

**INHALTE DER ONLINE-AUSGABE 6-2023  
TITELTHEMEN: INNOVATIVE PRODUKTIONS-  
TECHNIK – ADDITIVE FERTIGUNG – ADVANCED  
SYSTEMS ENGINEERING – FEINBEARBEITUNG –  
ARBEITSORGANISATION**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel – Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW), Universität Stuttgart; Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

**Advanced Systems Engineering für die Produktion nachhaltiger Produktlösungen**

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau konnte das letzte Geschäftsjahr teilweise mit Rekordergebnissen abschließen. Zwar wurde die Exportweltmeisterschaft nicht zurückerobert, es konnten aber wichtige Märkte trotz steigender Herausforderungen weiter ausgebaut werden: Die Auswirkungen des Ukrainekrieges in Form von Inflation, Mangel an speziellen Vormaterialien und steigenden Energiekosten bleiben spürbar. Darüber hinaus stellen Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Nachfrageverschiebungen hohe Anforderungen an künftige Marktleistungen. Die stärkere Durchdringung physischer Produkte mit Software und neue regulatorische Anforderungen, wie der digitale Produktpass, sind beispielhaft dafür. Die Produktion und Wertschöpfung von morgen lässt sich folglich nur durch Ansätze erfolgreich gestalten, die sozio-technische Lösungen im Gesamtsystem bieten.

S. 213

B. Schneider, H. Spindler, L. Block, M. Kürümlüoğlu, O. Riedel – Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart

**Nachhaltigkeit durch Advanced Systems Engineering**

Megatrends wie Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Globalisierung steigern die Komplexität in der Produktentstehung und erfordern ein neues Paradigma: das Advanced Systems Engineering (ASE). Die

Gestaltung nachhaltiger und kreislaufwirtschaftlich optimierter Produkte und Systeme ist eine zentrale Herausforderung, die mit dem ASE adressiert werden kann. Der Beitrag beschreibt aktuelle Lösungsansätze aus der Forschung.

S. 214

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-6

P. Ruediger-Flore, M. Klar, M. Hussong, J. Mertes, L. Yi, M. Glatt, P. Kölsch, J. C. Aurich – Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation [FBK], Rheinland-Pfälzische Technische Universität RPTU, Kaiserslautern

**Neural Radiance Fields in der Fabrikplanung**

Neural Radiance Fields (NeRF) bieten eine kostengünstige und effiziente Alternative im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren, um 3D-Modelle aus realen Objekten zu generieren. Dementsprechend bieten NeRF große Potenziale zur Nutzung in diversen Anwendungsfällen, wie der Fabrikplanung. In diesem Beitrag wird die NeRF-Technologie an einem Beispiel aus der Fabrikplanung angewendet und daran aktuelle Herausforderungen sowie Möglichkeiten zur Nutzung der Technologie diskutiert.

S. 219

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-11

M. Hussong, M. Glatt, J. C. Aurich – FBK, RPTU, Kaiserslautern

**Deep Transfer Learning in der Arbeitsplanung**

Für die Nutzung von Deep Learning zur Unterstützung der Prozesse innerhalb der Arbeitsplanung wird eine Vielzahl von Daten benötigt. In der industriellen Praxis ist die Aufbereitung solcher Datensätze sehr komplex und mit hohem Aufwand verbunden. Durch die Nutzung von Deep Transfer Learning kann die benötigte Datenmenge reduziert werden. Am Beispiel der Fertigungsvorgangsermittlung wird ein Konzept vorgestellt, das die Anwendung von Deep Transfer Learning innerhalb der Arbeitsplanung ermöglicht.

S. 224

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-16

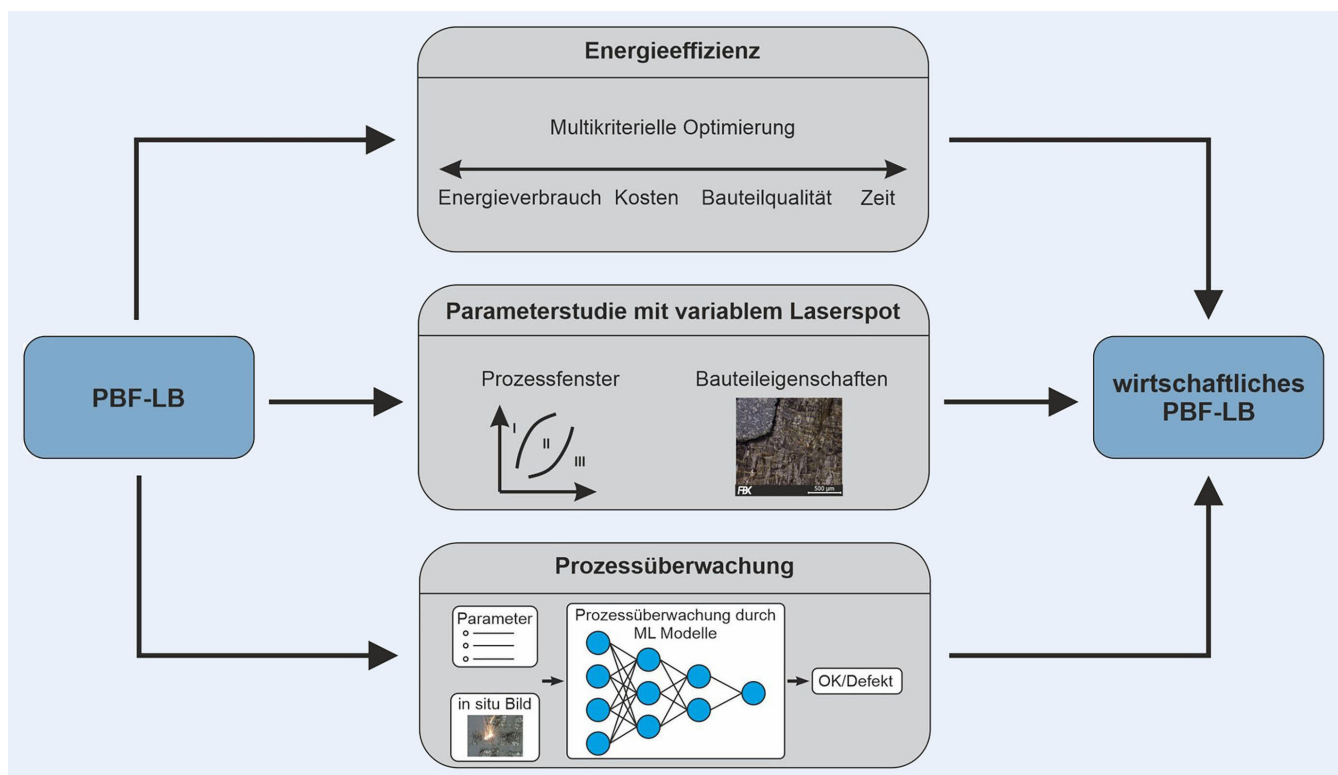


Bild. Forschungskonzept zur Entwicklung eines wirtschaftlicheren PBF-LB Prozesses. Grafik: FBK

*T. Iseringhausen, R. Kleinert – Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart*

### **Gewichtstracking mit intelligenten Werkstückträgern**

Eine flexible Assemblierung für zylindrische Batteriezellen im Labormaßstab mit Fokus auf die Digitalisierung wurde am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA aufgebaut. Sowohl das Gesamtgewicht als auch die Gewichtsverteilung auf einzelne Komponenten sind wesentliche Qualitätsmerkmale der Zelle. Um über gravimetrische Schwankungen zuverlässig Rückschlüsse auf die Qualität zu ziehen, ist eine schnelle und präzise Erfassung des Gewichtes zwischen den Prozessen nötig.

S. 229

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-21

*M. M. Müller, S. Ghansiyal, M. Huber, B. Kirsch, M. Glatt, J. C. Aurich – FBK, RPTU, Kaiserslautern*

### **Ein Konzept zur Entwicklung eines wirtschaftlicheren PBF-LB**

Die Integration des pulverbettbasierten Schmelzens mittels Laserstrahl (PBF-LB) in industrielle Prozessketten wird aktuell durch verschiedene Herausforderungen gehemmt. Hierzu zählen vor allem niedrige Aufbauraten sowie hohe Energie- und Ausschusskosten. Daher soll mit einer geeigneten thermischen Prozessüberwachung, einer multi-kriteriellen Optimierung des Prozesses sowie der Technologie des variablen Laserspotdurchmessers ein wirtschaftlicherer PBF-LB-Prozess realisiert werden.

S. 237

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-29

*T. Kelliger, M. Meurer, T. Bergs – Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik IPT, Aachen*

### **Additiv gefertigte Gewindewerkzeuge aus HSS**

Eine verlängerte Werkzeuglebensdauer bei der Gewindefertigung ist durch eine Neugestaltung der inneren Kühlschmierstoffzufuhr am Werkzeug möglich. Der Einsatz additiver Fertigungsverfahren wie dem Laser Powder Bed Fusion erlaubt die Fertigung innen liegender und komplexer Kanal- und Düsengeometrien. In umfangreichen Einsatztests konnten Prozesssicherheit und Potenziale additiv gefertigter Gewindeform- und Gewindefertigungswerkzeuge aus Schnellarbeitsstahl nachgewiesen werden.

S. 242

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-34

*K. Jahnel, D. P. Wilhelm, S. Hähnel, T. Grunwald, T. Bergs; W. Maier – Fraunhofer IPT, Aachen; Ingeneric GmbH, Baesweiler*

### **Prozessoptimierung beim Glaswafer-Trennschleifen**

Fast-Axis-Kollimatoren (FAC) sind essenzielle optische Elemente für Diodenlasersysteme. Beim aktuellen Prozess des Trennschleifens

mit nachgelagerter Reinigung von FAC-Optiken aus gepressten antireflexionsbeschichteten Glaswafern entstehen vermehrt Beschädigungen, die eine Verwendung der Optiken limitiert. Die Verwendung von Schneidfolie zur Substratfixierung beim Trennschleifen der FAC-Optiken ermöglicht ein defektfreies Schneiden und Lösen ohne Reinigung von der Folie und gleichzeitig können Kosten und Fertigungszeit eingespart werden.

S. 249

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-41

*B. Denkena, B. Bergmann, M. Wilkens – Leibniz Universität Hannover Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, Garbsen*

### **Mechanisches Abrichten von Diamantschleifscheiben**

Die Bearbeitung von PCBN-Wendeschneidplatten mit keramisch gebundenen Schleifscheiben führt zu erhöhtem Schleifscheibenverschleiß. Am IFW Hannover wurden daher metallisch gebundene Werkzeuge entwickelt, um durch ihre mechanischen Eigenschaften eine höhere Schleifgüte zu ermöglichen. Die höhere Festigkeit dieser Bindung erhöht jedoch den Abrichtaufwand. In diesem Beitrag werden Ansätze zum mechanischen Profilieren dieser Schleifscheiben vorgestellt.

S. 255

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-47

*S. Hähnel, K. Jahnel, T. Grunwald, T. Bergs – Fraunhofer IPT, Aachen*

### **Variationskraftgeregeltes 5-Achs-Schleifen**

Eine variierende Anpresskrafteinstellung im Werkzeugeingriff des Schleifstiftes entlang stark gekrümmter Werkzeugkonturen ermöglicht eine konstante Schleifprofiltiefe. Dies verhindert unerwünschte Bauteilformabweichungen und erlaubt eine automatisierte Nachbearbeitung komplex geformter Konturen in einer Aufspannung. So wird ein durch einen Werkzeugwechsel unterbrochener Schnitt vermieden. Insbesondere Übergänge von ebenen auf stark gekrümmte, konvexe Flächen und kleine Radien in Kantenbereichen lassen sich mit diesem Verfahren automatisiert nachbearbeiten.

S. 260

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-52

*L. Sielaff, T. Adolf; D. Lucke; A. Friedmann – Fraunhofer IPA, Stuttgart; ESB Business School Hochschule Reutlingen; Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt*

### **Resilienzmessgrößen für Produktionssysteme**

Resilienz gewinnt für produzierende Unternehmen immer mehr an Bedeutung. Es fehlen jedoch geeignete Maßzahlen, um ein Produktionssystem auf dessen Resilienzfähigkeit zu analysieren. Dieser Beitrag stellt Resilienzmessgrößen vor, welche es ermöglichen verschiedene Produktionssysteme zu vergleichen und zusätzlich Optimierungsmaßnahmen zu bewerten.

S. 266

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-58



# Advanced Systems Engineering für die Produktion nachhaltiger Produktlösungen

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau konnte das letzte Geschäftsjahr teilweise mit Rekordergebnissen abschließen. Zwar wurde die Exportweltmeisterschaft nicht zurückerobert, es konnten aber wichtige Märkte trotz steigender Herausforderungen weiter ausgebaut werden: Die Auswirkungen des Ukrainekrieges in Form von Inflation, der Mangel an speziellen Vormaterialien und gestiegene Energiekosten bleiben spürbar. Darüber hinaus stellen Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Nachfrageverschiebungen hohe Anforderungen an künftige Marktleistungen. Die stärkere Durchdringung physischer Produkte mit Software und neue regulatorische Anforderungen, wie der digitale Produktpass, sind beispielhaft dafür. Die Produktion und Wertschöpfung von morgen lässt sich folglich nur durch Ansätze erfolgreich gestalten, die sozio-technische Lösungen im Gesamtsystem bieten.

Advanced Systems Engineering (ASE) ist das methodische Leitbild für die erfolgreiche betriebliche Umsetzung von innovativen Produkten, smarten Dienstleistungen, komplexen Produkt-Service-Systemen und intelligenten Produktionssystemen. ASE betrachtet nicht nur die Lösungen selbst, sondern nimmt auch wesentlichen Einfluss auf deren Entwicklungs- und Produktionsprozess. Im Fokus steht dabei die Anforderung von hoher Interdisziplinarität und bidirektionaler Vernetzung zur Beherrschung der technischen sowie organisatorischen Komplexität im zukünftigen Produktentstehungsprozess. Kundenindividuelle Produktvarianten werden so für die Produktion realisierbar und gleichzeitig reichern Daten aus der Produktion und der Shopfloor-Ebene digitale Zwillinge an und werden direkt für die Optimierung der Wertschöpfung genutzt.

ASE führt die drei Fachgebiete Advanced Systems, Systems Engineering und Advanced Engineering zusammen. Advanced Systems bezeichnet die immer komplexeren, vernetzten Marktdienstleistungen, Systems Engineering beschreibt die Koordination und Strukturierung der funktionsübergreifenden, interdisziplinären Entwicklung komplexer Systeme inklusive ihrer Produktionssysteme und Advanced Engineering adressiert Best Practices hinsichtlich Methoden und Tools im Engineering sowie agile Ansätze und Kreativitätstechniken. Ziel ist eine ganzheitliche Betrachtung der Wertschöpfungsgenerierung über den gesamten Produktentstehungsprozess von der Idee, über das Engineering bis zur Produktion. ASE adressiert insbesondere intelligente Systeme der Zukunft.

Diese sozio-technischen Entwicklungs-, Produktions- und Produktsysteme müssen sich künftig den Anforderungen der Nachhaltigkeit stellen: Transparenz über die Ressourcenbelastung und den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck während der Produktion werden ebenso wichtig wie der Einsatz intelligenter und damit auch klimafreundlicher Herstell- und Arbeitsprozesse. Ein wichtiger Stellhebel hierfür sind digitale Technologien in Entwicklung, Arbeitsvorbereitung, Produktion und darüber hinaus im ganzen Produktlebenszyklus. Die Beiträge dieser Ausgabe der wt Werkstattstechnik online widmen sich diesen Themenstellungen, wofür den Autoren herzlich gedankt sei.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. **O l i v e r R i e d e l** ist Institutsleiter des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) an der Universität Stuttgart sowie in geschäftsführender Funktion Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). Foto: Fraunhofer IAO