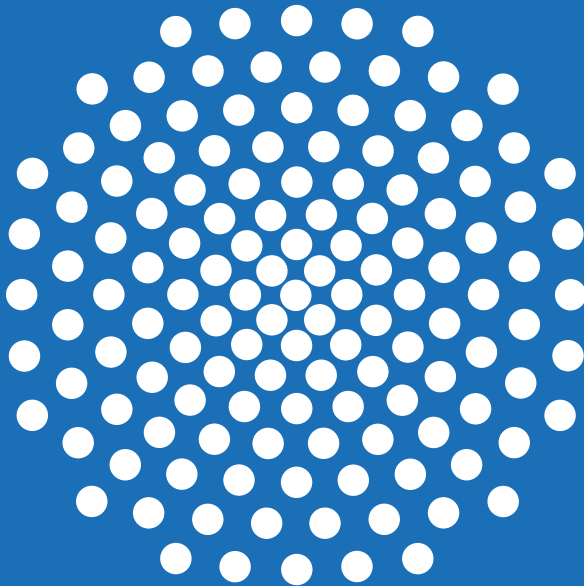
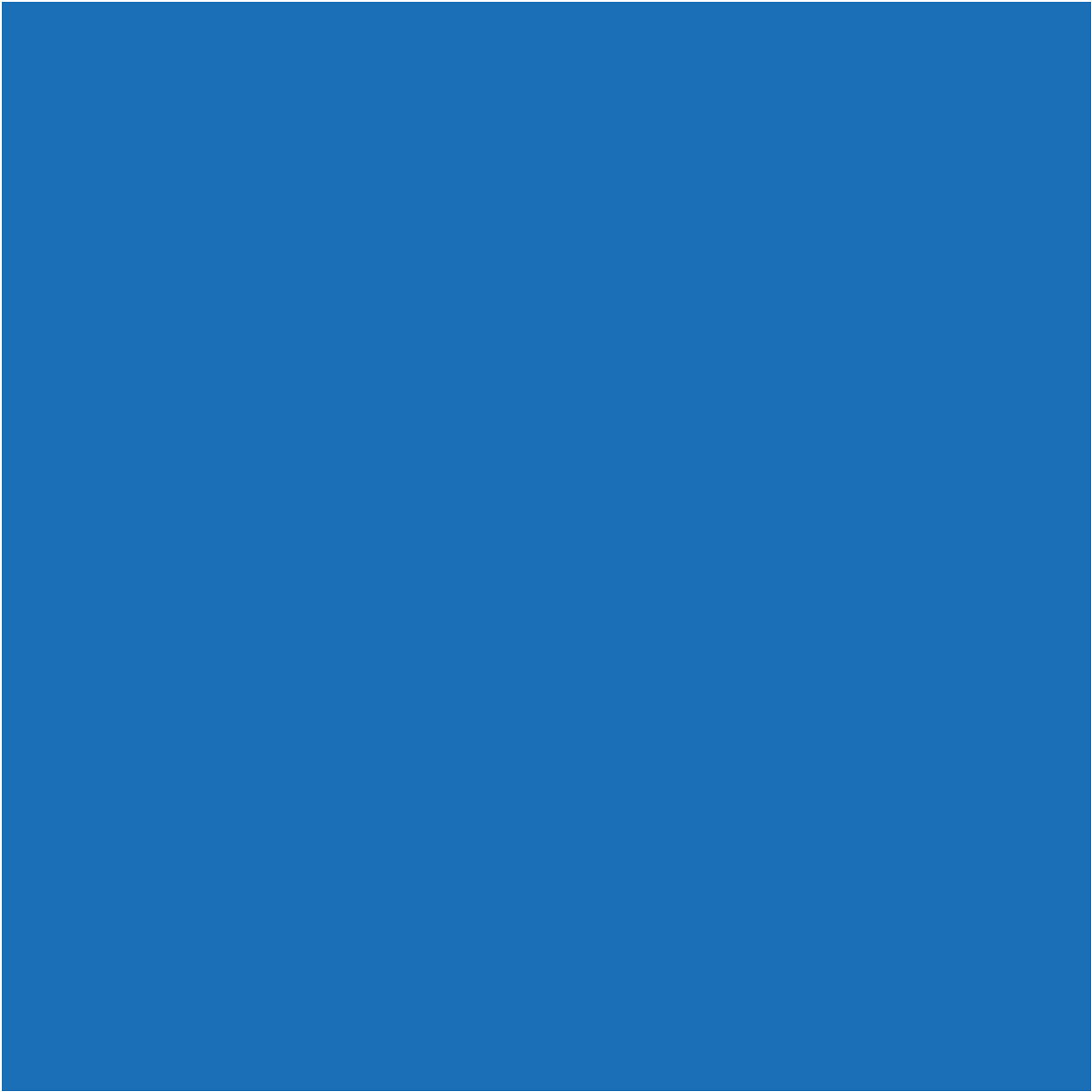


Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme

Ergebnisse und Ausblick

2020/21







VORWORT

Liebe Freunde und Ehemalige des Institutes,

das Jahr 2020 ist schon etwas Besonderes:

Im April ist Junior-Professor Andrey Morozov zu uns gestoßen und verstärkt das Institut im Rahmen seiner Tenure-Track-Professur. Am IAS haben wir die Lehre weiter digitalisiert und ein Fernstudium fast komplett ermöglicht. Unsere Forschungen sind weitgehend auf Home-Office für alle wissenschaftlichen Mitarbeiter umgestellt. Selbst viele der Universitätsformulare sind digitalisiert (wenngleich auch lange nicht alle).

Das sind nur einige Beispiele, bei denen sich für uns grundlegende Veränderungen ergeben haben.

Erstaunlicherweise sind die Leistungsparameter in vielen Bereichen gleich geblieben. Der befürchtete Einbruch bei den Prüfungsleistungen der Studierenden aufgrund von Corona blieb aus. Im Gegenteil, die Klausuren sind sogar etwas besser ausgefallen. Auch die Forschungsarbeiten gehen gut voran.

Natürlich strengen uns die Hygienemaßnahmen in den Laboren an, die wir als öffentliche Einrichtung sehr ernst nehmen. Der persönliche Austausch fehlt auf vielen Ebenen, z. B. die Impulse der Industrievertreter oder das Brainstorming im Team. Auch benötigen viele Vorgänge einen höheren Zeiteinsatz, da die Effektivität aufgrund der eingeschränkten Kommunikation leidet.

Bisher sind wir ganz gut durch die besonderen Umstände aufgrund von Corona gekommen, auch wenn wir uns das Jahr 2020 zu Beginn dann doch ganz anders vorgestellt hatten. Wenigstens entstand der Vorteil, dass wir viele Fragen zu den neuen digitalen Arbeitsformen jetzt viel besser umsetzen können.

Ich freue mich, Ihnen mit diesem Bericht trotzdem eine Dokumentation unserer Ergebnisse und einen Ausblick 2020/21 geben zu können.

Bleiben Sie gesund!

Alles Gute

Ihr

NEWS



28.01.2020

IAS-ROBOTERWETTRENNEN IM FACHPRAKTIKUM SOFTWARETECHNIK 2020

Im Januar fand wieder das IAS-Roboterwettbewerb statt. Es traten diesmal vier Teams mit 21 Teilnehmenden gegeneinander an. Aufgabe war es, eine Software zu entwickeln, die die Roboter mithilfe eines Kamerasystems autonom durch unbekannte Hindernisse in ein gegnerisches Ziel navigierte. Das Siegerteam war Gruppe 2.



30.03.2020

GRÜNDRUCK VDI/VDE 4004 BLATT 1 ERSCHIENEN

Das vom VDI/VDE GMA-Fachausschuss 7.25 erarbeitete Richtlinienblatt 1 „Testen vernetzter I4.0-Systeme - Grobplanung verteilter Testprozesse“ verdeutlicht Herausforderungen für das Testen vernetzter Industrie 4.0-Systeme. Mit einem Formblatt können verteilte Testaufgaben unternehmensübergreifend geplant und organisiert werden.

31.08.2020

PROF. WEYRICH IM INTERVIEW MIT DER IT&PRODUCTION



Im achten Teil der Reihe „Künstliche Intelligenz und Autonome Systeme“ der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik schildert Prof. Weyrich zum Thema „Sicherheit von Autonomen Systemen“ am Beispiel des autonomen Fahrens, wie sicheres Verhalten heute gelernt und gelehrt wird. Das Interview kann unter www.it-production.com/industrie-4-0-iot/teil-8-der-serie-autonome-systeme-sicherheit/ nachgelesen werden.

NEWS



02.09.2020

BENJAMIN LINDEMANN MIT DEM IEEE CASE 2020 CERTIFICATE OF MERIT AUSGEZEICHNET

Die Publikation „Anomaly detection and prediction in discrete manufacturing based on cooperative LSTM networks“ von Benjamin Lindemann wurde vom IEEE-Konferenz-Komitee für den Best Application Paper Award nominiert und als eines der drei besten Publikationen mit dem ‚Certificate of Merit‘ ausgezeichnet.



25.09.2020

PROF. WEYRICH UND SEIN TEAM IM INTERVIEW: „WIE EIN ERFAHRENER FAHRPRÜFER“

Prof. Weyrich und sein Team sind im Universitätsmagazin „Forschung Leben“ im Interview zu neuen Validierungsverfahren, die die Sicherheit autonomer Fahrzeuge erhöhen. Der Artikel kann ab Seite 54 unter www.uni-stuttgart.de/forschung/forschung-leben/2-2020/doc/forschung-leben.pdf nachgelesen werden.



11.11.2020

IAS MIT BEI DER 5G-PRÄSENTATION DER ARENA2036

Die Universität Stuttgart und ihr Forschungscampus ARENA2036 haben als erstes universitäres Forschungsgebäude in Baden-Württemberg eine für alle Forschungspartner zugängliche 5G-Infrastruktur erhalten. Mit dabei: der IAS-Digital-Twin-Demonstrator. Am 05.11.2020 fand die 5G-Testbed Eröffnung statt. Das IAS hat in diesem Rahmen seinen 5G-basierten Digitalen Zwilling demonstriert.

JUNIOR-PROFFESOR



Tenure-Track Jun.-Prof. Andrey Morozov has started at IAS in April 2020. He holds a six-years tenure-track-position. During this time, he has to establish a new professorship for „Networked Automation Systems“ and achieve the research and teaching goals defined by the rectorate.

Background

Jun.-Prof. Morozov received his diploma in Computer Science and Mathematics from Ufa State Aviation Technical University in 2007 in Ufa, Russia. In 2009 he moved to Germany and, in 2012, got a doctoral degree (Dr.-Ing.) in the Institute of Automation (IfA), Faculty of Electrical and Computer Engineering, Technische Universität Dresden. Since that, being a postdoc researcher, he worked on several R&D projects funded by DLR, ESA, NASA, and DFG. In

2014, Jun.-Prof. Morozov built a new research group at IfA with the main focus on the model-based analysis of safety-critical mechatronic systems. In 2019 the group grew up to 5 Ph.D. students, one had successfully defended in November 2019.

Jun.-Prof. Morozov has published 40 research papers and made more than 20 scientific talks, including the presentations in research centers of ESA, DLR, Bosch, MathWorks, Sandford Research Institute, and the University of California Los Angeles.

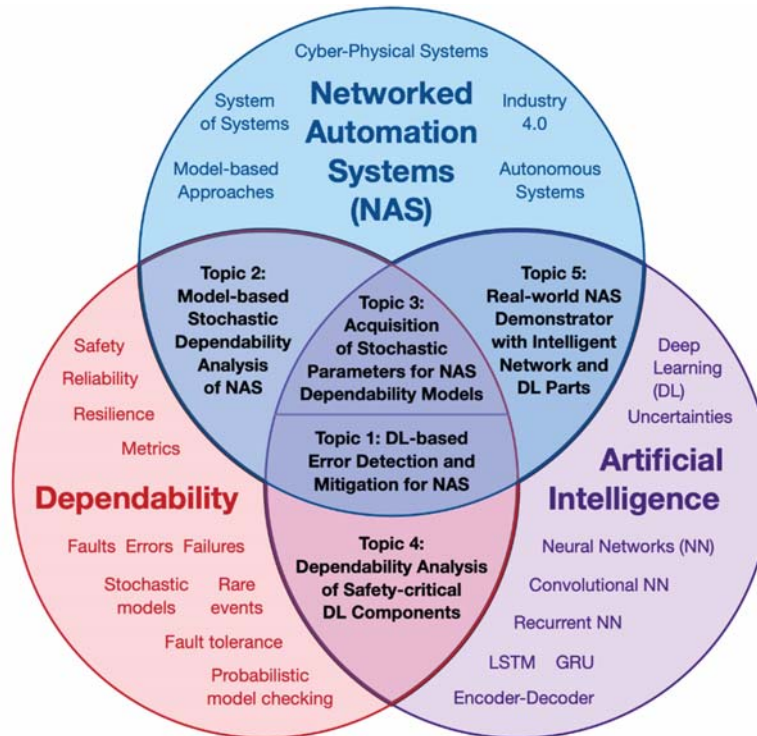
Research goals

The research interest of Jun.-Prof. Morozov lies at the intersection of three domains:

- Networked Automation Systems (NAS)
- Dependability
- Artificial Intelligence (AI).

Modern NAS is a particular case of Cyber-Physical Systems (CPS) with the focus on the cooperation of heterogeneous industrial robotic systems. Accurate assessment of reliability, safety, and resilience is essential for NAS because of the high cost of downtime and strict safety requirements. However, the analytical capabilities of dependability evaluation methods, which are currently applied in the industry, are far behind the technical level of the systems in question. These methods cannot adequately describe sophisticated failure scenarios of highly dynamic and intelligent NAS. Besides that, future NAS will include more and more AI components. However, the reliability and safety analysis of AI is an entirely open question at the moment. An inevitable revolution in the dependability methods is expected in the next years. So, the main goal is to build a strong research team capable of taking a leading role in the development of the next generation of dependability analysis methods for modern and future NAS.

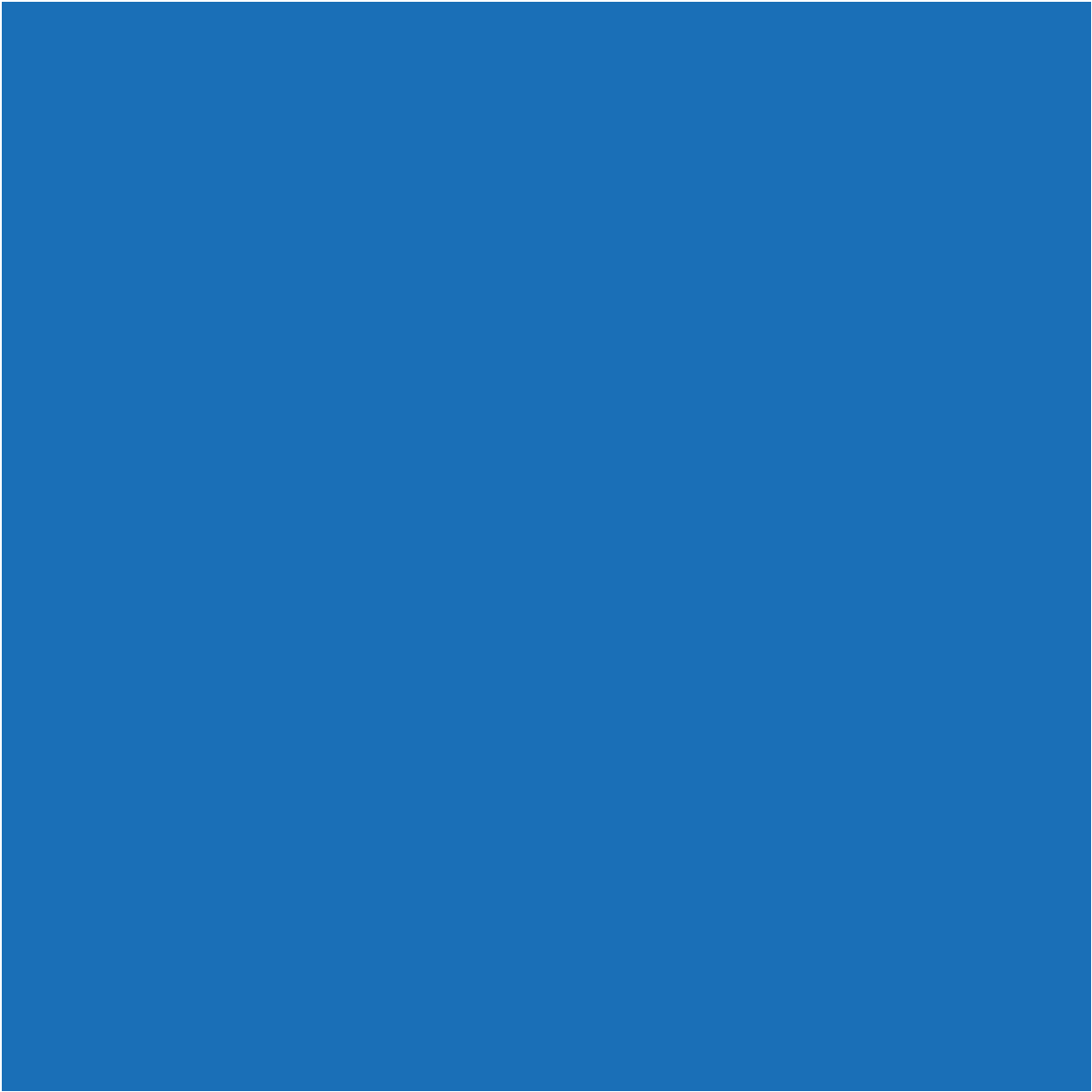
TENURE-TRACK



Interdisciplinary research directions for the tenure-track period

Teaching goals

Tenure-Track Jun.-Prof. Morozov will take over the „Technologien und Methoden der Softwaresysteme I“ course for bachelor students from the winter term 2020/21. Besides that, he is creating a new 4 SWS course „Modeling and Analysis of Automation Systems (MAAS)“ for master students of the study programs Autonomous Systems, Electrical Engineering, and Information Technology, and Electrical Engineering.



INHALT



FORSCHUNG

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE DES IAS 2020/21	11
FORSCHUNGSTHEMEN	22
FORSCHUNGSPROJEKTE / PROJEKTE DER INDUSTRIEFORSCHUNG	52
DEMONSTRATOREN	63
PUBLIKATIONEN	76



LEHRE

LEHRE - ÜBERBLICK	81
VORLESUNGEN / SEMINARE	82
PRAKTIKA	88
ABGESCHLOSSENE ARBEITEN 2020	92
PREISE 2020	97



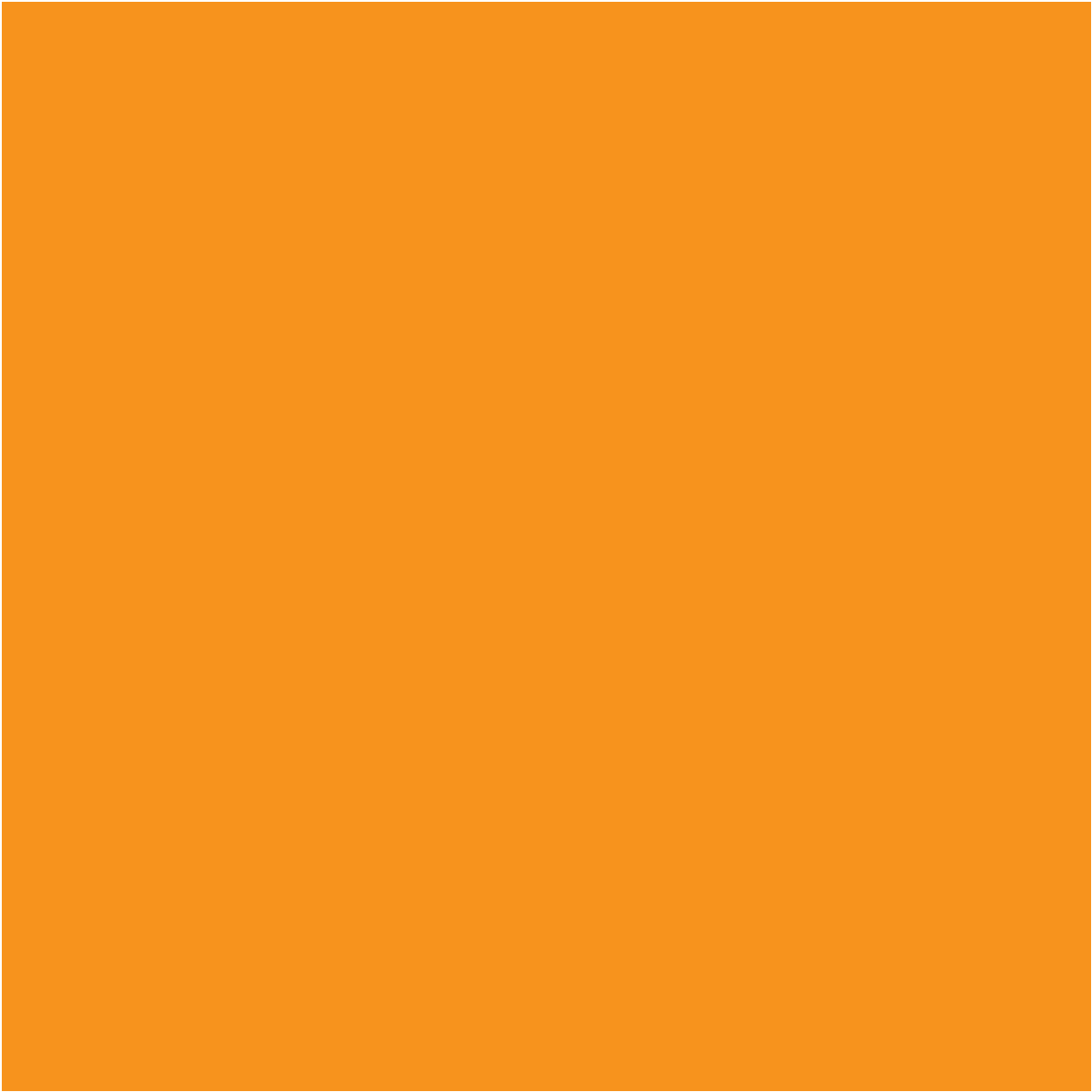
IAS-AKTIONEN

TRYSCIENCE	99
VFIAS-JAHRESVERSAMMLUNG	100
EXPERTENFORUM TESTEN VERNETZTER SYSTEME	102



GREMIEN UND MITARBEITENDE

GREMIEN	105
MITARBEITENDE	108



FORSCHUNG

Unsere Mission

Das IAS erforscht Lösungen, um automatisierte Systeme, insbesondere deren Software, beherrschbar zu machen und Autonome Systeme auf Basis künstlicher Intelligenz entstehen zu lassen. Dabei geht es um die Entwicklung, die Inbetriebnahme, den Betrieb, die Wartung und die Frage, wie diese mithilfe von Informationstechnologie effektiv, flexibel, wartbar und sicher gestaltet werden können.

Dazu setzen wir folgende Schwerpunkte:

- Komplexitätsbeherrschung in der Automatisierungstechnik
- Absicherung von Automatisierungssystemen und -komponenten
- Intelligente Automatisierung und Autonome Systeme

Neu hinzugekommen ist die Forschung der Tenure-Track-Professur von Jun.-Prof. Andrey Morozov, die zu einem Schwerpunkt entwickelt wird:

- KrakenBox: Deep Learning-based Error Detector for Industrial Cyber-Physical Systems
- OpenPRA: Open-source Framework for Probabilistic Risk Analysisstechnik

Unser Motto: Wir lehren und leben, woran wir forschen. Dazu vermitteln wir grundlegende Methoden und praxisorientierte Kompetenzen aus IT und Elektrotechnik. Wir führen Studierende an die Automatisierungstechnik und Autonome Systeme heran, fördern den wissenschaftlichen Nachwuchs und qualifizieren im lebenslangen Lernen für die stetig wachsenden Herausforderungen.

Bedeutung der Automatisierungstechnik

Die Automatisierungstechnik beschäftigt sich disziplinübergreifend mit der Automatisierung technischer Prozesse unterschiedlicher Domänen. Heute kommt neben der herkömmlichen Anlagenautomatisierung die Produktautomatisierung als Gegenstand der Prozessautomatisierung hinzu. Die Automatisierungstechnik ist ein wesentlicher Schlüsselfaktor des Erfolgs moderner Industriestaaten. Der Einzug der zunehmenden Digitalisierung in die Automatisierung - Internet of Things - bringt neue Chancen und Herausforderungen mit sich.

Als wesentliches Novum entstehen derzeit Autonome Systeme, die zukünftig aufgrund von vernetzten Informationen und künstlicher Intelligenz eine weitreichende und selbstständige Handlungsführung wahrnehmen. Es gilt nun, Methoden und Verfahren für solche Systeme zu erstellen.





Behrang Ashtari



Philipp Marks



Tobias Jung



Rainer Schiekofer



Florian Biesinger



Timo Müller



Dominik Braun



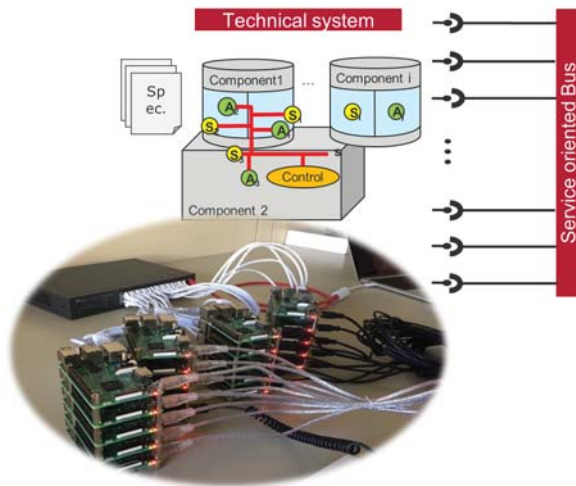
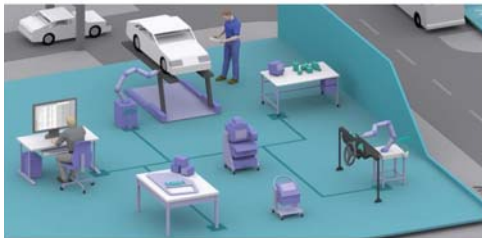
Valentin Stegmaier

1. Komplexitätsbeherrschung in der Automatisierungstechnik

Heutige automatisierte Systeme sind eine Integration von technischen Prozessen mit digitalen Daten, Software und Hardware, oft ausgeführt als mechatronische Systeme. Vernetzte Steuerungen, Sensoren und Aktoren steuern bzw. koordinieren physikalische Prozesse, in der Regel mit Feedback-Schleife. Hierbei spielt die vernetzte Software eine immer wichtigere Rolle, wodurch allerdings die Komplexität automatisierter Systeme steigt.

Um diese Komplexität beherrschbar zu machen, beschäftigt sich das IAS mit folgenden Themen:

- Intelligenter Digitaler Zwilling und dessen Anwendung in der Anlagenautomatisierung
- Einsatz von Co-Simulation zur Analyse und Optimierung software-definierter automatisierter Systeme
- 5G-basierter Digitaler Zwilling für Automatisierungssysteme und deren Komponenten
- Autonomes Rekonfigurationsmanagement software-definierter technischer Systeme
- Multidimensionale Synchronisierung Digitaler Zwillinge für unterschiedliche Anwendungen





Nasser Jazdi



Dustin White



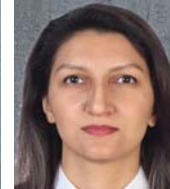
Manuel Müller



Michael Fouad



Hannes Vietz



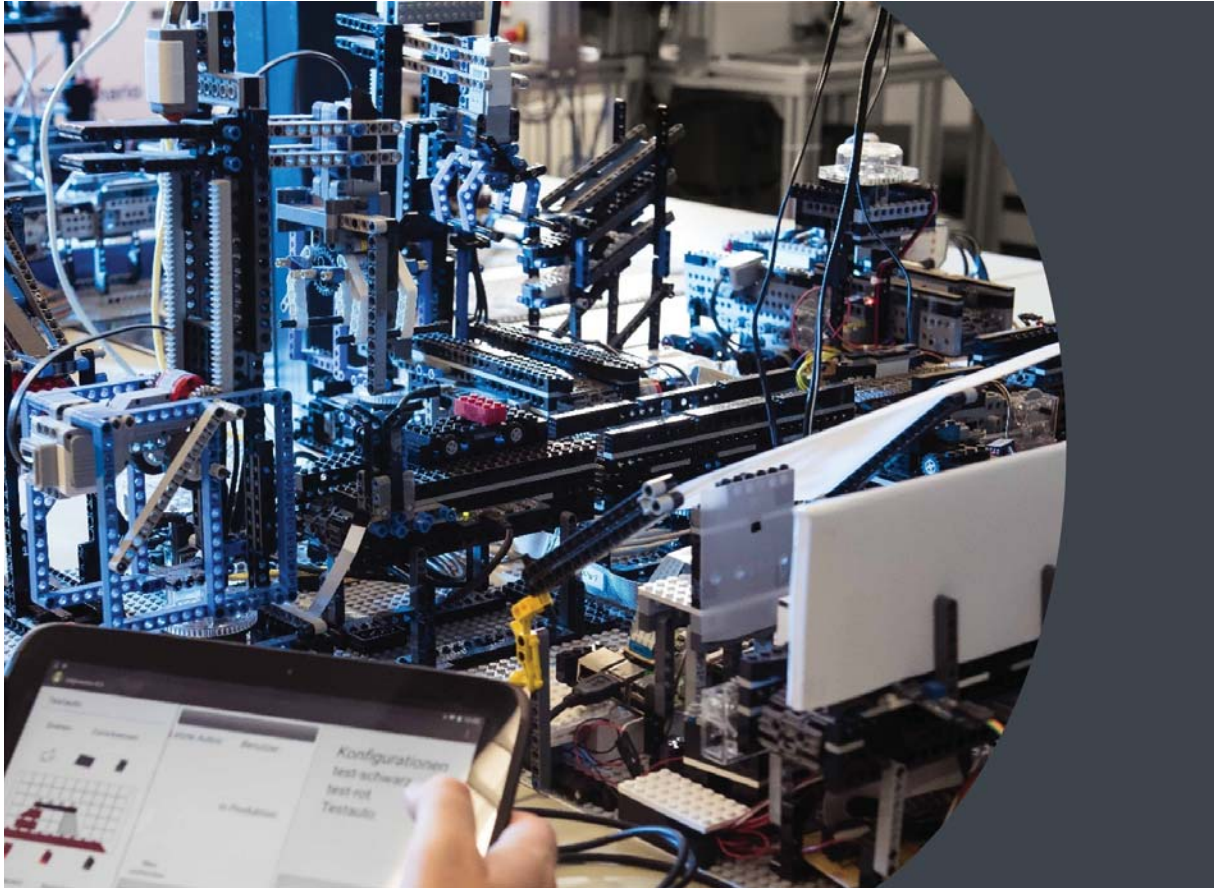
Golsha Ghasemi

2. Absicherung von Automatisierungssystemen und -komponenten

Die ansteigende Vernetzung, Intelligenz und Autonomie von automatisierten Systemen stellen große Herausforderungen für deren Absicherung und Freigabe dar. Des Weiteren ist die dynamische Bestimmung der Zuverlässigkeit sowie damit verbunden die Optimierung der Verfügbarkeit von modularisierten Systemen zukünftig ein großer Innovationsfaktor im Bereich der Automatisierungstechnik.

Das IAS beschäftigt sich in diesem Kontext mit folgenden Themen:

- Dynamische Zuverlässigkeitsberechnung automatisierter Systeme im Kontext des Internets der Dinge
- Test von verteilten Komponenten und zusammengesetzten Autonomen Systemen
- Verifikation und Validierung von Softwareaktualisierungen, z. B. sogenannte Over-the-Air Updates
- Absicherung von Autonomen Systemen in den Bereichen Produktion und Automotive
- Fehlerdiagnose und Fehlermanagement zur Erhöhung der Verfügbarkeit automatisierter Systeme
- Kognitive Sensornetzwerke in sicherheitsrelevanten Systemen unter Nutzung der 5G-Technologie





Nasser Jazdi



Benjamin Lindemann



Benjamin Maschler



Andreas Löcklin



Nada Sahlab



Michael Fouad



Simon Kamm



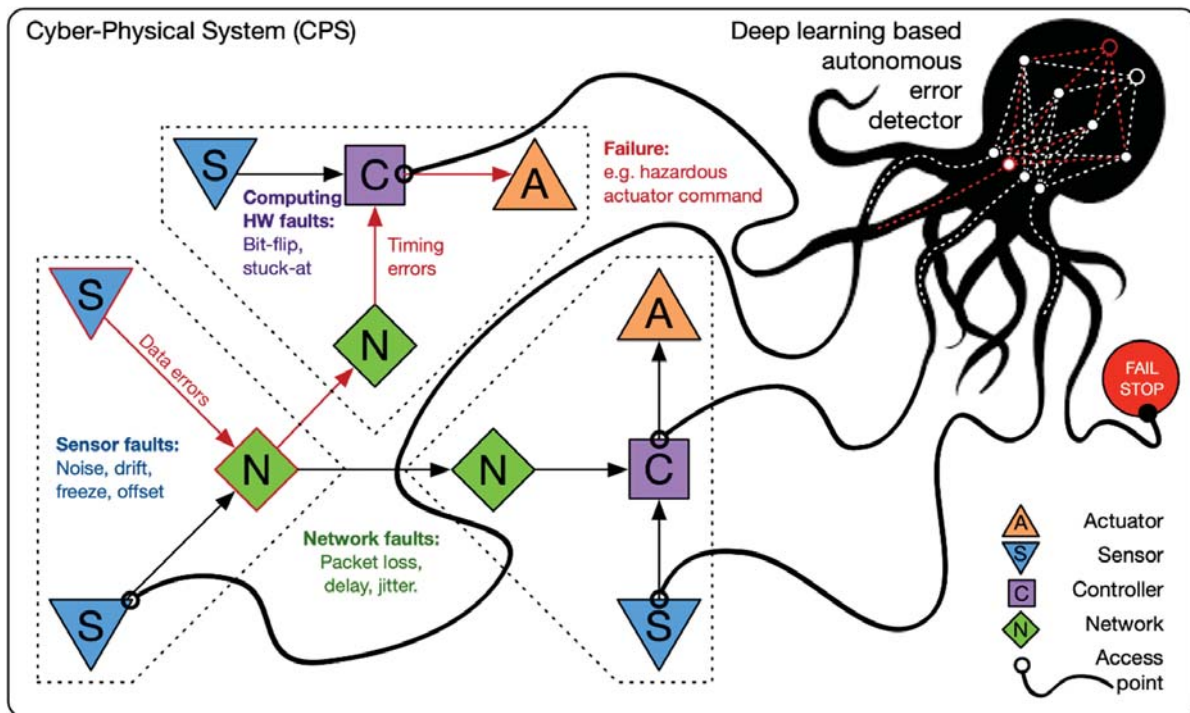
Franz Georg Listl

3. Intelligente Automatisierung und Autonome Systeme

Automatisierung der Zukunft wird durch zwei Merkmale gekennzeichnet: Intelligenz und Autonomie. Automatisierte Systeme müssen in der Lage sein, die dynamischen Veränderungen der Umgebungsparameter und Anforderungen wahrzunehmen, diese zu analysieren und eigene Entscheidung zu treffen. Diese Fähigkeiten gepaart mit Vernetzung und Mobilität erschließen neue Herausforderungen in der Forschung.

Das IAS beschäftigt sich in diesem Kontext mit folgenden Themen:

- Künstliche Intelligenz und dynamische intelligente Zuverlässigkeit in der Automatisierungstechnik
- Optimierung von Automatisierungssystemen mittels Machine Learning und Big Data Analyse
- Intelligente Automatisierung zur benutzerorientierten Unterstützung im Alter
- Softsensoren für vernetzte Automatisierungsarchitekturen
- Dezentrales, kooperatives maschinelles Lernen in der Automatisierung
- Simulation von Autonomiekonzepten



Deep learning-based autonomous error detector for industrial cyber-physical systems

NEUES FORSCHUNGSPROJEKT AM IAS TENURE-TRACK-PROFESSUR

KrakenBox: Deep Learning-based Error Detector for Industrial Cyber-Physical Systems



Project team: Andrey Morozov and Sheng Ding

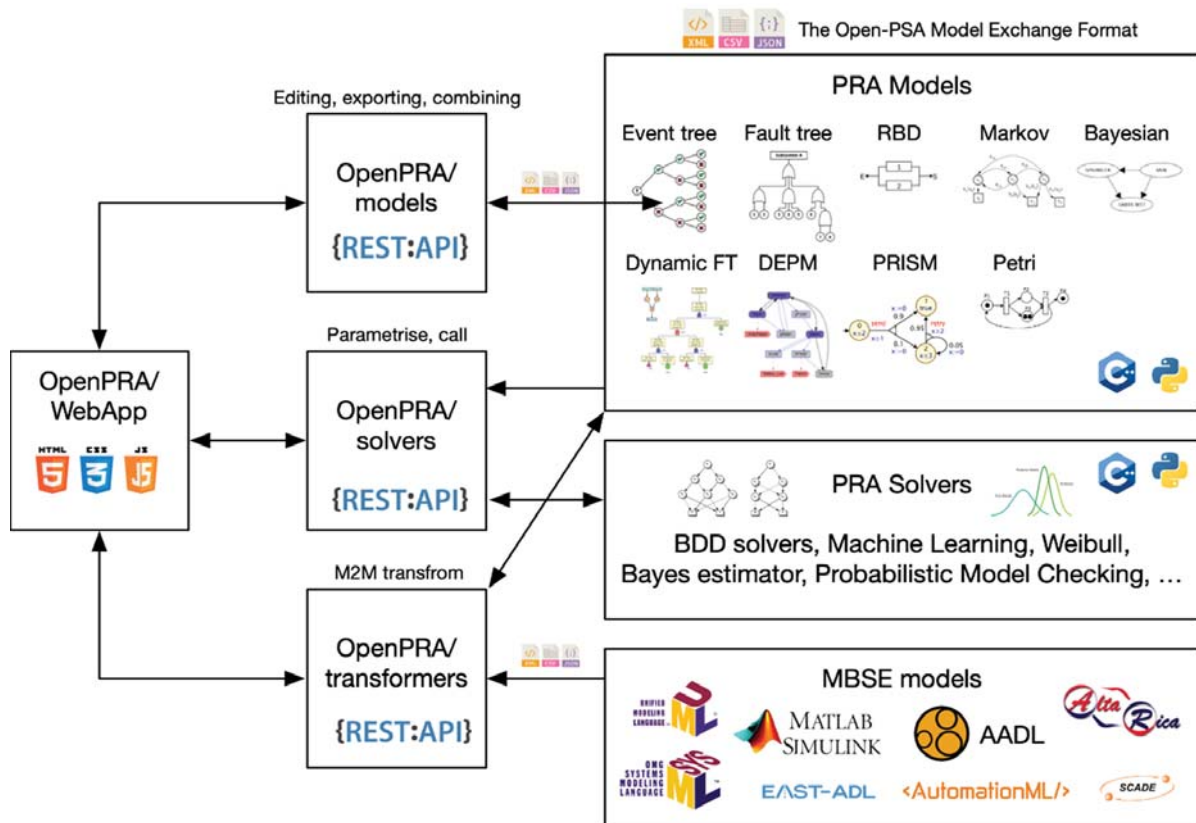
We are happy to announce that our team has developed the KrakenBox - an autonomous error detector for industrial Cyber-Physical Systems (CPS). It is based on an LSTM deployed on a small Jetson Xavier. The KrakenBox was tested and demonstrated on a Simulink model of two robotic manipulators extended with an error injection interface. More details below in the text and our video. <https://youtu.be/OJRNFI-cG-o>.

Error detection is a well-known concept applied in a broad range of areas, including systems engineering, where it helps to detect errors and prevent failures. During the runtime, an error detector identifies whether a failure will occur in the future, based on the assessment of current and previous system states. Traditional model-based and signal processing based error detectors are successfully employed for Fault Detection and Isolation (FDI) in mechatronic systems. Modern

Cyber-Physical Systems (CPS) are considerably more complex both from structural and behavioral points of view, it becomes more and more challenging to apply traditional FDI. Deep Learning (DL) techniques in terms of training a classifier (a Deep Neural Network) to distinguish between normal and abnormal system behavior have been found as promising candidates for on-line error detection.

We experimented with a Simulink model of two industrial robotic manipulators extended with UDP blocks that stream sensor signals of the DemoSystem to our KrakenBox. The DemoSystem UI allows the user to control the DemoSystem and inject different types of errors. The error detector itself is deployed on a small DL-purposed NVIDIA computer that can be connected to the DemoSystem either Wirelessly or via Ethernet. We have experimented with various DL-based error detection techniques and neural network architectures. The best performance was achieved using the prediction approach. We use a light-weighted two-layer LSTM-based predictor. The KrakenBox operates either in learning and error detection modes. After the training, the LSTM starts predicting the next signal values. The error detection is achieved via intelligent processing of the residual between predicted and actual signal values. If the residual is higher than a predefined threshold, then KrakenBox alarms about the error.

This project is supported by Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).



General architecture of the open-source framework for probabilistic risk analysis

OpenPRA: Open-source Framework for Probabilistic Risk Analysismtechnik

IAS, together with international partners, has started the OpenPRA project. We encourage IAS students to participate in the project in the frame of their research, bachelor, or master theses. Available topics will appear on our website.

This is an opportunity

- to collaborate with other students from partner universities,
- improve your software development skills in C++, Python, and the web stack
- design and implement analytical software tools,
- attend several relevant seminars.

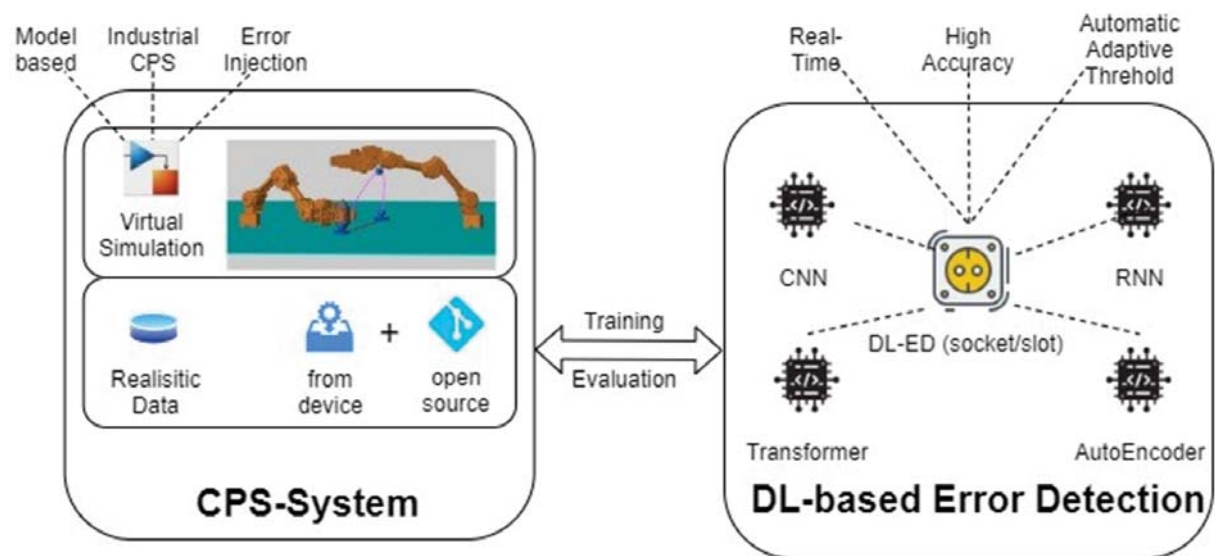
Probabilistic Risk Analysis (PRA) is a mandatory procedure for all safety-critical domains, including transportation, industrial automation, medical devices, energy, and many more. PRA exploits well-known methods for evaluating the dependability and resilience properties of technical systems. These methods usually include classical Event trees, Fault trees, Bayesian networks, Markov chains, and their numerous extensions and combinations. Professional analytical toolsets, available in the market, support only a limited set of methods and, in most cases, cannot adequately describe sophisticated failure scenarios of modern, highly dynamic, autonomous, and intelligent Cyber-Physical Systems. R&D teams propose advanced analytical methods and tools. However, they are usually available in the form of proof-of-concept prototypes and only suitable for academic case studies. The OpenPRA initiative aims to provide a unique platform for integrating the multiple PRA methods and tools into a holistic, easy to use, and highly customizable framework.

OpenPRA goals:

- Open source and free software supported by international community
- Unified analytical environment, hybrid PRA models
- Collection of ready to use PRA models, solvers, transformers
- Automatic generation of PRA models from MBSE models.
- User-friendly web interface, easy to extract risk insights
- Collection of examples from different domains, PRA guidelines
- Performance, scalability, and accuracy benchmarks

Partners: University of Stuttgart (DE), North Carolina State University (US), Technische Universität Dresden (DE) and Ufa State Aviation Technical University (RU).

Contact person: Jun.-Prof. Andrey Morozov, andrey.morozov@ias.uni-stuttgart.de



Schematische Darstellung von DL-based Error Detection für SPS-System

Deep Learning basierend auf Error Detection für CPS-System

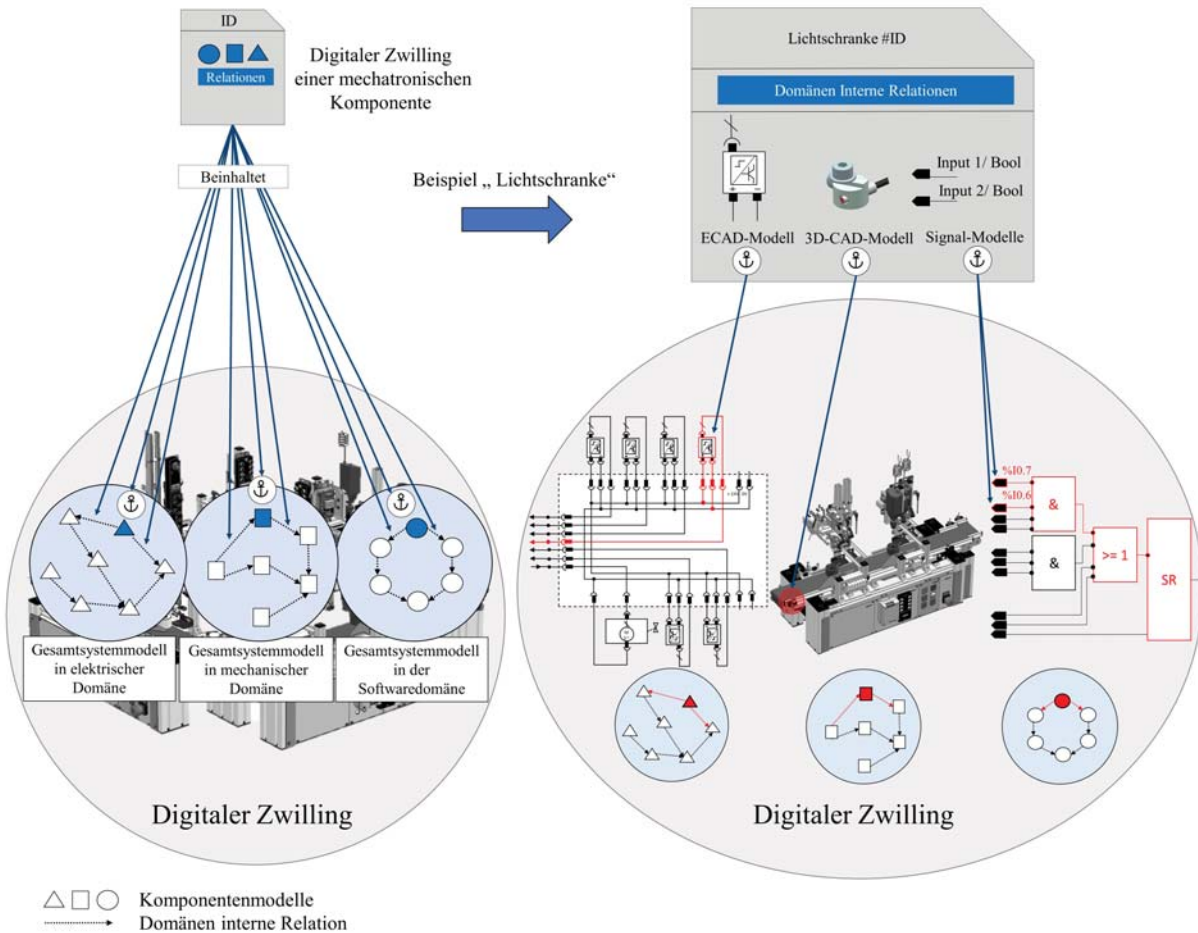
Bearbeiter: Sheng Ding

Die Erkennung von Anomalien ist ein bekanntes Konzept, das in einer Vielzahl von Bereichen, einschließlich der Systemtechnik, angewendet wird, um Fehler zu erkennen bzw. zu vermeiden. Deep Learning (DL)-Ansätze, wie das Trainieren eines Klassifikators für tiefe neuronale Netze zur Unterscheidung zwischen normalem und abnormalem Systemverhalten, wurden als vielversprechende Ansätze gefunden. Angesichts der zunehmenden Verbesserung von Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) wird die Anwendbarkeit von DL-Techniken zur Fehlererkennung erforscht.

In diesem Forschungsvorhaben wird daran gearbeitet, Zeitreihendatenverarbeitung und häufige CPS-Fehler wie noise, bias, freeze, stuck-at, time delay, and package loss zu konzentrieren. Dabei werden zunächst die Trainingsdaten mithilfe der Kombination von vorhandenen und eigenen Fehlerinjektionsmethoden und -werkzeugen generiert. Hierzu werden Daten mittels Simulation im Bereich vernetzte Automatisierungssysteme und Fehler mittels Injection mit entsprechendem Label erzeugt. Damit die Methoden in die reale Welt umgesetzt werden können, werden reale Fallstudien betrachtet und z. B. dabei gemessene Signale mit der Simulation verglichen.

In dem Vorhaben werden viele Arten von Methoden bzw. DL-Architekturen verglichen und integriert. Geeignete DL-basierte Fehlererkennungsansätze (Vorhersage, Klassifizierung, Rekonstruktion), Netzwerktypen (MLP, CNN, LSTM / GRU, Autoen-Codierer, Transformatoren) sowie deren Struktur- und Hyper-(Trainings-)Parameter werden untersucht und identifiziert. Um die Genauigkeit zu verbessern, wird das Ensemble-Lernen erforscht. Ziel ist, eine DL-basierte Error Detection mit Echtzeit-Reaktion, hoher Genauigkeit und adaptiver Thresholding zu entwickeln.

Die überwiegende Mehrheit der vorhandenen Forschung zur Erkennung von Anomalien berücksichtigt keine Echtzeit. Dies ist jedoch sehr wichtig, um ein CPS-System zu schützen. Einerseits soll daher Online-Echtzeit-Messung und Datenverkehr vom Host-System vorsichtig dokumentiert und evaluiert werden. Andererseits werden Online-Echtzeit-Antwort durch Vergleich der Berechnungskosten verschiedener Modelle erforscht.



Ankerpunkte einer mechatronischen Komponente innerhalb des Digitalen Zwillings eines automatisierten Systems

Methodik zur Synchronisierung der Modelle des Digitalen Zwillings

Bearbeiter: Behrang Ashtari

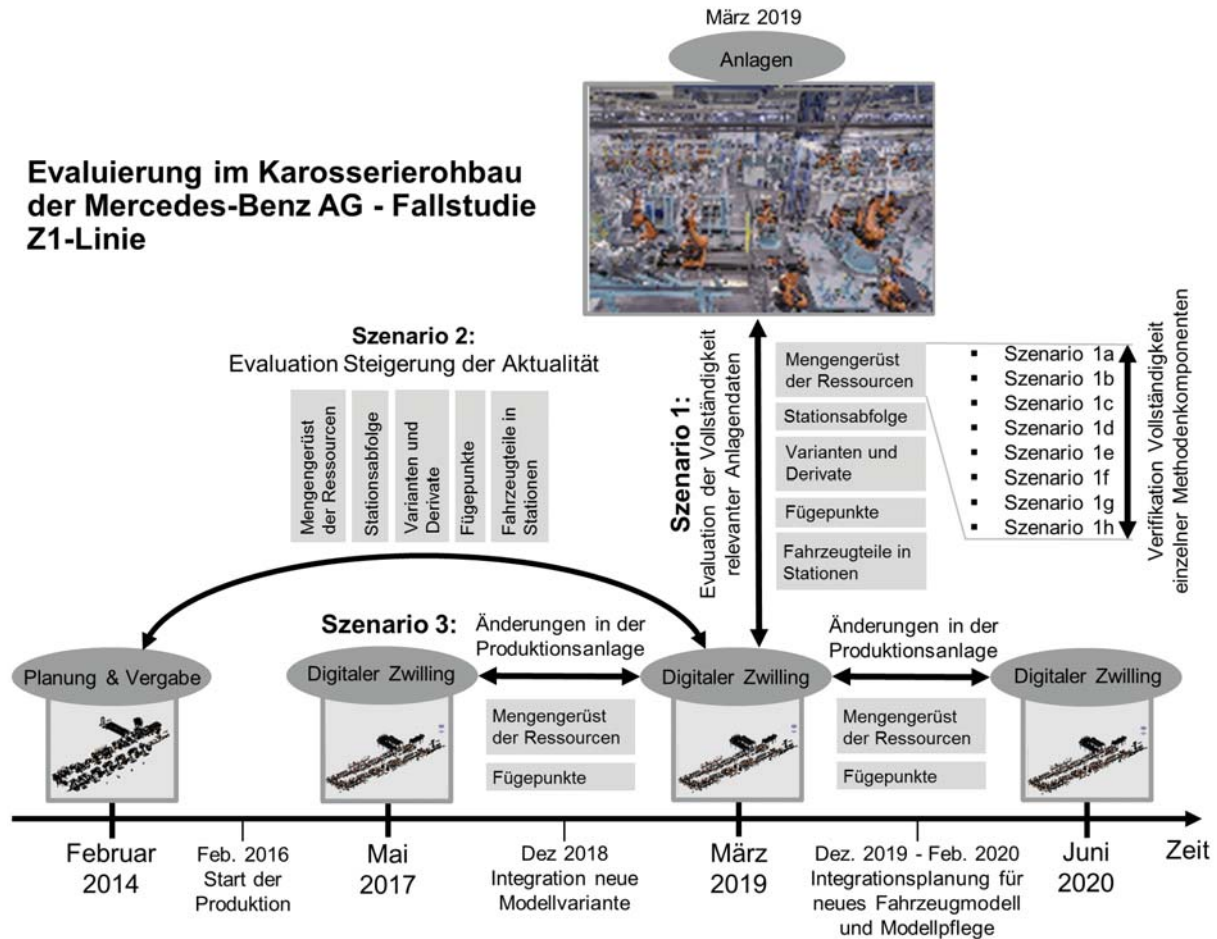
Der Digitale Zwilling findet heute in vielen automatisierten Produktionssystemen Anwendung, um das Engineering, die Rekonfiguration oder den Betrieb zu verbessern.

Voraussetzung für die Verwendbarkeit des Digitalen Zwillings eines automatisierten Systems ist, dass ein aktuelles (virtuelles) Anlagenmodell der mechatronischen Bestandteile der realen Anlage während der verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus existiert. Daraus leitet sich das Ziel der Forschung ab, eine Methodik zu erstellen, die die domänenübergreifende Synchronisierung der Engineering-Modelle des Digitalen Zwillings mit einer realen Fertigungszelle in der Automobilindustrie ermöglicht und damit einen Beitrag zur Steigerung der Effizienz des Engineering-Prozesses während des gesamten Lebenszyklus leistet.

Basierend auf der am IAS entwickelten Ankerpunktmethode wird ein Assistenzsystem realisiert, das die Änderungen und deren Abhängigkeiten in der realen Welt mithilfe einer Analyse der aktuellen SPS-Steuerungssoftware einer Anlage detektiert. Abschließend beinhaltet die Ankerpunktmethode ein Konzept für die automatisierte Modelladaptation unter Berücksichtigung der Nachvollziehbarkeit von Änderungen am Gesamtsystemmodell für Systemingenieure und der Aufrechterhaltung der Konsistenz zwischen den domänenübergreifenden Modellen des Digitalen Zwillings. Dieses Konzept wurde auch im Assistenzsystem basierend auf der automatisierten Generierung von Change-Request-Modellen an den relevanten Komponentenmodellen des Digitalen Zwillings realisiert.

Die Ankerpunktmethode wird im Forschungscampus ARENA 2036 realisiert und evaluiert. Die Forschung wurde in diesem Jahr abgeschlossen und die Ergebnisse stehen für den Transfer in die Industrie bereit.

Evaluierung im Karosserierohbau der Mercedes-Benz AG - Fallstudie Z1-Linie



Szenario 1: Evaluierung der Vollständigkeit

Szenario 2: Evaluierung der Aktualität

Szenario 3: Evaluierung Schaffung von Transparenz im komplexen Produktionssystem - Karosserierohbau

Digitaler Zwilling am Beispiel der Integrationsplanung im Karosserierohbau

Bearbeiter: Florian Biesinger

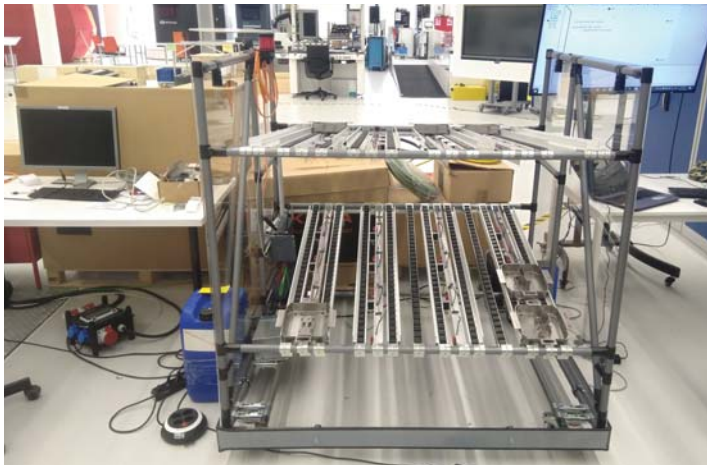
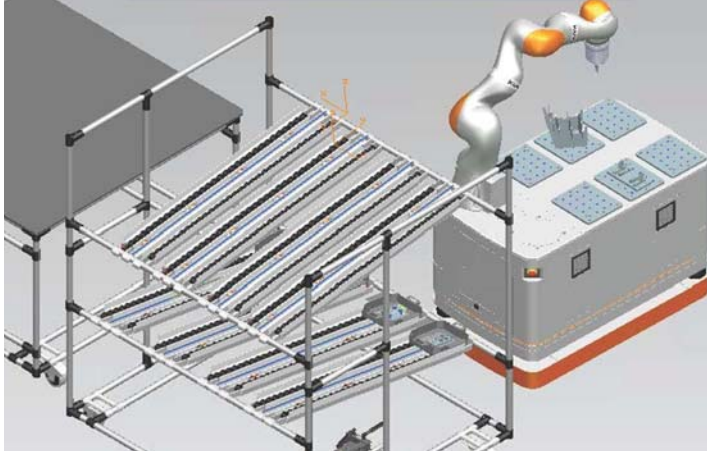
Die Planung einer Fahrzeugintegration in ein bestehendes Produktionssystem, im Fachjargon der Planer als „Integrationsplanung“ bekannt, avanciert aufgrund von immer individuelleren Fahrzeugvarianten mit diametralen Antriebstechnologien und stetig steigendem Kostendruck zur Hauptaufgabe innerhalb der Produktionsplanung.

Änderungen am Produktionssystem in Kombination mit mangelnder Pflege von Bestandsdaten und einer fehlenden Datenrückführung resultieren in einer ungenügenden Datenqualität von Bestandsinformationen, die als Grundlage zur Integrationsplanung impraktikabel ist. Dies stellt Produktionsplaner vor große Herausforderungen bei der Integrationsplanung.

Manuelle Bestandsaufnahmen sind in einem komplexen Produktionssystem wie einem Karosserierohbau sehr zeitaufwendig, kostspielig und zudem fehleranfällig. Deshalb wird eine Systematik zur automatisierten Steigerung der Datenqualität des Digitalen Zwillings für die Integrationsplanung benötigt.

Diese Systematik wird am Beispiel des Karosserierohbaus bei der Mercedes-Benz AG verifiziert und evaluiert. Zur Verringerung der (digitalen) Komplexität bei der Integrationsplanung wird eine automatisierte Methodik zur Steigerung der Datenqualität entwickelt. Durch die entwickelte Systematik können relevante Informationen ausgewählt und zur Verfügung gestellt werden. Die Methodik setzt sich aus verschiedenen Methoden und Verfahren zusammen, die bereits im Rahmen der Forschung patentiert worden sind.

Zur Evaluierung der Methodik wurde eine Fallstudie durchgeführt, die drei unterschiedliche Szenarien umfasst. In der Fallstudie wird die Steigerung der Datenqualität in Bezug auf „Vollständigkeit“ und „Aktualität“ nachgewiesen. Ebenso wird die Anwendung der entwickelten Methodik im komplexen Produktionssystem „Karosserierohbau“ verdeutlicht. Durch den Software-Demonstrator der Methodik gelingt es, Änderungen und Umbauten während des Anlagenlebenszyklus zu identifizieren und transparent darzustellen. Somit wird im komplexen Produktionssystem Karosserierohbau Transparenz für zukünftige Integrationsplanungen geschaffen.



Flexibles Produktionssystem im Forschungscampus ARENA2036

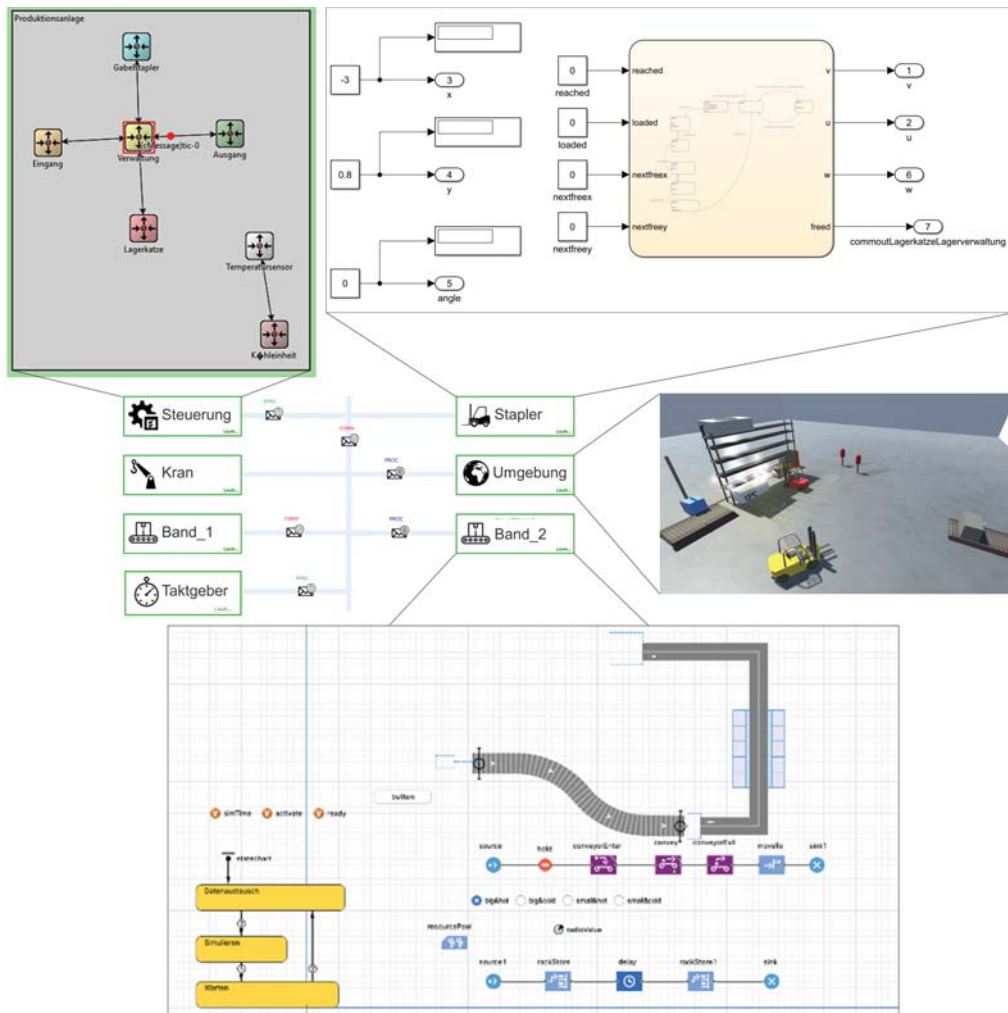
Erstellung und Synchronisierung eines multi-disziplinären Digitalen Zwillings der Produktion

Bearbeiter: Dominik Braun

Das Konzept des Digitalen Zwillings für die Produktion gewinnt im Rahmen der Bestrebungen zur durchgängigen Digitalisierung immer stärker an Bedeutung und unterstützt bei der Herstellung von kundenspezifischen Produkten. Mit dem Digitalen Zwilling einer Produktionsanlage steht eine Möglichkeit zur Verfügung, die bestehende Rekonfiguration vorab virtuell zu testen. Hierfür sind eine Vielzahl unterschiedlicher Modelle aus den Domänen Mechanik, Elektrik und Software notwendig, um das mechatronische System in allen Facetten zu beschreiben. Von essentieller Bedeutung ist dabei, die Abhängigkeiten und das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten zu kennen und in den Modellen nachzubilden. Bei großen und komplexen Automatisierungssystemen sind diese Zusammenhänge nicht immer vollständig bekannt bzw. nicht immer leicht nachzuvollziehen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wird eine Methodik entwickelt, welche die Informationen zur Vereinigung der Modelle aus den drei Domänen rekonstruiert und extrahiert. Dabei kann teilweise auf bestehende Modelle zurückgegriffen und entwickelte Ansätze zur Erstellung einzelner Modelle integriert werden.

Die zu entwickelnde Methodik wird die Prozessdaten einer Produktionsanlage analysieren, um bestehende Informationen zu verbinden. Da Prozessdaten durch Eigenschaften und deren Veränderungen aus allen drei Fachbereichen beeinflusst werden, sind diese geeignet, um die Verbindungen abzuleiten. Hierbei wird auf bestehende Forschung am IAS aufgesetzt und als Basis der aktuelle SPS-Code der Anlage analysiert, um die grundlegenden Eigenschaften und Zusammenhänge der Baugruppen zu identifizieren. Diese werden mit den dynamischen, domainübergreifenden Informationen der Prozessdaten verknüpft und es werden ganzheitliche Modelle erstellt.

Die Ergebnisse der laufenden Forschung werden in einem Projekt im Forschungscampus ARENA2036 erprobt und verbessert. Dabei unterstützen und beschleunigen die Erkenntnisse und Ergebnisse dieser Arbeit die Digitalisierung der Produktionsanlage. Gleichzeitig hilft der Austausch mit Anwendern und Entwicklungsingenieuren in der ARENA2036 wiederum, die Entwicklung der Forschung zu unterstützen.



Simulationsszenario einer dynamischen Co-Simulation

Dynamische Co-Simulation von heterogenen Internet der Dinge-Systemen

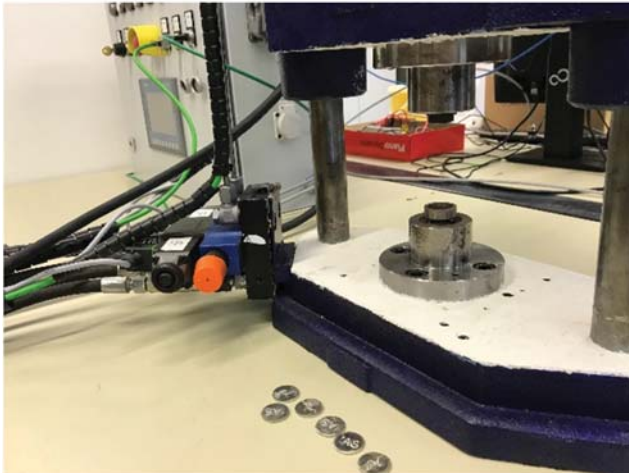
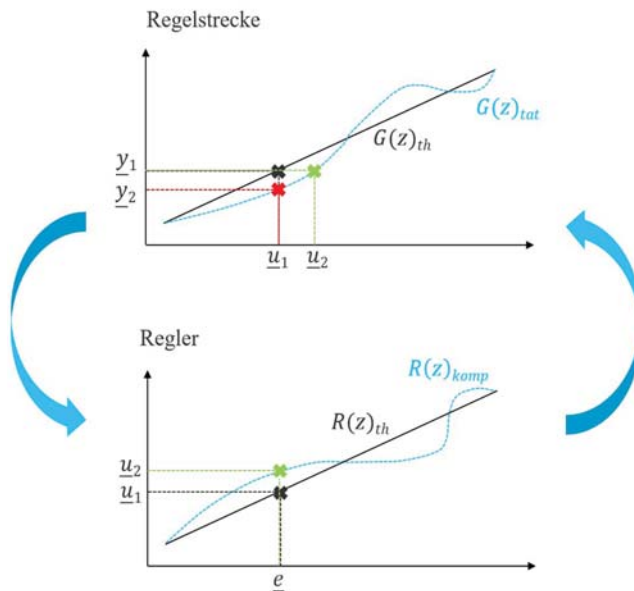
Bearbeiter: Tobias Jung

Mit einer Co-Simulation auf Basis eines Digitalen Zwillings können zahlreiche Mehrwerte wie z. B. Optimierung der Laufzeit, Entscheidungsunterstützung und Predictive Maintenance auch während des Betriebs realisiert werden. Um dies zu ermöglichen, ist ein wichtiger Bestandteil des Digitalen Zwillings eine Simulation, die parallel zum Betrieb des realen Systems ausgeführt wird.

Weil Systemkomponenten aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen (Smart Home, Produktion, Logistik etc.) kommen können, sind solche Systeme sehr heterogen. Zusätzlich treten Komponenten ständig in ein System ein oder aus oder ändern ihre Vernetzungsstruktur, wodurch diese Systeme dynamisch werden. Aufgrund der hohen Heterogenität und Dynamik ist es nicht mehr möglich, die Simulation des Systems in einer Simulation abzuwickeln, sodass eine Co-Simulation unumgänglich wird. Zusätzlich muss es möglich sein, zur Simulationszeit neue Teilsimulationen der Gesamtsimulation hinzuzufügen, ohne diese zu pausieren.

Daher wird jede Komponente separat in einem Teilmodell modelliert, wodurch für jede Komponente ein geeignetes Modellierungskonzept verwendet werden kann. Diese Teilmodelle werden jeweils durch einen Agenten vertreten, welche sich dann zu einem Gesamtmodell dynamisch zur Laufzeit zusammenschließen können und die Kommunikationsschnittstelle zwischen den einzelnen Teilmodellen bieten. Zusätzlich müssen die Interaktionen zwischen den einzelnen IoT-Komponenten simuliert werden. Diese Interaktionen sind entweder kommunikationsorientiert oder prozessorientiert und werden in getrennten „Interaktionssimulationen“ abgehandelt: die Kommunikation beispielsweise über WiFi oder Bluetooth und die physikalischen Prozesse beispielsweise über die Änderung der Temperatur oder die Anheben einer Komponente.

Zu diesem Konzept entstand im letzten Jahr ein Demonstrator am IAS, welcher ein automatisiertes Warenlager simuliert. Hierbei wird die Umgebung in Unity, die Kommunikation über WiFi in OMNet++ und die einzelnen Komponenten, wie Gabelstapler, Wareneingang oder Klimaregelung in MATLAB Simulink und AnyLogic simuliert.



Vereinfachte Darstellung des Konzepts zur Kompensation von Anomalien und Modellpresse

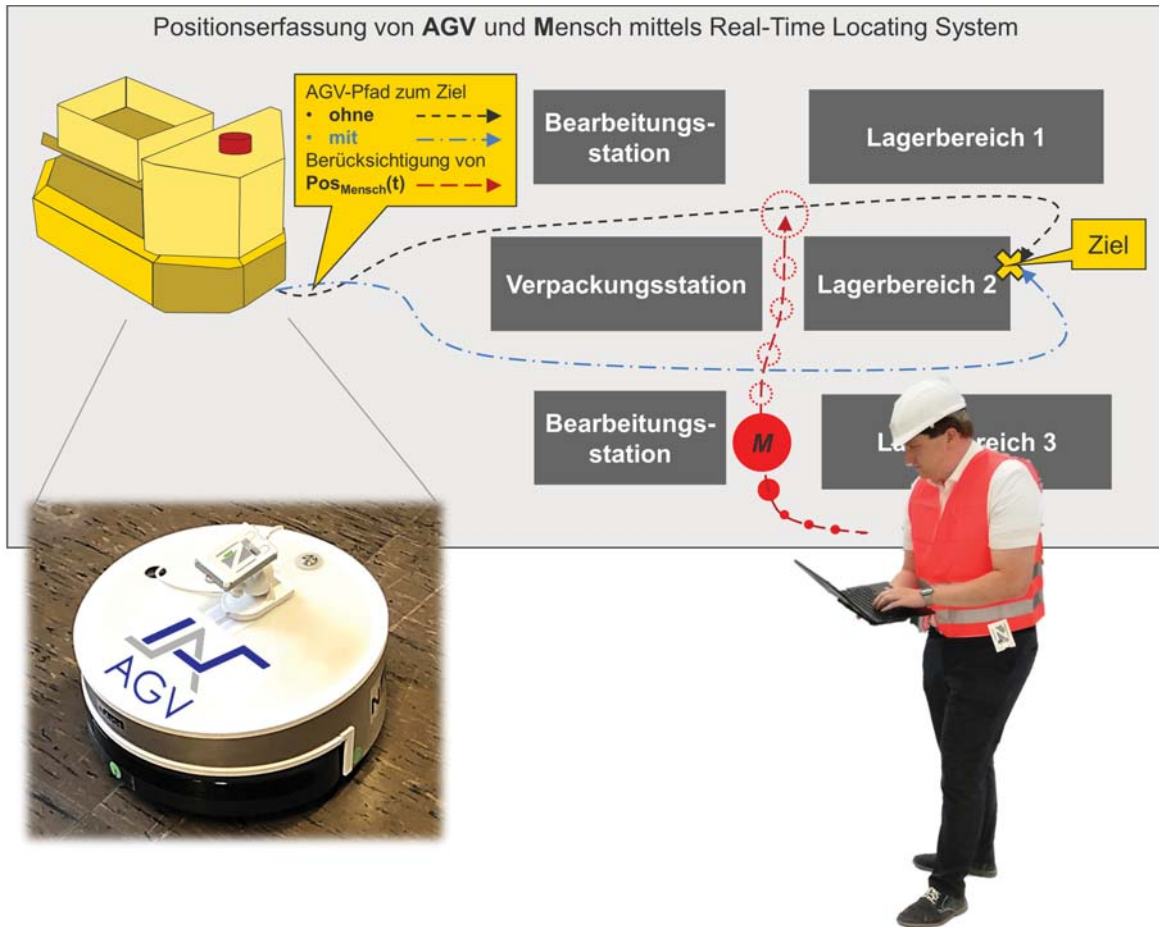
Qualitätsregelung in der diskreten Fertigung auf Basis von Long Short-Term Memory-Netzen

Bearbeiter: Benjamin Lindemann

Am IAS wurde ein Ansatz für eine intelligente Qualitätsregelung entwickelt, der auf Basis von speziellen rekurrenten neuronalen Netzen - sogenannten LSTM-Netzen - eine adaptive Modellierung technischer Prozesse erlaubt und diese für ein präventives Eingreifen in mehrdimensionale Prozessketten nutzt. Dabei wird ein Grey-Box-Ansatz zur Modellbildung verfolgt, der auf bestehendem Expertenwissen des Prozessingenieurs aufbaut und dieses um eine datengetriebene Methodik erweitert. Der Ansatz erlaubt es, zur Entwurfszeit von komplexen Fertigungs- und Automatisierungssystemen unbekannte Anomalien zu detektieren, zu präzisieren und schlussendlich zu kompensieren. Dabei ist das Ziel, durch ein verbessertes Verständnis des Prozessverhaltens und ein genaueres Prozessmodell eine Kompensation von Störeffekten abzuleiten, sodass Zielgrößen wie die Produktqualität optimiert werden können.

Die datengetriebene Methodik wurde in Form von LSTM-Netzen konzipiert und umgesetzt. Diese sind in der Lage, nichtlineare und zeitvariante Dynamiken zu approximieren. Die Netze wurden zur Modellierung des Prozess- und Anomalieverhaltens im Rahmen eines kooperativen Prädiktionsschemas verwendet. Dieses Schema wurde in eine rekursive Optimierungsstruktur eingebettet, die es erlaubt, die Stellstrategien für alle Prozessschritte einer mehrdimensionalen Prozesskette zu optimieren. Dadurch können Schwankungen über mehrere Prozessschritte hinweg ausgeglichen werden. Das Konzept konnte am Institut für Umformtechnik der Universität Stuttgart sowie an Anlagen der Otto Fuchs KG evaluiert werden. Die erzielten Ergebnisse wurden in einer wissenschaftlichen Veröffentlichung präsentiert, die im Rahmen des Best Paper Awards der IEEE-CASE-Konferenz mit dem 'Certificate of Merit' ausgezeichnet wurde.

Zur Demonstration der Projektergebnisse wurde am IAS eine Modellpresse aufgebaut, die die wesentlichen Problemstellungen und deren Lösungen exemplarisch und in vereinfachter Form veranschaulicht. Die Modellpresse stellt die miniaturisierte Abbildung einer realen hydraulischen Presse aus der Produktion dar und wird ebenfalls über ein Hydraulikaggregat Verfahren. Die Presse erlaubt das Abfahren definierter Kraft- und Geschwindigkeitskurven und kann so Bauteile mit variierender Qualität erzeugen. Die entstehenden Bauteile stellen Münzen mit einer Prägung des IAS-Logos dar, die auf Basis von Zinn-Rohlingen mit einem 3D-gedruckten Werkzeug gepresst werden. Das Gesamtsystem wird von einer SPS gesteuert. Diese erlaubt das Einstellen von Stellgrößen sowie das Monitoring ausgewählter Parameterkurven.



Wegplanung von Automated Guided Vehicles berücksichtigt zukünftige, vorhergesagte Positionen von Menschen

Verbesserte Mensch-Roboter Kollaboration durch Vorhersage menschlichen Verhaltens

Bearbeiter: Andreas Löcklin

Aufgrund ihrer großen Flexibilität und Geschicklichkeit sind Menschen im Produktionsprozess häufig unverzichtbar, insbesondere im Bereich der Endmontage. Das IAS forscht an Methoden zur Verbesserung der Mensch-Roboter Kollaboration. Im Fokus stehen hierbei Sensoren und Modelle, um Robotern ein besseres Verständnis von menschlichem Verhalten zu ermöglichen. Anwendung findet diese Forschung bei Automated Guided Vehicles. Diese lassen sich für viele Anwendungszwecke einsetzen und haben große Relevanz im Bereich der flexiblen Intralogistiklösungen. Automated Guided Vehicles können den gleichen Verkehrsraum wie Menschen nutzen, was Einsparungen bezüglich der Infrastruktur ermöglicht.

Zur weiteren Verbesserung der Navigation von Automated Guided Vehicles muss deren Fähigkeit einer vorrausschauenden Routenfindung und Fahrweise verbessert werden. Um Verzögerungen durch Staus oder Kollisionen in engen Korridoren zu vermeiden, müssen dazu nicht nur andere Automated Guided Vehicles, sondern auch Menschen berücksichtigt werden. Mittels eines Ultra-breitband-basierten Real-Time Locating Systems werden die Positionen von Automated Guided Vehicles und Menschen in Echtzeit mit großer Genauigkeit erfasst. Durch die Modellierung von menschlichen Absichten und Verhaltensweisen kann aus den zurückliegenden Positionsdaten eine zukünftige Bewegungstrajektorie von Menschen vorhergesagt werden. Konkret werden hierzu bereits im Vorfeld mögliche Ziele von Menschen entweder manuell vorgegeben oder durch eine Auswertung von Positionsdaten automatisch ermittelt. Diese Informationen werden zusammen mit Initial-Wahrscheinlichkeiten für Ziele sowie Hindernis-Informationen in einer Karte gespeichert. Durch die Auswertung der nur wenige Sekunden zurückliegenden Positionen eines Menschen kann dann bestimmt werden, in welche Richtung sich ein Mensch bewegt und mittels Wegfindelgorithmen werden mögliche Trajektorien ermittelt. Anschließend werden mögliche Trajektorien noch mit Wahrscheinlichkeiten gewichtet und dann Automated Guided Vehicles zur Verfügung gestellt.

Die prognostizierten Trajektorien fließen in die Routenplanung der Automated Guided Vehicles ein. Durch das Vermeiden von durch Menschen blockierten Abschnitten erreichen Automated Guided Vehicles je nach Optimierungsfunktion schneller oder energiesparender ihr Ziel.



Ausgangspunkt des Forschungsvorhabens: Wie können wir alte Anlagen modernisieren und zukunftsfähig machen?

Softwaregestütztes Assistenzkonzept zur Modernisierung von Automatisierungssystemen

Bearbeiter: Philipp Marks

Automatisierungssysteme in der diskreten Fertigung müssen flexibel und wandelbar sein, um in dynamischen Märkten konkurrenzfähig zu sein und dem Wandel hin zur Fertigung kleinerer Stückzahlen bei gleichzeitig größerer Variantenvielfalt gerecht zu werden. Bei Systemen, die im Regelfall auf eine Lebensdauer von mehreren Jahrzehnten geplant sind, ist es unmöglich, die entsprechende Flexibilität bereits zur Entwurfszeit des Systems vorzusehen. Aus diesem Grund sind im Laufe des Anlagenlebens häufige Anpassungen bzw. Umbauten von Software und Hardware erforderlich.

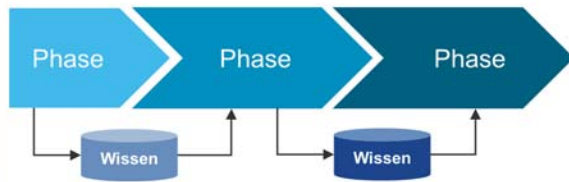
Die Modernisierung von Automatisierungssystemen in der diskreten Fertigung ist ein aufwendiger, individuell durchgeführter und damit fehleranfälliger Prozess, der vom Erfahrungswissen der beteiligten Planer abhängt. Dabei sind bei der Modernisierungsplanung verschiedene Herausforderungen zu berücksichtigen, insbesondere fehlende oder veraltete Dokumentation des Systems, interdisziplinäre Abhängigkeiten sowie die enge Verzahnung des Produkts mit dem fertigenden Automatisierungssystem.

In diesem Forschungsvorhaben wurde ein systematisches Vorgehen zur Modernisierungsplanung entwickelt. Über die Erfassung des Ist-Zustands des Systems, den Vergleich von Soll- und Ist-Zustand bis hin zur Generierung und Bewertung von Modernisierungsmöglichkeiten und der anschließenden Rückführung der gesammelten Erfahrungen unterstützt das Konzept den Anwender durchgängig bei der Planung. Die Anwendung des Assistenzkonzepts wird durch die softwaretechnische Implementierung in Form eines agentenbasierten Assistenzsystems erleichtert. Mithilfe eines geeigneten Informationsmodells führen die Software-Agenten den Planungsprozess überwiegend automatisiert durch und präsentieren dem Planer die identifizierten Modernisierungsmöglichkeiten und unterstützen deren Bewertung.

Das softwaregestützte Assistenzkonzept wurde durch die Anwendung auf zwei am IAS vorhandene Handhabungs- und Produktionssysteme evaluiert. In jeweils mehr als 20 Modernisierungsszenarien werden vom Assistenzsystem mögliche Modernisierungsmöglichkeiten generiert, die vom Anwender als korrekt eingestuft werden. Zwischenzeitlich wurde das Forschungsvorhaben abgeschlossen und die Ergebnisse stehen für den Transfer in die Industrie bereit.

A. CROSS-PHASE

Wissenstransfer zwischen Lebenszyklusphasen



B. CROSS-ENVIRONMENT

Wissenstransfer zwischen ähnlichen Prozessen

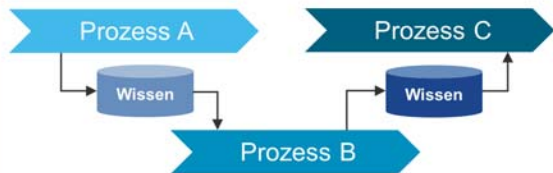
B.I CROSS-STATE

Wissenstransfer innerhalb einer Lebenszyklusphase



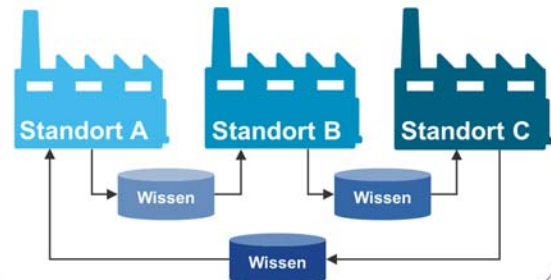
C. CROSS-DOMAIN

Wissenstransfer zwischen unterschiedlichen Prozessen oder Domänen



B.II CROSS-ENTITY

Wissenstransfer zwischen Anlagen bzw. Standorten



Basis-Anwendungsfälle für Industrial Transfer Learning

Deep Industrial Transfer Learning

Bearbeiter: Benjamin Maschler

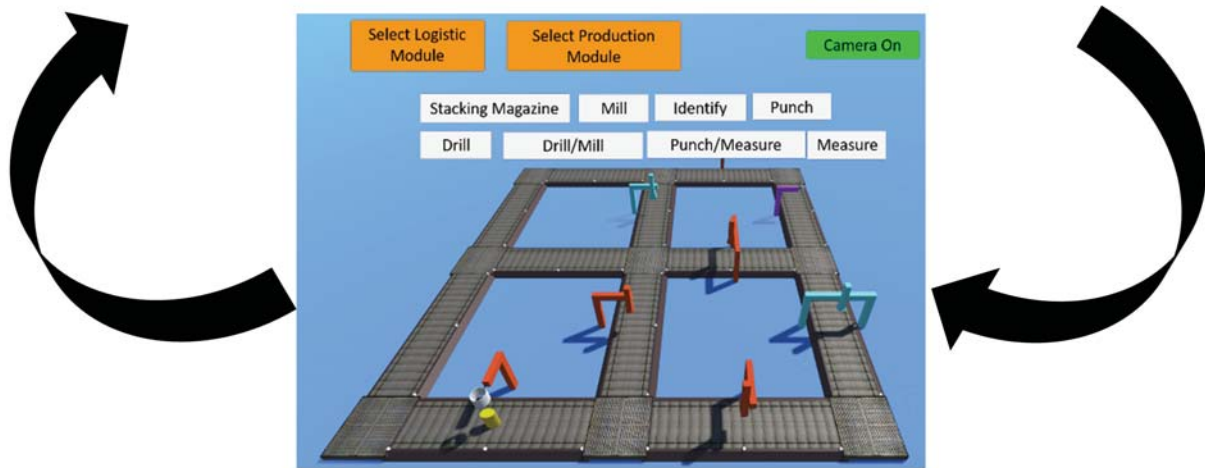
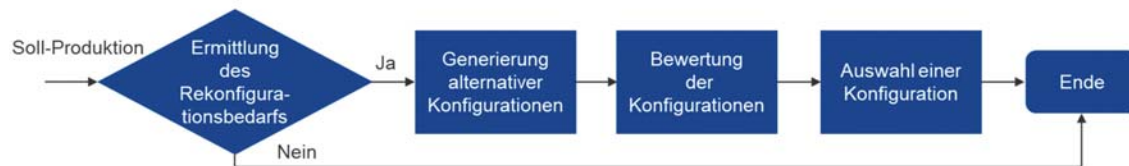
Methoden des maschinellen Lernens versprechen die Lösung vieler Probleme in Entwurf, Betrieb und Rekonfiguration automatisierter Systeme. Vorteil solcher Lösungen wäre, dass sie datenbasiert erfolgen und damit deutlich weniger Anpassungen durch menschliche Experten benötigen. Dies wird in einer Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen bestätigt.

Der praktischen Realisierung dieses Vorteils stehen jedoch zwei Umstände entgegen: für eine hohe Ergebnisqualität sind derartige Algorithmen zum einen auf eine breite Datenbasis angewiesen. Zum anderen zeigen Studien, dass viele Unternehmen nicht bereit sind, ihre Daten mit anderen Unternehmen, beispielsweise in Form einer gemeinsamen Daten-Cloud, zu teilen.

Es ist daher nötig, möglichst viel Wissen zwischen verschiedenen Algorithmen und Anwendungsfällen zu transferieren, um die Anforderungen an problem-spezifische Datensätze sowie den Aufwand für regelmäßige Aktualisierungen zu reduzieren. Derartige Algorithmen existieren dabei in Ansätzen vielfach bereits heute, die Herausforderung liegt jedoch in ihrer Anpassung an die in Produktivumgebungen herrschenden Rahmenbedingungen, wie z. B. eine hohe Sensibilität bezüglich der Kommunikation einzelner Objekte über die Grenzen des jeweiligen Eigentümerbetriebes hinaus.

Einen vielversprechenden Ansatz stellen in diesem Kontext die unterschiedlichen Methoden des Continual bzw. Transfer Learning dar. Diese neuartigen Konzepte könnten auf den genannten Anwendungsfall adaptiert für erhebliche Fortschritte sorgen, indem sie verteiltes, gemeinsames Lernen ohne den Austausch von Messdaten ermöglichen. Konkret kann dies beispielsweise über mehrstufige Lern-Algorithmen unter Nutzung zwischengelagerter Datenbanken zur Speicherung und zum Austausch abstrakter Repräsentationen erfolgen.

Am IAS wird daran gearbeitet, Continual bzw. Transfer Learning für Anwendungsfälle in der Automatisierungstechnik anzupassen. Der nächste Schritt ist dabei nun die Implementierung und Evaluierung des dabei entstandenen, anwendungsunabhängigen Konzepts.



Selbstorganisiertes Rekonfigurationsmanagement von Produktionssystemen

Selbstorganisiertes Rekonfigurationsmanagement von Produktionssystemen

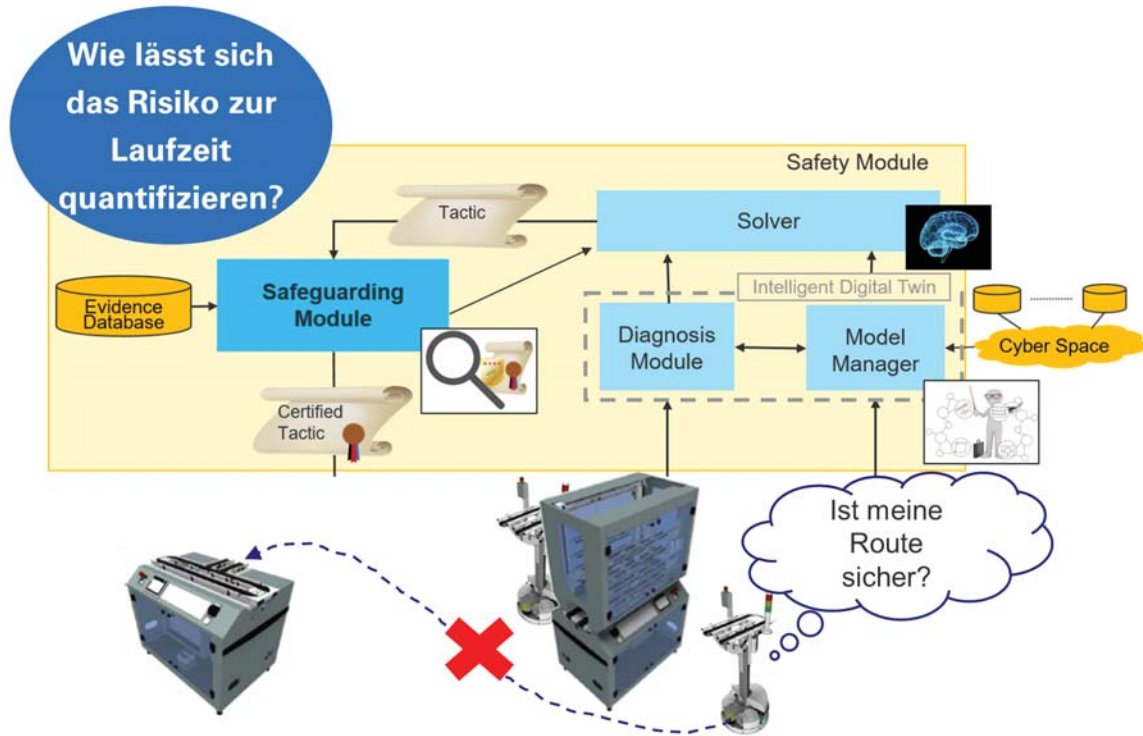
Bearbeiter: Timo Müller

Änderungen an Produktionssystemen während der Betriebsphase - d. h. Rekonfigurationen - werden immer mehr zur Regel statt zur Ausnahmeerscheinung.

Die Rekonfiguration von Produktionssystemen beruht heutzutage sowohl auf der Dokumentation des Gesamtsystems, als auch auf nicht dokumentiertem (Experten-)Wissen und wird größtenteils individuell durchgeführt. Dies geschieht in einem zeitaufwendigen und fehleranfälligen Prozess. Weiterhin führt die Abhängigkeit des Rekonfigurationsfindungsprozesses von der Erfahrung des Menschen dazu, dass nur eine Teilmenge der möglichen Lösungen betrachtet wird und diese auch nicht anhand von objektiven Kriterien ausgewählt wird.

Dieses Forschungsvorhaben beschäftigt sich deshalb mit der Beantwortung der Frage: Wie können Produktionssysteme um die Fähigkeit eines selbstorganisierten Rekonfigurationsmanagements bereichert werden?

Das Konzept umfasst vier Schritte. Sobald eine zur Betriebszeit durchgeführte Ermittlung des Rekonfigurationsbedarfs aufzeigt, dass eine Rekonfiguration vonnöten ist, wird anschließend eine Rekonfigurationsplanung bestehend aus der Generierung alternativer Konfigurationen, der Bewertung der Konfigurationen und der Auswahl einer Konfiguration durchgeführt. Die definierte Methodik basiert dabei zunächst auf einer geeigneten Modellierung nach der formalisierten Prozessbeschreibung. Diese ermöglicht die Ermittlung aller alternativen Systemkonfigurationen, welcher eine simulationsbasierte multikriterielle Optimierung folgt. Diese realisiert durch die Anwendung der *Methode der gewichteten Summe* in Verbindung mit einem *Pattern-Search-Algorithmus* eine *Multiple Objective Decision Making-Methode* (MODM-Methode). Anschließend werden die optimierten Systemkonfigurationen basierend auf der Bewertung durch eine *cost-utility analysis*, welche eine *Multiple Attribute Decision Making-Methode* (MADM-Methode) umsetzt, einander gegenübergestellt, um die am besten geeignete Konfiguration auswählen zu können.



Ansatz zur Absicherung autonom getroffener Entscheidungen

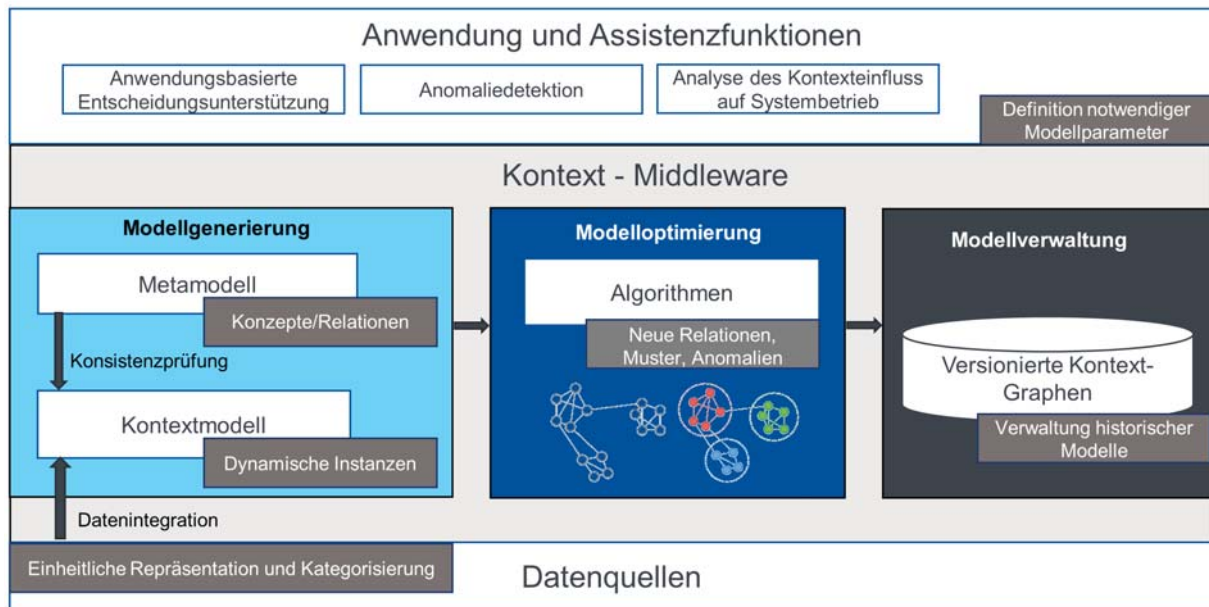
Absicherung Autonomer Systeme während des Betriebs

Bearbeiter: Manuel Müller

Die Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz und der Automatisierungstechnik bringen Systeme mit zunehmender Autonomie hervor. Ein Autonomes System zeichnet sich unter anderem durch seine Selbstanpassung während des Betriebs und die Unsicherheit bezüglich seiner Umgebung aus. Insbesondere stellt sich die Frage, wie zur Entwurfszeit unbekannte Entscheidungen bewertet werden können, um kritische Situationen proaktiv zu vermeiden. Um die Entscheidungen abzusichern, sollen die in Betriebsdaten enthaltenen Informationen über die Unsicherheiten in den Modellen extrahiert werden und unbekannter Einflüsse durch Hypothesenbildung und deren Überprüfung quantifiziert werden.

Eine wesentliche Rolle nimmt in diesem Kontext der sogenannte Safety-Wächter (engl. Safeguarding Module) ein. Dieser Wächter ermittelt die Robustheit der zur Entscheidungsfindung beitragenden Modelle und dem anschließenden Optimierungsprozess, plausibilisiert die Entscheidung auf Basis von historischen Prozessdaten und stellt die Bewertung in menschenlesbarer Form zur Verfügung.

Auf diese Weise wird ein System entworfen, das zwischen Safety und Effizienz auf Basis der abgeschätzten Unsicherheit in der Planung abwägt. Je unsicherer sich das System ist, desto größer wird die Safety-Marge gewählt. Ist das System sich jedoch sehr sicher, kann zu Gunsten der Effizienz eine kleinere Safety-Marge gewählt werden. Diese Abwägung findet zwischen dem Modellmanager oder dem Solver und dem Safeguarding Module statt, die durch Adversarial Training in ihren Entscheidungen hinterfragt werden und sich durch Regelextraktionsalgorithmen so rechtfertigen, dass sie durch Menschen interpretiert werden können. Konkret wird diese Fragestellung an dem Modellprozess einer autonomen Logistikeinheit erforscht. Hier gilt es, die geplanten Routen sicherheitstechnisch zu bewerten.



Schematische Darstellung des kontextbewussten Assistenzsystems zur adaptiven Nutzerunterstützung

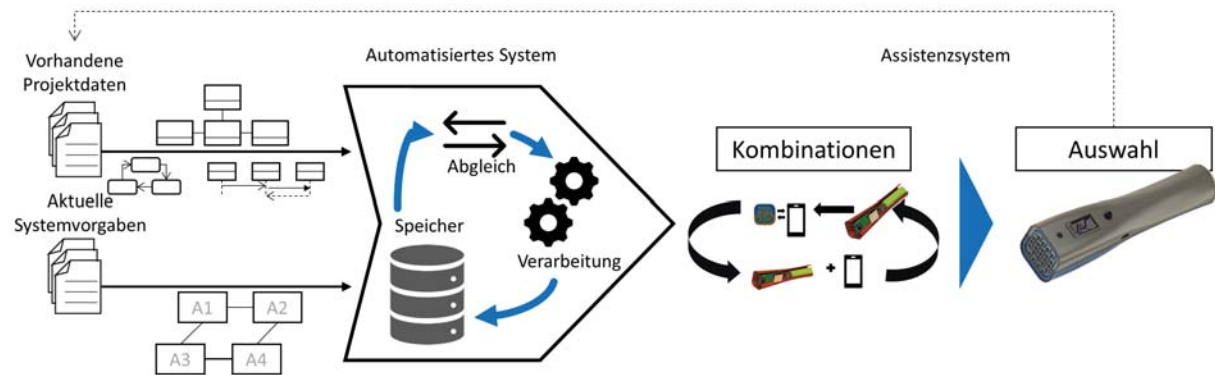
Entwicklung kontextbewusster Assistenzsysteme zur adaptiven Nutzerunterstützung im Ambient Assisted Living Bereich

Bearbeiterin: Nada Sahlab

Vernetzte und intelligente Systeme werden in der Automatisierungstechnik zunehmend sowohl im industriellen als auch im alltäglichen Kontext eingesetzt. Umgebungsparameter, die die Umgebung und die mit diesen Systemen interagierenden Benutzer repräsentieren, können den Betrieb dieser Systeme stark beeinflussen und neigen dazu, heterogen und dynamisch zu sein. Diese Parameter und ihre Beziehung zum System werden nicht ausreichend berücksichtigt, können aber dazu beitragen, die Analyse und den Betrieb des Systems zu optimieren. Das Ermöglichen von Kontextbewusstsein für automatisierte Systeme stellt einen Ansatz zur Berücksichtigung von Umgebungs- und Situationsfaktoren dar.

Dieses Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit einer Methodik zur Modellierung und Verwaltung von Kontextmodellen von Cyber-physischen Systemen. Hierbei wird ein systembezogener und wiederverwendbarer Ansatz zur dynamischen Modellierung des internen Systemkontextes (Systemparameter, Schnittstellen, Funktionen) in Bezug auf für die Interaktion relevante Benutzer- sowie Umgebungsparameter innerhalb einer sogenannten Middleware als Zwischenschicht zwischen Datenquellen und Anwendungen bearbeitet. Das Konzept wird für ein benutzerzentriertes Assistenzsystem zum Medikamentenmanagement gezeigt, auf dessen Grundlage sowohl die Rolle als auch die skalierbare Anwendbarkeit des Kontextmodells dargestellt wird.

Als Anwendungsfall zur adaptiven Unterstützung durch den Einsatz kontextbewusster Assistenzsysteme wird der automatisierte und altersgerechte Tablettendispenser berücksichtigt. Dabei werden verschiedene, heterogene und verteilte Datenquellen berücksichtigt, die durch Umgebungsdaten wie Temperatur und Feuchtigkeit, medizinische Befunde wie der bundeseinheitliche Medikationsplan sowie Patienten-Vitaldaten eines Wearables repräsentiert sind. Durch die Ermittlung des täglichen Nutzer- und Systemkontextes können Anwendungen zur adaptiven Erinnerung sowie zur Verhaltensmodellierung optimiert werden.



Assistenzkonzept zur teilautomatisierten Variantengenerierung

Assistenzkonzept für ein intelligentes Variantenmanagement in der modellbasierten Systementwicklung komplexer mechatronischer Systeme

Bearbeiter: Dustin White

Die Konzepte des modellbasierten Systems Engineerings finden mehr und mehr Einzug in der Automobilindustrie, um die Entwicklungsprozesse vollständig zu digitalisieren. In diesem Zuge werden zunehmend Modelle eingesetzt, um für den Menschen die einzelnen Bestandteile eines Systems verständlich darzustellen. Gleichzeitig bieten Modelle den Benefit, Teile der in der frühen Entwicklungsphase generierten Information zu formalisieren und maschinenlesbar zu machen.

Dabei werden Softwaretools benötigt, die den Systemingenieur oder die Systemingenieurin unterstützen, das Produkt und seine Bestandteile auf einem hohen Abstraktionslevel zu betrachten. Auf abstrakter Ebene nimmt jedoch die Variantenanzahl eines Systems immens zu. Trotz vorhandener Variantenmanagement-Werkzeuge ist der vollständige Lösungsraum somit nicht abbildbar. Gerade durch die Zunahme von Softwarekomponenten in der Automobilbranche erhöht sich dabei der Variantenreichtum und die Kombinationsvielfalt der Systeme und ihrer Komponenten.

Während die Systemingenieurin oder der Systemingenieur das System auslegt und beschreibt und dabei durch funktionale Gedanken getrieben wird, muss die Softwareingenieurin respektive der Softwareingenieur, der schließlich die Software auf Grundlage der Systembeschreibung entwickelt, die Beschreibung in eine objektorientierte Gedankenwelt integrieren. Dieses Modell soll dann eine virtuelle Repräsentation des Systems sein, an das die Softwareingenieurin bzw. der Softwareingenieur ihre bzw. seine Modelle der Software anpassen kann. Dadurch kann die Komplexität, das System zu verstehen, gesenkt werden. Gleichzeitig bietet ein solches Modell die Möglichkeit, Schritte zu automatisieren und gleichzeitig die Bestandteile des Systemmodells nachzuverfolgen.

Es wird somit ein Assistenzsystem aufgebaut, das die Systemingenieurin respektive den Systemingenieur unterstützt, geeignete Varianten eines Systems zu erzeugen und Strukturbrüche über den gesamten Systementwicklungsprozess zu vermeiden.

Automatisierte Messdatenintegration in Fehleranalyseprozessen

Bearbeiter: Simon Kamm

Aufgrund der zunehmenden Digitalisierung produzieren immer mehr Geräte im Bereich der Automatisierungstechnik eine immense Datenmenge. Dies trifft auch auf Messsysteme in Fehleranalyseprozessen zu. Um die Fehler möglichst genau bestimmen und lokalisieren zu können, werden unterschiedliche Messsysteme und -verfahren eingesetzt. Es entstehen Daten von unterschiedlichen Datenquellen, wodurch die vorhandenen Messdaten heterogen und häufig unstrukturiert vorliegen. Das erschwert die nachfolgende Datenanalyse erheblich, da die Daten schwer zugänglich und verteilt vorliegen. Herausforderungen sind dabei unter anderem der Bedarf an flexiblen Schnittstellen, die hohe Komplexität der Daten und ihrer Relationen sowie vorhandene und verteilte Datensilos.

Deshalb soll ein Konzept für eine automatisierte Messdatenintegration entwickelt und untersucht werden, um die Messdaten intelligent zu integrieren und für eine weitere Verarbeitung zentral bereitstellen zu können. Dafür können formale und semantische Beschreibungen aufgesetzt werden, die in einer Wissensbasis (z. B. Ontologie) realisiert werden. Graphen wie ein Knowledge Graph können daraufhin eingesetzt werden, um die vorhandenen Wissensbasen zu instanziiieren, zu verknüpfen und zu strukturieren. Die vorliegenden Daten können mit Graph Query Sprachen effizient abgefragt und für die weitere Verarbeitung genutzt werden.

Simulations-basierte Assistenten für den Anlagenbetrieb

Bearbeiter: Franz Georg Listl

Intelligente virtuelle Assistenten wie z. B. Alexa oder Siri und die Vorteile, die sie mit sich bringen, haben sich mittlerweile in unserem Alltag etabliert. Dennoch wurde die Entwicklung dieser persönlichen Assistenten im Produktionsbereich bisher nur in geringem Umfang genutzt, sodass sich die Fähigkeiten der persönlichen Assistenten meist nur auf sehr simple Aufgaben beschränken.

Gleichzeitig sind Simulationen längst ein unverzichtbares technologisches Werkzeug für die erfolgreiche Umsetzung der digitalen Fertigung. Die Entwicklung dieser spezifischen und meist auf ein konkretes Problem zugeschnittenen Simulationsmodelle obliegt allerdings weiterhin Domänenexperten und Simulationsingenieuren. Zudem ist die Wiederverwendung dieser meist sehr aufwendig erstellten Simulationsmodelle bis jetzt nur begrenzt möglich.

Zur Bewältigung dieser Herausforderungen soll ein Konzept für ein Betriebsassistentensystem entwickelt werden, welches unterschiedliche Anwendungsgruppen, die am Betrieb einer Anlage oder Fabrik beteiligt sind, bei der Entscheidungsfindung für ein konkretes Problem durch Ausführung geeigneter Simulationen unterstützt. Dafür sind sowohl die Aufbereitung und Darstellung des Simulationswissens in einer Datenbasis, die automatische Identifizierung und Parametrierung geeigneter Daten und Simulationen als auch die kontextgerechte Zusammensetzung der Ergebnisse zur Beantwortung spezifischer Fragestellungen notwendig.

Digitale Zwillinge für Vakuum-Komponenten und -Greifsysteme

Bearbeiter: Valentin Stegmaier

Digitale Abbilder sind vor allem für Simulationen in der Entstehungsphase neuer Komponenten und Systeme, für die virtuelle Inbetriebnahme, Optimierungen in der Betriebsphase sowie als Grundlage neuer digitaler Geschäftsmodelle wichtig.

Schwerpunkt dieser Arbeit bilden daher digitale Verhaltensmodelle von Komponenten für die automatisierte Vakuum-Handhabungstechnik in Maschinen und Anlagen. Ziel dieser Modelle ist eine Abbildung des physischen Verhaltens. Ein modularer Aufbau der Modelle für Komponenten soll die flexible Kombination zu unterschiedlichen Greifsystemen ermöglichen. Hierbei werden gängige Simulationsumgebungen und Schnittstellen-Formate berücksichtigt, um einen Digitalen Zwilling für die Modellierung zu erhalten. Auf dieser Basis können dann Materialflüsse mittels Vakuum-Komponenten und -Greifsystemen digital konzipiert und ausgelegt werden.

Bewertung der Ausgabeunsicherheit trainierter Softwarekomponenten im Betrieb

Bearbeiter: Hannes Vietz

In den letzten Jahren hat die Bedeutung von Autonomen Systemen und deren Komponenten, die nicht mehr explizit programmiert, sondern mit Daten trainiert werden, stark zugenommen.

Menschen haben die Fähigkeit, einzuschätzen, wie sicher sie sich in ihrem Handeln sind. Das ist besonders wichtig, wenn ihr Handeln schwerwiegende Konsequenzen hat. Bei erhöhtem Unsicherheitsgefühl kann der Mensch abhängig von der Situation darauf reagieren und sich beispielsweise zurückziehen, defensiver handeln oder um Hilfe bitten. Kurz gesagt: Menschen können abhängig von ihrer Situation verantwortungsbewusst handeln.

Bisherige maschinell trainierte Systeme sind weit davon entfernt, sich ihres Anwendungskontextes bewusst zu sein. Untersuchungen haben ergeben, dass sie ihre eigene Fähigkeit, die korrekte Antwort zu kennen, meist stark überschätzen oder gar keine Möglichkeit haben, ihre Ausgabeunsicherheit einzuschätzen. Es soll daher eine Methodik erstellt werden, die es ermöglicht, dass zukünftig intelligente Systeme in der Lage sein werden, im Betrieb einzuschätzen, wie sicher sie sich in ihrem Handeln sind, um dann dynamisch darauf reagieren zu können.

- Projektabschluss 03/2020 - Vorstellung der Ergebnisse:
 - Assistenzsystem zur intelligenten Qualitätssicherung in der Produktion
 - Use Cases und empirische Studien
 - Leitfaden für die Industrie

Hannover Messe Industrie



Einsatz bei der Otto Fuchs KG



Konferenz NEMU Massivumformung
Tage der Digitalen Technologien Berlin



Präsentation der Projektergebnisse und des Prototypen

Assistenzsystem zur Qualitätssicherung in der Umformtechnik

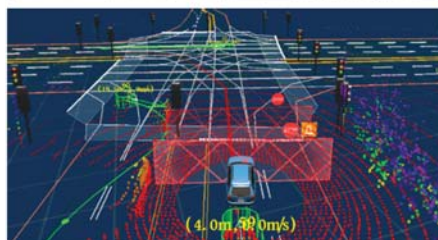
Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projektes EMuDig 4.0 wurden umfangreiche Datenanalysen auf Realdaten aus der Produktion der Otto Fuchs KG durchgeführt. Diese Analysen wurden auf Basis des über die Projektlaufzeit aufgebauten Prototypen realisiert, der zuvor bereits am Institut für Umformtechnik der Universität Stuttgart unter Laborbedingungen getestet und evaluiert wurde. In der nun durchgeführten finalen Phase des Projektes ging es für das IAS primär um die Übertragung der wissenschaftlich gewonnenen Erkenntnisse in das reale industrielle Umfeld der Massivumformung. Dazu wurde der Prototyp auf die Anforderungen aus dem industriellen Produktionsumfeld angepasst, sodass eine Nutzung vor Ort möglich wurde. Die im Hintergrund agierende neuronale Netzarchitektur wurde im Betrieb weitertrainiert, um den Gegebenheiten der neuen Prozesskette Rechnung zu tragen. Der Prototyp wurde zusätzlich auch in eine zu reinen Demonstrationszwecken genutzte Variante überführt, die in Zukunft im Labor des IAS in Kombination mit einer von der Otto Fuchs KG gefertigten Modellpresse besichtigt werden kann.

Neben einer prototypischen Umsetzung des Assistenzsystems in der Produktion hat das IAS sich in der abschließenden Phase des Projektes vor allem in der Beratung zu Fragen der Umsetzung von Industrie 4.0-Projekten sowie mit der Verbreitung der Projekt-Ergebnisse beschäftigt. Neben dem obligatorischen Abschlussbericht ist dabei ein Leitfaden entstanden, der öffentlich zugänglich einen Transfer der Projekt-Erfahrungen und des akquirierten Wissens in die Branche ermöglicht. Der Leitfaden gibt einen Überblick über Herausforderungen, Probleme sowie Lösungsansätze und erfolgsversprechende Konzepte, die im Rahmen des Projektes erfolgreich waren und weiteren Unternehmen damit einen schnelleren Einstieg in die Industrie 4.0 ermöglichen sollen. Darüberhinaus wurden zwei weitere projektbezogene wissenschaftliche Veröffentlichungen verfasst, die einen Überblick über das Konzept, das realisierte Assistenzsystem und die finalen Ergebnisse liefern.

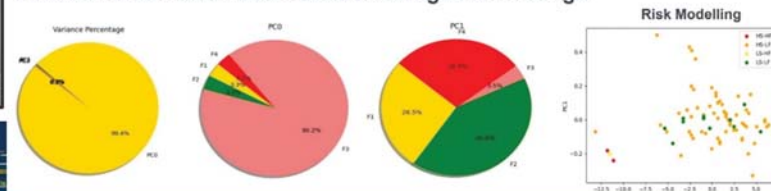


Testing

Dimension	Begin	End
Vehicle Type	Van	Van
Vehicle Distance (m)	20	30
Vehicle Road	Junction	Junction
Vehicle Lane	3	2
Vehicle Orientation	Orthogonal	Orthogonal
Traffic Light State	Green	Green
Fog	60	60



Functional Scenario : Pedestrian crossing in front of ego



KPI	Reinforcement learning	Cross Entropy	Random sampler
Criticality Coverage	64.84 %	50 %	45.45 %
Convergence	61 samples	80 samples	-
Runtime	1106.31 seconds	854.59 seconds	837.64 seconds

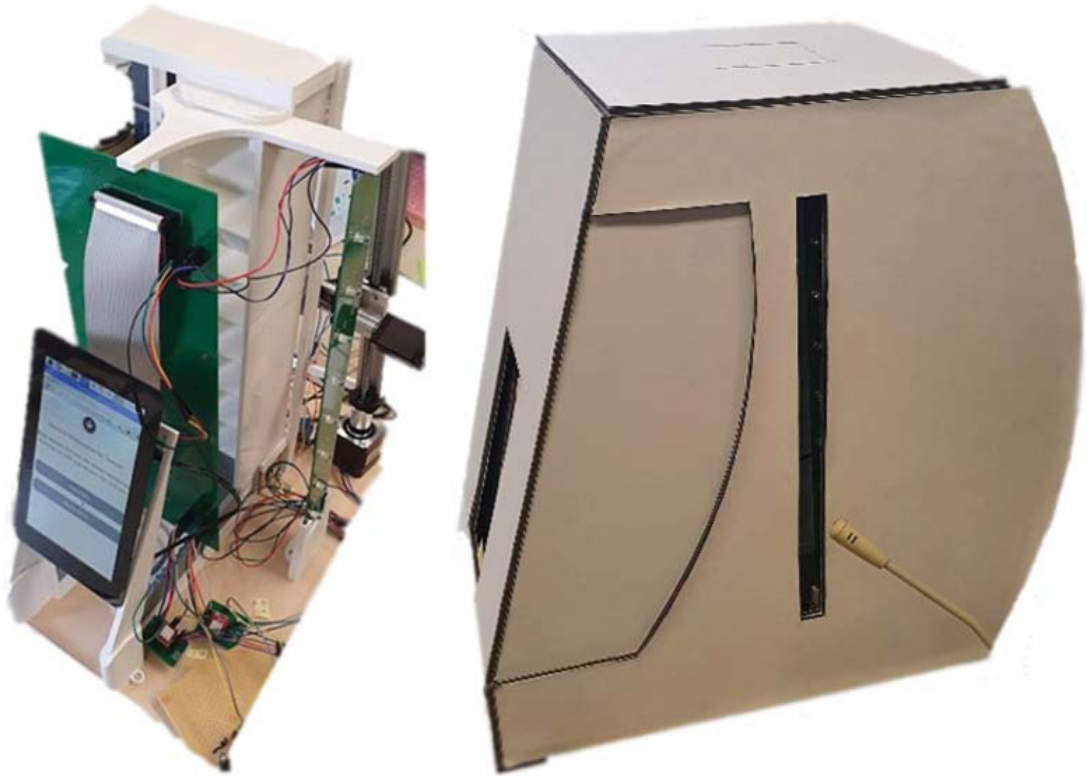
Demonstrator zur intelligenten Indizierung von Testfällen für Autonome Systeme

Test und Validierung Autonomer Systeme

Die Aufgabe von Robo-Test besteht darin, Vertrauen in Autonome Systeme zu schaffen. Robo-Test liefert die Kerntechnologie für den Nachweis eines sicheren und zuverlässigen Verhaltens Autonomer Systeme und Komponenten und setzt damit den Standard für eine effiziente und transparente Validierung, Zertifizierung und Homologation basierend auf KI-gesteuerten Analysen und Testmethoden. Das Ziel besteht in der Etablierung einer standardisierten Plattform zur regressiven, KI-basierten Validierung, die zuverlässige und transparent nachvollziehbare Informationen zur Sicherheit bei der Entwicklung und Erprobung von automatisierten und Autonomen Systemen liefert.

Bei der Absicherung Autonomer Systeme dominieren aktuell Brute-Force-Ansätze, die die Durchführung einer großen Anzahl an Testfällen vorsehen, um eine möglichst gute Abdeckung aller potentiell möglichen Situationen zu erreichen. Diese Ansätze sind jedoch mit hohem Aufwand und damit hohen Kosten verbunden, da ein autonomes Fahrzeug Millionen von Kilometern zurücklegen muss, um als abgesichert zu gelten. Im Rahmen von Robo-Test wurde an einem innovativen Ansatz geforscht, der eine inverse Herangehensweise vorsieht, indem explizit nach Extremsituationen hoher Kritikalität („Corner Cases“) gesucht wird. Die dazu entwickelte intelligente Indizierung von Testfällen beruht auf probabilistischen neuronalen Netzen, die eine wahrscheinlichkeitsbasierte Beschreibung des infiniten Zustandsraums Autonomer Systeme vornehmen. Die Methodik sowie der vorhandene Demonstrator sind in der nebenstehenden Abbildung visualisiert und zeigen den Lernprozess zur Identifikation von Corner Cases sowie die Anwendung entsprechender Testfälle zur Absicherung autonomer Fahrfunktionen. Dadurch können Testfälle effizient und transparent ausgewählt, priorisiert und angewendet werden, sodass eine deutliche Zeitersparnis bei vergleichbarer Abdeckung gegenüber den gängigen Brute-Force-Ansätzen erzielt werden kann.

Der entwickelte Demonstrator zum kognitiven Testen und Validieren Autonomer Systeme wurde am Beispiel des autonomen Fahrens realisiert. Der am IAS vorhandene Fahrzeugsimulator wurde dazu um eine Umgebungssimulation und einen AV-Stack erweitert, sodass die autonomen Fahrfunktionen einerseits unmittelbar und ohne menschliches Zutun sowie andererseits in Kombination mit menschlichem Eingreifen getestet werden können. Neben der Erweiterung um die beiden genannten Komponenten wurde die eingangs bereits erwähnte kognitive Indizierungsmethodik in das Test-Setup integriert, sodass ein in sich geschlossenes Testsystem für Autonome Systeme entstanden ist.



Prototyp mobiler Tablettendispenser

TANTUM - „Therapietreue Tabletteneinnahme für multimorbide Patienten leicht gemacht“

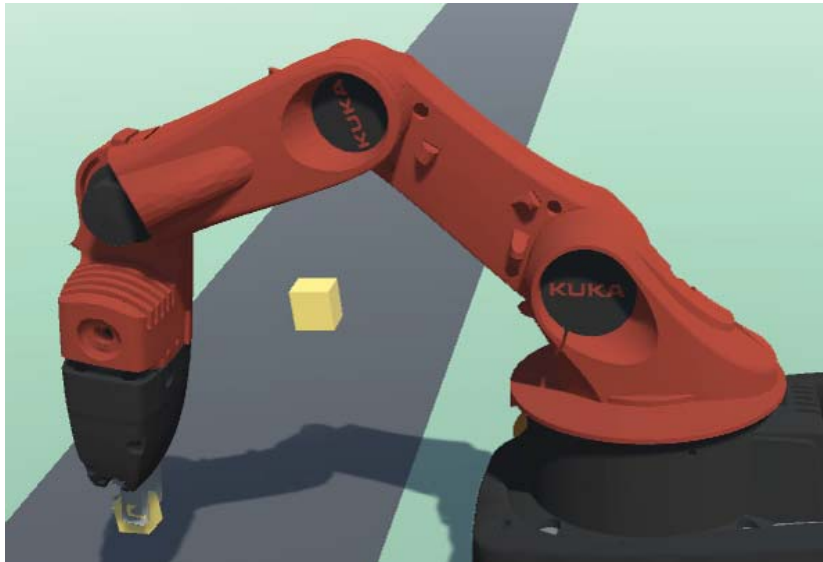
Intelligente Assistenzsysteme bieten die Möglichkeit für eine zukunftsorientierte Unterstützung der älter werdenden Bevölkerung an. Dazu werden neue technologische Ansätze sowie Ansätze des Internet der Dinge angewandt, um diese im Alltagsleben durch die Anbindung von persönlichen Alltagsgeräten einzubetten. Ein Anwendungsfall hierfür ist die Unterstützung bei den Medikamenteneinnahmen, der im Rahmen des vom ZIM geförderten Forschungsprojekt TANTUM durch das IAS und in Kooperation mit dem Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) und der Firma CompWare Medical GmbH bearbeitet worden ist.

Ziel dieses Projektes war es, ein innovatives und intelligentes Gesamtsystem zu entwickeln, das eine regelmäßige und präzise Medikamenteneinnahme ermöglicht. Die Hauptnutzergruppe bildete sich hierbei aus älteren, chronisch erkrankten Menschen.

Das entwickelte Assistenzsystem sollte sich an die Bedürfnisse des Nutzers anpassen und ihn adaptiv unterstützen. Der entstandene Lösungsansatz berücksichtigte Altersgerechtigkeit durch die umgesetzte Usability-Design Aspekte des automatisierten Systems. Demzufolge wurde ein System aus einem stationären sowie einem mobilen Tablettendispenser entwickelt, was die Flexibilität des Systems und die Integration in den Alltag steigert. Durch die Vernetzung beider Teilsysteme mit dem zentralen Cloud-basierten Server sind alle Informationen zur Medikamenteneinnahme lokal aber auch zentral zuverlässig und sicher gespeichert. Der Grad der Automatisierung und die multimodale Benutzungsschnittstelle unterstützen und entlasten besonders die älteren Nutzer bei der Befüllung von Tabletten sowie bei der Tablettenausgabe. Durch das vernetzte System können Fehlerfälle - wie z. B. Fehlmedikationen oder verzögerte Medikation - frühzeitig erkannt und Eskalationsmaßnahmen wie Kontaktaufnahme zu Angehörigen oder medizinischem Hilfspersonal ergriffen werden. Außerdem dient dieses System als Grundlage zur Ermittlung, Berechnung sowie zur Verbesserung der eigenen medizinischen Adhärenz, was bisher auf generischer und unsystematischer Weise erfolgte. Die Ergebnisse wurden anhand eines vom IAS entwickelnden Prototypen umgesetzt, der hardware- sowie softwaretechnisch implementiert sowie in ein altersgerechtes Gehäuse-Design des IKTDs eingebettet ist.

DTA3: Übertragung des Digitalen Zwillings auf die Produktions-Domäne

Im Rahmen der Forschungskooperation mit der Firma Siemens AG wurde in den Vorgänger-Projekten das Potential des Digitalen Zwillings anhand eines Logistik-Szenarios aufgezeigt. Im Rahmen des diesjährigen Projektes war die Herausforderung, die übergeordnete Ebene zu betrachten. Auf der übergeordneten Ebene geht es um Wertschöpfungsnetze, in die die Digitalen Zwillinge integriert sind und diese so miteinander interagieren. Außerdem ging es nun darum, die Übertragbarkeit des Konzeptes auf eine andere Domäne, nämlich die Produktionsdomäne zu demonstrieren. Dies ist in einer Simulation erfolgreich gelungen. Dazu wurde der Digitale Zwilling eines Greifers in einer Produktionslinie erstellt, der anhand der Kraftverläufe (Prozessdaten) automatisch erkennt, wann seine Modelle erweitert werden müssen.



Simulation des Greifprozesses

Konzeptuntersuchungen für modellbasierte Entwicklungsprozesse

Die modellbasierten Entwicklungsprozesse sind für die Automobilindustrie von entscheidender Bedeutung, um die interne Digitalisierung in der Entwicklung voranzutreiben. Insbesondere der abstrakte modellbasierte Systementwicklungsprozess, der in der Luft- und Raumfahrtindustrie schon lange Standard ist, findet jetzt bei der maschinenbaugeprägten Automobilindustrie Einzug. Aufgrund der stetig steigenden Komplexität der Teilsysteme eines Automobils, die zudem immer software-orientierter werden, müssen Konzepte gefunden werden, die diese Komplexität interdisziplinär kontrollieren.

Während, aufbauend auf der modellbasierten Entwicklung, die modellgetriebene Entwicklung anhand eines Beispielobjektes detailliert analysiert wird, werden insbesondere die Aspekte des Variantenmanagements und die optimale Auswahl einer Systemarchitektur untersucht. Das IAS eruiert dabei die verschiedenen Konzepte der modellbasierten Entwicklung und optimiert respektive automatisiert entscheidende Schritte bei der Generierung der Systemarchitektur.

Simulation zur Absicherung der Integration von automatisierten Systemen in vernetzten Umgebungen

Bisher wurde ein neuartiges Co-Simulationskonzept für Internet der Dinge-Szenarien entwickelt. Dieses Co-Simulationskonzept soll nun Anwendung in der Automotive-Industrie finden. Hierzu wird untersucht, wie sich das Simulationskonzept in ein bestehendes kommerzielles Simulationstool integrieren lässt und welche Voraussetzungen in diesem Simulationstool für eine Integration geschaffen werden müssen.



Hochpräzises Tracking der Position von Waren und Assets in Echtzeit - Einsatzmöglichkeit in Produktion und Lager

Echtzeit-Lokalisierungssysteme in der Produktion

In einer deutsch-ungarischen Kooperation wird zusammen mit zwei Industriepartnern an neuen Einsatzmöglichkeiten von Real-Time Locating Systems (RTLS) in der Fertigungsindustrie geforscht. In diesem vom deutschen BMBF und ungarischen NRDl Office geförderten Projekt entsteht ein intelligentes Assistenzsystem zur einfachen Anwendung von Positionsdaten sowie deren Verknüpfung mit weiteren Datenquellen.

Real-Time Locating Systems ermöglichen die Ermittlung und Nutzung von Positionsdaten auch in geschlossenen Räumen. Auf Ultra-Breitband-Technologie basierende RTLS haben eine hohe Positionierungsgenauigkeit im Bereich von 10 cm - 50 cm. Zum Vergleich: die uns allen aus dem Alltag bekannte und zum Beispiel für die Automobilnavigation verwendete satelliten-gestützte Lokalisierung mittels GPS bzw. Galileo, GLONASS oder Beidou funktioniert nur im Freien und hat eine Positionierungsgenauigkeit von 3 m - 8 m.

Ultra-Breitband-basierte RTLS bieten daher hochwertige Positionierungsdaten, in Echtzeit stehen aktualisierte Positionswerte alle 100 ms (10 Hz) zur Verfügung. Die Nachrüstung eines RTLS in eine bestehende Produktionsanlage oder Lagerhalle ist vergleichsweise einfach und kostengünstig möglich, gleichzeitig ergeben sich mit Echtzeit-Positionsdaten vielfältige Möglichkeiten der intelligenten Automatisierung. Insbesondere im Bereich für Industrie 4.0-tauglichen, auf fahrerlosen Transportfahrzeugen (engl. Automated Guided Vehicle, AGV) basierenden Intralogistiklösungen verfügen RTLS über sehr viel ungenutztes Potential.

Das IAS arbeitet an einem Konzept und einem Framework zur Vereinfachung von daten-basierten Automatisierungslösungen. Eine Erprobung soll dann bei Anwendern von RTLS in Deutschland und Ungarn durchgeführt werden.

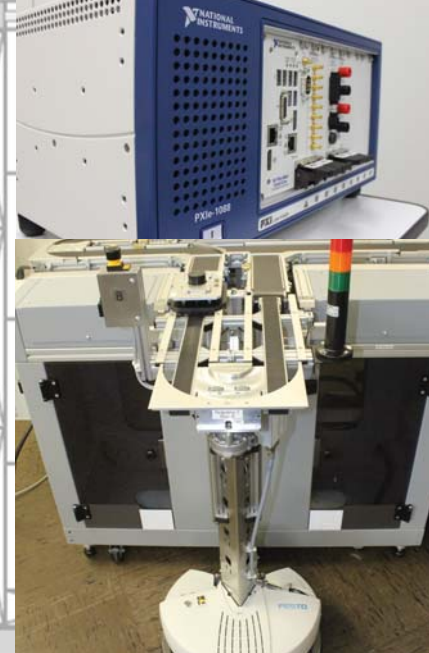
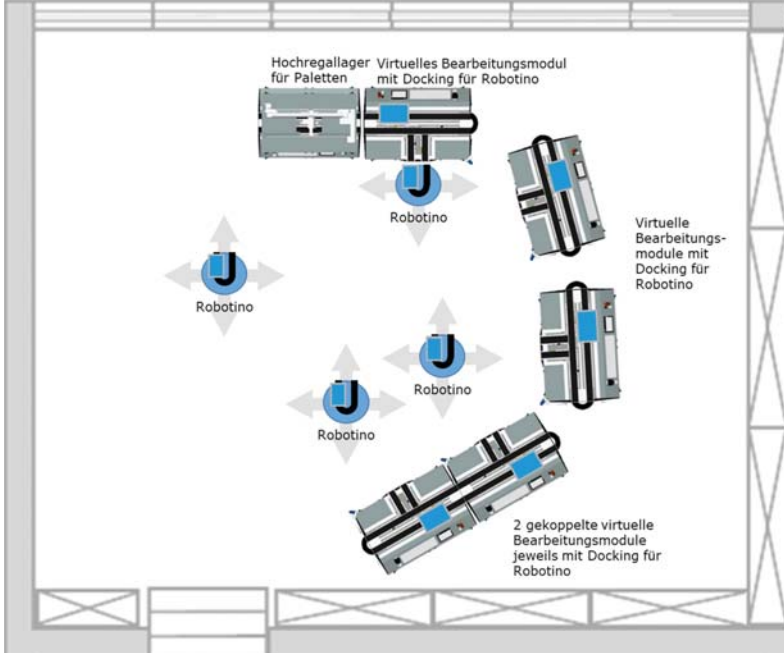


DEMONSTRATOREN

Es ist ein großes Anliegen des IAS, die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit begreifbar darzustellen. Daher sind auch dieses Jahr neue Demonstratoren entstanden bzw. bestehende weiterentwickelt worden:

- Das neue „Großgerät“ mit vier mobilen Robotino-Robotern, fünf Bearbeitungs- bzw. Übergabestationen und einem Lager wurde geliefert und in Betrieb genommen.
- Am IAS haben wir ein Indoor Real-Time Locating System verfügbar.
- Das szenariobasierte Testen autonomer Fahrfunktionen kann auf einem erweiterten Fahrsimulator erprobt werden.
- Der Digitale Zwilling wurde auf unserem Modularen Produktionssystem, dem Logistik-Demonstrator mit LKW-Modell sowie an dem Flexiblen Produktionssystem in der ARENA2036 umgesetzt.

Auf den folgenden Seiten stellen wir Ihnen diese Demonstratoren vor.



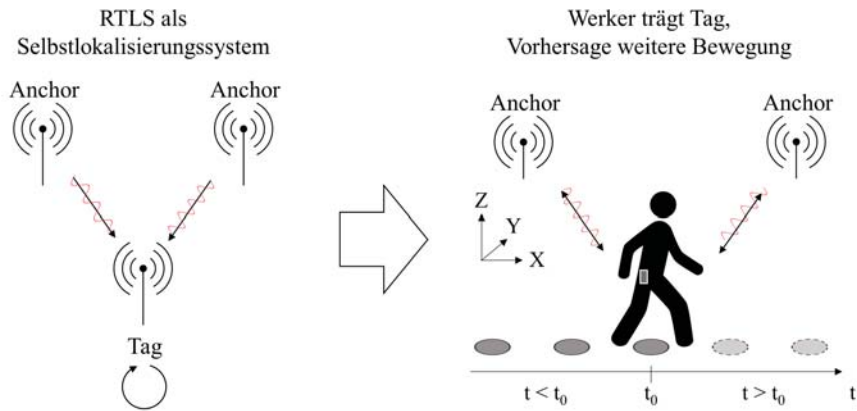
Neue Demonstratoren am IAS

Flexible Einzelstückfertigung für die Produktion der Zukunft

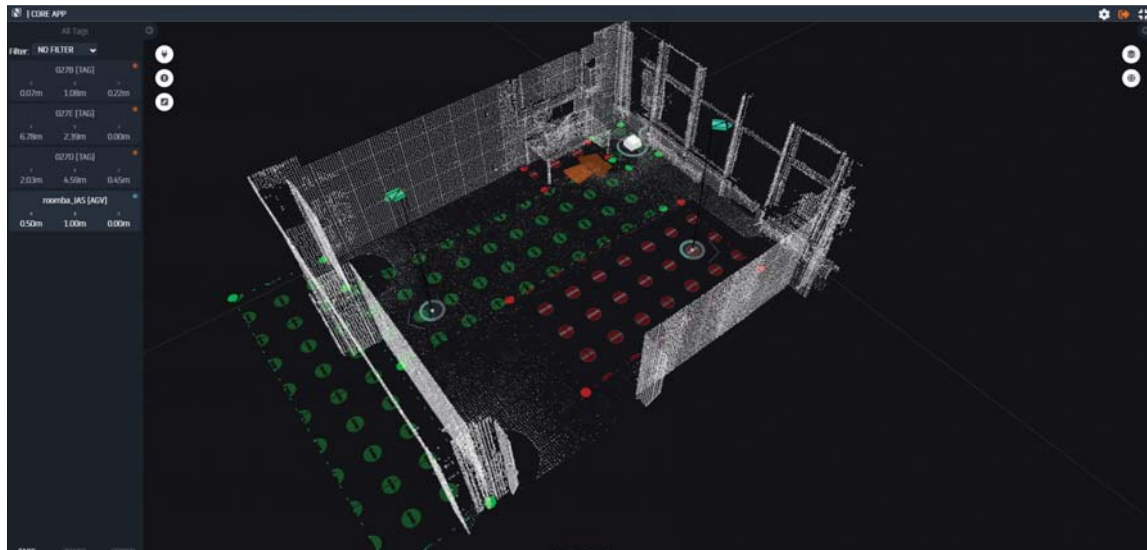
Bei diesem Demonstrator geht es darum, die flexible Produktion der Zukunft zu erforschen. In einem intelligenten Hochregallager werden Produkte und Ressourcen unterschiedlicher Reifegrade aufbewahrt. Alle Produktinformationen sind im zugehörigen Wareenträger hinterlegt. Sobald Produktionskapazitäten frei werden, wird das am höchsten priorisierte Zwischenprodukt automatisch ausgewählt und in den Produktionsprozess gegeben. Ebenso wird mit Ressourcen verfahren. Eine mobile Intralogistik-Einheit, ein sogenannter Robotino, holt das Zwischenprodukt ab und fährt es zur nächsten freien Produktionseinheit, wo das Zwischenprodukt weiterverarbeitet wird. Ist ein Produktionsabschnitt abgeschlossen, wird das entsprechende Teil wieder von einem Robotino abgeholt und im Lager kommissioniert.

Der Demonstrator wurde im Rahmen eines DFG-Großgeräte-Antrags angeschafft und dient der Erforschung neuer, effizienzsteigernder Innovationen wie beispielsweise eine intelligente Rekonfiguration oder vorausschauende Wegplanung der Intralogistik-Einheiten. Aber auch die Fragestellung der Safety solcher hochautomatisierter oder sogar Autonomer Systeme soll erforscht werden.





Trajektorienvorhersage menschlicher Werker mittels Real-Time Locating System



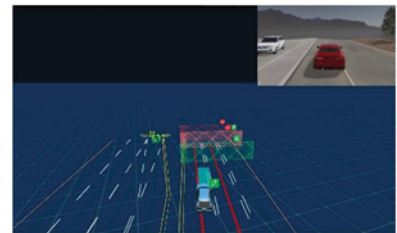
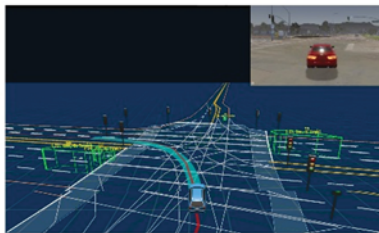
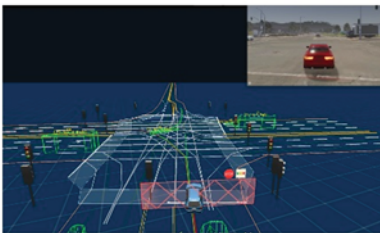
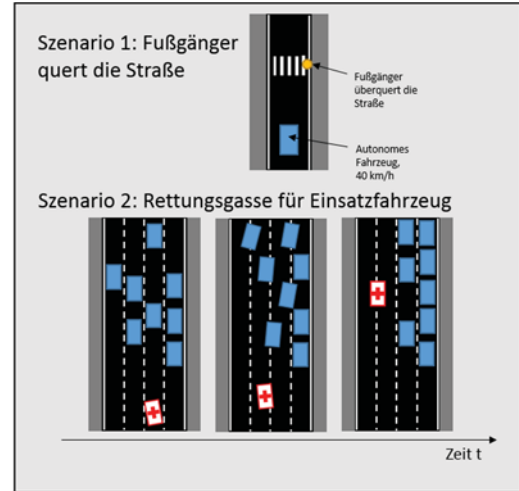
Labor des Real-Time Locating Systems aus der Vogelperspektive mit grünen und roten Geofences, in Echtzeit werden die türkis-farbenen Tags lokalisiert

Real-Time Locating System (RTLS)

In einem IAS-Labor wurde ein Real-Time Locating System (RTLS) installiert, welches auf der Ultra-Breitband-Technologie basiert. Über vier fest verbaute Antennen in jeder der vier Raumecken, sogenannte Anchors, können mobile Sender, auch als Tags bezeichnet, lokalisiert werden.

Im Labor werden Tags mit einer Lokalisierungsgenauigkeit von unter 10 cm mit einer Messwiederholfrequenz von bis zu 10 Hz geortet. Alle 100 ms kann die Position von Menschen oder fahrerlosen Transportfahrzeugen präzise bestimmt werden. Sogenannte Geofences können für positionsbasierte Automatisierungslösungen eingesetzt werden. Hierbei werden Automatisierungsfunktionen durch das Betreten oder Verlassen bestimmter Ortsbereiche ausgelöst.

An diesem neuen Demonstrator erforscht das IAS den Einsatz von Modellen zur Trajektorienvorhersage menschlicher Werker in Produktionsanlagen und Lagerhallen. Mittels einer solchen Bewegungsabschätzung können Automatisierungslösungen nicht nur aktuelle und vergangene gemessene Positionsdaten, sondern auch vorausprognostizierte, zukünftige Positionswerte zur Verfügung gestellt werden.



Entwicklung von KI-Algorithmen zum simulationsbasierten Testen

Szenarienbasiertes Testen autonomer Fahrfunktionen

Im Rahmen des Stuttgarter ChangeLabs wurde am IAS ein Demonstrator für das Testen autonomer Fahrfunktionen aufgebaut. Dazu wurde von Studierenden eine webbasierte Test-App entwickelt, die einen manuellen sowie vollautomatisierten Testprozess Autonomer Systeme und Komponenten erlaubt. Die App wurde für das autonome Fahren mithilfe eines speziellen Simulators umgesetzt.

Der entstandene Demonstrator deckt dabei zwei Szenarien ab. Die realisierten Szenarien sind durch verschiedene Dimensionen charakterisierbar (Lichtverhältnisse, Reibwert der Straße etc.) und in ihrer Komplexität gleichwertig.

Das erste Szenario besteht im Abbremsen eines autonomen Fahrzeugs, um Fußgänger/innen das sichere Überqueren der Straße zu ermöglichen. Abhängig von den gewählten Umgebungsparametern der verschiedenen Dimensionen kann es sich hierbei auch um das Einleiten einer Notbremsung handeln.

Das zweite Szenario berücksichtigt das Einscherens eines zweiten Verkehrsteilnehmenden vor das autonome Fahrzeug.

Die in den verschiedenen Situationen der Szenarien gelernten Zusammenhänge konnten für Folgeversuche weiterverwendet werden, sodass ein inkrementeller Lernprozess realisiert wurde. Der entwickelte Demonstrator beinhaltet darüberhinaus zwei intelligente Kamera-Systeme, die als Fahrzeugkomponenten ebenfalls sukzessiv getestet werden können.



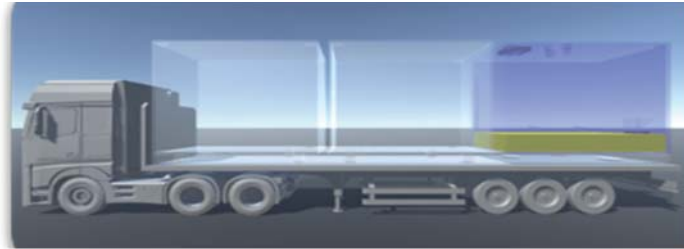
Digitaler Zwilling eines Modulare Produktionssystems mit Anzeige der Informationen im Kamerabild des Tablets

Digitaler Zwilling eines Modulare Produktionssystems

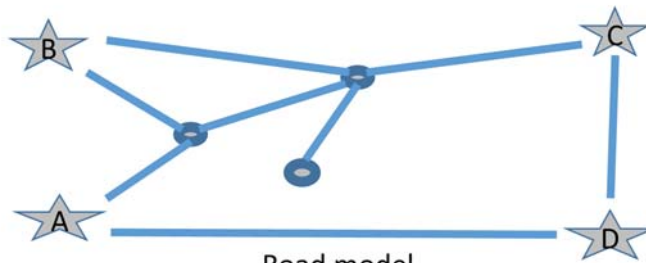
In diesem Jahr entstand am IAS ein Digitaler Zwilling eines Modulare Produktionssystems. Dieser enthält sowohl Modelle des Modulare Produktionssystems, als auch die erfasste Prozessdaten. Die Modelle (CAD-Modelle, modelliert in Unity 3D, Modelle des Steuerungscode sowie ein Modell des Schaltplans) werden über die am IAS entstandene Ankerpunktmethode ständig synchron mit der Realität gehalten. Die Prozessdaten werden direkt aus der Steuerung und vom Bus ausgelesen und in den Digitale Zwilling geführt.

Neben dem reinen Aufbau des Digitalen Zwillings wurden auch modellhafte Use Cases realisiert. So kann beispielsweise eine Fehlerüberprüfung und -lokalisierung mithilfe des Digitalen Zwillings erfolgen, indem während des Betriebs überprüft wird, ob die realen Prozessdaten mit den durch den Digitalen Zwilling simulierten Daten übereinstimmen.

Zusätzlich wurde der Digitale Zwilling um Augmented-Reality-Anwendungen erweitert, welche den Betreiber in unterschiedlichen Rollen während des Betriebs unterstützen. So kann sich z. B. das Instandhaltungspersonal die genaue Position eines Fehlers in der Anlage anzeigen lassen, indem Informationen in das Live-Kamerabild des Tablets eingeblendet werden. Zudem können zu jeder Komponente Informationen live im Kamerabild des Tablets angezeigt werden, um beispielsweise bei einer Optimierung oder Überwachung zu unterstützen.



Intelligent Digital Twin



Road model



Asset

Realisierung der Architektur des Digitalen Zwillings anhand eines LKW-Modells

Automatische Modellerweiterung auf Basis des Intelligenten Digitalen Zwilling

Modelle bilden in modernen Automatisierungssystemen die Grundlage hochwertiger Entscheidungen. Dabei haben Modelle unterschiedliche Stärken und Schwächen sowie Einsatzmöglichkeiten, sodass moderne Automatisierungssysteme eine Vielzahl unterschiedlicher Artefakte verwalten müssen. Für diese Aufgabe wurde das Konzept des Digitalen Zwillings entwickelt. Der Digitale Zwilling ist laut Definition die digitale Repräsentanz eines physischen Assets. Er verwaltet neben Modellen auch weitere Artefakte wie beispielsweise Produktbeschreibungen und synchronisiert sich anhand der Prozessdaten mit seinem Asset. Wird dieses Konzept mit Methoden der Wissensverarbeitung und der künstlichen Intelligenz kombiniert, ergibt sich ein mächtiges Framework für die Entwicklung Autonomer Systeme: der Intelligente Digitale Zwilling.

Anhand eines Modell-LKWs wird dieses Framework greifbar. Der LKW ist mit verschiedenen Sensoren und Aktoren ausgestattet und liefert damit physikalische Prozessdaten. Diese werden durch Soft-Sensoren um synthetische Daten erweitert. Auf Basis dieser Daten wird neben der Synchronisation mit dem Asset nun ein zweiter Anwendungsfall ausgearbeitet: die automatische Modellerweiterung.

In einem simulativ entworfenen Szenario liefert der LKW an vier Standorte seine Waren aus. Die Routen unterscheiden sich in ihren physikalischen Eigenschaften. Außerdem werden Ereignisse wie Stau oder Regen simuliert. Ausgehend von einem ganz einfachen Modell, welches nur die Abstände zwischen den Zielstationen kennt, gelingt es mit zunehmender Anzahl an Fahrten, ein immer genaueres Modell der einzelnen Strecken aufzubauen und sogar Ereignisse aufzudecken.



Flexible Produktionsanlage im Forschungscampus ARENA2036

Flexible Produktionsanlage in der ARENA2036 mit Digitalem Zwilling

In einem Kooperationsprojekt mit den Unternehmen Siemens, Kuka und Trumpf wurde eine flexible Produktionsanlage im Forschungscampus ARENA2036 (**A**ctive **R**esearch **E**nvironment for the **N**ext Generation of **A**utomobile) realisiert. Diese besteht aus drei selbstständig agierenden, automatisierten Systemen, die koordiniert durch eine zentrale Steuerung ein Modellauto aus Blech produzieren. Der gesamte Systemaufbau aus einem mobilen Roboter, einer Schweißmaschine und dem intelligenten Lager (iLager) zeichnet sich durch eine flexible Verkettung der Komponenten im Prozessablauf aus, die nicht in einer konventionellen, starren Linienproduktion angeordnet sind.

Das IAS hat in diesem Projekt das iLager digital entworfen, die Steuerung programmiert und schließlich als reale Anlagenkomponente aufgebaut. Das iLager wird als Vorratslager für die vorgefertigten Blecheinzelteile verwendet, welche dem mobilen Roboter in Werkstückträgern zur Verfügung gestellt werden. Die mechanischen, elektrischen und softwaretechnischen Eigenschaften und Informationen des iLagers wurden durch verschiedene Tools auf dem Server der ARENA2036 als digitale Modelle zum Digitalen Zwilling des iLagers integriert.

Derzeit wird die Flexibilität der Anlage und speziell des Lagers erhöht, indem unterschiedliche Sensorik nachgerüstet wird. Dazu gehört ein Echtzeitlokalisierungssystem, das unter anderem die Position des Roboters und der iLagers überwacht und für die flexible Wegplanung des Roboters benötigt wird. Dadurch wird es möglich, unter anderem das Lager dank seines fahrbaren Aufbaus frei im Raum zu platzieren. Außerdem werden die Komponenten derzeit mit Hardware und entsprechenden Schnittstellen zur Erfassung der Prozessdaten ausgestattet, um darüber neue Erkenntnisse über die Anlage sowie deren Betriebszustand zu erlangen.

Übersicht zu den IAS-Veröffentlichungen aus dem Jahr 2020

Weitere Informationen, Papers, Texte und Bilder finden Sie auf der IAS-Webseite www.ias.uni-stuttgart.de

⇒ Veröffentlichungen oder auf ResearchGate https://www.researchgate.net/profile/Michael_Weyrich

In diesem Jahr wurden 38 Beiträge neu veröffentlicht:

An intelligent medication assistance system

N. Sahlab, N. Jazdi and M. Weyrich

14. AUTOMED - Automation in Medical Engineering, 02.-03.03.2020, Lübeck, 2020.

Anomaly detection and prediction in discrete manufacturing based on cooperative LSTM networks

B. Lindemann, N. Jazdi and M. Weyrich

16th IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), 20-21 Aug. 2020, Hong Kong, Hong Kong, 2020.

Adaptive Quality Control for discrete large-scale Manufacturing Systems subjected to Disturbances

B. Lindemann, N. Jazdi and M. Weyrich

25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 8-11 Sept. 2020, Vienna, Austria, 2020.

A Hybrid Methodology For Model-based Probabilistic Resilience, Evaluation Of Dynamic Systems

A. Morozov, M. A. Diaconeasa and M. Steurer

International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE - Virtual Conference), 16-19 Nov. 2020, Portland, USA, 2020

Anwendungsfälle und Methoden der künstlichen Intelligenz in der anwendungsorientierten Forschung im Kontext von Industrie 4.0

B. Maschler, D. White and M. Weyrich

Sammlung: 05, Fakultät Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik, Univ. Stuttgart, 17.02.2020, 2020.

A User-Centered Interface Design for a Pill Dispenser

N. Sahlab, L. Wiebelitz, P. Schmid, F. Reichelt, N. Jazdi, T. Maier and M. Weyrich

9th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (Virtual Conference), 13-16 Oct. 2020, Cobe, Japan, 2020.

Bayesian Model for Trustworthiness Analysis of Deep Learning Classifiers

A. Morozov, E. Valiev, M. Beyer, K. Ding, L. Gauerhof and C. Schorn

Proceedings of the Workshop on Artificial Intelligence Safety 2020, co-located with the 29th International Joint Conference on Artificial Intelligence and the 17th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-PRICAI 2020).

Continual Learning of Fault Prediction for Turbofan Engines using Deep Learning with Elastic Weight Consolidation

B. Maschler, H. Vietz, N. Jazdi and M. Weyrich

25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 8-11 Sept. 2020, Vienna, Austria, pp. 959-966, 2020.

PUBLIKATIONEN

Deep Transfer Learning at Runtime for Image Recognition in Industrial Automation Systems

B. Maschler and M. Weyrich

16th Technical Conference EKA - Design of Complex Automation Systems, Mai 2020, Magdeburg, 2020.

Designing an elderly-appropriate voice control for a pill dispenser

N. Sahlab, C. Sailer, N. Jazdi and M. Weyrich

14. AUTOMED - Automation in Medical Engineering, 02.-03.03.2020, Lübeck, 2020.

Digital Twin for Verification and Validation of Industrial Automation Systems - a Survey

A. Löcklin, M. Müller, T. Jung, N. Jazdi, D. White and M. Weyrich

25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 8-11 Sept. 2020, Vienna, Austria, 2020.

Digital Twin of manufacturing systems: a case study on increasing the efficiency of reconfiguration

B. Ashtari Talkhestani and M. Weyrich

at - Automatisierungstechnik, vol. 68, no. 6, 02.06.2020, pp. 435-444, 2020.

Distributed Cooperative Deep Transfer Learning for Industrial Image Recognition

B. Maschler, S. Kamm, N. Jazdi and M. Weyrich

53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems, 1-3 July 2020, Chicago, 2020.

Dynamic Context Modeling for Cyber-Physical Systems Applied to a Pill Dispenser

N. Sahlab, N. Jazdi and M. Weyrich

25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 8-11 Sept. 2020, Vienna, Austria, 2020.

Einsatz einer service-orientierten Architektur zur Orchestrierung eines dezentralen Intralogistiksystems

J.-P. Schmidt, T. Müller and M. Weyrich

ten Hompel M., Vogel-Heuser B., Bauernhansl T. (eds) Handbuch Industrie 4.0. Springer Reference Technik. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, published online: 23.03.2020, 2020.

Evaluation of the Impact of Random Computing Hardware Faults on the Performance of Convolutional Neural Networks

E. Valiev, N. Yusupova, A. Morozov, K. Janschek and M. Beyer

In Proceedings of the 8th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2020), Atlantis Press, pp. 307-312, 2020.

Exploring Fault Parameter Space Using Reinforcement Learning-based Fault Injection

M. Moradi, B. J. Oakes, M. Saraoglu, A. Morozov, K. Janschek and J. Denil

50th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops (DSN-W), 29 June - 2 July 2020, Valencia, Spain, pp. 102-109, 2020.

Fault Injectors for TensorFlow: Evaluation of the Impact of Random Hardware Faults on Deep CNNs

M. Beyer, A. Morozov, E. Valiev, C. Schorn, L. Gauerhof, K. Ding and K. Janschek
30th European Safety and Reliability Conference (ESREL), 1-5 Nov. 2020, Venice, Italy, 2020.

Formale Methoden für rekonfigurierbare cyber-physische Systeme in der Produktion

M. Grochowski, H. Simon, D. Bohlender, S. Kowalewski, A. Löcklin, T. Müller, N. Jazdi, A. Zeller and M. Weyrich
In: at - Automatisierungstechnik, vol. 68, no. 1, 28.01.2020, pp. 3-14, 2020.

Hardware-in-the-Loop Simulation for a Dynamic Co-Simulation of Internet-of-Things-Components

T. Jung, N. Jazdi, S. Krauß, C. Köllner and M. Weyrich
53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems, 1-3 July 2020, Chicago, 2020.

Informationsmodelle mit intelligenter Auswertung für den Digitalen Zwilling

M. Müller, B. Ashtari Talkheshtani, N. Jazdi, R. Rosen, J. C. Wehrstedt and M. Weyrich
Automation 2020, VDI-Bericht Nr. 2375, VDI Wissensforum GmbH, Düsseldorf, 2020, pp. 659-673, 2020.

Intelligentes Rekonfigurationsmanagement selbstorganisierter Produktionssysteme in der diskreten Fertigung

T. Müller, N. Jazdi and M. Weyrich
21. VDI-Kongress AUTOMATION (Virtual Conference), 30.06.-01.07.2020, Baden-Baden, 2020.

Iterative Variable Reordering: Taming Huge System Families

C. Dubslaff, A. Morozov, C. Baier and K. Janschek
Proceedings of the 4th Workshop on Models for Formal Analysis of Real Systems (MARS), pp. 121-133, 2020.

Knowledge Representation in Modeling and Simulation: A survey for the production and logistic domain

F. G. Listl, J. Fischer, D. Beyer and M. Weyrich
25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 8-11 Sept. 2020, Vienna, Austria, pp. 1051-1056, 2020.

Model-based Analysis of Timing Errors for Reliable UAV Design

T. Mutzke, M. Steurer, A. Morozov and K. Janschek
30th European Safety and Reliability Conference (ESREL), 1-5 Nov. 2020, Venice, Italy, 2020.

Model-Based Error Detection for Industrial Automation Systems Using LSTM Networks

S. Ding, A. Morozov, S. Vock, M. Weyrich and K. Janschek
In: International Symposium on Model-Based Safety and Assessment, pp. 212-226. Springer, Cham, 2020.

Model-Based Dependability Assessment of Phased-Mission Unmanned Aerial Vehicles

M. Steurer, A. Morozov, K. Janschek and K.-P. Neitzke
21st IFAC World Congress, 11-17 July 2020, Berlin, 2020.

Model-based Fault Injection Experiments for the Safety Analysis of Exoskeleton System

T. Fabarisov, I. Mamaev, A. Morozov and K. Janschek
30th European Safety and Reliability Conference (ESREL), 1-5 Nov. 2020, Venice, Italy, 2020.

Qualitative and quantitative evaluation of reconfiguring an automation system using Digital Twin

B. Ashtari Talkhestani, D. Braun, W. Schloegl and M. Weyrich
53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems, 1-3 July 2020, Chicago, pp. 268-273, 2020.

PUBLIKATIONEN

Reduction Methods on Probabilistic Control-flow Programs for Reliability Analysis

C. Dubslaff, A. Morozov, C. Baier and K. Janschek

30th European Safety and Reliability Conference (ESREL), 1-5 Nov. 2020. Venice, Italy, 2020.

Semantic Structuring of Elements and Capabilities in Ultra-flexible Factories

T. Bauernhansl, M. Weyrich, L. Zarco, T. Müller, P. Marks, T. Schlegel and J. Siegert

53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems, 1-3 July 2020, Chicago, 2020.

Sprachassistierter Entwicklungsprozess für automatisierungstechnische Systeme: ein Ansatz zur Strukturierung komplexer Entwicklungsprozesse

D. White and M. Weyrich

21. VDI-Kongress AUTOMATION (Online), Baden-Baden, 30.06-01.07.2020, pp. 579-590, 2020.

System Architectures for Cyber-Physical Production Systems enabling Self-X and Autonomy

D. Stock, T. Bauernhansl, M. Weyrich, M. Feurer and R. Wutzke

25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 8-11 Sept. 2020, Vienna, Austria pp. 148-155, 2020.

Trajectory Prediction of Humans in Factories and Warehouses with Real-Time Locating Systems

A. Löcklin, T. Ruppert, L. Jakab, R. Libert, N. Jazdi and M. Weyrich

25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 8-11 Sept. 2020, Vienna, Austria, 2020.

Utilizing Model-based Timing Analysis for Holistic Dependability Assessment of Unmanned Aerial Vehicle

M. Steurer, T. Mutzke, A. Morozov, K. Janschek and K.-P. Neitzke

30th European Safety and Reliability Conference (ESREL), 1-5 Nov. 2020, Venice, Italy, 2020.

Validierung Autonomer Systeme - Transparenz und Effizienz durch kognitive Testmethoden

C. Ebert, M. Fouad, B. Lindemann and M. Weyrich

In: OBJEKTSpektrum, pp. 32-37, Ausgabe 06/2020, 2020.

Virtual validation of autonomous vehicle safety through simulation-based testing

M. Saraoğlu, Q. Shi, A. Morozov and K. Janschek

In: 20. Internationales Stuttgarter Symposium, pp. 419-434, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2020.

Wie die Automation die Geschicke im Jahr 2030 bestimmen wird Schlüsseltechnologien der Automatisierung - eine kleine Reise in die Zukunft der Automationn

M. Weyrich

In: Sonderdruck der Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik, als Beilage der Fachzeitschrift „Open Automation“ 11/2020 und „ETZ Elektrotechnik + Automation“, 11/2020, VDI Verlag, 2020.



LEHRE

LEHRE IN BESONDEREN ZEITEN

Zwar nutzt das IAS schon seit langem die Möglichkeiten der Online-Lehre und ist damit schon sehr gut aufgestellt. Lehre in Zeiten von Corona ist aber für uns alle eine neue Erfahrung. Nur die Vorlesungsaufzeichnungen aus den Vorjahren hochzuladen, hat unseren Qualitätsansprüchen nicht genügt.

Als das Sommer- und später auch das Wintersemester online stattfinden mussten, haben wir in den Vorlesungen das Konzept des „Flipped Classrooms“ eingeführt: die Vorlesungsaufzeichnungen werden dazu kapitelweise online gestellt. Im Nachgang gibt es dann eine Videosprechstunde, in der Lösung diskutiert und Fragen beantwortet werden.

Mit großer Unterstützung der Mitarbeitenden haben wir darüberhinaus neue Szenarien-Übungen im Sinne von praxisbezogenen Aufgaben erzeugt. Übrigens: „Online“-Workshops mit den Studierenden funktionieren erstaunlich gut.

Zudem wurde auch ein Labor, das als Teamarbeit zur Softwareentwicklung für Modell-Fahrzeuge ausgelegt ist, mit viel Engagement der Mitarbeitenden komplett in einer Simulation durchgeführt. Zwei andere Labore finden in Präsenz, allerdings unter strengen Hygieneauflagen und in kleinen Gruppen statt, da dazu eine spezielle Gerätenutzung unumgänglich ist.

NEUER MASTERSTUDIENGANG AUTONOME SYSTEME

Neben dem Lehrgebiet Automatisierungstechnik und dem Lehrgebiet Softwaresysteme ist der im letzten Jahr neu geschaffene Masterstudiengang Autonome Systeme bei der Fakultät 5 angesiedelt und wird von Prof. Weyrich in seiner Funktion als Studiendekan betreut. Mit dem fakultätsübergreifenden Masterstudiengang stärkt die Universität Stuttgart die Bedeutung eines zentralen Forschungs- und Entwicklungsschwerpunktes bei der Ausbildung der Ingenieurinnen und Ingenieure von Morgen. Der Studiengang ist in zwei wählbaren Profilen Vernetzte Intelligenz und Intelligente Automatisierung in Kombination mit fünf vertiefenden Anwendungsfächern organisiert, an denen Institute aus den Bereichen Maschinenbau, Technische Kybernetik, Elektro- und Informationstechnik und Informatik mitwirken.

VORLESUNGEN

Automatisierungstechnik I

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Benjamin Maschler, M.Sc.

Vorlesungen und Übungen der Automatisierungstechnik I wurden dieses Jahr Pandemie-bedingt komplett digital nach der Methode des „Flipped Classroom“ durchgeführt. Dabei werden den Studierenden mittels voraufgezeichneter Videos und umfangreicher Skripts die Lehrinhalte zugänglich gemacht. Zusätzlich gibt es digital abgehaltene Sprechstunden, in denen die Studierenden Fragen stellen und das Gelernte mit den Dozenten diskutieren können. Neu waren zusätzlich drei Fallstudien, anhand derer die Studierenden die Möglichkeit bekamen, sich anhand realer Problemstellungen aus den Bereichen der Automotive IT, der Prozessautomatisierung sowie der Standardisierung mit dem Lernstoff auseinanderzusetzen.

Der Fokus der Lehrveranstaltung lag dabei weiterhin auf informationstechnischen Echtzeitanwendungen, wobei auch auf aktuelle Trends wie beispielsweise die Nutzung von Grafikprozessoren für Steuerungsaufgaben eingegangen wird. Inhaltlich liegt der Schwerpunkt auf den grundlegenden Begriffen der Automatisierungstechnik, Automatisierungs-Gerätesystemen und deren Topographien, Schnittstellen zwischen dem Automatisierungscomputersystem und dem technischen Prozess, Grundlagen zu Kommunikationssystemen in der Automatisierungstechnik, Grundlagen der Echtzeitprogrammierung sowie Programmiersprachen für die Automatisierungstechnik.

Die Vorlesung richtet sich an Studierende der Fachrichtungen Elektrotechnik, Informationstechnik, Mechatronik, Maschinenbau sowie Medizintechnik und wird dabei sowohl von Bachelor- als auch von Masterstudierenden besucht.

Automatisierungstechnik II

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Manuel Müller, M.Sc.

Im Rahmen der Vorlesung Automatisierungstechnik II lernen die Studierenden Automatisierungsprojekte unter Einhaltung der geforderten Sicherheitsnormen fachgerecht durchzuführen. Die Vorlesung vermittelt etablierte Entwicklungsmethoden und Rechnerwerkzeuge, Modellierungstechniken, Algorithmen zur Informationsverarbeitung und zum maschinellen Lernen und gibt einen Ausblick auf aktuelle Themen der Automatisierungstechnik. Dabei wendet sich die Vorlesung an Studierende verschiedener Studiengänge, unter anderem der Elektrotechnik und Informationstechnik, der Mechatronik, der Elektromobilität, der Medizintechnik und Nachhaltige Elektrische Energieversorgung. Die Vorlesung Automatisierungstechnik II baut auf Inhalte der Vorlesung Automatisierungstechnik I auf. Dieses Semester kamen neue Inhalte zur Vertiefung des Themas der Neuronale Netzwerke hinzu.

VORLESUNGEN

Verlässlichkeit intelligenter verteilter Automatisierungssysteme

Dozent und Ansprechpartner: Dr.-Ing. Nasser Jazdi

Seit 2019 wird die Vorlesung Verlässlichkeit intelligenter verteilter Automatisierungssysteme mit 6 Leistungspunkten angeboten. Im Rahmen dieser Vorlesung werden die Zuverlässigkeits- und Sicherheitstechniken gelehrt und mit dynamischer Berechnung der Zuverlässigkeit im Kontext von Internet of Things ergänzt. Neben der schriftlichen Prüfung müssen die Studierenden eine Projektarbeit durchführen. In der Projektarbeit werden die aktuellen Forschungsthemen wie „KI in der Automatisierung“, „Digital Twin“, „Cyber Physical Systems“ und „Einsatz von maschinellem Lernen in der Automatisierung“ untersucht und das Ergebnis in einer Ausarbeitung zusammengefasst.

Grundlagen der Softwaresysteme

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Dustin White, M.Sc.

Aktuell wird die Vorlesung Grundlagen der Softwaresysteme vollständig digital durchgeführt. Zusätzlich werden Sprechstunden angeboten, bei denen der Lehrstoff einer Woche rekapituliert und auf die Fragen der Studierenden eingegangen wird.

Inhaltlich behandelt die Vorlesung die Grundlagen der objektorientierten Softwareentwicklung, die heute in einer Vielzahl industrieller Softwareprojekte zum Einsatz kommt. Die Vorlesung umfasst die Basiskonzepte der objektorientierten Denkweise, die objektorientierte Analyse, den objektorientierten Entwurf und die Implementierung objektorientierter Softwaresysteme. Als Notation kommt dabei die Unified Modeling Language (UML) zum Einsatz.

Technologien und Methoden der Softwaresysteme I

Dozent: Jun.-Prof. Dr.-Ing. Andrey Morozov

Ansprechpartner: Sheng Ding, M.Sc.

Die Vorlesung Technologien und Methoden der Softwaresysteme I behandelt die standardisierte, ingenieurmäßige Herstellung von Software und die damit verbundenen Technologien und Methoden. Softwaretechnik umfasst eine Vielzahl von Teilgebieten, die in ihrer Gesamtheit den gesamten Entwicklungsprozess von der Planung bis zum Testen und dem „Rollout“ begleiten.

Jun.-Prof. Andrey Morozov und Sheng Ding haben in diesem Jahr die Vorlesungen und Übungen übernommen. Der Inhalt des Kurses bleibt aktuell nahezu unverändert. Der Lehrprozess ist wegen der COVID-Beschränkung um aufgezeichnete Videos herum aufgebaut, hierzu hat Jun.-Prof. Morozov neue Videos vorbereitet. Zusätzlich führt er wöchentliche Sprechstunden durch, in denen er Schlüsselpunkte des Kurses im Detail erklärt und Fragen der Studierenden beantwortet.

VORLESUNGEN / SEMINARE

Technologien und Methoden der Softwaresysteme II

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Nasser Jazdi

Im Rahmen der Vorlesung Technologien und Methoden der Softwaresysteme II werden aktuelle Themen aus dem Bereich der Softwaretechnik präsentiert. Während die Vorlesung TMS I verstärkt Themen aus dem Bereich Entwicklung von Software behandelt, beantwortet der zweite Teil vorrangig Fragen aus dem Umfeld der Softwareentwicklung, z. B. mit welchen Maßnahmen und Mitteln die Qualität von Softwaresystemen erhöht werden kann, welche Möglichkeiten bei der Wartung bzw. Weiterentwicklung von bestehenden Softwaresystemen zur Verfügung stehen und welche aktuellen Themen und Techniken die zukünftige Weiterentwicklung der Softwaretechnik prägen. Ab dem Sommersemester 2018 wurde die Vorlesung mit zwei neuen Kapiteln aus den Themengebieten „IoT-Softwaresysteme“ und „Cyber-Security für IoT-Softwaresysteme“ erweitert, um den Studierenden die aktuellen Entwicklungsthemen im Bereich Digitalisierung näher zu bringen.

Seminar Intelligente cyber-physische Systeme

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Timo Müller, M. Sc.

Im Seminar Intelligente cyber-physische Systeme lernen Studierende, spezielle Themenstellungen aus dem Bereich intelligenter cyber-physischer Systeme wissenschaftlich zu bearbeiten. Sie recherchieren hierzu die in wissenschaftlichen Datenbanken angebotene Fachliteratur. Dabei erlernen Sie die Analyse bzw. Extraktion von wesentlichen Zusammenhängen, Methoden, Verfahren sowie Tools. Weiterhin beurteilen die Studierenden ihre Ergebnisse und stellen diese sowohl in Form einer schriftlichen Ausarbeitung als auch Form in einer Fachpräsentation vor.

Das Seminar wird im Wintersemester 2020/21 erstmalig durchgeführt. Während Prof. Weyrich und das IAS die Hauptorganisation sowie die technischen Aspekte verantworten, werden unter Anleitung von Dr. Eric Heintze, dem Projektleiter „Let US start!“ der Stabsstelle des Rektors der Universität Stuttgart auch „Stakeholder und Value Proposition“-Aspekte behandelt.

Industrial Automation Systems

Lecturer Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Contact Person: Nada Sahlab, M.Sc.

The IAS lecture aims at introducing basic concepts and foundations related to industrial automation. These are represented by fundamental terms of automation technology, automation device systems and their topologies, interfaces between the automation systems and the technical process, basics of communication systems in automation technology, basics of real-time programming as well as programming languages for automation technology.

The inter-relations between these topics and keywords such as machine-to-machine communication, Internet-of-Things, Industrial Internet, Real Time Operation etc. are shown.

The lecture is aimed at international students of electrical engineering, information technology, mechatronic and mechanical engineering backgrounds and is attended by master students.

Software Engineering for Real-Time Systems

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Christof Ebert

Ansprechpartner: Simon Kamm, M.Sc.

Die Vorlesung „Software Engineering for Real-Time Systems“ wird von Prof. Dr.-Ing. Christof Ebert (Fa. Vector Consulting Services GmbH) im Rahmen des internationalen Studiengangs INFOTECH gehalten. Sie erfreut sich mit über 90 abgenommenen Prüfungen im Jahr 2020 weiterhin großer Beliebtheit. Die Studierenden bewerten die Vorlesung immer wieder sehr gut, denn anders als in vielen anderen Vorlesungen kommen die Fragestellungen und Vorgehensweisen direkt aus der Industrie. Der rote Faden ist die professionelle Entwicklung von Echtzeit-Systemen über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Insbesondere werden unterschiedliche Prozesse und Prozessmodelle sowie aktuelle Software-Entwicklungswerkzeuge vorgestellt. Dabei spannt sich der Bogen vom Requirements Engineering über Design, Implementierung, Verifikation, Validierung bis hin zum Qualitäts- und Projektmanagement. Die Vorlesung beschreitet in jedem Jahr Neuland, derzeit beispielsweise aktuelle Architekturen für IoT und Automotive, Multi-Core Absicherung, Cybersecurity, Validierung Autonomer Systeme, global verteilte Teams sowie die agile Softwareentwicklung kritischer Systeme.

RINGVORLESUNGEN

Ringvorlesung Forum Software und Automatisierung

Veranstalter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich, Prof. Dr.-Ing. Christof Ebert

Ansprechpartner: Tobias Jung, M.Sc.

Die Ringvorlesung wird jeweils im Wintersemester angeboten. Dieses Mal findet sie aufgrund von Covid-19 virtuell statt. Die einzelnen Dozenten aus der Industrie, die aktuelle Themen der Automatisierungs- und Softwaretechnik aus ihrer Sicht beleuchten, halten ihren Vortrag über eine Webkonferenz und beantworten anschließend Fragen (Link Webkonferenz: <https://www.ias.uni-stuttgart.de/lehre/vorlesungen> unter Ringvorlesung). Dieses zusätzliche Vorlesungsangebot soll vor allem den Bezug der Theorie zur Praxis stärken und Studierenden die Möglichkeit geben, einerseits aktuelle Herausforderungen aus der Praxis kennenzulernen und andererseits Kontakte in die Industrie zu knüpfen. Aus diesem Grund richtet sich das Angebot zwar hauptsächlich an Studierende verschiedener Fachbereiche, allerdings werden auch berufstätige Ingenieurinnen und Ingenieure, die sich einen Überblick über aktuelle Themen der Automatisierungs- und Softwaretechnik verschaffen möchten, gerne willkommen geheißen.

- Wohlriechende Software entwickeln, Dr. Michael Wedel, mk-messtechnik GmbH, 05.11.2020
- Auf dem Weg zu autonomen Systemen - Eine Industrie-Sicht auf Autonomie, Dr. Thomas Gamer, ABB AG, 12.11.2020
- 3D-Simulation und virtuelle Inbetriebnahme im Praxistest, Susanne Rösch, Harro Höfliger, Verpackungsmaschinen GmbH, 19.11.2020
- Entwicklung von sicheren optischen und abstandsmessenden Sensoren, Dr. Sören Hader, Pilz GmbH & Co. KG, 26.11.2020
- Embedded System Development: Theorie und Praxis, Dr. Natalja Kehl, Robert Bosch GmbH, 03.12.2020
- Automatisierung in der Prozessindustrie, Stefan Marco Schneider, BASF SE, 10.12.2020
- Absicherung Autonomer Systeme: Validierung und Homologation, Prof. Dr. Christof Ebert, Vector Consulting Services GmbH, 17.12.2020
- Production Systems Engineering am Beispiel der Automobilproduktion, Dr. Wolfgang Schlögl, Siemens AG, 14.01.2021
- IT-Recht: Urheberrechte, Vertragsrecht, Datenschutz, Carlo Kunz, Menold Bezler Rechtsanwälte Partnerschaft mbB, 21.01.2021
- Verwaltungsschale, Digitales Typenschild etc. - Was ist das?, Markus Rentschler, Balluff GmbH, 28.01.2021
- Möglichkeiten verbesserter Energieeffizienz durch Digitalisierung und Automatisierung, Dr. Eckhard Roos, Festo AG & Co. KG, 04.02.2021
- Absicherungsstrategien von Funktionen des hochautonomen Fahrzeugs im Vergleich zu klassischen Fahrzeugfunktionen, Andreas Bossert, ITK Engineering GmbH, 11.02.2021

RINGVORLESUNGEN

Ringvorlesung Aspekte Autonomer Systeme

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Hannes Vietz, M.Sc.

Die im Wintersemester 2019/20 neu hinzugekommene Ringvorlesung Aspekte Autonomer Systeme ist als einzige Vorlesung unabhängig von der Wahl des Profils verpflichtend zu belegen und gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zum Thema Autonome Systeme. Es werden die Methoden Autonomer Systeme beleuchtet und hinsichtlich der Aspekte der Verteiltheit, der Sicherheit, der Systemtheorie sowie der Lernfähigkeit vertieft. Darüber hinaus werden die potentiellen Anwendungsbereiche Autonomer Systeme, namentlich die Produktion und Robotik, die Luft- und Raumfahrt, das autonome Fahren, vernetzte Energiesysteme sowie Smart Cities beleuchtet. Fachvorträge aus dem Forum für Software und Automatisierung ergänzen das Programm.

- Autonome Systeme - Übersicht zu Methoden und Verfahren, Prof. Weyrich, 05.11.2020, 09.11.2020
- Auf dem Weg zu autonomen Systemen - Eine Industrie-Sicht auf Autonomie, Dr. T. Gamer, ABB AG, 12.11.2020
- Autonome Systeme in Fahrzeugen, Dr. Keilhoff, FKFS, 16.11.2020, 19.11.2020
- Security, Privacy, and Cryptography, Prof. Küsters, SEC, 23.11.2020, 26.11.2020
- Kybernetische Methoden für autonome Systeme, Prof. Allgöwer, IST, 30.11.2020, 03.12.2020
- Perzeption in Automotivanwendungen, Prof. Yang, ISS, 07.12.2020
- Signalverarbeitung und maschinelles Lernen, Prof. Yang, ISS, 10.12.2020
- Kognitive Produktionssysteme, Prof. Huber, IFF, 14.12.2020
- Absicherung Autonomer Systeme: Validierung und Homologation, Prof. Dr. Christof Ebert, Vector Consulting Services GmbH, 17.12.2020
- Kognitive Robotik, Prof. Huber, IFF, 21.12.2020
- Autonome Systeme in der Luftfahrt, Prof. Fichter, IFR, Prof. Annighöfer, ILS, 07.01.2021, 11.01.2021
- Verteilte autonome Systeme, Prof. Rothermel, IPVS, 14.01.2020, 18.01.2020
- Autonome Systeme in der Energieversorgung - Einführung und intelligente dezentrale Energiesysteme, Prof. Hufendiek, IER, 21.01.2021
- Autonome Systeme in der Energieversorgung - Systemstruktur, Eigenschaften, Definitionen, Prof. Rudion, IEH, 25.01.2021
- Verwaltungsschale, Digitales Typenschild etc. - Was ist das?, Markus Rentschler, Balluff GmbH, 28.01.2021
- Autonome Systeme in der Energieversorgung - Intelligente Systeme der Zukunft, Prof. Rudion, IEH, 01.02.2021
- Möglichkeiten verbesserter Energieeffizienz durch Digitalisierung und Automatisierung, Dr. Eckhard Roos, Festo AG & Co. KG, 04.02.2021
- Autonome Systeme in der Energieversorgung - Systemdynamische und regelungstechnische Aspekte, Prof. Lens, IFK, 08.02.2021
- Smart Cities: Technologies and Architectures, Prof. Aiello, IAAS, 11.02.2021

PRAKTIKA



Fachpraktikum Softwaretechnik Wintersemester 2019/20 - Siegerteam im Roboter-Wettrennen: Gruppe 2

PRAKTIKA

Grundlagenpraktikum

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Timo Müller, M.Sc.

+++ Das Grundlagenpraktikum kann corona-bedingt in 2020 nicht durchgeführt werden +++

Normalerweise werden in diesem institutsübergreifenden Praktikum im Bachelorstudiengang Elektrotechnik und Informationstechnik praktische Grundlagen zum Lehrstoff in der grundlegenden Vorlesungen vermittelt. Im zweiten Semester ist ein Versuch zur Einführung in die Grundlagen einfacher digitaler Schaltungen vorgesehen. Hier wird den Studierenden die Funktionsweise einfacher digitaler Grundsaltungen vermittelt und das Wissen kann direkt an einem Beispiel - einem „Elektronischen Würfel“ - in die Praxis umgesetzt werden. Neben Grundlagen der Digitaltechnik werden auch handwerkliche Inhalte vermittelt, indem die Studierenden eine vorgefertigte Platine selbst bestücken und verlöten. Anhand eines Spiels mit dem Würfel können die Studierenden so selbst überprüfen, ob ihre Überlegungen zur digitalen Verschaltung richtig waren.

Fachpraktikum - Softwaretechnik

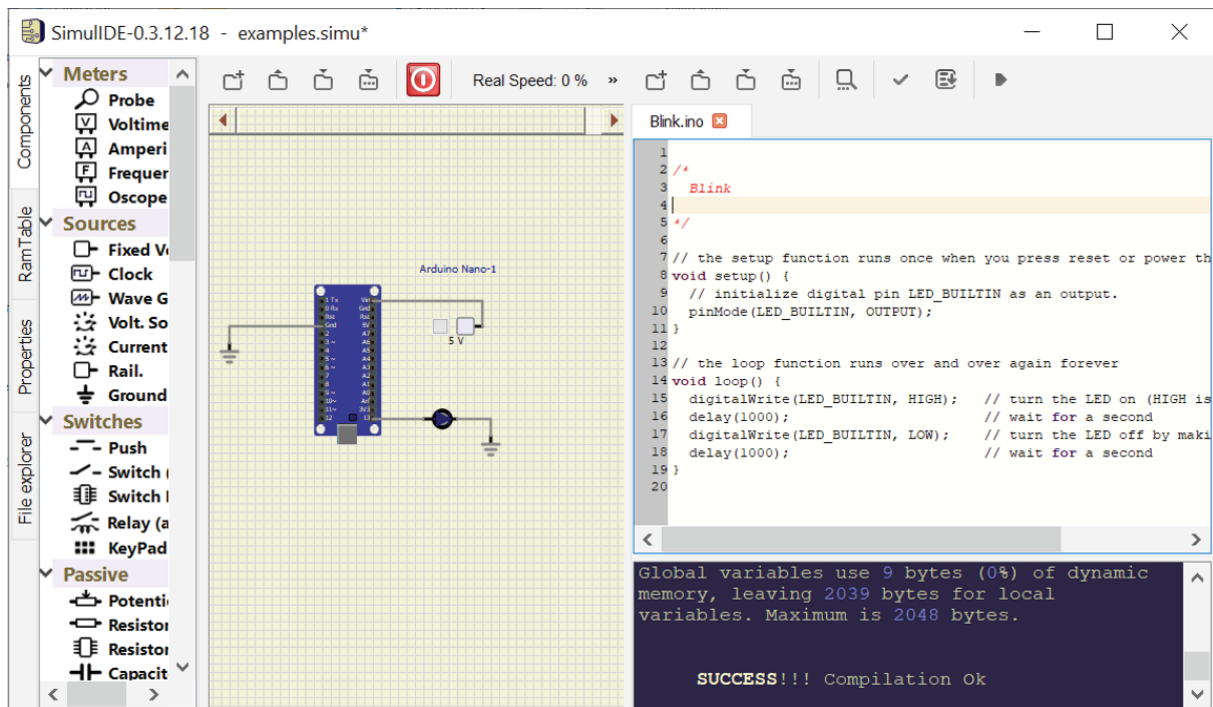
Modulverantwortlicher: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Dustin White, M. Sc.

Das Fachpraktikum Softwaretechnik kann trotz Corona-Beschränkungen unter Einhaltung strenger Hygienevorschriften weiterhin stattfinden. Es wird in Teamarbeit als ein Projekt, in dem ein Softwaresystem zur Steuerung von Fahrrobotern entwickelt wird, durchgeführt. Neben methodischer Softwareentwicklung stehen in dem Fachpraktikum die Lernaspekte Teamarbeit, Projektmanagement und Qualitätssicherung im Vordergrund. In der Regel gibt es vier Teams bestehend aus jeweils acht Personen. Die Aufgabe der Software ist es, einen Fahrroboter durch einen Hindernisparcours in einen Zielbereich zu steuern. Am Ende des Praktikums findet ein Roboterwettbewerb statt. Sieger ist das Team, dessen Roboter als erster ins Ziel findet.

Da die Nibo2 Roboter keine Hochpräzisionsroboter sind, entstanden bisher Ungenauigkeiten in der Positionsberechnung der kleinen Roboter, wodurch manches Mal das Ziel nicht gefunden werden konnte. Mittlerweile hat sich daher bewährt, mittels eines Kamerasystems ein Korrektiv einzusetzen, welches immer wieder die aktuelle Position der Roboter erkennt. Dadurch verlaufen die Rennen seit 2019 wesentlich reibungsfreier und die Qualität der Steuerungsalgorithmen der Studierenden kommt wesentlich deutlicher zum Vorschein.

PRAKTIKA



Schaltungslayout und Programm-Code des Fachpraktikums Einführung in die Microcontrolling-Programmierung

PRAKTIKA

Fachpraktikum Einführung in die Microcontroller-Programmierung

Modulverantwortlicher: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Manuel Müller, M.Sc.

Das Fachpraktikum Einführung in die Mikrocontroller-Programmierung verfolgt die didaktische Zielstellung, eine konkrete Aufgabe, welche in einem Lastenheft definiert ist, gemeinsam im Team zu bearbeiten. Neben der Vermittlung fachlicher Fertigkeiten erwerben die Teilnehmenden auch Softskills wie Teamfähigkeit und selbstständiges Arbeiten. Es richtet sich an Studierende des Bachelor-Studiengangs Elektrotechnik und Informationstechnik sowie des Master-Studiengangs Medizintechnik.

In diesem Fachpraktikum erhalten die Studierenden Einblicke in die Hardware- und Softwareentwicklung eingebetteter Systeme. Dieses Jahr fand das Praktikum unter erschwerten Bedingungen statt. Da die Corona-Pandemie keine persönlichen Treffen ermöglichte, wurde das Praktikum dieses Jahr vollständig digital angeboten. Die Schaltungslayouts und der Programm-Code wurden in verschiedenen Simulations-Tools so detailgetreu wie möglich nachgestellt. Auf diese Weise konnte das IAS als eines der wenigen Institute das Fachpraktikum trotz erschwelter Rahmenbedingungen ermöglichen. Das Experiment, den Versuch vollständig zu digitalisieren wurde von den Studierenden sehr gut angenommen und es wurden tolle Ergebnisse produziert.

Fachpraktikum (Master) Automatisierungstechnik

Modulverantwortlicher: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Benjamin Maschler, M.Sc.

Auch in diesen besonderen Zeiten bringt das Fachpraktikum (Master) Automatisierungstechnik jährlich 64 Master-studierenden aus dem In- und Ausland verschiedene Technologien und Konzepte der Automatisierungstechnik in der praktischen Anwendung nahe. Dazu zählen bspw. die Konzipierung & Realisierung von Bussystemen, Entwicklung von Echtzeitautomatisierungssystemen und Rapid-Prototyping-Entwicklungsprozess sowie Testautomatisierung, wobei jeweils auf den Umgang mit aktuellen, Industrie-typischen Entwicklungswerkzeugen Wert gelegt wird.

Das Fachpraktikum (Master) Automatisierungstechnik besteht aus sechs unabhängigen Präsenzversuchen, welche an sechs Nachmittagen durchgeführt und durch Tutoren begleitet werden. Dieses Jahr wurden durch eine Erhöhung der Gruppenzahl die Gruppengröße reduziert und die Versuche auf mehr Räume aufgeteilt, um den Studierenden diese wichtige Praxiserfahrung trotz der Corona-Pandemie ermöglichen zu können.

DISSERTATIONEN - BACHELORARBEITEN - MASTERARBEITEN - FORSCHUNGSARBEITEN - STUDIENARBEITEN

3 Dissertationen



Das IAS gratuliert Herrn Dr.-Ing. Philipp Marks herzlich zur seiner am 10.07.2020 bestandenen Doktorprüfung und wünscht ihm für seinen weiteren Lebensweg alles Gute. Philipp Marks hat sich in seiner Dissertation mit dem Thema „Softwaregestütztes Assistenzkonzept zur Modernisierung von Automatisierungssystemen“ beschäftigt.

Dr.-Ing. Philipp Marks



Das IAS gratuliert Herrn Dr.-Ing. Behrang Ashtari herzlich zur seiner am 30.05.2020 mit Auszeichnung bestandenen Doktorprüfung und wünscht ihm für seinen weiteren Lebensweg alles Gute.

Behrang Ashtari hat sich in seiner Dissertation mit dem Thema „Methodik zur Synchronisierung der Modelle des Digitalen Zwillings“ beschäftigt.

Dr.-Ing. Behrang Ashtari



Das IAS gratuliert Frau Dr.-Ing. Desirée Vögeli herzlich zur ihrer am 28.09.2020 bestandenen Doktorprüfung und wünscht ihr für ihren weiteren Lebensweg alles Gute.

Desirée Vögeli hat sich in ihrer Dissertation mit dem Thema „Software-Framework zur Agentenbasierten Parallelisierung und Koordination von Simulationsprozessen im Engineering“ beschäftigt.

Dr.-Ing. Desirée Vögeli

9 Bachelorarbeiten

- Tim Göhner
Entwurf und Realisierung eines Smart-Home Demonstrators
- Simon Joos
Optimierung und Test von LSTM Netzen im Hinblick auf Modellstruktur und Lernverhalten
- Samira Maleki Pilevar
Konzeption und Entwicklung eines Assistenzsystems für die medizinische Diagnostik mittels maschineller Lernalgorithmen
- Stefan Peschel
Implementierung der Kommunikationsschnittstelle eines mobilen Tablettendispensers
- Yujie Huang
Kategorisierung von LSTM-Netzwerken im Hinblick auf Architekturen und Anwendungsfelder
- David Kellner
Entwicklung einer Web-basierten Steuerung und Visualisierung für einen Messstand
- Tobias Bischof
Konzeption und Entwicklung einer Software-In-The-Loop-Simulation zur Erforschung von Resilienz bei Medizin-Robotern
- Benno Körntgen
Automatische Anpassungsmöglichkeiten einer Assistenzsoftware für den Modellbasierten Systementwicklungsprozess
- Alexander Heinrich
Refactoring eines Assistenzsystems zur Systementwicklung und Erweiterung um die Abbildung horizontaler Varianten

26 Masterarbeiten

- Sebastian Haas
Erweiterung eines Assistenzsystems zur Realisierung der Ankerpunktmethode zur Synchronisierung des Digitalen Zwillings einer realen Fertigungszelle
- Sören Ganssloser
Schätzung von zylinderindividuellen Verbrennungskenngrößen aus dem Drehzahlsignal durch künstliche Neuronale Netze
- Rahul Karade
Grey-Box Penetration Test für Automotive Cybersecurity
- Aditi Ajaykumar Shenoy
Statische Analyse für Code-Qualität - Benchmark und Umsetzung
- Philipp Klein
Zeitreihenvorhersage auf Basis von rekurrenten neuronalen Netzen am Beispiel einer diskreten Fertigung
- Julian Stephan
Methodische Unterstützung der modellbasierten Systementwicklung und exemplarische Anwendung an einem Produktbeispiel
- Ammad Ahmed
Entwicklung einer Oberfläche und Kommunikationsschnittstelle eines Tablettendispensers unter Anwendung von Web-Technologien
- Tobias Restle
Orchestrierung einer Systemarchitektur im Systems Engineering
- Tobias Brüggemann
Aufbau einer Dateninfrastruktur und Untersuchung von Methoden zur Prognose von menschlichem Verhalten
- Valentin Stegmaier
Konzeption und Realisierung eines modularen Produktionssystems als Basis für die Demonstration eines Digitalen Zwillings
- Simon Walth
Ermittlung von Rekonfigurationsbedarf sowie alternativer Systemkonfigurationen für Cyber-Physische Produktionssysteme
- Peter Jaworski
Anbindung von FMI an eine dynamische Co-Simulation

ABGESCHLOSSENE ARBEITEN 2020

- Robin Weber
Erstellung eines digitalen Zwillings auf Basis eines modularen Produktionssystems zur Demonstration von Fehleranalyse und prädiktiver Instandhaltung, visualisiert mit erweiterter Realität
- Hammad Shahid
Demonstrator Autonomous Vehicle
- Thi Thu Huong Pham
Entwicklung und Implementierung eines Continual Learning basierten Anomalieerkennungs-Algorithmus
- Holger Weber
Weiterentwicklung eines Distributed Incremental Class Learning Algorithmus
- Varad Dnyaneshwar Kulkarni
A Graph based Approach for Dynamic Context Model Generation for a Medication Assistance System
- Xiao Xu
Aufbau eines Umgebungsmodells für frühe Emulationen im Systems Engineering
- Matthias Kranz
Multikriterielle Optimierung und Bewertung von Konfigurationen eines Cyber-Physischen Produktionssystems
- Sarada Preethi Chandrasekar
Entwicklung einer Indizierungsmethodik für das kognitive Testen autonomer Fahrzeuge
- Kebron Welday
Prognose von Zielkoordinaten zur präzisen Trajektorienvorhersage von menschlichen Werkern
- Jerome John
Entwicklung eines Software Werkzeugs für die Sammlung, Priorisierung und Anwendung von Testfällen
- Ashwin Rudrapati
Entwicklung eines Tools zur Synchronisierung von Software-Updates auf der Basis eines intelligenten digitalen Zwillings
- Maurice Paul Artelt
Verbesserte Wegfindung von fahrerlosen Transportfahrzeugen durch Einbezug von prognostizierten Trajektorien menschlicher Werker
- Robin Puettmann
Implementierung einer Datenvermittlung für ein verteiltes Cloud-System in ortsveränderlichen Anlagen
- Ruschil Ray
Evaluierung der Cybersicherheit mit Testmethoden zur Penetration

9 Forschungsarbeiten

- Lennard Hettich
Konzeption und Entwicklung eines Simulationssystems zur Modellierung von Lernprozessen im Intelligenten Digitalen Zwilling
- Philipp Huth
Konzeption einer Edge-Computing Plattform für ortsveränderliche Industriemaschinen
- Maximilian von Sturm
Konzeption einer Testmethode und eines Testframeworks für eingebettete Systeme in kleinen und mittleren Unternehmen
- Matthias Weiß
Description of the potentials of automatic synthesis and formal verification of PLC programs from an engineering perspective
- Alexander Schuster
Untersuchung von Ansätzen zur Validierung von Prognosemodellen für autonome Transportfahrzeuge
- Maurice Paul Artelt
Untersuchung der Verwaltungsschale am Beispiel eines Transportroboters
- Gülden Dogan
Implementierung eines Android-Assistenzsystems für die Systementwicklung in der Analysephase
- Felix Steinle
Entwicklung eines Frameworks zur Testautomatisierung mit direkter Anbindung an Software-Repository und Produktionstracking
- Alexander Laichinger
Hardware- und softwarebasierte Optimierung des stationären Tablettendispensers

5 Studienarbeiten

- Laura Wiebelitz
Implementierung einer altersgerechten Benutzungsschnittstelle für einen Tablettendispenser
- Sarada Preethi Chandrasekar
Study Project: Survey of Distributed Deep Learning Topologies in Industrial Automation Systems
- Sophia Tatiyosyan
Implementierung und Analyse von Deep Transfer Learning basierten Verschleiß-Vorhersage-Algorithmen für Li-Ionen-Akkus
- Golsa Ghasemi
Untersuchung von Reifegradmodellen und key performance indicators für Digitale Zwillinge zur Messung der Komplexität und Vorhersage der Zuverlässigkeit
- Sarthak Sunil Bapat
Pre-Processing of automated Wash-Dryer Demonstrator Data for Context-Aware Diagnosis

Preisverleihungen

Das IAS zeichnet jedes Jahr Mitarbeitende und Studierende aus, die sich mit ihrer wissenschaftlichen Arbeit und ihrem Fachvortrag in besonderem Maße hervorgetan haben. In diesem Jahr wurden folgende Preise vergeben:

Exzellente Fachvorträge im IAS-Doktorandenseminar

- Tobias Jung
Dynamische Co-Simulation von Automatisierungssystemen im Internet der Dinge
- Benjamin Maschler
Deep Industrial Transfer Learning - Ansätze für Konzept und Evaluierung

Exzellente Fachvorträge im IAS-Kolloquium

- Sören Ganssloser
Schätzung von zylinderindividuellen Verbrennungskenngrößen aus dem Drehzahlsignal durch künstliche Neuronale Netze
- Philipp Klein
Zeitreihenvorhersage auf Basis von rekurrenten neuronalen Netzen am Beispiel einer diskreten Fertigung
- Sarada Preethi Chandrasekar
Study Project: Survey of Distributed Deep Learning Topologies in Industrial Automation Systems
- Matthias Kranz
Multikriterielle Optimierung und Bewertung von Konfigurationen eines Cyber-Physischen Produktionssystems
- Kebron Welday
Prognose von Zielkoordinaten zur präzisen Trajektorienvorhersage von menschlichen Werkern



IAS-AKTIONEN

Die normalerweise vielfältigen Ereignisse außerhalb des regulären Institutsalltags konnten in 2020 größtenteils aus bekanntem Grund leider nicht stattfinden. Lediglich die Veranstaltung „TryScience“ wurde am 28.02.2020 in gewohnter Weise durchgeführt. Außerdem haben die VFIAS-Jahresversammlung und das VDI-Expertenforum „Testen vernetzter Systeme und Komponenten“ online und mit großer Beteiligung stattgefunden.

Wir hoffen, dass es in 2021 wieder möglich ist, vor allem die etablierten Veranstaltungen nutzen zu können, Kinder und Jugendliche für die Automatisierungstechnik zu begeistern. Dies sind insbesondere der „Tag der Wissenschaft“, der bundesweit stattfindende „Girls‘ Day“ und die „Schüler-Ingenieur-Akademie“ (SIA).

TRYSCIENCE 28.02.2020

Die Universität Stuttgart bietet mit TryScience Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, sich über MINT-Studiengänge zu informieren. Auch das IAS hat sich an dieser Veranstaltung am 28.02.2020 mit einem Workshop exklusiv für Studentinnen beteiligt.

Hierbei wurde der Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik vorgestellt und es wurden Fragen zum Studium an der Universität Stuttgart beantwortet. Es folgte ein Institutsrundgang mit Vorführung einiger Demonstratoren und der Möglichkeit, diese selbst auszuprobieren.

An einem praktischen Beispiel gab es anschließend eine Einführung in die Themen Elektronik und Programmierung.

Dieses Wissen wurde für die Realisierung eines mikrocontroller-gesteuerten Lauflichts eingesetzt, welches die Schülerinnen am Ende mit nach Hause nehmen durften





Corona-konforme Übergabe der VFIAS- Preise an Tobias Festerling, Rafael Blickle und Robin Weber

VFIAS-JAHRESVERSAMMLUNG 22.07.2020

Im Jahr 1994 wurde der Verein der Freunde und Förderer des Instituts für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (VFIAS) e. V. auf Initiative von Mitarbeiter/innen des IAS gegründet. Der VFIAS fördert die wissenschaftliche Forschung und Arbeit auf den vom IAS vertretenen Forschungsgebieten der Automatisierungstechnik und Softwaresysteme. Ziel des Vereins ist es darüber hinaus, eine Basis für eine engere Bindung zwischen den aktiven Mitarbeiter/innen des Instituts für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme und den ehemaligen Trägern der Institutsarbeiten zu schaffen.

Die Jahresveranstaltung 2020 des VFIAS hat am 22.07.2020 erstmals als Online-Veranstaltung stattgefunden. Nachdem der ursprüngliche Termin Ende März aufgrund der Corona-Pandemie verschoben werden musste, war letztendlich auch das neue virtuelle Format ein großer Erfolg und viele weiter entfernt wohnende Mitglieder haben die Chance genutzt, wieder einmal an der VFIAS-Jahresveranstaltung teilzunehmen. Fachliches Highlight war der Vortrag von Herrn Dr. Frederik Zilly (Robert Bosch GmbH) mit dem Thema „Data Management - For the development of highly automated driving functions“. Im Vortrag und der anschließenden Diskussion wurde deutlich, welche Herausforderungen die Entwicklung datengetriebener Automatisierungslösungen mit sich bringen und wie diese gelöst werden können.

Ein Grund zur großen Freude war die Auszeichnung der Bachelorarbeiten „Neuentwicklungen zur Erweiterung des Demonstrators Automatisierter Arzneyschrank“ von Herrn Tobias Festerling und „Modellbasiertes Systems Engineering eines Lampenaufbaus“ von Herrn Rafael Blickle sowie der Forschungsarbeit „Umsetzung einer dynamischen Co-Simulation eines heterogenen Internet-der-Dinge-Systems“ von Herrn Robin Weber mit dem VFIAS-Preis. Der VFIAS-Preis für hervorragende Arbeiten ist jeweils mit 300 € dotiert, die Preisübergabe konnte im Vorfeld der virtuellen Jahresveranstaltung mit ausreichend Abstand durchgeführt werden.

Weitere Informationen zum Verein sowie den aktuellen Infobrief erhalten Sie unter: https://www.ias.uni-stuttgart.de/institut/freunde_und_foerderer/

EXPERTENFORUM TESTEN VERNETZTER SYSTEME 08.10.2020

In dem von Prof. Weyrich moderierten Expertenforum konnten sich knapp 40 Teilnehmende am 08.10.2020 über neue Möglichkeiten des Testens 4.0 und Effizienzsteigerungen informieren.

In zwei Sessions wurden folgende Fragestellungen im virtuell durchgeführten Expertenforum diskutiert:

Session 1: Testen 4.0

- Wie können Technologien aus dem Bereich der modularen Industriekomponenten sowie der Verwaltungsschale für das Testen eingesetzt werden?
- Mit welchen Testschnittstellen kann zukünftig gerechnet werden, um auch komplexeste Industrie 4.0-Systeme zu perfektionieren und Fehler schneller aufzuspüren?

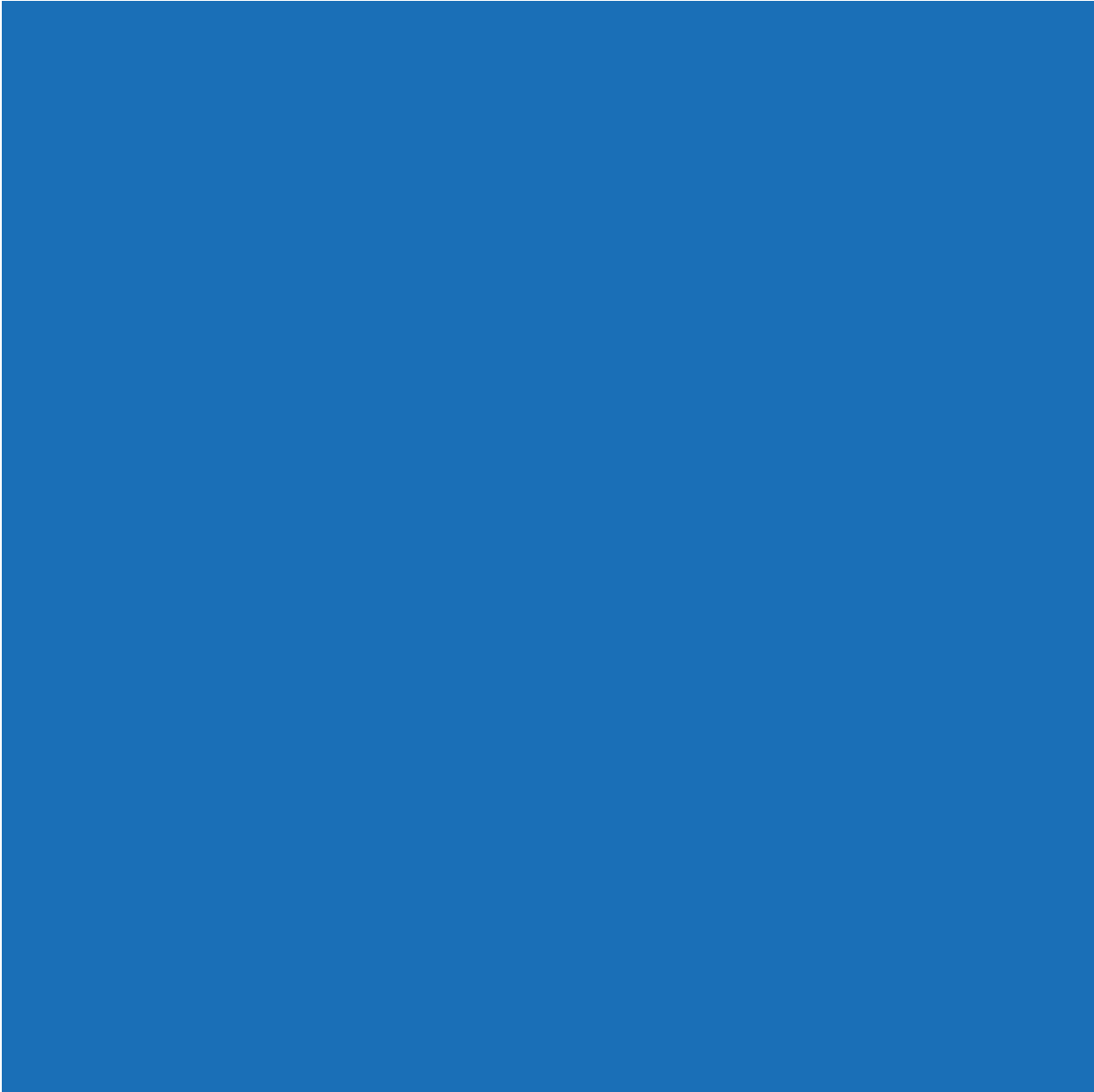
Session 2: Effizienz und Durchgängigkeit von Tests

- Wie können zukünftig Tests so optimiert und fit gemacht werden, um über den gesamten Lebenszyklus von Anlagen und Maschinen einen Mehrwert zu bieten?
- Wieviel Aufwand bedeutet durchgängiges Testen und mit welchen Mehrbelastungen ist zu rechnen?

Session 1 wurde durch Prof. Weyrich mit einer Einführung in die Arbeit des VDI/VDE GMA Fachausschusses 7.25 „Testen vernetzter Systeme für Industrie 4.0“ und in Ansatzpunkte für standardisierte Tests eröffnet. Im Anschluss präsentierte Christoph Kotsch/BASF SE Konzepte und Fortschritte bei der Modularen Automation mit ModuleTypePackage (MTP). Markus Rentschler/Balluff GmbH zeigte in seinem Fachvortrag Möglichkeiten des Tests von realen Automatisierungskomponenten über die Verwaltungsschale gegen deren Spezifikationsmodelle.

Prof. Weyrich eröffnete Session 2 mit einer Einführung in die Automatisierung von Tests. In seinem Vortrag bezüglich Test-orientiertem Requirements Engineering erläuterte anschließend Prof. Christof Ebert/Vector Consulting Services die Wichtigkeit agiler Vorgehensweisen im Bereich des Requirements Engineering kritischer Systeme, um möglichst früh testbare Anforderungen zu erhalten. Ein Beitrag zur Erhöhung der Testbarkeit von aus heterogenen Komponenten aufgebauten Industrieanlagen stellte der im Vortrag von Christian Schleicher/FESTO SE und Manuel Jacob/Steinbeis EST vorgestellte Industrial-Communication Monitor dar.

Die Vorträge, Diskussionen und Ergebnisse des 1. VDI-Expertenforums „Testen vernetzter Systeme - Verifikation und Validierung von Anlagen und Maschinen für Industrie 4.0“ haben viele wichtige Impulse für die weitere Arbeit des VDI/VDE GMA-Fachausschusses 7.25 gesetzt.



PROF. WEYRICH LEITET VDI/VDE GMA-FACHAUSSCHUSS

VDI/VDE GMA-Fachausschuss 7.25 - Testen in vernetzten Systemen für Industrie 4.0

Zunehmende Komplexität bei Produktionssystemen erhöhen den Testaufwand und erfordern die Weiterentwicklung von Testmethoden.

Aktueller Stand

Im April 2020 erschien der Gründruck und damit der Entwurf zur neuen Richtlinie VDI/VDE 4004 Blatt 1 „Testen vernetzter I4.0 Systeme - Grobplanung verteilter Testprozesse“, welcher dann nach der Diskussion von Einsprüchen im Dezember 2020 als finaler Weißdruck veröffentlicht wurde. Blatt 1 beleuchtet insbesondere die Herausforderungen bei der Planung von Tests und bietet hierfür methodische Unterstützung. Die in Blatt 1 vorgestellte Methodik erleichtert die Zusammenarbeit bei verteilten Testprozessen durch eine strukturierte Vorgehensweise bei der Planung von Testprozessen. Mit dem Erscheinen der ersten Richtlinie hat der Fachausschuss 7.25 unter der Leitung von Prof. Weyrich einen wichtigen Meilenstein erreicht und arbeitet nun weiter an dem für 2022 geplanten Blatt 2 der Richtlinie 4004.

ICS 35.240.50		VDI/VDE-RICHTLINIEN		April 2020	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE		Testen vernetzter I4.0-Systeme Grobplanung verteilter Testprozesse		VDI/VDE 4004 Blatt 1 Entwurf	
VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK					
Testing of networked I4.0 systems – Rough planning of distributed test processes		Einsprüche bis 2020-07-31 • vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal http://www.vdi.de/4004-1 • in Papierform an VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik Fachbereich Anwendungsfelder der Automation Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf			
Zu beziehen durch VDI/VDE-Verlag GmbH, 40223 Berlin – Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2020					
Inhalt		Seite			
Vorbemerkung		2			
Einleitung		2			
1 Anwendungsbereich		2			
2 Begriffe		2			
3 Herausforderungen für das Testen vernetzter I4.0-Systeme		3			
3.1 Wandlungsfähigkeit von I4.0-Systemen		3			
3.2 Vernetzung von I4.0-Systemen		3			
3.3 Häufige Änderung der Software von I4.0-Systemen		4			
4 Grobplanung von Testprozessen von I4.0-Systemen		4			
4.1 Bedeutung der Grobplanung von Testprozessen		5			
4.2 Methode zur Grobplanung basierend auf W-Fragen		5			
4.3 Formblatt zur Grobplanung von Testprozessen von I4.0-Systemen		5			
Anhang		7			
A1 Formblatt und Beispiele		7			
A2 Beispiel für den Einsatz des Formblatts – Betreiber-Sichtweise		8			
A3 Beispiel für den Einsatz des Formblatts – Bereitsteller-Sichtweise		8			
Schrifttum		11			
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachbereich Anwendungsfelder der Automation					
VDI/VDE-Handbuch Automatisierungstechnik					

Entwurf Blatt 1 der Richtlinie durch den Fachausschuss 7.25

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet

DAS IAS IST IN FOLGENDEN GREMIEN VERTRETEN

VDI/VDE-GMA-Fachausschuss 5.15 - Agentensysteme

Der Fachausschuss 5.15 - Agentensysteme ist ein Forum für neue methodische Ansätze und Anwendungen von Agentensystemen in der industriellen Automatisierungstechnik (z. B. Produktionssteuerung, Automobiltechnik, Robotik, Energietechnik, Logistik) unter Leitung von Professorin Vogel-Heuser (TU München). Der Ausschuss erarbeitet, ausgehend von Anforderungen der Anwender, Grundlagen, Methoden, Werkzeuge und Realisierungen von Agentensystemen in der industriellen Automatisierung.

VDI-GPP-Fachausschuss 5.10 - Softwarezuverlässigkeit

Der Fachausschuss 5.10 - Softwarezuverlässigkeit arbeitet derzeit an der Erstellung der Richtlinie VDI 4011 - Softwarezuverlässigkeit unter Leitung von Herrn Prof. Bertsche (Univ. Stuttgart). Dabei geht es um die Beschreibung von Methoden und Kriterien zur Beurteilung und zum Nachweis von Softwarezuverlässigkeit. Die aktuelle Richtlinie wurde als Gründruck verteilt und die Rückmeldungen werden eingearbeitet.

VDI/VDE-GMA-Fachausschuss 6.12 - Durchgängiges Engineering von Leitsystemen

Der Fachausschuss 6.12 - Durchgängiges Engineering von Leitsystemen steht unter Leitung von Herrn Prof. Alexander Fay (Helmut-Schmidt-Univ., Hamburg) fokussiert sich auf Engineering-Methoden, -Abläufe und -Werkzeuge, welche einen Einfluss auf die Durchgängigkeit und die Effizienz haben. Z. Zt. werden im Fachausschuss u. a. Veränderungen bei der Durchgängigkeit im Engineering von automatisierten Anlagen und neue Anforderungen und Lösungselemente für mit Industrie 4.0 diskutiert.

VDI-GPP-Fachbereich 5 - Sicherheit und Zuverlässigkeit

Der Fachbereich 5 - Sicherheit und Zuverlässigkeit analysiert, bewertet und prognostiziert wichtige Themen rund um Sicherheit und Zuverlässigkeit für Produkte „Made in Germany“.

IEEE-IES - Technical Committee on Industrial Agents

Das Technical Committee on Industrial Agents (TCIA) der IEEE Industrial Electronics Society ist ein internationaler Ausschuss mit dem Ziel, Forscher und Anwendungsexperten zum Thema Agenten in der Automatisierungstechnik zusammenzubringen. Die Mitglieder beschäftigen sich mit Agenten in der verteilten Produktion (Zulieferindustrie, Produktionsplanung, Montage- und Fließprozesse), in verteilten Dienstleistungen und Infrastrukturen.

IEEE-IES - Technical Committee on Factory Automation

Dieses technische Komitee zur Factory Automation (TCFA) betrachtet die Entwicklung wissenschaftlicher Methoden, Modelle, IT-Werkzeuge für höhere Effizienz in Engineering und Betrieb im Bereich der industriellen Fabrikautomation. Das Komitee befasst sich mit einer Reihe von Technologien. Das Ziel des Komitees ist die Verbreitung von neuen Ideen und Konzepten, neuer Technologien und deren praktische Anwendung.

IFAC TC 3.1 - Computers for Control

TC 3.1 konzentriert sich auf Disziplinen im Zusammenhang mit eingebetteten und cyber-physikalischen Systemen. Themen sind Software- und Hardware-Architekturen, Modellgetriebene Software-Entwicklung, Verifizierung & Validierung, Zertifizierung, Sicherheit und Echtzeit-Aspekte. Die IFAC hat Herrn Prof. Weyrich zum Vice-Chair des TC gewählt.

IFAC TC 3.3 - Telematics: Control via Communication Networks (on Education)

Dieses technische Komitee befasst sich mit allen Aspekten computergestützter und telekommunikationsbasierter Automatisierungssysteme. Spezifische Anwendungsbereiche sind z. B. Telemedizin, Teleausbildung, Verkehrssteuerung, Roboter für gefährliche Umgebung, ferngesteuerte Industrieautomation, Schiffs- und Luftfahrtssysteme, Fahrzeugsysteme und Smart Homes. Die IFAC hat Herrn Dr. Jazdi zum Vice-Chair des TC gewählt.

IFAC TC 5.2 - Management and Control in Manufacturing and Logistics

Die Aktivitäten dieses technischen Komitees befassen sich mit der Entwicklung von Entscheidungssystemen für digitale, resiliente und nachhaltige Fertigungssysteme und Zulieferketten. Es werden Verfahren des Industrial Engineering oder Data Science entwickelt.

Institutsleiter

Prof. Michael Weyrich Tel.: +49 711 / 685-67300

michael.weyrich@ias.uni-stuttgart.de

Stellvertretender Institutsleiter

Dr.-Ing. Nasser Jazdi Tel.: +49 711 / 685-67303

nasser.jazdi@ias.uni-stuttgart.de

Tenure-Track Junior-Professor

Jun.-Prof. Andrey Morozov Tel.: +49 711 / 685-67312

andrey.morozov@ias.uni-stuttgart.de

Honorarprofessor

Prof. Christof Ebert

christof.ebert@ias.uni-stuttgart.de

Sekretariat

Marion Müller Tel.: +49 711 / 685-67301

ias@ias.uni-stuttgart.de

Angestellte

Ulrike Bek Tel.: +49 711 / 685-67318

ulrike.bek@ias.uni-stuttgart.de

Carmen Hennebach Tel.: +49 711 / 685-67317

carmen.hennebach@ias.uni-stuttgart.de

Andisheh Rafiei Tel.: +49 711 / 685-67314

andisheh.rafiei@ias.uni-stuttgart.de

Taylan Süngerli Tel.: +49 711 / 685-67307

taylan.suengerli@ias.uni-stuttgart.de,
sysad@ias.uni-stuttgart.de

Promovierende

Florian Biesinger Tel.: +49 176 / 30948260

florian.biesinger@ias.uni-stuttgart.de

Dominik Braun Tel.: +49 711 / 685-67291

dominik.braun@ias.uni-stuttgart.de

Sheng Ding Tel.: +49 711 / 685-67304

sheng.ding@ias.uni-stuttgart.de

Golsa Ghasemi Tel.: +49 711 / 685-67320

golsa.ghasemi@ias.uni-stuttgart.de

Tobias Jung Tel.: +49 711 / 685-67292

tobias.jung@ias.uni-stuttgart.de

Simon Kamm Tel.: +49 711 / 685-67296

simon.kamm@ias.uni-stuttgart.de

Benjamin Lindemann Tel.: +49 711 / 685-67321

benjamin.lindemann@ias.uni-stuttgart.de

Franz Georg Listl Tel.: +49 173 / 6207651

franz.listl@siemens.com

Andreas Löcklin Tel.: +49 711 / 685-67305

andreas.loecklin@ias.uni-stuttgart.de

Benjamin Maschler Tel.: +49 711 / 685-67295

benjamin.maschler@ias.uni-stuttgart.de

Manuel Müller Tel.: +49 711 / 685-67306

manuel.mueller@ias.uni-stuttgart.de

Timo Müller Tel.: +49 711 / 685-67292

timo.mueller@ias.uni-stuttgart.de

Nada Sahlab Tel.: +49 711 / 685-67319

nada.sahlab@ias.uni-stuttgart.de

Rainer Schiekofer Tel.: +49 711 / 685-67301

rainer.schiekofer@siemens.com

Valentin Stegmaier Tel.: +49 1578 / 6593281

valentin.stegmaier@schmalz.de

Hannes Vietz Tel.: +49 711 / 685-67294

hannes.vietz@ias.uni-stuttgart.de

Dustin White Tel.: +49 711 / 685-69181

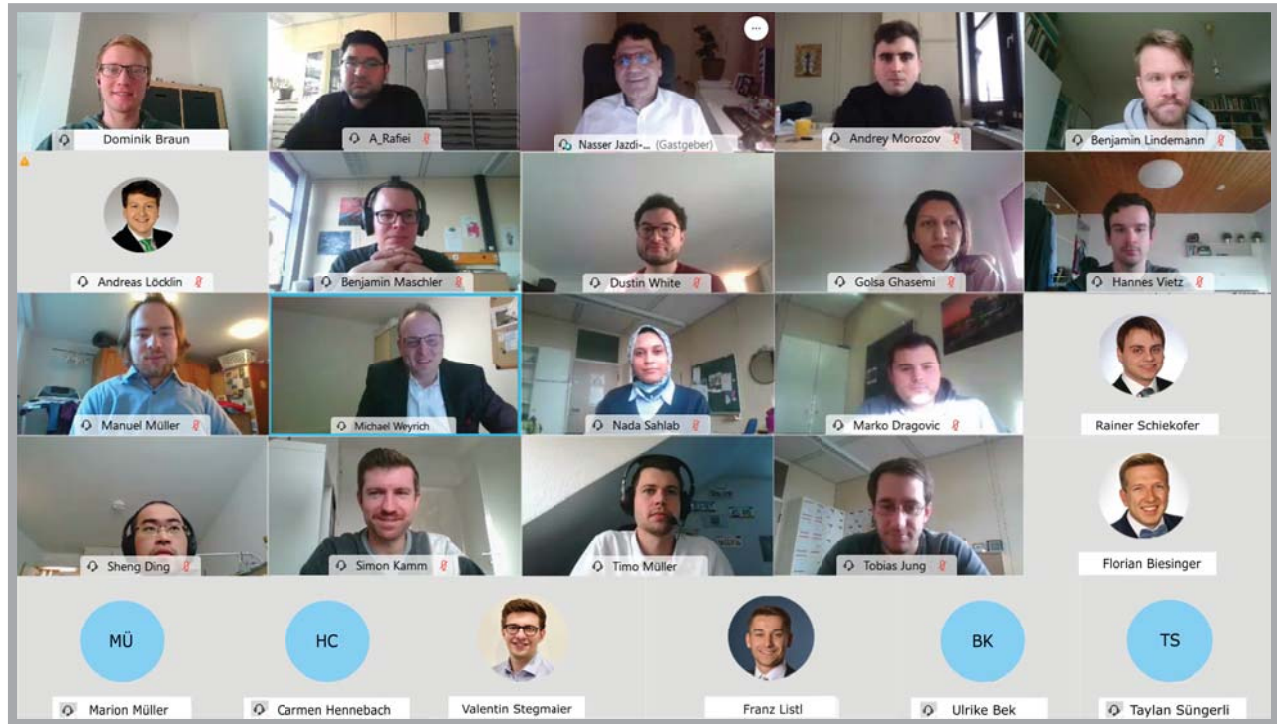
dustin.white@ias.uni-stuttgart.de

Auszubildender

Marko Dragovic Tel.: +49 711 / 685-67319

marko.dragovic@ias.uni-stuttgart.de

MITARBEITENDE



Institut für Automatisierungstechnik
und Softwaresysteme
Pfaffenwaldring 47
70550 Stuttgart

Tel.: +49 711/685-67301
www.ias.uni-stuttgart.de
ias@ias.uni-stuttgart.de

