

# WT Werkstattstechnik

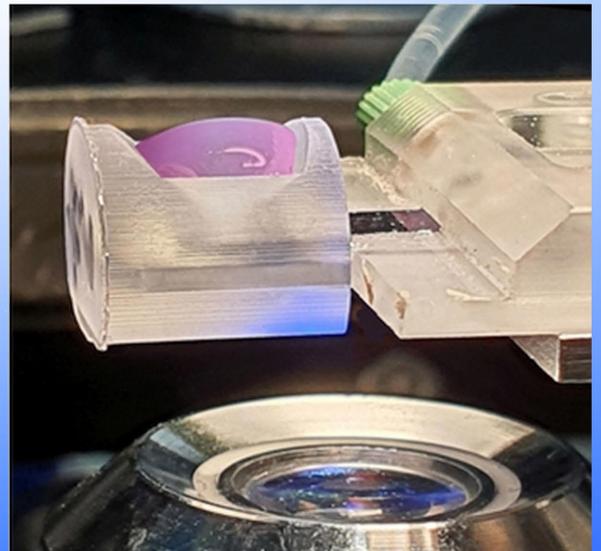
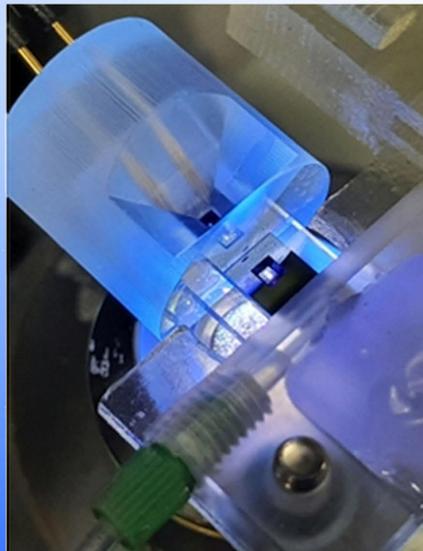
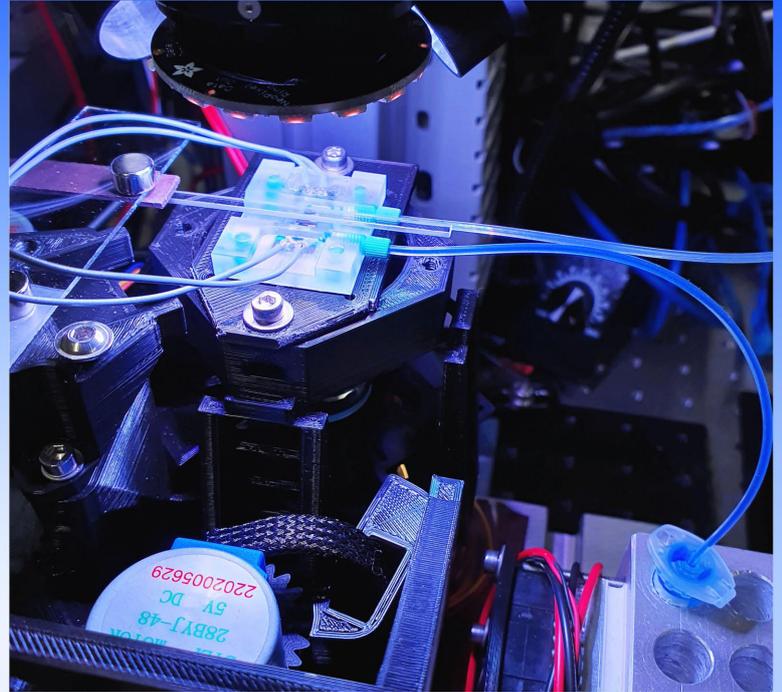
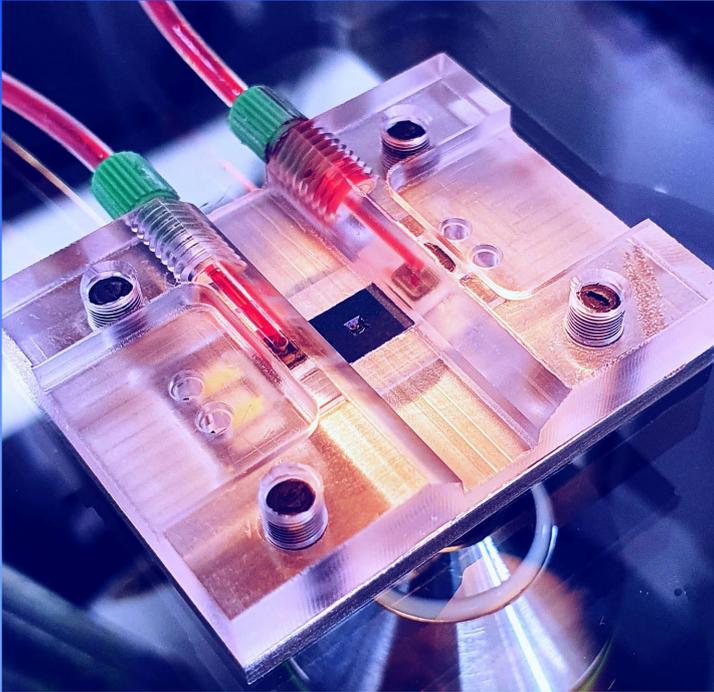


Foto: Fraunhofer IMM

## QUALITÄTSMANAGEMENT

Adaptive  
Prüfplanung

## MIKROTECHNIK

Additiv  
gefertigte Reservoirs für  
mikrofluidische Chips

## SCHLEIFEN

Einsatzvorbereitung  
von Stäbchenkorund-  
schleifscheiben

## INHALTE DER ONLINE-AUSGABE 11/12-2023 TITELTHEMEN: FERTIGUNGSMESSTECHNIK – QUALITÄTSMANAGEMENT – MIKROTECHNIK – PRÄZISIONSBEARBEITUNG – SCHLEIFEN – WERK- ZEUG-/FORMENBAU

R. H. Schmitt – WZL, RWTH Aachen Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Aachen

### Einblicke in die Gestaltung nachhaltiger Produktionstechnik

Der Erhalt wirtschaftlichen Wohlstands angesichts begrenzter globaler Ressourcen, zunehmender Störungen und demografischer Veränderungen stellt Unternehmen im Produktionssektor vor erhebliche Herausforderungen. Um weiterhin erfolgreich zu sein, müssen diese Unternehmen ihre Produktionsmethoden neu ausrichten, um nachhaltiger und widerstandsfähiger zu werden. Digitalisierung spielt hierbei eine zentrale Rolle, die in komplexen sozio-technischen Systemen den Menschen einbezieht. Die schiere Menge an Daten reicht nicht aus, um die Industrie zu revolutionieren. Wir sprechen nicht mehr nur von „Industrie 4.0“, sondern auch von einer menschen-zentrierten Vision, die die europäische Gesellschaft bewegt hat, die evolutionäre Stufe als „Industrie 5.0“ zu bezeichnen. Die aktuelle Ausgabe des Heftes 11/12 fokussiert genau diesen Wandel und bietet tiefgreifende Einblicke in die Gestaltung einer nachhaltigen und widerstandsfähigen, weil anpassungsfähigen Produktionstechnik. **S. 468**

F. Kößler, R. Hertweck, J. Fleischer – wbk Institut für Produktionstechnik, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

### Wechselwirkungserfassung zwischen Walzenrundlauf und Elektrodendicke

Mit der zunehmenden Verbreitung von Lithium-Ionen-Batteriezellen ist eine Eingrenzung der Fertigungstoleranzen erkennbar. Die Dicken der Batterieelektroden, aus denen die Batteriezellen später assembliert werden, haben einen wesentlichen Einfluss auf die elektrochemischen Eigenschaften der fertigen Batteriezelle. Dieser Beitrag untersucht den Einfluss des Rundlaufs der Kalenderwalzen auf die Elektrodendicke von graphit-basierten Anoden mittels Sensorintegration in einem Batteriekalender. **S. 469**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-5

B. Denkena, M. Wichmann, L. Reuter – Universität Hannover, Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen IFW, Garbsen

### Adaptive Prüfplanung

Datengetriebene Prognosemodelle sind der Kern einer adaptiven Prüfplanung, besitzen jedoch stets einen modellbasierten Prognosefehler. Zur zuverlässigen Interpretation des Vorhersageergebnisses ist daher die Modellierung der einhergehenden Unsicherheit von besonderer Bedeutung. In diesem Beitrag werden drei Ansätze zur Unsicherheitsmodellierung der Oberflächenrauheit 3-achsig gefräster Werkstücke aus Aluminium vorgestellt, wobei eine hohe Erfassungswahrscheinlichkeit von 92 % erzielt werden kann. **S. 475**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-11

M. Tilger, D. Biermann – Technische Universität Dortmund, Institut für Spanende Fertigung ISF

### Werkzeug-Einlaufverhalten beim Microfinishen

Die Untersuchungen vergleichen das Einlaufverhalten metallisch gebundener Diamant-Microfinishwerkzeuge in unterschiedlichen Konditionierzuständen. Die Analyse erfolgt werkstück-, prozess-

als auch werkzeugseitig anhand von Oberflächengüte, Prozesskräften und Werkzeugtopographie. Hierdurch wird die Wirkung der Konditionierzustände auf das Einlaufverhalten des Werkzeugs respektive das Erreichen der stationären Prozessphase untersucht und hinsichtlich der auftretenden Wechselwirkungen analysiert. **S. 482**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-18

E. Uhlmann, M. Polte, M. Osmanovic – Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, Berlin; Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF, Technische Universität Berlin

### Multifluide Dielektrika beim funkenerosiven Bohren

Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse zur Untersuchung multifluider Dielektrika beim funkenerosiven Mikrobohren vor. Dazu werden flüssige, gasförmige sowie gemischte Dielektrika einzeln sowie in Kombination untersucht. Als Werkstoffe kamen für das Werkzeug Hartmetall und für das Werkstück gehärteter Stahl zum Einsatz. Im Ergebnis zeigte sich Öl als stabilster Erosionsprozess. **S. 489**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-25

B. Denkena, B. Bergmann, A. Schulze – Universität Hannover, IFW

### Einsatzvorbereitung von Stäbchenkorundschleifscheiben

Zur Bearbeitung der Endkontur von Werkstücken werden vorwiegend Schleifverfahren eingesetzt. Aufgrund hoher thermischer und mechanischer Beanspruchungen des Werkstücks und Werkzeugs sind diese Verfahren jedoch auf geringe Abtragsleistungen begrenzt. Durch die Entwicklung neuartiger Stäbchenkorundschleifscheiben wird die Leistungsfähigkeit von Schleifprozessen erhöht. Diese sind bisher aufgrund hoher Kosten bei der Einsatzvorbereitung noch nicht wirtschaftlich einsetzbar. **S. 494**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-30

G. Kuhlmann, N. Guba, T. Hüsemann, C. Heinzel, B. Karpuschewski – Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien IWT und Uni Bremen

### Tiefenwirkung bei variierten Abrichtbedingungen

Prozess- und Abrichtparameter beeinflussen die thermische Wirkung und damit die Energieumwandlung und Randzonenausbildung. Dies wird für einen ein- sowie dreistufigen Schleifprozess gegenübergestellt. Die Randzonen- und Tiefenbeeinflussung bei geänderten Abrichtgeschwindigkeitsverhältnissen verdeutlichen das Potenzial, bei mehrstufigen Prozessen zwischen den Zyklen Stellgrößen produktivitätsoptimiert anzupassen. Zudem kann mit einem schleifleistungs-basierten Modell Schleifbrand detektiert werden. **S. 499**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-35

A. Mages, L. Willer, A. Sauer – Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP, Universität Stuttgart

### Vergleich einer Wärmepumpe mit einem Blockheizkraftwerk

In diesem Beitrag wird die Integration einer Wärmepumpe und eines Blockheizkraftwerks in eine bestehende Energieversorgungsinfrastruktur am Beispiel eines Kleinunternehmens ökonomisch und ökologisch für zwei historisch stark unterschiedliche Energiepreisszenarien für variable installierte Kapazitäten bewertet. Als Ergebnis konnte mit tendenziell größeren CO<sub>2</sub>-Einsparungen für die Wärmepumpe eine starke, für das BHKW eine nur moderate Abhängigkeit der Amortisationszeiten auf unterschiedliche Energiepreisentwicklungen festgestellt werden. **S. 505**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-41

F. Schnell, A. Emde; A. Brenner, A. Sauer – Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart; EEP, Uni Stuttgart

### Vergleich von Energiesystemplanungsmethoden

In diesem Beitrag werden unterschiedliche Planungsvorgehen aus verschiedenen Anwendungsfeldern, wie Fabrikplanung, regionale und industrielle Energiesystemplanung sowie Planungsvorgehen für Energieeffizienzmaßnahmen, vorgestellt und miteinander verglichen. Der Fokus liegt dabei auf der Übertragbarkeit von Energiesystemplanungsverfahren auf den Industrieplanungsfall. **S. 512**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-48

P. Schrader, E. Gross, T. Bauernhansl; G. Hoeborn – Fraunhofer IPA, Stuttgart; FIR an der RWTH Aachen

### Digitale und nachhaltige Organisationen

Neue Konzepte wie die Wertsteigernde Kreislaufwirtschaft bieten Lösungsansätze, Nachhaltigkeit durch Digitalisierung in Unternehmen gewinnbringend zu realisieren. Um die notwendigen Kompetenzen parallel zum bestehenden Geschäft aufzubauen, gibt es verschiedene Ansätze der organisationalen Ambidextrie. Mittels einer quantitativen Literaturrecherche wurden die vier grundlegenden Modi strukturelle, temporäre, kontextuelle und Domänen-Ambidextrie identifiziert und charakterisiert. **S. 518**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-54

F. Mais, T. Bauernhansl; L. Schmitt – Fraunhofer IPA, Stuttgart; Umwelt Campus Birkenfeld, Hochschule Trier

### Treiber der nachhaltigen Geschäftsmodellinnovation

Der Beitrag untersucht die Treiber der Dekarbonisierungsziele und deren Auswirkungen auf nachhaltige Geschäftsmodellinnovationen in der Stahl-, Zement- und chemischen Industrie mittels einer systematischen Literaturrecherche und einer qualitativen Expertenbefragung. Die identifizierten Treiber werden in die Cluster Politik, Ökonomie und Gesellschaft eingeordnet. Die Ergebnisse bieten wertvolle Einblicke für Entscheidungsträger und Unternehmen, die ihre Aktivitäten im Kontext der Dekarbonisierung zukunftsfähig gestalten möchten. **S. 525**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-61

F. Mais, E. Gross, P. Schrader, T. Gramberg, S. Neubauer; A. Storz; M. Wolperdinger, N. Hildebrandt, S. Krieg; A.-K. Briem; M. Dangelmaier; J. Ulmer – Fraunhofer IPA; Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB; Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP; Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO; Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Uni Stuttgart

### Mass Personalization: Strategischer Einsatz und Trends

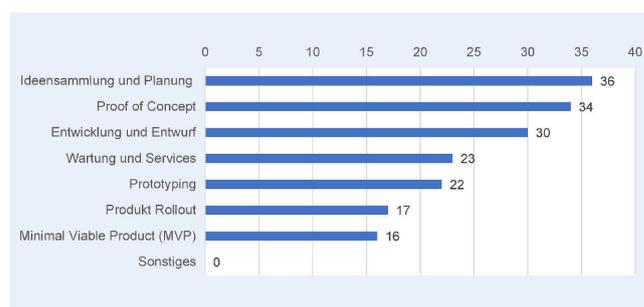
Die Online-Umfrage des Leistungszentrums Mass Personalization in Stuttgart zeigt, dass Personalisierung als Differenzierungsstrategie von Unternehmen genutzt wird, um Kunden maßgeschneiderte Produkte anzubieten und Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über aktuelle Trends der Personalisierung. **S. 531**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-67

E. Gross, P. Schrader, F. Mais, S. Neubauer, T. Bauernhansl; M. Dangelmaier; S. Krieg; V. Balzer – Fraunhofer IPA, Stuttgart; Fraunhofer IAO, Stuttgart; Fraunhofer IGB, Stuttgart; Skinmade GmbH, Stuttgart

### Personalisierte Produkte und ihre Prozesse

In der Produktentwicklung und den Produktionsprozessen personalisierter Produkte können durch die Einbindung von Kunden Wettbewerbsvorteile erzielt werden. Hierbei nutzen Unternehmen die Perso-



Phase der Produktentwicklung, in der die Personalisierung stattfindet (n=47). Grafik: Autoren

nalisation auch als Differenzierungsstrategie. Das Leistungszentrum Mass Personalization hat hierzu die Produktentwicklung sowie die Produktionsprozesse unterschiedlicher Branchen in einer Online-Umfrage analysiert und mit einem Personalisierungs-Spin-off verglichen. **S. 538**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-74

E. Blum, F. Stamer, G. Lanza – wbk, KIT, Karlsruhe

### CT-Messungen automatisieren

Industrielle Computertomographie erfordert umfassendes Expertenwissen. In diesem Beitrag wird ein Konzept vorgestellt, um die Parametrisierung von Messungen durch Reinforcement Learning zu automatisieren. Innerhalb einer Simulation sollen Agenten Messstrategien wie das Auslegen zeitminimaler Messungen erlernen. Auch wenn aktuelle virtuelle CTs realitätsnahe Messungen erlauben, verhindert die Laufzeit aktueller Simulationsumgebungen noch den Einsatz als effiziente Trainingsumgebung. **S. 545**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-81

T. Arndt, V. Schulze; V. Sellmeier; W.-D. Kiessling; A. Kanz, M. Luik – wbk, KIT, Karlsruhe; Index-Werke Hahn & Tessky, Esslingen; Beutler Präzisions-Komponenten, Rosenfeld; Hartmetall-Werkzeugfabrik Paul Horn, Tübingen

### Alternativer Schraubenantrieb effizient zerspan

Medizinische Knochenschrauben werden meist spanend aus biokompatiblen Titanlegierungen hergestellt. Für die Fertigung des Schraubenantriebs sind die geringen Abmessungen gepaart mit zähem Werkstoff oft herausfordernd. In diesem Beitrag wird ein neuartiger Schraubenantrieb vorgestellt, der sehr effizient durch synchronisiert-zyklisches Polygondrehen hergestellt werden kann. Im Vergleich zum konventionellen Fräsen eines Innensechsrunds ist eine mehr als 13-fache Produktivitätssteigerung möglich. **S. 550**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-11-12-86

K. U. Kögler – Fraunhofer-Institut für Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM, Mainz

### Additiv gefertigte Reservoirs für mikrofluidische Chips

Mikrofluidische MEMS-Chips führen, analysieren und verarbeiten Fluide und Gemische. Silizium als Chipsubstrat erlaubt feinste Kanäle mit sub-mikrometeregenauen Strukturen. Anwendungsübergreifend ist die Zufuhr von Proben in diese Kanäle herausfordernd. Oberflächenspannungsphänomene, kleinste Luftblasen und Partikelagglomerationen bilden unüberwindbare Hürden. Anhand eines neuentwickelten Dispensierchips wird ein flexibler Lösungsweg für die Probenbereitstellung und -zufuhr aufgezeigt. **S. 557**

# Einblicke in die Gestaltung nachhaltiger Produktionstechnik

**D**er Erhalt wirtschaftlichen Wohlstands angesichts begrenzter globaler Ressourcen, zunehmender Störungen und demografischer Veränderungen stellt Unternehmen im Produktionssektor vor erhebliche Herausforderungen. Um weiterhin erfolgreich zu sein, müssen diese Unternehmen ihre Produktionsmethoden neu ausrichten, um nachhaltiger und widerstandsfähiger zu werden. Digitalisierung spielt hierbei eine zentrale Rolle, die in komplexen sozio-technischen Systemen den Menschen einbezieht.

Die schiere Menge an Daten reicht nicht aus, um die Industrie zu revolutionieren. Wir sprechen nicht mehr nur von „Industrie 4.0“, sondern auch von einer menschenzentrierten Vision, die die europäische Gesellschaft bewegt hat, die evolutionäre Stufe als „Industrie 5.0“ zu bezeichnen. Die aktuelle Ausgabe des Heftes 11/12 fokussiert genau diesen Wandel und bietet tiefgreifende Einblicke in die Gestaltung einer nachhaltigen und widerstandsfähigen, weil anpassungsfähigen Produktionstechnik.

Eine entscheidende Rolle spielen hybride und autonome Systeme, die Mensch, Maschine und virtuelle Technologien miteinander verknüpfen. Diese Systeme können Daten aus verschiedenen Quellen verarbeiten und sind in der Lage, übergeordnete Ziele wie Nachhaltigkeit zu unterstützen. Die Implementierung solcher Systeme erlaubt gezielte Maßnahmen, um die gewünschten Ergebnisse in Bezug auf Widerstandsfähigkeit und Nachhaltigkeit durch situative Reaktion und Anpassungsfähigkeit zu erzielen.

In Zukunft wird die Qualität nicht mehr nur anhand technischer Spezifikationen gemessen. Wirtschaftliche, ökologische und soziale Auswirkungen verbinden sich mit der Zufriedenheit der Kunden jenseits der produktionsseitigen Erfüllung technischer Anforderungen. Ein modernes Qualitätsmanagement kann diese Anforderungen in konkrete Ziele umsetzen.

Hierzu gehört die sensorische Wahrnehmung dessen, was sich wo und in welchem Zustand in der Produktion befindet – die Messtechnik spielt dabei eine entscheidende Rolle. Sie entwickelt sich weiter, um nicht nur objektive Produktmerkmale, sondern auch die subjektive Wahrnehmung von Qualität zu erfassen. Auf dieser Wahrnehmung und Erfassung relevanter Qualitätsmerkmale können umfassendere datengesteuerte Methoden operieren, um Entscheidungen auf allen Unternehmensebenen zu unterstützen.

Die Verbindung der Fertigungsmesstechnik mit hybriden, autonomen Systemen eröffnet Möglichkeiten für Synergien in verschiedenen Unternehmensbereichen, darunter Design (zum Beispiel CAD), Betriebsmanagement (zum Beispiel ERP), Process Mining, Fertigung (zum Beispiel Maschinendaten), Produktprüfung und Vertrieb (zum Beispiel Kundenfeedback). Dies schafft einen messbaren Mehrwert in Bezug auf Nachhaltigkeit und Widerstandsfähigkeit für produzierende Unternehmen.



**Prof. Dr.-Ing.  
Robert H. Schmitt**  
Foto: WZL | RWTH Aachen

Inhaber des Lehrstuhls für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement; Mitglied des Direktoriums des WZL | RWTH Aachen und des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT.