

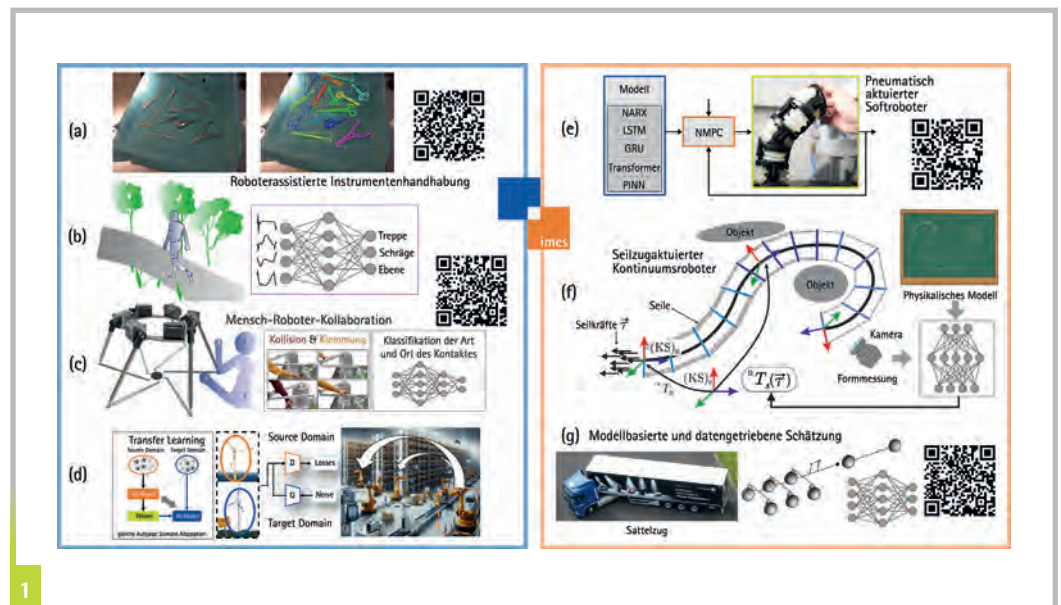
KI im Maschinenbau

Zu den Auswirkungen und Veränderungen in Wissenschaft und Arbeitswelt

Die Künstliche Intelligenz (KI) hat sich als Schlüsseltechnologie für den technologischen Fortschritt in allen Bereichen des Maschinenbaus etabliert. Dabei werden KI-Methoden beispielsweise zur Konstruktion und Entwicklung intelligenter Systeme, zur Analyse komplexer Daten in Produktion und Logistik oder zur Simulation und Optimierung energietechnischer Prozesse eingesetzt.

Dieser Artikel beschreibt anhand konkreter Beispiele, welche Rolle KI-Methoden und -Technologien für die Forschung und Lehre an der Fakultät für Maschinenbau spielen.

Abbildung 1 KI-getriebene Forschung am Institut für Mechatronische Systeme (imes) im Bereich der Klassifikation (links) und Regression (rechts): a) bildbasierte Instrumentenerkennung, b) Bewegungserkennung mittels neuronaler Netze, c) Kontaktklassifikation in einer Mensch-Roboter-Kollaboration mit Parallelrobotern, d) Domain Adaption im industriellen Kontext, e) und f) lernbasierte Regelung von Schlangenrobotern und Kontinuumsrobotern und g) hybride Zustandsschätzung im Sattelaufleger. Quelle: imes



Das Potenzial und die Einsatzmöglichkeiten neuer KI-Technologien sind vielfältig, was unter anderem die Bandbreite der KI-getriebenen Forschungsprojekte am **Institut für Mechatronische Systeme** (imes) zeigt. Hier werden daten- und lernbasierte Methoden für verschiedene Anwendungsbereiche, wie die Medizintechnik, Robotik und Fahrzeugtechnik, erforscht und angewandt. Neben der automatischen Röntgenbildanalyse werden KI-Methoden eingesetzt, um Chirurgie-Instrumente mittels Kamerabilder zu erkennen (Abb. 1a) und anschließend von einem Roboter an einen Menschen zu übergeben. In einer anderen Forschungsaktivität (Abb. 1b) werden an mehreren Stellen

Beschleunigungen des menschlichen Körpers gemessen, aus denen Informationen für eine Bewegungsklassifikation genutzt werden, um bei der Physiotherapie oder Protheseneinstellung zu unterstützen. Die Unterstützung des Menschen durch Parallelroboter (Abb. 1c) wird in der Grundlagenforschung untersucht. Hierbei kommen lernende Algorithmen zum Einsatz, um Kollisionen und Klemmungen zu unterscheiden und zu lokalisieren. Viele lernende Algorithmen benötigen Daten mit vom Menschen zugewiesener Grundwahrheit. Diese sogenannten gelabelten Daten sind jedoch begrenzt verfügbar, sodass mit Methoden der Domain Adaption Wissen aus ähnlichen Anwen-

dungen übertragen wird. Am imes wird untersucht wie diese Methoden zur Überwachung neuer Antriebssysteme und Windenergieanlagen genutzt werden können (Abb. 1d).

Die physikalische Modellierung von komplexem Systemverhalten ist nur mit großem Aufwand möglich und erfordert spezifisches Expertenwissen für dieses Anwendungsgebiet, während datengetriebene Modelle zur Überanpassung neigen. Die Kombination aus modellbasierter und datengetriebener Zustandsschätzung verspricht die Vereinigung der Vorteile beider Ansätze. Damit können wie in Abb. 1 rechts performantere und robustere Modelle

entwickelt werden, mittels derer beispielsweise die hochgenaue nichtlineare Regelung von Soft- und Kontinuumsrobotern (Abb. 1e, 1f) umgesetzt oder die Dynamik industrieller Sattelaufleger (Abb. 1g) beschrieben wird.

KI in industriellen Anwendungen

Einen für den Einsatz von KI-Methoden besonders relevanten Anwendungsbereich stellt die Entwicklung von Technologien für intelligente Fahrzeugsysteme dar. Am **Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG)** wird seit Gründung des Instituts an adaptiven Fahrzeuglichtsystemen geforscht. Kamerabasiertes Erkennen von Objekten und Umfeld bedient sich KI-Algorithmen, die mittels Bildverarbeitungstechniken die Umgebung erfassen, relevante Objekte identifizieren und deren Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit prognostizieren, um situationsgerecht zu reagieren. Neben vielen anderen Funktionen, die durch Fusion von Sensordaten abgeleitet werden, steht für die Forschung am IPeG insbesondere die Steuerung der Lichtfunktionen im Vordergrund. In diesem Kontext stehen auch die Dissertationen von Dr.-Ing. Christian Jürgens (Porsche AG) zum Thema „Der kontrastadaptive Scheinwerfer“, von Dr.-Ing. Ingo Hoffmann (Cariad SE) zum Thema „Volladaptive synthetische Lichtverteilungen“ und von Dr.-Ing. Sasha Saralajew (NEC Corporation) „Provident Vehicle Detection at Night“. Zunehmende Bedeutung für die Forschung am IPeG gewinnt der Aspekt Mensch-Maschine-Sehen in Bezug auf das automatisierte Fahren. In den Arbeiten von Max Casper Sundermeier und Rayen Hamlaoui wird der Einfluss der Beleuchtung auf die kamera-basierte Objekterkennung un-

tersucht und hinsichtlich einer optimalen Ausleuchtung des Verkehrsraumes optimiert. Dabei wird die Ausleuchtung so angepasst, dass sowohl menschliche als auch maschinelle Wahrnehmung gesteigert wird, um einen Beitrag zum sicheren Straßenverkehr bei Nacht zu leisten.

In Kooperationen mit der Industrie sind die Institute der Fakultät für Maschinenbau wichtige Partner, um das große Potential KI-getriebener Technologien für Unternehmen nutzbar zu machen – so auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Die Einführung von KI stellt dabei für viele dieser Betriebe eine neuartige Herausforderung dar. Um Unternehmen bei der Implementierung von KI-Lösungen zu unterstützen, bietet das vom Bundeswirtschaftsministerium geförderte Mittelstand-Digital Zentrum Hannover unter Leitung des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) zahlreiche kostenlose Angebote an und befördert damit den Wissenstransfer von der Forschung in die Praxis. Das Zentrum bietet Firmengespräche, Schulungen und begleitet KI-Projekte in den Unternehmen an. Mit diesen Unterstützungsangeboten werden Betriebe dazu befähigt, eigenständig Voraussetzungen zu schaffen, um KI bei sich einzusetzen: von der Datenverfügbarkeit bis zur Bewertung der Machbarkeit des KI-Einsatzes.

Mit dem Start-up Lower Impact hat das Zentrum beispielsweise eine automatische Mehlwurm-Sortieranlage entwickelt und einen Demonstrator aufgebaut. Ziel des Projektes war es, insbesondere die ökonomischen Voraussetzungen dafür zu schaffen, Mehlkäfer-Larven durch den Einsatz Künstlicher Intelligenz als nachhaltige Proteinquelle zu etablieren. Mithilfe von KI-

basierter Bildauswertung werden Mehlwürmer in Echtzeit nach Größe klassifiziert. Die Ventilsteuerung bläst per Druckluft zur richtigen Zeit Überperformer – große Käferlarven für die Zucht – vom Förderband. Die KI-gesteuerte Sortieranlage ermöglicht eine wirtschaftliche Produktion nachhaltiger Proteinquellen.



Abbildung 2
Untersuchung des Einflusses der Beleuchtung auf die kamera-basierte Objekterkennung in realen Feldbedingungen
Quelle: Institut für Produktentwicklung und Gerätebau

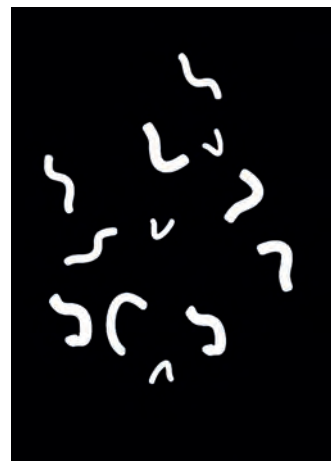


Abbildung 3
Bildauswertung
Quelle: Institut für Integrierte Produktion Hannover GmbH



Wie KI für viele Produktionsprozesse zur Schlüsseltechnologie für die Wirtschaftlichkeitssteigerung werden kann, zeigt beispielhaft eine Extrusionsanlage aus der Kautschukverarbeitung. Hier sollen die durch zahlreiche Einflussgrößen und chargenabhängige Materialschwankungen verursachten, fehlerbedingten Ausschüsse in der manuell durchgeführten Prozesssteuerung minimiert werden.

Daher wird am **Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA)** eine KI-basierte Prozesssteuerung entwickelt, um prozessimmanente Wirkzusammenhänge dynamisch zu ermitteln und Temperaturen in Echtzeit zu regeln. In Zusammenarbeit mit dem Forschungsverbund DIGIT RUBBER wird an dem übergeordneten Ziel gearbeitet, den Kautschukverarbeitungsprozess zu digitalisieren.

Die Grundlage der KI-basierten Echtzeitsteuerung bildet der Data-Mining-Algorithmus, der auf Basis der Stellgrößen des Extruders, wie Temperatur und Drehzahl die korrespondierenden Ausgangsgrößen prädiziert. Das neuronale Netz wurde dafür mit 14.923 Messpunkten aus unterschiedlichen Testreihen trainiert und mit einem hybriden Ansatz aus iterativer Entwicklung und Selektionsmodellierung optimiert. Nach der Optimierung erreicht der

Algorithmus eine Genauigkeit von mehr als 99 Prozent für die Voraussage von Temperaturmessgrößen des Extruders. Der Algorithmus konnte darüber hinaus auf den Kautschukmischprozess mit einer vergleichbaren Genauigkeit

Bedeutung der KI für die Arbeitswelt

generalisiert werden. Abschließend wird der optimierte Algorithmus in die Steuerung implementiert, um userdefinierte Toleranzgrenzen in Echtzeit einzuhalten. Dafür stellt die KI die erforderlichen Steuergrößen zur Anpassung des toleranzüberschreitenden Messwertes bereit und übergibt diese vollautomatisiert an den Extruder.

Die genannten Beispiele zeigen, wie viele Bereiche des Maschinenbaus durch den Einsatz von KI profitieren und sich teils grundlegend verändern. Digitalisierungstechnologien und insbesondere damit realisierte Automatisierungsansätze haben immer schon Kompetenzen in der Arbeitswelt verändert und alte Qualifikationen obsolet gemacht. Der Einsatz von KI kann dabei entlastend oder

den bereits in vier Bereichen Ansätze der KI auch auf der Shopfloor-Ebene eingesetzt:

- Fertigungsorientierte Systeme: Robotik, Transportsysteme, Computer Integrated Manufacturing, Lagersysteme in der Logistik
- Wissensbasierte Systeme: Expertensysteme, Assistenzsysteme und Agenten
- Lernorientierte Systeme: Fuzzylogik, neuronale Netze, maschinelles Lernen und modellbasierte Verfahren
- Simulationsorientierte Systeme: Digitale Zwillinge

In Untersuchungen des **Instituts für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM)** in Unternehmen hat sich gezeigt, dass es einen Zusammenhang zwischen Kompetenzen und der mit KI beeinflussten Autonomie bei Entscheidungen des Menschen, der maschinellen Autonomie und dem Grad

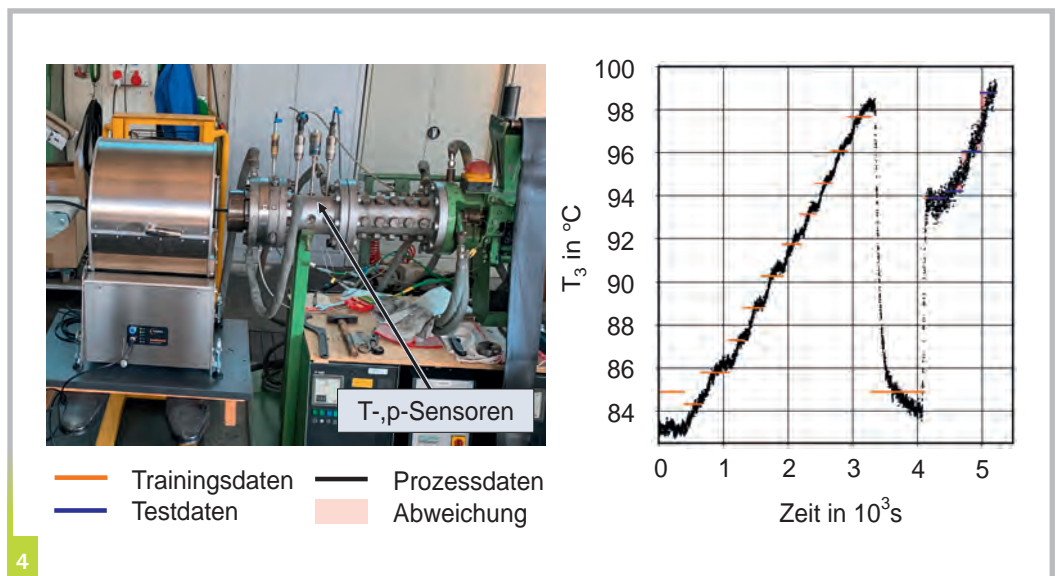


Abbildung 4
Kautschukextrusionsanlage am DIK
Quelle: links, Foto: Sebastian Leineweber, Vorhersage des Data-Mining Algorithmus (rechts, Bild: Marco Lukas

Algorithmus eine Genauigkeit von mehr als 99 Prozent für die Voraussage von Temperaturmessgrößen des Extruders. Der Algorithmus konnte darüber hinaus auf den Kautschukmischprozess mit einer vergleichbaren Genauigkeit

belastend wirken, wenn physische Fertigkeiten, kognitive Fähigkeiten oder gar kreative Aufgaben durch „intelligente“ Maschinen und Computersysteme ersetzt oder unterstützt werden. In der Metall- und Elektroindustrie (M+E) wer-

der Informationsverarbeitung als „Reife“ der Lösungen gibt. Dieser Zusammenhang wird in einem Modell abgebildet, welches der Beschreibung KI-beeinflusster Facharbeit in der M+E-Industrie dient. Es entstehen vier Felder in einer

Kompetenzmatrix, denen die folgenden Hypothesen zugrunde liegen:

- Hypothese 1: Ein niedriger Grad der Informationsverarbeitung und eine geringe Autonomie der Technik führen zu einer Entlastung beruflicher Aufgaben durch Maschinen.
- Hypothese 2: Ein hoher Grad an Informationsverarbeitung und ein niedriger Grad an Autonomie der Technik führen zu einem Zuwachs an beruflichen Aufgaben.
- Hypothese 3: Ein niedriger Grad an Informationsverarbeitung und eine hohe Autonomie der Technik führen zu einer Ersetzung beruflicher Aufgaben durch Maschinen.
- Hypothese 4: Ein hoher Grad an Informationsverarbeitung und ein hoher Grad der Autonomie der Technik führen zu einem



5

Abbildung 5
Veränderte Fachkräftekompetenz durch KI-Einfluss
Quelle: eigene Darstellung

hohen Anspruch an beruflichen Aufgaben, wenn diese nicht algorithmischer Natur sind und zu einem geringen Anspruch an beruflichen Aufgaben, wenn sie algorithmischer Natur sind.

Literatur

Becker, M., Spöttl, G. & Windelband, L. (2021): Künstliche Intelligenz und Autonomie der Technologien in der gewerblich-technischen Berufsbildung. In: S. Seufert, J. Guggemos, D. Ifenthaler, J. Seifried & H. Ertl (Hrsg.):

Künstliche Intelligenz in der beruflichen Bildung: Zukunft der Arbeit und Bildung mit intelligenten Maschinen?! Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Beiheft 31 (S. 31-54). Steiner.

KI in der Lehre

Um die Studierenden an der Fakultät für Maschinenbau auf diese neue Arbeitswelt und auf die Mitarbeit an Forschungsprojekten vorzubereiten, bieten die Institute der Fakultät für Maschinenbau vielfältige Lehrveranstaltungen mit Bezug zu KI-Methoden an – vom Grundlagenmodul *Data- and AI-driven Methods in Engineering* bis zu spezialisierten Vorlesungen wie *Datenmanagement und -analyse*. Das **Institut für Montagetechnik und Industrierobotik** (match) bietet seit dem Wintersemester 2021 das Masterlabor „Maschinelles Lernen in der Produktionstechnik“ (MLL) für die Studiengänge Maschinenbau, Produktion und Logistik sowie Mechatronik an. Hierbei wird den Studierenden die praktische und anwendungsnahe Implementierung von künstlichen neuronalen Netzen (KNN) am Beispiel von digitaler Bildverarbeitung vermittelt. Die Aufgabe, welche die Studierenden dabei im Labor lösen, ist, Getränkeverschlüsse (zum Beispiel aus Kork, Metall oder Kunststoff) anhand ihrer optischen Eigenschaften zu klassifizieren – eine Aufgabe, welche mit klassischer Bildverarbeitung nicht einfach zu lösen ist. Die Studierenden erlernen nicht nur Datensätze zu erstellen und KNN selbst zu trainieren, sondern auch diese an einem experimentellen Versuchsstand zu evaluieren. Dabei steht im Wesentlichen die Optimierung der Hyperparameter im Fokus, wodurch die Studierenden ein tieferes Verständnis für die Funktionsweise von KNN erhalten.



Identifikation der Bauteilorientierung in einer Zuführanlage mithilfe digitaler Bildverarbeitung und künstlicher neuronaler Netze.
Foto: match

Die im MLL erlernten Fähigkeiten können die Studierenden am match auch in der Forschung vielseitig einsetzen. Ein Beispiel ist die Nutzung von digitaler Bildverarbeitung in der Zuführtechnik, also bei der Sortierung und Bereitstellung von Kleinteilen für die automatisierte Montage. Damit die Bauteile in der Zuführanlage korrekt ausgerichtet werden können, muss zunächst deren aktuelle Orientierung bestimmt werden. Die Nutzung von KNN ermöglicht die Bestimmung der Orientierung beliebiger Bauteile, unabhängig von deren Geometrie oder Eigenschaften wie Farbe und Material. Das Training erfolgt dabei mit automatisiert erstellten synthetischen Bildern der Bauteile, wodurch eine aufwändige manuelle Datensatzaufnahme nicht mehr notwendig ist. Dieses Verfahren ermöglicht eine zuverlässige Erkennung der Bauteilorientierungen mit Genauigkeiten von über 99 Prozent.

Von links oben nach rechts unten:
Torge Kolditz, Prof. Dr.-Ing.
Thomas Seel, Prof. Dr.-Ing.
Ludger Overmeyer, Marco Lukas,
Sebastian Leineweber, Aran
Mohammad, Dr. Atefeh Gooran
Orimi und Timo Kuhlitz
Foto: Eckhard Stasch



Nicht im Bild:
Prof. Dr. Matthias Becker,
Leiter des Instituts für Insti-
tuts für Berufswissenschaften
der Metalltechnik (IBM); **Prof.
Dr.-Ing. Berend Denkena**,
Leiter des Instituts für Ferti-
gungstechnik und Werkzeug-
maschinen (IFW); **Dr.-Ing.
Michael Rehe**, Bereichsleiter
am IFW und Leiter des Mittel-
stand-Digital Zentrums Han-
nover; **Niklas Terei**, Wissen-
schaftler am Institut für
Montagetechnik und Indus-
trierobotik, forscht an KI-ba-
sierten Methoden, um Präzisi-
onsmontageprozesse autonom
zu gestalten.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seel
leitet das Institut für Mecha-
tronische Systeme (imes) und
forscht an Daten- und KI-ge-
triebenen Methoden, die auto-
nomes Lernen und sensomotori-
sche KI in dynamischen Syste-
men ermöglichen. Kontakt:
[thomas.seel@imes.uni-
hannover.de](mailto:thomas.seel@imes.uni-hannover.de)

Torge Kolditz
forscht am Institut für Monta-
getechnik und Industrierobotik
(match) an der Flexibilisierung
der Zuführung von Kleinbautei-
len in der automatisierten Mon-
tage.

**Prof. Dr.-Ing.
Ludger Overmeyer**
leitet das Institut für Transport-
und Automatisierungstechnik
(ITA).

Marco Lukas
forscht am ITA an KI-basierten
Steuerungskonzepten für Extru-
sionsanlagen.

Sebastian Leineweber
forscht am ITA an der Additiven
Fertigung für Kautschukbauteile
und KI-basierter Steuerung.

Aran Mohammad
erforscht am imes die physische
Interaktion von Parallelrobotern
mit dem Menschen.

Dr. Atefeh Gooran Orimi
forscht am Institut für Pro-
duktentwicklung und Gerätebau
(IPeG) an Grundlagen und An-
wendungen von KI-Methoden
insbesondere in Optik und dem
Felddatenmanagement.

Timo Kuhlitz
erforscht am imes Algorithmen
zur Klassifikation von Bilddaten
oder Zeitreihen.



Investieren Sie in Ihre
Weiterbildung bei einem
zuverlässigen Partner!

Wir beraten Sie gern
zur richtigen Seminarwahl:

Tel.: 0511 277 1729
kontakt@lzh-laser-akademie.de
www.lzh-laser-akademie.de

