

# WT Werkstattstechnik

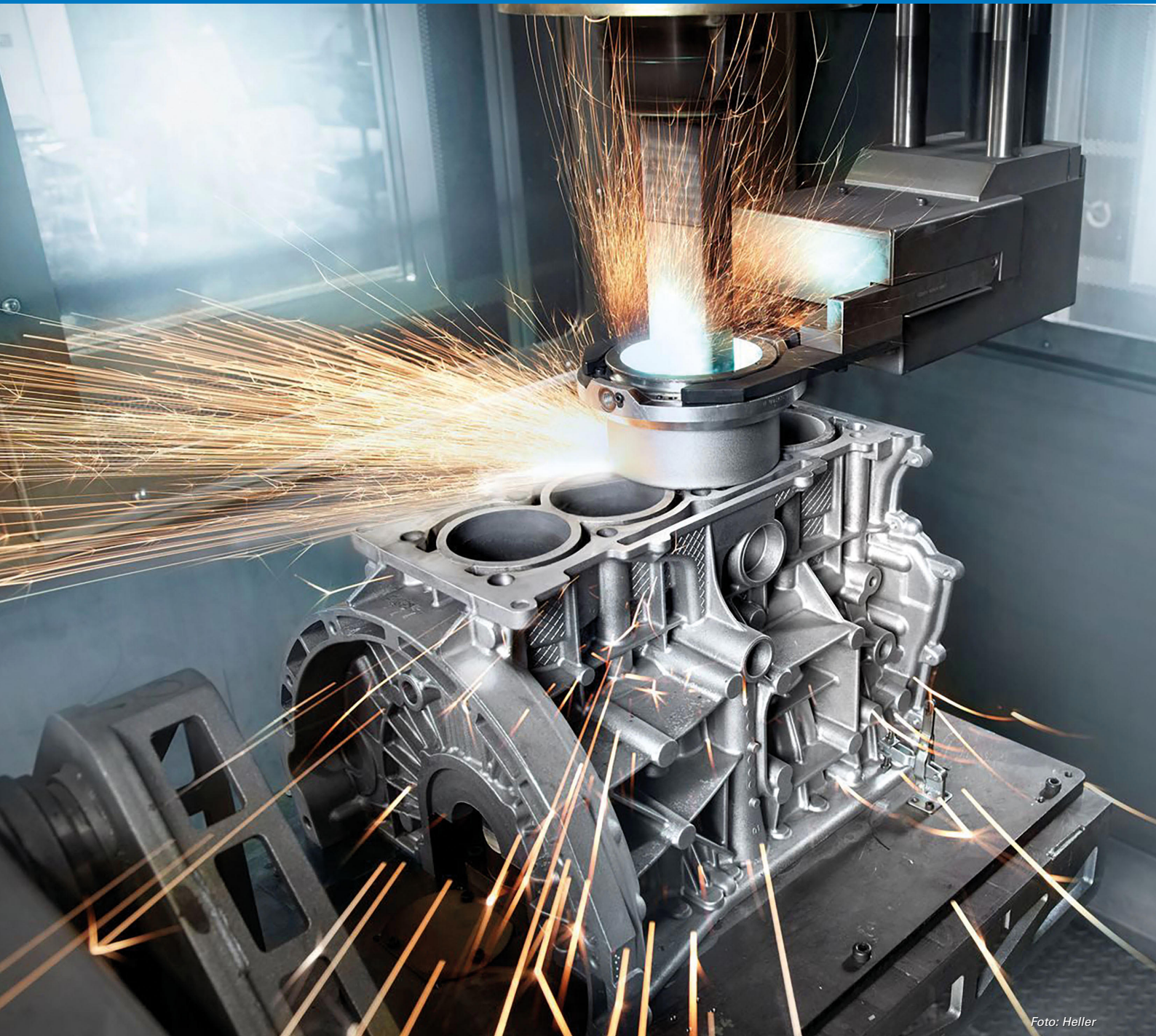


Foto: Heller

## WERKZEUGMASCHINEN

SmartLab  
vernetzt  
Produktionsmaschinen

## SIMULATION

Virtuelle  
Prozesssimulation einer  
CNC-Maschine

## ENERGIEEFFIZIENZ

Arten der Ressourcen-  
verschwendung  
in der Produktion

**Inhalte der Online-Ausgabe 1/2-2023**  
**TITELTHEMEN: ZERSPANUNG – WERKZEUGMASCHINEN – SIMULATION – ENERGIEEFFIZIENZ**

*M. Weigold – Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW), Technische Universität Darmstadt*

**Energie- und Ressourceneffizienz im Fokus**  
 Liebe Leserinnen und Leser, mit Freude begrüße ich Sie zur ersten Ausgabe der Werkstatttechnik online für das Jahr 2023, bei der wir gemeinsam mit den Kolleg:innen aus Stuttgart das Thema der Energie- und Ressourceneffizienz in den Fokus setzen. **S. 1**

*A. Weyand, S. Seyfried, M. Weigold; P. Schraml, M. Beck – PTW, TU Darmstadt; ETA-Solutions GmbH, Bensheim*

**Arten der Ressourcenverschwendung in der Produktion**  
 Angesichts der sich weiter zuspitzenden Klimakrise gilt es unnötige Verbräuche von Ressourcen in der Produktion zu vermeiden. Basierend auf den Lean-Verschwendungsarten werden in diesem Beitrag sogenannte Ressourcenverschwendungsarten erarbeitet, die typische Stellen der Verschwendung von Ressourcen in produzierenden Unternehmen klassifizieren. Diese können als Grundlage dienen, um geeignete Maßnahmen zur Eliminierung von Ressourcenverschwendung umzusetzen. **S. 2**

*B. Seyed Sadjjadi, L. Schmiedel, A. Sauer – Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart, Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP), Universität Stuttgart*

**Automatisierte Auslegung von industriellen Wärmepumpen**  
 Im Zuge der Dekarbonisierung industrieller Produktionssysteme spielt die Elektrifizierung von Prozessen eine wichtige Rolle. Wärmepumpen nehmen dabei aufgrund ihres Funktionsprinzips und der resultierenden Effizienz eine Schlüsselposition ein. Die vergleichsweise komplizierten Einbindungskonzepte und der geringe Bekanntheitsgrad hemmen die weitere Ausbreitung in der Produktion. Dieser Beitrag stellt ein Planungs- und Bewertungstool für Wärmepumpen vor, welches in Produktionssystemen genutzt werden kann. **S. 7**

*A. Emde; F. Schnell, A. Sauer – Fraunhofer IPA, Stuttgart; Institut für EEP, Uni Stuttgart*

**Methodisches Vorgehen zur Energiesystemplanung**  
 Dieser Beitrag beschreibt ein methodisches Vorgehen zur Energiesystemplanung. Das Anwendungsziel ist die Optimierung der Energiesystemplanung von Brownfield- und Greenfield-Fabriken unter Berücksichtigung unternehmensspezifischer KPIs wie CO<sub>2</sub>-Neutralität, Klimaneutralität und Autarkie. Außerdem werden Methoden zur Erzeugung der Datengrundlage vorgestellt, da repräsentative Lastprofile die wesentliche Grundlage zur sinnhaften Planung von Energiesystemen bilden. Abschließend wird ein Anwendungsfall in einem Unternehmen vorgestellt. **S. 13**

*V. Lampret, S. Kölle, E. Köse, A. Sauer – Fraunhofer IPA, Stuttgart, Institut für EEP, Uni Stuttgart*

**Benchmarking in der Galvanotechnik**  
 Steigende Energiekosten und ambitionierte Klimaschutzziele erhöhen den Handlungsbedarf, die Energieeffizienz zu steigern. Um einen Vergleich und eine Entscheidungshilfe von Energieeffizienzmaßnahmen für die energieintensive Galvanobranche zu schaffen, wurde ein Ener-

gie- und Ressourceneffizienzbenchmark durchgeführt. Herausforderungen bei der Erhebung waren die Heterogenität der Galvanobranche sowie unterschiedliche Messinfrastrukturen. Dennoch ist es gelungen, einen Vergleich zu schaffen und Handlungsbedarfe sowie Maßnahmen zur Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz zu identifizieren. **S. 18**

*O. Kohn, J. Frenzel, E. Sarikaya, M. Weigold – PTW, TU Darmstadt*

**Virtuelle Prozesssimulation einer CNC-Maschine**  
 Innovative Ansätze bei der Prozessplanung und -optimierung mittels digitaler Zwillinge erfordern leistungsfähige Simulationen für Werkzeugmaschinen. Die Entwicklung einer solchen Simulation für ein 3-Achs-Vertikal-Bearbeitungszentrum wird hier als hybride Multi-Domain-Simulation in „Modelica“ implementiert und experimentell validiert. Dabei ist das Ziel die berechneten Kenngrößen im Kontext aktueller Entwicklungen, wie zum Beispiel belastungsorientierter Bezahlmodelle bereitzustellen. **S. 24**

*T. Tandler, T. Hirth, R. Eisseler, T. Stehle, H.C. Möhring – Institut für Werkzeugmaschinen IfW, Universität Stuttgart*

**Einsatz von KI bei der Prozessvorhersage für Bandsägen**  
 Häufig ist der Trennprozess von Halbzeugen mittels Bandsägen der erste Schritt in der Teilefertigung. Aufgrund bisher fehlender simulativer Untersuchungen wurden die Bearbeitungsparameter für diesen Prozess meist aufwendig experimentell ermittelt. Mit Analogieversuchen, die den zugrunde liegenden Prozess weitestgehend abdecken und mit viel geringerem Aufwand durchgeführt werden können, kann dies effizienter gestaltet werden. Der Beitrag untersucht, wie diese Versuche durch künstliche Intelligenz (KI) unterstützt und sich die Anzahl notwendiger Versuche reduzieren lassen. **S. 29**

*M. Schneider, V. Meier, T. Stehle, H.-C. Möhring – IfW, Uni Stuttgart*

**Digitalisierungsansatz** zur Umsetzung der Vernetzung von Maschinen und Anlagen nach dem „Greenfield-Ansatz“ (links) für Neuanlagen und dem „Brownfield-Ansatz“ (rechts) für einen bestehenden Maschinen- und Anlagenpark. *Grafik: IfW, Universität Stuttgart*

Am Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart wurde die digitale Vernetzung eines heterogenen Maschinenparks mit Bestands- und Neumaschinen verschiedener Hersteller im Versuchsfeld der Holz- und Verbundwerkstoffbearbeitung umgesetzt. Selten lassen sich digitale Prozessketten bei einem KMU auf der „grünen Wiese“ implementieren, da die dafür notwendige Infrastruktur meist nicht vorhanden ist. Aus diesem Grund wurde der „Brownfield-Ansatz“ mit dem Ziel verfolgt, Studierenden und Unternehmen der Branche die Möglichkeit zu geben, „Connectivity“-Technologien an Bestands- und Neuanlagen zu erforschen. **S. 36**



S. Rieck, J. Heidelbach, T. Stahl – Fraunhofer IPA, Stuttgart

### End-to-End-Prozessautomatisierung

Durchgängige, automatisierte Prozesse können Prozesskosten um 30 bis 40 Prozent senken und Durchlaufzeiten signifikant verkürzen. Der vorliegende Beitrag zeigt anhand eines siebenstufigen Vorgehens, wie automatisierte Prozesse umgesetzt werden. Dazu werden die Stufen (wie Aufnahme, Optimierung, Automatisierung und Monitoring) inklusive möglicher Methoden und Technologien dargestellt. Neben Robotic Process Automation (RPA) kommen hierbei Process Mining und Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) zum Einsatz. **S. 42**

J. Harbig, H. Merschroth, M. Weigold; J. Geis, E. Kirchner; J. Musekamp, M. Oechsner; P. Sperling – PTW; Institut für Produktentwicklung und Maschinenelemente pmd; Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt und Institut für Werkstoffkunde, TU Darmstadt; Volume Graphics GmbH, Heidelberg

### Referenzieren von Prozessüberwachungsdaten mit CT-Daten

Die Qualitätssicherung beim pulverbettbasierten Laserstrahlschmelzen (PBF-LB/M) ist kostenintensiv und eine der großen Barrieren für eine breite industrielle Anwendung. Neue Ansätze der digitalen Qualitätssicherung durch Überwachungssysteme sollen dieses Problem lösen. Um diese Systeme für die lokale Fehlererkennung auslegen zu können, wird eine Methode zur Verknüpfung von Prozessüberwachungsdaten mit einer CT-Visualisierung der Probe vorgestellt. **S. 48**

S. Kärcher, D. Ranke, M. Trierweiler, P. Berkhan, T. Bauernhansl – Fraunhofer IPA, Stuttgart

### Lean-Line- und Flex-Abschnitte

Matrixproduktionssysteme haben eine hohe Flexibilität bei gleichzeitig hoher Produktivität. Sie bestehen aus frei anfahrbaren Prozessmodulen. Bei großen Produkten, vielen Montageschritten und einer begrenzten Fläche ist die Planung dieser Prozessmodule aufgrund der vielen Freiheitsgrade und Restriktionen noch sehr aufwendig.

In diesem Beitrag wird eine Methode vorgestellt, die den Planungsaufwand durch eine Zuordnung der Prozesse zu Lean-Line- und Flex-Abschnitten reduziert. **S. 57**

S. Stribick, S. Akcara, E. Dieringer – Fraunhofer IPA, Stuttgart; Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF, Universität Stuttgart

### Laserstrukturierung von Rührreischweißwerkzeugen

Das Kunststoff-Rührreischweißen ist aufgrund von hohen Schweißnahtfaktoren und Oberflächengüten von großem Interesse. Dennoch sind die bisher möglichen Vorschubgeschwindigkeiten begrenzt. Vorangegangene Untersuchungen zeigten ein Verbesserungspotenzial durch eine gezielte Werkzeugoberflächengestaltung. Im Rahmen dieses Beitrages werden systematisch der Einfluss verschiedener Laserstrukturen auf die Verfahrgeschwindigkeit und Festigkeiten der Schweißnähte beim Rührreischweißen näher untersucht. **S. 59**

L. Baur, C. Kaymakci, A. Sauer – Fraunhofer IPA, Stuttgart; Institut für EEP, Uni Stuttgart

### Bottom-Up Lastprognose im industriellen Kontext

In Zeiten volatiler und steigender Energiepreise gewinnt die Lastprognose als Entscheidungsgrundlage zunehmend an Bedeutung. Die fortschreitende Digitalisierung erlaubt zudem ein detailliertes Aufzeichnen von Verbrauchsdaten auf mehreren Abstraktionsebenen. In diesem Beitrag werden zwei Ansätze, die eine Messzählertopologie in die Prognose integrieren, mit dem Standardansatz auf Hauptzählerebene verglichen. Die Ergebnisse auf den Unternehmensdaten motivieren für einen flächendeckenden Einsatz. **S. 65**

Bei den Beiträgen handelt es sich um Fachaufsätze, die von Experten auf diesem Gebiet wissenschaftlich begutachtet und freigegeben wurden (peer-reviewed).

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Autoren,

mit der ersten Ausgabe 2023 ist es geschafft – der Open-Access-Rahmenvertrag zwischen der wt Werkstattstechnik online und der TIB Hannover tritt in Kraft. Dies bedeutet, dass die Mitglieder des Konsortiums ab sofort ohne weitere Gebühren ihre Beiträge open access veröffentlichen können. Für diejenigen, die noch nicht dabei sind, wird pro Artikel zukünftig eine APC-Pauschale (Article Processing Charge) von 1800 Euro (zzgl. gesetzl. MwSt.) fällig. Sehr gerne nehmen wir noch weitere Institutionen in das Konsortium der Technischen Informationsbibliothek (TIB) auf. Weitere Informationen erhalten Sie über die Redaktion, Alexandra Briesch | [abriesch@vdi-fachmedien.de](mailto:abriesch@vdi-fachmedien.de) | Tel. +49 211 6103-335.



Foto: Fraunhofer IPA

Viel Freude beim Publizieren  
in der wt Werkstattstechnik online, wünscht Ihnen  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Wissenschaftlicher  
Leiter

# Energie- und Ressourceneffizienz im Fokus

Liebe Leserinnen und Leser,

mit Freude begrüße ich Sie zur ersten Ausgabe der Werkstatttechnik online für das Jahr 2023, bei der wir gemeinsam mit den Kolleg:innen aus Stuttgart das Thema der Energie- und Ressourceneffizienz in den Fokus setzen.

In einer Zeit, in der die Auswirkungen des Klimawandels immer stärker spürbar sind, ist es essentiell, dass wir unseren Energie- und Ressourcenverbrauch so effizient wie möglich gestalten. Dies betrifft sowohl Privathaushalte als auch Unternehmen und öffentliche Einrichtungen. Durch einfache Maßnahmen wie den Einsatz von energiesparenden Leuchtmitteln und das Abschalten von Geräten, die im Standby-Modus Energie verbrauchen, können wir unseren Energieverbrauch im privaten Umfeld reduzieren und gleichzeitig unsere Umwelt schonen.

Auch in der Industrie gibt es viele Möglichkeiten, die Energie- und Ressourceneffizienz zu steigern. Durch den Einsatz von modernen Technologien und energieeffizienten Produktionsprozessen sowie einem intelligenten Lastmanagement können Unternehmen ihren Energieverbrauch reduzieren und gleichzeitig ihre Wettbewerbsfähigkeit verbessern.

In dieser Ausgabe werfen wir einen Blick auf die verschiedenen Arten der Ressourcenverschwendung in der Produktion, identifizieren Energieeffizienzpotenziale in der Galvanotechnik, zeigen ein methodisches Vorgehen bei der Planung von Energiesystemen und das Energiedatenmanagement mittels KI-Anwendungen. Daneben betrachten wir den Aufbau von Matrixmontagesystemen und die Vernetzung von Produktionsmaschinen an einem konkreten Beispiel. Darüber hinaus zeigen wir wie sich Bearbeitungsprozesse dank virtueller Prozesssimulation und Künstlicher Intelligenz anpassen lassen, eine neuartige Qualitätssicherung bei der additiven Fertigung mittels Prozessüberwachung und die automatisierte Auslegung von Wärmepumpen.

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre!

Herzliche Grüße, Matthias Weigold



Prof. Dr.-Ing. **Matthias Weigold** leitet das Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt. Foto: PTW, TU Darmstadt