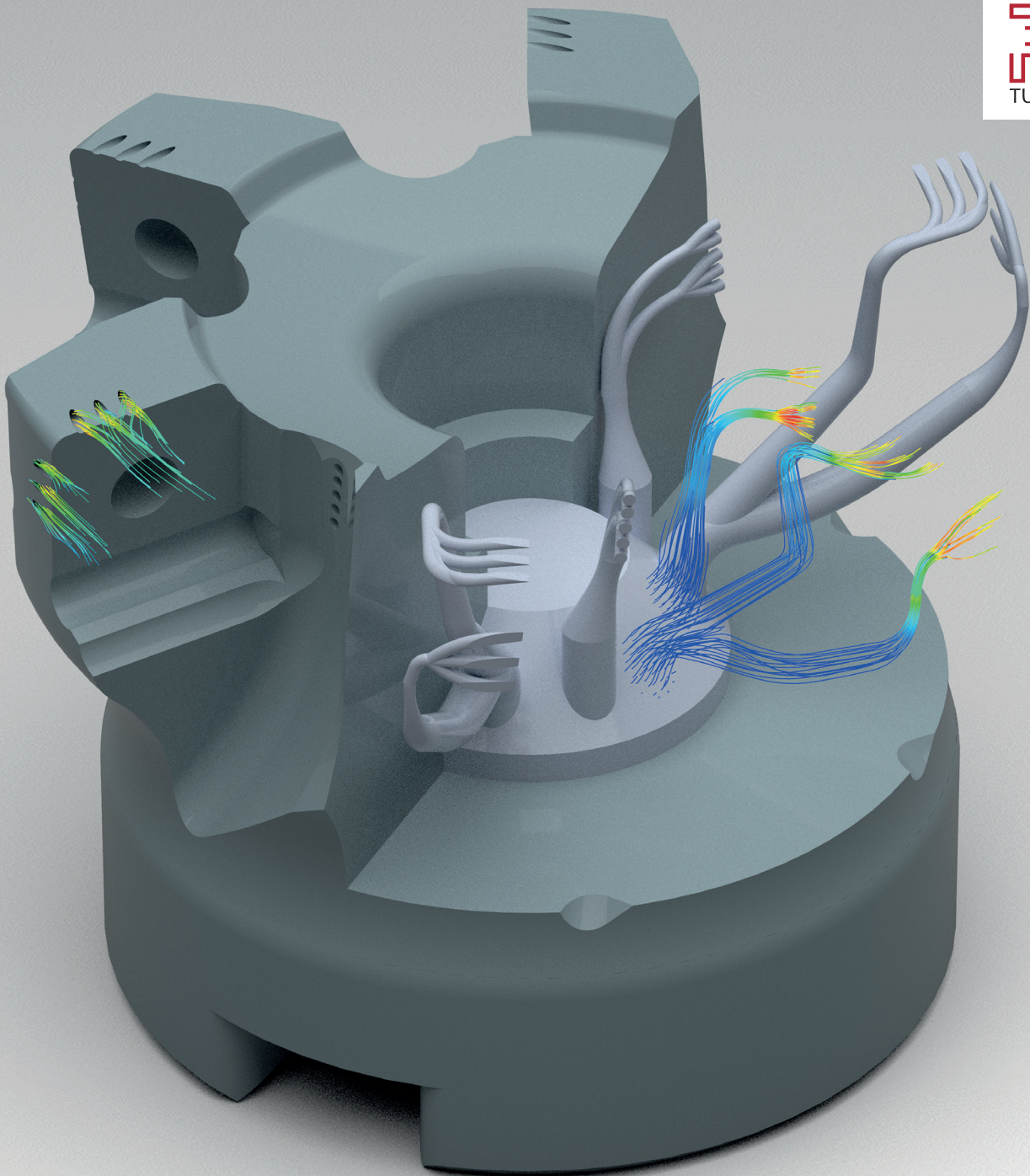




TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

**PMW**  
TU DARMSTADT



# Jahresbericht 2018

Institut für Produktionsmanagement,  
Technologie und Werkzeugmaschinen

---

Institut für Produktionsmanagement,  
Technologie und Werkzeugmaschinen

***Institutsleitung***

*Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele*

*Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich*

*Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold*

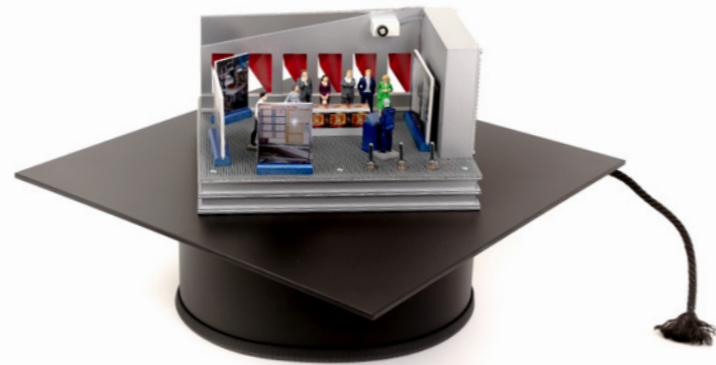
---



20  
Forschung



48  
Wissenschaftliche  
Veröffentlichungen



68  
Studium & Lehre



## Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Das PTW im Überblick	6
Neues vom PTW	10
Veranstaltungen und Ereignisse	11
<b>Forschung</b>	<b>20</b>
Die Forschungsgruppen am PTW	22
Additive Fertigung	24
Werkzeugmaschinen und Industrieroboter	28
Zerspanungstechnologie	32
Center für industrielle Produktivität	36
Management industrieller Produktion	40
Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion	44
<b>Wissenschaftliche Veröffentlichungen</b>	<b>48</b>
Dissertationen	50
Koreferate	57
Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge	58
<b>Mitarbeit in Gremien</b>	<b>66</b>
<b>Studium &amp; Lehre</b>	<b>68</b>
Vorlesungen und Tutorien	70
Arbeiten von Studierenden	72
Studierendenzahlen	79
Personalstand	80
Anfahrt und Standorte	84
Impressum	87



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

wieder haben wir am PTW ein spannendes und erfolgreiches Jahr hinter uns. Die Forschungsgruppen des PTW waren auch im vergangenen Jahr in den angestammten Bereichen, wie Zerspanung, Werkzeugmaschinen und Produktionsmanagement, erfolgreich unterwegs. Themen, wie Energieeffiziente Produktion und generatives Fertigen haben sich etabliert und wachsen weiter. Ein hochaktuelles Thema ist die Digitalisierung von Prozessen und Abläufen mit dem Ziel, durch die Auswertung von Prozessdaten Aussagen über das Ergebnis eines Prozesses zu machen, um ggf. proaktiv Maßnahmen zu ergreifen. Hier entstehen in den einzelnen Gruppen derzeit interessante Lösungsansätze, die von der Erfassung der Daten an der Werkzeugmaschine, ihrer Vorverarbeitung bis hin zur Analyse durch Algorithmen und der Entscheidungsfindung reichen. Mehr und mehr zeigt sich, dass die erfolgreiche Bewältigung dieses Themas einen interdisziplinären Ansatz erfordert, der nicht von einer einzelnen Forschungsgruppe geleistet werden kann. Gleiches gilt auch für eine erfolgreiche Umsetzung in der Industrie.

Zugegebenermaßen haben auch wir am PTW bisher noch keine Gesamtlösung gefunden, aber der gruppenübergreifende Austausch zeigt erste Früchte, wie bspw. Forschungsprojekte, welche von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unterschiedlicher Forschungsgruppen des PTW beantragt und bearbeitet werden. Das PTW ist so für kommende Ausschreibungen zur produktionsnahen Anwendung künstlicher Intelligenz gut aufgestellt.

Nicht unerwähnt bleiben darf eine Initiative, die uns am PTW in den nächsten Jahren intensiv beschäftigen wird und deren Grundstein im abgelaufenen Jahr gelegt wurde. In Zeiten von Brexit

und grundlegenden Meinungsverschiedenheiten zwischen den Mitgliedsstaaten der EU ist es wichtig, dass die Menschen miteinander im Gespräch bleiben. Eine ausgezeichnete Möglichkeit hierzu verspricht das „EIT Manufacturing“. Das PTW hat sich mit anderen Europäischen Partnern aus Wissenschaft, angewandter Forschung und Industrie zusammengetan und erfolgreich auf eine Ausschreibung des European Institute on Technology (EIT) beworben. Es geht kurz gesagt darum, Europas Wirtschaft durch ein gemeinsames, abgestimmtes Vorgehen der Konsortialpartner in den Bereichen Bildung, Innovation und Unternehmensgründung zu stärken. EIT Manufacturing wird eine Laufzeit von acht Jahren haben und die Projekte der Konsortialpartner mit einem Gesamtvolumen von bis zu 70 Mio. € pro Jahr fördern. Erfreulich für das PTW und die gesamte Region ist dabei, dass am PTW eines der europaweit fünf Innovationszentren (sog. Collocation Centres) angesiedelt ist. Damit haben wir am PTW einen wichtigen Gestaltungsspielraum bei der künftigen inhaltlichen Ausrichtung des EIT Manufacturing. Wir werden diesen Spielraum nutzen, um das Projekt im Sinne unserer Partner und Europas zum Erfolg zu führen.

Prägender als alle anderen Entscheidungen vergangenen Jahres wird jedoch für das PTW die Berufung von Prof. Matthias Weigold in die Institutsleitung sein (siehe Seite 10).



Wir grüßen Sie damit heute zu dritt.

Ihre Institutsleitung des PTW

Handwritten signature of Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich.

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

Handwritten signature of Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele.

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

Handwritten signature of Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold.

Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold

Darmstadt, März 2019



## Das PTW im Überblick

### MitarbeiterInnen

Personenanzahl nach Tätigkeit



- 71 ■ Wissenschaftliche MitarbeiterInnen
- 23 ■ MitarbeiterInnen in der Werkstatt und im technischen Bereich
- 16 ■ MitarbeiterInnen im administrativen Bereich
- 3 ■ Lehrbeauftragte

[Außerdem beschäftigen wir 130 Studierende]

### Mitteleinnahmen

Aufteilung in Prozent



- 60 ■ Industrielle Verbundprojekte
- 15 ■ Auftragsforschung Industrie
- 10 ■ Grundlagenforschung
- 15 ■ Landesmittel
- 1 ■ Spenden

### Unter der Leitung von drei Professoren betreuen 113 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 m<sup>2</sup> Fläche) um eine Einrich-

tung 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 m<sup>2</sup> eröffnet. Forschungsseitig werden hier insbesondere Themen der Energieeffizienz und Energieflexibilität auf Gebäude- und Maschinenebene adressiert.



Unsere Dienstleistungsbroschüre zum Download unter: [www.ptw.tu-darmstadt.de/dienstleistung](http://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**



**Prof. Dr.-Ing.  
Matthias Weigold**



**Assistenz Prof. Abele  
Renate Doyle**  
06151 16-20478  
r.doyle@ptw.tu-...



**Assistenz Prof. Metternich  
Christine Sutton**  
06151 16-20102  
c.sutton@ptw.tu-...



**Assistenz Prof. Weigold  
Kamelia Kletti**  
06151 16-20080  
k.kletti@ptw.tu-...

### Oberingenieurinnen und Oberingenieure



**Dominik Flum, M. Sc.**  
06151 16-20110  
d.flum@ptw.tu-...



**Dr.-Ing. Siri Adolph**  
06151 16-20114  
s.adolph@ptw.tu-...



**Eva Bosch, M. Sc.**  
Elternzeit  
e.bosch@ptw.tu-...



**Thomas Heep, M. Sc.**  
06151 16-20119  
t.heep@ptw.tu-...

### Forschungsgruppenleiter

#### Werkzeugmaschinen und Industrieroboter



**Markus Weber, M. Sc.**  
06151 16-20086  
m.weber@ptw.tu-...

#### CiP | Center für industrielle Produktivität



**Rupert Glass, M. Sc.**  
06151 16-20577  
r.glass@ptw.tu-...

#### Zerspanungstechnologie



**Dr.-Ing. Christian Bölling**  
06151 16-20841  
c.boelling@ptw.tu-...

#### Management industrieller Produktion



**Thimo Keller, M. Sc.**  
06151 16-20289  
t.keller@ptw.tu-...

#### Additive Fertigung



**Martin Link, M. Sc.**  
06151 16-20474  
m.link@ptw.tu-...

#### ETA | Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion



**Mark Helfert, M. Sc.**  
06151 16-20129  
m.helfert@ptw.tu-...



**Niklas Panten, M. Sc.**  
06151 16-20845  
n.panten@ptw.tu-...

### Support-Team

#### Wissensmanagement



**Ellen Schulz**  
06151 16-20089  
e.schulz@ptw.tu-...

#### Öffentlichkeitsarbeit



**Dipl.-Des. Sandra Antes**  
06151 16-23426  
s.antes@ptw.tu-...

#### Veranstaltungsmanagement



**Annette Heb**  
06151 16-20105  
a.heb@ptw.tu-...



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



**Sibylle Scheibner**  
06151 16-20116  
s.scheibner@ptw.tu-...

#### IT



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



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



**Fachinf.-SysInt.  
Philipp Damrau**  
06151 16-20127  
p.damrau@ptw.tu-...

#### Finanzen | Controlling



**Susanne Hanika**  
06151 16-20104  
s.hanika@ptw.tu-...

#### Projektassistenz



**Dipl.-Betriebsw.  
Lenka Gonet (Mit 4.0)**  
06151 16-24862  
l.gonet@ptw.tu-...



**Jochen Schledt**  
06151 16-20083  
j.schledt@ptw.tu-...



**Dipl.-Betriebsw.  
Beate Schäfer (EIT)**  
06151 16-20094  
b.schaefer@ptw.tu-...



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



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



**Andrea Stadthanner**  
06151 16-20290  
a.stadthanner@ptw.tu-...



**Auszubildender  
Matteo Romano**  
06151 16-25614  
m.romano@ptw.tu-...

### Werkstatt-Team

#### Mechanische Werkstatt



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

#### Elektronikwerkstatt



**Dipl.-Ing.  
Hans-Jürgen Hermann**  
06151 16-20108  
h.hermann@ptw.tu-...



Hintere Reihe v.l.n.r.: Paul Boger | Edwin Kirchner | Niklas Herper | Andreas Mampel | Mirko Feick | Sven Müller | Jonas Herdel | Lukas Bechtel | Damian Klein | Achim Reinhold  
Vordere Reihe v.l.n.r.: Roland Bitsch | Jürgen Schmidt | Bastian Aras | Tobias Breu | Jonas Zöllner | Thorben Kirschnick | Michelle Bergmann | Benjamin Arzt | Nicht auf dem Bild: Bruno Adams | Mario Andric | Tommy-Lee Brücher | Norman Winkler



## Neues vom PTW

### Prof. Weigold als neues Mitglied der Institutsleitung am PTW der TU Darmstadt berufen

Professor Dr.-Ing. Matthias Weigold wurde von der TU Darmstadt zum 1.1.2019 auf die Professur „Produktionstechnik und Werkzeugmaschinen“ berufen. Er wird in dieser Funktion gemeinsam mit Prof. Abele und Prof. Metternich die zukünftige Entwicklung der Produktionstechnik in Darmstadt gestalten.

Prof. Matthias Weigold hat an der TU Darmstadt Maschinenbau studiert und anschließend am PTW promoviert.

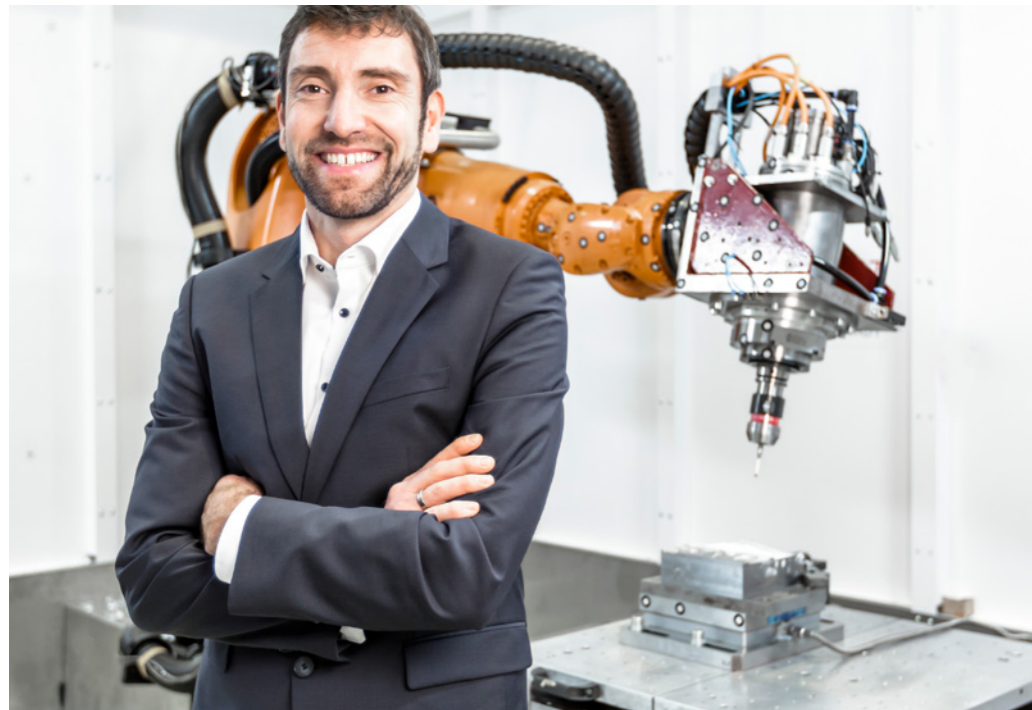
Er trat im Jahre 2007 in das Unternehmen Heidelberger Druckmaschinen AG ein. Im Bereich Manufacturing arbeitete er in unterschiedlichen Leitungsfunktionen. Themenschwerpunkte waren Werkzeugtechnologie, Produktionsplanung für Prototypen- und Serienfertigung, Betriebsmittelkonstruktion und Automatisierungstechnik sowie Engineering und Innovationsmanagement.

Im Jahre 2015 wechselte Prof. Weigold zur SAP SE. Dort befasste er sich mit Themen der Big Data Analytics in diskreter Fertigung, internetbasierten Technologien zur Echtzeitdatenerfassung und -analyse sowie der durchgängigen Vernetzung und Datenintegration zwischen Automatisierungs- und IT-Ebene.

Prof. Weigold wird ab Januar 2019 in seiner neuen Funktion am PTW die Weiterentwicklung der Arbeitsgebiete „Werkzeugmaschinen und Industrieroboter“, „Zerspanungstechnologie“ sowie „additive Fertigung“ vorantreiben. Dabei wird er insbesondere seine Erfahrungen in der Digitalisierung und Vernetzung von Fertigungsprozesswissen und innovativer Analyseverfahren sowie seine umfangreichen Kenntnisse in der operativen Produktion einbringen.

Prof. Metternich wird weiterhin seinen Schwerpunkt auf den Arbeitsgebieten Produktionsmanagement, Lean Production und Lernfabriken haben.

Prof. Abele wird bis zu seinem Ausscheiden Anfang 2020 die Koordination des Themenfeldes „Energietechnologie und Anwendungen in der Produktion“ übernehmen, in dem die ETA-Fabrik mit ihren zahlreichen Projekten sowie das Kopernikus-Projekt „SynErgie“ angesiedelt sind. Diese Funktion wird auf Institutsleitungsebene Anfang 2020 von Prof. Abele an Prof. Weigold übergeben.



### EIT Manufacturing: Eine neue Innovationsgemeinschaft zum Thema Fertigungstechnik

Das Europäische Innovations- und Technologieinstitut (EIT) hat entschieden: „Made by Europe“ ist das Gewinnerteam für den Aufbau des europäischen Innovationsnetzwerkes zum Thema Fertigungstechnik.

Das aus 50 Partnern aus 17 europäischen Ländern bestehende Konsortium konnte sich in der abschließenden Auswahlrunde gegen die Mitbewerber durchsetzen. Beteiligt sind namhafte Größen aus Wissenschaft und Industrie, u.a. die TU Wien, LMS - Universität von Patras, Siemens, Festo Didactic, Volkswagen, Volvo, Atos und KUKA.

Die Technische Universität Darmstadt, vertreten durch das Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW), ist als einer der Gründungspartner mitverantwortlich für den Aufbau des EIT Manufacturing mit Hauptquartier in Paris. In Darmstadt wird dieses in Zukunft durch das Co-Location Center (CLC) Central präsent sein, welches verantwortlich für die Partner in Deutschland, den Niederlanden und Belgien ist. Aufgabe des CLC ist es, den Kontakt zu

den hiesigen Partnern und Institutionen zu halten, deren Teilhabe am EIT Manufacturing zu ermöglichen und neue Partner an das EIT Manufacturing heranzuführen. Dazu wird das CLC Central ab 2020 als rechtlich eigenständige Einheit agieren.

Das EIT Manufacturing hat es sich zum Ziel gesetzt, eine globale Referenz im Blick auf Innovationen in der Fertigungstechnik zu werden und damit Europa nachhaltig zu stärken. Dazu sollen in den kommenden Jahren verschiedene Programme und Initiativen gestartet werden mit dem Ziel, neue Produkte und Services zur Marktreife zu bringen, existierende Unternehmen bei notwendigen Transformationen zu unterstützen, Studierende in Europa an das Thema Entrepreneurship heranzuführen und Konzepte des lebenslangen Lernens zu etablieren. Im Rahmen des EIT Manufacturing wird dazu ein Innovationsradar etabliert, welches die kommenden Schlüsseltechnologien identifiziert und daraus notwendige Entwicklungen für die Fertigungstechnik ableitet.



Dr.-Ing. Christian Bölling  
Interim Director CLC Central  
06151 16-20841  
c.boelling@ptw.tu-darmstadt.de



Lukas Hartmann, M. Sc.  
06151 16-20473  
l.hartmann@ptw.tu-darmstadt.de



EIT Manufacturing is supported by the EIT, a body of the European Union



Weitere Informationen:  
[www.eit-manufacturing.eu](http://www.eit-manufacturing.eu)  
[www.eit.europa.eu](http://www.eit.europa.eu)



## Neue MitarbeiterInnen in 2018



Additive Fertigung  
Holger Merschroth, M. Sc.



Werkzeugmaschinen  
und Industrieroboter  
Benjamin Brockhaus, M. Sc.



CIP | Center für  
industrielle Produktivität  
Christian Urnauer, M. Sc.



Werkzeugmaschinen  
und Industrieroboter  
Tugrul Öztürk, M. Sc.



ETA | Energietechnologien  
und Anwendungen in  
der Produktion  
Benedikt Grosch, M. Sc.



Zerspanungstechnologie  
Alexander Fertig, M. Sc.



ETA | Energietechnologien  
und Anwendungen in  
der Produktion  
Thomas Kohne, M. Sc. M. Sc.



Zerspanungstechnologie  
Eric Schmidt, M. Sc.



ETA | Energietechnologien  
und Anwendungen in  
der Produktion  
Stefan Seyfried, M. Sc. M. Sc.



Zerspanungstechnologie  
Maximilian Wagner, M. Sc.



ETA | Energietechnologien  
und Anwendungen in  
der Produktion  
Daniel Völker, M. Sc.



Projektassistenz (Mit 4.0)  
Frances Wend



Management  
industrieller Produktion  
Christian Bayer, M. Sc.



Finanzen | Controlling  
Andrea Stadthanner



Management  
industrieller Produktion  
Marcus Schreiber, M. Sc.



Auszubildender, IT  
Matteo Romano



Werkzeugmaschinen  
und Industrieroboter  
Stefan Bay, M. Sc.



Werkstatt  
Damian Klein

## Versuchsfeld-News

### MILKRUN 4.0 | Digitalisierte Intralogistik

Im Frühjahr 2018 wurde gemeinsam mit der Firma Ubimax im Rahmen des Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrums ein völlig neuartiges Konzept für den innerbetrieblichen Materialtransport entwickelt. Eine Möglichkeit, komplexem Materialfluss gerecht zu werden, ist die Gestaltung von Milkrunsystemen mit geschlossenen Routen und hochfrequenter Anlieferung. Jedoch führen starre und getaktete Routen auch zu Leerfahrten, Fehllieferungen und einer niedrigen Kapazitätsauslastung. Digitale Assistenzsysteme können dieses Problem beheben, indem zeitgenau und bedarfsabhängig Liefervorgänge ausgelöst und dem Logistiker via Smartglass angezeigt werden. Durch die zeitgenaue Informationsbereitstellung kann der Milkrunmitarbeiter sofort auf geänderte Anforderungen reagieren und durch die Möglichkeit einer Ad-hoc-Anpassung und die kontinuierliche Routenoptimierung eignet sich das System auch in komplexeren Einsatzfeldern, z. B. in der variantenreichen Fertigung.



Smart Glasses zur Bereitstellung aktueller Informationen

### Zukunftsweisende hybride Fertigung mit Industrierobotern

Zum Ende des letzten Jahres wurde mit dem Aufbau einer lasersicheren Roboterzelle für die Kombination von additiven Auftragschweißen und subtraktiver Nachbearbeitung begonnen. Diese ist mit einem, für die spanende Bearbeitung spezialisierten, „ABB IRB 6660“ Knickarmroboter ausgestattet. Durch eine Prozesskopfschleuseinheit wird neben Messmitteln zwischen einer Bearbeitungsspindel und einem Laser-Auftrag-Schweißkopf gewechselt werden können. Die Entwicklung einer Prozesskette zur hybriden Fertigung durch additives Auftragschweißen von Strukturbauteilen im near-net-shaping-Ansatz sowie Änderungen an Presswerkzeugen stehen hierbei im Mittelpunkt. Ziel ist es, durch die Kombination der beiden Prozesse in einer Zelle eine ökonomische, ressourcen- und energieeffiziente Bauteilherstellung am PTW zu etablieren.



Roboterzelle zur additiven und subtraktiven Verfahrenskombination

### Neues Bearbeitungszentrum von DMG MORI im Versuchsfeld

Im August 2018 wurde im Versuchsfeld des PTW ein neues 3-Achs-Bearbeitungszentrum von DMG MORI aus Seebach aufgestellt. Es handelt sich dabei um eine Werkzeugmaschine des Typs DMC 850 V in Fahrständerbauweise. Eine Besonderheit des Bearbeitungszentrum sind verschiedene Sensorsysteme, die in die Hauptspindel integriert sind. Diese können auftretende Schwingungen, die eingeleiteten Kräfte und Momente als auch die Verlagerung der Welle erfassen, was die Maschine für die Prozessüberwachung und -entwicklung prädestiniert. Das Bearbeitungszentrum ist als Versuchsplattform für verschiedene Projekte aus dem Bereich der Vernetzung im Schwerpunkt Digitalisierung gedacht. Hierfür verfügt sie als Schnittstellen zum einen über den Industriestandard OPC UA, zum anderen ist ein IoTconnector eingebaut, der als Gateway zur Cloud-Plattform ADAMOS fungiert.



Bearbeitungszentrum DMG MORI DMC 850 V



## Ausgewählte Veranstaltungen und Ereignisse

### AMB-Sonderschau: Innovationstour »Trends von morgen«



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

Seit mittlerweile über 20 Jahren organisiert das PTW die Sonderschau „Innovationstour – Trends von morgen“ auf der internationalen Ausstellung für Metallbearbeitung (AMB) in Stuttgart.

Den Messebesuchern verbleiben an einem Besuchstag – neben vorab vereinbarten Terminen – nur rund zwei bis drei Stunden, um sich zusätzlich einen Überblick über aktuelle Technologietrends zu verschaffen.

Das PTW hat sich daher zum Ziel gesetzt, den 91.000 Besuchern mit der Sonderschau „Innovationstour“ einen Überblick über die neuesten Technologietrends, gebündelt auf einem Messestand, zu bieten. In diesem Jahr fand die Innovationstour zum ersten Mal in der neu gebauten Paul-Horn-Halle (Halle 10, Stand E51) auf 520 Quadratmetern Ausstellungsfläche. 35 Mitaussteller aus verschiedenen Bereichen der metallverarbeitenden Produktionstechnik präsentierten in Kooperation mit dem PTW ihre Innovationen im Rahmen der fünf hochaktuellen Themen Hochleistungszerspannung, Energieoptimierung 4.0, Additiv trifft Zerspannung, Intelligente Produktionssysteme 4.0 und Zerspanen mit Industrierobotern. Darunter befanden sich neueste Technologien zur Erfassung von Daten aus der Werkzeugmaschine, um kontinuierlich Verbesserungsinitiativen ergreifen

zu können. Zur Steigerung der Energieeffizienz in Produktionssystemen wurden unter anderem effiziente Rückkühlsysteme für Werkzeugmaschinen sowie bedarfsgerecht gesteuerte elektro-hydraulische Antriebe präsentiert.

Unter den Ausstellern nahmen auch die zwei Start-up-Unternehmen SFM Systems und Carbon-Drive der TU Darmstadt die Gelegenheit zur Vorstellung ihrer Unternehmenskonzepte und Technologien wahr. Darüber hinaus waren rund 40 Kooperationspartner des PTW am Ausstellungenkonzept beteiligt, unter welchen sich unter anderem das Institut für Statik und Konstruktion unter der Leitung von Prof. Jens Schneider befand.

Etwa 4.000 Besucher wurden auf der Sonderschau verzeichnet. Darunter waren strategische Kooperationspartner der TU Darmstadt wie die Unternehmen Continental, Merck und Bosch sowie zahlreiche wissenschaftliche Mitarbeiter und Studenten. Die Resonanz auf die Sonderschau war rundum positiv.

Die Institutsleiter Prof. Eberhard Abele und Prof. Joachim Metternich und die beiden Projektleiter Florian Löber und Thorsten Reiber sowie das PTW bedanken sich bei allen Mitausstellern für den erfolgreichen Messeauftritt.



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



### Technologietag „Zerspanen mit Industrierobotern“

Am 11.10.2018 veranstaltete das PTW zum vierten Mal den Technologietag „Zerspanen mit Industrierobotern“. Über 60 Vertreter aus Forschung und Industrie nutzten die Veranstaltung, um sich in Vorträgen über innovative Lösungen, Trends und Entwicklungen auf dem Gebiet zu informieren sowie Kontakte zu knüpfen.

Prof. Eberhard Abele unterstrich in seinem Eröffnungsvortrag das Potential, welches in dieser Technologie steckt und stellte zusammen mit den wissenschaftlichen Mitarbeitern Felix Hähn und Christian Baier aktuelle Forschungsaktivitäten des Instituts zur roboterbasierten Bearbeitung vor. Der Schwerpunkt lag hierbei auf der Erhöhung der Bearbeitungsgenauigkeit durch Kompensationsmethoden sowie der hybriden Produktion von Bauteilen aus der Luftfahrtindustrie. In den weiteren Experten-Vorträgen wurde ein breites Spektrum realisierter Anwendungen, wie bspw. das Tieflochbohren mit Robotern oder die messdatenadaptive Bahnplanung für Entgratlösungen, vorgestellt.

Die Entwicklung von hochgenauen Zerspanungsrobotern, CAD/CAM Software für Industrieroboter sowie sensitive Schleifköpfe bildeten weitere Themenschwerpunkte des Technologietags.

Neben den Vorträgen fanden im Versuchsfeld des PTWs Live-Vorführungen zur online Nachgiebigkeitskompensation von Robotern, der Nachbearbeitung additiv hergestellter Bauteile sowie Messtechnik statt.

Somit bot der Technologietag Anwendern und Entwicklern in der Automatisierungs- und Produktionstechnik eine hochaktuelle Informationsgrundlage über die Bearbeitung mit Industrierobotern.

Wir bedanken uns bei allen Referenten, Ausstellern und Teilnehmern des Technologietages und freuen uns, auch 2020 wieder neuste Trends und Innovationen vorstellen zu dürfen.



Felix Hähn, M. Sc.  
06151 16-20133  
f.haehn@ptw.tu-darmstadt.de





## ETA-Fabrik: 40 Prozent Energieeinsparung in der industriellen Produktion



Lars Petruschke, M. Sc.  
06151 16-23464  
l.petruschke@ptw.tu-darmstadt.de

**Durch geschickte Vernetzung von Anlagen und Industriegebäude lassen sich in der industriellen Produktion bis zu 40 Prozent Energie sparen. Das zeigte das Projekt „ETA-Fabrik“ unter Federführung des PTW, welches in einem Festakt am 11. April 2018 offiziell endete.**

Insgesamt wurden rund 15 Millionen Euro in das Forschungsvorhaben investiert. Davon stellten der Bund acht Millionen und das Land Hessen 1,2 Millionen Euro bereit. Vier Millionen Euro kamen von Industriepartnern, der Rest von der TU Darmstadt.

Nach dem Projektstart im Mai 2013 nahm die „ETA-Fabrik“ im März 2016 auf dem Campus Lichtwiese der TU Darmstadt ihren Betrieb auf. Das ehrgeizige Ziel: Durch intelligente Vernetzung einer innovativen Gebäudehülle und einer im Maschinenbau typischen Produktionsprozesskette deutlich mehr Energie einzusparen, als das möglich wäre, wenn alle Komponenten für sich isoliert energetisch optimiert worden wären. 15 bis 20 Prozent zusätzliche Einsparungen prognostizierte das beteiligte wissenschaftliche Kollegium. Dafür wurde an der TU Darmstadt eine eigene Modellfabrik im Maßstab 1:1 interdisziplinär entwickelt, gebaut und betrieben. Maschinen und Gebäude arbeiten hierbei zusammen. So wird zum Beispiel die Abwärme der Anlagen genutzt, um andere Anlagen oder das Gebäude zu beheizen. Eine übersichtliche Zusammenfassung der Forschungsergebnisse liefert die kürzlich veröffentlichte Broschüre zum Projekt.

Nach fünf Jahren Forschung und zwei Jahren Betrieb ist das ETA-Projekt nun offiziell abgeschlossen. Es hat gezeigt, dass mit einer nach ETA-Kriterien neu aufgebauten Fabrik ein marktfähiges, wirtschaftlich realisierbares Energie-Einsparpotenzial von 40 Prozent gegenüber einer konventionellen Produktionsstätte besteht. Doch auch bereits bestehende Betriebe können vom Ansatz profitieren, der in der „ETA-Fabrik“ entwickelt und unter Praxisbedingungen getestet wurde: In einer Fertigung des Industriepartners Bosch Rexroth AG konnte ein Einsparpotenzial von 24 Prozent – 670.000 Kilowattstunden Strom pro Jahr – aufgezeigt werden. Zudem wurden Abwärmquellen identifiziert, die zur Beheizung von 1.500 Quadratmetern Produktionsfläche genutzt werden könnten. Viele der im Rahmen des Projekts „ETA-Fabrik“ gewonnenen Erkenntnisse hat das PTW bereits weitergegeben: Mit jährlich rund 2.000 Besuchern und über 25 Workshops wurden Vertretungen aus der Industrie in puncto Energieeffizienz in der Produktion fit gemacht.

Mit der Modellfabrik steht auf der Lichtwiese weiterhin der Rahmen für zukunftsweisende Anschlussprojekte zum Thema Energieeffizienz und Energieflexibilität zur Verfügung. Aus der „ETA-Fabrik“ heraus entstanden zum Beispiel die laufenden Projekte „SynErgie“, „PHI-Factory“ und das Umsetzungsprojekt „ETA-Transfer“. Auch beim jüngst gestarteten Projekt „ArePron“ zum Aufbau von ressourceneffizienten, vernetzten Produktionssystemen wird das Großforschungsgerät „ETA-Fabrik“ weiter genutzt.



Gruppenfoto bei der Abschlussveranstaltung  
(Bild: A. Körner, Bildhübsche)

## Das PTW auf der Hannover Messe 2018

Vom 23. bis 27. April 2018 fand die HANNOVER Messe – die international bedeutendste Messe der Industrie – statt. Der Veranstalter zog ein positives Fazit: 240.000 Besucher konnten sich bei 5.800 Ausstellern über Trends und Entwicklungen in der industriellen Produktion informieren. Schwerpunktmäßig waren Themen aus den Bereichen Digitalisierung und Vernetzung von Produktionsprozessen vertreten. Das PTW war mit insgesamt drei Ständen aktiv an der Messe beteiligt.



Auf dem Messestand des Bundesministeriums für Bildung und Forschung präsentierte das PTW das Kopernikus-Projekt SynErgie als eines von zwölf ausgewählten Forschungsprojekten. Mit einem eigens für die Messe angefertigten Kurbeldemonstrator konnten die Messebesucher am eigenen Leib erfahren, wie schwierig es sein kann, Stromerzeugung mit Strombedarf ins Gleichgewicht zu bekommen und welche industrieseitigen Energieflexibilitätsmaßnahmen möglich sind, um das Gleichgewicht auch bei einem großen Anteil volatil einspeisender Stromerzeuger zu erhalten. Hiervon überzeugte sich auch die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Anja Karliczek, bei ihrem Standbesuch.



Bundesministerin Anja Karliczek am Kurbeldemonstrator für Energieflexibilität (Bild: H-J. Rickel, BMBF)

Auch für die Experten des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Darmstadt war die Messe ein Erfolg. Der Publikumsstrom am Hessischen Firmengemeinschaftsstand, dem auch das Kompetenzzentrum angehörte, bestätigte das rege Interesse von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) an der Digitalisierung. In Gesprächen mit Unternehmensvertretungen konnten erste Impulse gegeben und Ideen entwickelt werden. Das Kompetenzzentrum durfte neben Unternehmerdelegationen aus Italien und Spanien auch den Staatssekretär im Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Mathias Samson, am Stand begrüßen. Christian Marth, Referent für Öffentlichkeitsarbeit und Kooperationsmanagement der IHK Darmstadt, berichtete von durchgeführten sowie noch geplanten Projekten in Zusammenarbeit mit hessischen Unternehmen.



Am Stand des Kompetenzzentrums - v.l.n.r.: Staatssekretär Mathias Samson, Tobias Meudt (PTW), Dr. Christian Marth (IHK Darmstadt)

Als erste Ausgründung des PTW war das Unternehmen SFM Systems der beiden (ehemaligen) Mitarbeiter Christian Hertle und Jens Hambach auf der Hannover Messe 2018 vertreten. Dort stellten sie zahlreichen interessierten Unternehmensvertretungen das neue Führungs- und Problemlösesystem des digitalen Shopfloor Managements vor, welches auf der innovativen IoT-Plattform sphinx open online basiert. Auf der Messe konnte eine Reihe potentieller Kundenkontakte hergestellt werden, die es nun gilt weiter zu verstetigen. Ermöglicht wurde der Stand vom Land Hessen und dem Dezernat VI – Forschung der TU Darmstadt. Bei beiden möchten sich die Gründer noch einmal recht herzlich für die tolle Betreuung des Gemeinschaftsstands bedanken und hoffen, auch nächstes Jahr wieder auf der Messe vertreten sein zu können.



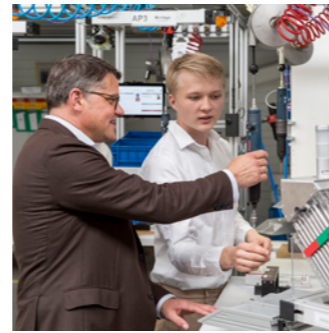
Die beiden Gründer auf dem Stand der SFM Systems – Jens Hambach (links) und Dr. Christian Hertle (rechts)



## Verzahnung von Theorie und Praxis: Minister Rhein besucht die Prozesslernfabrik

„Digitalisierung, Industrie 4.0, digitale Produktion und digitale Strategien sind aktuelle, drängende Zukunftsthemen, mit denen vielfältige Herausforderungen für alle Bereiche von Gesellschaft, Wirtschaft, Bildung und Kultur verbunden sind. Es ist die ureigene Aufgabe einer Universität, diese Herausforderungen anzunehmen und die Zukunft aktiv mitzugestalten“, erklärte Rapp. Das Center für industrielle Produktivität (CiP) sei dafür ein herausragendes Beispiel – sowohl für eine innovative und disziplinenübergreifende Forschung und Lehre als auch für die Wirkung der Universität in die Gesellschaft und Wirtschaft hinein.

Boris Rhein zeigte sich beeindruckt: „In der Prozesslernfabrik sind „Industrie 4.0“ oder ‚schlanke Produktion‘ keine Worthülsen der modernen Arbeitswelt sondern werden greifbar gemacht: Die Studierenden stellen ein reales Produkt her, erleben Bearbeitung, Montage, Logistik und Qualitätssicherung. Es ist beeindruckend zu sehen, wie Industrie und Praxis eng miteinander verzahnt werden. Ein solches Konzept reduziert auch die Studienabbruchquote: Die Studierenden lernen ihre zukünftigen Aufgaben hautnah kennen und wissen, was im Berufsalltag auf sie zukommt.“



Boris Rhein Hessens Minister für Wissenschaft und Kunst in der Prozesslernfabrik.

## Der Athene Preis für Wissens- und Technologietransfer 2018 geht an Prof. Eberhard Abele

Die Auswahlkommission würdigte die besonderen Verdienste von Prof. Eberhard Abele und wählte ihn einstimmig zum Kandidaten für den Athene Preis für Wissens- und Technologietransfer 2018.

Nach Meinung der Jury hat er mit großem Engagement und Weitblick das PTW zu einem der führenden Institute in Deutschland im Bereich der Produktionswissenschaften aufgebaut.

Prof. Eberhard Abele hat mit seinen vorbildlichen Transferaktivitäten einen großen Nutzen für das Land Hessen, die Gesellschaft und insbesondere für die Technische Universität Darmstadt er-

bracht. Mit den „Leuchtturmprojekten“ der beiden Lernfabriken Center für industrielle Produktivität, CiP (Einweihung 2010) und der energieeffizienten Modellfabrik ETA (Einweihung 2016) hat Prof. Eberhard Abele eine weit über Hessen hinausragende Sichtbarkeit für den Transfer von Forschungsergebnissen gewonnen. Mit der Preisverleihung honorierte die TU Darmstadt diese wissenschaftliche Pionierleistung.

*Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gratulieren Herrn Prof. Eberhard Abele sehr herzlich zu dieser Auszeichnung.*



Die feierliche Preisverleihung durch die Vizepräsidentin der TU Darmstadt Prof. M. Mezini an Prof. E. Abele. (Bild: Matthias Wahl)

## Nachruf Professor Dr.-Ing. Friedrich Eckstein

Friedrich Eckstein wurde am 26. Dezember 1933 in Darmstadt geboren. Im Jahr 1954 legte er das Abitur am Ludwig-Georg-Gymnasium in Darmstadt ab. Von 1954 bis 1960 studierte Prof. Eckstein an der Technischen Hochschule in Darmstadt. 1961 wurde er unter Prof. Carl Stromberger Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Technologie und Werkzeugmaschinen. Von 1961 bis 1965 war Eckstein zusätzlich Honorarprofessor an der Akademie der Bundeswehr. 1964 promovierte er bei Prof. Stromberger mit dem Thema „Vorgänge beim Zerspanen hochwarmfester Legierungen im Walzenfräsvorgang“. 1966 wurde er Lehrbeauftragter für Metallgewerbe an der TH Darmstadt. 1968 erfolgte seine Habilitation mit der Schrift „Gleichartigkeit mechanischer Trennvorgänge“. 1971 wurde er zum Professor auf dem

Gebiet Fertigungstechnik ernannt. 1999 trat Prof. Eckstein in den Ruhestand. Neben seiner rein beruflichen Tätigkeit arbeitete Eckstein im Vorstand des Studentenwerks mit, war von 1987 bis 1988 Dekan und von 1994 bis 1996 Vizepräsident an der Technischen Universität in Darmstadt.

Prof. Friedrich Eckstein ist im Alter von 84 Jahren verstorben.

*Unser Mitgefühl in dieser schweren Zeit gilt seiner Familie. Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.*

*Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PTW.*



Landrat Frank Matiaske (links) überreicht Prof. Friedrich Eckstein den Ehrenbrief des Landes Hessen. (Bild: Verein Museumsstraße Odenwald-Bergstraße e. V.)

## PTW-Teamgeist 2018 Strategietagung „Quo Vadis“



## WGP-Assistententreffen

Als Gastgeber des diesjährigen Assistententreffens der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP) boten das Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) und das Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) vom 24. bis 26.09.2018 ein interessantes und abwechslungsreiches Programm für den wissenschaftlichen Nachwuchs.

Insgesamt 52 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von 22 WGP-Instituten aus ganz Deutschland trafen sich zum Kennenzulernen, Auszutauschen und Vernetzen. Dabei stand die Veranstaltung ganz im Sinne der Digitalisierung und Industrie 4.0. Das Programm umfasste neben Institutsführungen und Firmenbesichtigungen in Darmstadt auch einen Impulsvortrag von Herrn Dr. Marco Link, Geschäftsführer der ADAMOS GmbH. Beim anschließenden Workshop war es Aufgabe, sich Gedanken über neuartige, vielleicht auch visionäre Geschäftsmodelle im Zeitalter der Digitalisierung zu machen, bei denen Industrie 4.0 eine „Grundtechnologie“ darstellt.







Prüfstand zur Untersuchung des  
Schlupfverhaltens der Werk-  
zeug-Spannfutter-Schnittstelle im  
Rahmen des AK Tools IV



## Die Forschungsgruppen am PTW

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

Ganzheitliche 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.

- Additive Fertigung
- Werkzeugmaschinen und Industrieroboter
- Zerspanungstechnologie
- Center für industrielle Produktivität | CiP
- Management industrieller Produktion
- Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion | ETA

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

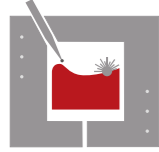


Das PTW konzentriert sich auf ausgewählte Themenschwerpunkte in den Bereichen:

ab 1.1.2019 | Fertigungstechnik (Prof. M. Weigold)  
Produktionsorganisation (Prof. J. Metternich)  
Energieeffizienz in der Produktion (Prof. E. Abele)

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





## Additive Fertigung

### Gruppenleiter

Martin Link, M. Sc.

06151 16-20474

m.link@ptw.tu-darmstadt.de

- 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 Laser Melting – 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.

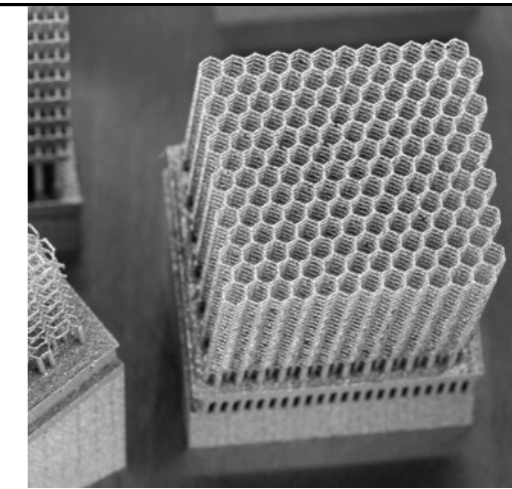
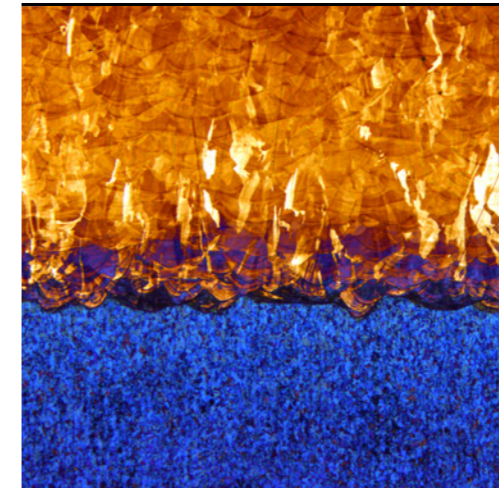
### Forschungsschwerpunkte

#### Hybride Produktion

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

#### Prozessentwicklung Additive Fertigung

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



oben links: Mikrogefüge der Schnittstelle einer additiv gefertigten hybriden Zugprobe aus konventionell hergestelltem Material (unten) und additiv gefertigtem Material (oben)

oben rechts: Additiv gefertigte Gitterstrukturen

unten: Additiv gefertigte Einsätze für Crimpwerkzeuge



### Unser Angebot an die Industrie

- 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
- Entwicklung von Fräswerkzeugen für medizintechnische Produkte
- Entwicklung von Bearbeitungsstrategien (Templates) bzgl. verwendeter Maschinen und Werkzeuge
- Sicherung und Bewertung der Produktqualität hinsichtlich Fertigungsspezifikationen
- Einführung von Weiterentwicklungen in der digitalen dentalen Prozesskette
- Analyse von zweistufigen Prozessketten (Fertigungsgenauigkeit und Qualität)
- Erarbeitung von selektiven Flächenaufmaßen für eine minimale Nachbearbeitungszeit
- Entwicklung von Werkzeugtechnologien zur Zerspanung von additiven Halbzeugen
- Wirtschaftliche Betrachtung des Gesamtprozesses
- Fertigung individuell geformter, gekapselter piezoelektrischer Aktoren
- Beratung zur Generierung funktionsintegrierter Bauteile mittels SLM
- Prozessentwicklung und -erprobung für individualisierte und/oder funktionsintegrierte Produkte

#### Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte:

**Entwicklung einer hybriden Maschine** aus auf- und abtragenden Fertigungsverfahren (HyTech), (HA Hessen Agentur GmbH, LOEWE)

**Neuartige Brennstoffzellen** mittels additiver Fertigung

**Entwicklung eines Bearbeitungsprozesses** zur effizienten Nachbearbeitung von additiv gefertigten Produkten



## indiPro: Auf dem Weg zu bauteilindividuellen Belichtungsstrategien beim SLM Prozess



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

Bauteile und daraus entstehende Produkte werden zunehmend komplexer und individueller. Unternehmen müssen den Zeitraum, den ein neues Produkt von der Idee bis zur Auslieferung benötigt, auch zukünftig weiter verkürzen, um erfolgreich am Markt bestehen zu können. Die additive Fertigung verspricht erhebliche Zeiteinsparungen und Prozessinnovationen für die Wertschöpfung in produzierenden Unternehmen sowie die Realisierung vollkommen neuer Produkteigenschaften. Um diese Technologie weiter auf ihrem Weg von der Anwendung im Prototypen- und Kleinserienbereich hin zur Integration in die Massenfertigung zu bringen, werden im vom BMBF geförderten Projekt indiPro (Steigerung der SLM-Produktqualität und Produktivität durch automatisierte Bauteil-individuelle Prozesssteuerung und -überwachung) neue Ansätze zur automatisierten Parameterbestimmung entwickelt und umgesetzt. Übergreifendes Ziel des Projektes ist die Neu- und Weiterentwicklung sowie die Umsetzung von Ansätzen zur automatisierten Bestimmung von optimalen individuellen Prozessparametern und Kenngrößen in der Analyse der Prozessüberwachung. Die Projektziele sind dabei insbesondere:

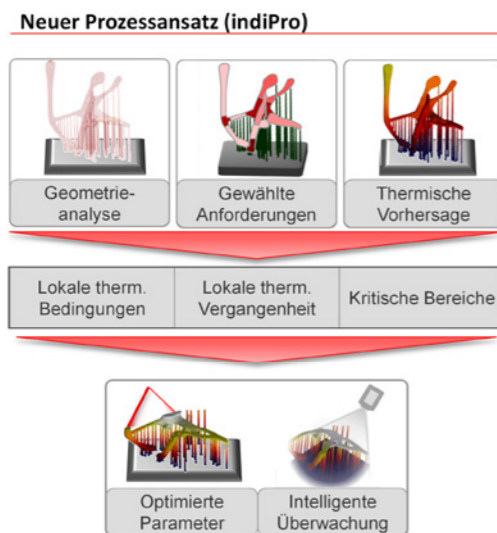
- Eine Erhöhung der Bauteilqualität, da es derzeit branchenabhängig noch verschiedenste Herausforderungen gibt, wie beispielsweise Poren oder raue Oberflächen.
- Die gezielte Steuerung des Prozesses, so dass je nach Anforderung in einem einzelnen Bauteil verschiedene Materialeigenschaften erzeugt werden können.
- Eine deutliche Reduktion von Herstellungskosten, insbesondere durch die Vereinfachung und Automatisierung verschiedener Schritte in der Prozesskette.

Die Ansätze zur Lösung der beschriebenen Herausforderungen durch indiPro basieren auf der Kombination von Methoden zur Auswahl lokaler Anforderungen und der automatischen Analyse lokaler geometrischer Eigenschaften des Bauteils mit innovativen Steuerungs- und Überwachungs-algorithmen.



Weitere Informationen unter:  
[www.indipro-projekt.de](http://www.indipro-projekt.de)

Schematischer Ablauf des indiPro Prozessansatzes.



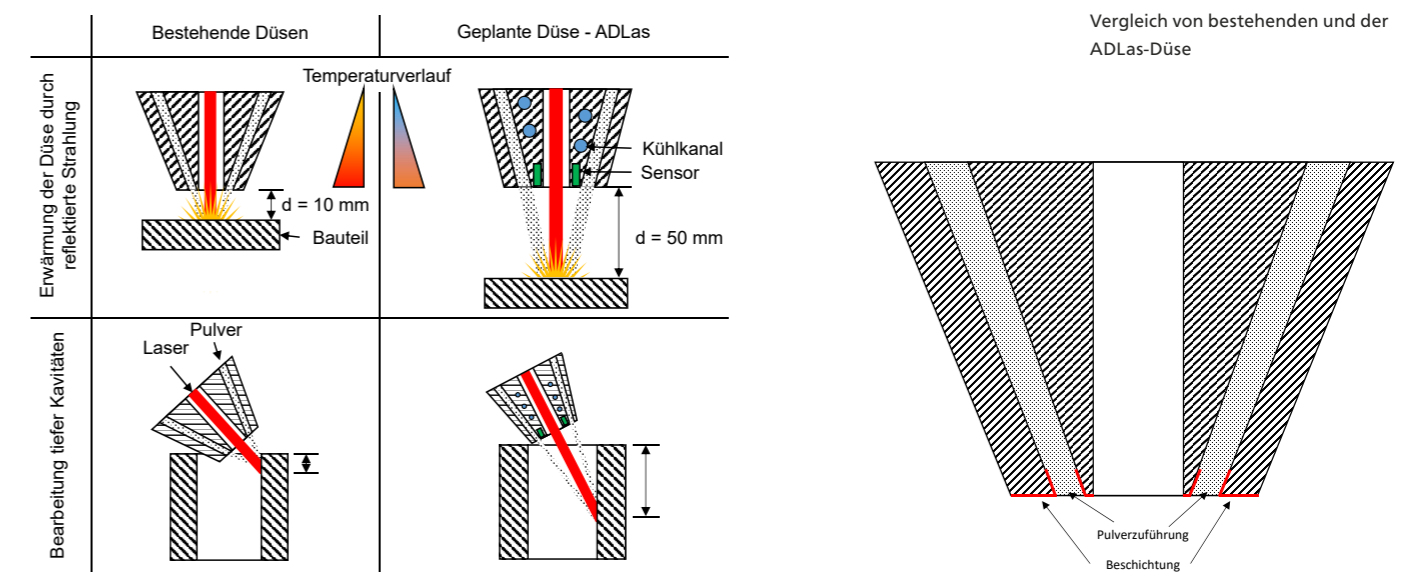
## Additiv gefertigte Düse für das pulverbasierte Laserauftragsschweißen mit erhöhtem Arbeitsabstand (ADLas)

Ein bereits länger etablierter Anwendungsfall der additiven Fertigung ist das Reparaturschweißen mittels Laserauftragsschweißen. So können verschlissene oder fehlerhafte Bauteile instand gesetzt werden. Im Bereich des pulverbasierten Laserauftragsschweißens ist eine Erweiterung der bisher am Markt verfügbaren Pulverdüsen für die Bearbeitung in tiefen Kavitäten nötig. Bisherige Pulverdüsen ermöglichen einen maximalen Arbeitsabstand von 25 mm, was zum einen die maximale Bearbeitungstiefe stark einschränkt und zum anderen zu einem hohen Verschleiß der Pulverdüse durch thermische Belastung führt. Dadurch müssen bei Unternehmen, wie Lipp Laserschweißtechnik, häufig Kundenanfragen abgelehnt oder mit einem enormen Mehraufwand durchgeführt werden, insbesondere im Bereich der Bearbeitung tiefer Kavitäten. Anfragen und Fertigungsaufträge von Unternehmen für die Bearbeitung tiefer Kavitäten haben gezeigt, dass ein erhöhter Entwicklungsbedarf zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit und der generellen Machbarkeit vorliegt.

Die im Rahmen von ADLas zu entwickelnde Pulverdüse ermöglicht einen erhöhten Arbeitsabstand von bis zu 50 mm. Hierfür wird das Zusammenspiel aus Pulverzuführung und Schutzgasführung simulativ optimiert. Für eine bessere Kühlung der Düse wird ein angepasster, durch die additive Herstellung mittels selektiven Laserschmelzens (SLM) ermöglichter, konturnaher Kühlkreislauf entwickelt. Somit kann der in die Düse eingeführten Wärme direkt am Eintrittsort entgegen gewirkt und der thermische Verschleiß reduziert werden. Infolgedessen kann die Bearbeitungsgeschwindigkeit in einer Vielzahl von Anwendungen gesteigert werden. Weiterhin ist durch die additive Herstellung eine Sensorintegration für die Prozessüberwachung möglich, beispielsweise über das Anbringen von Thermoelementen für die Temperaturmessung in kritischen Bereichen der Pulverdüse. Dadurch kann ein stabiler Prozess und eine längere Lebenszeit der Komponenten gewährleistet werden.



Holger Merschroth, M. Sc.  
06151 16-20112  
h.merschroth@ptw.tu-darmstadt.de



Projektpartner



Förderträger



Projektpartner



Förderträger





## Werkzeugmaschinen und Industrieroboter

**Gruppenleiter**  
 Markus Weber, M. Sc.  
 06151 16-20086  
 m.weber@ptw.tu-darmstadt.de

- Andreas Bretz, M. Sc. stv. Gruppenleiter
- Fares Ali, M. Sc.
- Dipl.-Ing. Christian Baier
- Stephan Bay, M. Sc.
- Frederik Birk, M. Sc.
- Benjamin Brockhaus, M. Sc.
- Thomas Grosch, M. Sc.
- Felix Hähn, M. Sc.
- Tugrul Öztürk, M. Sc.
- Guido Pfeiffer, M. Sc.
- Florian Unterderweide, 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 Industrieroboter“ (WI) stehen neben der klassischen Werkzeugmaschine sowie einzelner Maschinenkomponenten auch werkzeugführende Industrieroboter zur Zerspanung. Die vier Forschungsschwerpunkte „Alternative Konstruktionswerkstoffe“, „Mechatronische Systeme und Digitalisierung“, „Motorspindelssysteme“ und „Zerspanen mit Industrierobotern“ adressieren aktuelle Fragestellungen der Industrie, die in gemeinsamen Verbundprojekten, Arbeitskreisen aber auch direkten Industrieprojekten bearbeitet werden.

Dabei kombiniert die WI 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

#### Alternative Konstruktionswerkstoffe

- Leichtbaukomponenten aus CFK
- Strukturbauteile aus Beton

#### Mechatronische Systeme und Digitalisierung

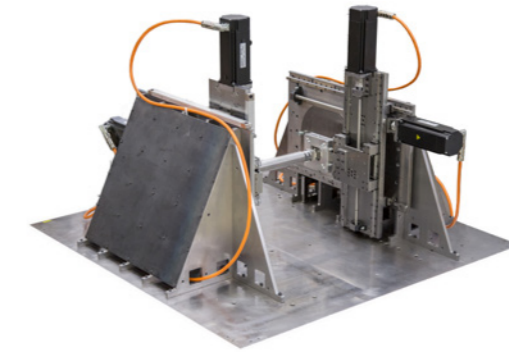
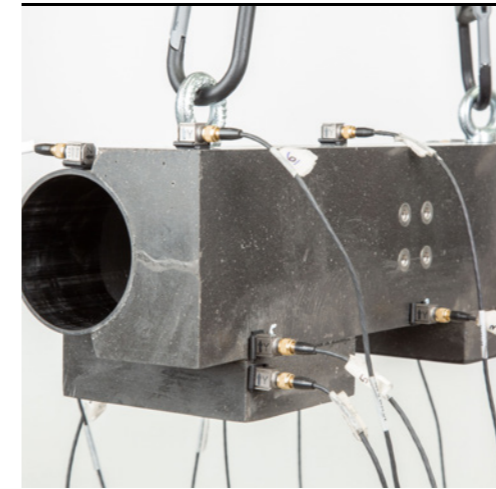
- Condition Monitoring
- Entwicklung mechatronischer und adaptronischer Lösungen zur Steigerung der Prozesssicherheit und Bauteilqualität
- Intelligente Werkzeugsysteme
- Systemidentifikation und Beurteilung des Maschinen- und Prozessverhaltens

#### Motorspindelssysteme

- Entwicklung und Analyse von Motorspindeln und Kernkomponenten
- Entwicklung von Spannsysteme
- Optimierung von Speisung und Regelung des Antriebs
- Untersuchung der Wälzlagerung

#### Zerspanen mit Industrierobotern

- Digitalisierung und Qualitätssicherung von Bauteilen mit Robotern
- Modellierung der Roboterstruktur
- Nachbearbeitung additiv gefertigter Bauteile aus schwer zerspanbaren Materialien



oben links: Modalanalyse einer hybriden Leichtbaustuktur

oben rechts: Testumgebung zur Entwicklung einer positions- und richtungsabhängigen Nachgiebigkeitskompensation

unten: Roboterzerspanung – Untersuchung von Betriebs-schwingungen



### Unser Angebot an die Industrie

- Entwicklung von Strukturbauteilen einer Werkzeugmaschine
- Simulative Untersuchungen (FEM)
- Entwicklung von Peripheriekomponenten
- Auslegung von Antriebskomponenten
- Messtechnische Untersuchungen von Maschinen und Komponenten (Modalanalyse, Steifigkeitsanalyse, Betriebsschwingungsmessung, Kraftmessung)
- Struktur- und Prozessanalyse von Maschinensystemen und Komponenten
- Bewertung der Maschinengenauigkeit nach VDI/DGQ 3441 und DIN ISO 230
- Entwicklung kundenspezifischer Lösungen zur Steigerung der Prozesssicherheit und Prozessleistung
- Entwicklung mechatronischer / adaptronischer Systeme und Regelstrategien zur Steigerung der Prozessstabilität
- Modellierung und Berechnung des dynamischen Verhaltens von Spindelwellen und -lagern
- Experimentelle Untersuchung von
  - » Spindelssystemen bei der Bearbeitung und auf Belastungsprüfständen
  - » Spindellagern
- Analyse und Vermessung von Industrierobotern
- Experimentelle Zerspanuntersuchungen
- Integration von Sensoren
- Programmierung von Industrierobotern
- Digitalisierung von Bauteilen mit einer Streifenlichtkamera

#### Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte:

##### SFB 805

Das Teilprojekt B3 des SFB 805 hat das Ziel, den Einfluss von Prozessfehlern beim Gewindebohren zu beherrschen (DFG)

**Synchronreluktanz-Motorspindel**  
 Neuartiges Motorspindelssystem mit einfachem, ressourcenschonendem und kostengünstigen Aufbau (BMW i)

**Leistungssteigerung von Bearbeitungsmaschinen** durch CFK-Komponenten in dynamisch angeregten Primärstrukturen (BMW i)

##### Carbcast

Herstellung von dynamischen und hochbelasteten Maschinenstrukturen aus einem innovativen Faser-Kunststoff-Mineralguss-Verbund (BMW i)



## Auf dem Weg zur hochgenauen Zerspantung mit Industrierobotern: Kalibrierung und Kompensation im Projekt RoinKo



Felix Hähn, M. Sc.  
06151 16-20133  
f.haehn@ptw.tu-darmstadt.de

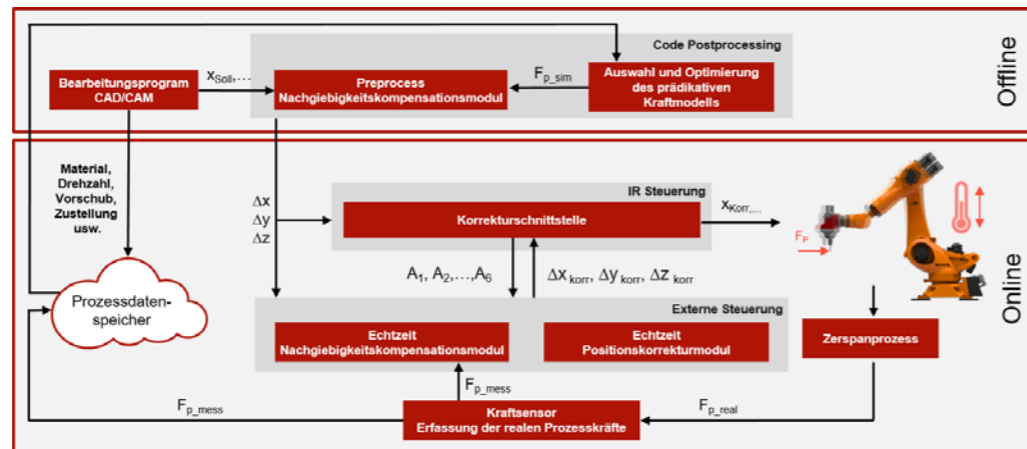
Die geringe Positionier- und Bahngenauigkeit stellen ein Haupthindernis für den Einsatz von Industrierobotern in der Zerspantung dar. Das Ziel des AiF-Forschungsvorhabens in Kooperation mit der ISIOS GmbH ist es Kompensationsmodule zur Reduktion der relevantesten Einflussgrößen auf die Bauteilqualität beim roboterbasierten Bearbeiten zu entwickeln: Den Temperatureinflüssen und der Roboternachgiebigkeit. Für beide Faktoren können in realitätsnahen Anwendungsfällen mit einem Schwerlastroboter Abweichungen des Tool Center Points von über 1 mm nachgewiesen werden. Daher bildet die Entwicklung neuartiger Verfahren zur Kompensation externer Kräfte und der thermischen Ausdehnung den Kern dieser Forschungsaktivität.

Es wird ein Verfahren entwickelt, das die Temperaturkompensation prozessbegleitend durchführt und den Roboter dabei ständig nachkalibriert. Parallel findet eine Nachgiebigkeitskompensation statt. Hierfür werden die Prozesskräfte in Echtzeit gemessen und an ein Nachgiebigkeitsmodell weitergeleitet. Dort findet eine Berech-

nung der aktuellen Abdrängung des Endeffektors statt. Die ermittelten Korrekturwerte werden an die Robotersteuerung übermittelt und führen zu einer Kompensationsbewegung des Roboterarms. Um das dynamische Verhalten der Nachgiebigkeitskompensation bei starken Kraftänderungen (bspw. Fräseraustritt) zu verbessern, wird eine Kraftvorsteuerung verwendet. Diese nutzt ein Kraftmodell, um die auftretenden Prozesskräfte vorab zu berechnen und Schätzwerte für die Abdrängung frühzeitig der Robotersteuerung zu übermitteln. Die Prozesskräfte werden zusammen mit den Prozessparametern in einer Datenbank abgespeichert, so dass ein Zugriff auf die Werte für ein optimiertes Schnittkraftmodell möglich ist.

Die entwickelten Kompensationsmodule sollen zusammen mit einer geometrischen Kalibrierung des Roboters die Absolutgenauigkeit des Systems trotz äußerer und innerer Störgrößen wie Temperaturunterschiede und prozessbedingten Kräfte deutlich steigern.

Schematische Darstellung des Prozessablaufes zur Erhöhung der Roboter-  
genauigkeit bei Zerspangprozessen



Projektpartner



Förderträger



on the basis of a decision by the German Bundestag

## Industriearbeitskreis Motorspindeln entwickelt neuartiges Werkzeugspannsystem und startet 2019 die 10. Auflage

Der Arbeitskreis Motorspindeln am PTW der TU Darmstadt startete zum ersten Mal im Jahr 1980. Seither ist er ein fester Bestandteil der anwendungsbezogenen Forschung in der Gruppe Werkzeugmaschinen und Komponenten. Während einer Projektzeit von 2 Jahren bearbeiten zwei wissenschaftliche Mitarbeiter Fragestellungen rund um die Motorspindel und Wälzlagerungen. Die Forschungstätigkeit wird von den namhaften Arbeitskreisteilnehmern finanziert. Aktuell befindet sich der Arbeitskreis in der 9. Auflage. Die bearbeiteten Themen sind das Untersuchen des Verhaltens und der Interaktion zwischen den Komponenten des Wälzlagers im instabilen Rasselzustand und unter Querkraftbelastung sowie die Finalisierung und Tests eines alternativen Werkzeugspannsystems mit Federelementen aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Die Entwicklung eines neuartigen Werkzeugspannsystems begann vor ca. 6 Jahren im 7. Arbeitskreis. Die Industriepartner stellten im praktischen Betrieb fest, dass die konventionellen Spannsysteme mit Teller- bzw. Schraubentellerfedern einen begrenzenden Einfluss auf das dynamische Betriebsverhalten

von Hochfrequenzmotorspindeln haben. Motorspindeln für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung weisen nach dem Betriebswuchten Güten besser als Q1 gemäß DIN-ISO 1940 auf. Beispielsweise werden 0,75 mm/s als maximale Schwinggeschwindigkeit in den Lagerebenen angestrebt. Dies wird maßgeblich durch die hohen Fertigungs- und Montagegenauigkeiten erzielt. Die Wuchtgüte verschlechtert sich jedoch mit zunehmendem Verschleiß der Tellerfedern und aufgrund deren radialen Spiels im Betrieb. Das neue innovative Werkzeugspannsystem verwendet GFK-Zughülsen und Zugstangensegmente, die unter engen Toleranzen gefertigt wurden. Die Masse kann dadurch mehr als halbiert werden und im Test zeigt sich eine Vergrößerung des nutzbaren Drehzahlbereichs um bis zu 6.000 U/min. In der 10. Auflage des Arbeitskreises ab März 2019 soll an die Erfolge mit neuen Themen angeknüpft werden.



Weitere Informationen:  
[www.ptw.tu-darmstadt.de/arbeitskreise](http://www.ptw.tu-darmstadt.de/arbeitskreise)



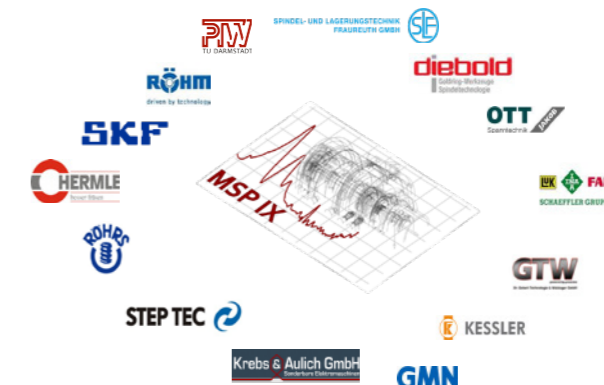
Markus Weber, M. Sc.  
06151 16-20086  
m.weber@ptw.tu-darmstadt.de



Florian Unterderweide, M. Sc.  
06151 16-20292  
f.unterderweide@ptw.tu-darmstadt.de



Neuartiges Werkzeugspannsystem  
mit GFK-Zughülsen



Teilnehmer des 9. Industrie-  
arbeitskreises Motorspindeln  
von 2017–2018





## Zerspanungstechnologie

### Gruppenleiter

Dr.-Ing. Christian Bölling  
06151 16-20841

c.boelling@ptw.tu-darmstadt.de

- Felix Geßner, M. Sc.  
stv. Gruppenleiter
- Alexander Fertig, 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.
- Maximilian Wagner, 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 sie 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, Gewinden und Entgraten mit hoher Qualität

- Beherrschung von Unsicherheit in mehrstufigen Prozessketten
- Simulation der Bohr-, Reib- und Entgrat- und Gewindebearbeitung
- Werkzeugoptimierung von Hochleistungsbohrern und -reibahlen

#### Digitalisierung in der Zerspanung

- Entwicklung von KI-Anwendungen für Zerspanungsprozesse
- Nutzung von Maschinendaten zur Prozessüberwachung und -steuerung

#### Schwer zerspanbare Werkstoffe

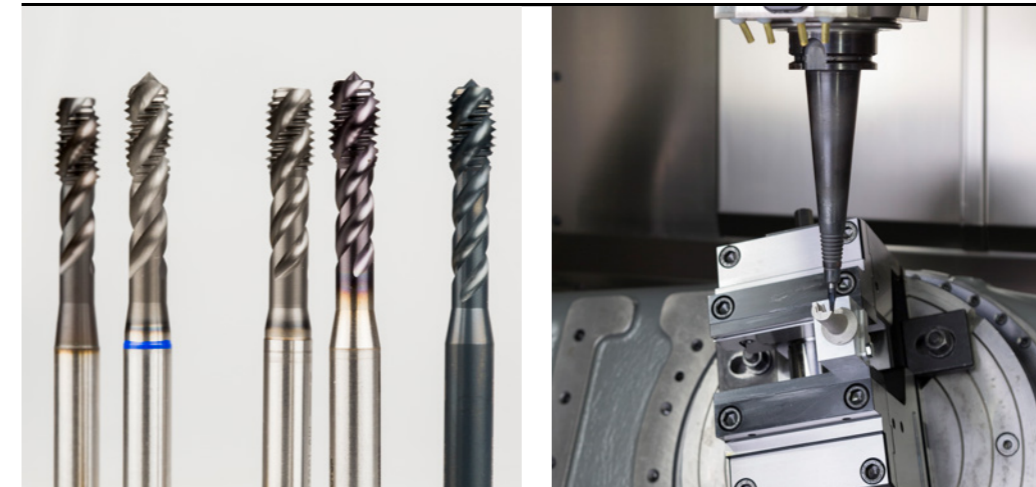
- Entwicklung von Prozesssimulationen und Kühlschmierstrategien
- Grundlagenforschung zu Verschleißvorgängen
- Strategien zur wirtschaftlichen Titanzerspanung

#### Werkzeugsicherheit

- Entwicklung von Prüfmethode zur Ermittlung der Werkzeuggrendrehzahl
- Simulationsgestützte Werkzeug- und Spannfutterentwicklung
- Untersuchung der Prozessdynamik bei der spanenden Blechbearbeitung

#### Zerspanung von Powertrain-Komponenten

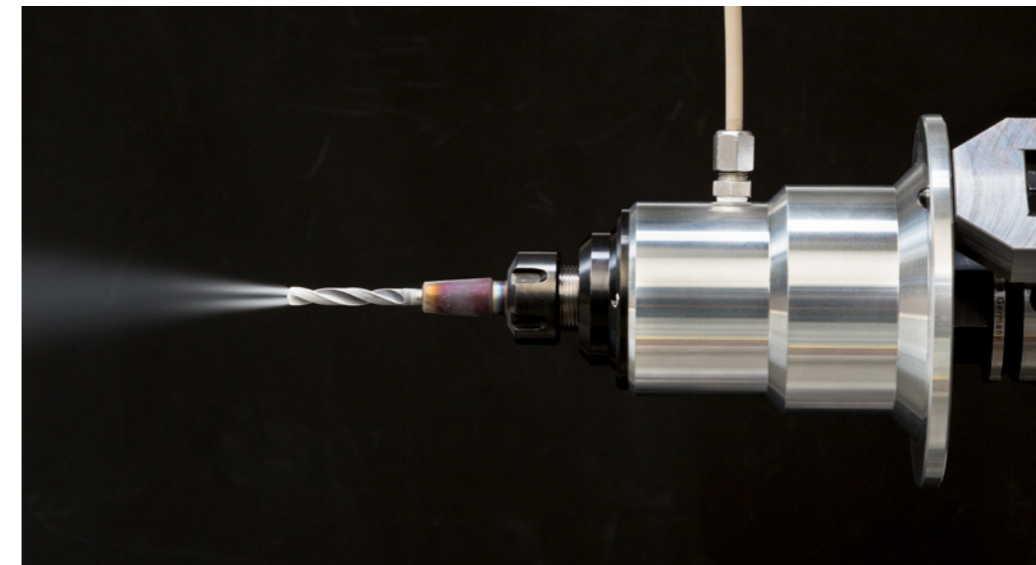
- Entwicklung additiv gefertigter Werkzeugsysteme
- Entwicklung und Einsatz innovativer Kühlschmierstrategien
- Ganzheitliche Produktivitätssteigerung von Bearbeitungsprozessen



oben links: Auf Prozesssicherheit untersuchte Werkzeuge für die spanende Fertigung von Innengewinden in rostfreiem Stahl

oben rechts: Spanende Nachbearbeitung von additiv hergestellten Werkzeugen

unten: Vorrichtung zur maschinenunabhängigen Zufuhr von kryogenen Kühlmedien für die Bohrbearbeitung



Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte:

#### Industriearbeitskreis „High Quality Drilling“

Im Industriearbeitskreis „High Quality Drilling“ stehen die Einflussfaktoren auf die Bauteilqualität bei der Bohrbearbeitung im Mittelpunkt.

#### Industriearbeitskreis „Powertrain Machining“

Der Industriearbeitskreis „Powertrain“ am PTW der TU Darmstadt steht für die Produktivitätssteigerung der spanenden Fertigung von Powertrain Komponenten.

#### Industriearbeitskreis „Titan“

Im Industriearbeitskreis Titan steht die Produktivitätssteigerung in der Zerspanung von schwerzerspanbaren Werkstoffen für die Luft- und Raumfahrtindustrie im Fokus.

#### Industriearbeitskreis „TOOLS“

Im Industriearbeitskreis TOOLS steht die Betriebsfestigkeit von Fräswerkzeugen mit Wendeschneidplatten und die Stabilität langauskragender Fräswerkzeuge im Mittelpunkt.

## Unser Angebot an die Industrie

- Optimierung der Werkzeuggeometrie von Hochleistungsschneidstoffen (Hartmetall, Keramik, CBN, PKD) zur Verbesserung des Einsatzverhaltens
- Optimierung der Werkzeuggeometrie zur Verbesserung des Einsatzverhaltens
- Fliehkraftbelastungsuntersuchungen von HSC-Werkzeugen und sonstigen rotierenden Komponenten
- Analyse der Kraft- und Schwingungsverhältnisse bei der HSC-Bearbeitung
- Optimierung der Bearbeitungsparametern und -strategien bei Dreh-, Fräs- und Bohrprozessen hinsichtlich
  - » Standzeiten und Werkzeugverschleiß
  - » Prozesskräften
  - » Oberflächenqualitäten
- Analyse des Zerspanungsprozesses hinsichtlich
  - » Prozesskräften
  - » Schwingungsverhaltens
  - » Bearbeitungsqualität
  - » Verschleißverhaltens
- Untersuchung von Bauteileigenschaften unter Einfluss verschiedener Kühlverfahren



## Verfahren- und Werkzeugentwicklung zum Entgraten von Kreuzbohrungen

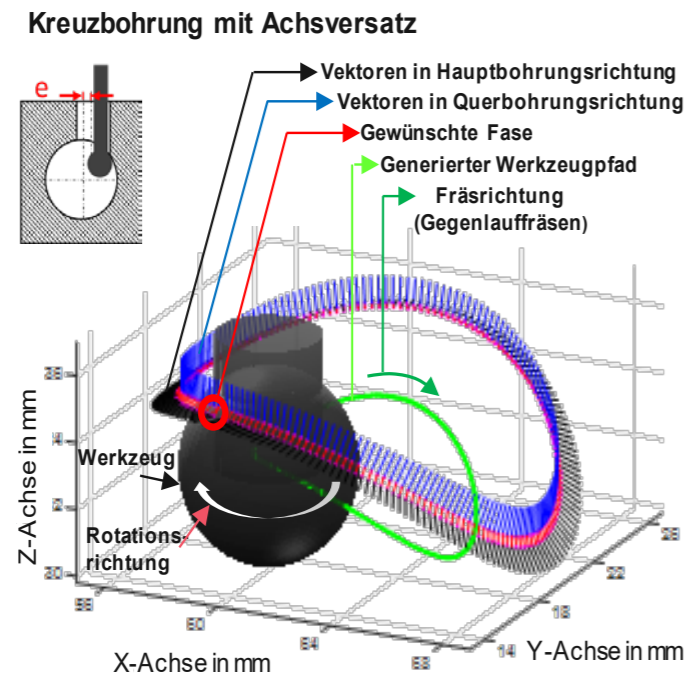


Adrian Meinhard, M. Sc.  
06151 16-20113  
a.meinhard@ptw.tu-darmstadt.de

Beim Bohren entstehen Grate, welche aus funktionalen Gründen zu entfernen sind. Die Gratentfernung bei innenliegenden Kreuzbohrungen stellt dabei aufgrund der schlechten Zugänglichkeit eine besondere Herausforderung dar. Konventionelle Werkzeuge liefern aufgrund der sich ändernden geometrischen Eingriffsverhältnisse oftmals nicht die erforderliche Entgratqualität. Im Rahmen dieses DFG-Projekts wird ein Verfahren entwickelt, welches das Entgraten von sich kreuzenden Bohrungen vollautomatisiert und prozesssicher auf Werkzeugmaschinen ermöglicht. Hierfür werden die komplexen Verschneidungskurven in einer mathematischen Repräsentation abgebildet und Modelle erstellt, welche das optimale Eingriffsverhältnis zwischen Werkzeug und Werkstück zum Entgraten simulieren. Für speziell angepasste Kugelkopffräser wird in Abhängigkeit des optimalen Eingriffsverhältnisses eine jeweils angepasste Werkzeugbahn generiert. Das Werkzeug vollführt

hierbei in Abhängigkeit des vorliegenden Verschneidungsfalls eine 3-Achsbewegung, welche den anhaftenden Grat entfernt und Sekundärgrate minimiert. Die rechnerinterne Anpassung des Werkzeugeingriffs sorgt für eine konstante Fasenbreite. Auf diese Weise werden tiefe Eingriffe und Kollisionen des Werkzeugs mit der Bohrungswand vermieden. Das Verfahren ermöglicht so die Entgratbearbeitung durch die Quer- oder durch die Hauptbohrungen und von Bohrungsverschneidungen mit Achsversätzen. Die Fasenbreite sowie die Bearbeitungsrichtung lassen sich nach vorliegenden Anforderungen einstellen. Die Methode ermöglicht eine Auswahl sinnvoller Durchmesser des Kugelkopffräasers in Abhängigkeit der Durchmesser von Haupt- und Querbohrung. Der Lösungsansatz der beschriebenen Herausforderung basiert auf einem eigens erzeugten CAM-Modul zur Simulation der gegebenen geometrischen Verhältnisse.

Simulation des Entgratvorgangs in der Verschneidungssituation



## Qualifizierung von Gießeigenschaften und Werkzeugentwicklung für die spanende Bearbeitung von Eisen-Aluminium-Legierungen

Das Projekt „GeWeFeAl“ fokussiert die Entwicklung eines Herstellungsprozesses für Turbinenschaufeln aus Eisenaluminiden (siehe Abbildung). Diese Werkstoffklasse zeichnet sich durch Eigenschaften aus, die mit konventionellen Hochleistungslegierungen vergleichbar sind, besitzt aber einen klaren wirtschaftlichen Vorteil gegenüber diesen. Damit stellen bestimmte FeAl-Legierungen eine mögliche Alternative zu hochpreisigen Titan-, Nickelbasis- und Stahllegierungen dar und haben somit insbesondere im Flugzeugbau das Potenzial, etablierte Hochleistungswerkstoffe zu substituieren.

Die Basis in diesem Vorhaben bildet die konventionelle spanende Turbinenschaufelfertigung, wie sie beim Projektpartner AWB durchgeführt wird. Kreuzförmige Probekörper, welche durch den Projektpartner Access gießtechnisch hergestellt werden, dienen zunächst als Analogiebauteile für Turbinenschaufeln. Dabei werden bestimmte Gießeigenschaften zur Verfeinerung der Verarbeitungstechnik und zur Ermittlung auslegungrelevanter Kennwerte der FeAl-Legierungen untersucht und charakterisiert.

Da FeAl-Legierungen als schwer zerspanbar einzustufen sind, steht ebenfalls die Entwicklung geeigneter Fräswerkzeuge und -strategien zur Vorschlicht- und Schlichtbearbeitung der Analogiebauteile in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Wolf und AWB im Projektfokus. Auf Basis von modellgestützten Zerspanungsuntersuchungen am PTW bezüglich Schneidstoffen, Werkzeuggeometrien und Schnittparametern wird eine Senkung des mechanischen Belastungskollektivs sowie des Werkzeugverschleißes bei der Bearbeitung vorgenommen, um hohe Werkzeugstandzeiten zu erzielen. Die abschließende Qualifizierung der entwickelten Werkzeuge anhand von Demonstratorbauteilen in Form von verkürzten Turbinenschaufeln soll eine prozesssichere und wirtschaftliche Zerspanung des Werkstoffs ermöglichen und trägt zum Ziel einer Überführung in die industrielle Praxis bei.

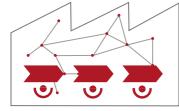


Maximilian Wagner, M. Sc.  
06151 16-20294  
m.wagner@ptw.tu-darmstadt.de



Projekttablauf „GeWeFeAl“ – vom Probekörperguss über Zerspanungsuntersuchungen bis hin zur Herstellung von Demonstratorbauteilen





## CiP | Center für industrielle Produktivität

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

- 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.
- Maximilian Meister, M. Sc.
- Alyssa Meißner, M. Sc.
- Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Meudt
- Marvin Müller, M. Sc.
- Thomas Riemann, M. Sc.
- Carsten Schaeede, M. Sc.
- Christian Urnauer, 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 4000 Studierende und über 2000 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-Kompetenzzentrum 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, Zerspanung oder Intralogistik, Schulungen vor Ort zu ausgewählten Themen oder das Coaching von Mitarbeitern, wie z.B. bei der Einführung eines Shopfloor-Managements.

### Forschungsschwerpunkte

#### Auftragsentwicklung bei spanender Fertigung individueller Varianten

- Beratung bei der Einführung von Konzepten zur variantenreichen Sequenzfertigung
- Datenaufnahme, Zustandserfassung und ressourcenorientierte Bewertung in der spanenden Serienfertigung
- Unterstützung bei der Einführung von Lean-Methoden und Fließfertigung in der Zerspanung („Lean Machining“)

#### Digitale Instandhaltungsstrategien

- Bestimmung der Servicefähigkeit einzelner Maschinenkomponenten basierend auf „Ausfallphysik-Nutzungsverhalten-Datenerfassung-Geschäftsprozesse“
- Untersuchung der Nutzenpotentiale „digitaler Instandhaltungsstrategien“ (Condition Based Maintenance, Predictive Maintenance) unter Verwendung von Simulationstechnik

#### Lernfabriken für die schlanke digitale Produktion

- Gestaltung individuell angepasster Schulungen an das geforderte Kompetenzprofil Ihrer Mitarbeiter (betriebliche Weiterbildung)
- Unterstützung bei der Konzeption und Umsetzung der eigenen Lernfabrik (Schulungskonzepte, technischer Aufbau)
- Zertifizierung und Auditierung unternehmenseigener Lernfabriken

#### Schlanke digitale Verbesserungsprozesse

- Coaching bei der strukturierten Problemlösung am Ort des Geschehens
- Einführung und Validierung von digitalem Shopfloor Management
- Entwicklung und Verstetigung eines zielorientierten Mitarbeiter-KVP in der Produktion basierend auf Führungs- und Verbesserungsprozessen
- Gestaltung und Implementierung kundenindividueller (digitaler) Shopfloor Management Systeme
- Gestaltung und Implementierung unternehmensspezifischer Problemlösungsprozesse

#### Schlanke Gestaltung von Gesamt- und Logistikwertströmen

- Ganzheitliche Planung von Produktionssystemen und innerbetrieblichen Materialflüssen nach Prinzipien der schlanken Produktion
- Planung und Implementierung von Materialbereitstellungskonzepten
- Simulationsgestützte Anwendung und Weiterentwicklung der Wertstrommethode



oben links: Weiterbildung und Lehre in der Prozesslernfabrik CiP

oben rechts: Analyse bestehender Produktionsprozesse zur Schaffung von Transparenz über Produktionsprozesse

unten: Impressionen aus der Prozesslernfabrik CiP

### Unser Angebot an die Industrie

- Gestaltung und Implementierung kundenindividueller (digitaler) Shopfloor Management Systeme zur Erreichung operativer Exzellenz und Förderung von Mitarbeiterkompetenzen
- Entwicklung und Verstetigung eines zielorientierten Mitarbeiter-KVPS in der Produktion basierend auf Führungs- und Verbesserungsprozessen
- Gestaltung und Implementierung unternehmensspezifischer Problemlösungsprozesse
- Ganzheitliche Planung von Produktionssystemen und innerbetrieblichen Informations- und Materialflüssen nach Prinzipien der schlanken Produktion
- Planung und Implementierung von Materialbereitstellungskonzepten
- Simulationsgestützte Anwendung und Weiterentwicklung der Wertstrommethode
- Unterstützung bei der Einführung von Lean-Methoden und Fließfertigung in der Zerspanung
- Beratung und Hilfe bei der Einführung von Konzepten zur variantenreichen Sequenzfertigung
- Datenaufnahme, Zustandserfassung und ressourcenorientierte Bewertung in der spanenden Serienfertigung
- Gestaltung individuell angepasster Schulungen an das geforderte Kompetenzprofil Ihrer Mitarbeiter
- Unterstützung bei der Konzeption und Umsetzung der eigenen Lernfabrik
- Zertifizierung und Auditierung unternehmenseigener Lernfabriken
- Untersuchung der Nutzenpotentiale „digitaler Instandhaltungsstrategien“ unter Verwendung von Simulationstechnik
- Bestimmung der Servicefähigkeit einzelner Maschinenkomponenten basierend auf „Ausfallphysik-Nutzungsverhalten-Datenerfassung-Geschäftsprozesse“

**Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte:**

**Mittelstand 4.0**  
Kompetenzzentrum Darmstadt  
Digitalisierungshelfer für KMU und Handwerk (BMW)

**RQLes**  
Reifegradbasierte, multidimensionale Qualitätsentwicklung von komplexen Lernsystemen am Beispiel der Lernfabriken für die Produktion (BMBF)

**Teamwork 4.0**  
Ziel des Verbundprojektes TeamWork 4.0 ist es, gezielt die Lernförderlichkeit und Veränderbarkeit von teamförmigen Arbeitsorganisationen zu mobilisieren, um die aus der digitalen Weiterentwicklung der Produktions- und Arbeitssysteme resultierenden Kompetenzherausforderungen zu bewältigen.



Weitere Informationen unter:  
[www.prozesslernfabrik.de](http://www.prozesslernfabrik.de)



## CaMPuS – Forschung zu Intelligent Cloud Manufacturing Service und Pilot Smart Factory



Antonio Kress, M. Sc.  
06151 16-26053  
a.kress@ptw.tu-darmstadt.de

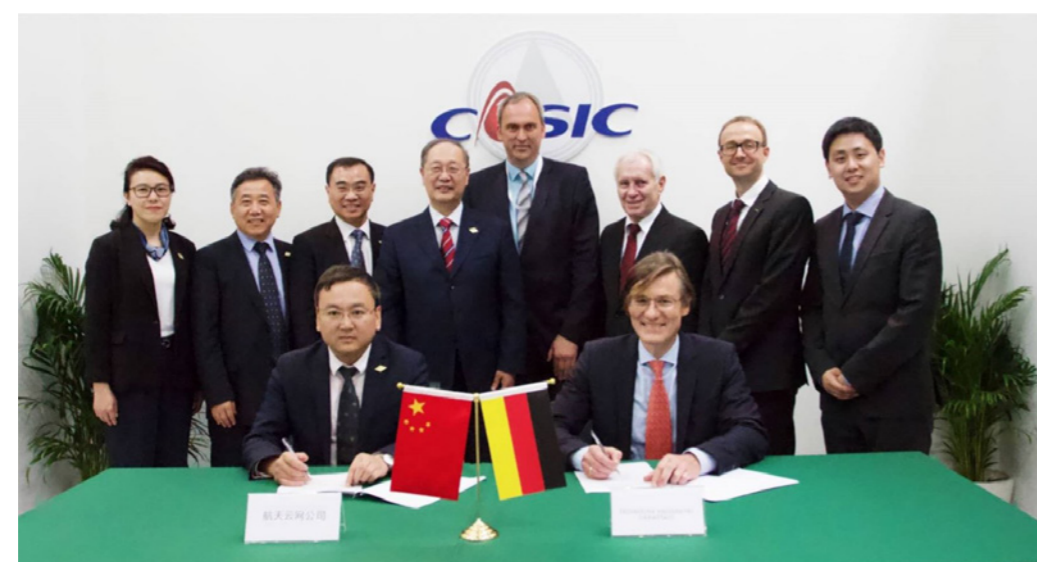
Durch die Digitalisierung steigen die Möglichkeiten der globalen Vernetzung, aber auch die Komplexität der Produktionsprozesse. So stehen Unternehmen vor der Aufgabe, ihre Mitarbeiter mit neuen Kompetenzen auszustatten. Vor allem die Fähigkeit neue Technologien nutzenorientiert anzuwenden wird zukünftig erfolgsentscheidend sein. Realitätsnahe Lernumgebungen unterstützen diese notwendige Kompetenzentwicklung.

Ziel des Forschungsprojekts CaMPuS ist deshalb die Entwicklung einer Lern- und Innovationsumgebung. Es wird erforscht, welche Kompetenzen benötigt werden, um Produktionsprozesse durch Industrie 4.0-Technologien analysieren und verbessern zu können. Die erarbeiteten Lernfabrik-konzepte sollen ein globales Produktionsnetzwerk in Deutschland und China abbilden. Diese werden über eine chinesische Cloud standortübergreifend vernetzt. Im Fokus stehen drei Anwendungsfälle: Cloud Services, Traceability und Werkerassistenz.

Bisher wurde der aktuelle Digitalisierungsstand

der Fertigung sowie der Kompetenzbedarf in ausgewählten chinesischen Unternehmen erfasst. Außerdem wurden mit Festo Didactic Konzepte für Lernfabrikmodule entwickelt, mit denen die identifizierten Kompetenzbedarfe vermittelt werden können. Das Forschungsprojekt wurde bereits im November 2018 auf dem offiziellen deutsch-chinesischen Staatssekretär-/Vize-ministertreffen in Peking vorgestellt.

Im weiteren Projektverlauf werden diese Lernfabrikmodule zur Darstellung der drei Anwendungsfälle konstruiert und mit der erforderlichen Software ausgestattet. Parallel werden Schulungen konzipiert. Die Lernfabrikmodule sollen über Cloud Services weltweit angesprochen und vernetzt werden. Dazu wird jeweils eine Lernfabrikumgebung an der TU Darmstadt sowie bei den Projektpartnern in China aufgebaut, erprobt und für Schulungen und Demonstrationen genutzt. Zum Ende des Projektes werden gemeinsam weitere Schulungsbedarfe identifiziert und eine Roadmap für die weitere Zusammenarbeit entwickelt.



Prof. Metternich mit den chinesischen Partnern der Firma Casio Cloud bei der Unterzeichnung des Rahmenplans auf der Hannover Messe 2018

## PTW entwickelt gemeinsam mit dem VDMA einen Leitfaden zum Thema „Industrie 4.0 trifft Lean“

Über Jahre hinweg waren die Prinzipien der schlanken Produktion die bestimmende Philosophie, wenn es um die Gestaltung von Produktionssystemen und die Verbesserung von Prozessen im Unternehmen ging. Die schlanke Produktion beruht auf Werten und Verhaltensweisen, wie beispielsweise dem Führen am Ort der Wertschöpfung, Teamarbeit, gegenseitigem Respekt und dem Entwickeln von ausgezeichneten Mitarbeitern. Dem gegenüber steht die Vision der Industrie 4.0, in der Themen wie Selbstorganisation, Selbstoptimierung der Systeme und die Auflösungen von zentralen Prinzipien aus der Lean Welt, wie bspw. Fluss, Takt und Pull, diskutiert werden. Daher steht im Zentrum des Leitfadens die Frage: Wie lassen sich etablierte Lean Methoden mit den Rahmenbedingungen und Möglichkeiten der vierten industriellen Revolution verbinden und weiterentwickeln?

Die Antwort auf diese Frage wird gemeinsam vom PTW und dem Arbeitskreis „Industrie 4.0 trifft Lean“ des VDMA im Leitfaden gegeben. Der Leitfaden zeigt zwar Widersprüche in beiden Konzepten, jedoch lassen sich auch Gemeinsamkeiten

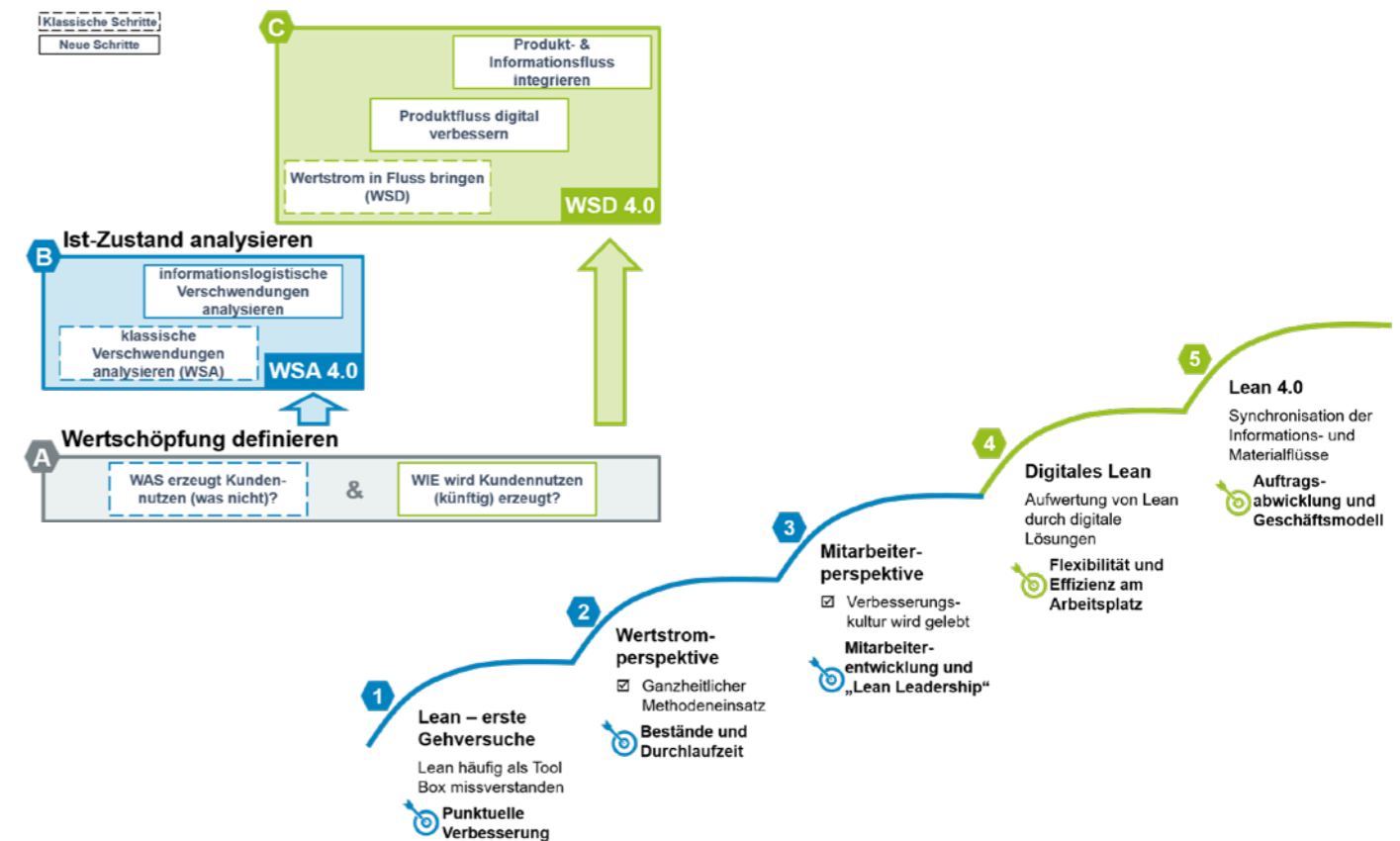
identifizieren, mit deren geschickter Kombination sich die nächste Stufe der Exzellenz im Unternehmen erreichen lässt. Grundlage dafür bilden weiterhin die Lean Prinzipien. Zu beachten ist dabei, dass Lean nicht nur als Tool Box zur Lösung isolierter Probleme eingesetzt wird, sondern auch die Wertstromperspektive und die Kulturentwicklung im Sinne der Lean Philosophie nicht vernachlässigt werden dürfen. Hierauf aufbauend können gezielt Digitalisierung und Industrie 4.0 eingesetzt werden, um sich weiter in Richtung des „Lean Nordsterns“ zu entwickeln.

Zur systematischen und zielgerichteten Integration von Industrie 4.0 und Lean werden im Leitfaden die Wertstromanalyse 4.0 (WSA 4.0) und das Wertstromdesign 4.0 (WSD 4.0) vorgestellt. Mit deren Anwendung lässt sich systematisch ein schlanker und digital unterstützter Wertstrom gestalten.



Lukas Hartmann, M. Sc.  
06151 16-20473  
l.hartmann@ptw.tu-darmstadt.de

Weitere Informationen:  
<https://industrie40.vdma.org/viewer/-/v2article/render/26009125>







## Management industrieller Produktion

### Gruppenleiter

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

- Christian Bayer, M. Sc.
- Phillip Bausch, 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:

- Aktive Bauteil- und Betriebsmitteltraceability
- Datengestützte Wertstrom- und Geschäftsmodellinnovation
- Integration digitaler Mitarbeiterassistenz

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

#### Aktive Bauteil- und Betriebsmitteltraceability

Einsatz von Bauteilen und Betriebsmittel als Informationsträger in der Produktion

- Markierungsstrategien für wertstromdurchgängige Bauteil- und Betriebsmittelkennzeichnungen
- Nutzenorientierte Integrationsstrategien aktiver Bauteiltraceability
- Wissenstransfer zur Sensibilisierung für aktive Bauteiltraceability

#### Datengestützte Wertstrom- und Geschäftsmodellinnovation

Nutzung von Advanced Analytics und Simulation auf Basis von Produktionsdaten

- Bewertung von Advanced Analytics aus der Managementperspektive, von der klaren Zieldefinition zum Kundennutzen
- Konzeption und Umsetzung von Advanced Analytics Projekten von der Datenbereinigung bis hin zu Machine Learning in Maschinen und Prozessen
- Zielorientierte Definition von Datenquellen zur Nutzengenerierung in der Produktion

#### Integration digitaler Mitarbeiterassistenz

Gestaltung und Implementierung guter digitaler Assistenz in der Produktion

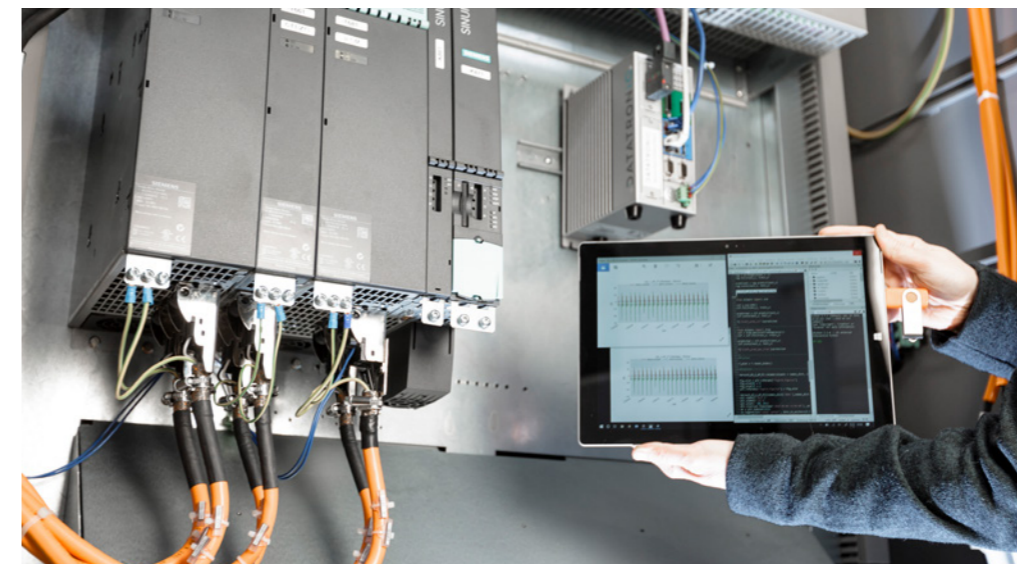
- Ganzheitlicher Ansatz zur Entwicklung guter digitaler Assistenz
- Methodenentwicklung zur Identifikation von Unterstützungsbedarf auf Basis der Wertstromanalyse 4.0
- Nutzenorientierte Integrationsstrategie digitaler Mitarbeiterassistenz



oben links: Digitale Assistenz für die Produktion

oben rechts: Strategien für wertstromdurchgängige Bauteilmarkierungen

unten: Analyse von Werkzeugmaschinenmaschinen



Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte:

**ArePron**  
entwickelt eine transparente und vergleichbare Bewertungsgrundlage als Entscheidungsgrundlage für den optimierten Ressourceneinsatz innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks (EU)

**Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Darmstadt**  
Digitalisierungshelfer für KMU und Handwerk (BMW)

**IntAKom**  
Mit der zunehmenden Digitalisierung ändern sich auch in industriellen Produktionsumgebungen die Arbeitsinhalte und das Arbeitsumfeld der Beschäftigten. Unter Berücksichtigung der Mitarbeiterbedürfnisse und der betrieblichen Interessen stellt sich die Frage, wie eine leistungsförderliche Arbeitsplatzgestaltung aussehen soll (BMBF)

**CrimpProd-S**  
Ein strategischer Ansatz zur Implementierung dezentraler Steuerungssysteme in Kombination mit additiven Fertigungsverfahren (LOEWE)

### Unser Angebot an die Industrie

- Erarbeitung wertstromdurchgängiger Markierungsstrategien für Bauteile
- Nutzenorientierte Integration aktiver Bauteiltraceability
- Beratung und Konzeptionierung von nutzenorientierten Advanced Analytics-Projekten
- Bewertung von Geschäftsmodellen hinsichtlich Nutzenpotentiale neuer Technologien
- Analyse von Wertschöpfungssystemen mit dem Fokus auf Einsatzmöglichkeiten digitaler Assistenzsysteme
- Integration digitaler Werkerassistenzsysteme
- Entwicklung und Begleitung der Umsetzung von Praxislösungen von Industrie 4.0 zur Effizienzsteigerung
- Aufzeigen von Entwicklungen und Trends der Industrie



## Ansatz zur Nutzenbewertung von Assistenzsystemen in der Produktion im Rahmen des Forschungsprojektes IntAKom



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

Die industrielle Produktion sieht sich einer Vielzahl von Herausforderungen ausgesetzt, die massive Auswirkungen auf die Arbeit in industriellen Produktionsumgebungen haben. Die zukünftigen Tätigkeiten werden durch die zunehmende Flexibilisierung und Digitalisierung unter anderem durch häufige Produktwechsel, kurzzyklisch wechselnde Arbeitsaufgaben und eine Zunahme an Problemlösungs- und Überwachungsfunktionen geprägt sein. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und die Komplexität der Prozesse beherrschbar zu machen, ist es notwendig den Mitarbeiter entsprechend zu unterstützen. Digitale Assistenzsysteme ermöglichen die Bereitstellung der für den Mitarbeiter relevanten Information zur richtigen Zeit.

Die Frage welchen Einfluss Assistenzsysteme auf produktionsrelevante Kennzahlen haben, bleibt allerdings weitgehend unbeantwortet. Um diese Forschungslücke zu schließen und Assistenzsysteme quantitativ zu bewerten, wird innerhalb des Forschungsprojektes IntAKom ein Evaluationskonzept mit einem entsprechenden Wirkmodell erar-

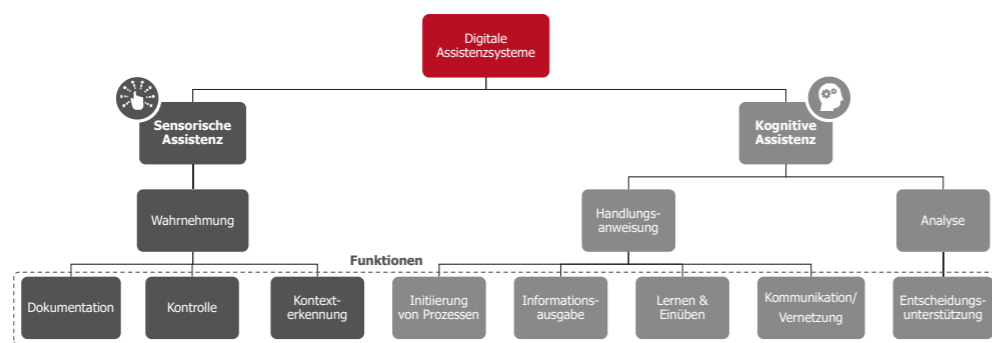
beitet. Zur Erstellung des Wirkmodells bedarf es der Beschreibung konkreter Funktionen digitaler Assistenzsysteme (siehe Abbildung) sowie der adressierbaren Zielgrößen eines Produktionssystems. Das Ziel ist die Darstellung von Wirkzusammenhängen zwischen einzelnen Funktionen und Zielgrößen, um darauf aufbauend hypothetische Annahmen hinsichtlich der Zusammenhänge zu formulieren und diese anschließend zu prüfen. Durch das Überprüfen der Hypothesen mit Vorher-Nachher-Versuchen lassen sich kausale Zusammenhänge in dem Wirkmodell quantifizieren, um somit neben der übergeordneten Forschungsfrage – Welchen quantifizierbaren Nutzen hat ein digitales Assistenzsystem auf die Leistungsfähigkeit von Montage-Mitarbeitern? – auch untergeordnete Fragestellungen, wie beispielsweise den Einfluss einzelner Funktionen, beantworten zu können.



Weitere Informationen:  
[www.intakom.com](http://www.intakom.com)



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



Klassifizierung von Funktionen digitaler Assistenzsysteme

## ArePron – Agiles ressourceneffizientes Produktionsnetzwerk

Während ein Großteil aller stofflichen und energetischen Ressourcen heutzutage in Industrieprozessen und -dienstleistungen verwendet wird, bleiben einige Potenziale der Ressourceneffizienzsteigerung bislang ungenutzt. Grund dafür sind häufig erhöhte Kosten und Risiken, die der Ressourceneinsparung an anderer Stelle gegenüber stehen, bspw. erhöhte Anlagenkosten oder eine reduzierte Prozessstabilität.

Das Projekt ArePron ist ein einmaliges, zu gleichen Teilen vom Land Hessen und der EU gefördertes Forschungsvorhaben, das sich in diesem Spannungsfeld bewegt. Das übergeordnete Ziel des Projekts ist die Unterstützung kleiner und mittlerer Unternehmen bei der Umsetzung von Digitalisierungskonzepten. Inhaltliches Ziel ist die Entwicklung eines Konzepts, das die Integration eines agilen, ressourceneffizienten Produktionsmanagements in bestehende Anlagen ermöglicht. Unter Zuhilfenahme neuer digitaler Möglichkeiten werden Verbräuche und Risiken im gesamten Produktionsnetzwerk transparent und vergleichbar gemacht.

ArePron ist interdisziplinär ausgelegt. Drei Institute der TU Darmstadt, das PTW (Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen), das DiK (Fachgebiet für Datenverarbeitung in der Konstruktion) und das SuR (Fachgebiet für Stoffstrommanagement und Ressourceneffizienz) verbinden hierzu ihre Expertise. Die Prozesslernfabrik CiP (2006 eröffnet) dient mit den entsprechenden Produktionsanlagen als „Brownfield“. Die 2016 eröffnete Energieeffizienzfabrik ETA wurde als interdisziplinäres Projekt von vorneherein unter Energieeffizienz Gesichtspunkten konzipiert. In ArePron werden beide Fabriken zu einem Produktionsnetzwerk unterschiedlichster Rahmenbedingungen verbunden.

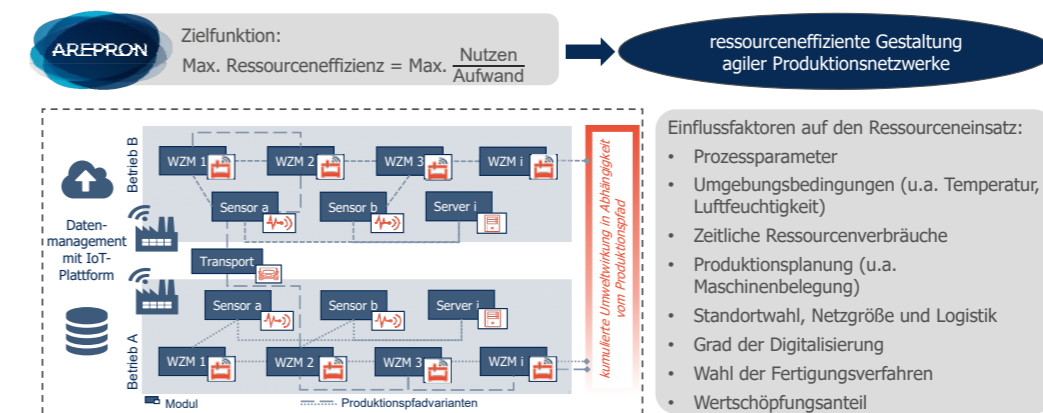
Zur Gewährleistung des Praxisbezugs wurde ein Industriebeirat eingerichtet, der das Projekt in beratender Funktion begleitet. Interessierte Unternehmen sind auch während der dreijährigen Projektlaufzeit eingeladen, sich im Rahmen des Industriebeirats einzubringen.



Weitere Informationen:  
[www.arepron.com](http://www.arepron.com)



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



Zieldefinition ArePron

Projektpartner



Förderträger

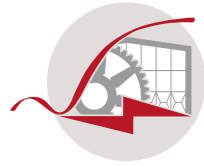


Projektpartner



Förderträger





## ETA | Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion

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

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

- Christoph Bauerdick, M. Sc. M. Eng.
- Dipl.-Wirt.-Ing. Martin Beck
- Max Burkhardt, M. Sc.
- Ann-Christin Frensch, M. Sc.
- Benedikt Grosch, M. Sc.
- Thomas Kohne, M. Sc. M. Sc.
- Florian Löber, M. Sc.
- Daniel Moog, M. Sc.
- Lars Petruschke, M. Sc.
- Dr.-Ing. Philipp Schraml
- Stefan Seyfried, M. Sc. M. Sc.
- Dipl.-Ing. Johannes Sossenheimer, M. Sc.
- Nina Strobel, M. Sc.
- Daniel Völker, M. Sc.
- Jessica Walther, M. Sc.
- Thomas Weber, M. Sc.
- Astrid Weyand, 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- und Ressourceneffizienz in der Produktion kommt eine wachsende Bedeutung zu, um normative Vorgaben zu erfüllen und wettbewerbsfähig zu bleiben. Gleichzeitig können Produktionsbetriebe durch einen flexiblen Energieeinsatz Kosten reduzieren und das Stromnetz stützen.

In einem interdisziplinären Team von über 20 Mitarbeitern strebt die Forschungsgruppe „ETA | Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion“ nach der Vision, die industrielle Produktion von morgen energieeffizient, energieflexibel und ressourceneffizient zu gestalten und damit einen wesentlichen Beitrag zu einer umweltgerechten Produktion zu leisten.

Die drei übergeordneten Forschungsfelder Energieeffizienz, Energieflexibilität und Ressourceneffizienz in der Produktion werden in den fünf Forschungsschwerpunkten „Energieoptimierte Produktionsmaschinen“, „Energieoptimierte Versorgungssysteme“, „Energiemanagement und Monitoring“, „Simulation von Energiesystemen“ und „Künstliche Intelligenz für Energiesysteme“ aufgegriffen.

Unsere Forschungsarbeiten sehen die energetische Optimierung von einzelnen Maschinen bis zur ganzheitlichen energetischen Optimierung vollständiger Produktionsumgebungen vor. Sowohl die effiziente Auslegung von Komponenten und Systemen (Maschinen, Versorgungstechnik) als auch das synergetische Zusammenwirken von vernetzten Systemen und regelungstechnische 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 durch Verfahren des Maschinellen Lernens und der Künstlichen Intelligenz sind daher in verschiedensten Ausprägungen wichtige Elemente der Forschungsaktivitäten.

### Forschungsschwerpunkte

#### Energiemanagement und -monitoring

- Energiedaten-gestütztes Condition- und Quality-Monitoring durch Künstliche Intelligenz
- Energiekennzahlensysteme
- Energie- und Lastprognosen durch Modellierung und Künstliche Intelligenz
- Messsysteme und IKT-Infrastruktur zur Datenerfassung

#### Energieoptimierte Produktionsmaschinen

Anwendungsfelder: Zerspanung, Reinigung, Wärmebehandlung, Verfahrenstechnik

- Abwärmevermeidungs- und Rückgewinnungskonzepte
- Energieanalysen
- Neu- und Bestandsprojektierung
- Querschnittstechnologienbenchmarks

#### Energieoptimierte Versorgungssysteme

Anwendungsfelder: Kälte, Wärme, Druckluft, Klimatisierung, Lüftung

- Energierückgewinnung und Speichersysteme
- Energiesystemanalysen
- Netztopologien und -dimensionierung
- Optimale Auslegung von Versorgungsanlagen
- Technologiebenchmarks

#### Künstliche Intelligenz für Energiesysteme

- Assistenzsysteme für das Energiemanagement
- Autonome Messsysteme
- Integration von Demand-Response
- Objektorientierte Automationssysteme
- Optimale Regelung und Fahrpläne

#### Simulation von Energiesystemen

- Daten-basierte Systemidentifizierung
- Digitale Planungswerkzeuge
- Integration von Modellen als Digitaler Zwilling
- Objektorientierte Modellierung
- Virtuelle Inbetriebnahme



### Unser Angebot an die Industrie

- Umsetzungsbegleitung von Energieeffizienzmaßnahmen an Produktionsmaschinen
- Komponentenweise Ermittlung von prozessbezogenen Energie- und Ressourcenverbräuchen durch Leistungsmessungen
- Energetischer Benchmark von Technologievarianten zu Kälte- und Wärmebereitstellung sowie zur Speicherung von thermischer Energie
- Analyse potenzieller Energieeffizienzmaßnahmen durch energetische Simulation von Maschinenkomponenten
- Prädikative Abschätzung des zu erwartenden Energiebedarfs von Produktionsmaschinen und Prozessketten
- 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
- Durchführung von Potenzialanalysen zur energetischen Vernetzung
- Workshops und Seminare zu Energieeffizienz in der Produktion

*links:* Energetische Optimierung in der wässrigen Bauteilreinigung

*rechts:* Thermografische Untersuchung an einer Reinigungsanlage

*unten:* Simulation komplexer Energiesysteme in der Produktion

**Übersicht über die laufenden und im Jahr 2018 abgeschlossenen Forschungsprojekte:**

**AreProN**  
entwickelt eine transparente und vergleichbare Bewertungsgrundlage als Entscheidungsgrundlage für den optimierten Ressourceneinsatz innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks. (EU)

**ETA-Plus**  
Energieeffizienz-Netzwerk

**ETA-Transfer**  
das Projekt zielt darauf ab, die Lücke zwischen Forschung und Entwicklung und einer breiten Umsetzung in der Industrie zu schließen.

**Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Darmstadt (BMWi)**

**PHI-Factory**  
Flexible elektrische Fabriknetzführung zur systemübergreifenden Steigerung der Energieeffizienz unter den Anforderungen zukünftiger Verteilnetze mit regenerativer Energieerzeugung.

**Poolregler**  
Gesamtheitliche Optimierung eines virtuellen Kraftwerks in der Stromversorgung am Intraday-, Day-Ahead- und Regelenergiemarkt.

**SynErgie**  
Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung.

**Twin-Control**  
Entwicklung eines Simulationssystems, welches die verschiedenen Aspekte, die sich auf die Maschinenperformance auswirken, integriert und eine bessere Abschätzung der Bearbeitungsperformance bietet als einzelne Simulationsmodelle. (EU)

**ETA-Fabrik**  
(BMW, abgeschlossen in 2018)



Weitere Informationen:  
[www.eta-fabrik.de](http://www.eta-fabrik.de)



## EE4InG: Energieeffizienz für Industrie und Gewerbe



Jessica Walther, M. Sc.  
06151 16-20859  
j.walther@ptw.tu-darmstadt.de

Zur Erreichung der Energiewendeziele der Bundesregierung ist eine wesentliche Steigerung der Energieeffizienz im industriellen Sektor erforderlich. Ziel des dreijährigen Vorhabens EE4InG ist es, entscheidende Innovationen zu erkennen und zu vernetzen, um hierauf aufbauend die Ergebnisverbreitung zu beschleunigen. Entsprechend sollen Entwicklungsansätze identifiziert werden, die ein erhebliches Potenzial zur der Steigerung der Energieeffizienz mit sich bringen. Vor diesem Hintergrund hat das BMWi das Forschungsnetzwerk Energie in Industrie und Gewerbe ins Leben gerufen, welches die Akteure von sieben themenbezogenen Forschungsfeldern vernetzt. EE4InG fokussiert diese Forschungsfelder sowie einzelne Forschungsprojekte, welche nicht im Rahmen eines Forschungsfeldes organisiert sind. In enger Verzahnung mit den Forschungsfeldern sollen Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz identifiziert werden, vor deren industrieller Einführung noch ein erheblicher Forschungsbedarf besteht, der von Unternehmen alleine nicht gedeckt werden kann. Weiterhin sollen Effizienzlösungen gefunden werden, die bereits erfolgreich in einem Zweig der Industrie eingesetzt werden und bei denen das Potenzial besteht, sie in anderen Bereichen der Industrie in gleicher Weise nutzbringend einzusetzen. Besondere Bedeutung

haben hier Ansätze, die im Rahmen der Energieforschungsprogramme der Bundesregierung entwickelt wurden, darüber hinaus jedoch auch internationale Forschungsergebnisse. Auf der Basis der Ergebnisse der FuE-Analysen und der Chancen des branchenübergreifenden Abbaus des Knowhow-Defizits werden Handlungsempfehlungen für zielgerichtete FuE- und Diffusionsaktivitäten erarbeitet. Das Projekt, welches im Oktober 2018 startete, baut somit auf den Aktivitäten des PTW, in Person des Kurators Prof. Dr.-Ing. E. Abele, des Forschungsfelds Fertigungstechnik sowie dem Forschungsnetzwerks Energie in Industrie und Gewerbe auf.



Förderträger

Gefördert durch:



## Twin-Control

Europäische Werkzeugmaschinenhersteller verfügen über erstklassige Kompetenzen bei der Herstellung hochwertiger Teile für wettbewerbsintensive Branchen wie Luft-, Raumfahrt- und Automobilindustrie. Um die Wettbewerbsfähigkeit weiter auszubauen, muss die Werkzeugmaschinenindustrie aktuelle und zukünftige Trends mitgestalten und Innovationen, wie Cyber Physical Systems (CPS) und Cloud Computing, geschickt nutzen und vorantreiben.

Hierfür erstellte das im September 2018 abgeschlossene Twin-Control Projekt ein neues Konzept für die ganzheitliche Performance-Simulation von Werkzeugmaschinen. Während der dreijährigen Projektlaufzeit arbeiteten insgesamt elf europäische Forschungs- und Industrieunternehmen, darunter auch die ETA-Gruppe des PTW, an einem messdatenbasierten Simulationssystem, mit welchem die Performance von Werkzeugmaschinen gesteigert werden kann. Das PTW erstellte einerseits Energieeffizienzmodelle, um den Energiebedarf spanender Werkzeugmaschinen abzuschätzen. Andererseits wurde ein low-budget Energiemonitoringsystem entwickelt, welches die elektrische Maschinenleistung am Hauptanschluss auf die aktiven Nebenaggregate (siehe Abbildung) disaggregiert und somit energetische Ineffizienzen aufzeigt.

Hierbei wurden die folgenden Ziele erfolgreich umgesetzt:

- Reduzierung der Inbetriebnahmekosten und -dauer um 10 %
- Verkürzung der Zeit und Kosten um 20 % bis der Prozess wie geplant funktioniert
- fehlerfreie Fertigung neuer Bauteile beim ersten Durchlauf in mehr als 90 % der Fälle
- Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit um 8 % durch modellbasierte Maschinensteuerung
- Reduzierung des Energieverbrauch um mehr als 50 %
- Reduzierung der Lebenszykluskosten von Werkzeugmaschinen um 18 %
- Reduzierung der Betriebskosten um 25 %

Das Forschungsprojekt wurde aus Mitteln der „Public Private Partnership (PPP) for Factories Of The Future (FOF)“-Initiative innerhalb des Europäischen Rahmenprogramms für Forschung und Innovation (Horizon 2020) finanziert.



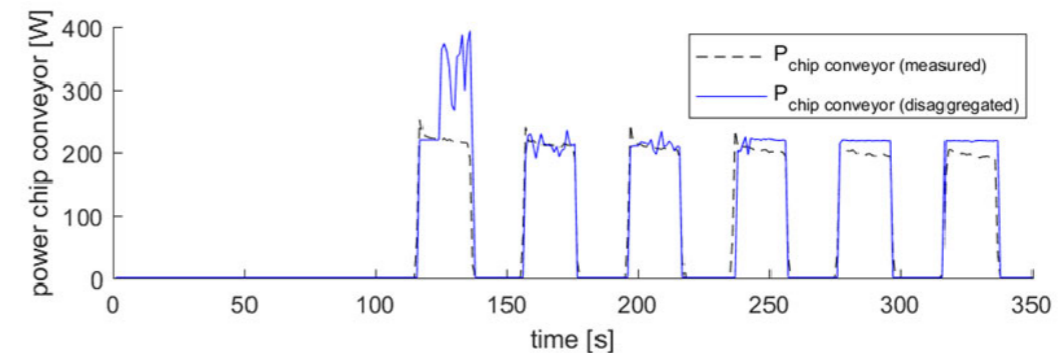
Weitere Informationen:  
[www.twincontrol.eu](http://www.twincontrol.eu)



Johannes Sossenheimer, M. Sc.  
06151 16-25852  
j.sossenheimer@ptw.tu-darmstadt.de



Dominik Flum, M. Sc.  
06151 16-20110  
d.flum@ptw.tu-darmstadt.de

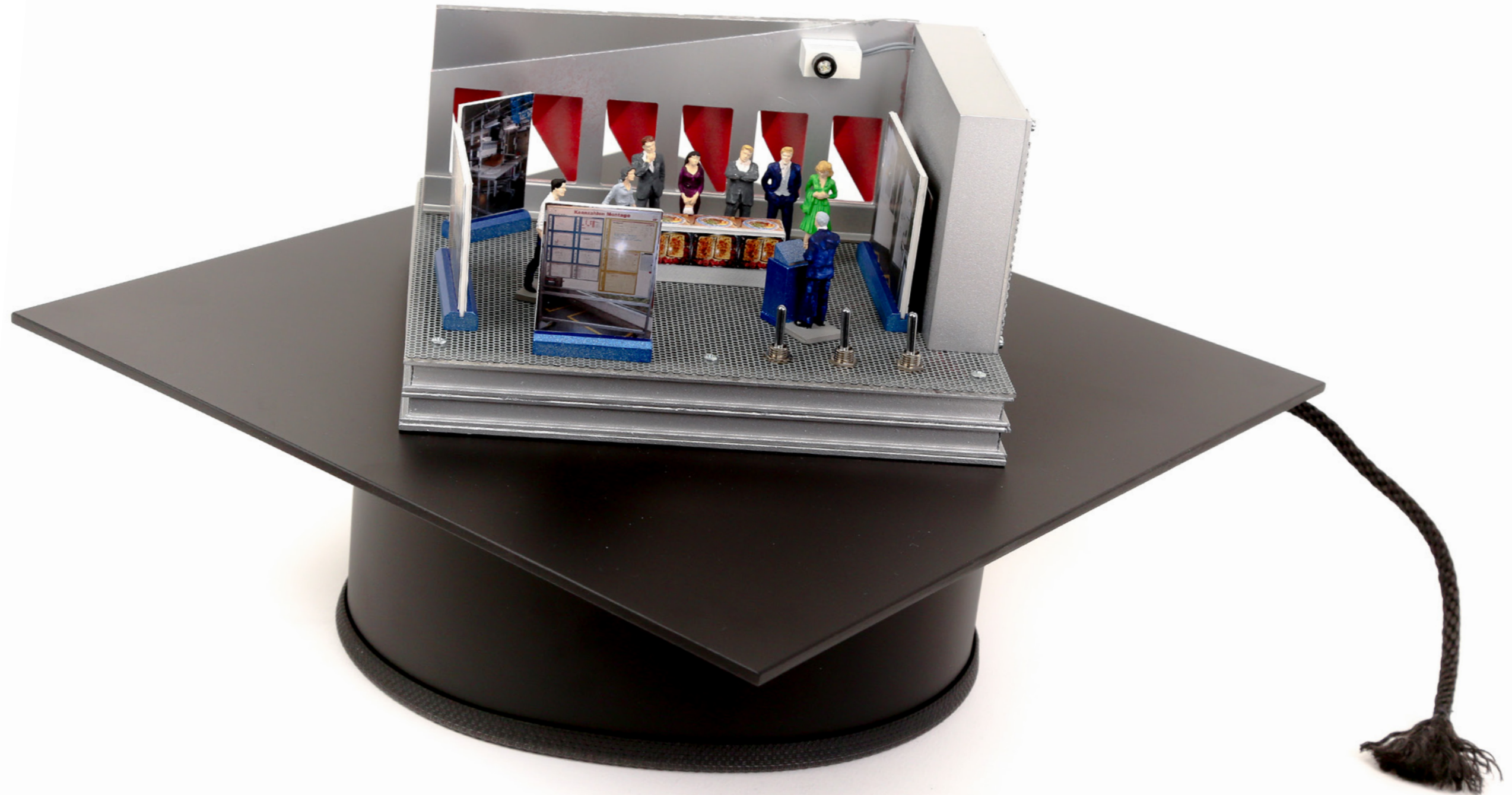


Vergleich der disaggregierten und gemessenen Leistung für den Späneförderer einer Werkzeugmaschine



Projektpartner





„Sage nicht alles, was du weißt,  
aber wisse immer, was du sagst.“

M. Claudius



### Einflussfaktoren auf die Werkstückqualität zur simulationsgestützten Berechnung der Fehlerfortpflanzung in der Sequenzfertigung



Dr.-Ing. Jörg Böllhoff

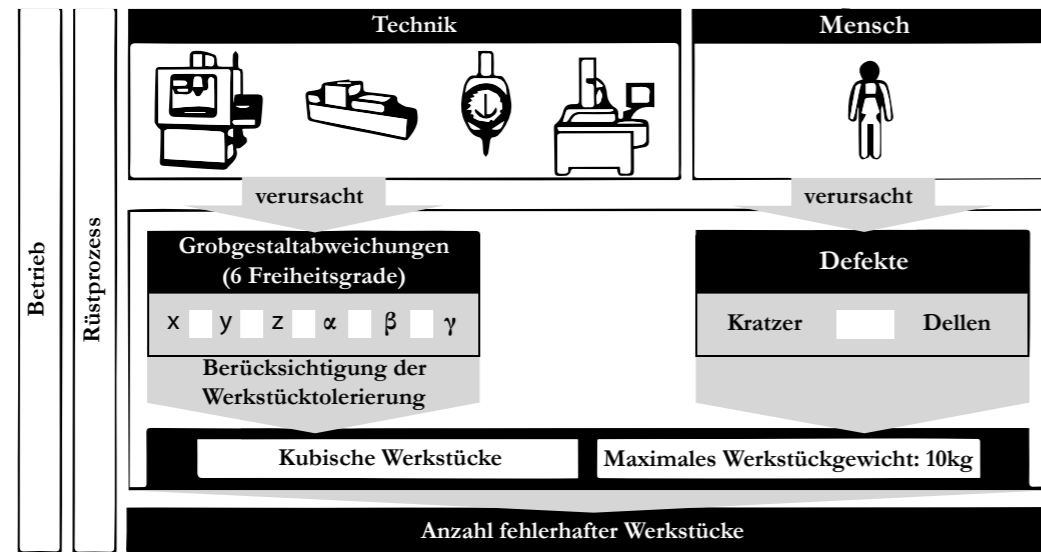
Schriftenreihe des PTW:  
Innovation Fertigungstechnik  
Shaker-Verlag, Aachen  
ISBN: 978-3-8440-6001-0

Im nationalen und internationalen Wettbewerb stellt die Qualität insbesondere für deutsche Unternehmen einen entscheidenden Faktor dar. Für die Gestaltung effektiver und effizienter Produktionsprozesse haben sich darüber hinaus die Methoden und Prinzipien der schlanken Produktion weltweit etabliert. Das Konzept der Sequenzfertigung wendet diese in der spanenden Fertigung an, mit dem Ziel einer Reduzierung der Durchlaufzeit und Erhöhung der Flexibilität. Hierzu werden die Bearbeitungsoperationen eines Werkstücks mehreren BAZ, welche in einer Zelle räumlich zusammengefasst und dem Materialfluss entsprechend angeordnet werden, zugeordnet. Dabei ist anzunehmen, dass von den für die Sequenzfertigung charakteristischen Umspannvorgängen ein negativer Einfluss auf die Qualität ausgeht.

Ziel der Arbeit ist die Beurteilung der zu erwartenden Werkstückqualität in der Sequenzfertigung.

Der in der Arbeit beschriebene Lösungsweg beinhaltet eine Fehlerbaumanalyse zur Identifikation der relevanten technischen Einflussfaktoren. Weiterhin werden die Ergebnisse einer hierarchischen Aufgabenanalyse in Bezug auf das Rüsten und Betreiben einer Sequenzfertigungszelle vorgestellt. Als Resultat einer Expertenbefragung in Kombination mit der Methode „Technique for Human Error-Rate Prediction“ (THERP) werden mögliche Fehlhandlungen identifiziert, hinsichtlich Auftretenswahrscheinlichkeit, Entdeckungswahrscheinlichkeit und Bedeutung bewertet und zu einer Taxonomie aggregiert. Ein Simulationsmodell führt die Analyseergebnisse der Teilgebiete Mensch und Technik zusammen. Es ermöglicht die Abschätzung der Qualität von Sequenzfertigungszellen. Abschließend erfolgt eine Vorstellung der Ergebnisse verschiedener Simulationsexperimente mit diesem Modell.

Anwendungsbereich der vorliegenden Arbeit



### Simulationsbasierte Auslegung mehrstufiger Werkzeugsysteme zur Bohrungsfeinbearbeitung am Beispiel der Ventilführungs- und Ventilsitzbearbeitung

Die mehrstufige Bearbeitung mittels Stufenwerkzeugen stellt eine in der industriellen Serienfertigung oftmals eingesetzte Zerspanungsaufgabe dar. Aufgrund der engen Tolerierung hinsichtlich Form und Lage der Ventilführung und des Ventilsitzes im Zylinderkopf eines Verbrennungsmotors ist eine spanende Nachbearbeitung beider Bauteile unumgänglich. Das Streben nach individueller Mobilität führt zudem weltweit zu einer stetig ansteigenden Anzahl an zugelassenen Personenkraftwagen. Die gleichzeitig steigenden Anforderungen an Verbrennungsmotoren hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emission erfordern Maßnahmen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs, z.B. durch eine Verlagerung des Motorbetriebspunktes in wirkungsgradgünstigere Kennfeldbereiche. In der Folge erhöht sich jedoch auch das thermo-mechanische Belastungskollektiv. Als Konstruktionswerkstoffe kommen daher vermehrt verschleißbeständige Sinterstähle zum Einsatz.

Zunächst erfolgt eine Identifikation von Schneidstoffsystemen, die eine prozesssichere Bearbeitung unter den gegebenen Randbedingungen ermöglichen. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse wird eine Prozesssimulation entwickelt, welche die Bearbeitung mit Stufenwerkzeugen in aufeinander folgenden Bearbeitungsoperationen simuliert. Einen signifikanten Einfluss auf den Mittenverlauf der geriebenen Bohrung hat die bisher unbeachtete Unsicherheit infolge der Neigung der Anbohrfläche, welche durch den Einsatz einer modifizierten Pilot-Reibahle mit Senkfase deutlich verringert werden kann. Die Länge der Dichtfläche des Ventilsitzes kann durch den Einsatz von Sekundärschneiden und Einstelladaptoren zur Minimierung des Rundlauffehlers robust gefertigt werden. Bei Berücksichtigung der vorgestellten Erkenntnisse kann die Prozesssicherheit unter Unsicherheit signifikant gesteigert werden.



Dr.-Ing. Christian Bölling

Schriftenreihe des PTW:  
Innovation Fertigungstechnik  
Shaker-Verlag, Aachen  
ISBN: 978-3-8440-6392-9

Anforderungsgerechte, modellbasierte Auslegung von Werkzeugsystemen zur mehrstufigen Bohrungsbearbeitung am Beispiel der Ventilführungs- und -sitzbearbeitung im Zylinderkopf

Experimentelle Untersuchung des Einsatzverhaltens von Schneidstoffsystemen

Modell zur Simulation von mehrstufigen Prozessen der Bohrungsfeinbearbeitung mittels Stufenwerkzeugen

Handlungsempfehlungen für die Auslegung und Gestaltung von Stufenwerkzeugen und Prozessketten



### Modellgestützte Prozessauslegung zum linearen Schafffräsen von tiefen Kavitäten in TiAl6V4-Verdichterscheiben



Dr.-Ing. Christian Hasenfratz

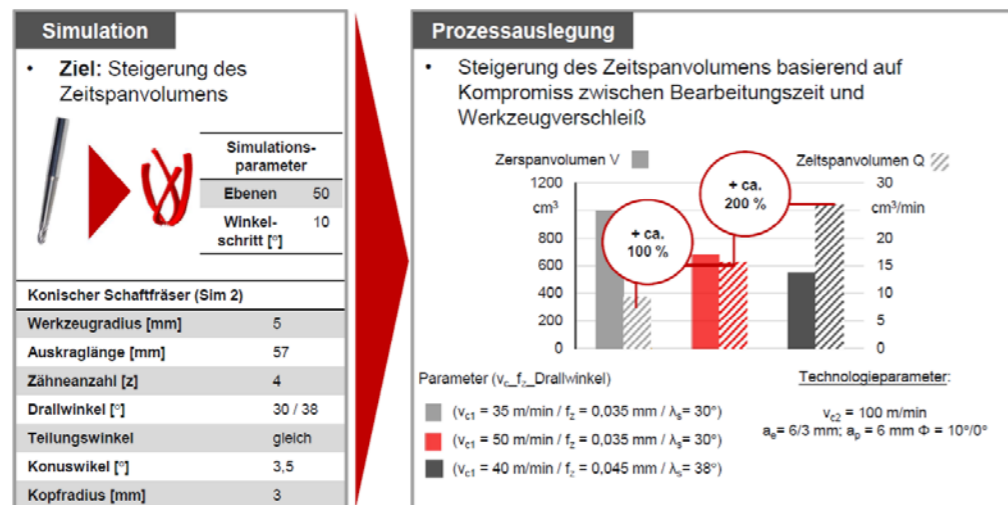
Schriftenreihe des PTW:  
Innovation Fertigungstechnik  
Shaker-Verlag, Aachen  
ISBN: 978-3-8440-6304-2

Die weltweit steigende Nachfrage nach interkontinentaler Mobilität führt zu einem stetigen Wachstum der Absatzzahlen von Verkehrsflugzeugen. Um die Betriebskosten zu senken, benötigen Fluggesellschaften effiziente Triebwerke, die zugleich die gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich des Emissionsverhaltens erfüllen. Eine Variante hierbei ist die Verwendung von Blisk-Verdichterscheiben. Die Bearbeitung von Blisk-Verdichterscheiben ist eine Schlüsseltechnologie und erfolgt vornehmlich durch spanabhebende Verfahren, wie zum Beispiel dem Fräsen, aus geschmiedeten Rundmaterial. Der Fertigungsprozess ist gekennzeichnet durch hohe Längen-Durchmesser-Verhältnisse der Werkzeuge, die zu einer Prozesslimitierung und geringen Prozesssicherheit beitragen.

Die technisch-wirtschaftliche Zielstellung der vorliegenden Arbeit ist die Steigerung des Zeitspanvolumens bei der fräsenden Bearbeitung von

Blisk-Verdichterscheiben unter Berücksichtigung der Nachfolgeprozesse. Die wirtschaftliche Zielstellung stellt hierbei den Zielkonflikt zwischen zulässigen Werkzeugverschleiß und kürzerer Bearbeitungszeit in den Fokus. Die technische Zielstellung hingegen basiert auf einer Analyse der Einfluss-Ursache-Wirkzusammenhänge. Hierbei steht das Prozessverständnis zum Einfluss der Werkzeugtechnologie und den auftretenden Störgrößen auf den Fertigungsprozess und deren Wechselwirkung im Fokus. Abschließend werden Handlungsempfehlungen für die Prozesssicherheit, die Werkzeuggeometrie und die Bearbeitungsstrategie abgeleitet.

Anwendungsergebnis der modellgestützten Prozessauslegung



### Analyse des Bewegungsverhaltens der Komponenten in Spindellagern mittels Hochgeschwindigkeitsvideographie

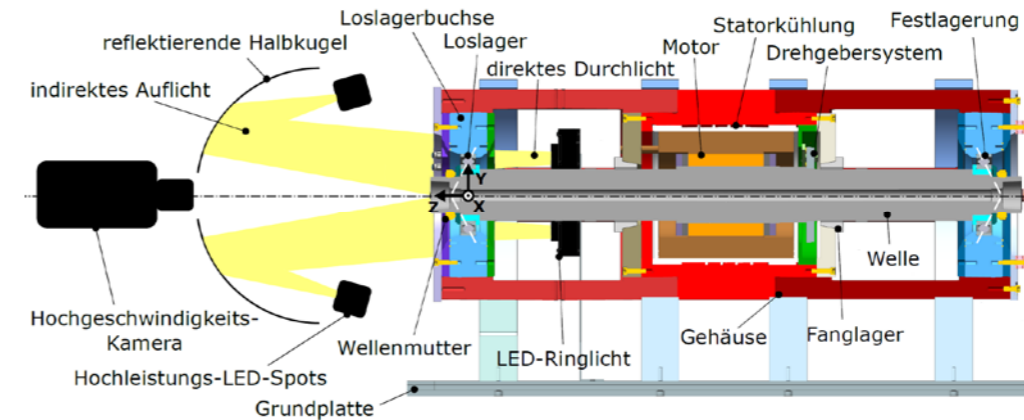
Die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit von Werkzeugmaschinen hängt entscheidend von der Qualität und Zuverlässigkeit der Motorspindel ab. Besonders der hochgenauen Lagerung kommt dabei eine entscheidende Rolle zu. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an die generelle Laufgüte der sogenannten Spindellager. Das Laufgeräusch wird dabei vom Kunden häufig als Qualitätsmerkmal herangezogen und erhöhte Laufgeräusche werden folglich als fehler- bzw. mangelhaft angesehen. Die Geräuschentwicklung, speziell beim sogenannten (Käfig-)Rasseln, ist noch nicht ausreichend erklärt und verstanden. Einer Betrachtung des Bewegungsverhaltens der Lagerkomponenten, insbesondere auch deren gegenseitigen Interaktionen, kommt daher eine entscheidende Bedeutung zu. Die in dieser Arbeit vorgestellte Methode ermöglicht die berührungslose Analyse

des Käfig- und des Kugelbewegungsverhaltens an unveränderten Spindellagern. Die Vergleiche verschiedener Einflussparameter wie Drehzahl, Vorspannung, Lagerkäfiggeometrie und Schmierung zeigten signifikante Unterschiede des Bewegungsverhaltens der Lagerkomponenten, speziell des Käfigs. Besonders interessant ist in diesem Kontext der Vergleich des sogenannten Käfigorbits eines stabil laufenden Lagers mit dem eines instabil laufenden. Bei letzterem konnten äußerst unerwartete Phänomene sichtbar gemacht werden.



Dr.-Ing. Lars Holland

Schriftenreihe des PTW:  
Innovation Fertigungstechnik  
Shaker-Verlag, Aachen  
ISBN: 978-3-8440-6075-1



Prüfstand zur Analyse des Bewegungsverhaltens von Spindellagerkomponenten



## Methode zur Reduktion maximaler elektrischer Lasten spanender Werkzeugmaschinen



Dr.-Ing. Philipp Schraml

Schriftenreihe des PTW:  
Innovation Fertigungstechnik  
Shaker-Verlag, Aachen  
ISBN: 978-3-8440-5833-8

Das Energiesystem in Deutschland befindet sich mitten im Wandel von konventionellen hin zu regenerativen Energieträgern. Diese Herausforderung kann nur gelingen, wenn auch auf der Verbraucherseite ein Umdenken stattfindet. So wird es in Zukunft für Unternehmen immer wichtiger werden, nicht nur die eingesetzte Energiemenge zu minimieren bzw. zu optimieren, sondern auch die Höhe der bezogenen Leistung sowie den Zeitpunkt des Leistungsbezugs möglichst flexibel zu gestalten.

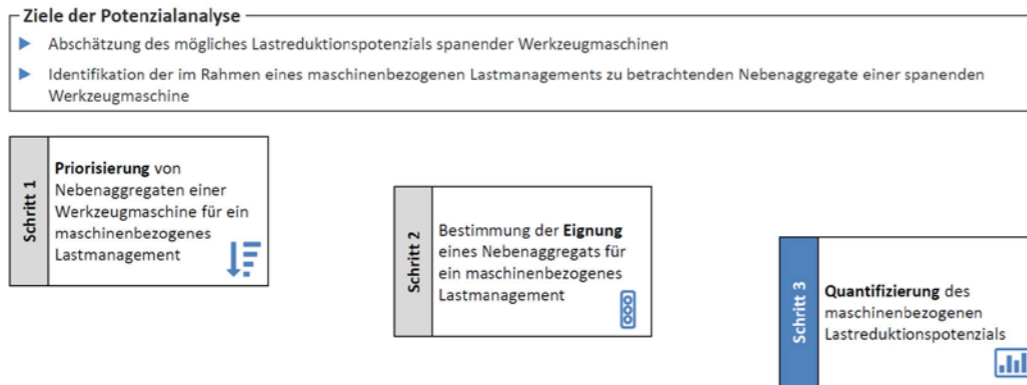
Bedingt durch die große Verbreitung spanender Werkzeugmaschinen in Deutschland bergen diese ein entsprechend großes Potenzial Lastspitzen unternehmensseitig zu reduzieren und somit einen positiven Beitrag für die Stabilität des Gesamtenergiesystems in Deutschland zu leisten.

Auftretende elektrische Lastspitzen bereits innerhalb einer spanenden Werkzeugmaschine zu minimieren ist die Zielstellung des Autors der vorliegenden Dissertation.

Hierzu wird zunächst ein Vorgehen aufgezeigt, welches es ermöglicht, das Lastreduktionspotenzial einer spanenden Werkzeugmaschine im Rahmen einer Potenzialanalyse zu quantifizieren. Darauf aufbauend wird ein maschinenbezogenes elektrisches Lastmanagement mit dem Ziel, das identifizierte Lastreduktionspotenzial zu heben, vorgestellt. Im Rahmen eines Fahrplanoptimierers wird zunächst ein lastminimaler Nebenaggregatefahrplan bestimmt. In diesem Zeitplan wird festgelegt, zu welchem Zeitpunkt im Bearbeitungsprozess welches Nebenaggregat aktiv bzw. nicht aktiv sein sollte. Der resultierende lastminimale Nebenaggregatefahrplan wird wiederum durch einen Betriebsoptimierer auf der zu optimierenden Werkzeugmaschine umgesetzt.

Abschließend zeigt der Autor mit einer beispielhaften Umsetzung das Leistungsvermögen eines maschinenbezogenen Lastmanagements auf.

Entwicklung einer Potenzialanalyse zur Abschätzung des möglichen Lastreduktionspotenzials spanender Werkzeugmaschinen



## Modellbasierte Methodik zur kompetenzorientierten Gestaltung von Lernfabriken für die schlanke Produktion

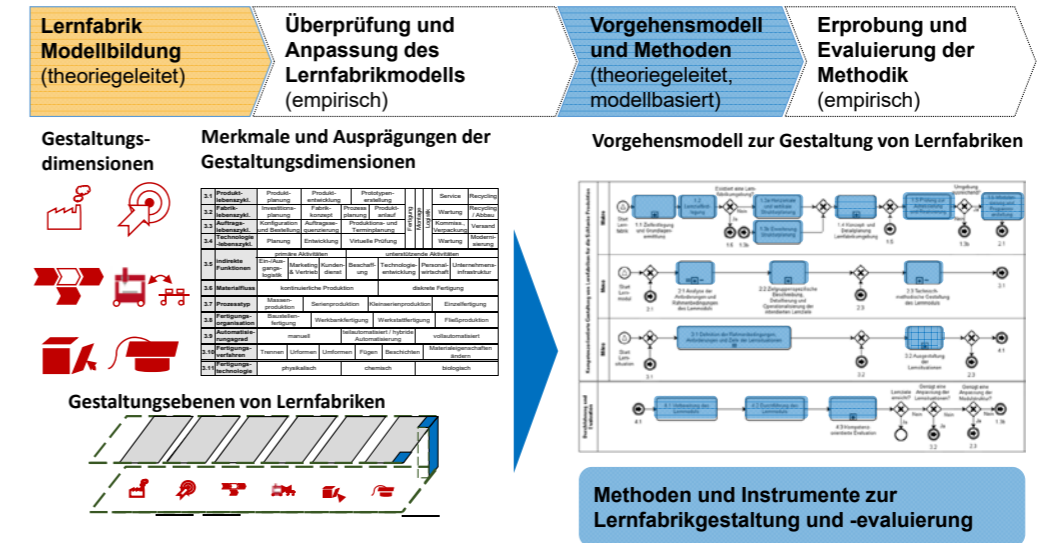


Dr.-Ing. Michael Tisch

Schriftenreihe des PTW:  
Innovation Fertigungstechnik  
Shaker-Verlag, Aachen  
ISBN: 978-3-8440-5824-6

In den vergangenen Jahren haben sich im Bereich der Produktionstechnik Lernfabriken als realitätsnahe und technologieadäquate Lernumgebungen in Universitäten und der Industrie etabliert, die erfahrbares Lernen ermöglichen und der Dynamik von Produktionsumgebungen gerecht werden. Im Rahmen von durchgeführten Studien führte der Lernfabrikansatz im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden zu besseren Ergebnissen sowohl wissensbezogen als auch in Bezug auf die Anwendung in Transfersituationen. Die aktuelle Gestaltungspraxis ist jedoch durch ein intuitives, nicht systematisches und wenig zielorientiertes Vorgehen geprägt. Auch ein erfolgreicher Aufbau der gewünschten Kompetenzen kann nicht nachverfolgt werden. Die vorliegende Arbeit adressiert

diese Lücke durch die Entwicklung einer modellbasierten Methodik zur systematischen, kompetenzorientierten Gestaltung von Lernfabriken, die die Konfiguration der Lernfabrikumgebung, die Gestaltung verschiedener Lernmodule sowie die Ausgestaltung einzelner Lernsituationen ermöglicht. Ebenso wird die Überprüfung der Zielerreichung innerhalb der Methodik verankert. Die anwenderfreundliche Methodik fokussiert hierbei Lernfabriken für den Themenbereich der schlanke Produktion. Die entwickelte Methodik wurde innerhalb von sechs Fallstudien mit Zielgruppen aus der Industrie erfolgreich erprobt.



Bestandteile der modellbasierten Methodik zur kompetenzorientierten Gestaltung von Lernfabriken für die schlanke Produktion



## Simulative Vorhersage und Analyse der Oberflächenrauheit beim Formelementfräsen von dünnwandigen ultrafeinkörnigen (UFG) Spaltprofilen



Dr.-Ing. Emrah Turan

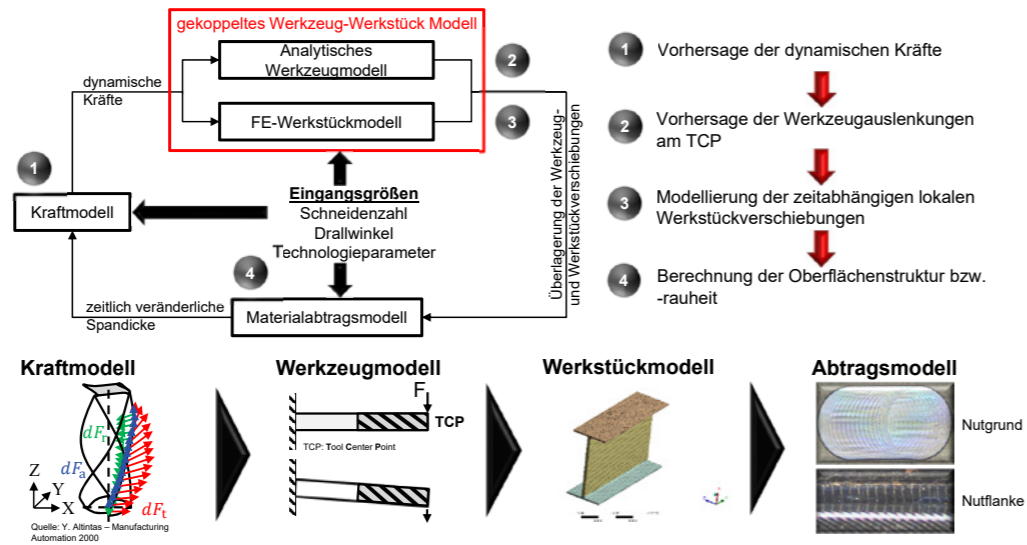
Schriftenreihe des PTW:  
Innovation Fertigungstechnik  
Shaker-Verlag, Aachen  
ISBN: 978-3-8440-6208-3

Im Zuge der zunehmenden Bedeutung der Leichtbauweise nehmen verzweigte Spaltprofilierbauteile aufgrund ihrer hohen Geometrievielfalt im Rahmen der Herstellung von profilartigen Bauteilen in Integralbauweise eine besondere Stellung ein. Die dabei erzeugten Spaltprofilflansche weisen prozessspezifische Gefüge- und Eigenschaftsgradienten, von konventionell kaltverfestigten bis hin zu ultrafeinkörnigen (UFG) Gefügen, auf. Der Einsatz der spanenden Bearbeitung ermöglicht dabei die Fertigung multifunktionaler Module, bestehend aus spaltprofilierten Bauteilen sowie innovativer Modulverbindungen, indem durch Materialabträge diskontinuierliche Form- und Funktionselemente in die Flansche, wie z.B. Bohrung oder Nut, integriert werden.

Das Kernziel der vorliegenden Arbeit ist daher unter Berücksichtigung der Kraft- und Schwingungsverhältnisse die experimentelle Analyse und Simulation der Oberflächenqualität beim Formelementfräsen von UFG Spaltprofilen. Zur

Zielerreichung wird ein ganzheitliches Prozessmodell, bestehend aus dem mechanistischen Zerspankraftmodell, dem analytischen Werkzeugmodell, dem FE-basierten Werkstückmodell sowie dem Materialabtragsmodell, zur simulativen Abbildung des dynamischen Formelementfräsprozesses aufgebaut. Die hierbei durchzuführenden experimentellen Untersuchungen dienen dabei im Wesentlichen zur Identifikation von Modellparametern sowie Kalibrierung und Verifizierung der Teilmodelle. Die genaue Approximation der Oberflächenstruktur der Formelemente erfolgt durch die Kopplung des Kraft-, Werkzeug- und Werkstückmodells basierend auf berechneten Zeitvarianten und positionsabhängigen Prozessgrößen. Dabei wird das Ziel verfolgt, durch die Auswahl geeigneter Technologie- und Werkzeugparameter eine Verbesserung der Oberflächengüte herbeizuführen.

Aufbau des ganzheitlichen Prozessmodells



## Koreferate

unter Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele:

**Erhardt, Maximilian**

Umformendes Pineinpressen – Grundlagen der Produkt- und Prozessgestaltung

**Heimrich, Felix**

Konzept zur Fertigungsprozessoptimierung und -überwachung getrieben durch eine produktspezifische Schließmaßtoleranz zur Reduzierung der Einzelteiltolerierung

**Monnerjahn, Vinzent**

Simultanes Umformen und Fügen im Fertigungsprozess Spaltprofilieren

**Peter, Manuel**

Unwuchtminimale Montage von Permanentmagnetrotoren durch modellbasierte Online-Optimierung

**Quurck, Lukas**

Fanglagerung magnetgelagerter Schwungmasenspeicher

**Tehrani, Arash Takimi**

Automation improvement of indirect gravure printing with a focus on the mechanical characteristics of silicone rubber pads

unter Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich:

**Christian Preusche**

Clusterbasierte Zustandsbewertung von technischen Systemen zur Unterstützung der prädiktiven Instandhaltung





## Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

### Artikel

**Altherr, Lena C. ; Brötz, N. ; Dietrich, Ingo ; Gally, Tristan ; Geßner, Felix ; Kloberdanz, Hermann ; Leise, Philipp ; Pelz, P. F. ; Schlemmer, Pia Dorothea ; Schmitt, Andreas :** *Resilience in Mechanical Engineering – A Concept for Controlling Uncertainty during Design, Production and Usage Phase of Load-Carrying Structures.*  
In: Applied Mechanics and Materials, Uncertainty in Mechanical Engineering III, Trans Tech Publications, Switzerland, 885 S. 187-198. ISSN 1662-7482

**Prell, Bastian ; Stoldt, Johannes ; Putz, Matthias ; Schlüter, Peter ; Szabo, Andrei ; Bergs, Christoph ; Unterberger, Eric ; Reihnhart, Gunther ; Moog, Daniel ; Flum, Dominik ; Abele, Eberhard Riedel, Ralph (ed.) :** *Simulation von Steuerungsmaßnahmen zum energieflexiblen Fabrikbetrieb.*  
In: Tagungsband, Vernetzt planen und produzieren – Smarte Produktion und digitale Vernetzung, Chemnitz, 24 S. 79-88. ISSN 0947-2495

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

**Weber, Thomas ; Strobel, Nina ; Kohne, Thomas ; Wolber, Jakob ; Abele, Eberhard :** *Realistic Modeling of a Combined Heat and Power Plant in the Context of Mixed Integer Linear Programming.*  
In: Proceedings, 7<sup>th</sup> DACH and Conference on Energy Informatics, Springer Open, 1 (1) S. 27. ISSN 2520-8942

**Weitzel, Timm ; Schneider, Maximilian ; Glock, Christoph H. ; Löber, Florian ; Rinderknecht, Stephan :** *Operating a Storage-Augmented Hybrid Microgrid Considering Battery Aging Costs.*  
In: Journal of Cleaner Production, 188 S. 638-654. ISSN 0959-6526

**Abele, Eberhard :** *Standardisierte Schnittstellen sind ein Muss.*  
In: Fertigungstechnik, Sonderausgabe: Smarte Zerspannung, x-technik, Wilhering S. 40.

**Haag, Sebastian ; Bauerdick, Christoph ; Campitelli, Alessio ; Anderl, Reiner ; Abele, Eberhard ; Schebek, Liselotte :** *A Framework for Self-Evaluation and Increase of Resource-Efficient Production through Digitalization.*  
In: Procedia CIRP, 51<sup>st</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems, Stockholm (Sweden), Elsevier B.V., 72 S. 850-855. ISSN 2212-8271

**Abele, Eberhard :** *WGP – Sprachrohr der Produktionswissenschaft.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (1/2) S. 1. ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Ali, Fares ; Bretz, Andreas ; Lorenz, Imke ; Schulte, Fiona ; Sperling, Ann ; Tichi, Benedikt :** *Einsatz von CFK-Komponenten in Werkzeugmaschinen – Entwicklung eines Schlittens einer Portalfräsmaschine.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (10) S. 718-723. ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Baier, Christian ; Tepper, Cornelia :** *Zerspanung mit Industrierobotern.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (6) S. 429-435. ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Berger, Matthias ; Ali, Fares :** *Auszugverhalten von Schaftfräsern.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (5) S. 353-358. ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Dohnal, Fadi ; Feulner, Michael ; Sielaff, Tilo ; Daume, Christian :** *Numerical Investigation of Chatter Suppression via Parametric Anti-Resonance in a Motorized Spindle unit During Milling.*  
In: Production Engineering : WGP, Springer Verlag, Heidelberg, 12 (Issue 3-4) S. 309-317. ISSN 0944-6524

**Abele, Eberhard ; Geßner, Felix :** *Spanungsquerschnittmodell zum Gewindebohren.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (1/2) S. 2-6. ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Heep, Thomas ; Bickert, Christian ; Pyttel, Brita ; Kirilov, Kiril :** *Additiv hergestellter Drehklemmhalter.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (1/2) S. 100-106. ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Lautenschläger, Nils :** *Laterale Pendelschwingungen beim Reiben.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (1/2) S. 31-38. ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Meinhard, Adrian ; Volz, Marcel :** *Null-Grat-Geometrie als Ziel.*  
In: Werkstatt + Betrieb : WB, Carl Hanser Verlag, München, 151 (12) S. 42-45. ISSN 0043-2792

**Abele, Eberhard ; Scherer, Timo ; Schmidt, Eric :** *Strukturoptimierte Zerspanungswerkzeuge.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (6) S. 435-440. ISSN 1436-4980

**Abele, Eberhard ; Scherer, Timo ; Schmidt, Eric :** *Strukturoptimierte Zerspanungswerkzeuge.*  
In: VDI-Z Integrierte Produktion, Springer VDI Verlag, Düsseldorf (II) S. 55-58.

**Abele, Eberhard ; Schützer, Klaus ; Güth, Sebastian ; Meinhard, Adrian :** *Deburring of Cross-Drilled Holes with Ball-End Cutters – Modeling the Tool Path.*  
In: Production Engineering : WGP, Springer Verlag, Heidelberg, 12 S. 25-33. ISSN 0944-6524

**Abele, Eberhard ; Weber, Markus ; Daume, Christian :** *Spindelwälzlagerbelastung beim trochoiden Fräsen.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (10) S. 730-735.

**Abele, Eberhard ; Weber, Thomas ; Flum, Dominik ; Panten, Niklas ; Sossenheimer, Johannes ; Fuertjes, Tobias :** *A Kalman-Filter-Based Disaggregation Approach for Sensor Reduced Energy Monitoring on Component Level of Machine Tools.*  
In: Proceedings, 14<sup>th</sup> International Conference on High Speed Machining, San Sebastian (Spain)

**Bauerdick, Christoph ; Helfert, Mark ; Petruschke, Lars ; Sossenheimer, Johannes ; Abele, Eberhard :** *An Automated Procedure for Workpiece Quality Monitoring Based on Machine Drive-Based Signals in Machine Tools.*  
In: Procedia CIRP, 51<sup>st</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems, Stockholm (Sweden), Elsevier B.V., 72 S. 526-532. ISSN 2212-8271

**Bosch, Eva ; Metternich, Joachim :** *Understanding and Assessing Complexity in Cutting Tool Management.*  
In: Procedia CIRP, 51<sup>st</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems, Stockholm (Sweden), Elsevier B.V., 72 S. 1499-1504. ISSN 2212-8271

**Bretz, Andreas ; Geßner, Felix ; Öztürk, Turgul ; Rinn, Christian ; Abele, Eberhard :** *Adjustment of Axis Offset Errors during Reaming.*  
In: Applied Mechanics and Materials, Trans Tech Publications, Switzerland, 885 S. 267-275. ISSN 1662-7482

**Busse, Alexander ; Lauer, Jonas ; Metternich, Joachim :** *Nutzenorientierter Einsatz digitaler Systeme zur Prozessüberwachung Implementierungsansatz zur Umsetzung „digitaler Services“ in der Instandhaltung mit Hilfe maschinellen Lernens.*  
In: PRODUCTIVITY Management, GITO Verlag, Berlin, 23 (1) S. 28-31. ISSN 1868-8519

**Bölling, Christian ; Abele, Eberhard :** *Simulation of Multi-Stage Fine Machining Processes at the Example of Valve Guide and Valve Seat.*  
In: Applied Mechanics and Materials, Uncertainty in Mechanical Engineering III, Trans Tech Publications, Switzerland, 885 S. 255-266. ISSN 1662-7482

**Bölling, Christian ; Hoppe, Florian ; Geßner, Felix ; Knoll, Maximilian ; Abele, Eberhard ; Groche, Peter :** *Fortpflanzung von Unsicherheit in Prozessketten.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (1/2) S. 82-88. ISSN 1436-4980

**Dejkun, Vitali ; Mischliwski, Stefan ; Abele, Eberhard :** *Globale Oberflächenoptimierung beim Fräsen.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (7/8) S. 499-505. ISSN 1436-4980

**Dietrich, Ingo ; Hedrich, Philipp ; Bölling, Christian ; Brötz, Nicolas ; Geßner, Felix ; Pelz, Peter F. :**  
*Concept of a Resilient Process Chain to Control Uncertainty of a Hydraulic Actuator.*  
In: Applied Mechanics and Materials, Uncertainty in Mechanical Engineering III, Trans Tech Publications, Switzerland, 885 S. 156-169. ISSN 1662-7482

**Enke, Judith ; Glass, Rupert ; Kreß, Antonio ; Hambach, Jens ; Tisch, Michael ; Metternich, Joachim :**  
*Industrie 4.0 – Competencies for a Modern Production System.*  
In: Procedia Manufacturing, 8<sup>th</sup> CIRP Conference on Learning Factories, Patras (Greece), Elsevier B.V., 23 S. 267-272. ISSN 2351-9789

**Flick, Dominik ; Kuschicke, Felix ; Schweikert, Marcelo ; Thiele, Thomas ; Panten, Niklas ; Thiede, Sebastian ; Herrmann, Christoph :**  
*Ascertainment of Energy Consumption Information in the Age of Industrial Big Data.*  
In: Procedia CIRP, 51<sup>st</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems, Stockholm (Sweden), Elsevier B.V., 72 S. 202-208. ISSN 2212-8271

**Flum, Dominik ; Abele, Eberhard ; Reidel, Oliver :**  
*Model-Based Planning of Energy Flexible Technical building Services in Production Plants to Integrate Variable Renewable Energies.*  
In: Procedia CIRP, 25<sup>th</sup> CIRP Life Cycle Engineering Conference, Copenhagen (Denmark), Elsevier B.V., 69 S. 354-359. ISSN 2212-8271

**Geßner, Felix ; Bölling, Christian :**  
*Qualität im Vergleich.*  
In: Werkstatt + Betrieb : WB, Carl Hanser Verlag, München, 151 (6) S. 47-49. ISSN 0043-2792

**Glass, Rupert ; Meißner, Alyssa ; Gebauer, Christoph ; Stürmer, Sandra ; Metternich, Joachim :**  
*Identifying the Barriers to Industrie 4.0.*  
In: Procedia CIRP, 51<sup>st</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems, Stockholm (Sweden), Elsevier B.V. S. 985-988. ISSN 2212-8271

**Glass, Rupert ; Miersch, Philipp ; Metternich, Joachim :**  
*Influence of Learning Factories on Students' Success – a Case Study.*  
In: Procedia CIRP, 6<sup>th</sup> CIRP Global Web Conference – Envisaging the Future Manufacturing, Design, Technologies and Systems in Innovation Era, Elsevier B.V., 78 S. 155-160. ISSN 2212-8271

**Hartmann, Lukas ; Meudt, Tobias ; Seifermann, Stefan ; Metternich, Joachim :**  
*Value Stream Method 4.0: Holistic Method to Analyse and Design Value Streams in the Digital Age.*  
In: Procedia CIRP, 6<sup>th</sup> CIRP Global Web Conference – Envisaging the Future Manufacturing, Design, Technologies and Systems in Innovation Era, Elsevier B.V., 78 S. 249-254. ISSN 2212-8271

**Hartmann, Lukas ; Meudt, Tobias ; Seifermann, Stefan ; Metternich, Joachim :**  
*Wertstromdesign 4.0 – Gestaltung schlanker Wertströme im Zeitalter von Digitalisierung und Industrie 4.0.*  
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb : ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 113 (6) S. 393-397. ISSN 0947-0085

**Helfert, Mark ; Kohne, Thomas ; Petruschke, Lars ; Burkhardt, Max ; Abele, Eberhard :**  
*Energieeffiziente Kühlung durch Einsatz innovativer Aggregate.*  
In: Werkstatt + Betrieb : WB, Carl Hanser Verlag, München, 151 (9) S. 218-220. ISSN 0043-2792

**Keller, Thimo ; Akin, Mahir ; Metternich, Joachim :**  
*Wertstromorientierte Informationsbedarfsanalyse – Identifikation von Einsatzmöglichkeiten digitaler Assistenz in der Produktion entlang des Wertstroms.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (3) S. 113-117.

**Link, Martin ; Haefele, Tobias ; Abele, Eberhard :**  
*Examination of the Connection between Selective Laser-Melted Components Made of 316L Steel Powder on Conventionally Fabricated Base Bodies.*  
In: Proceedings, 29<sup>th</sup> Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference, Austin, Texas (USA) S. 403-410.

**Meißner, Alyssa ; Hertle, Christian ; Metternich, Joachim :**  
*Digitales Shopfloor Management – Ihr Weg zur vernetzten Fabrik.*  
In: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb : ZWF, Carl Hanser Verlag, München, 113 S. 281-284. ISSN 0947-0085

**Meißner, Alyssa ; Müller, Marvin ; Hermann, Alexander ; Metternich, Joachim :**  
*Digitalization as a Catalyst for Lean Production: A Learning Factory Approach for Digital Shop Floor Management.*  
In: Procedia Manufacturing, 8<sup>th</sup> CIRP Conference on Learning Factories, Patras (Greece), Elsevier B.V., 23 S. 81-86. ISSN 2351-9789

**Meister, Maximilian ; Böing, Tobias ; Batz, Svenja ; Metternich, Joachim :**  
*Problem-Solving Process Design in Production: Current Progress and Action Required.*  
In: Procedia CIRP, 6<sup>th</sup> CIRP Global Web Conference – Envisaging the Future Manufacturing, Design, Technologies and Systems in Innovation Era, Elsevier B.V., 78 S. 376-381. ISSN 2212-8271

**Metternich, Joachim ; Schuh, Günther ; Enke, Judith ; Molitor, Marco ; Kreß, Antonio ; Schlosser, Tino ; Gerschner, Katharina ; Goppold, Marvin :**  
*Reifegradbasierte Auditierung von Weiterbildungsmaßnahmen in Lernfabriken.*  
In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 113 (10) 641-646. ISSN 0947-0085

**Panten, Niklas ; Strobel, Nina ; Sossenheimer, Johannes ; Abele, Eberhard :**  
*Framework for an Energy Efficient and Flexible Automation Strategy and Control Optimization Approach of Supply Systems within a Thermally-Linked Factory.*  
In: Procedia CIRP, 51<sup>st</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems, Stockholm (Sweden), Elsevier B.V., 72 S. 526-532. ISSN 2212-8271

**Praetzas, Christopher ; Mayr, Johannes ; Tepperneegg, Tamara ; Nemetz, Andreas ; Haas, Franz :**  
*Höhere Prozesssicherheit durch sensorintegrierte Werkzeuge.*  
In: Werkstatt + Betrieb : WB, Carl Hanser Verlag, München, 151 (10) S. 22-26. ISSN 0043-2792

**Praetzas, Christopher ; Tepperneegg, Tamara ; Mayr, Johannes ; Czettel, Christoph ; Schäfer, Jonathan ; Abele, Eberhard :**  
*Comparison of Tool Core Temperature and Active Force in Milling of Ti6Al4V under different Cooling Conditions.*  
In: Procedia Manufacturing, 18<sup>th</sup> Machining Innovations Conference for Aerospace Industry, Garbsen, Elsevier B.V, 18 S. 81-88. ISSN 2351-9789

**Praetzas, Christopher ; Tepperneegg, Tamara ; Mayr, Johannes ; Czettel, Christoph ; Schäfer, Jonathan ; Abele, Eberhard :**  
*Investigation of Tool Core Temperature and Mechanical Tool Load in Milling of Ti6Al4V.*  
In: Procedia CIRP, Conference on High Performance Cutting, Elsevier B.V, 77 S. 118-121. ISSN 2212-8271

**Schützer, Klaus ; Abele, Eberhard ; Meinhard, Adrian ; Donnelly, Julia :**  
*Deburring of Complex-Shaped Drilling Intersections: A Numerical Method for Modelling the Tool Path.*  
In: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer London, 100 S. 1-13. ISSN 0268-3768

**Seifermann, Stefan ; Jörg, Böllhoff ; Schaede, Carsten ; Kutzen, Michael ; Metternich, Joachim :**  
*Novel Method to Systematically Implement Lean Production in Machining Areas.*  
In: Procedia CIRP, 6<sup>th</sup> CIRP Global Web Conference – Envisaging the Future Manufacturing, Design, Technologies and Systems in Innovation Era, Elsevier B.V., 78 S. 61-66. ISSN 2212-8271

**Stanula, Patrick ; Metternich, Joachim ; Keller, Thimo ; Glockseisen, Thomas :**  
*Strategischer Ansatz zur Umsetzung der Losgröße 1. Stufenweises Vorgehen zur Implementierung dezentraler Steuerungssysteme in Kombination mit additiven Fertigungsverfahren.*  
In: Industrie 4.0 Management, GITO Verlag, Berlin, 34 (1) S. 31-35. ISSN 1434-1980

**Stanula, Patrick ; Ziegenbein, Amina ; Metternich, Joachim :**  
*Machine Learning Algorithms in Production: A Guideline for Efficient Data Source Selection.*  
In: Procedia CIRP, 6<sup>th</sup> CIRP Global Web Conference – Envisaging the Future Manufacturing, Design, Technologies and Systems in Innovation Era, Elsevier B.V., 78 S. 261-266. ISSN 2212-8271

**Strobel, Nina ; Abele, Eberhard :**  
*Decentral Control Strategies for Demand-Side Management by Industrial Heating and Cooling Devices with Discontinuous Operation Mode.*  
In: Procedia CIRP, 25<sup>th</sup> CIRP Life Cycle Engineering Conference, Copenhagen (Denmark), Elsevier B.V., 69 S. 360-365. ISSN 2212-8271

**Volz, Marcel ; Abele, Eberhard :**  
*Spannungsquerschnittmodell für Bohrprozesse.*  
In: Werkstattstechnik online : wt, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 108 (1/2) S. 45-50. ISSN 1436-4980



## Reports

**Bauerdick, Christoph ; Fertig, Alexander ; Wöhrle, Sonja ; Abele, Eberhard :**  
*Untersuchung der Möglichkeiten einer Online-Qualitätsüberwachung (Quality Monitoring) basierend auf Maschinendaten.*

**Wank, Andreas ; Thümmel, Christoph ; Suchanek, Kai ; Metternich, Joachim :**  
*Anforderungen an eine Methode zur Aufnahme AutoID-relevanter Prozess- und Produktmerkmale in der Produktion.*

**Bauerdick, Christoph ; Fischer, Benjamin ; Hahn, Moritz ; Knöller, Philipp ; Schönherr, Josef ; Abele, Eberhard :**  
*Charakterisierung und Modellierung von Bauteilfehlern – Qualitätsüberwachung.*

**Wank, Andreas ; Krüger, Jon ; Stähle, Justus ; Metternich, Joachim :**  
*Flächenauswahlprozess und dynamische Optimierung zur Ermittlung von wertstromdurchgängigen Autoidentifikationstechnologien.*

**Hertle, Christian ; Meißner, Alyssa ; Haase, Eileen ; Jokovic, Benjamin ; König, Christina ; Sobbe, Eileen ; Tisch, Michael ; Bruder, Ralph ; Metternich, Joachim ; Tenberg, Ralf ; Seel, Sascha ; Zetker, Harald ; Hendrich, Corinna ; Ardel, Thomas ; Jäger, Manfred :**  
*Zielgerichtete, altersstrukturgerechte Vermittlung arbeitsplatzbezogener Kompetenzen durch Lernfabriken.*

## Konferenz- oder Workshop-Beitrag

**Kreß, Antonio :**  
*Concept of the Process Learning Factory CiP.*  
In: Webinar zur re:publica, 02. Mai 2018, Berlin.

**Abele, Eberhard ; Bretz, Andreas ; Metternich, Joachim ; Wank, Andreas :**  
*Industrie 4.0 – Introduction, Challenges and Chances for Cutting Industry.*  
In: 14<sup>th</sup> International Conference on High Speed Machining, April 17<sup>th</sup>–18<sup>th</sup>, 2018 San Sebastian (Spain).

**Abele, Eberhard ; Heep, Thomas :**  
*Application of Cryogenic Carbon Dioxide in Machining of CGI using an Additively Manufactured Turning Tool.*  
In: 14<sup>th</sup> International Conference on High Speed Machining, April 17<sup>th</sup>–18<sup>th</sup>, 2018, San Sebastian (Spain).

**Anderl, Reiner ; Wang, Yübo ; Xudong, Chai ; Metternich, Joachim ; Kreß, Antonio ; Bayer, Christian ; Hopfensitz, Anja :**  
*Cloud-basierte intelligente Produktion in Lernfabriken – Forschungsprojekt CaMPuS.*  
In: Zweites Deutsch-Chinesischen Industrie 4.0-Symposium zur Intelligenten Fertigung und Vernetzung der Produktionsprozesse, November 19<sup>th</sup>–20<sup>th</sup>, 2018, Peking (China).

**Baier, Christian :**  
*Process and Software Chain for Combined Laser Cladding and Milling in Robot Systems.*  
In: International Laser Symposium & International Symposium „Tailored Joining“, Februar 27–28, 2018, Dresden.

**Bauerdick, Christoph :**  
*Energy 4.0 – Monitoring & Control, The ETA-Factory.*  
In: PONTI 2018 – Energy Efficiency in Manufacturing in the 4.0 Era, October 4<sup>th</sup>–5<sup>th</sup>, 2018, Bolzano (Italy).

**Enke, Judith ; Glass, Rupert ; Kreß, Antonio ; Hambach, Jens ; Tisch, Michael ; Metternich, Joachim :**  
*Industrie 4.0 – Competencies for a Modern Production System.*  
In: 8<sup>th</sup> CIRP Conference on Learning Factories, April 12<sup>nd</sup>–13<sup>th</sup>, 2018, Patras (Greece).

**Klünsner, Thomas ; Praetzas, Christopher ; Liu, Wenqi :**  
*Produktive Titanerspannung durch Temperaturanalyse im Werkzeug und Werkstück.*  
In: Production Engineering, 13. September 2018, Graz (Österreich).

**Metternich, Joachim :**  
*Identification of Right Sized Digital Assistance Systems to Increase Worker Flexibility.*  
In: CIRP Winter Meeting, STC O Technical Presentations, February 22<sup>nd</sup>, 2018, Paris (France).

**Metternich, Joachim :**  
*Industrie 4.0 trifft Lean.*  
In: Vorstellung des VDMA Leitfadens beim VDMA 08. Juni 2018, Frankfurt.

**Metternich, Joachim :**  
*Lean 4.0 – einige Hypothesen zur Zukunft der schlanken, digitalen Produktion.*  
In: Treffen des Unternehmerkreises bei Ringspann, 17. Februar 2018, Oberursel.

**Metternich, Joachim :**  
*Lean 4.0? Mit schlanker Produktion ins digitale Zeitalter!*  
In: Management Circle Tagung „Production Systems“, 19. Juni 2018, Stuttgart.

**Metternich, Joachim :**  
*Lernfabriken für Forschung und Praxis – ein internationaler Ansatz.*  
In: Open Lab Day, 9. Oktober 2018, Wien (Österreich).

**Metternich, Joachim :**  
*Lernfabriken zur Vermittlung produktionsbezogener Kompetenzen.*  
In: VDMA-Initiative „Maschinenhaus“, 25. Juni 2018, Frankfurt.

**Metternich, Joachim :**  
*Selbstzweck Condition Monitoring? Was tun mit den Daten?!*  
In: Staufen Best Practice Day, 3. Juli 2018, Darmstadt.

**Metternich, Joachim ; Hartmann, Lukas ; Meudt, Tobias :**  
*Lean Management trifft Industrie 4.0.*  
In: Vorstellung des VDMA Leitfadens auf der Hannover-Messe, 23. April 2018.

**Panten, Niklas :**  
*Energieflusssteuerung in der thermisch vernetzten Produktion.*  
In: Kolloquium „Wärmewende“, 25. Februar 2018, Hochschule Darmstadt.

**Pfeiffer, Guido ; Abele, Eberhard :**  
*A New Approach in Evaluating Methods for the Compensation of Structural, Load Dependent Deflections in Machine Tools.*  
In: 14<sup>th</sup> International Conference on High Speed Machining, April 17<sup>th</sup>–18<sup>th</sup>, 2018 San Sebastian (Spain).

**Praetzas, Christopher :**  
*Inconel – Mit der richtigen Beschichtung zum Erfolg.*  
In: Eröffnung Oerlikon Balzers, 18. April 2018, Bielefeld.

**Seifermann, Stefan :**  
*Das Kopernikus-Projekt SynErgie.*  
In: Projektausschusssitzung Kopernikus-Projekt ENSURE, 8. März 2018, Karlsruhe.

**Seifermann, Stefan :**  
*Demand-Side Management in der Industrie zwischen Wunsch und Wirklichkeit.*  
In: 10. Darmstädter Energiekonferenz, 1. März 2018, Darmstadt.

**Seifermann, Stefan :**  
*Ein Jahr Kopernikus-Projekt SynErgie.*  
In: P2X-Tag, 24. Januar 2018, Frankfurt.

**Seifermann, Stefan :**  
*Synchronization and Adjustment of Industrial Processes to a Volatile Energy Supply.*  
In: Annual Meeting of the American Association for the Advancement of Sciences, February 17<sup>th</sup>, 2018, Austin, Texas (USA).

**Völker, Daniel ; Walther, Jessica :**  
*PHI-Factory – Flexible Fabriknetzführung.*  
In: VDE Tec Summit, 13. und 14. November 2018, Berlin.

**Wagner, Maximilian ; Heep, Thomas :**  
*Neuartige Ansätze für die Bearbeitung schwer zerspanbarer Werkstoffe – Einfluss auf das Verschleißverhalten hartmetall-basierter Schneidstoffe in Abhängigkeit der Kühlschmierstrategie.*  
In: Oemeta – KSS Workshop, 13. September 2018, Metzingen.

**Wang, Yübo ; Kreß, Antonio ; Bayer, Christian ; Keller, Thimo ; Anderl, Reiner ; Metternich, Joachim :**  
*Research Project CaMPuS, Toolbox Industrie 4.0 – Selected Chinese Enterprise – Current Production Status.*  
In: World Intelligent Manufacturing Summit, October 13<sup>th</sup>, 2018, Nanjing (China).

## PTWissenswert

Ausgabe Nr. 51, Juli  
Ausgabe Nr. 52, Dezember

unter: [www.ptwissenswert.de](http://www.ptwissenswert.de) können Sie unsere Newsletter downloaden.



## Buch

**Abele, Eberhard ; Metternich, Joachim ; Tisch, Michael (eds.) :**  
*Learning Factories – Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples.*  
Springer International Publishing,  
S. 464. ISBN 978-3-319-92260-7

**Abele, Eberhard ; Schneider, Jens ; Beck, Martin ; Andreas, Maier (eds.) :**  
*ETA – die Modell-Fabrik, Energieeffizienz weiter gedacht.*  
Darmstadt, S. 64. ISBN 978-3-00-059397-0

**Metternich, Joachim ; Meudt, Tobias ; Hartmann, Lukas:**  
*Leitfaden Industrie 4.0 trifft Lean – Wertschöpfung ganzheitlich steigern.*  
VDMA, Frankfurt am Main, S. 38.  
ISBN 978-3-8163-0721-1

## Buchkapitel

**Busse, Alexander ; Metternich, Joachim ; Abele, Eberhard ; Schmitt, Robert ; Schuh, Günther (eds.) :**  
*Evaluating the Benefits of Predictive Maintenance in Production: A Holistic Approach for Cost-Benefit-Analysis.*  
In: Advances in Production Research, Proceedings of the 8<sup>th</sup> Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP). Springer, Cham, S. 690-704. ISBN 978-3-030-03451-1

**Ziegenbein, Amina ; Stanula, Patrick ; Metternich, Joachim ; Abele, Eberhard Schmitt, Robert ; Schuh, Günther (eds.) :**  
*Machine Learning Algorithms in Machining: A Guideline for Efficient Algorithm Selection.*  
In: Advances in Production Research, Proceedings, 8<sup>th</sup> Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP). Springer, Cham, S. 288-299.  
ISBN 978-3-030-03451-1

**Abele, Eberhard ; Schraml, Philipp ; Beck, Martin ; Flum, Dominik ; Eisele, Christian ; Thiede, Sebastian ; Herrmann, Christoph (eds.) :**  
*Two Practical Approaches to Assess the Energy Demand of Production Machines.*  
In: Eco-Factories of the Future. Springer Nature, S. 127-146. ISBN 978-3-319-93729-8

**Flum, Dominik ; Burkhardt, Max ; Moog, Daniel ; Sossenheimer, Johannes ; Sanchez, Jose ; Abele, Eberhard Schmitt, Robert ; Schuh, Günther (eds.) :**  
*Tool for Simulation-Based Planning of Energy-Optimised Cooling Supply System Configuration for Manufacturing Facilities.*  
In: Advances in Production Research, Proceedings, 8<sup>th</sup> Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP). Springer, Cham, S. 510-521. ISBN 978-3-030-03451-1

**Merschroth, Holger ; Meiniger, Steffen ; Abele, Eberhard Schmitt, Robert ; Schuh, Günther (eds.) :**  
*Examination of Discretised Mini-Channel Elements for the Transport of Air Manufactured by Selective Laser Melting.*  
In: Advances in Production Research, Proceedings, 8<sup>th</sup> Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP). Springer, Cham, S. 624-636.  
ISBN 978-3-030-03451-1

**Metternich, Joachim ; Hertle, Christian ; Tisch, Michael ; Jokovic, Benjamin ; König, Christina ; Bruder, Ralph ; Weber, Claudia ; Tenberg, Ralf ; Ardel, 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, S. 73-87. ISBN 978-3-662-54955-1

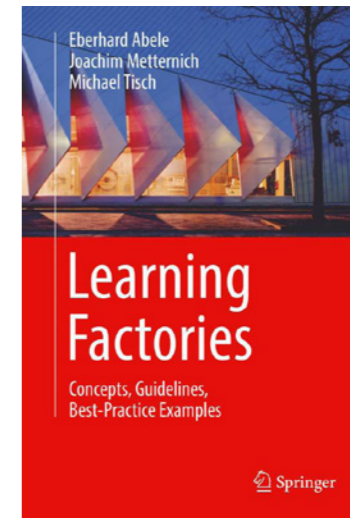
**Oechsner, Matthias ; Hanson, Jutta ; Schneider, Jens ; Abele, Eberhard ; Beck, Martin ; Schraml, Philipp ; Conci, Mira ; Worms, Martin J. ; Radermacher, Franz J. (eds.) :**  
*Effizienzsteigernde Vernetzung an der Technischen Universität Darmstadt.*  
In: Klimaneutralität – Hessen 5 Jahre weiter. Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 273-283.  
ISBN 978-3-658-20605-5

**Volz, Marcel ; Abele, Eberhard Schmitt, Robert ; Schuh, Günther (eds.) :**  
*Innovative Chuck with Integrated Rotary Feed-Through for Drilling Process with Application of Cryogenic Cooling.*  
In: Advances in Production Research, Proceedings of the 8<sup>th</sup> Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP). Springer Cham, S. 278-287. ISBN 978-3-030-03451-1

**Learning Factories**  
Concepts, Guidelines,  
Best-Practice Examples

Eberhard Abele  
Joachim Metternich  
Michael Tisch

Springer International Publishing  
ISBN: 978-3-319-92260-7



**ETA – die Modell-Fabrik**  
Energieeffizienz weiter gedacht

Eberhard Abele  
Jens Schneider  
Martin Beck  
Andreas Maier

Darmstadt  
ISBN: 978-3-00-059397-0



**Leitfaden Industrie 4.0 trifft Lean**  
Wertschöpfung ganzheitlich steigern

Joachim Metternich  
Tobias Meudt  
Lukas Hartmann

VDMA, Frankfurt am Main  
ISBN: 978-3-8163-0721-1





## Mitarbeit in Gremien

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

**Best Professional Supplier**  
» *Vorsitzender der Jury*  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie**  
» *Kurator Forschungsfeld Energieeffizienz in  
Industrie und Gewerbe*  
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

**Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0**  
» *Sprecher*  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

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

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

**Wissenschaftliche Gesellschaft für  
Produktionstechnik (WGP)**  
» *Vizepräsident*  
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, so dass er aktuell aus 114 persönlichen Mitgliedern und 2 Firmenmitgliedschaften besteht. Über 90 % aller promovierten PTW-Absolvierenden traten in den letzten Jahren dem VdF bei.

*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. Heinse



**Jochen Schledt**  
Finanzen und Administration  
06151 16-20083  
j.schledt@ptw.tu-darmstadt.de





In der ETA-Fabrik erleben Studierende die Energieforschung hautnah anhand einer realen Produktionsumgebung

(Bild: T. Gessner, M. Wittenborn)



## Vorlesungen und Tutorien

### Unsere Lehrveranstaltungen für Studierende

	Titel	Inhalte	Dozent	
Vorlesungen	Automatisierung in der Fertigung 4 CPs	Automatisierung in der Fertigungstechnik, Industrieroboter in der Fertigung, Verkettung von Fertigungssystemen	Prof. M. Weigold	
	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	
	Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion 4 CPs	Grundlagen sowie aktuelle Erkenntnisse zur Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Industrie	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	
	Management industrieller Produktion 4 CPs	Abläufe und Organisationsstrukturen in Industrieunternehmen. Schwerpunkt: Technische Unternehmensbereiche, Forschung und Entwicklung, Arbeitsvorbereitung, Produktionsdurchführung	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	Prof. R. J. Ahlers	
	Technologie der Fertigungsverfahren 6 CPs	Methoden und Ziele der Fertigungstechnik: Grundlagen der Fertigungsverfahren Urformen, Umformen, Trennen, Abtragen und Fügen; Anwendungsbeispiele, Grundlagen Fabrikbetrieb	Prof. M. Weigold	
	Technologie und Management im Werkzeug- und Formenbau 4 CPs	Fertigungsverfahren für den Werkzeug- und Formenbau. Technologiemanagement und Organisation des Formenbaus	Dr.-Ing. A. Daniel	
	Vernetzte Produktions- entstehungsprozesse 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	
	Werkzeugmaschinen und Industrieroboter 8 CPs	Zerspanungstheorie, Zerspanungspraxis, Auslegung von modernen Werkzeugmaschinen, Werkzeugmaschinenkomponenten, Produktionskonzepte, Grundlagen Industrieroboter	Prof. M. Weigold	
	Tutorien	CAD-/CAM-Prozesskette in der Prozesslernfabrik CiP 4 CPs	Einführung Manufacturing-Modul von NX, Vermittlung von Grundlagen, Methoden und Techniken bei der Erzeugung von NC-Steuerdaten, Einführung Techniken von CAM, Auswahl von Technologiedaten, Strategien, Werkzeuge	Prof. J. Metternich und MitarbeiterInnen
		Grundlagen der Roboterprogrammierung 4 CPs	Grundlegende Fähigkeiten zu erlangen, die zum Programmieren eines 6-Achs-Robotersystems nötig sind	Prof. M. Weigold und Mitarbeiter
		Sequenzfertigung in der Prozesslernfabrik CiP 4 CPs	Abläufe in der Zerspanung, Unterschied zwischen Komplettbearbeitung und sequenzieller, flexibler Bearbeitung sowie die jeweiligen Vor- und Nachteile, sequenzielle Bearbeitung theoretisch und praktisch umsetzen, Spannlagen identifizieren, zu analysieren und zu optimieren	Prof. J. Metternich und MitarbeiterInnen
Werkzeugmaschinen und Automatisierung 4 CPs		Untersuchung des dynamischen Verhaltens der Vorschubantriebe einer Werkzeugmaschine in Theorie und Praxis, Konzeption von elektropneumatischen Steuerungen sowie die Realisierung eines mechatronischen Gesamtsystems	Prof. M. Weigold und Mitarbeiter	

## Übungen im Rahmen der Lean Production Vorlesung

### Lean4Students: Lean in der Lernfabrik erleben

Die Vorlesung Lean Production wird seit dem Wintersemester 16/17 durch Übungen in der Prozesslernfabrik unterstützt. Dabei führen die Studierenden eine komplette Lean Transformation selbst durch. In einem verschwundungsreichen Zustand in Form einer „Push“-orientierten Werkstattfertigung werden die Grundlagen wie Waste Walks und Wertstromanalyse anhand der laufenden Fabrik trainiert. Durch die Modularität der Lernfabrik kann eine Wertstromgestaltung sowie die Auslegung und der Aufbau von Fließlinien mit einer „Pull“-orientierten Materialbereitstellung eigenständig umgesetzt werden. Nach dem Umbau werden die Erfolge direkt sichtbar und messbar. Innerhalb von acht Schulungstagen werden die Inhalte der Vorlesung so greifbar.

Die Ergänzung der Vorlesung durch die Praxisübungen wird auch in der Evaluation immer wieder besonders gelobt. Um die Praxisnähe weiter zu erhöhen finden regelmäßig zusätzliche Exkursionen und Gastvorträge statt.



Weitere Informationen:  
[www.prozesslernfabrik.de](http://www.prozesslernfabrik.de)



Studierende während der Übung Wertstromgestaltung in der Prozesslernfabrik CiP



## Arbeiten von Studierenden

### Studienarbeiten

#### Aendrich, Tony

Entwicklung eines Reifegradmodells für Shopfloor Management

#### Benhlima, Samir

Entwicklung einer methodischen Vorgehensweise zur Gestaltung von systematischen Problemlösungsprozessen

#### Daub, Vincent Benedikt

„Methodenlandkarte“ zur Datenanalyse im Produktionsumfeld mit Fokus auf Zeitreihendaten von Werkzeugmaschinen

#### David, Dominik

Forschungsrecherche zu Simulationsansätzen zustandsorientierter Instandhaltung mit Prognose der Restlebensdauer

#### Hahn, Philipp Theodor

Analyse der bisher am Markt und Forschung verwendeten Systemen um einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess digital zu unterstützen

#### Harnischfeger, Philipp

Analyse von Möglichkeiten zur softwarebasierten Modellierung und Visualisierung von Geschäftsmodellen in der Planungsphase inklusive Anwendung

#### Heimer, Jan

Implementierung eines digitalen KVP-Boards zur Prozessverbesserung im Zeitalter von Industrie 4.0

#### Jenne, Fabian

Entwicklung einer Methodenlandkarte zur Datenanalyse mit Fokus auf Zeitreihendaten bei Methoden des maschinellen Lernens

#### Jolmes, Kilian Benedikt

Informationsverfügbarkeit innerhalb der Auftragsabwicklung bei kundenindividuellen Produktvarianten

#### Jünger, Sascha

Bewertung technologiebasierter Geschäftsmodelle hinsichtlich des Risikos und des Nutzens am Beispiel der additiven Fertigung

#### Klas, Felix Manuel

Statistische Untersuchungen an einem Reifegradmodell

#### Klitzka, Michael

Identifikation von Erfolgsfaktoren systematischer Problemlösungsprozesse zur zielorientierten Weiterentwicklung durch Industrie 4.0

#### Klumpp, Marco

Entwicklung einer Typologie von Geschäftsmodellen für den industriellen Einsatz des selektiven Laserstrahlschmelzens im Kontext der Industrie 4.0

#### Krüger, Jon

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

#### Maasoumy, Mirjam

Entwicklung eines Kompetenzmessverfahrens für Schulungsmodule in Lernfabriken

#### Rieder, Maximilian

Business Process Automation (BPA) im Mittelstand: Direkte und indirekte Effekte von Robotic Process Automation (RPA) auf Prozesskosten

#### Riemann, Thomas

Ermittlung von Einflussfaktoren und Bewertungskriterien für Kompetenzmessverfahren produktionsrelevanter Kompetenzen

#### Schinköthe, Daniel

Entwicklung einer Methodik zur Unterstützung der Datenaufbereitung von Werkzeugmaschinen-daten innerhalb des Data Mining Prozesses

#### Schlömann, Nikolas

Implementierung eines Konzepts für den innerbetrieblichen Transport in einem neuen Logistiksystem nach Prinzipien der schlanken Produktion

#### Sic, Christian

Marktpotenziale von Lernfabriken

#### Stürmer, Christian

Was macht eine Lernfabrik aus? Anwendung einer Definition zur Identifikation von Lernfabriken

#### Thümmel, Christoph

Entwicklung einer Methode zur Aufnahme Auto-ID relevanter Prozess- und Produktmerkmale in der Produktion

#### Ugurlu, Deniz

Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Nutzung von E-Learning in Lernfabriken

#### Wöhrle, Sonja

Untersuchung von Bauteilfehlern auf Basis maschineninterner Daten einer Werkzeugmaschine zur Qualitätssteigerung

#### Walasek, Maciej Mikolaj

Analyse und Umsetzung eines schlanken Informationsflusses zwischen Kunde und Fertigung anhand eines Produktkonfigurators und automatisierter NC-Code Generierung in der Prozesslernfabrik CiP

#### Wünsch, Markus

Analyse der Potenziale von „Manufacturing Analytics“ für das reaktive Qualitätsmanagement in der schlanken Produktion

#### Zeiner, Luca

Identifikation von Anforderungen an ein Vorgehen zur Gestaltung von systematischen Problemlösungsprozessen

#### Zimmermann, Tom

Integration einer Morphologie für die Materialbereitstellung in das erweiterte Wertstromdesign

### Bachelorarbeiten

#### Armbruster, Felina

Entwicklung eines Zerspanmodells des Reibprozesses

#### Barth, Jonas

Analyse am Markt verfügbarer Motorspindeln und herstellereigener Neuentwicklungen im Bereich intelligenter Motorspindeln und additiver Spindelkomponenten

#### Birk, Nils

Potenzialanalyse verschiedener Energiespeichersysteme zur Steigerung der Energieflexibilität von thermischen Versorgungssystemen in Produktionsbetrieben

#### Castillo, Andrea Dallo

Analysis and development of modern shift planning methods and their integration in digital shopfloor management systems

#### Daniel, Sebastian

Konzeptionierung der Werkzeugausgabe in der Produktion am Beispiel eines Zulieferers in der Luftfahrtindustrie

#### Dischinger, Jella

Ermittlung von Prozessparametern zur Erzeugung definierter Schichten aus Keramik-Composit

#### Eitel, Michael

Untersuchung des korrosiven und druckabhängigen Einflusses von Kühlschmierstoffen auf ein alternatives Spannsystem

#### Engelen, Bryan

Ermittlung der Entgratqualität unterschiedlicher Werkzeuge beim Entgraten durch die Hauptbohrung

#### Erdmann, Philipp

Entwicklung einer Methode zur Beurteilung des Energie- und Medienbedarfs zerspanender Produktionsbetriebe

#### Fitterling, Felix

Ermittlung von produktionsrelevanten Kompetenzen im Kontext von Industrie 4.0

#### Gebhardt, Jan Manuel

Additiv hergestelltes Multifunktionswerkzeug mit verbesserten Steifigkeitseigenschaften

#### Geyer, Iris Katharina

Entwicklung einer kompetenzorientierten Handlungsaufgabe im Bereich systematische Problemlösung in der schlanken Produktion in der Prozesslernfabrik CiP

#### Groß, Timon

Einsatz eines Videoanalyse-Leitfadens zur Erfolgsmessung eines digitalen Verbesserungsprozesses (KVP)

#### Gunkel, Mathias

Multidimensionale Bewertung von Wertstromdesignalternativen

#### Günther, Max

Bewertung und Weiterentwicklung eines Messsystems am Beispiel der Prozesslernfabrik CiP

#### Gutman, Jacob

Analyse der Gratentwicklung bei unterschiedlichen Bohrergeometrien unter Berücksichtigung des Werkzeugverschleißes

#### Heßler, Florian

Entwicklung und Bewertung eines Konzeptes zur Erfassung und Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz von Altkühlgeräteentsorgungsanlagen

#### Hoch, Peter

Betriebswirtschaftliche Potenzialanalyse zum Einsatz additiv gefertigter Komponenten in Motorspindeln und Entwicklung einer additiv gefertigten Komponente

#### Hofmann, Dana

Einführungsvorgehen für digitales Shopfloormanagement

#### Hörsting, Rick

Kompetenzorientierte Ausarbeitung eines Workshops zur Wertstromgestaltung im Kontext Lean 4.0

#### Jäger, Andreas

Fräsen von TiAl6V4 unter kryogener CO<sub>2</sub>-Schneekühlung – Zuführsystemkonstruktion und Zerspanuntersuchungen



**Koch, Yanik**

Entwicklung einer Methodik zur Nachgiebigkeitskompensation bei Fräsprozessen

**Kohl, Fabian**

Entwicklung und Konstruktion von Leichtbau Maschinenportalfüßen für eine HSC-Werkzeugmaschine aus einem Faser-Kunststoff-Mineralguss-Verbund

**Kubsch, Alexander**

Ermittlung der Entgratqualität von Entgratwerkzeugen für unterschiedliche Anwendungsfälle bei Kreuzbohrungen

**Laghai, Bijan**

Musterbasierte Geschäftsmodellanalyse zur Nutzung von Werkzeugmaschinenendaten durch unterschiedliche Stakeholder im Kontext der Industrie 4.0

**Lange, Jonas**

Mathematische Repräsentation und Digitalisierung eines Reifegradmodells

**Liang, Yuan**

Recherche zum Stand der Technik von Empfehlungssystemen und Entwicklung potentieller Anwendungsgebiete im Maschinenbau

**Matziol, Patrick**

Ermittlung geeigneter Prozessparameter beim vibrationsunterstützten Bohren

**Miersch, Philipp**

Auswahl, Anwendung und Vergleich von Kompetenzmessverfahren im Rahmen der Veranstaltung „Lean Production“ in der Prozesslernfabrik

**Mihejevs, Aleksandrs**

Übertragung der statistischen Prozesskontrolle auf die Fertigung von variantenreichen Produktfamilien

**Müller, Viktoria**

Analyse der Eingriffsbedingungen in Kreuzbohrungen und Ausgestaltung eines konzeptionellen Entwurf eines Entgratwerkzeugs in Matlab

**Ochs, Joachim**

Entwicklung eines Konzeptes zur Simulation additiv gefertigter Kühlkanäle

**Papadopoulos, Christos**

Entwicklung einer Methode zur Planung energieflexibler Kälteversorgungssysteme von Produktionsmaschinen

**Perner, Vincent**

Modellierung von zustandsabhängigen Material- und Energieflüssen in Fertigungssystemen mittels ereignisdiskreter Simulation

**Pöpel, Christian**

Experimentelle Untersuchung zu real auftretenden Synchronisationsfehlern beim Gewindebohren an unterschiedlichen Bearbeitungszentren

**Randenborgh van, Johannes**

Simulative Bewertung festigkeitssteigernder Maßnahmen für Synchronreluktanz-Rotoren in schnelldrehenden Motorspindeln

**Rochlus, Hannah**

Charakterisierung der Mikrostruktur und der mechanischen Eigenschaften in Abhängigkeit der Bauhöhe beim Selektiven Laserschmelzen

**Rosenberger, Nico**

Roboterbasierte hybride Fertigung von Gussbauteilen

**Roßner, Oliver Jürgen**

Analyse und Bewertung der Qualitätssicherung im Rahmen der Wertstrommethode

**Sachs, Marlene**

Adaptive Zeitschrittanpassung bei gemischt ganzzahligen linearen Optimierungsmodellen in der Stromversorgung

**Schamberger, Quirin**

Experimentelle Untersuchung zum Einfluss von Positionierungsfehlern bei mehrstufigen Prozessketten am Beispiel des Gewindebohrens

**Schmitt, Stefan**

Entwicklung einer automatisierten Messdatenauswertung zum Energieeffizienz-Benchmarking und Produktionsmaschinen im Bestand

**Schrod, Patrick**

Lernerfolgsmessungen produktionsrelevanter Kompetenzen in Lernfabriken

**Schroeter, Antje**

Methode zur systematischen Produktauswahl in Lernfabriken

**Schuck, Laura**

Qualitätstechniken in schlanken Produktionsprozessen – Kompetenzorientierte Neugestaltung eines Lernmoduls anhand der praktischen Relevanz

**Sokolov Andrej**

Konzeptionierung von funktionsintegrierten Wälzlageringen unter Nutzung von additiven Fertigungsstrategien

**Stahl, Thomas**

Entwicklung eines Machine Learning Algorithmen basierten Bilderkennungstools zur automatisierten Identifizierung von Maschinenkomponenten über Schaltplananalysen

**Theisinger, Lukas**

Untersuchung von Möglichkeiten zur energieflexiblen Auslegung von Kälteversorgungsanlagen in der Milchverarbeitenden Industrie

**Uvarovski, Jakob**

Erfassung und automatisierte Analyse realer Werkzeuggeometrien von Gewindebohrern

**Waal, Alexander**

Simulative Untersuchung des Auszugverhaltens von Schaftfräsern aus Spannfuttern mit unterschiedlichen Klemmechanismen

**Weber, Sascha**

Parameterstudie zur Fräsbearbeitung additiv gefertigter Bauteile unterschiedlicher Materialien

**Wendt, Jonas**

Untersuchung der Einsatzfähigkeit von Phasenwechselmaterial-Speichern im Kühlsystem von Produktionsmaschinen

**Wiedow, Jennifer**

Entwicklung von Strategien zur Implementierung der additiven Fertigung in eine bestehende industrielle Prozesskette

**Wolber, Jakob**

Strategie zur Aggregation von Anlagen innerhalb eines virtuellen Kraftwerks in der Stromversorgung

**Yalcin, Bekir Can**

Untersuchung von Optimierungsverfahren für den effizienten und flexiblen Betrieb von Versorgungsanlagen in Industriellen Smart Grids

**Zaman, Shakil**

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

**Zerhusen, Lisa**

Technische Potenzialanalyse zum Einsatz additiv gefertigter Komponenten in Motorspindeln und Entwicklung einer additiven Komponente

**Masterarbeiten**

**Agyeman, Boakye**

Entwicklung einer Methode zur Quantifizierung und Bewertung des Energieflexibilitätspotenzials von Blockheizkraftwerken und Wärmepumpen als Einzel- und Kombinationsaggregate

**Alich, Philipp**

Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der Einsatzmöglichkeit kollaborativer Roboter und Validierung am Beispiel der Prozesslernfabrik CiP

**Bardy, Sebastian**

Entwicklung einer Methode zur Ableitung produktionsrelevanter Kompetenzen im Bereich Industrie 4.0 bei der Daimler AG

**Bausch, Phillip**

Entwicklung einer Systematik zur Analyse des Einflusses digitaler Assistenzsysteme auf wesentliche Zielgrößen in einem Produktionssystem

**Bay, Stephan**

Steigerung der Bearbeitungsqualität in der robotergestützten Zerspanung durch Analyse von Betriebsschwingungen

**Bayer, Sebastian**

Entwicklung eines Bewertungstools zum Wirtschaftlichkeitsnachweis von einfachautomatisierten Intralogistik-Lösungen

**Beck, Linda**

Lean Management und Industrie 4.0 in der Auftragsfertigung - Eignung und Umsetzung am Beispiel der HPP GmbH

**Becker, Philipp Aaron**

Ansatz zur modularen mathematischen Betriebsoptimierung dezentraler Energieversorgungsanlagen, Speichern und deren Vernetzung in der Industrie

**Bentalab, Ali**

Erprobung einer Methode mit Elementen der Wertstromanalyse zur Untersuchung der Auftragsabwicklung bei kundenindividuellen Produktvarianten

**Beßle, Julia**

Manufacturing Analytics for quality enhancement in Manufacturing Companies

**Blasl, Jacqueline**

Experimentelle Untersuchung des thermomechanischen Belastungskollektivs beim Taschenfräsen in Ti6Al4V

**Boubaker, Lassaad**

Untersuchung der Anwendbarkeit „digitaler Instandhaltungsstrategien“

**Bröcher, Jan**

Entwicklung einer Methodik zur Identifikation von Einsatzbereichen des Deep Learning für die Auswertung von Werkzeugmaschinenendaten

**Brockhaus, Benjamin**

Aufbau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes zur Nachgiebigkeitskompensation von Werkzeugmaschinen

**Burmester, Jonathan**

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

**Chen, Rulong**

Modellierung des achsstellungsabhängigen dynamischen Verhaltens eines Industrieroboters

**Chiling, Zhong**

Ansatz zur Beschleunigung eines linearen gemischt ganzzahligen Optimierungsmodells mittels Neuronaler Netze

**Choung, Zihong**

Simulative Abbildung eines Hydraulik-Demonstrators als digitaler Zwilling zur Veranschaulichung von Energieeffizienzpotenzialen

**Dae Hong Min**

Schlanke Produktion in Industrie 4.0 – Evaluation eines digitalen kontinuierlichen Verbesserungsprozesses für Unternehmen

**Deffaa, Matthias**

Auslegung einer fest angestellten Lagerung für eine Synchron-Reluktanz-Motorspindel

**Deitenbeck, Moritz**

Optimierung eines flexiblen elektrischen Greifers

**Diebel, Pierre Simon**

Weiterentwicklung eines Prüfstandes zur Untersuchung des Auszugverhaltens von Schaftfräsern

**Doll, Patrick**

Entwicklung eines Systems zur Analyse von Einzugskräften eines GFK-Werkzeugspannsystems in Motorspindeln

**Dudek, Marvin Kevin**

Entwicklung einer künstlichen Intelligenz (KI) zur Optimierung einer vernetzten Energieversorgung in der industriellen Fertigung

**Eitel, Florian**

Stabilitätsuntersuchungen bei der roboter-basierten Zerspanung

**Eminovic, Edis**

Entwicklung eines Vorgehens zur Bestimmung der Anforderungen an Werkzeugmaschinen-daten zur Anwendung von Advanced Analytics Methoden

**Ernst, Lukas**

Kooperation zwischen Entwicklung und Produktion – Analyse der aktuellen Zusammenarbeit und Identifikation von Optimierungsmaßnahmen zur Effizienzsteigerung in zukünftigen Projekten

**Farago, Martin**

Einsatz von Low Cost Sensorik für die Implementierung von Energie 4.0 Ansätzen in Brownfield-Umgebungen

**Feldmann, Michael**

Entwicklung eines Serviceportfolios für ein Industrie 4.0-Kundenserviceportal bei der Harburg-Freudenberger Maschinenbau GmbH

**Fertig, Alexander**

Condition Monitoring an Werkzeugmaschinen zur Qualitätssteigerung

**Filand, Alexander**

Konzepterarbeitung zur Reduktion der akustischen Emission eines Hochleistungs-Standmixers

**Fleddermann, Jan**

Ausbau eines Fertigungswertstroms zu einer Energie-4.0-Landschaft unter Berücksichtigung von Low-Budget-Monitoring Strategien

**Frobin, Colin**

Untersuchung der thermisch bedingten Abweichung des Tool Center Points einer Portalfräsmaschine

**Frobin, Kevin**

Entwicklung und Ausarbeitung eines Konzepts für eine zukunftsfähige Werkstattproduktion im Bereich des chemischen Anlagenbaus

**Fuchs, Christina**

Entwicklung der Zerspanungstechnologie und Strategie für additiv gefertigten Werkstoffe am Beispiel von Dentalprodukten

**Gao, Zhitao**

Development & Validation of mathematical-statistical methods for energy efficiency evaluation of factory systems

**Gerardi, Leonardo**

Entwicklung und Umsetzung eines prädiktiven Algorithmus für eine merkmalsgestützte Roboter-montagetechnologie

**Glosemeyer, Nicolas**

Entwicklung einer Methodik zur Einführung von digitalem SFM in indirekten Bereichen (am Beispiel der Windmüller & Hölscher KG)

**Grosch, Benedikt**

Entwicklung eines Optimierungsverfahrens zur energieadaptiven Produktionsplanung auf Basis von Metaheuristiken

**Haefele, Tobias**

Entwicklung von effizienten Fertigungsstrategien des selektiven Laserschmelzens (SLM) zur Herstellung von Werkzeugeinsätzen

**Hardock, Daniel**

Instandhaltung 4.0 – Entwicklung einer Methode zur simulationsgestützten Evaluierung des Nutzens digitaler Instandhaltung am Beispiel einer Verpackungslinie bei Merck

**Heller, Andreas**

Entwicklung einer Methode zur Potentialermittlung kollaborativer Roboteranwendungen in bestehenden schlanken Wertströmen

**Henrich, Sebastian**

Entwicklung einer Roadmap basierend auf Industrie 4.0 – Technologien und Umsetzung einer Traceability-Lösung

**Hinterholzinger, Patrick**

Automatisierte Bahnplanung für Industrieroboter mittels optischer Erkennung

**Hromatka, Felix**

Machbarkeitsstudie zum Einsatz von Robotiksystemen zur Integration bei optischen Raumfahrtinstrumenten

**Kamp, Niklas**

Weiterentwicklung eines Demonstrators für die prozessintegrierte Qualitätsbewertung an der Fräsmaschine in der Prozesslernfabrik CiP

**Kämpfer, Felix**

Simulative und experimentelle Modellbildung an einer Motorspindel mit der Schnittstelle HSK A 100

**Kirchner, Marleen**

Entwicklung einer Methode zur Technologiebewertung und -auswahl sensor-integrierter Bauteile

**Klein, Lucas**

Materialflussoptimierung durch digitale Wertstromabbildung der Produktionslogistik bei der Maul GmbH

**Klöckner, Maximilian**

Blockchain Adoption in Additive Manufacturing and its impacts on supply chains

**Klostermeier, Robin**

Routenführungssysteme fahrerloser Transportsysteme in der Automobilindustrie – eine Simulationsstudie

**Knöller, Philipp**

Aufbau einer Modellbibliothek zur simulativen Abbildung des energetischen Verhaltens von Fertigungssystemen in Dymola am Beispiel der ETA-Fabrik

**Langner, Robin**

Entwicklung einer Methodik zur Erfassung und Bewertung der technischen Energieflexibilitäts-potenziale in der Fertigung

**Lauer, Jonas**

Weiterentwicklung des Demonstrators für maschinelles Lernen in der Lernfabrik CiP

**Legleitner, Martin Frederic**

Identifizierung und Spezifizierung eines praxistauglichen Messsystems zur Bewertung des Verschmutzungsgrades von Flugzeugoberflächen

**Löb, Jonas**

Ermittlung der Entgratqualität mit einem neuartigen Bohr-Entgratwerkzeug

**López Ferrer, Fernando**

Lean and Industry 4.0 – An analysis of existing publications

**Lu, Qi**

Parametrische Programmierung von CAD-Modell und NC-Programm für variantenreiche Produktfamilien ausgehend von gemeinsamen Parametersätzen

**Matthäus, Christian**

Digitale Aufrüstung von Bestandsmaschinen zur bauteilbasierten Erfassung von Energie- und Ressourcenverbräuchen am Beispiel der CiP Lernfabrik

**Meiniger, Steffen**

Analyse der Einflüsse der Kanalgeometrie und des Kanalverlaufs additiv gefertigter Kanäle auf das Strömungsverhalten

**Mendoza Borda, Juan Jacobo**

Konzepterstellung zur Einführung des Werkzeugmanagements in der Kontakt- und Messer-leistenfertigung mit Anbindung an das Bosch Manufacturing ExecutionSystem unter Berücksichtigung der Bosch I4.0 Strategie

**Menk, Jonas**

Entwicklung eines Konzepts zur automatisierten Verschleißerkennung mittels Machine Learning

**Merschroth, Holger**

Entwicklung und Auslegung von Kanalgeometrien für das selektive Laserschmelzen

**Mohammadzade, Morteza**

Aufbau und Validierung eines numerischen Mehrkörpermodells zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens eines Industrieroboters

**Moos, Yannik**

Grundlagenuntersuchungen zur Fräsbe-arbeitung von Zirkon

**Namdar-Irani, Navid**

Entwicklung eines Total Cost of Ownership-Modells für Kunststoffspritzgießwerkzeuge

**Neuberger, Nils**

Entwicklung eines Simulationswerkzeugs zur Planung bivalenter Versorgungsanlagen für Industriebetriebe

**Niewiadomski, Jan**

Entwicklung eines technischen Konzepts zur situationspezifischen digitalen Informations-bereitstellung in der Montag

**Otte, Frederik**

Entwicklung von Konstruktionsansätzen für die Fertigung von Werkzeugeinsätzen mittels selektiven Laserschmelzen (SLM)

**Özay, Orkun**

Development of a calculation model for the preplanning of material handling processes in the automotive industry



**Pekar, Thomas**

Quantitative und qualitative Bewertung von Montagefehlern und Entwicklung von Vermeidungsstrategien am Beispiel des Unternehmens Firma

**Rabke, Sebastian**

Kompetenzorientierte Entwicklung und Gestaltung der Schulung „Stabilisierung von Produktionsprozessen“ im Kontext Lean 4.0

**Resch, Christian**

Entwicklung einer künstlichen Intelligenz (KI) zur Optimierung eines Fabrik-Temperierungssystems unter dynamischen Anforderungen

**Riquelme, Miguel**

Lean in-house transport design for the storage of artificial stone slabs

**Röhm, Benjamin**

Statistische Versuchsplanung und -durchführung zur Parameterqualifizierung für die multimateriale hybride Fertigung aus additiver Fertigung und prozessbezogenen Nachbearbeitungsverfahren

**Rösicke, Steffen**

Implementierung und Bewertung von Online-Qualitätskontrollen am Beispiel einer Extrusionsanlage

**Rust, Maximilian**

Clusterbildung und Bewertung von Data-Analytics-Methoden für Zeitreihendaten in der Produktion

**Sánchez Joaquin, José**

Flexibilisierung industrieller Rückkühlssysteme durch den Einsatz mobiler Wärmespeicher

**Schäfer, Torsten**

Untersuchung des Potenzials von Predictive Maintenance am Beispiel von Wälzlagern

**Scherping, Nick**

Optimierung der Betriebsstrategien für energieflexible Fabriken

**Schimmel, Julian**

Potenzialanalyse einer hybriden Fertigung von Hochdruckverdichterscheiben in Blisk-Bauweise

**Schmidt, Alexander Felix**

Entwicklung eines Messaufbaus zur Erfassung des dynamischen Maschinenverhaltens

**Schmirler, Marc**

Entwicklung einer Fließmontage für die variantenreiche Produktion im mittelständischen Anlagenbau

**Scholl, Jan Niklas**

Entwicklung eines Demonstrators zum Thema „Industrie 4.0 im Handwerk“

**Schüßler, Benedikt**

Kalibrierung eines 6-Komponenten Kraft-/Momentensensors für die spanende Bearbeitung mit Industrierobotern

**Segesser, Carsten**

Entwicklung einer Vision für industrielle Arbeit im Kontext von Industrie 4.0

**Senol, Serdar**

Entwicklung eines Simulationsmodells zur Untersuchung erzielbarer Anlagenverfügbarkeit in Abhängigkeit unsicherer Ausfallvorhersagen

**Shad, Khalid**

Forschungsrecherche zu Diagnose- und Prognoseverfahren der „digitalen Instandhaltungsstrategien“

**Shan, Maoting**

Potential Analysis of Manufacturing for detection and avoiding defects in the production context

**Shatri, Krenar**

Erstellung eines Leitfadens auf Basis der Wertstromanalysen zur Reduktion von Verschwendung in der variantenreichen Sonderfertigung

**Staffa, Simon**

Entwicklung eines Konzepts zur Einführung eines digitalen Shopfloor Managements bei Voith Turbo

**Temesfői, Christian**

Untersuchung von „digitalen Instandhaltungsarten“ unter wirtschaftlichen Aspekten am Beispiel einer Produktionsanlage

**Thilmann, Ansgar**

Verbesserung eines variantenreichen Versands anhand der Ansätze der schlanken Produktion

**Unger, Stefan**

Entwicklung einer Methode zur Einordnung von Assistenzsystemen anhand der Einsatzmöglichkeiten im Produktionsumfeld

**Urbanczyk, Linda**

Konzeptionierung einer Vorgehensweise zur Implementierung von Industrie 4.0 in produzierenden Unternehmen und Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Evaluierung von Industrie 4.0-Leitfäden

**Urnauer, Christian**

Optimierung und Simulation zur Erhöhung der Reihenfolgestabilität in Produktionsnetzwerkern der Automobilindustrie

**Völker, Kai-Timo**

Simulationsgestützte Untersuchung der Aluminiumherstellung unter flexibilisierten Bedingungen

**Waser, Manuela**

Entwicklung einer ganzheitlichen Produktionsstrategie zur Schaffung standortübergreifender Synergien in der Wertschöpfungskette eines mittelständischen Anlagenbauers

**Weiler, Henrik Paul**

Entwicklung einer modularen Simulationsumgebung für die Lernfabrik CiP

**Weis, Fabian**

Prädiktive Qualitätstechniken - Status Quo und Möglichkeiten durch Industrie 4.0

**Weise, Joanna**

Entwicklung und Implementierung eines reaktiven Qualitätsmanagements in der variantenreichen Einzelfertigung – am Beispiel der Langhammer GmbH

**Wohlers, Roman**

Entwicklung eines Stresstests zur Beurteilung von Lieferantenregelkreisen in Bezug auf den systematischen Problemlösungsprozess

**Zhang, Yue**

Aufbau und Validierung eines numerischen Mehrkörpermodells zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens eines Industrieroboters

**Zierau, Vahid**

Digitales Shopfloor Management in der Forschung & Entwicklung bei der DATRON AG



## Studierendenzahlen

WS 2017|18

	Studierende		
	Gesamt	Weiblich	1. Fachsemester
<b>Maschinenbau gesamt</b>	<b>2.801</b>	<b>335</b>	<b>608</b>
Bachelor Mechanical and Process Engineering (MPE)	1.427	164	302
Master Mechanical and Process Engineering (MPE)	1.117	141	236
Master Paper Science and Technology (PST)	14	4	1
Bachelor of Education Metalltechnik	24	4	1
Master of Education Metalltechnik und Druck und Medientechnik	65	25	16

„Quelle: Data Warehouse der TU Darmstadt, Daten der Amtsstatistikmeldung zum WiSe 2018/19, Köpfe, ohne Beurlaubte. Master of Education: Auswertung der Studienfälle.“

## Personalstand

Stand 31.12.2018

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.
Andric	Mario	Auszubildender/Mechanische Werkstatt
Antes	Sandra	Dipl.-Des./Öffentlichkeit (SynErgie)
Arras	Bastian	Auszubildender / Mechanische Werkstatt
Arzt	Benjamin	Versuchsfeldtechniker
Baier	Christian	Dipl.-Ing.
Bauerdick	Christoph	M. Sc., M. Eng.
Bay	Stefan	M. Sc.
Bayer	Christian	M. Sc.
Beck	Martin	Dipl.-Wirt.-Ing.
Bergmann	Michelle	Facharbeiterin
Birk	Frederik	M. Sc.
Bitsch	Roland	Facharbeiter
Bölling	Christian	Dr.-Ing.
Bosch	Eva	M. Sc. /Oberingenieurin
Bretz	Andreas	M. Sc.
Breu	Tobias	Auszubildender / Mechanische Werkstatt
Brockhaus	Benjamin	M. Sc.
Brücher	Tommy-Lee	Auszubildender / Mechanische Werkstatt
Burkhardt	Max	M. Sc.
Busse	Alexander	M. Sc.
Damrau	Philipp	Auszubildender/IT
Daniel	Andreas	Dr.-Ing. / Lehrbeauftragter
Doyle	Renate	Assistenz Prof. Abele
Enke	Judith	Dipl.-Wirt.-Ing.
Etefaq	Tamim	Auszubildender/IT
Feick	Mirko	Werkstattleiter / Meister
Fertig	Alexander	M. Sc.
Flum	Dominik	M. Sc.
Frensch	Ann Christin	M. Sc.

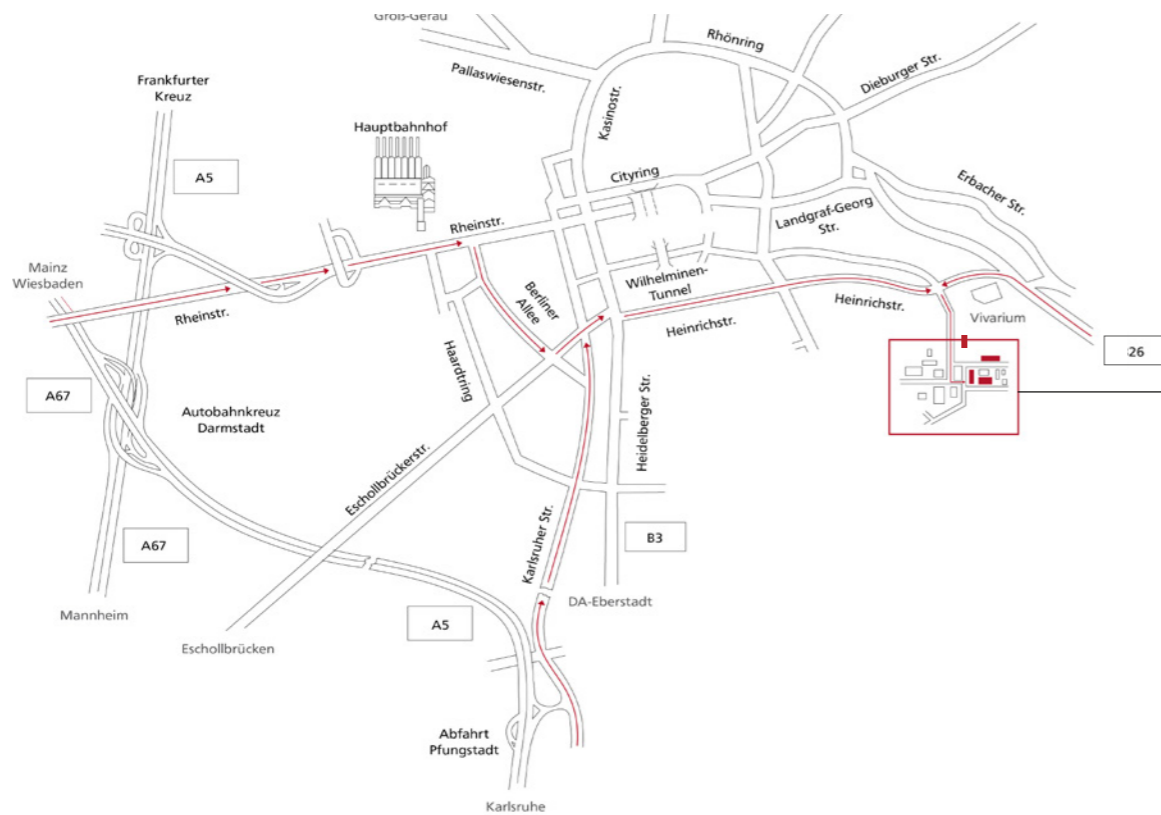
Namen	Vorname	Titel/Tätigkeit
Geßner	Felix	M. Sc.
Glass	Rupert	M. Sc.
Grosch	Benedikt	M. Sc.
Grosch	Thomas	M. Sc.
Hähn	Felix	M. Sc.
Hanika	Susanne	Finanzen   Controlling
Hartmann	Lukas	M. Sc.
Heb	Annette	Eventmanagement
Heep	Thomas	M. Sc. /Oberingenieur
Helfert	Mark	M. Sc.
Herdel	Jonas	Facharbeiter
Hermann	Hans-Jürgen	Dipl.-Ing. (FH) / Elektrotechniker
Herper	Niklas	Auszubildender / Mechanische Werkstatt
Joshi	Mihir	M. Sc.
Kaiser	Joscha	M. Sc.
Keller	Thimo	M. Sc.
Kirschnick	Thorben	Auszubildender / Mechanische Werkstatt
Klein	Damian	Facharbeiter/Werkstatt
Kletti	Kamelia	Dipl.-Geogr. / Assistenz (SynErgie)
Kniepkamp	Michael	M. Sc.
Kohne	Thomas	M. Sc. M. Sc.
Kreß	Antonio	M. Sc.
Kroth	Torsten	B.A. (Hons) / Öffentlichkeitsarbeit
Link	Martin	M. Sc.
Löber	Florian	M. Sc.
Mampel	Andreas	Facharbeiter / Meister
Meinhardt	Adrian	M. Sc.
Meister	Maximilian	M. Sc.
Meißner	Alyssa	M. Sc.
Merschroth	Holger	M. Sc.
Metternich	Joachim	Prof. Dr.-Ing./ Institutsleiter
Meudt	Tobias	Dipl.-Wirt.-Ing.
Mischliwski	Stefan	M. Sc.
Moog	Daniel	M. Sc.



Namen	Vorname	Titel/ Tätigkeit
Müller	Marvin	M. Sc.
Müller	Sven	Facharbeiter / Mechanische Werkstatt
Öztürk	Turgul	M. Sc.
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
Romano	Matteo	Auszubildender / IT
Rühl	Alexander	Fachinf.-SysInt. / stv. Leiter-IT
Schaede	Carsten	M. Sc.
Scheibner	Sibylle	Öffentlichkeitsarbeit
Scherer	Timo	M. Sc.
Schledt	Jochen	Finanzen   Controlling
Schmidt	Eric	M. Sc.
Schmidt	Jürgen	Facharbeiter / Mechanische Werkstatt
Sossenheimer	Johannes	M. Sc.
Schraml	Philipp	Dr.-Ing.
Schreiber	Marcus	M. Sc.
Schüler	Jonas	Auszubildender / IT
Schultz	Volker	Dr. / Lehrbeauftragter
Schulz	Ellen	Wissensmanagement
Schwarz	Christoph	Versuchsfeldtechniker
Seifermann	Stefan	Dr.-Ing. / Oberingenieur
Seyfried	Stefan	M. Sc. M. Sc.
Stadlthanner	Andrea	Finanzen   Controlling
Stanula	Patrick	M. Sc.
Strobel	Nina	M. Sc.
Sutton	Christine	Assistenz Prof. Metternich
Unterderweide	Florian	M. Sc.
Urnauer	Christian	M. Sc.
Volz	Marcel	M. Sc.
Völker	Danniel	M. Sc.
Wagner	Maximilian	M. Sc.

Namen	Vorname	Titel/ Tätigkeit
Wank	Andreas	M. Sc.
Walther	Jessica	M. Sc.
Wend	Frances	Projektassistenz / MiT 4.0
Weber	Markus	M. Sc.
Weber	Thomas	M. Sc.
Winkler	Norman	Auszubildender / Mechanische Werkstatt
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 bis zur Endstation TU-Lichtwiese fahren. Die Busse fahren im Takt von ca. 15 Minuten.

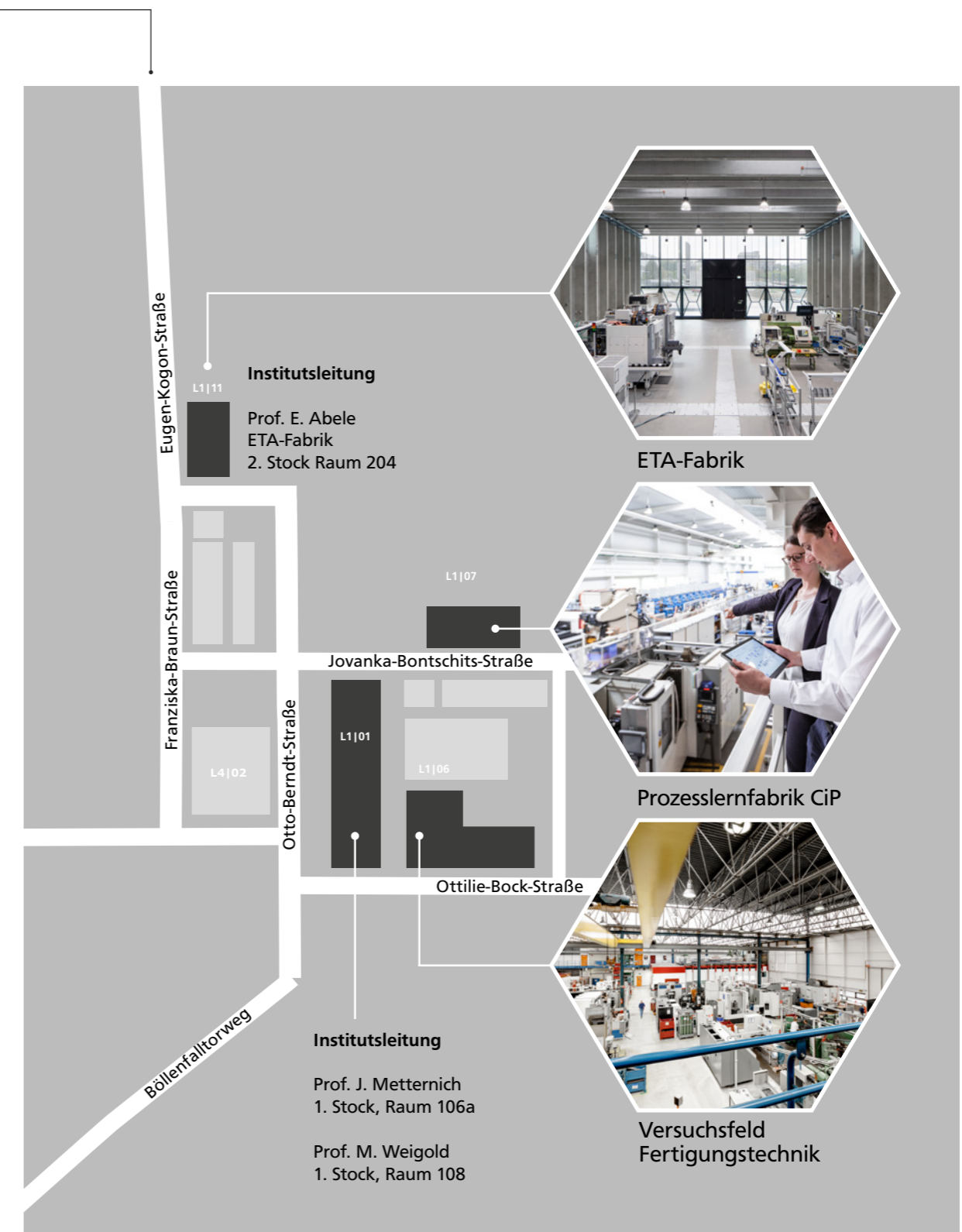
### Ab Frankfurt Hauptbahnhof

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 bis zur Endstation TU-Lichtwiese. Die gesamte Fahrzeit beträgt etwa 30 Minuten, die gesamte Fahrzeit beträgt etwa 30 Minuten, die Busse fahren im Takt von ca. 15 Minuten. Gegenüber der Bushaltestelle befindet sich das neue „Hörsaal- und Medienzentrums 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







Blick durch die  
Südfassade der  
ETA-Fabrik

## 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  
Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold

### Redaktion

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

### Gestaltung

Sibylle Scheibner

### Druck

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

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

© PTW Darmstadt 2019

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

