

WT Werkstattstechnik

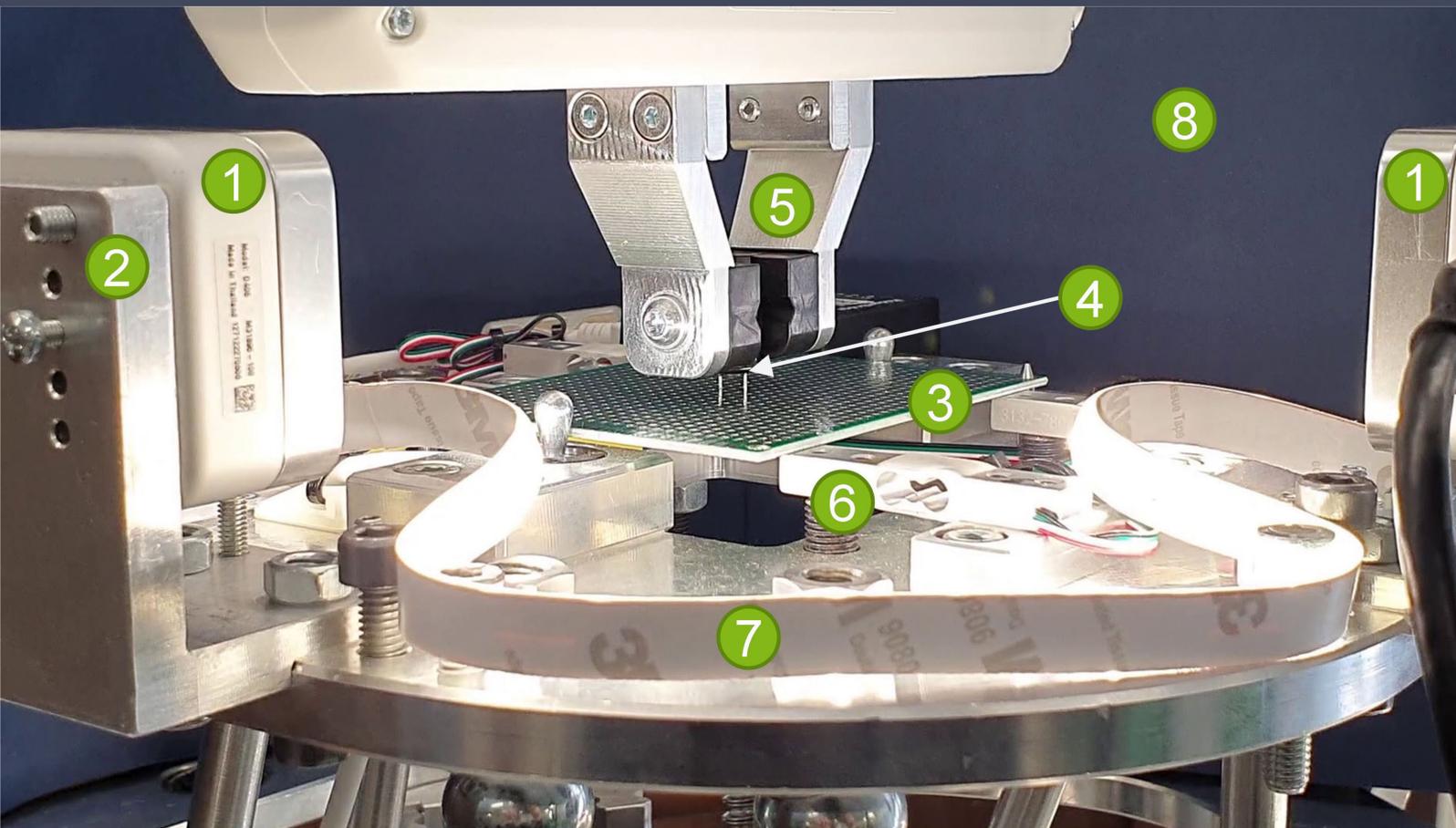


Foto: IPS, SFA GmbH & Co KG

ADDITIVE FERTIGUNG

Additive Fertigung
optimiert
Beschichtungsprozesse

AUTOMATISIERUNG

Automatisierte
Montage
vorkonfigurierter Kabel

KI UND ROBOTIK IN DER PRODUKTION

Interaktives ML
zur Adaption
von KI-Systemen

INHALTE DER ONLINE-AUSGABE 9-2024 TITELTHEMEN: ADDITIVE FERTIGUNG, MONTAGE, AUTOMATISIERUNG, KÜNSTLICHE INTELLIGENZ UND ROBOTIK IN DER PRODUKTION

M. Huber – Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart

Mehr Automatisierung für die Automatisierung

KI ist gekommen, um zu bleiben – diese Feststellung, so banal sie auch zunächst daherkommt – hat für die Fertigungsindustrie immense Sprengkraft. ChatGPT und andere generative KI-Methoden, die etwa Texte oder Bilder erzeugen können, haben den Anspruch, den KI-Einsatz zu demokratisieren. Sie können mit wenig oder sogar ganz ohne KI-Expertenwissen Prozesse unterstützen oder ersetzen. Dies betrifft insbesondere administrative Tätigkeiten, weniger jedoch Tätigkeiten in der Produktion. Vielfach gilt: Je manueller die Tätigkeit, umso weniger wird KI sie direkt übernehmen. Und doch gibt es entlang der gesamten Wertschöpfungskette, also von der Auftragsplanung bis zur Auslieferung, vielfältige erfolgreiche Beispiele aus Unternehmen, wie KI, oft kombiniert mit Robotik, Produktionen autonomer, flexibler und effizienter machen kann.

S. 460

C. Nitsche, X. Wu, D. Brajovic, L. Lörcher, M. Roth, P. Wagner, A. Yaman, J. Schwab, H. Monke, C. Hennebold, M. F. Huber – Fraunhofer IPA, Stuttgart

Optimierte Produktion durch KI und Quantencomputing

Für optimierte Produktionsprozesse und weniger Materialverschwendung in Fertigungen werden Künstliche Intelligenz (KI) und Quantencomputing immer wichtiger. Diese Methoden kommen über die gesamte Prozesskette von der initialen Blechproduktion über das Blechschneiden und -schweißen (zum Beispiel mittels Laser) bis hin zum abschließenden Lackieren der gefertigten Teile zum Einsatz. Dazu gehören auch Ansätze wie erklärbare KI für transparente Modelle, Quantencomputing zur Materialoptimierung, physikbasierte KI-Modelle für präzise Schneide- und Schweißprozesse sowie generative KI als virtueller Assistent und zur Generierung synthetischer Datensätze.

S. 461

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-05

T. Herrmann; M. Paes – Fraunhofer IPA, Stuttgart

Insert-Einbringung für die hybride Fertigung

Dieser Beitrag befasst sich mit der Entwicklung einer Vorrichtung, mit der eine Standard-Fräsmaschine metallische Gewindeinsätze (vollautomatisiert) in beliebige Bauteile einsetzen kann. Dabei werden zunächst Voruntersuchungen für Prozessparameter angestellt, gefolgt von der systematischen Entwicklung der Vorrichtung. Abgeschlossen wird die Arbeit mit einer Validierung und dabei durchgeführten Versuchen zur Festigkeit der erzielten Verbindungen.

S. 468

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-12

C. Weckendrup, A. Kluge-Wilkes, A. Göppert, R. H. Schmitt, M. Kweider – WZL | RWTH Aachen University; MAN Truck & Bus SE, Nürnberg

Remanufacturing in der E-Mobilität

Für die Wiederverwendung gebrauchter Nutzfahrzeuggeladen sind aufgrund der vielfältigen Batteriesysteme und -zustände unterschiedlichste Herausforderungen im Remanufacturingprozess zu überwinden. Das Konzept der adaptiven, automatisierten Demontage mittels eines mobilen Großroboters für die größer dimensionierten Lkw-Batterien erweist sich als vielversprechender Ansatz, dessen Eignung anhand

des Demontageschrittes der Modulentnahme in diesem Beitrag verdeutlicht wird.

S. 482

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-26

I. Effenberger, F. Seiler, V. Eichinger – Fraunhofer IPA, Stuttgart

Synthetische Daten für die Automatisierung mit KI



Prozesskette zur sensorrealistischen Bildsimulation auf Basis von 3D-Modellen und physikalisch korrektem Rendering. Grafik: Fraunhofer IPA

Die KI-basierte Bildverarbeitung ist eine Schlüsseltechnologie für die Digitalisierung und Automatisierung in der Produktion. Da erforderliche Bilddatensätze zum Beispiel für die Qualitätssicherung unter hohem Zeitaufwand an realen Aufbauten aufgenommen und annotiert werden müssen, bleibt erhebliches Automatisierungspotenzial bislang ungenutzt. Einen großen Zeit- und Kostenvorteil bietet die sensorrealistische Bildsimulation, die repräsentative Bilddatensätze für das Training KI-basierter Inspektions- oder Handhabungssysteme synthetisch erzeugt.

S. 490

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-34

A. Scheck, P. Bründl, H. G. Nguyen, J. Franke – Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS)

Automatisiertes Demontagesystem für Schaltanlagen

Das Forschungsprojekt „Arkides“ adressiert die Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft in der Elektronikindustrie durch die Entwicklung eines automatisierten Demontagesystems für Elektrogroßgeräte. Unter Einsatz von Robotik und fortgeschrittener Bilderkennungstechnologie ermöglicht dieses System die effiziente Trennung und Rückgewinnung von Bauteilen. Dieser Beitrag stellt die im Projekt entwickelten Lösungsansätze vor.

S. 497

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-41

J. Kapfer, J. Stoll, E. Schäfer, A. Schumacher – Fraunhofer IPA, Stuttgart

Vereinfachter Cobot-Einsatz dank Sensor-Add-on

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) können das Potenzial industrieller Cobots nur schwer ausschöpfen, da die Nutzung oft mit einem erhöhten Programmieraufwand verbunden ist und somit kleine Losgrößen nicht wirtschaftlich zu fertigen sind. Mit dem Ziel, die Vorteile der Automatisierung auch für Betriebe ohne Serienproduktion zur Verfügung zu stellen, arbeitet das Fraunhofer IPA an der Umsetzung eines automatisierten Schweißprozesses. Durch ein Sensor-Add-on wird die Schweißbahn in Echtzeit erkannt und passend zum Bauteil geregelt, während das vorliegende Bauteil real geschweißt wird.

S. 503

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-47

T. Reichenstein, A. Scheck, J. Franke; M. Meiners – FAU Erlangen-Nürnberg, FAPS; Schäfer Werkzeug- und Sondermaschinenbau GmbH, Bad Schönborn

Qualitative In-situ-Stromflussmessung der Schweißzone

Das Kondensatorentladungsschweißen ist ein Widerstandsschweißverfahren, das sich durch kurze Prozesszeiten und gutes Automatisierungspotenzial auszeichnet. Bisher erfasste Kenngrößen der Prozessüberwachung ermöglichen keine signifikanten Aussagen zur Gleichmäßigkeit der Verbindungsqualität. Dieser Beitrag stellt ein qualitatives In-situ-Stromflussmesssystem vor, welches das bisherige Prozessmonitoring ergänzt, den Aufbau von neuem Prozesswissen ermöglicht und durch das verbesserte Prozessverständnis neue Anwendungsfelder für das KE-Schweißen erlaubt.

S. 509

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-53

S. Bartelt, B. Kuhlenkötter – Ruhr-Universität Bochum

Automatisierte Montage vorkonfigurierter Kabel

Bei der Montage von Schaltschränken besteht ein hoher Bedarf, einzelne Produktionsschritte zu automatisieren. Der Beitrag fokussiert den Schritt der automatischen Verdrahtung. Essenziell ist die Entwicklung eines zuverlässigen Montagewerkzeugs. Es werden die Herausforderungen und Kriterien für die Entwicklung eines solchen Werkzeugs diskutiert. Die notwendigen Funktionen des Werkzeugs werden analysiert und darauf basierend wird ein Werkzeugkonzept abgeleitet. Das Design wird durch Tests an einem Demonstrator validiert.

S. 515

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-59

M. Polikarpov, Y. Mehmood, D. Boiar, J. Deuse – Technische Universität Dortmund

Montagemanipulator für die THT-Bestückung

In diesem Beitrag wird die Anwendung des parallelkinematischen Manipulators Hexaglide in der THT-Bestückung untersucht. Kostengünstige optische und taktile Sensoren ermöglichen präzises Referenzieren und Einstecken von Bauteilen. Eine kraft- und bildgeregelte heuristische Steuerungsstrategie sowie Reinforcement Learning wurden erprobt und die Tauglichkeit des Hexaglide für die Bestückung wurde experimentell gezeigt.

S. 523

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-67

M. Köhler, C. Jauch, D. Karelina – Fraunhofer IPA, Stuttgart

Interaktives ML zur Adaption von KI-Systemen

Flexible Produktionsprozesse und das Beherrschen von Variantenvielfalt werden für Unternehmen immer wichtiger. Künstliche Intelligenz unterstützt Unternehmen, um trotz dieser Anforderungen effizient zu agieren. Allerdings sind der Datenbedarf und die Intransparenz eine Hemmschwelle für den Einsatz von KI. Hierfür kann interaktives Maschinelles Lernen eine Lösung sein. Die Einbindung von Domänenexperten in das Training ermöglicht es, die Akzeptanz des Systems zu verbessern, während der Einsatz von Active Learning den Datenbedarf senkt. Montage und Qualitätssicherung sind nur zwei Einsatzbereiche.

S. 533

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-77

M. Haag, M. Santin – Hochschule Aalen

Additive Fertigung optimiert Beschichtungsprozesse

An der Hochschule Aalen wurde an einem neuen Maskierungsverfahren für thermische Beschichtungsprozesse geforscht. Eine präzise thermische Beschichtung ist für viele hochbeanspruchte Bauteile entscheidend. Dabei ist es wichtig eine möglichst exakte Kantenkontur des Beschichtungsbereichs zu erreichen. Es wurde ein Verfahren erforscht, dass durch mehrschichtige und flexible Maskierungen

äußerst präzise Kanten ermöglicht. Der Prozess wurde industriell erprobt und implementiert.

S. 538

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-82

M. Becker, M. Krichenbauer, S. Höhn, P. Springer – Fraunhofer IPA, Stuttgart

Dynamik der Wasseraufnahme von PA12-Pulver

Die additive Fertigung von Kunststoffen, insbesondere das selektive Lasersintern (SLS), steht vor der industriellen Serienfertigung. Die Pulveraufbereitung spielt dabei eine entscheidende Rolle. Ein ungelöstes Problem ist die Befeuchtung des Pulvers, um die elektrostatische Aufladung zu reduzieren. Klare Richtlinien fehlen bisher. Diese Forschungsarbeit analysiert das Feuchtigkeitsverhalten von PA12, betrachtet Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe sowie deren Einfluss auf Pulvereigenschaften und den Druckprozess.

S. 545

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-89

K. Nordwig, S. Kärcher, T. Bauernhansl – Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Universität Stuttgart Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF

Steuerungsbedarfe im operativen Betrieb von Matrixproduktionssystemen

Matrixproduktionssysteme vereinen die Vorteile einer hohen Flexibilität und Produktivität, haben aber häufig eine höhere Komplexität in der Steuerung. Der Mensch übernimmt in Matrixproduktionssystemen oft kurzfristige Entscheidungsaufgaben, etwa bei Änderungen, Störungen oder Planungslücken. In diesem Beitrag werden bereits bestehende Ansätze in diesem Kontext diskutiert und Steuerungsbedarfe für den operativen Betrieb von Matrixproduktionssystemen abgeleitet sowie erste Handlungsfelder für eine neue Funktion zur Steuerung definiert.

S. 555

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-99

T. Drees, B. Kuhlenkötter; R. Weidner – Ruhr-Universität Bochum; Helmut-Schmidt-Universität, Universität Innsbruck

Wissensbasierte Auswahl von Exoskeletten

Die erfolgreiche Auswahl eines industriellen Exoskeletts erfordert für den Selektionsprozess eine fundierte Kenntnis über die betrachteten Arbeitsaufgaben. Dieser Beitrag beleuchtet zuerst den Status Quo bei Vorgehensweisen zur Auswahl eines Exoskeletts. Folgend wird ein Ansatz zur Überbrückung der Informationslücke zwischen der Aufnahme von Bewegungsdaten und der arbeitswissenschaftlichen Bewertung von Tätigkeiten vorgestellt, der als Start eines wissensbasierten Auswahlprozesses dient.

S. 562

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-106

K. Hönemann, B. Konopka, P. Brandt, M. Wiesche – TU Dortmund

Digitale Inhalte in physischen Prozessen verankern

In diesem Beitrag wird ein Konzept für ein Augmented Reality (AR) Entwicklungstool vorgestellt, das es Nicht-Entwicklern aus der Industrie ermöglicht, eigenständig AR-Anleitungen zu erstellen und die physische Umgebung mit digitalen Inhalten anzureichern. In einer Feldstudie mit 15 Expert*innen aus der Industrie wurde die Praxis-tauglichkeit, die Nutzerakzeptanz und die entstehende Arbeitsbelastung ermittelt. Als Ergebnis wurden Designempfehlungen erarbeitet, die als Blaupause für die Entwicklung ähnlicher Tools dienen.

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-09-113

Mehr Automatisierung für die Automatisierung

Künstliche Intelligenz ist gekommen, um zu bleiben – diese Feststellung, so banal sie auch zunächst daherkommt – hat für die Fertigungsindustrie immense Sprengkraft. ChatGPT und andere generative KI-Methoden, die etwa Texte oder Bilder erzeugen können, haben den Anspruch, den KI-Einsatz zu demokratisieren. Sie können mit wenig oder sogar ganz ohne KI-Expertenwissen Prozesse unterstützen oder ersetzen. Dies betrifft insbesondere administrative Tätigkeiten, weniger jedoch Tätigkeiten in der Produktion. Vielfach gilt: Je manueller die Tätigkeit, umso weniger wird KI sie direkt übernehmen. Und doch gibt es entlang der gesamten Wertschöpfungskette, also von der Auftragsplanung bis zur Auslieferung, vielfältige erfolgreiche Beispiele aus Unternehmen, wie KI, oft kombiniert mit Robotik, Produktionen autonomer, flexibler und effizienter machen kann.

Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass auch diese Technologie ein Werkzeug ist, das für bestimmte Einsatzzwecke passend ist und für andere nicht. Sie ist alles andere als ein Selbstzweck. Zum Glück eröffnen sich Unternehmen momentan viele Einstiegs- und Unterstützungsmöglichkeiten, um eine Entscheidungsgrundlage zu erhalten. Voraussetzung ist natürlich immer, dass die Basis stimmt und vernetzte Produktionsmaschinen sowie eine gute IT-Infrastruktur vorhanden sind. Ohne sie lässt sich experimentell herumprobieren, aber ein produktiver KI-Einsatz ist nicht realisierbar.

Forschungsseitig passiert aktuell ebenfalls viel und die vorliegende Ausgabe der *wt Werkstattstechnik* online präsentiert hierzu zahlreiche Beispiele auch aus meinen Forschungsbereichen: Seien es ein vereinfachter Cobot-Einsatz für Schweißprozesse, die Generierung synthetischer Bilddaten, um Modelle für Maschinelles Lernen umfassend trainieren zu können, oder die Kombination aus KI und Quantencomputing, um Produktionen weiter zu optimieren.

Die aktuelle Wirtschaftslage ist in weiten Teilen der Welt momentan nicht einfach und auch in Deutschland gibt es viel Handlungsbedarf, besonders weil wir für die Industrie ein hochpreisiges Land sind. Energiekosten und Löhne seien nur als Beispiele genannt. Umso wichtiger ist es für unseren traditionell sehr starken Produktionszweig, technologisch auf höchstem Niveau unterwegs zu sein. Das kann mithilfe von KI erfolgen, muss aber nicht. Zahlreiche weitere Beiträge in dieser Ausgabe zeugen davon, dass auch in den weiteren Titelthemen Additive Fertigung, Montage und Automatisierung sehr viel voran geht – oft mit dem Ziel, automatisierte Prozesse weiter automatisierbar zu machen, sei es bei der Entwicklung, der Inbetriebnahme oder im laufenden Betrieb. Dabei geht es nicht nur darum, Kosten zu senken und weniger von Erfahrungswissen abhängig zu sein. Sondern es geht vor allem darum, die Produktion an den optimalen Betriebspunkt zu bringen und sie auch dort zu halten, mit dem Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit zu bewahren oder gar zu steigern.

Bei der Lektüre dieses Hefts wünsche ich Ihnen viel Freude und neue Erkenntnisse, die Sie in Ihrem beruflichen Umfeld weiterbringen.

Ihr *Marco Huber*



**Univ. Prof. Dr.-
Ing. Marco Huber**
marco.huber@ipa.fraunhofer.de
Foto: Fraunhofer; Phil Aznar / Philipp
Hüttenhein

Wissenschaftlicher Direktor
für Digitalisierung und KI
am Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnik und
Automatisierung IPA, Stuttgart.