

Siegfried Hugo Bähr

**Process gas influences during the  
powder bed fusion of metals  
using a laser beam**



**Forschungsberichte iwb**

Band 406

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2025

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.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.  
Sämtliche, auch auszugsweise Verwertungen  
bleiben vorbehalten.  
Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich  
bitte an unsere Adresse: utzverlag GmbH ·  
Matthias Hoffmann · Nymphenburger Straße 91 ·  
80636 München · Telefon: 0049-89-27779100  
oder [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

Copyright © utzverlag GmbH · 2026

ISBN (Print) 978-3-8316-5097-2  
ISBN (E-Book) 978-3-8316-7837-2

Printed in Germany  
utzverlag GmbH, München  
089-277791-00 · [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

## Editor's Preface

In times of global challenges, such as climate change, the transformation of mobility, and an ongoing demographic change, production engineering is crucial for the sustainable advancement of our industrial society. The impact of manufacturing companies on the environment and society is highly dependent on the equipment and resources employed, the production processes applied, and the established manufacturing organization. The company's full potential for corporate success can only be taken advantage of by optimizing the interaction between humans, operational structures, and technologies. The greatest attention must be paid to becoming as resource-saving, efficient, and resilient as possible to operate flexibly in the volatile production environment.

Remaining competitive while balancing the varying and often conflicting priorities of sustainability, complexity, cost, time, and quality requires constant thought, adaptation, and the development of new manufacturing structures. Thus, there is an essential need to reduce the complexity of products, manufacturing processes, and systems. Yet, at the same time, it is also vital to gain a better understanding and command of these aspects.

The research activities at the Institute for Machine Tools and Industrial Management (*iwb*) aim to continuously improve product development and manufacturing planning systems, manufacturing processes, and production facilities. A company's organizational, manufacturing, and work structures, as well as the underlying systems for order processing, are developed under strict consideration of employee-related requirements and sustainability issues. However, the use of computer-aided and artificial intelligence-based methods and the necessary increasing degree of automation must not lead to inflexible and rigid work organization structures. Thus, questions concerning the optimal integration of ecological and social aspects in all planning and development processes are of utmost importance.

The volumes published in this book series reflect and report the results from the research conducted at *iwb*. Research areas covered span from the design and development of manufacturing systems to the application of technologies in manufacturing and assembly. The management and operation of manufacturing systems, quality assurance, availability, and autonomy are overarching topics affecting all areas of our research. In this series, the latest results and insights from our application-oriented research are published, and it is intended to improve knowledge transfer between academia and a wide industrial sector.

*Rüdiger Daub*

*Gunther Reinhart*

*Michael Zäh*

# Preface

This dissertation was elaborated during my work as a research associate and as a member of the management board of the Institute for Machine Tools and Industrial Management (*iwb*) at the Technical University of Munich.

First and foremost, I would like to express my deepest gratitude to my supervisor, Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zaeh, for granting me the opportunity to pursue a doctorate and for his guidance and support during the past years. I am also thankful for the opportunity he gave me to contribute to the management board of the *iwb* and to head the Additive Manufacturing department.

I further wish to thank my second examiner, Prof. Dr. Ali Gockhan Demir, for his expertise and invaluable input during the final stages of my doctoral journey, as well as for his evaluation of this dissertation. I also appreciate Prof. Dr.-Ing. Katrin Wudy for kindly serving as the chair of the examination committee.

My gratitude extends to the former Additive Manufacturing department at the Linde GmbH, especially to Pierre Forêt, for generously financing this work. I am particularly indebted to my mentor there, Thomas Ammann, for his excellent supervision, his dedicated involvement, and the many meaningful discussions that shaped this project – and often went far beyond it.

I am also thankful to the many colleagues in Garching and in Unterschleißheim, who made this period a memorable and enriching experience. I would particularly like to thank Tobias Deckers for being such a great office mate and for pushing each other forward throughout this journey. Furthermore, I am thankful to Andreas Wimmer, Xiao Fan Zhao, Daniel Baier, Sophie Grabmann, Sophie Dubiez-Le Goff, and Dominik Bauer for their motivation and thoughtful feedback.

Finally, I would like to express my heartfelt thanks to my family and friends for their unwavering support over the years, without which the completion of this thesis would not have been possible. I am sincerely grateful to my parents, Frauke and Gerhard Bähr, who imparted the value of education to me from an early age and have always stood by my side with advice and encouragement. I also thank my brother, Julius Bähr, for offering new perspectives through our conversations and for expanding my way of thinking. Lastly, I am grateful to my partner Bianca for her patience and mental support during the final stages of this dissertation.

# Table of contents

<b>List of abbreviations.....</b>	<b>III</b>
<b>List of symbols .....</b>	<b>V</b>
<b>1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1 Additive manufacturing – a driver for innovation in industrial production? .....	1
1.2 Problem statement, objectives, and approach .....	2
1.3 Structure of the thesis .....	3
<b>2 Fundamentals.....</b>	<b>5</b>
2.1 Chapter overview .....	5
2.2 Powder bed fusion of metals using a laser beam .....	5
2.2.1 Terminology .....	5
2.2.2 Principle of the process .....	6
2.2.3 Characteristics of the process zone .....	7
2.2.4 Process parameters .....	10
2.3 Process gases .....	12
2.3.1 Process gases in the powder bed fusion of metals using a laser beam .....	12
2.3.2 Technical gases and gas properties .....	12
2.3.3 Anemometry.....	14
2.4 Selected basics of fluid flow and heat transfer.....	15
2.4.1 Gas flow characteristics and drag force .....	15
2.4.2 Heat transfer .....	17
2.5 Process monitoring systems .....	19
2.5.1 General remarks .....	19
2.5.2 Schlieren imaging.....	19
2.5.3 Pyrometry .....	22
<b>3 State of the art.....</b>	<b>29</b>
3.1 Chapter overview .....	29
3.2 Spatters during the powder bed fusion of metals using a laser beam .....	29
3.2.1 Formation mechanisms and characterization .....	29
3.2.2 Impact on the process and part properties as well as mitigation strategies....	32
3.3 Formation and effects of spatters in the laser beam welding process .....	35

---

**TABLE OF CONTENTS**

---

3.4	Process gas usage during the powder bed fusion of metals using a laser beam.....	36
3.4.1	Influence of the process gas flow.....	37
3.4.2	Influence of the process gas type .....	41
3.5	Process gas influence during the laser beam welding process .....	45
3.6	Simulative approaches to investigate laser-based manufacturing processes .....	47
3.7	Need for action .....	50
<b>4</b>	<b>Research approach .....</b>	<b>53</b>
4.1	Chapter overview .....	53
4.2	Scientific objectives .....	53
4.3	Methodological approach.....	54
4.4	Integration of the publications.....	56
<b>5</b>	<b>Research findings.....</b>	<b>59</b>
5.1	Chapter overview .....	59
5.2	Process gas influences.....	59
5.2.1	P1: Preliminary investigations on argon and helium .....	59
5.2.2	P2: Preliminary investigations on argon and nitrogen .....	61
5.2.3	P3: Removal of spatters.....	63
5.2.4	P4: Cooling of spatters .....	65
5.2.5	P5: Heat balance of the melt pool .....	66
5.2.6	P6: Enhanced processing of a novel high-strength aluminum alloy .....	69
5.3	Discussion of the findings.....	71
5.4	Economic assessment of part costs with regard to process gases .....	73
<b>6</b>	<b>Summary and outlook.....</b>	<b>77</b>
6.1	Summary .....	77
6.2	Outlook.....	79
<b>References .....</b>	<b>81</b>	
<b>Appendix .....</b>	<b>95</b>	
A.	List of embedded key publications.....	95
B.	List of supervised student research projects.....	96

## List of abbreviations

Abbreviation	Description
2D	Two-dimensional
3D	Three-dimensional
AER	Chair of Aerodynamics and Fluid Mechanics of the Technical University of Munich
AM	Additive manufacturing
CFD	Computational fluid dynamics
CT	Computational tomography
CW	Continuous wave
EBSD	Electron backscatter diffraction
EDX	Energy-dispersive X-ray spectroscopy
e.g.	For example (lat.: <i>exempli gratia</i> )
FEM	Finite element method
HWA	Hot-wire anemometry
i.e.	That is (lat.: <i>id est</i> )
<i>iwb</i>	Institute for Machine Tools and Industrial Management of the Technical University of Munich
L	Lens
LW	Laser welding
OT	Optical tomography
P	Publication
PBF-LB/M	Powder bed fusion of metals using a laser beam
RA	Research area
RF	Research finding
SEM	Scanning electron microscopy
SO	Sub-objective
SPH	Smoothed-particle hydrodynamics

LIST OF ABBREVIATIONS

---

UTS	Ultimate tensile strength
VA	Vane anemometry
VED	Volumetric energy density
YS	Yield strength

---

## List of symbols

### Chemical symbols

Variable	Description
Al	Aluminum
Ar	Argon
ArHe30	70 vol.-% argon + 30 vol.-% helium
ArHe70	30 vol.-% argon + 70 vol.-% helium
CO	Carbon monoxide
CO <sub>2</sub>	Carbon dioxide
Cu	Copper
He	Helium
Mg	Magnesium
N <sub>2</sub>	Nitrogen molecule
O	Atomic oxygen
O <sub>2</sub>	Molecular oxygen
Ti	Titanium
Zn	Zinc

### Greek symbols

Variable	Unit	Description
$\alpha$	W/(m <sup>2</sup> ·K)	Heat transfer coefficient
$\alpha(\lambda)$	-	Absorptivity
$\delta$	mm	Boundary layer thickness
$\delta(x)$	mm	Boundary layer thickness profile
$\varepsilon(\lambda)$	-	Spectral emission coefficient
$\varepsilon_{x,z}$	rad	Deflection in the x- or z-direction

LIST OF SYMBOLS

---

$\eta_g$	$\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$	Dynamic viscosity of a gas
$\eta_{i,j}$	$\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$	Dynamic viscosity of the gases i and j
$\eta_{\text{mix}}$	$\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$	Dynamic viscosity of a gas mixture
$\lambda$	nm	Wavelength
$\lambda_e$	nm	Real wavelength
$\lambda_g$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	Thermal conductivity of a gas
$\lambda_{\text{mix}}$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	Thermal conductivity of a gas mixture
$\lambda_v$	nm	Wavelength ratio
$\lambda_w$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	Thermal conductivity of a wall
$\rho_c$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Density of a gas at calibration conditions
$\rho_g$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Density of a gas
$\rho_i$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Density of a gas i in a gas mixture
$\rho(\lambda)$	-	Reflectivity
$\rho_m$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Density of a gas at measurement conditions
$\rho_{\text{mix}}$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Density of a gas mixture
$\rho_p$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Density of a powder particle
$\sigma$	$\text{mN}/\text{m}$	Surface tension coefficient
$\sigma_B$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K}^4)$	Stefan-Boltzmann constant
$\tau$	-	Transmissivity
$\Omega$	rad	Unit solid angle

---

**Latin symbols**

Variable	Unit	Description
$a_w$	$\text{m}^2/\text{s}$	Thermal diffusivity of a wall
$A$	$\text{m}^2$	Exposed surface area
$A_O$	$\text{m}^2$	Object surface
$A_p$	$\mu\text{m}^2$	Particle surface
$Arch$	-	Archimedes number
$A_S$	$\mu\text{m}^2$	Pyrometer surface
$A_w$	$\text{m}^2$	Wall surface
$c_0$	$\text{m}/\text{s}$	Speed of light in vacuum

---

$c_1$	W·m <sup>2</sup>	Radiation constant
$c_2$	K·m	Radiation constant
$c$	m/s	Speed of light in a medium
$c_g$	€/m <sup>3</sup>	Gas cost per volume
$\tilde{c}_{p,i}$	kJ/(mol·K)	Molar specific isobaric heat capacity of a gas $i$
$c_{p,i}$	kJ/(kg·K)	Specific isobaric heat capacity of a gas $i$
$c_{p,mix}$	kJ/(kg·K)	Specific isobaric heat capacity of a gas mixture
$c_w$	-	Drag coefficient
$C$	€	Overall part costs
$C_{cons}$	€	Consumables costs
$C_{en}$	€	Energy consumption costs
$C_{eq}$	€	Equipment costs
$C_{fac}$	€	Facility costs
$C_{gas}$	€	Gas costs
$C_{lab}$	€	Labor work costs
$C_{mat}$	€	Material costs
$C_{pp}$	€	Post-processing costs
$C_{setup}$	€	Process setup costs
$\Delta d$	µm	Displacement of a deflected light beam
$d_k$	µm	Remaining diameter of a cut-off undisturbed light beam
$d_0$	µm	Diameter of an indisturbed light beam
$d_p$	µm	Particle diameter
$d_s$	µm	Diameter of an ideal point light source
$d_w$	m	Wall thickness
$f$	-	Scrap rate
$f_{1,2}$	mm	Focal lengths
$F$	N	Drag force
$\bar{F}$	-	Normalized drag force
$FOV$	µm <sup>2</sup>	Field of view
$F_S$	-	System parameters term
$g$	m <sup>2</sup> /s	Gravitational acceleration
$h$	µm	Hatch distance

$h_p$	J·s	Planck's quantum of action
$i$	-	Control variable
$I_0$	lx	Undisturbed illumination
$I_k$	lx	Cut-off illumination
$j$	-	Control variable
$k$	cm <sup>3</sup> /g	Gladstone-Dale coefficient
$K_D$	-	Modification factor for the flow profile
$K_\Phi$	-	Modification factor for the particle shape
$L$	mm	Characteristic length
$L(\lambda, T)$	W/(m <sup>2</sup> ·μm·sr)	Spectral radiance
$L_o$	W/(m <sup>2</sup> ·μm·sr)	Spectral radiance of an object
$L_v$	kJ/mol	Enthalpy of vaporization
$M_{i,j}$	kg/mol	Molar masses of the gases $i$ and $j$
$M(\lambda, T)$	W/(m <sup>2</sup> ·μm)	Specific spectral radiation
$M_{BB}(T)$	W/(m <sup>2</sup> ·μm)	Specific spectral radiation of a black body
$M_{RB}(T)$	W/(m <sup>2</sup> ·μm)	Specific spectral radiation of a real body
$n$	-	Number of constituents in a gas mixture
$n_0$	-	Refractive index of a surrounding medium
$n_b$	-	Number of parts per build job
$n_g$	-	Refractive index of a gas
$Nu$	-	Nusselt number
$Nu_{forced}$	-	Nusselt number in the case of forced convection
$Nu_{natural}$	-	Nusselt number in the case of natural convection
$p$	Pa	Pressure
$p_b$	Pa	Saturated pressure
$p_l$	Pa	Ambient pressure
$Pr$	-	Prandtl number
$p_{rec}$	Pa	Recoil pressure
$\dot{Q}_{cond}$	W	Heat flux by conduction
$\dot{Q}_{conv}$	W	Heat flux by convection
$\dot{Q}_{rad}$	W	Heat flux by radiation
$\dot{Q}_{total}$	W	Total heat flux

---

$\dot{q}$	W/m <sup>2</sup>	Heat flux density
$R$	J/(mol·K)	Universal gas constant
$Ra$	-	Rayleigh number
$Re$	-	Reynolds number
$Re_{crit}$	-	Critical Reynolds number
$Re_p$	-	Particle Reynolds number
$R_s$	μm	Pyrometer sensitivity
$S_A$	V	Pyrometer output signal
$S_R$	-	Pyrometer signal ratio
$t$	μm	Layer thickness
$t_{build}$	h	Processing time
$t_{purge}$	h	Purging time
$\Delta T$	K	Temperature difference
$T$	K	Temperature
$T_b$	K	Boiling temperature
$t_c$	s	Time
$T_O$	K	Object temperature
$u_c$	m/s	Calibration velocity
$u_g$	m/s	Gas flow velocity
$u_m$	m/s	Measurement velocity
$u_{pu}$	m/s	Particle pickup velocity
$u(x,z)$	m/s	Gas flow velocity profile
$v$	m/s	Scanning velocity
$\dot{V}_{build}$	m <sup>3</sup> /h	Volume flow rate of the gas during processing
$\dot{V}_{purge}$	m <sup>3</sup> /h	Volume flow rate of the gas during purging
$VED$	J/mm <sup>3</sup>	Volumetric energy density
$\tilde{x}_i$	-	Molar fraction
$x, y$	-	Scanning or gas flow directions
$z$	-	Building direction
$Z_{ij}$	-	Weighting factor

---

# 1 Introduction

## 1.1 Additive manufacturing – a driver for innovation in industrial production?

Additive manufacturing (AM) is a production technique characterized by a repetitive layer-by-layer deposition of material (GEBHARDT 2016). This additive deposition of the material enables the production of complex geometries, which are not or only difficult to produce conventionally in an economical way (GIBSON ET AL. 2021). When the freedom of design is introduced in an early design stage in the product development, the benefits of AM can be fully exploited – parts with integrated functionalities and topology-optimized designs in a near-net-shape geometry are manufacturable (RUDOLPH ET AL. 2023). Additionally, since the material is theoretically only deposited and used where it is needed, the material efficiency of the production can be increased. This leads to reduced wastage or buy-to-fly ratios (WILLIAMS ET AL. 2016). Coming from prototyping mainly, AM has emerged as a relevant production method over recent years. In the field of metal additive manufacturing, the powder bed fusion of metals using a laser beam (PBF-LB/M) has especially been established as one of the most prominent technologies (GIBSON ET AL. 2021). This process uses a fine metal powder that is molten in layer-by-layer mode by a laser beam to manufacture the final part. A high resolution of parts and a fine microstructure are benefits of this specific additive technology (CHOWDHURY ET AL. 2022). In particular, parts that require a high specific strength (i.e., high mechanical strength and low density) and are needed in small numbers are predestined to be produced via PBF-LB/M (GEBHARDT 2016).

Some challenges, however, still stand against the variety of benefits that limit the current use of this promising manufacturing technique in the production industry. A few of these challenges are associated with the nature of the process leading to high and costly requirements in the production environment, for example, regarding safety and production atmosphere (WALTER ET AL. 2019). As the handled fine metal powders are usually in respirable size ranges and are prone to pick up oxygen or humidity from the ambient air, workers need to wear personal protection equipment and the machines need to be placed in encapsulated laboratories with a regulated ambient temperature and humidity (WALTER ET AL. 2019). Other barriers that hinder the further spreading of PBF-LB/M in the industry are posed by process-related challenges. High production times compared to conventional manufacturing processes, low reproducibility of the part properties, or process abortions due to part failures during manufacturing are a few examples of challenges that need to be resolved (NARASIMHARAJU ET AL. 2022).

Therefore, to further establish PBF-LB/M as a driver for innovation in industrial production and to fully exploit its potential, research institutes and companies are investing a significant amount of effort into the research on and the development of this manufacturing technology.

## 1.2 Problem statement, objectives, and approach

PBF-LB/M is characterized by a high energy density input from a laser beam in a confined area with rapid heating and cooling cycles (GIBSON ET AL. 2021). The material is heated up according to the cross-section of the part until a melt pool is created. By the following solidification, one layer of the part is produced. If the energy input is sufficiently high, the material can even evaporate, leading to the creation of an indentation in the melt pool (keyhole) and a continuous stream of vapor out of it (DEBROY ET AL. 2018). To protect the liquid melt pool from chemical reactions with the ambient air, such as oxidation or nitridation, the process chamber of the machine is flooded with an inert gas prior to the process (GEBHARDT 2016). The high scanning velocities of the laser movement of approximately 1 m/s and above result in strong melt pool dynamics and lead to high solidification rates of the material. Process by-products, such as vapor and spatters (ejected liquid metal droplets), are the result of the high process dynamics (DEBROY ET AL. 2018). To avoid negative impacts by the process by-products, such as interactions with the laser beam or altering of the powder bed properties, a continuous inert gas flow is guided over the build platform to remove them. To date, the influence of the process gas on PBF-LB/M has not been fully uncovered. Argon (Ar) or nitrogen (N<sub>2</sub>) are used as standard gases with parameter settings that are not touched (GEBHARDT 2016). The use of the process gas as an additional parameter to increase the process stability and capability has only been studied to a limited extent. Investigations of resulting part properties that were produced with different atmosphere settings were oftentimes used to draw conclusions on the influence of the process gas, such as in the works of PAUZON ET AL. (2019) or DECKERS ET AL. (2024). However, a comprehensive and transferable understanding of the influences of the process gas on PBF-LB/M remains difficult with only experimental ex-situ methods at hand.

This dissertation project aimed to unveil fundamental influences of the gas used during PBF-LB/M and to contribute to an enhanced usage of this parameter. In particular, the focus points of the removal of process by-products through the gas flow and the heat balance in the process were addressed. Figure 1-1 depicts the four-stage approach that was applied to achieve this overall goal. In stage 1, preliminary investigations were performed based on the state of the art to gain a better understanding of the relevant phenomena to be studied. The second and third stages were built upon the results of stage 1 and were dedicated to investigations on the removal of spatters and the heat balance in the process. Stage 2 thereby addressed the removal of spatters by a two-step approach. First, the upper limits of the gas flow velocity in any gas-material setting were elaborated. With this knowledge, the removal of spatters was studied with a unique and novel experimental setup. In stage 3, the heat balance during PBF-LB/M was studied with the goal of unveiling the spatter cooling by the gas flow as well as the heat transfer mechanisms of the melt pool. Experimentally, this was done by Schlieren imaging and metallography. For the analytical approaches, a formula-based heat transfer model and a smoothed-particle hydrodynamics simulation model were applied. In the final stage 4, a comprehensive experimental study was performed to showcase the potential of the process gas as an additional parameter to improve PBF-LB/M. This was done by investigating the density, chemical composition, and static mechanical properties of parts produced under varying atmospheres.

In summary, the presented approach supports the choice of a suitable process gas and its application to PBF-LB/M. Beyond the results shown in this thesis, the presented models can be applied to any combination of gases and materials to find proper process settings.

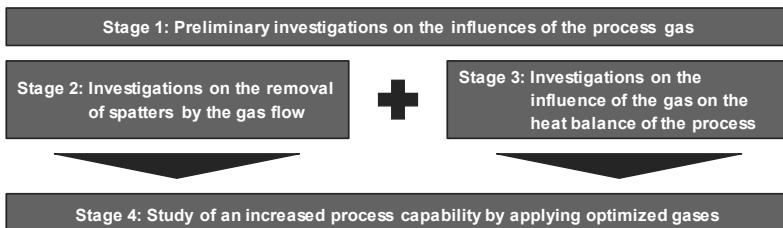


Figure 1-1: Scientific approach of this dissertation project

### 1.3 Structure of the thesis

This cumulative thesis is structured in six main chapters. After the introduction in Chapter 1, Chapter 2 presents the necessary fundamentals for understanding the research results. In particular, the relevant basics of PBF-LB/M, technical gases, fluid mechanics and thermodynamics, and process monitoring devices are elaborated. In Chapter 3, the current state of the art of experimental and numerical investigations on spattering and the influence of gases during PBF-LB/M and its related laser beam welding process are presented. After the formulation of the need for action at the end of Chapter 3, Chapter 4 continues with the description of the research approach. Based on the open research areas, scientific objectives are defined and the methodological approach to solve them is presented. The description of the integration of this approach into the six publications of this publication-based dissertation concludes Chapter 4. The following Chapter 5 contains a summary of each individual publication, followed by a discussion of the findings and an assessment of the degree of achievement of the scientific objectives defined in Chapter 4. Finally, the presented work is summarized in Chapter 6 and an outlook is given on potential future research activities.

## 2 Fundamentals

### 2.1 Chapter overview

In this chapter, the fundamentals relevant to this work are presented. Section 2.2 describes the fundamentals of the PBF-LB/M process, followed by basics of technical gases in Section 2.3. The Sections 2.4 and 2.5 conclude Chapter 2 and lay the foundations for the understanding of fluid flow and heat transfer and for process monitoring systems used within this dissertation project, respectively.

Following remarks on the terminology and the principles of the PBF-LB/M process in the Subsections 2.2.1 and 2.2.2, respectively, Subsection 2.2.3 describes the characteristics of the process zone, while Subsection 2.2.4 gives an overview of relevant process parameters. In the beforementioned subsections, the focus is placed on relevant physical phenomena related to the scope of this work, such as laser energy coupling and recoil pressure. This focus is continued in Subsection 2.3.1, as the importance of using process gases is explained by outlining their main tasks in the PBF-LB/M process. Since the performance of process gases in fulfilling their tasks during PBF-LB/M depends on their properties as well as on the flow settings, the Subsections 2.3.2 and 2.3.3 give an overview of the properties of technical gases and the principles of gas flow measurements, respectively. Subsection 2.4.1 continues in the context of gas flow properties with a description of the boundary layer theory, followed by the main basics of heat transfer in Subsection 2.4.2. Based on general remarks on process monitoring techniques in Subsection 2.5.1, the Subsections 2.5.2 and 2.5.3 deal with the working principles of Schlieren imaging and pyrometry, respectively.

### 2.2 Powder bed fusion of metals using a laser beam

#### 2.2.1 Terminology

The industrially most relevant standard for the terminology of AM processes today is the DIN EN ISO/ASTM 52900 standard. It categorizes the AM processes based on their specifications. Seven main process categories are defined:

- Binder jetting
- Directed energy deposition
- Material extrusion
- Material jetting
- Powder bed fusion (PBF)
- Sheet lamination
- Vat photopolymerization

The processes belonging to PBF are further divided based on the energy source (laser beam (LB) or electron beam) and the material used (e.g., metals (M) or plastics). With this definition, the abbreviation for the process applied in this work, the powder bed fusion of metals using a laser beam, is PBF-LB/M (DIN EN ISO/ASTM 52900:2021).

### 2.2.2 Principle of the process

For a successful manufacturing of parts by PBF-LB/M, pre-, in- as well as post-processing steps need to be performed before, during, and after the actual fabrication (VDI 3405:2014). During pre-processing, the part modeled by computer-aided design is virtually sliced and the resulting layers are attributed with processing parameters. The main parameters are the laser power, the scanning velocity of the laser beam, the hatch distance (distance between the center lines of two neighboring scan paths), and the layer thickness. Process characteristics, such as overheating in the turning points of the laser, might require variations of the processing parameters within one layer of the part or the addition of support structures at overhanging areas. Once the digital preparation of the part is finished, the model can be transferred to the PBF-LB/M machine. (GIBSON ET AL. 2021)

Figure 2-1 shows a schematic cross-section of a typical PBF-LB/M machine with its main components. The machine is prepared for manufacturing by various steps, such as inertizing the build chamber (see Figure 2-1 (1)) with a suitable processing gas (typically Ar or N<sub>2</sub>) or filling in the metal powder into the powder reservoir (see Figure 2-1 (2)).

Once the machine is set up, the PBF-LB/M process can be started. In this paragraph, the numbers called refer to Figure 2-1. Three main steps are repeatedly performed for the layer-by-layer fabrication of the part (3). In the first step, a layer of powder is applied onto the build platform (4). For this, the recoating device (6) is moved to the right end position, then the powder reservoir (2) is lifted by a pre-defined height increment, and the recoating device moves to the left end position again. A blade (typically metal or rubber), which is mounted at the bottom of the recoating device, shoves the powder evenly onto the build platform. Any excess powder from the recoating step is collected in the overflow container (5). In the second step, the laser illumination, the beam of a typically continuous wave (CW; (HÜGEL & GRAF 2009)) laser source (7) is guided over the build platform following the contour of the part. The energy input from the laser beam leads to the melting of the metal powder. The high scanning velocities of up to 1 m/s lead to a rapid cooling of the resulting melt pool and, hence, to a solidification of the material. Once the laser beam has passed the entire contour of the part, one layer of the part is created. In the third step, the build platform is lowered by the pre-defined layer thickness and the process starts again with the first step. This cycle is repeated until the entire part is built. (WANG ET AL. 2024)

# Seminarberichte IWB

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh,  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Seminarberichte IWB sind erhältlich im Buchhandel oder beim  
utzverlag, München, Fax 089-277791-01, [info@utzverlag.de](mailto:info@utzverlag.de), [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

- 1 Innovative Montagesysteme - Anlagengestaltung, -bewertung und -überwachung  
115 Seiten · ISBN 3-931327-01-9
- 2 Integriertes Produktmodell - Von der Idee zum fertigen Produkt  
82 Seiten · ISBN 3-931327-02-7
- 3 Konstruktion von Werkzeugmaschinen - Berechnung, Simulation und Optimierung  
110 Seiten · ISBN 3-931327-03-5
- 4 Simulation - Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungsberichte  
134 Seiten · ISBN 3-931327-04-3
- 5 Optimierung der Kooperation in der Produktentwicklung  
95 Seiten · ISBN 3-931327-05-1
- 6 Materialbearbeitung mit Laser - von der Planung zur Anwendung  
86 Seiten · ISBN 3-931327-76-0
- 7 Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen  
80 Seiten · ISBN 3-931327-77-9
- 8 Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel  
130 Seiten · ISBN 3-931327-78-7
- 9 Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte  
120 Seiten · ISBN 3-931327-79-5
- 10 3D-Simulation - Schneller, sicherer und kostengünstiger zum Ziel  
90 Seiten · ISBN 3-931327-10-8
- 11 Unternehmensorganisation - Schlüssel für eine effiziente Produktion  
110 Seiten · ISBN 3-931327-11-6
- 12 Autonome Produktionsysteme  
100 Seiten · ISBN 3-931327-12-4
- 13 Planung von Montageanlagen  
130 Seiten · ISBN 3-931327-13-2
- 14 Nicht erschienen - wird nicht erscheinen
- 15 Flexible fluide Kleb/Dichtstoffe - Dosierung und Prozeßgestaltung  
80 Seiten · ISBN 3-931327-15-9
- 16 Time to Market - Von der Idee zum Produktionsstart  
80 Seiten · ISBN 3-931327-16-7
- 17 Industrieramik in Forschung und Praxis - Probleme, Analysen und Lösungen  
80 Seiten · ISBN 3-931327-17-5
- 18 Das Unternehmen im Internet - Chancen für produzierende Unternehmen  
165 Seiten · ISBN 3-931327-18-3
- 19 Leittechnik und Informationslogistik - mehr Transparenz in der Fertigung  
85 Seiten · ISBN 3-931327-19-1
- 20 Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen – Plug & Play – Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme  
105 Seiten · ISBN 3-931327-20-5
- 21 Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Schnell zu funktionalen Prototypen  
95 Seiten · ISBN 3-931327-21-3
- 22 Mikrotechnik für die Produktion - Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale  
95 Seiten · ISBN 3-931327-22-1
- 24 EDM Engineering Data Management  
195 Seiten · ISBN 3-931327-24-8
- 25 Rationale Nutzung der Simulationstechnik - Entwicklungstrends und Praxisbeispiele  
152 Seiten · ISBN 3-931327-25-6
- 26 Alternative Dichtungssysteme - Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag  
110 Seiten · ISBN 3-931327-26-4
- 27 Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt  
111 Seiten · ISBN 3-931327-27-2
- 28 Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt  
154 Seiten · ISBN 3-931327-28-0
- 29 Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlußseminar  
156 Seiten · ISBN 3-931327-29-9
- 30 Nicht erschienen - wird nicht erscheinen
- 31 Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends  
183 Seiten · ISBN 3-931327-31-0
- 32 Nicht erschienen - wird nicht erscheinen
- 33 3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension  
181 Seiten · ISBN 3-931327-33-7
- 34 Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz  
102 Seiten · ISBN 3-931327-34-5
- 35 Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben  
129 Seiten · ISBN 3-931327-35-3
- 36 Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion  
124 Seiten · ISBN 3-931327-36-1
- 37 Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätsteigerung durch technische und organisatorische Ansätze  
95 Seiten · ISBN 3-931327-37-X
- 38 Rapid Prototyping - Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung  
128 Seiten · ISBN 3-931327-38-8
- 39 Rapid Tooling - Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau  
130 Seiten · ISBN 3-931327-39-6
- 40 Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen  
160 Seiten · ISBN 3-931327-40-X
- 41 Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen  
146 Seiten · ISBN 3-89675-041-0
- 42 Stückzahlflexible Montagesysteme  
139 Seiten · ISBN 3-89675-042-9
- 43 Produktivität und Verfügbarkeit ...durch Kooperation steigern  
120 Seiten · ISBN 3-89675-043-7
- 44 Automatisierte Mikromontage - Handhaben und Positionieren von Mikrobauteilen  
125 Seiten · ISBN 3-89675-044-5
- 45 Produzieren in Netzwerken - Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele  
173 Seiten · ISBN 3-89675-045-3
- 46 Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation  
108 Seiten · ISBN 3-89675-046-1

- 47 **Virtuelle Produktion - Prozeß- und Produktsimulation**  
131 Seiten - ISBN 3-89675-047-X
- 48 **Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen**  
106 Seiten - ISBN 3-89675-048-8
- 49 **Rapid Prototyping - Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung**  
150 Seiten - ISBN 3-89675-049-6
- 50 **Rapid Manufacturing - Methoden für die reaktionsfähige Produktion**  
121 Seiten - ISBN 3-89675-050-X
- 51 **Flexibles Kleben und Dichten - Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle**  
137 Seiten - ISBN 3-89675-051-8
- 52 **Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserenien**  
124 Seiten - ISBN 3-89675-052-6
- 53 **Mischverbindungen - Werkstoffauswahl, Verfahrensauswahl, Umsetzung**  
107 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 54 **Virtuelle Produktion - Integrierte Prozess- und Produktsimulation**  
133 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 55 **e-Business in der Produktion - Organisationskonzepte, IT-Lösungen, Praxisbeispiele**  
150 Seiten - ISBN 3-89675-055-0
- 56 **Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation als planungsbegleitendes Werkzeug**  
150 Seiten - ISBN 3-89675-056-9
- 57 **Virtuelle Produktion - Datenintegration und Benutzerschnittstellen**  
150 Seiten - ISBN 3-89675-057-7
- 58 **Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung qualitativ hochwertiger Bauteile oder Kleinserien**  
169 Seiten - ISBN 3-89675-058-7
- 59 **Automatisierte Mikromontage - Werkzeuge und Fügetechnologien für die Mikrosystemtechnik**  
114 Seiten - ISBN 3-89675-059-3
- 60 **Mechatronische Produktionsysteme - Genauigkeit gezielt entwickeln**  
131 Seiten - ISBN 3-89675-060-7
- 61 **Nicht erschienen - wird nicht erscheinen**
- 62 **Rapid Technologien - Anspruch - Realität - Technologien**  
100 Seiten - ISBN 3-89675-062-3
- 63 **Fabrikplanung 2002 - Visionen - Umsetzung - Werkzeuge**  
124 Seiten - ISBN 3-89675-063-1
- 64 **Mischverbindungen - Einsatz und Innovationspotenzial**  
143 Seiten - ISBN 3-89675-064-X
- 65 **Fabrikplanung 2003 - Basis für Wachstum - Erfahrungen Werkzeuge Visionen**  
136 Seiten - ISBN 3-89675-065-8
- 66 **Mit Rapid Technologien zum Aufschwung - Neue Rapid Technologien und Verfahren, Neue Qualitäten, Neue Möglichkeiten, Neue Anwendungsfelder**  
185 Seiten - ISBN 3-89675-066-6
- 67 **Mechatronische Produktionsysteme - Die Virtuelle Werkzeugmaschine: Mechatronisches Entwicklungsverfahren, Integrierte Modellbildung, Applikationsfelder**  
148 Seiten - ISBN 3-89675-067-4
- 68 **Virtuelle Produktion - Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik**  
139 Seiten - ISBN 3-89675-068-2
- 69 **Kooperationsmanagement in der Produktion - Visionen und Methoden zur Kooperation - Geschäftsmodelle und Rechtsformen für die Kooperation - Kooperation entlang der Wertschöpfungskette**  
134 Seiten - ISBN 3-89675-069-0
- 70 **Mechatronik - Strukturdynamik von Werkzeugmaschinen**  
161 Seiten - ISBN 3-89675-070-4
- 71 **Klebtechnik - Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten**  
ISBN 3-89675-071-2 - vergriffen
- 72 **Fabrikplanung 2004 Erfolgsfaktor im Wettbewerb - Erfahrungen - Werkzeuge - Visionen**  
ISBN 3-89675-072-0 - vergriffen
- 73 **Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion - Erwartungen - Erfahrungen - Entwicklungen**  
179 Seiten - ISBN 3-89675-073-9
- 74 **Virtuelle Produktionssystemplanung - Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik**  
133 Seiten - ISBN 3-89675-074-7
- 75 **Nicht erschienen - wird nicht erscheinen**
- 76 **Berührungslose Handhabung - Vom Wafer zur Glaslinse, von der Kapsel zur aseptischen Ampulle**  
95 Seiten - ISBN 3-89675-076-3
- 77 **ERP-Systeme - Einführung in die betriebliche Praxis - Erfahrungen, Best Practices, Visionen**  
153 Seiten - ISBN 3-89675-077-7
- 78 **Mechatronik - Trends in der interdisziplinären Entwicklung von Werkzeugmaschinen**  
155 Seiten - ISBN 3-89675-078-X
- 79 **Produktionsmanagement**  
267 Seiten - ISBN 3-89675-079-8
- 80 **Rapid Manufacturing - Fertigungsverfahren für alle Ansprüche**  
154 Seiten - ISBN 3-89675-080-1
- 81 **Rapid Manufacturing - Heutige Trends - Zukünftige Anwendungsfelder**  
172 Seiten - ISBN 3-89675-081-X
- 82 **Produktionsmanagement - Herausforderung Variantenmanagement**  
100 Seiten - ISBN 3-89675-082-8
- 83 **Mechatronik - Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen**  
160 Seiten - ISBN 3-89675-083-6
- 84 **Virtuelle Inbetriebnahme - Von der Kür zur Pflicht?**  
104 Seiten - ISBN 978-3-89675-084-6
- 85 **3D-Erfahrungsforum - Innovation im Werkzeug- und Formenbau**  
375 Seiten - ISBN 978-3-89675-085-3
- 86 **Rapid Manufacturing - Erfolgreich produzieren durch innovative Fertigung**  
162 Seiten - ISBN 978-3-89675-086-0
- 87 **Produktionsmanagement - Schlank im Mittelstand**  
102 Seiten - ISBN 978-3-89675-087-7
- 88 **Mechatronik - Vorsprung durch Simulation**  
134 Seiten - ISBN 978-3-89675-088-4
- 89 **RFID in der Produktion - Wertschöpfung effizient gestalten**  
122 Seiten - ISBN 978-3-89675-089-1
- 90 **Rapid Manufacturing und Digitale Fabrik - Durch Innovation schnell und flexibel am Markt**  
100 Seiten - ISBN 978-3-89675-090-7
- 91 **Robotik in der Kleinserienproduktion - Die Zukunft der Automatisierungstechnik**  
ISBN 978-3-89675-091-4
- 92 **Rapid Manufacturing - Ressourceneffizienz durch generative Fertigung im Werkzeug- und Formenbau**  
ISBN 978-3-89675-092-1
- 93 **Handhabungstechnik - Innovative Greiftechnik für komplexe Handhabungsaufgaben**  
136 Seiten - ISBN 978-3-89675-093-8
- 94 **iwb Seminarreihe 2009 Themengruppe Werkzeugmaschinen**  
245 Seiten - ISBN 978-3-89675-094-5
- 95 **Zuführtechnik - Herausforderung der automatisierten Montage!**  
111 Seiten - ISBN 978-3-89675-095-2
- 96 **Risikobewertung bei Entscheidungen im Produktionsumfeld - Seminar »Risiko und Chance«**  
151 Seiten - ISBN 978-3-89675-096-9
- 97 **Seminar Rapid Manufacturing 2010 - Innovative Einsatzmöglichkeiten durch neue Werkstoffe bei Schichtbauverfahren**  
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-097-6

- 98 Handhabungstechnik - Der Schlüssel für eine automatisierte Herstellung von Composite-Bauteilen  
260 Seiten · ISBN 978-3-89675-098-3
- 99 Abschlussveranstaltung SimuSint 2010 - Modulares Simulationsystem für das Strahlschmelzen  
270 Seiten · ISBN 978-3-89675-099-0
- 100 Additive Fertigung: Innovative Lösungen zur Steigerung der Bauteilqualität bei additiven Fertigungsverfahren  
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-4114-7
- 101 Mechatronische Simulation in der industriellen Anwendung  
91 Seiten · ISBN 978-3-8316-4149-9
- 102 Wissensmanagement in produzierenden Unternehmen  
ISBN 978-3-8316-4169-7
- 103 Additive Fertigung: Bauteil- und Prozessauslegung für die wirtschaftliche Fertigung  
ISBN 978-3-8316-4188-8
- 104 Ressourceneffizienz in der Lebensmittelkette  
ISBN 978-3-8316-4192-5
- 105 Werkzeugmaschinen: Leichter schwer zerspanen! - Herausforderungen und Lösungen für die Zerspanung von Hochleistungswerkstoffen  
120 Seiten · ISBN 978-3-8316-4217-5
- 106 Batterieproduktion - Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher  
108 Seiten · ISBN 978-3-8316-4221-2
- 107 Batterieproduktion - Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher  
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-4249-6

## Forschungsberichte IWB Band 1–121

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. J. Milberg und Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart,  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Band 1–121 sind im Springer Verlag, Berlin, Heidelberg erschienen.

- 1 Streifinger, E.: Beitrag zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit moderner Fertigungsmittel  
1986 - 72 Abb. - 167 Seiten · ISBN 3-540-16391-3
- 2 Fuchsberger, A.: Untersuchung der spanenden Bearbeitung von Knochen  
1986 - 90 Abb. - 175 Seiten · ISBN 3-540-16392-1
- 3 Maier, C.: Montageautomatisierung am Beispiel des Schraubens mit Industrierobotern  
1986 - 77 Abb. - 144 Seiten · ISBN 3-540-16393-X
- 4 Summer, H.: Modell zur Berechnung verzweigter Antriebsstrukturen  
1986 - 74 Abb. - 197 Seiten · ISBN 3-540-16394-8
- 5 Simon, W.: Elektrische Vorschubantriebe an NC-Systemen  
1986 - 141 Abb. - 198 Seiten · ISBN 3-540-16693-9
- 6 Büchs, S.: Analytische Untersuchungen zur Technologie der Kugelbearbeitung  
1986 - 74 Abb. - 173 Seiten · ISBN 3-540-16694-7
- 7 Hunzinger, J.: Schneideindurierte Oberflächen  
1986 - 79 Abb. - 162 Seiten · ISBN 3-540-16695-5
- 8 Pilland, U.: Echzeit-Kollisionsschutz an NC-Drehmaschinen  
1986 - 54 Abb. - 127 Seiten · ISBN 3-540-17274-2
- 9 Barthelmeß, P.: Montagegerechtes Konstruieren durch die Integration von Produkt- und Montageprozeßgestaltung  
1987 - 70 Abb. - 144 Seiten · ISBN 3-540-18120-2
- 10 Reithofer, N.: Nutzungssicherung von flexibel automatisierten Produktionsanlagen  
1987 - 84 Abb. - 176 Seiten · ISBN 3-540-18440-6
- 11 Diess, H.: Rechnerunterstützte Entwicklung flexibel automatisierter Montageprozesse  
1988 - 56 Abb. - 144 Seiten · ISBN 3-540-18799-5
- 12 Reinhart, G.: Flexible Automatisierung der Konstruktion und Fertigung elektrischer Leitungssätze  
1988 - 112 Abb. - 197 Seiten · ISBN 3-540-19003-1
- 13 Bürstner, H.: Investitionsentscheidung in der rechnerintegrierten Produktion  
1988 - 74 Abb. - 190 Seiten · ISBN 3-540-19099-6
- 14 Groha, A.: Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme  
1988 - 74 Abb. - 153 Seiten · ISBN 3-540-19182-8
- 15 Riese, K.: Klippsmontage mit Industrierobotern  
1988 - 92 Abb. - 150 Seiten · ISBN 3-540-19183-6
- 16 Lutz, P.: Leitsysteme für rechnerintegrierte Auftragsabwicklung  
1988 - 44 Abb. - 144 Seiten · ISBN 3-540-19260-3
- 17 Klippel, C.: Mobiler Roboter im Materialfluß eines flexiblen Fertigungssystems  
1988 - 86 Abb. - 164 Seiten · ISBN 3-540-50468-0
- 18 Rascher, R.: Experimentelle Untersuchungen zur Technologie der Kugelherstellung  
1989 - 110 Abb. - 200 Seiten · ISBN 3-540-51301-9
- 19 Heusler, H.-J.: Rechnerunterstützte Planung flexibler Montagesysteme  
1989 - 43 Abb. - 154 Seiten · ISBN 3-540-51723-5
- 20 Kirchknopf, P.: Ermittlung modularer Parameter aus Übertragungsfrequenzgängen  
1989 - 57 Abb. - 157 Seiten · ISBN 3-540-51724-3
- 21 Sauerer, Ch.: Beitrag für ein Zerspanprozeßmodell Metallbandsägen  
1990 - 89 Abb. - 166 Seiten · ISBN 3-540-51868-1
- 22 Karstedt, K.: Positionsbestimmung von Objekten in der Montage- und Fertigung automatisierung  
1990 - 92 Abb. - 157 Seiten · ISBN 3-540-51879-7
- 23 Peiker, St.: Entwicklung eines integrierten NC-Planungssystems  
1990 - 66 Abb. - 180 Seiten · ISBN 3-540-51880-0
- 24 Schugmann, R.: Nachgiebige Werkzeugaufhängungen für die automatische Montage  
1990 - 71 Abb. - 155 Seiten · ISBN 3-540-52138-0
- 25 Wrbá, P.: Simulation als Werkzeug in der Handhabungstechnik  
1990 - 125 Abb. - 178 Seiten · ISBN 3-540-52231-X
- 26 Eibelshäuser, P.: Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung  
1990 - 79 Abb. - 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7
- 27 Prasch, J.: Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie  
1990 - 113 Abb. - 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

- 28 Teich, K.: Prozeßkommunikation und Rechnerverbund in der Produktion  
1990 - 52 Abb. - 158 Seiten - ISBN 3-540-52764-8
- 29 Pfrang, W.: Rechnergestützte und graphische Planung manueller und teilautomatisierter Arbeitsplätze  
1990 - 59 Abb. - 153 Seiten - ISBN 3-540-52829-6
- 30 Tauber, A.: Modellbildung kinematischer Strukturen als Komponente der Montageplanung  
1990 - 93 Abb. - 190 Seiten - ISBN 3-540-52911-X
- 31 Jäger, A.: Systematische Planung komplexer Produktionssysteme  
1991 - 75 Abb. - 148 Seiten - ISBN 3-540-53021-5
- 32 Hartberger, H.: Wissensbasierte Simulation komplexer Produktionssysteme  
1991 - 58 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-53326-5
- 33 Tuzcek, H.: Inspektion von Karosseriepreßteilen auf Risse und Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung  
1992 - 125 Abb. - 179 Seiten - ISBN 3-540-53965-4
- 34 Fischbacher, J.: Planungsstrategien zur störungstechnischen Optimierung von Reinraum-Fertigungssräten  
1991 - 60 Abb. - 166 Seiten - ISBN 3-540-54027-X
- 35 Moser, O.: 3D-Echtzeitkollisionschutz für Drehmaschinen  
1991 - 66 Abb. - 177 Seiten - ISBN 3-540-54076-8
- 36 Naber, H.: Aufbau und Einsatz eines mobilen Roboters mit unabhängiger Lokomotions- und Manipulationskomponente  
1991 - 85 Abb. - 139 Seiten - ISBN 3-540-54216-7
- 37 Kupec, Th.: Wissensbasiertes Leitsystem zur Steuerung flexibler Fertigungsanlagen  
1991 - 68 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-54260-4
- 38 Maulhardt, U.: Dynamisches Verhalten von Kreissägen  
1991 - 109 Abb. - 159 Seiten - ISBN 3-540-54365-1
- 39 Götz, R.: Strukturierte Planung flexibel automatisierter Montagesysteme für flächig bauteile  
1991 - 86 Abb. - 201 Seiten - ISBN 3-540-54401-1
- 40 Koepfer, Th.: 3D-grafisch-interaktive Arbeitsplanung - ein Ansatz zur Aufhebung der Arbeitsteilung  
1991 - 74 Abb. - 126 Seiten - ISBN 3-540-54436-4
- 41 Schmidt, M.: Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter Montagesysteme  
1992 - 108 Abb. - 168 Seiten - ISBN 3-540-55025-9
- 42 Burger, C.: Produktionsregelung mit entscheidungsunterstützenden Informationssystemen  
1992 - 94 Abb. - 186 Seiten - ISBN 3-540-55187-5
- 43 Hößmann, J.: Methodik zur Planung der automatischen Montage von nicht formstabilen Bauteilen  
1992 - 73 Abb. - 168 Seiten - ISBN 3-540-5520-0
- 44 Petry, M.: Systematik zur Entwicklung eines modularen Programmabaukastens für robotergeführte Klebefprozesse  
1992 - 106 Abb. - 139 Seiten - ISBN 3-540-55374-6
- 45 Schönecker, W.: Integrierte Diagnose in Produktionszellen  
1992 - 87 Abb. - 159 Seiten - ISBN 3-540-55375-4
- 46 Bick, W.: Systematische Planung hybrider Montagesysteme unter Berücksichtigung der Ermittlung des optimalen Automatisierungsgrades  
1992 - 70 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-55378-0
- 47 Gebauer, L.: Prozeßuntersuchungen zur automatisierten Montage von optischen Linsen  
1992 - 84 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-55378-9
- 48 Schrüfer, N.: Erstellung eines 3D-Simulationssystems zur Reduzierung von Rüstzeiten bei der NC-Bearbeitung  
1992 - 103 Abb. - 161 Seiten - ISBN 3-540-55431-9
- 49 Wisbacher, J.: Methoden zur rationalen Automatisierung der Montage von Schnellbefestigungselementen  
1992 - 77 Abb. - 176 Seiten - ISBN 3-540-55512-9
- 50 Garnich, F.: Laserbearbeitung mit Robotern  
1992 - 110 Abb. - 184 Seiten - ISBN 3-540-55513-7
- 51 Eubert, P.: Digitale Zustandesregelung elektrischer Vorschubantriebe  
1992 - 89 Abb. - 159 Seiten - ISBN 3-540-44441-2
- 52 Glaas, W.: Rechnerintegrierte Kabelsatzfertigung  
1992 - 67 Abb. - 140 Seiten - ISBN 3-540-55749-0
- 53 Helm, H.J.: Ein Verfahren zur On-Line Fehlererkennung und Diagnose  
1992 - 60 Abb. - 135 Seiten - ISBN 3-540-55750-4
- 54 Lang, Ch.: Wissensbasierte Unterstützung der Verfügbarkeitsplanung  
1992 - 75 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-55751-2
- 55 Schuster, G.: Rechnergestütztes Planungssystem für die flexibel automatisierte Montage  
1992 - 67 Abb. - 135 Seiten - ISBN 3-540-55830-6
- 56 Bomm, H.: Ein Ziel- und Kennzahlensystem zum Investitionscontrolling komplexer Produktionssysteme  
1992 - 87 Abb. - 195 Seiten - ISBN 3-540-55964-7
- 57 Wendt, A.: Qualitätssicherung in flexibel automatisierten Montagesystemen  
1992 - 74 Abb. - 179 Seiten - ISBN 3-540-56044-0
- 58 Hansmaier, H.: Rechnergestütztes Verfahren zur Geräuschminderung  
1993 - 67 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-56053-2
- 59 Dilling, U.: Planung von Fertigungssystemen unterstützt durch Wirtschaftssimulationen  
1993 - 72 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-56307-5
- 60 Strohmayr, R.: Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von Zubringeranlagen  
1993 - 80 Abb. - 152 Seiten - ISBN 3-540-56652-X
- 61 Glas, J.: Standardisierte Aufbau anwendungsspezifischer Zellenrechnersoftware  
1993 - 80 Abb. - 145 Seiten - ISBN 3.540-56890-5
- 62 Stetter, R.: Rechnergestützte Simulationswerkzeuge zur Effizienzsteigerung des Industrieroboter Einsatzes  
1994 - 91 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-56889-1
- 63 Dirndorfer, A.: Robotersysteme zur förderbandsynchronen Montage  
1993 - 76 Abb. - 144 Seiten - ISBN 3-540-57031-4
- 64 Wiedemann, M.: Simulation des Schwingungsverhaltens spanender Werkzeugmaschinen  
1993 - 81 Abb. - 137 Seiten - ISBN 3-540-57177-9
- 65 Woenckhaus, Ch.: Rechnergestütztes System zur automatisierten 3D-Layoutoptimierung  
1994 - 81 Abb. - 140 Seiten - ISBN 3-540-57284-8
- 66 Kummelsteiner, G.: 3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur Planung manueller Montagesysteme  
1994 - 62 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-57355-9
- 67 Kugelman, F.: Einsatz nachgiebiger Elemente zur wirtschaftlichen Automatisierung von Produktionssystemen  
1993 - 76 Abb. - 144 Seiten - ISBN 3-540-57549-9
- 68 Schwarz, H.: Simulationsgestützte CAD/CAM-Kopplung für die 3D-Laserbearbeitung mit integrierter Sensorik  
1994 - 96 Abb. - 148 Seiten - ISBN 3-540-57577-4
- 69 Viethen, U.: Systematik zum Prüfen in flexiblen Fertigungssystemen  
1994 - 70 Abb. - 142 Seiten - ISBN 3-540-57794-7
- 70 Seehuber, M.: Automatische Inbetriebnahme geschwindigkeitsadaptiver Zustandsregler  
1994 - 72 Abb. - 155 Seiten - ISBN 3-540-57896-X
- 71 Armann, W.: Eine Simulationsumgebung für Planung und Betrieb von Produktionssystemen  
1994 - 71 Abb. - 129 Seiten - ISBN 3-540-57924-9
- 72 Schöpf, M.: Rechnergestütztes Projektinformations- und Koordinationsystem für das Fertigungsvorfeld  
1997 - 63 Abb. - 130 Seiten - ISBN 3-540-58052-2
- 73 Welling, A.: Effizienter Einsatz bildgebender Sensoren zur Flexibilisierung automatisierter Handhabungsvorgänge  
1994 - 66 Abb. - 139 Seiten - ISBN 3-540-580-0
- 74 Zettlmayer, H.: Verfahren zur simulationsgestützten Produktionseinstellung in der Einzel- und Kleinserienproduktion  
1994 - 62 Abb. - 143 Seiten - ISBN 3-540-58134-0

- 75 Lindl, M.: Auftragsleittechnik für Konstruktion und Arbeitsplanung  
1994 - 66 Abb. - 147 Seiten - ISBN 3-540-58221-5
- 76 Zipper, B.: Das integrierte Betriebsmittelwesen - Baustein einer flexiblen Fertigung  
1994 - 64 Abb. - 147 Seiten - ISBN 3-540-58222-3
- 77 Raitt, P.: Programmierung und Simulation von Zellenabläufen in der Arbeitsvorbereitung  
1995 - 51 Abb. - 130 Seiten - ISBN 3-540-58223-1
- 78 Engel, A.: Strömungstechnische Optimierung von Produktionsystemen durch Simulation  
1994 - 69 Abb. - 160 Seiten - ISBN 3-540-58258-4
- 79 Zäh, M. F.: Dynamisches Prozeßmodell Kreissägen  
1995- 95 Abb. - 186 Seiten - ISBN 3-540-58624-5
- 80 Zwanziger, N.: Technologisches Prozeßmodell für die Kugelschleifbearbeitung  
1995 - 65 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-58634-2
- 81 Romanov, P.: Konstruktionsbegleitende Kalkulation von Werkzeugmaschinen  
1995 - 66 Abb. - 151 Seiten - ISBN 3-540-58771-3
- 82 Kahlenberg, R.: Integrierte Qualitätssicherung in flexiblen Fertigungszellen  
1995 - 71 Abb. - 136 Seiten - ISBN 3-540-58772-1
- 83 Huber, A.: Arbeitsfolgenplanung mehrstufiger Prozesse in der Hartbearbeitung  
1995 - 87 Abb. - 152 Seiten - ISBN 3-540-58773-X
- 84 Birkel, G.: Aufwandsminimierter Wissenserwerb für die Diagnose in flexiblen Produktionszellen  
1995 - 64 Abb. - 137 Seiten - ISBN 3-540-58869-8
- 85 Simon, D.: Fertigungsregelung durch zielgrößenorientierte Planung und logistisches Störungsmanagement  
1995 - 77 Abb. - 132 Seiten - ISBN 3-540-58942-2
- 86 Nedeljkovic-Groha, V.: Systematische Planung anwendungsspezifischer Materialflussteuerungen  
1995 - 94 Abb. - 188 Seiten - ISBN 3-540-58953-8
- 87 Rockland, M.: Flexibilisierung der automatischen Teilbereitstellung in Montageanlagen  
1995- 83 Abb. - 168 Seiten - ISBN 3-540-58999-6
- 88 Linner, St.: Konzept einer integrierten Produktentwicklung  
1995 - 67 Abb. - 168 Seiten - ISBN 3-540-59016-1
- 89 Eder, Th.: Integrierte Planung von Informationssystemen für rechnergestützte Produktionsysteme  
1995 - 62 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-59084-6
- 90 Deutsche, U.: Prozeßorientierte Organisation der Auftragsentwicklung in mittelständischen Unternehmen  
1995 - 80 Abb. - 188 Seiten - ISBN 3-540-59337-3
- 91 Dieterle, A.: Recyclingintegrierte Produktentwicklung  
1995 - 68 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-60120-1
- 92 Hechl, Chr.: Personalorientierte Montageplanung für komplexe und variantenreiche Produkte  
1995 - 73 Abb. - 158 Seiten - ISBN 3-540-60325-5
- 93 Albertz, F.: Dynamikgerechter Entwurf von Werkzeugmaschinen - Gestellstrukturen  
1995 - 83 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-60608-8
- 94 Trunzer, W.: Strategien zur On-Line Bahnplanung bei Robotern mit 3D-Konturfolgesensoren  
1996 - 101 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-60961-X
- 95 Fichtmüller, N.: Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme  
1996 - 83 Abb. - 145 Seiten - ISBN 3-540-60960-1
- 96 Trucks, V.: Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen  
1996 - 64 Abb. - 141 Seiten - ISBN 3-540-60599-8
- 97 Schäffer, G.: Systematische Integration adaptiver Produktionssysteme  
1996 - 71 Abb. - 170 Seiten - ISBN 3-540-60958-X
- 98 Koch, M. R.: Autonome Fertigungszellen - Gestaltung, Steuerung und integrierte Störungsbehandlung  
1996 - 67 Abb. - 138 Seiten - ISBN 3-540-61104-5
- 99 Moctezuma de la Barrera, J. L.: Ein durchgängiges System zur Computer- und rechnergestützten Chirurgie  
1996 - 99 Abb. - 175 Seiten - ISBN 3-540-61145-2
- 100 Geuer, A.: Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung  
1996 - 84 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-61495-8
- 101 Ebner, C.: Ganzheitliches Verfügbarkeits- und Qualitätsmanagement unter Verwendung von Felddaten  
1996 - 67 Abb. - 132 Seiten - ISBN 3-540-61678-0
- 102 Pischelsrieder, K.: Steuerung autonomer mobiler Roboter in der Produktion  
1996 - 74 Abb. - 171 Seiten - ISBN 3-540-61714-0
- 103 Köhler, R.: Disposition und Materialbereitstellung bei komplexen variantenreichen Kleinprodukten  
1997 - 62 Abb. - 177 Seiten - ISBN 3-540-62024-9
- 104 Feldmann, Ch.: Eine Methode für die integrierte rechnergestützte Montageplanung  
1997 - 71 Abb. - 163 Seiten - ISBN 3-540-62059-1
- 105 Lehmann, H.: Integrierte Materialfluß- und Layoutplanung durch Kopplung von CAD- und Ablaufsimulationssystem  
1997 - 96 Abb. - 191 Seiten - ISBN 3-540-62202-0
- 106 Wagner, M.: Steuerungsintegrierte Fehlerbehandlung für maschinennahe Abläufe  
1997 - 94 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-62656-5
- 107 Lorenzen, J.: Simulationsgestützte Kostenanalyse in produktorientierten Fertigungsstrukturen  
1997 - 63 Abb. - 129 Seiten - ISBN 3-540-62794-4
- 108 Kröner, U.: Systematik für die rechnergestützte Ähnlichkeitssuche und Standardisierung  
1997 - 53 Abb. - 127 Seiten - ISBN 3-540-63338-3
- 109 Pfersdorf, I.: Entwicklung eines systematischen Vorgehens zur Organisation des industriellen Service  
1997 - 74 Abb. - 172 Seiten - ISBN 3-540-63615-3
- 110 Kuba, R.: Informations- und kommunikationstechnische Integration von Menschen in der Produktion  
1997 - 77 Abb. - 155 Seiten - ISBN 3-540-63642-0
- 111 Kaiser, J.: Vernetztes Gestalten von Produkt und Produktionsprozeß mit Produktmodellen  
1997 - 67 Abb. - 139 Seiten - ISBN 3-540-63999-3
- 112 Geyer, M.: Flexibles Planungssystem zur Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei der Produkt- und Arbeitsystemgestaltung  
1997 - 85 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-64195-5
- 113 Martin, C.: Produktionsregelung - ein modularer, modellbasierter Ansatz  
1998 - 73 Abb. - 162 Seiten - ISBN 3-540-64401-6
- 114 Löffler, Th.: Akustische Überwachung automatisierter Fügeprozesse  
1998 - 136 Seiten - ISBN 3-540-64511-X
- 115 Lindermaier, R.: Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen  
1998 - 84 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-64686-8
- 116 Koehrey, J.: Prozeßorientierte Teamstrukturen in Betrieben mit Großserienfertigung  
1998 - 75 Abb. - 185 Seiten - ISBN 3-540-65037-7
- 117 Schuller, R. W.: Leitfaden zum automatisierten Auftrag von hochviskosen Dichtmassen  
1999 - 76 Abb. - 162 Seiten - ISBN 3-540-65320-1
- 118 Debuschewitz, M.: Integrierte Methodik und Werkzeuge zur herstellungsoorientierten Produktentwicklung  
1999 - 104 Abb. - 169 Seiten - ISBN 3-540-65350-3

- 119 **Bauer, L.:** Strategien zur rechnergestützten Offline- Programmierung von 3D-Laseranlagen  
1999 - 98 Abb. - 145 Seiten - ISBN 3-540-65382-1
- 120 **Pfob, E.:** Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen  
1999 - 69 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-65525-5
- 121 **Spitznagel, J.:** Erfahrungsgleitete Planung von Laseranlagen  
1999 - 63 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-65896-3

## Forschungsberichte IWB Band 122–341

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh,

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Band 122–341 sind im Herbert Utz Verlag, München erschienen.

- 122 **Burghard Schneider:** Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabilier Bauteile  
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-559-9
- 123 **Bernd Goldstein:** Modellgestützte Geschäftsprozeßgestaltung in der Produktentwicklung  
170 Seiten - ISBN 978-3-89675-546-9
- 124 **Helmut E. Mößner:** Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme  
164 Seiten - ISBN 978-3-89675-585-8
- 125 **Ralf-Gunter Gräser:** Ein Verfahren zur Kompensation temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern  
167 Seiten - ISBN 978-3-89675-603-9
- 126 **Hans-Jürgen Trossin:** Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur Modellbildung in der Produktionstechnik  
162 Seiten - ISBN 978-3-89675-614-5
- 127 **Doris Kugelmann:** Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern  
168 Seiten - ISBN 978-3-89675-615-2
- 128 **Rolf Diesch:** Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von Fertigungszellen  
160 Seiten - ISBN 978-3-89675-618-3
- 129 **Werner E. Lulay:** Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur Koordination teilaufonomer Produktionsstrukturen  
190 Seiten - ISBN 978-3-89675-620-6
- 130 **Otto Murr:** Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen  
178 Seiten - ISBN 978-3-89675-636-7
- 131 **Michael Macht:** Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping  
170 Seiten - ISBN 978-3-89675-638-1
- 132 **Bruno H. Mehler:** Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen Partnerverbünden  
152 Seiten - ISBN 978-3-89675-645-9
- 133 **Knut Heitmann:** Sichere Prognosen für die Produktionsoptimierung mittels stochastischer Modelle  
146 Seiten - ISBN 978-3-89675-675-6
- 134 **Stefan Blessing:** Gestaltung der Materialflußsteuerung in dynamischen Produktionsstrukturen  
160 Seiten - ISBN 978-3-89675-690-9
- 135 **Can Abay:** Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industrierkeramik  
159 Seiten - ISBN 978-3-89675-697-8
- 136 **Stefan Brandner:** Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken  
172 Seiten - ISBN 978-3-89675-715-9
- 137 **Arnd G. Hirschberg:** Verbindung der Produkt- und Funktionsorientierung in der Fertigung  
165 Seiten - ISBN 978-3-89675-729-6
- 138 **Alexandra Reek:** Strategien zur Fokuspositionierung beim Laserstrahlschweißen  
193 Seiten - ISBN 978-3-89675-730-2
- 139 **Khalid-Alexander Sabbad:** Methodische Entwicklung störungstoleranter Steuerungen  
148 Seiten - ISBN 978-3-89675-739-5
- 140 **Klaus U. Schilfgenbacher:** Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken  
187 Seiten - ISBN 978-3-89675-754-8
- 141 **Andreas Sprezel:** Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung  
144 Seiten - ISBN 978-3-89675-757-9
- 142 **Andreas Gallasch:** Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion  
150 Seiten - ISBN 978-3-89675-781-4
- 143 **Ralf Cuiper:** Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen  
174 Seiten - ISBN 978-3-89675-783-8
- 144 **Christian Schneider:** Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion  
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-789-0
- 145 **Christian Jonas:** Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen  
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-870-5
- 146 **Ulrich Willnecker:** Gestaltung und Planung leistungsorientierter manueller Fließmontagen  
194 Seiten - ISBN 978-3-89675-891-0
- 147 **Christof Lehner:** Beschreibung des Nd:YAG-Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss  
205 Seiten - ISBN 978-3-8316-0004-5
- 148 **Frank Rick:** Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess am Beispiel Laserstrahlschweißen  
145 Seiten - ISBN 978-3-8316-0008-3
- 149 **Michael Höhn:** Sensorgeführte Montage hybrider Mikrosysteme  
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0012-0
- 150 **Jörn Böhl:** Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung  
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0020-5
- 151 **Robert Bürgel:** Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben  
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0021-2

- 152 *Stephan Dürrschmidt*: Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0023-6
- 153 *Bernhard Eich*: Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung  
136 Seiten - ISBN 978-3-8316-0028-1
- 154 *Wolfgang Rudorfer*: Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke  
207 Seiten - ISBN 978-3-8316-0037-3
- 155 *Hans Meier*: Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe  
166 Seiten - ISBN 978-3-8316-0044-1
- 156 *Gerhard Nowak*: Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0055-7
- 157 *Martin Werner*: Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen  
191 Seiten - ISBN 978-3-8316-0058-8
- 158 *Bernhard Lenz*: Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlenschweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung  
162 Seiten - ISBN 978-3-8316-0094-6
- 159 *Stefan Grunwald*: Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung  
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0095-3
- 160 *Josef Gartner*: Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen  
165 Seiten - ISBN 978-3-8316-0096-0
- 161 *Wolfgang Zeller*: Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0100-4
- 162 *Michael Loferer*: Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen  
178 Seiten - ISBN 978-3-8316-0118-9
- 163 *Jörg Fährer*: Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses  
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0124-0
- 164 *Jürgen Höppner*: Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsfähiger Schallwandler  
144 Seiten - ISBN 978-3-8316-0125-7
- 165 *Hubert Götte*: Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik  
258 Seiten - ISBN 978-3-8316-0126-4
- 166 *Martin Weißenberger*: Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess  
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0138-7
- 167 *Dirk Jacob*: Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0142-4
- 168 *Ulrich Roßgoderer*: System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen  
175 Seiten - ISBN 978-3-8316-0154-7
- 169 *Robert Klingel*: Anziehverfahren für hochfeste Schraubenverbindungen auf Basis akustischer Emissionen  
164 Seiten - ISBN 978-3-8316-0174-5
- 170 *Paul Jens Peter Ross*: Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung  
144 Seiten - ISBN 978-3-8316-0191-2
- 171 *Stefan von Praun*: Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess  
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-0202-5
- 172 *Florian von der Hagen*: Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-0208-7
- 173 *Oliver Kramer*: Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe  
212 Seiten - ISBN 978-3-8316-0211-7
- 174 *Winfried Dohmen*: Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0214-8
- 175 *Oliver Anton*: Ein Beitrag zur Entwicklung telepräsentier Montagesysteme  
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-0215-5
- 176 *Wolfgang Broser*: Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke  
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0217-9
- 177 *Frank Breitinger*: Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinters für das Druckgießen  
156 Seiten - ISBN 978-3-8316-0227-8
- 178 *Johann von Pieverling*: Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling  
163 Seiten - ISBN 978-3-8316-0230-8
- 179 *Thomas Baudisch*: Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine  
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0249-0
- 180 *Heinrich Schieferstein*: Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems  
132 Seiten - ISBN 978-3-8316-0251-3
- 181 *Joachim Berlkamp*: Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0258-2
- 182 *Christian Meierhofer*: Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung  
181 Seiten - ISBN 978-3-8316-0292-6
- 183 *Volker Weber*: Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzorientierten Unternehmensnetzwerken  
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0330-5
- 184 *Thomas Bongardt*: Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern  
170 Seiten - ISBN 978-3-8316-0332-9
- 185 *Tim Angerer*: Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten  
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0336-7
- 186 *Alexander Krüger*: Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme  
197 Seiten - ISBN 978-3-8316-0371-8
- 187 *Matthias Meindl*: Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing  
236 Seiten - ISBN 978-3-8316-0465-4
- 188 *Thomas Fusch*: Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie  
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0467-8
- 189 *Thomas Mosandl*: Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme  
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-0471-5
- 190 *Christian Patron*: Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung  
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0474-6
- 191 *Robert Csek*: Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionsystemen  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0475-3
- 192 *Florian Auer*: Methode zur Simulation des Laserstrahlenschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen  
160 Seiten - ISBN 978-3-8316-0485-2
- 193 *Carsten Selke*: Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung  
137 Seiten - ISBN 978-3-8316-0495-1

- 194 *Markus Seefried*: Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern  
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0503-3
- 195 *Wolfgang Wagner*: Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostenenkung bei marktnaher Produktion  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0586-6
- 196 *Christopher Ulrich*: Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0590-3
- 197 *Johann Härtl*: Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern  
148 Seiten - ISBN 978-3-8316-0611-5
- 198 *Bernd Hartmann*: Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0615-3
- 199 *Michael Schilp*: Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage  
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0631-3
- 200 *Florian Manfred Grätz*: Teilautomatisierte Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0643-6
- 201 *Dieter Eireiner*: Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding  
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-0650-4
- 202 *Gerhard Volkwein*: Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 *Sven Rooren*: Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse  
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 *Henning Rudolf*: Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 *Stella Clarke-Griebisch*: Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia  
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 *Michael Ehrensträßer*: Sensoreinsatz in der telepräsenten Mikromontage  
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0743-3
- 207 *Rainer Schack*: Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik  
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 *Wolfgang Sudhoff*: Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion  
300 Seiten - ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 *Stefan Müller*: Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen  
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 *Ulrich Kohler*: Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme  
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 *Klaus Schlickenrieder*: Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile  
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 *Niklas Möller*: Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionsysteme  
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 *Daniel Siedl*: Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrbewegungen  
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 *Dirk Ansorge*: Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiraum  
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 *Georg Wünsch*: Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme  
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 *Thomas Oertl*: Strukturmechanische Berechnung und Regelungssimulation von Werkzeugmaschinen mit elektromechanischen Vorschubantrieben  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0798-3
- 217 *Bernd Petzold*: Entwicklung eines Operatorarbeitsplatzes für die telepräsente Mikromontage  
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-0805-8
- 218 *Locas Papadakis*: Simulation of the Structural Effects of Welded Frame Assemblies in Manufacturing Process Chains  
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0813-3
- 219 *Mathias Mörtl*: Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung  
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-0820-1
- 220 *Sebastian Weig*: Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten  
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-0823-2
- 221 *Tobias Hornbeck*: Laserstrahlbilden komplexer Aluminiumstrukturen für Anwendungen in der Luftfahrtindustrie  
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0826-3
- 222 *Hans Egermeier*: Entwicklung eines Virtual-Reality-Systems für die Montagesimulation mit krafttrückkopplenden Handschuhen  
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 *Matthäus Sigl*: Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlinterns  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0841-6
- 224 *Mark Harlensteller*: Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets  
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-0849-2
- 225 *Jochen Werner*: Methode zur roboterbasierten förderbandsynchronen Fließmontage am Beispiel der Automobilindustrie  
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0857-7
- 226 *Florian Hagemann*: Ein formflexibles Werkzeug für das Rapid Tooling beim Spritzgießen  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0861-4
- 227 *Haitham Rashidy*: Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry  
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0862-1
- 228 *Wolfgang Vogl*: Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern  
248 Seiten - ISBN 978-3-8316-0869-0
- 229 *Sonja Scheid*: Integration von Anforderungsmanagement in den mechatronischen Entwicklungsprozess  
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0874-4
- 230 *Andreas Trautmann*: Bifocal Hybrid Laser Welding - A Technology for Welding of Aluminum and Zinc-Coated Steels  
314 Seiten - ISBN 978-3-8316-0876-8
- 231 *Patrick Neise*: Managing Quality and Delivery Reliability of Suppliers by Using Incentives and Simulation Models  
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 *Christian Habicht*: Einsatz und Auslegung zeitfensterbasierter Planungssysteme in überbetrieblichen Wertschöpfungsketten  
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 *Michael Spitzweg*: Methode und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen  
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0931-4
- 234 *Ulrich Munzert*: Bahnplanungsalgorithmen für das robotergestützte Remote-Laserstrahl schweißen  
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0948-2
- 235 *Georg Völlner*: Röhrebschweißen mit Schwerlast-Industrierobotern  
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-0955-0
- 236 *Nils Müller*: Modell für die Beherrschung und Reduktion von Nachfrageschwankungen  
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-0992-5

- 237 *Franz Decker*: Unternehmensspezifische Strukturierung der Produktion als permanente Aufgabe  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0996-3
- 238 *Christian Lau*: Methodik für eine selbstoptimierende Produktionssteuerung  
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-4012-6
- 239 *Christoph Rimpau*: Wissensbasierte Risikobewertung in der Angebotskalkulation für hochgradig individualisierte Produkte  
268 Seiten - ISBN 978-3-8316-4015-7
- 240 *Michael Loy*: Modularer Vibrationswendeförderer zur flexiblen Teilezuführung  
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-4027-0
- 241 *Andreas Eursch*: Konzept eines immersiven Assistenzsystems mit Augmented Reality zur Unterstützung manueller Aktivitäten in radioaktiven Produktionsumgebungen  
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-4029-4
- 242 *Florian Schwarz*: Simulation der Wechselwirkungen zwischen Prozess und Struktur bei der Drehbearbeitung  
282 Seiten - ISBN 978-3-8316-4030-0
- 243 *Martin Georg Prasch*: Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die variantenreiche Serienmontage  
261 Seiten - ISBN 978-3-8316-4033-1
- 244 *Johannes Schilt*: Adaptive Montagesysteme für hybride Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräzision  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4063-8
- 245 *Stefan Lutzmann*: Beitrag zur Prozessbeherrschung des Elektronenstrahlenschmelzens  
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4070-6
- 246 *Gregor Branner*: Modellierung transienter Effekte in der Struktur simulation von Schichtbauerfahren  
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-4071-3
- 247 *Josef Ludwig Zimmermann*: Eine Methodik zur Gestaltung berührungslos arbeitender Handhabungssysteme  
186 Seiten - ISBN 978-3-8316-4091-1
- 248 *Clemens Pörnbacher*: Modellgetriebene Entwicklung der Steuerungsoftware automatisierter Fertigungssysteme  
280 Seiten - ISBN 978-3-8316-4108-6
- 249 *Alexander Lindworsky*: Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen für den entwicklungsbegleitenden Steuerungstest  
294 Seiten - ISBN 978-3-8316-4125-3
- 250 *Michael Mauderer*: Ein Beitrag zur Planung und Entwicklung von rekonfigurierbaren mechatronischen Systemen – am Beispiel von starren Fertigungssystemen  
148 Seiten - ISBN 978-3-8316-4126-0
- 251 *Roland Mork*: Qualitätsbewertung und -regelung für die Fertigung von Karosserieteilen in Presswerkzeugen auf Basis Neuronaler Netze  
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4127-7
- 252 *Florian Reichl*: Methode zum Management der Kooperation von Fabrik- und Technologieplanung  
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4128-4
- 253 *Pascal Gebhard*: Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen bei Anwendung für das Röhreleinschweißen  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4129-1
- 254 *Michael Heinz*: Modellunterstützte Auslegung berührungsloser Ultraschallgriffssysteme für die Mikrosystemtechnik  
302 Seiten - ISBN 978-3-8316-4147-5
- 255 *Pascal Krebs*: Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4156-7
- 256 *Gerhard Straßer*: Greiftechnologie für die automatisierte Handhabung von technischen Textilien in der Faserverbundfertigung  
290 Seiten - ISBN 978-3-8316-4161-1
- 257 *Frédéric-Felix Lacour*: Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen  
222 Seiten - ISBN 978-3-8316-4162-8
- 258 *Thomas Hensel*: Modellbasiertes Entwicklungsprozess für Automatisierungslösungen  
184 Seiten - ISBN 978-3-8316-4167-3
- 259 *Sherif Zaidan*: A Work-Piece Based Approach for Programming Cooperating Industrial Robots  
212 Seiten - ISBN 978-3-8316-4175-8
- 260 *Hendrik Schellmann*: Bewertung kundenspezifischer Mengenflexibilität im Wertschöpfungsnetz  
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4189-5
- 261 *Marwan Radi*: Workspace scaling and haptic feedback for industrial telepresence and teleaction systems with heavy-duty teleoperators  
172 Seiten - ISBN 978-3-8316-4195-6
- 262 *Markus Ruhstorfer*: Röhreleinschweißen von Rohren  
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4197-0
- 263 *Rüdiger Daub*: Erhöhung der Nahttiefe beim Laserstrahl-Wärmeleitungsschweißen von Stählen  
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-4199-4
- 264 *Michael Ott*: Multimaterialverarbeitung bei der additiven strahl- und pulverbettbasierten Fertigung  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4201-4
- 265 *Martin Ostgathe*: System zur produktbasierten Steuerung von Abläufen in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage  
278 Seiten - ISBN 978-3-8316-4206-9
- 266 *Imke Nora Kellner*: Materialsysteme für das pulverbettbasierte 3D-Drucken  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4223-6
- 267 *Florian Oefele*: Remote-Laserstrahlenschweißen mit brillanten Laserstrahlquellen  
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-4224-3
- 268 *Claudia Anna Ehinger*: Automatisierte Montage von Faserverbund-Verformlingen  
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4233-5
- 269 *Tobias Zeilinger*: Laserbasierte Bauteillagebestimmung bei der Montage optischer Mikrokomponenten  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4234-2
- 270 *Stefan Krug*: Automatische Konfiguration von Robotersystemen (Plug&Produce)  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4243-4
- 271 *Marc Lotz*: Erhöhung der Fertigungsgenauigkeit beim Schwingrad-Reibschielen durch modellbasierte Regelungsverfahren  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4245-8
- 272 *William Brice Tekau Moutchifio*: A New Programming Approach for Robot-based Flexible Inspection systems  
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-4247-2
- 273 *Matthias Waibel*: Aktive Zusatzsysteme zur Schwingungsreduktion an Werkzeugmaschinen  
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-4250-2
- 274 *Christian Eschel*: Maschinen spezifische Erhöhung der Prozessfähigkeit in der additiven Fertigung  
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-4270-0
- 275 *Florian Aulf*: Modell zur Ableitung effizienter Implementierungsstrategien für Lean-Production-Methoden  
270 Seiten - ISBN 978-3-8316-4283-0
- 276 *Marcus Hennauer*: Entwicklungsbegleitende Prognose der mechatronischen Eigenschaften von Werkzeugmaschinen  
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4306-6
- 277 *Alexander Götzfried*: Analyse und Vergleich fertigungstechnischer Prozessketten für Flugzeugtriebwerks-Rotoren  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4310-3
- 278 *Saskia Reinhardt*: Bewertung der Ressourceneffizienz in der Fertigung  
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4317-2

- 279 *Fabian J. Meling*: Methodik für die Rekombination von Anlagentechnik  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4319-6
- 280 *Jörg Egbers*: Identifikation und Adaption von Arbeitsplätzen für leistungsgewandelte Mitarbeiter entlang des Montageplanungsprozesses  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4328-8
- 281 *Max von Bredow*: Methode zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und des Risikos unternehmensübergreifender Wertschöpfungskonfigurationen in der Automobilindustrie  
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-4337-0
- 282 *Tobias Philipp*: RFID-gestützte Produktionssteuerungsverfahren für die Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundkunststoffen  
142 Seiten - ISBN 978-3-8316-4346-2
- 283 *Stefan Rainer Johann Braunreuther*: Untersuchungen zur Lasersicherheit für Materialbearbeitungsanwendungen mit brillanten Laserstrahlquellen  
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4348-6
- 284 *Johannes Pohl*: Adaption von Produktionsstrukturen unter Berücksichtigung von Lebenszyklen  
202 Seiten - ISBN 978-3-8316-4358-5
- 285 *Matthey Wiesbeck*: Struktur zur Repräsentation von Montagesequenzen für die situationsorientierte Werkerführung  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-4369-1
- 286 *Sonja Huber*: In-situ-Legierungsbestimmung beim Laserstrahlschweißen  
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4370-7
- 287 *Robert Wiedemann*: Prozessmodell und Systemtechnik für das laserunterstützte Fräsen  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4384-4
- 288 *Thomas Irenhauser*: Bewertung der Wirtschaftlichkeit von RFID im Wertschöpfungsnetz  
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4404-9
- 289 *Jens Hatwig*: Automatisierte Bahnanplanung für Industrieroboter und Scanneroptik bei der Remote-Laserstrahlbearbeitung  
196 Seiten - ISBN 978-3-8316-4405-6
- 290 *Matthias Baur*: Aktives Dämpfungssystem zur Ratterunterdrückung an spanenden Werkzeugmaschinen  
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-4408-7
- 291 *Alexander Schöber*: Eine Methode zur Wärmequellenkalibrierung in der Schweißstruktur simulation  
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-4415-5
- 292 *Matthias Glonegger*: Berücksichtigung menschlicher Leistungsschwankungen bei der Planung von Variantenfließmontagesystemen  
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4419-3
- 293 *Markus Kahnert*: Scanstrategien zur verbesserten Prozessführung beim Elektronenstrahl schmelzen (EBM)  
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4416-2
- 294 *Sebastian Schindler*: Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4434-6
- 295 *Tobias Fäckerer*: Methode zur rechnergestützten Prozessgestaltung des Schleifhärtens  
128 Seiten - ISBN 978-3-8316-4448-3
- 296 *Rüdiger Spillner*: Einsatz und Planung von Roboterasistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion  
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-4450-6
- 297 *Daniel Schmid*: Rührreibschweißen von Aluminiumlegierungen mit Stählen für die Automobilindustrie  
300 Seiten - ISBN 978-3-8316-4452-0
- 298 *Florian Karl*: Bedarfsermittlung und Planung von Rekonfigurationen an Betriebsmitteln  
222 Seiten - ISBN 978-3-8316-4458-2
- 299 *Philipp Ronald Engelhardt*: System für die RFID-gestützte situationsbasierte Produktionssteuerung in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage  
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-4472-8
- 300 *Markus Graß*: Bewertung der Energieflexibilität in der Produktion  
202 Seiten - ISBN 978-3-8316-4476-6
- 301 *Thomas Kirchmeier*: Methode zur Anwendung der berührungslosen Handhabung mittels Ultraschall im automatisierten Montageprozess  
196 Seiten - ISBN 978-3-8316-4478-0
- 302 *Oliver Röscher*: Steigerung der Arbeitsgenauigkeit bei der Fräsbearbeitung metallischer Werkstoffe mit Industrierobotern  
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4486-5
- 303 *Christoph Sieben*: Entwicklung eines Prognosemodells zur prozessbegleitenden Beurteilung der Montagequalität von Kollbendichtungen  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-4510-7
- 304 *Philipp Alexander Schmidt*: Laserstrahlschweißen elektrischer Kontakte von Lithium-Ionen-Batterien in Elektro- und Hybridefahrzeugen  
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-4519-0
- 305 *Yi Shen*: System für die Mensch-Roboter-Koexistenz in der Fließmontage  
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-4520-6
- 306 *Thomas Bonin*: Moderne Ordnungsreduktionsverfahren für die Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen  
274 Seiten - ISBN 978-3-8316-4522-0
- 307 *Jan Daniel Musiol*: Remote-Laserstrahl-Abtragschneiden  
168 Seiten - ISBN 978-3-8316-4523-7
- 308 *Emin Genc*: Frühwarnsystem für ein adaptives Störungsmanagement  
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-4525-1
- 309 *Mirko Langhorst*: Beherrschung von Schweißverzug und Schweißeigenspannungen  
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4524-2
- 310 *Markus Schweier*: Simulative und experimentelle Untersuchungen zum Laserschweißen mit Strahlzosillation  
284 Seiten - ISBN 978-3-8316-4536-7
- 311 *Florian Geiger*: System zur wissensbasierten Maschinenbelegungsplanung auf Basis produktsspezifischer Auftragsdaten  
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4537-4
- 312 *Peter Schnellbach*: Methodik zur Reduzierung von Energieverschwendungen unter Berücksichtigung von Zielgrößen  
Ganzheitlicher Produktionsysteme  
236 Seiten - ISBN 978-3-8316-4540-4
- 313 *Stefan Schwarz*: Prognosefähigkeit dynamischer Simulationen von Werkzeugmaschinenstrukturen  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4542-8
- 314 *Markus Pröpster*: Methodik zur kurzfristigen Austaktung variantenreicher Montagelinien am Beispiel des Nutzfahrzeugebaus  
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-4547-3
- 315 *Dominik David Simon*: Automatisierte flexible Werkzeugsysteme zum Umformen und Spannen von Kunststoffscheiben und -schalen  
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-4548-0
- 316 *Stefan Maurer*: Frühauflklärung kritischer Situationen in Vorsorgungsprozessen  
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4554-1
- 317 *Tobias Maier*: Modellierungssystematik zur aufgabenbasierten Beschreibung des thermoelastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen  
274 Seiten - ISBN 978-3-8316-4561-9
- 318 *Klemens Konrad Niehues*: Identifikation linearer Dämpfungsmodelle für Werkzeugmaschinenstrukturen  
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-4568-8

- 319 *Julian Christoph Sebastian Backhaus*: Adaptierbares aufgabenorientiertes Programmiersystem für Montagesysteme  
264 Seiten · ISBN 978-3-8316-4570-1
- 320 *Sabine G. Zitzberger*: Flexibles Werkzeug zur Umformung von Polycarbonatplatten unter besonderer Beachtung der optischen Qualität  
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-4573-2
- 321 *Christian Thiemann*: Methode zur Konfiguration automatisierter thermografischer Prüfsysteme  
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-4574-9
- 322 *Markus Westermeier*: Qualitätsorientierte Analyse komplexer Prozessketten am Beispiel der Herstellung von Batteriezellen  
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-4586-2
- 323 *Thorsten Klein*: Agile Engineering im Maschinen- und Anlagenbau  
284 Seiten · ISBN 978-3-8316-4598-5
- 324 *Markus Wiedemann*: Methodik zur auslastungsorientierten Angebotssteinerminierung für hochvariante Produkte mit kundenindividuellen Leistungsanteilen  
216 Seiten · ISBN 978-3-8316-4599-2
- 325 *Harald Krauss*: Qualitätssicherung beim Laserstrahlschmelzen durch schichtweise thermografische In-Process-Überwachung  
304 Seiten · ISBN 978-3-8316-4628-9
- 326 *Stefan Krotli*: Online-Simulation von fluidischen Prozessen in der frühen Phase der Maschinen- und Anlagenentwicklung  
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-4636-4
- 327 *Andreas Roth*: Modellierung des Röhrebschweißens unter besonderer Berücksichtigung der Spalttoleranz  
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-4639-5
- 328 *Philipp Benjamin Michaeli*: Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien am Beispiel der Triebwerksindustrie  
288 Seiten · ISBN 978-3-8316-4642-5
- 329 *Michael Richard Niehues*: Adaptive Produktionssteuerung für Werkstattfertigungssysteme durch fertigungsbegleitende Reihenfolgebildung  
314 Seiten · ISBN 978-3-8316-4650-0
- 330 *Johannes Stock*: Remote-Laserstrahl trennen von kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff  
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-4662-3
- 331 *Andreas Fabian Hees*: System zur Produktionsplanung für rekonfigurierbare Produktionssysteme  
218 Seiten · ISBN 978-3-8316-4676-0
- 332 *Fabian Michael Distel*: Methodische Auslegung ultraschallbasierter berührungsloser Handhabungssysteme  
292 Seiten · ISBN 978-3-8316-4679-1
- 333 *Christian Plein*: A Method for Analyzing the Impact of Changes and their Propagation in Manufacturing Systems  
276 Seiten · ISBN 978-3-8316-4695-1
- 334 *Josef Huber*: Verfahren zur Klassifikation von Ungänzen bei der optischen Prüfung von Batterie separatoren  
226 Seiten · ISBN 978-3-8316-4593-0
- 335 *Martin Schmidt*: Kognitive Prozessesteuerung zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Druckindustrie  
210 Seiten · ISBN 978-3-8316-4139-0
- 336 *Alexander Belitzki*: Rechnergestützte Minimierung des Verzugs laserstrahlgeschweißter Bauteile  
234 Seiten · ISBN 978-3-8316-4254-0
- 337 *Georg Albin Josef Götz*: Methode zur Steigerung der Formatflexibilität von Verpackungsmaschinen  
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-4332-5
- 338 *Thomas Knoche*: Elektrolytbefüllung prismatischer Lithium-Ionen-Zellen  
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-4714-9
- 339 *Johannes Graf*: Ein Vorgehensmodell zur automatisierten und qualitätskonformen Handhabung textiler Halbzeuge  
262 Seiten · ISBN 978-3-8316-4745-3
- 340 *Georgios Dimitrios Theodossiadis*: Thermal Joining based on Reactive Multilayered Nanofoils  
110 Seiten · ISBN 978-3-8316-4747-7
- 341 *Fabian Karl Keller*: Methodik zur energiebezugsorientierten Auftragsplanung  
218 Seiten · ISBN 978-3-8316-4761-3

## Forschungsberichte IWB ab Band 342

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh,  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Forschungsberichte IWB ab Band 122 sind erhältlich im Buchhandel oder beim  
utzverlag, München, Fax 089-277791-01, [info@utzverlag.de](mailto:info@utzverlag.de), [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

- 342 *Johannes Karl Bernhard Schmalz*: Rechnergestützte Auslegung und Auswahl von Greifersystemen  
240 Seiten · ISBN 978-3-8316-4768-2
- 343 *Christoph Richter*: Modellbasierte Entwicklung von Mensch-Maschine-Schnittstellen im Maschinen- und Anlagenbau  
260 Seiten · ISBN 978-3-8316-4773-6
- 344 *Benedikt Sager*: Konfiguration globaler Produktionsnetzwerke  
288 Seiten · ISBN 978-3-8316-4780-6
- 345 *Alexander Friedrich Schömann*: Antizipative Identifikation produktionstechnologischer Substitutionsbedarfe durch Verwendung von Zyklusmodellen  
242 Seiten · ISBN 978-3-8316-4787-3
- 346 *Christian Reblein*: Prognosefähige Simulation von Dämpfungseffekten in mechatronischen Werkzeugmaschinenstrukturen  
270 Seiten · ISBN 978-3-8316-4790-3
- 347 *Toni Adam Krol*: Beitrag zur simulationsgestützten Steigerung der Bauteilmaßhaltigkeit für laserbasierte Strahlenschmelztechnologien  
272 Seiten · ISBN 978-3-8316-4807-8
- 348 *Joachim Jan Michniewicz*: Automatische simulationsgestützte Arbeitsplanung in der Montage  
250 Seiten · ISBN 978-3-8316-4814-6

- 349 *Thilo Martens*: Bedarfsgerechte Rohbiogasproduktion durch eine modellunterstützte Anpassung der Fütterungsstrategie  
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4815-3
- 350 *Simone Dietrich*: Lichtbogenbasierte Pulverherstellung für die additive Fertigung  
246 Seiten · ISBN 978-3-8316-4822-1
- 351 *Christian Markus Seidel*: Finite-Elemente-Simulation des Aufbauprozesses beim Laserstrahlschmelzen  
238 Seiten · ISBN 978-3-8316-4833-7
- 352 *Manuel Johannes Keßler*: Fehlerdetektion und -vermeidung beim Rotationsreibschweißen.  
202 Seiten · ISBN 978-3-8316-4842-9
- 353 *Kai Philipp Bauer*: Standortwahl für die Distribution mittels Luftfracht  
248 Seiten · ISBN 978-3-8316-4852-8
- 354 *Corinna Liebl*: Systematische Energiedatenerfassung in der Produktion  
198 Seiten · ISBN 978-3-8316-4853-5
- 355 *Florian Roland Broß*: Dimensionierung indirekter Bereiche auf Basis unscharfer Daten  
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4854-2
- 356 *Julia Nina Pielemeier*: System zur ereignisorientierten Produktionssteuerung.  
230 Seiten · ISBN 978-3-8316-4856-6
- 357 *Sepp Sebastian Wimmer*: Prognose und Kompensation von Formabweichungen bei der Fräsbearbeitung dünnwandiger Strukturen  
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4876-4
- 358 *Dominik Schmid*: Untersuchungen zum Laserstrahlschmelzen von Magnesiumlegierungen.  
240 Seiten · ISBN 978-3-8316-4878-8
- 359 *Peter Simon*: Methodik zur risikoorientierten Bewertung von Energieflexibilität von Produktionssystemen.  
236 Seiten · ISBN 978-3-8316-4879-5
- 360 *Peter Michael Seebach*: Topologieoptimierte, patientenindividuelle Osteosynthesplatten für die Rekonstruktion der Mandibula.  
240 Seiten · ISBN 978-3-8316-4894-8
- 361 *Susanne Verrini*: Anforderungsermittlung für das Montagepersonal in der digitalen Transformation.  
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-4909-9
- 362 *Andreas Bachmann*: Regelung der Temperatur beim Röhrengeschweißen.  
142 Seiten · ISBN 978-3-8316-4910-5
- 363 *Thomas Semm*: Position-flexible Modeling Approach for an Efficient Optimization of the Machine Tool Dynamics Considering Local Damping Effects.  
134 Seiten · ISBN 978-3-8316-4911-2
- 364 *Eric Unterberger*: Methodik zur Gestaltung energieflexibler Produktionsysteme.  
276 Seiten · ISBN 978-3-8316-4920-4
- 365 *Michael Klaus Gerhard Jelinek*: Wissensbasiertes zerstörungsfreies Prüfen hybrider Faserverbundstrukturen durch optische Lock-in-Thermografie.  
378 Seiten · ISBN 978-3-8316-4918-1
- 366 *Julia Berger*: System zur aufgabenorientierten Programmierung für die Mensch-Roboter-Kooperation.  
224 Seiten · ISBN 978-3-8316-4919-8
- 367 *Jan Bernd Habedank*: Laser Structuring of Graphite Anodes for Functionally Enhanced Lithium-Ion Batteries.  
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-4933-4
- 368 *Severin Teubner*: Dynamisches und individuelles erkenntnisorientiertes System für die manuelle Serienmontage.  
306 Seiten · ISBN 978-3-8316-4934-1
- 369 *Marc Matthias Schneck*: Technology Strategy for Metal-based Additive Manufacturing  
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-4943-3
- 370 *Richard Sung-Hyon Popp*: Energieflexible, spanende Werkzeugmaschinen. Analyse, Fähigung und Erfolgsaussichten  
186 Seiten · ISBN 978-3-8316-4944-0
- 371 *Dino Nikolaus Gustaf Knoll*: Value Stream Mapping for Internal Logistics using Process Mining  
254 Seiten · ISBN 978-3-8316-4946-4
- 372 *Roman Hartl*: Monitoring and Optimizing the Surface Quality of Friction Stir Welds Using Machine Learning  
170 Seiten · ISBN 978-3-8316-4949-5
- 373 *Christoph Schmutzler*: Analyse des Verzugs infolge der Schwindung beim 3-D-Druck  
246 Seiten · ISBN 978-3-8316-4963-1
- 374 *Sandra Grohmann*: Reaktive Partikel aus Nickel und Aluminium als innovative Wärmequelle für die Fügetechnik  
312 Seiten · ISBN 978-3-8316-4961-7
- 375 *Robin Karl-Hermann Kleinwort*: Methodology for Enabling Active Vibration Control Systems of Machine Tools for Industrial Use  
156 Seiten · ISBN 978-3-8316-4968-6
- 376 *Philipp Maximilian Stefan Rinck*: Ultraschallunterstütztes Fräsen von Ti Al 4V  
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4969-3
- 377 *Georg Höhltaler*: Methodik zur Integration digitaler Technologien für Ganzheitliche Produktionsysteme  
242 Seiten · ISBN 978-3-8316-4974-7
- 378 *Nicolas Billot*: Modeling of Adhesion Mechanisms of Graphite-based Anodes for Lithium-ion Batteries  
248 Seiten · ISBN 978-3-8316-4976-1
- 379 *Martin Schreiber*: System zur integrierten Produktions- und Instandhaltungsplanung.  
268 Seiten · ISBN 978-3-8316-4985-3
- 380 *Stefan P. Meyer*: A holistic, model-predictive process control for plastic-metal direct joining.  
170 Seiten · ISBN 978-3-8316-4988-4
- 381 *Cosima Stocker*: Automatisierte Generierung von Ordnungsschikanen für Vibrationswendeförderer mithilfe von Reinforcement Learning.  
250 Seiten · ISBN 978-3-8316-4991-4
- 382 *Ulrich Teschemacher*: Dynamische Routenzugoptimierung bei kurzfristigen Materialabrufen.  
218 Seiten · ISBN 978-3-8316-4992-1
- 383 *Johannes Martin Löhe*: Methodik zur Identifikation des Wärmeaufteilungskoeffizienten bei der Fräsbearbeitung dünnwandiger Werkstücke.  
216 Seiten · ISBN 978-3-8316-4997-6
- 384 *Florian J. Günter*: Charakterisierung der Befüllung von Lithium-Ionen-Zellen mit Elektrolytflüssigkeit.  
112 Seiten · ISBN 978-3-8316-5023-1
- 385 *Maximilian Johann Florian Benker*: Condition Monitoring of Machine Tool Feed Drives and Methods for the Estimation of Remaining Useful Life.  
170 Seiten · ISBN 978-3-8316-5034-7
- 386 *David Schreiner*: Simulationsgestützte Auslegung des Kalandrieprozesses und experimentelle Charakterisierung der Elektroden von Lithium-Ionen-Batteriezellen.  
130 Seiten · ISBN 978-3-8316-5035-4
- 387 *Alexander Zipfel*: Anreizbasiert Austausch steuerungsrelevanter Informationen in Wertschöpfungsnetzwerken.  
266 Seiten · ISBN 978-3-8316-5038-5
- 388 *Philipp Alexander Friedrich Bauer*: Ein Beitrag zur Verbesserung von roboterbasierter optischen Messsystemen durch eine neuartige Verkettung von Punktwolken.  
152 Seiten · ISBN 978-3-8316-5042-2
- 389 *Robin Dennis Sachar*: Verbesserung des Wissensmanagements in der manuellen Montage durch Einsatz eines Anreizsystems.  
246 Seiten · ISBN 978-3-8316-5047-7

- 390 *Richard Dobler*: Frühaufklärung produktionstechnischer Defizite  
224 Seiten · ISBN 978-3-8316-5053-8
- 391 *Daniel Baier*: Qualitätssicherung bei der Additiven Fertigung mit Draht und Lichtbogen  
134 Seiten · ISBN 978-3-8316-5063-7
- 392 *Patrick Voit*: Methodik zur Planung modularer, skalierbarer Fertigungszelten im Kontext Cyber-physischer Produktionsysteme  
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-5066-8
- 393 *Stefan Roth*: Risikomanagementsystem für die energieorientierte Produktionsplanung und -steuerung  
180 Seiten · ISBN 978-3-8316-5069-9
- 394 *Lucas Christian Hille*: Investigations on the Industrial Applicability of Laser Electrode Structuring in Lithium-ion Battery Production  
136 Seiten · ISBN 978-3-8316-5073-6
- 395 *Christoph Berger*: Entwicklung eines Systems zur Produktionsregelung von Cyber-physischen Produktionssystemen  
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-5074-3
- 396 *Andreas Hofer*: Potenzialbewertung und strategische Planung von Technologieprojekten in der Produktion  
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-5075-0
- 397 *Alejandro Magaña*: Automating the Programming of Robot-Based Optical 3D Measuring Systems  
152 Seiten · ISBN 978-3-8316-5076-7
- 398 *Felix Frankenbach*: Adaption von Fabrikstrukturen unter Berücksichtigung von Veränderungsfähigkeiten  
240 Seiten · ISBN 978-3-8316-5077-4
- 399 *Albrecht Lottermoser*: Soziotechnische Systemgestaltung für die robotergestützte Assistentenleistungsgewandelter Werkkräfte  
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-5084-2
- 400 *Maria Maier*: Managing Individualized Learning Processes in Manual Assembly  
80 Seiten · ISBN 978-3-8316-5085-9
- 401 *Christian Josef Bernauer*: Closed-Loop Control of Laser Metal Deposition with Coaxial Wire Feeding  
108 Seiten · ISBN 978-3-8316-5090-3
- 402 *Sophie Grabmann*: Laser Beam Welding of Metal Foil Stacks for Contacting of Lithium-Ion Batteries  
120 Seiten · ISBN 978-3-8316-5089-7
- 403 *Lisa Christine Heuss*: Referenzarchitektur zur Befähigung von Industrierobotern für die selbstständige Planung und Ausführung von Aufgaben mit hohem Anwendungsmix  
110 Seiten · ISBN 978-3-8316-5091-0
- 404 *Clement H. O. Ferry*: Methodik zur effizienten und effektiven Datenanalyse in der industriellen Produktion am Beispiel der Fabrikplanung  
160 Seiten · ISBN 978-3-8316-5092-7
- 405 *Johannes Stefan Ellinger*: Automated Parameter Identification of High-Fidelity Structural Dynamic Machine Tool Models  
134 Seiten · ISBN 978-3-8316-5093-4
- 406 *Siegfried Hugo Bähr*: Process gas influences during the powder bed fusion of metals using a laser beam  
114 Seiten · ISBN 978-3-8316-5097-2