulative Untersuchung zum dynamischen Verhalten von HSK-Werkzeugspannsystemen während der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

Petruschke, Lars

Einfluss von Prozessparametern auf den Energiebedarf von spanenden Werkzeugmaschinen

Pfeil, Christine

Entwicklung einer standardisierten Montagereihenfolge als Vorgabe an die Produktentwicklung

Pierabella, Alessia

Entwicklung einer Methodik zur Befähigung von Anlagelieferanten für neue Technologien im disruptiven Umfeld bei der BMW AG

Pohl, Malte

Computer Integrated Manufacturing und Industrie 4.0 - Eine systematische Gegenüberstellung mit Empfehlungen zur Erweiterung der Wertstromanalyse 4.0 sowie für zukünftige Aktivitäten in der Lernfabrik CiP

Reidel, Oliver

Modellbasierte Planung energieflexibler Versorgungssysteme in Produktionsbetrieben

Rimmele, Andreas

Kann Weiterbildung in Lernfabriken den Erfolg von Unternehmen steigern? Kompetenzorientierte Entwicklung und wirtschaftliche Evaluation einer Schulung am Beispiel der systematischen Problemlösung

Roeder, Kevin

Entwicklung einer Methode zur Planung energieflexibler Fertigungsketten im Bereich der mechanischen Fertigung

Roth, Simon

Anwendungsfelder und Umsetzung von aktiver Bauteiltraceability (Industrie 4.0 Komponenten) in der Produktion

Schaede, Felix Julian

Entwicklung und Erprobung eines Prozessmodells zur Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit im Kontext der intelligenten Fabrik

Schmidt, Eric

Erarbeitung der Grundlagen FEM-basierter Konstruktion und Entwicklung strukturoptimierter Konzepte für additiv erzeugte Werkzeuge

Schmidt, Natalia

Entwicklung einer methodischen Herangehensweise zur Integration von Erkenntnissen aus der Bionik zur Steigerung der Energieeffizienz in Unternehmen der industriellen Produktion

Sell, Georg

Entwicklung eines analytischen Modells zur Berechnung der dynamischen Systemeigenschaften von lang auskragenden Werkzeugsystemen

Sossenheimer, Johannes

Lokalisierung von Bauteilfehlern durch Quality-Monitoring anhand von Leistungs- und Maschinendaten einer Werkzeugmaschine

Sun, Tong

Entwicklung eines Zerspanmodells des Reibprozesses

Thielking, Asja

Strategien zur Auslegung und zum Betrieb bivalenter Wärme- und Kälteerzeugungsanlagen im Maschinen- und Anlagenbau

Turgut, Onur

Evaluation von Finishing Methoden für additiv gefertigte Bauteile

Voegelé, Jan Dieter

Entwicklung eines Vorgehensmodells für die schlanke NC-Programmerstellung für kundenindividuelle Produktvarianten

Vogl, Benjamin

Entwicklung eines multikriteriellen Entscheidungskonzepts zur Auswahl von geeigneten Schutzmaßnahmen im Bereich der Produktpiraterie

Volz, Hannes

Entwicklung eines Intralogistik-Assessments für die Produktionswerke der Knorr- Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH

Wächter, Maximilian

Energiewirtschaftliche Betrachtung einer strompreisabhängigen Fertigung mit Nutzung von Lagerbeständen als Stromspeicher als Mittel des Demand Side Managements

Wang, Shuo

Entwicklung und Implementierung eines Datenbanksystems zur Ermittlung der Einflussgrößen bei der Zirkonzerspannung

Weber, Markus

Vergleichende Untersuchung von Lagerbelastungen in Motorspindeln beim trochoidalen und linearen Fräsen

Wenzel, Phillip

Produktions- und Kapazitätsplanung in der Flugzeugwartung

Wiechert, Bastian

Systematische Entwicklung eines Anlagenkonzeptes für CNC-Dosiersysteme

Will, Sebastian

Entwicklung von Erweiterungsmaßnahmen und Analysemöglichkeiten für die Methode Wertstromanalyse 4.0 zur Identifikation und Eliminierung von informationslogistischen Verschwendungen

Winkelhaus, Sven

Vorverpackung im Ersatzteillager - Eine heuristische Klassifizierung von Ersatzteilen zur Prozessoptimierung durch Einführung einer Vorverpackung

Wissel, Raphael

Entwicklung und Konstruktion eines Leichtbau Maschinenportals für die HSC-Bearbeitung aus einem Faser-Kunststoff-Mineralguss-Verbund

Xu, Xiao

Aufbau und Implementierung des Nachgiebigkeitsmodells in die Softwareumgebung TWIN-CAT zur Regelung der Roboternachgiebigkeiten in der Echtzeit

Yu Qiu

Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Industrierobotern für Zerspanungsanwendungen

Zerling, Torsten

Entwicklung und Implementierung eines schnell-rüstbaren und Industrie 4.0 fähigen Prüfstandes für Pneumatik-Ventile im Hause Ross Europa

Zhou, Jun

Inbetriebnahme und Validierung eines low cost Prozessregelungssystems bei der roboterassistierten Zerspanung

Zumarraga-Lizundia, Roberto

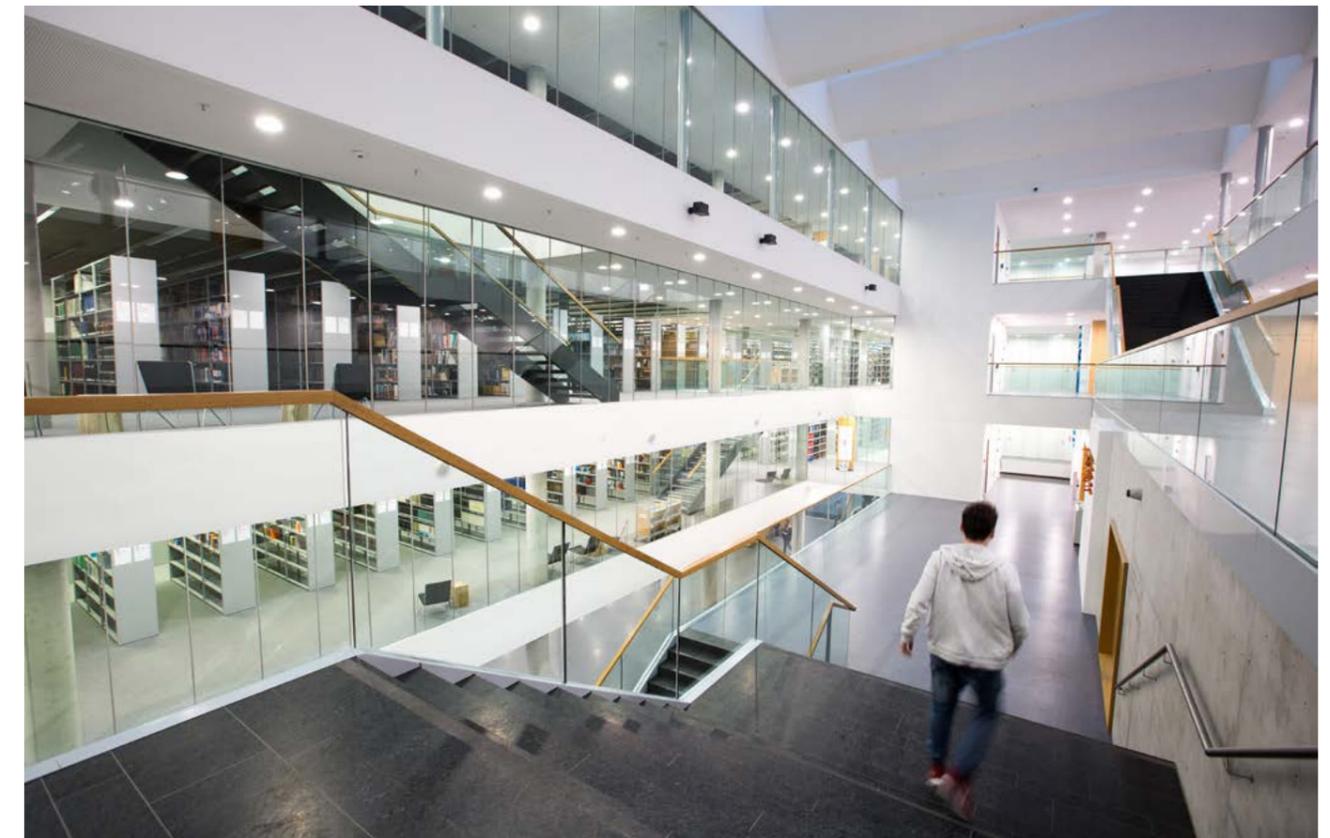
Potentialanalyse für Digitalisierungsansätze in der Produktion der Eckelmann AG und Ableitung einer Umsetzungsstrategie im Kontext von Industrie 4.0

Studierendenzahlen

WS 2017|18

	Absolvierende		
	Gesamt	Weiblich	1. Fachsemester
Maschinenbau gesamt	3167	410	582
Bachelor Mechanical and Process Engineering (MPE)	1538	182	266
Master Mechanical and Process Engineering (MPE)	1189	144	235
Master Paper Science and Technology (PST)	16	4	3
Bachelor of Education Metalltechnik	34	3	5
Master of Education Metalltechnik	48	11	4
Gesamt	2825	344	513

Studierendenzahlen zum Wintersemester 2017/18 laut Hochschulstatistik, Stand 11/2017



Personalstand

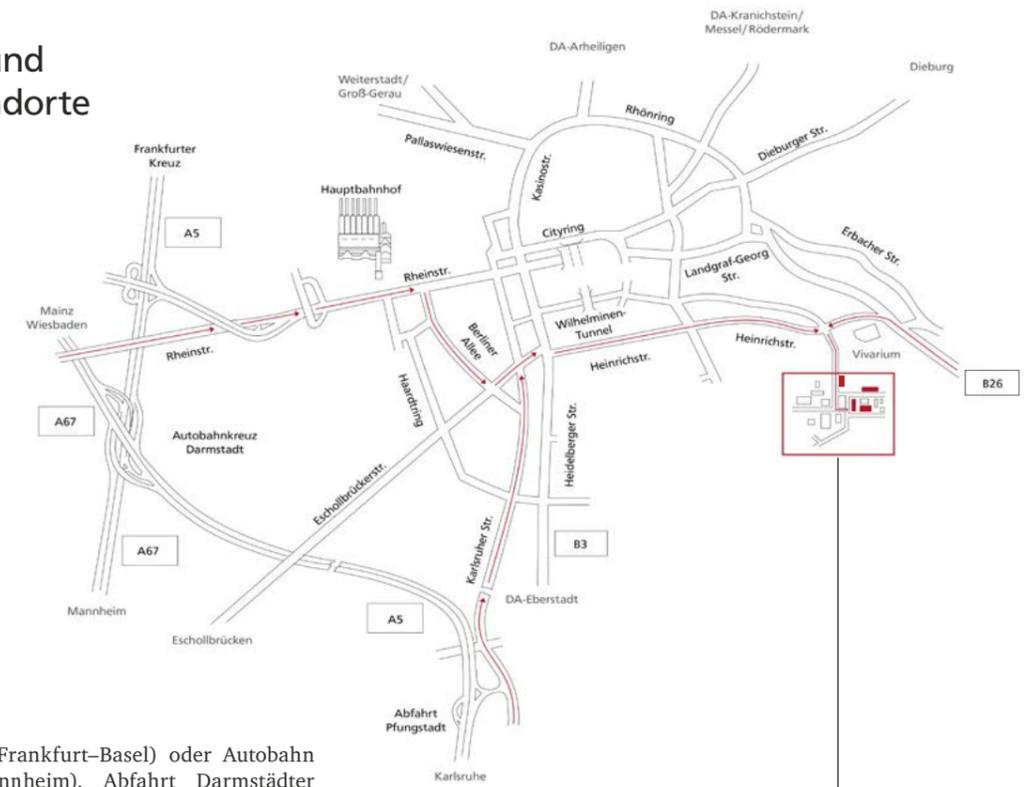
Stand 31.12.2017

Name	Vorname	Titel/Tätigkeit
Abele	Eberhard	Prof. Dr.-Ing./Institutsleiter
Adams	Bruno	Versuchsfeldtechniker
Adolph	Siri	M. Sc.
Ahlers	Rolf-Jürgen	Prof. Dr.-Ing./Lehrbeauftragter
Ali	Fares	M. Sc.
Antes	Sandra	Dipl.-Des./Öffentlichkeit (SynErgie)
Arras	Bastian	Auszubildender/Mechanische Werkstatt
Arzt	Benjamin	Versuchsfeldtechniker
Baier	Christian	Dipl.-Ing.
Bauerdick	Christoph	M. Sc., M. Eng.
Beck	Martin	Dipl.-Wirt.-Ing.
Berger	Matthias	Dipl.-Wirt.-Ing.
Bergmann	Michelle	Facharbeiterin
Birk	Frederik	M. Sc.
Bitsch	Roland	Facharbeiter
Bölling	Christian	M. Sc.
Bosch	Eva	M. Sc./Oberingenieurin
Bretz	Andreas	M. Sc.
Breu	Tobias	Auszubildender/Mechanische Werkstatt
Burkhardt	Max	M. Sc.
Busse	Alexander	M. Sc.
Damrau	Philipp	Auszubildender/IT
Daniel	Andreas	Dr.-Ing./Lehrbeauftragter
Dejkun	Vitali	M. Sc.
Doyle	Renate	Assistenz Prof. Abele
Enke	Judith	Dipl.-Wirt.-Ing.
Etefaq	Tamim	Auszubildender/IT
Feick	Mirko	Werkstattleiter/Meister
Flum	Dominik	M. Sc.
Frensch	Ann Christin	M. Sc.
Geißner	Felix	M. Sc.
Glaser	Luca	Auszubildender/Mechanische Werkstatt
Glass	Rupert	M. Sc.
Grosch	Thomas	M. Sc.

Namen	Vorname	Titel/Tätigkeit
Hähn	Felix	M. Sc.
Hambach	Jens	M. Sc.
Hanika	Susanne	Finanzen Controlling
Hartmann	Lukas	M. Sc.
Hasenfratz	Christian	M. Sc.
Heb	Annette	Eventmanagement
Heep	Thomas	M. Sc./Oberingenieur
Helfert	Mark	M. Sc.
Herdel	Jonas	Facharbeiter
Herdt	Cecilia	Finanzen Controlling
Hermann	Hans-Jürgen	Dipl.-Ing. (FH)/Elektrotechniker
Herper	Niklas	Auszubildender/Mechanische Werkstatt
Hertle	Christian	Dr.-Ing.
Joshi	Mihir	M. Sc.
Junge	Felix	Dipl.-Ing.
Kaiser	Joscha	M. Sc.
Keller	Thimo	M. Sc.
Kirschnick	Thorben	Auszubildender/Mechanische Werkstatt
Klein	Damian	Facharbeiter
Kletti	Kamelia	Dipl.-Geogr./Assistenz (SynErgie)
Kniepkamp	Michael	M. Sc.
Kreß	Antonio	M. Sc.
Kroth	Torsten	Öffentlichkeitsarbeit
Lautenschläger	Nils	M. Sc.
Link	Martin	M. Sc.
Löber	Florian	M. Sc.
Machowski	Anne	Auszubildende/Mechanische Werkstatt
Mampel	Andreas	Facharbeiter/Meister
Meinhardt	Adrian	M. Sc.
Meister	Maximilian	M. Sc.
Meißner	Alyssa	M. Sc.
Metternich	Joachim	Prof. Dr.-Ing./Institutsleiter
Meudt	Tobias	Dipl.-Wirt.-Ing.
Mischliwski	Stefan	M. Sc.

Namen	Vorname	Titel/ Tätigkeit
Moog	Daniel	M. Sc.
Müller	Marvin	M. Sc.
Müller	Sven	Facharbeiter /Mechanische Werkstatt
Panten	Niklas	M. Sc.
Petruschke	Lars	M. Sc.
Pfeiffer	Guido	M. Sc.
Praetzas	Christopher	M. Sc.
Prinzisky	Boris	Fachinf.-SysInt. /Leiter-IT
Reiber	Thorsten	M. Sc.
Reinhold	Achim	Facharbeiter /Mechanische Werkstatt
Rosmann	Luca	Auszubildender /Mechanische Werkstatt
Rühl	Alexander	Fachinf.-SysInt. /stv. Leiter-IT
Schaede	Carsten	M. Sc.
Scheibner	Sibylle	Öffentlichkeitsarbeit
Scherer	Timo	M. Sc.
Schledt	Jochen	Finanzen Controlling
Schmidt	Jürgen	Facharbeiter /Mechanische Werkstatt
Sossenheimer	Johannes	M. Sc.
Schraml	Philipp	Dipl.-Wirt.-Ing.
Schüler	Jonas	Auszubildender /IT
Schultz	Volker	Dr. /Lehrbeauftragter
Schulz	Ellen	Wissensmanagement
Schwarz	Christoph	Versuchsfeldtechniker
Seifermann	Stefan	Dr.-Ing. /Oberingenieur
Stanula	Patrick	M. Sc.
Strobel	Nina	M. Sc.
Sutton	Christine	Assistenz Prof. Metternich
Tisch	Michael	Dipl.-Wirt.-Ing. /Oberingenieur
Unterderweide	Florian	M. Sc.
Wank	Andreas	M. Sc.
Walther	Jessica	M. Sc.
Weber	Markus	M. Sc.
Weber	Thomas	M. Sc.
Volz	Marcel	M. Sc.
Ziegenbein	Amina	M. Sc.
Zöllner	Jonas	Auszubildender, Mechanische Werkstatt

Anfahrt und PTW Standorte



Autobahn

Autobahn A5 (Frankfurt–Basel) oder Autobahn A67 (Köln–Mannheim), Abfahrt Darmstädter Kreuz, von dort Richtung Darmstadt Stadtmitte. Beschilderung „TU-Lichtwiese“ folgen. Je nach Tageszeit dauert die Fahrt mit dem Auto durch die Innenstadt zwischen 15 und 20 Minuten.

Ab Flughafen Frankfurt Main

Von Terminal 1 ab Bussteig 14 sowie von Terminal 2 fährt der HEAG-Airliner alle 30–60 Minuten direkt nach Darmstadt (Fahrzeit ca. 30 Minuten). In Darmstadt an der dritten Haltestelle „Hauptbahnhof“ aussteigen. Von dort Buslinie K oder KU bis zur Endstation TU-Lichtwiese fahren. Die Busse fahren im Takt von ca. 15 Minuten.

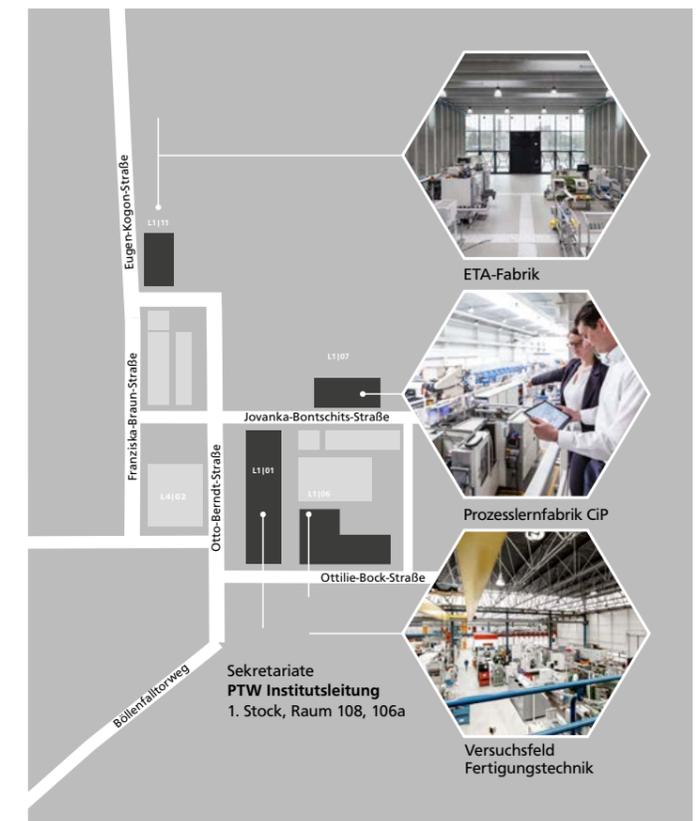
Ab Frankfurt Hauptbahnhof

Mit der Odenwaldbahn SE 65 der VIAS GmbH Richtung Erbach (Odw.) bis zur Haltestelle TU-Lichtwiese. Folgen Sie dem Fußweg entlang der Versuchshallen des Fachbereichs Maschinenbau bis Sie rechter Hand das große rote Zahnrad sehen. Dieses steht unmittelbar vor dem Foyer des Maschinenbaugesäudes.

Ab Darmstadt Hauptbahnhof

Buslinie K oder KU bis zur Endstation TU-Lichtwiese. Die gesamte Fahrtzeit beträgt etwa 30 Minuten, die Busse fahren im Takt von ca. 15 Minuten. Gegenüber der Bushaltestelle befindet sich das neue „Hörsaal- und Medienzentrum Lichtwiese“. Das Gebäude auf der anderen Seite des Neubaus ist das Maschinenbaugesäude, gut zu erkennen am großen Zahnrad vor dem Gebäude: Otto-Berndt-Straße 2, Gebäude L1|01. Das PTW befindet sich dort im ersten Stock.

Campus TU-Lichtwiese



Impressum

Herausgeber

Technische Universität Darmstadt
**Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW)**

Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt

Telefon +49 6151 16-20080
Telefax +49 6151 16-20087
info@ptw.tu-darmstadt.de
www.ptw.tu-darmstadt.de

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

Redaktion

Eva Bosch, M. Sc.,
und alle weiteren wissenschaftlichen
Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PTW

Bildnachweise

Seite 47 & 75:
HA Hessen Agentur GmbH – Jan Michael Hosan
PTW-Archiv

Gestaltung

Sibylle Scheibner
Maria Hazara
Christopher Tröster

Druck

typographics GmbH
Röntgenstraße 27a
64291 Darmstadt
www.27a.de

Corporate Design der
Technischen Universität Darmstadt
Schriften: Charter, Frontpage
Farbe: 9c

© PTW Darmstadt 2018

Nachdruck, auch auszugsweise,
nur mit vorheriger schriftlicher
Genehmigung des Instituts.



Technische Universität Darmstadt
**Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen**
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt

Telefon +49 6151 16-20080
Telefax +49 6151 16-20087

info@ptw.tu-darmstadt.de
www.ptw.tu-darmstadt.de

