



VDI BV FRANKFURT-DARMSTADT e. V.



# Technik & Mensch

FAKTOR MENSCH

## Kommentar

Liebe Mitglieder,  
werden wir zum homo digitalis?

Wir sind heutzutage in den meisten Lebenslagen von Technik umgeben. Technische Geräte unterstützen dabei, den Alltag effektiver und komfortabler zu gestalten. Doch mindestens genauso häufig tun sie nicht das, was wir wollen, sind undurchschaubar, zeitweise sogar unzuverlässig. Mit der voranschreitenden Technisierung unserer Gesellschaft werden diese Probleme tendenziell stärker. Maschinen werden komplexer, intelligenter und übernehmen immer mehr Bereiche unseres Handelns. Der Mensch mit seinen Fähig- und Fertigkeiten existiert weiterhin neben diesen Technologien und wird sie fortschreitend nutzen, mit ihnen interagieren und kommunizieren – man spricht hier von Mensch-Technik-Interaktion.

Der Begriff „menschlicher Faktor“ wird schnell zu eng gefasst, indem der Mensch allein als Risiko oder potentieller Störfaktor in einer Mensch-Maschine-Interaktion missverstanden wird. Ist der menschliche Faktor ein Störfaktor? Betrachten wir den Fall, wenn Mensch und Maschine aufeinander treffen: Es ist nicht minder abwegig, dass der Störfaktor die Maschine ist, von der sogar ein Risiko für Menschen ausgehen kann. Letztlich soll der Begriff „Faktor Mensch“ aber gar nicht im Sinn eines Störfaktors interpretiert werden, sondern allgemein betonen, dass Maschinen von Menschen für Menschen hergestellt werden und gegenseitig angepasst werden müssen.

**Lukas Kluy**  
Redaktion T&M

## Faktor Mensch

Gerade die Unterstützung menschlicher Tätigkeiten im Beruf und in der Freizeit stellt für Ingenieurinnen und Ingenieure eine hohe Motivation dar. Durch technische Systeme können menschliche Aktivitäten sicherer, zuverlässiger, effektiver und weniger anstrengend werden. Und nicht zu vergessen: der Umgang mit Technik kann schlichtweg Spaß machen!

Die Erreichung einer hohen Benutzungsfreundlichkeit oder sogar einer Begeisterung bei der Nutzung ist zu einem wirtschaftlichen Erfolgsfaktor und somit zu einem wesentlichen Entwicklungsziel technischer Geräte geworden. Das betrifft die menschengerechte Gestaltung der Mensch-Maschine Interaktion. Dies betrifft aber auch die menschengerechte Gestaltung der Aufgaben, die Menschen im Rahmen eines Zusammenarbeitens mit Maschinen zu erfüllen haben. Gerade diese menschengerechte Aufgabengestaltung ist von großer Bedeutung, wenn Maschinen nicht mehr nur noch Befehle ausführen, sondern Überwachungs-, Planungs- oder sogar Führungsaufgaben übernehmen.

Welche Rolle kommt dem Menschen zu, wenn Maschinen zunehmend autonom agieren? Welches Verständnis besitzen Nutzerinnen und Nutzer von solchen autonomen technischen Systemen? Das sind typische Forschungsfragen die sich aktuell beispielsweise im Kontext der autonomen Fahrzeugführung ergeben.

Auch in der Arbeitswelt ist die Untersuchung von kooperativen Mensch-Maschine-Systemen von hoher Aktualität. Diese neuen Möglichkeiten der Mensch-Maschine Kooperation ergeben sich durch die wachsende Bereitstellung umfangreicher Datenmengen sowie die gute Verfügbarkeit von Ansätzen zur Verarbeitung solcher großen Datenmengen in nahezu Echtzeit. Die sehr schnelle Verarbeitung großer Datenmengen und die daraus abgeleitete Entscheidungsunterstützung stellt



in vielen Fällen eine hilfreiche Ergänzung menschlicher Tätigkeiten dar. Als Beispiel seien hier Assistenzsysteme in der Produktion genannt, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf wesentliche Systemzustände (z.B. Ausfallwahrscheinlichkeiten) hinweisen und beim Umgang mit diesen kritischen Systemzuständen anleiten.

Die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung menschlicher Tätigkeiten zeigt sich ebenso im Kontext des Einsatzes von technischen Systemen zur Verringerung der körperlichen Anstrengung. So ist es beispielsweise unstrittig, dass durch die Verwendung von Exoskeletten die körperliche Belastung bei ausgewählten Tätigkeiten (z.B. statischer Überkopfarbeit) reduziert werden kann. Es ist aber ebenso unstrittig, dass die Verwendung von Exoskeletten die Ausführung von anderen Tätigkeiten sogar erschweren kann (z.B. hoch dynamische Aktivitäten).

Erst die systematische, in der Regel auf empirischen Erkenntnissen basierende Analyse ermöglicht eine fundierte Abwägung der Vor- und Nachteile des menschengerechten Einsatzes technischer Systeme. Das Sonderheft bietet vielfältige erfolgreiche Beispiele für ein solches Vorgehen.

**Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder**  
TU Darmstadt



# Human Factors

**Auf dem Weg zu einem optimalen Zusammenspiel von Menschen und Systemen**



Haben Sie sich schon einmal gefragt, wie sich unser zukünftiges Leben verändern wird, wenn Menschen und Technik immer weiter zusammenrücken? Bereits heute werden Tätigkeiten, die zuvor vom Menschen ausgeführt wurden, gänzlich oder zumindest teilweise auf technische Systeme übertragen. Service-Robotik als Unterstützung im Pflegebereich oder teilautomatisierte Fahrzeuge im Straßenverkehr stehen hier beispielhaft für stärkere Technisierung in verschiedensten Anwendungsdomänen. Mit der Weiterentwicklung der Technik stellt sich die Frage, wie menschliche Anforderungen in der Gestaltung von Systemen berücksichtigt werden können, um ein optimales Zusammenspiel zwischen Menschen und Technik zu ermöglichen.

## **Human Factors als Disziplin**

Hinter der Betrachtung des menschlichen Faktors steht eine Disziplin, die den Menschen in den Fokus rückt: Human Factors/Ergonomie (HF/E). Bereits Ende des 19. Jahrhunderts gab es erste Ideen, den Menschen in der Analyse von Arbeitsprozessen stärker zu berücksichtigen. Damals ging es darum, den Menschen an das System anzupassen. Dies geht beispielsweise aus Arbeiten von Frederick Taylor (1911) hervor, der die Auswahl und das Training von Industriearbeiter\*innen mithilfe von

Zeit- und Bewegungsstudien untersuchte. In den USA finden HF/E ebenfalls starke Beachtung. Hier gilt die Disziplin HF/E als während des zweiten Weltkrieges entstanden (Wickens & Hollands, 2000). Im Zuge des technologischen Fortschritts kam es durch schlecht abgestimmte Systemgestaltung immer häufiger zu Problemen und Unfällen, wie beispielsweise zu Flugzeugabstürzen - trotz hochqualifizierter Piloten - aufgrund von Problemen bei der Bedienung von Steuerelementen im Cockpit (Fitts & Jones, 1947a). Aufbauend auf den Erkenntnissen dieser Zeit entwickelte sich die Disziplin HF/E weiter und damit einhergehend bildete sich ein stärkerer Fokus auf die menschliche Bedürfnisse, Eigenschaften, Leistungsfähigkeit und -grenzen sowie darauf, diese mit umweltbedingten Einflüssen abzustimmen.

Heute deckt HF/E sehr diverse Themen ab und verbindet dabei als eigenständige Richtung verschiedene Basisdisziplinen wie Psychologie, Physiologie, Soziologie, Ingenieurwissenschaften, Biomechanik, Anthropometrie, Industrie- und Interaktionsdesign. Die Kombination der einzelnen Bereiche verfolgt dabei einen interdisziplinären Ansatz, um die Interaktion von Menschen, anderen Elementen eines Systems und Umgebungsfaktoren ganzheitlich zu betrachten. Ziele dieser Betrachtung sind, die Effizienz und Sicherheit des Zusammenwirkens von Menschen und Systemen zu erhöhen, das menschliche Wohlbefinden zu fördern und negative Auswirkungen zu vermeiden. Somit steht die menschen-zentrierte Optimierung der Gesamtleistung des Systems im Vordergrund (Read, Salmon, Goode, & Lenné, 2018).

*Human Factors versteht sich als interdisziplinäre und angewandte Wissenschaft, die sich mit der Rolle des Menschen in der Interaktion mit (technischen) Systemen beschäftigt.“ (vgl. Badke-Schaub, Hofinger, & Lauche, 2012)*

## **Human Factors in Wissenschaft und Anwendung**

Zum einen lässt sich HF/E als eben jene Wissenschaft beschreiben, die sich mit dem Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Menschen und anderen Elementen eines Systems befasst (Wickens & Hollands, 2010). Zum anderen handelt es sich ebenso um den Anwendungsbereich, der wissenschaftliche Theorien, Prinzipien und Methoden zur menschen-zentrierten Anpassung von Systemen verwendet.

Die breite Aufstellung von HF/E ermöglicht ein facettenreiches Spektrum an Wissenschaft und Anwendung, welches anhand der folgenden drei Beispiele aus den Domänen Arbeitsplatzgestaltung, Produktionsumgebungen und Verkehrssystemtechnik dargestellt werden soll. HF/E-Themen sind bei der Planung und Konstruktion von Technik, Maschinen und Arbeitssystemen hoch relevant.

### **Beispiel 1: Reduktion arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen**

Ein eher klassisches Thema von HF/E findet sich in der nachhaltigeren Gestaltung von Arbeitstätigkeiten und -plätzen hinsichtlich Risikofaktoren für Muskel-Skelett-Erkrankungen in der industriellen manuellen Verarbeitung. Ein Ansatz, der wissenschaftliche Forschung mit der Anwendung verbindet, findet sich im RAMP-Projekt (Rose, Eklund, Nord Nilsson, Barman & Lind 2020; [www.ramp.proj.kth.se](http://www.ramp.proj.kth.se)). Das umfangreiche Risikomanagement-Tool besteht aus den Teilaspekten:

1. Beurteilung von Risikofaktoren wie z.B. Körperhaltung und repetitive Arbeit,
2. der anschließenden Ergebniskommunikation sowie
3. einer Entscheidungsgrundlage für ergonomie-verbessernde Maßnahmen.

Die Methode sowie Trainingsmaterialien werden kostenlos online bereitgestellt und kontinuierlich erweitert.

### **Beispiel 2: Einsatz von neuartigen Technologien am Arbeitsplatz**

Durch die technische Weiterentwicklung können neue Formen der Zusammenarbeit von Menschen und neu entwickelter Technik bis hin zu lernenden Systemen, wie Robotik oder künstlicher Intelligenz, am Arbeitsplatz entstehen. Unabhängig davon, um welche Technologie es sich handelt, ist es erforderlich, das Vertrauen und die Akzeptanz durch die Menschen frühzeitig und im kompletten Implementierungsprozess zu beachten (Brandewiede et al., 2020). Beim Einsatz von kollaborativen Robotern zählen u.a. Bewegung, Geschwindigkeit, Sicherheit, und Reliabilität zu den das Vertrauen beeinflussenden Komponenten (Charalambous et al., 2016).

### **Beispiel 3: Gestaltung externaler Mensch-Maschine Schnittstellen**

Zukünftiger Verkehr wird durch die gemeinsame Interaktion von automatisierten Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmer\*innen (VT) im gemischten Verkehr bestimmt sein. Damit einhergehend gilt es die Kommunikation speziell mit besonders gefährdeten VT, wie z.B. Fußgängern, im Sinne eines sicheren und effizienten Verkehrsflusses weiterhin zu gewährleisten. Während heutzutage über Augenkontakt oder Gestik mit den menschlichen Fahrer\*innen explizit kommuniziert werden kann, wird dies bei hochautomatisierten Fahrzeugen nicht mehr der Fall sein. Ein möglicher Lösungsansatz sind externe Mensch-Maschine-Schnittstelle (eHMI), die als Kommunikationskanal dienen und z.B. über das Fahrzeugverhalten informieren können (Schieben et al., 2019). Bei der Gestaltung von eHMIs gilt es, die menschliche Informationsverarbeitung und visuelle Wahrnehmungsprozesse

zu berücksichtigen. Aktuelle Forschung beschäftigt sich u.a. mit der Frage, wie eHMIs für unterschiedliche Fahrzeugtypen gestaltet werden können (Lau, Le & Oehl, 2021).

### **Die Zukunft von Human Factors**

Die zuvor dargestellten Beispiele stellen anschaulich dar, dass nicht vorrangig die Menschen an Technik, sondern die Technik an die Menschen angepasst werden sollte. Im Hinblick auf die zukünftige technologische Entwicklung hin zu hochkomplexen Systemen ist es entscheidend, den menschlichen Faktor bei der Ausgestaltung von Technik zu berücksichtigen.

**Lina Kluy M. Sc.**

*Human Factors*

*Institut für Arbeitswissenschaft und*

*Betriebsorganisation*

*Karlsruher Institut für Technologie*

**Merle Lau M. Sc.**

*Human Factors*

*Institut für Verkehrssystemtechnik*

*Deutsches Zentrum für Luft- und*

*Raumfahrt*

## Künstliche Intelligenz, Robotik und Co.

### **Werden wir zum Homo digitalis?**

Steuern wir uns oder werden wir gesteuert? So mancher wird sich das schon gefragt haben. Ohne Digitalisierung geht gefühlt nichts mehr – sei es privat oder beruflich. Ingenieur\*innen ohne Digitalkompetenz scheinen kaum noch Chancen auf dem Jobmarkt zu haben. Aber stimmt das auch so? Oder helfen Roboter und Künstliche Intelligenz uns zu etwas viel Höherem? Marco und Sarah sprechen über dieses Thema in der Podcast-Folge: „Werden wir zum Homo Digitalis?“ Zu Gast im Podcast „Technik aufs Ohr“ ist Dr. Heinz Voggenreiter, Universitätsprofessor und Ingenieur. Er sagt: „Die Digitalisierung verändert unsere Gesellschaft auf fast allen Ebenen dramatisch.“

### **Digitalisierung: Das Buzzword, das keiner mehr hören kann**

Was bedeutet Digitalisierung eigentlich? Kaum ein Begriff wird seit Jahren so

inflationär gebraucht, um einerseits auf die Chancen, andererseits auf die Gefahren der digitalen Zukunft aufmerksam zu machen. Unseren Gast Dr. Heinz Voggenreiter, Direktor beim Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt, fragen wir erstmal, ob er verstehen kann, dass viele Menschen diesen Begriff einfach nicht mehr hören können. Dafür hat der Universitätsprofessor durchaus Verständnis, betont aber auch, dass die Ängste vor der Technologie abgebaut werden müssen. Seien es Sensoren, KI oder Roboter: Kommunikation zwischen Maschinen und Big Data sind die Zukunft und große Datenmengen müssen von Ingenieur\*innen ausgewertet werden können. Wer hier keine Kenntnisse aufbaut, wird es schwer haben, so Voggenreiter. In dieser Folge erfahren Hörer\*innen auch ganz genau, wie sie da hinkommen können.

### **Wo bleibt der Mensch in der Digitalisierung?**

Wandeln wir uns also doch zum „Homo digitalis“? Wenn man sich die Handhabung in Schulen und Büros in der Lockdown-Zeit der Corona-Pandemie anschaut, kann man daran Zweifel haben. Schulen klagten über fehlende Tablets und digitale Tools und so manches Unternehmen hatte noch nicht einmal Home Office-Regeln. Unsere Moderatoren fragen hier genauer nach. Vor allem interessiert sie, wo der Mensch in der Digitalisierung bleibt. Heinz Voggenreiter erklärt deutlich, dass es immer noch einen Menschen geben muss, der die Maschine oder den Roboter versteht. Denn ansonsten werden wir beherrscht. Jetzt reinhören! [www.vdi.de/podcast](http://www.vdi.de/podcast)

**VDI e.V.**

# Neue Expertise zu Künstlicher Intelligenz in der Arbeitswelt

**Kompetenzzentrum für Arbeit und KI startet in Darmstadt**

KompAKI adressiert drei Hauptthemen:

## Anforderungen & Potentiale

- Methoden zur Potentialanalyse: Quick-Check, KI-Relevanz Check
- Erkenntnisse zu KI-basierten Geschäftsmodellen

## Kooperative KI

- Methoden der kooperativen KI: Transparente und erklärbare KI-Anwendungen für Nutzende

## Auswirkungen auf die Arbeitswelt

- Bewertungsmethoden für KI-unterstützte Arbeit
- Gestaltungskonzepte für KI-Akzeptanz

Die Methoden und Anwendungen der Künstlichen Intelligenz (KI) werden derzeit auf breiter gesellschaftlicher Ebene diskutiert. Dabei wird erwartet, dass tiefgreifende wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungsprozesse angestoßen werden, die insbesondere auch die Arbeitswelt betreffen (Majumder, 2016; Dodgson & Gann, 2017; Deutscher Bundestag, 2018; Townsend, 2019; Place, 2020).

Diese Transformation wird in Unternehmen aller Branchen und Größen eine Rolle spielen (VDI, 2018) und kann nahezu alle Ebenen menschlicher Arbeit beeinflussen (Schlick et al., 2018). Verbundene Fragestellungen reichen hier von der Wirkung von KI-Anwendungen auf ganzheitliche Geschäftsprozesse bis hin zur direkten Anwendung von KI-Systemen am Arbeitsplatz.

Auffallend an der Situation in Deutschland ist, dass der Anteil an Unternehmen, der sich von KI-Anwendungen Vorteile verspricht und die Potentiale nutzen will größer ist als der Anteil, der KI-basierte Anwendungen tatsächlich betreibt (Fraunhofer-IAO, 2019; Offensive Mittelstand, 2019). Mögliche Ursachen dafür liegen in der bisher gering ausgeprägten Erfahrung deutscher Unternehmen mit der Integration von

KI-Ansätzen sowie den in der Regel fehlenden Kompetenzen im Umgang mit KI-basierten Systemen auf Seiten der Mitarbeitenden (VDI, 2018; Balakrishnan, Chui, Hall, & Henke, 2020). Zudem verbinden nicht alle Akteure mit der neuen Technologie nur Vorteile. Die Belastungswirkung durch die Anwendung wird beispielsweise von Mitgliedern der IG Metall durchaus kontrovers eingeschätzt: Zwar gehen 45% der Befragten davon aus, dass Potentiale zur Reduktion von Belastungen entstehen, 77% allerdings gehen davon aus, dass auch neue Belastungen entstehen werden. Zudem sehen 95% der Beschäftigten einen steigenden Qualifizierungsbedarf im Zusammenhang mit KI-Anwendung (IG Metall, 2019). Die Spannungen können unter anderem dadurch verstärkt werden, dass arbeitsbezogenen Folgen von neuen Technologien häufig erst in einer nachgelagerten Phase betrachtet werden. Gerade das große gesellschaftliche Veränderungspotential von KI-Anwendungen macht allerdings eine enge, bereits bei der Anwendungsentwicklung ansetzende Verzahnung von KI-Entwicklung und Arbeitsforschung notwendig.

Im Rahmen des FuE-Programms „Zukunft der Arbeit“ fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung

deshalb regionale Kompetenzzentren. Diese haben zum Ziel, die Gestaltungspotentiale neuer Technologien auf die Arbeitswelt zu untersuchen, den Wandel zu begleiten und den Transfer der Forschungsergebnisse in die betriebliche Praxis zu fördern. Als ein Teil dieser Förderung startete im Oktober 2020 das für fünf Jahre angesetzte „Kompetenzzentrum für Arbeit und Künstliche Intelligenz (KompAKI)“ als regionales Verbundprojekt in den Metropolregionen Frankfurt-Rhein-Main und Rhein-Neckar. Koordiniert wird das Projekt durch das Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt (IAD).

Am Verbundprojekt sind insgesamt 11 Forschungspartner der Technischen Universität und der Hochschule Darmstadt beteiligt. Die interdisziplinäre Projektstruktur vernetzt dabei den regionalen Hochschulsektor mit 8 Unternehmen aus dem Produktions- und IT-Sektor sowie weitere assoziierte Partner. Dabei wird Grundlagenforschung mit Entwicklung, Evaluation und Praxistransfer von konkreten neuen KI-Anwendungen und -Geschäftsmodellen verbunden, um so dem bestehenden Informationsbedarf deutscher Unternehmen und ihrer Mitarbeitenden zu begegnen. Die Forschungsschwerpunkte des Verbundprojektes sind dabei in drei Hauptziele aufgeteilt (siehe Schaubild). Das erste Hauptziel stellt die Erforschung von Potentialen sowie Anforderungen von arbeitsbezogenen KI-Systemen dar. Dabei geht es insbesondere um die Fragen, unter welchen Bedingungen sich industrieller KI-Einsatz lohnt und welche Anforderungen mit der Anwendung der Systeme verbunden ist. Im zweiten Projektziel steht die anwenderzentrierte Entwicklung der industriellen KI-Systeme im Fokus. Es werden kooperative KI-Formen entwickelt, die von einer breiten Anzahl an Endanwendenden bedienbar

ist und deren Arbeitsweise transparent nachvollzogen werden kann.

Das dritte Hauptziel des Projektes ist die Entwicklung von Verfahren, mithilfe derer die Folgen des KI-Einsatzes verlässlich bewertet werden können. So sollen beispielsweise Daten über Qualifikationsbedarfe der Mitarbeitenden, Leistungsfähigkeit der angewendeten Systeme

sowie Belastungssituationen und Systemakzeptanz in den neuen Arbeitssystemen systematisch erfasst und analysiert werden.

Die im Projekt entstehenden Ergebnisse werden der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt (Projektwebseite: [www.kompaki.de](http://www.kompaki.de)); hierzu zählen neben Methoden und Demonstratoren auch vielfältige Schulungsformate, mit denen sich interessierte

Unternehmen zu KI-bezogenen Themen weiterbilden können.

**Lucas Polanski-Schröder**  
**Deborah Petrat**  
**Christopher Stockinger**  
**Dr.-Ing. Ilka Subtil**  
 Institut für Arbeitswissenschaft  
 TU Darmstadt

## Exoskelette an Arbeitsplätzen in der Produktion und Logistik im Blickwinkel der Ergonomie

Exoskelette sind am Körper angelegte orthetische Vorrichtungen oder sogenannte technische Assistenzsysteme, die auf den menschlichen Körper oder einzelne Körperbereiche einwirken und den Menschen eine Unterstützung anbieten. Passive und aktive Exoskelette wurden zuerst für medizinische (v.a. Reha) und militärische Bereiche entwickelt und werden seit einigen Jahren auch zur Unterstützung der arbeitenden Personen im gewerblichen Bereich (z.B. in der Automobilmontage oder in der Warenlogistik) in Pilotprojekten getestet.

Exoskelette lassen sich je nach Wirkmechanismus, unterstützter Körperregion und Zielstellung des Einsatzes differenzieren.

Nach dem Wirkmechanismus werden Exoskelette aufgeteilt in:

- Passive Systeme als am Körper angebrachte orthetische Vorrichtungen ohne aktive Elemente. Sie unterstützen die tragende Person ausschließlich durch mechanische Hilfsmittel, wie beispielsweise Feder- oder Seilzugsysteme, die auftretende Belastungen wie eine Art Gegengewicht abfangen und so in Energie umwandeln.
- Aktive Systeme mit verschiedenen Antriebsarten, bieten zusätzlich eine externe Kraftunterstützung durch Elektromotoren oder pneumatische Systeme, die an den Gelenken oder anderen Punkten

des Menschen einwirken. Diese Systeme erlauben einen wesentlich höheren Unterstützungsgrad. Dies bringt allerdings auch ein deutlich höheres Eigengewicht des Systems aufgrund von Motoren und der Energieversorgung durch Akkus mit sich.

- Hybride Systeme sind aktive Exoskelette, die mithilfe von Nervensignalen und bioelektrischen Sensoren gesteuert werden.

Exoskelette können nach den unterstützten Körperbereichen aufgeteilt werden in:

- Systeme für die oberen Extremitäten vor allem für die Tätigkeiten mit Überkopfarbeit (z. B. Paexo Shoulder, Levitate, SkelEX).
- Systeme für den Oberkörper oder den Rumpf beispielsweise bei der manuellen Lastenumsetzung (z. B. passive Exo: Laevo, SuitX backX; aktive Exo: Cray X, GermanBionics).
- Systeme für den ganzen Körper und die unteren Extremitäten (z. B. Chairless Chair).

Durch den Einsatz der Exoskelette sollte die gesamte oder lokale Beanspruchung, hervorgerufen durch körperliche Belastungen bei den Tätigkeiten mit ergonomisch belastenden Körperhaltungen sowie bei manuellen Lastenhandhabungen, reduziert werden. In der betrieblichen Praxis vor allem in der Automobilmontage bei Audi, Daimler, BMW, Ford,



**Testen von passiven Exoskeletten für die Überkopfarbeit im IAD-Labor**

VW, Opel aber auch beim Flugzeughersteller Airbus wurden passive Exoskelette in Pilotprojekten als innovativer technischer Lösungsansatz eingesetzt. Sind Arbeitsplätze aufgrund der physikalischen Gegebenheiten nicht ergonomisch zu optimieren, kann das Exoskelett helfen, durch Stabilisierung bestimmter

Körperregionen, ein Gleichgewicht herzustellen. Mit dem zielgerichteten Einsatz von Exoskeletten lässt zusätzlich zu den priorisierten technischen und organisatorischen Gestaltungsmaßnahmen nach dem TOP-Prinzip des Arbeitsschutzes die Beanspruchung der Arbeitsperson in der Produktion teilweise reduzieren bzw. in andere Körperbereiche umleiten - z. B. vom Hand-Arm-System in den Rücken bzw. die unteren Extremitäten. Die Pilotprojekte in der Logistik setzten auf passive Exoskelette, die den Rücken unterstützen und den Lagerarbeiter so bei Hebe- und Tragetätigkeiten während der Kommissionierung unterstützen sollten. Leider ist die Akzeptanz von passiven Exoskeletten in der gewerblichen Praxis und speziell in der Logistik aufgrund von unterschiedlichen Randbedingungen noch nicht ausreichend.

Beim Einsatz von Exoskeletten an Arbeitsplätzen werden folgende ergonomische Wirkungen angestrebt:

- Ausführbarkeit von Körperbewegungen und -haltungen bei verschiedenen Tätigkeiten und Wirkungsgrad der passiven Systeme
- Schädigungslosigkeit bei sich

wiederholenden Körperbewegungen und ergonomisch belastenden Arbeitshaltungen sowie bei manueller Lastenhandhabung

- Beeinträchtigungsfreiheit bei Körperbewegungen und -haltungen.

Ob und in welchem Umfang eine Beanspruchungsreduzierung bzw. Belastungsverlagerung durch den Einsatz von passiven Exoskeletten an Arbeitsplätzen erfolgt, wird derzeit intensiv geforscht. Ergebnisse aus biomechanischen und arbeitsphysiologischen Studien mit passiven Exoskeletten liegen zum Teil vor. Bezüglich aktiven Exoskeletten liegen derzeit leider noch wenige ergonomische Erkenntnisse vor – hier besteht noch Forschungsbedarf.

Derzeit laufen zwei Forschungsprojekte in Deutschland. Das Projekt Exo@Work zum Thema „Einsatz von Exoskeletten in der Arbeitswelt“ wird von der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) gefördert. Ein zweites Projekt zum Thema „Biomechanische Wirksamkeit von Exoskeletten für die oberen Extremitäten“ wird am Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) koordiniert.

Auch das Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt (IAD) beschäftigt sich seit einigen Jahren mit dem Thema. Ein Konzept wurde zur Bewertung der biomechanischen Belastungen und arbeitsphysiologischen Beanspruchungen beim Einsatz von passiven Exoskeletten für die Überkopparbeit erarbeitet und im Labor sowie in der Praxis getestet.

Der Einsatz von Exoskeletten in der betrieblichen Praxis steht aktuell einer Vielzahl offener Fragestellungen gegenüber. Diese resultieren aus den derzeit fehlenden Erkenntnissen zu möglichen negativen Langfristfolgen des menschlichen Körpers sowie der Vorbehalte aus der rechtlichen Verantwortung der Unternehmen, da keine gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse aus Langzeitstudien in der Praxis vorliegen. Die gesetzlichen Anforderungen, die Exoskelette erfüllen müssen, sind noch nicht geklärt. Auch der wirtschaftliche Faktor ist von großer Bedeutung. Die recht hohen Anschaffungskosten der Exoskelette verhindern zur Zeit noch einen breiten Einsatz in den Unternehmen.

**Dr.-Ing. Jurij Wakula**  
*Institut für Arbeitswissenschaft*  
 TU Darmstadt

## Automatisiertes Fahren in der Stadt

### Was verändert sich für Menschen als Verkehrsteilnehmende?



Die im Straßenverkehr fortschreitende Automatisierung führt zu einem Wandel für Menschen als Verkehrsteilnehmende bei der Interaktion mit automatisierten Fahrzeugen. Dies betrifft zum einen Menschen, die in der Rolle als Fahrer\_in ein automatisiertes Fahrzeug nutzen, und zum anderen Menschen, die als Verkehrsteilnehmende am Straßenverkehr teilnehmen.

#### **Fahrfremde Tätigkeiten**

Während dem hochautomatisierten Fahren (SAE Level 3) ist der Fahrer bzw. die Fahrerin im Gegensatz zu niedrigeren Automatisierungsstufen nicht mehr verpflichtet, die Umgebung zu überwachen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, dass Fahrende die Fahrzeit für

andere Tätigkeiten nutzen. Der Mensch im Fahrzeug dient nur noch als Rückfallebene, wenn das Automatisierungssystem seine Systemgrenze erreicht. In diesem Fall werden Fahrende vom Fahrzeug mit einer ausreichenden Vorlaufzeit aufgefordert, die Fahrzeugführung vom Automatisierungssystem zurück zu übernehmen. Am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt (IAD) wurde dazu untersucht, welche Tätigkeiten zukünftige Nutzende von automatisierten Fahrzeugen während der Fahrt ausführen möchten. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden die Auswirkungen dieser Tätigkeiten auf die Auslastung der Wahrnehmungsressourcen und die mentale Beanspruchung von Fahrenden und ihre Fähigkeit, die Fahrzeugführung

in der vorgesehenen Zeit wieder vom System zu übernehmen, analysiert.

Als relevante fahrfremde Tätigkeiten, die Fahrende während der Fahrt auszuführen wünschen, wurden neben dem heute schon weit verbreiteten Hören von Musik oder Radio, das Lesen und Schreiben von Kurznachrichten am Smartphone sowie das Surfen im Internet bzw. in sozialen Medien in Befragungs- und Beobachtungsstudien identifiziert.

Die Auswirkungen dieser fahrfremden Tätigkeiten während hochautomatisierter Fahrt wurden im Fahrsimulator des IAD mit 54 Probanden analysiert. Dazu wurden die sich hinsichtlich ihrer Anforderungen an den Menschen unterscheidenden Tätigkeiten Lesen von Text (visuelle Belastung), Radioreportage hören (auditive Belastung), Video ansehen (Kombination aus visueller und auditiver Belastung), SMS schreiben (motorische und mentale Belastung) und das Beobachten der Fahrt (Referenzbedingung) ausgewählt. Zur Beurteilung der Auswirkungen dieser Tätigkeiten auf die Fahrenden wurden das Blickverhalten, die Leistungs- und Aufmerksamkeitsverteilung und die mentale Beanspruchung (EKG, Hautleitwert) sowie das Situationsbewusstsein der Fahrenden erhoben.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die untersuchten fahrfremden Tätigkeiten in ihrer hinsichtlich der mentalen Beanspruchung der Fahrenden deutlich unterscheiden und dass die Beanspruchung positiv mit der Zeit korreliert,

die für die Kontrollübernahme benötigt wird. Fahrfremde Tätigkeiten, die mit einer hohen Beanspruchung verbunden sind (wie z. B. Lesen oder Texting), führen auch zu längeren Reaktionszeiten.

### **Kommunikation automatisierter Fahrzeuge mit Fußgänger\_innen**

Um den Verkehrsfluss aufrecht zu halten und (mögliche) Konflikte zu lösen, kommunizieren Verkehrsteilnehmende fortlaufend. Die Kommunikation erfolgt implizit durch die Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit von Fahrzeugen bzw. Menschen oder explizit durch Zeichen von Fahrzeugen bzw. Menschen, beispielsweise Signale des Fahrzeug-Blinkers oder Handgesten. Obwohl Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmenden typisch für den urbanen Straßenverkehr ist, ist diese bis heute nur ansatzweise erforscht. Im Zukunftsszenario des hochautomatisierten Fahrens muss das Fahrzeug die kommunikative Funktion eines Fahrers/einer Fahrerin übernehmen, weil diese/r sich von der Fahrzeugführung abwenden kann.

Am IAD wird dazu u.a. untersucht, ob die bisherige Kommunikation des Fahrers/der Fahrerin durch externe Anzeigen an hochautomatisierten Fahrzeugen ersetzt werden muss, um die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen und das Vertrauen in automatisierte Fahrzeuge zu stärken. Diese externen Anzeigen am Fahrzeug könnten Außenstehenden beispielsweise mitteilen, dass das Fahrzeug im automatisierten Modus fährt, dass sie von dem automatisierten Fahrzeug wahrgenommen wurden oder dass das

Fahrzeug einem Verkehrsteilnehmenden Vorrang gewährt.

Dazu wurden Kommunikationskonzepte entwickelt und prototypisch umgesetzt. In ersten Studien auf einem abgesperrten Testgelände wurde die externe Anzeige des Status des automatisierten Modus (aktiviert/deaktiviert) evaluiert. Dazu wurden Versuche mit 7 Probanden an jeweils drei Versuchstagen durchgeführt und die externe Anzeige hinsichtlich Erkennbarkeit, Einzigartigkeit, Gerichtetheit sowie Verständlichkeit in der Situation ‚Straße queren vor einem automatisiert fahrenden Fahrzeug‘ bewertet.

Die Ergebnisse zeigen tendenziell positive Bewertungen für alle vier Kriterien. Die Auswirkungen zunehmender Interaktionserfahrung auf das Sicherheitsgefühl und das Vertrauen von Fußgänger\_innen in automatisierte Fahrzeuge wird in zukünftigen Studien detailliert untersucht.

*Danksagung: Die vorliegende Arbeit ist ein Ergebnis des Verbundforschungsprojekts @CITY - Automated Cars and Intelligent Traffic in the City. Das Forschungsvorhaben wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

**M. Sc. Philip Joisten**  
**Dr.-Ing. Andreas Müller**  
**Dr.-Ing. Bettina Abendroth**  
Institut für Arbeitswissenschaft (IAD)  
TU Darmstadt

## Smart Office: Was kann das intelligente Büro?

Ob der intelligente Kühlschrank, der selbstständig Einkaufslisten generiert oder die automatisierte Regulierung der Raumtemperatur – Smart Home-Anwendungen haben schon lange Einzug in private Wohnbereiche gehalten und erleichtern den Alltag der Nutzer ungemein. Nicht nur im Bereich Wohnen sind smarte Lösungen gefragt denn je, auch am Arbeitsplatz bieten sie einen Mehrwert für Mitarbeiter und Unternehmen. Das vernetzte Büro soll nicht nur

das Wohlbefinden und die Produktivität der Mitarbeiter steigern, sondern die Büroräume auch sicherer und nachhaltiger machen.

### **Smart Office: Eine kurze Definition**

Die Bezeichnung Smart Office umfasst technische Systeme, die über das komplette Büro hinweg miteinander verbunden sind. Hierzu gehören beispielsweise praktische Helfer wie digitale Whiteboards, internetfähige Drucker oder Sitz-

Steh-Tische, welche die Haltungswechsel der Nutzer nicht nur aufzeichnen, sondern gleichzeitig an diese erinnern. Zusätzlich spielt die Automation von Gebäudemanagement- und Sicherheitssystemen eine große Rolle.

### **Die Vorteile vom Smart Office**

Smart Offices umfassen flexible Arbeitsbereiche, die offene sowie geschlossene Raumelemente vereinen. So soll auf die variierenden Bedürfnisse der

Nutzer eingegangen werden: Stillarbeit auf der einen Seite und kommunikativer Austausch sowie Raum für Kreativität und Innovation auf der anderen Seite. Arbeitsplätze sind frei wählbar und können online gebucht werden. Durch smarte Sensorik ist es außerdem möglich, Arbeitsplätze nach den individuellen Präferenzen der Mitarbeiter auszurichten. So können Helligkeit und Temperatur an das persönliche Wohlbefinden angepasst werden.

Auch das Thema Sicherheit spielt beim smarten Office eine tragende Rolle. Intelligente Rauch- und Wassermelder alarmieren im Notfall selbstständig die Feuerwehr. Dank Zutrittskontrollen durch Gesichtserkennung ist es möglich, nicht autorisierten Personen den Zutritt zu verwehren und Türen ferngesteuert abzuriegeln. Neuen Corona-bedingten Anforderungen wie dem Einhalten von Abstand kann ebenfalls Abhilfe geschaffen werden: Smarte Sensoren können die Flächennutzung sowie die Zugänge zum Büro messen und bei Überbelegung Warnsignale absetzen. Ebenso ist es möglich, den Luftaustausch ferngesteuert zu regulieren.

Von großer Bedeutung ist auch der Nachhaltigkeitsgedanke. Durch intelligente Technologie können Energie- und Kosteneinsparungen erzielt werden. So gibt es beispielsweise Präsenzmelder, die eigenständig das Licht ausschalten, Heizung und Klimaanlage herunterregeln, sobald das Büro leer ist. Auch ist es möglich, Defekte in der Gebäudeausstattung frühzeitig zu erkennen und zu beheben, sodass ein daraus resultierender Stromanstieg gar nicht erst entstehen kann.

### **Herausforderungen überwinden**

Es ist wichtig, dass bei der Planung und Implementierung smarterer Lösungen die Bedürfnisse der Mitarbeiter miteinbezogen werden und nicht an ihnen vorbeigeplant wird. Da über die Mitarbeiter viele Daten gesammelt werden, sollte bei der Sammlung und Speicherung der Daten Transparenz herrschen und eine offene Kommunikation zwischen Geschäftsführung und Mitarbeitern gewährleistet sein. Ein Thema, das mit der Digitalisierung einher geht, ist natürlich auch der Datenschutz. Es sollte daher sichergestellt werden, dass nur mit zertifizierten Partnern und Techniken gearbeitet wird.

### **Cube Berlin – Das intelligenteste Bürogebäude Europas**

Das momentan intelligenteste Bürogebäude Europas steht in Berlin. Im Frühjahr 2020 wurde das Cube im Zentrum Berlins eröffnet und setzt neue Maßstäbe in puncto Design und fortschrittlicher Technologie. Außen erinnert das Smart Building an moderne Kunst – ein gigantischer Würfel mit gläserner Fassade, die das geschäftige Treiben vor dem Gebäude spiegelt – und innen ist es ausgestattet mit der modernsten Gebäudetechnik. Rund 3800 Sensoren messen das Verhalten der Nutzer, erkennen deren Bedürfnisse und passen sich diesen an, um so den Büroalltag zu vereinfachen und effizienter zu gestalten. Auch die Umwelt profitiert: Dank intelligenter Sensorik und einer selbstlernenden Software ist das Cube komplett ressourcenschonend und energieeffizient. Gesteuert wird das smarte Bürogebäude über eine App, die eine Bandbreite an Funktionen beinhaltet: Digitaler Türzu-

gang für Mitarbeiter, Regulierung von Beleuchtung und Temperatur, Raumbuchungen, Anschluss an Paket- und Lieferservice und vieles mehr.

### **Neue Arbeitskultur und steigende Nachfrage nach Digitalisierung**

Die Arbeitswelt ist im Umbruch: Die Anforderungen der Nutzer an Büroräume haben sich verändert und auch die Corona-Pandemie bringt neue, ungeahnte Herausforderungen mit sich. Die Nachfrage nach Büroimmobilien mit guter digitaler Infrastruktur, die flexibel, reaktionsschnell und anpassungsfähig sind, wird immer größer. Unternehmen, die in puncto digitale Infrastruktur bislang eher schlecht aufgestellt waren, haben dies spätestens durch die Covid-19-Krise zu spüren bekommen.

Unternehmen investieren mehr in Digitalisierung und in den letzten Jahren hat sich auch die Skepsis der Büronutzer gegenüber modernen Office-Konzepten in Zustimmung umgewandelt, wie aus der aktuellen ZIA Digitalisierungsstudie hervorgeht. Vor allem die jüngeren Generationen, die Arbeitnehmer von morgen, sind der Digitalisierung gegenüber sehr offen und wünschen sich einen Arbeitsplatz, der flexibles Arbeiten ermöglicht und durch modernes Design sowie innovative Technologie ein komplett neues Arbeitserlebnis schafft. Letztlich legen Smart Office-Konzepte also den Grundstein für eine vielversprechende Zukunft. Sie steigern die Attraktivität und damit gleichzeitig den Wert der Immobilie.

**Meike Quiter**  
[www.animus.de](http://www.animus.de)

## Transparenz im technischen Umgang mit Fake News

**Der Lehrstuhl Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit (PEASEC) unter Leitung von Prof. Christian Reuter verbindet Informatik mit Friedens- und Sicherheitsforschung. In nutzerzentrierten Studien werden technische Unterstützungsansätze zum Umgang mit Fake News iterativ entwickelt und evaluiert.**

In den letzten Jahren haben sich soziale Medien wie Facebook und Twitter immer mehr zu wichtigen

Informationsquellen entwickelt, welche die Verbreitung von nutzergenerierten Inhalten unterstützen. Durch die hohe

Verbreitungsgeschwindigkeit, geringen Aufwand und (scheinbare) Anonymität nimmt gleichzeitig die Verbreitung von



In der Blackbox-Detektion können Nutzende das Input (z.B. Tweets auf Twitter) und das Output (z.B. Label als Fake News) eines Algorithmus beobachten. Es wird jedoch keine Erklärung geliefert, wie der Algorithmus zu seiner Entscheidung kommt. Das Gegenstück dazu nennt man Whitebox-Detektion. Hier können auch die internen Vorgänge zwischen Input und Output beobachtet werden. Für Laien im Kontext der Fake News Detektion können diese internen Vorgänge jedoch sehr komplex sein.

Fake News und ähnlichen Phänomenen zu. Bereits in den vergangenen Jahren aber insbesondere im Kontext der COVID-19 Pandemie hat sich gezeigt, dass Fake News und unbeabsichtigte Fehlinformationen ernsthafte und sogar lebensbedrohliche Konsequenzen mit sich bringen können. Technische Unterstützungsmaßnahmen haben insbesondere in sozialen Medien ein großes Potenzial Fake News effektiv zu bekämpfen. Hier sind zwei maßgebliche Schritte notwendig: (1) Fake News automatisiert detektieren und (2) nach der erfolgreichen Detektion sinnvolle technische Gegenmaßnahmen implementieren.

### Automatische Detektion

Zur automatischen Detektion von Fake News existieren verschiedene Ansätze, die sich oftmals an linguistischen, semantischen oder stilbasierten Merkmalen der Nachrichteninhalte orientieren oder weitere Kontextinformation wie die Verbreitungsgeschwindigkeit sowie die Anzahl an Retweets und Followern beispielsweise im Rahmen von Netzwerkanalysen einbeziehen. Viele der genaueren Detektionsverfahren haben jedoch gemeinsam, dass sie Blackbox-basiert sind, d.h. sie können den Nutzenden keine Erklärung liefern, warum und wie sie zu einer Entscheidung gekommen sind. Während Interpretierbarkeit und Erklärbarkeit im maschinellen Lernen bereits in verschiedenen Kontexten an Bedeutung gewonnen hat, sind diese Whitebox-basierten Ansätze zur Detektion von Fake News in der Regel aufgrund ihrer Komplexität dennoch nicht verständlich und transparent für die EndnutzerInnen als Laien und bleiben somit für diesen eine „Black Box“. Entsprechend kommen die existierenden Detektionsverfahren mit einigen Limitationen für den zweiten essenziellen

Schritt – der Implementierung von technischen Gegenmaßnahmen.

### Technische Gegenmaßnahmen

Nach der erfolgreichen Detektion von Fake News gilt es zu überlegen, wie mit diesen Inhalten umgegangen wird um Nutzende sinnvoll zu unterstützen. Hier gibt es insbesondere zwei gegensätzliche Möglichkeiten: Zum einen können Inhalte nach der Detektion mit recht wenig Aufwand gelöscht oder binär als Fake oder nicht Fake gelabelt werden. Die fehlende Erklärung und Nachvollziehbarkeit kann jedoch unter Umständen mit Reaktanzen seitens der Nutzenden verbunden sein. Im schlimmsten Falle glauben entsprechende Nutzende dann erst recht an die Inhalte und Diskurse verschieben sich auf andere keine Fake News Überprüfung durchführende Medien wie den Messenger Telegram. Aktuelle Studien zeigen, dass transparente technische Gegenmaßnahmen von Nutzenden präferiert werden. Vielversprechen ist hier beispielsweise die Anzeige von verständlichen und politisch neutralen Indikatoren für Fake News auf Inhalten, welche zuvor automatisiert als Fake News identifiziert wurden.

### TrustyTweet

Als konkrete Umsetzung der transparenten technischen Gegenmaßnahme wurde das Browser-Plugin TrustyTweet für Twiternutzende entwickelt. Dieses kombiniert in seiner aktuellsten Version TrustyTweet 2.0 die automatische blackbox-basierte Detektion mittels BERT-Algorithmus [4] mit der automatisierten Anzeige von verständlichen Indikatoren durch Suche im DOM-Baum. BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) ist ein state-of-the-art Modell des maschinellen Lernens zum Vortrainieren

natürlicher Sprachverarbeitung. Basierend auf bestehender Literatur und ergänzt durch quantitative und qualitative Analyse von mehr als 2.300 Tweets im Corona-Kontext wurden weitere Indikatoren für Fake News und unabsichtliche Fehlinformationen identifiziert und in Thinking-aloud Studien nutzerzentriert auf Verständlichkeit und Transparenz untersucht. Diese Indikatoren sind jedoch alleinstehend nicht definierend für Fake News, d.h. ein Algorithmus wäre alleine basierend auf diesen Indikatoren nicht zuverlässig dazu in der Lage, Fake News mit annehmbarer Quote an Falsch-Positiven Resultaten zu detektieren. Hier würde der Algorithmus beispielsweise auch bei Inhalten wie einem Torjubel aufgrund verschiedener Indikatoren wie Großschreibung oder aufmerksamkeiterregender Emojis fälschlicherweise Alarm schlagen. Entsprechend werden die Indikatoren nur auf der Menge der zuvor mit hoher Wahrscheinlichkeit durch BERT als Fake News identifizierten Tweets angezeigt. Erste Ergebnisse zeigen eine Bereitschaft von Nutzenden, diese Indikatoren in Kombination mit dem Detektionsalgorithmus als Hilfestellung im Umgang mit Fake News anzunehmen. Herausfordernd bleibt jedoch die für Nutzende nachvollziehbare Kombination aus Detektion basierend auf BERT und Indikatoren, welche vom Detektionsverfahren weitgehend unabhängig sind. Als zentrale Designimplikation für den technologiegestützten Umgang mit Fake News zeigt sich unter anderem die Befähigung zur Personalisierung um persönliche Autonomie zu erhalten und Reaktanz zu verhindern, welche durch ein entsprechendes Konfigurations-Feature umgesetzt wird.

## Fazit

Zur automatischen Detektion von Fake News werden verschiedene Merkmale herangezogen. Diese umfassen zum Beispiel den Nachrichteninhalte aber auch Kontextinformation zur Verbreitung von Tweets und Interaktionen mit diesen, etwa mittels Netzwerkanalysen. Viele Merkmale sind jedoch für EndnutzerInnen nicht eindeutig nachvollziehbar oder

sogar überhaupt nicht transparent identifizierbar. Die Identifikation von transparenten und verständlichen Indikatoren für Fake News zur Steigerung der Medienkompetenz in technischen Unterstützungsmaßnahmen ist daher ein angestrebtes Ziel. Neben Bestrebungen, den Detektionsalgorithmus an sich transparent und dennoch akkurat zu gestalten, liegt ein Fokus im Forschungsfeld der

menschzentrierten Technikgestaltung zum Umgang mit Fake News auf einer sinnvollen Kombination aus Blackbox-basierter Detektion und transparenter Anzeige von verständlichen Indikatoren.

**M.Sc. Katrin Hartwig**

**Prof. Dr. Christian Reuter**

Wissenschaft und Technik für Frieden  
Und Sicherheit (PEASEC)  
TU Darmstadt

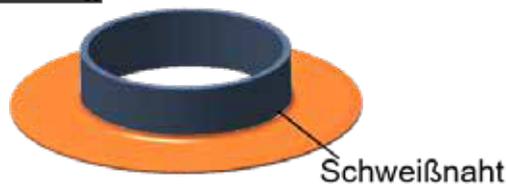
## Effizienter Leichtbau durch moderne Prozesstechnologien

Hohe Festigkeiten, geringes Gewicht und gut zu recyceln – All diese Eigenschaften vereinen hochfeste Aluminiumlegierungen und bieten somit die

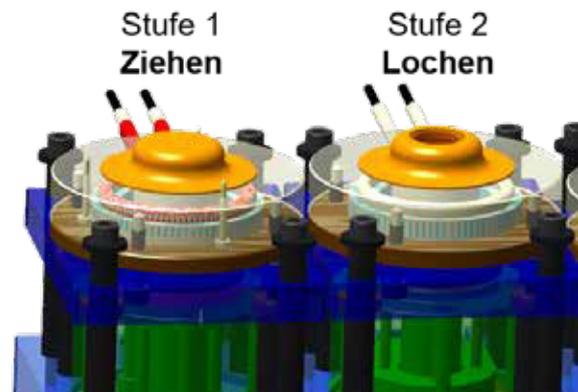
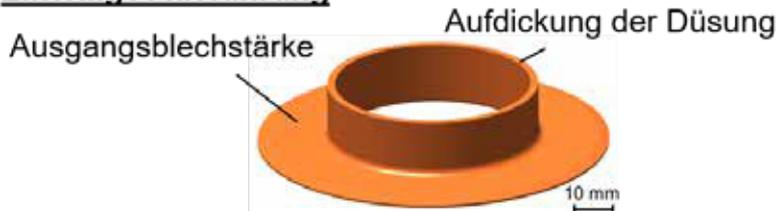
die Verkaufszahlen um knapp ein Viertel gestiegen und der Trend soll in den kommenden Jahren anhalten. Dies liegt auch daran, dass E-Bikes für immer mehr Men-

von bis zu 600 MPa auf und ist im Gegensatz zu faserverstärkten Kunststoffen besser recyclebar und kostengünstiger. Den attraktiven mechanischen Eigenschaften

### Zweiteilige Ausführung



### Einteilige Ausführung



Möglichkeit des energieeffizienten Leichtbaus in Mobilitätsanwendungen. Neben der Erweiterung der Umformbarkeit steht am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) der TU Darmstadt auch die energie- und ressourceneffiziente Gesamtprozesskette im Vordergrund.

Wohl kaum eine Branche erlebte im Jahr 2020 eine solche Absatzsteigerung wie die E-Bike-Industrie. Laut dem Branchenverband Cycling Industries Europe sind

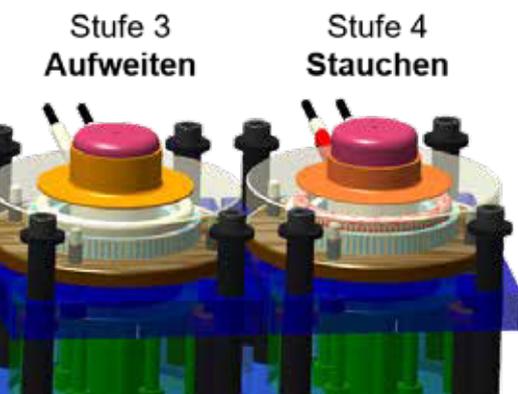
schen eine Alternative zum Auto oder dem öffentlichen Nahverkehr darstellen. Mit einem Gewicht von etwa 20-25 kg einschließlich Motor und Akku sind E-Bikes jedoch relativ schwer und unergonomisch in der Handhabung, beispielsweise beim Verladen auf einen Fahrradträger. Optimierungspotenzial bietet hier der Einsatz von Leichtbaumaterialien zur Gewichtsreduktion, wie etwa die hochfeste Aluminiumlegierung EN AW-7075. Die Legierung wiegt nur knapp ein Drittel von Stahl, weist jedoch Festigkeiten

stehen eine begrenzte Umformbarkeit bei Raumtemperatur sowie ungünstiges Rückfederungsverhalten nach der Umformung gegenüber. Um diese Nachteile zu adressieren, werden temperaturunterstützte Umformprozesse erforscht. Im Fokus einer Forschungsgruppe am PtU der TU Darmstadt stehen dabei vor allem ressourcenoptimierte Prozesstechnologien, sodass nicht nur in der späteren Nutzung, bspw. in bewegten Teilen oder Mobilitätsanwendungen, Effizienzvorteile aufgrund des geringen Gewichtes

entstehen, sondern auch schon zu Beginn des Produktlebenszyklus.

### **Mehrstufige Umformung belastungsoptimierter Bauteile**

Ein Teilprojekt verfolgt den Ansatz einer belastungsoptimierten Auslegung einer Rotorbuchse durch angepasste Wandstärken. Mittels eines aufgedickten Bereiches kann eine gezielte Krafteinleitung in besonders hoch beanspruchten Bauteilbereichen erfolgen. Die traditionelle Prozessroute sieht dafür zwei miteinander verschweißte Bauteile unterschiedlicher Wandstärke vor (Abb. 1). Um die Beeinflussung der Materialcharakteristika durch den Wärmeeintrag des Schweißens zu minimieren sowie die Effizienz bei der Produktion zu erhöhen, nutzen Wang et al. das sogenannte „stamping-forging processing“. Dies wird auch zur Herstellung der gezeigten Demonstratorgeometrie angewendet. Aufgrund



**Abbildung 1**

der komplexen Bauteilgeometrie bedarf es dazu einer mehrstufigen Umformoperation. Essentiell ist hierbei das Stauchen der zuvor aufgestellten Düse, durch die eine Aufdickung von 20 %, bezogen auf die Ausgangsblechstärke, erzielt werden kann. Da die temperaturunterstützten Prozessrouten, im Falle einer mehrstufigen Umformung, durch die im Prozess auftretenden Wärmeüberträge zwischen Bauteil und Werkzeug und der damit einhergehenden Reduzierung

der Umformbarkeit limitiert werden, ist eine exakte Temperierung über die gesamte Prozesskette hinweg erforderlich. Dies wird mittels temperierter Umformwerkzeuge sichergestellt. Sämtliche Aktivteile sind mit Heiz- und ggf. auch Kühlelementen ausgestattet. Somit kann eine zielgerichtete Temperaturführung und die Umformbarkeit des temperatursensiblen Aluminiums gewährleistet werden. Aktuell wird die Prozesskette in Sachen Energieeffizienz im Umformprozess selbst sowie in der nachfolgenden Wärmebehandlung zum Erreichen des hochfesten T6-Zustands optimiert.

### **Lokale Erwärmung des Bauteils im Werkzeug**

Neben dem mehrstufigen Prozess werden auch einstufige Biege- und Tiefziehprozesse untersucht. Das zugehörige Teilprojekt verfolgt hier den Ansatz der Umformung mit lokaler Platinerwärmung. Dabei führen beheizte Werkzeugkomponenten dem Ausgangsblech an den kritischen Umformzonen im Einzugsbereich gezielt Wärme zu und machen so die gesteigerte Umformbarkeit bei hohen Temperaturen zugänglich. Ziel ist hier Prozessgrenzen zu erweitern um auch komplexere Blechbauteile umformen zu können. Daher wird neben einem Modellversuch auch eine industriennahe Tiefziehgeometrie in entsprechend temperierten Werkzeugen untersucht. Besondere Bedeutung hat dabei die numerische Simulation, da zeit- und kontaktabhängige Modelle immer noch Potential bei der Vorhersage der Temperaturfelder besitzen. Durch die Integration der Erwärmung in den Werkzeughub können Zykluszeiten und Verlustwärmeströme gleichermaßen reduziert sowie der hochfeste T6-Zustand in den übrigen Blechbereichen erhalten werden.

### **Rollformen von Rohren**

Zusätzlich zu den Umformverfahren der Einzelteilfertigung steht das kontinuierliche Fertigungsverfahren des Rollformens im Vordergrund. Ausgehend von einem flachen Blech wird hierbei in mehreren Stufen ein Rohr geformt und mit einer Längsnaht verschweißt. Aufgrund der hohen Prozessgeschwindigkeiten bietet das Verfahren vor allem bei hohen Stückzahlen Kosten- und Effizienzvorteile

gegenüber konkurrierenden Fertigungsverfahren wie dem Strangpressen. Eine Besonderheit der EN AW-7075 Legierung ist ihre Abschreckempfindlichkeit. Hohe Abschreckgeschwindigkeiten nach dem Lösungsglühen führen im Endbauteil zu einer hohen Festigkeit, geringe Abschreckgeschwindigkeiten dagegen zu einer hohen Duktilität.

Diese Besonderheit ermöglicht den Einsatz der Legierung in belastungsoptimierten Crashstrukturen. Die mechanischen Eigenschaften können im Anschluss an den Schweißprozess (Laser- oder HF-Schweißen) innerhalb der Prozesskette gezielt in die Rohre eingebracht werden: Einer Erwärmung auf die Lösungsglühtemperatur des Materials (480 °C) folgt das gezielte Abschrecken. Ein Vorteil der prozessintegrierten Wärmebehandlung ist der positive Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Schweißnaht. Das kurzzeitige Lösungsglühen und Abschrecken erhöht die Festigkeit der Schweißnaht um bis zu 50 %.

Um die Prozesseffizienz zu steigern, wird erforscht, wie ein Teil der Abschreckwärme zurückgewonnen werden kann. Hierzu wurde am PtU eine Wärmerückführung entwickelt. Innerhalb der Wärmerückführung befindet sich ein geschlossenes System aus Wärmetauschern, welche dem Wasserdampf und dem erwärmten Wasser die Wärme entziehen und einem Wärmespeicher zuführen. Aus dem Wärmespeicher heraus wird die Wärme über isolierte Rohrleitungen in die Wärmerückführung eingespeist und dort zur Vorwärmung des Blechs genutzt. Die Wärmerückführung ermöglicht die fortlaufende Einsparung von ca. 300 W bei einer Verfahrensgeschwindigkeit von 1 m/min. Noch mehr Energie kann durch den Einsatz von Wärmepumpentechnologie eingespart werden. Je nach örtlichen Gegebenheiten ist auch die Einspeisung in ein Fernwärmenetz möglich.

### **Tribologie bei der Aluminium-Warmumformung**

Mit steigenden Umformtemperaturen in den oben genannten Prozessen wachsen die Herausforderungen an das tribologische System, welches einen weiteren

Schwerpunkt der Forschungsarbeiten am PtU darstellt. Bei hohen Temperaturen verlieren herkömmliche ölbasierte Schmierstoffe der Blechumformung ihre Schmierwirkung. Zusätzlich erhöht sich die Adhäsionsneigung von Aluminium, was in Kombination zu vorzeitigem Werkzeugverschleiß in Form von Aufschweißungen führt. Im Streifenziehversuch werden am PtU daher unterschiedliche Schmierstoffe und Werkzeugoberflächen untersucht. Hierbei ist es möglich, für unterschiedliche Umformprozesse (z.B. abhängig von der Umformtemperatur) eine passende Schmierstoff-Oberflächen-Kombination zu ermitteln und weiterzuentwickeln. Primäres Ziel ist die Steigerung der Robustheit unterschiedlicher Umformprozesse; mittelfristig ist durch die Optimierung der Schmierstoffmenge eine Ressourceneinsparung zu

erwarten. Eine besondere Herausforderung: Durch die hohen Blechtemperaturen ist ein Umdenken des grundsätzlichen Schmierprinzips notwendig. Wurden bis dato in der Blechumformung die Bleche beölt, muss bei der Warmumformung der Schmierstoff auf das Werkzeug aufgebracht werden. Hierbei muss bspw. das Benetzungsverhalten grundlegend untersucht werden, welches bisher in der Blechumformung nur eine untergeordnete Rolle gespielt hat.

**Fazit und Ausblick**

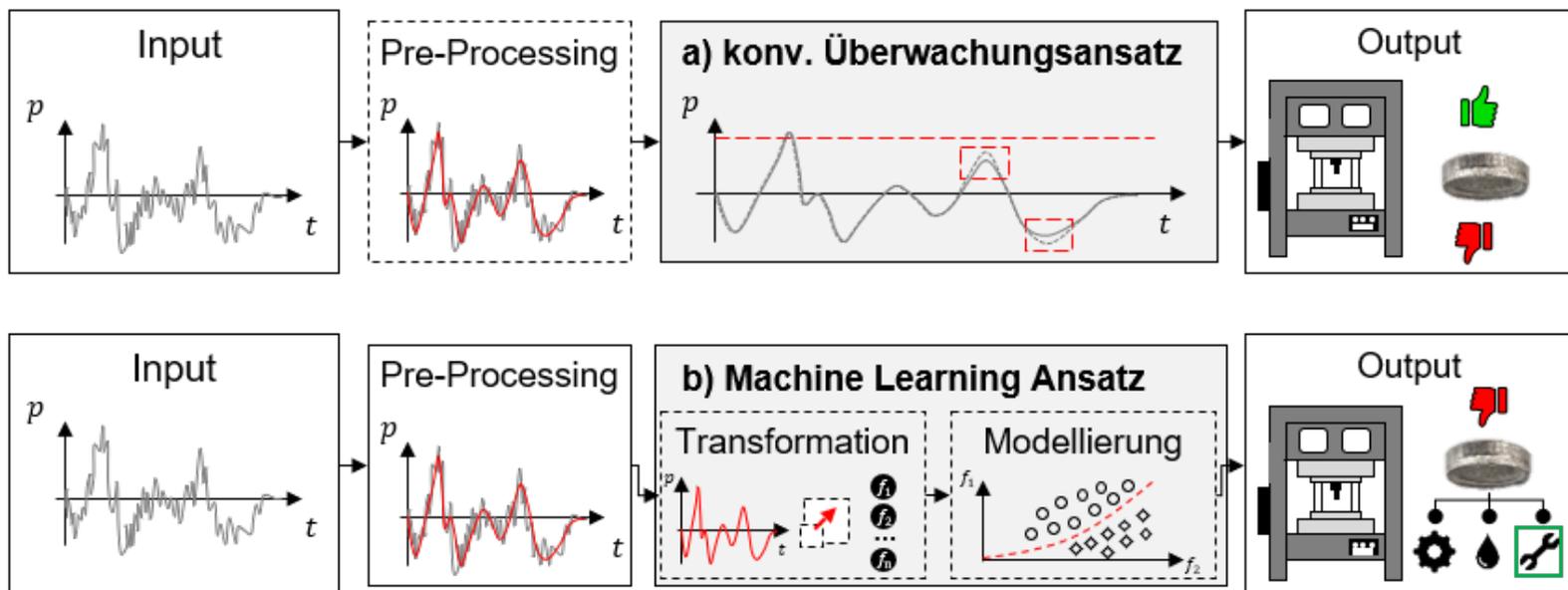
Die hochfeste Aluminiumlegierung EN AW-7075 bietet großes Potenzial für Leichtbauanwendungen im Mobilitätssektor. Nach dem Nachweis der prinzipiellen Machbarkeit konzentrieren sich die Wissenschaftler des PtU auf die Steigerung von Prozessrobustheit und

Energieeffizienz temperaturunterstützter Umformprozesse. Auch in den kommenden Jahren wird die Forschung auf dem Gebiet der temperaturunterstützten Aluminiumumformung am PtU eine zentrale Rolle spielen.

**Janosch Günzel, M. Sc.**  
**Timon Suckow, M. Sc.**  
**Erik Sellner, M. Sc.**  
**Lukas Schell, M. Sc.**  
**Andreas Fawaro, B. Sc.**  
**Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.**  
**Peter Groche**

*Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU)  
 Technische Universität Darmstadt*

# Potenzial von Machine Learning in der umformtechnischen Produktion



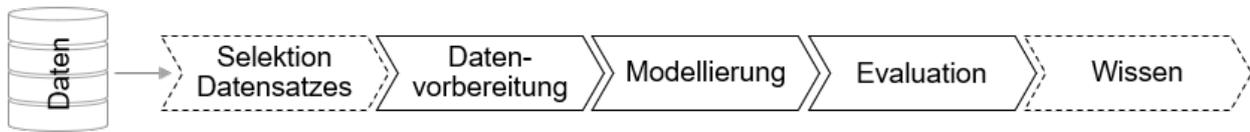
**Abstract**  
 Erfolgreiche deutsche Unternehmen der Umformtechnik sind meist Spezialisten für ausgefallene Bauteile. Es gelingt ihnen, Werkstoffe zu verarbeiten, die von internationalen

Wettbewerbern als nicht umformbar eingestuft werden, sowie Formen zu produzieren, die an der Grenze des technologisch Machbaren liegen. Infolge dessen stehen moderne Umformunternehmen aber

immer häufiger vor der Herausforderung, ihre komplexen Prozesse zu beherrschen und echtzeitliche Aussagen zum Prozesszustand zu treffen.

Abbildung 1

## a) Knowledge Discovery in Databases (KDD)



## b) Erweitertes Prozessmodell des PtU

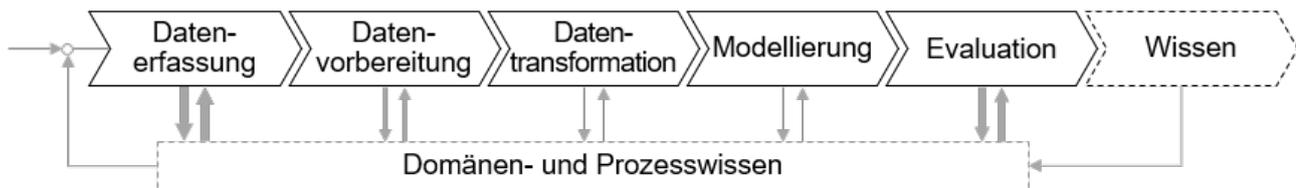


Abbildung 2

Aktuelle Überwachungssysteme stoßen hier an ihre Grenzen und erfordern die Entwicklung neuer intelligenter Ansätze. Machine Learning Modelle eröffnen hierzu die Möglichkeit komplexe Prozesszusammenhänge unabhängig von der Datenbasis zu beschreiben und den Prozesszustand granular zu klassifizieren oder quantitativ zu prognostizieren.

Machine Learning (ML) als Teilgebiet der künstlichen Intelligenz beeinflusst nachhaltig die Art und Weise, wie produzierende Unternehmen ihre Fertigung entwerfen, betreiben und überwachen. Dabei bietet die Analyse der verfügbaren Daten durch ML nicht nur die Möglichkeit bestehende Produktionsprozesse zu optimieren, sondern auch über die Fertigung hinaus datengetriebene Geschäftsmodelle zu etablieren. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie prognostiziert mit dem Einsatz von ML Anwendungen im verarbeitenden Gewerbe in Deutschland innerhalb der nächsten fünf Jahre eine zusätzliche Bruttowertschöpfung von 31,8 Mrd. Euro. Insbesondere Unternehmen der Umformtechnik, deren Prozesse sich in der Regel durch eine hohe Produktivität und Komplexität auszeichnen, können von diesem Trend profitieren. ML ermöglicht den Unternehmen, diese mehrstufigen Prozesse und die damit verbundene hohe

Anzahl an Stell- und Störgrößen zu beherrschen und auch ohne umfassendes physikalisch basiertes Prozessverständnis den Prozesszustand zu bewerten.

#### **Herausforderungen moderner Umformprozesse**

Umformprozesse zählen allgemein zu den produktivsten Prozessen in der metallverarbeitenden Industrie. Im Vergleich zu additiven oder zerspanenden Fertigungsverfahren zeichnen sich solche Prozesse durch einen hohen Materialausnutzungsgrad sowie geringere spezifische Energiekosten pro hergestelltem Bauteil aus.

Trotz dieser technischen und wirtschaftlichen Vorteile stehen Anwender umformtechnischer Prozesse unter einem hohen Kostendruck bedingt durch die geringen Margen pro produziertem Bauteil. Bereits kurze Maschinenstillstandzeiten oder geringe Abweichungen von den geforderten Bauteiltoleranzen können die Produktivität der Prozesse signifikant beeinflussen. Aufgrund der oftmals mehrstufigen Ausführung von Umformprozessen und der damit verbundenen Vielzahl an Stell- und Störgrößen ist das Prozess- und Fachwissen für den Betrieb unabdingbar.

Oftmals stehen einzelnen Produkt-eigenschaften eine Vielzahl an

Einstellgrößen gegenüber, was eine effiziente Prozessführung und ein umfassendes physikalisch basiertes Prozessverständnis erheblich erschwert. Eine analytische Beschreibung von Werkzeug-, Maschinen-, Bauteil- oder Halbzeugzuständen ist somit nicht mehr möglich. Darüber hinaus stehen modernen Umformprozessen im Rahmen der voranschreitenden Digitalisierung immer mehr prozessbezogene Daten in Form von sensorisch erfassten Zeitreihen zur Verfügung. Dabei können diese Zeitreihen in Abhängigkeit von dem Umformprozess aber auch dem ausgewählten Sensortyp vielfältige Formen annehmen. Abb. 1 zeigt dazu die Prozesskraft in einem Gerüst beim Walzprofilieren im Vergleich zur Prozesskraft in einem Stanzwerkzeug. Während beim Rollformen (WaPro) ein kontinuierlicher, stationärer Verlauf erfasst wird, zeichnet sich die Prozesskraft beim Stanzen durch einen nichtlinearen, hubbezogenen Verlauf aus. Um dennoch den Zustand moderner und komplexer Umformprozesse auf Basis solcher heterogenen Datensätze bewerten zu können, werden neue Überwachungssysteme gestellt. ML bietet in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, das in der heterogenen Datenbasis versteckte Wissen vollständig sichtbar zu machen. Somit können Prozesszustände auch ohne breites Erfahrungswissen bewertet, klassifiziert oder

sogar prognostiziert und komplexe Zusammenhänge zwischen dem Prozesszustand (Maschine, Halbzeug, Werkzeug, Bauteil) und der erfassten Datenbasis aufgebaut werden.

### **Zustandsbewertung umformtechnischer Prozesse**

Die Zustandsbewertung umformtechnischer Prozesse durch Überwachungssysteme ist bereits seit Beginn der 2000er im Produktionsumfeld deutscher Unternehmen etabliert, beschränkt sich aber bis heute auf die Definition von Grenzwerten und Hüllkurven sowie den qualitativen Vergleich von Prozesskräften mit ausgewählten Referenzzuständen. Dabei können lediglich binäre Fehlerbilder zum Überlastschutz der Maschine oder zur Einordnung der Bauteile in Qualitätsklassen (i. O. / n. i. O.) identifiziert werden. Eine kausale Verknüpfung des Prozesszustandes mit den Stell- und Störgrößen sowie den zur Verfügung stehenden Daten findet in der Regel nicht statt. Die Bestimmung der Fehlerursache oder die Quantifizierung des Fehlers ist somit nicht möglich. Im Gegensatz dazu können durch ML Ansätze tiefere Informationen auf Basis der vorhandenen Datensätze erlangt sowie Muster und Gesetzmäßigkeiten erkannt werden. Dies umschließt insbesondere Zusammenhänge zwischen Prozesseingangsgrößen (sensorisch erfasste Prozessgrößen) und -ausgangsgrößen (Prozesszustand) (Abb. 2). Durch ML Modelle lassen sich somit komplexe Prozesszusammenhänge unabhängig von der Datenbasis beschreiben und der Prozesszustand granular klassifizieren oder quantitativ prognostizieren.

### **Machine Learning als Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz**

ML im Allgemeinen lässt sich als ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz auffassen und ermöglicht es automatisiert Wissen zu generieren, Algorithmen zu trainieren, Zusammenhänge zu identifizieren und unbekannte Muster in vorhandenen Datenbeständen zu erkennen. Die

aus den Daten gewonnenen Erkenntnisse lassen sich verallgemeinern und für neue Problemlösungen oder für die Analyse von bisher unbekanntem Daten verwenden. Zur erfolgreichen Umsetzung einer ML Anwendung ist es notwendig das Modell auf Basis eines vorbereiteten Datensatzes (Trainingsdatensatz) zunächst zu trainieren. Abhängig von der Art dieses Lernprozesses kann zwischen Supervised Learning (überwachtes Lernen) und Unsupervised Learning (unüberwachtes Lernen) unterschieden werden. Beim Supervised Learning wird hierbei die Verfügbarkeit eines Trainingsdatensatzes vorausgesetzt bei dem jedem Eingangswert (Input) ein zugehöriger Ausgangswert (Output) eindeutig zugeordnet ist.

Die Verfügbarkeit dieses Input-Output Zusammenhangs ermöglicht die Korrektur des ML Modells bei einer falschen Vorhersage. In seiner grundlegendsten Form beschreibt ein Supervised Learning Ansatz somit eine Funktion  $Y=f(x)$ , die einen Eingangswert  $x$  auf einen Ausgangswert  $Y$  abbildet. Durch das Training des ML Modells wird schließlich die Abbildungsfunktion  $f(x)$  generiert. Im Gegensatz dazu sind beim Unsupervised Learning keine gelabelten Datensätze erforderlich. Der Lernalgorithmus orientiert sich hierbei an den Eingangswerten und sucht nach Mustern im Sinne von Gemeinsamkeiten oder Abweichungen. Die geringeren Anforderungen an die Datenverfügbarkeit machen das Unsupervised Learning zwar deutlich weniger aufwändig, aufgrund der schlechteren Nachvollziehbarkeit des Modells und der großen benötigten Datenmenge finden in der realen Produktion zur Prognose des Prozesszustandes aber vor allem Supervised Learning Ansätze Anwendung.

Aus Sicht der Umformtechnik bietet ML vor allem die Möglichkeit das Potenzial der in großen Mengen zur Verfügung stehenden Daten zur nachhaltigen Verbesserung der Prozess- und Produktqualität zu nutzen. Dabei helfen ML Modelle diese

Datenmenge und damit verbunden deren Dimensionalität, Heterogenität und vielfältige Zeitreihencharakteristik zu beherrschen und für die modellbasierte Beschreibung von Prozesszuständen zu nutzen. Vor allem aus wissenschaftlicher Sicht wurden im Bereich der Umformtechnik hierzu in den letzten Jahren signifikante Fortschritte erzielt, was sich in einer Vielzahl an Veröffentlichungen zum Thema ML und Data Mining widerspiegelt. Dabei erstrecken sich solche ML Anwendungen von einfachen Modellierungsansätzen durch Regression über die Klassifizierung durch Support Vector Machines oder Diskriminanzanalysen bis hin zu Deep Learning Systemen zur Auswertung komplexer Eingangsgrößen (z. B. Bilddaten, Spektrogramme, etc.). Neben dieser Entwicklung immer effizienterer ML Modelle und deren Anwendung auf umformtechnische Prozesse zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg der Leistungsfähigkeit von PCs. Damit lässt sich nun selbst mit herkömmlicher Hardware eine große Datenmenge echtzeitfähig verarbeiten, ein ML Modell trainieren und damit die Attraktivität dieser Technologie vor allem für kleine und mittlere Unternehmen steigern.

Trotz dieser wissenschaftlichen und technologischen Fortschritte sowie der Möglichkeit komplexe Prozesszusammenhänge unabhängig von der Datenbasis beschreiben und den Prozesszustand granular klassifizieren oder quantitativ prognostizieren zu können, finden ML Ansätze im realen Umformprozessen nur selten Anwendung. In einer Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie zeigte sich, dass zwar 69 % der Unternehmen die Implementierung von ML Anwendungen in ihrer Produktion als notwendig ansehen, aber nur durchschnittlich 26 % der großen Unternehmen und 8 % der KMU bereits heute mindestens in geringem Umfang ML in ihrer Produktion nutzen. Als die beiden größten Hemmnisse werden mangelndes Knowhow der Mitarbeiter im Bereich Datenanalyse, Künstlicher Intelligenz, Informationstechnologien und Sensorik sowie das Fehlen

eines methodischen Vorgehensmodells für die Integration von Methoden der Künstlichen Intelligenz im Produktionsumfeld identifiziert.

### **Methodische Vorgehensmodelle zur Umsetzung von Machine Learning in der Praxis**

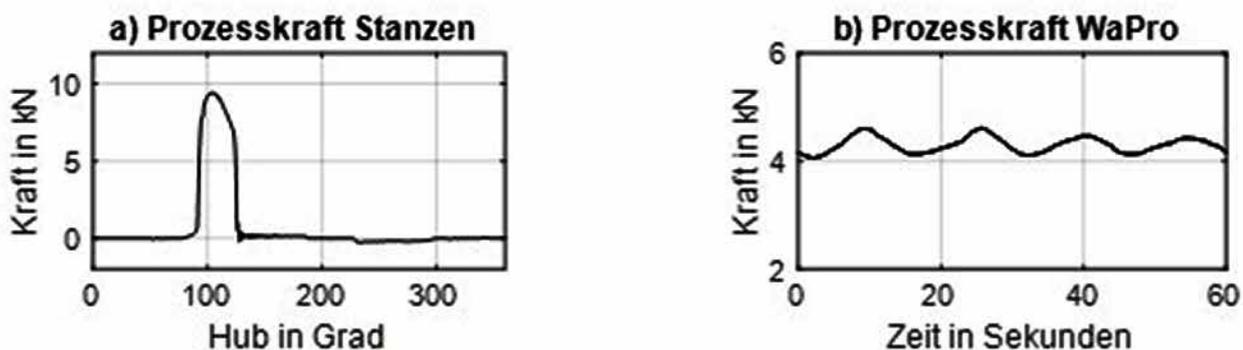
Machine Learning Methoden bieten somit theoretisch das Potential die Herausforderungen moderner Umformprozesse zu meistern und auch bei immer komplexeren Werkzeugen sowie einer steigenden heterogenen Datenbasis den Prozesszustand quantitativ zu beschreiben. In der Praxis haben sich jedoch ML Anwendungen im umformtechnischen Bereich noch nicht weitreichend durchsetzen können.

Datensatz und die extrahierten Merkmale für die Performanz des ML Modells eine entscheidende Rolle spielen, werden die Datenerfassung, -vorbereitung und -transformation in der frühen Phase des Prozessmodells nicht oder nur in geringem Umfang berücksichtigt.

Zur erfolgreichen Umsetzung von ML Modellen im umformtechnischen Produktionsumfeld ist es aber unbedingt notwendig, bestehende Prozessmodelle wie den KDD um den Schritt der Datenerfassung zu erweitern sowie einen stärkeren Fokus auf die Phasen der Datenvorbereitung und -transformation zu legen. Darüber hinaus ist es notwendig, domänenspezifisches Wissen im Prozessmodell zu berücksichtigen, um so ML

Sensortyps, der aufgezeichneten Prozessgröße sowie der Integration der Sensorik berücksichtigt werden.

Darüber hinaus werden in laufenden Forschungstätigkeiten unterschiedliche Transformationsansätze und deren Einfluss auf die Performanz von ML Modellen untersucht und in der Auslegung des Prozessmodells berücksichtigt. Um schließlich die Übertragbarkeit des Prozessmodells aufzuzeigen und den Nutzen für die Industrie quantifizieren zu können, wird dieses im Produktionsumfeld eines Industriepartners aus der Umformtechnik durch die Hilfe des IT Start-Ups Intelligent Data Analytics GmbH (iDA) implementiert. In enger Zusammenarbeit zwischen dem Industriepartner, PtU und iDA soll das Pro-



Abbildungen 3 und 4

Ziel von Forschungsarbeiten am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) ist es daher mehr Aufmerksamkeit auf dieses Potential zu lenken und industriennahe, methodische Vorgehensmodelle zur Umsetzung von ML Ansätzen in der Industrie abzuleiten. Als Vorlage für einen solches Prozessmodell kann der Knowledge Discovery in Databases (KDD) Ansatz herangezogen werden, der das Ziel verfolgt, Prozesswissen aus großen Datenmengen unter Berücksichtigung der Gesamtheit des Datenmanagements im Prozess zu extrahieren. Dabei setzt sich der KDD aus den Schritten Datenvorbereitung, -transformation sowie der Modellierung und Validierung des Modells zusammen. Obwohl der

Modelle iterativ zu optimieren und die erfolgreiche Implementierung im Produktionsumfeld zu erhöhen.

Unter diesen Randbedingungen hat sich das PtU im Rahmen des laufenden Projektes Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum in Darmstadt zum Ziel gesetzt ein methodisches Vorgehensmodell für technische Anwendungen zu entwickeln und auf Basis realer Prozessdaten zu quantifizieren. In Abbildung 3 ist hierzu der Vergleich zwischen dem konventionellen Ansatz des KDD und dem sich in der Entwicklungsphase befindenden Prozessmodell des PtU dargestellt. Hierbei soll vor allem in der Datenerfassungsphase der Einfluss des Datensatzes in Abhängigkeit des

zessmodell das PtU schließlich in eine laufende Produktion integriert, die IT-Infrastruktur technisch realisiert und die Implementierung eines ML Modells realisiert werden.

**M.Sc. Christian Kubik**  
**Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirtsch.-Ing.**  
**Peter Groche**  
 Technische Universität Darmstadt  
 Institut für Produktionstechnik und  
 Umformmaschinen (PtU)

## Das Cockpit der Zukunft

Heutige Cockpits kommerzieller Flugzeuge sind das Ergebnis eines technologiezentrierten Entwicklungsprozesses. Primäres Ziel bei der Integration neuer Technologien ins Cockpit war es, bestehende Abläufe möglichst geringfügig zu beeinflussen, um Aufwand und Kosten für Umschulungen zu minimieren und die Zertifizierung zu erleichtern. Dadurch stand der Mensch als Teil des Ökosystems jedoch nicht im Fokus. Zudem wandelte sich auch die Rolle und das Aufgabenspektrum der Piloten durch neue Technologien und der damit einhergehenden erhöhten Automation der Flugsysteme. Während die direkte Steuerung des Flugzeuges früher zu den Hauptaufgaben zählte, fliegen Piloten heute nur noch durchschnittlich drei bis sieben Minuten einer Flugmission manuell. Die restliche Zeit übernehmen hochautomatisierte Systeme die Steuerung, welche von Piloten eingestellt und überwacht werden. Überwachungsfunktionen zählen allerdings nicht zu den menschlichen Stärken, sondern führen durch die meist monotonen Aufgaben sogar zu einer Reduktion der Vigilanz. Diese Problematik könnte durch eine neue Rollenverteilung im Cockpit behoben werden, mit dem Ziel eine soziotechnische Umgebung zu schaffen, welche die jeweiligen Stärken von Mensch und Automation nutzt und die Leistung des Gesamtsystems optimiert. Im Zuge dieser Rollenverteilung und dem Hintergrund des immer größer werdenden technologischen Fortschritts, soll die nächste Cockpitgeneration für eine reduzierte Cockpitbesatzung (Reduced Crew Operations) entwickelt werden.

In der Literatur sind verschiedene Konzepte zur Umsetzung von Operationen mit reduzierter Cockpitbesatzung und der damit einhergehenden Aufgabenreallokation zu finden. Am Institut für Flugsysteme und Regelungstechnik (FSR) der Technischen Universität Darmstadt wird ein dezentrales Konzept verfolgt, bei dem die beteiligten Akteure nicht allein im Flugzeug positioniert sind. Im Cock-



pit befindet sich nur noch ein Pilot, der für die übergeordnete strategische Operationsplanung, sowie das Management des Gesamtsystems verantwortlich ist. Es wird angenommen, dass, ähnlich zu heute, die hochautomatisierten Systeme des Flugzeuges die Steuerung übernehmen. Unterstützt werden diese durch einen Digitalen Assistenten, welcher die Flugsysteme überwacht, navigiert und dem Piloten bei der Durchführung der Mission assistiert. Nur noch in Notfällen soll der Pilot das Flugzeug aktiv steuern. Am Boden stationierte Operatoren können bei Bedarf in das Cockpit geschaltet werden, um den Piloten situationsabhängig zu unterstützen. Beispielsweise kann so der Pilot für das Rollen auf dem Vorfeld, dem Start, dem Endanflug und der Landung Unterstützung durch einen Flughafenoperator erhalten, welcher auf die Abläufe des Zielflughafens spezialisiert ist.

Trotz der Reduzierung auf einen Piloten im Flugzeug, bietet dieses Konzept die in der Luftfahrt zwingend erforderliche Redundanz und verbindet dabei die menschliche Stärke der taktischen und strategischen Entscheidungsfindung mit der Stärke der technischen Systeme, Überwachungs- und Flugsteuerungsaufgaben zu übernehmen. Um zwischen Piloten in früheren und heutigen Operationen und Piloten in zukünftigen Operationen zu differenzieren, wird der Pilot in RCO als Missionsmanager bezeichnet.

Dies verbildlicht die Unterschiede der Rollen und der Aufgabenspektren. Für den Missionsmanager ergibt sich aus der Reallokation der Aufgaben und der neu definierten Abläufe ein neues Arbeitsumfeld, da hierfür heutige Cockpits nicht mehr geeignet sind. Das FSR hat daher in Kooperation mit Boeing Global Services (BGS) einen Demonstrator für ein zukünftiges Mensch-zentriertes Single-Pilot Cockpit entwickelt. Ausgangspunkt ist der Eye-Reference-Point, der die Sitzposition mit optimaler Außensicht festlegt. Im primären Sichtfeld des Missionsmanagers wurde zentral ein Ultrawide-Touch-Display als primäre Ein- und Ausgabeeinheit positioniert, der durch zwei kleinere, seitlich montierte Touch-Displays erweitert wird. Der Cockpitsitz ermöglicht eine nahezu horizontale Ruheposition mit Beinauflage, um Auswirkungen von Ruhezeiten auf die Vigilanz während des Reisefluges zu untersuchen. Ein adaptives LED-Lichtsystem ermöglicht die Simulation von Tag- und Nachtmissionen und soll zur Steigerung des Situationsbewusstseins beitragen. Während des gesamten Fluges wird der physiologische Zustand des Missionsmanagers mit Kameras im Cockpit und einem Herzfrequenzüberwachungssystem überwacht. Durch den hohen Automationsgrad muss der Missionsmanager nur noch in Notsituationen die primäre Flugsteuerung übernehmen. Dafür rotieren Joystick und Schubhebel bei kritischen Flugphasen, wie Start und Landung, in dessen Griffbereich.

Die Entwicklung eines Cockpitdemonstrators ermöglicht es dem FSR und BGS, neue Aufgabenverteilungen und Technologien im Cockpit iterativ zu implementieren und schrittweise zu evaluieren. Ziel ist es, dem Missionsmanager für jede Situation eine optimale Arbeitsumgebung zur Verfügung zu stellen und somit den Mensch ins Zentrum des soziotechnischen Systems zu rücken. Zukünftig sollen neue Technologien, wie

der Einsatz von Methoden der künstlichen Intelligenz in Form eines Digitalen Co-Piloten, ein neues Informationsmanagementsystem, sowie textbasierte Kommunikation via Controller-Pilot Data Link Communication (CPDLC), im Simulator erforscht werden. Hierfür beteiligt sich das FSR am vom BMWi geförderten Luftfahrtforschungsprogramm „ViCKI“ (Virtueller Crewassistent - Kontextspezifische Unterstützung für Redu-

ced Crew Operations mittels Künstlicher Intelligenz), in dem der Simulator als Evaluationsplattform für einen virtuellen Assistenten dienen wird.

**Pascal Menner M.Sc.,  
Markus Peukert M.Sc.,  
Eric Sprenger M.Sc.,  
Michelle Wenzel M.Sc.,  
Prof. Dr.-Ing. Uwe Klingauf  
Dr.-Ing. Jens Schiefele**

## Die TechnoTHEK kommt ins Kinderzimmer



Technik zum Anfassen, das ist das Motto der VDI TechnoTHEK. Gemeinsam mit der Stadtbücherei Frankfurt am Main hat der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Frankfurt-Darmstadt e.V. ein umfassendes Angebot für Kinder aufgebaut, um Technik und Naturwissenschaften durch Experimentierkästen kostenlos erlebbar zu machen.

„Das Angebot ist Anfang 2020 sehr stark gestartet, wir haben weit über 100 Schulen erreicht und die TechnoTHEK war gut besucht. Aber aktuell ist die ganze Bibliothek leer“, erklärt Sönke Ohls, Ingenieur und Mitinitiator. „Durch die Corona Situation dürfen die Kinder nicht mehr zu uns kommen.“

Da die Kinder nicht mehr in die TechnoTHEK kommen können, kommt die TechnoTHEK nun zu ihnen. In Videos erklärt das Team der TechnoTHEK die Technik mit Dingen, die zuhause vorhanden sind. „Viele Sportvereine haben es vorgemacht. Mit YouTube halten sie

ihre jungen Mitglieder zuhause fit. Das wollen wir im Bereich der Technikbildung erreichen.“, meint Ohls. Seine Kollegin Christiane Bucher hakt ein: „Wir liefern das Knowhow, dann kann alles Weitere zu Hause stattfinden. Es braucht keine speziell ausgebildete Lehrkraft. Viele finden in der Pandemie neue Ausreden, warum etwas nicht funktioniert. Wir finden jetzt neue Wege und zeigen, WIE es doch funktionieren kann.“ Die Bildung im Bereich Technik sei momentan auf ein Minimum heruntergefahren, klassenübergreifende Aktivitäten wie Technik AGs fänden praktisch nicht mehr statt. „Dabei ist es genau dieses Knowhow, das aktuell unsere Wirtschaft am Leben und uns in Verbindung hält“, gibt Bucher zu bedenken.

Die TechnoTHEK ist ein auf langjährige Partnerschaft ausgelegtes Projekt des VDI und den Bibliotheken der Stadt Frankfurt. Die schließt die über 100 Schulbibliotheken ein. Um Technik zu erklären werden nur Dinge genutzt, die sich die Kinder in den Schulbibliotheken leihen können oder die sie sowieso schon zuhause haben. Dabei werden alle Bauelemente schonungslos auseinandergenommen. „In dem ersten Video erklären wir, wie die LEGO DUPLO Eisenbahn funktioniert. Woher weiß die Bahn eigentlich, welchen Stein wir auf die Gleise gelegt haben und woher weiß sie, dass sie dann anhalten, hupen oder umkehren soll?“, fragt Ohls. Die elektronische Steuerung bestehe aus Sensoren, Aktuatoren und einem Micro-

controller, genau wie die Steuerung der Waschmaschine oder die eines Autos „Mit den Videos erreichen wir Mädchen und Jungen gleichermaßen“, weiß die Mitinitiatorin Katja Musiol. Die Erfahrungen aus den TechnoTHEK zeigen, dass sie genauso zu begeistern seien wie Jungen und meist sogar mehr Kreativität beim Bauen haben. Die Hürden für MINT lägen anderswo. Kindern müsse frühzeitig die Möglichkeit gegeben werden, Technik zu entdecken. Es sei wichtig, sie zu ermutigen herauszufinden, wie etwas funktioniert. Kinder gingen ohne Vorurteile an die Dinge heran. Unter dem Motto „Wie schwer kann das schon sein?“. „Gerade die Unvoreingenommenheit ist der Schlüssel für die zukünftigen Innovationen. Die Erklärvideos geben viele Anregungen zum Selbermachen“, sagt Ohls.

Die Videos sind auf dem YouTube Kanal der Stadtbücherei Frankfurt zu sehen ([www.bit.ly/3fgxhW0](http://www.bit.ly/3fgxhW0)). Ob Jung oder Alt – reinschauen lohnt sich.

**Lukas Kluy, Christiane Bucher,  
Katja Musiol, Sönke Ohls  
VDI Frankfurt-Darmstadt e.V.**



# IMPRESSUM

## HERAUSGEBER

Verein Deutscher Ingenieure  
Bezirksverein Frankfurt-Darmstadt e.V.  
Bernusstraße 19  
60487 Frankfurt am Main  
Tel.: 069 / 79 53 97 90  
[www.vdi-frankfurt.de](http://www.vdi-frankfurt.de)

## REDAKTION

Lukas Kluy  
Tatiana Friedel  
Natalia Launert  
[www.vdi-frankfurt.de](http://www.vdi-frankfurt.de)  
[office@vdi-frankfurt.de](mailto:office@vdi-frankfurt.de)

## LAYOUT & SATZ

Verein Deutscher Ingenieure  
Bezirksverein Frankfurt-Darmstadt e.V.  
Bernusstraße 19  
60487 Frankfurt am Main  
Tel.: 069 / 79 53 97 90  
[www.vdi-frankfurt.de](http://www.vdi-frankfurt.de)

## DRUCK

AWG Druck GmbH  
Limburger Strasse 26  
65594 Runkel  
Tel.: 06482 / 91 39 0  
[www.awg-druck.de](http://www.awg-druck.de)

## URHEBERRECHT

Der Herausgeber haftet nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos.

Alle Rechte vorbehalten.

Insbesondere bedürfen Nachdruck, Aufnahme in Online-Dienste und Internet und Vervielfältigung auf Datenträger vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers.

Der Bezugspreis ist für VDI-Mitglieder durch den Mitgliedsbeitrag abgegolten.

Erscheinungszeitraum: 1/4jährlich

**ISSN: 1611-5546**