

# WT Werkstattstechnik

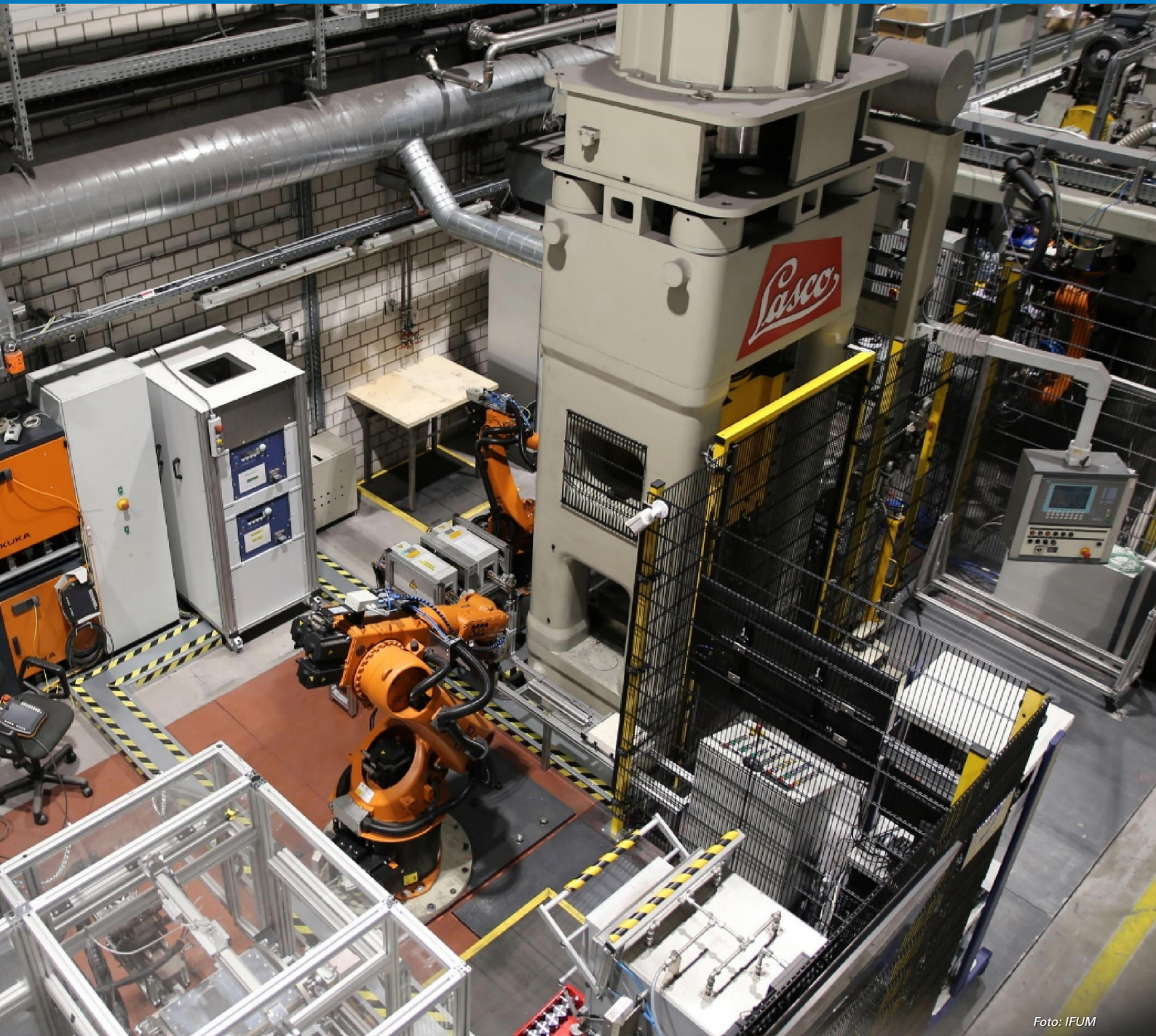


Foto: IFUM

## UMFORMTECHNIK

Kaltumformung  
von metastabilem  
Cr-Ni-Cu-Stahlguss

## RESILIENZ

Entscheidungsfaktoren  
der Produktions-  
netzwerkconfiguration

## DIGITALISIERUNG

Prozesssteuerung durch  
den Retrofit  
einer Spindelpresse



## INHALTE DER ONLINE-AUSGABE 10-2023

### TITELTHEMEN: UMFORMTECHNIK – FLEXIBILITÄT – RESILIENZ

Prof. Dr. M. Liewald – Institut für Umformtechnik (IFU), Universität Stuttgart

#### Potenziale durch Digitalisierung in der Umformtechnik

Liebe Leserinnen und Leser, die menschenzentrierte Produktion hat sich zu einem zentralen Ansatz entwickelt, der auch die Zukunft der Montage maßgeblich prägen wird. Angesichts des wachsenden Einsatzes von Robotik und Automatisierungssystemen in Verbindung mit Industrie 4.0-Ansätzen ist die Integration des Menschen in den Produktionsprozess von entscheidender Bedeutung und darf keinesfalls außer Acht gelassen werden. Die menschenzentrierte Montage ist dabei mehr als ein Schlagwort; sie ist ein wegweisender Ansatz für die Zukunft der industriellen Fertigung. Indem wir die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Fokus rücken und ihre Fähigkeiten optimal mit modernen Technologien kombinieren, eröffnen sich neue Möglichkeiten für eine effiziente, flexible und ressourcenoptimierte Montage. **S. 383**

M. Görz, A. Schenek, M. Liewald, K. R. Riedmüller – IFU, Universität Stuttgart

#### Einsatz von ML beim Scheren im offenen Schnitt

Die Qualität der durch Umform- und Schneidprozesse hergestellten Bauteile wird durch schwankende mechanische Eigenschaften des verwendeten Blechmaterials beeinflusst. In dieser wissenschaftlichen Veröffentlichung wird eine neuartige, auf maschinellem Lernen basierende Methode zur Inline-Bestimmung von Werkstoffkennwerten vorgestellt. Diese soll es erlauben, die mechanischen Kennwerte direkt aus den im offenen Schnitt gemessenen Schneidkraftverläufen zu ermitteln. **S. 384**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-6

T. Deliktas, M. Liewald, P. Clauß; T. Schmid-Schirling, I. Kuntz; M. Feurer, G. Dimitropoulos; F. Wientapper; F. Räuchle – IFU, Uni Stuttgart; Fraunhofer Institut für Physikalische Messtechnik IPM, Freiburg; Sotec GmbH & Co KG, Ostelsheim; Visometry GmbH, Darmstadt; Winning CoFo – Räuchle GmbH, Dietenheim

#### Kontrolle und Identifizierung von Pressteilen im freien Fall

Am Institut für Umformtechnik (IFU) der Universität Stuttgart wurde eine automatisierte Messanlage in eine Kaltmassivumformungs-Produktionslinie integriert. Das Projekt zielt darauf ab, Bauteile durch einen digitalen „Fingerabdruck“ zu identifizieren, Prozess- und Bauteildaten zu erfassen und sie mit individuellen Pressteilen zu verknüpfen. Die Schlüsselkomponente ist eine Prüfkugel des Fraunhofer IPM, die während des freien Falls des Pressteils Fotos aufnimmt und sie für Kontrolle, Identifikation und Fehlererkennung nutzt. **S. 389**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-11

N. Doede, M. Kriwall, M. Stonis, B.-A. Behrens – IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

#### Prozesssteuerung durch den Retrofit einer Spindelpresse

In dem Forschungsprojekt „AutoPress“ streben das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und die Jobotec GmbH gemeinsam die Entwicklung einer automatisierten Prozesssteuerung von Spindelpressen an. Durch den Retrofit und die Anwendung eines Optimierungsalgorithmus sollen der Energiebedarf gesenkt und die

Bauteilqualität gesteigert werden. **S. 395**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-17

R. Krimm, J. Scheu; L. Hinz, M. Nagel – Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM); Institut für Mess- und Regelungstechnik (IMR), Leibniz Universität Hannover, Garbsen

#### Einrichtassistenzsystem für Transferpressen

Bei mehrstufigen Umformprozessen interagieren diverse Einflüsse auf die Qualität erzeugter Werkstücke. Wiederanläufe nach Fertigungsunterbrechungen sind eine erhebliche Herausforderung. Bediener nutzen dabei implizites Wissen für erfahrungsbasierte Nachjustierungen, ohne dass die eigentliche Ursache in jedem Fall bekannt ist oder direkt behoben werden kann. Der Vorgang entzieht sich bislang der Simulation. Das hier skizzierte neue Forschungsvorhaben schafft Abhilfe. **S. 401**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-23

D. Vasquez Ramirez, H. Wester, J. Uhe, B.-A. Behrens – IFUM, Leibniz Universität Hannover, Garbsen

#### KNN-Entwicklung in der Halbwarmumformung

Die numerische Abbildung thermomechanischer Umformprozesse erfordert hohe Rechnerleistungen. Diese können durch die Kombination von FE-Simulationen und künstlichen neuronalen Netzen (KNN) reduziert werden, insbesondere bei Prozessen, die eine Umformung und Wärmebehandlung umfassen. Es wird die Entwicklung eines KNN vorgestellt, mit dem die Materialeigenschaften einer EN AW7075 T6-Legierung nach kathodischer Tauchlackierung in Abhängigkeit von der Umformhistorie vorhergesagt werden können. **S. 407**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-29

P. Kern, L. Hinz, M. Kästner, E. Reithmeier; S. Blankemeyer, C.-V. Ince, A. Raatz; B.-A. Behrens, K. Brunotte, J. Uhe – IMR; Institut für Montagetechnik (match); IFUM, Leibniz Universität Hannover, Garbsen

#### Prozessoptimierung mittels Inline-Geometriemessung

Digitalisierung und Automatisierung bieten in der Warmmassivumformung großes Potenzial, die Ausbringung effizient zu steigern, Ausschuss zu verringern und den Energiebedarf zu reduzieren. In diesem Beitrag werden am Beispiel der Tailored-Forming-Prozesskette neue Ansätze zur Inline-Geometrieermessung von Werkzeugen und Bauteilen vorgestellt, aus denen einerseits Regelparameter für vor- und nachgeschaltete Prozesse und andererseits digitale Ersatzmodelle abgeleitet werden. **S. 413**

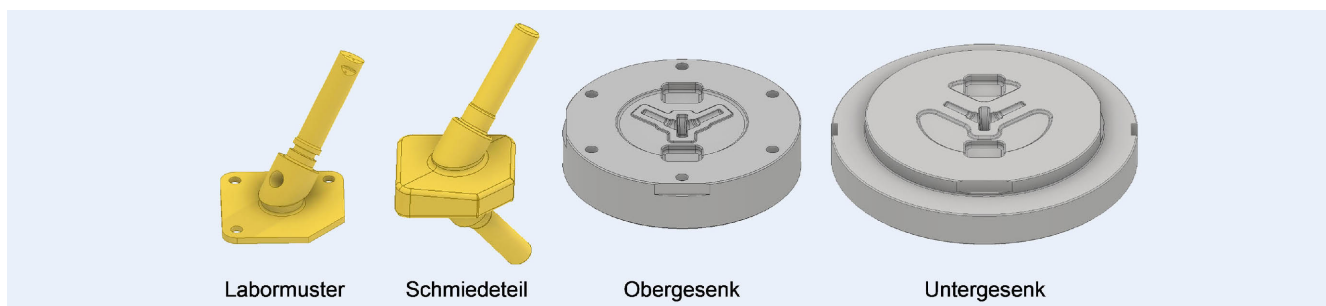
doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-35

E. Ortlieb, F. Müller, S. Peddinghaus, J. Peddinghaus, H. Wester, M. Rothgänger, K. Brunotte; M. Huber; H. Monke, J. Raible, M. Huber – IFUM, Leibniz Universität Hannover; Universität Stuttgart, Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart

#### Big Data in der Massivumformung

Die Erfassung von Daten während des Schmiedeprozesses ist derzeit eine große Herausforderung. Daher wird in diesem Beitrag ein universell einsetzbares System zur Messung und Erfassung von Halbzeug- und Werkzeugtemperaturen, Schmiedekräften und dem Stempelhub vorgestellt. Anhand eines exemplarischen Demonstratorprozesses wird aufgezeigt, wie 10 kHz hochauflösend aufgezeichnete Daten eines einzelnen Hubs sowie einer ganzen Schmiedeserie für weitere Analysen genutzt werden können. **S. 419**

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-41



Labormuster „Ölversorgung“ für die Umformung und Schmiedewerkzeuge. Grafik: FHF BTU

A. Alimov, S. Härtel, J. Buhl; M. Gardill, M. Knaack – Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Hybride Fertigung; Fachgebiet Elektronische Systeme und Sensorik

### Erfassung von Pressenverformungen mit Radarsensoren

Aktuelle Trends in der Umformtechnik zeigen einen zunehmenden Automatisierungsgrad und eine steigende Anforderung an die Genauigkeit der Schmiedestücke. Während des Umformprozesses treten hohe Kräfte auf, die zu einer deutlichen Verformung der Umformmaschine führen. Dies wird in der Regel bei der Prozessauslegung nicht berücksichtigt. Dieser Beitrag widmet sich der Untersuchung des Einflusses der elastischen Verformung der energiegebundenen Umformmaschine auf Prozessparameter und Defektbildung beim Warm-schmieden.

S. 425

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-47

N. Lehnert, J. Steger, V. Kräusel; P. Nitzsche; M. Wendler – Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz; Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Werkstofftechnik; Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Eisen- und Stahltechnologie

### Kaltumformung von metastabilem Cr-Ni-Cu-Stahlguss

Angesichts der aktuellen Energiepreisentwicklung ist die Gestaltung effizienter Fertigungsstrategien unabdingbar. Die Anwendung von Verfahren der Kaltumformung in Kombination mit metastabilen austenitischen Cr-Ni-Cu-Stahlgusswerkstoffen kann zur wirtschaftlichen Fertigung von Konstruktionselementen des Maschinenbaus beitragen.

S. 432

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-54

C. Karadogan, M. Beck, P. Cyron, K. R. Riedmüller, M. Liewald – IFU, Universität Stuttgart

### Zyklische Scherprüfung metallischer Folien

Die Bemühungen zur Emissionsreduktion in den Bereichen Energie und Mobilität führen zu einer steigenden Nachfrage nach geformten Bauteilen aus dünnen Metallfolien. Die Herstellung und Auslegung solcher Komponenten gestalten sich als äußerst anspruchsvoll. Herkömmliche Charakterisierungsversuche für die digitale Auslegung dieser Bauteile stoßen an ihre Grenzen. Daher wird in diesem Kontext ein innovativer Versuchsaufbau für den zyklischen Scherversuch vorgestellt, der die strukturelle Stabilität der Probe erhöht und eine Modellierung des Verfestigungsverhaltens ermöglicht.

S. 438

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-60

P. Müller, S. Hübner, H. Wester, J. Jepkens, B.-A. Behrens; S. Wehrmann – IFUM, Leibniz Universität Hannover; Deharde GmbH, Varel

### Sphärisches Polygon-Formen

Das Polygon-Formen großer Strukturbauteile für die Luft- und Raumfahrtindustrie bringt zahlreiche Vorteile im Vergleich zu konventionel-

len Umformverfahren mit sich, wie geringere Materialbelastungen und weniger Vor- und Nachbearbeitungsschritte. Diese Technologie wurde jedoch bisher lediglich für die Herstellung zylindrischer oder konischer Rumpfsegmente eingesetzt. In dieser Arbeit soll das Polygon-Formen für die Herstellung sphärischer Segmente erweitert werden.

S. 444

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-66

T. Götz; M. Schneider – Fraunhofer IPA, Stuttgart; Hochschule für Technik, Wirtschaft und Medien Offenburg

### Einordnung des Leichtbaugrades von Fügeverfahren

Im Automobilbau bietet der Einsatz der Multimaterialbauweise ein signifikantes Potenzial zur Gewichtsreduktion. Zugleich erfordert diese Bauweise eine große Anzahl von Fügeverfahren für die Verbindung der unterschiedlichen Werkstoffe und Werkstoffklassen. Dabei muss eine Vielzahl an konstruktiven und materialseitigen Anforderungen berücksichtigt werden. Um in diesem Auswahlprozess den Aspekt des Leichtbaus beim Fügeverfahren selbst systematisch zu integrieren, wurde eine Methodik entwickelt, welche die Fügeverfahren im Hinblick auf ihr jeweiliges Leichtbaupotenzial bewertet.

S. 450

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-72

G. Steier, A. Heusch, J. Voigt, M. Benfer, G. Lanza – Karlsruher Institut für Technologie (KIT), wbk Institut für Produktionstechnik

### Entscheidungsfaktoren der Produktionsnetzwerkconfiguration

Globale Produktionsnetzwerke von Industrieunternehmen haben sich infolge von vielfältigen strategischen Motiven über Jahrzehnte weiterentwickelt. Diese Motive können sowohl klar quantifizierbar als auch eher qualitativer Natur sein, wie etwa der Zugang zu Fachkräften und Kompetenzen. Es stellt sich die Frage, welche Entscheidungsfaktoren zur Bewertung, Gestaltung und Optimierung von Produktionsnetzwerken für die Unternehmenspraxis von Relevanz sind. Dieser Beitrag zeigt die Ergebnisse einer Reihe von Experteninterviews und gibt somit eine Antwort auf die genannte Fragestellung.

S. 457

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-79

D. Dörr, S. Rieck; F. Fluhre – Fraunhofer IPA, Stuttgart; Michael Weining AG, Tauberbischofsheim

### Kollaborative Umsetzung von As-a-Service-Geschäftsmodellen

Der Erfolg von Geschäftsmodellen hängt davon ab, wie sich ein Leistungsangebot am Markt durchsetzt und wie es von den Kunden nachgefragt wird. Diese Nachfrage kann nur in der Interaktion mit realen Kunden nachgewiesen werden. Um ein Geschäftsmodell möglichst schnell auf den Markt zu bringen und damit agil anpassen zu können, müssen sich interne und externe Kompetenzen ergänzen.

S. 463

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-10-85



# Potentiale durch Digitalisierung in der Umformtechnik

Der Begriff „Digitalisierung“ ist in aller Munde: im privaten Bereich, in der uns umgebenden Kommunikationstechnik und im eigenen Unternehmen. Die Ausgabe 10 der „wt Werkstattstechnik online“ umreißt diesen Begriff aus dem Blickwinkel der Umformtechnik. Insbesondere hier erscheint die Digitalisierung als sehr anspruchsvoll und schwierig umsetzbar aufgrund der technologiespezifischen Randbedingungen. Dies ist nicht nur in den Produktionsbedingungen und der technologisch bedingten Anordnung von Wirksystemen bestehend aus Umformwerkzeug und -maschine begründet, sondern auch in den Automatisierungssystemen und im Umfeld der Fabrik.

Externe und interne Treiber beeinflussen die aktuelle Diskussion um das notwendige Maß der Digitalisierung von Produktionsabläufen. Zu den externen Treibern gehören moderne Verträge mit Kunden in Bezug auf die Bauteil- und Komponentenrückverfolgbarkeit, Nachhaltigkeits-Audits, wie etwa die neue europaweit ab 2024 geltende Gesetzgebung der Corporate Sustainability Report Directive (CSRD), und zahlreiche weitere Dokumentationspflichten. Interne Treiber sind die Reduktion von Ausschuss und Nacharbeit, die Stabilisierung der Fertigungsprozesse bereits in der Anlaufphase, die beschleunigte Einführung neuer Betriebsmittel oder auch die Speicherung von Anlagendaten für robuste Produktionsabläufe. Dies sind gute Gründe, sich umgehend mit den heutigen Möglichkeiten der Digitalisierung im Umfeld von I4.0 einerseits und mit den sich für die Verfahren und Produkte der Umformtechnik ergebenden Potenziale andererseits zu beschäftigen – übrigens nicht nur in der Forschung!

Dabei muss der inhaltlichen Arbeit die Festlegung der langfristigen Zielsetzung in der Produktion vorausgehen. Das Beispiel eines prominenten amerikanischen Automobilherstellers zeigt, dass die Digitalisierung der Produkte nicht nur Herstellprozesse in anspruchsvollen Lieferketten rückverfolgbar macht, sondern auch die Entwicklung neuer Produkte oder Service-Funktionen für weitere Geschäftsmodelle ermöglicht.

Gleichartige Potenziale lassen sich bereits heute für zahlreiche Verfahren der Umformtechnik ableiten. Pressenstraßen und Fertigungslinien sind längst in leistungsfähigen Digitalisierungsumgebungen eingebettet. Im Detail ist die Integration von Sensorik, Aktuatorik, leistungsfähiger Messtechnik sowie Software in das unmittelbare Wirksystem auf Basis von Daten des zu verarbeiteten Werkstoffes erforderlich. So lassen sich heute schon kleine Stanzteile, die aus hochwertigen Blechwerkstoffen mit bis zu 2000 Hub pro Minute gefertigt werden, reihenfolgerichtig vermessen und kennzeichnen. Moderne Steuerungsentwicklungen für Werkzeugmaschinen und Automatisierungskomponenten, neuartige Regelalgorithmen in Verbindung mit modernen Datenprotokollen, miniaturisierte, robuste Sensoren für die Kraft-, Weg-, Temperatur- und Beschleunigungsmessung sowie leistungsfähige optische Mess- und Erkennungssysteme eröffnen neuartige, weitreichende Chancen für die Umformtechnik von morgen.

Die Beiträge dieses Heftes verdeutlichen die Potenziale und zeigen konkrete Beispiele für die Prozessüberwachung, das Generieren von Prozessverständnis sowie neue Ansätze für die Prozessregelung und die Qualitätsüberwachung. Für die Entwicklung neuartiger Produkte dienen Daten und deren Kontexte als wertvolle Voraussetzung, um Modelle zu parametrisieren und so die virtuelle Auslegung zu verbessern. Hervorzuheben ist zudem die Generierung von Wissen und die Herleitung bisher nicht erklärbarer technologischer Zusammenhänge mittels Methoden der Künstlichen Intelligenz.

Ich wünsche Ihnen Kurzweil beim Lesen der Beiträge, sprechen Sie die jeweils publizierenden Institute gerne jederzeit an.

Ihr Mathias Liewald



Prof. Dr. **Mathias Liewald** leitet das Institut für Umformtechnik (IFU) an der Universität Stuttgart. Zudem engagiert er sich in zahlreichen wissenschaftlichen Organisationen und ist als Gutachter tätig.  
Foto: IFU / Universität Stuttgart