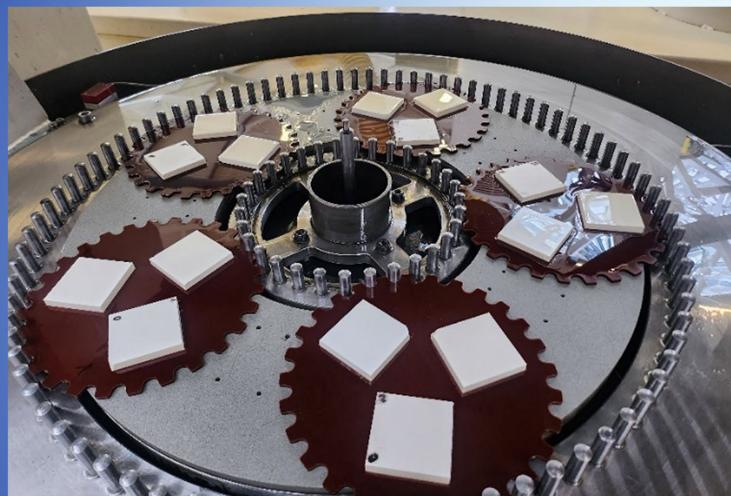


WT WerkstattsTechnik



Grafik: IFW

WERKZEUGMASCHINEN

Modellbasierte
Überwachung
von Fräsprozessen

ADDITIVE FERTIGUNG

Laser-Sintern
mit Endlosfasern
verstehen

FERTIGUNGSTECHNIK

Bearbeitung
hochharter
Keramik-Werkstücke

Inhalte der Online-Ausgabe 5-2025

Hauptthema: Hochleistungsprozesse

J. Fleischer – wbk Institut für Produktionstechnik, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Hochleistungsprozesse als Schlüssel zu einer resilienteren und nachhaltigen Produktion

Angesichts geopolitischer Spannungen, ökologischer Transformationen und ökonomischer Unsicherheiten steht die Produktionstechnik an einem entscheidenden Wendepunkt. Steigende Energiekosten, unterbrochene Lieferketten und der zunehmende Druck zu nachhaltigem Wirtschaften erfordern von der Industrie nicht nur Effizienz, sondern auch Flexibilität, Innovationskraft sowie digitale Intelligenz. Produktionssysteme müssen daher in Zukunft hochproduktiv, ressourceneffizient und robust gegenüber Störungen gestaltet sein. **S. 315**

M. Mau, A. Puchta, J. Fleischer – wbk (KIT)

Modellbasierte Überwachung von Fräsprozessen

Die datenbasierte Prozessüberwachung ermöglicht es, Fräsprozesse präzise zu analysieren und Anomalien frühzeitig zu erkennen – ohne zusätzliche Sensorik nachrüsten zu müssen. Durch den Einsatz speziellisierten Signalvorhersagemodelle und selbstlernender Mechanismen lassen sich variierende Produktionsbedingungen effizient abbilden, wodurch die Gesamtanlageneffektivität und Fertigungsqualität in Produktionsumgebungen mit hoher Variantenvielfalt gesteigert werden können. **S. 316**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-6

M. Frisch, R. Ströbel, A. Puchta, J. Fleischer – wbk (KIT)

Assistenzsystem für effiziente Maschinenabnahme

Bei der Abnahme von Werkzeugmaschinen und der Einstellung von Regelparametern wird aktuell sehr viel Fachwissen des Maschinenbedieners benötigt. Um den Prozess zu beschleunigen und die Abhängigkeit von diesem Wissen zu reduzieren, wird ein Assistenzsystem, das den Bediener unterstützt und von ihm lernen kann, benötigt. In diesem Beitrag wird ein Konzept für ein System, das die Maschinenabnahme und Parametereinstellung kombiniert vorgestellt. **S. 321**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-11

F. Kößler, J. Fleischer, A. Diener, C. Willuhn, A. Kwade; R. Daub, A. Mayr – wbk (KIT); Institut für Partikeltechnik, Technische Universität Braunschweig; iwb Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften Technische Universität München (TUM)

Effizientes Kalandrieren von Batterieelektroden

Derzeit ist die Fertigung von Lithium-Ionen-Batteriezellen nahezu über die komplette Prozesskette stark ausschussbehaftet. Eine Reduktion des Produktionsausschusses reduziert sowohl den Ressourcenverbrauch als auch die Kosten und steigert die Produktivität der gesamten Produktion. Exemplarisch für den Kalandrierprozess wird aufgezeigt, wie mittels DEM-Simulationen und Sensorintegration in Brownfield- und Neuanlagen Fehlerbilder erkannt und reduziert werden können. **S. 326**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-16

S. Zeidler, F. Kößler, J. Fleischer – wbk (KIT)

Laser-Sintern mit Endlosfasern verstehen

Die additive Fertigung von endlosfaserverstärkten Kunststoffbauteilen (CFK) ermöglicht die wirtschaftliche Herstellung komplexer Bauteile für diverse Branchen. Das Laser-Sintern als Verfahren ist erst seit kurzem für die Herstellung von CFK geeignet. Während die Integration validiert wurde, sind die Mechanismen hinter dem Prozess nicht vollständig verstanden. Hier wird ein Ansatz zur Untersuchung der Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen und der dadurch möglichen Optimierung vorgestellt. **S. 334**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-24

E. Uhlmann, J. Polte, A. Gordei, G. Esser, J. Fock – Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK; Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF), Technische Universität Berlin

Qualitätssteigerung beim PBF-LB/M-Hochtemperaturprozess

Das pulverbettbasierte Laserstrahlschmelzen (PBF-LB/M) bietet vielversprechende Möglichkeiten zur Fertigung komplexer Titanaluminid-Bauteile. Jedoch stellen hohe Temperaturgradienten $\Delta\theta$ und Eigenspannungen σ Herausforderungen dar, die Rissbildung und Porosität Φ verursachen. In dieser Studie wird die Vorheizung der Substratplatte als Strategie zur Reduktion dieser Defekte untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung der Vorheiztemperatur θ_{sub} die Bauteilqualität durch geringere Rissbildung ω und höhere Dichte ρ signifikant verbessert. **S. 340**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-30

E. Uhlmann, T. Braun, W. Reder – Fraunhofer IPK, Berlin; TU Berlin, IWF

Rückstandsfreie Reinigung

Die industrielle Bedeutung der additiven Fertigungstechnologien steigt stetig durch wachsendes Prozessverständnis und die Nutzung der spezifischen Verfahrensvorteile. Prozessbedingt kommt es bei den pulverbettbasierten Fertigungsverfahren zu Partikelanhäufungen. Durch Parameteranpassung können diese Pulveranhäufungen verringert, jedoch nicht vermieden werden. Daher gewinnt die Nachbearbeitung an Bedeutung. Das Hochdruckstrahlen mit flüssigem Kohlenstoffdioxid (CO_2) bietet hierbei großes Potenzial. **S. 345**

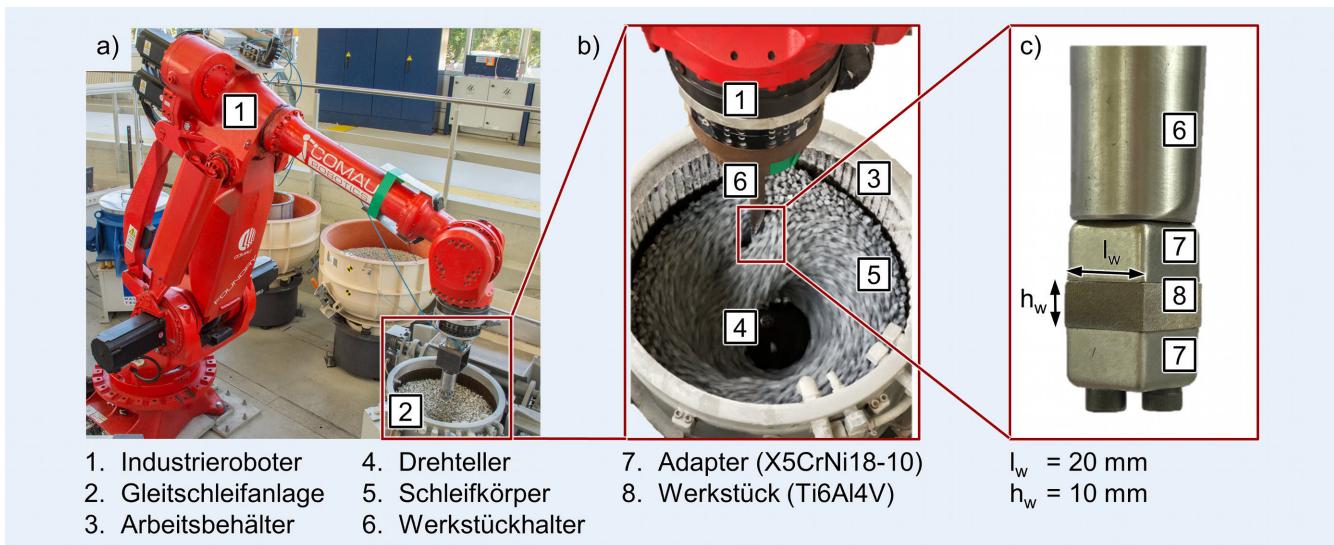
doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-35

C. Hauschopp, S. Dicks, R. Kraft, J. Bremer, D. Wall, N. Brierley, C. Häfner – Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT, Aachen; BCT Steuerungs- und DV-Systeme GmbH, Dortmund; Pont 8 GmbH, Dortmund; Diondo GmbH, Hattingen; Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Multimodale Datenanalyse im Laserauftragschweißen

Das Laserauftragschweißen ist ein komplexer Fertigungsprozess, der durch umfassende multimodale Prozessüberwachung digital abgebildet werden kann. Dieser Beitrag behandelt die Integration von Sensorik, die ortsaufgelöste Datenerfassung und -analyse sowie die Überlagerung und Korrelation von Prozessdaten mit CT-basierten Defektmasken. Durch die Vernetzung aller Schnittstellen wird ein automatisiertes Konzept entwickelt, das die Generierung von Daten für zukünftige KI-Modelle erheblich erleichtert. **S. 352**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-42



Robotergeführtes Fliehkraftgleitschleifen; a) Übersicht der Versuchsumgebung; b) Fliehkraftgleitschleifanlage; c) Werkstück. *Grafik: IWF*

E. Uhlmann, M. Kopp – Fraunhofer IPK; Institut für IWF, TU Berlin

Gleitschleifen ohne Formabweichung

Genaue Kenntnisse über die lokale Materialabtrennung beim Gleitschleifen sind unerlässlich, um die Entstehung von Formabweichungen, wie beispielsweise unzulässig hohe Verrundungen von Werkstückkanten, zu vermeiden. Um die Materialabtrennung bereits im Vorfeld zu berücksichtigen, wird in dieser Studie eine numerische Prozesssimulation auf Basis der Diskreten Elemente Methode (DEM) vorgestellt, welche die Geometrieveränderung von Werkstücken während des Gleitschleifens berechnen kann.

S. 361

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-51

meter stark limitiert. Das vorgestellte Konzept zeigt eine Lösung dieser technologischen Herausforderung und bietet somit eine Möglichkeit, die ultraschallunterstützte Zerspanung in eine breitere industrielle Anwendung zu bringen.

S. 368

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-58

E. Uhlmann; A. Muthulingam; M. van der Meer – Fraunhofer IPK, Berlin; TU Berlin, IWF; Krebs & Riedel Schleifscheibenfabrik GmbH, Bad Karlshafen

Bearbeitung hochharter Keramik-Werkstücke

Das zweiseitige Läppverfahren wird zunehmend durch das Doppelseitenplanschleifen substituiert. Die Vorteile liegen in der höheren Produktivität und der deutlich geringeren Umweltbelastung. Aktuell bestehen jedoch große Herausforderungen bei der Bearbeitung von hochharten und großflächigen Bauteilen hinsichtlich der geforderten Werkstückqualität und Wirtschaftlichkeit, sodass oft weiterhin auf das Läppverfahren zurückgegriffen wird. Vor diesem Hintergrund wurden strukturierte Schleifwerkzeuge entwickelt und im Einsatz untersucht.

S. 372

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-05-62

E. Uhlmann; M. Polte, T. Hocke, J. Tschöpel – Fraunhofer IPK, Berlin; TU Berlin, IWF

Konzept eines adaptiven Ultraschallsystems für die Fräsbearbeitung

Die ultraschallunterstützte Zerspanung bietet das Potenzial, die Prozessgrenzen bei der Zerspanung spröder Werkstoffe erheblich zu verschieben. Kommerziell erhältliche Ultraschallsysteme sind jedoch aufgrund ihres Funktionsprinzips hinsichtlich der darstellbaren Para-

Hochleistungsprozesse als Schlüssel zu einer resilienteren und nachhaltigen Produktion

Angesichts geopolitischer Spannungen, ökologischer Transformationen und ökonomischer Unsicherheiten steht die Produktionstechnik an einem entscheidenden Wendepunkt. Steigende Energiekosten, unterbrochene Lieferketten und der zunehmende Druck zu nachhaltigem Wirtschaften erfordern von der Industrie nicht nur Effizienz, sondern auch Flexibilität, Innovationskraft sowie digitale Intelligenz. Produktionssysteme müssen daher in Zukunft hochproduktiv, ressourceneffizient und robust gegenüber Störungen gestaltet sein.

Diese Herausforderungen bieten jedoch auch die Chance, Fertigungsprozesse neu zu denken. Hochleistungsprozesse, unterstützt durch Digitalisierung, Simulation und Automatisierung, bilden die Grundlage eines innovativen Produktionsumfelds, das diesen Herausforderungen gerecht werden kann. Diese Ausgabe widmet sich dem dargestellten Wandel und zeigt, wie innovative Lösungen entlang ganzer Wertschöpfungsketten unterschiedlicher Branchen konkrete Fortschritte ermöglichen.

Ein grundlegender Hebel zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und Produktivität umfasst die Reduktion von Produktionsausschuss. Besonders deutlich wird dies in der Batteriezellenproduktion, wo durch den Einsatz von Simulationen und Sensorik im Kalandrierprozess fehlerhafte Strukturen frühzeitig erkannt und

vermieden werden können. Die Effizienzsteigerung in diesem für die Energiewende zentralen Industriezweig leistet damit einen bedeutenden Beitrag zur nachhaltigen Transformation unserer Energiesysteme.

Darüber hinaus eröffnet die additive Fertigung neue Möglichkeiten in der Bauteilgestaltung und Prozessintegration. Mit zunehmendem Verständnis komplexer Wirkmechanismen, wie beispielsweise beim Laser-Sintern endlosfaserverstärkter Kunststoffe oder beim pulverbettbasierten Laserstrahlschmelzen hochtemperaturbeständiger Werkstoffe, werden auch innovative Prozesse skalierbar. Moderne Nachbearbeitungsverfahren, wie das rückstandsfreie Hochdruckstrahlen mit flüssigem CO₂, sorgen dabei für die nötige Bauteilqualität und Prozesssicherheit, besonders bei pulverbasierten Verfahren.

Gleichzeitig bleibt auch die Weiterentwicklung konventioneller Verfahren essenziell: intelligente Überwachungs- und Steuerungssysteme erlauben heute eine präzise Analyse und Optimierung etablierter Prozesse wie dem Fräsen oder Gleitschleifen. Selbstlernende Modelle und simulationsgestützte Ansätze tragen hier maßgeblich zur Qualitätssteigerung und Effizienz in variantenreichen Produktionsumgebungen bei.

Ergänzend dazu gewinnen adaptive Systeme zunehmend an Bedeutung. Insbesondere dort, wo konventionelle Technik an ihre Grenzen stößt oder spezifisches Fachwissen nicht dauerhaft verfügbar ist.

In diesem Rahmen kommen vermehrt Assistenzsysteme zum Einsatz, die beispielsweise bei der Maschinenabnahme oder Parametereinstellung unterstützen. Die gezielte Entlastung des Fachpersonals durch Digitalisierungs- und Automatisierungsansätze kann die Prozessqualität steigern, den Bedieneraufwand reduzieren und damit die Systemrobustheit verbessern.

Es zeigt sich, dass der Einsatz interdisziplinärer Methoden sowie digitaler und intelligenter Werkzeuge der Produktionstechnik neue Perspektiven eröffnet. Das Zusammenspiel aus tiefgreifendem Prozesswissen und der Digitalisierung und Automatisierung kann neue Standards setzen und die Produktion nachhaltig transformieren. Technologische Exzellenz wird dabei zur notwendigen Antwort auf die gesellschaftlichen und politischen Herausforderungen.



Prof. Dr.-Ing.
Jürgen
Fleischer

Institutsleiter Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung am wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).
Foto: wbk / KIT