



Universität Stuttgart
Institut für Steuerungstechnik
der Werkzeugmaschinen und
Fertigungseinrichtungen



AUTOMATION MEETS INNOVATION



stuttgarter
maschinenbau
interdisziplinär und vielfältig



Wir stellen Sie ein

HIGH PERFORMANCE AUTOMATISIERUNG

Das Institut für Steuerungstechnik (ISW) der Universität Stuttgart ist eines der führenden Forschungsinstitute auf dem Gebiet der Steuerungs- und Antriebstechnik.

Das ISW bietet einen Arbeitsplatz mit interessanten und technisch innovativen Aufgabengebieten in unterschiedlichen Teilbereichen auf höchstem internationalem Niveau. Unsere Absolventen findet man in den Spitzenpositionen des nationalen und internationalen Maschinenbaus.

Für Absolventen/-innen der Mechatronik, Kybernetik und angrenzender Disziplinen wie Informatik, Maschinen- und Anlagenbau und Elektrotechnik bietet das ISW ein ausgezeichnetes Umfeld. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter entwickeln und bearbeiten Sie selbstständig äußerst anspruchsvolle Projekte mit gleichzeitig höchster Entfaltungsmöglichkeit. In den Projekten stehen wissenschaftliche Erfahrungen, interdisziplinäres Fachwissen, Kreativität und Managementfähigkeiten im Mittelpunkt. Es handelt sich bei den Projekten sowohl um grundlagenorientierte, als auch industrienahe Themen. Außerdem wird die Möglichkeit zur Promotion an einer weltweit angesehenen, wissenschaftlichen Einrichtung im Bereich der Steuerungs- und Antriebstechnik gegeben.

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann freuen wir uns auf Ihre Bewerbung.



Dr.-Ing.
Armin Lechler
Stellvertretende Institutsleitung
Geschäftsführender Oberingenieur

+49 711 685-82462
armin.lechler@isw.uni-stuttgart.de

Aktuelle Stellenangebote
finden Sie unter
www.isw.uni-stuttgart.de



Vorwort



Das Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart ist führend auf den Gebieten der Fertigungsautomatisierung und Produktions-IT. Am ISW wird innovative grundlagenorientierte Forschung betrieben und in vielfältigen Kooperationen gemeinsam mit der Industrie gewinnbringend in die Praxis überführt.

Die Kernkompetenzen des ISW im Bereich der industriellen Steuerungs-, Regelungs- und Antriebstechnik sowie der Produktions-IT auf dem Shopfloor und der Produktionssteuerung werden kontinuierlich durch neue innovative Methoden aus der Mathematik, Softwaretechnik sowie Verarbeitung großer Datenmengen und Künstlicher Intelligenz erweitert. Zur Mission der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gehören Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten zu neuartigen Steuerungs- und Regelungskonzepten, deren Umsetzungen vom miniaturisierten embedded computing bis hin zu cloudbasierten Lösungen reichen.

Diese Broschüre gibt einen Überblick über die aktuellen Forschungsaktivitäten, die Angebote für die Industrie und das Lehrangebot, aber auch über das umfangreiche Netzwerk in Wissenschaft und Industrie des Instituts.

Zahlreiche internationale Kontakte, eine anhaltend rege Publikationsaktivität, exzellente Industrienähe, eine gefragte und nachhaltige Lehrtätigkeit sowie das Management der Studiengänge Mechatronik B.Sc. und M.Sc. verleihen dem ISW besondere Bedeutung und Stärke.

Wir freuen uns auf zukünftige Herausforderungen und intensiven Kontakt mit Ihnen!



Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Alexander Verl

+49 711 685-82410
alexander.verl@isw.uni-stuttgart.de



Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Oliver Riedel

+49 711 685-82466
oliver.riedel@isw.uni-stuttgart.de



Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil.
Andreas Wortmann

+49 711 685-84624
andreas.wortmann@isw.uni-stuttgart.de

Meilensteine



1965

Gründung des Institutes
am 1. September durch
Prof. Gottfried Stute

1967-1975

EXAPT, Adaptive Control
für die 5-achsige
CNC-Fräsbearbeitung

1974-1986

Konzeption und Untersuchung
von „Flexiblen Fertigungssystemen“ (FFS) und Aufbau des ersten
DNC-gesteuerten Systems

1975-1980

Erstes offenes modulares
Mehrprozessor-CNC-
System (MPST)

1977-1982

Geregelte
Asynchronantriebe für
Werkzeugmaschinenachsen

1984-1990

Modulare Robotertechnik,
Gelenke mit integriertem Antrieb
und integrierter Steuerung

1990-1997

Hardwareunabhängiges,
modulares und offenes
Steuerungssystem
(OSACA)

1987-1990

Lineardirektantriebstechnik
mit digitaler Regelung
auf Basis von
Signalprozessoren

1992-2001

Erste ebene
Parallelkinematik
für eine CO2-
Laserbearbeitungs-
maschine

1994-2001

Beschleunigungssensoren für
rotatorische und lineare Bewegungen
(Ferraris-Sensor) für den Einsatz an
hochdynamischen Antrieben

1998-2001

Kinematik und
Steuerungstechnik
für räumliche
Parallelkinematiken

1999-2005

Multimediales
Maschineninformations-
system (mumasy)

2000

Gründungsmitglied
Kompetenzzentrum
Minimalinvasiver
Chirurgie, MITT

2001

Zertifizierungs-
werkzeuge und
Zertifizierungsstelle
für SERCOS

2002

Sonderforschungs-
bereich SFB 467:
Wandlungsfähige
Unternehmensstrukturen

ab 2002

Adaptronische
Komponenten für WZM,
Adaptive Kugelrollspindel,
Schwingführung

ab 2005

TFB 59: Wandlungsfähige
Systeme: Rekonfigurierbare
Maschinen

ab 2006

Echtzeitsimulation
mit VIRTUOS

Meilensteine



ab 2007

GSaME, Graduate School of Excellence, Exzellenzcluster SimTech

ab 2007

Interdisziplinäres Forschungszentrum IZST Stuttgart/Tübingen

2008

Energieeffiziente Produktion durch Automatisierung – ECOMATION

ab 2010

FPGA-Technologie in der Antriebsregelung

Pendel für den Deutschen Pavillon auf der EXPO in Shanghai

ab 2012

Regelungsverfahren für die induktive Erwärmung

ab 2013

Dynamiksteigerung von Vorschubantrieben mittels Aktuatorik

ab 2015

Produktivitätssteigerung beim Bearbeiten mit Industrierobotern

Seilkinematik auf der Expo in Mailand im Deutschen Pavillon

ab 2016

Initiative im Bereich Time-Sensitive Networking

Vorstellung des ersten mehrachsigen 3D Druckers auf der SPS Drives in Nürnberg

ab 2017

Internationales Graduiertenkolleg mit Neuseeland im Bereich „Soft Tissue Robotics“

ab 2018

Aktives Mitglied der OPC UATSN Field Level Communication

ab 2019

Exzellenzcluster IntCDC und SimTech

ab 2020

Umstellung auf rein virtuelle Lehrveranstaltungen

ab 2021

Leuchtturmprojekt SDM4FZI zu Software-defined Manufacturing

ab 2022

Umsetzung der Vision für die Produktionsumgebung der Zukunft: „Stuttgarter Maschinenfabrik“

2023

56th International Symposium on Robotics – ISR Europe 2023 findet in Stuttgart unter der Leitung des ISW statt

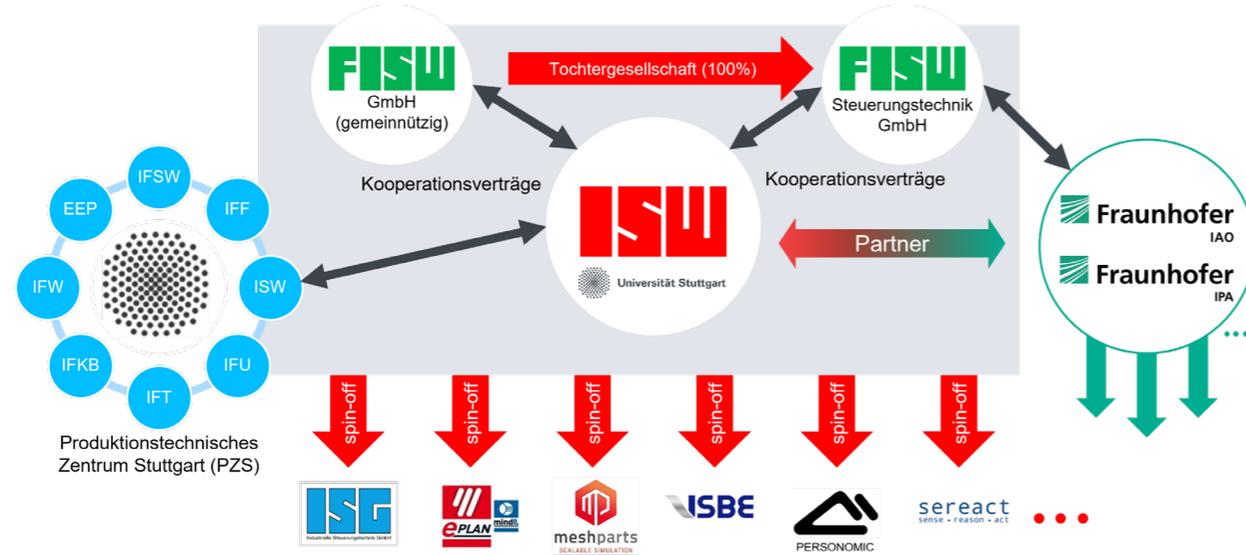
ab 2024

Entwicklung und selbstständiger Aufbau einer komplett modularen Werkzeugmaschine für verschiedene Fertigungsprozesse

ab 2025

ISW ist Teil des Spitzenkonsortiums im Robotics Institute Germany (RIG)

Finanzierung



Das ISW finanziert seine Forschungsarbeiten über unterschiedliche Forschungsträger wie z.B. DFG, BMBF, BMWK und bearbeitet industrieorientierte Entwicklungen in enger Kooperation mit der FISW GmbH und der FISW Steuerungstechnik GmbH.

Die notwendigen Mittel für die wissenschaftlichen Mitarbeiter und die Angestellten in den Bereichen Technik und Verwaltung werden durch Haushaltsmittel der Universität, öffentlich geförderte Grundlagenforschung, industrielle Gemeinschaftsforschung und direkte Aufträge aus der Industrie gedeckt.

Das ISW verfügt über ein umfangreiches internationales Netzwerk in der Wissenschaft und Industrie. Auch in vielen nationalen und internationalen Gremien ist das ISW ein anerkannter und aktiver Partner.

Im näheren lokalen Umfeld besteht eine enge technische Zusammenarbeit mit den prozessorientierten Instituten des

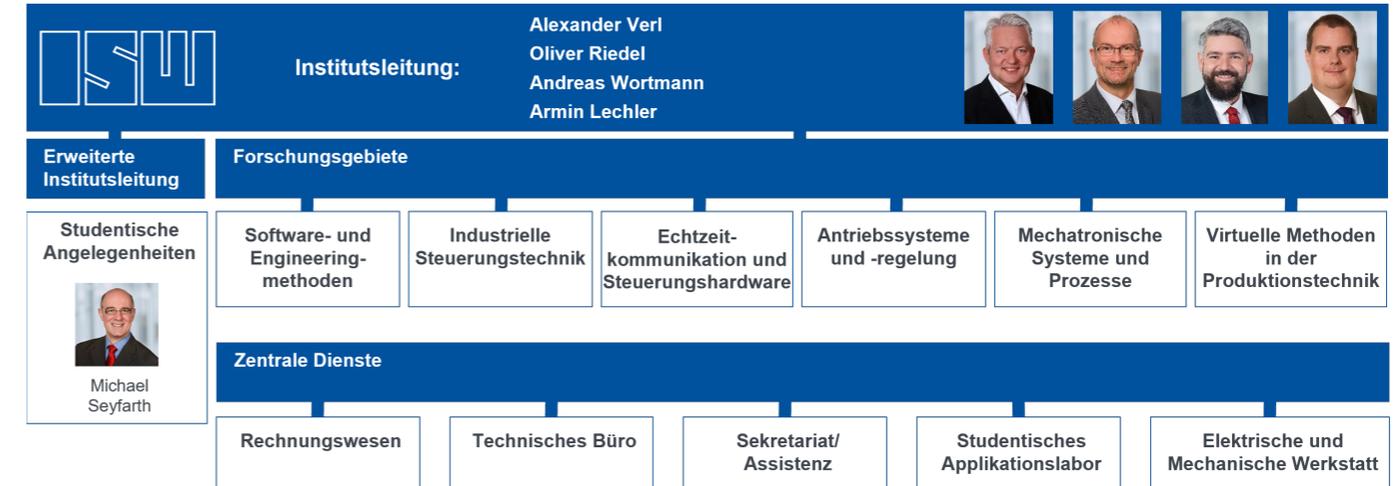
Produktionstechnischen Zentrums Stuttgart (PZS) und auf der Anwendungsseite mit Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft am Standort Stuttgart. Insbesondere durch die Personalunion von Prof. Riedel als Institutsleiter des Fraunhofer Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation ergeben sich sehr gute Synergien bei der Bearbeitung komplexer Projekte im Umfeld der Kopplung von Produktentstehung und Produktionsprozessen.

Aufgrund der industrienahen Forschung mit Praxisrelevanz wurden über die Jahre hinweg unterschiedliche Firmen entsprechend der Forschungsfelder des ISW erfolgreich ausgegründet. Zu den Spin-offs besteht nach wie vor ein enger Kontakt. Über die Zusammenarbeit mit den beiden FISW GmbHs werden sehr kompetente und passende Lösungen für die Industrie erarbeitet und erfolgreich umgesetzt.

ISW-Team



Das Leitungsteam des ISW besteht aus Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl „Mechatronik in der Produktion“, Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel „Produktionstechnische Informationstechnologie“, Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas Wortmann „Modellgetriebene Entwicklung für Produktionsautomatisierung“ und Dr.-Ing. Armin Lechler als geschäftsführender Oberingenieur.



Das ISW gliedert sich in folgende sechs Gruppen mit den Schwerpunkten:

- Software- und Engineeringmethoden
- Industrielle Steuerungstechnik
- Echtzeitkommunikation und Steuerungshardware
- Antriebssysteme und -regelung
- Mechatronische Systeme und Prozesse
- Virtuelle Methoden in der Produktion

In den einzelnen Gruppen werden die jeweiligen Forschungsthemen und Industrieprojekte zu den einzelnen Schwerpunkten bearbeitet und durch innovative Ideen stetig ausgebaut. Das ISW ist maßgeblich an den Exzellenzin-

itiativen der Universität Stuttgart beteiligt und ist darüber hinaus für die wissenschaftliche Betreuung der Graduiertenschule GSaME für das Cluster G an der Universität Stuttgart verantwortlich. Zentrale Dienste unterstützen den Erfolg des Instituts durch Übernahme von administrativen Aufgaben bei der Studierendenbetreuung, Organisation der Lehre, dem Rechnungswesen und dem Sekretariat sowie der Assistenz der Institutsleitung. Im technischen Büro werden erfolgreich Veranstaltungen und Marketingmaßnahmen koordiniert. Die elektrische und mechanische Werkstatt garantiert am Institut eine schnelle und zuverlässige Umsetzung von Versuchsständen, Prototypen, Praktikaufbauten und Funktionsmustern.

Lehre am ISW

Das Institut ist Teil der Fakultät 7 „Maschinenbau“ der Universität Stuttgart. Die Forschungsschwerpunkte des ISW liegen in der Konzeption und Anwendung steuerungstechnischer Mittel zur Automatisierung von Werkzeugmaschinen, Robotern und anderen Produktionsanlagen. Die Schwerpunkte liegen dabei in der Konzeption und Entwicklung von Planungssystemen und Engineering-Methoden, IT-Architekturen und Informationstechnologien in der Produktion, der echtzeitfähigen Simulation von Produktions- und Materialflusssystemen, die Konzeption neuartiger, auch cloudbasierter Steuerungsarchitekturen und der industriellen Kommunikations-, Antriebs-, Mess- und Regelungstechnik. Die daraus für Sie als Studierende abgeleiteten Vorlesungen vermitteln die aktuellen, praxisnahen Grundlagen der industriellen Automatisierungstechnik und beziehen sich nicht nur auf Werkzeugmaschinen und Industrieroboter.

Das ISW arbeitet zu etwa gleichen Anteilen in der Grundlagenforschung und in der anwendungsorientierten Entwicklung. Letztere erfolgt in enger Zusammenarbeit mit der Industrie. Dies ermöglicht Ihnen als Studierende spannende studentische Arbeiten, die „am Puls der Zeit“ liegen. Neben fundiertem Fachwissen erwerben Sie wertvolle Qualifikationen in der Projektbearbeitung, der wissenschaftlichen Arbeitsweise und im direkten Kontakt zu Industrieunternehmen im Bereich der Automatisierungstechnik. Damit stehen ihnen vielfältige Möglichkeiten für einen erfolgreichen Berufseinstieg offen.

Wir legen großen Wert auf die praktische Erprobung unserer Forschungs- und Arbeitsergebnisse; die in die Lehre, aber auch in Kurse und Seminare für Ingenieure aus der Praxis einfließen. Die Mitarbeit im Rahmen von Industrieprojekten bieten für Sie zudem die Möglichkeit, sich auf ihre zukünftigen Aufgaben durch persönliche Eindrücke und Kontakte besser vorzubereiten.



Wir gehören zum ...

stuttgarter
maschinenbau
interdisziplinär und vielfältig



Sie planen einen Studienaufenthalt im Ausland? Wir verfügen über umfangreiche Kontakte zu Forschungseinrichtungen weltweit und können Sie dabei unterstützen, einen erfolgreichen und zielführenden Auslandsaufenthalt in Ihr Studium zu integrieren.

In unserem vielfältigen Vorlesungs-, Praktikums- und Seminarangebot finden Sie als Studierende des Maschinenbaus, der Mechatronik, der Technischen Kybernetik, des Technologiemanagements, der Medizintechnik, der Elektrotechnik und der Informatik sicher die passenden Veranstaltungen:

- Steuerungstechnik mit Antriebstechnik
- Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Industrieroboter
- Angewandte Regelungstechnik in Produktionsanlagen
- Robotersysteme – Anwendungen aus der Industrie- und Servicerobotik
- Automatisierung in der Montage und Handhabungstechnik
- Modellierung, Analyse und Entwurf neuer Roboterkinematiken
- Softwaretechnik für Ingenieure
- Planung von Robotersystemen
- Produktionstechnische Informationstechnologien
- IT-Architekturen in der Produktion
- Simulationsgestützte Auslegung und Planung von Produktionssystemen
- Data Science in der Produktion
- Steuerungsarchitekturen und Kommunikationstechnik
- Softwaretechnik für Ingenieure
- Ölhydraulik und Pneumatik in der Steuerungstechnik
- Mechatronische Systeme in der Medizin
- Modellierung software-intensiver Systeme
- Bionik



Wir forschen interdisziplinär an Technologien für die Produktion und Automatisierung von Übermorgen. Die industrielle Anwendbarkeit steht dabei immer im Fokus. Unsere Forschungsaktivität umfasst dabei die folgenden Themenschwerpunkte.

SOFTWARE- UND ENGINEERINGMETHODEN

Getrieben durch die zunehmende Digitalisierung der Prozesskette gewinnen Software, künstliche Intelligenz (KI) und digitale Zwillinge, deren Vernetzung und Verteilung im Unternehmen, immer mehr an Bedeutung. Um dieser Entwicklung Rechnung zu tragen, adaptiert das ISW nicht nur Methoden, Konzepte und Technologien aus dem Software-Engineering auf den Kontext der Produktion, sondern entwickelt diese auch grundlegend weiter. Mit dem Ziel einer flexiblen, resilienten und zukunftssicheren Produktion wird sowohl das Engineering als auch der Betrieb von Automatisierungssoftware neu gedacht. Die industrielle Anwendbarkeit steht dabei stets im Fokus der Konzeption, Realisierung und Erprobung. Während der Fokus der Arbeitsgruppe: „Software- und Engineeringmethoden“, traditionell auf Produktionsplanung, Wertschöpfungsnetzen, Prozessoptimierung und Automatisierungsarchitekturen liegt, unterliegt die Landschaft neuer Technologien ständigem Wandel. Als heterogenes Team aus Ingenieuren, Informatikern und Softwareentwicklern sind wir in der Lage, diese neuen Technologien schnell in die Anwendungen im Produktionskontext zu überführen, anzuwenden und zu evaluieren. Hieraus ergeben sich gänzlich neuartige Paradigmen, wie z.B.: digitale Zwillingearchitekturen, skalierbare cloudbasierte Produktionssteuerung, neuartige Real Time Konzepte, sprachmodellbasierte Agenten zur Steuerungscode-Erzeugung und vieles mehr.

Steuerungsarchitekturen

- Real-Time Virtualisierung
- Numerische Steuerung
- Edge & On-premise Computing

Industrial Metaverse

- Continuous Testing
- Model-driven DevOps
- Cloud Manufacturing

Digital Twin Engineering

- Domänenspezifische Sprachen (DSLs)
- Model-driven Software Engineering
- Verwaltungsschalen (AAS)

Smart Digital Twins

- Selbst-adaptive digitale Zwillinge
- Kompositorisches Engineering von Zwillingen

AI for Systems Engineering

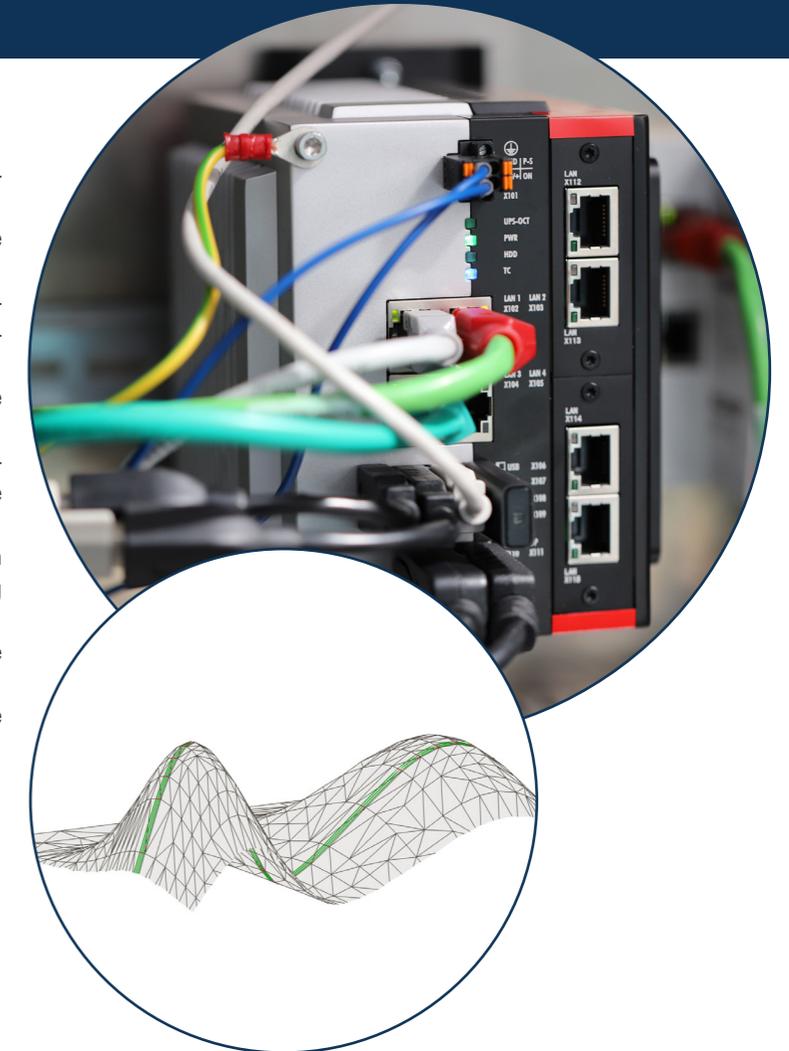
- LLM-based Software-Engineering
- KI-basierte Prozesssteuerung

KI-Methoden und -Prozesse

- Big Data für die Fertigung
- Angewandte künstliche Intelligenz

Success-Stories:

- Integration cloud-nativer Ansätze in die Anlagensteuerung
- Erweiterung der Steuerungsfunktionalität durch die Integration von (Echtzeit-)Containertechnologien
- 20-60% Kosteneinsparung für den Betrieb von Automatisierungstechnik durch den Einsatz von Echtzeitcontainern für deren Konfiguration und Deployment
- Virtualisierung von Safety für komplexe, numerische Berechnungen
- Modellierung von Prozessen, Anlagen und Produktionsnetzwerken in PPR-Modellen, Ontologien sowie Verwaltungsschalen (AAS)
- Erschließung von OPC UA und domänenspezifischen Sprachen (DSLs) für KMUs, durch die Bereitstellung von zielgruppenorientierter Engineering-Frameworks
- Bereitstellung einer Softwareproduktlinien für Digitale Zwillinge
- Steuerungscodegenerierung mit Large Language Models und Prompt-Engineering
- Anwendung prozessspezifischer CNC-Lösungen (Additive Fertigung, Gießen, etc.)



Kontaktieren Sie uns:
gruppe1@isw.uni-stuttgart.de



INDUSTRIELLE STEUERUNGSTECHNIK

Die Gruppe „Industrielle Steuerungstechnik“ forscht an innovativen Steuerungstechnologien für Fertigungssysteme wie Werkzeugmaschinen, kollaborative Roboter und mobile Robotik sowie an digitalen Services und industriellen Plattformlösungen. Ziel der Forschung ist es, die Effizienz, Flexibilität und Leistungsfähigkeit moderner Produktionssysteme durch hochpräzise Steuerungssysteme und die Integration digitaler Technologien zu steigern. Die Forschungsschwerpunkte der Gruppe:

Steuerungstechnik für Fertigungsmaschinen

- Modularisierung und Parallelisierung von Steuerungssystemen
- Bahn- und Pfadplanung für Werkzeugmaschinen und Roboter
- Redundante Achssysteme

Digitale Services und industrielle Plattformlösungen

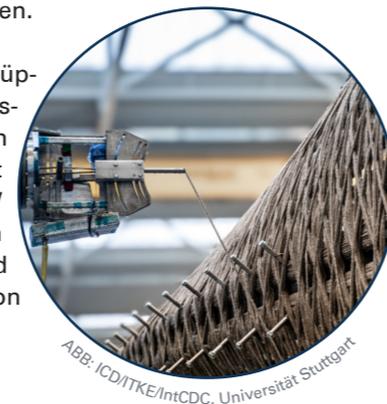
- Assistenzsysteme für Engineering und Betrieb Digitaler Zwillinge
- Bereitstellung digitaler Services für den dezentralen Datenaustausch
- Datenbasierte Online Prozessanpassung

Ein Schwerpunkt liegt auf der Steuerungstechnik für Fertigungsmaschinen. Dabei werden neue Ansätze für Modularisierung und Parallelisierung der Steuerung von Werkzeugmaschinen erforscht. Dies verbessert die Skalierbarkeit und Anpassungsfähigkeit der Fertigungstechnik für individuelle Produkte. Zudem werden Konzepte für redundante Achsensysteme entwickelt, die eine höhere Präzision während der Bearbeitung und eine verbesserte

Prozessstabilität gewährleisten. Die Forschung zur Bahn- und Pfadplanung fokussiert sich auf die Optimierung von Bewegungsabläufen für eine effizientere und präzisere Fertigung.

Neben den Steuerungstechnologien entwickelt die Gruppe digitale Services und industrielle Plattformlösungen, die die Interaktion zwischen Maschinen, Prozessen und Anwendern erleichtern. Dies umfasst unter anderem die Entwicklung von Assistenzsystemen für das Engineering und den Betrieb Digitaler Zwillinge. Ein weiteres zentrales Forschungsthema ist der sichere und effiziente Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg. Mithilfe von Blockchain-Technologien und weiteren Konzepten des dezentralen Datenmanagements werden innovative Methoden erforscht, um Datenintegrität, Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus werden digitale Services zur intelligenten Datennutzung entwickelt, um eine datenbasierte, adaptive Online-Prozessanpassung zu realisieren.

Durch die enge Verknüpfung von Steuerungstechnik mit digitalen Technologien schafft die Gruppe am ISW innovative Lösungen für die vernetzte und intelligente Produktion der Zukunft.



Success-Stories:

STEUERUNGSTECHNIK FÜR FERTIGUNGSMASCHINEN

- Entwicklung einer modularen Fertigungsplattform für die Herstellung von Holzbauteilen
- Entwicklung und Verbesserung einer cyber-physischen Fertigungsplattform für die zuverlässige Produktion von großflächigen Faserverbundbauteilen
- Entwicklung von Arbeitsabläufen für den Einsatz von fahrerlosen Transportsystemen (FTS) im Holzbau
- Modularisierung von Steuerungssystemen zur Steigerung der Effizienz und Flexibilität
- Bahnplanung mit Klothoiden für reduzierte Schwingungen bei der Fertigung
- Kontinuierliche Anpassung der Echtzeitkommunikation zur Laufzeit in Time-Sensitive Networking (TSN)-Netzwerken

DIGITALE SERVICES UND INDUSTRIELLE PLATTFORMLÖSUNGEN

- Entwicklung von Werkzeugen zur OPC UA-Datenmodellierung und Testfallgenerierung
- Automatische Modellierung und Anreicherung von Asset Administration Shells
- Entwicklung einer Methodik zur automatisierten Datenmodell-Generierung durch KI-basiertes semantisches Matching
- Automatischer und abgesicherter Prozessdatenaustausch im Datenraum eines institutsweiten Verbunddemonstrators durch Gaia-X-Methoden
- Nutzung von Distributed-Ledger-Technologien (DLT) für eine fälschungssichere Kommunikation



Kontaktieren Sie uns:
gruppe2@isw.uni-stuttgart.de



ECHTZEITKOMMUNIKATION UND STEUERUNGSHARDWARE

Die Digitalisierung der Produktion erfordert ein zunehmendes Maß an Vernetzung und eine neue Generation an Plattformen für die Automatisierung. In beiden Bereichen verschmelzen zunehmend Technologien aus dem IT-Bereich mit OT-Systemen, wobei Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit und Zuverlässigkeit erfüllt werden müssen.

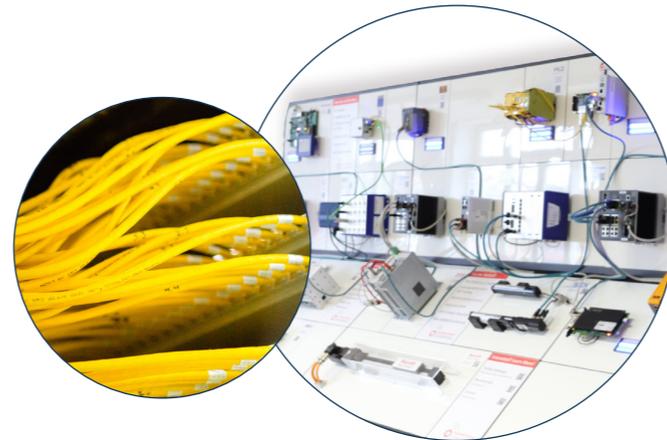
Im Bereich der Kommunikationstechnik verlagert sich der Forschungsschwerpunkt zunehmend auf interoperable konvergente Kommunikationssysteme, welche eine direkte Kopplung von IT und OT ermöglichen. Hierzu zählen kabelgebundene und drahtlose Technologien aber auch traditionelle Feldbusse werden weiterhin unterstützt. Neben innovativen Lösungen auf Basis von TSN, DetNet, WiFi, 5G und OPC UA stehen klassische Lösungen mit EtherCAT, Sercos und Sensordatenprotokollen im Fokus. Die Anforderungen an die Rechenleistung von Steuerungssystemen steigen stetig an. Die Entwicklung von IIoT schafft eine Nachfrage nach maßgeschneiderten Hardwareplattformen. Für innovative Lösungen aus der Forschung erfüllen Standardplattformen oft die Anforderungen an Leistung, Flexibilität und Schnittstellen nicht. Daher werden neben der Nutzung kommerzieller Plattformen auch eigene Hardwareplattformen unter Verwendung von Multicore-Architekturen, GPUs und FPGAs entwickelt, inklusive Leistungselektronik und externen Schnittstellen. Schwerpunkte sind das Co-Design von Hardware und Software einschließlich des Engineering-Prozesses. All diese Ansätze werden in der FPGA-basierten Open Automation Platform (OAP) integriert. Anwendungen sind Antriebs- und Prozesssteuerungssysteme, Kommunikationslösungen sowie innovative Sensordatenverarbeitung mit Hardwarebeschleunigung.

Echtzeitkommunikation

- Time Sensitive Networking (TSN)
- OPC UA bis zur Feldebene
- Konvergente Netze
- Feldbusse
- Drahtloskommunikation
- Open-Source-Lösungen
- Hardwareimplementierungen
- Interoperabilität und Testing

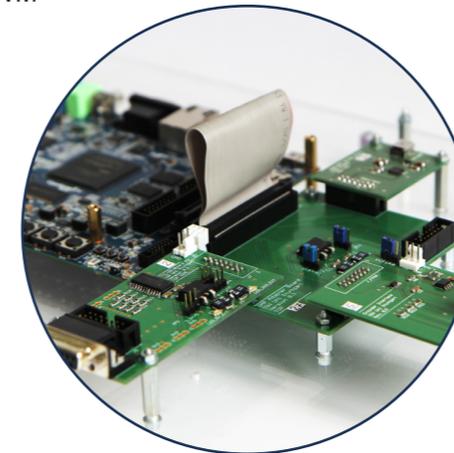
Steuerungshardware & Architekturkonzepte

- CPU- und Embedded-Plattformen
- Offene Steuerungs- und Regelungsplattformen
- FPGA-basierte Lösungen
- Hardwareentwicklung
- Sensordatenerfassung und -aufbereitung
- Regelungskonzepte für Servoantriebe und Sonderanwendungen
- Leistungselektronik und Umrichtertechnik



Success-Stories:

- Integration TSN-basierter konvergenter Netzwerke mit Feldbussysteme
- Modulare Open-Source Lösungen für das Engineering und das Management von verteilten Echtzeit-Anwendungen auf TSN-Basis
- Echtzeitfähige Drahtloskommunikation für die Produktion mittels Wireless TSN und LTE
- Infrastruktur für eine durchgängige Digitalisierung der Produktion
- Integration konsolidierter virtualisierter Steuerungen (vPLCs) mit Feldbussen über TSN-Backbone
- TSN Testbed mit regelmäßigen Plugfesten und Interoperability Test-Rack für kontinuierliche Untersuchungen
- Flexible und schnittstellenoffene FPGA-basierte Steuerungsplattform (Open Automation Platform – OAP)
- Steigerung der Energieeffizienz von Antrieben durch bedarfsgerechte Schaltfrequenz der Umrichter mittels Adaptiver PWM



Kontaktieren Sie uns:
gruppe3@isw.uni-stuttgart.de



ANTRIEBSSYSTEME UND -REGELUNG

Das dynamische Verhalten von Maschinen und Robotern entscheidet über Qualität und Kosten der damit gefertigten Erzeugnisse. Das Gesamtverhalten ergibt sich aus dem gekoppelten Zusammenspiel mechanischer Komponenten und geregelter Antriebssysteme. Um den steigenden Anforderungen aus dem Maschinen- und Anlagenbau gerecht zu werden, forschen wir auf den Gebieten Antriebsregelung und Maschinenteknik.

Im Bereich der Antriebsregelung stellt die präzise und dynamische Einstellung von Position und Geschwindigkeit bewegter Maschinenkomponenten eine zentrale Anforderung dar. Geregelter elektromechanischer Antriebssysteme müssen vorgegebenen Bahnen exakt folgen und dabei einwirkende Störgrößen effektiv ausregeln. Dies erfordert eine dynamische Regelung mit hoher Robustheit. Daher untersuchen wir neuartige Regelungs- und Kompensationsverfahren zur Steigerung von Genauigkeit und Dynamik linearer und rotatorischer Antriebssysteme.

Im Bereich der Maschinenteknik forschen wir an innovativen Vorschubantriebskonzepten sowie an der Weiterentwicklung etablierter Antriebssysteme (Kugelgewindetriebe, Zahnstange-Ritzel-Antriebe, Direktantriebe). Dies umfasst neben Auslegung, Montage und Inbetriebnahme auch Simulationstechniken unterschiedlicher Detaillierungsgrade sowie messtechnische Analysen.

Wir verfügen über eine Reihe an Prüfständen mit unterschiedlichen Antriebssystemen sowie verschiedene Maschinen und Industrieroboter. Diese ermöglichen uns die Durchführung einer Vielzahl an experimentellen Unter-

suchungen und die anwendungsnahe Validierung neuer Ansätze. Darüber hinaus verfügen wir über abgegliche Dynamikmodelle von gängigen Antriebssystemen und Industrierobotern zur zeiteffizienten simulativen Validierung entwickelter Verfahren und neuer Ansätze.

Antriebsregelung

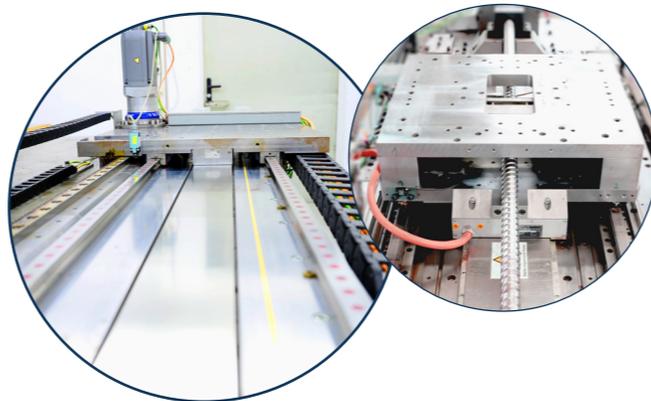
- Systemdynamik und neuartige Regelungsstrukturen
- Modellbasierte und lernende Kompensationsverfahren zur Steigerung der Genauigkeit

Maschinenteknik

- Konstruktive Optimierung von Antriebssystemkomponenten
- Alternative Vorschubantriebssysteme und Nutzung zusätzlicher Sensorik sowie Aktorik

Industrierobotik

- Posenabhängige Systemdynamik und modellbasierte, adaptive Regelungsverfahren
- Zerspanende Bearbeitung verschiedener Werkstoffe & komplexe Handhabung biegeschlaffer Bauteile



Success-Stories:

- Durch modellbasierte Regelungen und lernende Fehlerkompensationen können Vorschubantriebe hinsichtlich ihrer Bahn- und Positioniergenauigkeit signifikant verbessert werden. Die Kompensation von Umkehrspiel und nichtlinearen Übertragungseffekten ermöglicht eine präzisere Bewegungsführung in Werkzeugmaschinen und Fertigungsanlagen.
- Durch regelungstechnische Schwingungsunterdrückung können Vibrationen bei mechanischer Bearbeitung mit Industrierobotern reduziert werden. Dadurch wird die Bearbeitungsqualität gesteigert, während gleichzeitig Werkzeugverschleiß und Prozesskräfte reduziert werden. Dies ermöglicht den erweiterten Einsatz von Robotern in der Fertigung.
- Mittels einer arbeitsraumübergreifenden Online-Kalibrierung können kinematische Abweichungen erfasst und kompensiert werden. Die Übertragungsfehler der Gelenkgetriebe werden durch lernende Fehlermodelle abgebildet und kompensiert. Dies erhöht die Positions- und Wiederholgenauigkeit von Robotern ohne zusätzliche manuelle Justierung.
- Eine modellbasierte Kontaktkraftschätzung verbessert die Regelgüte bei mechanischen Fertigungsprozessen mit Industrierobotern. Dadurch können feinfühligere Montage- und Bearbeitungsaufgaben mit hoher Präzision ausgeführt werden, ohne dass externe Sensorik erforderlich ist.
- Signifikante Reduktion des Verschleißes von Kugelgewindetrieben durch eine passive Mechanik zur automatischen Vorspannungsnachstellung. Abnutzungseffekte werden kontinuierlich kompensiert und so eine gleichbleibend hohe Steifigkeit und Positioniergenauigkeit über die Lebensdauer gewährleistet.



- Die automatisierte Handhabung von Kabeln stellt aufgrund ihrer flexiblen und unvorhersehbaren Verformung eine Herausforderung für Industrieroboter dar. Durch die Erfassung mittels Kameras und physikalische Echtzeit-Simulationen kann das Verhalten vorhergesagt und die Roboterbewegungen entsprechend geplant werden.

Kontaktieren Sie uns:
gruppe4@isw.uni-stuttgart.de



MECHATRONISCHE SYSTEME UND PROZESSE

Wir betrachten Fertigungseinrichtungen und deren Maschinen als mechatronische Systeme. Unsere anwendungsorientierte Forschung garantiert die Prozesssicherheit, steigert die Effizienz, verbessert die Qualität der zu fertigenden Produkte und erschließt neue innovative Technologien.

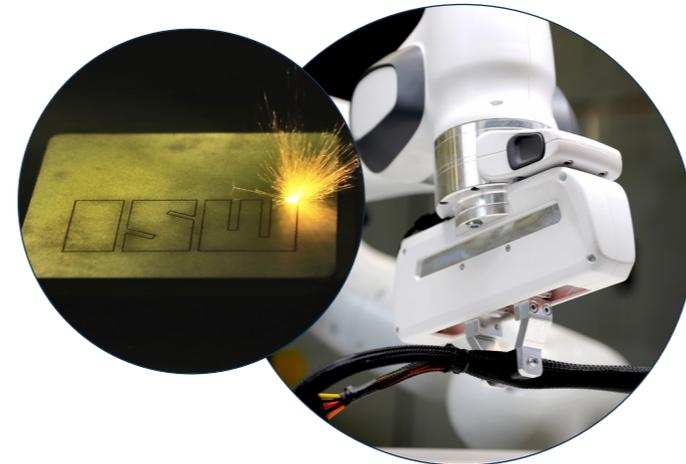
Unsere Lösungen optimieren unter anderem CNC-Maschinen durch intelligente Bahnplanungsalgorithmen und reduzieren Ausschuss in mehrstufigen Produktionssystemen mithilfe datengetriebener Optimierungen. In der Additiven Fertigung decken wir die gesamte Prozesskette ab – von der Prozessplanung über CAD-Modellierung und Bahnplanung bis zur Steuerung und Fertigung. Wir entwickeln Mehrachsenkinematiken für 3D-Druck und Laseranwendungen sowie prozessorientierte Bahnplanungssysteme.

Seilgetriebene Parallelroboter kombinieren die Vorteile serieller und paralleler Kinematiken und bieten große Arbeitsräume, hohe Nutzlasten und Dynamiken. Unsere Forschung konzentriert sich auf deren Elastodynamik, Regelung und Rekonfigurierbarkeit für flexible Anwendungen.

Darüber hinaus beschäftigen wir uns mit der Modellierung, Simulation und Systemidentifikation mechatronischer Systeme sowie der Entwicklung moderner Softwareapplikationen. Wir erforschen Methoden zur Datenerfassung und -auswertung, flexible Prozessplanung zur Kompensation fehlerhafter Bauteile sowie autonome Kabelführung im Mobilitätssektor. Unsere Lösungen kommen in der Medizintechnik, dem Bauwesen und weiteren spezialisierten Bereichen zum Einsatz.

Success-Stories:

- **KABELHANDHABUNG** – robust, intelligent, autonom – Unsere Robotersysteme optimieren die Handhabung von Kabelbäumen. Durch den Einsatz künstlicher neuronaler Netze und multisensorbasierter Datenfusion gewährleisten wir präzise, zuverlässige und adaptive Automatisierungslösungen.
- **LASERBEARBEITUNG** – effizient, stabil, präzise – Mit innovativen Steuerungslösungen setzen wir neue Maßstäbe in der Laserprozessführung. Durch intelligente Bahnplanung, adaptive Regelungskonzepte und leistungsstarke Soft- und Hardwareoptimierungen steigern wir die Genauigkeit, Effizienz und Stabilität laserbasierter Fertigungsprozesse.



- **SEILROBOTIK** – dynamisch, skalierbar, rekonfigurierbar – Unsere Seilroboter präsentieren die Stärken von Seilkinematiken. Der COPacabana manipuliert 50+ kg Lasten innerhalb seines 5 x 4 x 3 m großen Rahmens. CARGOLin beschleunigt ihre Plattform mit bis zu 30facher Erdbeschleunigung und rekonfiguriert ihre eigene Geometrie je nach Aufgabe.
- **ADDITIVE FERTIGUNG** – modular, leicht, nachhaltig – Der Marinaressa Coral Tree stellt bei der Architektur Biennale 2023 in Venedig einen Ansatz für den nachhaltigen Betonbau der Zukunft dar. Die Leichtbau-Struktur wurde mittels 3D-gedruckter, wasserlöslicher Sandschaltungen als Kooperation zwischen dem ISW und dem ILEK hergestellt.

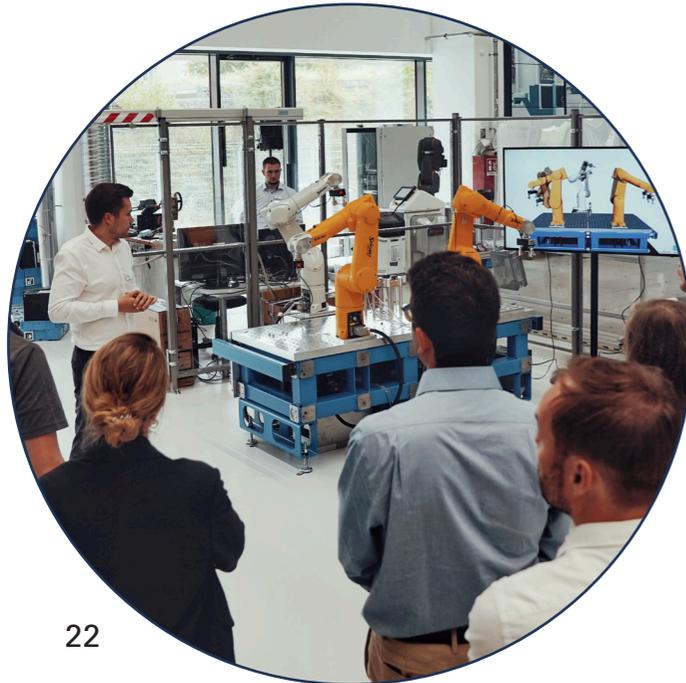


Kontaktieren Sie uns:
gruppe5@isw.uni-stuttgart.de



VIRTUELLE METHODEN IN DER PRODUKTIONSTECHNIK

Das ISW forscht in diesem Bereich an Technologien für die virtuelle Produktionstechnik von morgen: Im Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen etablieren sich zunehmend simulationsbasierte Methoden und Werkzeuge. Um die steigende Komplexität künftiger Produktionssysteme beherrschbar zu machen, braucht es weitere innovative Ansätze, welche die Simulationstechnik breiter und tiefer im Engineering und im Betrieb verankern. Durch neue Technologien in Verbindung mit der etablierten Methode der virtuellen Inbetriebnahme, wird ein sehr umfangreicher Werkzeugkasten über das gesamte Engineering bis hin zur betriebsbegleitenden Optimierung und Absicherung erschaffen.



Virtuelle Inbetriebnahme

- Steigerung der Modelltiefe und -breite mittels KI oder neuer Modellansätze
 - Materialfluss
 - Fräsen
 - Umformen
- Neuartige Architekturen
 - Echtzeit-Co-Simulation
 - Durchgängige Simulationskonfigurationen
 - Virtualisierung

Simulationsbasiertes Engineering

- Automatische Modellgenerierung
 - KI-basiert
 - Kamerabasiert
- Simulation als Lernumgebung für Steuerungsprogramme
- Anbindung an das Metaverse und Integration von Mixed Reality

Digitale Zwillinge

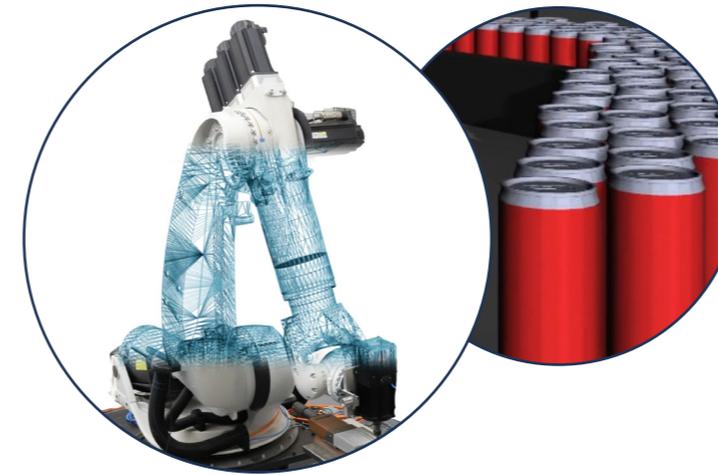
- Kopplung der realen und virtuellen Produktion
 - In-line und In-situ Optimierung
 - Kollisionsfreie Bewegungssteuerung
- Nahtloser Übergang durch die hybride Inbetriebnahme

Success-Stories:

- Darstellung der Grundprinzipien der virtuellen Inbetriebnahme an Demonstratoren in der ISW-Maschinenhalle
- Unterstützung von Unternehmen bei der Einführung der virtuellen Inbetriebnahme
- Aufbau virtuell gestützter Baukastensysteme für das Engineering
- Etablierung einer Plattform für die Echtzeit-Co-Simulation und weiterführende Untersuchung von Mechanismen für die Modellpartitionierung und Multi-Rate Methoden
- Entwicklung von Plugins für Simulationstools zur Anbindung von Reinforcement Learning Agenten nach OpenAI-Gym Standard
- Entwicklung einer kombinierten Steuerungs- und Simulationsarchitektur für die betriebsbegleitende Simulation
- Realisierung der betriebsbegleitenden Simulation an der Online-Kollisionsvermeidung von Multi-Robotersystemen und Online-Qualitätskontrolle beim Fräsen



- Prototypische Realisierung einer durchgängigen virtuellen Inbetriebnahme von der Model-in-the-Loop Simulation bis zum realen Betrieb
- Erweiterte immersive Visualisierungsmöglichkeiten für die virtuelle Inbetriebnahme durch Mixed Reality
- Erweiterung der Modelltiefe in der virtuellen Inbetriebnahme durch graphbasierte neuronale Netze
- Fotorealistische Darstellung der ISW-Maschinenhalle im Industrial Metaverse



Kontaktieren Sie uns:
gruppe6@isw.uni-stuttgart.de

Dienstleistungen für die Industrie



Das ISW berät Industrieunternehmen rund um die am Institut bearbeiteten Forschungsthemen und hilft damit, den Transfer von der Grundlagenforschung in die Industrie sicherzustellen. Darüber hinaus werden Firmen bei der Umsetzung von Prototypen bis hin zu neuen Produkten durch das Know-How am ISW entsprechend ihrer Anforderungen unterstützt.

Beratung und Entwicklung:

- Steuerungskonzepte, -architekturen und -algorithmen
- Kommunikationstechnik (OPC UA, TSN, Ethernet-basierte Bussysteme)
- Sondermaschinen und -Kinematiken
- Modellierung und Simulation
- Baukastenbasiertes Engineering
- FPGA-Lösungen
- Maschinen- und Komponentenoptimierung
- Auslegung von Antrieben
- Softwarearchitekturen
- Technologieberatung
- Regelungsverfahren, -parametrierung und -methoden
- Additive Fertigungstechnik
- Lasersteuerungen
- Positioniergenauigkeitsuntersuchungen an Antriebssystemen



Dr.-Ing. Armin Lechler
Stellvertretende Institutsleitung
Geschäftsführender Oberingenieur

+49 711 685-82462
armin.lechler@isw.uni-stuttgart.de

Schulungen und Seminare:

- Stuttgarter Innovationstage
- Lageregelseminar
- Industriearbeitskreis Simulationstechnik
- Ethernet-basierte Kommunikation (OPC UA in der Steuerungs- und Automatisierungstechnik)
- Industriearbeitskreis „TSN for Automation“
- TSN Testbed + Plugfest
- Hardware-in-the-Loop-Simulation
- OPC UA Workshops zu Companion Specifications
- Einführung in OPC UA - Grundlagen zu OPC UA

Stuttgarter Innovationstage

Im Rahmen unserer Veranstaltungsreihe „Stuttgarter Innovationstage“ sollen die heutigen Möglichkeiten und Lösungen einem Reality-Check unterzogen werden. Die Veranstaltung dient als Schnittstelle und Networking-Plattform zwischen Forschung und Industrie und soll einen Austausch und die Inspiration interdisziplinärer Lösungen und Ideen fördern. Informationen zur nächsten Veranstaltung finden Sie unter:

www.stuttgarter-innovationstage.de



Stuttgarter Innovationstage in der Alten Reithalle, Maritim Hotel Stuttgart

Lageregelseminar

Unsere Veranstaltungsreihe „Lageregelseminar“ dient Technologieexperten aus verschiedenen Teildisziplinen der Mechatronik, Additiven Fertigung, Antriebstechnik und Industrie- und Seilrobotik als Plattform für einen aktiven Austausch. Referenten aus Industrie und Wissenschaft geben in Fachvorträgen einen Einblick in aktuelle Forschungs- und Entwicklungsthemen. Für weiterführende Diskussionen bieten Pausen und eine gemeinsame Abendveranstaltung ausreichend Möglichkeiten.

Mehr Informationen finden Sie unter:

www.lageregelseminar-stuttgart.de



Lageregelseminar, Führung ISW-Halle

IIC-TSN-TESTBED

Time Sensitive Networking (TSN) hat in der Industrie bereits eine breite Anerkennung als Enabling-Technologie für die Produktion der Zukunft gefunden. Entscheidende Voraussetzung hierfür ist die Interoperabilität zwischen Geräten verschiedener Hersteller. Um parallelen Entwicklungen und verschiedenen Interpretationen der Standards vorzubeugen, besteht großes Interesse an frühzeitigen Tests verschiedener Geräte in einem gemeinsamen Netz. Den entsprechenden Rahmen hierfür bietet das TSN-Testbed des IICs, welches vom ISW gehostet und betreut wird. Weitere Informationen finden Sie auch unter: www.iiconsortium.org/time-sensitive-networks.htm



TSN Testbed Plugfest am ISW

Messen und Ausstellungen



SPS Smart Production Solutions



HANNOVER MESSE



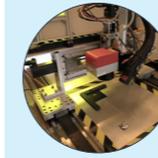
Das Institut präsentierte auf der **SPS Messe 2024** in Nürnberg seine aktuellsten Forschungsthemen:



Softwaredefiniertes Liefernetzwerk



Modulare Werkzeugmaschine



Lasermaterialbearbeitung



Datenplattform Collectu

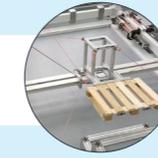


Digital Twin of Twins

Vertrauen in kollaborativen Datenökosystemen



Rekonfigurierbarer Seilroboter



Energiemonitoring



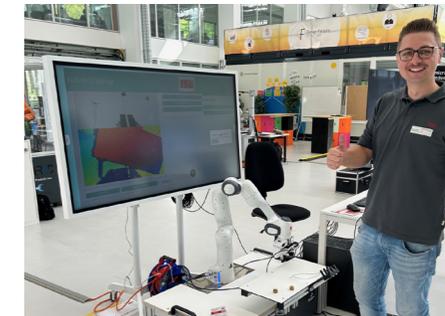
Materialflussmodelle für die VIBN



Brownfield TSN



Das ISW nahm an der **Robotik-Challenge** im Rahmen des **Innovationsforums Leitungssatz 2024** teil, das vom Transformations-Hub Leitungssatz organisiert wurde.



Das ISW präsentierte gemeinsam das Zusammenspiel der Projekte Well-defined und SDM4FZI beim **über:morgen-Event 2024** in der **ARENA2036**.



Studentische Veranstaltungen



Girls´ Day



makeMINTcool



Tag der Wissenschaft



Erstsemestler am ISW



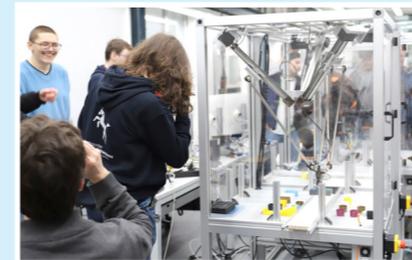
TryScience



Robotik-Band



Mechatronik-Projektarbeit



Institutsführungen



Turnier am virtuellen Tischkicker



Sommerfest für Studierende



Maschinenausstattung

Das ISW verfügt über einen vielseitig einsetzbaren Maschinenpark

Werkzeugmaschinen:

- **Maho MH800E**, CNC Fräsmaschine, Arbeitsbereich: X800Y450 Z500 mm
- **DMG DMC 650V**, Arbeitsbereich: X650Y520 Z475 mm
- **DMG DMU 50 ecoMill**, 5-Achs CNC Fräsmaschine, Arbeitsbereich: X500Y450 Z400 mm
- **Exeron Digma HSC600**, 5-Achs CNC Fräsmaschine, Arbeitsbereich: X650Y550 Z400 mm
- **7-Achs CNC „Modellfräsmaschine“**

Roboter:

- **Kuka KR210** mit offener Steuerung
- **Stäubli TX40**, 2 Stück
- **Franka Emika Panda**, 2 Stück
- 7-Achs **KUKA KR500**-Roboter-Bearbeitungszelle
- Räumlicher **Seilroboter COPacabana**
- **ABB IRB4400**
- **ABB IRB14000**

Werkstattmaschinen:

- Bandsägen
- Tischbohrmaschinen
- Ständerbohrmaschine
- Schleifböcke
- Schleifhöhe 425 mm
- Nibbelmaschine CN 500
- Ausklinkmaschine Indumasch SAF 204
- Entgratmaschine ASO 600-ASL
- Drehmaschine Weiler Praktikant140 Spitzenhöhe 140 mm Spitzenweite 650 mm
- Drehmaschine VDF Spitzenhöhe 230 mm Spitzenweite 1000 mm
- Horizontalflachschleifmaschine Blohm, Schleiflänge 700 mm Schleifbreite 350 mm



Kontakt

Institut für Steuerungstechnik
der Werkzeugmaschinen und
Fertigungseinrichtungen (ISW)
Universität Stuttgart

Seidenstraße 36, 70174 Stuttgart
Fon +49 711 685-82410
Fax +49 711 685-82808

info@isw.uni-stuttgart.de
www.isw.uni-stuttgart.de

ANFAHRT

Mit dem Auto:

Aus Richtung München oder Karlsruhe A8, Ausfahrt 52b Stuttgart-Degerloch. Der B27 folgen in Richtung Stuttgart Zentrum. Ab Charlottenplatz weiter auf der Schlossstraße bis Berliner Platz, dann rechts in die Seidenstraße abbiegen.

Öffentliche Verkehrsmittel:

Ab **Stuttgart-Hauptbahnhof** mit dem Bus 42 (Richtung Erwin-Schoettle-Platz) bis Haltestelle Rosenberg-/Seidenstraße oder vom Rotebühlplatz/Stadtmitte mit der U4 (Richtung Hölderlinplatz) oder mit dem Bus 43 (Richtung Killesberg) bis Haltestelle Rosenberg-/Seidenstraße.

Ab **Stuttgart-Flughafen** mit der S2 (Richtung Schorndorf) oder S3 (Richtung Backnang) bis Haltestelle Rotebühlplatz/Stadtmitte, dann Stadtbahn Linie U4 (Richtung Hölderlinplatz) oder mit dem Bus 43 (Richtung Killesberg) bis Haltestelle Rosenberg-/Seidenstraße.

Das ISW im Web:





Institut für Steuerungstechnik
der Werkzeugmaschinen
und Fertigungseinrichtungen
Universität Stuttgart
Seidenstraße 36
70174 Stuttgart

T: +49 711 - 685 82410
F: +49 711 - 685 82808

info@isw.uni-stuttgart.de
www.isw.uni-stuttgart.de

© ISW Universität Stuttgart, 2025

Gedruckt mit Unterstützung des Vereins der Freunde und
ehemaligen Mitarbeiter des ISW e. V.