

# WT Werkstattstechnik

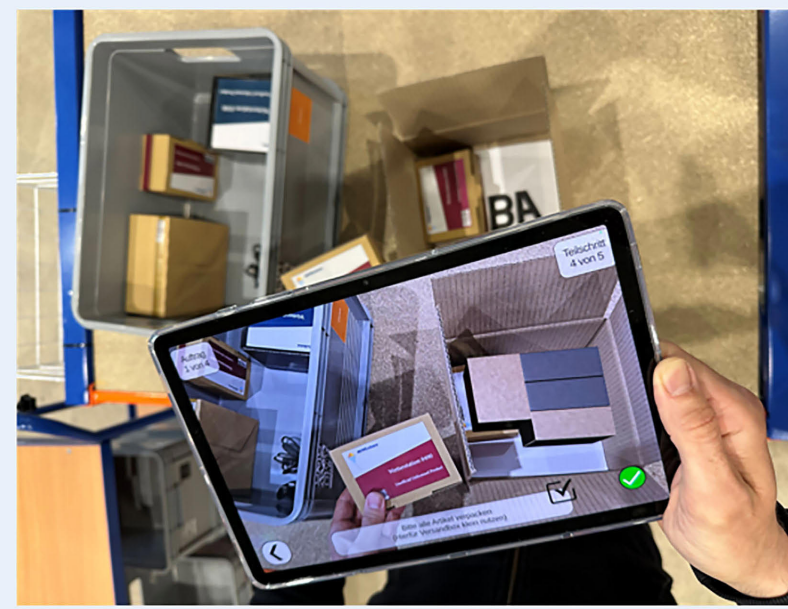


Foto: BIBA

ADVANCED SYSTEMS ENGINEERING

Nachhaltige  
Geschäftsmodelle  
durch digitale Zwillinge

ARBEITSORGANISATION

Wirkung von Präsenz  
auf Kreativität  
und Innovation

DIGITALISIERUNG

Erweiterte und virtuelle  
Realität  
in der Instandhaltung

## INHALTE DER ONLINE-AUSGABE 6-2024 TITELTHEMEN: ADVANCED SYSTEMS ENGINEERING – ARBEITSGESTALTUNG/-ORGANISATION

O. Riedel – Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW), Universität Stuttgart; Lehrstuhl Produktionstechnische Informationstechnologien, Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

### Der Systemgedanke als Verbindung von Arbeitsorganisation und Engineering

Wettbewerbsvorteile in der Produktion unter Mensch-Technik-, Mensch-Maschine- und Mensch-Umwelt-Systeme haben gemeinsame Struktureigenschaften: Sie nehmen Informationen und Signale aus ihrer Umgebung auf, verarbeiten oder speichern diese und geben letztendlich Informationen oder Signale als Ergebnis der Verarbeitung in die Umgebung wieder ab. Es ist dieses Systemverständnis, was es uns erlaubt, die Wirkungsweise und Eigenschaften von solchen komplexen Systemen zu verbessern. Betrachten wir diese Systeme aus einer menschenzentrierten Perspektive, stehen zumeist arbeitswissenschaftliche Fragestellungen, etwa Human-Computer Interaction oder Arbeitsumgebungsgestaltung, im Fokus. Dabei geht es um die optimale Abstimmung des Arbeitssystems mit seiner technologischen und räumlichen Arbeitsinfrastruktur an die Bedürfnisse der Mitarbeitenden.

S. 253

B. Schneider, M. Bues, B. Wingert, M. Kürümlüoglu,  
O. Riedel – Fraunhofer IAO, Stuttgart

### Modellbasiertes und visuelles Änderungsmanagement

Zunehmend komplexe, technische Systeme steigern die Anzahl der involvierten Disziplinen und die Komplexität in der Entwicklung. Der vorgeschlagene Lösungsansatz soll die Identifikation der Auswirkungen von Änderungen sowie die interdisziplinäre Erarbeitung einer optimalen Lösung unterstützen. Hierzu werden die Lösungselemente Industrial Metaverse, digitaler Zwilling und Advanced Systems Engineering miteinander verbunden. Als Anwendungsbeispiel dient das Änderungsmanagement.

S. 254

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-6

B. Schneider, S. Schüle, M. Kürümlüoglu,  
O. Riedel – Fraunhofer IAO, Stuttgart

### Advanced Systems Engineering Assessment

Steigende externe Anforderungen, die zunehmende Komplexität von Systemen und neue Anforderungen an die interdisziplinäre Zusammenarbeit stellen Unternehmen vor Herausforderungen. Das Advanced Systems Engineering (ASE) beschreibt Methoden und Technologien für die Handhabung dieser Herausforderungen. Mit einem Assessment können Unternehmen analysiert und eine nahtlose Integration der Methoden und Technologien sowie eine strukturierte Transformation hin zu ASE-Unternehmen erreicht werden.

S. 259

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-11

J. Zhang, A. Wortmann, O. Riedel – ISW, Uni Stuttgart

### Model-based DevOps für digitale Zwillinge

Der digitale Zwilling ist ein wesentlicher Bestandteil der Digitalisierung in der Industrie 4.0. Das Zwillingssystem besteht aus physischer und virtueller Repräsentation in Zusammensetzung mit einem komplexen Softwaresystem, wofür ein aufwendiger Engineering-Prozess nötig ist. Dieser Prozess soll durch einen modellbasierten

DevOps-Ansatz mittels Modellabstraktion unterstützt werden. Dieser Beitrag gibt einen Einblick in die Forschung und die Herausforderungen der modellbasierten DevOps.

S. 268

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-20

A. Werner, F. Schuseil, N. Zimmermann,  
M. Hämmerle, O. Riedel – Fraunhofer IAO, Stuttgart

### Nachhaltige Geschäftsmodelle durch digitale Zwillinge

Produzierende Unternehmen werden seit jeher mit einer steigenden Anzahl an und Komplexität von Anforderungen konfrontiert, was durch Nachhaltigkeitsanforderungen seitens Legislative, Kunden und Investoren verstärkt wird. Diese neuartigen Anforderungen sollten nicht als Bürde betrachtet werden. Stattdessen lassen sich ökologisch nachhaltige Geschäftsmodelle erschließen. In diesem Beitrag wird ein geschäftsmodellorientierter Entwicklungsansatz für digitale Zwillinge in der Industrie präsentiert.

S. 276

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-28

N. Brandt, D. Littfinski, O. Riedel – ISW, Uni Stuttgart

### Erweiterte und virtuelle Realität in der Instandhaltung

Dieser Beitrag befasst sich mit der Integration von Mixed-Reality-Technologien in die industrielle Instandhaltung. Anhand von Anwendungsfällen werden die Vorteile der Bereitstellung von kontextsensitiven Instandhaltungsinformationen aufgezeigt. Abschließend wird ein Lösungskonzept für die Instandhaltung mittels Mixed Reality diskutiert. Ziel ist es, die Effizienz der Instandhaltung durch die Integration von Augmented-Reality- und Virtual-Reality-Technologien zu steigern.

S. 285

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-37

T. Jahangirkhani, L. Wecken, S. Wulf, P. Nyhuis –  
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Universität Hannover

### Zukunftsfähigkeit von KMU in der VUKA-Welt

Um die Zukunftsfähigkeit von produzierenden Unternehmen in der VUKA-Welt zu sichern, müssen frühzeitig konkrete Maßnahmen erkannt und umgesetzt werden. Diese können in verschiedenen Bereichen wie Resilienz und Ressourceneffizienz liegen und weisen komplexe Interdependenzen untereinander auf. Die Auswahl geeigneter Maßnahmen ist anspruchsvoll, besonders für KMU. Sie benötigen Unterstützung, um ihre individuellen Anforderungen zu bewerten und Maßnahmen zu definieren.

S. 292

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-44

J. Kuthe, V. Aliksieiev, T. Jansen, H. Lödding, J. Fölsch, P. Metzmacher –  
Technische Universität Hamburg, Institut für Produktionsmanagement und -technik; AIRBUS Operations GmbH, Hamburg; Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg

### Flächenbedarfsschätzung in der Montage

Dynamische Märkte, knappe Flächen und eine zunehmende Automatisierung haben die Bedingungen in der Fabrikplanung gewandelt und die Anwendbarkeit etablierter Methoden reduziert. Gerade in der frühen Phase der Fabrikplanung ist es erforderlich, die Flächenbedarfe auf Grundlage unvollständiger Informationen zuverlässig abzuschätzen. Der Beitrag präsentiert eine Methode zur Flächenbedarfsbestimmung in der Stückgutproduktion und validiert sie am Beispiel der Flugzeugindustrie.

S. 298

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-50



M. Bockstahler, C. Müller, S. Rief – Fraunhofer IAO, Stuttgart

### Wirkung von Präsenz auf Kreativität und Innovation

In der heutigen Arbeitswelt ändert sich die Häufigkeit und Art der persönlichen Begegnung durch die zunehmende Hybridität. Gleichzeitig bleibt das physische Büro für das Innovationsgeschehen in Organisationen bedeutend. Eine empirische Untersuchung dieses Spannungsfelds und die Ergebnisse zum Zusammenhang von Präsenz, Kreativität und Innovation werden hier auszugsweise dargestellt. Festgestellt und unter hybriden Bedingungen validiert wurden vielfältige Einflussfaktoren auf Kreativität und Innovation und eine Clusteranalyse ergab vier voneinander abgegrenzte Innovations- und Präsenzgruppen.

S. 307

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-59

A. Hoberg – Fraunhofer IAO, Stuttgart

### Strategische New Work-Implementierung

Der Beitrag analysiert, wie die strategische Einführung von New Work-Konzepten als effektive Antwort auf bestehende externe Herausforderungen dienen kann. Mittels Experteninterviews an acht Fraunhofer-Instituten wurden Gestaltungsprinzipien, Implementierungsansätze und strategische Wertbeiträge analysiert. Der Beitrag zeigt, dass eine enge Verknüpfung von New Work mit strategischen Zielen und eine individuelle Anpassung entscheidend sind. New Work fördert eine zukunftsorientierte, resiliente Organisationskultur – essentiell in dynamischen Zeiten.

S. 315

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-67

M. Quandt, M. Kreutz, M. Freitag; H. Stern – BIBA Bremer Institut für Produktion und Logistik an der Universität Bremen; Fachbereich Produktionstechnik, Universität Bremen

### Intelligente AR-basierte Assistenzsysteme

Die Nutzbarmachung der Potenziale von intelligenten AR-Assistenzsystemen zur Entscheidungsunterstützung in der Intralogistik ist eng mit ihrer bedarfsgerechten Gestaltung entsprechend der technologischen Möglichkeiten dieser Systeme und der prozessspezifischen Anforderungen verbunden. Dieser Beitrag beleuchtet diese Potenziale und befasst sich mit der Ableitung und Entwicklung eines Testaufbaus zur Vorbereitung einer studienbasierten Untersuchung verschiedener derartiger Gestaltungsvarianten. Daraus folgt die Erstellung eines Leitfadens, der prozessabhängig gezielte Empfehlungen enthält.

S. 325

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-77

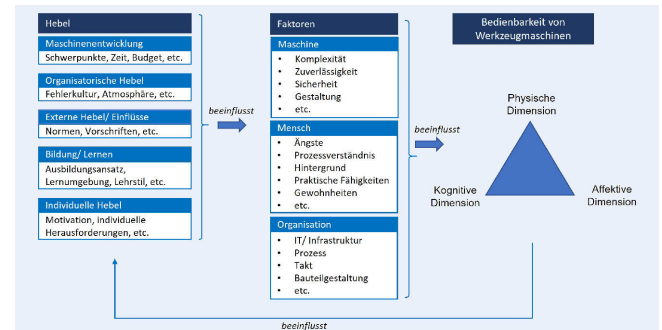
U.-E. Haner, M. Braun, K. Hölzle – Fraunhofer IAO, Stuttgart

### Die „fehlende Mitte“ der Arbeitsforschung

Eine bibliometrische Analyse von 208 Konferenzbeiträgen bestätigt eine umfassende Erörterung von konstitutiven Konzepten der Arbeitswissenschaft, wie Menschzentrierung und Interdisziplinarität. Die Analyse zeigt aber das Fehlen eines Kernbegriffs, der eine integrative Wirkung in der Arbeitsforschung ausüben und ihre fachliche Außer-darstellung schärfen könnte. Zudem wurde eine Lücke zwischen potenzial- beziehungsweise ressourcenorientierten und risikoorientierten Forschungsschwerpunkten identifiziert, was hier als die „fehlende Mitte“ der Arbeitsforschung bezeichnet wird.

S. 334

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-86



Abhängigkeiten zwischen identifizierten Hebeln, Faktoren und der Bediengbarkeit von Werkzeugmaschinen. Grafik: Luisa Lange

L. Lange, M. Moritz, S. Buxbaum-Conrade, T. Redlich, J. P. Wulfsberg – Helmut-Schmidt-Universität/UniBw H New Production Institute Laboratorium Fertigungstechnik

### Der Regelkreis der Bediengbarkeit

In einer qualitativen, explorativen Studie wurden Aspekte erfasst, welche die Bediengbarkeit von Werkzeugmaschinen beeinflussen. Hierzu wurden Interviews und Beobachtungen mit Entwicklern, Ausbildern und Bedienern von Werkzeugmaschinen durchgeführt. Die erarbeiteten Aspekte wurden anschließend systematisch analysiert, kategorisiert und in direkte und indirekte Einflüsse untergliedert. Hieraus wurde das hier vorgestellte Modell des Regelkreises der Bediengbarkeit von Werkzeugmaschinen abgeleitet.

S. 344

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-96

J. B. Maier, H.-H. Wiendahl – Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart; Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF, Universität Stuttgart

### Integrierte Arbeitsplanung und Produktionssteuerung

Produzierende Unternehmen betrachten Arbeitsplanung und Produktionssteuerung häufig sequenziell und damit voneinander entkoppelt. Doch ihre integrierte Betrachtung verspricht in bestimmten Anwendungsfällen Verbesserungen durch eine Flexibilitätssteigerung. Zu ihrer Identifikation stellt dieser Beitrag ein Vorgehen zur Bewertung anwendungsfallspezifischer Anforderungsmuster an eine integrierte Arbeitsplanung und Produktionssteuerung vor.

S. 351

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-103

G. Di Martino, J. C. Mariscal-Melgar, L. Lange, M. Omer, T. Redlich, J. P. Wulfsberg, D. Ingrassia – Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg

### Case Study OLSK Small Laser

Die Bedeutung von Open-Source-Methoden wird durch die zunehmende Dezentralisierung der digitalen Fertigung verstärkt. In diesem Beitrag wird der „OLSK Small Laser V2“ mit Schwerpunkt auf Zugänglichkeit und Kosteneffizienz untersucht. Reproduzierbarkeit ist der Schlüssel, wobei eine detaillierte Dokumentation und ein Design, das Anpassungen und Reparaturen erlaubt, die Nachhaltigkeit fördern. Der Beitrag gibt einen Überblick über die Funktionen und die Designphilosophie des OLSK Small Laser V2.

S. 360

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-112

*H. Blunk, B.-F. Dettmar; A. Seibel – Fraunhofer-Einrichtung für Additive Produktionstechnologien IAPT, Hamburg; Institut für Produktionstechnik und -systeme, Leuphana Universität Lüneburg*

### **Bauteilverzug im Metal Binder Jetting**

Ergänzend zu konventionellen sinterbasierten Verfahren wie dem Metal Injection Molding ermöglicht der Metal Binder Jetting-Prozess eine wirtschaftlichere Fertigung von Sinterbauteilen bei geringerer Stückzahl. Aufgrund unterschiedlicher Grünteileigenschaften liegen andere tribologische Eigenschaften und somit ein abweichender Bauteilverzug vor. Darüber hinaus ist derzeit nicht bekannt, wie sich dieser mit dem Zustand der Sinterunterlagen ändert. Ziel dieses Beitrags ist es daher, entsprechende Analysen vorzustellen und Handlungsempfehlungen aufzuzeigen.

[doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-119](https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-119)

**S. 367**

*L. Dörr, S. J. Oks, C. Lehmann; J. Trezl; T. Reichenstein, S. G. Koustas – HHL Graduate School of Management Leipzig; Technische Universität Chemnitz; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*

### **Demonstratoren im Industrie 4.0-Kontext**

Industrie 4.0 bringt neben vielen Potenzialen auch eine erhebliche Komplexitätssteigerung mit sich. Um dieser effektiv zu begegnen, bieten Demonstratoren einen wertstiftenden Beitrag. Ihr Einsatz erlaubt eine nutzerzentrierte Systementwicklung mit einhergehender Komplexitätsreduktion durch Modellierung und Simulation. Dieser Beitrag untersucht ihre Potenziale am Beispiel des Projektes „ConSensE“ mit Fokus auf Sensortechnologien und deren Nachrüstung.

**S. 373**

[doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-125](https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-125)

# Der Systemgedanke als Verbindung von Arbeitsorganisation und Engineering

**M**ensch-Technik-, Mensch-Maschine- und Mensch-Umwelt-Systeme haben gemeinsame Struktureigenschaften: Sie nehmen Informationen und Signale aus ihrer Umgebung auf, verarbeiten oder speichern diese und geben letztendlich Informationen oder Signale als Ergebnis der Verarbeitung in die Umgebung wieder ab. Es ist dieses Systemverständnis, was es uns erlaubt, die Wirkungsweise und Eigenschaften von solchen komplexen Systemen zu verbessern.

Betrachten wir diese Systeme aus einer menschzentrierten Perspektive, stehen zumeist arbeitswissenschaftliche Fragestellungen, etwa Human-Computer Interaction oder Arbeitsumgebungsgestaltung, im Fokus. Dabei geht es um die optimale Abstimmung des Arbeitssystems mit seiner technologischen und räumlichen Arbeitsinfrastruktur an die Bedürfnisse der Mitarbeitenden.

Mit zunehmender Komplexität der Arbeitsinfrastruktur – insbesondere der technologischen – und der Weiterentwicklung der Methodik zur Modellierung und Bewertung dieser Systeme wird auch das Engineering, genauer gesagt das Systems Engineering, immer aufwendiger. Daher zielt das Advanced Systems Engineering (ASE) darauf ab, viele Technologien zu einem einheitlichen und für den Menschen quasi intuitiv zu bedienenden Methodenbaukasten zusammenzubringen.

Hierbei spielt der Einsatz von künstlicher Intelligenz eine besondere Rolle, da nun auch Domänen, in denen die menschliche Arbeit bisher als schwer durch Algorithmen zu ersetzen galt, mit den Fähigkeiten der neuen Werkzeuge konfrontiert werden. Beispiele hierfür sind die Medizin, die Softwareentwicklung und das Engineering. KI-Anwendungen, insbesondere im Bereich Natural Language Processing, unterstützen das Ermitteln neuer Technologien durch maschinelle Analyse von Patenten und wissenschaftlichen Texten. Bei der Planung und Installation von Produktionssystemen können KI-Algorithmen die optimale vorausschauende Wartungsstrategie berechnen. Der Einsatz von KI bei autonomen Systemen wie Robotern, autonomen Fahrzeugen und Drohnen zur Analyse der Umgebung ist bereits weit verbreitet.

Der nächste Entwicklungsschritt betrifft mechatronische, intelligente und vernetzte Systeme, die Advanced Systems (AS). Diese bestehen aus komplexen elektronischen Komponenten, individueller Software und auch KI-Technologien, die zu Produkt-Service-Systemen kombiniert werden können. Besonders autonome Systeme müssen ihre Umgebung präzise analysieren, um die richtigen Entscheidungen treffen zu können. Dabei ist es notwendig, die Mensch-Computer- beziehungsweise Mensch-System-Schnittstelle neu zu denken.

Um die entstehende Komplexität zu bewältigen, ist ein übergreifendes Systems Engineering (SE) auf den Ebenen Projekt, Produkt und Unternehmen unerlässlich. Dies umfasst nicht nur das Engineering selbst, sondern auch intelligente Prozesse, agile Projekte, durchgängige Digitalisierung und neue Formen der Arbeit.

Es zeigt sich, dass es dieser Systemgedanke ist, der Arbeitsorganisation und Engineering zu einer konzeptionellen Einheit werden lässt. Auch wenn die Beiträge dieser Ausgabe nur einzelne Aspekte adressieren, so tragen sie doch zum Verständnis des Gesamtsystems bei. Den Leserinnen und Lesern wünschen wir eine informative Lektüre und eine wertschöpfende Umsetzung der Erkenntnisse.

Ihr Oliver Riedel



**Prof. Dr. Oliver Riedel**

Leiter des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart, Inhaber des Lehrstuhls Produktionstechnische Informationstechnologien und Geschäftsführender Institutsleiter des Fraunhofer Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO).  
Foto: Fraunhofer IAO