

Professur für Automatisierte und Autonome Systeme

–
Jahresbericht 2025

Inhalt

Vorwort	1
Die Professur für Automatisierte und Autonome Systeme	4
Blitzlichter des Jahres 2025	9
Ausgewählte Forschungsprojekte	26
Kooperationsmöglichkeiten sowie Wissens- und Technologietransfer	35
Veröffentlichungen 2025	38

Vorwort

Im März 2025 wurde an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg die Professur für **Automatisierte und Autonome Systeme** an der Fakultät 4 - Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik neu eingerichtet. Seitdem befindet sich die Professur AAS in einer intensiven und stetigen Aufbauphase. Der vorliegende Jahresbericht gibt einen ersten Einblick in die inhaltliche Ausrichtung, die strukturelle Entwicklung sowie die Aktivitäten in Forschung und Lehre in diesem besonderen Gründungsjahr.

Die Neuberufung nach Freiberg markiert für mich einen wichtigen Schritt, der auf langjährigen Erfahrungen in Forschung, Lehre und akademischer Selbstverwaltung aufbaut. Zuvor durfte ich seit Mitte 2018 die Professur für Fertigungstechnik an der Universität Innsbruck am Institut für Mechatronik leiten. Darüber hinaus bin ich seit knapp 15 Jahren am Laboratorium Fertigungstechnik (LaFT) der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg tätig. Die enge wissenschaftliche und persönliche Verbundenheit nach Hamburg zum LaFT bzw. insbesondere der Arbeitsgruppe Robotik und Automatisierung, besteht fort und bildet auch derzeit noch eine tragende Säule für laufende und zukünftige gemeinsame Forschungsaktivitäten. Diese Kontinuität über Standorte hinweg ist ein bewusst gewähltes Element und stärkt insbesondere interdisziplinäre und institutionsübergreifende Projekte.

An der TU Bergakademie Freiberg wird die Professur Automatisierte und Autonome Systeme derzeit von zwei Arbeitsgruppen getragen, die thematisch aufeinander abgestimmt sind und gemeinsam das Profil der Professur prägen. In Forschung und Lehre werden sämtliche Strukturen – von Laboren über Lehrkonzepte bis hin zu organisatorischen Abläufen – neu aufgebaut. Diese Phase ist geprägt von Gestaltungsfreiheit, aber auch von erheblichem Engagement aller Beteiligten. Ziel ist es, die Themen Automatisierung, Autonomie und Mensch-Maschine-Systeme sowohl grundlagenorientiert als auch anwendungsnahe zu adressieren und dabei einen klaren Bezug zu den ingenieurwissenschaftlichen Schwerpunkten der TU Bergakademie Freiberg sowie zu aktuellen industriellen und gesellschaftlichen Herausforderungen herzustellen.

In der Lehre wurden erste Lehrveranstaltungen konzipiert und umgesetzt, die Studierenden frühzeitig an Grundlagen, Technologien und Methoden der Automatisierungs- und Systemtechnik heranführen. Parallel dazu wurden Forschungsaktivitäten initiiert, Drittmittelanträge vorbereitet und bewilligt sowie erste Kooperationen innerhalb der Fakultät, der Universität sowie mit externen Partnern aufgebaut. Der Fokus liegt dabei auf nachhaltigen, langfristig tragfähigen Strukturen, die Forschungsexzellenz und eine hochwertige Ausbildung gleichermaßen ermöglichen.

Mein besonderer Dank gilt allen Mitarbeitenden, die den Aufbau der Professur mit großem Einsatz unterstützen, ebenso wie der Fakultät 4 und der Universitätsleitung für das entgegengebrachte Vertrauen und die konstruktive Begleitung dieser Startphase. Nicht zuletzt danke ich unseren Kooperationspartnern aus Wirtschaft und Wissenschaft für die fortgesetzte enge und vertrauliche Zusammenarbeit.



Der Jahresbericht versteht sich als Momentaufnahme eines weiteren wissenschaftlichen Schrittes, aber den Anfang an der TU Bergakademie Freiberg. Die kommenden Jahre werden genutzt, um das Profil der Professur für Automatisierte und Autonome Systeme weiter zu schärfen, neue Impulse in Forschung und Lehre zu setzen und einen nachhaltigen Beitrag zur wissenschaftlichen Entwicklung der TU Bergakademie Freiberg zu leisten.

Viele Grüße

Robert Weidner



Die Professur für Automatisierte und Autonome Systeme

Profil und Selbstverständnis

Die Professur für Automatisierte und Autonome Systeme (AAS) wurde im März 2025 an der TU Bergakademie Freiberg eingerichtet und ist der Fakultät 4 - Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik zugeordnet. Sie widmet sich der Erforschung, Entwicklung und Lehre moderner automatisierter und autonomer (Unterstützungs-)Systeme in unterschiedlichen Anwendungen sowie der dafür notwendigen Grundlagen.

Die Professur versteht sich als Bindeglied zwischen klassischen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen und zukunftsweisenden Konzepten der Robotik, Mensch-Maschine-Systeme, Automatisierung und Cyber-physicalen Systeme sowie als Lehrstuhl, der grundlagen- und anwendungsorientierten Fragestellungen adressiert. Zudem hat die Professur das Ziel, Studierende und Forschende zu befähigen, komplexe Systeme ganzheitlich zu analysieren, zu entwerfen und verantwortungsvoll einzusetzen.

Die Professur ist in verschiedenen wissenschaftlichen Fachgesellschaften und Gremien aktiv vertreten. Dazu zählen u.a. Gesellschaft für Arbeitswissenschaften e.V. (GfA), Wissenschaftliche Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik e.V. (MHI), Wissenschaftliche Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation (WGAB), Österreichische Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik (Ö-WGP) und Junges Forum: Technikwissenschaften (JF:TEC). Darüber hinaus engagiert sich die Professur in der Normungsarbeit und übernimmt in Form des Lehrstuhlinhabers Verantwortung in der stellvertretenden Leitung eines Normungsgremiums.



Wissenschaftliche Gesellschaft
Montage Handhabung Industrierobotik



Wissenschaftliche Gesellschaft
Arbeits- und Betriebsorganisation



Junges Forum: Technikwissenschaften

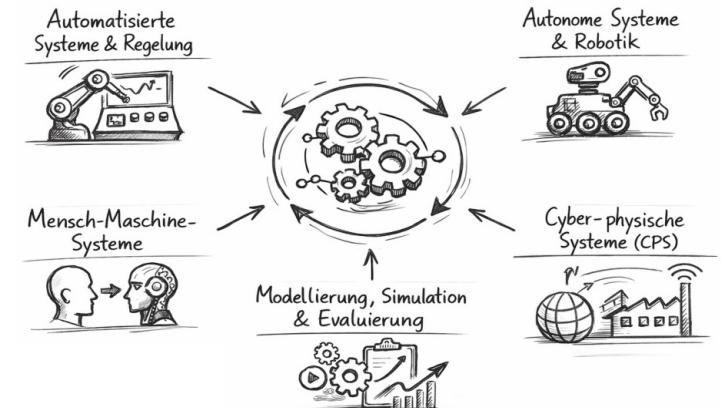


Forschungsschwerpunkte

Die Forschung an der Professur AAS adressiert sowohl grundlegende Fragestellungen als auch anwendungsnahe Herausforderungen. Zentrale Schwerpunkte sind u.a.:

- **Automatisierte Systeme und Regelung:** Entwurf, Analyse und Optimierung automatisierter technischer Systeme unter Berücksichtigung dynamischer, nichtlinearer und unsicherer Einflüsse.
- **Autonome Systeme und Robotik:** Methoden zur Wahrnehmung, Entscheidungsfindung und Aktionsplanung in autonomen Systemen, insbesondere in dynamischen und teilstrukturierten Umgebungen.
- **Mensch-Maschine-Systeme:** Gestaltung sicherer, effizienter und akzeptierter Interaktion zwischen Mensch und Maschine, insbesondere in Form von Unterstützungssystemen wie Exoskeletten.
- **Cyber-physische Systeme:** Integration von Mechanik, Elektronik, Software und Kommunikation zu vernetzten, intelligenten Gesamtsystemen.
- **Modellierung, Simulation und Evaluierung:** Systematische Modellbildung, simulationsgestützte Entwicklung sowie experimentelle und nutzerzentrierte Bewertung (automatisierter und autonomer) technischer Systeme.

Forschungsschwerpunkte



Als Querschnittsthemen über die AAS-Arbeitsgruppen hinweg ergeben sich drei zentrale Querschnittsthemen, die Forschung, Lehre und Transfer gleichermaßen strukturieren:

- **Methoden und Theorien:** Grundlegende Vorgehensweisen, simulationsbasierte Ansätze und Klassifikationssystematik zur Planung und Bewertung von technischen Systemen (inkl. der Komponenten wie Kinematik und Systemverhalten) und Arbeitsplätzen. Dazu zählen u. a. Ansätze für das Human-based Systems Engineering, Optimierungs- und Lernverfahren, Implementierungsvorgehen, formale Beschreibungsansätze sowie Ansätze zur Verifikation, Validierung und Absicherung technischer (komplexer) Systeme.
- **Konzepte und Modelle:** Konzepte für Mensch-Maschine-Systeme, automatisierte und autonome Systemansätze sowie Co-Simulationsmodelle (digitaler Zwilling) für Technologien, Funktionalitäten und Unterstützungssystemen (muskuloskelettale und technische Simulation). Dies umfasst bspw. Architekturkonzepte, Funktions- und Wirkmodelle, biomechanische und kognitive Modelle sowie digitale Zwillinge, die als Bindeglied zwischen Theorie, Simulation und Experiment dienen.
- **Technologien:** Ausarbeitung, Umsetzung und Erprobung konkreter Technologien in Form von Demonstratoren. Dies sind zum Beispiel Lösungen wie Exoskelette für verschiedene Tätigkeiten, Produktionssysteme und manuelle Arbeitshilfen, automatisierte Systemtechnik, Unterstützungssysteme für beeinträchtigte Menschen oder Systeme für die individuelle Therapie bis hin zu übergeordneten vernetzten und adaptiven Technologien mit der Integration in reale Anwendungen und Versuchsumgebungen.

Struktur der Professur

Die Professur für AAS ist in zwei eng kooperierende Arbeitsgruppen – der Arbeitsgruppe **Mensch-Maschine-Systeme** und **Automatisierung** – mit Querschnittsthemen gegliedert. Diese Struktur ermöglicht sowohl thematische Fokussierung als auch eine integrative Bearbeitung komplexer Fragestellungen. Zudem erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Robotik und Automatisierung am Laboratorium Fertigungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg.

Beide Arbeitsgruppen arbeiten gemeinsam an Forschungs- und Lehrprojekten und profitieren von der engen Verzahnung mit nationalen und internationalen Kooperationspartnern.

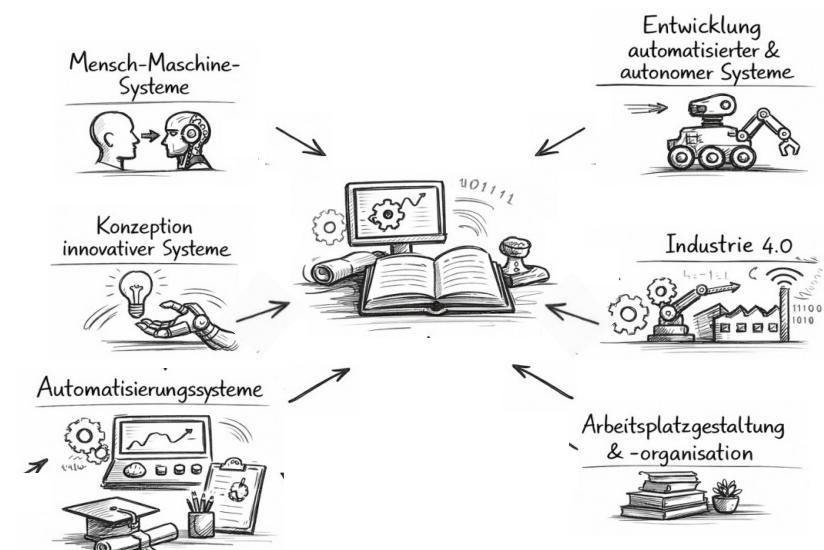
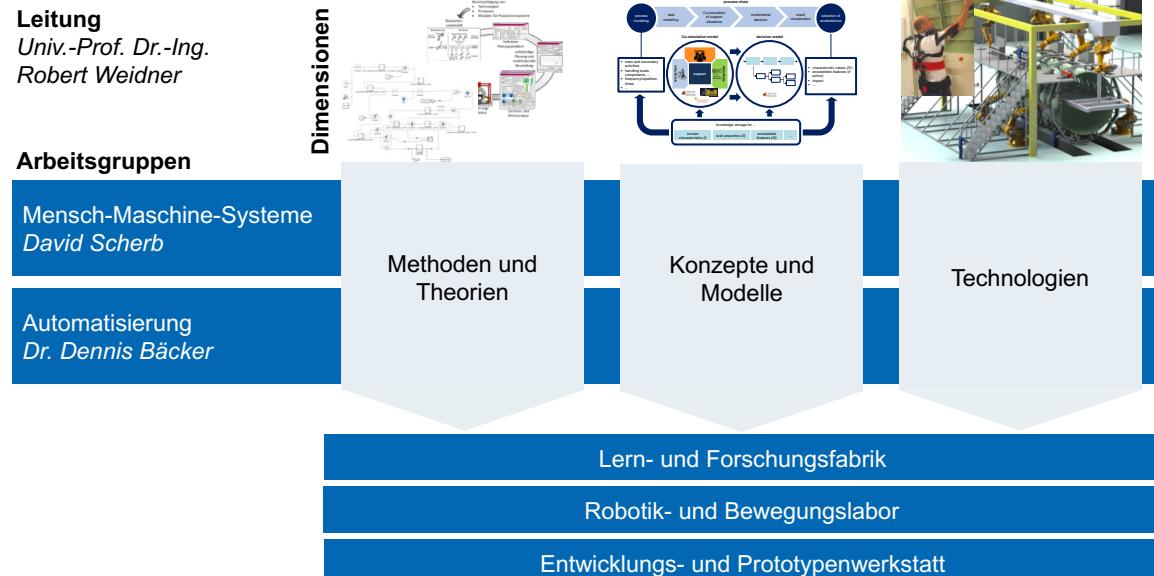
Lehre

Die Professur AAS leistet einen ergänzenden Beitrag zur ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung an der TU Bergakademie Freiberg, insbesondere in den Studiengängen Maschinenbau und Robotik. Die Lehre verbindet fundierte theoretische Grundlagen mit praxisnahen Anwendungen und modernen Lehrformaten.

Unsere aktuellen Lehrveranstaltungen sind:

- Mensch-Maschine-Systeme
- Konzeption innovativer mechatronischer Systeme
- Entwicklung automatisierter und autonomer Systeme
- Industrie 4.0
- Automatisierungssysteme
- Arbeitsplatzgestaltung und -organisation

In den Lehrveranstaltungen, aber auch darüber hinaus in Abschlussarbeiten und studentischen Tätigkeiten werden unsere Studierende frühzeitig in aktuelle Forschungsthemen eingebunden und erwerben Kompetenzen, die sie auf Tätigkeiten in Industrie, Forschung und Entwicklung vorbereiten.



Ausstattung und Infrastruktur

Die Professur AAS verfügt über eine leistungsfähige und kontinuierlich wachsende Forschungs- und Lehrinfrastruktur, die die interdisziplinäre Entwicklung automatisierter und autonomer Systeme umfassend unterstützt. Hierzu gehören eine mechanische und mechatronische Werkstatt für den Prototypenbau, ein Robotiklabor, ein Bewegungslabor sowie eine Modell- und Lernfabrik. In diesen Laborumgebungen werden wissenschaftliche Konzepte und Methoden entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Entwicklung über die Implementierung bis zur experimentellen Erprobung – exemplarisch umgesetzt und für Forschung, Lehre und Transfer nutzbar gemacht. Zur Anwendung stehen hierfür modernste Technologien.

Für die Forschung und Lehre stehen unterschiedliche robotische Technologien und Demonstratoren, Mess- und Sensorsysteme sowie ein voll ausgestattetes Bewegungslabor (inkl. Möglichkeiten zur Anwendung vor Ort in realen Anwendungen) und Fertigungstechnik zur Verfügung.

Robotische Systeme und Plattformen

- diverse Exoskelette in Form verschiedener Bauformen und Antriebsarten (rigide vs. textil, passiv bis aktiv sowie für verschiedene Körperregionen); Eigenentwicklungen und kommerziell erhältliche Systeme
- Humanoides Robotersystem
- diverse Cobots
- Delta-Roboter
- Kugelroboter
- mobile Roboterplattform
- Test- und Prüfstände, u.a. zur Charakterisierung von Exoskeletteigenschaften

Bewegungslabor

- optische und IMU-basierte Motion-Capture-Systeme
- Elektromyographie (EMG) zur Erfassung muskulärer Aktivität
- Kraftmessplatte
- Auswertewerkzeuge für u.a. Liveanalysen

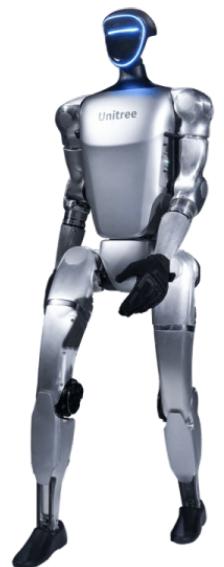
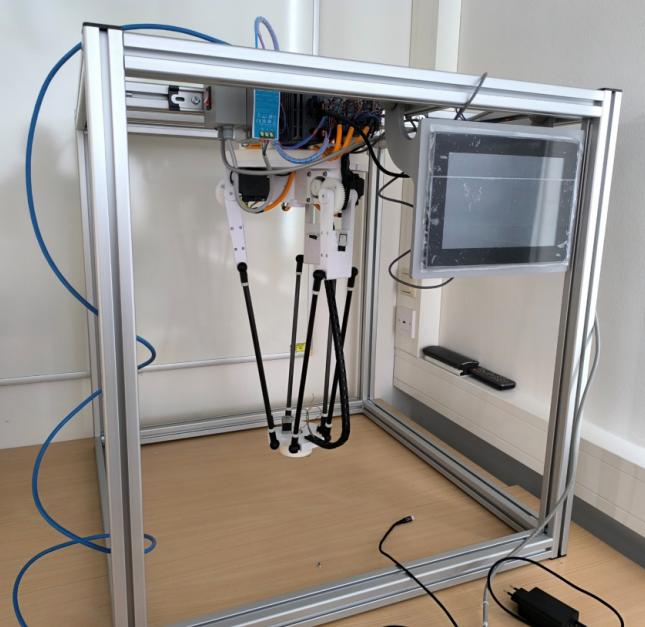
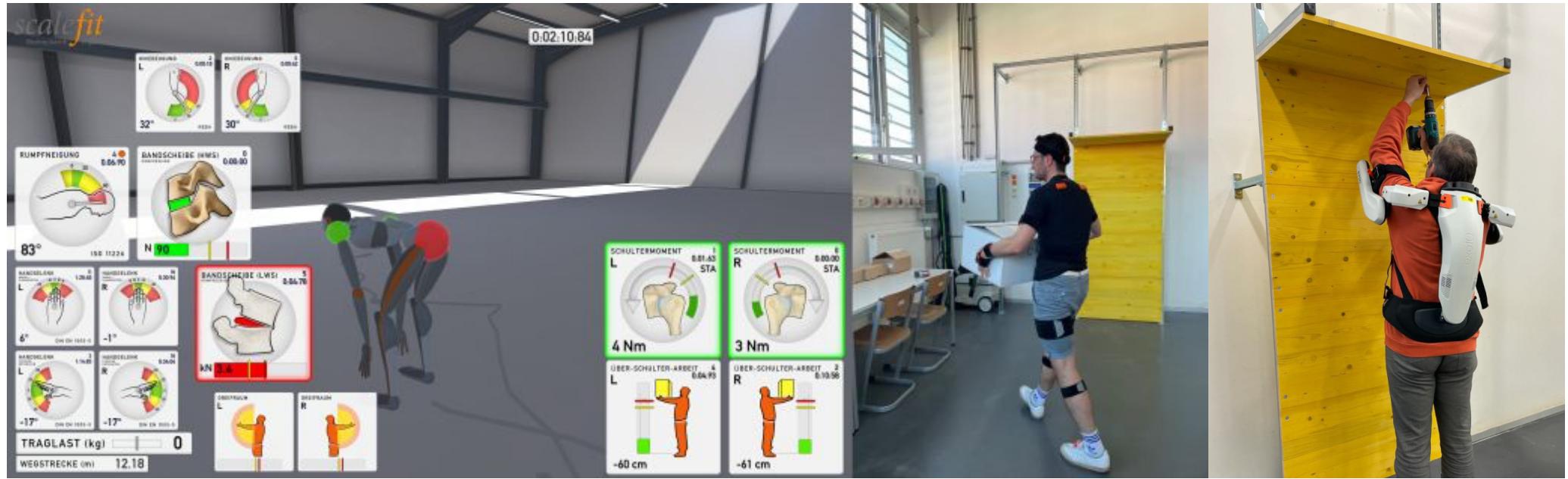
Mess- und Sensortechnik

- Inertiale Messsysteme (IMUs)
- Kraft- und Drehmomentsensoren
- Druck- und Kontaktensorik
- kamerabasierte Systeme zur Bewegungs- und Objekterfassung

Simulation und digitale Methoden

- Experience Lab zur realitätsnahen Simulation unterschiedlicher Anwendungsszenarien
- Co-Simulationsmodelle für Unterstützungssituationen (Mensch/muskuloskelettales System, Technik und Aktivität)
- Digitale Zwillinge robotischer und automatisierter Systeme
- Physische, virtuelle und teil-virtuelle Testumgebungen zur Absicherung und Bestimmung technischer Funktionen

Darüber hinaus steht übergeordnet eine Fertigungswerkstatt mit diversen Fertigungstechnologien für die generative und spanende Fertigung inkl. CAD-Arbeitsplätzen sowie eine umfangreiche Elektronikwerkstatt zur eigenen Herstellung elektronischer Bauelemente zur Verfügung.



Blitzlichter des Jahres 2025

Das Jahr 2025 stand für die Professur AAS im Zeichen des Aufbaus und der Profilbildung. Neben der inhaltlichen Ausrichtung in Forschung und Lehre prägten insbesondere der Aufbau personeller Strukturen, die Etablierung von Laborinfrastruktur sowie erste wissenschaftliche und organisatorische Aktivitäten dieses Gründungsjahr.

Folgende kurze Beiträge geben exemplarische Einblicke in zentrale Entwicklungen und Ereignisse des Jahres – von neuen Mitarbeitenden über Konferenz- und Veranstaltungsaktivitäten bis hin zum Aufbau unseres Labors. Sie verstehen sich als Blitzlichter eines dynamischen Anfangs.





Startschuss

Aufnahme Professurbetrieb

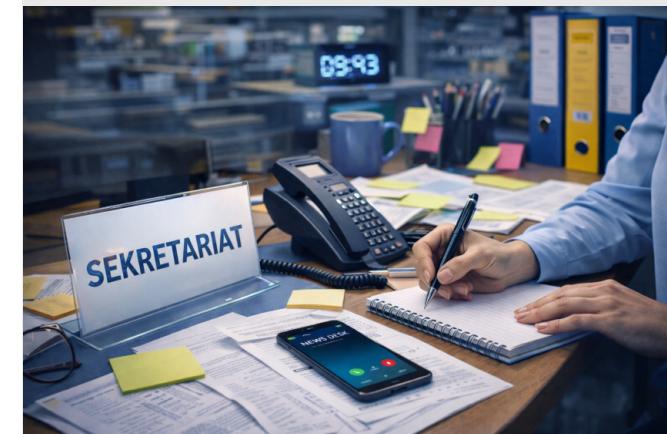
Mit dem 01. März 2025 mit Dienstantritt von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Weidner nahm die Professur für Automatisierte und Autonome Systeme (AAS) an der TU Bergakademie Freiberg offiziell ihre Arbeit auf. Der Start markiert den Beginn einer neuen akademischen Einheit an der Fakultät 4, die sich dem Aufbau von Forschung, Lehre und Infrastruktur im Bereich automatisierter und autonomer Systeme widmet. Das Jahr 2025 steht damit im Zeichen des Aufbaus, der Profilbildung und der Vernetzung innerhalb und außerhalb der Universität.



Team

Leitung durch Prof. Robert Weidner

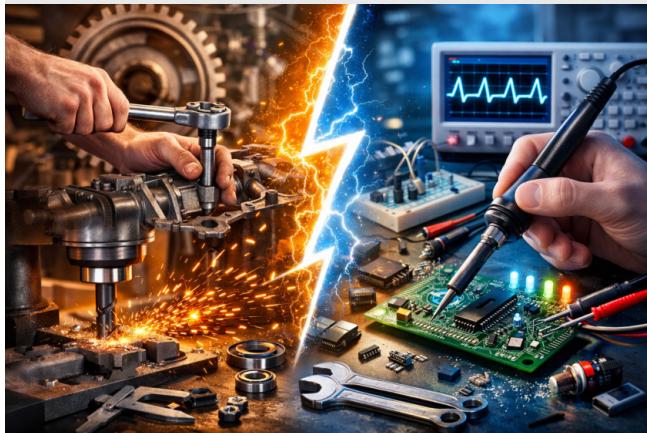
Mit März 2025 hat Univ.-Prof. Weidner die Professur für Automatisierte und Autonome Systeme angetreten. Zuvor war er seit Mitte 2018 Inhaber der Professur für Fertigungstechnik (PfF) an der Universität Innsbruck. Zudem ist er seit Februar 2014 Gruppenleiter Robotik und Automatisierung am LaFT der HSU sowie Gründer und Geschäftsführer der exoIQ GmbH seit Ende 2017. Zudem ist Weidner Mitglied verschiedener wissenschaftlicher Vereinigungen.



Team

Sekretariat der Professur

Das Sekretariat der Professur wird seit Beginn von Frau Maria Stör geleitet. Sie ist die zentrale Ansprechpartnerin für Studierende, Mitarbeitende und externe Partner. Frau Stör hat ihre Ausbildung einst an der TUBAF absolviert und war in den vergangenen Jahren bereits als Sekretärin an verschiedenen Lehrstühlen tätig. Mit ihrer langjährigen Erfahrung unterstützt sie die Professur in allen organisatorischen Belangen und leistet damit einen unverzichtbaren Beitrag zum erfolgreichen Tagesgeschäft der Professur.



Team

Übernahme der mechatronischen Werkstatt

Seit dem Start der Professur steht die mechanische und elektronische Werkstatt unter der Leitung von Jens Birkner bereit, um alle Forschungs- und Lehraktivitäten tatkräftig zu unterstützen. Zusammen mit den Mitarbeitenden Timo Drewning, Andreas Rabsahl und Christopher Kurz realisiert die Werkstatt Prototypen, Versuchsaufbauten und technische Demonstratoren und bildet damit eine zentrale Säule für die Forschung und praxisnahe Lehre an der Professur.



Konferenz

Vortrag auf 68. Hamburg Aviation Forum

Am 6. März 2025 fand das 68. Hamburg Aviation Forum zum Thema „Digitalisierung trifft Praxis – Künstliche Intelligenz in der Luftfahrt“ statt. Dabei wurde unter anderem der Vortrag „Exoskelette: Mehr Kraft und weniger Belastung?“ präsentiert. Ein spannender Einblick, wie Exoskelette zukünftig Menschen in luftfahrtsspezifischen Arbeitsumgebungen unterstützen können – mit Potenzial für Effizienzsteigerung und Gesundheitsschutz.



Konferenz

Teilnahme am 10. MHI-Kolloquium an der TU Berlin

Am 03. und 04. April 2025 fand das MHI-Kolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik e.V. (MHI) statt. Die Professur war mit zwei Publikationen aus der früheren Arbeitsgruppe von Prof. Weidner (Innsbruck), die jeweils in einem Vortrag vorgestellt wurden vertreten. Die Veranstaltung bot spannende Einblicke in aktuelle Entwicklungen der Montage- und Handhabungstechnik und zahlreiche Möglichkeiten zum fachlichen Austausch.



Team

Neuer Oberingenieur/Gruppenleiter für Mensch-Maschine-Systeme

Seit April 2025 verstärkt David Scherb unser Team als Oberingenieur/Gruppenleiter Mensch-Maschine-Systeme. Zuvor war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Konstruktionstechnik (KTmfk) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) tätig, wo er umfangreiche Forschung zu muskuloskelettaLEN Menschmodellen und der Entwicklung tragbarer Unterstützungssysteme durchgeführt hat. Er ist ausgewiesen in der menschzentrierten Produktentwicklung.



Konferenz

MGA Student Competition 2025

Im April 2025 nahmen gleich zwei Studententeams mit uns erfolgreich an der 5. MGA Student Competition – ein internationaler Studierendenwettbewerb – in Stade teil. Der Wettbewerb bot den Studierenden eine praxisnahe Plattform, um innovative technische Konzepte zu entwickeln, im Team umzusetzen und sich mit anderen Studierenden und ExpertInnen auszutauschen. Die Teilnahme unterstrich einmal mehr das hohe Engagement und die Leistungsfähigkeit unserer Studierenden in anwendungsorientierten Ingenieurprojekten.



Allgemein

Bezug neuer Räumlichkeiten

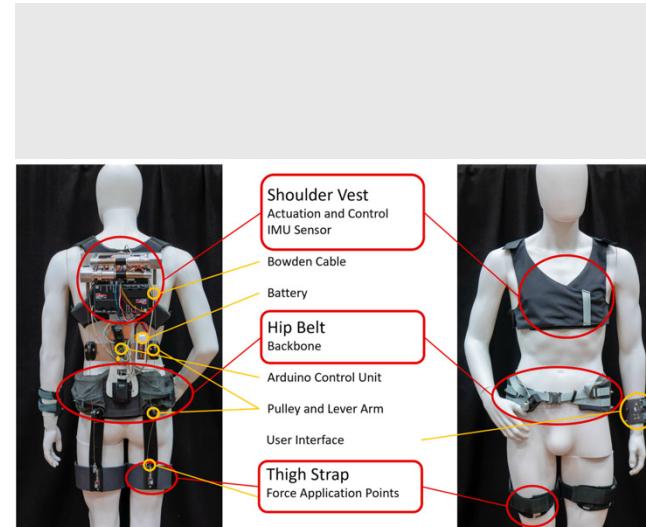
Nach einer Übergangsphase an einem anderen Standort sind wir Ende April in unsere neuen Büros und Labore im Haus Formgebung, Bernhard-von-Cotta-Str.4, 09599 Freiberg eingezogen.



Konferenz

ICCAR 2025 in Kyoto

Auf der 11. International Conference on Control, Automation and Robotics (18.-20. April 2025) war wir mit drei Beiträgen, die aus den dtec.bw-Projekten EVO-MTI und KIKU entstanden, vertreten. Die Beiträge adressierten eine biomechanische Studie passiver und aktiver Exoskelette als Grundlage für eine intelligente Steuerung, eine robotergestützte haptische Simulation von Exoskeletten sowie eine robotergestützte Evaluationsumgebung. Ein besonderer Erfolg war der Best Oral Presentation Award von Rajal Nagwekar.



Forschung

Publikation in Applied Sciences

Im Rahmen unserer langjährigen Forschung zu Mensch-Maschine-Systemen ist eine neue Publikation zur Entwicklung und biomechanischen Bewertung eines Rücken-Exoskeletts erschienen. Die vorgestellte Studie entstand im dtec.bw-Projekt KIKU, in dem übergeordnet neuartige Rücken-Exoskelette entwickelt werden. Der Beitrag stellt Evaluationsergebnisse einer Studie, in der ein eigens entwickeltes Rücken-Exoskelett evaluiert wird, vor, die wichtige Erkenntnisse zur Belastungsreduktion und Mensch-Maschine-Interaktion liefern.



Team

Neuer Oberingenieur/Gruppenleiter für Automatisierung

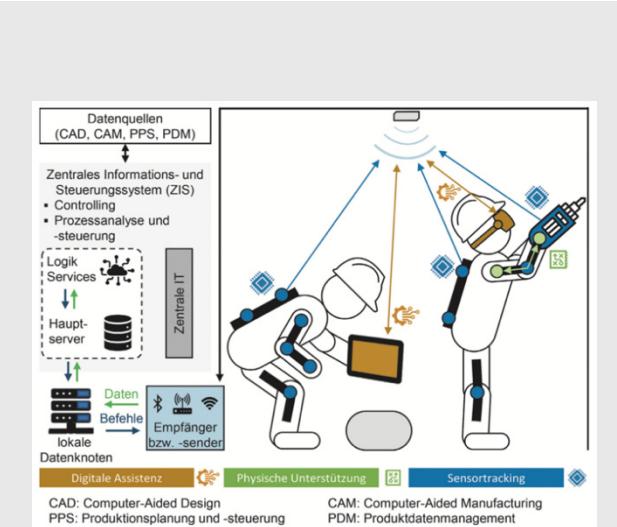
Seit Mai 2025 verstärkt Dr. Dennis Bäcker unser Team als Oberingenieur/Gruppenleiter Automatisierung. Zuvor war er nicht nur in der Industrie, sondern auch langjährig in leitender Funktion in der Forschung tätig, u.a. beim Fraunhofer IWU und zuletzt Oberingenieur an der Professur für Adaptronik und Funktionsleichtbau der TU Chemnitz.



Konferenz

5. Vernetzungstreffen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik (MHI e.V.)

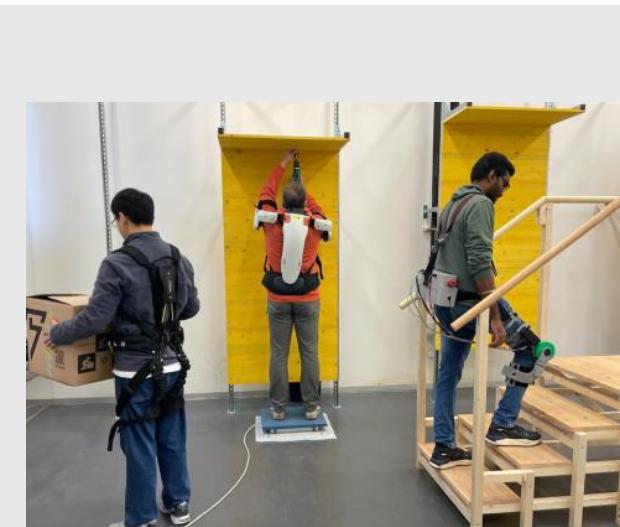
Neue Themen, frische Ideen und engagierte Teilnehmende (12.-14. Mai). Drei Tage intensiver fachlicher Zusammenarbeit und anregenden Austauschs fanden am Lehrstuhl für Produktionssysteme der Ruhr-Universität Bochum (Prof. Kuhlenkötter) im ZESS – Zentrum für das Engineering smarter Produkt-Service-Systeme statt. Forschende aus verschiedenen Standorten nutzten die Gelegenheit, sich zu vernetzen und wertvolle Impulse für ihre eigene Arbeit mitzunehmen.



Forschung

Publikation in wt Werkstatttechnik

Gemeinsam mit dem Institut für Produktionsmanagement und -technik (IPMT) der TU Hamburg haben wir einen Ansatz vorgestellt, der Technologien sensorisch, informationstechnisch und mechanisch miteinander verknüpft. Dadurch wird eine Kontexterkennung sowie eine adaptive Prozessunterstützung ermöglicht, um Qualität und Prozesssicherheit zu steigern und gleichzeitig ergonomische Belastungen zu reduzieren.



Labor

Inbetriebnahme des Motion Labs

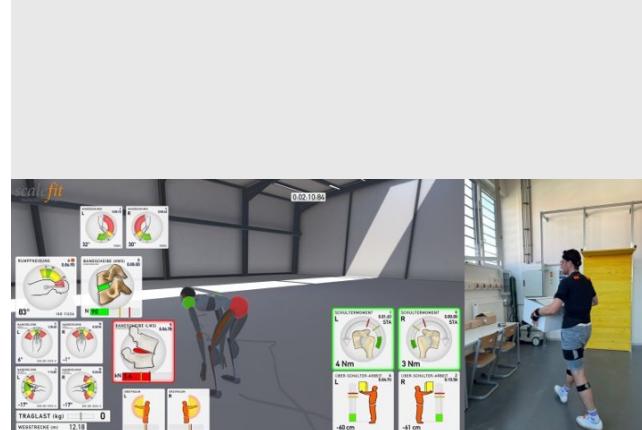
Mit der Inbetriebnahme des Motion Labs wurde ein zentraler Laborbereich realisiert. Das Motion Lab kombiniert verschiedene Messverfahren und Anwendungen (u.a. Elektromyographie, Motion Capture und Posturographie) und ermöglicht die experimentelle Untersuchung von bspw. Mensch-Maschine-Systemen, Bewegungsabläufen und autonomen Systemen unter realitätsnahen Bedingungen.



Team

Neuer wissenschaftlicher Mitarbeiter

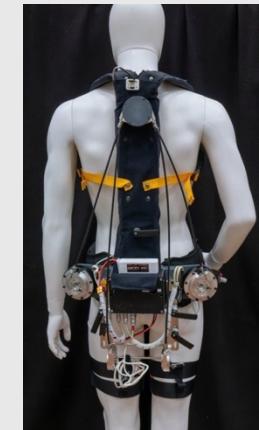
Seit Juli verstärkt Vishnu Kiran Surya Vamsam uns. Er verstärkt die Forschungsgruppe „Mensch-Maschine-Systeme“ und wird sich in seiner Arbeit auf die Entwicklung neuartiger, biomechanisch inspirierter Lösungen für neuartige Exoskelette. Vishnu verfügt über einen Hintergrund im Maschinenbau und spezialisierte sich im Masterstudium an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg auf Biomechanische Ingenieurwissenschaften.



Labor

Erweiterung des MotionLabs

Das AAS-Motion Lab wurde um das IMU-basierte Motion-Capture System von Movella | Xsens und das Softwaresystem Industrial Athlete von scalefit erweitert. Das System unterstützt einerseits eine ortabhängige Bewegungsanalyse und ermöglicht die ergonomische Analyse und Optimierung industrieller Tätigkeiten durch detaillierte Bewegungs- und Haltungsanalysen. In Forschung und Lehre wird es künftig zur Bewertung und Verbesserung von Arbeitsprozessen sowie zur Weiterentwicklung von Mensch-Maschine-Systemen, insbesondere Exoskeletten, ein-



Forschung

Präsentation bei WIS-Kolloquium

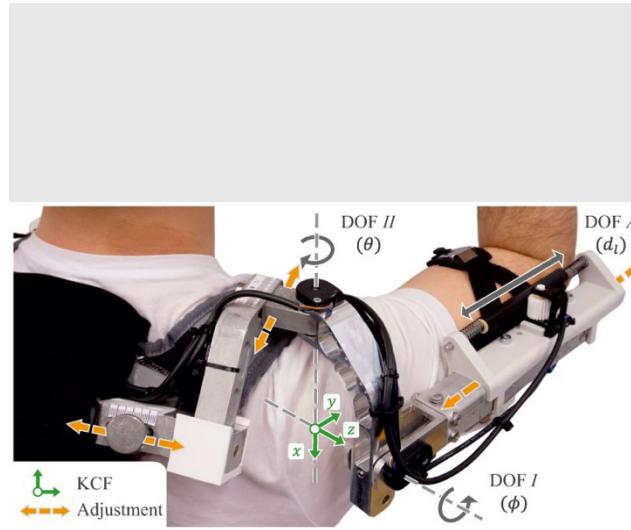
Im Juni durften wir Ergebnisse eines Projekts beim Kolloquium beim Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien präsentieren. Im Fokus standen zwei aktive Exoskelett-Prototypen zur Unterstützung von Soldaten bei körperlich anspruchsvollen Aufgaben in CBRN-Szenarien sowie dessen Evaluierung. Die biomechanischen Untersuchungen im Labor und Feld zeigten vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Reduzierung muskulärer Belastungen.



Team

Neuer wissenschaftlicher Mitarbeiter

Im Juli durften wir Chen Chen als neues Mitglied unserer Arbeitsgruppe „Mensch-Maschine-Systeme“ begrüßen. Chen startete nach seinem Masterabschluss in Mechatronik als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Adaptronik und Leichtbau der TU Chemnitz, wo er sich auf Sensorintegration und die Entwicklung intelligenter eingebetteter Systeme fokussierte und Projekte zur sensorintegrierten Datenerfassung und -verarbeitung für prozessrelevante Messaufgaben betreute. Nun beschäftigt er sich mit der Entwicklung eines Expertensystems.



Forschung

Publikation in Machines

Basierend auf der Forschung des ehemaligen Lehrstuhls an der Universität Innsbruck ist ein Beitrag erschienen, der einen Ansatz vorstellt, um den räumlichen Versatz der Kinematik von Exoskeletten zu bestimmen. Der Ansatz wurde unter kontrollierten Bedingungen mit dem aktiven Schulterexoskelett Lucy validiert.



Team

Neue wissenschaftliche Mitarbeiterin

Mit August durften wir Shantha Sindhu Pudhota als neues Mitglied unserer Forschungsgruppe „Mensch-Maschine-Systeme“ begrüßen. Sindhu hat zuvor ihren Masterabschluss in Biomechanical Engineering an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mit dem Schwerpunkt Exoprothetik und ihrer Masterarbeit am Fraunhofer IFF abgeschlossen. In ihrer zukünftigen Arbeit wird sie sich auf den Einsatz muskuloskelettaler Simulationen zur Auslegung von Mensch-Maschine-Systemen konzentrieren.



Team

Neuer wissenschaftlicher Mitarbeiter

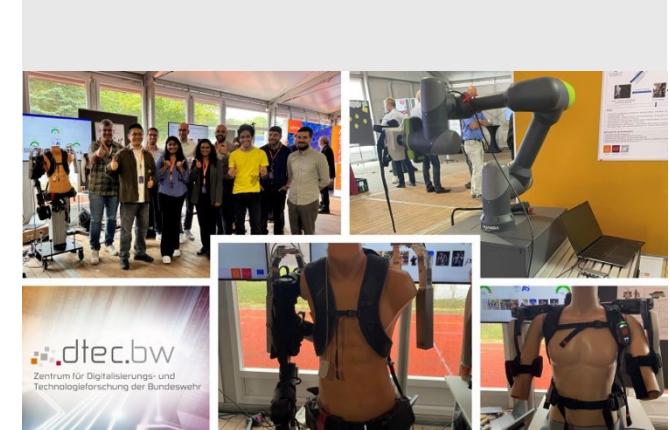
Seit August unterstützt Amir Nemati unsere Forschung in der Forschungsgruppe „Mensch-Maschine-Systeme“. Amir war im Anschluss seines Masterstudiums Mikrotechnik/Mechatronik wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Adaptronik und Leichtbau der TU Chemnitz. In seiner zukünftigen Arbeit wird er die Auswirkungen physischer und kognitiver Arbeitsbelastung in Mensch-Maschine-Systemen, unter Einsatz unterschiedlicher intelligenter Unterstützungsstufen (u.a. KI basiert) in einem DFG-Projekt entwickeln und untersuchen.



Team

Neuer Mitarbeiter in unserer mechatronischen Werkstatt

Seit Mitte des Jahres unterstützt Uwe Morgenstern unser Laborteam mit seiner langjährigen industriellen Expertise in der mechanischen Fertigung und Konstruktion. Uwe verfügt über eine Ausbildung zum Industriemechaniker sowie einen Abschluss als staatlich geprüfter Maschinenbautechniker. Zuvor war er unter anderem in der Entwicklung geschmiedeter Fahrwerkskomponenten und im Aufbau einer Produktionsanlage für Abgasturbolader-Laufräder tätig, einschließlich der 5-achsigen Simultanbearbeitung.



Forschung

Präsentation auf dtec.bw-Jahrestagung in Hamburg

Vom 01.-03. September haben wir aktuelle Forschungsergebnisse aus unserem Forschungsprojekt EVO-MTI in Hamburg auf der 2. dtec.bw-Jahrestagung vorgestellt. Hierzu zählten insb. neuartige Ansätze zur Entwicklung und Evaluation von Exoskeletten wie humanoide Prüfstände zur Ableitung und Bewertung von Exoskelett-Eigenschaften, die Live-Überwachung von Exoskeletten einschließlich Bewegungs- und Unterstützungscharakteristiken sowie die Integration von Kollaborationsrobotern in Entwicklungsszenarien.



Team

Gaststudentin an der Professur

Im September durften wir Karthika Manoj von der Canadian University Dubai zu einem dreiwöchigen Forschungsaufenthalt an unserem Lehrstuhl begrüßen. Karthika studiert Computer- und Netzwerktechnologie und hatte sich während ihres Aufenthalts mit dem Unitree G1 U-6 und der Robotersimulator beschäftigt.



Team

Tor des Monats

Auch neben der Arbeit ist das Team sehr aktiv. Unser Oberingenieur für Mensch-Maschine-Systeme spielt als Stürmer für den FV Fortuna Neuses. Eines seiner zahlreichen Tore in der aktuellen Spielzeit wurde für das „Tor des Monats August in Bayern“ nominiert!



Forschung

WiGeP Innovation Award 2025 – Virtuelle Produktentwicklung

Unser Oberingenieur „Mensch-Maschine-Systeme“ David Scherb wurde gemeinsam mit seinen ehemaligen Kollegen PD Dr. Jörg Miehling und Patrick Steck (KTmfk – Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, FAU Nürnberg Erlangen) unter der Betreuung von Prof. Dr. Sandro Wartzack beim WiGeP-Herbsttagung 2025 für ihre innovative Arbeit ausgezeichnet.



Forschung

WGAB-Forschungsseminar 2025

Vom 25. bis 27. September fand das Forschungsseminar der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation (WGAB) an der Technischen Universität Hamburg statt. Wir konnten dort eine Forschungsarbeit aus einer Kooperation mit Dr. Robert Eberle (Universität Innsbruck) vorstellen, die eine biomechanische Simulationsumgebung für Exoskelette adressiert. Mit einem derartigen digitalen Werkzeug soll die Entwicklung von Exoskeletten unterstützt und abgesichert werden.



Forschung

Herbsttagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik (MHI e. V.)

Intensive Diskussionen prägten das 6. Vernetzungstreffen der MHI, an der RWTH Aachen, Prof. Robert Schmitt vom WZL. Im Mittelpunkt standen aktuelle Fragestellungen, insbesondere der Transfer von Künstlicher Intelligenz in industrielle Anwendungen.



Forschung

Publikation in Industry Science 4.0

Im Rahmen des WGAB-Forschungsseminars 2025 erschien die neue Ausgabe von Industry Science 4.0. Darin konnten wir einen Beitrag zur biomechanischen Simulationspipeline von Exoskeletten publizieren. Der präsentierte Ansatz soll eine gezielte Entwicklung und Optimierung von Exoskelett- und Unterstützungssystemen ermöglicht.

- The development of automated and autonomous systems is a key topic in modern industrial production
- Define and classify essential terms
 - Be familiar with AAS applications, be able to evaluate them, and select them for a specific problem
 - System and domain analysis of automated processes
 - Understanding of modeling, simulation (digital twins), validation, and verification



Delta-Robot



Ball-Robot



Unitree G1 EDU Ultimate



Farm-Robot

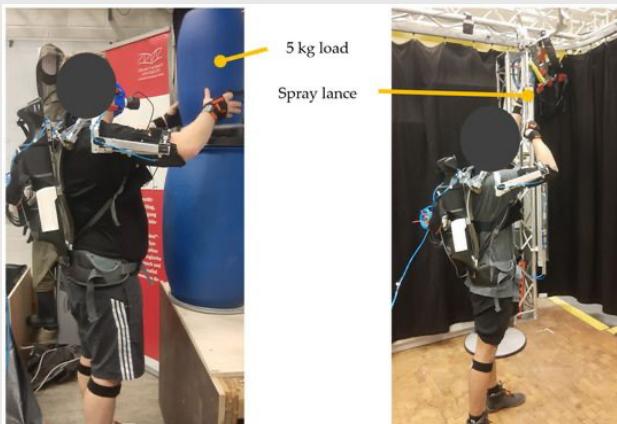
- Additionally: **Group work** by students
- Discussion of a selected topic/question
 - Development of an idea/creation of a presentation
 - Range of possible topics
 - Practical (e.g., delta robot)
 - Conceptual (e.g., analysis of robot system)
 - Design-oriented (e.g., modernization of an existing robot)

Chair for Automated and Autonomous Systems

Lehre

Lehrestart im Oktober

Mit Beginn des WiSe 2025 haben wir unsere ersten Lehrveranstaltungen an der TUBAF gestartet. Diese sind inhaltlich eng mit unseren Forschungsschwerpunkten verzahnt und verbinden ingenieurwissenschaftliche Grundlagen mit anwendungsnahen, praxisorientierten Fragestellungen. Die ersten Lehrveranstaltungen adressieren die Konzeption mechatronischer Systeme, Mensch-Maschine-Systeme sowie die Entwicklung automatisierter und autonomer Systeme.



Forschung

Neue Publikation in Applied Sciences

Weitere Ergebnisse unserer Forschung wurden in Oktober publiziert. Diese stammen aus einer Studie mit einem eigens entwickelten Schulter-Exoskelett für die Unterstützung in CBRN-Einsatzszenarien. Diese Ergebnisse zeigen vielversprechende Potenziale nicht nur für SoldatInnen in kontaminierten Umgebungen, sondern auch für industrielle Anwendungen bei dauerhaft belastenden Tätigkeiten in und über Kopfhöhe.



Lehre

Auszeichnung für Lehrprojekt INNklusion

INNklusion, ein Lehrprojekt des alten Lehrstuhls von Prof. Weidner an der Universität Innsbruck, Professur für Fertigungstechnik wurde bei PROFORMANCE mit dem 3. Platz in der Kategorie Inklusion & Diversität ausgezeichnet. Das Konzept soll Studierende dazu befähigen gesellschaftliche Verantwortung zu übernehmen, indem Lehre, Forschung und praktische Umsetzung miteinander verknüpft werden, und so Assistenzlösungen für Menschen mit Beeinträchtigung entwickelt werden.



Automation Lab

Erweiterung unseres Automation Lab

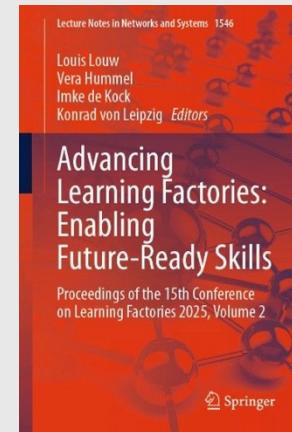
Im Herbst wurde unser Automation Lab durch den Unitree G1 Humanoiden erweitert.. Mit seinen vielseitigen Einsatzmöglichkeiten vergrößert er unser Portfolio an Robotern im Labor und kommt sowohl in der Lehre als auch in der Forschung zur Anwendung.



Team

Neuer wissenschaftlicher Mitarbeiter

Im November durften wir Ahmed Mahmoud in der Gruppe Automatisierung begrüßen. Er hat einen Bachelor in Maschinenbau von der Arab Academy for Science, Technology, and Maritime Transport (Ägypten) und einen Master in Mechatronik von der TU Hamburg. Ahmed bringt Erfahrung in Robotik, eingebetteten Systemen und Multi-Agenten-Systemen mit. Er wird sich mit der Entwicklung einer übergreifenden Systemarchitektur für die Kommunikation und Integration verschiedener Anwendungen. U.a. mit Exoskeletten und Humanoiden beschäftigen.



Forschung

Publikation in Springer-Reihe Advancing Learning Factories

Basierend auf dem von Prof. Weidner geleiteten Innovationscamp exoATwork (gefördert durch die FFG) entstand nun noch eine Publikation. In dem Artikel wurde ein praxisnahes Trainingsprogramm für die Integration von Industrie-Exoskeletten vorstellt. Das viermodulige Programm unterstützt Unternehmen von der Ergonomie- und Aufgabenanalyse bis zur Umsetzung und Evaluation.



Konferenz

Robotics Saxony | 5. Projektwerkstatt Robotik und KI – Anwendungen für den Mittelstand

Am 13. November fand in Chemnitz die 5. Projektwerkstatt teil, an der auch wir teilgenommen haben. Mit spannenden Fachvorträgen, interaktiven Workshops und einer Hands-on-Ausstellung lieferte das Symposium wertvolle Impulse.



Lehre

Gastvorlesung zu zirkulären Geschäftsmodellen

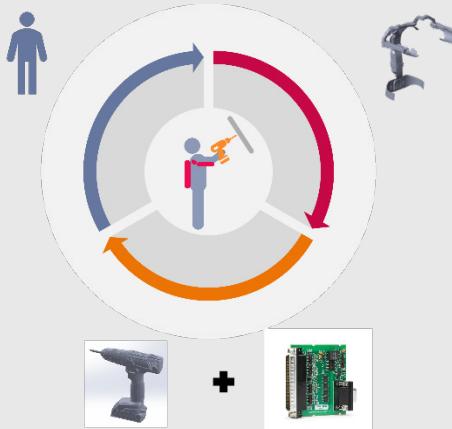
Im Rahmen unserer Lehrveranstaltung Konzeption innovativer mechatronischer Systeme durften wir Fabian Holly, Experten für Circular Economy, als Gastreferenten begrüßen. Die Vorlesung zeigte eindrucksvoll, wie zirkuläre Geschäftsmodelle Innovation in der Ingenieurpraxis vorantreiben – ökologisch wie ökonomisch. Praxisnahe Beispiele und konkrete Methoden (u.a. 10-R-Strategien und Product-as-a-Service-Ansätze) lieferten wertvolle Impulse für die studentischen Arbeiten.



Konferenz

26. Dresdner Werkzeugmaschinen-Fachseminar

Anfang Dezember konnten wir am 26. Dresdner Werkzeugmaschinen-Fachseminar der TU Dresden in Kooperation mit dem Fraunhofer IWU teilnehmen. Im Fokus stand das Leitthema „Vom Helfer zur Hauptrolle: Roboter in der Produktion“, das eng an unsere Forschung zu Automatisierung und autonomen Systemen anknüpft. Fachvorträge, Live-Demonstrationen mit u.a. humanoiden Robotern und industrieller Plattformen sowie der „Marktplatz mit Kurzvorträgen“ boten wertvolle Einblicke.



Forschung

Publikation in Konstruktion

Zusammen mit Prof. Matthiesen vom KIT und Prof. Wartzack von der FAU konnten wir eine neue Publikation in der Konstruktion platzieren. Die Arbeit stellt eine informationsbasierte Kopplung von Exoskelett, Datenlogger und Elektrowerkzeug vor, um Aufgaben- und Bewegungsänderungen automatisch zu erkennen. Dies ermöglicht eine Echtzeitanpassung der Stützkräfte des Exoskeletts an die aktuelle Aktivität und erschließt weiteres Potenzial für ergonomische Entlastung in dynamischen Industrienumgebungen.



Konferenz

ICMSR CAR 2025 in Singapur

Auf der 11. International Conference on Mechatronics, Systems and Robots (18.-20. Dezember 2025) waren wir mit einem Beitrag, die aus den dtec.bw-Projekten EVO-MTI entstanden, vertreten. Der Beitrag adressierte einen Virtual Reality-Ansatz als Framework für ein standardisiertes Testverfahren für menschzentrierte Technologien. Ein besonderer Erfolg war der Best Oral Presentation Award von Milad Mir Latifi.



Jahresabschluss

Gemeinsamer Jahresabschluss

Zum Jahresende blicken wir dankbar auf ein ereignisreiches erstes Jahr zurück. Seit dem offiziellen Start im März konnten wichtige Strukturen aufgebaut, moderne Laborausstattung in Betrieb genommen und zahlreiche Forschungsprojekte erfolgreich gestartet werden. Besonders erfreulich: Das Team ist schon auf 19 Mitarbeitende angewachsen, weitere Verstärkungen folgen zu Beginn des kommenden Jahres. Wir danken allen Partnern und Unterstützern für die vertrauliche Zusammenarbeit und freuen uns auf die nächsten Schritte im neuen Jahr.



Ausgewählte Forschungsprojekte

Forschung bildet eine zentrale Säule der Professur AAS. Im Gründungsjahr 2025 lag der Fokus auf der Fortsetzung bestehende Forschungsaktivität von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Weidner sowie der gezielten Initiierung neuer Forschungsaktivitäten, der Vernetzung mit wissenschaftlichen und industriellen Partnern sowie der Vorbereitung und Durchführung erster Projekte.

Die folgenden Beiträge stellen ausgewählte Forschungsprojekte vor, die exemplarisch für die inhaltliche Ausrichtung der Professur stehen und aktuelle Fragestellungen aus den Arbeitsbereichen Mensch-Maschine-Systemen und Automatisierung widerspiegeln.

CoExo – Kognitiv-motorische Interferenzen beim Exoskeletteinsatz

Hintergrund

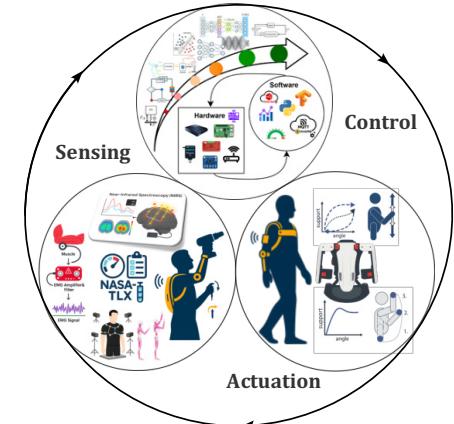
Arbeitsbedingte muskuloskelettale Erkrankungen (WMSDs) sind weltweit in Industrie und Bauwesen weit verbreitet und führen zu Einschränkungen, Produktivitätsverlusten und hohen Gesundheitskosten. Exoskelette wurden als ergonomische Unterstützungssysteme entwickelt, um diesen Problemen entgegenzuwirken. Allerdings müssen sie kognitiv-motorische Interferenzen (CMI) vermeiden, bei denen kognitive und motorische Aufgaben um neuronale Ressourcen konkurrieren und dadurch die Leistungsfähigkeit beeinträchtigt wird. Während positive Effekte auf biomechanische Faktoren wie Muskelaktivität und Gelenkbelastungen bereits umfassend untersucht sind, sind die neurokognitiven Mechanismen hinter der CMI bei beruflichen Tätigkeiten mit Exoskeletten weniger verstanden. Dieses Projekt „CoExo“ untersucht verschiedene Stufen intelligenter Exoskelett-Unterstützungsfunktionen und deren Einfluss auf die CMI in realen Anwendungsszenarien. Ziel ist es, entscheidende Erkenntnisse über die neurokognitiven Prozesse beim Exoskelett-Einsatz zu gewinnen, um durch intelligente, adaptive Unterstützung die Integration von Exoskeletten zu verbessern und zu optimieren.

Arbeitsschwerpunkte

Das AAS erforscht und implementiert im Schwerpunkt unterschiedliche Intelligenzlevel auf Basis von Bedarf. Unser Projektpartner der DSHS führt umfangreiche experimentelle Untersuchungen mit umfassenden biomechanischen, physiologischen und kognitiven Bewertungen unter Einzel- und Doppelaufgabenbedingungen durch. Das Projekt umfasst drei Hauptstudien: (1) Analyse der Einflussfaktoren auf die Ressourcenallokation bei CMI, (2) Erprobung neuer Exoskelett-Funktionalitäten und (3) Bewertung der Unterstützungslevel (von passiv bis KI-basiert) in komplexen Arbeitsszenarien. Das selbstentwickelte Prototyp-Exoskelett „Lucy“ dient als zentrale Plattform für diese Entwicklungen und Validierungen. Multimodale Informationen aus 3D-Bewegungserfassung, EMG und fNIRS werden sowohl in experimentellen als auch in Simulationsstudien realer Aufgaben integriert. Diese biomechanischen Informationen dienen zur Analyse und Bewertung der kognitiv-motorischen Interferenz.

Kernaussagen

Diese Forschung ermöglicht (a) die systematische Betrachtung, Umsetzung und Evaluierung verschiedener Intelligenzlevel mit unterschiedlichen Unterstützungseigenschaften sowie (b) die systematische Bewertung dieser Funktionalitäten hinsichtlich der kognitiven und motorischen Leistung. Die Erkenntnisse werden die Entwicklung menschzentrierter und kontextspezifischer Unterstützungstechnologien fördern, um die Wirksamkeit zukünftiger Exoskelette gezielt zu verbessern.



Projektträger
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Förderkennzeichen
565201563 (DFG)

Projektpartner
Deutsche Sporthochschule Köln (DSHS), 50933 Köln

ExoExpert – Wissensbasierte Planung für den Einsatz von Exoskeletten

Hintergrund

Die Interaktion von Mensch und Technik hat sich in den letzten Jahren intensiviert. Als ein Ansatz für die Mensch-Maschine-Interaktion hat sich das Exoskelett zunehmend als geeignete Unterstützungstechnologie in der Industrie herauskristallisiert. Je nach Produktionsszenario eignen sich Exoskelette zur Unterstützung von Arbeitern, indem entweder Bewegungen erleichtert bzw. ergänzt oder Haltungen stabilisieren werden. Unterstützende Methoden oder Werkzeuge zur simulationsbasierten Auswahl und Anpassung von Exoskeletten existieren bisher jedoch nur für einzelne Aspekte

Arbeitsschwerpunkte

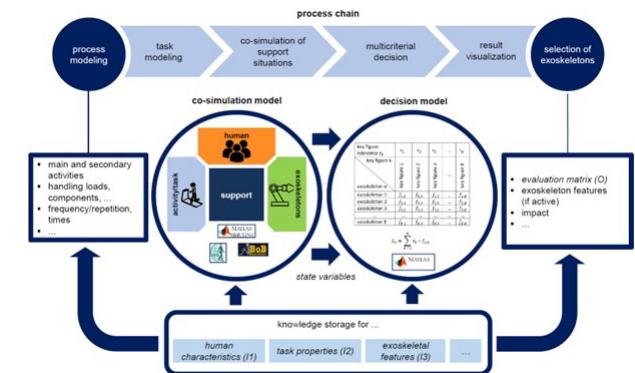
Aufgrund fehlender Erkenntnisse und Modelle zur detaillierten und ganzheitlichen Simulation von Exoskeletten in manuellen Produktionsszenarien, hinsichtlich dynamischer und kinematischer Aspekte, besteht weiterhin Unsicherheit über deren gezielten Einsatz und unterstützende Wirkung auf den menschlichen Körper. Um dieses Problem anzugehen, zielt ExoExpert darauf ab, eine neuartige Planungsmethode einschließlich eines Simulationsmodells zu entwickeln, um Entscheidungshilfen für die Identifizierung von Exoskeletten für manuelle Produktionsprozesse und die Anpassung des Systemverhaltens zu liefern.

Das Projekt soll Arbeitswissenschaftler und Ingenieure dabei unterstützen, Exoskelette für industrielle Anwendungsszenarien vor der Systemimplementierung angemessen bewerten, auswählen und anpassen zu können. Dabei gilt es

- eine Systematik zur Beschreibung heterogener Exoskelette zu entwickeln,
- ein Co-Simulationsmodell für die multikriterielle Bewertung aufzustellen und
- ein Entscheidungsmodell für die kontextangepasste Auswahl eines Exoskeletts abzuleiten.

Kernaussagen

Die wissens- und simulationsbasierte Methode besteht aus vier Hauptbausteinen. Basierend auf der Analyse von Eigenschaften und State-of-the-Art-Methoden wird eine (1) Bewertungssystematik für heterogene Exoskelette konzipiert. Diese Systematik dient als Grundlage für die Entwicklung eines (2) Co-Simulationsmodells, das sich aus der Modellierung und Simulation von (a) prozessbezogenen sowie (b) technischen und biomechanischen Parametern zusammensetzt. Ein (3) Entscheidungsmodell operationalisiert die Co-Simulationsergebnisse hinsichtlich der kontextangepassten Auswahl von Exoskeletten. Der letzte Schritt sieht die (4) praktische Validierung und Optimierung der entwickelten Methode vor.



Projekträger

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Österreichischer Wissenschaftsfonds (FWF)

Förderkennzeichen

524694954 (DFG), 10.55776/I6623 (FWF)

Projektpartner

Lehrstuhl für Produktionssysteme (Ruhr-Universität Bochum)

Exoshirt – Nutzerzentrierte Entwicklung eines textilen aktiven Exoskeletts mit integrierten passiven Stützstrukturen

Hintergrund

Rückenschmerzen und muskuloskelettale Erkrankungen im Rückenbereich zählen in Deutschland zu den häufigsten Ursachen für Arbeitsunfähigkeit und Schwerbehinderung. Zur Bekämpfung dieser Probleme ist das Ziel des Projektes, ein Exoskelett zu entwickeln, das natürliche und intuitive Bewegungen ermöglicht und den menschlichen Körper bei ergonomisch belastenden Tätigkeiten unterstützt. Dabei konzentriert es sich speziell auf Tätigkeiten, bei denen der Oberkörper an industriellen Arbeitsplätzen belastet wird. Die Unterstützung soll hierbei an die Situation angepasst erfolgen. Dafür werden nicht nur Erfahrungswerte, sondern auch neuronale Netze zur automatisierten Erkennung von Bewegungs- und Haltungsmuster angewendet, wodurch die Usability und Wirksamkeit gesteigert werden soll. Die individuelle Entlastung des Nutzers wird durch die Integration von anpassbaren und im Projekt entwickelte Aktuatorikelemente basierend auf dem Jamming-Prinzip erreicht werden.



Arbeitsschwerpunkte

Während AAS die Gestaltung des Systems mit biomimetischer Gestalt, einschließlich der Anordnung von Sensoren und Aktoren sowie die Steuerung durch neuronale Netze entwickelt, übernimmt Autoflug GmbH die Entwicklung und Integration der Aktoren in die funktionalen Textilien sowie die Steuerung und Energieversorgung. Das F&E-Projekt wird schrittweise durchgeführt und regelmäßig evaluiert. Bereits in frühen Entwicklungsphasen werden Funktionsmuster bzw. Early Stage Prototypen aufgebaut, welche mit potentiellen Nutzern in einem Co-Design-Prozess inklusive Labor- und Praxistests bewertet und validiert werden. Das Exoshirt wird speziell im Hinblick auf Anforderungen für industrielle Anwendungen entwickelt, um maximale Performance zu gewährleisten. Mithilfe von Echtzeitdaten, die von integrierten Sensoren bereitgestellt werden, soll das System die Fähigkeit erhalten sich in Echtzeit an verschiedene Situationen und Bewegungen anpassen zu können, um jederzeit eine optimale Stabilisierung des Oberkörpers zu bieten.

Kernaussagen

Im Rahmen des Innovationsprojekts wird ein textiles, aktives und im Hinblick auf die Unterstützung schaltbares Exoskelett entwickelt. Hierfür sollen innovative Antriebselemente mit variabler Steifigkeit entwickelt und ergänzende passive Stützstrukturen in ein funktionales Textil mit biomimetischer Gestalt integriert werden. Die Steuerung basierend auf einer Bewegungs- und Haltungserkennung mittels Algorithmen des maschinellen Lernens. Die Projektpartner arbeiten gemeinsam an der erfolgreichen Realisierung eines Prototypen.

Projekträger
Zentrales Innovationsprogramm
Mittelstand (ZIM)

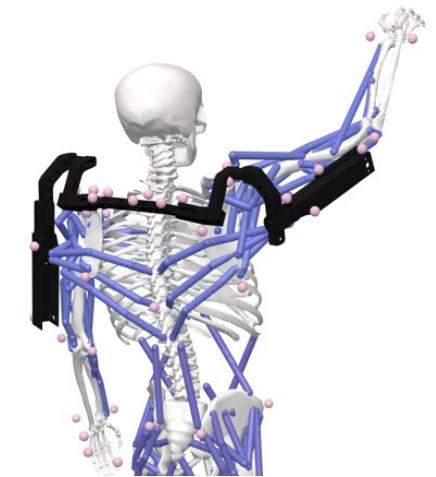
Förderkennzeichen
16KN084602

Projektpartner
Autoflug GmbH

Exo-BiomechSim – Entwicklung eines biom. Simulationsmodells inkl. Daten- und Verarbeitungspipeline zur Entwicklung und Bewertung von Exoskeletten

Hintergrund

Unterstützende Technologien werden in immer mehr Lebenssituationen eingesetzt. Einen Ansatz stellen hierbei Exoskelette dar, die je nach Gestalt beispielsweise die Belegschaft bei physisch beanspruchenden Tätigkeiten entlasten oder die Anwendenden in der Rehabilitation unterstützen sollen. Entsprechende Systeme sind im Hinblick auf die Unterstützungssituation – zum Beispiel physiologische Voraussetzung, Bewegungsabläufe, Einsatzzweck und Rahmenbedingungen – auszulegen. Der Entwicklungs- und Evaluationsprozess entsprechender Systeme erfolgt hierbei unter Einsatz von u. a. Simulations-, Konstruktions- und Bewertungsmethoden bzw. -werkzeugen sowie auch auf Basis individueller Kompetenzen und Erfahrungen. Im Gesamtprojekt EVO-MTI wird eine digitale Umgebung für die Gestaltung, Bewertung und Optimierung von Mensch-Maschine-Systemen mit dem Menschen im Leistungsfluss, der Mensch-Technik-Interaktion (MTI) sowie von Systemkomponenten wie physischen Schnittstellen zur Kraftübertragung entwickelt.



Arbeitsschwerpunkte

Die Evaluation der Auswirkungen von Exoskeletten auf die Muskulatur und internen Strukturen des menschlichen Körpers, d.h. die Biomechanik des Menschen, stellt eine zentrale Bedeutung bei der Optimierung der Mensch-Maschine-Interaktion dar. Die Repräsentation des Menschen, dessen Biomechanik und der Einfluss darauf in der digitalen Welt kann mittels biomechanischer Menschmodelle realisiert werden. Dazu soll in diesem Teilprojekt von EVO-MTI eine Daten- und Simulationspipeline unter Verwendung biomechanischer Simulationsmodelle aufgebaut werden. Die Pipeline soll für verschiedene Anwendungsszenarien und unterschiedliche Exoskelette bzw. deren Unterstützungscharakteristika eine Bewertung bzgl. der biomechanischen Parameter des Menschen erlauben, wodurch anschließend eine Optimierung für Exoskelette erzielt werden kann.

Kernaussagen

Im Rahmen dieses Teilprojekts wird eine Simulationspipeline unter Verwendung eines biomechanischen und gekoppelten technischen Simulationsmodells aufgebaut. Die Pipeline ermöglicht die Abbildung der biomechanischen Auswirkungen verschiedener Arbeitstätigkeiten in Abhängigkeit der individuellen Eigenschaften unterschiedlicher Exoskelette. Die Simulationspipeline bietet die Einbindung weiterer, in diesem Fall biomechanischer, Faktoren auf die digitale Gestaltung und Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen und entsprechend eine zusätzliche Möglichkeit zur Optimierung der Mensch-Maschine-Interaktion.

Projektträger
Dtec.bw – Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr

Förderkennzeichen
EVO-MTI – EU (NextGenerationEU)

Projektpartner
Helmut-Schmidt-Universität | Universität der Bundeswehr Hamburg

ExpertSys – Entwicklung eines Expertensystems zur Gestaltung und Bewertung von Exoskeletten

Hintergrund

Unterstützende Technologien werden in immer mehr Lebenssituationen eingesetzt. Einen Ansatz stellen hierbei Exoskelette dar, die je nach Gestalt beispielsweise die Belegschaft bei physisch beanspruchenden Tätigkeiten entlasten oder die Anwendenden in der Rehabilitation unterstützen sollen. Entsprechende Systeme sind im Hinblick auf die Unterstützungssituation – zum Beispiel physio-logische Voraussetzung, Bewegungsabläufe, Einsatzzweck und Rahmenbedingungen – auszulegen. Der Entwicklungs- und Evaluationsprozess entsprechender Systeme erfolgt hierbei unter Einsatz von u. a. Simulations-, Konstruktions- und Bewertungsmethoden bzw. -werkzeugen sowie auch auf Basis individueller Kompetenzen und Erfahrungen. Im Gesamtprojekt EVO-MTI wird eine digitale Umgebung für die Gestaltung, Bewertung und Optimierung von Mensch-Maschine-Systemen mit dem Menschen im Leistungsfluss, der Mensch-Technik-Interaktion (MTI) sowie von System-komponenten wie physischen Schnittstellen zur Kraftübertragung entwickelt.



Arbeitsschwerpunkte

Im Rahmen von EVO-MTI werden die einzelnen Systemkomponenten des Mensch-Maschine-Systems durch unterschiedliche physische und virtuelle Simulationsmodelle ersetzt und abgebildet. Entsprechend liefern diese unterschiedlichen Abstraktionen und Modelle des Menschen, des Exoskeletts und der Tätigkeit eine Vielzahl von unterschiedlichen Daten und Informationen. Dazu soll in diesem Teilprojekt von EVO-MTI ein übergeordnetes Expertensystem entwickelt werden, welches eine Analyse und Interpretation dieser Daten erlaubt, um dies für die Bewertung und Entwicklung von Systemen einzusetzen. Die Grundlage hierfür stellt eine grundlegende Systemarchitektur zur Verknüpfung aller verwendeter Modelle, Vorgehen und Methoden sowie der Aufbau einer Datenbank zur Sicherung Zusammenstellung der gewonnenen Daten und Erkenntnisse im Projekt dar.

Kernaussagen

Im Rahmen des Innovationsprojekts wird ein textiles, aktives und im Hinblick auf die Unterstützung schaltbares Exoskelett entwickelt. Hierfür sollen innovative Antriebselemente mit variabler Steifigkeit entwickelt und ergänzende passive Stützstrukturen in ein funktionales Textil mit biomimetischer Gestalt integriert werden. Die Steuerung basierend auf einer Bewegungs- und Haltungserkennung mittels Algorithmen des maschinellen Lernens. Die Projektpartner arbeiten gemeinsam an der erfolgreichen Realisierung eines Prototypen.

Projektträger

Dtec.bw – Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr

Förderkennzeichen

EVO-MTI – EU (NextGenerationEU)

Projektpartner

Projektpartner
Helmut-Schmidt-Universität |
Universität der Bundeswehr Hamburg

HUMAINPRO – Integration und Befähigung humanoider Systeme in der Produktion

Hintergrund

Der steigende Fachkräftemangel, zunehmender Wettbewerbsdruck und eine wachsende Variantenvielfalt stellen besonders kleine und mittlere Unternehmen (KMU) vor große Herausforderungen bei der Weiterentwicklung ihrer Produktionssysteme. Klassische Automatisierungslösungen sind häufig mit hohen Investitionen und tiefgreifenden Anpassungen bestehender Anlagen verbunden und daher für KMU nur eingeschränkt geeignet. Humanoide Roboter hier neue Potenziale. Durch ihre anthropomorphe Kinematik und ihre Auslegung für kollaborative Arbeitsformen können sie Tätigkeiten übernehmen, die bislang menschliche Flexibilität, Mobilität und situative Anpassungsfähigkeit erfordern. Gleichzeitig ermöglichen sie eine Integration in bestehende Produktionsumgebungen ohne grundlegende Umgestaltung der Infrastruktur. In Verbindung mit Methoden der Künstlichen Intelligenz sowie vernetzten Sensor- und IT-Systemen entstehen adaptive, lernfähige Produktionssysteme, die sich an veränderte Prozessanforderungen anpassen können. Darüber hinaus bieten humanoide Roboter das Potenzial, ergonomisch belastende oder sicherheitskritische Tätigkeiten zu übernehmen und so Arbeitsbedingungen und Arbeitssicherheit zu verbessern.

Arbeitsschwerpunkte

Neben der systematischen Analyse industrieller Arbeitsprozesse, die zur Identifikation geeignete Einsatzszenarien dient, wird ein Konzept für eine sichere und normgerechte Mensch-Roboter-Kollaboration entwickelt. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der technischen Integration humanoider Systeme in Produktions- und IT-Infrastrukturen, einschließlich Steuerungsarchitekturen, Sensorik und Schnittstellen.

Begleitend werden nutzerzentrierte Konzepte zur ergonomischen Gestaltung und Akzeptanzförderung erarbeitet sowie Qualifizierungs- und Schulungsformate zur Befähigung der Mitarbeitenden entwickelt. Ergänzend erfolgt eine techno-ökonomische Bewertung, um Wirtschaftlichkeit, Skalierbarkeit und den Return-on-Investment für KMU transparent darzustellen.

Kernaussagen

HUMAINPRO entwickelt und erprobt eine ganzheitliche Methodik zur praxisnahen Integration humanoider Robotersysteme in bestehende Produktionsumgebungen von KMU. Durch die Kombination aus Prozessanalyse, technischer Integration, sicherer Mensch-Roboter-Interaktion sowie Qualifizierung und Wirtschaftlichkeitsbewertung werden belastbare Grundlagen für den nachhaltigen und wirtschaftlichen Einsatz humanoider Roboter in der industriellen Produktion geschaffen.



BALL – Balance and Adaptive Locomotion for Logistics

Hintergrund

Der Ball-Roboter wird als kompakte und hochflexible mobile Plattform für industrielle Anwendungen entwickelt. Klassische fahrende Roboter stoßen in engen Produktionsumgebungen häufig an ihre Grenzen, während ein kugelförmiger Roboter durch seine omnidirektionale Beweglichkeit eine maximale Manövrierfähigkeit erreicht. In Kombination mit moderner Sensorik, intelligenter Regelung und KI-basierter Bewegungssteuerung kann der Ball-Roboter Aufgaben übernehmen, die präzise Navigation, Anpassungsfähigkeit und situative Entscheidungsfindung erfordern. Insb. in Industrie-4.0-Umgebungen eröffnet der Ball-Roboter neue Möglichkeiten im Zusammenhang von bspw. Inspektions- und Monitoringaufgaben. Darüber hinaus lassen sich Prozesse beobachten, Materialflüsse erfassen und Engpässe frühzeitig erkennen. Auch als interaktives Assistenzsystem für Mitarbeitende kann der Ball-Roboter eingesetzt werden, um Prozesse zu unterstützen, ergonomisch belastende Tätigkeiten zu überwachen oder Sicherheitsrisiken frühzeitig zu detektieren. Durch seine kompakte, robuste und flexible Form ist der Roboter zudem in Bereichen einsetzbar, die für klassische mobile Roboter schwer zugänglich sind.



Arbeitsschwerpunkte

Die Arbeit am Ball-Roboter umfasst die Entwicklung eines stabilen, kugelförmigen Gehäuses, das eine omnidirektionale Beweglichkeit ermöglicht und gleichzeitig die erforderliche Stabilität und Robustheit für den industriellen Einsatz bietet. Das Antriebssystem wird so konzipiert, dass der Roboter sich sicher bewegen, seine Position halten und selbstständig das Gleichgewicht wahren kann. Die Integration von Sensorik ermöglicht eine präzise Positionsbestimmung, Umgebungswahrnehmung und Datenerfassung, während eine geeignete Kommunikationsinfrastruktur die Anbindung an bestehende Industrie-4.0-Systeme und Prozesssteuerungen gewährleistet. Intelligente Regelalgorithmen sorgen für Gleichgewicht, Hinderniserkennung und autonome Navigation, ergänzt durch KI-basierte Komponenten, die selbstlernend Bewegungsstrategien optimieren, auf Veränderungen in der Umgebung reagieren und die Effizienz der Aufgabenbearbeitung steigern.

Kernaussagen

Das Projekt BALL entwickelt eine innovative Plattform für mobile, adaptive Robotik in industriellen Umgebungen. Durch die Kombination aus mechanischer Innovation, intelligenter Regelung und KI ermöglicht der Ball-Roboter präzise Navigation, autonome Prozessbeobachtung und interaktive Unterstützung von Mitarbeitenden. Die Ergebnisse liefern sowohl wissenschaftliche Erkenntnisse zu adaptiver Lokomotion, KI-gesteuerter Steuerung und Mensch-Roboter-Interaktion als auch praxisnahe Lösungen für Industrie-4.0-Anwendungen, die flexibel, wirtschaftlich und sicher eingesetzt werden können.



Kooperationsmöglichkeiten sowie Wissens- und Technologietransfer

Die Professur AAS versteht Forschung, Lehre und Transfer als eng miteinander verknüpfte Aufgaben. Ziel ist es, wissenschaftliche Erkenntnisse systematisch in anwendungsnahe Lösungen zu überführen und gemeinsam mit Partnern aus Industrie, Forschungseinrichtungen und öffentlicher Hand weiterzuentwickeln.

Aufgrund der interdisziplinären Ausrichtung an der Schnittstelle von Mensch, Organisation, Systemtechnik und Produktion bietet die Professur vielfältige Kooperationsmöglichkeiten entlang der gesamten Innovationskette – von der Grundlagenforschung bis zur prototypischen Umsetzung und Evaluation.

Die Professur versteht sich als offene und verlässliche Partnerin für Forschung, Entwicklung und Innovation. Interessierte Partner sind eingeladen, gemeinsam neue Ideen zu entwickeln, Forschungsprojekte zu initiieren und innovative Technologien voranzubringen.

Vielfältige Forschungskooperation

Die Professur strebt langfristige und strategische Forschungs- und Lehrkooperationen an, insbesondere in den folgenden Formen:

- Gemeinsame Drittmittelprojekte: Zusammenarbeit in nationalen und internationalen Förderprogrammen zu bspw. Themen der Automatisierung, Robotik, Autonomie, Mensch-Maschine-Interaktion sowie Modellierung und Simulation.
- Industriennahe Forschungsprojekte: Bearbeitung anwendungsorientierter Fragestellungen in Kooperation mit Industriepartnern, insbesondere in den Bereichen Produktionssysteme, Assistenzsysteme, Robotik und autonome Technologien.
- Interdisziplinäre Kooperationen: Zusammenarbeit mit anderen Professuren und Forschungseinrichtungen.

Kooperation in Lehre und Qualifizierung

- Gemeinsame Lehrveranstaltungen: Gemeinsame Konzeption und Durchführung von Lehrveranstaltungen, Projektmodulen oder Gastformaten mit externen Partnern zur praxisnahen Vermittlung aktueller Forschungs- und Anwendungsthemen.
- Qualifizierung: Transfer von Forschungsergebnissen in die Weiterbildung.
- Industriennahe Abschlussarbeiten: Betreuung von Bachelor-, Master- und Promotionsarbeiten in enger Zusammenarbeit mit externen Partnern.
- Projektarbeiten und Praktika: Einbindung realer Fragestellungen aus Industrie und Forschung in Lehrveranstaltungen, Projektmodule und studentische Arbeiten.
- Weiterbildung und Qualifizierung: Mitwirkung an Workshops, Seminaren oder Weiterbildungsformaten.

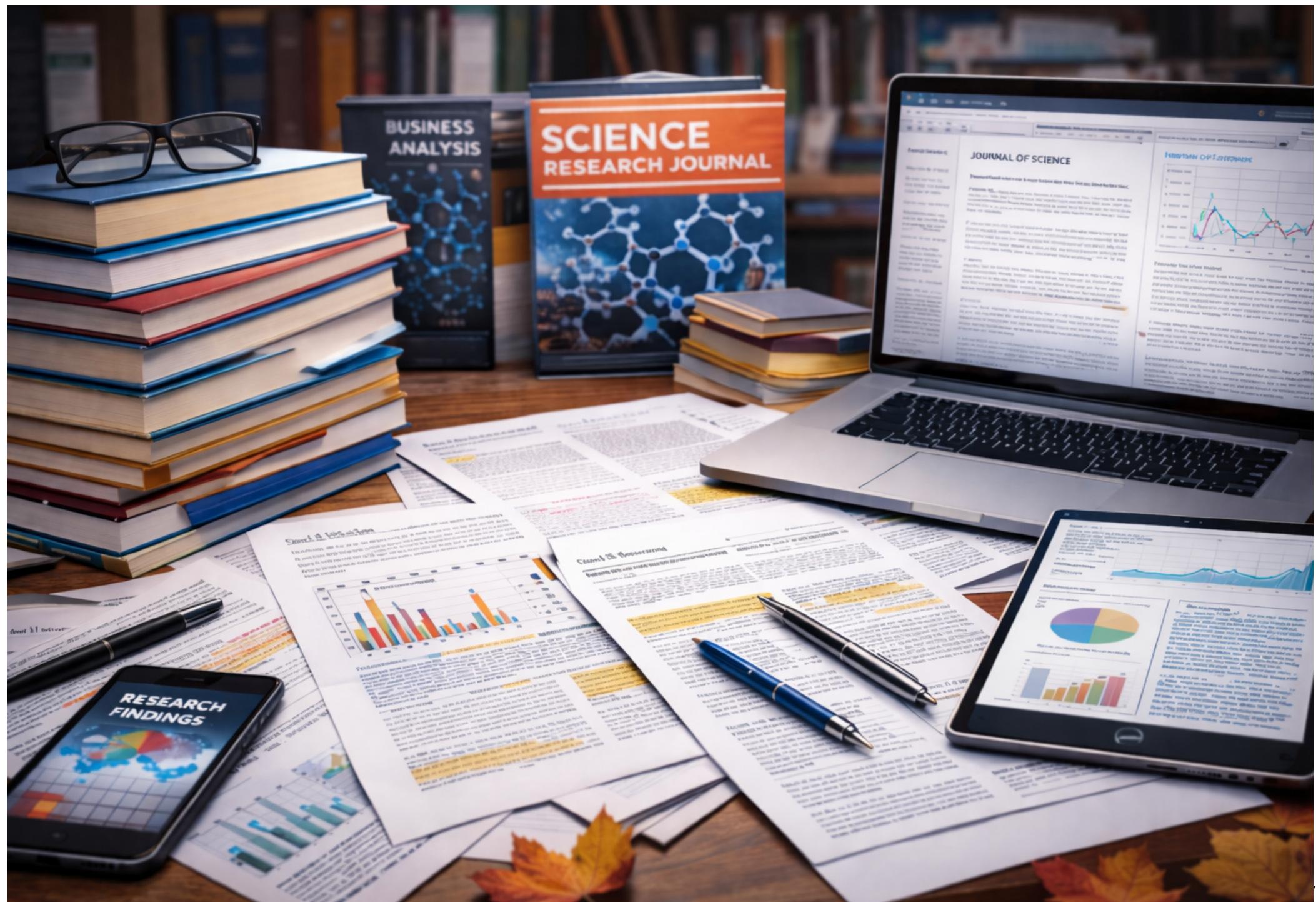
Wissens- und Technologietransfer

Ein zentraler Schwerpunkt liegt auf dem systematischen Transfer von Wissen und Technologien in die Praxis:

- Entwicklung von Demonstratoren und Prototypen: Umsetzung neuer Methoden, Konzepte und Technologien in funktionsfähige Demonstratoren, z.B. im Bereich robotischer Systeme, Unterstützungs-/Assistenzsysteme oder Expertensysteme für die Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen und Arbeitsplätzen.
- Experimentelle Evaluation und Erprobung: Nutzung der vorhandenen Laborinfrastruktur (u.a. Robotikplattformen, Bewegungslabor, Messsysteme) zur gemeinsamen Erprobung neuer Technologien unter realitätsnahen Bedingungen (auch in der realen Anwendung möglich).
- Technologieberatung und Machbarkeitsstudien: Unterstützung von Partnern bei der Bewertung neuer Automatisierungs- und Unterstützungskonzepte, z.B. durch Studien, Simulationen oder experimentelle Untersuchungen.

Netzwerke und langfristige Partnerschaften

- Kooperationen mit Forschungseinrichtungen und Universitäten: Nationale und internationale Zusammenarbeit, insbesondere zur gemeinsamen Nutzung von Expertise, Infrastruktur und Methoden.
- Industrie- und Anwendungspartner: Aufbau nachhaltiger Partnerschaften mit Unternehmen unterschiedlicher Größenordnung – von KMU bis zu Großunternehmen.
- Transfer in gesellschaftliche und öffentliche Anwendungen: Beiträge zu sicherheitskritischen, arbeitswissenschaftlichen oder gesellschaftlich relevanten Fragestellungen.



Veröffentlichungen 2025

- T. Schubert, R. Weidner: Physical Support of Soldiers During CBRN Scenarios with Exoskeletons. *Applied Sciences*. 2025; 15(19):10763. <https://doi.org/10.3390/app151910763>
- R. Eberle, M. Ebenbichler, B. Reimeir, L. Ralfs, R. Weidner: Biomechanische Simulationspipeline für Exoskelette. *Industry 4.0 Science*, 2025, 41. Jg., Nr. 5, S.30-36. <https://doi.org/10.30844/I4SD.25.5.30>
- L. Ralfs, S. Ersoysal, B. Reimeir, M. Calisti, F. Riedl, A. Koler, R. Weidner: Exoskeletons for Occupational Use: Training Program for Knowledge Transfer from Science to Practice. In: *Advancing Learning Factories: Enabling Future-Ready Skills*, 2025, Springer Nature, S. 175-183, https://doi.org/10.1007/978-3-031-98883-7_21
- C. Mundt, R. Weidner, C. Möller, J. Dege, H. Lödding: Der befähigte Werker: Kopplung von Smarten Handwerkzeugen, aktiven Exoskeletten und Digitalen Assistenzsystemen in der Produktion der Zukunft. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, vol. 120, no. 5, 2025, S. 380-380. <https://doi.org/10.1515/zwf-2025-2008>
- O. Ott, S. Ersoysal, N. Kraus, R. Weidner: Method for Determining Displacement and Characterizing Spatial Misalignment in a Rigid Exoskeleton. *Machines* 2025, 13, 284. <https://doi.org/10.3390/machines13040284>
- R. Nagwekar, J. Sonnenschein, S. M. Mir Latifi, R. Gökay, R. Weidner: Biomechanical Study of Passive and Active Exoskeletons for Analyzing the Dependent Parameters for an Intelligent Control System. 2025 11th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR), Kyoto, Japan, 2025, pp. 252-257, <https://doi.org/10.1109/ICCAR64901.2025.11072999>
- R. Gökay, S. M. Mir Latifi, R. Nagwekar, A. Stark, J. Öltjen, R. Weidner: Robot-Assisted Physical Simulation of a Shoulder Exoskeleton. 2025 11th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR), Kyoto, Japan, 2025, pp. 191-196, <https://doi.org/10.1109/ICCAR64901.2025.11073060>
- S. M. Mir Latifi, R. Nagwekar, R. Gökay, D. Vaish, R. Weidner: A Novel Methodology for Exoskeleton Evaluation Using Collaborative Robots and Anthropometric Motion Replication. 2025 11th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR), Kyoto, Japan, 2025, pp. 61-66, <https://doi.org/10.1109/ICCAR64901.2025.11073057>
- L. Ralfs, S. Ersoysal, B. Reimeir, M. Calisti, F. Riedl, A. Koler, R. Weidner: Exoskeletons for Occupational Use: Training Program for Transferring Knowledge from Science to Practice. In: Louw, L., Hummel, V., de Kock, I., von Leipzig, K. (eds) *Advancing Learning Factories: Enabling Future-Ready Skills*. cfl 2025. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1546. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-98883-7_21
- T. Drees, L. Ralfs, B. Reimeir, K. Lemmerz, R. Weidner, B. Kuhlenkötter: Methodology for the knowledge-based selection of occupational exoskeletons. *Production Engineering Res. Devel.*, 2025, <https://doi.org/10.1007/s11740-025-01338-x>
- S. Ersoysal, B. Reimeir, R. Weidner: Towards Active Elbow Exoskeleton for Industrial Applications. In: S. Ihlenfeldt, T. Schüppstuhl, K. Tracht (eds), *Annals of Scientific Society for Assembly, Handling and Industrial Robotics* 2023, https://doi.org/10.1007/978-3-031-74010-7_24
- O. Ott, R. Weidner: Towards myoelectric control for industrial exoskeleton. In: S. Ihlenfeldt, T. Schüppstuhl, K. Tracht (eds), *Annals of Scientific Society for Assembly, Handling and Industrial Robotics* 2023, https://doi.org/10.1007/978-3-031-74010-7_21

- P. Michalec, M. Laux, G. L. Srinivas, R. Weidner, M. Brandstötter: Five-axis printing of continuous fibers on the mold. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 2025, <https://doi.org/10.3390/jmmp9010017>
- O. Ott, K. Schmerbeck, R. Weidner: Occupational Fingerprint: Adaptivität industrieller Unterstützungstechnologien durch kontextspezifisches Verständnis. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.: *Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit*. 71. GfA-Frühjahrskongress, 25. März bis 27. März 2025, Aachen. Dortmund: Gfa-Press., ISBN 978-3-936804-36-2, S. 789 - 793, <https://doi.org/10.61063/FK2025>

IMPRESSUM

Herausgeber: Professur für Automatisierte und Autonome Systeme (AAS)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Weidner

Technische Universität Bergakademie Freiberg

Bildnachweise: S. 4 rechts oben, S. 5 rechts oben, S. 6 rechts unten, S. 10, S. 11 oben links und oben rechts, S. 12 oben links, S. 19 Mitte, S. 21 rechts, S. 25, S. 34, S. 37: ChatGPT,

OpenAI. (2024). *ChatGPT* (GPT-4o-Version vom 15. Mai 2024) [Large language model]. <https://chat.openai.com>

Kontakt: info@AAS.tu-freiberg.de Robert.Weidner@AAS.tu-freiberg.de

Homepage: www.tu-freiberg.de/AAS



info@aas.tu-freiberg.de



www.tu-freiberg.de/aas



www.linkedin.com/company/chair-aas