

WT Werkstattstechnik



Foto: Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

ADVANCED SYSTEMS ENGINEERING

Resiliente,
modellbasierte
Produktentwicklung

DIGITALISIERUNG

Abbildung des
Menschen in der
Verwaltungsschale

RESILIENZ

Systematisierung von
Schocks, Risiken
und Maßnahmen

INHALTE DER ONLINE-AUSGABE 6-2026 HAUPTTHEMA: PRODUKTIONSNETZWERKE UND WERTSCHÖPFUNGSSYSTEME

K. Hölzle, Institut für Arbeitswissenschaft IAT der Universität Stuttgart;
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Resiliente Wertschöpfungssysteme

Resiliente Wertschöpfungssysteme sind angesichts globaler Krisen, technologischer Umbrüche und volatiler Märkte ein zentraler Wettbewerbsfaktor. Resilienz entsteht dort, wo Technologie, Organisation und menschliche Arbeit als sozio-technisches System zusammengefasst werden. Die Beiträge dieser Ausgabe zeigen, wie digitale Durchgängigkeit, datenbasierte Entscheidungen, vernetzte Wertschöpfung und der Mensch als Gestalter widerstandsfähige Systeme ermöglichen. Resilienz ist dabei kein Endzustand, sondern ein kontinuierlicher Gestaltungs- und Lernprozess. **S. 466**

B. Schneider, M. Kürümlüoglu, S. Schüle, Fraunhofer IAO; J. Meinzer, Youse GmbH, Berlin; M. Obstbaum, I. Weiser, L. Melischek, TWT GmbH Science & Innovation, Stuttgart; C. Freseemann, Z. Zhang, Technische Universität Berlin Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb; A. Schneider, Marquardt GmbH, Rietheim-Weilheim

Resiliente, modellbasierte Produktentwicklung

Der Beitrag beschreibt ein aktuell laufendes Forschungsvorhaben, das die resiliente Ausgestaltung der modellbasierten Produktentwicklung durch arbeitswissenschaftliche Maßnahmen und den zielgerichteten Einsatz von künstlicher Intelligenz im Kontext der Modellierung adressiert. Im Fokus steht die Etablierung von Resilienz in den Ebenen der Organisation, einzelner Teams und Individuen innerhalb der Organisation. **S. 467**

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-5

J. Weber, Karlsruher Institut für Technologie (KIT); M.-A. Weber, Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW) Kiel; S. Stowasser, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (ifaa), Düsseldorf

Flexible Arbeit in der zerspanenden Fertigung

In der zerspanenden Fertigung kollidieren starre technische Prozessvorgaben zunehmend mit der notwendigen Flexibilisierung der Arbeitswelt. Anforderungen an Reaktionsfähigkeit, Arbeitgeberattraktivität und digitale Anschlussfähigkeit stellen die Präsenzgebundenheit vieler Produktionssysteme infrage, um langfristig die Anforderungen des Marktes zu erfüllen. Der Beitrag zeigt auf Basis einer Erhebung unter 189 Führungskräften, welche Faktoren zeitflexible und mobile Arbeitsmodelle begrenzen beziehungsweise ermöglichen. **S. 474**

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-12

J. Lentes, J. Mäule, S. Frey, Fraunhofer IAO; Stuttgart; N. Scheder, M. Hayek, Fraunhofer Austria Research GmbH, Wien

Abbildung des Menschen in der Verwaltungsschale

Die Verwaltungsschale wird heute vor allem zur Abbildung technischer Assets genutzt, der Mensch bleibt im AAS-Ökosystem dagegen weitgehend unterrepräsentiert. Der Beitrag zeigt, wie Mitarbeitende im Fraunhofer-Leitprojekt „Emotion“ als Asset modelliert werden können: auf Basis realer Anwendungsmodulen, mit modularen Submodellen, datensparsamen Templates und integrierter DSGVO-konformer Datenschutzdokumentation. **S. 480**

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-18

F. Bermppohl, A. Munzke, R. Daub, Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite-, und Verarbeitungstechnik IGCV, Augsburg; K. Kleeschulte, J. Beuerlein, F. Frankenbach, ifp – Prof. Dr.-Ing. Joachim Milberg Institut für Produktion und Logistik GmbH & Co. KG, Garching bei München

Digital information continuity in factory planning

Lack of digital information continuity hinders factory planning efficiency, and current methods fall short in industry practice. This work validates the industrial applicability of a VDI-5200-based approach in a rubber industry greenfield project. The study assesses the direct information transfer shares, the out-of-the-box applicability of modules, and the automation benefits. Results show feasibility under real conditions, with future plans to extend continuity into construction and operation phases. **S. 489**

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-27

J. Pydde, S. Schumacher, T. Bauernhansl, Fraunhofer IPA, Stuttgart; L. Kuhr, M. Mennenga, C. Hermann, Technische Universität Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

Anforderungen an ein Framework kognitiver Wertschöpfung Zusammenfassung

Die zunehmende Integration von künstlicher Intelligenz führt dazu, dass kognitive Prozesse eine wachsende Rolle in der industriellen Wertschöpfung spielen. Ziel dieser Voruntersuchung ist die Ableitung konzeptioneller Anforderungen an ein Framework für „kognitive Wertschöpfung“. Auf Basis einer Befragung von Industrieexpertinnen und -experten werden zentrale Anforderungen identifiziert und erste Strukturierungsansätze für kognitive Wertschöpfung abgeleitet. **S. 498**

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-36

H. von Linde, Fraunhofer IAO Stuttgart; A. Schenek, Universität Stuttgart, Institut für Umformtechnik (IFU); M. Lück, Universität Stuttgart, IAT; O. Riedel, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW), Stuttgart

Datengetriebene Wertschöpfung durch Clustering

Zuverlässige Zustandsüberwachung im Scherschneiden scheitert oft an fehlenden Labels und überlagernden Werkstoffeffekten in Kraft-Zeit-Kurven. Der Beitrag untersucht ein rein unüberwachtes Vorgehen, das Kurven gezielt aufbereitet und anschließend mit mehreren Clustering-Familien strukturiert. Es wird gezeigt, welche Schritte der Datenrepräsentation die Trennbarkeit von Werkzeugzuständen maßgeblich prägen und wo materialbedingte Einflüsse Verschleißsignaturen verdecken. Daraus leitet sich ab, wie Clustering als Vorverdichtung und zur Driftbeobachtung in robuste Monitoring-Pipelines eingebettet werden kann. **S. 506**

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-44

B. Denkena, K. M. Heide, M. Nein, Leibniz Universität Hannover Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen IFW, Garbsen

KI-basierte Zeichnungsanalyse zur Kostenkalkulation

Für zerspanende Lohnfertiger steigt der Druck, Herstellkosten in der Angebotsphase schnell und belastbar zu prognostizieren. Der Beitrag zeigt, wie technische Anforderungen aus „STEP“-Daten und technischen Zeichnungen maschinenlesbar erfasst werden können und wie sich die Symbolerkennung in Zeichnungen mit lokalen KI-Modellen verbessern lässt. Damit wird eine Grundlage für die automatisierte Arbeitsplanung und transparentere Kostenprognosen geschaffen. **S. 520**

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-58

M. Walker, R. Neumann, M. Richter, M. Fischer, A. Lechler, A. Verl, Uni Stuttgart, ISW

Benchmarking von Container-Runtimes für vPLCs

Container-Technologien wie Docker und Podman bieten Vorteile für die Bereitstellung virtualisierter Steuerungen (vPLCs). Deren Isolationsmechanismen können jedoch das Echtzeitverhalten beeinflussen. Bisherige Studien nutzen Black-Box-Tests, die keine Rückschlüsse auf konkrete Ursachen ermöglichen. Dieser Beitrag stellt eine White-Box-Methodik vor, mit der einzelne Mechanismen systematisch bewertet werden, um Konfigurationsentscheidungen für echtzeitkritische Containeranwendungen zu treffen.

S. 528

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-66

A. Heine, L. Klingel, S. Chen, A. Verl, Uni Stuttgart, ISW

Simulationsbasierte Online-Kollisionsvermeidung

Simulationsmodelle der virtuellen Inbetriebnahme dienen dazu, Steuerungssysteme in einer digitalen Umgebung zu testen und Kollisionen frühzeitig zu erkennen. Für eine sichere Kollisionsvermeidung sind aber Modelle mit Online-Anbindung erforderlich, da Offline-Modelle durch laufende Hardware- und Softwareanpassungen ihre Gültigkeit verlieren. Ihre Entwicklung ist aufwendig, jedoch können viele Bestandteile aus bestehenden Offline-Modellen übernommen werden. Diese Arbeit beschreibt ein Vorgehensmodell zur systematischen Überführung und veranschaulicht es an einem Anwendungsfall.

S. 537

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-75

A. Kienzlen, GSaME Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering, Universität Stuttgart; M. Nistler, A. Verl, O. Riedel, Uni Stuttgart, ISW

Additive Prozesse in der virtuellen Inbetriebnahme

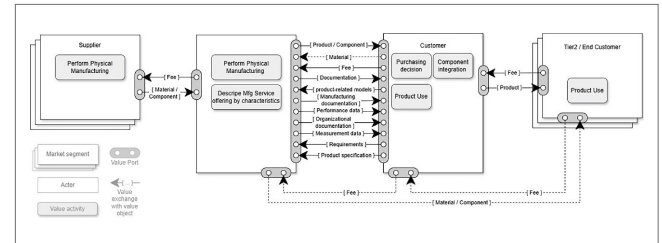
Die virtuelle Inbetriebnahme ist für den simulationsbasierten Test von Produktionssystemen etabliert. Klassisch werden logische, kinematische und Materialflussmodelle verwendet. Bei der Übertragung auf additive Prozesse mit neuen Kollisionsgefahren ist eine geometrisch genaue, recheneffiziente Modellierung herausfordernd. Der Beitrag diskutiert als Konzept Graph Neural Networks nach Sanchez-Gonzalez et al. [1] als partikelbasierter, gelernter Simulator. Voruntersuchungen zeigen die Machbarkeit.

S. 544

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-82

M. Hertwig, ZVEI e.V. Verband der Elektro- und Digitalindustrie, Frankfurt/Main; J. Lentjes, Fraunhofer IAO; Stuttgart; T. Komenda, deltaDAO AG, Hamburg

Wertschöpfung im verteilten Fertigungsökosystem



Wertschöpfungsmuster bei bidirektionalen Lieferanten-Kundenbeziehungen. Grafik: ZVEI e.V.

Die produzierende Industrie gerät zunehmend unter Druck. Mit 'Manufacturing as a Service' wird ein neues Wertschöpfungsparadigma beschrieben, in dem Fertigung als Dienstleistung angeboten wird. Damit ist auch die Transformation von linearer Wertschöpfung zu Ökosystemen und Netzwerken verbunden. Dies wirkt sich nicht ausschließlich auf die Anzahl und Wechselwirkungen zwischen den involvierten Partnern aus, sondern resultiert auch in neuen Wertbeiträgen und Ertragskonzepten.

S. 554

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-92

M. Schneider, M. Inhofer, Y. Maier, T. Gramberg, E. Gross, T. Bauernhansl, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart

Systematisierung von Schocks, Risiken und Maßnahmen

Zunehmende wirtschaftliche und gesellschaftliche Unsicherheiten steigern die Komplexität unternehmerischer Entscheidungen. Eine resiliente Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung bestehender Schocks und Risiken gewinnt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen zunehmend an Bedeutung. Die Arbeit entwickelt einen methodischen Ansatz zur strukturierten Analyse und Darstellung von Zusammenhängen zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen und legt damit die Grundlage für ein Reifegradmodell und ein Frühwarnsystem.

S. 563

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-06-101

IMPRESSUM

Redaktion

Alexandra Briesch
Telefon: +49 (0) 211-6103-335
abriesch@vdi-fachmedien.de

Verlag

VDI Fachmedien GmbH & Co. KG
VDI-Platz 1, D-40468 Düsseldorf
Postfach 10 10 22, D-40001 Düsseldorf

Geschäftsführung

Beatrice Gerner
geschaeftsfuehrung@vdi-nachrichten.com

Layout

Alexander Reiß

Weitere Informationen:
www.werkstattstechnik.de

Resiliente Wertschöpfungssysteme

In Zeiten multipler Krisen und kontinuierlich neuer Rahmenbedingungen ist es für Unternehmen wichtiger denn je, ihre Wertschöpfungsnetzwerke ganzheitlich und systemisch zu betrachten und zu gestalten. Wo fragmentierte Lieferketten, volatile Energie- und Rohstoffmärkte, geopolitische Verwerfungen, disruptive Technologien und ein spürbarer Fachkräftemangel aufeinandertreffen, gelten alte Logiken nicht mehr und die neuen sind in vielen Fällen noch nicht erkennbar. In diesem Spannungsfeld genügt es nicht mehr, Wertschöpfung nur effizient zu gestalten – sie muss vor allem widerstandsfähig und flexibel sein. Resilienz wird damit zu einem strategischen Gestaltungsprinzip.

Jahrzehnte arbeitswissenschaftlicher und organisationsgestaltender Forschung zeigen, dass Resilienz dort entsteht, wo Technologie, Organisation und menschliche Arbeit als ein sozio-technisches System verstanden und gemeinsam entwickelt werden. Nicht einzelne Technologien machen ein Unternehmen robust, sondern das Zusammenspiel aus verlässlichen Prozessen, anpassungsfähigen Strukturen und kompetenten, handlungsfähigen Menschen. Genau an dieser Schnittstelle – zwischen Arbeit, Organisation und Innovation, zwischen Transformationsfähigkeit und menschengerechter Technikgestaltung – setzt die Forschung an, aus der auch diese Ausgabe schöpft. Resilienz entsteht, wo Prozesse, Daten und Menschen so miteinander verknüpft werden, dass Störungen früh erkannt, abgefedert und in Lernprozesse überführt werden. Die zwölf Beiträge dieser Ausgabe nähern sich diesem Ziel aus komplementären Perspektiven – und ergeben zusammen ein erstaunlich kohärentes Bild.

Eine Perspektive adressiert die digitale Durchgängigkeit – von der modellbasierten Produktentstehung über die Informationskontinuität in der Fabrikplanung bis zur virtuellen, zunehmend additiv erweiterten Inbetriebnahme. Eine zweite macht aus Daten belastbares Wissen, etwa durch Clustering, KI-gestützte Zeichnungsanalyse und Ansätze kognitiver Wertschöpfung. Eine dritte denkt Wertschöpfung als Netzwerk und richtet den Blick auf verteilte Fertigungsökosysteme. Und last but not least setzt die vierte Perspektive den Menschen in den Mittelpunkt: seine Abbildung in der Verwaltungsschale, flexible Arbeitsmodelle in der Fertigung und die organisationale Fähigkeit, aus Störungen zu lernen.

Was diese Perspektiven eint, ist eine Verschiebung des Maßstabs: weg von reiner Optimierung im Normalbetrieb, hin zur Leistungsfähigkeit unter Störung. Resiliente Wertschöpfung akzeptiert, dass Krisen die Regel und nicht die Ausnahme sind – und gestaltet Systeme, die daraus gestärkt hervorgehen.

Was wir in Zukunft noch mehr brauchen: Wir adressieren mit diesem Heft offene Fragen. Es fehlt an belastbaren Kennzahlen, die Resilienz messbar und über den betrieblichen Alltag hinaus vergleichbar machen. Wir brauchen mehr Wissen darüber, wie sich Effizienz und Widerstandsfähigkeit austarieren lassen. Die Zusammenarbeit von Mensch und KI unter Unsicherheit sowie die Governance offener, verteilter Ökosysteme gehören ebenso auf die Agenda wie die Standardisierung durchgängiger Datenräume und die Kompetenzentwicklung der Beschäftigten. Resilienz erweist sich damit weniger als Ergebnis denn als fortlaufender Gestaltungs- und Lernprozess.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre und danken den Autorinnen und Autoren, deren Arbeiten zeigen, dass Widerstandsfähigkeit kein Zufall ist, sondern das Ergebnis bewusster Gestaltung. ■



Prof. Dr. Katharina Hölzle ist Professorin an der Universität Stuttgart und leitet das Institut für Arbeitswissenschaft IAT der Universität Stuttgart sowie das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO.
Foto: Ludmilla Parsyak