

5. Fachtagung

# Sensitive Fertigungstechnik

Hochleistungs-  
Präzisionstechnologien in einer  
digitalen und vernetzten Produktion

# Sensitive Fertigungstechnik

---

Hochleistungs-Präzisionstechnologien  
in einer digitalen und vernetzten Produktion

---

Tagungsband der 5. Fachtagung  
14.11.2019

Harald Goldau (Hrsg.) | Ronny Stolze (Hrsg.)

Hochschule Magdeburg-Stendal  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Industriedesign  
Institut für Maschinenbau  
**Industrielabor Innovative Fertigungsverfahren**



**Harald Goldau, Ronny Stolze (Hrsg.)**

## **Sensitive Fertigungstechnik**

Hochleistungs-Präzisionstechnologien in einer  
digitalen und vernetzten Produktion

Shaker Verlag  
Düren 2020

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2020

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7454-3

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren  
Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Vorwort der Herausgeber

### 5. Fachtagung Sensitive Fertigungstechnik

Hochleistungs-Präzisionstechnologien in einer digitalen und vernetzten Produktion

Auf der Fachtagung Sensitive Fertigungstechnik am 14.11.2019 in Magdeburg referierten und diskutierten Fachleute aus Industrie und Wissenschaft bereits zum fünften Mal über Themen der Finish- und Feinstbearbeitung. Das Begleitthema der 5. Fachtagung „Hochleistungs-Präzisionstechnologien in einer digitalen und vernetzten Produktion“ rückte Schwerpunkte wie Industrie 4.0, Künstliche Intelligenz und Digitaler Zwilling in den Vordergrund. Die fachliche und inhaltliche Ausrichtung der 5. Fachtagung lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Verfahren und Technologien der spanenden Feinst- und Präzisionsbearbeitung: Finishen, Kurzhubhonen, Feinschleifen und Kombinationsbearbeitung
- Werkzeugmaschinen, Maschinensteuerung, Anwendungen und Fertigungsmittel mit Bezug zur Präzisionsbearbeitung
- Entwicklungen und Trends auf dem Gebiet der Schleif- und Honwerkzeuge
- Steuern, Regeln und Überwachen von Fertigungsprozessen
- Technik, Technologie und Verfahren im Bereich Fertigungsmesstechnik und Prozessmesstechnik
- Messen, Prüfen und Bewerten von Funktionsoberflächen
- Industrie 4.0 für den Mittelstand - Digitale und vernetzte Produktion: Anwendungen, Lösungen und Praxisbeispiele

Der Fachtagung Sensitive Fertigungstechnik ist es gelungen, den Schwerpunkt Industrie 4.0 mit Blick auf die Finish- und Präzisionsverfahren zu integrieren und gleichzeitig Anwendungen, Herausforderungen, Chancen, Möglichkeiten und Potentiale, die damit einhergehen, aufzuzeigen. Die 22 Fachbeiträge, die in diesem Tagungsband veröffentlicht sind, spiegeln diese fachliche Ausrichtung sehr gut wider.

Die Finishbearbeitung wurde zum Beispiel um eine neuartige Technologievariante, der KombiFin-Technologie ergänzt, einem flexibel einsetzbaren Hochleistungs-Präzisionsverfahren für CNC-Standardwerkzeugmaschinen.

Neben der Weiterentwicklung von Präzisionsverfahren sind auch messtechnische Entwicklungen zur Pre-, In- und Postprozesskontrolle sowie tribologische Beurteilungsverfahren gereift. Optische Messverfahren besitzen auch weiterhin eine zentrale Rolle.

Abseits der Fertigungstechnologie und dem Fertigungsverfahren nehmen die Applikationen die unter dem Oberbegriff „Industrie 4.0“ angeboten werden, eine immer wichtiger werdende Rolle ein. Auch Anwendungen wie „Datenwissenschaft“, „Digitaler Zwilling“, „Maschinelles Lernen“, „Künstliche Intelligenz“, „Virtuelle und Erweiterte Realität“

oder „Assistenzsysteme“ werden in der Präzisionsbearbeitung eingesetzt. Sie sind in der Zukunft die zentralen Werkzeuge, wenn es um die Steigerung der Produktivität, die Steigerung der Maschinenverfügbarkeit, das Senken von Betriebs- und Fertigungskosten sowie um die Absicherung der Bauteilqualität geht.

In der Modell- und Lernfabrik im Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Industriedesign der Hochschule Magdeburg-Stendal wird daran gearbeitet, das Leistungspotential moderner Fertigungssysteme unter den neuen Möglichkeiten von Industrie 4.0 durch eine angepasste digitale Infrastruktur sichtbar und erlebbar zu machen. Speziell die Anwendungen und Herausforderungen mittelständischer Unternehmen stehen hier im Fokus der Aktivität.

Wir danken den Teilnehmern der 5. Fachtagung, die die Chance wahrgenommen haben, einen fachlichen Diskurs zu innovativen Anwendungsmöglichkeiten sensitiver Fertigungstechnologien, etwa in den Bereichen Automotive, Lager- und Armaturenfertigung, Formenbau, der Werkzeugtechnik oder der Medizintechnik zu führen.

Einen besonderen Dank möchten wir allen Referenten der Fachtagung aussprechen, die mit Ihrem Vortrag zu einer interessanten und erfolgreichen Veranstaltung beigetragen haben. Vielen Dank an alle Autoren, die eine wissenschaftliche bzw. fachliche Publikation zu Ihrem Vortrag für das Tagungsband verfasst haben.

Die Fachtagung wurde und wird in Kooperation mit der tti Technologietransfer und Innovationsförderung Magdeburg GmbH und dem VDI Magdeburger Bezirksverein ausgerichtet. Stellvertretend möchten wir Dr. Michael Klaeger, dem Geschäftsführer der tti Magdeburg GmbH und Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. h. Rüdiger Bähr, dem Vorsitzenden des VDI Magdeburger Bezirksverein für ihre Unterstützung danken.

Magdeburg, 27.04.2020

Herzlichst, Harald Goldau und Ronny Stolze  
sowie das gesamte Team der Fachtagung Sensitive Fertigungstechnik

**Prof. Dr.-Ing. Harald Goldau**

- ´ Hochschule Magdeburg-Stendal
- ´ Institut für Maschinenbau
- ´ Lehrstuhl Fertigungstechnik, Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung
- ´ Industrielabor Innovative Fertigungsverfahren
- ´ Leiter Industrielabor IFV und Bereichsleiter Fertigungsverfahren

**Dr.-Ing. Ronny Stolze**

- ´ Hochschule Magdeburg-Stendal
- ´ Institut für Maschinenbau
- ´ Industrielabor Innovative Fertigungsverfahren
- ´ Bereichsleiter Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung

# Autorenverzeichnis

## B

**Dipl.-Ing. Thomas Bader**

HAAS Schleifmaschinen GmbH  
Adelbert-Haas-Straße 1  
78647 Trossingen

**Prof. Dr.-Ing. Gerold Bausch**

Hochschule für Technik,  
Wirtschaft und Kultur Leipzig  
Fakultät Ingenieurwissenschaften  
Stiftungsprofessur für Eingebettete  
Systeme und Signalverarbeitung  
Karl-Liebkecht-Straße 132  
04277 Leipzig

**Dipl.-Ing. (FH) Adrian Binsau**

Rathenower Mechanik- und  
Werkzeugfertigung GmbH  
Große Hagenstraße 1/2  
14712 Rathenow

**Boris Brodmann**

OptoSurf GmbH  
Nobelstraße 9-13  
76275 Ettlingen

**Dr. Rainer Brodmann**

OptoSurf GmbH  
Nobelstraße 9-13  
76275 Ettlingen

**Dipl.-Ing. (FH) André Bucht, M.Sc.**

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik IWU  
Nöthnitzer Straße 44  
01187 Dresden

**Carlo Bzdok, M.Sc.**

Hochschule Magdeburg-Stendal  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften  
und Industriedesign  
Institut für Maschinenbau  
Breitscheidstraße 2  
39114 Magdeburg

## D

**Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena**

Leibniz Universität Hannover  
Fakultät für Maschinenbau  
Institut für Fertigungstechnik und  
Werkzeugmaschinen  
Produktionstechnisches Zentrum  
der Leibniz Universität Hannover / PZH  
An der Universität 2  
30823 Garbsen

## E

**Klaus Eichhorn**

Klaus Eichhorn Steuerungstechnik  
Linderhauser Str. 124  
42279 Wuppertal

**Dipl.-Ing. Martin Ettrichrätz**

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik IWU  
Nöthnitzer Straße 44  
01187 Dresden

## F

**Dipl.-Ing. (FH) Ruben Fischer**

HAAS Schleifmaschinen GmbH  
Adelbert-Haas-Straße 1  
78647 Trossingen

## G

**Dipl.-Ing. (FH) Lutz Gaida**

Saint-Gobain Diamantwerkzeuge GmbH  
Schützenwall 13-17  
D-22844 Norderstedt

**Dr. Daniel Garten**

GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik  
und Entwicklung Schmalkalden e.V.  
Näherstiller Str. 10  
98574 Schmalkalden

**Burghard Genz, M.Sc.**

Hochschule Magdeburg-Stendal  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften  
und Industriedesign  
Institut für Maschinenbau  
Breitscheidstraße 2  
39114 Magdeburg

**Andreas Gerecke, M.Sc.**

Rathenower Mechanik- und  
Werkzeugfertigung GmbH  
Große Hagenstraße 1/2  
14712 Rathenow

**Arvid Goldau, M.Sc.**

PTG PräzisionsTechnologien  
Gold<sup>AV</sup> GmbH  
Breitscheidstraße 51  
39114 Magdeburg

**Prof. Dr.-Ing. Harald Goldau**

Hochschule Magdeburg-Stendal  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften  
und Industriedesign  
Institut für Maschinenbau  
Breitscheidstraße 2  
39114 Magdeburg

## H

**Christian Halm**

DMG MORI  
Gildemeister Drehmaschinen GmbH  
Gildemeisterstraße 60  
33689 Bielefeld

**Christoph Haverland, M.Sc.**

IFA Group  
Industriestraße 6  
39340 Haldensleben

**Siegfried Hesse**

Thielenhaus Technologies GmbH  
Schwesterstraße 50  
42285 Wuppertal

## J

**Lukas Janotta, M.Sc.**

Kistler Instrumente GmbH  
Umberto-Nobile-Str. 14  
71063 Sindelfingen

**Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner**

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Fakultät für Maschinenbau  
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik  
Universitätsplatz 2  
39106 Magdeburg

**K****Martin Kirst, M.Sc.**

Polarith UG (haftungsbeschränkt)  
Am Krökentor 1a  
39104 Magdeburg

**Stefan Keil-Kopp**

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik IWU  
Nöthnitzer Straße 44  
01187 Dresden

**Dr. Andreas Krüger**

IFA Group  
Industriestraße 6  
39340 Haldensleben

**L****Erik Lewin, M.Sc.**

Hochschule Magdeburg-Stendal  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften  
und Industriedesign  
Institut für Maschinenbau  
Breitscheidstraße 2  
39114 Magdeburg

**M****Kolja Meyer, M.Sc.**

Leibniz Universität Hannover  
Fakultät für Maschinenbau  
Institut für Fertigungstechnik und  
Werkzeugmaschinen  
Produktionstechnisches Zentrum  
der Leibniz Universität Hannover / PZH  
An der Universität 2  
30823 Garbsen

**Pascal Mühlbrandt, M.Sc.**

MTU Reman Technologies GmbH  
Friedrich-List-Straße 8  
39122 Magdeburg

**N****Marcel Najuch, M.Sc.**

IFA Group  
Industriestraße 6  
39340 Haldensleben

**S****Dr.-Ing. David Schmicker**

IFA Group  
Industriestraße 6  
39340 Haldensleben

**Christopher Schmidt, M.Sc.**

Leibniz Universität Hannover  
Fakultät für Maschinenbau  
Institut für Fertigungstechnik und  
Werkzeugmaschinen  
Produktionstechnisches Zentrum  
der Leibniz Universität Hannover / PZH  
An der Universität 2  
30823 Garbsen

## S

**Prof. Dr. Michael Schulz**

Indalyz Monitoring & Prognostics GmbH  
Blücherstraße 26  
06120 Halle (Saale)

**Dr.-Ing. Reiner Schwäblein**

GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik  
und Entwicklung Schmalkalden e.V.  
Näherstiller Str. 10  
98574 Schmalkalden

**Dipl.-Ing. Oliver Stammen**

NAGEL Maschinen- und  
Werkzeugfabrik GmbH  
Oberboihinger Straße 60  
72622 Nürtingen

**Dipl.-Ing. (FH) Frank Stanzel**

AMETEK Germany GmbH  
Business Unit Zygo  
Rudolf-Diesel-Straße 16  
64331 Weiterstadt

**Arne Stanarius**

OKB Sondermaschinenbau GmbH  
Dorotheenstraße 7  
39218 Schönebeck

**Dr.-Ing. Ronny Stolze**

Hochschule Magdeburg-Stendal  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften  
und Industriedesign  
Institut für Maschinenbau  
Breitscheidstraße 2  
39114 Magdeburg

## T

**Tobias Tute, M.Sc.**

Hochschule Magdeburg-Stendal  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften  
und Industriedesign  
Institut für Maschinenbau  
Breitscheidstraße 2  
39114 Magdeburg

## V

**Bert de Veer**

Hembrug Machine Tools  
Hendrik Figeeweg 1a+b  
2031 BJ Haarlem  
The Netherlands

## W

**Dr.-Ing. Florian Welzel**

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Fakultät für Maschinenbau  
Institut für Fertigungstechnik und  
Qualitätssicherung  
Universitätsplatz 2  
39106 Magdeburg

**Martin Wieczorek**

Polarith UG (haftungsbeschränkt)  
Am Krökentor 1a  
39104 Magdeburg

## W

### **Martin Würkner, M.Sc.**

Hochschule Magdeburg-Stendal  
Fachbereich Ingenieurwissenschaften  
und Industriedesign  
Institut für Maschinenbau  
Breitscheidstraße 2  
39114 Magdeburg

## Z

### **Andrii Zelinko, M.Sc.**

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Fakultät für Maschinenbau  
Institut für Fertigungstechnik und  
Qualitätssicherung  
Universitätsplatz 2  
39106 Magdeburg

### **Wolfgang Zorn**

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik IWU  
Nöthnitzer Straße 44  
01187 Dresden



# Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Herausgeber .....	III
Autorenverzeichnis .....	V
Inhaltsverzeichnis .....	1

## **Hochleistungs-Präzisionsverfahren und Entwicklungsprozesse in einer digitalen und vernetzten Produktion**

Entwicklungen und Trends in Technik und Technologie

<b>F</b> inishen als Hochleistungs-Präzisionsverfahren in einer digitalen und vernetzten Produktion .....	5
<b>T</b> echnologieintegration in Dreh- und Dreh-Fräszentren .....	19
<b>S</b> ensoren sind das Fundament für Industrie 4.0.....	23

## **Hochleistungs-Präzisionsbearbeitung**

Maschinen, Prozesse, Anwendungen und Fertigungsmittel

<b>K</b> ombiFin-Anwendungen auf HEMBRUG Hartdrehmaschinen .....	37
<b>T</b> echnologien zur Schleifbearbeitung von rotierenden Diamantwerkzeugen: Messmethoden, Prozessfolge und Digitalisierung .....	43
<b>K</b> omplexe Superfinishanwendungen - Von der Idee bis zur prozesssicheren Bearbeitung .....	49
<b>P</b> rüfmittel und Prüfvorrichtungen in innovativer Werkstoffmischbauweise .....	57

## **Industrie 4.0: Anwendungen und Lösungen für die digitale und vernetzte Produktion**

Maschinensteuerung und -regelung, Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen

<b>B</b> rownfield-Anlagen: Wie sieht die Realität für Industrie 4.0 aus?.....	65
<b>V</b> oraussetzungen und Möglichkeiten künstlicher Intelligenz zur Sensor-Datenanalyse in der Fertigungstechnik .....	75
<b>I</b> ntegration der Industrie 4.0 - Ein praktischer Ansatz am Beispiel der Fertigung und Prüfung von Verbrennungsmotoren .....	85

**S**imulation und Implementierung eines thermisch minimalinvasiven  
Fertigungsprozesses für die Applikation von Wuchtgewichten ..... 93

**D**igitale Erweiterung bestehender Industrieanwendungen  
durch intelligente Systeme..... 103

### **Hochleistungs-Präzisionsbearbeitung**

#### Fertigungstechnologie, Fertigungsverfahren und Werkzeuge

**B**earbeitung einer gekoppelten Knieendoprothese durch die kombinierte  
Finishtechnologie auf einem mehrachsigen CNC-Bearbeitungszentrum..... 111

**S**uperabrasive Schleif-, Hon- und Finishwerkzeuge für  
Hochleistungs-Präzisionstechnologien ..... 119

**M**agnetabrasives Polieren von planaren Flächen auf einem  
Bearbeitungszentrum ..... 127

**R**eduzierung der Treibhausgasemission durch energieeffiziente  
Prozessketten für die Herstellung von Antriebsstrangkomponenten ..... 135

**K**urzhubfinishen mit starren Systemen ..... 143

### **Hochleistungs-Präzisionsbearbeitung**

#### Messtechnik, Qualitätssicherung, Prozessregelung und Prozessüberwachung

**T**aktile versus optische Messverfahren für die Qualitätssicherung  
in Bearbeitungszentren..... 155

**W**eißlichtinterferometer im Maschinenbau ..... 163

**S**chnelle optische Oberflächenmessung von gefinishten  
Funktionsflächen in rauer Fertigungsumgebung..... 171

**P**rozessüberwachung und Prozessregelung mit  
piezoelektrischen Sensoren..... 179

**I**ntelligente Vorrichtung - Prozesse sichern und optimieren..... 191