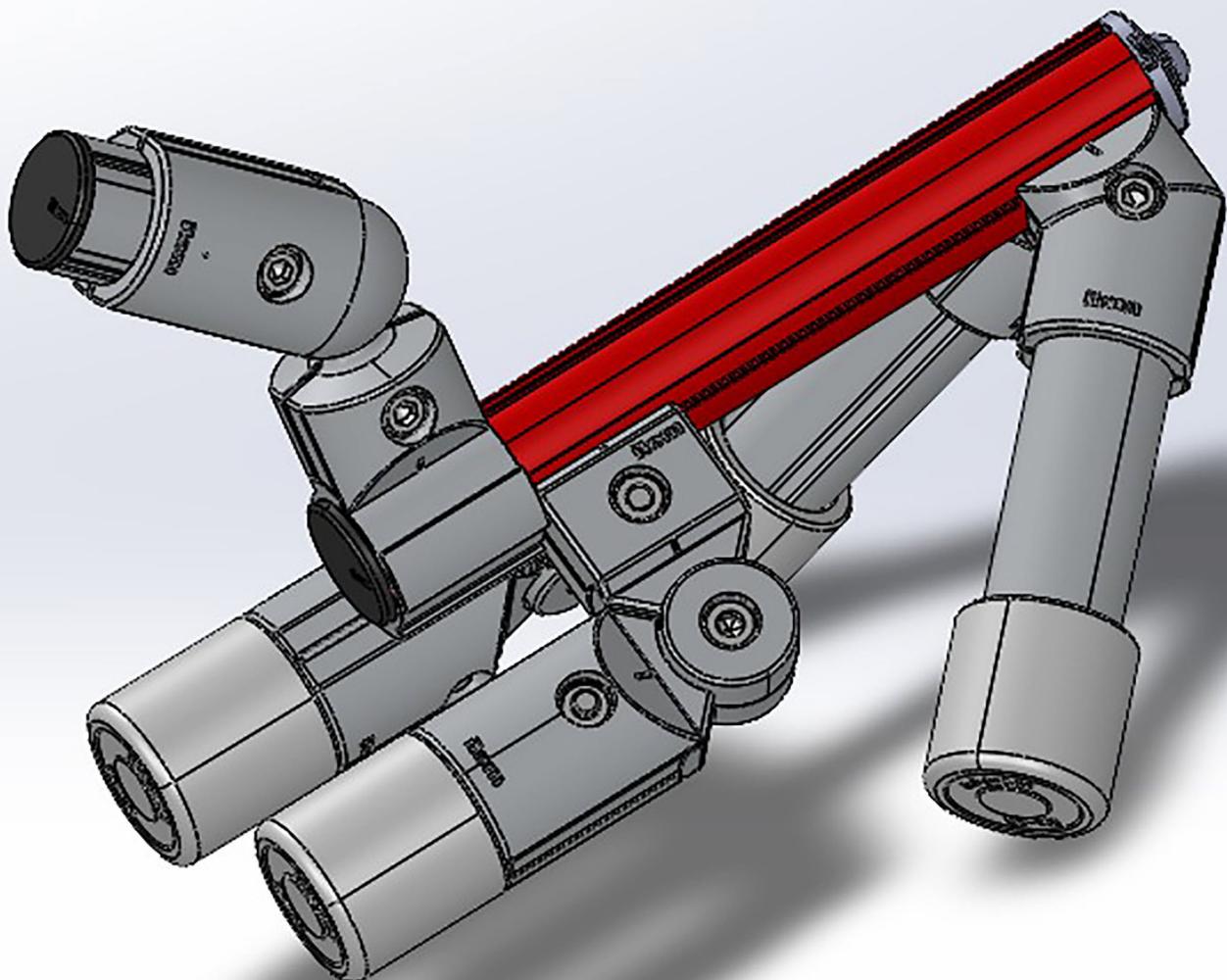


# WT WerkstattsTechnik



Grafik: RWTH Aachen

## QUALITÄTSMANAGEMENT

Datenqualität bei der  
Informationsbereitstellung  
durch LLMs

## RESILIENZ

Eine Studie zu Resilienz  
in produzierenden  
Unternehmen

## MULTIMODALE MODELLE

YOLO-unterstützte  
Echtzeit-  
Montageassistenz

## Inhalte der Online-Ausgabe 11/12-2025

### Hauptthema: Data Lifecycles in Unternehmen

*W. Boos – FIR e. V., RWTH Aachen; Cluster Smart Logistik auf dem RWTH Aachen Campus*

#### **Die DNA digitaler Unternehmen: Von Sensordaten und KI-Modellen zur wertsteigernden Kreislaufwirtschaft**

Auch im Laufe dieses Jahres ist wieder klar geworden: Daten sind allgegenwärtig und durchdringen jeden Aspekt der industriellen Wertschöpfung. Sie sind Hebel und Rohstoff zugleich und entscheiden damit über Erfolg und Misserfolg der Unternehmen. Dabei sind die wenigsten Unternehmen jedoch wirklich in der Lage Daten und die darin enthaltenen Informationen und daraus das Wissen wertschöpfend einzusetzen. In den meisten Organisationen findet eine Erhebung und Verarbeitung ausschließlich für den einzelnen Anwendungsfall statt. Eine gesamtheitliche Betrachtung des Wissens und damit der Austausch entlang der gesamten Wertschöpfungskette wird nicht in Betracht gezogen.

S. 859

*W. Boos, G. Hoeborn, L. Klapper, H. Knaup, F. Bantle – FIR e. V. an der RWTH Aachen*

#### **Ökosysteme für eine resiliente und zirkuläre Produktion**

Globale Wertschöpfungssysteme stehen unter Druck durch Ressourcenknappheit, Klimawandel oder geopolitische Risiken. Der Beitrag zeigt, wie Eigenschaften industrieller Ökosysteme mit zentralen Resilienztreibern zusammenwirken und welche Faktoren besonders wirksam sind. Zwei Anwendungsfälle verdeutlichen die Implikationen für die industrielle Praxis. Die Ergebnisse liefern Unternehmen konkrete Ansätze, um Lieferketten robuster, Ressourcen effizienter und Produktionsysteme anpassungsfähig zu gestalten.

S. 860

[doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-6](https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-6)

*E. Gross, M. Schneider, C. Schäfer, C. Birenbaum, T. Bauernhansl; D. Marrenbach; V. Krause, S. Kriebel, S. Nigg; U. Brücher; M. Rapp, T. Kugler; M. Scheffz; S. Thorwarth; T. Anetseder; C. Waguet, T. Bauernhansl et al. – Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart; Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart; Academy for Exponential Change GmbH, München; Arnz Flott GmbH Werkzeugmaschinen, Remscheid; MBO Postpress Solutions GmbH, Oppenweiler; thyssenkrupp Materials Services, Essen; RT-Lasertechnik GmbH, Rheda-Wiedenbrück; A & W Maschinenbau GmbH, Thyrnau; incontext.technology GmbH, Heidelberg*

#### **Eine Studie zu Resilienz in produzierenden Unternehmen**

In der Studie werden aktuelle Schocks und Risiken in der metallverarbeitenden Industrie untersucht. Die Interviews zeigen: Eine fehlende Digitalisierung, fehlende Netzwerke und nicht passende Unternehmensstrukturen verzögern Reaktionen auf Marktveränderungen. Zudem wurden die Ergebnisse mit der aktuellen Literatur abgeglichen. Die Studie wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „Resiplat“ durchgeführt, in dem untersucht wird, wie sich Unternehmen mittels eines digitalen Plattformökosystems für die Zukunft resilenter aufstellen können.

S. 869

[doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-15](https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-15)

*J. Fritz; S. Busse – Hochschule für Wirtschaft Fribourg, Schweiz, Fachhochschule Westschweiz (HES-SO); Mews Partners, Hamburg*

#### **Von Signalen zu Strategien mit Trendiation**

In einer zunehmend instabilen und komplexen Welt stoßen klassische Strategiemethoden an ihre Grenzen. Der vorliegende Beitrag stellt mit Trendiation eine neue, qualitative und partizipative Zukunftsmethodik vor, die systematisch entwickelt und in der Praxis erprobt wurde. Ziel ist es, aus beobachtbaren Trends konkrete, strategisch nutzbare Anforderungen abzuleiten. Sie verbindet Foresight mit Ideation in einem strukturierten Drei-Phasen-Prozess und fördert kollektives Lernen, kreative Exploration und normative Zielorientierung. in Pilotversuchen bewertet.

S. 880

[doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-26](https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-26)

*C. Wachter, C. Schönekehs, M. Padrón Hinrichs, F. Sohnius, R. H. Schmitt – WZL, RWTH Aachen; Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie IPT*

#### **Datenqualität bei der Informationsbereitstellung durch LLMs**

Die Qualität textueller Daten im Produktionskontext stellt einen noch unzureichend betrachteten Stellhebel zur Etablierung LLM-basierter Informationsbereitstellungssysteme dar. Dieser Beitrag zeigt Herausforderungen in der LLM-basierten Informationsverarbeitung hinsichtlich der Datenqualität auf und leitet Handlungsempfehlungen für die Gestaltung textueller Dokumente im Produktionskontext ab.

S. 889

[doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-35](https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-35)

*R. Schrank, F. Shaker, J.-P. Nickel, J. Schatton – FIR e. V., RWTH Aachen*

#### **Management der Nutzungsphase in der Industrie**

Die Nutzungsphase rückt als Schlüssel für zirkuläre Wertschöpfung in den Fokus industrieller Geschäftsmodelle. Dieser Beitrag zeigt, wie Serviceangebote und ihre Erbringung sich vom reaktiven Support hin zu proaktiven und autonomen Lösungen wandeln. Durch gezielte Upgrades und datenbasierte Dienstleistungen entsteht neuer Mehrwert über den gesamten Lebenszyklus. Dadurch wird die Umsetzung der wertsteigernden Kreislaufwirtschaft strategisch unterstützt.

S. 897

[doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-43](https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-43)

*J. von Garrel; C. Jahn – Hochschule Darmstadt, University of Applied Sciences, Fachbereich Gesellschaftswissenschaften; Technische Universität Hamburg, Institut für Maritime Logistik sowie Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML, Hamburg*

#### **KI-basierte Geschäftsmodelle in produzierenden KMU**

Der Beitrag untersucht auf Basis von fünf Fallstudien die Gestaltung KI-basierter Geschäftsmodelle in produzierenden KMU. Mithilfe des 4V-Modells werden strukturelle Implikationen entlang von Value Proposition, Value Delivery, Value Creation und Value Capture analysiert. Die Ergebnisse zeigen gemeinsame Muster der datenbasierten Wertschöpfung sowie differenzierende Faktoren im

S. 903

[doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-49](https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-49)

*Mark P. Sanders, Matthias Bodenbennner, Dominik Wolfschläger, Robert H. Schmitt; Maithili Deshmukh – WZL-IQS | RWTH Aachen University; AxD LLC, Troy/USA*

#### **Echtzeit-Kompensation thermischer Fehler von Maschinen mittels OPC UA**

Harte Echtzeitanforderungen bei der Pfadinterpolation in Werkzeugmaschinen stellen Systeme zur Fehlerkompensation vor Herausforde-

rungen: Positionsabhängige Korrekturwerte müssen zuverlässig alle 2 ms verfügbar sein. Detaillierte Temperaturmodelle sind hierfür zu rechenintensiv. Die Autoren konzeptionieren, entwickeln, und testen daher ein kennfeldbasiertes System zur Korrektur thermischer und statischer Fehler. Dieses kodiert das Fehlerverhalten in Geometrie-fehlerabellen, die regelmäßig per OPC UA aktualisiert werden. So werden die Echtzeitanforderungen der Modelle signifikant reduziert.

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-54

S. 908

J. Liang, A. Moriz, A. Göppert, R. H. Schmitt – WZL der RWTH Aachen

### YOLO-unterstützte Echtzeit-Montageassistenz

Die Arbeit präsentiert das systematische Design eines Computer Vision-gestützten Montageanleitungssystems, das YOLO-basierte Objekterkennung mit metadatenbasierten Anleitungsmodellen integriert. Der Lösungsansatz liefert Mitarbeitern kontextspezifische Arbeitsanleitungen in Echtzeit, reduziert die kognitive Belastung und verbessert gleichzeitig die Genauigkeit der Aufgabenausführung. Das Konzept bildet die Grundlage für adaptive Assistenzsysteme in dynamischen Montageumgebungen.

S. 917

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-63

R. H. Schmitt, B. Nießing, J. B. Mathews, S. Mack; R.-P. Fischer – Fraunhofer IPT, Aachen; Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE, Kaiserslautern

### Digitale Zwillinge in der mRNA-Therapieproduktion

Ausgehend von den steigenden Anforderungen an Flexibilität, Qualität und Skalierbarkeit wurde eine modulare Systemarchitektur zur automatisierten Herstellung von mRNA-basierten Therapeutika mithilfe digitaler Zwillinge im Sinne von Pharma 4.0 entworfen und implementiert. Die Steigerung von Transparenz, Interoperabilität und Nachvollziehbarkeit durch den digitalen Zwilling wurde durch zwei Anwendungsfälle (Gerätemanagement/Wartung und Prozess-dokumentation/Optimierung) aufgezeigt.

S. 925

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-71

Jan Joppien, Martin Perau, Tom Artelt, Tobias Schröer; Katharina Berwing; Kirsten Hoffmann; Lukas Herfort; Matthias Pfeiffer – FIR e. V. an der RWTH Aachen; FIR Aachen GmbH; DUALIS GmbH IT Solution, Dresden; Asprova GmbH, Wetzlar; Wegener International GmbH, Eschweiler

### Zukunft der Produktionsplanung

Produktionsplanung ermöglicht die Sicherstellung einer wettbewerbs-fähigen Produktion und ist zeitgleich dem technologischen und um-weltbezogenen Wandel ausgesetzt. Daher wurden basierend auf einer Studie zentrale Anforderungen und Treiber der Produktionsplanung der Zukunft identifiziert. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Zukunft der Produktionsplanung durch eine integrierte IT-System-landschaft, einen Wandel der Rolle der Planenden von operativen Tätigkeiten zu strategisch Optimierenden sowie die stärkere Berück-sichtigung ökologischer Zielgrößen gekennzeichnet ist.

S. 932

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-78

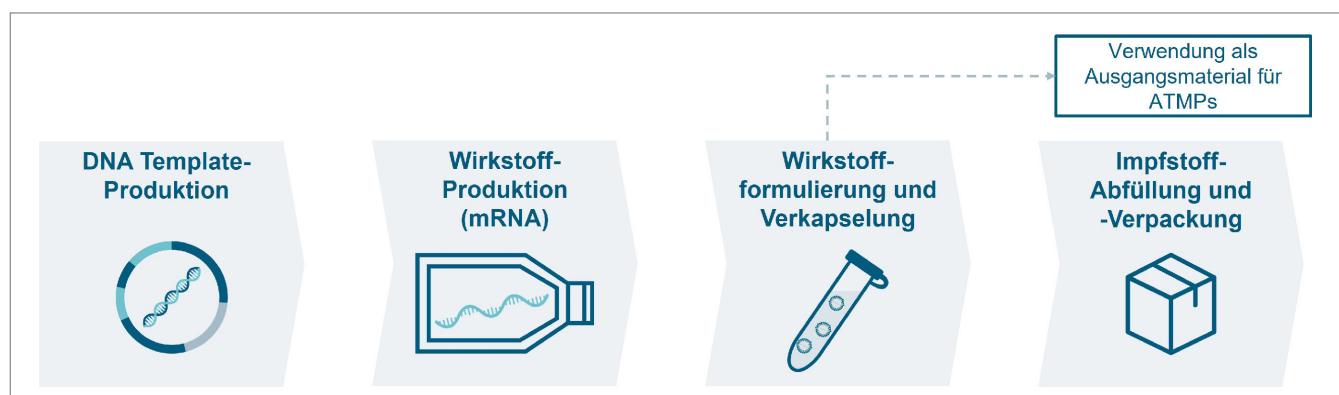
E. Uhlmann, J. Polte, C. Mühlich – Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, Berlin

### Reinforcement Learning in der Produktionssteuerung

Die Steuerung von Produktionsprozessen stellt aufgrund der hohen Prozesskomplexität eine zentrale Herausforderung für produzierende Unternehmen dar. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Automatisie-rung von Planungs- und Steuerungsaufgaben durch Algorithmen zunehmend an Bedeutung. Methoden des Reinforcement Learning bieten vielversprechendes Potenzial, um diese Herausforderung zu adressieren. Dieser Beitrag vergleicht Methoden des Reinforcement Learning mit exakten und metaheuristischen Algorithmen, um die Einsatzgrenzen und die Konkurrenzfähigkeit lernbasierter Verfahren im aktuellen Entwicklungsstand zu bewerten.

S. 944

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-90



Prozess zur Herstellung von mRNA-basierten Impfstoffen [1]. Grafik: Fraunhofer IPT

## I M P R E S S U M

**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.werkstatttechnik.de](http://www.werkstatttechnik.de)

# Die DNA digitaler Unternehmen: Von Sensordaten und KI-Modellen zur wertsteigernden Kreislaufwirtschaft

**A**uch im Laufe dieses Jahres ist wieder klar geworden: Daten sind allgegenwärtig und durchdringen jeden Aspekt der industriellen Wertschöpfung. Sie sind Hebel und Rohstoff zugleich und entscheiden damit über Erfolg und Misserfolg der Unternehmen. Dabei sind die wenigsten Unternehmen jedoch wirklich in der Lage Daten und die darin enthaltenen Informationen und daraus das Wissen wertschöpfend einzusetzen. In den meisten Organisationen findet eine Erhebung und Verarbeitung ausschließlich für den einzelnen Anwendungsfall statt. Eine gesamtheitliche Betrachtung des Wissens und damit der Austausch entlang der gesamten Wertschöpfungskette wird nicht in Betracht gezogen.

Genau hier setzen Data Lifecycles an. Sie verstehen Daten nicht als statisches Nebenprodukt, sondern als zirkulierende Ressourcen, die über alle Lebensphasen hinweg erfasst, ausgewertet und geteilt werden müssen. Dazu bedarf es präziser Sensorsysteme zur Zustandserfassung, offener Datenstrukturen zur Sicherstellung der Interoperabilität sowie multimodaler Modelle zur Interpretation von Daten und Übersetzung in verwertbares Wissen. Gelingt es Daten über den gesamten Lebenszyklus hinweg verfügbar, verknüpft und verwertbar zu machen, entsteht die Grundlage für eine völlig neue Form industrieller Wertschöpfung, die wertsteigernde Kreislaufwirtschaft (Englisch: Upgrade Circular Economy, UCE). Der klassische Kreislaufgedanke wird bei UCE um den Aspekt der kontinuierlichen Aufwertung der Produkte erweitert. Produkte werden dabei nicht nur wiederverwendet, sondern fortlaufend modernisiert und funktional erweitert. Damit kann die Nutzungsphase erheblich verlängert, ökonomische und ökologische Ziele erreicht und bisher entgangene Wertschöpfungspotenziale erschlossen werden, da die Produkte auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu Neuprodukten sind.

Daten spielen dabei eine Schlüsselrolle. Sie ermöglichen die optimierte, auf Wiederverwendung und Kundenwünsche ausgerichtete Neuproduktentwicklung, präventive und autonome Serviceerbringung sowie effiziente Produktrückführung nach der Nutzung. Die bisher zirkuläre Wertschöpfung muss daher neu gedacht und unter Verwendung der Potenziale der Data Lifecycles weiterentwickelt werden. In der Produktentwicklung sind Bauteilkomponenten zu entwickeln, die Upgrades während der Nutzung sowie die Wiederverwendung nach der Rückführung ermöglichen. Das erlaubt dem Service neue Produktfunktionalitäten während der Nutzung zu ergänzen, dauerhaft einen Mehrwert für den Kunden zu schaffen und damit den Produktlebenszyklus zu verlängern. Zur Rückführung und damit dem Schließen der UCE bedarf es neuer Geschäftsmodelle und Wertschöpfungslogiken, die den Prozess effizienter, wertstiftend und damit wirtschaftlich attraktiv gestalten.

In der wertsteigernden Kreislaufwirtschaft sind Data Lifecycles damit keine Nebenerscheinung, sondern das Rückgrat der Wertschöpfung, das alle Phasen des Produktlebens miteinander verbindet. So entsteht ein Kreislauf, in dem Informationen kontinuierlich zurückfließen und die Basis für wirtschaftliche wie ökologische Wertsteigerung bilden. Unternehmen, die diesen Ansatz umsetzen, wandeln sich vom Hersteller zum Orchestrator eines dynamischen, datengetriebenen Ökosystems und sichern damit ihre langfristige Wettbewerbsfähigkeit und Resilienz.

Die aktuelle Ausgabe zeigt anhand von praxisnahen Beispielen, wie sich Daten in Produktion und Nutzung gezielt erheben und einsetzen lassen, um Unternehmen langfristig die Transformation zur datengetriebenen, wertsteigernden Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen.

Ich wünsche Ihnen eine erkenntnisreiche Lektüre!



Prof. Dr.-Ing.  
**Wolfgang Boos, MBA**  
Wolfgang.Boos@fir.rwth-aachen.de  
Foto: projektaelf

ist Geschäftsführer des FIR e. V. an der RWTH Aachen sowie Leiter des Clusters Smart Logistik auf dem RWTH Aachen Campus.