

**Jürgen Fleischer, Gisela Lanza,
Volker Schulze, Frederik Zanger**

Produktionsrobotik – Schlüsseltechnologie der flexiblen Fertigung

Tagungsband zur Karlsruher Herbsttagung 2025

Copyright Karlsruher Institut für Technologie 2025

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

Kontakt:

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

wbk Institut für Produktionstechnik

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer, Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza,

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze und Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger

Kaiserstraße 12 • 76131 Karlsruhe

Telefon: 0721/608-46826 • Telefax: 0721/608-45005

Internet: www.wbk.kit.edu • E-Mail: kontakt@wbk.kit.edu

Herausgegeben von:

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prof. Dr. Oliver Kraft (in Vertretung des Präsidenten des KIT)

Kaiserstraße 12 • 76131 Karlsruhe

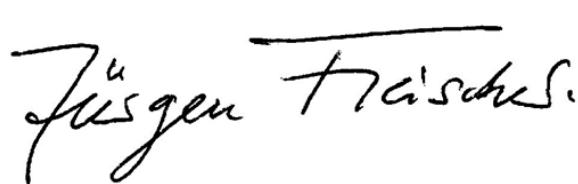
Internet: www.kit.edu • E-Mail: info@kit.edu

Vorwort der Herausgeber

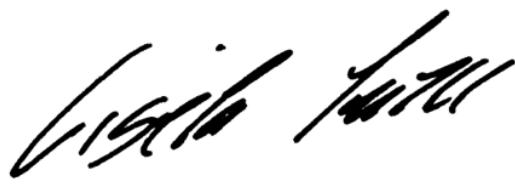
Die Karlsruher Herbsttagung ist unsere jährliche Plattform, um aktuelle Entwicklungen aufzugreifen, Erfahrungen auszutauschen und gemeinsam Zukunftsperspektiven zu diskutieren. In diesem Jahr widmen wir uns dem Thema „Produktionsrobotik – Schlüsseltechnologie der flexiblen Fertigung“. Die Tagung gliedert sich in vier Themenschwerpunkte: Handhabung, Montage, Fertigung sowie eine Wildcard aus Wertstromkinematik und Qualitätssicherung. Jeder Block wird durch zwei Vorträge eröffnet – aus Anwender- und Herstellerperspektive. So entsteht ein direkter Vergleich, der Gemeinsamkeiten und Unterschiede sichtbar macht und Impulse für neue Lösungsansätze liefert.

Robotik entwickelt sich in rasantem Tempo weiter: Systeme werden immer fähiger, intelligenter und flexibler. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, Roboter längst nicht mehr nur in der klassischen Handhabung einzusetzen, sondern auch in Montage, Fertigung, Qualitätssicherung und sogar in neuen Feldern wie der Wertstromkinematik. Diese zunehmende Vielseitigkeit macht die Robotik zu einer Schlüsseltechnologie für die Zukunft der Produktion und zu einem entscheidenden Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen.

Der vorliegende Tagungsband dokumentiert die Präsentationen unserer Referentinnen und Referenten. Er soll die Eindrücke der Veranstaltung festhalten und Ihnen als wertvolle Inspirationsquelle dienen. Wir hoffen, dass die hier versammelten Beiträge Sie darin bestärken, die Chancen der Produktionsrobotik für Ihr eigenes Unternehmen zu nutzen und so langfristig zukunftssicher aufgestellt zu bleiben.



Jürgen Fleischer



Gisela Lanza



Volker Schulze



Frederik Zanger

Inhaltsverzeichnis

1 Begrüßung und Einführung	1
2 Keynote zur Robotik in der Produktion	13
2.1 Keynote - Artificial Specialized Intelligence for Industrial Manufacturing	14
3 Handhabung	33
3.1 Autonomes Beladen und Entladen von Werkzeugmaschinen	34
3.2 Robotics today and in the future	47
4 Montage	57
4.1 Erfolgreiche Fertigung in Turbulenten Zeiten	58
4.2 Wenn Roboter mitdenken: Kognitive Robotik in der Industrie	70
5 Fertigung	73
5.1 Roboforming: roboterbasierte inkrementelle Blechumformung	74
5.2 Stahlfräsen mit CNC-Präzisionsroboter	87
6 Wildcard	99
6.1 Boosting productivity through precision: The role of metrology in production	100
6.2 Wertstromkinematik: Robotik als Produktionssystem	111

Programmübersicht

8:00 REGISTRIERUNG

8:30



Prof. Dr. Jürgen Fleischer

Institutsleiter

wbk Institut für Produktionstechnik (KIT)

9:00



Prof. Dr. Torsten Kröger

Chief Science Officer

Intrinsic Innovation GmbH

9:30 KAFFEE & NETZWERKEN

10:00 HANDHABUNG

10:00



Dr. Ralph Lange

R&D Manager für KI-basierte Robotik

TRUMPF SE + CO. KG

10:30



Andreas Roehring

Head of Strategy & Corporate Development

KUKA AG

11:00 MONTAGE

11:00



Dr. Michael Scholz

Head of factory engineering

SIEMENS AG

11:00



Lukas Schermuly

Projektleiter für Automatisierungstechnik

SIEMENS AG

11:30



Dr. Alexander Blass

Vice President Strategy

Neura Robotics GmbH

12:00 MITTAGESSEN

- 13:00  **LABORFÜHRUNG**
Karlsruher Forschungsfabrik
für KI-integrierte Produktion
-

14:00 FERTIGUNG

- 14:00  **Dennis Möllensiep**
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Lehrstuhl für Produktionssysteme (RUB)
- 14:30  **Dr. Eduard Gerlitz**
Head of Innovation & Technology
MABI Robotics AG
-

15:00 KAFFEE & NETZWERKEN

15:30 WILDCARD

- 15:30  **Dr. Marc Wawerla**
CEO
Carl Zeiss IQS Deutschland GmbH
- 16:00  **Jan Baumgärtner**
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
wbk Institut für Produktionstechnik (KIT)
-

16:30 ABSCHLUSSDISKUSSION

17:00 VERANSTALTUNGSSENDE

Hinweis

Wir sind bemüht, alle Vorträge vollständig in den Tagungsunterlagen zur Verfügung zu stellen. Inhalt der Vorträge sowie mögliche Abweichungen von den Präsentationen vor Ort liegen nicht in der Verantwortung des Veranstalters. Es ist den Referenten vorbehalten, darüber zu entscheiden, in welchem Umfang ihr Vortrag zur Veröffentlichung freigegeben wird. Wir danken Ihnen für Ihr Verständnis.

1 Begrüßung und Einführung



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger
Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza
Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer

studierte Maschinenbau an der Universität Karlsruhe (TH) und war anschließend von 1985 bis 1989 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik (wbk) der Universität Karlsruhe (TH). Nach seiner Promotion im Jahre 1989 wurde er Oberingenieur am selbigen Institut. Zwischen 1992 und 1999 war er in verschiedenen leitenden Positionen im DaimlerChrysler Konzern tätig, zuletzt als Leiter der Business Unit Drehgestelle bei Adtranz mit weltweiter Geschäftsverantwortung. Anschließend war er bei Bombardier Transportation als President Regional and Commuter Trains für den Geschäftsbereich Regionalzüge in Europa verantwortlich. 2003 wurde er zum Professor und Leiter des wbk Instituts für Produktionstechnik der Universität Karlsruhe (TH) berufen. Im Jahr 2008 wurde er aus dem Universitätsdienst beurlaubt, um als Chairman of the Executive Board die verschiedenen Werkzeugmaschinenfirmen der in Europa und USA beheimateten MAG Industrial Automation Systems zu

einem globalen Anbieter von Produktionslösungen zusammenzuführen. Seit 2010 ist er zurück am wbk und im Rahmen der kollegialen Institutsleitung für den Bereich „Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung“ verantwortlich. 2012 gründete Professor Fleischer das Advanced Manufacturing Technology Center (AMTC) an der Tongji Universität in Shanghai. Im Mai 2022 wurde die Karlsruher Forschungsfabrik für KI-integrierte Produktion eröffnet.

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

studierte von 1993 bis 1999 Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Karlsruhe (TH). Ab 2000 war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Produktionstechnik (wbk) der Universität Karlsruhe (TH) tätig. Seit 2003 ist sie dort Mitglied der Institutsleitung und leitet den Bereich Produktionssysteme. Der Bereich befasst sich in Forschung und Praxis schwerpunktmäßig mit den Themen Globale Produktionsstrategien, Produktionssystemplanung und Qualitätssicherung. Von 2008 bis 2011 war sie Inhaberin der Shared Professorship „Global Production Engineering and Quality“ des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), im Rahmen derer sie bei der Daimler AG in der Strategieplanung tätig war. 2008 gründete Professorin Lanza das Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI) als Forschungs- und Industrieberatungsplattform des wbk in China. Im Jahr 2009 erhielt sie den Heinz Maier-Leibnitz Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) als Anerkennung für herausragende wissenschaftliche Leistungen nach der Promotion. Seit 2012 ist Professorin Lanza Lehrstuhlinhaberin für Produktionssysteme und Qualitätsmanagement am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

studierte von 1985 bis 1990 an der Universität Karlsruhe (TH) Maschinenbau. Danach nahm er eine Stellung als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkstoffkunde I der Universität Karlsruhe (TH) an. Nach seiner Promotion im Jahr 1993 blieb er an diesem Institut und baute die Abteilung „Fertigung und Bauteilverhalten“ auf. 2004 habilitierte er sich im Fach „Werkstoffkunde“ und wurde 2007 zum außerplanmäßigen Professor ernannt. Seit 2008 ist er Mitglied der kollegialen Leitung des Instituts für Produktionstechnik und leitet den Bereich Fertigungs- und Werkstofftechnik. Zudem ist er Mitglied der kollegialen Institutsleitung des Instituts für Angewandte Materialien Abteilung Werkstoffkunde (IAM-WK). Seit August 2010 ist Professor Volker Schulze Lehrstuhlinhaber für Fertigungstechnologie am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger

studierte von 2002 bis 2007 Ingenieur-Pädagogik Fachrichtung Maschinenbau und Mathematik an der Universität Karlsruhe (TH). Anschließend war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am wbk Institut für Produktionstechnik. Er promovierte 2012 im Bereich der Werkzeugverschleißsimulation bei der Titanerspanung und blieb als Oberingenieur am Institut. Von 2013 bis 2019 war er Lehrbeauftragter an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW). 2018 wurde er mit der Otto-Kienzle Gedenkmünze der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP) für hervorragende Leistungen auf dem Gebiet der Fertigungstechnik ausgezeichnet. 2019 wechselte er als Industry-Fellow zur Firma Edelstahl Rosswag und leitete dort den Bereich Mechanische Fertigungsbearbeitung. Seit Juli 2023 ist er Lehrstuhlinhaber für Digitalisierung der Prozessentwicklung für die Additive Fertigung und Mitglied der kollegialen Institutsleitung am wbk Institut für Produktionstechnik. Dort leitet er gemeinsam mit Prof. Schulze den Bereich Fertigungs- und Werkstofftechnik.

wbk - Institut für Produktionstechnik

Das wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ist mit seinen ca. 130 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern thematisch in der Fakultät für Maschinenbau angesiedelt.

Die drei Bereiche Fertigungs- und Werkstofftechnik, Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung sowie Produktionssysteme, die von den Professoren Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze und Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer sowie Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza geleitet werden, widmen sich der anwendungsnahen Forschung, der Lehre und Innovation im Bereich Produktionstechnik am KIT. Neben den Forschungsaktivitäten in den klassischen Feldern des Maschinen- und Anlagenbaus konzentriert sich das wbk auf die Entwicklung intelligenter, agiler und adaptiver Produktionstechnologien. Ziel ist es, Maschinen und Anlagen so zu gestalten, dass sie flexibel auf dynamische Marktanforderungen, variierende Stückzahlen und zunehmende Produktindividualisierung reagieren können. Dabei stehen die Themenfelder Systemintelligenz, Wandlungsfähigkeit, energieeffiziente Prozessgestaltung sowie die nahtlose Integration digitaler und autonomer Funktionen im Fokus. Durch die Verbindung von Mechanik, Elektronik, Informationstechnik und Automatisierung erforscht das wbk neue Ansätze für die Entwicklung wandlungsfähiger Produktionssysteme und vernetzter Fabriken, die sich selbst konfigurieren, überwachen und optimieren können.

Das wbk bietet wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Studierenden durch die moderne und umfangreiche Sachausstattung ausgezeichnete Rahmenbedingungen für theoretische und experimentelle Forschungsarbeiten mit dem Ziel, das integrative Verständnis von den Prozessen über die Anlagen und Automatisierung bis hin zu vernetzten Fabriken zu vermitteln.

Mit Industriepartnern erarbeitet das wbk in gemeinsamen Projekten Lösungen für vielfältige Themenstellungen der Produktionstechnik und entwickelt außerdem mit Blick in die Zukunft Methoden und Prozesse für die Produktion von morgen.



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft



414

Professorinnen
und Professoren

22 816

Studierende

10 034

Beschäftigte

1 686

Internationale
Wissenschaftler-
innen und
Wissenschaftler

3 367

Promovierende

358

Auszubildende

**1 147,6
Mio. EUR**

Budget

© Manuel Balzer (KIT)

Themenfelder KIT und Herausforderungen Produktion

KIT
Karlsruher Institut für Technologie



Mobilitäts-systeme Energie Information, Systeme, Technologien Gesundheits-technologien Materialien in Technik und Lebens-wissenschaften Mensch und Technik Klima und Umwelt

wbk



Volatile Märkte Individualisierung Kreislaufwirtschaft



Fertigungs- und Werkstofftechnik Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung Produktionssysteme

3 14.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik

Themenfelder KIT und Herausforderungen Produktion

KIT
Karlsruher Institut für Technologie



Mobilitäts-systeme Energie Information, Systeme, Technologien Gesundheits-technologien Materialien in Technik und Lebens-wissenschaften Mensch und Technik Klima und Umwelt

wbk



Volatile Märkte Individualisierung Kreislaufwirtschaft



Fertigungs- und Werkstofftechnik Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung Produktionssysteme

4 14.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik

wbk Institut für Produktionstechnik

Forschungspotfolio

KIT
Karlsruher Institut für Technologie

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger
Prof. Dr.-Ing. habil. Gisela Lanza
Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

5 14.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik

Kennzahlen

PERSONAL	
	▪ Wissenschaft 98
	▪ Technik und Verwaltung 29
	▪ Auszubildende 5
	▪ Studentische Hilfskräfte 338

LEHRE	
	▪ Lehrveranstaltungen 28
	▪ Prüfungen 2100
	▪ Abschlussarbeiten 312
	▪ Seminararbeiten 100

AUSSTATTUNG	
	▪ 4.500 m ² Laborfläche
	▪ ca. 120 Versuchsstände und Versuchsmaschinen
	▪ 3 mechanische Werkstätten mit Lehrlingsausbildung
	▪ Umfassendes Rechner- und Simulationsequipment

FINANZIERUNG

FINANZIERUNG	Anteil
Basisfinanzierung	10 %
Grundlagenforschung	16 %
Industrieprojekte	14 %
Verbundprojekte mit der Industrie	60 %

PROJEKTE

- Grundlagen-Forschungsprojekte 54
- Verbundprojekte 60
- Industrieprojekte 65

6 14.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

Die Karlsruher Herbsttagung

Die großen Fragen der Produktionstechnik

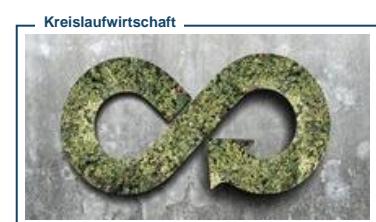


7 14.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Wirtschaftliche Herausforderungen und Trends für die Produktion



Wirtschaftliche Herausforderungen

Immer kürzere Produktlebenszyklen, starke krisenbedingte und politische Schwankungen, Individualisierung von Produkten, neue Technologien sowie ökologische Verantwortung stellen besondere Herausforderungen aber auch große Chancen für Wirtschaftsstandorte wie Deutschland dar

Anforderungen an Produktionssysteme der Zukunft

Hohe Flexibilität, Rekonfigurierbarkeit und Nachhaltigkeit bei einer hohen Produktivität gefordert

8 14.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger vertraulich



Karlsruher Forschungsfabrik®[®]
für die KI-integrierte Produktion

KIT
Karlsruher Institut für Technologie

ANALYTICS & SERVICES
CLOUD-EBENE
KI für die Optimierung etablierter Prozesse und schnelle Erüchtigung unreifer Produktionsprozesse

CONTROL & COMMUNICATION
STEUERUNGSEBENE
Modulare Netzwerkarchitektur mit Plug and Work Schnittstellen

SMART MACHINES
FELDEBENE
Intelligente Maschinen und Anlagen für innovative Prozesse

Um die Herausforderungen von Individualisierung und Kreislaufwirtschaft zu meistern, wird in der Forschungsfabrik Karlsruhe mit über 35 Industrierobotern an allen Facetten der Produktionsrobotik geforscht.

9 14.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik

Wie können Roboter diesen Herausforderungen gerecht werden?

KIT
Karlsruher Institut für Technologie

Vision Individualisierung
Roboter sind nicht nur Handhabungsmaschinen sondern haben das Potential Spezialmaschinen in der Produktion zu ersetzen.

10 14.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

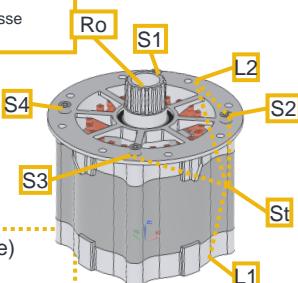
wbk Institut für Produktionstechnik

Wie können Roboter diesen Herausforderungen gerecht werden?



Komponente

- Name
- Geometrie
- Zentrum der Masse
- ...

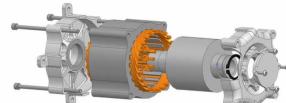


Relation (Kante)

- Typ
- Komponenten
- Grad der Freiheit
- ...

Robotergestützte Autonome Demontage

Automatisierung von der Planung bis zur Ausführung



Vision Kreislaufwirtschaft

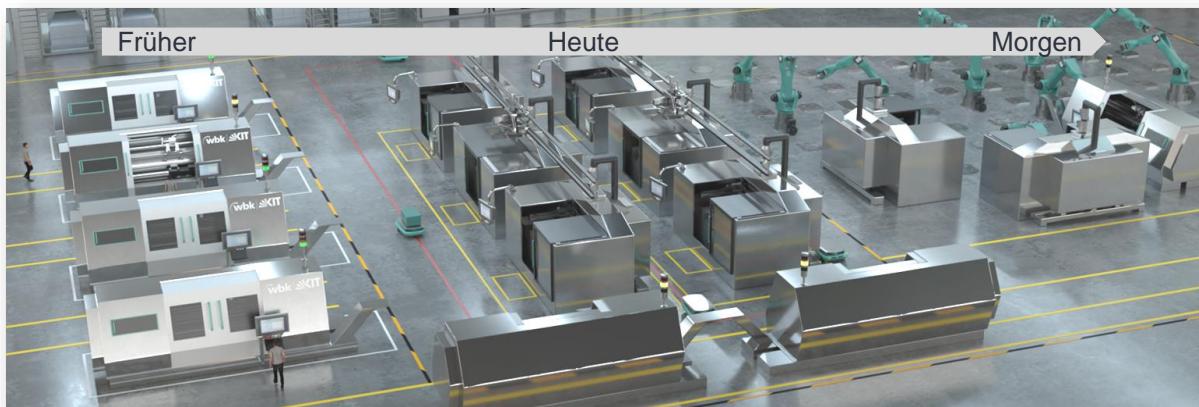
In der Kreislaufwirtschaft sind Roboter herkömmlichen Maschinen überlegen, da sie ihr Handeln direkt aus CAD-Daten ableiten können – und so flexibel auf unterschiedliche und unvorhergesehene Demontageaufgaben reagieren.

11 14.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Unsere Vision der Zukunft



Starre Fertigung

Automatisierte Werkstattfertigung

Robotische Produktion

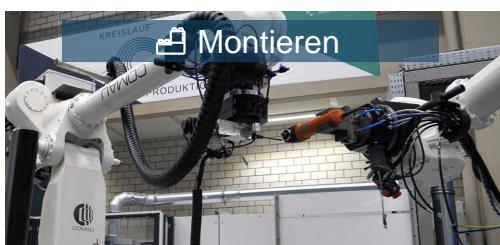
Roboter sind die Schlüsseltechnologie für eine flexible Produktion. Ihr Potenzial wird in der Industrie jedoch noch nicht voll ausgeschöpft.

12 14.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Roboter als Baustein der Flexibilisierung



13 14.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



08:00 REGISTRIERUNG

08:30 Prof. Dr. Jürgen Fleischer
Institutsleiter
wbk Institut für Produktionstechnik (KIT)

09:00 Prof. Dr. Torsten Kröger
Chief Science Officer
Intrinsic Innovation GmbH

09:30 NETWORKING PAUSE

10:00 Dr. Ralph Lange
R&D Manager für KI-basierte Robotik
TRUMPF SE + CO. KG

10:30 Andreas Röhring
Head of Strategy & Corporate Development
KUKA AG

11:00 Michael Scholz & Lukas Schermuly
Head of Factory Engineering & PL Automatisierungstechnik
Siemens AG

11:30 Dr. Alexander Blass
Vice President Strategy
Neura Robotics GmbH

12:00 MITTAGESSEN

13:00 LABORFÜHRUNG

14:00 Dennis Möllensiep
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Lehrstuhl für Produktionssysteme (RUB)

14:30 Dr. Eduard Gerlitz
Head of Innovation & Technology
MABI Robotics AG

15:00 NETWORKING PAUSE

15:30 Dr. Marc Wawerla
CEO INTRINSIC
Carl Zeiss IQS Deutschland GmbH

16:00 Jan Baumgärtner
Wertstromkinematik
wbk Institut für Produktionstechnik (KIT)

16:30 ABSCHLUSSDISKUSSION

17:00 VERANSTALTUNGSSENDE



intrinsic KUKA LPS LEHRSTUHL FÜR
PRODUKTIONSSYSTEME

MABI[®]
ROBOTIC

NEURA
ROBOTICS

TRUMPF
ZEISS

Orientierungsplan

KIT
Karlsruher Institut für Technologie

Toilette
2. Stock

Toilette

Führung

Foyer

Herbsttagung

Fragen? Wenden Sie sich an uns!

15 14.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik

Herzlich Willkommen!

„Artificial Specialized Intelligence for Industrial Manufacturing“

Prof. Dr.-Ing. Torsten Kröger

KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

wbk Institut für Produktionstechnik

Notizen

2 Keynote zur Robotik in der Produktion

2.1 Keynote - Artificial Specialized Intelligence for Industrial Manufacturing

Referent

Prof. Dr. Torsten Kroeger ist Chief Science Officer bei Intrinsic. Er ist ein Serienunternehmer mit einer beeindruckenden Erfolgsbilanz in den Bereichen Robotik und KI-Softwareinnovation, der die Unternehmen Reflexxes GmbH und Loom Vision GmbH gegründet und erfolgreich verkauft hat. Zu seinen umfangreichen Erfahrungen gehören die Leitung einer Robotik-Softwareabteilung bei Google und eine Professur am Karlsruher Institut für Technologie. Prof. Kroegers Branchenkenntnisse werden durch seine Beratertätigkeit für große Unternehmen wie Volkswagen AG, KUKA und Google, Inc. unterstrichen. Er hat viele renommierte Auszeichnungen bekommen, darunter den 2022 IEEE RAS George Saridis Leadership Award, und ist Mitglied der 2023 IEEE Fellow Class.



Intrinsic

intrinsic

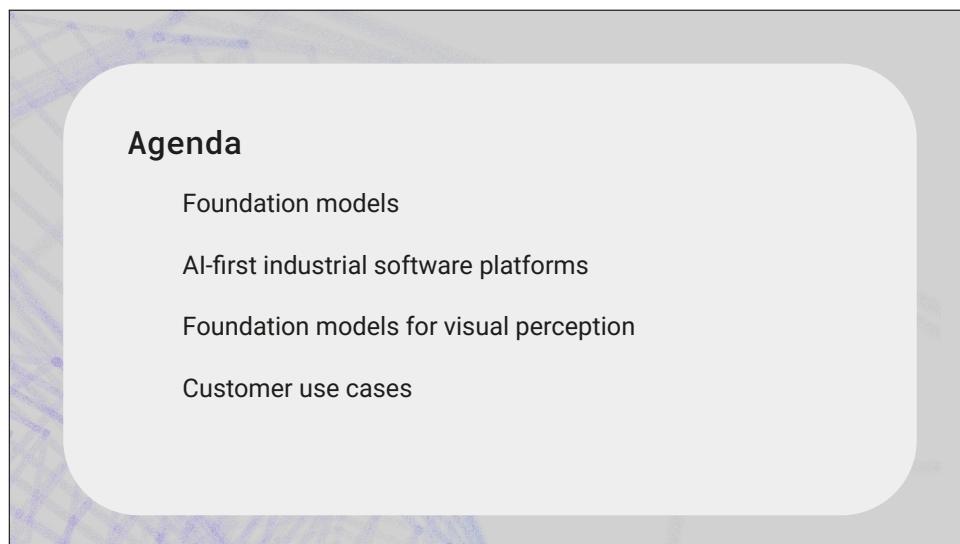
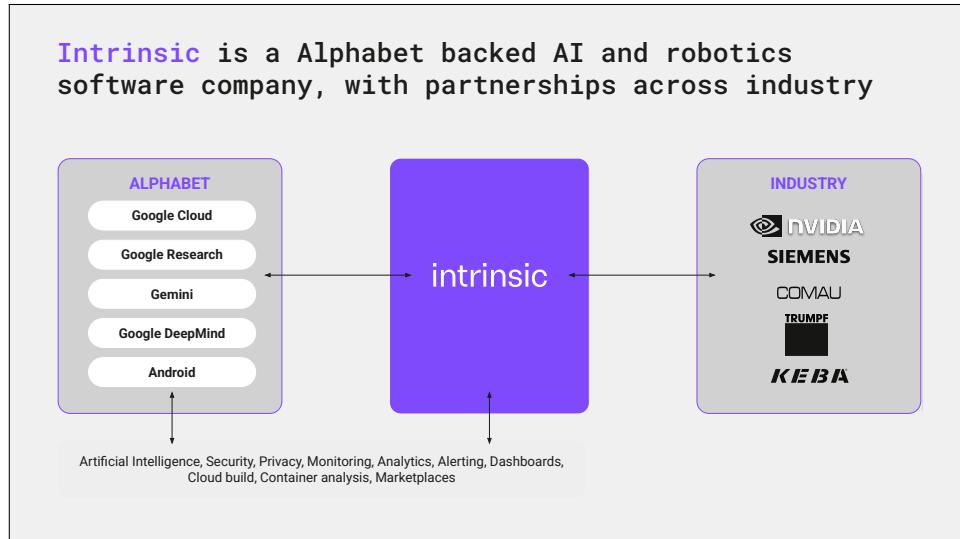
Die Intrinsic Innovation GmbH ist ein Unternehmen für Robotik-Software und Künstliche Intelligenz innerhalb der Alphabet-Gruppe. Das Ziel des Unternehmens ist es, Industrieroboter für eine breite Zielgruppe aus Unternehmen und Entwicklern zugänglich und nutzbar zu machen. Das Team besteht aus Ingenieuren, Robotikern, Designern und Technikern, die sich mit Leidenschaft dafür einsetzen, das kreative und wirtschaftliche Potenzial der Industrierobotik zu erschließen.



Intrinsic's Mission

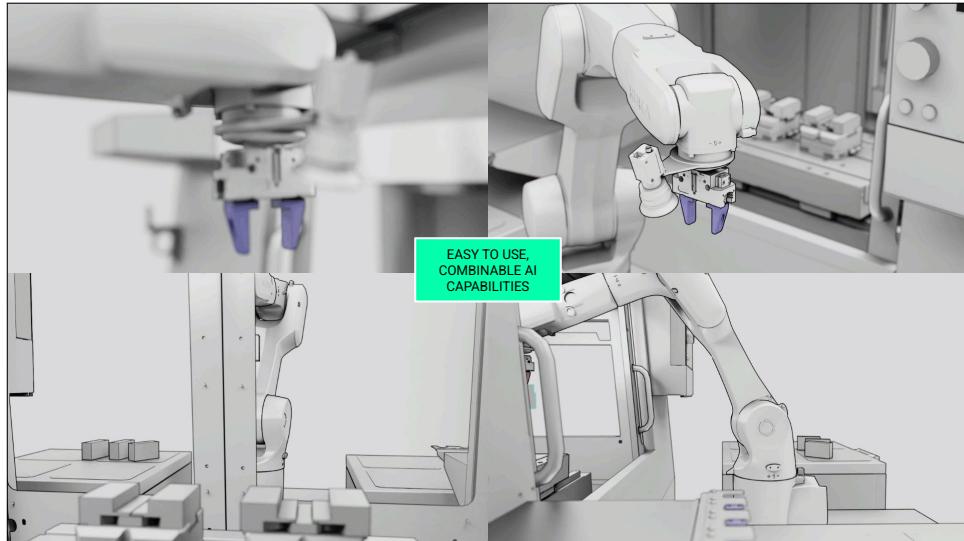
Democratizing access to robotics

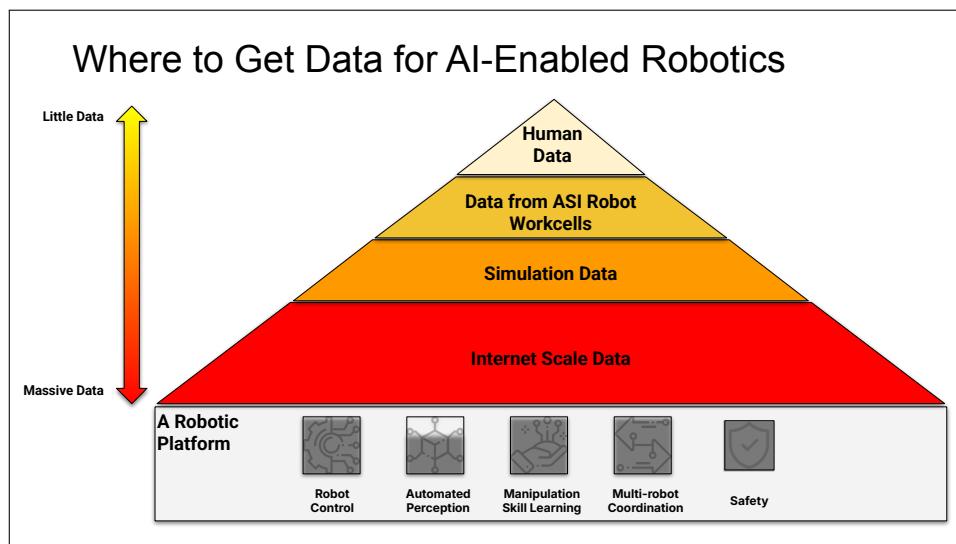
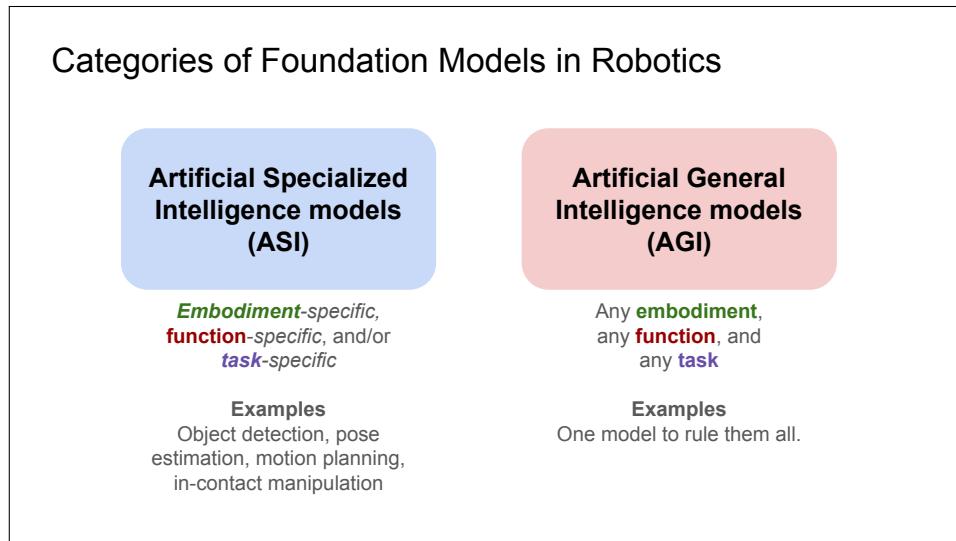
We're building a **robotics & AI software platform** to unlock the potential of robotics for millions more developers, entrepreneurs, and businesses



What Is a Foundation Model?

A foundation model is a large-scale artificial intelligence (AI) model trained on vast amounts of broad, often unlabeled, data that can then be adapted to a wide range of **downstream tasks with minimal fine-tuning**.





The Role of Different Data Sources

Model	Internet scale data	Synthetic data	Data automatically collected by robots	Data manually collected by humans
Visual perception	x	x		
Task planning	x	x		
Free-space motion planning		x		
Grasp planning		x	x	
In-contact manipulation		x	x	x



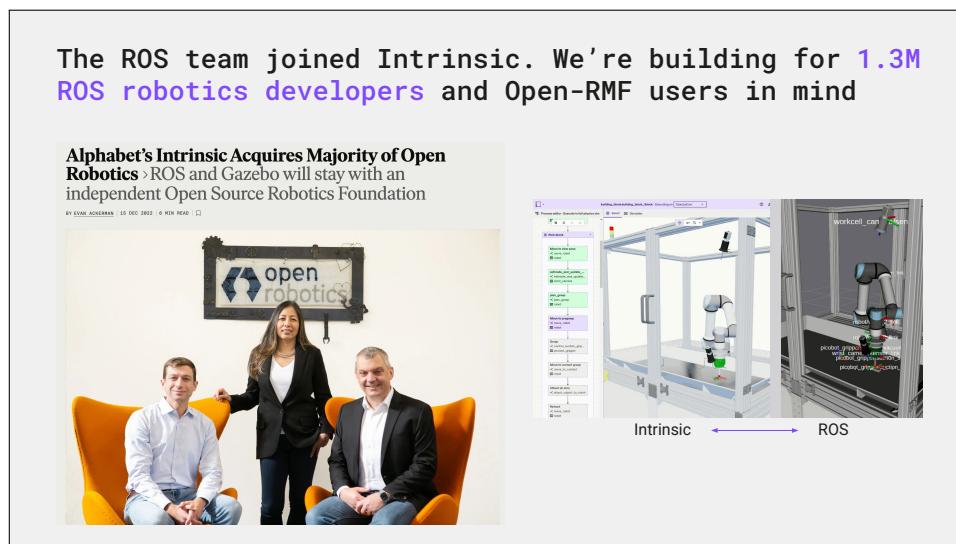
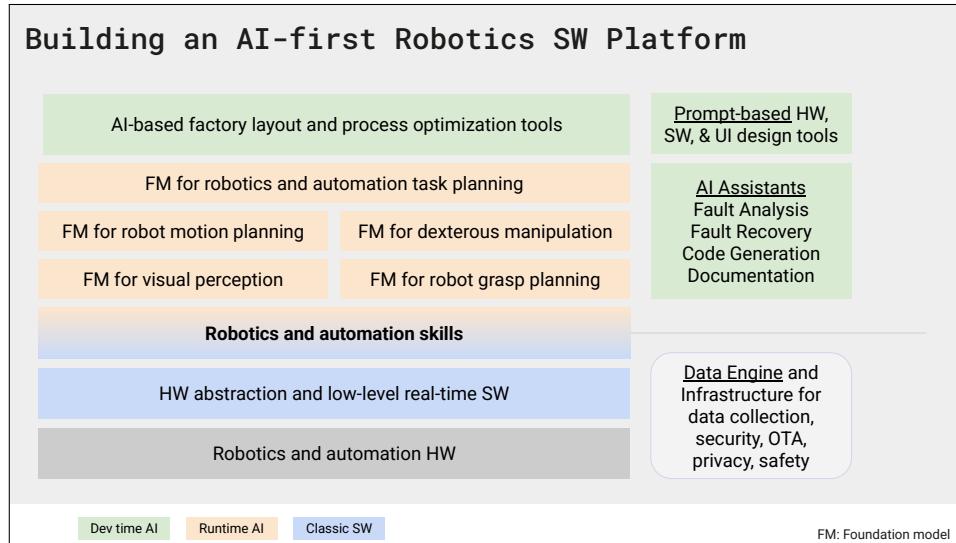
Agenda

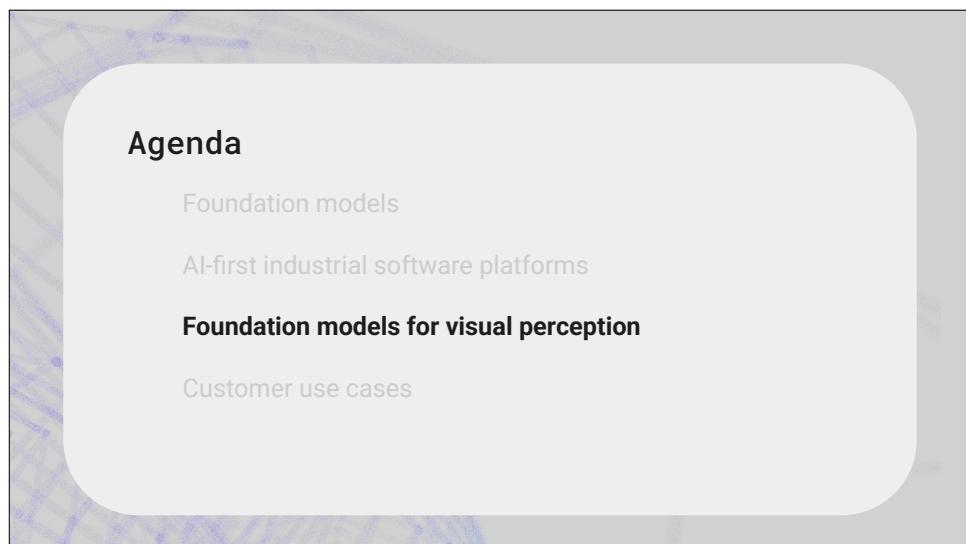
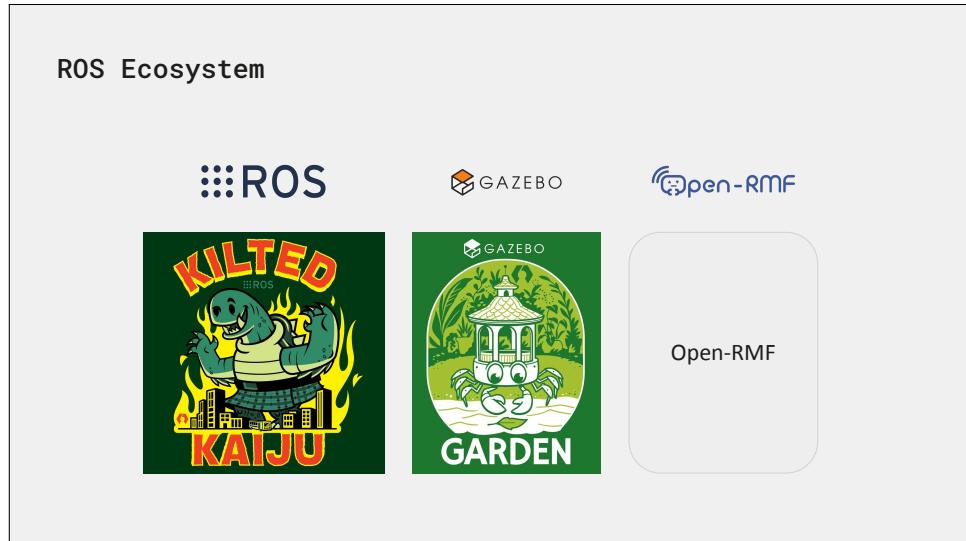
Foundation models

AI-first industrial software platforms

Foundation models for visual perception

Customer use cases





Trained Pose Estimators (2016-2024)



Benefits:

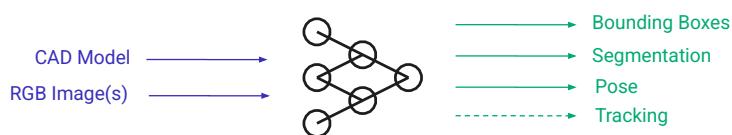
- Accurate
- Reliable
- Task Specific
- CAD Specific
- Complex
- Training Time / Training Cost

Drawbacks:

- Task Specific
- CAD Specific
- Complex
- Training Time / Training Cost

Foundation Model for Perception (2024+)

Generalized foundation model for all your industrial perception needs



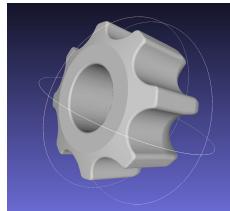
Benefits:

- Accuracy
- Reliability
- Simple
- No training
- General

Drawbacks:

- Runtime (WIP)

Example - Input Data

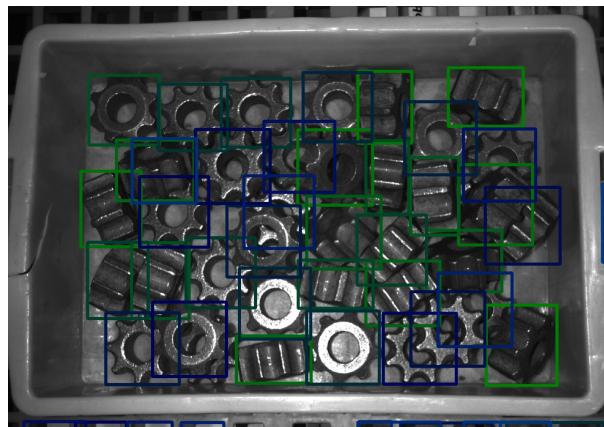


CAD



Image Data

Example - Output Data (Bounding Boxes)



Example - Output Data (Segmentation)



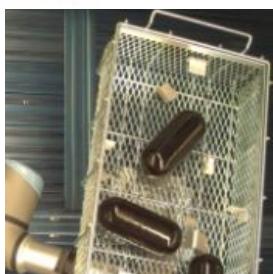
Example - Output Data (Pose Estimation)



Perception Challenge for Bin-picking



BOP Benchmark for 6D Object Pose Estimation



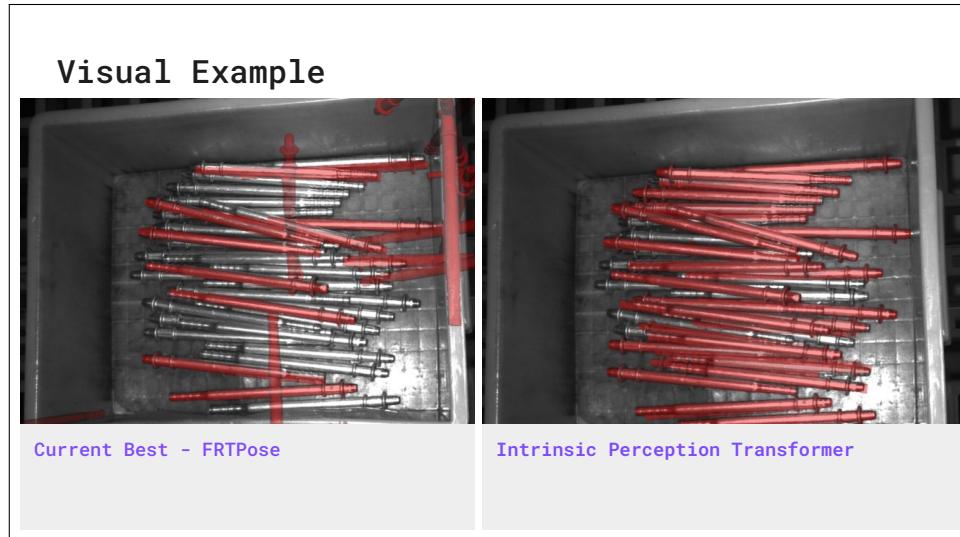
Industrial Pose
Dataset (IPD)
Intrinsic



ITODD Dataset
MV-Tech



XYZ-IBD Dataset
XYZ-Robotics



Foundation Models for visual perception

ML Model Comparison

	Traditional ML Model (2016-2024)	Foundation Model (2024+)
Training time per part	< 30 mins	immediate
Training cost per part	< \$10	free
Flexibility	medium	high (one-shot learning)
Runtime performance	great	good (WIP)
Accuracy	sub-pixel	sub-pixel
Business value	Suitable medium- and high-volume applications	Ideal for high-mix/low-volume use cases

Agenda

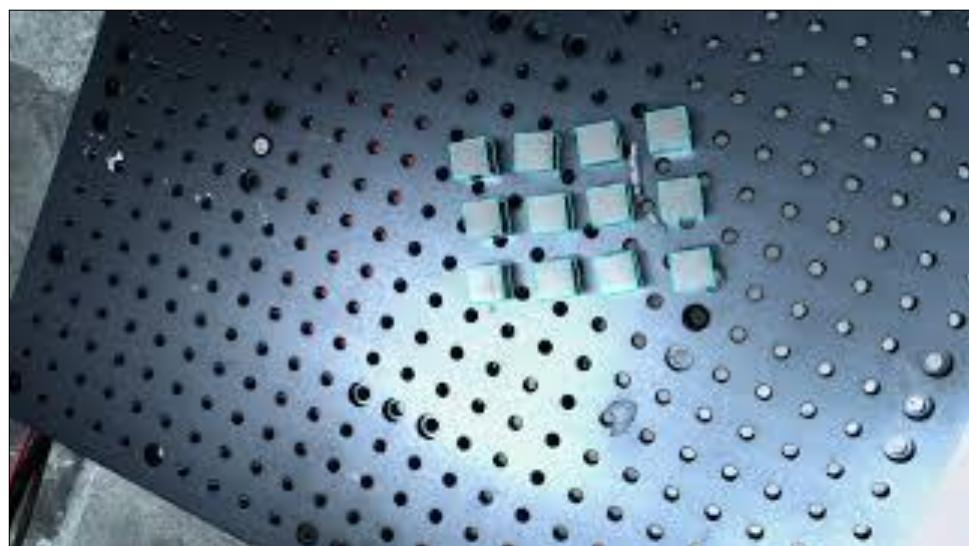
Foundation models

AI-first industrial software platforms

Foundation models for visual perception

Customer use cases





Agenda

- Foundation models
- AI-first industrial software platforms
- Foundation models for visual perception
- Customer use cases

Take-home Message

Foundation models for visual perception in robotics...

- ...significantly increase **flexibility**
- ...deliver high **robustness** and reliability
- ...require zero training and **zero training cost**
- ...enable **high-mix**/low-volume use cases
- ...are **simple** to deploy (no coding required)



Thank you.

Notizen

3 Handhabung

Besonders im Bereich des robotischen Handhabens zeigt sich das Potenzial der Robotik, Prozesse effizienter, sicherer und anpassungsfähiger zu gestalten. Von der automatisierten Maschinenbestückung bis hin zu intelligenten, vernetzten Produktionszellen wird deutlich, dass moderne Robotik weit über klassische Bewegungsabläufe hinausgeht. Dazu verbindet sie Simulation, künstliche Intelligenz und Mobilität zu einem integralen Bestandteil der Smart Factory.

Bei Dr. Ralph Lange von TRUMPF geht es um innovative Lösungen zur Automatisierung der Be- und Entladung von Werkzeugmaschinen. Da insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen vor der Herausforderung stehen, trotz Fachkräftemangel und steigendem Kostendruck eine flexible Produktion zu realisieren, präsentiert TRUMPF eine KI-basierte Robotikplattform, die ohne klassische Programmierung auskommt. Durch den Einsatz digitaler Zwillinge, modularer Software-Skills, KI-gestützter Perzeption und einer roboteragnostischen Steuerung entsteht ein System, das Automatisierung neu denkt. Anhand konkreter Praxisbeispiele zeigt Dr. Lange, wie TRUMPF mit dieser Technologie neue Maßstäbe in der Produktionsrobotik setzt und den Weg in Richtung einer intelligenten, flexiblen Fertigung ebnet.

Im zweiten Vortrag mit dem Titel „Robotics today and in the future“ wird Andreas Roehring von der KUKA Deutschland GmbH einen Einblick in aktuelle Entwicklungen und Trends der industriellen Robotik geben. Der Vortrag beleuchtet, wie Simulation, Robotik, KI-Software und mobile Systeme zu autonomen Gesamtlösungen verschmelzen und damit neue Maßstäbe für Effizienz und Flexibilität in der Produktion setzen.

3.1 Autonomes Beladen und Entladen von Werkzeugmaschinen

Dr. Ralph Lange

Seit April 2025 ist Ralph Lange R&D-Manager für KI-basierte Robotik bei TRUMPF Werkzeugmaschinen. Sein Team und er entwickeln flexible, autonome Robotiklösungen, vor allem für die Materialhandhabung. Ein Beispiel ist der TRUMPF SortMaster Vision zum Sortieren von lasergeschnittenen Teilen ohne Programmieren. Zuvor forschte Ralph Lange zwölf Jahre bei Bosch Research im Bereich Robotik, insbesondere zu Systems & Software Engineering sowie autonomer Entscheidungsfindung und Planung. Zu diesen Themen trug er zu mehreren Robotikprodukten bei und unterstützte die Geschäftsbereiche zu Open- und Inner-Source bei der Softwareentwicklung in der Robotik. Im Kontext des EU-geförderten Projekts micro-ROS hat er eine Reihe von Beiträgen zu ROS 2 (Robot Operating System) geleistet. Seine Alma Mater ist die Universität Stuttgart, an der er 2010 promovierte.



TRUMPF Werkzeugmaschinen



Die TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG ist ein weltweit führender Anbieter von Werkzeugmaschinen und Lasertechnik für die industrielle Fertigung. Das Unternehmen mit Hauptsitz in Ditzingen bei Stuttgart steht für Innovation, Präzision und höchste Qualität in der Blechbearbeitung. Das Produktpotential umfasst Lösungen für das Schneiden, Stanzen, Biegen und Schweißen, ergänzt durch intelligente Automatisierungs- und Softwarelösungen zur Vernetzung von Produktionsprozessen im Sinne von Industrie 4.0. TRUMPF gilt als Technologieführer in der Kombination von Maschinenbau, Elektronik und Digitalisierung und unterstützt seine Kunden dabei, ihre Fertigungsprozesse effizienter, flexibler und nachhaltiger zu gestalten.



Dr. Ralph Lange

Autonomes Beladen und Entladen von Werkzeugmaschinen

Karlsruher Herbsttagung am wbk



Agenda

- 1** Unternehmensvorstellung
- 2** Roboter-Automatisierung bei TRUMPF
- 3** Automatisierungs-Plattform als Schlüssel zum Erfolg
- 4** Entwicklungsvorsprung durch Partnerschaften
- 5** Kundenbegeisterung durch smarte Robotertechnologie

2 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Agenda

- 1** Unternehmensvorstellung
- 2** Roboter-Automatisierung bei TRUMPF
- 3** Automatisierungs-Plattform als Schlüssel zum Erfolg
- 4** Entwicklungsvorsprung durch Partnerschaften
- 5** Kundenbegeisterung durch smarte Robotertechnologie

3 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



TRUMPF ist...



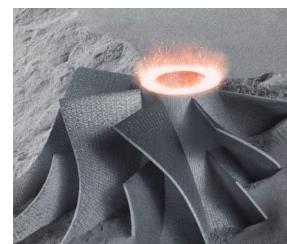
Familienunternehmen



Technologieführer



Kundenorientiert



Innovationsgarant

4 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Geschäftsbereich Werkzeugmaschinen

Laserschneidsysteme



Stanz-Kombinations-Systeme



Biegesysteme



Schweißsysteme



Rohr- und Profilbearbeitung



Smart factory software solutions



5 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Agenda

- 1** Unternehmensvorstellung
- 2** Roboter-Automatisierung bei TRUMPF
- 3** Automatisierungs-Plattform als Schlüssel zum Erfolg
- 4** Entwicklungsvorsprung durch Partnerschaften
- 5** Kundenbegeisterung durch smarte Robotertechnologie

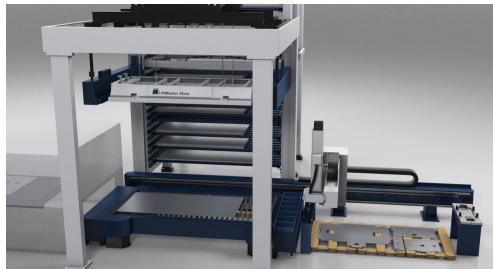
6 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Beispiele automatisierter Systeme

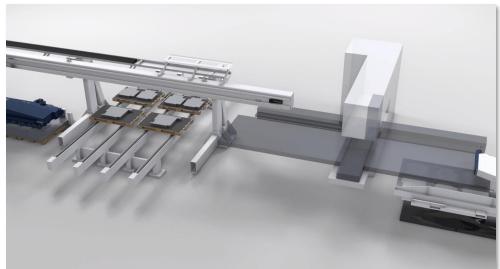
Automatisierung über alle Produktreihen hinweg

Laserschneidsysteme



- Rohmaterial laden, während die Anlage arbeitet
- Restblech wird automatisch eingelagert
- Sehr robust und schnell

Stanz-Kombinations-Systeme



- Ein Roboter für zwei Anwendungen
- Blechzufuhr + automatisiertes Absortieren
- Als Stanz- und Laserkombination verfügbar

8 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Beispiele automatisierter Systeme

Automatisierung über alle Produktreihen hinweg

Biegesysteme



- Achs-Verbund-System. System steuert 2 Roboter + Biegezelle
- Automatisches Rüsten, Aufnehmen, Biegen, Palletieren
- Doppelblecherkennung (ölige Umgebung)

Rohr- und Profilbearbeitung



- Vollständige Lageranbindung (100%-Automation)
- Hochgradig individualisierte Konzepte
- Bauteile werden in heißem Zustand absorbiert

9 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Beispiele automatisierter Systeme

Automatisierung über alle Produktreihen hinweg

Schweißsysteme



- Sehr hohe Geschwindigkeit und Positioniergenauigkeit
- Vom Einsteigermodell für lineares Schweißen bis zu großen komplexen Anlagen
- Laser- und Lichtbogenschweißen

Smart Factory Software Solutions



- Kundenspezifische Konfiguration
- Vernetzte Fertigung
- Verkettung unterschiedlicher Produktfamilien

10 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Beispiele automatisierter Systeme

Automatisierung über alle Produktreihen hinweg

Flexible Schneid- und Schweißsysteme



- „Universal Compact Cell“ mit modul. Automatisierungskonzept
- Für Schweiß- und Schneidanwendungen
- Einstieg in die Automation

Lasermarkier-Systeme



- Be- und Entladung in Kombination mit Kamerasystemen
- Mobile Roboterzelle
- Für Markier- und Schweißanlagen geeignet

11 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Agenda

- 1 Unternehmensvorstellung
- 2 Roboter-Automatisierung bei TRUMPF
- 3 Automatisierungs-Plattform als Schlüssel zum Erfolg
- 4 Entwicklungsvorsprung durch Partnerschaften
- 5 Kundenbegeisterung durch smarte Robotertechnologie

12 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Problem Statement

Aktuell stehen (kleine) blechverarbeitende Unternehmen vor der **Herausforderung...**

... **qualifiziertes Personal (Stichwort: Programmierung)** zu finden
... **ihre Produktion kosteneffizient betreiben** zu können

13 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Herausforderungen aus Kundensicht Automatisierung als Lösungsansatz



14 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)



Agenda

- 1** Unternehmensvorstellung
- 2** Roboter-Automatisierung bei TRUMPF
- 3** Automatisierungs-Plattform als Schlüssel zum Erfolg
- 4** Entwicklungsvorsprung durch Partnerschaften
- 5** Kundenbegeisterung durch smarte Robotertechnologie

20 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)

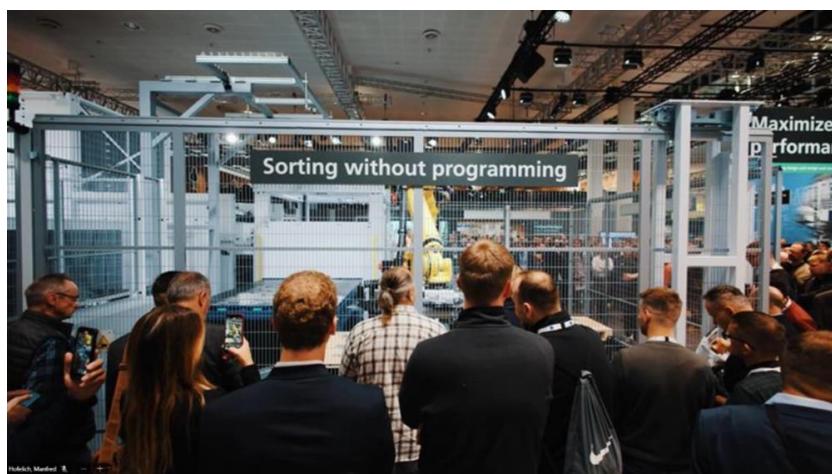




SortMaster Station and SortMaster Vision

Reliable separation,
autonomous sorting!

Der Erfolg in der Entwicklung...
...sorgt für Begeisterung bei Kunden



23 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)

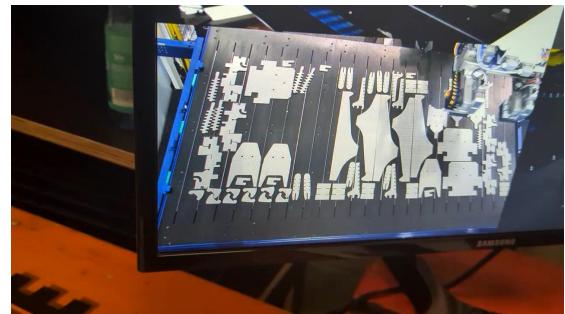
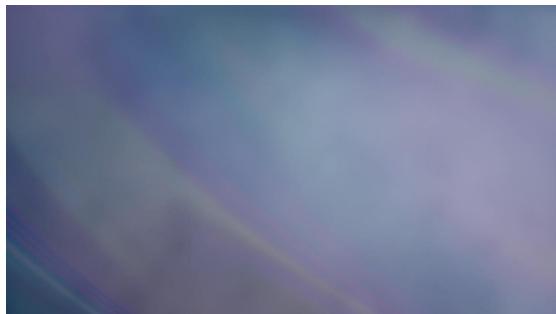


Roboter Programmierung neu gedacht Begeisterung durch „Real life experience“

Übertragen der „Gamification“ ...



... in die reale Welt



24 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)

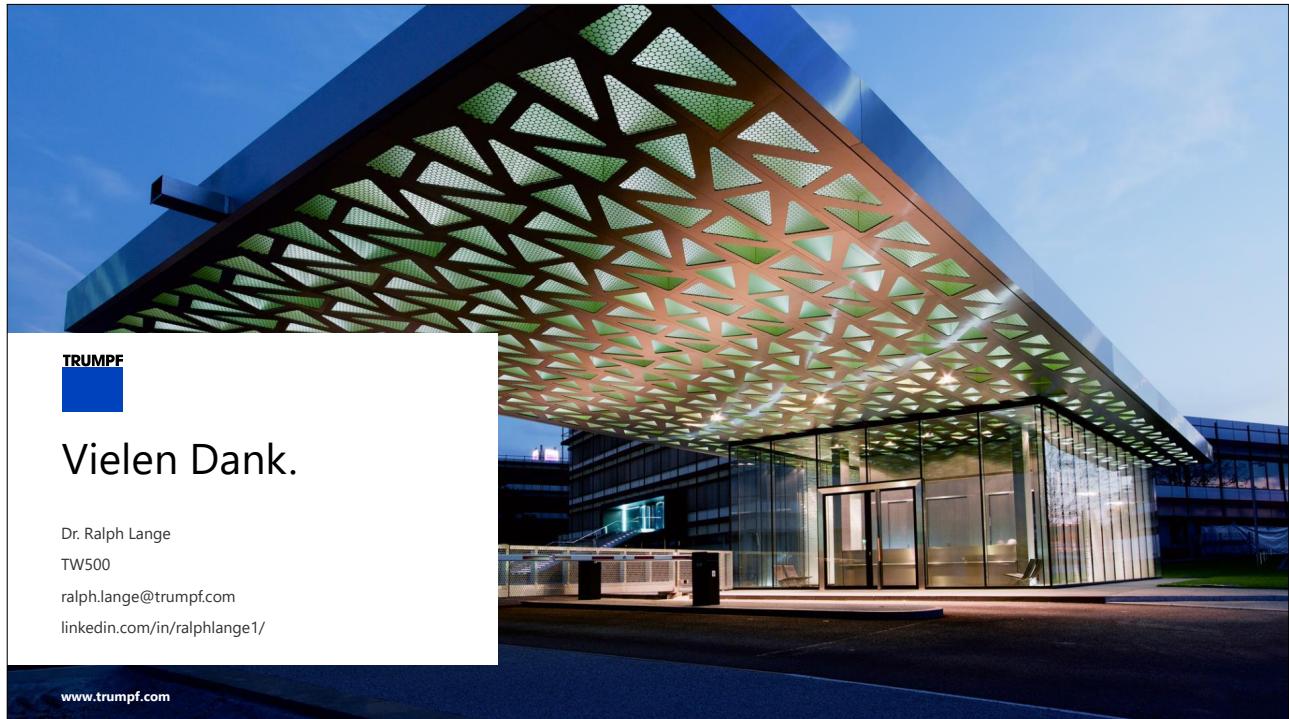


Q & A



25 | 23.10.2025 Karlsruher Herbsttagung (wbk)





Notizen

3.2 Robotics today and in the future

Andreas Roehring

Andreas Röhrling ist Head of Strategy & Corporate Development bei der KUKA AG in Augsburg und verfügt über langjährige Erfahrung in der strategischen Unternehmensentwicklung und im Innovationsmanagement. Seit vielen Jahren prägt er die Ausrichtung von KUKA im Bereich Robotik und Automatisierung, unter anderem als Leiter der Strategieabteilung von KUKA Robotics sowie in verschiedenen interimistischen Führungsfunktionen in den Bereichen Advanced Welding Solutions, Industry Management, Portfolio Management und Finance. Mit seiner Expertise an der Schnittstelle von Technologie, Markt und Unternehmensstrategie gestaltet er die Weiterentwicklung von KUKA hin zu einer intelligenten, vernetzten und zukunftsorientierten Industrie maßgeblich mit.



KUKA



Die KUKA Group ist ein international tätiger Automatisierungskonzern mit einem Umsatz von rund 3,7 Mrd. EUR und rund 15.000 Mitarbeitenden. Als einer der weltweit führenden Anbieter von intelligenten, ressourcenschonenden Automatisierungslösungen bietet KUKA Industrieroboter, autonome, mobile Roboter (AMR) samt Steuerungen, Software und cloudbasierten Digital-Services sowie vollvernetzte Produktionsanlagen für verschiedene Branchen und Märkte wie Automotive mit Schwerpunkt E-Mobility & Battery, Electronics, Metal & Plastic, Consumer Goods, Food, E-Commerce, Retail und Healthcare. Die KUKA Group ist mit über 100 Standorten in mehr als 50 Ländern aktiv. Die größten Standorte befinden sich in Deutschland, USA, China und Ungarn, der Hauptsitz ist in Augsburg. Zur KUKA Group gehören die Anlagenbausparte KUKA Systems, die Robotiksparte KUKA Robotics, Swisslog (Intralogistik-Automatisierung), Swisslog Healthcare (Krankenhaus- und Apotheken-Automatisierung) sowie die Digitalsparte KUKA Digital mit den Software-Spezialisten Visual Components, Device Insight und mosaixx.

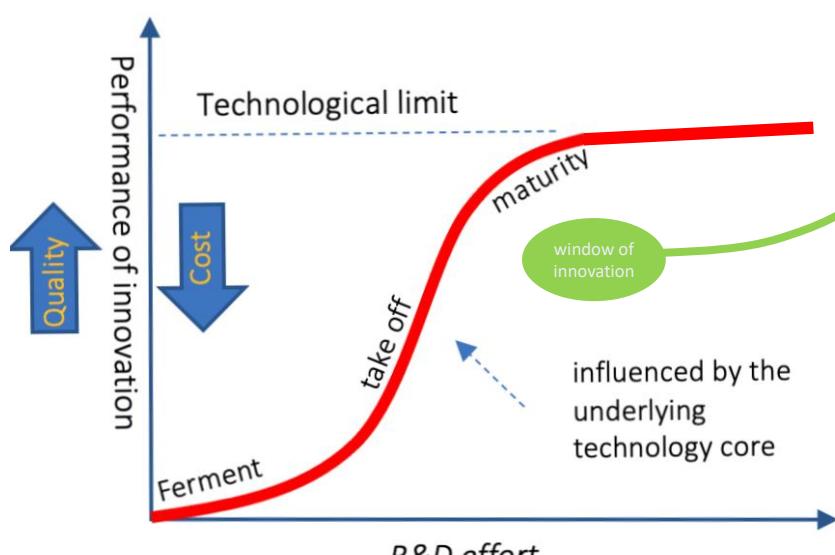
KUKA

Robotics today and in the future

- What is happening in the industry
- What is happening at KUKA

Andreas Roehring

Making automation easier



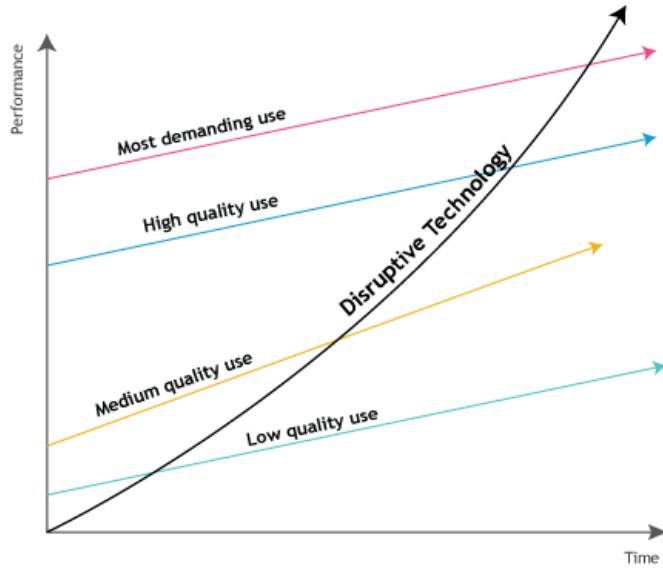
KUKA

Credit: Rokon Zaman: Innovation s-curve

Confidential

2

Disruption



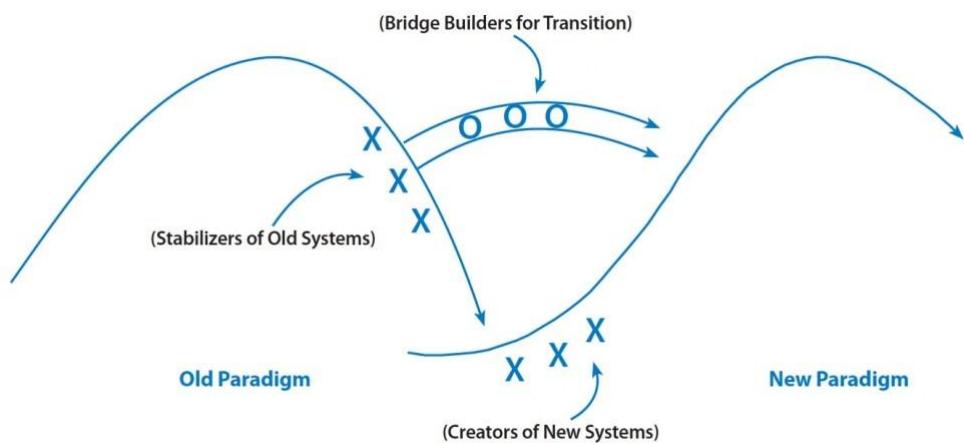
KUKA

Credit: Roussouw Nel: Disruptive Innovation Model

Confidential

3

Transition



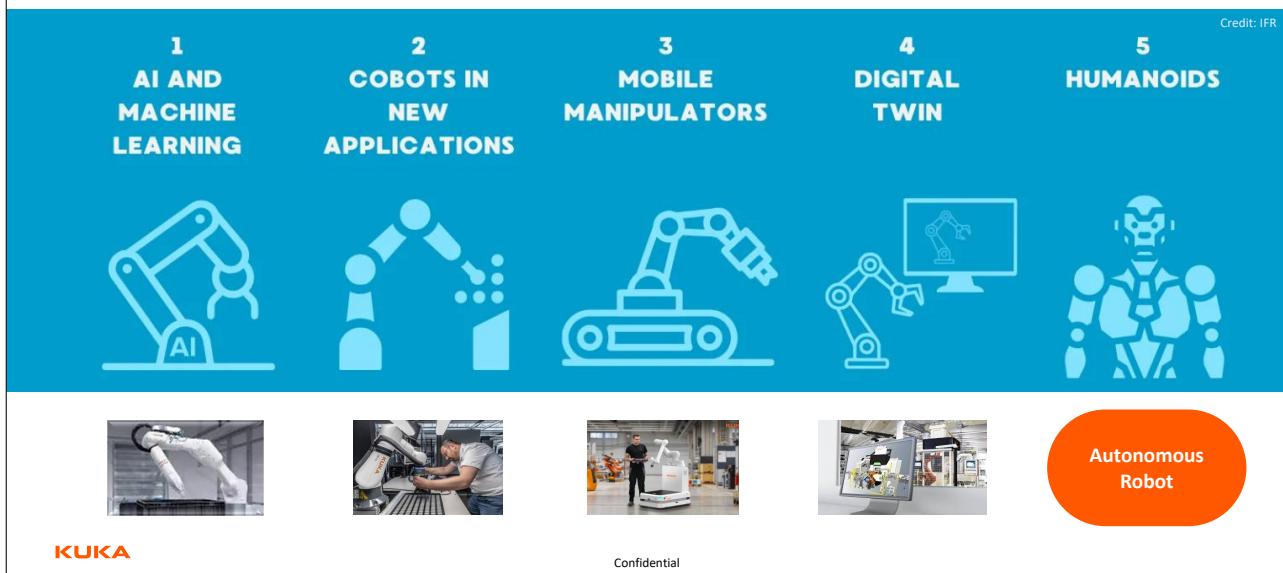
KUKA

Credit: Darlene Wolwic: Two Loops Model

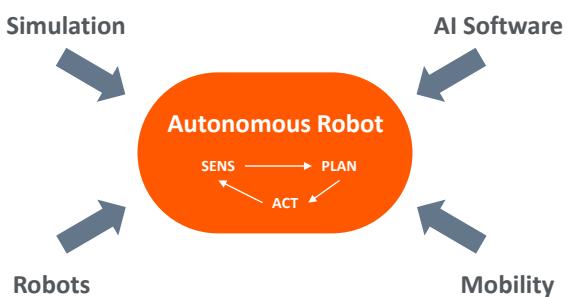
Confidential

4

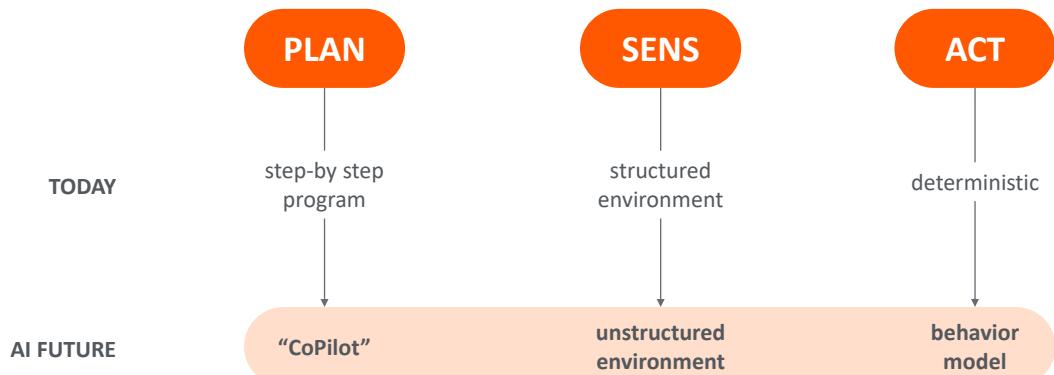
Setting trends in robot-based automation



Combining our technologies to make automation easier



AI is accelerating the capabilities of robots



KUKA

Confidential

Current discussions



Specialist

Expert at one thing

Generalist

Broad number of responsibilities



T-shaped

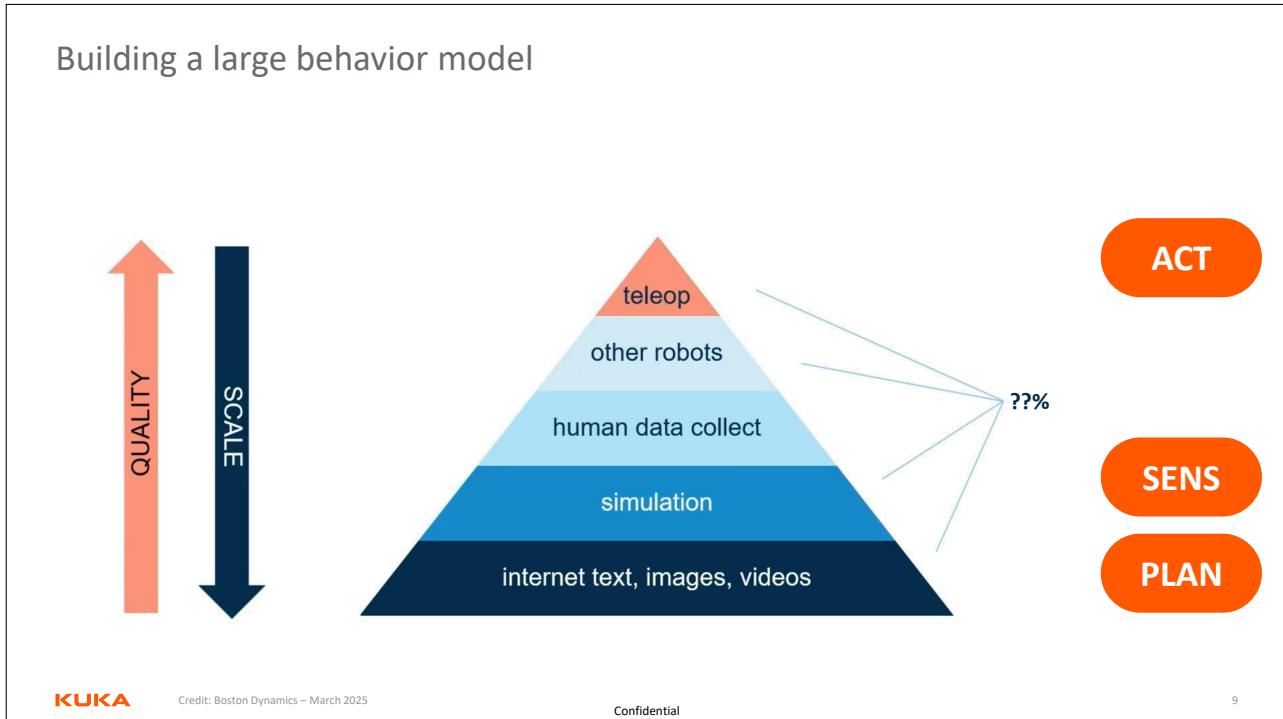
Expert at one thing and capable in a lot of other things

KUKA

Credit: Dára Sobaloju

Confidential

8



Microsoft | Customer Stories All stories Stories by product Contact Sales All Microsoft 🔎

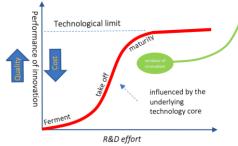
6/19/2025

Democratizing robotics: How KUKA is making automation accessible with Azure and AI

Share the story

Credit: Microsoft

Summary



1. There is a disruption happening in the robotics industry

2. We are combining the different ingredients



3. Solving our customers automation tasks

KUKA

Confidential

11

Notizen

4 Montage

Die Montage ist ein zentraler Bestandteil jeder industriellen Wertschöpfungskette und spielt eine entscheidende Rolle bei der Effizienz, Qualität und Flexibilität von Produktionsprozessen. In Zeiten zunehmender Variantenvielfalt und volatiler Märkte gewinnt insbesondere die robotische Montage an Bedeutung. Sie ermöglicht es, Prozesse dynamisch anzupassen, Mensch und Maschine optimal zu vernetzen und so den steigenden Anforderungen moderner Fertigungssysteme gerecht zu werden.

Im ersten Vortrag „Erfolgreiche Fertigung in turbulenten Zeiten“ stellen Dr. Michael Scholz und Lukas Schermuly von der Siemens AG das Konzept der Matrixproduktion vor, das auf maximale Flexibilität und schnelle Reaktionsfähigkeit ausgelegt ist. Anhand des Beispiels der Endmontage zeigen sie, wie die enge Zusammenarbeit von Mensch und Roboter neue Maßstäbe in der agilen Produktion setzt und eine zukunftsfähige, wandlungsfähige Fertigung ermöglicht.

Im zweiten Vortrag spricht Alexander Blass von der Neura Robotics GmbH unter dem Titel „Wenn Roboter mitdenken: Kognitive Robotik in der Industrie“ über die nächste Evolutionsstufe der industriellen Montage. Er zeigt, wie kognitive Robotik das klassische Montageszenario verändert, indem Roboter nicht nur handeln, sondern auch verstehen. Durch Wahrnehmung, Interpretation und Interaktion entsteht eine neue Qualität der Zusammenarbeit, die das Verhältnis von Mensch und Maschine grundlegend neu definiert.

4.1 Erfolgreiche Fertigung in Turbulenten Zeiten

Dr. Michael Scholz



Dr. Michael Scholz ist Leiter der Abteilung Factory Engineering bei Manufacturing Karlsruhe (MF-K), wo er disziplinarisch mehrere Technologiegruppen (z. B. SMT, THT) verantwortet. Er verfügt über langjährige Erfahrungen in der Industrie, insbesondere in der Planung, Einführung und dem Betrieb komplexer Fertigungsprozesse. In seiner Laufbahn sammelte Dr. Scholz umfangreiche Kenntnisse in Prozessoptimierung, Automatisierung und Produktionsengineering. Als Vortragender bringt er somit eine fundierte Verbindung aus theoretischem Fachwissen und praktischer Umsetzungskompetenz mit und wird Einblicke in technologische Innovationen ebenso wie in organisatorische Herausforderungen geben.

Lukas Schermuly



Lukas Schermuly ist Projektleiter für Automatisierungstechnik bei Siemens in Karlsruhe. Zuvor war er als Automatisieringenieur tätig und absolvierte ein duales Studium, dem er ein Masterstudium im Maschinenbau anschloss. Im Rahmen seiner beruflichen Tätigkeit beschäftigt er sich mit der Planung, Umsetzung und Optimierung automatisierter Fertigungsprozesse, insbesondere in industriellen Produktionsumgebungen, in denen Effizienz, Zuverlässigkeit und die Integration komplexer Systeme eine zentrale Rolle spielen. Als Vortragender bringt er umfassende Praxiserfahrungen aus der Industrie mit und vermittelt Einblicke in aktuelle Herausforderungen und Lösungsansätze der modernen Automatisierungstechnik.

Siemens

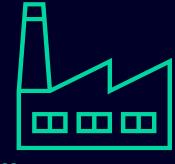
SIEMENS

Die Siemens AG ist einer der weltweit führenden Anbieter von Produkten, Systemen und Lösungen für die Antriebs- und Steuerungstechnik sowie für die Digitalisierung industrieller Produktionsprozesse. Mit dem Digital Enterprise-Portfolio verbindet Siemens reale und digitale Welten zu einem durchgängigen Datenfluss und nutzt den digitalen Zwilling, um Prozesse über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg zu optimieren. Durch die Integration von Automatisierung, Software und Cloud-Anbindung ermöglicht Siemens eine nachhaltigere, energieeffizientere und ressourcenschonendere Produktion.



FACTORY
OF THE YEAR

SV Veranstaltungen KEARNEY



#factory2be

Erfolgreiche Fertigung in
Turbulenten Zeiten
#factory2be

SIEMENS



Hallo, wir
sind Lukas
und Michael
#GernPerDu

SIEMENS

Unrestricted | © Siemens 2025 | DI PA GFN MF-K | KIT WBK Herbsttagung | Oktober 2025

Manufacturing Karlsruhe

Wir sind...



Ein Team
aus **950** Menschen
mit **28**
verschiedenen
Nationalitäten

Innovativ
Neuanläufe / Jahr
>160

Wachsen & lernen mit
unseren jungen Talenten
144

Uns begeistern
Technologien
mit echtem
Mehrwert
Produktvarianten
> 24 000

SIEMENS

Unrestricted | © Siemens 2025 | DI PA GFN MF-K | KIT WBK Herbsttagung | Oktober 2025

Manufacturing Karlsruhe
„Immer am Puls der Zeit“



1951 Rundfunkgeräte

1983 Erster Siemens PC

1985 Prozessleittechnik

heute

Industrielle Kommunikation und Identifikation

Kundenspezifische Industrie PCs

Prozess-automatisierung

Wandlungsfähig seit 1951

SIEMENS

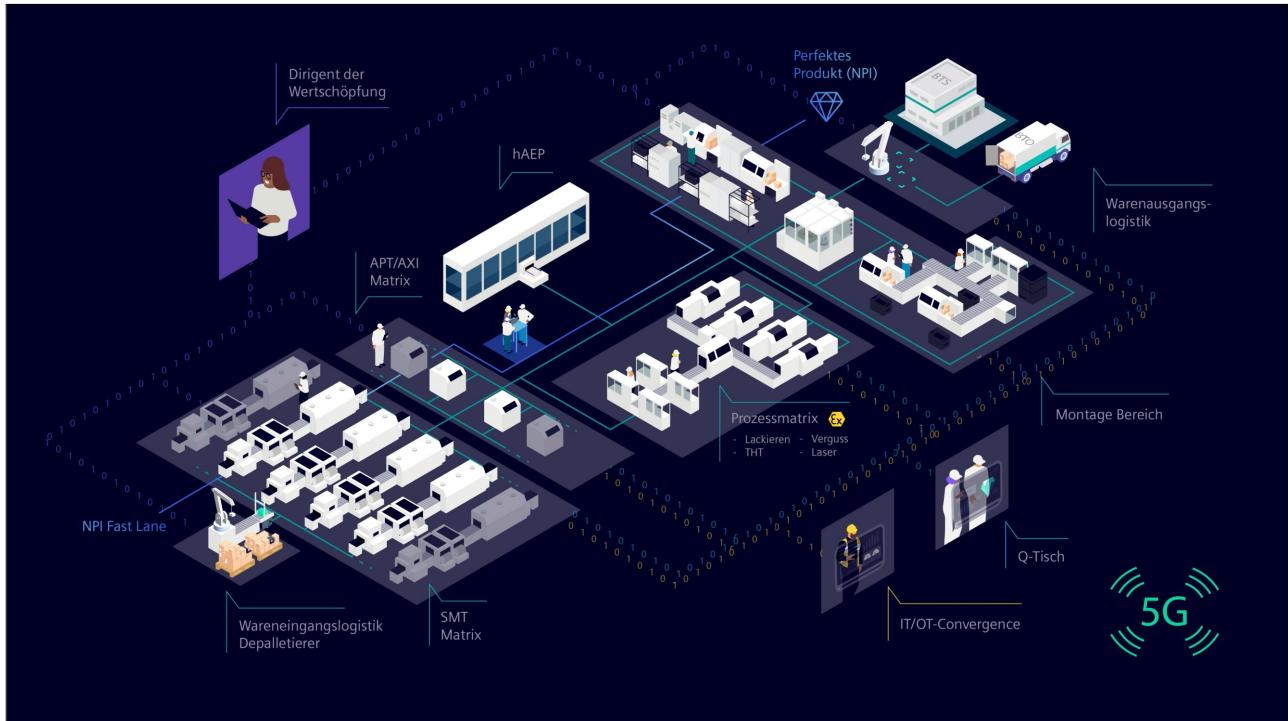
Unrestricted | © Siemens 2025 | DI PA GFN MF-K | KIT WBK Herbsttagung | Oktober 2025

Matrix-Produktion im Fluss – der Start

**Flexibilität und Anpassungsfähigkeit
ermöglichen schnelle Reaktionsfähigkeit
und effiziente Skalierung.**

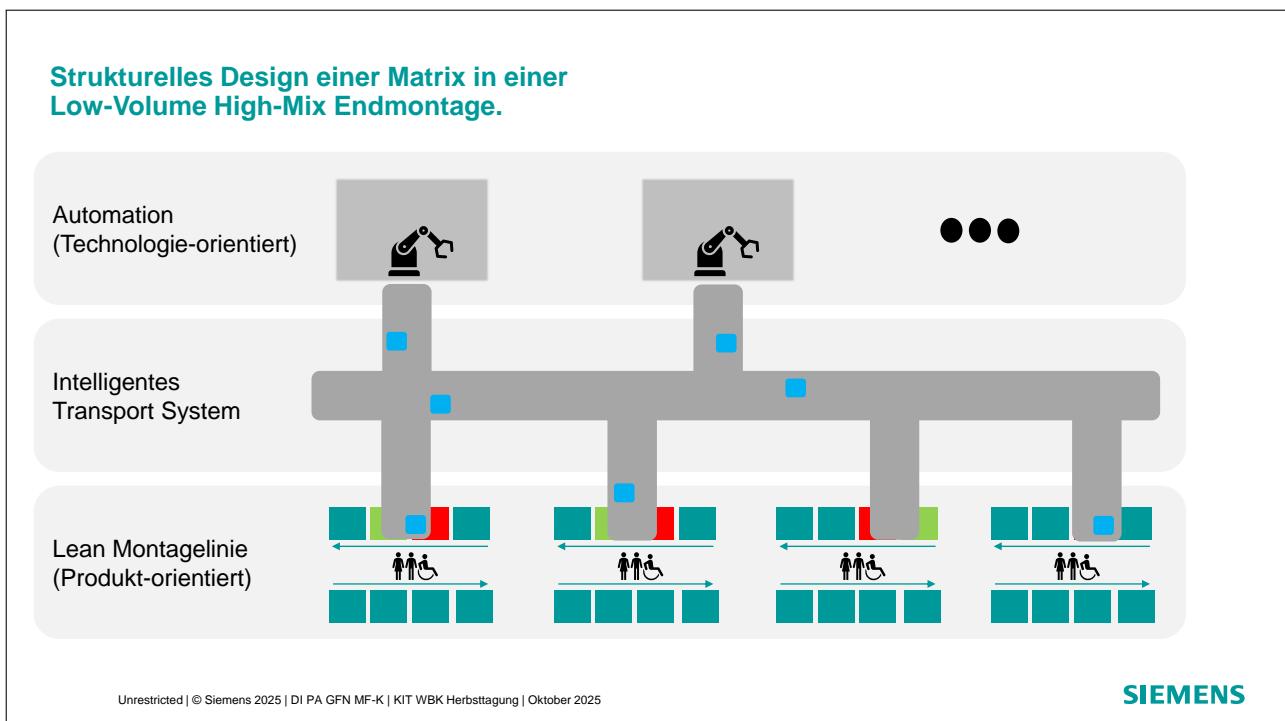
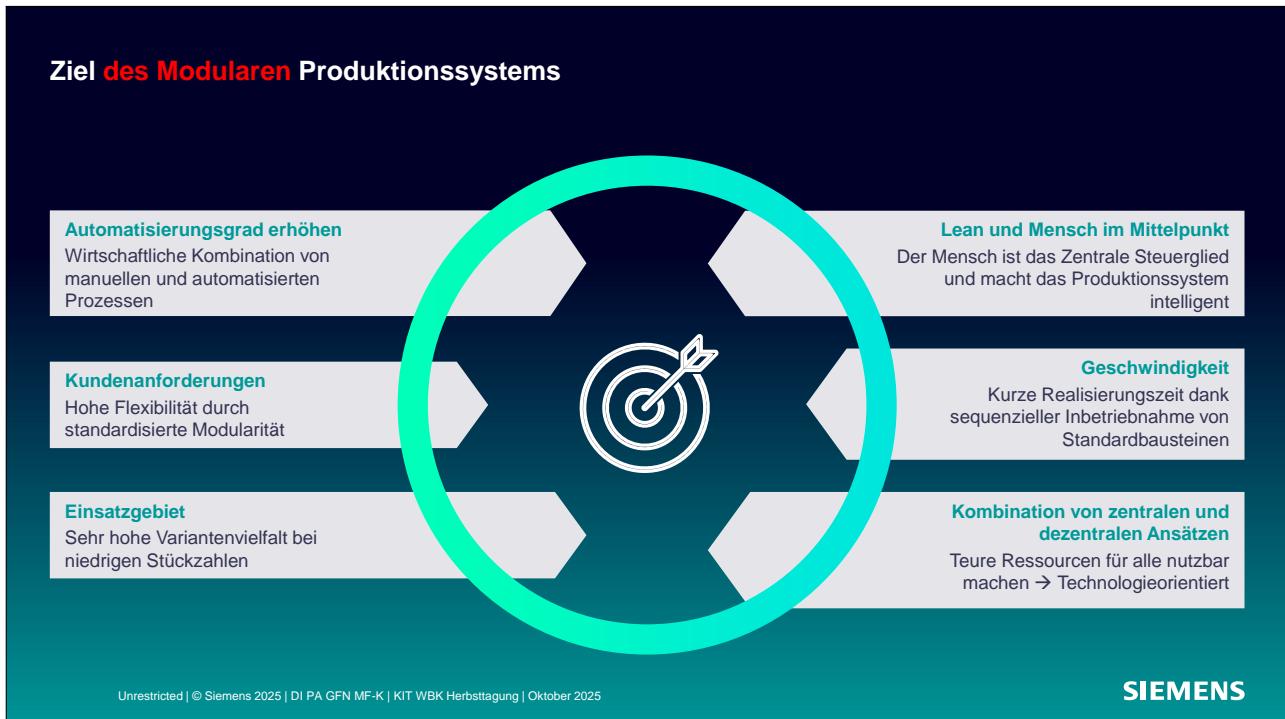
Unrestricted | © Siemens 2025 | DI PA GFN MF-K | KIT WBK Herbsttagung | Oktober 2025

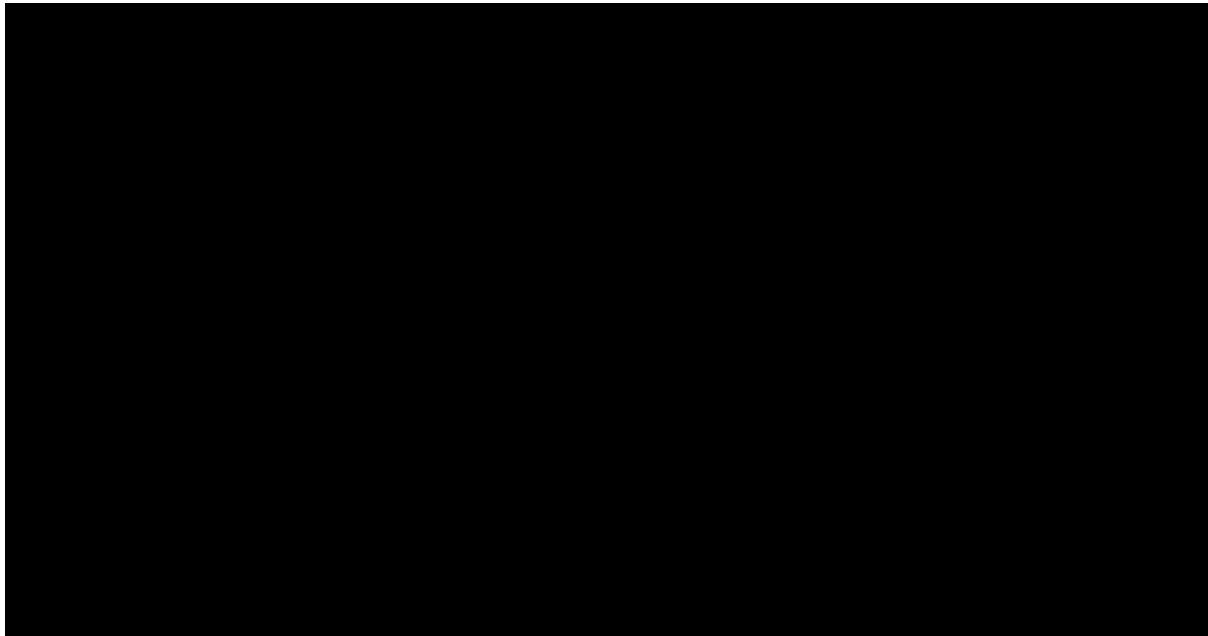
SIEMENS



Matrix-Produktion im Fluss – Volume II

**Transfer der Technologieorientierung in die
Endmontage unter Beibehaltung des
One-Piece-Flow.**

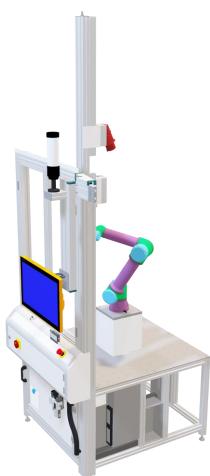




Unrestricted | © Siemens 2025 | DI PA GFN MF-K FE | Macis Lernreise | September 2025

SIEMENS

Standardzelle als Basis unseres modularen Baukastensystems

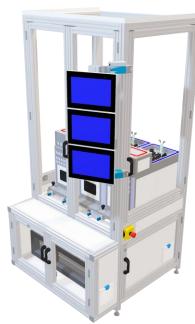


Basismodul:

- 3 identische Technologieseiten
- Beinhaltet alles, was wir für eine Automatisierung benötigen
- Produktunabhängig

Technologiemodul:

- Beinhaltet alles, was wir für die Veredlung notwendig ist
- Eigenständige Steuerung
- Teilweise Produktspezifisch



Unrestricted | © Siemens 2025 | DI PA GFN MF-K | KIT WBK Herbsttagung | Oktober 2025

SIEMENS

Die Minimatrix transferiert die Erkenntnisse der FBG-Matrix in die Endmontage.

Produkt bestimmt selbstständig seine Prozessroute



Die Mitarbeiter sind zentraler Bestandteil und steuern das Produktionssystem



Hohe Zuverlässigkeit Dank dezentralem modularen Ansatz



Kurze Realisierungsdauer durch sequenzieller IBN



Kurze Umbauzeiten für Rekonfigurationen



Standardisierter Modulbaukasten



Kombination aus manuellen und automatisierten Prozessen



Produktkostensenkung auch bei niedrigen Stückzahlen



Unrestricted | © Siemens 2025 | DI PA GFN MF-K | KIT WBK Herbsttagung | Oktober 2025

SIEMENS

Matrix-Produktion im Fluss - Erkenntnisse

Die Vorteile der Wandlungsfähigkeit für eine Elektronikfertigung in Deutschland.

Unrestricted | © Siemens 2025 | DI PA GFN MF-K | KIT WBK Herbsttagung | Oktober 2025

SIEMENS

Wandlungsfähigkeit durch Matrixproduktion
Vorteile für unsere Elektronikproduktion



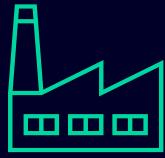
Visualization powered by GenAI

- **Hohe Variantenvielfalt effizient beherrschbar → Schnelle Anpassungen** ohne lange Umrüstzeiten
- **Skalierbarkeit und Flexibilität →** Fertigungskapazitäten können leichter **erweitert** oder **umfunktioniert** werden
- **Effiziente Nutzung von Ressourcen →** Engpässe werden **eliminiert** und freie Kapazitäten **nutzbar**
- **Resilienz bzw Robustheit →** Flexibilität und Anpassungsfähigkeit ermöglichen eine **schnelle** Reaktionsfähigkeit und **effiziente** Skalierung
- **Einsatz moderner Technologien →** z.B. **skalierbare Automatisierung** bei mittleren Losgrößen (KI, IoT Sensorik, AGV's, ...)

Unrestricted | © Siemens 2025 | DI PA GFN MF-K | KIT WBK Herbsttagung | Oktober 2025

SIEMENS

Folgt uns auf [LinkedIn](#) unter



#factory2be

und lasst uns unter [eurem Foto wissen](#), wie ihr die Tour fandet!



Scan
me





Manufacturing Karlsruhe
#factory2be



FACTORY OF THE YEAR
KEARNEY



Manufacturing Karlsruhe
#factory2be

SIEMENS



Notizen

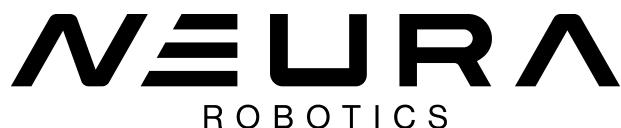
4.2 Wenn Roboter mitdenken: Kognitive Robotik in der Industrie

Dr. Alexander Blass

Dr. Alexander Blass ist als Vice President Strategy bei NEURA Robotics tätig und setzt dabei einen klaren strategischen Fokus auf Innovationsmanagement, Venture-Capital-Finanzierung und Unternehmensskalierung. Seine Karriere begann mit einem Studium des Maschinenbaus, gefolgt von einem Masterabschluss in Luft- und Raumfahrttechnik. Seine Promotion in Turbulenzforschung verschaffte ihm tiefgehende Einblicke in komplexe dynamische Systeme. Bei NEURA Robotics ist Dr. Blass verantwortlich für die effiziente Umsetzung von Prozessen und Strukturen, die operative Skalierung sowie die Koordination von Investitionen. Durch die Weiterentwicklung der Kombination moderner agiler Methoden mit bewährten Strukturen hat er den Begriff „Hybride Agilität“ geprägt und strebt stetig danach, neue Wege zur Verbesserung von Effizienz und Flexibilität zu finden. Gemeinsam mit dem CEO spielt er eine Schlüsselrolle bei der Gestaltung der Wachstumsstrategie des Unternehmens und agiert als wichtige Brücke zwischen technischen Visionen und operativen Anforderungen.



NEURA



Die NEURA Robotics GmbH wurde 2019 von David Reger gegründet, um relevante Innovationslücken zu schließen und das Zeitalter der kognitiven Robotik zu begründen. Die vielfach preisgekrönten Innovatoren aus Metzingen verfolgen über die gesamte Produktpalette hinweg – von Industrie- bis Haushaltsroboter – einen strikten „One-Device“-Ansatz. Dahinter verbirgt sich die Idee vom Smartphone mit Armen und Beinen, das sämtliche zentrale Komponenten und Sensoren für physische künstliche Intelligenz in einem Gerät vereint. Mit dem „Neuraverse“ schafft das Unternehmen die Voraussetzung für den iPhone-Moment in der Robotik und schließt die Lücke zwischen Technologie und Menschlichkeit. Grundlegende kognitive Fähigkeiten, Sicherheits- und Betriebssystem sowie eine partneroffene Entwicklungsumgebung ermöglichen die Skalierung von Robotik-Anwendungen in nie dagewesener Form. Ein wachsendes Angebot von Apps und autonomes Lernen eröffnen Robotern jeglicher Bauform ein weites Einsatzfeld im gesellschaftlichen Alltag sowie bisher unerreichte Flexibilität und Kosteneffizienz in der Automatisierung. Das um NEURA entstehende Robotics Hub zieht viele internationale Marktführer an. So hat NEURA Robotics Partnerschaften mit Kawasaki Robotics, Omron Robotics and Safety Technologies, Delta Electronics und anderen führenden Herstellern etabliert. Alle für diesen Erfolg erforderlichen Innovationen und technologischen Komponenten, einschließlich der KI, werden von NEURA Robotics selbst entwickelt. Dadurch konnten neue Maßstäbe bei physischer KI, Präzision und Sicherheit gesetzt werden. Kognitive Roboter von NEURA können sehen, hören und haben einen Tastsinn. Sie handeln völlig autonom und lernen aus Erfahrung. Heute ist NEURA auf dem besten Weg, den ersten humanoiden Allzweckroboter auf den Markt zu bringen. Beim Opening der OMR im Mai 2025 wurde in Hamburg der erste Haushaltsroboter der Welt mit dem Namen MiPA vorgestellt.

Hinweis

Durch die NEURA Robotics GmbH wurde kein Vortrag für den gedruckten Tagungsband bereitgestellt. Wir bitten um Verständnis hierfür.

Notizen

5 Fertigung

Die robotische Fertigung bildet das Rückgrat moderner, wandlungsfähiger Produktionssysteme. Sie vereint Präzision, Anpassungsfähigkeit und Effizienz und ermöglicht so die wirtschaftliche Herstellung von Einzelteilen und Kleinserien ebenso wie von hochkomplexen Komponenten. Dank moderner Sensorik, intelligenter Steuerung und datenbasierter Prozessoptimierung übernehmen Roboter heute zunehmend Aufgaben, die einst ausschließlich spezialisierten Werkzeugmaschinen vorbehalten waren.

Im ersten Vortrag von Dennis Möllensiep vom Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS) wird das Verfahren der roboterbasierten inkrementellen Blechumformung – auch „Roboforming“ genannt – vorgestellt. Dieses innovative Umformverfahren erlaubt die Herstellung individueller Blechbauteile ohne kostenintensiven Formenbau. Anpassungen erfolgen allein über die Werkzeuggbahn zweier von Industrierobotern geführter Werkzeuge. Neben der Variante der Umformung bei erhöhter Temperatur werden aktuelle Forschungsergebnisse zur Vorhersage und Optimierung der Umformgenauigkeit mithilfe künstlicher Intelligenz präsentiert.

Im zweiten Vortrag berichtet Dr. Eduard Gerlitz von der Mabi Robotics GmbH unter dem Titel „Stahlfräsen mit CNC-Präzisionsroboter“ über die Anforderungen an robotische Fertigungssysteme, die hohen Prozesskräften standhalten müssen. Anhand von Beispielen aus der robotischen Zerspanung werden innovative Lösungen in den Bereichen Sensorik, Steuerung und Kalibrierung aufgezeigt, die Präzision und Prozesssicherheit auf ein neues Niveau heben.

5.1 Roboforming: roboterbasierte inkrementelle Blechumformung

Dennis Möllensiep

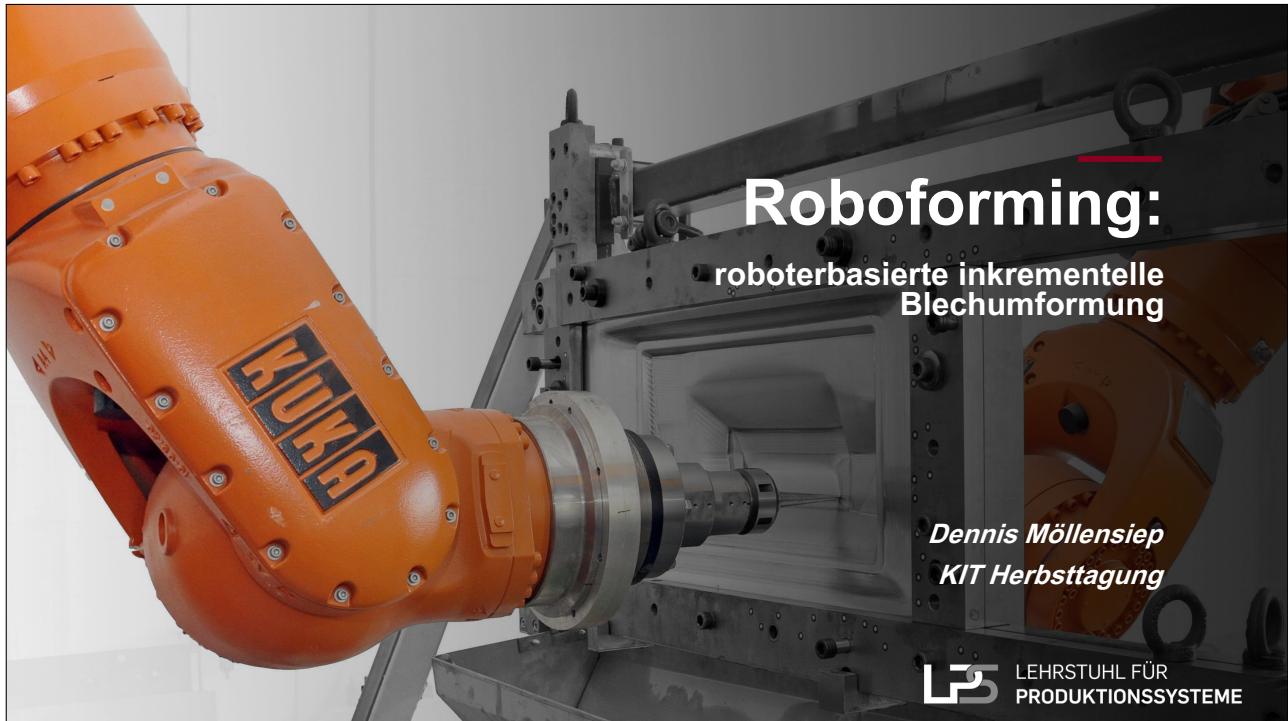
Dennis Möllensiep ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS) der Ruhr-Universität Bochum, wo er seit 2018 in Forschung und Lehre tätig ist. Seine Arbeit verbindet Robotik, künstliche Intelligenz und umformtechnische Fertigungsverfahren mit dem Ziel, datengetriebene Methoden zur Prozessoptimierung und Genauigkeitskompensation im robotergestützten inkrementellen Blechumformen zu entwickeln. Nach seinem Maschinenbaustudium an der Ruhr-Universität Bochum war er als Trainee am RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. in Dortmund tätig. Er ist Autor zahlreicher internationaler Veröffentlichungen und engagiert sich aktiv im Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Industrie, insbesondere durch die Entwicklung offener Forschungsframeworks wie ML4ISF und KRSC, die zur Weiterentwicklung intelligenter Fertigungssysteme beitragen.



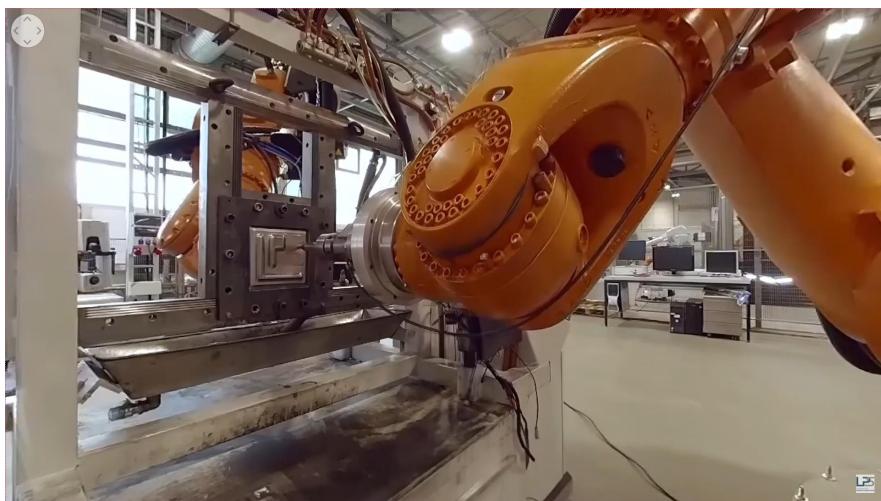
Lehrstuhl für Produktionssysteme



Der Lehrstuhl für Produktionssysteme der Ruhr-Universität Bochum – unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter – verfügt über langjährige Erfahrung in Automatisierungslösungen, industrieller Robotik, KI-Anwendungen und Produktionsmanagement. Mit der Lern- und Forschungsfabrik (LFF) steht Wissenschaftlern eine realitätsnahe Produktionsumgebung für Forschungsarbeiten zur Verfügung. Zudem wurde Anfang 2022 das Zentrum für das Engineering Smarter Produkt-Service-Systeme (ZESS) eröffnet, das auf 4.000 m² inter-disziplinäre Forschung an intelligenten Systemen wie KI-gestützter Robotik ermöglicht.



Roboforming: roboterbasierte inkrementelle Blechbearbeitung



Zentrum für Produktionssysteme

Forschung und Transfer



LEHRSTUHL FÜR
PRODUKTIONSSYSTEME



LPS LERN- UND
FORSCHUNGSFABRIK



FORSCHUNGS
PRODUKTIONSTECHNIK e.V.

GEMEINSAME
ARBEITSSTELLE
RUB / IGM



ZPS
ZENTRUM FÜR
PRODUKTIONSSYSTEME



Institut für
Wertschöpfungs
Exzellenz

Ausgründungen



DD
Düsseldorf



RailCrowd



PhycoSystems



nexpro



GEENIAL



FreeD
Printing




3

LEHRSTUHL FÜR
PRODUKTIONSSYSTEME

Anwendungs- und Forschungsfelder



Robotik



Fertigungstechnologien



Montagetechnik

Industrietransfer/
Qualifizierung

Produktionstechnik

Geschäftsmodell-
innovation



LFF
Lern- und
Forschungsfabrik



LPS
Lehrstuhl für
Produktionssysteme



ZESS
Forschungsbau



Transformation



KI in der Produktion

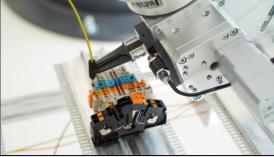


Assistenzsysteme

4

LEHRSTUHL FÜR
PRODUKTIONSSYSTEME

Robotik



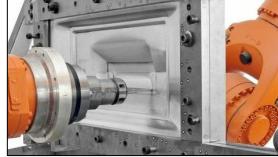
Automatisierte Montage



Robotik im Bauwesen



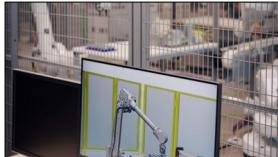
Hybride Montage



Bearbeitung mit Robotern



Eventrobotik



Simulation



Mobile Robotik



Prozesskopplung

5

LPS LEHRSTUHL FÜR
PRODUKTIONSSYSTEME

Verfahrensprinzip

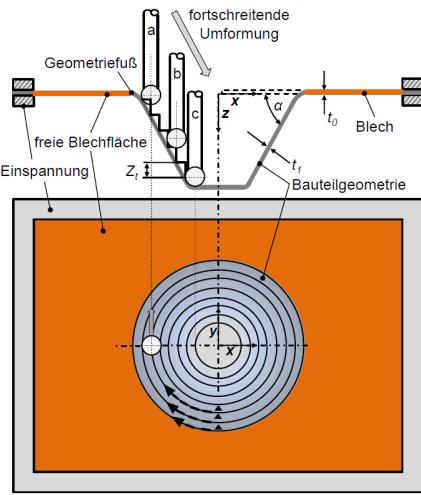
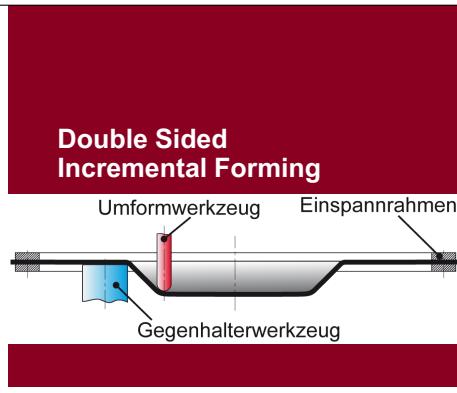


Diagramm des Verfahrensprinzips: Ein Querschnitt zeigt einen Blechring mit einem Geometriefuß (a), einer freien Blechfläche (b) und Bauteilgeometrie (c). Die Umformung erfolgt fortwährend (fortschreitende Umformung). Ein Koordinatensystem (x, y, z) ist eingezeichnet. Ein zugehöriges Diagramm zeigt einen Kreis mit einem zentralen Punkt und einem umlaufenden Pfeil.



Industrial robots performing forming operations in a factory setting.



Double Sided Incremental Forming

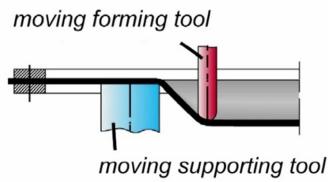
Diagramm des Double Sided Incremental Forming-Verfahrens. Es zeigt einen Einspannrahmen, ein Umformwerkzeug und ein Gegenhalterwerkzeug, die auf einer Blechfläche arbeiten. Die Bezeichnungen sind: Umformwerkzeug, Einspannrahmen, Gegenhalterwerkzeug.

6

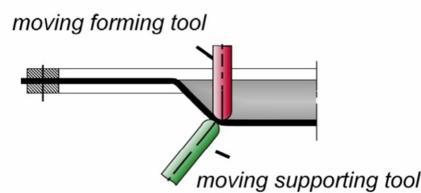
LPS LEHRSTUHL FÜR
PRODUKTIONSSYSTEME

Roboforming: roboterbasierte inkrementelle Blechbearbeitung

Two Support Methods



DPIF-P



DPIF-L

7

Motivation

- Gleicher Werkzeugsatz für verschiedene Zielgeometrien nutzbar
- Erzeugte Geometrie wird durch gefahrene Bahn bestimmt
- Softwarebasierter Austausch des umgeformten Bauteils

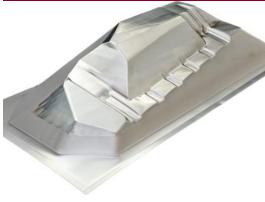
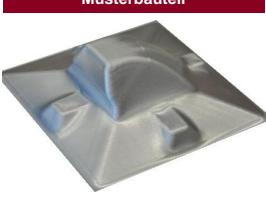


Marktsegmente

- Prototyping
- Kleinserienfertigung
- Reengineering

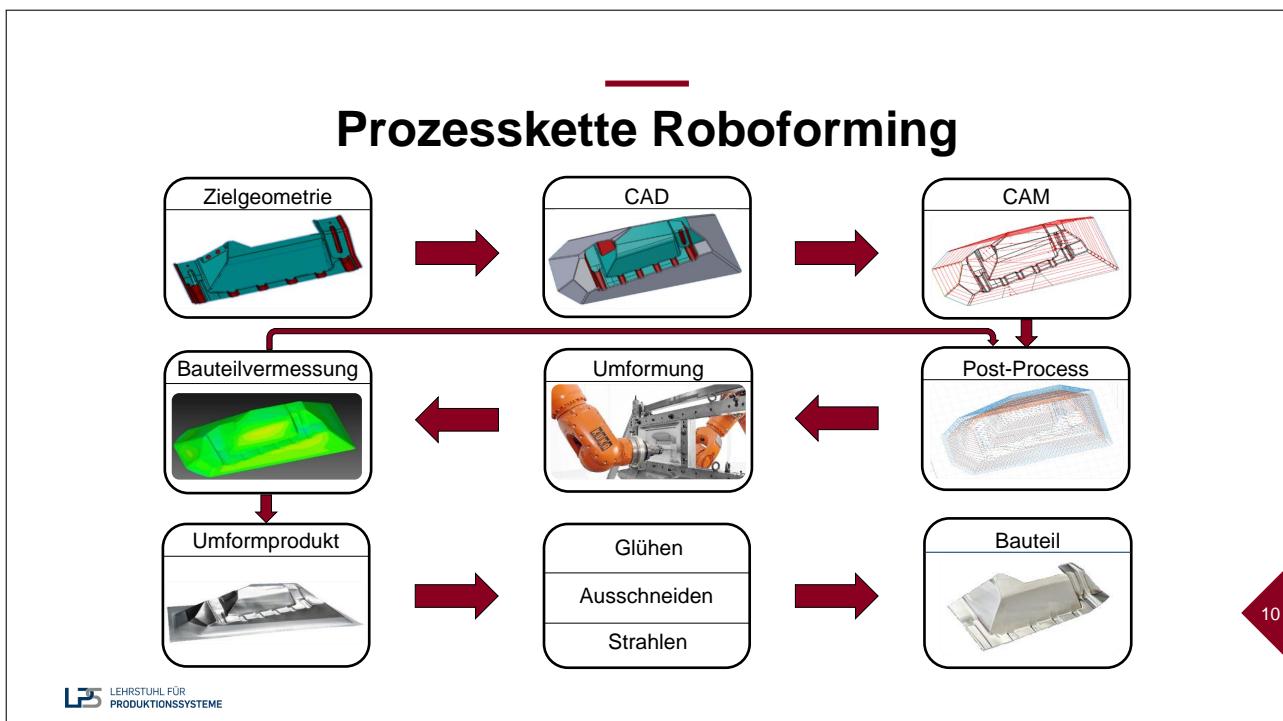
8

Umgeformte Bauteile

Fensterhebekonsole Rolls Royce	Strukturaubteil Ford	Fassadenelement	Spritzblech Daimler
			
Musterbauteil	Musterbauteil	Musterbauteil	Musterbauteil
			

LPS LEHRSTUHL FÜR PRODUKTIONSSYSTEME

9



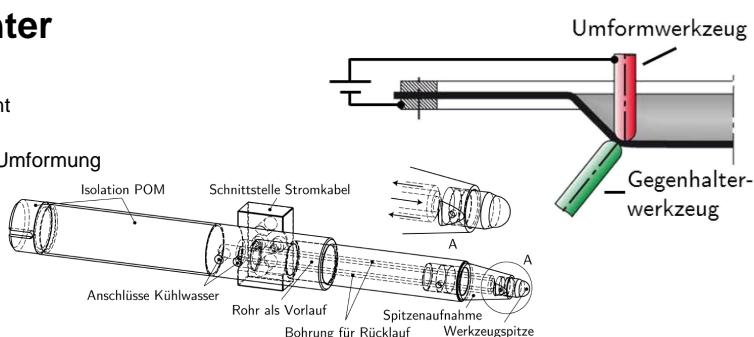
Roboforming bei erhöhter Temperatur

- Duktile Werkstoffe wie Titan sind kalt nicht umformbar
- Reduzierte Eigenspannungen durch die Umformung bei erhöhter Temperatur
- Umformung unterhalb der Rekristallisationstemperatur

ohne joulesche Erwärmung



$\vartheta_{UZ} = 750 \text{ }^{\circ}\text{C}$

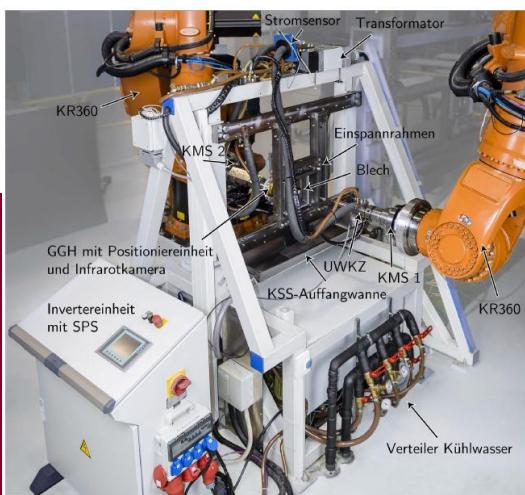


- Konduktive Erwärmung: Erwärmung durch den elektrischen Widerstand
- Stromfluss durch die Werkzeuge
- Kühlung und Isolation der Werkzeuge von Nöten

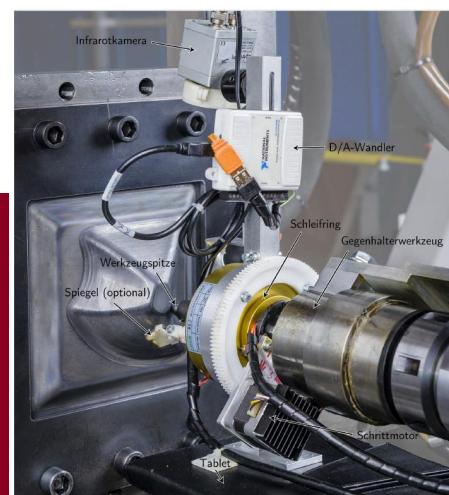
11

LPS LEHRSTUHL FÜR PRODUKTIONSSYSTEME

Roboforming bei erhöhter Temperatur

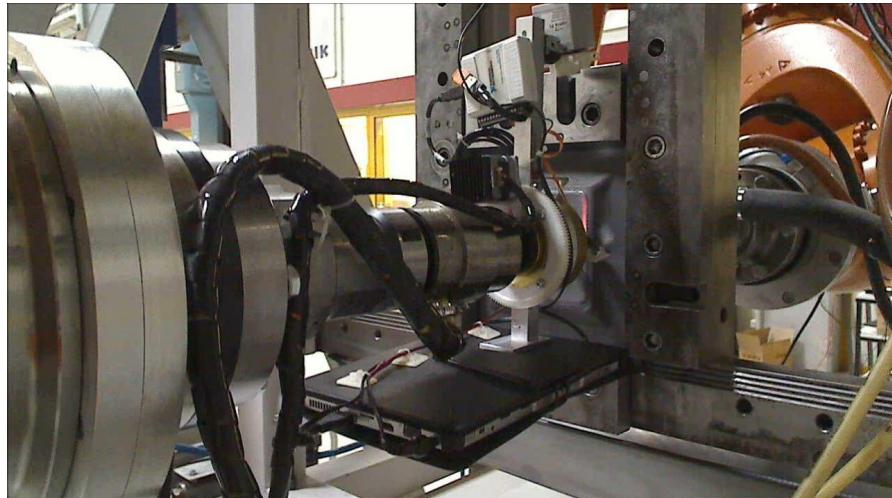


LPS LEHRSTUHL FÜR PRODUKTIONSSYSTEME



12

Roboforming bei erhöhter Temperatur



13

Verfahrensgrenzen

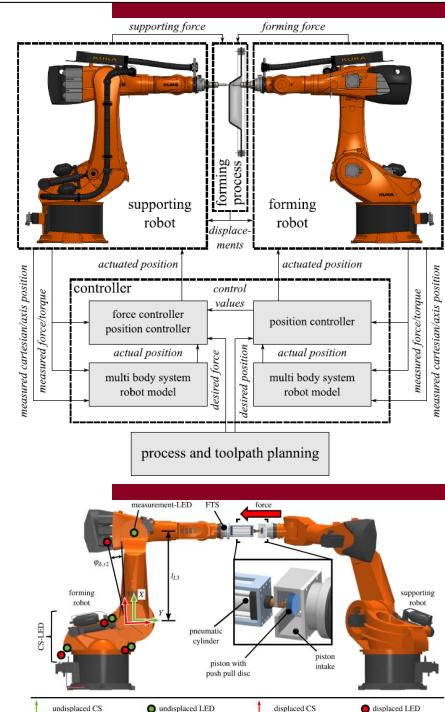


14

Aktuelle Forschung: Steifigkeitskompensation

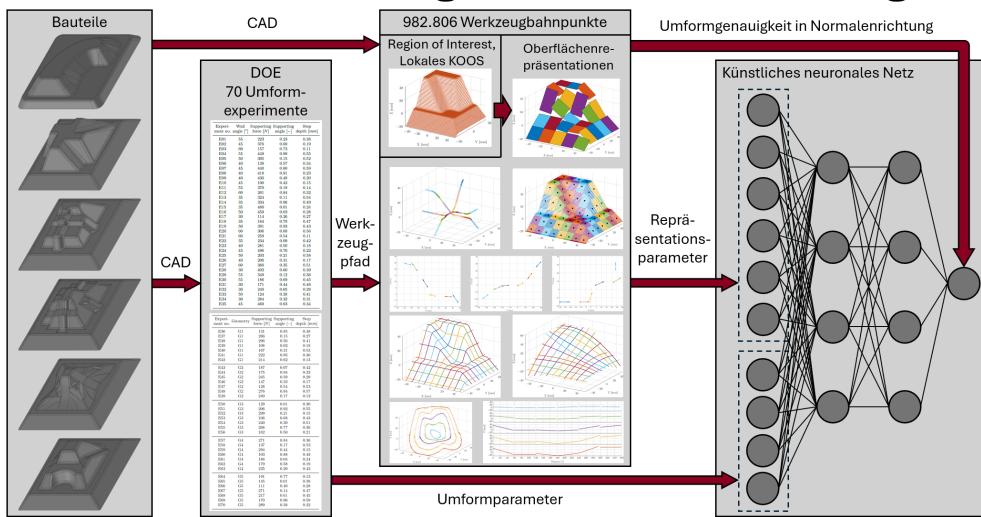
- Durch die serielle Struktur weisen Industrieroboter eine deutlich geringere Steifigkeit als CNC-Maschinen auf
- Bei Prozesskräften von 3 kN kommt es zu Positionsabdrängungen von bis zu 2 mm
- Simulation und Echtzeitregelung der Abdrängung durch ein physikalisches Mehrkörpermodell

Abweichung [mm]	\bar{x}	σ	MAE	Max	Min
Luftfahrt	-0,051	0,218	0,188	0,524	-0,627
Ohne Kompensation	0,383	0,366	0,428	1,208	-0,541
Mit Kompensation	0,037	0,190	0,162	0,575	-0,555



15

Aktuelle Forschung: Künstliche Intelligenz

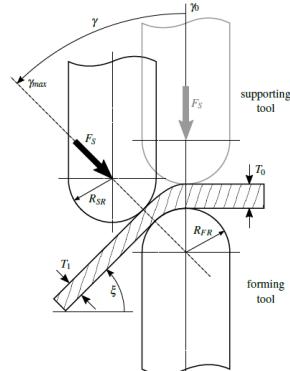
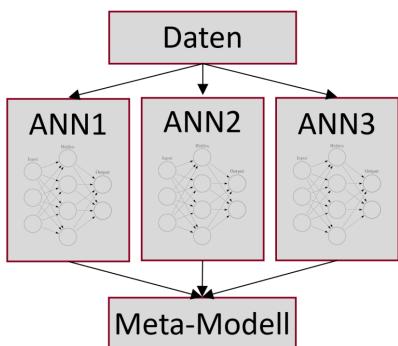


16



Zukünftige Forschung

- Positionierung der Werkzeuge und die Gegenhaltekraft haben einen entscheidenden Einfluss auf die Umformgenauigkeit
- Druckspannungsüberlagerung
- Optimierung der Parametrierung durch KI



- Die Vorhersagen der besten trainierten künstlichen neuronalen Netze unterscheiden sich für verschiedene Bauteile
- Kombination der Vorhersagen durch Ensemble Learning



Notizen

5.2 Stahlfräsen mit CNC-Präzisionsroboter

Dr.-Ing. Eduard Gerlitz

Eduard Gerlitz ist Head of Innovation & Technology bei der MABI Robotic AG in Veltheim (Schweiz), wo er seit 2024 tätig ist. Zuvor arbeitete er mehrere Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter am wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), wo er im Rahmen seiner Promotion an flexiblen Robotersystemen und Demontagetechnologien für Lithium-Ionen-Batterien forschte. Mit seiner Expertise in Automatisierung, Robotik und digitaler Produktionstechnik verbindet er wissenschaftliche Exzellenz mit industrieller Praxis und setzt sich für nachhaltige und zukunftsorientierte Fertigungslösungen ein.



MABI



Die MABI Robotic AG mit Sitz in Veltheim im Kanton Aargau in der Schweiz ist ein innovatives Unternehmen, das sich auf die Entwicklung, Produktion und Montage von hochpräzisen Robotersystemen und Automatisierungslösungen spezialisiert hat. Ziel des Unternehmens ist es, die Welt der Werkzeugmaschinen mit der Robotik zu vereinen. Die Roboter von MABI werden über Siemens-SINUMERIK-CNC gesteuert und ermöglichen hochgenaue Bahnbewegungen, die weit über die Reichweite klassischer CNC-Maschinen hinausgehen. Das Produktpotential umfasst industrielle CNC-Roboter, Linearachsen, Schwenk- und Rotiertische, Robotersteuerungen sowie Zubehör. MABI setzt auf lokale Fertigung und Montage in der Schweiz und steht für höchste Qualität, Präzision und Innovationskraft. Als zertifiziertes Unternehmen legt MABI Robotic großen Wert auf kontinuierliche Verbesserung, Kundenzufriedenheit und individuelle Automatisierungslösungen, die in enger Zusammenarbeit mit Kunden und Technologiepartnern entwickelt werden.



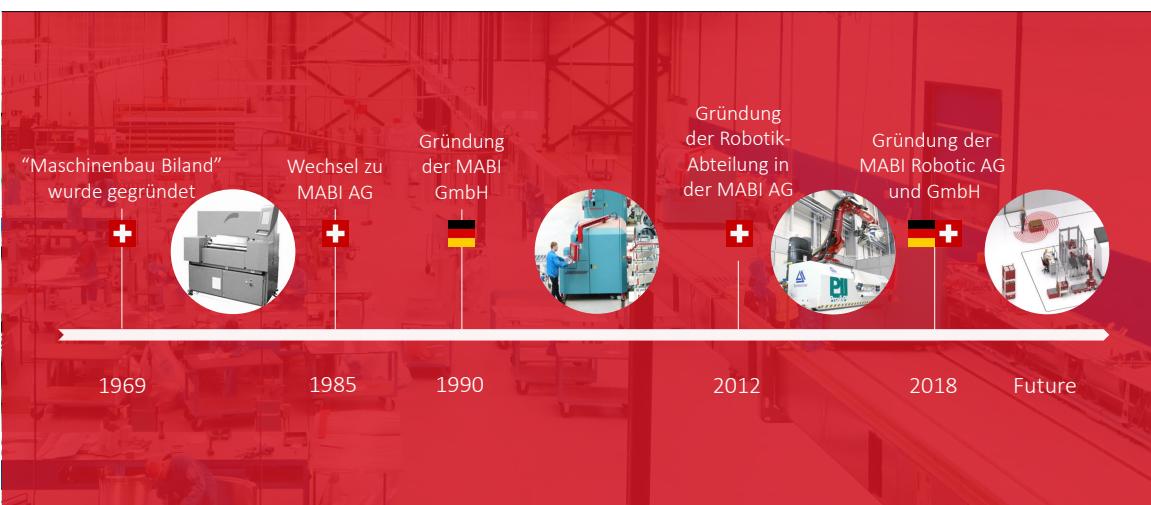
MABI ROBOTIC

Stahlfräsen mit CNC-Präzisionsroboter

Bahngeführte Roboterbearbeitung

wbk Herbsttagung | Dr.-Ing. Eduard Gerlitz

© MABI Robotic AG | 2025



MABI Geschichte

Von Blechbearbeitungsmaschinen bis zur Robotik

- 1969: "Maschinenbau Biland" wurde gegründet
- 1985: Wechsel zu MABI AG
- 1990: Gründung der MABI GmbH
- 2012: Gründung der Robotik-Abteilung in der MABI AG
- 2018: Gründung der MABI Robotic AG und GmbH
- Future: MABI Robotic AG

SWISS MANUFACTURER OF INDUSTRIAL CNC-ROBOTS

© MABI Robotic AG | 2025

Firmenprofil

MABI Group

-  In Privatbesitz und finanziert seit **1969**
-  **+15** Entwickler in der Robotik
-  Angesiedelt in **Schweiz** und **Deutschland**
-  **+90%** In-House Prototyping und **+50%** In-House Produktion
-  Hohe Reinvestitionen in **Research and Development**

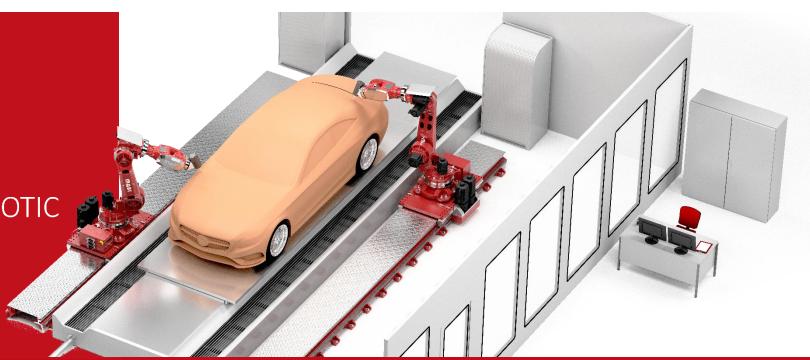
 Schweizer Standorte



 Deutsche Standorte



© MABI Robotic AG | 2025



MAX Series

 SWISS MANUFACTURER OF CNC-ROBOTS

© MABI Robotic AG | 2025

Motivation für MABI Robot System

MABI ROBOTIC



Flugzeugkomponenten



Maschinengestell



Formenbau



Robot auf Linearachse

- Nachgiebige Struktur
- Komplexe kinematische Kette
- Begrenzte Absolutgenauigkeit



MABI „Ready-to-run“ Robot System

© MABI Robotic AG | 2025
Bildquelle: Fraunhofer IFAM, DMG Mori, Rollon, Weller
7

MABI Robot System – Core Technologies

MABI ROBOTIC

Schlüsseltechnologien des MABI Präzisionsroboters

Challenges Robotic

-  Nachgiebige Struktur
-  Komplexe kinematische Kette
-  Begrenzte (Absolut)-Genauigkeit



MABI Robot Core Technologies

1 Secondary Encoder (Getriebeabtriebsseite)

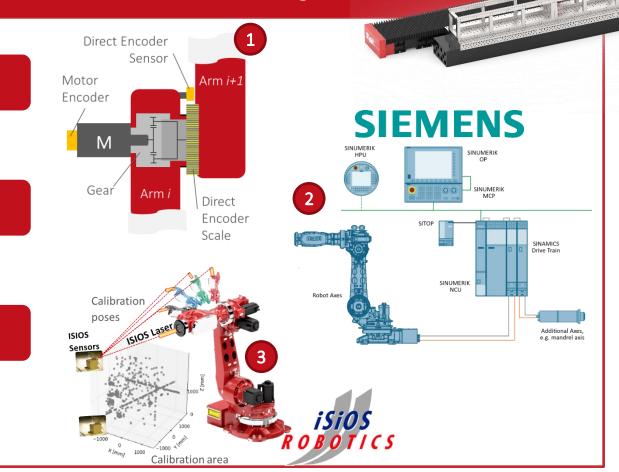
Höhere Steifigkeit und Wiederholgenauigkeit (<0.02mm)

2 CNC Steuerung SINUMERIK One

Konstanter Bahnvorschub bei gleichzeitig hoher Bahngenauigkeit

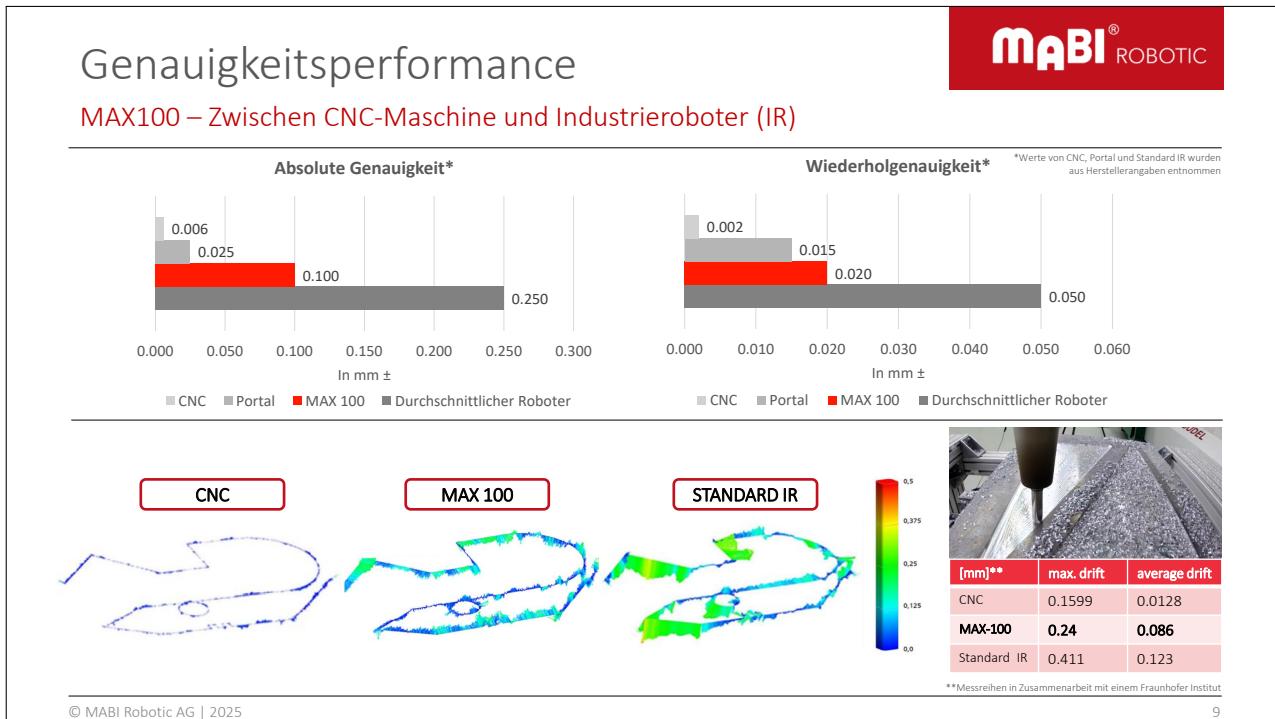
3 iSiOS Absolut-kalibrierung (optional)

Hohe Absolutgenauigkeit bidirektional im ganzen Raum (0.11mm mean)



The diagram illustrates the MABI Robot Core Technologies architecture. It shows a red MABI robot arm with various sensors and actuators. The control system consists of a SINUMERIK One control unit (1) connected to a SINUMERIK NCU (2) and a SINUMERIK MCP (3). The SINUMERIK MCP is connected to a SIMATIC Drive Train. The SINUMERIK NCU is connected to a Robot Axes and an Additional Axes, e.g. linear axes. The iSiOS system is used for absolute calibration, featuring a laser sensor and a camera for calibration poses. The calibration area is a 3D grid from -3000 to 3000 mm in all three dimensions (X, Y, Z).

© MABI Robotic AG | 2025
Bildquelle: iSiOS, Rollon, Siemens
8



Technologien

Geprüfte Technologien mit dem Präzisionsroboter



Zerspanung von Grossteilen



Inkjet Printing



Ultraschallschneiden



Laserauftragschweißen (LMD)



Rührreibschweißen (FSW)



© MABI Robotic AG | 2025

Bildquelle: K-Zeitung, Cytec, iPrint, Toolcraft 11

Services

Unterschiedliche Services für kundenindividuelle Lösungen





Installation vor Ort und Inbetriebnahme



Unterstützung bei der Planung der Roboterzelle



Machbarkeitsstudie in hauseigener Versuchszelle



Erstellung eines Digitalen Zwillings und (CAM)-Programmierung

Von der Planung bis zur Programmierung – der Partner für individuelle Lösungen

© MABI Robotic AG | 2025

12

Ausgewählte Projekte

Unterschiedlichste Operationen mit einem MABI Roboter

Fase fräsen
Stahl S355 (470-630 N/mm²)

- Werkzeug Ø65 mm
- S4900 (rpm)
- F390 (mm/min)
- Ae 12.0 mm
- Ap 12.0 mm

Kreistasche fräsen
Stahl 40CMD8 (1100-1300 N/mm²)

- Werkzeug Ø10 mm
- S7400 (rpm)
- F5000 (mm/min)
- Ae 1.0 mm
- Ap 16.0 mm

OP40 – Tasche fräsen
Aluminium 6082 (270-310 N/mm²)

- Werkzeug Ø12mm
- S12000 (rpm)
- F2500 (mm/min)
- Ae 1.2 mm
- Ap 15.0 mm

OP70 - Bohren
OP90 - Gewinde schneiden

- Werkzeug Ø10 mm
- S5600 (rpm)
- F180 (mm/min)

- Werkzeug Ø20 mm
- S200 (rpm)
- F350 (mm/min)

© MABI Robotic AG | 2025

13

Ausgewählte Projekte

Einsatzbeispiele des Robotersystems in der Industrie

FRAUNHOFER IFAM

- Bearbeitung eines Airbus A320-Seitenleitwerks
- MABI Präzisionsroboter auf mobiler Plattform
- Absolutvermessung und Nachkalibrierung der Ist-Position
- Fertigungstoleranzen von wenigen Zehntel Millimetern

TOOLCRAFT AG

- Roboterzelle für hybride Fertigung (additiv & subtraktiv)
- Einsatz insbesondere für Reparaturanwendungen
- MABI Präzisionsroboter mit Drehkipptisch
- Werkzeugwechselsystem ermöglicht den Austausch von Frässpindel und Laserauftragsschweisskopf

© MABI Robotic AG | 2025

Bildquelle: Fraunhofer IFAM, Toolcraft 17

Herbsttagung 2025

23.10.2025

94

Potentielle Applikationen

Hohes Einsatzpotential in diversen Branchen

mABI® ROBOTIC

© MABI Robotic AG | 2025

18

Auszug Forschung & Entwicklungsprojekte

mABI® ROBOTIC

mit ausgewählten Technologie-Partnern

STANDARD ROBOT*

TORQUE-DAMPED ROBOT*

Steigerung der dynamischen Genauigkeit

- Integration von Torquemotoren zur Dämpfung
- Höhere Pfadgenauigkeiten bei gleichzeitig hoher Produktivität erreichbar
- ❖ Zusammenarbeit mit IFAM und SIEMENS

*Quelle: Fraunhofer IFAM

Steigerung der statischen Genauigkeit

- Quantifizieren und Kompensieren der getriebeseitigen Effekte
- Genauigkeitssteigerungen statisch bis 80% erzielbar
- ❖ Zusammenarbeit mit inspire AG (ETH Zürich)

Roboteroptimierter G-Code

- CAM-Software mit Berücksichtigung der Roboter-Physik
- Bottlenecks wie Kollisionen frühzeitig erkennen und durch geschickte CAM-Planung vermeiden
- ❖ Zusammenarbeit mit larosterna

Roboterbasiertes Rührreibschweißen (FSW)

- Qualifizierung von FSW mit einem 200kg-Roboter und Secondary-Encoder
- Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Genauigkeit beim roboterbasierten FSW
- ❖ Zusammenarbeit mit cytec und TU Ilmenau

© MABI Robotic AG | 2025

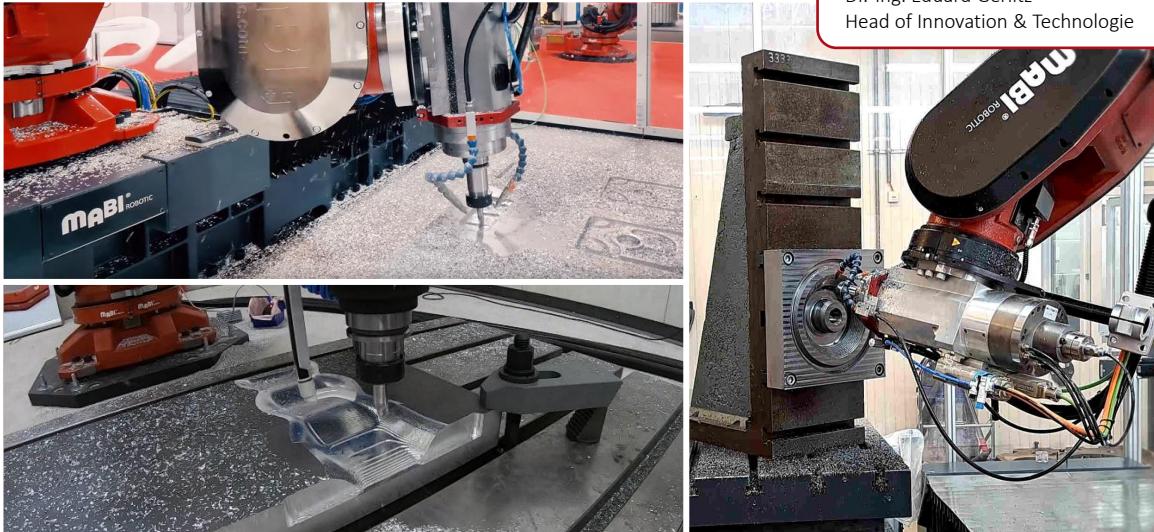
19

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



MABI-Robotic AG

Dr.-Ing. Eduard Gerlitz
Head of Innovation & Technologie



© MABI Robotic AG | 2025

20

© by MABI Robotic

All Rights reserved.

Confidential and proprietary document.



Dieses Dokument und alle darin enthaltenen Informationen sind das alleinige Eigentum von MABI Robotic. Die Zustellung dieses Dokumentes oder die Offenlegung seines Inhalts begründen keine Rechte am geistigen Eigentum. Dieses Dokument darf ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung von MABI Robotic nicht vervielfältigt oder einem Dritten gegenüber enthüllt werden. Dieses Dokument und sein Inhalt dürfen nur zu bestimmungsgemäßen Zwecken verwendet werden. Die in diesem Dokument gemachten Aussagen stellen kein Angebot dar. Sie wurden auf der Grundlage der aufgeführten Annahmen und in gutem Glauben gemacht. Wenn die zugehörigen Begründungen für diese Aussagen nicht angegeben sind, ist MABI Robotic gern bereit, deren Grundlage zu erläutern.

This document and all information contained herein is the sole property of MABI Robotic. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of MABI Robotic. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied. The statements made herein do not constitute an offer. They are based on the mentioned assumptions and are expressed in good faith. Where the supporting grounds for these statements are not shown, MABI Robotic will be pleased to explain the basis thereof.



SWISS MANUFACTURER OF INDUSTRIAL CNC-ROBOTS

© MABI Robotic AG | 2025

Notizen

6 Wildcard

Neben Handhabung, Montage und Fertigung gewinnt die Integration von Qualitätssicherung und ganzheitlichen Produktionssystemen zunehmend an Bedeutung für die industrielle Robotik. Sie bildet die Grundlage für eine durchgängig vernetzte, selbstoptimierende Produktion, in der Präzision, Effizienz und Nachhaltigkeit Hand in Hand gehen. Dabei stehen nicht nur technische Innovationen im Vordergrund, sondern auch neue Denkansätze für den Einsatz von Robotern als flexible, lernfähige und kollaborative Systeme.

Im ersten Vortrag „Boosting productivity through precision: The role of metrology in production“ beleuchtet Dr. Marc Wawerla die zentrale Rolle der Messtechnik in der modernen Fertigung. Er zeigt auf, wie Qualitätssicherung und Produktivität untrennbar miteinander verbunden sind und wie das Zusammenspiel von Maschinenintelligenz und künstlicher Intelligenz dazu beiträgt, höchste Präzision und Prozesssicherheit zu gewährleisten.

Im zweiten Vortrag „Wertstromkinematik: Robotik als Produktionssystem“ gibt Jan Baumgärtner einen Überblick über neue Ansätze einer robotisch geprägten Produktionslandschaft. Er zeigt, wie automatische Planung, kollaborierende Roboter und Prinzipien der Kreislaufwirtschaft zusammenwirken, um die Produktion nachhaltiger, effizienter und resilenter zu gestalten. Damit bietet dieser Beitrag einen visionären Ausblick auf die Zukunft der Robotik als integraler Bestandteil flexibler und intelligenter Wertschöpfungssysteme.

6.1 Boosting productivity through precision: The role of metrology in production

Dr. Marc Wawerla

Seit 2020 ist Marc Wawerla CEO der SBU ZEISS Industrial Quality Solutions und Geschäftsführer der Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH. Marc Wawerla arbeitet seit 2010 für die ZEISS Gruppe. 2012 übernahm er die Leitung von ZEISS Vision Care in Indien; 2014 die Verantwortung für den Geschäftsbereich Vision Technology Solutions. 2015 wurde er Chief Operating Officer und damit verantwortlich für das weltweite Produktionsnetzwerk von ZEISS Vision Care. Seit 2018 treibt er die Digitalisierung der Sparte Consumer Markets als Digital Transformation Officer voran und ist verantwortlich für den Entwicklungsbereich von ZEISS Vision Care als Chief Technology Officer.



ZEISS Industrial Quality Solutions



Seeing beyond

ZEISS Industrial Quality Solutions ist ein führender Hersteller von Lösungen für die mehrdimensionale Messtechnik. Dazu zählen etwa Koordinatenmessmaschinen, optische und multisensorische Systeme, Mikroskopiesysteme für die industrielle Qualitätssicherung sowie auch Messtechniksoftware für die Automobilindustrie, den Flugzeug- und Maschinenbau sowie die Kunststoffindustrie und die Medizintechnik. Innovative Technologien wie beispielweise die 3-D-Röntgenmessung in der Qualitätssicherung runden das Portfolio ab. ZEISS Industrial Quality Solutions bietet zusätzlich ein weltweites Dienstleistungs- und Serviceangebot mit ZEISS Quality Excellence Centern in Kundennähe. Hauptsitz ist Oberkochen. Produktions- und Entwicklungsstandorte außerhalb Deutschlands befinden sich in Minneapolis (USA), Shanghai (China) und Bangalore (Indien). ZEISS Industrial Quality Solutions ist Teil der Sparte Industrial Quality & Research.



Boosting productivity through precision: The role of metrology in production

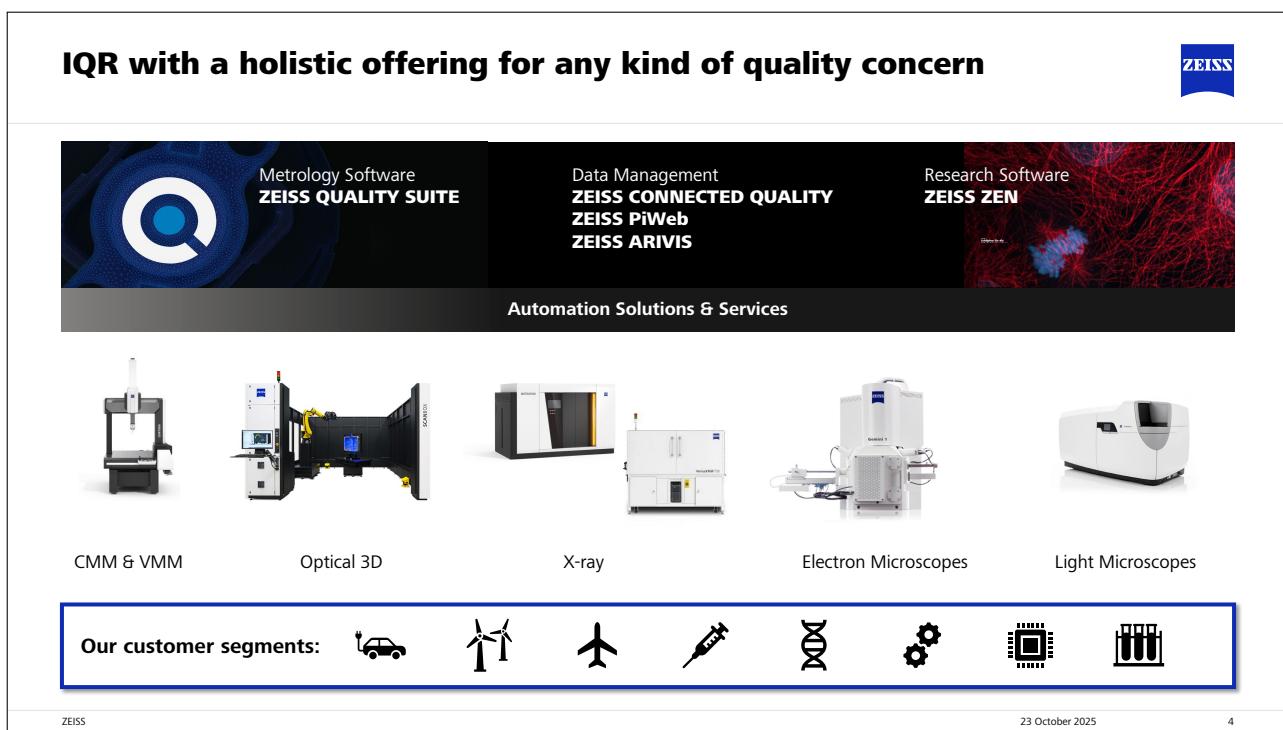
Dr. Marc Wawerla
Member of the Executive Board of the ZEISS Group and CEO of ZEISS Industrial Quality & Research
23rd Oct. 2025

Agenda

01 ZEISS - a global technology leader

02 Future role of metrology in production

ZEISS



Agenda



01 ZEISS - a global technology leader

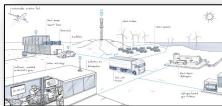
02 Future role of metrology in production

ZEISS 23 October 2025 5

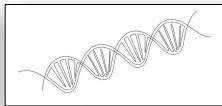
Five trends unleashing opportunities in global markets



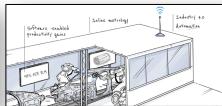
Decarbonization



Multi-omics sequencing



AI and digitalization



Robotics



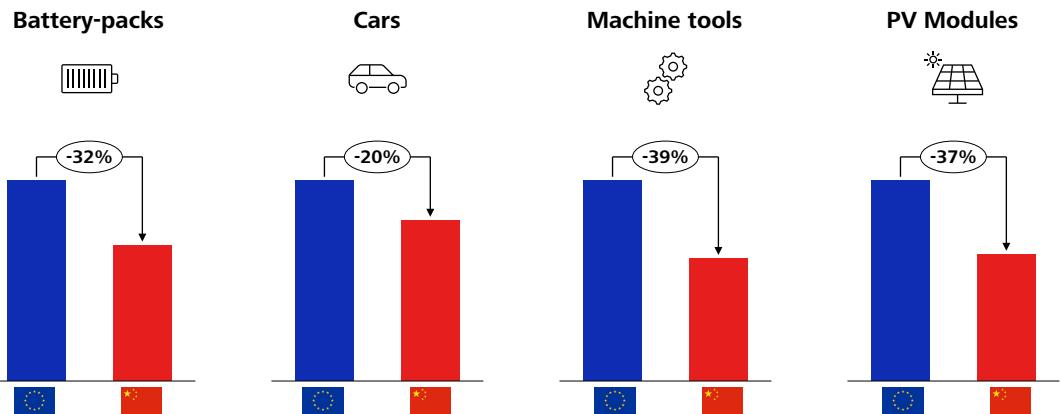
Decoupling



However, competitiveness is the name of the game



Estimated exemplary production costs of



Source: BloombergNEF (2024), Reuters (2025), China Briefing (2024), PV magazine international (2024)

ZEISS

23 October 2025

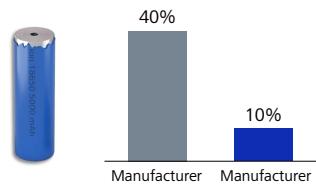
7

Quality control plays in increasingly important role

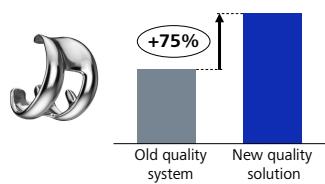


Cost impact

Estimated scrap rate

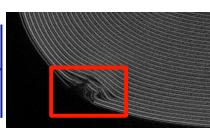


Estimated throughput rate



Safety concern

Battery defects



Battery

Structural defects



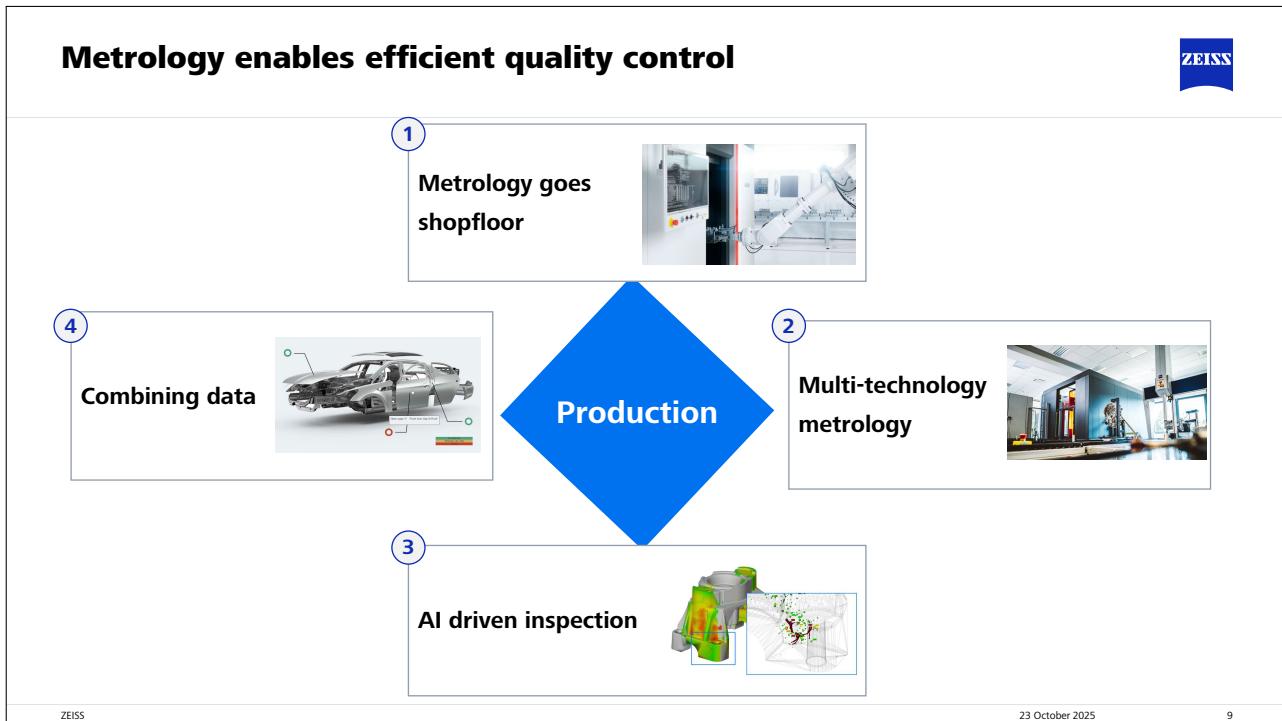
Hip implant

Source: S&P global (2024), ZEISS customer story Orchid Orthopedic Solutions (2023)

ZEISS

23 October 2025

8



② Combining metrology-technologies allow for differentiation

ZEISS

Strong in

- High precision
- Feature-focus

- Digital twin information
- Fast acquisition

- Inner structures
- Non-destructive

- Microscopic structures
- Material analysis

Exemplary customer application

The diagram illustrates the integration of various metrology technologies. On the left, four images represent different tools: Optical scanners, X-ray, Industrial Microscopes, and a 3D printer. Blue curly braces group these into three main categories: 'Strong in' (High precision, Feature-focus), 'Exemplary customer application' (Digital twin information, Fast acquisition, Inner structures, Non-destructive), and 'Strong in' (Microscopic structures, Material analysis). An arrow points from the 'Exemplary customer application' group to a detailed view of a knee implant, showing a 3D model, a schematic diagram of internal structures, and a microscopic image of a material structure.

ZEISS

23 October 2025

11

③ AI drives efficiency in quality assurance

ZEISS

Visual inspection of 2D x-ray data

The diagram shows a stack of 2D x-ray images of a knee implant. A blue bracket indicates the time required: "More than 1h". Below the bracket is the text "Manual inspection of >1.500 images".

AI-powered process with CT

The diagram shows a 3D model of a knee implant with red dots indicating inspection points. A blue bracket indicates the time required: "Less than 3 minutes". Below the bracket, the process is divided into two steps: "Annotation and ML training" and "Inspection and results".

ZEISS

23 October 2025

12

④ Metrology data for efficient production

Exemplary value chain

Supplier → Producer → Customer

Measure and analyze ZEISS INSPECT

Combine and share data ZEISS CONNECTED QUALITY

Control quality processes ZEISS PIWEB

ZEISS

Common Wealth Magazine 2025 (Online)

23 October 2025

13

Conventional testing can take weeks, while CT scanning pinpoints root causes in just a day or two, boosting yields by at least 20 percent.

ZEISS

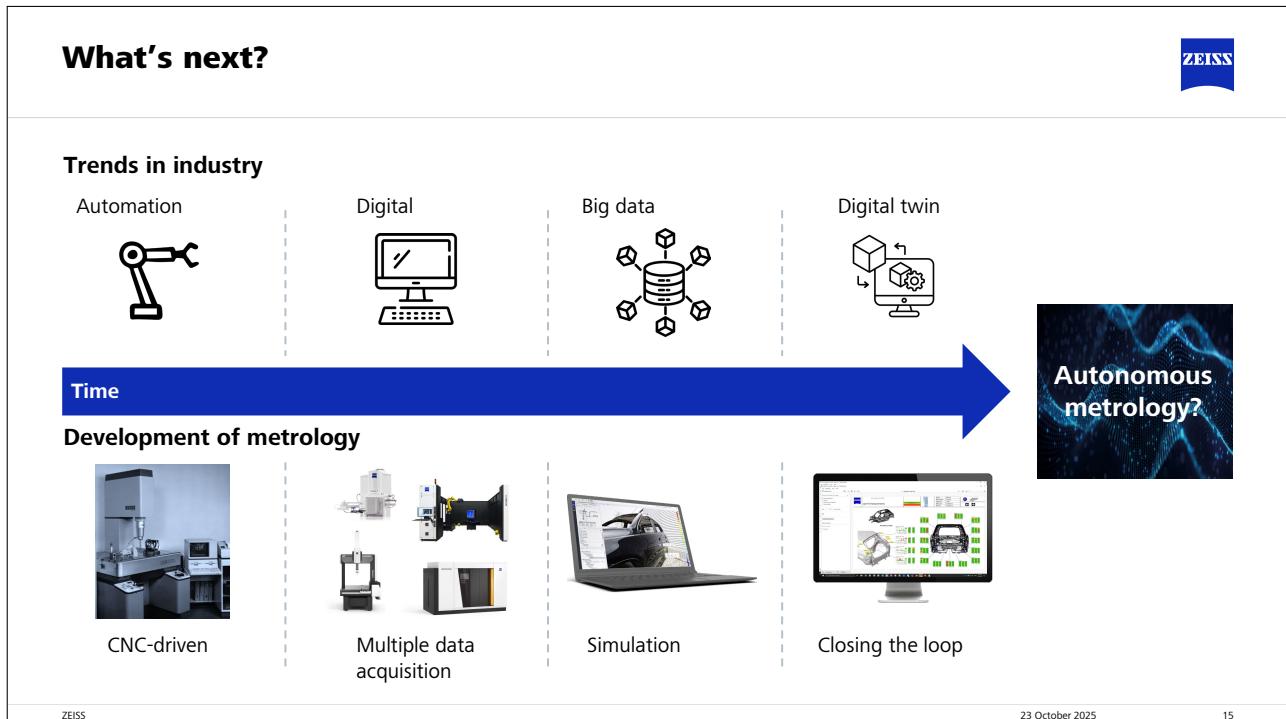
④ Simulate assembly with virtual clamping

Reduce scrap with
DE-WARP

ZEISS

23 October 2025

14



Seeing beyond

Notizen

6.2 Wertstromkinematik: Robotik als Produktionssystem

Jan Baumgärtner

Jan Baumgärtner arbeitet seit April 2022 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich

Maschinen-, Anlagen- und Prozessautomatisierung von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer am wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Im Rahmen seiner Forschungstätigkeit beschäftigt er sich mit der Gestaltung und Automatisierung moderner Produktionssysteme. Ein besonderer Fokus seiner Arbeit liegt auf der Wertstromkinematik und Bahn- und Trajektorienplanung in Produktionssystemen, der Planung und Optimierung von Roboterzellen sowie der Integration von Methoden des maschinellen Lernens in die Produktionstechnik. Ziel seiner Forschung ist es, durch intelligente Automatisierung und datengetriebene Ansätze die Flexibilität und Effizienz zukünftiger Produktionsumgebungen zu steigern.



Institut für Produktionstechnik



Das Institut für Produktionstechnik (wbk) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist eine renommierte Einrichtung, die sich auf dem Gebiet der Produktionstechnik und Fertigungssysteme einen Namen gemacht hat. Unter der Leitung von hochqualifizierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern widmet sich das wbk der Lehre, Forschung und Innovation in verschiedenen Schlüsselbereichen der Produktionstechnik.

Mit einem Team von etwa 130 Mitarbeitenden zählt das wbk-Institut zu den größten Forschungseinrichtungen am KIT. Es ist in der Fakultät für Maschinenbau angesiedelt und hat einen starken Fokus auf praxisnahe Forschung und Entwicklung. Dabei stehen die folgenden Hauptbereiche im Mittelpunkt der Aktivitäten: Fertigungs- und Werkstofftechnik, Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung sowie Produktionssysteme.

Die umfangreiche Sachausstattung des wbk-Instituts bietet sowohl den wissenschaftlichen Mitarbeitenden als auch den Studierenden ideale Voraussetzungen für theoretische und experimentelle Forschungsarbeiten. Dies ermöglicht nicht nur die Durchführung anspruchsvoller wissenschaftlicher Projekte, sondern auch praxisnahe Lehrveranstaltungen und Weiterbildungsangebote für die Industrie.



Produktion im Wandel

Zielkonflikt zwischen Produktivität und Variantenvielfalt

KIT
Karlsruher Institut für Technologie

 **Produkte werden komplexer und variantenreicher**

 **Produktlebenszykluszeiten sinken**

 **Nachfrage nach personalisierten Produkten steigt**

The diagram illustrates the conflict between **VARIANTENVIELFALT** (Y-axis) and **PRODUKTIVITÄT** (X-axis). It shows the evolution of manufacturing from 1.0 (1784) to 5.0 (2011). The evolution path is marked by a red arrow pointing right, labeled with milestones: 1.0 (1784) -> 2.0 (1870) -> 3.0 (1969) -> 4.0 (2011) -> 5.0 (2011). The milestones are: 1.0: Handarbeit (manually); 2.0: starre Einzweckmaschinen (rigid single-purpose machines); 3.0: starre Transferstraßen (rigid transfer lines); 4.0: flexible Fertigungssysteme (flexible manufacturing systems); 5.0: modular rekonfigurierbare Fertigungssysteme (modular, reconfigurable manufacturing systems). The diagram also shows a blue arrow pointing up, labeled with milestones: 1.0: maschinel (machined); 2.0: maschinel (machined); 3.0: maschinel (machined); 4.0: Industrie 4.0 (2011); 5.0: Globalisierung (Globalization). The regions are: 1.0: manuell (manual); 2.0: Varianten-Vielfältige Massenproduktion (Variety-rich mass production); 3.0: Massenproduktion (mass production); 4.0: Personalisierte (Massen-) Produktion (Personalized (mass-) production); 5.0: Globalisierung (Globalization).

Markt verlangt individuellere Produkte bei gleichzeitig steigender Komplexität und Kostendruck.

Quellen: Handbuch Industrie 4.0

3 13.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik

Gestaltung heutiger industrieller Produktionsanlagen am Beispiel der Fertigung von Statoren für E-Motoren

KIT
Karlsruher Institut für Technologie



1. Hairpin Biegen



3. Hairpin Einbringen



2. Hairpin Setzen



4. Hairpin Twisten



5. Hairpin Schweißen

Quellen: COMAU

4 13.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik

Vision Wertstromkinematik

Konzept des Produktionssystems



Quelle: wbk

5 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Vision Wertstromkinematik

Konzept des Produktionssystems



Ansatz Wertstromkinematik

Eine Wertstromkinematik (WSK) ist ein robotisches Produktionssystem, welches verschiedene Prozesse als einen zusammenhängenden Wertstrom realisiert.

Eine WSK hat die folgenden wesentlichen Merkmale:

1. Die Wertschöpfung findet mittels einheitlicher 6-Achs-Knickarm-Kinematiken statt.
2. Die Planung und Prozessausführung findet autonom basierend auf dem Zielprodukt statt.



6 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Architektur einer Wertstromkinematik

Material und Zielprodukt

Leite Wertstrom ab

Prozesserfolge

Bilde Wertstrom auf Kinematiken ab

Prozesserfolge Maschinenzustand

Leite Roboter Verhalten ab

Prozess und Maschinendaten

Maschinen und Prozessüberwachung

Prozesse und Ressourcen

Roboteraufgaben und Ausstattung

Roboterprogramme

7 13.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik

Kinematisierte Statorproduktion

Beispielprozesse

Setzen

Einbringen

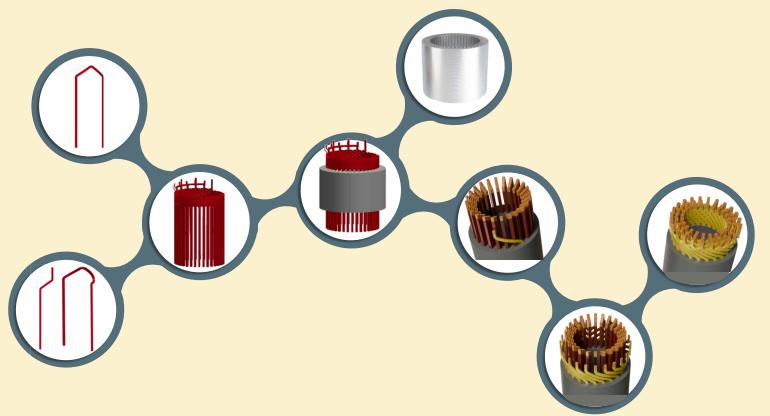
Twisten

8 13.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik

Kinematisierte Statorproduktion

Ableiten von Wertströmen



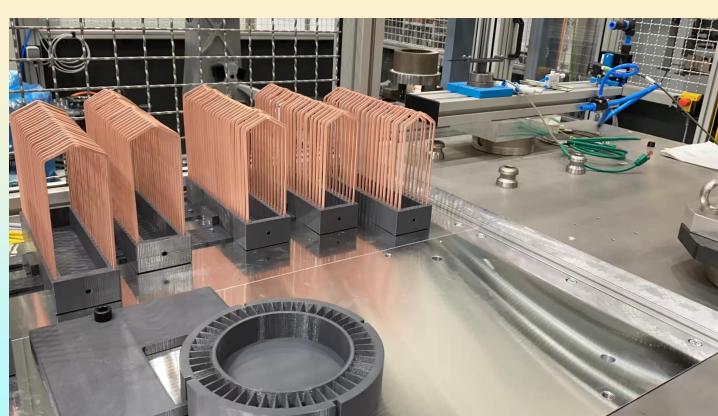
Wertstromableiten heißt: nicht nur Prozesse, sondern alle Roboteraktivitäten und ihre Anforderungen erfassen. Das kann auch für jeden Prozess einzeln passieren

9 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Kinematisieren des Setzprozesses



Felix Fraider

Aus CAD-Dateien abgeleitete Programme und flexible Greifsysteme ermöglichen Handhabungsoperationen, die zuvor Spezialmaschinen vorbehalten waren.

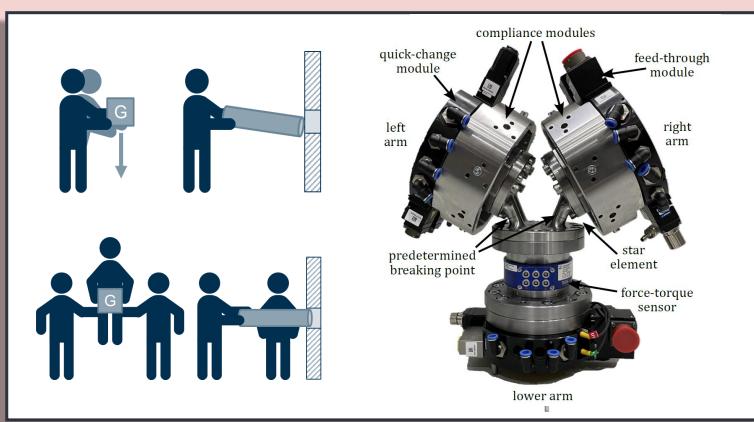
10 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Kinematisieren des Einbringprozesses

Kooperierende Roboter im Wertstrom



Tim Klein

Wenn die mechanischen Eigenschaften eines Roboters nicht reichen, ist es möglich mehrere Kinematiken zu koppeln. Hierdurch addieren sich die statischen Steifigkeiten

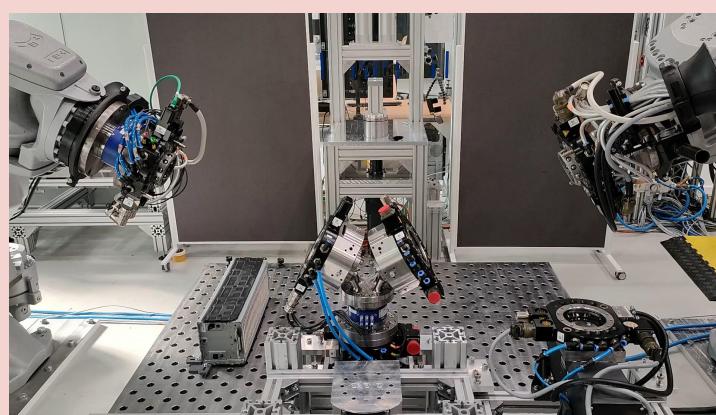
11 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Kinematisieren des Einbringprozesses

Kooperierende Roboter im Wertstrom



Tim Klein

Wenn die mechanischen Eigenschaften eines Roboters nicht reichen, ist es möglich mehrere Kinematiken zu koppeln. Hierdurch addieren sich die statischen Steifigkeiten

12 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Kinematisieren des Twistprozesses

Umformen von Hairpins



David Schröder

Moderne Twistwerkzeuge sind durch ihre hohe Güte sehr kostspielig. Zudem müssen sie für jede Geometrie neu gefertigt werden.

13 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Beispiel Setzen: Kinematisieren des Setzprozesses

Ablauf und Prozessplanung



**Kinematisches Twisten für
Statoren mit Hairpin-Wicklung**



David Schröder

Durch Kinematisieren ist jetzt nur noch ein einzelnes Biegewerkzeug notwendig was mit entsprechender Prozessplanung nun beliebige Geometrien twisten kann.

14 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



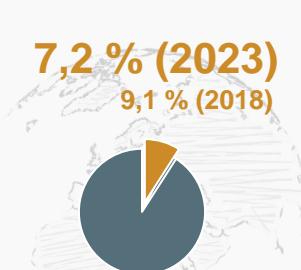
Demontage als Schlüsselprozess der Kreislaufwirtschaft

1,75 Erden



sind zur Deckung des **globalen Ressourcenverbrauchs** im Jahr 2022 notwendig.

[1]



7,2 % (2023)
9,1 % (2018)

des weltweiten Gesamtmaterialieinsatzes sind **Sekundärmaterialien**.

[2]

Circular Economy Potential Deutschland



Year	Primärrohstoffe (Mio. t RMC)	Sekundärrohstoffe (Mio. t RMC)	Einsparung (Mio. t RMC)	RMC: Rohstoffkonsum (Mio. t RMC)
2018	169	1300	328	1468
2040	300	620	52	922

[3]

Für eine zirkuläre und effiziente Ressourcennutzung in Hochlohnländern ist die Automatisierung der Demontage unerlässlich.

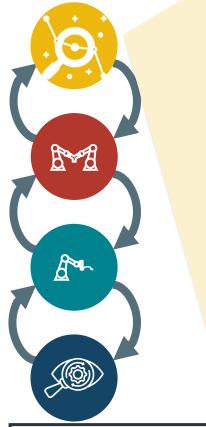
[1] International Agreement on a Remanufacturing Definition 2016; [2] Schaeffler

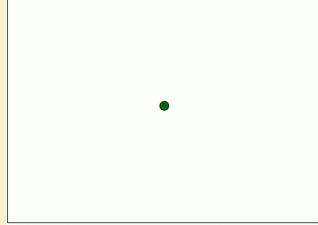
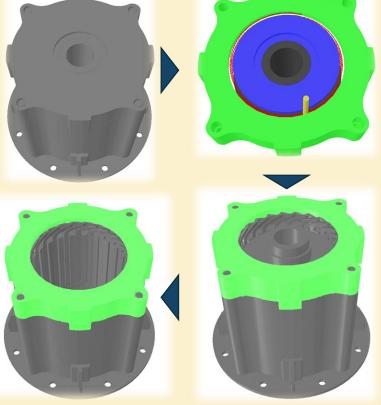
15 13.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger


 Institut für Produktionstechnik

Autonome robotische (De-)Montage

Wertstrom ableiten





Jan Baumgärtner



Simon Otto

Mittels eines abstrakten Produktmodells können die einzelnen (De-)Montage-Schritte autonom abgeleitet werden. Sind mehrere Pfade möglich, wird der schnellste ausgewählt.

16 13.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger


 Institut für Produktionstechnik

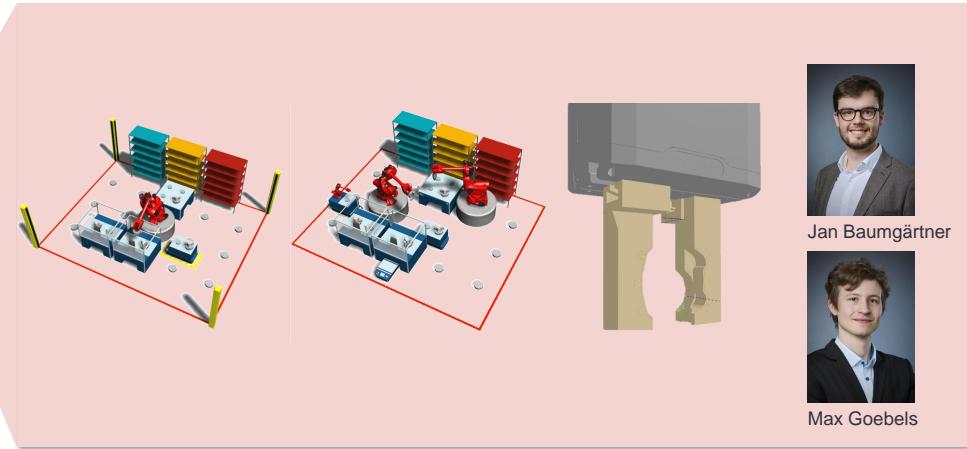
Herbsttagung 2025

23.10.2025

120

Autonome robotische (De-)Montage

Wertstrom auf Kinematiken abbilden



Jan Baumgärtner



Max Goebels

Zellendesign lässt sich je nach Aufgabe optimieren – Layout und Greifersysteme beeinflussen die Performance maßgeblich und können autonom ausgelegt werden.

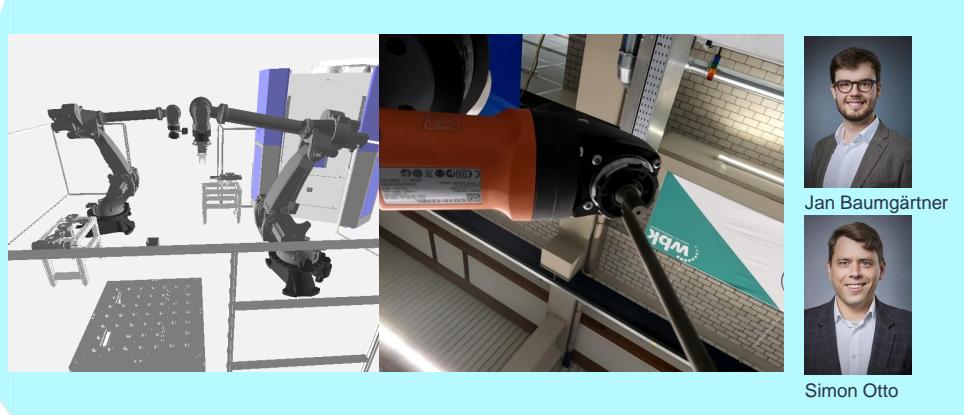
17 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Autonome robotische (De-)Montage

Roboterverhalten ableiten



Jan Baumgärtner



Simon Otto

Der Robotercode entsteht auf Basis digitaler Zwillinge. hier werden nicht nur Trajektorien sondern adaptives Verhalten geplant.

18 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

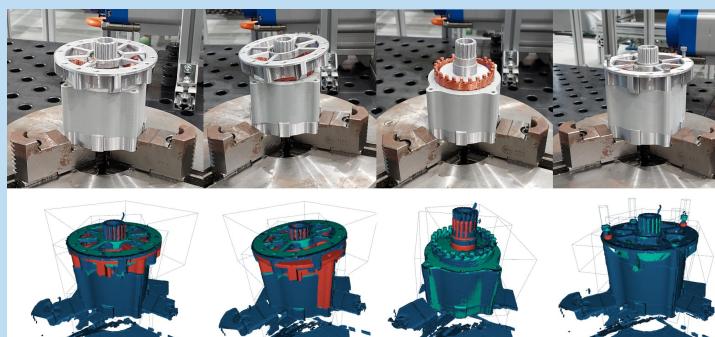
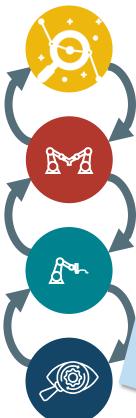


Autonome robotische (De-)Montage

Maschinen und Prozessüberwachung



Autonomous robotic (De-)Assembly
Machine and Process Monitoring



Jan Baumgärtner



Simon Otto

D-Kamerasysteme erkennen die Lage aller Bauteile. So ist es möglich zu überwachen, ob Prozesse etwa durch Rost oder andere Störungen fehlschlagen.

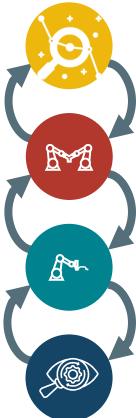
19 13.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Autonome robotische (De-)Montage



Autonomous robotic (De-)Assembly
Machine and Process Monitoring

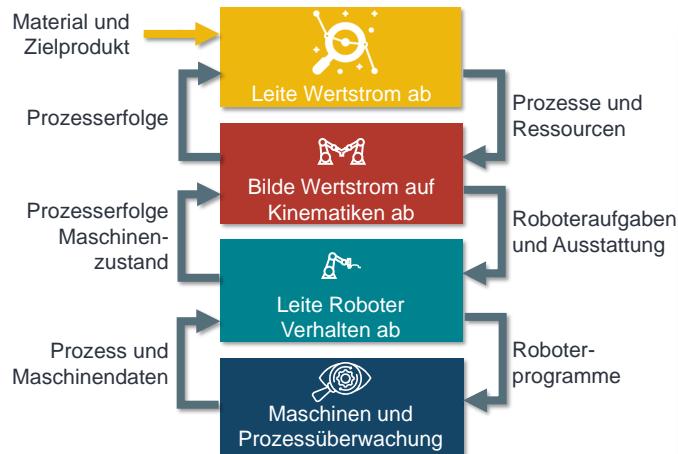


Jan Baumgärtner

20 13.10.2025 Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Fazit



Robotersysteme können weit mehr leisten, wenn sie nicht isoliert, sondern als vernetztes Produktionssystem gedacht werden.

21 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger



Jan Baumgärtner
Akademischer Mitarbeiter
Tel.: +49 1523 9502595
E-Mail: Jan.Baumgaertner@kit.edu

wbk Institut für Produktionstechnik
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
www.wbk.kit.edu/

Vernetzen Sie
sich gerne mit uns!



LinkedIn

Instagram



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

22 13.10.2025

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer, Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze, Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

Notizen