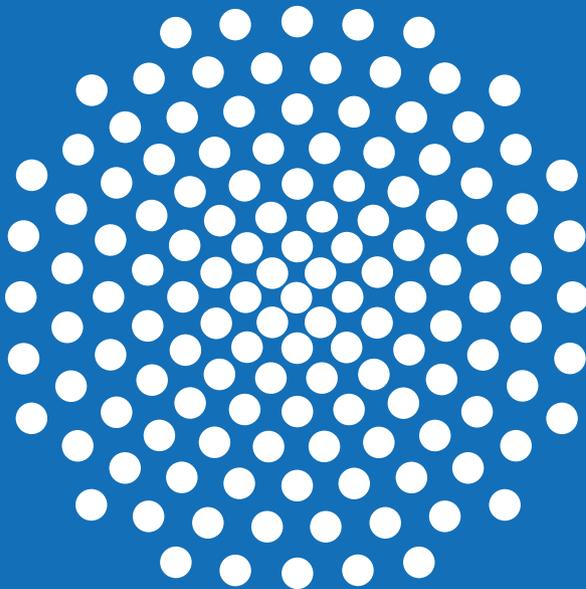


Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme

Ergebnisse und Ausblick

2022/23





Liebe Freunde und Ehemalige des Institutes,

Im Jahr 2022 sind wir in unserem Alltag von der virtuellen zur persönlichen Kommunikation zurückgekehrt. Zwei Jahre COVID haben uns gelehrt, unsere Arbeit online auf sehr effiziente Weise zu erledigen. Wir alle vermissen jedoch die persönliche Kommunikation, die in vielen Fällen für eingehende Diskussionen sowohl in der Lehre als auch in der Forschung erforderlich ist. Wir haben unsere Arbeit in einem „gemischten Modus“ fortgesetzt, der die Effizienz von Online-Sitzungen mit der emotionalen Beteiligung der persönlichen Kommunikation kombiniert, wo dies erforderlich ist. Was bleibt ist, dass die Kollegen weiterhin teilweise von zu Hause arbeiten und sich regelmäßig persönlich im Büro treffen.

Im vergangenen Jahr haben wir mehrere große Projekte erfolgreich gestartet. Dadurch konnten wir unser Team mit neuen Kollegen deutlich verstärken. Im Jahr 2022 haben wir das Team weiter ausgebaut und neue Kolleginnen und Kollegen in das Arbeitsumfeld des IAS integriert, wissenschaftliche Ergebnisse erzielt und die Zusammenarbeit verstärkt.

VORWORT

Das IAS bleibt ein deutschlandweit und international anerkanntes Forschungsinstitut. Prof. Weyrich wurde Vorsitzender der VDI/VDE-Gesellschaft für Messtechnik und Automatisierungstechnik und übernahm die Verantwortung als General Chair bei der Organisation der IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). Prof. Morozov beteiligt sich aktiv an den SERAD-Aktivitäten der ASME, einschließlich der Organisation des Safety Track des International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE). Er führte auch eine internationale Zusammenarbeit mit der North Carolina State University fort und ist am neuen Roboterlabor der Huazhong University of Science and Technology in China beteiligt.

Unsere Türen stehen für Studenten und Doktoranden aus aller Welt offen, so hatten wir bereits zahlreiche Gäste aus Ungarn und Brasilien. Seit September ist das IAS Gastgeber für ERASMUS+ Studenten aus der Ukraine.

Nicht zuletzt hat das gesamte IAS-Team die Organisation der IEEE ETFA 2022 unterstützt, die im Herbst viele Forscher aus der ganzen Welt nach Stuttgart brachte, um an diesem wichtigen Ereignis der Gemeinschaft mit 400 Teilnehmern, 11 Tracks und 14 speziellen Sitzungen teilzunehmen.

Wir freuen uns, unsere Leistungen und Beiträge in diesem IAS-Jahresbericht zu präsentieren.

Mit besten Grüßen

Ihr



Prof. Michael Weyrich

Ihr



Jun.-Prof. (Tenure Track) Andrey Morozov



02.02.2022

SEMINAR „INTELLIGENTE CYBER-PHYSISCHE SYSTEME“

Im Rahmen des Seminars lernen Studierende spezielle Themenstellungen aus dem Bereich intelligenter cyber-physischer Systeme wissenschaftlich zu bearbeiten. Die Themenstellungen gingen in diesem Jahr auf aktuelle Forschungstrends in den verschiedenen Gebieten Autonomer Systeme, wie zum Beispiel „Anwendungen Autonomer Systeme in der Automatisierungstechnik“ oder „Validierung und Verifikation sowie modellbasierte Tests dynamisch veränderlicher Soft- und Hardwaresysteme“ ein.



24.02.2022

PROF. WEYRICH ZUR ZUKUNFT VON KI UND DIGITALISIERUNG

Prof. Michael Weyrich ist seit Anfang 2022 neuer Vorsitzender der VDI/VDE-Gesellschaft Messtechnik und Automatisierungstechnik. Hier möchte er KI und Digitalisierung vorantreiben. Im Interview mit den VDI Nachrichten äußert sich Michael Weyrich zur Zukunft von KI und Digitalisierung.



17.03.2022

DOKTORANDENSEMINAR – ERSTMALS IN HYBRIDER DURCHFÜHRUNG

Am 16. und 17. März fand das Doktorandenseminar des IAS unter Leitung von Prof. Weyrich und Prof. Morozov statt. Es nahmen 20 Doktorandinnen und Doktoranden in Präsenz teil. Weiteren 8 Personen konnten aufgrund von Corona und Quarantäne leider nur „online“ teilnehmen. Das Doktorandenseminar fand in den historischen Gemäuern des säkularisierten Klosters Heiligkreuztal statt.

NEWS



20.04.2022

FACHPRAKTIKUM STARTET IN PRÄSENZ

Das Fachpraktikum (Bachelor) „Einführung in die Programmierung von Mikrocontroller-Systemen,“ konnte im Sommersemester wieder in Präsenz stattfinden, während es in den letzten beiden Jahren aufgrund der Corona-Situation nur online stattfand. Der Simulationsteil der letzten beiden Semester wurde mit dem ursprünglichen Teil der physischen Entwicklung von Mikrocontroller-Systemen verschmolzen.



21.05.2022

DELEGATIONSREISE ZUM THEMA „AUTOMATISIERTES UND VERNETZTES FAHREN“

Prof. Weyrich reiste mit Herrn Staatsminister Dr. Florian Stegmann und weiteren Vertretern aus der Politik, Wissenschaft und Industrie vom 17.05. bis 21.05. nach Großbritannien. Die Delegation besuchte zahlreiche Labore, Start-up Hubs und Unternehmen in London, Wales und den Midlands.



31.05.2022

SCHÜLER-INGENIEUR-AKADEMIE AM IAS

Das IAS engagiert sich seit mehr als einem Jahrzehnt im Projekt Schüler-Ingenieur-Akademie (SIA), einer Initiative des Arbeitgeberverbandes Südwestmetall. Ziel ist es, Schüler:innen des Stiftsgymnasiums Sindelfingen und des Goldberg-Gymnasiums für Technik und das Studium der Elektrotechnik und Informationstechnik zu begeistern.

Dr. Jazdi leitet den Kurs seit 2006 in dem an sieben Nachmittagen relevante Themen aus dem Bereich Automatisierung und Softwareentwicklung vorgestellt werden.



25.06.2022

IAS NIMMT AM TAG DER WISSENSCHAFT TEIL

Am Samstag den 25.06. war es wieder soweit: die Universität Stuttgart öffnet Ihre Türen für den Tag der Wissenschaft. Es gab viel zu entdecken, das IAS war mit drei Demonstratoren beteiligt.



29.06.2022

AUTOMATION 2022 MIT INTENSIVER IAS TEILNAHME

In Baden Baden war nach zwei Jahren „online Modus“ wieder Gelegenheit zum persönlichen Austausch. Die aktuellen Themen betrafen die Nachhaltigkeit und wie man diese mit der Mess- und Automatisierungstechnik umsetzt. Auf der Pressekonferenz wurde über digitale Technologien, Datenräume und vertrauenswürdige KI gesprochen, um Ansätze zur Nachverfolgung des Ressourceneinsatzes, eine zirkuläre Wertschöpfung und Wasserstoffsystemtechnik zu ermöglichen.



16.07.2022

KLIMA(HACKATHON) AN DER UNIVERSITÄT STUTTGART

Am 15.07 und 16.07.22 wurde der erste klima(HACKATHON) an der Universität Stuttgart durchgeführt, der gemeinsam vom Reallabor CampUS hoch i, dem Informatik-Verbund Stuttgart und dem Green Office veranstaltet und von den Praxispartner engie Deutschland und KOP unterstützt wurde. Die rund 35 Studierende und Mitarbeitende stellten sich in den Räumlichkeiten des campus.guest den beiden Hackathon-Challenges „Klimaneutraler Campus bis 2030“ und „Beteiligung der Akteure auf dem Campus“.

NEWS



25.07.2022

VERLEIHUNG DER EHRENSENATORWÜRDE

Dr. Helmut Schelling, Gründer der Vector Informatik GmbH und langjähriges Mitglied des Vereins der Freunde und Förderer des IAS, ist mit der Ehrenszenatorwürde der Universität Stuttgart ausgezeichnet worden. Bei der Verleihung am 25. Juli 2022 begründete Rektor Prof. Wolfram Ressel die Entscheidung mit dem jahrelangen Engagement, der Förderung, sowie den vorbildlichen Leistungen des Gewürdigten. Ebenfalls ausgezeichnet wurden zwei weitere Stifter des Vector-Stiftungsrats, Eberhard Hinderer und Martin Litschel.



05.09.2022

ERASMUS+ STIPENDIATEN AUS DER UKRAINE EINGETROFFEN

Nach einer langer Reise und mit einigen Verzögerungen freuen wir uns Daniil Belikov und Yulia Tykhonova aus der Ukraine am IAS begrüßen zu dürfen. Beide werden von Prof. Volodymyr Svjatnyj (ukrainischer Gastprofessor an der Univ. Stuttgart) und Prof. Michael Weyrich betreut.



09.09.2022

IAS IST GASTGEBER DER IEEE ETFA KONFERENZ 2022

Die IEEE Flagship-Konferenz ETFA 2022 zum Thema Emerging Technologies and Factory Automation wurde mit einem großen Empfang im Neuen Schloss in Stuttgart eröffnet.





© Siemens AG

19.09.2022

IN DER PARALLELWELT: WO DIGITALE ZWILLINGE UNS HELFEN

Digitale Zwillinge für virtuelle Probeläufe werden immer leistungsfähiger – dank einheitlicher Standards. Für Michael Weyrich, Vorsitzender der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA), haben die übersteigerten Erwartungen den Scheitelpunkt bereits überschritten. „Was jetzt noch fehlt, ist der Transfer in die Praxis, um damit tatsächlichen Mehrwert zu schaffen“, sagt er gegenüber VDI Nachrichten



29.09.2022

DOKTORANDENSEMINAR

Am 28. und 29. September fand das Doktorandenseminar des IAS unter Leitung von Prof. Weyrich und Prof. Morozov statt. Es nahmen 26 Doktorandinnen und Doktoranden in Präsenz teil. Weitere 4 Personen konnten aufgrund von Krankheit leider nur „online“ teilnehmen. Das Doktorandenseminar fand zum zweiten Mal in den historischen Gemäuern des säkularisierten Klosters Heiligkreuztal statt.



17.10.2022

INNOVATION AWARD AT THE 32ND EUROPEAN SAFETY AND RELIABILITY CONFERENCE

Im September nahmen Sheng Ding und Jun. Prof. Morozov an der 32. European Safety and Reliability Conference in Dublin teil. Ihre Arbeit „Inertial Measurement Unit Sensor Faults Detection For Unmanned Aerial Vehicles Using Machine Learning“ wurde mit einem von sechs Ph.D. Innovation Awards ausgezeichnet. Dies ist die vierte Auszeichnung, die Sheng Ding auf internationalen Konferenzen erhalten hat. Herzlichen Glückwunsch!

NEWS



18.10.2022

IAS IN DER „FORSCHUNG UND LEBEN“ VON OKTOBER 2022

Das Thema der Konnektivität treibt die Forschenden am IAS an und hat zu einer Federführung in gleich zwei Leitprojekten geführt. In der aktuellen Ausgabe des Journals „Forschung und Leben“ wird ausführlich über die Arbeiten am IAS berichtet. Dabei geht es um das Projekt SofDCar „Wenn die Software regiert ... Großprojekte befassen sich mit der Vernetzung von Produktion und Fahrzeugen“ und das Projekt H2Mare „Gamechanger in der Energiekrise“.



19.10.2022

KEYNOTE AUTO-TEST

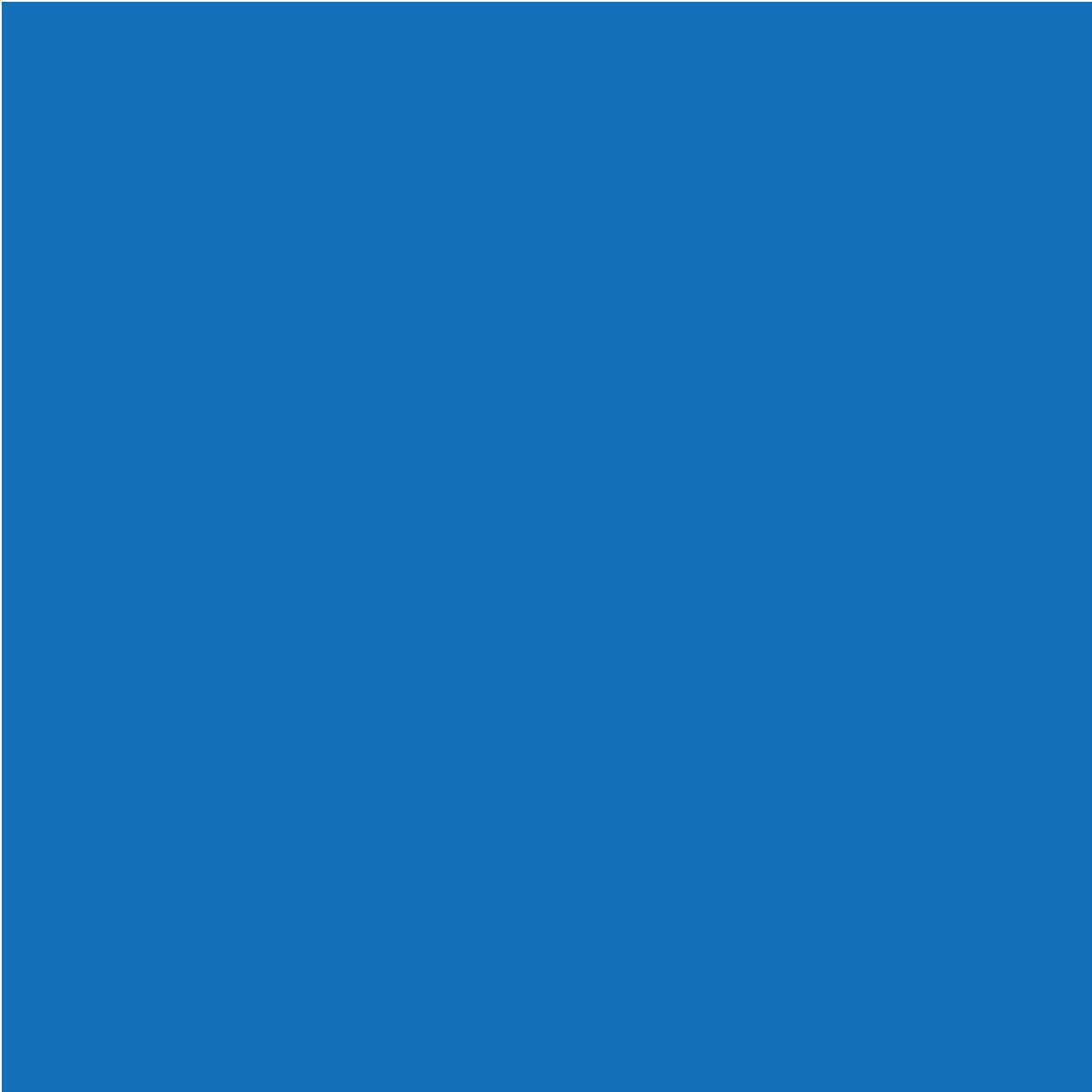
Mit über 110 Teilnehmern startete am 19.10.2022 im Haus der Wirtschaft in Stuttgart die 9. AutoTest-Fachkonferenz - #Testen von Hard- und Software in der Automobilentwicklung. Die Fachtagung mit dem diesjährigen Schwerpunktthema „Virtuelle Validierung in der Automobilentwicklung“ begann mit einer Keynote von Prof. Dr.-Ing. Michael Weyrich vom Institut für Automatisierungs- und Softwaresysteme der Universität Stuttgart zum Thema „Hey K.I.T.T. – kann ich Dir vertrauen?“.



15.11.2022

IVS-AWARD 2022

Die Prämierung fand im Rahmen der IVS-Mitgliederversammlung mit einem Kurzvortrag am 15.11.2022 statt. Die Preise wurden persönlich übergeben. Frau Dr. Anne Koch wurde für ihre Doktorarbeit ausgezeichnet. Herr Falk Dettinger wurde für seine Masterarbeit und Herr Felix Mommer wurde für seine Bachelorarbeit mit einem Preis ausgezeichnet.



INHALT



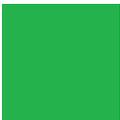
FORSCHUNG

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE DES IAS 2022/23	15
FORSCHUNGSTHEMEN	18
FORSCHUNGSPROJEKTE	68
DEMONSTRATOREN	85
PUBLIKATIONEN	94



LEHRE

LEHRE - ÜBERBLICK	101
VORLESUNGEN / SEMINARE	102
PRAKTIKA	110
ABGESCHLOSSENE ARBEITEN 2022	114
PREISE 2022	120



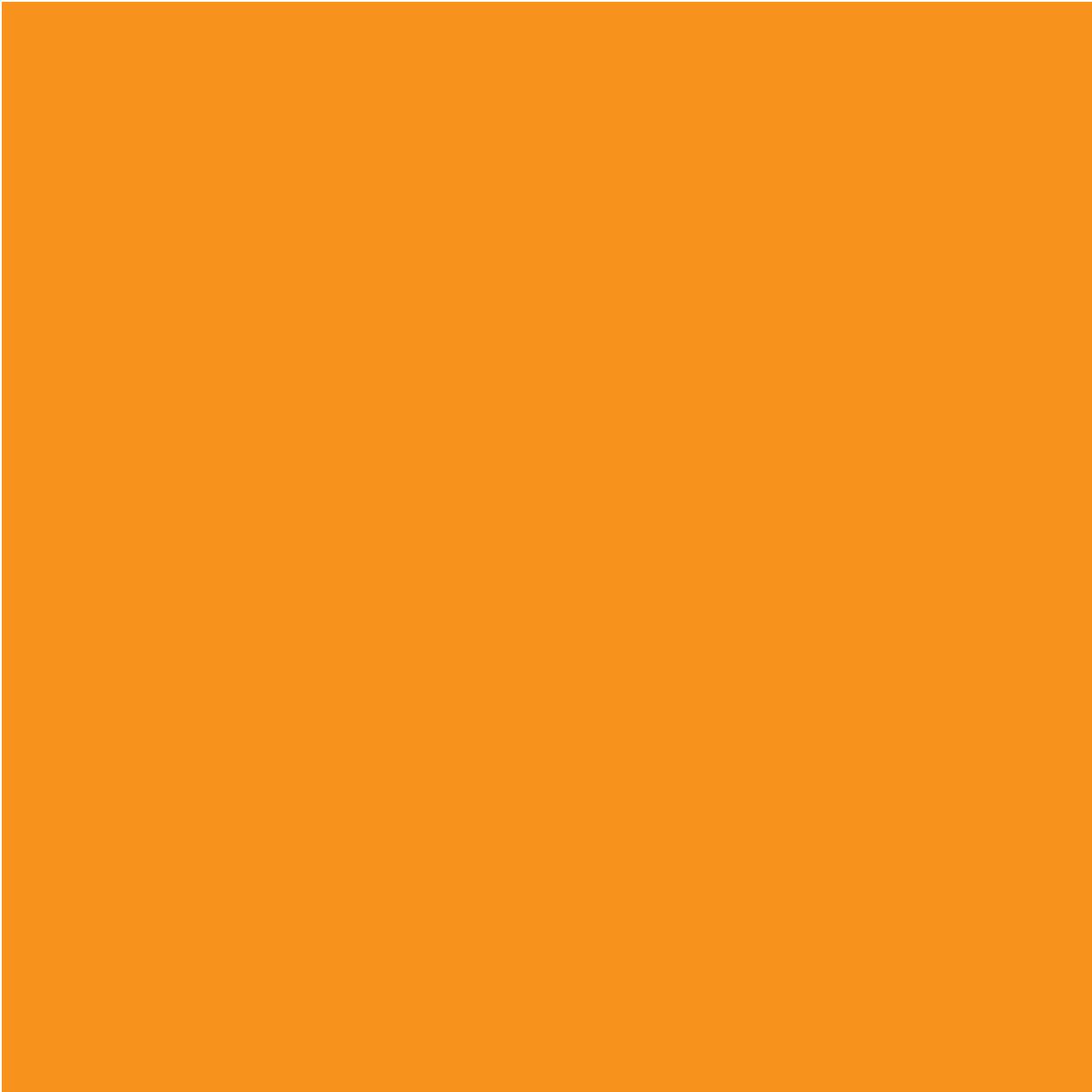
IAS-AKTIONEN

ÜBERBLICK UND VFIAS-JAHRESABSCHLUSSFEIER	123
GIRLS DAY	124
VFIAS-JAHRESVERSAMMLUNG	125
ETFA KONFERENZ	126
INSTITUSAUSFLUG	127



GREMIEN UND MITARBEITENDE

GREMIEN	128
MITARBEITENDE	130



FORSCHUNG

IAS-Forschung

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. Die Automatisierungstechnik beschäftigt sich disziplinübergreifend mit der Automatisierung technischer Prozesse unterschiedlicher Domänen. Die Automatisierungstechnik ist ein wesentlicher Schlüsselfaktor des Erfolgs moderner Industriestaaten. Als wesentliches Novum entstehen derzeit Autonome Systeme, die zukünftig aufgrund von vernetzten Informationen und Künstlicher Intelligenz eine weitreichende und selbstständige Handlungsführung wahrnehmen.

Der IAS ist in fünf Forschungsteams unterteilt, die zu den folgenden Themen beitragen:

- Digitaler Zwilling für die Automatisierungstechnik
- Intelligente und lernende Automatisierungssysteme
- Komplexitätsbeherrschung in der Automatisierungstechnik
- Safety und Assistenzsysteme in der Automatisierungstechnik
- Risikoanalyse und Anomalie-Erkennung für vernetzte Automatisierungssysteme

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

Forschungsschwerpunkt Digitaler Zwilling für die Automatisierungstechnik

Team: Timo Müller, Dominik Braun, Daniel Dittler, Golsa Ghasemi, Valentin Stegmaier, Yuchen Xia

Ein wesentlicher Forschungsschwerpunkt des IAS stellt der Digitale Zwilling für die Automatisierungstechnik dar. Das Team erforscht dabei sowohl aktuelle Fragestellungen, die die Weiterentwicklung des Konzepts des Digitalen Zwillings selbst vorantreiben, als auch Anwendungen welche auf der Verwendung eines Digitalen Zwillings beruhen. Ein Aushängeschild der IAS-Forschung im Bereich des Digitalen Zwillings stellt das Konzept und die dazugehörige Architektur des sogenannten „Intelligenten Digitalen Zwillings“ dar.

Die aktuellen Forschungsbemühungen umfassen dabei Themen wie:

- Die Erforschung der „automatisierten Generierung von Digitalen Zwillingen um eine Digitalisierung von Brownfield Systemen“, welche auf einer multi-dimensionalen Modellierung beruht.
- „Digitale Zwillinge für Vakuum-Komponenten und -Greifsysteme“ welche das IAS in Kooperation mit der J. Schmalz GmbH erforscht.
- Die „Anwendungsoptimierte Modelladaption des Digitalen Zwillings während der Betriebsphase“, welche den Intelligenten Digitalen Zwilling mit Hilfe einer PDCA-basierten Methode um eine Modelladaption bereichert.

Forschungsschwerpunkt Intelligente und lernende Automatisierungssysteme

Team: Simon Kamm, Maurice Artelt, Hannes Vietz

Innerhalb des Forschungsschwerpunktes der intelligenten und lernenden Automatisierungssysteme beschäftigt sich das Team mit aktuellen Fragestellungen in den Bereichen der Künstlichen Intelligenz mit dem Fokus auf Anwendungen für dateneffizientes maschinelles Lernen in der Automatisierung sowie des Zusammenspiels von physikalischen und datenbasierten Modellen in hybriden Modellierungsansätzen.

Die Themen umfassen dabei:

- Ein Konzept zur zielgerichteten und automatisierten Trainingsdatengenerierung für das maschinelle Lernen
- Die Analyse heterogener Daten mithilfe von KI-Methoden für robuste Entscheidungen
- Sowie die KI-basierte hybride Modellierung zur Lebensdauerabschätzung von komplexen elektronischen Systemen

Die Themen werden in Projekten mit Industriebezug erforscht, in denen neuartige Lösungen in enger Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten und Industriepartnern entwickelt werden, um aktuelle Durchbrüche im Bereich der Künstlichen Intelligenz und vor allem dem maschinellen Lernen in Anwendungen für Automatisierungssysteme zu nutzen.

Forschungsschwerpunkt Komplexitätsbeherrschung in der Automatisierungstechnik

Team: Andreas Löcklin, Falk Dettinger, Baran Can Gül, Karolina Kanik, Johannes Stümpfle, Matthias Weiß

Innerhalb dieses Forschungsschwerpunktes beschäftigt sich das Team mit aktuellen Fragestellungen in den Bereichen der Entwicklungsprozesse, des Varianten- und Wissensmanagements sowie der Kombinatorik, Berechnung und Bewertung von in der Industrie und Wirtschaft vorkommenden Zusammenhängen, Modellen und Daten. Es gilt, Systeme trotz stetig zunehmenden Konnektivitätsanforderungen und Daten-Heterogenität zu entwickeln, betreiben und wartbar zu halten. Alle Forschungsthemen in diesem Schwerpunkt haben daher gemein, dass zielgerichtete Strategien zur Ermittlung komplexer Zusammenhänge erforscht und weiterentwickelt werden.

Die aktuellen Forschungsfragen umfassen dabei Themen wie:

- Untersuchung von Entwicklungsprozessen zur Realisierung kontinuierlicher Updates
- Beherrschung der Versions- und Variantenkomplexität in software-definierten Systemen
- Update- und Fehlerursachenanalyse in verteilten Automatisierungssystemen
- Dateneffiziente Erweiterung der Umgebungswahrnehmung autonomer Systeme
- Erforschung sicherheitskonformer und dateneffizienter Konzepte zum verteilten maschinellen Lernen

Die beschriebenen Themenfelder werden in enger Zusammenarbeit mit anderen Forschungsinstituten und Industriepartnern bearbeitet, beispielsweise im Rahmen des SofDCar-Projekts.

Forschungsschwerpunkt Safety und Assistenzsysteme in der Automatisierungstechnik

Team: Nada Sahlab, Lennard Hettich, Manuel Müller, Alexander Schuster, Iman Sonji

Der Forschungsschwerpunkt Safety und Assistenzsysteme für Automatisierungssysteme beschäftigt sich mit Themen der Absicherung und Testen von hochautomatisierten bzw. automatisierten Systemen, die sich in dynamischen Umgebungen befinden. Hierfür ist das Ziel, den Systembetrieb innerhalb dynamischer Umgebungen durch Methoden der künstlichen Intelligenz für Menschen und für kollaborierende Systeme sicher und zuverlässig zu machen.

Aktuelle Forschungsthemen in diesem Bereich sind unter anderem:

- Trajektorienvorhersage autonom fahrender Roboter
- Dynamische Kontextmodellierung für cyber-physische, menschenzentrierte Systeme
- Automatisierte Generierung von Testfällen für autonome Fahrzeuge

Die Forschungsthemen werden praxisnah sowohl durch verschiedene Industrieprojekte als auch durch institutseigene Demonstratoren vorangetrieben.

Forschungsschwerpunkt Risikoanalyse und Anomalie-Erkennung für vernetzte Automatisierungssysteme

Team: Sheng Ding, Tagir Fabarisov, Philipp Grimmeisen, Joachim Grimstad, Yuliang Ma, Berit Schürrie

Einen weiteren Forschungsschwerpunkt des IAS stellt die Zuverlässigkeitsanalyse vernetzter dynamischer Systeme dar. Die Forschungsgruppe „Risikoanalyse und Anomalieerkennung für vernetzte Automatisierungssysteme“ beschäftigt sich mit aktuellen Fragestellungen in den Bereichen der Verlässlichkeit, Zuverlässigkeit, intelligenten Wartung und der Anomaliedetektion innerhalb komplexer und dynamischer technischer Systeme. Hierbei ist das Ziel der Forschung, die Sicherheit und Zuverlässigkeit der vernetzten Systeme stetig zu verbessern und Fehlern frühzeitig entgegenzuwirken.

Hierzu zählen unter anderem

- die automatisierte Risikoanalyse für Software-definierte Systeme,
- die auf Deep-Learning basierte Anomalieerkennung in cyber-physischen Systemen,
- die Fehlerinjektion und -fortpflanzung in cyber-physischen Systemen sowie
- die Resilienzanalyse und -steigerung von neuronalen Netzen und
- die risikobasierte Wartung von Fertigungsanlagen.

Die Bearbeitung dieser Forschungsthemen erfolgt in Kooperation mit Industriepartnern bei gemeinsamen Projekten wie OpenPRA, SDM4FZI, SofDCar und SI4. Darüber hinaus wird die Forschung durch institutseigene Demonstratoren und Roboter unterstützt.



FORSCHUNGSTHEMA

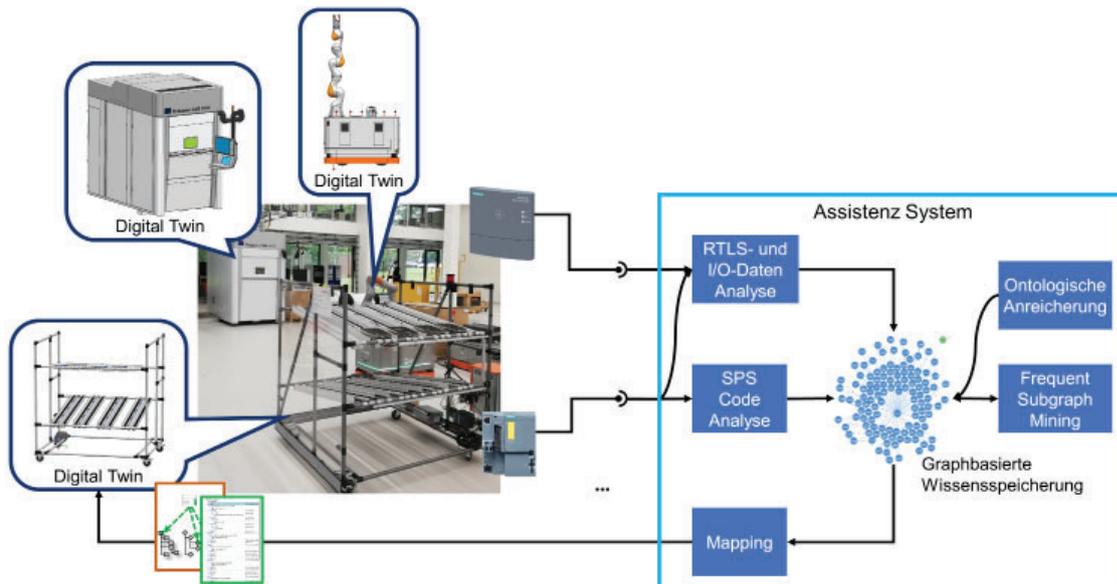
KI-basierten hybriden Modellen zur Lebensdauerabschätzung von komplexen elektronischen Systemen

Bearbeiter: Maurice Paul Artelt

Elektronische Systeme ermöglichen den Komfort unseres modernen Lebens. Dementsprechend stellt sich bei jeder Investition, in der elektronische Systeme enthalten sind, die Frage, ob das Gerät die anvisierte Lebensdauer erreichen wird. Beim Einsatz von Automatisierungstechnik ist dies auch immer mit dem Gedanken der Ausfallzeitminimierung verknüpft. Eine Lebensdauerabschätzung ermöglicht es die Planbarkeit zu erhöhen. Für die Lebensdauer des Systems spielen dabei mannigfaltige Faktoren eine Rolle. Die Zusammenhänge dieser Faktoren sind für den Menschen nicht analytisch zu kombinieren. Dank des industriellen Internet of Things stehen umfassende Daten über die Betriebs- und Umgebungsbedingungen bereit, um Machine-Learning-Algorithmen trainieren zu können.

Klassische auf Stochastik beruhende Lebensdauermodelle erlauben eine erste Einschätzung, sie lassen jedoch noch viel Spielraum, ob die Elektronik eher zu den Frühausfällen oder den Spätausfällen gehört. Diese Abweichungen können für den Betreiber zu kostspieligen Stillständen führen. Datengetriebene Modelle allein verkennen schnell die physikalischen Begebenheiten beispielsweise, wenn eine Elektronik in anderen Temperaturbereichen betrieben wird als für das Training des Modelles verwendet wurden.

Durch künstliche Intelligenz basierte hybride Modelle soll der eingesetzte Algorithmus deutlich zutreffender sein und auch bei multiplen Eingangsparametern die gewünschte Performance erzielen. Dieses Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit dem Einsatz von Machine Learning Algorithmen wie beispielsweise Long Short-Term Memory Netzen in Kombination mit physikalischen Modellen zur Lebensdauerabschätzung.



Erfassung und Analyse eines bestehenden Produktionssystems zur Identifikation der Relationen des Digitalen Zwillings



FORSCHUNGSTHEMA

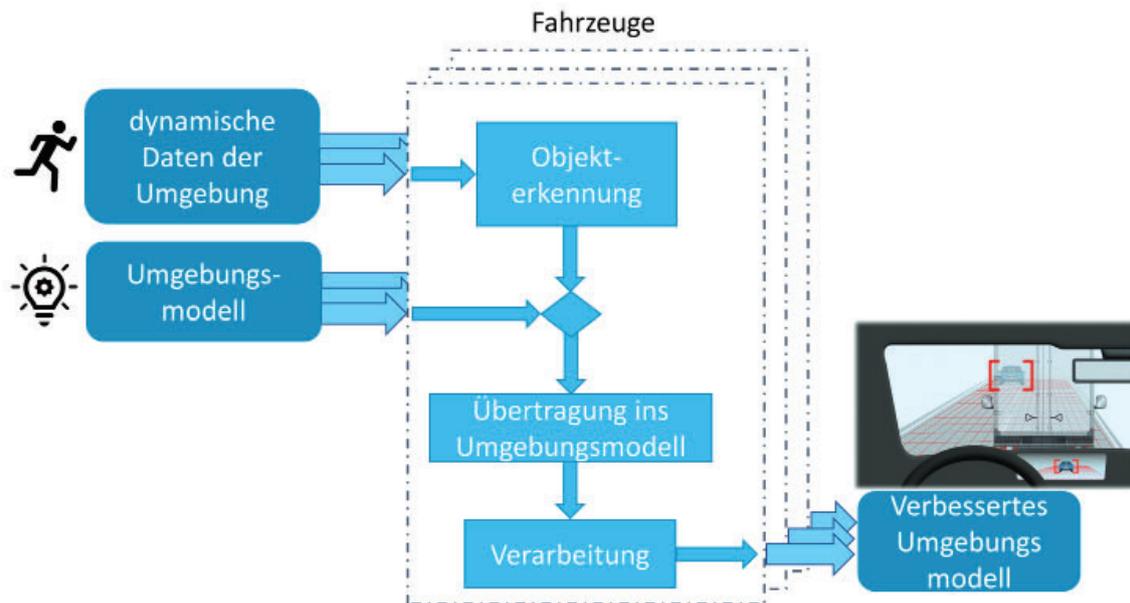
Eine Methodik zur Erstellung der fachbereichsübergreifenden Relationen zwischen den Modellen des Digitalen Zwilling eines Brownfield-Produktionssystems

Bearbeiter: Dominik Braun

Der Digitale Zwilling als verbreitetes Konzept besitzt eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten, wie die virtuelle Inbetriebnahme oder prädiktive Wartung. Diese bieten viele Vorteile beispielsweise hinsichtlich der Anlagenverfügbarkeit, der Optimierung oder auch der Fehlerbeseitigung. Im Zuge der modellbasierten Entwicklung werden die Modelle und deren Relationen eines Digitalen Zwillings erstellt. Jedoch existieren bereits viele Produktionsanlagen, sogenannte Brownfield Anlagen, für die kein Digitaler Zwilling erstellt wurde. Aktuelle Trends, wie die individualisierte Massenproduktion, führen zu einer häufigeren Änderung der Steuerungssoftware und erhöht den Nutzen eines Digitalen Zwillings für Brownfield Systeme.

Die aufwändige Erstellung eines Digitalen Zwillings steht daher zunehmend im Fokus von Anlagenmodernisierungen und Erweiterungen. Hierfür werden unterschiedliche Modelle aus den Disziplinen Mechanik, Elektrotechnik und Software benötigt, um das mechatronische System zu modellieren. Des Weiteren müssen die Relationen zwischen den einzelnen Modellen und Komponenten nachvollzogen und abgebildet werden. Diese sind meist nicht dokumentiert und daher schwierig in den bestehenden Anlagen zu erkennen. Deshalb stellen diese Relationen gerade für große automatisierte Industrieanlagen eine Herausforderung bei der Erstellung eines Digitalen Zwillings dar. In diesem Forschungsprojekt werden aus dem SPS-Code und der SPS Konfiguration die funktionalen Abhängigkeiten extrahiert. Der SPS Code muss dazu lediglich in einer der standardisierten SPS Sprachen vorliegen, wodurch die Methodik für bestehende Anlagen einsetzbar ist. Zusätzlich werden aus den Materialbewegungsdaten und den Signalverläufen von Sensoren und Aktoren ungefähre Positionen dieser Komponenten bestimmt. Alle Informationen werden in einem Graph zusammengeführt, über Ontologien angereichert und mittels Algorithmen repetitive Muster identifiziert. Diese werden als Engineering Template gekennzeichnet und können anschließend in einen Digitalen Zwilling eingespeist werden.

Die daraus resultierende Struktur eines Digitalen Zwillings und seine Modellrelationen werden im Projekt „Flexible Produktionsanlage“ in der ARENA2036 evaluiert.



Verarbeitung und Übertragung von Sensordaten und deren weitere Nutzung im Backend



FORSCHUNGSTHEMA

Informationsverarbeitung in dynamisch verteilten autonomen Systemen zur Laufzeit

Bearbeiterin: Falk Dettinger

Durch die zunehmende Digitalisierung nimmt die Vernetzung von Fahrzeugen zu, was neue Applikationen ermöglicht. Dabei wird ein möglichst exaktes Modell der Umgebung benötigt, damit die Applikationen bestmöglich ausgeführt werden können. Aufgrund von schlechtem Wetter, geringem Sichtfeld oder unterbrochener Sichtlinie entstehen jedoch blinde Flecken innerhalb des Umgebungsmodells, die die Funktion der Applikation negativ beeinflussen können. Abhilfe kann hier der Austausch von Umgebungsinformationen zwischen einzelnen Fahrzeugen schaffen, was mithilfe der Vehicle-to-Everything (V2X)-Kommunikation ermöglicht wird.

Aufgrund von Netzwerkrestriktionen ermöglicht die V2X-Kommunikation jedoch lediglich die Übertragung von Objekten in Form einer Liste. Kann ein Objekt bei der Auswertung der erfassten Umgebungsdaten nicht erkannt werden, wird es verworfen, was die Genauigkeit der Umgebungsmodells im Vergleich zur Übertragung unverarbeiteter Sensordaten reduziert. Die V2X-Kommunikation ermöglicht in diesem Zusammenhang die Übertragung von Informationen zwischen:

- Fahrzeugen untereinander,
- Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur,
- Fahrzeugen und Fußgängern,
- Fahrzeugen und Netzwerken .

Durch Erweiterung der V2X-Kommunikation ergeben sich neue Use-Cases wie beispielsweise die Erweiterung des Sensorerfassungsbereichs u.a.. In diesem Zusammenhang sind drei Parameter relevant, nämlich die Latenz der Nachrichtenübertragung, Zuverlässigkeit der Datenübertragung und die zu übertragende Datenrate. Die theoretischen Anforderungen der Applikationen belaufen sich dabei auf bis zu 1 Gbps bei einer Latenz von einigen Millisekunden bei einer geforderten Zuverlässigkeit der Datenübertragung von bis zu 0,99999.

Die Forschung beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit den Möglichkeiten zur Übertragung unverarbeiteter Fahrzeugdaten im Kontext der V2X-Kommunikation und deren anschließende Verarbeitung und Nutzung innerhalb des Backends.

System of System Level

- Attention via Graph Attention Network
- Multivariate time series



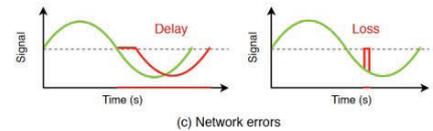
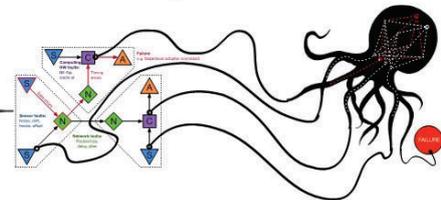
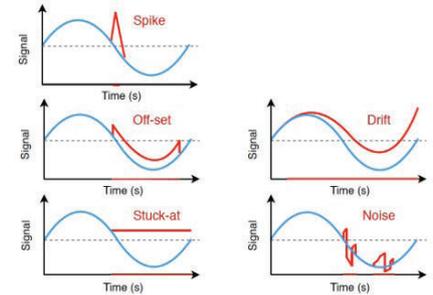
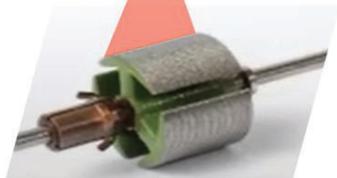
System Level

- MBSE preprocessing
- Dynamic switching access points
- Multivariate time series



Component Level

- Dynamic switching of DNNs
- Univariate time series



Data errors, caused by bit-flips

0 1 0 1 1 1 0 1

Deep Learning basierte Fehlererkennung für Cyber-physisches System



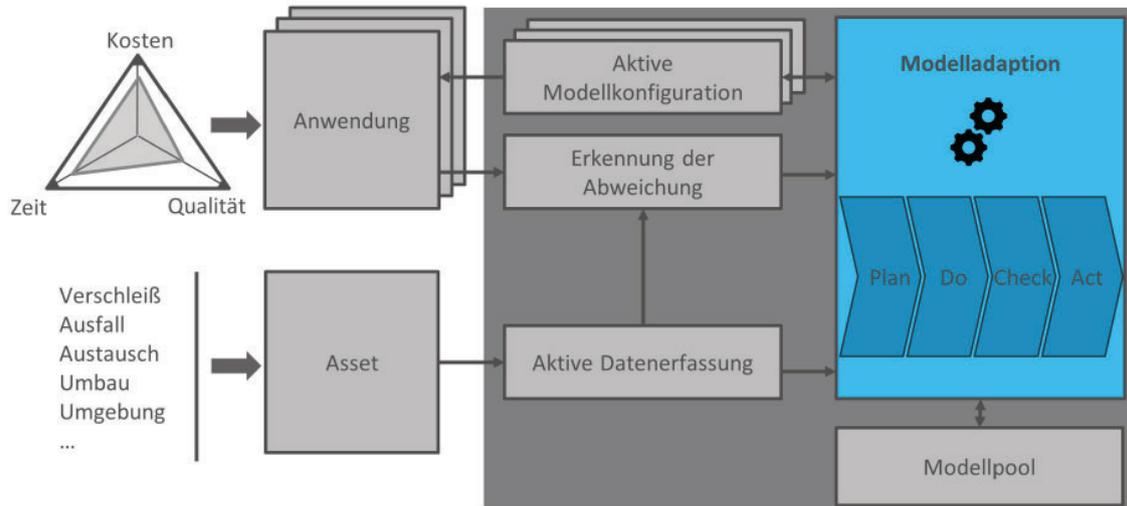
FORSCHUNGSTHEMA

Deep Learning basierte Fehlererkennung für Cyber physische Systeme

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. Angesichts der zunehmenden Verbesserung von Deep Learning (DL)-Ansätzen wird die Anwendbarkeit von DL-Techniken zur Fehlererkennung erforscht. Die vorhandene Forschung ignoriert wesentliche Informationen über die Struktur und das Verhalten des Systems, die hinter den gesammelten Daten liegen. Wir verwenden eine 3-Schichten-Architektur, um die Skalierbarkeit der Anomalieerkennung zu verbessern. Auf der Komponentenebene schalten wir dynamisch auf die am besten geeignete Deep-Learning-Architektur um, je nach aktuellem Kontext. Auf der Systemebene analysieren wir die graphbasierte Fehlerfortpflanzung des Systems, um dynamisch optimale Zugangspunkte zu finden. Auf der Systemebene verwenden wir einen Aufmerksamkeitsmechanismus, um die Komplexität zu reduzieren und die Skalierbarkeit zu erhöhen.

In dem Vorhaben werden viele Arten von Methoden bzw. DL-Architekturen verglichen und integriert. Geeignete DL-basierte Fehlererkennungsansätze wie Vorhersage, Klassifizierung, und Rekonstruktion werden verglichen. Das Training und die Evaluation der DL-Modelle erfolgen offline mit dem gesammelten Datensätzen und umfasst drei Phasen. Erstens, verschiedene Netzwerktypen, z.B MLP, CNN, LSTM / GRU, Autoencoder, und Transformatoren, sowie deren Struktur- und Hyper-Parameter werden untersucht und identifiziert. Zweitens, wird die Leistung mit Genauigkeit und Geschwindigkeit verschiedener Modelle als Wissensbasis dokumentiert. Drittens, um die Genauigkeit zu verbessern, wird die dynamische Rekonfiguration erforscht. Ziel ist, eine DL-basierte Error Detektion mit Echtzeit-Reaktion und hoher Genauigkeit zu entwickeln. Zur Demonstration des Konzepts wird die implementierte Methode online getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fehler in Echtzeit erfolgreich erkannt werden können.



Anwendungsoptimierte Modelladaption im Digitalen Zwilling: Gesamtüberblick



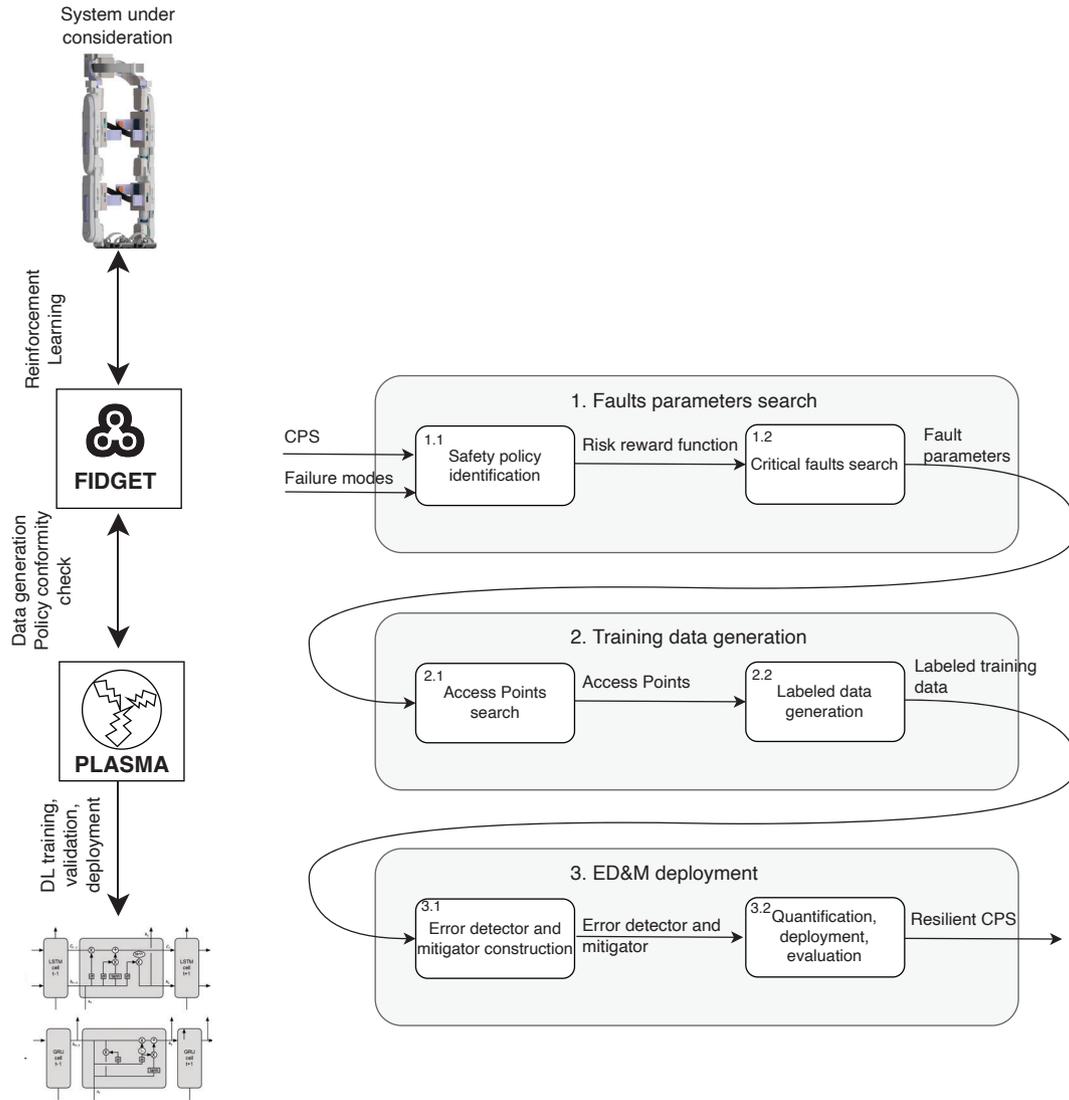
FORSCHUNGSTHEMA

Anwendungsoptimierte Modelladaption des Digitalen Zwillings während der Betriebsphase

Bearbeiter: Daniel Dittler

In der Entwicklungsphase werden Digitale Zwillinge und deren Modelle (z.B. Struktur- oder Verhaltensmodelle) für die vorhergesehenen Anwendungs- und Betriebsszenarien entwickelt. Nach der Übergabe der Anlage und des Digitalen Zwillings an den Kunden entsteht ein sogenannter Modelldrift, der die Realitätsnähe des Digitalen Zwillings zur physischen Anlage verschlechtert. Eine Verschlechterung der Realitätsnähe hat zur Folge, dass die unterschiedlichsten Anwendungen (z.B. Virtuelle Inbetriebnahme, betriebsparallele Simulation, Optimierung, Prognose, etc.) keine realitätstreuen Ergebnisse liefern können. Der Grund für diesen Modelldrift ist die aufwendige Modellpflege in der Betriebsphase, die bei Veränderungen (z.B. unerwartete Umwelteinflüsse, neue Anwendungsszenarien, der Verschleiß oder Umbau von Komponenten, etc.) notwendig wird und in einer heterogenen Modelllandschaft manuell kostenintensiv und fehleranfällig ist. Dieses Forschungsvorhaben beschäftigt sich daher mit der kontinuierlichen Modelladaption des Digitalen Zwillings, um die anwendungsgerechte Realitätsnähe in der Betriebsphase zu halten.

Der Ansatz erweitert das am IAS entwickelte Konzept des Digitalen Zwillings um eine anwendungsoptimierte Modelladaption, sodass dieser in einer heterogenen Modelllandschaft auf unvorhergesehene Veränderungen reagieren kann. Dazu wird eine Methodik basierend auf dem Plan-Do-Check-Act-Zyklus dem Ansatz zu Grunde gelegt. In dieser Methodik werden zunächst die Informationen der Erkennung der Abweichung verarbeitet sowie die Anforderungen der Anwendung mit den aktiven Modellkonfigurationen auf die funktionale Eignung geprüft, um einen Adaptionsbedarf zu ermitteln. Der zweistufige Modelladaptionsansatz im Do-Schritt ist in die Parameter- und Strukturanpassung gegliedert, um auf Basis aktiver Modellkonfigurationen oder des strukturierten Modellpools anwendungsgerechte Modellkonfigurationen zu generieren. Diese werden im Check-Schritt nach den Kriterien Zeit, Kosten und Qualität bewertet. Die für die Anwendung geeignetste Modellkonfiguration wird dann im Act Schritt aktiv geschaltet.



Framework structure



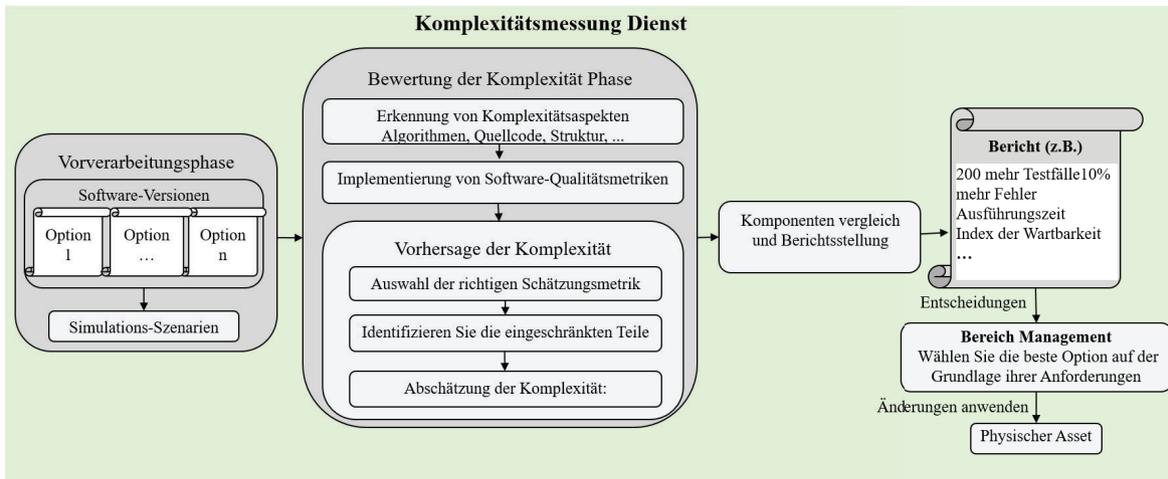
FORSCHUNGSTHEMA

Operational hybrid ML/DL methodology for safety of dynamic Cyber-Physical Systems

Bearbeiter: Tagir Fabarisov

With the increasing behavioral and structural complexity of modern CPS, the classical methods for risk assessment and assurance are becoming non-adequate. The data flow and system configuration itself can change even during the operation phase. Once verified, the risk metrics can become non-representative as the system dynamically changes. This is a challenge even when employing modern Machine Learning techniques. Once the configuration of CPS has changed, so did the data flow. As such, the connected to the system models will perform with less accuracy. As we discovered throughout the SI4 project, the risk methods can be partially applied to cover certain aspect of modern CPS, such as heterogeneity of components, interoperability, autonomy, human-associated risk, etc. The combination of several techniques can be a promising solution for this challenge. Particularly, we propose a hybrid methodology that encompasses 1) Reinforcement Learning-driven model-based fault injection for discovering the most critical fault parameters, 2) Machine Learning-based Access Points search, 3) Quantization and model pruning for efficient deployment of Deep Learning-based anomaly detection and fault mitigation on embedded computing hardware. In the previous research, we introduced a new model-based fault injection method implemented as a highly customizable Simulink block called FIBlock. It supports the model-based injection of typical faults of CPS components such as sensors, software, computing, and network hardware. To make the fault injection experiments automatic and optimized, we introduced a Deep Learning-based approach for model-based fault injection called FIDGET. It extends the FIBlock with Deep Reinforcement Learning capabilities. We employed a Deep Deterministic Policy Gradient algorithm with LSTM architecture to train the Reinforcement Learning agent to perform the automated search of fault parameters that yield the biggest system response.

The performance of correct anomaly detection capabilities with a DL model is heavily depending on where to the system a given model is connected. These points of connection are called Access Points (AP). That is, from which part of system it receives the signals in a hope that it will detect erroneous signal before it leads to a system failure. According to a given task, it might also need to provide the information on where the fault occurred in the system, and what type of fault it is. The performance of DL-based models drops drastically with the increase of data amounts that need to be of processed. The next step is development of a Machine Learning-based model that will automatically optimize the configuration of Access Points. It will use meta-heuristic optimisation for AP combinations search and pruning for reduction of unnecessary candidates. This will ensure high anomaly detection scores with less computation cost.



Architektur des Komplexitätsabschätzungsdienstes



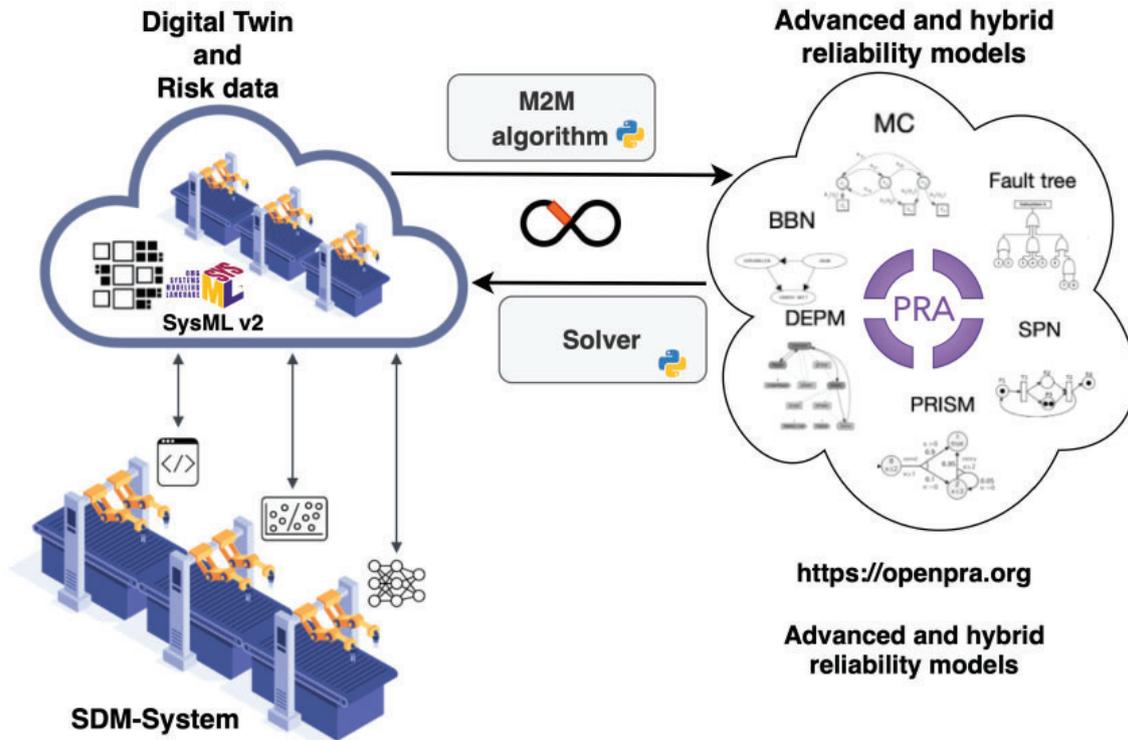
FORSCHUNGSTHEMA

Entwicklung einer Methodik zur Beurteilung der Systemkomplexität und deren Auswirkungen auf die Verlässlichkeit im Lebenszyklus von modularen und verteilten Automatisierungssystemen

Bearbeiterin: Golsa Ghasemi

Die Softwarekomplexität in industriellen Automatisierungssystemen nimmt aufgrund der kontinuierlichen Ausweitung des Softwareumfangs und des höheren Anteils an Software, Netzwerken und Cyberfähigkeiten immer mehr zu. Diese modernen softwaredefinierten Systeme bieten eine höhere Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an Marktunsicherheiten in dynamischen und heterogenen Umgebungsbedingungen in der Automatisierungstechnik. Folglich müssen verschiedene konventionelle Anlagen während ihres Lebenszyklus geändert werden, um anpassungsfähig zu sein. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die erforderlichen Änderungen zu implementieren, um die Anforderungen zu erfüllen, wobei diese Optionen ein unterschiedliches Maß an Komplexität mit sich bringen, das einen unterschiedlichen Umfang an Ressourcen, vor allem Zeit und Kosten, erfordert. Die gleichzeitige Erfüllung neuer Anforderungen führt zu einem hohen Maß an Komplexität. Die allgegenwärtige Komplexität führt zu vielen Konsequenzen auf verschiedenen Abstraktionsebenen in den softwaredefinierten Automatisierungssystemen. Um diese ressourceneffizient zu verwalten, wird eine automatisierte Methode zur Abschätzung dieser Komplexität benötigt.

Dieses Forschungsvorhaben befasst sich mit einem Konzept eines Komplexitätsabschätzungsdiensts vor der Umsetzung realer Änderungen in der physischen Welt. Diese Methode ermöglicht die Simulation der erforderlichen Änderungen mit Hilfe des Digitalen Zwillings, um die Kosten der realen Implementierung und deren unbekanntes Folgen zu verringern und gleichzeitig die zukünftigen Anforderungen des Asset Managements zu erfassen. Durch die automatisierte Erkennung von Komplexitätstreibern simuliert dieser Dienst die neue Anlage und sagt anhand geeigneter Komplexitätsmetriken voraus, wie komplex es wäre, die erforderlichen Änderungen durchzuführen. Dieser Dienst liefert einen Bericht zur Abschätzung der Komplexität, der aufzeigt, welche Art von Änderungen und Konsequenzen sich aus der Anwendung der erforderlichen Änderungen ergeben werden.



New approach to the automated and continuous reliability assessment of software-defined systems



FORSCHUNGSTHEMA

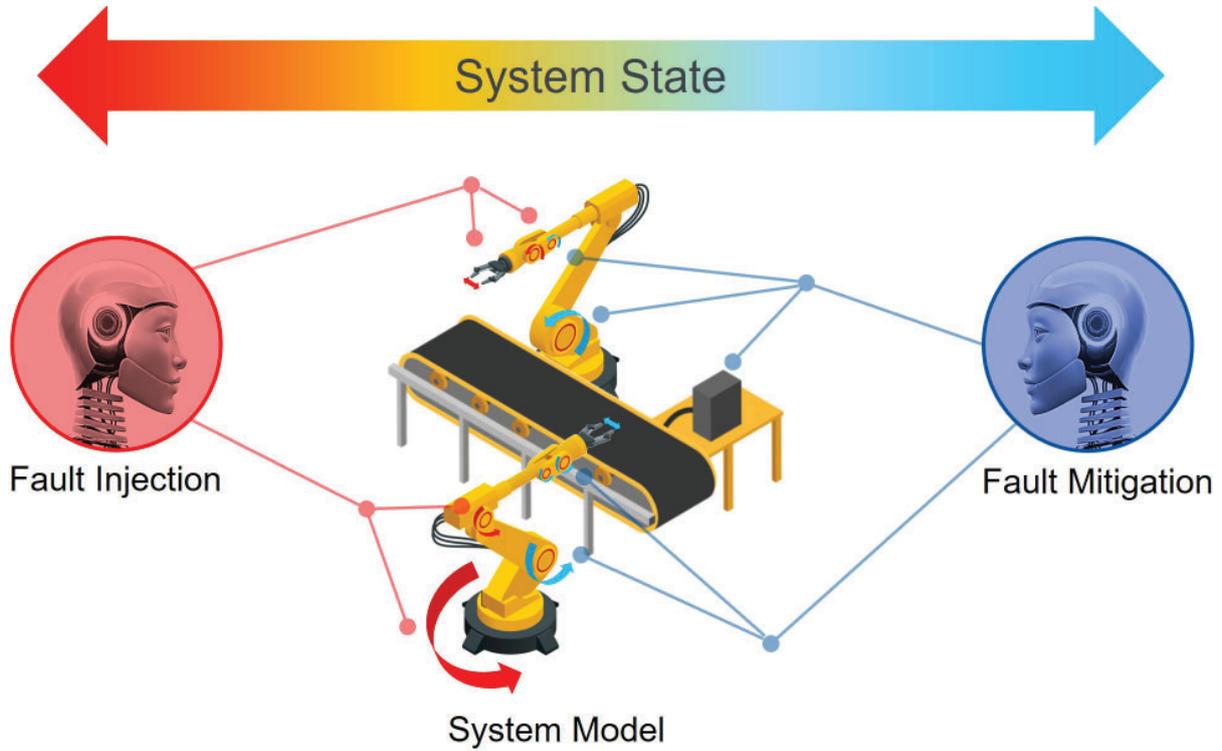
Automated and continuous reliability assessment for software-defined systems

Bearbeiter: Philipp Grimmeisen

Traditional production systems are characterized by rare software updates, traditional software components, and fixed production lines. Each production system is designed and programmed for one specific task. Therefore, the reliability assessment is conducted once before the operation, mostly manually, and is based on traditional risk models, such as event trees, fault trees, or Bayesian networks. Software-defined systems are characterized by frequent software updates, flexible production, digital twins, and AI components. This requires a new approach to reliability assessment. Each software update can change the system behavior significantly. This leads to the necessity to reconduct the reliability assessment automatically before each software update.

The aim of this research project is the development of a new approach that enables the automated and continuous reliability assessment of software-defined systems. Advanced, hybrid, and highly flexible risk models are the key enabling technology. These models must be automatically generated and synchronized with the available system models and digital twins. Model-to-Model (M2M) transformation methods are another enabling technology.

In our first approach, we developed the automated generation (M2M transformation algorithm) of Markov chains with interconnected fault trees from SysML v2 models. The extension to other hybrid risk models and modeling languages shall be investigated. Therefore, suitable advanced and hybrid risk models will be studied and integrated. This will require the development of new solvers for our OpenPRA framework and new M2M transformation algorithms. The development of a risk markup language shall be studied to enable the automated generation of risk models from code. The integration and synchronization of the risk analysis module with the digital twin shall be investigated.



Risk Management and Adversarial Neural Networks Conceptual Figure



FORSCHUNGSTHEMA

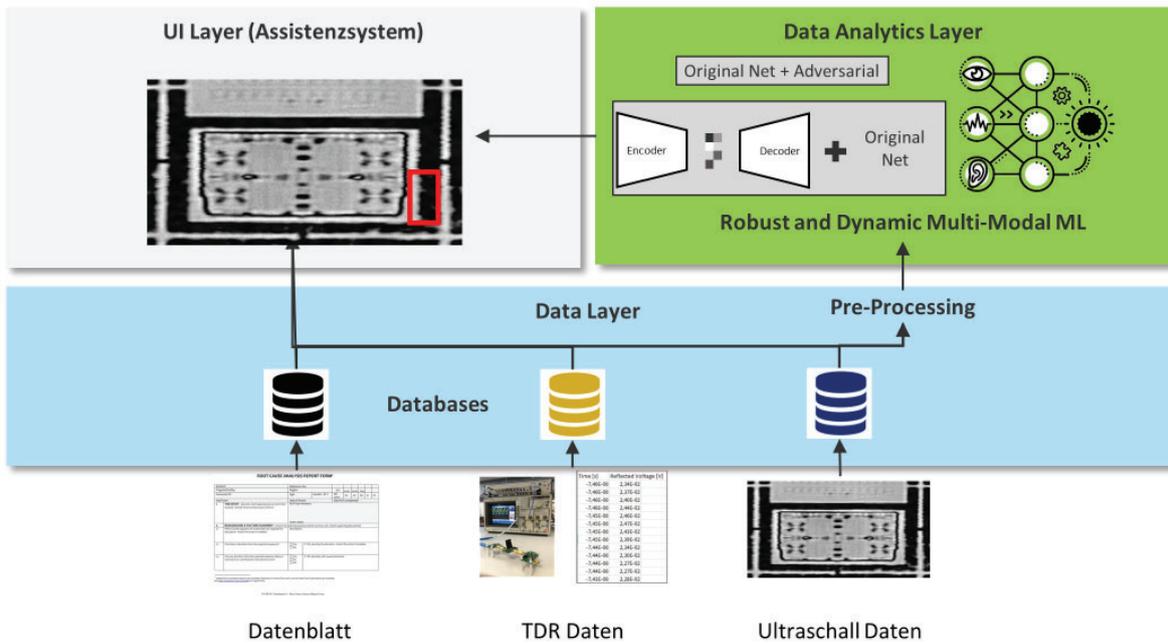
Risk Management and Adversarial Neural Networks

Bearbeiter: Joachim Grimstad

With the increase in popularity and adaptation of Cyber-Physical Systems (CPS), the role of control room operators has changed significantly. As systems become larger both in terms of extent and complexity and increasingly comprise elements from multiple domains, the requirements of the control room operators in turn have increased. History has shown that control room operators with insufficient knowledge of the system can pose a real threat to safe operation, this especially holds for uncommon operations or during the development of undesired events. Perhaps the two most well-known such incidents are the Three Mile Island accident (1979) and Chernobyl (1986), where operator errors exacerbated design faults and caused otherwise avoidable major accidents.

In this research, the ambition is to contribute to a solution to this issue, by utilizing adversarial neural networks. The key concept is to have two neural networks competing for the safety and required functionality of physical models of the system. One neural network (red) attempts to influence the system in such a way that safety and functionality are compromised. The competing (blue) network attempts to alleviate any negative interactions and ensure the system is safe and, in a state where the required function can be performed, or at the very least ensure the system is ushered into a safe state.

This research aims to glean knowledge that might otherwise have been overlooked. The red network may uncover combinations of faults, conditions, or actions that may lead to undesired incidents and demonstrate potential design faults. The blue network may offer operators support during operations, propose corrective actions, or suggest new and innovative operational procedures to ensure safe operation or bring the system to a safe state.



Ansatz für die Analyse heterogener Daten für die Fehleranalyse von elektronischen Bauteilen



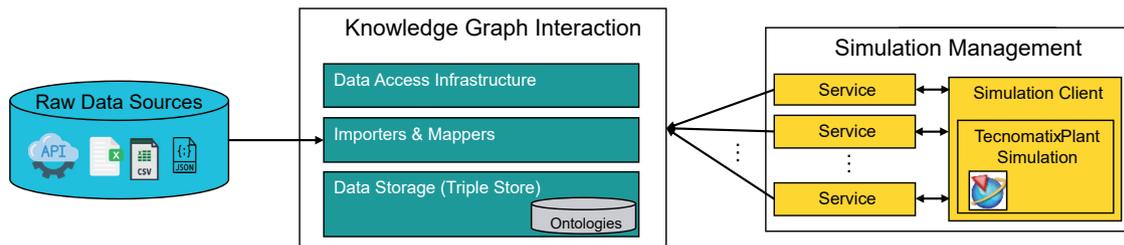
FORSCHUNGSTHEMA

Analyse heterogener Daten mithilfe von KI-Methoden für robuste Entscheidungen

Bearbeiter: Simon Kamm

Um die Qualität und Zuverlässigkeit eines Produktes zu verbessern und neue Erkenntnisse über das Verhalten eines Produktes oder Systems zu erhalten, ist es notwendig im Betrieb auftretende Fehler zu detektieren, diagnostizieren und zu analysieren. Dies ist in komplexen Bauteilen (z.B. elektronische Bauteile und Komponenten) eine immer größere Herausforderung, da diese elektronischen Bauteile immer komplexer werden und mehr Funktionalität auf weniger Fläche integriert ist. Ein Fehler in solch einem komplexen Bauteil ist aufgrund der Vielzahl an möglichen Fehlerursachen schwer zu analysieren. Dennoch soll ein aufgetretener Fehler möglichst genau bestimmt, lokalisiert und analysiert werden können. Dafür stehen Daten von unterschiedlichen Datenquellen bereit, wodurch die vorhandenen Messdaten heterogen und häufig unstrukturiert sind. Das bringt einige Herausforderungen für das Datenmanagement und die nachfolgende Datenanalyse mit sich. Herausforderungen sind dabei unter anderem die hohe Komplexität der Daten und ihrer Relationen sowie häufig Datensilos, in denen Daten unstrukturiert vorliegen. Zudem müssen diese heterogenen Daten analysiert werden, um den Fehler genauer zu analysieren, da dieser Schritt manuell sehr aufwändig ist und hohes Expertenwissen benötigt.

Um diese Herausforderungen zu meistern, soll ein Konzept zur Analyse heterogener Daten mithilfe von KI-Methoden unter der Nutzung von vorhandenem Wissen (z.B. Expertenwissen oder Simulationsmodelle) entwickelt und untersucht werden, um robuste Entscheidungen hinsichtlich der Fehleranalyse und –diagnose zu treffen. Dafür sind unterschiedliche Bestandteile notwendig. Es können formale und semantische Beschreibungen für die Datenintegration 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 instanzieren, zu verknüpfen und zu strukturieren. Zur Analyse von heterogenen Daten eignen sich spezielle Multi-Modal Neural Networks, die Daten verschiedener Modalitäten zusammenführen können für die Analyse. Für eine möglichst robuste Datenanalyse soll vorhandenes Wissen (z.B. Simulationsmodelle) in die datenbasierten KI-Methoden mit einfließen, um neuartige hybride Modelle aufzubauen. Vorhandene Verfahren wie Ensemble, Adversarial oder Transfer Learning sollen dafür auf ihre Tauglichkeit und Erweiterbarkeit hinsichtlich hybrider Modelle untersucht werden.



Grobarchitektur für das Wissensgraph-basiertes Management von Materialflusssimulationen



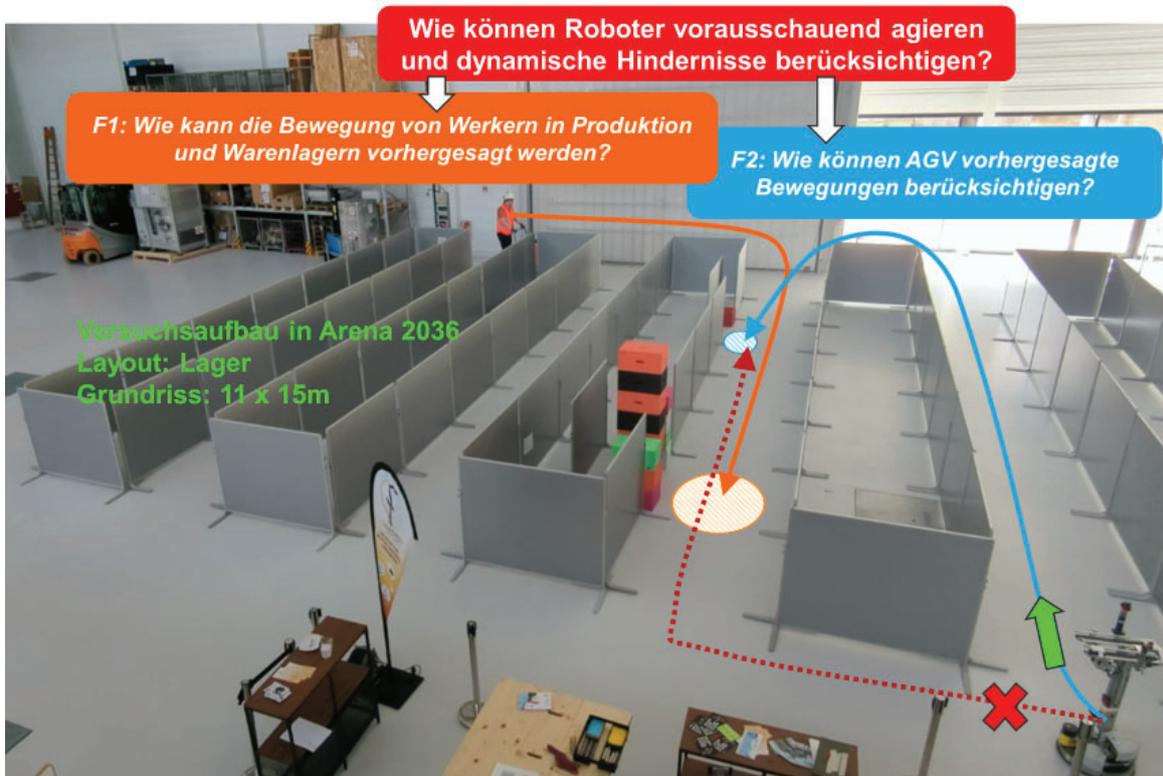
FORSCHUNGSTHEMA

Wissensgraph-basiertes Management von Materialflusssimulationen zur intelligenten Unterstützung von Produktionssystemen

Bearbeiter: Franz Georg Listl

In Produktionssystemen sind Simulationen schon längst ein bewährtes Instrument für die erfolgreiche Umsetzung der digitalen Fertigung. Eine der wichtigsten Simulationsarten ist die Materialflusssimulation. Dabei wird die Simulation in Produktionssystemen vor allem in der Planungsphase verwendet, während die Nutzung während des Betriebs als noch sehr gering eingeschätzt wird. Der Hauptgrund hierfür ist, dass es sehr zeitaufwendig ist, geeignete Materialflusssimulationsmodelle zu erstellen und anschließend weiter zu verwalten, da die erstellten Modelle typischerweise auf einen spezifischen Use Case zugeschnitten sind. Diese Aufgabe obliegt deshalb in der Regel langjährigen Domänen-Experten und Simulation-Ingenieuren.

Wissensgraphen werden auf der anderen Seite bereits in vielen IT-Unternehmen sehr erfolgreich eingesetzt und ihre Applikationen werden stetig mehr. Sie bieten das Potential das Wissen der Simulations- und Domänenexperten sowie Simulationssysteme abzubilden und für Applikationen einheitlich zugänglich zu machen und stellen daher eine vielversprechende Technologie für die Unterstützung in der Erstellung und Verwaltung dieser Materialflusssimulationen dar. Das IAS forscht daher an einem Konzept, wie Knowledge Graphen gewinnbringend für Materialflusssimulationen eingesetzt werden können und eben jenes Management vereinfachen können. Zwei entscheidende Kernfragen sind dabei, aus welchen Bestandteilen ein solcher Knowledge Graph aufgebaut werden muss und welche Funktionen notwendig sind, um schlussendlich auch Nutzen aus dem dort abgebildeten Wissen zu gewinnen.



Mensch und Roboter blockieren sich gegenseitig, wenn Roboter den kürzesten Pfad (rot) wählt



FORSCHUNGSTHEMA

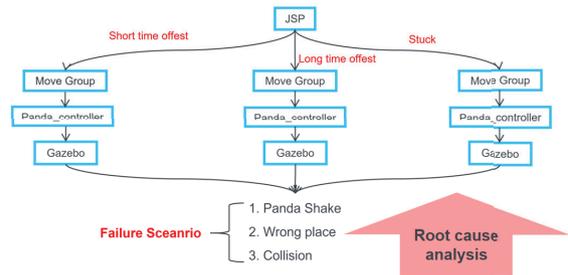
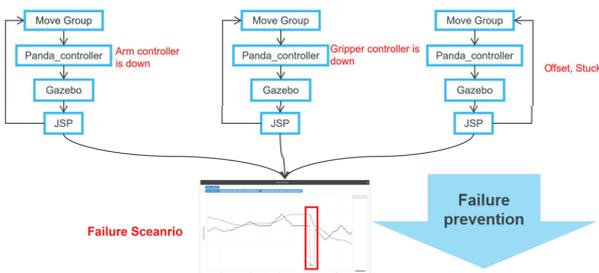
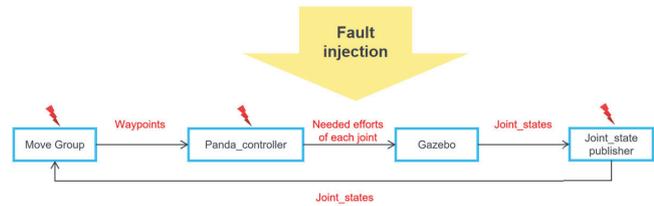
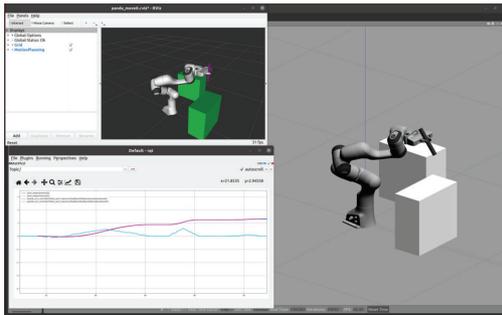
Vorhersage und Optimierung von Trajektorien für die Mensch-AGV-Interaktion in der Intralogistik

Bearbeiter: Andreas Löcklin

In der Produktion werden immer mehr mobile Roboter zum automatisierten Transport von Waren und Werkzeugen eingesetzt. Sogenannte Automated Guided Vehicle (AGV) oder Autonomous Mobile Robots (AMR) können bestehende Verkehrsflächen gemeinsam mit Menschen nutzen und stellen eine einfach zu integrierende Automatisierungsmöglichkeit dar. Um ein sicheres Miteinander zwischen Menschen und Maschinen zu gewährleisten, müssen solche Roboter, obwohl diese meist deutlich schneller könnten, sehr langsam fahren. Dadurch ist der Transportdurchsatz solcher Systeme nicht mit klassischen Förderbändern vergleichbar.

Herr Löcklin forscht an Methoden zur Verbesserung des Erfassungsbereichs und Sichtweite solcher mobiler Roboter. Durch bessere Fähigkeiten zur Antizipation können höhere Roboter-Geschwindigkeiten und weniger Staus erreicht werden. Dabei reicht für eine sichere und reibungslose Intralogistik die Berücksichtigung von rein statischen Hindernissen durch die Roboter nicht aus. Stattdessen müssen auch die aktuellen sowie zukünftigen Positionen von anderen aktiven Verkehrsteilnehmern einkalkuliert werden. Eine besondere Herausforderung ist dabei der Bereich der Mensch-Roboter-Kollaboration, da Menschen autonom handeln und ihre Absichten nicht digitalisiert vorliegen.

Während Roboter für die Eigenlokalisierung und grundsätzliche Kollisionsvermeidung meist Laserscanner und SLAM Algorithmen nutzen, setzt Herr Löcklin zusätzliche Sensorik zur Lokalisierung von Menschen ein. Die darauf aufbauende Methodik zur modularen und datensensitiven Trajektorienvorhersage dient der Vorhersage zukünftiger Positionen von Menschen. Für die automatisierte Vorhersage mit großem Vorhersagehorizont im Sekundenbereich muss die aktuelle Situation bestmöglich nachvollzogen und interpretiert werden. Dabei können unterschiedlichste Informationen und Daten entscheidend sein, um präzise Vorhersagen zu ermöglichen. Die angestrebte Methodik verknüpft dabei verschiedenste Ansätze zur Trajektorienvorhersage und wählt je nach verfügbaren Daten den am besten geeigneten Ansatz aus. So reichen Positionsdaten bereits aus, um einfache Vorhersagen zu erstellen. Mit zusätzlichen Kartendaten oder gar dem Wissen um aktuell in Bearbeitung stehender Aufträge können weiterführende Modellierungsansätze genutzt werden. Mit zusätzlichen Daten können automatisiert Fragen nach dem Grund einer Bewegung analysiert und entsprechend bei der Vorhersage berücksichtigt werden.



Interpretability of Deep Learning-based Anomaly Detection Methods for CPS



FORSCHUNGSTHEMA

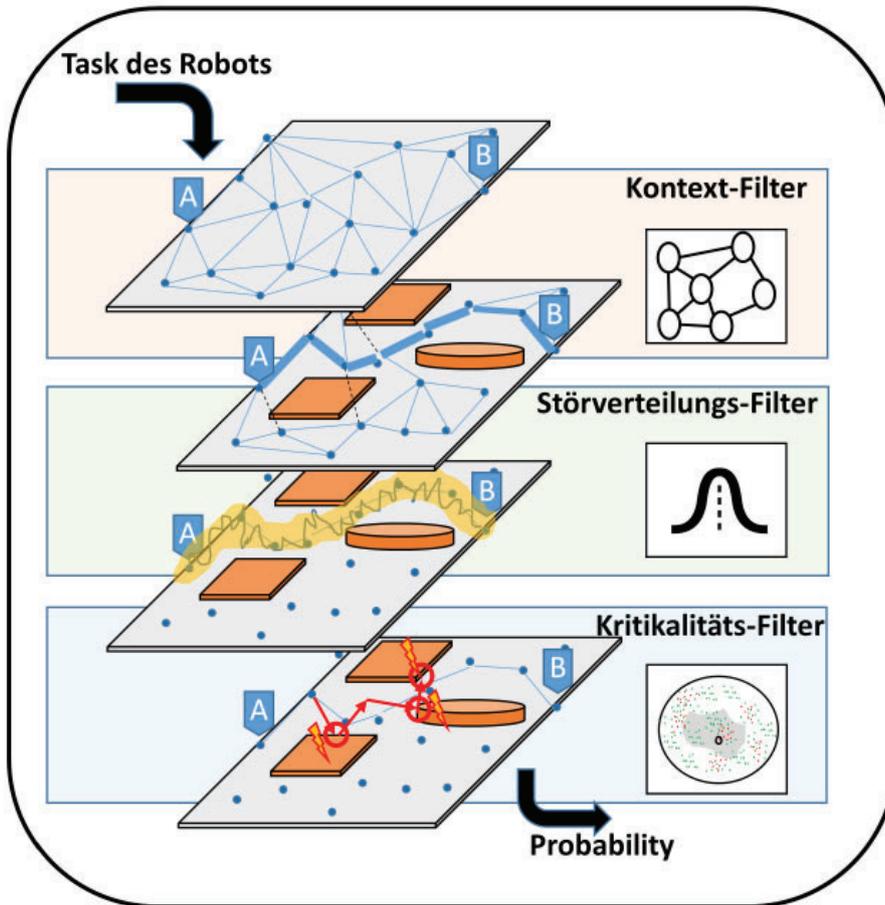
Intelligent Anomaly Interpreter for Cyber-Physical Systems

Bearbeiter: Yuliang Ma

Deep Learning-based Anomaly Detection (DLAD) methods for Cyber-Physical-Systems have shown high efficiency and accuracy over traditional anomaly detection techniques. However, the lack of interpretability has impeded practical applications of DLAD methods. Especially for safety-critical scenarios such as Human-Robot Cooperation and Assistive Medical Robotics, it is necessary to ensure that these systems are inspected robustly and carefully.

The intelligent anomaly interpreter for DLAD methods needs to solve the following problems:

- Establish trust between models and users: It is not sufficient that current DLAD models provide binary results (normal or abnormal) to safety inspectors. The reason behind a specific anomaly is also supposed to be reported to users, which can help users take further actions for the whole system. For example, feature-based anomaly interpreters can explain an anomaly via finding the most abnormal data behavior in monitored multivariate time-series data, which can offer the reason why this point is an anomaly.
- Enable fault diagnosis for CPS: Without sufficient understanding of the decision made by DLAD models, it is almost not possible to diagnose system when an anomaly occurs. For example, for the same abnormal data behavior of multivariate time-series data generated from CPS, the root cause can be different. And vice versa, different failure modes could happen after the same fault injection action. To do fault diagnosis, expert knowledge is needed for a specific CPS.
- Reduce false positives: High rate of false positives (FP) poses a critical challenge for deploying DLAD models into practical safety-critical CPS applications. Anomaly interpreter needs to give evidence to explain whether an outlier will eventually be an anomaly or not. For example, not every wrong sensor data reported to the controller will cause a failure. Thus, the context of an anomaly also needs to be considered when we deploy DLAD methods to CPS applications.



Visualisierung der situationsbezogenen Risikobeurteilung



FORSCHUNGSTHEMA

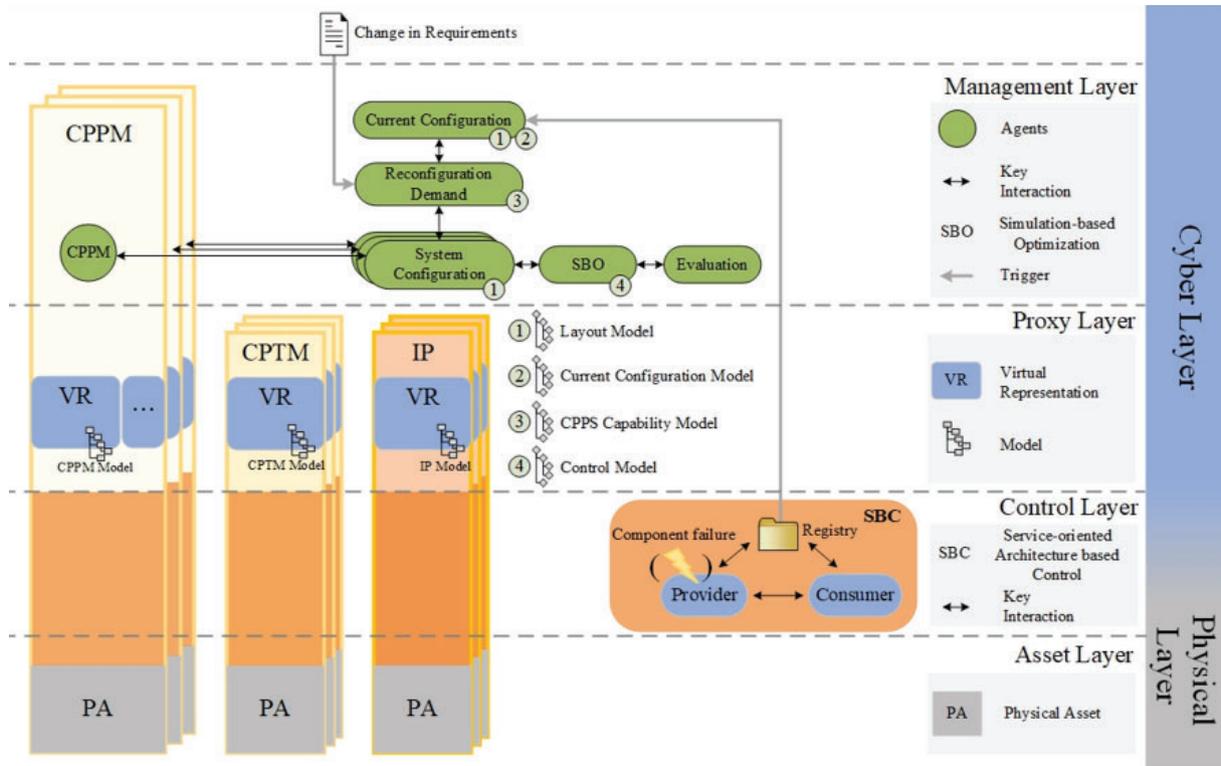
Situationsbezogene Risikoabschätzung Autonomer Systeme während des Betriebs

Bearbeiter: Manuel Müller

Bereits verfügbare hochautomatisierte Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie in weiten Bereichen hervorragend funktionieren, in manchen Situationen jedoch scheitern. Um die nächsten Stufen der Autonomie erreichen zu können, müssen diese Systeme eigenständig einschätzen können, wie gut sie mit der aktuellen Situation umgehen können, d.h. wie hoch das aktuelle, situationsbezogene Risiko ist. Deshalb stellt sich hier die Frage, wie hochautomatisierte Systeme oder sogar autonome Systeme das situationsbezogene Risiko zur Laufzeit abschätzen können.

Betrachtet wird hier ein System mit betriebsparalleler Simulation. Das Risikoschätz-Verfahren reduziert dann in drei Filterschritten die möglichen Szenarien sukzessive bis das wahrscheinlichste Schadens-Szenario gefunden ist. Auf den Kontext-Filter, der auf Basis der Umwelterfassung Szenarien ausschließt, die in diesem Kontext unwahrscheinlich sind, folgt der Störverteilungs-Filter, der nur Szenarien zulässt, die im Rahmen der beobachteten Abweichungen zur betriebsparallelen Simulation realistisch wirken. Der Kritikalitäts-Filter wählt schließlich das Szenario aus, welches mit höchster Wahrscheinlichkeit zu einem Unfall führt.

Konkret wird diese Fragestellung an drei Modellprozessen: einer autonomen Logistikeinheit Robotino, einem Roboterarm Youbot und dem automatisierten Kugellabyrinth erforscht. Dazu werden mögliche Wahrnehmungslücken, z.B. verursacht durch ein Hindernis oder Signalstörungen ermittelt, mit Hilfe der Reinforcement-Learning-Agenten eine Worst-Case-Abweichung berechnet und davon ausgehend das Risiko abgeschätzt. Fällt beispielsweise ein Sensor aus, kann das System basierend auf der erhöhten Abweichung zur Simulation dann entscheiden, ob es beispielsweise noch eine günstige Wartungsposition erreichen kann.



CPPS-Architektur für das selbstorganisierte Rekonfigurationsmanagement



FORSCHUNGSTHEMA

Selbstorganisiertes Rekonfigurationsmanagement von Produktionssystemen

Bearbeiter: Timo Müller

Aufgrund kürzerer Innovations- und Produktlebenszyklen sowie wirtschaftlicher Volatilität steigt der Bedarf an Rekonfigurationen von Produktionssystemen während der Betriebsphase. Ein weiterer Trend im Bereich der industriellen Automatisierung ist das Aufkommen von cyber-physischen Produktionssystemen, die vielversprechende Potenziale wie beispielsweise die Fähigkeit zur Selbstorganisation bieten.

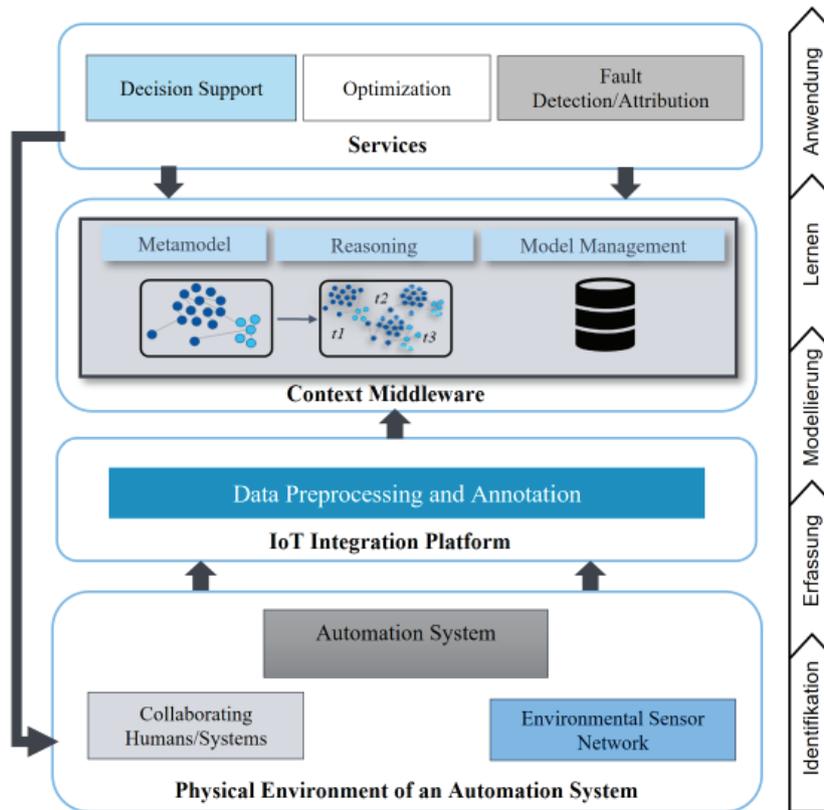
Die Rekonfiguration geschieht heutzutage im Rahmen eines zeitaufwendigen und fehleranfälligen Prozesses, der größtenteils individuell und manuell durchgeführt wird. Weiterhin führt die Abhängigkeit des Rekonfigurationsfindungs-Prozesses von der Erfahrung des Menschen dazu, dass nur eine Teilmenge der möglichen Lösungen betrachtet wird und diese auch nicht anhand von objektiven Kriterien ausgewählt wird.

Daher ergibt sich die Forschungsfrage: Wie können cyber-physische Produktionssysteme um die Fähigkeit eines selbstorganisierten Rekonfigurationsmanagements bereichert werden?

Das Konzept umfasst vier Schritte. Die definierte Methodik basiert dabei zunächst auf einer Modellierung nach der formalisierten Prozessbeschreibung. Zunächst wird (i) die Ermittlung des Rekonfigurationsbedarfs unter Verwendung des Fähigkeitsmodells durchgeführt. Sobald diese aufzeigt, dass eine Rekonfiguration vonnöten ist, wird die Rekonfigurationsplanung bestehend aus der (ii) Generierung alternativer Konfigurationen, der (iii) Bewertung der Konfigurationen und (iv) der Auswahl einer Konfiguration durchgeführt.

Bei der Ermittlung aller alternativen Systemkonfigurationen wird der Lösungsraum systematisch in einem dezentralen, parallelisierbaren Verfahren aufgespannt, an welches sich eine simulationsbasierte multikriterielle Optimierung anschließt. Anschließend werden die optimierten Systemkonfigurationen basierend auf der Bewertung durch eine cost-utility analysis, verglichen, und die geeignetste Konfiguration wird ausgewählt.

Die abgebildete Architektur für cyber-physische Produktionssysteme, integriert sowohl die Wissensmodellierung und das -management sowie eine Methodik für das selbstorganisierte Rekonfigurationsmanagement und wurde dieses Jahr im „International Journal of Computer Integrated Manufacturing“ veröffentlicht.



Middleware Architektur zur Umsetzung des Kontextlebenszyklus



FORSCHUNGSTHEMA

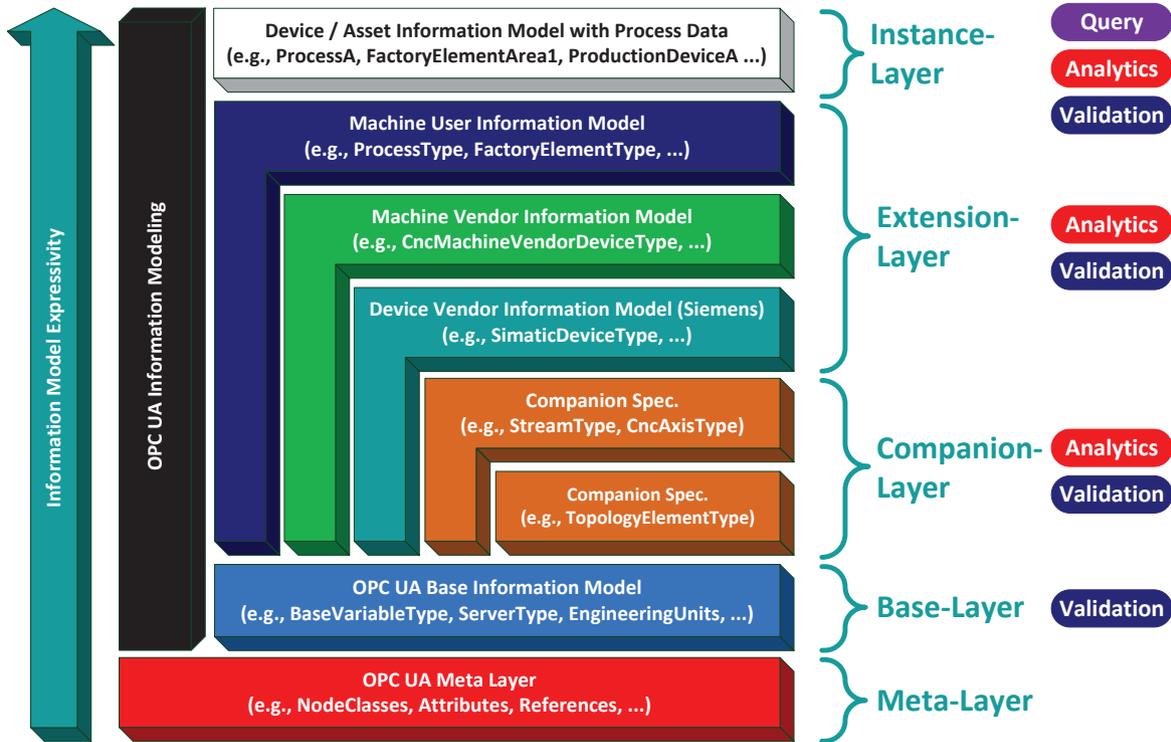
Eine Methodik zur Entwicklung Kontextbewusster Cyber-Physischer Automatisierungssystemen

Bearbeiterin: Nada Sahlab

Automatisierungssysteme werden ständig von Umgebungsfaktoren beeinflusst, die meist nicht berücksichtigt werden, jedoch für Entscheidungen zur Laufzeit einen Mehrwert bringen. Demzufolge ist eine Berücksichtigung dieser umgebenden Einflussfaktoren für die Datenanalyse und dementsprechend für die Steigerung der Systems Anpassungsfähigkeit notwendig. Daten, die außerhalb der Systemgrenzen liegen und der Beschreibung seines Zustands dienen sind sogenannte Kontextdaten. Kontextbewusste Systeme sind Softwarebasierte Systeme, die einen eingebetteten Kontextzyklus aus Kontextidentifikation, -erfassung, -modellierung sowie -anwendung umfassen. Das Ermöglichen von Kontextbewusstheit für Automatisierungssysteme stellt einen Ansatz zur Nutzung von Umgebungs- und Situationsfaktoren als Entscheidungsunterstützung zur Laufzeit dar. Hierfür ergibt sich einen Forschungsbedarf für holistische und effiziente Kontextmodellierung unter Berücksichtigung von heterogenen und dynamischen Daten sowie Datenquellen.

Dieses Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit einer Methodik zur dynamischen Kontextmodellierung für cyber-physische Automatisierungssystemen. Hierbei wird ein systembezogener und wiederverwendbarer Ansatz zur dynamischen Modellierung des internen Systemkontextes (Systemparameter, Schnittstellen, Funktionen) in Zusammenhang mit dem externen Kontext (Umgebungs-Nutzer und kollaborierende Systemparameter) auf Basis eines graph-basierten Metamodells erarbeitet. Das Kontextmodell wird innerhalb einer Middleware instanziiert und verwaltet. Diese dient als Zwischenschicht zwischen einer erweiterbaren Datenerfassungsschicht und einer Anwendungsschicht, durch die verschiedene Anwendungen auf die Kontextmodelle zugreifen können. Das Konzept wird für ein benutzerzentriertes Assistenzsystem im gesundheitlichen Bereich, nämlich einen intelligenten Tablettendispenser gezeigt, auf dessen Grundlage sowohl die Rolle als auch die skalierbare Anwendbarkeit des Kontextmodells dargestellt wird. Anwendungen des Kontextmodells sind hierfür eine vorgeschlagene Anpassung der Alarmeinstellungen ausgehend vom Nutzerverhalten bei vorherigen Medikamentenentnahmen sowie von relevanten Umgebungsparametern wie Helligkeit und Geräusche. Eine weitere Anwendung erzielt eine Erhöhung der Systemverfügbarkeit durch die Überwachung des Motors und der Steuerungseinheit und die Analyse deren Parameter unter Berücksichtigung des Nutzungskontexts.

Weiterhin wird das Konzept an weitere Modellprozesse wie einen Waschtrockner für eine kontextbewusste Diagnose sowie für ein intelligentes Lager für flexible Produktion in der Arena2036 erprobt.



Semantische Ebenen in OPC-UA und die dazugehörigen Anwendungsfälle für den effizienten webbasierten Zugriff



FORSCHUNGSTHEMA

Effizienter Web-Zugriff auf Open Platform Communications Unified Architecture Semantik

Bearbeiter: Rainer Schiekofer

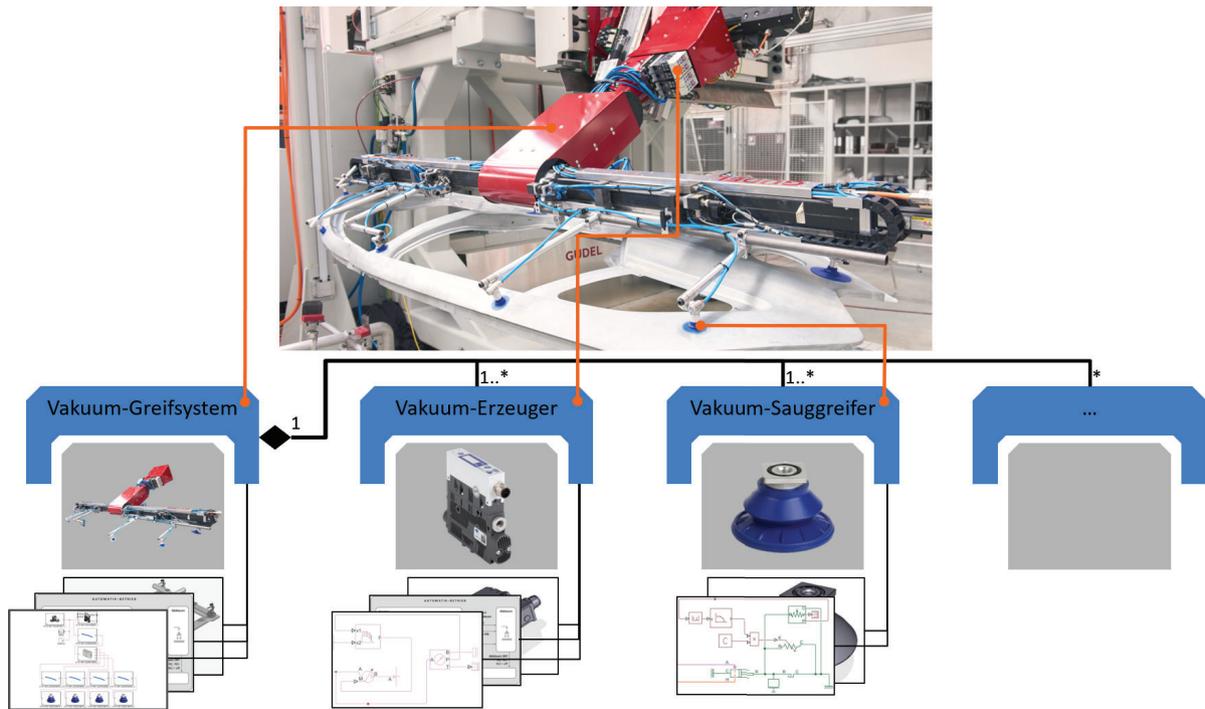
Vor zehn Jahren haben sich Industrie und Wissenschaft die ehrgeizige Vision gesetzt, die Losgrößen der Massenproduktion auf die Größe eins zu senken. Dies würde hochgradig konfigurierbare und individualisierte Produkte ermöglichen. Diese Vision ist schließlich als vierte industrielle Revolution bekannt geworden. Zur Verwirklichung der Vision der vierten industriellen Revolution wurden vier Gestaltungsprinzipien identifiziert: Vernetzung, Informationstransparenz, dezentralisierte Entscheidungen und technische Unterstützung.

Innerhalb meiner Forschung wird die Technologie-Plattform rund um das World-Wide-Web, als möglicher Baustein um die Gestaltungsprinzipien Vernetzung und Informationstransparenz zu adressieren, genauer betrachtet. Zur Erleichterung des Migrationspfads der Industriedomäne wird hierbei die vielversprechendste Industrie 4.0 Technologie der Industriedomäne, OPC-UA, mit der Technologie des World-Wide-Web kombiniert. Für die Integration von OPC-UA in das World-Wide-Web Ökosystem müssen drei Herausforderungen gelöst werden: (1) Bereitstellung des Zugriffs auf OPC-UA Daten durch Webstandards; (2) Transformation der OPC-UA Semantik in Semantic Web Standards; (3) Einen effizienten Zugriff auf die Daten zur Verfügung stellen.

Die erste Herausforderung wird in meiner Forschung durch eine vollständige Abbildung von OPC-UA auf das Architekturkonzept REST gelöst. Dies beinhaltet eine Abbildung auf HTTP, die Einführung von RESTful Ressourcen-Repräsentationen, ein Konzept um zustandslose Service-Aufrufe auszuführen (inklusive den zugehörigen OPC-UA Standardisierungsbeiträgen) sowie eine vollständige Abbildung aller OPC-UA Service-Sets.

Die zweite Herausforderung wird in meiner Forschung durch eine vollständige Abbildung der OPC-UA Semantik auf Semantik Web Standards adressiert. Im Rahmen der Forschung wird hierbei ein Konzept zur automatischen Transformation der Semantik von beliebigen OPC-UA Datenmodellen zu OWL Ontologien, inklusive Typ-Hierarchien und Modellierungsvorschriften, definiert und evaluiert.

Die dritte Herausforderung wird durch ein Konzept gelöst, das es erlaubt OPC-UA Graphen mithilfe der SPARQL Technologien abzufragen. Zusätzlich werden Abbildungsvorschriften vorgestellt wie standardisierte OPC-UA abfragen auf SPARQL abgebildet werden können. Des weiteren werden einige Schwachstellen der standardisierten OPC-UA Abfragesprache vorgestellt und aufgezeigt wie diese Schwachstellen durch die direkte Verwendung von SPARQL behoben werden können.



Konzeptioneller Ansatz zur konsistenten Verwendung Digitaler Zwillinge aus Sicht eines Komponentenherstellers



FORSCHUNGSTHEMA

Digitale Zwillinge für Vakuum-Komponenten und -Greifsysteme

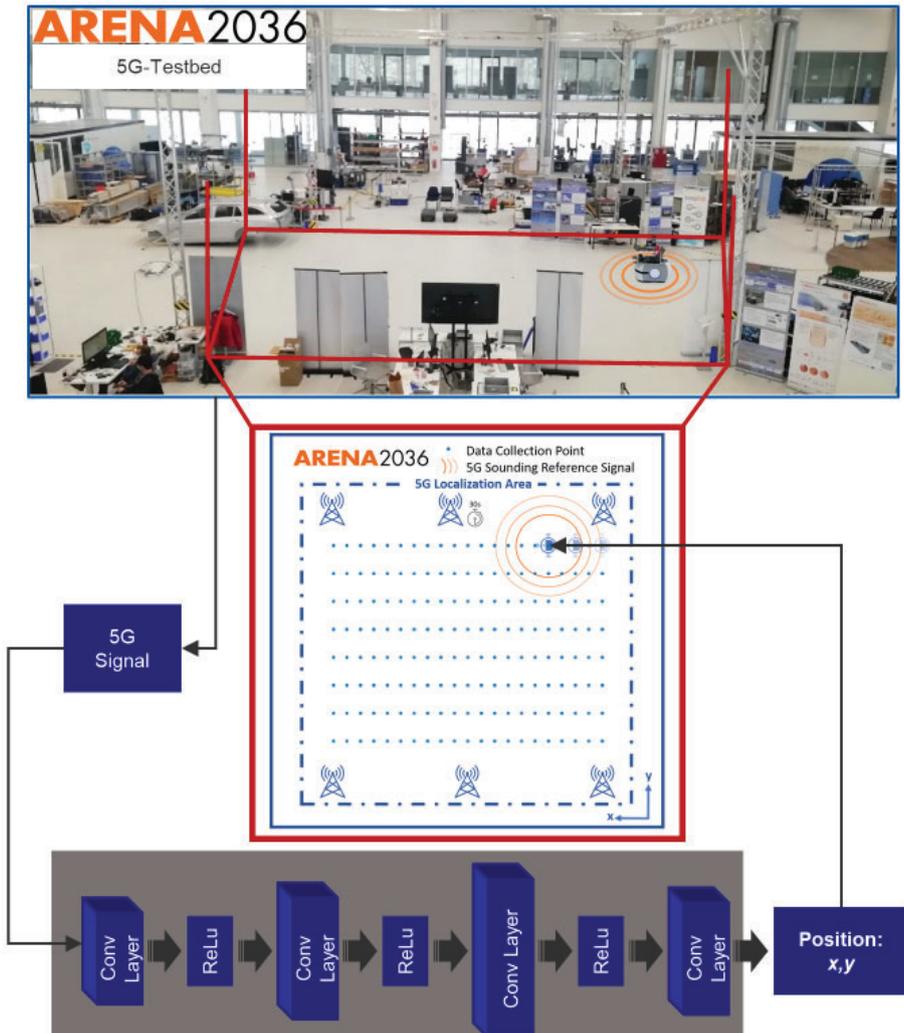
Bearbeiter: Valentin Stegmaier

Um die Vorteile der Industrie 4.0 über den gesamten Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen nutzen zu können, werden möglichst realitätsnahe digitale Abbilder der realen Komponenten benötigt, sogenannte Digitale Zwillinge. Dieser Trend lässt sich auch im Bereich der Automatisierung von Materialflüssen mit Vakuum-Greifsystemen erkennen.

Neben der Struktur von Digitalen Zwillingen für Vakuum-Komponenten und –Greifsysteme sowie der Datenerfassung für Entwicklungs- und Betriebsdaten fehlen zudem Verhaltensmodelle in unterschiedlichen Modellierungstiefen. Von Modellen, welche die technisch-physikalische Realität hinreichend genau abbilden und häufig in Systemauslegungen oder Optimierungen eingesetzt werden, bis hin zu abstrahierten Modellen die lediglich das logische Verhalten von Systemen abbilden und beispielsweise in der virtuellen Inbetriebnahme verwendet werden.

Auf Basis bestehender Architekturen Digitaler Zwillinge soll ein Konzept dieser von Vakuum-Komponenten und –Greifsysteme erstellt werden, das für verschiedene Anwendungsfälle entlang des Lebenszyklus konsistent verwendet werden kann. Wichtig ist zum einen die durchgängige Datenhaltung und –Erfassung der Entwicklungs- und Betriebsdaten über den gesamten Lebenszyklus und zum anderen die Integration aller relevanten Modelle aus den unterschiedlichen im Entwicklungsprozess beteiligten Disziplinen. Eine zentrale Rolle kommt dabei den Verhaltensmodellen zu. Diese sind aktuell nicht für alle Vakuum-Komponenten in hinreichender Genauigkeit zugänglich und deren Erstellung ist häufig mit hohem manuellen Aufwand verbunden.

Zuerst sollen in experimentellen Grundlagenuntersuchungen relevante Einflussgrößen identifiziert und auf Basis dieser anschließend die fehlenden Verhaltensmodelle entwickelt werden. Für die automatische Erstellung der Verhaltensmodelle einzelner Komponenten und ganzer Vakuum-Greifsysteme sollen bestehende und neu entwickelte Modelle genutzt werden. Die so erstellten Verhaltensmodelle dienen anschließend Ansätzen zur automatischen Abstraktion der Modellierungstiefe als Basis um Verhaltensmodelle in Modellierungstiefen geringeren Detailgrades aufwandsarm erstellen zu können. Abschließend sollen die Verhaltensmodelle mit Versuchen validiert, in pilothaften Implementierungen Digitaler Zwillinge von Vakuum-Greifsystemen realisiert und deren Einsatzfähigkeit in realen Maschinen und Anlagen nachgewiesen werden.



Die 5G Lokalisierung durch maschinelles Lernen wird dazu verwendet die Einsetzbarkeit der automatisierten Trainingsdatengenerierung zu erforschen.



FORSCHUNGSTHEMA

Gezielte und automatisierte Trainingsdatengenerierung für das maschinelle Lernen durch generative Neuronale Netze

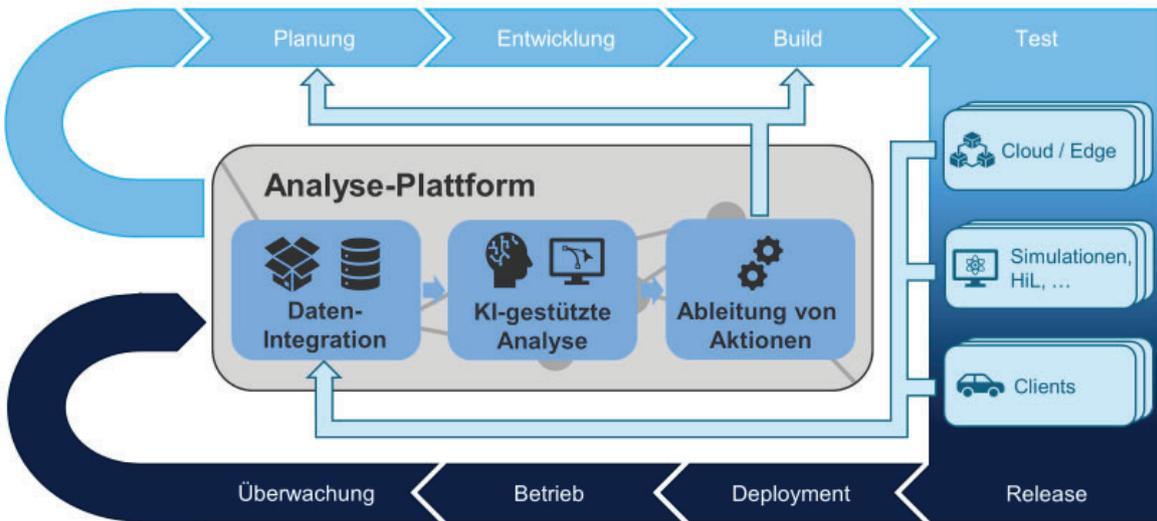
Bearbeiter: Hannes Vietz

Die Bedeutung von datenbasiertem maschinellem Lernen in der Automatisierungstechnik hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Die Methoden ermöglichen, Probleme datenbasiert mit generischen Ansätzen zu lösen und versprechen, damit aufwändig entwickelte Spezialsoftware zu ersetzen. Typische Anwendungsbeispiele sind die automatisierte Objekterkennung in Bilddaten, die zum Beispiel bei visueller Qualitätssicherung, dem autonomen Fahren und in der robotischen Intralogistik eine wichtige Rolle spielt. Ein neuer Anwendungsfall, der gerade am IAS erforscht wird ist die Innenraum-Lokalisierung durch 5G Daten mit maschinellem Lernen. Unabhängig vom Anwendungsfall sind die mit Daten trainierten Algorithmen nur so gut wie ihre Trainingsdaten.

Gesammelte Trainingsdaten enthalten hauptsächlich Situationen, die häufig vorkommen. So viele Daten im Feld zu sammeln, bis alle möglichen Situationen in den Trainingsdaten repräsentiert sind, ist teuer, langwierig und damit unpraktikabel. Um weniger Daten im Feld sammeln zu müssen, wird oft auf Simulationen zurückgegriffen, allerdings eignen diese sich nicht für Anwendungen, die nicht praktikabel simuliert werden können wie 5G Empfangsdaten. Eine Möglichkeit Daten zu generieren, die nicht simulierbar sind, ist durch den Einsatz von generativen Neuronalen Netzen.

Um die Einsetzbarkeit der generativen neuronalen Netze in der Praxis zu untersuchen werden sie im Forschungsprojekt Synergierregion des IAS eingesetzt: Mit Hilfe von, durch neuronale Netze, generierter Daten soll die Lokalisierungsgenauigkeit von 5G-Innenraumlokalisierung erhöht werden. Die Abbildung links zeigt den Aufbau der 5G-Lokalisierung. Das empfangene 5G-Signal, das in diesem Fall ein AGV ausgesendet hat, wird von einem Convolutional Neuronal Network (CNN) dazu genutzt, die Position des AGV zu bestimmen. Das CNN ist mit den generierten Daten des generativen neuronalen Netzes trainiert. Durch den Ansatz der gezielten und automatisierten Trainingsdatengenerierung werden verstärkt die Daten generiert, die selten vorkommen und daher zu Lokalisierungsungenauigkeiten führen. Dadurch müssen weniger Daten im Feld gesammelt werden, um eine ausreichende Lokalisierungsgenauigkeit zu erreichen.

Am IAS wird daran gearbeitet, wie im Feld gesammelte Trainingsdaten durch den Einsatz von generativen Neuronalen Netzen eingespart werden können.



Analyse-Plattform für verteilte Automatisierungssysteme



FORSCHUNGSTHEMA

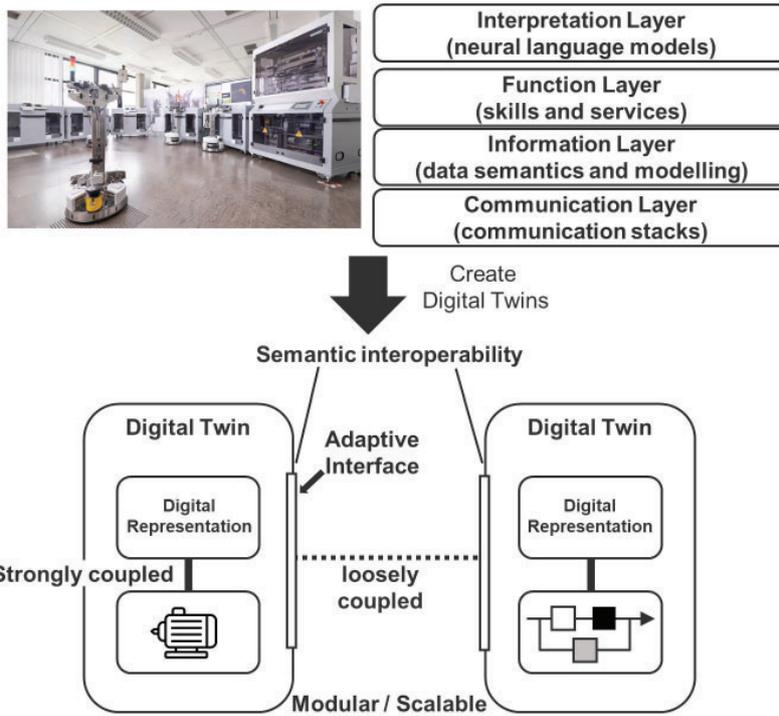
Diagnose und Adaption verteilter Automatisierungssysteme im Kontext der kontinuierlichen Software-Entwicklung

Bearbeiter: Matthias Weiß

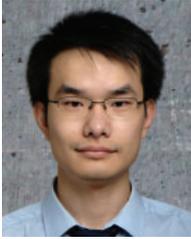
Die moderne Systementwicklung ist geprägt von gestiegenen Kundenanforderungen und einem höheren Markt- und Zeitdruck. Die hierfür notwendigen Innovationen werden einerseits über einen höheren Software-Anteil in Produkten und andererseits über die Vernetzung von immer mehr bisher unabhängigen Systemen geschaffen, wodurch insgesamt heterogene und damit auch komplexere IT-Strukturen entstehen. Deren Software-Komponenten werden regelmäßig über kontinuierliche Updates aktualisiert, um bestehende Funktionen zu verbessern oder neue Mehrwerte für den Kunden zu generieren.

Dieser Wandel stellt traditionelle Industrien vor die Herausforderung, ihre Prozesse und die Architekturen der gefertigten Produkte an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Im Fokus steht der Aufbau einer kontinuierlichen Feedback-Schleife: Das System sammelt während des Betriebs laufend Daten, die anschließend vom Hersteller analysiert werden können. Die aus diesem Vorgang gewonnenen Erkenntnisse lassen sich zur Fehlerbehebung oder Entwicklung weiterer Updates nutzen. Insbesondere in komplexen Systemen erschwert das hohe Volumen an heterogenen Daten diese Analyse-Prozesse jedoch – Teilautomatisierte oder sogar manuelle Vorgänge, die nach aktuellem Stand zur Datenauswertung noch immer eingesetzt werden, können nicht in ausreichendem Maß skaliert werden.

Zu diesem Zweck wird im Rahmen der Forschung untersucht, inwiefern sich klassische Methoden und Techniken aus dem Bereich der Continuous Integration und Continuous Delivery (CI/CD) in die Entwicklung einer neuartigen, serviceorientierten IT-Architektur für moderne Fahrzeuge übertragen lassen. Im Fokus steht hier insbesondere, inwieweit über KI-gestützte Methoden repetitive Aufgaben erkannt und automatisiert werden können. Ebenfalls soll untersucht werden, wie auf Basis von aus dem laufenden Betrieb gewonnenen Daten automatisch eingeschätzt werden kann, ob Änderungen an der Software die gewünschten Effekte erzielt haben.



Enhancing an automation system with higher intelligence: semantic interoperability and machine interpretation



FORSCHUNGSTHEMA

Semantische Interoperabilität in modularen Digitalen Zwillingen durch neuronale Netze

Bearbeiter: Yuchen Xia

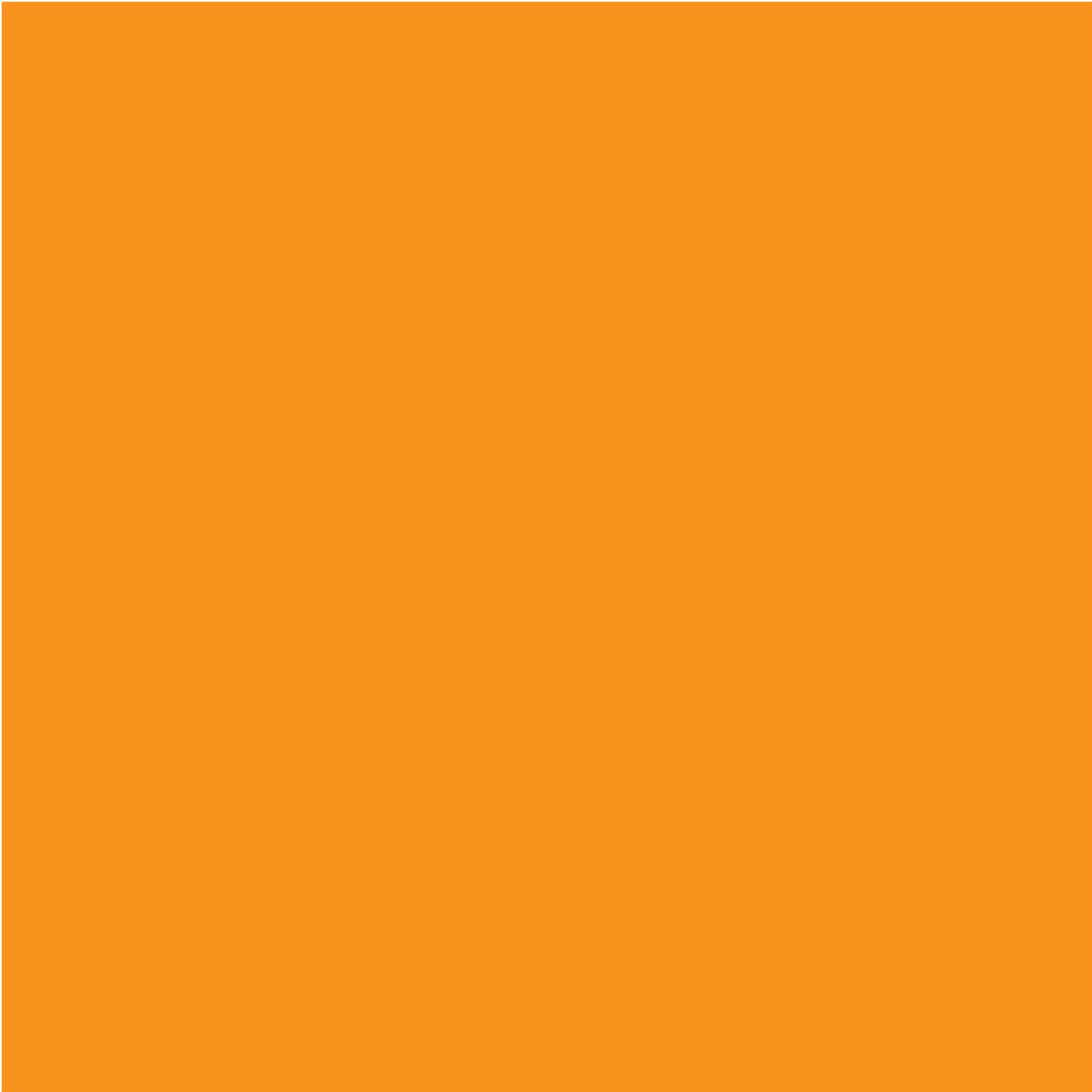
Es wird im Zusammenhang mit Industrie 4.0 oft von „intelligenter“ Fabrik und „autonomen“ Systemen gesprochen. Ein höheres Maß an maschineller Intelligenz kann durch die Fähigkeit von Maschinen, die konzeptionelle Bedeutung der textuellen Daten zu interpretieren, ermöglicht werden. In der Vergangenheit konnte die Bedeutung der Datenmerkmalen nur von Menschen interpretiert werden, z.B.: Was bedeuten „Drehzahl“ und „Rotationsgeschwindigkeit“? Sind die beiden Datenmerkmale aus verschiedenen Systemkontexten konzeptuell äquivalent? Wie ist der Zusammenhang zwischen „Bremsen_betätigt“ und „Drehzahl“? Kann eine Maschine auch solche textuellen Daten verstehen?

In dieser Forschung wird anhand einer automatisierten Produktionsanlage am IAS untersucht, wie die verteilten Automatisierungssysteme in modularen intelligenten digitalen Zwillingen abgebildet werden können, und wie ein daraus resultiertes System die Datensemantik interpretieren kann, indem die Semantik der Datenmerkmale in einer vektorisierten Form dargestellt und analysiert wird.

Das definierte Konzept besteht aus 2 Hauptteilen:

- Modulare Digitale Zwillinge mit interoperablen und adaptiven Schnittstellen, die die Konnektivität und die Informationsaustauschbarkeit gewährleisten.
- Semantische Interpretation von Daten mit den neuronalen Sprachmodellen aus dem Bereich Natural-Language-Processing, die mit dem formalen Wissen aus der Anwendungsdomäne der industriellen Automatisierung ergänzt werden.

In diesem Sinn ist die semantische Interoperabilität ein erstes Ziel. Zur Ausrüstung eines Systems mit höherer Intelligenz soll die maschinelle Interpretation in weiteren Schritten mit formalem Wissen in Knowledge-Graph angereichert werden, um die Relationen zwischen Datenmerkmalen zu analysieren. In diesem Zusammenhang wird auch untersucht, wie die Datenrelationen aufgewertet werden können (von Koexistenz, Ähnlichkeit, Korrelation bis Kausalität).





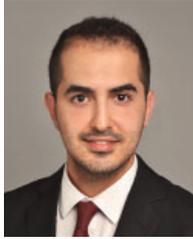
HINZUKOMMENDE FORSCHUNGSTHEMEN

Entwicklung eines Konzepts für die zukünftige Diagnose von Hardware- und Softwarekomponenten von Fahrzeugen in der Automobilbranche

Bearbeiterin: Sandra Bickelhaupt

In dem öffentlich, geförderten Forschungsprojekt Software-Defined Car (SofDCar), das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimapolitik (BMWK) gefördert wird, wird untersucht, welche neuen Technologien, Methoden und Prozesse für zukünftige Fahrzeuge wichtig sind. Der Projektzeitraum von drei Jahre ist vom 02.08.2021 bis 31.07.2024 angesetzt und das Projekt ist aufgeteilt in die folgenden vier Workstreams: Data Loop, Re-Deployment, Digital Twin und Demonstrator. Innerhalb der Workstreams wird unter anderem analysiert, wie Fahrzeugdaten effizient genutzt und wie neue Funktionen über den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeugs angeboten werden können. Dabei sind auch Voraussetzungen für das Fahrzeug und dessen vernetzter Infrastruktur, wie zum Beispiel zur Cloud oder Werkstatt, zu untersuchen. Diese Betrachtungen sind wichtig, da das Fahrzeug vermehrt in das digitale Ökosystem von Fahrzeugkunden/-kundinnen integriert wird. Denn Fahrzeugkunden/-kundinnen möchten zunehmend auch Funktionen aus ihrem Alltag, wie von Smartphone oder Smart Home bekannt, auch im Fahrzeug nutzen oder diese Funktionalitäten im Fahrzeug eingebettet haben. Die Aktualisierung von fahrzeug- oder mobilitätsspezifischen Funktionalitäten und deren Upgrades sind ebenfalls Kundenwünsche. Dadurch kommen vermehrt Softwarekomponenten ins Fahrzeug, die sich dynamisch über ihre Lebenszeit verändern können.

In solchen Software-definierten Fahrzeugen mit dynamisch veränderbaren Komponenten, ist die Erkennung und Behebung von Fahrzeugfehlern essentiell, um die Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs aufrecht zu halten sowie die Kundenzufriedenheit auf hoher Ebene zu bewahren. Allerdings werden dafür neuartige ganzheitliche Methoden für eine zukünftige Fahrzeugdiagnose benötigt. Dazu kann beispielsweise evaluiert werden, inwiefern sich etablierte Konzepte und Methoden aus der IT-Domäne im Automotive-Kontext nutzen lassen. Das Ziel ist die Entwicklung und Evaluierung eines durchgängigen Diagnosekonzepts für Software-definierte Fahrzeuge und deren Komponenten.



Sichere Over-the-Air-Kommunikation von Federated Learning-Konnektivität in autonomen Fahrzeugen

Bearbeiter: Baran Can Gül

Aufgrund der Optimierungen, die durch den Technologiestandard der fünften Generation für zellulare Breitbandnetze eingeführt wurden, haben Fahrzeugnetze begonnen, neue Kommunikationsstandards und -technologien zu übernehmen. Das Senden lokaler Daten an einen zentralen Server gefährdet die Datensicherheit und erhöht den Bandbreitenverbrauch aufgrund der großen Datenmengen. Anstelle von zentralen Cloud-Servern reduziert Mobile Edge Computing die Latenz und die Rechenlast, indem weniger rechenintensive Aufgaben an den Netzwerk-Edge und die Endpunkte verlagert werden. Dies eröffnet die Möglichkeit, verteilte Lerntechniken in Fahrzeugnetzen einzusetzen. Die Übernahme einer verteilten Lernarchitektur ermöglicht die Einrichtung eines föderierten Lernens, bei dem Modelle für maschinelles Lernen in Edge-Geräten trainiert werden und nur Modellaktualisierungen an den Server weitergeleitet werden. Dieser Ansatz ermöglicht kollektives Lernen bei gleichzeitiger Wahrung privater Nutzerdaten und Erhöhung der Bandbreiteneffizienz, was beim autonomen Fahren wichtig ist. Obwohl bei diesem Ansatz keine lokalen Daten gesendet werden, sind die mit dem Server geteilten Parameter des maschinellen Lernmodells privat und müssen geschützt werden, um die Offenlegung dieser Informationen zu verhindern.

Der Schwerpunkt dieser Forschung liegt auf der Verbesserung der Datensicherheit und der Konnektivität in Fahrzeugnetzen durch den Einsatz eines föderierten Lernansatzes. In diesem Zusammenhang wird eine vielversprechende Technik zur Wahrung der Datensicherheit eingesetzt, um die privaten Modellparameter zu schützen, ohne die Performance zu gefährden. Darüber hinaus zielt der vorgeschlagene Ansatz darauf ab, die Konnektivität zwischen Fahrzeug und Backend zu verbessern, indem die Latenz verringert und Bandbreite eingespart wird.



HINZUKOMMENDE FORSCHUNGSTHEMEN

Validierung von Software-Produktlinien im Kontext der Evolution von Qualitätssicherungs-Methoden

Bearbeiter: Lennard Hettich

Die Software-Produktlinienentwicklung hat sich in den vergangenen Jahren als ein probater Ansatz für die effiziente Entwicklung variantenreicher und hochkonfigurierbarer Software-Systeme erwiesen, der in der Lage ist, dem wachsenden Bedürfnis nach Individualisierbarkeit gerecht zu werden. Allerdings stellt die funktionale Absicherung von Software-Produktlinien nach wie vor eine große Herausforderung dar, da hierbei aufgrund des kombinatorischen Explosionsproblems oft eine unvorstellbare Anzahl an verschiedenen Systemkonfigurationen zu berücksichtigen ist. Bei konventionellen Testansätzen wie Brute-Force-, Reduktions- oder Regressions-Verfahren ist dieses Problem deutlich spürbar und zeigt sich in Gestalt von langen Laufzeiten und hohen Rechenaufwänden. Dieser Ineffizienz gegenüber steht die aktuelle Entwicklung des Software-Testens allgemein in Richtung einer Etablierung von kontinuierlichem Testen mit dem Ziel einer Integration in Continuous Integration/Continuous Delivery-Pipelines. Im Zuge dessen werden neue Anforderungen an Testansätze wie große Verfahrenseffizienz oder hoher Automatisierungsgrad gestellt. Es stellt sich die Frage, wie sich Testverfahren für Software-Produktlinien verändern müssen, um mit dieser Entwicklung Schritt halten zu können.

Die Forschung beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit der Untersuchung von risikobasierten Testverfahren für Software-Produktlinien. Im Gegensatz zu den konventionellen, abdeckungsge-steuerten Verfahren sollen diese die limitierten Testressourcen auf die Ausschnitte der Software-Produktlinie mit der höchsten Kritikalität fokussieren.



Resilience Analysis of safety critical AI components

Bearbeiterin: Berit Schürle

With the continuous advancement of Artificial Intelligence (AI), the areas of application for deep learning (DL) methods have grown tremendously. The application of Deep Learning in the industrial context led to an increasing demand for safe and trustworthy AI. When implemented in safety critical environments, the behavior of neural networks has to remain predictable and reliable even when facing faults within the system.

This research aims to evaluate and increase the error resilience of AI components in safety critical applications. Generally, neural networks focusing on computer vision are susceptible to two distinct fault types: internal and external errors. The internal faults are often a result of so called Bitflips, which can lead to inaccurate computations and hence erroneous output of the neural network. The most common errors, however, occur on an external level and corrupt the input data, caused by for example blind spots or rain on the camera lenses. When confronted with these fault types, a neural network operating in a safety critical environment must still function reliably. In order to improve the reliability of artificial intelligence applications, faults within the network have to be detected efficiently and mitigated with appropriate counter measures.

To do so, the most common computer vision network architectures are analyzed focusing on the impact the injected faults have on their performance. After this first step, methods to reliably detect these different faults are implemented and tested, followed by mitigation actions to reduce the impact the error has on the neural network's output. By this procedure, the errors are caught and do not go undetected, leading to a more stable and reliable output of the network.



HINZUKOMMENDE FORSCHUNGSTHEMEN

Robustheitsbewertung von Machine Learning Komponenten in Cyber-Physischen Systemen

Bearbeiterin: Georg Siedel

Funktionen des maschinellen Lernens (ML) werden in verschiedenen Branchen, darunter auch im Maschinenbau, in immer größerem Umfang eingesetzt. Sobald ML-Funktionen in Maschinenprodukten eingesetzt werden, deren Ausfall zu einem gefährlichen Ereignis führen kann, muss die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls quantifiziert und damit die Zuverlässigkeit der Funktion gemessen werden können. Bei ML-Funktionen hängt die Zuverlässigkeit hauptsächlich von der Fähigkeit der Lernfunktion ab, von einer begrenzten Menge an Trainingsdatenpunkten auf den gesamten, häufig hochdimensionalen Zustandsraum zu generalisieren.

Eine äußerst wichtige Eigenschaft von ML-Funktionen, welche Hand in Hand mit dieser Fähigkeit zur Generalisierung geht, ist die Robustheit, die insbesondere für Klassifikationsmodelle relevant ist. Robustheit beschreibt die Fähigkeit eines Klassifikators, seine Ausgabe auch bei geringfügigen Änderungen der Eingaben beizubehalten. Intuitiv sollte ein Modell seine Ausgangsklasse nicht ändern, wenn z. B. ein Eingangsbild mit kaum sichtbarem Rauschen wird. Es hat sich gezeigt, dass ML-Klassifikatoren, insbesondere im Bereich der Bildverarbeitung, für solche Störungen anfällig sind, was eine Herausforderung für die Sicherheit und Zuverlässigkeit von ML darstellt.

Diese Forschungsarbeit befasst sich mit der Bewertung der Robustheit von ML-Modellen. Neben einer Klassifikation, welche Methoden und Metriken existieren und wie nützlich sie im Hinblick auf einen praktischen Risikobewertungsprozess sind, konzentriert sich diese Forschungsarbeit auf potenziell sicherheitsrelevante ML-Systeme in bestimmten industriellen Maschinenanwendungen wie Bildverarbeitung oder Zeitreihen-Anomaliedetektion. Für beide Anwendungsbereiche sollen Toolsuiten entwickelt werden, die Robustheitstestverfahren für verschiedenste Datenverfälschungen kombinieren. Auf diese Weise kann die Zuverlässigkeit für ein System vertrauenswürdiger ermittelt werden, da die Robustheit in der Teststrategie berücksichtigt wird.

Der vielversprechende Ansatz, der hinter den Testtoolsuiten zur Quantifizierung der Robustheit steht, heißt Data Augmentation. Ausgehend von den vorhandenen Datenpunkten x werden zusätzliche, veränderte Datenpunkte $x+\epsilon$ erzeugt und zum Testdatensatz hinzugefügt, wobei ϵ auf verschiedenen Arten von Abstandsfunktionen basieren kann.



Komplexitätsbeherrschung von variantenreicher Software

Bearbeiter: Johannes Stümpfle

Anforderungen an eine hohe Konfigurierbarkeit der Software, marktspezifische Anpassungen, sowie Hardware-Beschränkungen, führen zu einer hohen Varianz der Software im Raum. Zusätzlich erfolgt, aufgrund von kontinuierlichen Erweiterungen und Verbesserungen der Software, eine Varianz über die Zeit. Diese zeitliche Varianz wird getrieben von neuen Methoden, wie der agilen Softwareentwicklung, sowie neuen Technologien, wie CI/CD-Pipelines und Over-The-Air Softwareupdates und den daraus folgenden kurzen Entwicklungszyklen. Bekannte Beispiele für variantenreiche Software sind unter anderem der Linux Kernel oder auch die Software im modernen Fahrzeug.

Diese Varianz in mehreren Dimensionen führt zu einer hohen Komplexität sowohl bei der Softwareentwicklung als auch bei deren Verwaltung. Mit dem Software Productline Engineering besteht bereits ein Ansatz, der die Komplexität bei der Entwicklung und Verwaltung zu beherrschen versucht. Jedoch beschränken der sehr hohe Aufwand bei der Einführung und Evolution einer Software-Produktlinie (SPL), sowie fehlende Frameworks und Tools den Nutzen einer SPL, insbesondere bei der kombinierten Komplexitätsbehandlung in Raum und Zeit. Im Rahmen der Forschung werden die benannten Herausforderungen untersucht und Lösungsansätze erforscht. Ziel ist die Entwicklung neuer Methoden zur Komplexitätsbeherrschung variantenreicher Software in Raum und Zeit.



HINZUKOMMENDE FORSCHUNGSTHEMEN

Distributed Integration of Automotive Electronic Control Units

Bearbeiter: Stefanos Tziampazis

Modern trends such as electrification, autonomous vehicles, and connected services are dominating the automotive landscape and calling for a change in the automotive culture. The number of technology features that vehicles equip is on the rise, as are the resources required to realize them. To date, electronic control units (ECUs) have been the backbone of vehicle architectures as they are the synergetic link between advanced hardware and sophisticated software, two critical requirements for future innovations.

ECU development has always relied on outsourcing; car manufacturers commission external vendors to handle parts of the development work. Starting from an initial set of requirements, external suppliers contribute separately with different development tasks until the first version of a physical ECU is sent to the car manufacturer for integration testing and evaluation.

Integration testing is an important step in the development plan, as it assesses how effectively different ECUs coexist in a group arrangement. However, in the event of any malfunction, the device under test must be returned to the original vendor for an update. As ECUs are developed by different tier-1 vendors, this adds delays to the development plan.

The Ph.D. thesis investigates the possibility of new ECU development paradigms with a focus on minimizing the variable delays during the integration phase. It also explores the influence of modern, agile methods for automotive development, with an emphasis on ECU hardware development.



© BOSCH

Software-definierte Fahrzeuge unterstützen den Transformationsprozess hin zu einer umweltfreundlichen, vernetzten und automatisierten Mobilität

Gefördert durch:



FORSCHUNGSPROJEKT SofDCar

Software-Defined Car (SofDCar)

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projekts SofDCar widmet sich das IAS im Zusammenspiel mit 6 anderen Instituten an der Universität Stuttgart und 12 weiteren Partnern der Zukunft der Automobilsoftware: Die IT im Auto kommt einem Orchester gleich, zu dem immer mehr Musiker stoßen, die aber alle ohne Dirigenten spielen. Entwickler aus Industrie und Wissenschaft wollen nun unter der Federführung von Bosch standardisierte Regeln und Prozesse schaffen, damit die elektronischen Mitspieler im Fahrzeug nicht aus dem Takt kommen. Das Ziel: Neue Funktionen im und um das Fahrzeug sollen künftig schneller entwickelt werden und zu den Autofahrern kommen –ein Fahrzeugleben lang.

Auf Seiten der Forschung geht es um Digitale Nachhaltigkeit für Entwicklung und Betrieb von Automobilen von den eingebetteten Computern im Fahrzeug bis in die Cloud. Die Universität Stuttgart befasst sich gemeinsam mit den Kollegen aus Karlsruhe mit einer IT-Referenzarchitektur für die Fahrzeuge der Zukunft. Dabei geht es um den Einsatz von Software im sog. Backend, also Informationskontenpunkten außerhalb der Fahrzeuge in der zukünftigen IT-Infrastruktur. Hierzu wird aktuell ein breites Feld an Forschungsfragen zur automatisierten Bereitstellung von Software und der Sicherheit neuer Funktionalitäten auf Basis von vernetzten Informationen im laufenden Fahrzeugbetrieb bearbeitet.

Ein wesentlicher Beitrag der Universität Stuttgart zum Gesamtprojekt ist dabei der Aufbau des hybriden Demonstrators „Campus Vaihingen“: Mittels einer 5G-Teststrecke auf der Ringstraße des Campus können unter realitätsnahen Bedingungen Testfahrzeuge und andere Testaufbauten aller Partner auf und abseits der Straße getestet werden. Durch die Anbindung der verschiedenen am Projekt beteiligten Institute der Universität Stuttgart sowie des FKFS nebst den dazugehörigen Laboren (bspw. Dash-Board-Labor, Fahrsimulator, Vehicle-in-the-Loop-Prüfstand) sind darüber hinaus für alle Partner auch nicht-Straßentaugliche Aufbauten test- und analysierbar. Mittels eines Versuchsfahrzeugs, des Vehicle-in-the-Loop-Prüfstands sowie des Dash-Board-Labors sind auch Software-Komponenten und Entwicklungsprozesse von Partnern ohne eigene Fahrzeuge testbar. Damit wird eine durchgängige Test- und Experimentierumgebung von der Ebene einzelner Komponenten über (Teil-)Systeme bis hin zu kompletten Fahrzeug(-flott-)en im Straßenverkehr oder im Fahrsimulator gewährleistet. Ein weiterer wichtiger Beitrag der Universität Stuttgart ist die auf Deep Learning basierende Anomalieerkennung moderner vernetzter autonomer Fahrzeuge. Viele Experten untersuchen die Anwendbarkeit von DL-Techniken zur Erkennung von Anomalien, aber sie ignorieren in vielen Fällen wesentliche und a priori bekannte Informationen über Systemstruktur und -verhalten. Unser Beitrag konzentriert sich insbesondere auf einen hybriden Ansatz, der Systemanalyse und KI kombinieren kann, um effektive und skalierbare Lösungen zu schaffen.

FORSCHUNGSPROJEKT SesiM

Gefördert durch:



Selbstvalidierung komplexer elektronischer Systeme in sicherheitskritischen Mobilitätsanwendungen auf Basis von Grey Box-Modellen (SesiM)

Das vom BMWi geförderte Projekt „SesiM“ soll einen elementaren Beitrag bei der Vermeidung von Ausfällen im Bereich der Mobilitätsanwendungen leisten. Der Fokus des IAS liegt auf der Kombination von datengetriebenen (z. B. LSTM Netzwerke) und physikalischen Modellen zu einem hybriden Modell, um die zur Verfügung stehenden Daten des digitalen Fingerabdrucks effizient verwenden zu können.

Ziel des Projektes ist es, eine KI-basierte Zustandsüberwachung zu realisieren, mit der im Betrieb von komplexen elektronischen Systemen in Anwendungsbereichen wie beispielsweise der Bahn- und Automobiltechnik dynamisch auf Verschleißerscheinungen reagiert werden kann. Dabei wird ein die elektronischen Baugruppen beschreibender digitaler Fingerabdruck eingesetzt, der die für die innovative Modellbildung benötigten Prozess-, Qualitäts- und Belastungsdaten bereithält.

In der ersten Projektphase beschäftigt sich das IAS mit der Identifizierung und Konzeption der relevanten Modelle zur Zusammenstellung zu hybriden Modellen aufgrund der selektierten, die elektronische Baugruppe beschreibende Parameter des digitalen Fingerabdrucks. Das IAS leitet dabei die Arbeitspakete zur Erstellung eines Konzepts zur eindeutigen Systemcharakterisierung während der Nutzungsphase sowie der Erstellung der hybriden Modellierung für die Musteranwendungen. Mit diesen Modellen sollen in Echtzeit automatisch Entscheidungen auf Grundlage der vorhandenen Informationen getroffen werden. Hier soll auch der Stand der Forschung in Bezug auf die KI-Modelle vorangetrieben und die Modelle weiter optimiert werden.

SI4: Risk Analysis of Industrial CPS

Cyber-Physical Systems (CPS) are advanced interconnected systems that are one key characteristic of the emerging trend towards Industry 4.0 in automation engineering. As with any industrial production system, risk analysis is one of the key challenges of the design of CPS. Classical risk analysis exploits several well-known methods for evaluating the dependability and resilience properties of production systems. However, Industry 4.0 implies that the Industrial CPS (sometimes also called Cyber-Physical Production Systems, or CPPS) are more complex from a structural and behavioral points of view and consist of distributed heterogeneous components. Classical methods cannot adequately describe sophisticated failure scenarios of modern highly dynamic, autonomous, and adaptive Industrial CPS. That is particularly true for Artificial Intelligence, especially Deep Learning, being employed for more broad types of safety-critical applications within systems. It is necessary then to revisit the classical Risk Assessment Methods (RAM) and extend them with the most promising advanced techniques that cover increased complexity.

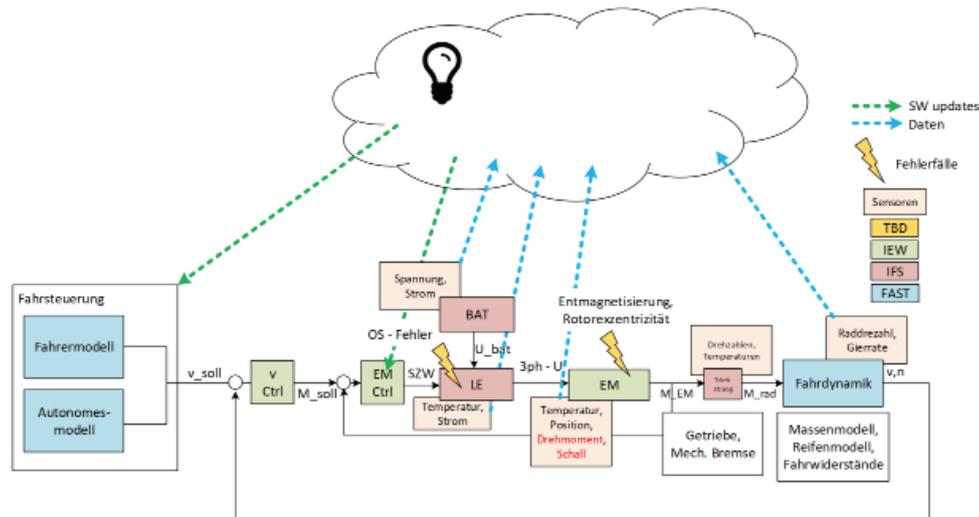
The SI4 project is supported by the Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA, Dresden). The main project goal is to evaluate the applicability of modern model-based RAMs for the analysis of Industrial CPS with machine learning components. Throughout the SI4 project, we have performed an extensive systematic literature review (SLR) of the available methods and tools for risk assessment. For that, we defined concepts and trends in risk assessment of Industry 4.0 systems. We discovered the risk assessment methods and models that may be suitable for Industrial CPS. We discovered possible gaps that we formalized in a series of Research Questions (RQs) that the SLR is aimed to answer. Finally, after reviewing the papers and analyzing them, we have answered the RQs. With that we addressed the gap that should be covered for risk assessment of Industrial Cyber-Physical Systems. The other part of the project concerns Machine Learning and Industrial CPS safety. We will address two aspects: (i) fault-tolerance of ML components that are becoming integral parts of modern industrial CPS and (ii) application of ML methods to improve the reliability and safety of Industrial CPS. As for the final phase of the SI4 project, we started the development of the case study industrial CPS according to the defined criteria. Upon the finalization, this demo-system will help us to evaluate the methods discovered in previous steps of the project.

Vernetzte E-Fahrzeuge: Verbesserung von Produktentstehung und Betrieb durch Erkennen von Fehler- und Ausnahmesituationen in Antriebsstrang und Fahrdynamik

Das Land Baden-Württemberg stärkt mit diesem Projekt im Rahmen des Förderprogramms Innovationscampus Mobilität (ICM) die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Instituten des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und der Universität Stuttgart. Im Projekt ICM SD-Mobi1 widmet sich das IAS zusammen mit vier weiteren Instituten der Universität Stuttgart und dem KIT den Themen der vernetzten E-Fahrzeuge.

Thematisch beschäftigt sich dieses Projekt mit E-Fahrzeugen, die durch die Verfügbarkeit von vernetzter Information zahlreiche Vorteile bieten, die genutzt werden können, um Schwierigkeiten in der funktionalen Sicherheit - d. h. Fehler und Ausnahmesituationen in Antriebsstrang und Fahrdynamik - im Vergleich mit anderen Fahrzeugen frühzeitig zu erkennen, im Betrieb durch Softwareupdates zu verbessern und in die Produktentwicklung zurückzuspielen.

Im Rahmen des Projektes besteht das Ziel, die Produktentwicklung und den Betrieb durch Erkennen von Fehler- und Ausnahmesituationen in Antriebsstrang und Fahrdynamik zu verbessern. Dazu sollen Fahrzeuge und deren Komponenten mithilfe von 5G und einem Digitalen Zwillingen vernetzt werden, um dann „online“ und in der Simulation Einschätzungen vorzunehmen und Verbesserungen durchzuführen.



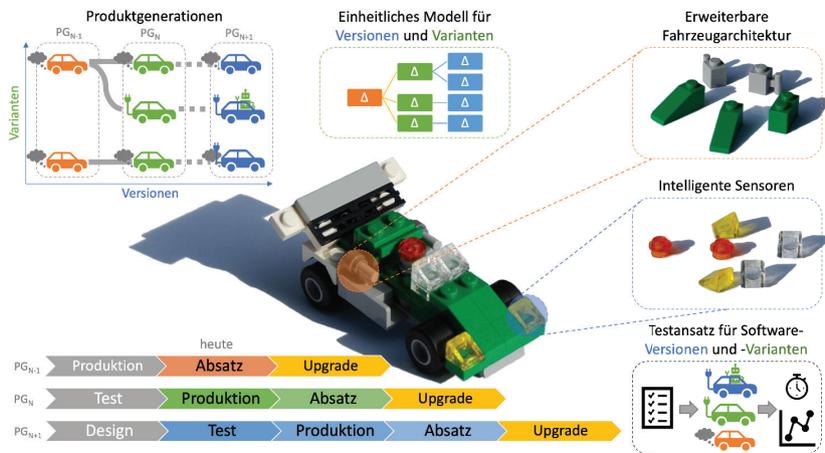
Konzept zur Erkennung von Fehlerzuständen im Antriebsstrang vernetzter Fahrzeuge

Integrierte Ansätze für die vorausschauende Softwareentwicklung Upgrade-fähiger Fahrzeuge

Im Rahmen Innovationscampus Mobilität (ICM) treibt das Land Baden Württemberg mit dem Projekt ICM SD-Mobi2 die Schaffung integrierter Ansätze für die vorausschauende Entwicklung Upgrade-fähiger Fahrzeuge voran. Das Projekt bündelt Forschungsbestrebungen mehrerer Institute mit dem Ziel, nachhaltige Geschäftsmodelle für zukünftige Fahrzeuge zu ermöglichen. Solche nachhaltigen Geschäftsmodelle sind notwendig, da die deutsche Automobilindustrie in einem Markt operiert, der sie diesbezüglich vor immer größere Herausforderungen stellt.

Als ein Kernelement eines nachhaltigen Geschäftsmodells wird in diesem Projekt ein Konzept für eine serviceorientierte, noch während des Feldeinsatzes erweiterbare und änderbare E/E-Architektur konzipiert, in welcher lose gekoppelte Dienste flexibel zusammenspielen. Das IAS beschäftigt sich im Zuge des Projekts mit intelligenter Sensorsoftware, die den Sensoren im Fahrzeug die Fähigkeiten zur Selbstkalibrierung, Selbstüberwachung und Selbstadaptation verleihen soll. In der aktuellen Phase des Projekts geht es für das IAS primär darum, gesamtheitliche Konzepte zu erarbeiten, mit denen intelligente Sensorsoftware in das Konzept der serviceorientierten E/E-Architektur integriert werden kann. Die Rekonfigurierbarkeit von Sensorsoftware zur Laufzeit unter bestehender Hardware, auch Over-the-Air, sowie die Erweiterung der E/E-Architektur um neue Sensorhardware via Plug-and-Play-Ansatz sind dabei die angestrebten Ziele.

In zukünftigen Phasen des Projekts befasst sich das IAS dann damit, das konzipierte Architekturkonzept für intelligente Sensoren prototypisch auf einem ICM-Versuchsträger umzusetzen, mit dem bestimmte Upgrade-Szenarien von Sensor-Software und Hardware simuliert und deren Auswirkungen analysiert werden können.



Übersichtsbild des Vorhabens ICM SD-Mobi2



H₂Mare - Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe direkt auf dem Meer produzieren
Grafik: Projektträger Jülich im Auftrag des BMBF

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FORSCHUNGSPROJEKT PtX-Wind - H₂Mare

Übergreifendes Prozessleit- und Betriebsführungssystem für eine Offshore-PtX-Plattform

Das im Frühjahr 2021 gestartete Projekt H2Mare ist eines der drei vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Wasserstoff-Leitprojekte, die einen zentralen Beitrag zur Umsetzung der nationalen Wasserstoffstrategie liefern sollen.

Im Rahmen des Leitprojektes H2Mare wird künftig ein völlig neuer Anlagentyp auf dem Meer seinen Platz finden - eine Lösung, die einen Elektrolyseur zur direkten Wandlung des elektrischen Stromes in grünen Wasserstoff und weiterer Power-to-X-Module zur Erzeugung synthetischer Kraftstoffe und Energieträger auf einer Offshore-Plattform bereitstellt. Das IAS beschäftigt sich in diesem Kontext mit den Themen Prozessleitsystem, Teleoperation und Digitaler Zwilling, um die Grundbausteine für einen stabilen, sicheren und wirtschaftlichen Prozess zur Verfügung zu stellen.

In diesem Jahr wurde in den unterschiedlichen, vom IAS federgeführten, Arbeitspaketen: Prozessleitsystem, Teleoperationssystem und Digitaler Zwilling weitergearbeitet. Im ersten Arbeitspaket wurde die Ausschreibung für die Unterbeauftragung eines übergeordneten Prozessleitsystems für die Versuchsplattform veröffentlicht. Mit dieser Versuchsplattform sollen erste Betriebserfahrungen im Sinne des Hardware-in-the-Loop Ansatzes gesammelt werden, um darauf basierend die Konzeption der zukünftigen Forschungsplattform zu ermöglichen. Im zweiten Arbeitspaket wurde die Erfassung von Anforderungen an das Teleoperationssystem adressiert, welches als Bindeglied zwischen Plattform, Leitwarte und Digitalem Zwilling dient. Der Fokus des Arbeitspaketes zum Digitalen Zwilling liegt dabei auf der Bereitstellung einer digitalen Software-Infrastruktur, um u.a. die simulative Untersuchung der Prozessfenster und deren Wechselwirkung mit der Prozessleittechnik zu ermöglichen. Im Rahmen des Projektes entstand eine erste Publikation, in der neben den Mehrwerten und Herausforderungen eines autarken Inselsystems mit dem Digitalen Zwilling und dem System zur optimalen Betriebsführung, erste konzeptionelle Ergebnisse ausgeführt sind.

FORSCHUNGSPROJEKT 5G - SynergieRegion

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Kooperative und dynamische Schutzräume für die Intralogistik durch 5G

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur geförderten Verbundprojekts „SynergieRegion“, werden Transferpotenziale vernetzter Produktionstechnologien und der Smart City durch 5G-Anwendungen untersucht. Dabei forscht das IAS zusammen mit seinen Projektpartnern NAiSE, Nokia Bell Labs und Fraunhofer IPA an kooperativen und dynamischen Schutzräumen über 5G in Produktions- und Logistikhallen.

In modernen Produktions- und Lagerhallen kommen oftmals Automated Guided Vehicles (AGVs) zum Einsatz. Kommt es zu einem Störfall an einem AGV, müssen in der Nähe befindliche AGVs abgeschaltet werden, um insbesondere eine Gefährdung von Menschen zu verhindern. Solche Situationen sollten vermieden werden, weil sie eine Gefahr bedeuten und den Gesamtbetrieb stören. Um die Situationen zu vermeiden muss das jeweilige Gefährdungspotential der AGVs, abhängig vom Hallenbereich, der Konstellation der AGVs zueinander und deren jeweilige Umgebung bewertet werden. Diese Bewertung spiegelt sich in den jeweiligen Schutzzonen um die AGVs und um deren Umgebung wieder. Ein AGV mit höherem Gefährdungspotenzial ist von einer größeren Schutzzone umgeben und darf anderen Akteuren auf dem Shopfloor dadurch nicht nah kommen. Die Gefährdungsbewertung der Umgebung wird durch KI-Systeme auf den AGVs umgesetzt und dann über 5G mit anderen AGVs geteilt. So profitieren entfernte AGVs von der Perzeption der gesamten Flotte und erhöhen damit ihre Szenenwahrnehmung. Durch die kooperativen Schutzräume können AGVs ihre Trajektorienplanung frühzeitig anpassen und so etwaige Not-Stopps und Gefahren durch Verletzung der Schutzräume verhindern.

Das IAS konzipiert ein System zur Einschätzung der AGV-Gefährdungspotenziale und realisiert die kooperativen und dynamischen Schutzräume durch 5G.

Gefördert durch:



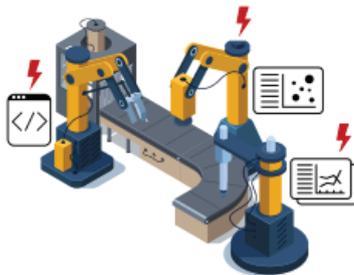
FORSCHUNGSPROJEKT SDM4FZI

Automatisierte und kontinuierliche Risikoanalyse für wandlungsfähige SDM-Systeme

Das Forschungsprojekt SDM4FZI (Software defined manufacturing für die Fahrzeug- und Zulieferindustrie) wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des Förderprogramms „Zukunftsinvestitionen in der Fahrzeugindustrie“ gefördert. Das übergeordnete Ziel dieses Projektes ist, die Erforschung wandlungsfähiger Fabriken für die Fahrzeug- und Zulieferindustrie. Dabei wird die Produktion rein über Software definiert und dadurch dynamisch anpassbar gestaltet. Das IAS wird sich im Rahmen des Projektes mit der Risikoanalyse für SDM-Systeme beschäftigen.

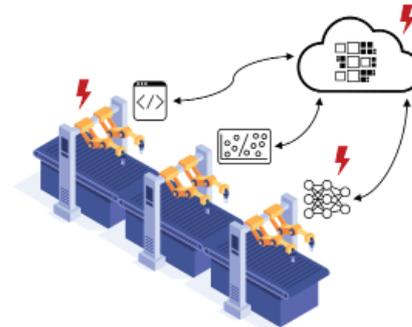
Software-Defined Manufacturing (SDM) erfordert einen neuen Ansatz für die Risikoanalyse. Das Verhalten von wandlungsfähigen SDM-Systemen kann sich mit jedem Software-Update ändern, daher muss die Risikoanalyse vor jedem Software-Update automatisiert durchgeführt werden. Dazu ist es notwendig neue fortgeschrittene hybride und flexible Risikomodelle zu entwickeln.

Im ersten Jahr haben wir das Konzept zur automatisierten und kontinuierlichen Risikoanalyse für SDM-Systeme erstellt. Ein Modell zu Modell Transformationsalgorithmus für die automatische Generierung von hybriden Risikomodellen aus SysML v2 Modellen wurde entwickelt.



Traditioneller Ansatz:

- Manuelle Risikoanalyse
- Traditionelle Risikomodelle
- Einmalig vor der Inbetriebnahme durchgeführt



Neuer Ansatz:

- Automatisierte und kontinuierliche Risikoanalyse
- Dynamisch, vor jedem Update
- Fortgeschrittene, hybride und hochflexible Risikomodelle

Vergleich des traditionellen und neuen Ansatzes der Risikoanalyse



Simulation eines konkreten Szenarios zur Absicherung der zuverlässigen Erkennung von Abhängen



Verbundprojekt SynDAB: Synthetische Daten für die Entwicklung von autonomen Bau- und Arbeitsmaschinen

Autonome Bau- und Arbeitsmaschinen haben aufgrund von Arbeitskräftemangel und insbesondere Einsätzen in gefährlichen Umgebungen ein sehr breites zukünftiges Anwendungsfeld im Hoch- und Tiefbau. Ähnlich zu einem autonomen PKW kommt zur Steuerung autonomer Bagger eine modular aufgebaute Steuerungssoftware zum Einsatz. Für die autonome Abarbeitung von Aufgaben ist die korrekte Erkennung der Umgebung elementar. Werden Situationen falsch eingeschätzt, können autonome Bau- und Arbeitsmaschinen hohe Schäden verursachen, etwa im Falle eines Abrutschens an einem steilen Abhang. Standardmäßig wird die Umgebung mit Kameras und Laserscanner erfasst. Für die Extraktion von Informationen und Wissen aus den Sensorrohdaten kommt Machine Learning-basierte Software zum Einsatz. Die Sammlung ausreichender Daten zur korrekten Identifikation kritischer Situationen ist mit der häufigen Beschädigung von Versuchsträgern verbunden und kann bei so teuren Maschinen wie Baggern nicht in der Realität durchgeführt werden.

Das IAS unterstützt im Rahmen des SynDAB Projekts die Entwicklung autonomer Bau- und Arbeitsmaschinen durch Realisierung von Simulationswerkzeugen zur Erzeugung synthetischer Daten sowie durch die darauf aufbauende Anwendung der Szenario-basierten Testmethodik:

- Simulation: Für die Erzeugung realitätsnaher synthetischer Kamera- und Laserscanner-daten wird die Unreal Engine eingesetzt.
- Szenario-basierte Testmethodik: Kern der Arbeit des IAS ist die automatisierte Erzeugung der synthetischen Daten auf Basis von Anforderungen. Hierbei werden Anforderungen automatisiert in Szenarien übersetzt. Aus den zunächst abstrakt beschriebenen Szenarien werden dann konkret simulierbare Szenarien abgeleitet. Dieses strukturierte und schrittweise immer feiner werdende Vorgehen wird auch zur Absicherung autonomer PKW eingesetzt, beim SynDAB Projekt stehen Offroad-Szenarien im Mittelpunkt. Die in der Simulation dann erzeugten Kamera- und Laserscannerdaten dienen der Entwicklung und der Überprüfung der Machine Learning-basierten Software eines autonomen 24 Tonnen Baggers.

Das Verbundprojekt SynDAB wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen: 01IS21057A) und ist assoziiertes Projekt des Cluster of Excellence Integrative Computational Design and Construction for Architecture (IntCDC).

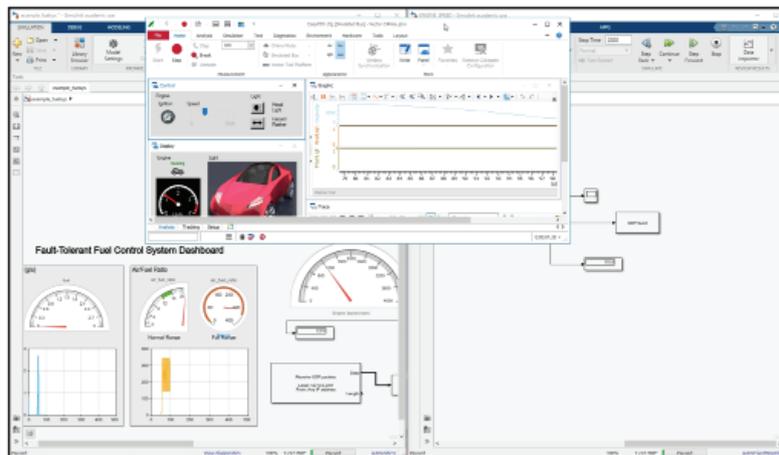
FORSCHUNGSPROJEKT SAiNET2

SAiNET 2

Das SAiNet Projekt wurde in Kooperation mit Vector Informatik durchgeführt und hat als Ziel, Simulationenethoden für die Simulation von IoT Systemen zu entwickeln und anhand von Anwendungsszenarien zu bewerten.

Im ersten Teilprojekt wurde ein Framework zur agentenbasierten Co-Simulation entwickelt, um dynamische Co-Simulationen durch Agenten nach dem „Plug and Simulate“ Prinzip zu ermöglichen. Das Framework ermöglicht eine Komponentensimulation zur Laufzeit, das Hinzufügen verschiedener Kommunikationstechnologien sowie eine Visualisierung der Simulationsabläufe. Als Anwendungsszenario wurde ein Lagerraum mit Klimaregelung ausgewählt und erfolgreich bearbeitet.

Im zweiten Teilprojekt lag der Fokus auf die Anbindung des Co-Simulationsframeworks an das Vector-Tool CANoe. Dafür wurden eine Synchronisierungsschnittstelle auf Basis eines konservativen Synchronisierungsalgorithmus sowie eine Datenaustauschschnittstelle entwickelt. Als Anwendungsszenario wurde ein fehlertoleranten Kraftstoffregelsystem erfolgreich implementiert.



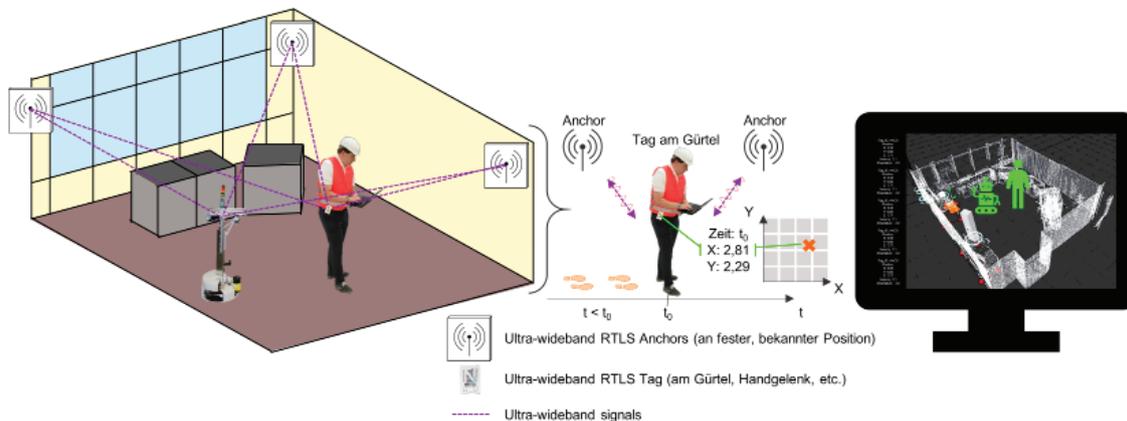
Prototypische Realisierung



Echtzeit-Lokalisierungssysteme in der Produktion

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 20-50cm. Zum Vergleich: Die von uns allen im Alltag genutzte satelliten-gestützte Lokalisierung mittels GPS bzw. Galileo, GLONASS oder Beidou funktioniert nur im Freien und hat eine Positionierungsgenauigkeit von 2 bis 8m.

Ultra-Breitband-basierte RTLS bieten daher hochwertige Positionierungsdaten, in Echtzeit stehen alle 30ms (3Hz) aktualisierte Positionswerte 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 positionsabhängigen Automatisierung. Insbesondere in Bereichen mit hoher Dynamik, etwa in der Robotik, bieten Ultra-Breitband-basierte RTLS viele Vorteile.



Ultra-Breitband-basierte RTSL erlauben die Lokalisierung auf bis zu 0,2 m genau bei 5 Hz Messwiederholfrequenz

FORSCHUNGSPROJEKT OpenPRA

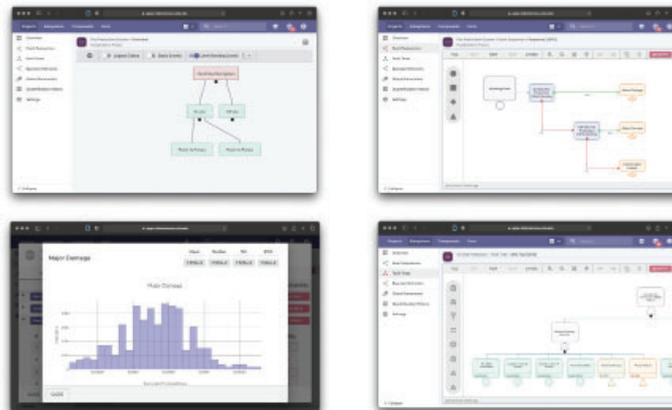
OpenPRA: Open-source Framework for Probabilistic Risk Analysis

IAS, together with international partners, continues the work on the OpenPRA project. Our students participate in the project in the frame of their research, bachelor, and master theses. During this year, they have developed new solvers for fault trees, Markov chains, and hybrid risk models. Including a binary decision diagrams-based solver for fault trees and event trees. We have also developed the first Model-to-Model (M2M) transformation algorithms from SysML v2 models to hybrid risk models.

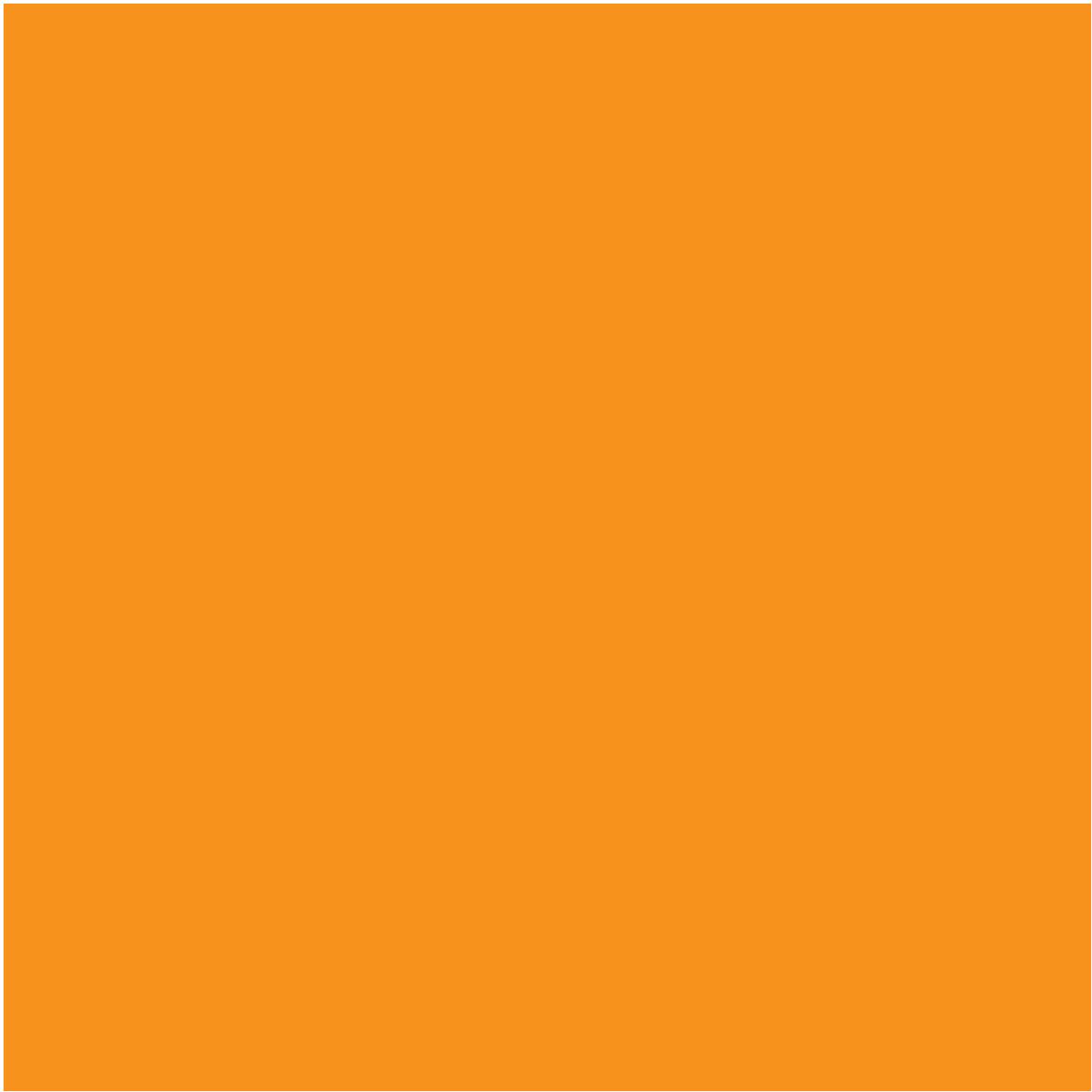
Probabilistic Risk Analysis (PRA) is a mandatory procedure for all safety-critical domains, including transportation, industrial automation, medical devices, energy, and many more. PRA exploits well-known methods for evaluating the dependability and resilience properties of technical systems. These methods usually include classical event trees, fault trees, Bayesian networks, Markov chains, and their numerous extensions and combinations. 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.

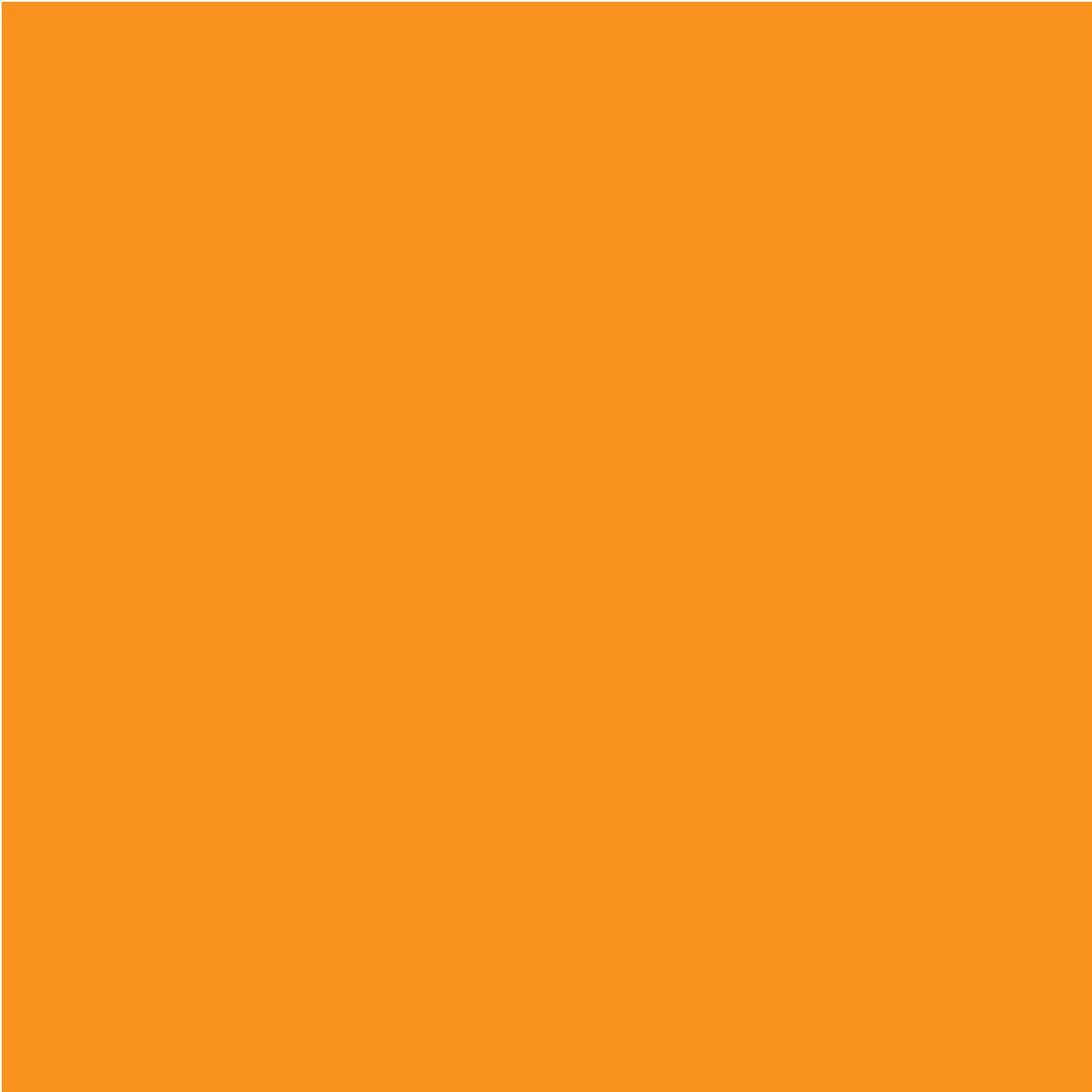
Partners:

- University of Stuttgart (DE)
- North Carolina State University (US)



OpenPRA web interface showing different risk models





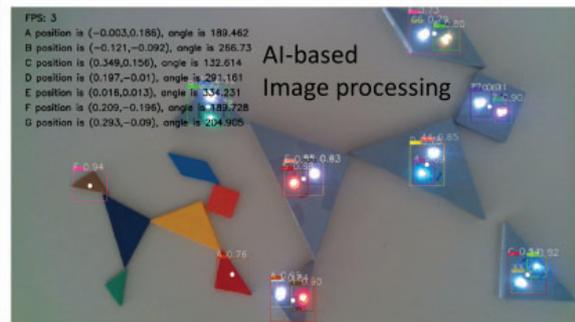
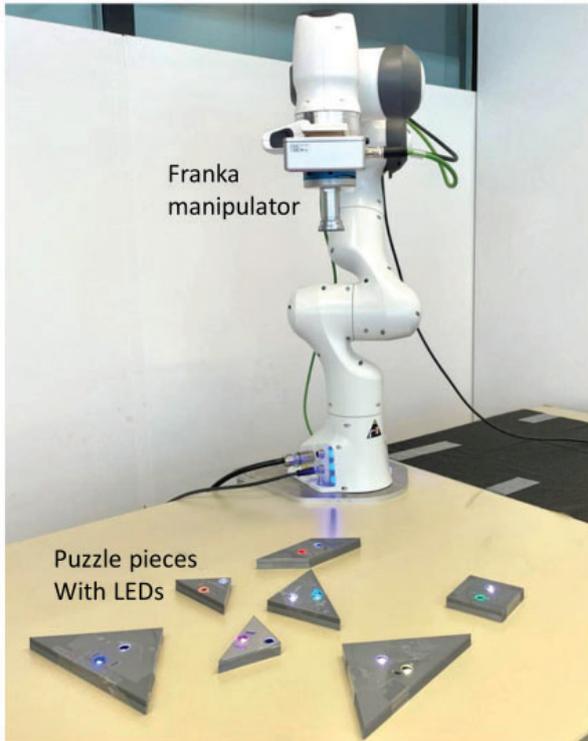
DEMONSTRATOREN

Ein wesentlicher Aspekt der Forschung am IAS ist die Anwendungsorientierung. Es ist uns daher sehr wichtig, unsere Forschungserkenntnisse und -ergebnisse anschaulich zu präsentieren. In diesem Zusammenhang haben wir auch in diesem Jahr neue Demonstratoren entwickelt bzw. bestehende Modellprozesse modifiziert und erweitert.

- Demonstrator „7PP“: Auf der Grundlage eines Puzzlespiels wird der 7PP-Demonstrator als Plattform für eine potenzielle Risikoanalyse von Cyber-Physical Systems in einem Spiel-Szenario mit Mensch-Computer-Interaktion dienen.
- Demonstrator „Digitaler Zwillinge in der diskreten Fertigung“: Erweiterung des Großgerätes um einen KUKA – youBot und einem Vakuumgreifsystem von der Firma J. Schmalz GmbH für die Untersuchung unterschiedlicher Anwendungen des Digitalen Zwillings in der diskreten Fertigung.
- SafeLegs-Demonstrator: In Zusammenarbeit mit dem KIT wurde ein 6-DOF-Exoskelett, das aus sechs bürstenlosen Motoren besteht, die über den CAN-Bus Rückmeldungen an den Hauptcontroller des Systems liefern, aufgebaut. Das SafeLegs ist ein komplexes cyber-physisches System, das für die Evaluierung von Methoden zur Identifizierung von sicherheitskritischen Szenarien und zur Risikominderung verwendet wird.
- Ein mobiler Roboter (Robotino) von unserem „Forschungsgroßgerät“ wurde mit einem Multiagentensystem für die situationsbezogene Risikoabschätzung erweitert. Dieses erlaubt es dem Roboter das Risiko, welches bspw. durch neu abgelegte Objekte in der Fahrtroute entstehen kann, frühzeitig einzuschätzen.

Auf den folgenden Seiten stellen wir Ihnen diese Demonstratoren vor.

Darüber hinaus bestehen am IAS weitere, unveränderte Demonstratoren aus vorherigen Forschungsprojekten. Dazu gehören unter anderem der Tablettendispensers zur erforschung von Kontextmodellierung und Wissensmanagement, der Demonstrator zum szenarienbasierten Testen autonomer Fahrfunktionen mittels generisch beschriebener Testszenarien im standardisierten TestIF Format oder der Smart-Home-Demonstrator für datenbasierten Analysen zur „Context-as-a-Service“ Realisierung, so wie viele weitere Demonstratoren.



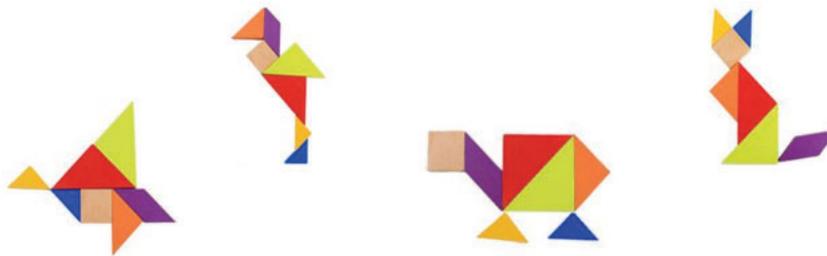
7PP Demonstrator

7PP: 7-Piece Puzzle Robotic Demonstrator

The IAS team has developed a new robotic demonstrator for an AI-based manipulator for flexible production. The demonstrator is designed to model advanced manufacturing concepts, such as Software-Defined Manufacturing and Human-Robot Interaction.

7-Piece Puzzle (7PP), also named the Tangram game, is a traditional Chinese intellectual toy made up of seven puzzles in different shapes, including triangles, parallelograms, and squares. These seven puzzle pieces can be assembled into many different patterns (over 1600 types), including animals, bridges, houses, towers, and alpha-bet letters. The demonstrator consists of a Franka Emika Panda manipulator, a depth camera, a gecko gripper, and one set of controllable LED-based puzzle pieces.

The task of the manipulator is to reassemble a pattern provided by a human via object detection and trajectory planning algorithms. First, a human assembles a pattern using puzzle pieces equipped with LED position marks. After that, the puzzle pieces' poses (positions and angles) are detected via the depth camera and AI algorithms, and the manipulator reassembles the pattern automatically.





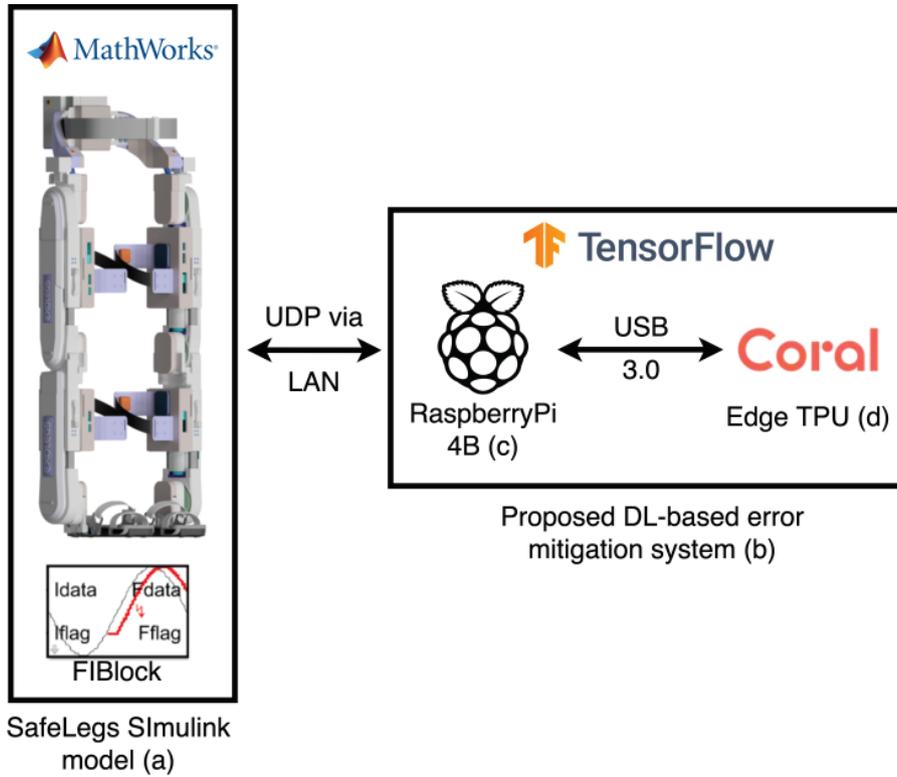
Forschungsgroßgerät - Modulares Produktionssystem erweitert um ein Robotergreifsystem

Digitaler Zwillinge in der diskreten Fertigung

Das Forschungsgroßgerät bestehend aus einem Lager, fünf Bearbeitungsmodulen und vier fahrerlosen Transportsystemen wurde um eine Handhabungsstation erweitert. Im konkreten wurde ein KUKA-youBot mit einem modularen Vakuumgreifsystem der Firma J. Schmalz GmbH an einem Bearbeitungsmodul angebracht. Damit können beispielsweise Bearbeitungsobjekte zwischen den einzelnen Bearbeitungsstationen transportiert oder für eine Qualitätssicherung ausgeschleust werden.

Ziel dieses Demonstrators ist das Aufzeigen unterschiedlichster Anwendungsszenarien des Digitalen Zwillings entlang des gesamten Anlagenlebenszyklus (Komponentenentwicklung, Virtuelle Inbetriebnahme, Optimierung, Prognose, betriebsparallele Simulation, etc.). Hierfür können die unterschiedlichen Stationen des modularen Produktionssystem, von der Lagerung (Lager) über den Transport (fahrerloses Transportsystem und Bearbeitungsmodul) bis zur Bearbeitungsstation (Roboter Greifsystem) herangezogen werden. Dabei soll der Demonstrator vor allem für die Forschungsthemen „Digitale Zwillinge für Vakuum-Komponenten und -Greifsysteme“ und „Anwendungsoptimierte Modelladaptation des Digitalen Zwillings während der Betriebsphase“ herangezogen werden, um am Beispiel eines realen Produktionssystems die darin erforschten und realisierten Mehrwerte aufzuzeigen.

Für die Ansteuerung des Robotergreifsystems wird das Framework Roboter Operating System (ROS) verwendet. Die zusätzliche Erfassung von Prozessdaten (z.B. Unterdruck des Greifsystems) wird mittels IO-Link realisiert. Die betriebsparallele Simulation ist in Gazebo umgesetzt. Für weitere Anwendungen (z.B. Komponentenentwicklung, Virtuelle Inbetriebnahme, Optimierung, Prognose) stehen insbesondere für das Vakuumgreifsystem unterschiedlich detaillierte Verhaltensmodelle in Matlab (Simulink und Simscape) zur Verfügung.



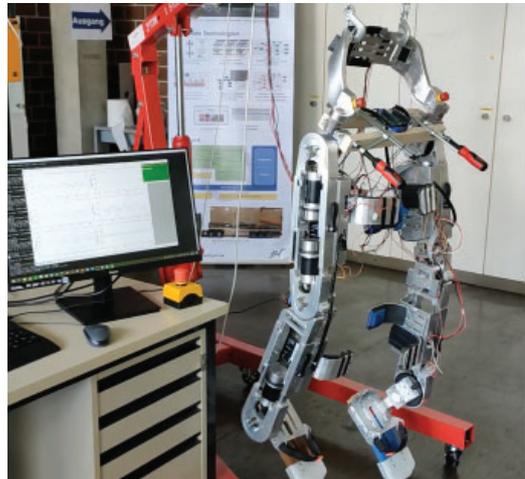
Deep-learning failure prevention system

SafeLegs: lower-limb assistive exoskeleton equipped with Deep Learning-based safety system

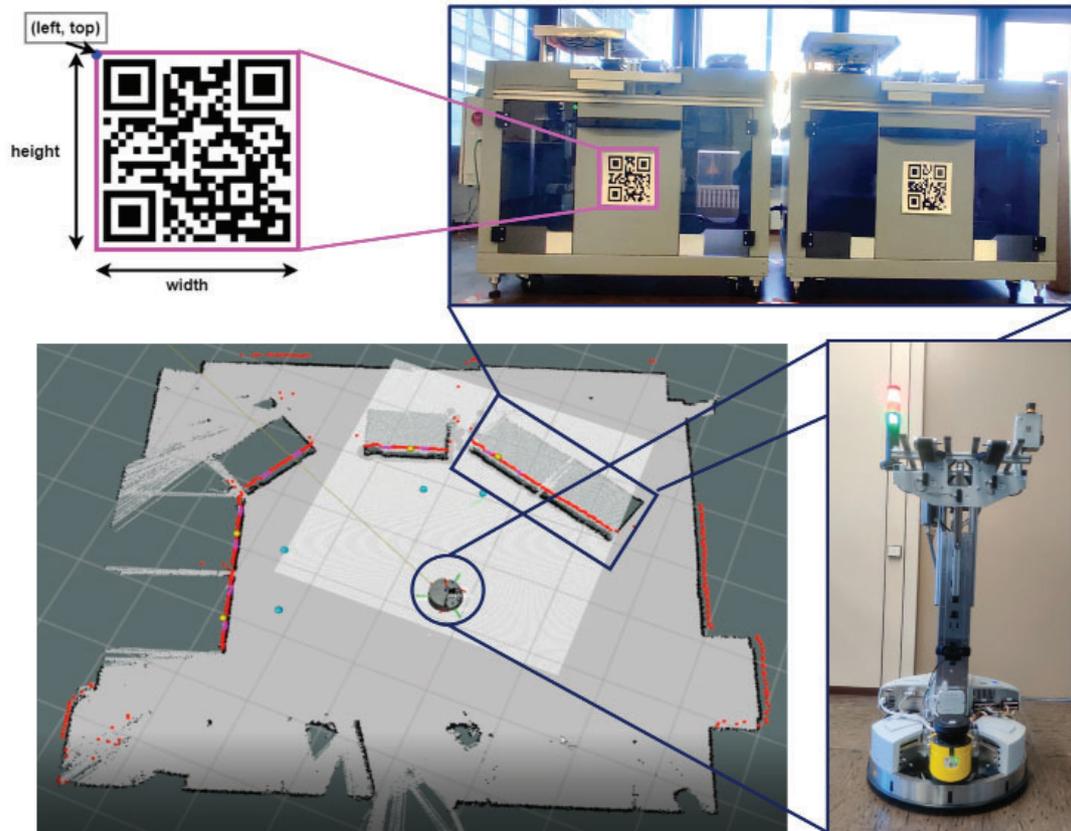
In order to evaluate projects dealing with Cyber-Physical Systems, it is necessary to apply them to a representative case study. To justify an application of risk assessment or safety assurance methods, such a system should be of safety critical domain. The SafeLegs is a lower-limb 6-DOF supportive exoskeleton system. This system along with the Simulink model is courtesy of KIT, Dr. Ilshat Mamaev. The goal of this system is to assist elderly users in their day-to-day activities. Particularly, it should aid the user during the straight walking motion. The high-level controller is realized on a single-board computer connected to the joint controllers via the CAN bus using CANopen protocol. The model-based DMP-based control were realized using MATLAB/Simulink and Hardware-in-the-Loop methods. Following the model-based evaluation of SafeLegs's fault tolerance capabilities, we developed and trained a Deep Learning-based system for failure prevention. It was trained to predict error-free sensor signals from the exoskeleton system. In case of a component fault, it will detect an anomaly (that is deviation from expected predictions) of the incoming sensors readings.

Considering the limitations of wearable robotics, we quantized said Deep Learning models and deployed them on a Raspberry Pi 4B coupled with the Google Coral USB edge TPU device. The next step will be fault mitigation. That is, the predicted signals will be send back to the SafeLegs in order to bypass and replace the erroneous signals.

The SafeLegs equipped with an AI component is the perfect example of a modern Cyber-Physical System. It has to fulfill high safety standard, it consists of heterogeneous components that are prone to faults of different nature: rotary encoders that are prone to sensor stuck-at, joint controllers connected via CAN bus that are prone to network faults. It is also equipped with Deep Learning-based fault mitigation software, that can be used for evaluation of ML dependability methodologies.



Prototype of SafeLegs exoskeleton during evaluation



Arbeitsstationen mit simulierten und realen Prozessen

Flexible Einzelstückfertigung für die Produktion der Zukunft

Bei diesem Demonstrator geht es um die flexible Produktion der Zukunft. Er wird auch als CP-Factory bezeichnet. In einem intelligenten Hochregallager werden Produkte und Ressourcen unterschiedlicher Reifegrade aufbewahrt. Alle Produktinformationen sind im zugehörigen Warenträger 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. Die Abbildung zeigt die Wahrnehmung des Robotinos in der Umgebung der CP-Factory.

Im vergangenen Jahr stand besonders die mobile Robotereinheit, der sogenannte Robotino im Fokus. Die einzelnen Forschungsergebnisse sind in den jeweiligen Forschungsberichten beschrieben. Abgesehen von der Forschung an den mobilen Robotereinheiten wurde der Kuka youBot Roboterarm in die CP-Factory integriert und um ein Vakuumgreifsystem von Schmalz erweitert. Diese Neuerung ist im Abschnitt „neue Demonstratoren“ beschrieben. Auf diese Weise können nicht nur simulierte Produktionsschritte über die Aufbauten visualisiert werden, sondern auch echte Prozesse ausgeführt werden. Im kommenden Jahr soll die semantische Interoperabilität am Beispiel der CP-Factory erprobt werden. Außerdem sind weitere Arbeiten in der Kombination aus Roboterarm und CP-Factory geplant.

ÜBERSICHT ZU DEN IAS-VERÖFFENTLICHUNGEN AUS DEM JAHR 2022

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>
und <https://www.researchgate.net/profile/Andrey-Morozov-11>

In diesem Jahr wurden 41 Beiträge neu veröffentlicht:

A behavior model for Digital Twins of vacuum suction cups

V. Stegmaier, T. Eberhardt, W. Schaaf, N. Jazdi and M. Weyrich

16th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Gulf of Naples, Italy, May 2022.

A Concept for Dynamic and Robust Machine Learning with Context Modeling for Heterogeneous Manufacturing Data

S. Kamm, N. Sahlab, N. Jazdi and M. Weyrich

16th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Gulf of Naples, Italy, May 2022.

A Digital Twin Approach for the Prediction of the Geometry of Single Tracks Produced by Laser Metal Deposition

F. Hermann, B. Chen, G. Ghasemi, V. Stegmaier, T. Ackermann, P. Reimann, S. Vogt, T. Graf and M. Weyrich

155th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Lugano, Switzerland, June 2022.

A graph-based knowledge representation and pattern mining supporting the Digital Twin creation of existing manufacturing systems

D. Braun, T. Müller, N. Sahlab, N. Jazdi, W. Schloegl and M. Weyrich

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

A Knowledge Graph-Based Method for Automating Systematic Literature Reviews

N. Sahlab, H. Kahoul, N. Jazdi and M. Weyrich

26th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES), Oct. 2022.

A methodology for the detection of functional relations of mechatronic components and assemblies in brownfield systems

D. Braun, M. Riedhammer, N. Jazdi, W. Schlögl and M. Weyrich

55th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Lugano, Switzerland, June 2022.

A procedure for the derivation of project-specific intelligent Digital Twin implementations in industrial automation

D. Dittler, D. Braun, T. Müller, V. Stegmaier, N. Jazdi and M. Weyrich

Entwurf komplexer Automatisierungssysteme (EKA), 17. Fachtagung Magdeburg, Deutschland, June 2022.

PUBLIKATIONEN

A structure of modelling depths in behavior models for Digital Twins

V. Stegmaier, D. Dittler, N. Jazdi and M. Weyrich

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

An approach enabling Accuracy-as-a-Service for resistance-based sensors using intelligent Digital Twins

V. Stegmaier, G. Ghasemi, N. Jazdi and M. Weyrich

55th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Lugano, Switzerland, June 2022.

An Overview on Designs and Applications of Context-Aware Automation Systems

N. Sahlab, N. Jazdi and M. Weyrich

26th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES), Oct. 2022.

Anwendungsfälle and Ansatz zur Erstellung des Digitalen Zwillings aus Sicht eines Komponentenherstellers

V. Stegmaier, W. Schaaf, N. Jazdi and M. Weyrich

Automation, Baden-Baden, Deutschland, June 2022.

Anwendungsoptimierte Modelladaption des Digitalen Zwillings eines modularen Produktionssystems während der Betriebsphase

D. Dittler, T. Müller, V. Stegmaier, N. Jazdi and M. Weyrich

Automation, Baden-Baden, Deutschland, June 2022.

Architecture and knowledge modelling for self-organized reconfiguration management of cyber-physical production systems

T. Müller, S. Kamm, A. Löcklin, D. White, M. Mellinger, N. Jazdi and M. Weyrich

International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Sept. 2022.

Automated Generation of Hybrid Probabilistic Risk Models from SysML v2 Models of Software-Defined Manufacturing Systems

P. Grimmeisen, M. Diaconeasa, Y. Ma and A. Morozov

ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE), Nov. 2022

Automated Model-Based Reliability Assessment of Software-Defined Manufacturing

P. Grimmeisen, A. Morozov, T. Fabarisov, A. Wortmann and C. H. Koo

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Case study on automated and continuous reliability assessment of software-defined manufacturing based on digital twins

P. Grimmeisen, A. Wortmann and A. Morozov

25th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS), 2022.

Context-enriched modeling using Knowledge Graphs for intelligent Digital Twins of Production Systems

T. Müller, N. Sahlab, S. Kamm, D. Braun, C. Köhler, N. Jazdi and M. Weyrich

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Deep learning-based 5G indoor positioning in a manufacturing environment

H. Vietz, A. Löcklin, H. Ben Haj Ammar and M. Weyrich

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Detection and classification of robotic manipulator anomalies using MLSTM-FCN models

Y. Ma, P. Grimmeisen, A. Morozov

ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE), Nov. 2022

Digitaler Zwilling für eine modulare Offshore-Plattform: Effizienzsteigerung grüner Power-to-X-Produktionsprozesse

D. Dittler, P. Häbig, G. Demirel, N. Mößner, T. Müller, N. Jazdi, K. Hufendiek and M. Weyrich
atp-Magazin, Vol. 63, No. 6-7, pp. 72-80, June 2022.

Efficient creation of behavior models for Digital Twins exemplified for vacuum gripping systems

V. Stegmaier, W. Schaaf, N. Jazdi and M. Weyrich

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Extending the Intelligent Digital Twin with a context modeling service: A decision support use case

N. Sahlab, D. Braun, C. Köhler, N. Jazdi and M. Weyrich

55th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Lugano, Switzerland, June 2022.

FIDGET: Deep Learning-Based Fault Injection Framework for Safety Analysis and Intelligent Generation of Labeled Training Data

T. Fabarisov, A. Morozov, I. Mamaev and P. Grimmeisen

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

PUBLIKATIONEN

Industrielles Transfer-Lernen - Von der Wissenschaft in die Praxis

B. Maschler, T. Hasan, C. Bitter, H. Vietz, T. Meisen and M. Weyrich
atp-Magazin, pp.86-93, June 2022.

Insights and Example Use Cases on Industrial Transfer Learning

B. Maschler, H. Vietz, H. Tercan, C. Bitter, T. Meisen and M. Weyrich
55th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Lugano, Switzerland, June 2022.

Intelligent Digital Twin in Health Sector: Realization of a Software-Service for Requirements- and Model-based-Systems-Engineering

M. Samira, J. Nasser and A. Behrang
IFAC-PapersOnLine, Volume 55, Issue 19, Pages 79-84, 2022.

IMU Sensor Faults Detection for UAV using Machine Learning

S. Ding, N. Chakraborty and A. Morozov
European Conference on Safety and Reliability, Dublin, Ireland, Sept. 2022

Safeguarding autonomous systems: emerging approaches, assumptions and metrics – a systematic literature review

M. Müller, T. Jung, N. Jazdi and M. Weyrich
11th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes, July 2022.

Self-improving Models for the Intelligent Digital Twin: Towards Closing the Reality-to-Simulation Gap

M. Müller, N. Jazdi and M. Weyrich
14th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, May 2022.

Simulation Model for Digital Twins of Pneumatic Vacuum Ejectors

V. Stegmaier, W. Schaaf, N. Jazdi and M. Weyrich
Chemical Engineering & Technology, Band 45, Sept. 2022.

Simulation-to-Reality based Transfer Learning for the Failure Analysis of SiC Power Transistors

S. Kamm, S. Bickelhaupt, K. Sharma, N. Jazdi, I. Kallfass and M. Weyrich
27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Situation-based Identification of Probable Loss Scenarios of Industrial Mobile Robots

M. Müller, N. Jazdi and M. Weyrich
27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA),

PUBLIKATIONEN

Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Situational Risk Assessment Design for Autonomous Mobile Robots

M. Müller, G. Ghasemi, N. Jazdi and M. Weyrich

32nd CIRP Design Conference 2022, Procedia CIRP, Vol. 109, June 2022.

Synthetic Training Data Generation for Convolutional Neural Networks in Vision Applications

H. Vietz, T. Rauch and M. Weyrich

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Testing Software Systems

C. Ebert, D. Bajaj and M. Weyrich

IEEE SOFTWARE, July/Aug. 2022.

Tool Paper: Time Series Anomaly Detection Platform for MATLAB Simulink

S. Ding, S. Ayoub and A. Morozov

8th International Symposium on Model-Based Safety Assessment, Munich, Germany, Sept. 2022

Towards Deep Industrial Transfer Learning: Clustering for Transfer Case Selection

B. Maschler, T. Knodel and M. Weyrich

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Towards Situative Risk Assessment for Industrial Mobile Robots

M. Müller, N. Jazdi and M. Weyrich

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Trajectory Prediction of Moving Workers for Autonomous Mobile Robots on the Shop Floor

A. Löcklin, M. Artelt, T. Ruppert, H. Vietz, N. Jazdi and M. Weyrich

27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany, Sept. 2022.

Trajectory Prediction of Workers to Improve AGV and AMR Operation based on the Manufacturing Schedule

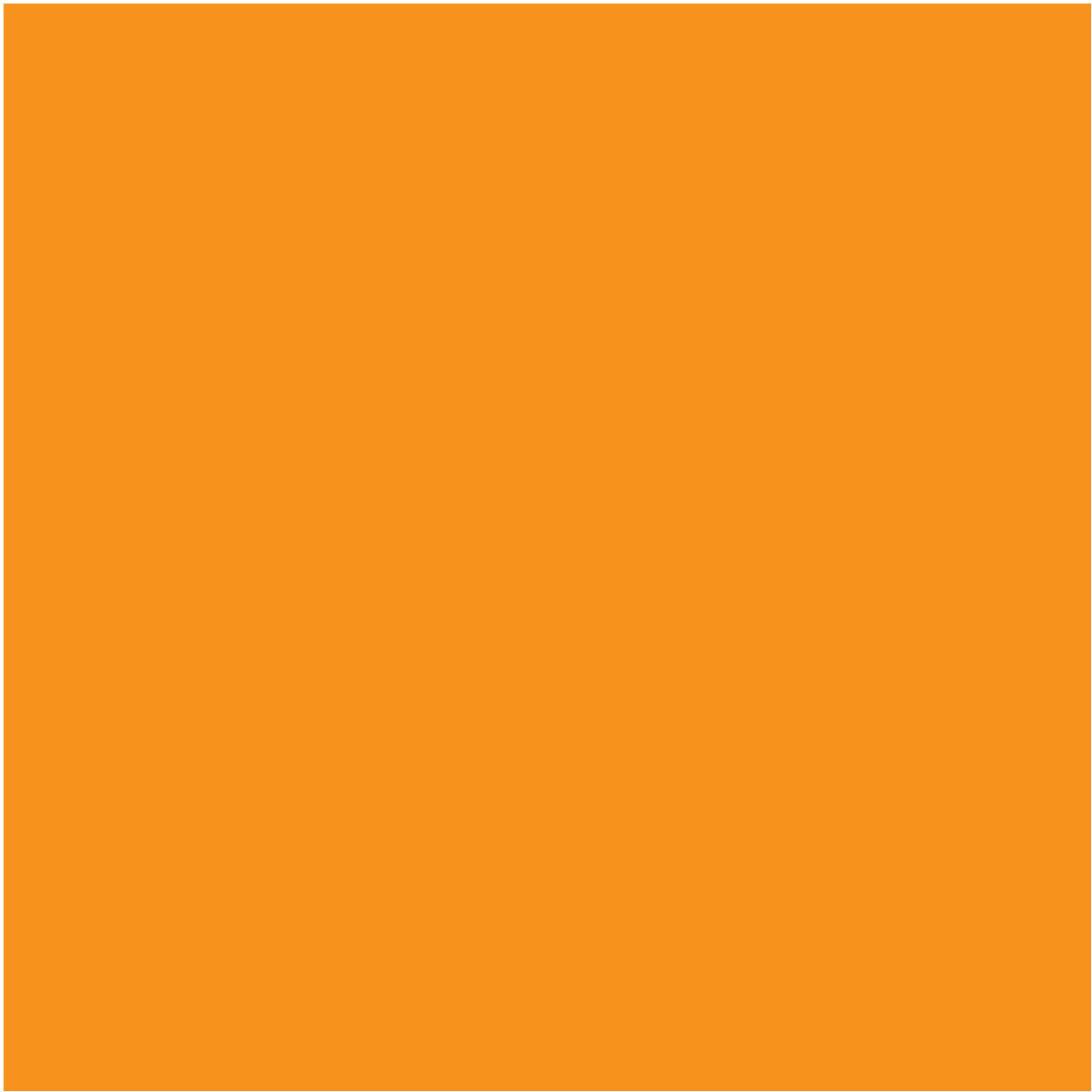
A. Löcklin, F. Dettinger, M. Artelt, N. Jazdi and M. Weyrich

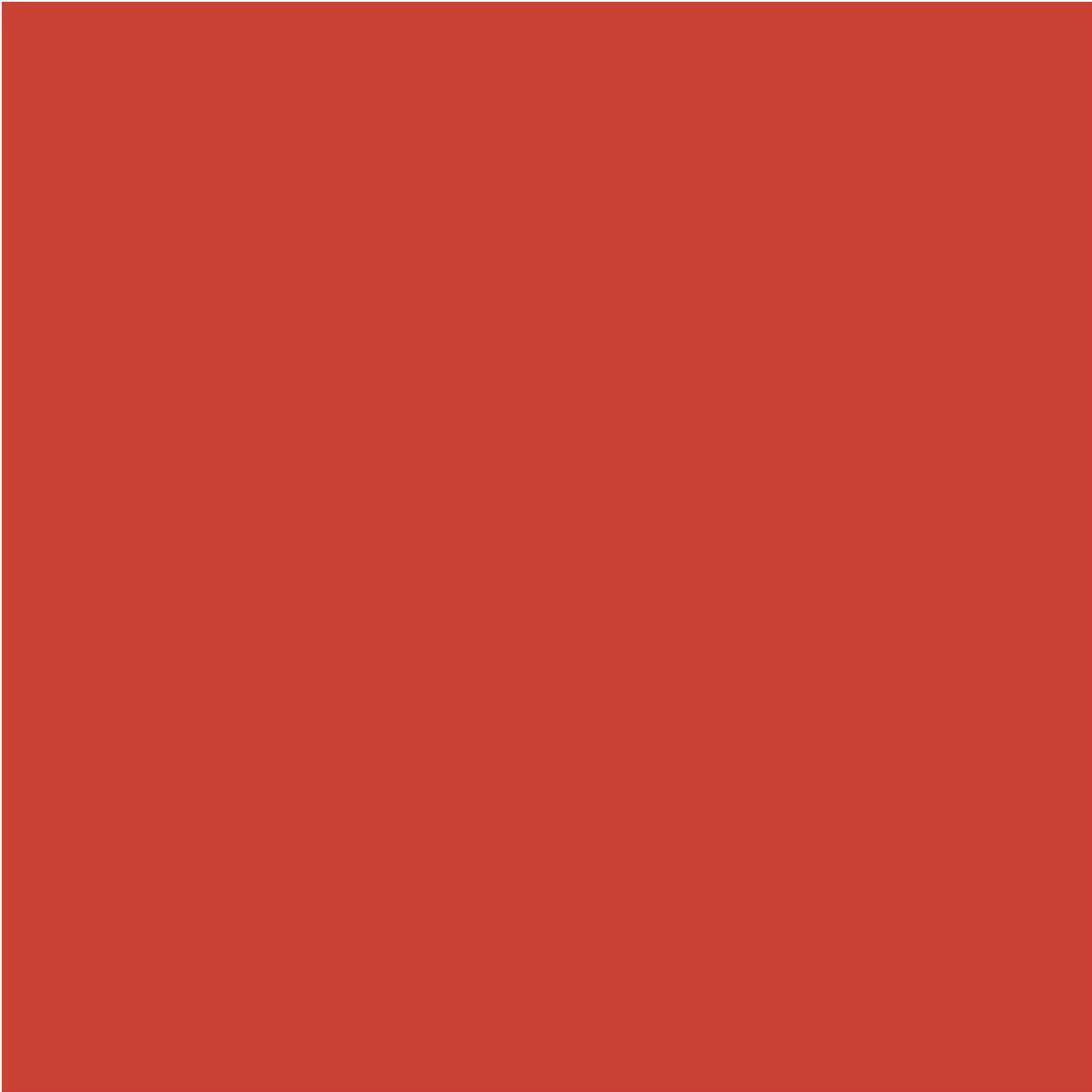
Procedia CIRP, Vol. 107, pp. 283-288, Mai 2022.

Utilizing Class Separation Distance for the Evaluation of Corruption Robustness of Machine Learning Classifiers

G. Siedel, S. Vock, A. Morozov and S. Voß

The IJCAI-ECAI-22 Workshop on Artificial Intelligence Safety (AISafety), 2022.





LEHRE

LEHRE IN BESONDEREN ZEITEN

Rückkehr zu präsenzbasierter Lehre

Im vergangenen Jahr war es uns schrittweise möglich zur Präsenzlehre zurück zu kehren. Durch die Corona-Pandemie haben zahlreiche neue, digitale Formate Einzug in die Lehre gefunden, wodurch das Spektrum an Lehrmethoden deutlich erweitert werden konnte. Somit wird uns das Thema digitale Lehre auch weiterhin begleiten und bislang nur in Präsenz durchgeführte Veranstaltungen (bspw. durch Videoaufzeichnungen) ergänzen. Ziel ist es, unsere Lehrveranstaltungen auch zukünftig auf einem kontinuierlich hohen Niveau anzubieten.

VORLESUNGEN

Automatisierungstechnik I

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

Ansprechpartner: Falk Dettinger, M.Sc

Vorlesungen und Übungen der Automatisierungstechnik I wurden in diesem Jahr nach langer Pandemie-bedingter Onlinelehre wieder in Präsenz durchgeführt. Um allen Studierenden die Teilnahme an der Vorlesung und der Übung zu ermöglichen, wurde bewusst auf ein hybrides Vorlesungskonzept gesetzt. In diesem waren sowohl Studierende in Präsenz vor Ort, als auch digital zugeschaltet. Ergänzt wurden Vorlesung und Übung durch umfangreiche Lehrmaterialien wie aufgezeichneter Videos und umfangreicher Skripte, die die Lehrinhalte zugänglich machen. Ausgebaut wurden die im Vorjahr neu eingeführten 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 Echtzeit-anwendungen, 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. Wegen seines Forschungssemesters lässt sich Herr Prof. Weyrich dieses Semester in der Vorlesung vertreten.

VORLESUNGEN

Grundlagen der Softwaresysteme

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

Ansprechpartner: Johannes Stümpfle, M. Sc.

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, so wie den gesamten Entwicklungsprozess, beginnend mit der objektorientierten Analyse, über den objektorientierten Entwurf bis hin zur Implementierung objektorientierter Softwaresysteme. Als Notation kommt dabei die Unified Modeling Language (UML) zum Einsatz.

Mithilfe der erlernten Themen sollen die Studierenden in der Lage sein, zukünftig Softwaresysteme entsprechend den Anforderungen, qualitativ hochwertig, zu entwickeln. Besucht wird die Vorlesung von Studierenden (Bachelor und Master) aus verschiedenen Studiengängen, wie unter anderem der Elektrotechnik, technischen Kybernetik, Elektromobilität oder auch der Medizintechnik, da die Relevanz der Softwareentwicklung in diesen Fachbereichen stetig steigt.

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.

VORLESUNGEN

Technologien und Methoden der Softwaresysteme I

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

Ansprechpartner: Philipp Grimmeisen, M. Sc.

Die Vorlesung Technologien und Methoden der Softwaresysteme I behandelt die standardisierte, ingenieurmäßige Entwicklung 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 Philipp Grimmeisen halten die Vorlesungen und Übungen im Wintersemester 2022/23 in Präsenz. Der Inhalt des Kurses wurde punktuell überarbeitet. Im Kapitel Vorgehensmodelle stehen agile Vorgehensmodelle, wie z.B. Scrum, stärker im Fokus. Ebenso wurde eine neue Übung für agile Vorgehensmodelle eingeführt.

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.

Die Struktur der Vorlesung wurde überarbeitet. Hierzu wurde ein neues Kapitel „Systems Engineering“ eingeführt. Außerdem wurde das neue Thema „Serviceorientierte Architektur“ (SOA) aufgenommen. Dieses Thema bildet neben den Themen „Softwarewiederverwendung“ und „Agentenbasierte Softwareentwicklung“ den Inhalt des neu eingeführten Kapitels „Komplexitätsbeherrschung in der Software-Entwicklung“.

Seminar Intelligente cyber-physische Systeme

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

Ansprechpartner: Daniel Dittler, M. Sc.

Im Seminar „Intelligente cyber-physische Systeme“ lernen Studierende, spezielle Themenstellungen aus dem Bereich intelligenter cyber-physischer Systeme (z.B. Over-The-Air-Update, Car-to-X) 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 in Form einer Fachpräsentation vor.

Das Seminar ging im Wintersemester 2022/23 in seine dritte Runde. Während Prof. Weyrich und das IAS die Hauptorganisation sowie die technischen Aspekte verantworten, werden unter Anleitung von Dr. Eric Heintze vom Institut für Entrepreneurship und Innovationsforschung „Stakeholder und Value Proposition“-Aspekte behandelt, um den Horizont der Studierenden in dieser Hinsicht zu erweitern.

Industrial Automation Systems

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

Contact Person: Nada Sahlab, M. Sc.

The Industrial Automation Systems lecture addresses basic concepts and foundations related to industrial automation and introduces emerging innovations such as Industry 4.0 concepts.

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

Furthermore, students have the chance to work on practical case studies addressing concurrent challenges in industrial automation and discuss their findings during the lecture. This year, a new case study was proposed to engage students and introduce them to systematic methods to assess emerging technologies and bring added value in an application-oriented manner.

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

Lecturer: Prof. Dr.-Ing. Christof Ebert

Contact Person: 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 150 abgenommenen Prüfungen im Jahr 2022 immer größerer 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.

Modeling and Analysis of Automation Systems

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

Contact Person: Tagir Fabarisov, M. Sc.

We continue to successfully teach the new IAS course: Modeling and Analysis of Automation Systems (MAAS). The course is given by Jun.-Prof. Andrey Morozov and M.Sc. Tagir Fabarisov. In the Summer semester 2022, 150 students attended and finished the MAAS course.

Design and analysis of modern automation systems require powerful models that are able to cover the complexity of industrial cyber-physical components. MAAS guides our students from basic to advanced system models and demonstrates their features and applications. We start with elements of set theory, graph theory, and Boolean algebra. After that, we talk about discrete system models such as state machines and automata. We learn how to analyze parallel and concurrent systems with Petri nets. We discuss the principles of model checking and temporal logic. The last part of the course is devoted to stochastic models, including Bayesian networks, Markov chains, and stochastic Petri nets.

Three pillars of MAAS are (i) examples, (ii) mathematics, and (iii) software. MAAS tells our students about essential mathematical concepts that help to design and analyze complex software and hardware. Yet, this course goes far beyond mathematics. In the lectures, the students learn about the advantages and disadvantages of the models, available software tools and libraries, and even some history behind them. In the exercises, we go deeper into the underlying math. We code some of these models and analytical algorithms in Python. All slides, videos, and Jupyter notebooks are available in the ILIAS.

RINGVORLESUNGEN

Ringvorlesung Forum Software und Automatisierung

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

Ansprechpartner: Maurice Artelt, M. Sc.

Die Dozentinnen und Dozenten aus der Industrie, die aktuelle Themen der Automatisierungs- und Softwaretechnik aus ihrer Sicht beleuchten, halten ihren Vortrag in Präsenz sowie in einer parallelen Webkonferenz und beantworten anschließend Fragen. 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.

- Continuous Testing als Folge von CI/CD, Andreas Bossert, ITK Engineering GmbH, 27.10.2022
- MAHLE Electronics - Insights of control algorithm of E-Motors, Michael Thierer, Mahle, 03.11.2022
- There's Software in that Bike? The Software Challenges and Wins of Bosch eBike Systems, Dr. Felix Gutbrodt, Robert Bosch GmbH, 10.11.2022
- Industry 4.0 Interoperability with Asset Administration Shell, Dr. Sten Grüner, ABB AG, 17.11.2022
- Cloud Technologien im Produktionsumfeld, Christian Schulte, BASF SE, 24.11.2022
- Automatische und Autonome Systeme: Testverfahren für effiziente Absicherung, Prof. Dr. Christof Ebert, Vector Consulting Services GmbH, 01.12.2022
- Softwarerecht: Grundlagen des Schutzes von Software und Nutzung von Open
- Source Software Varinia Iber, Menold Rechtsanwälte, 08.12.2022
- Thermal Propagation Batterie Abuse Testing: Von der Zelle bis zum Modul Björn Mulder, Mercedes Benz AG, 15.12.2022
- ECAD-Modelle für die Verwaltungsschale auf Basis von AutomationML und ECLASS, Markus Rentschler, Murrelektronik GmbH, 12.01.2023
- Mit hardwareunabhängigen Funktionsbausteinen zum offenen Automatisierungssystem gemäß IEC 61499, Gregory Boucaud, UniversalAutomation.Org, Volker Schwidden, Schneider Electric, 19.01.23
- Secure by Design: Wie man sichere Produkte entwickelt, Dr. Marcel Dischinger, Rohde & Schwarz SIT GmbH, 26.01.23
- KI in der industriellen Anwendung, Potentiale und Anwendungsbeispiele, Eberhard Klotz, Festo SE & Co. KG, 02.02.23
- Production Systems Engineering - Automotive Body Shop Example, Dr. Wolfgang Schlögel, Siemens AG, 09.02.23

Ringvorlesung Aspekte Autonomer Systeme

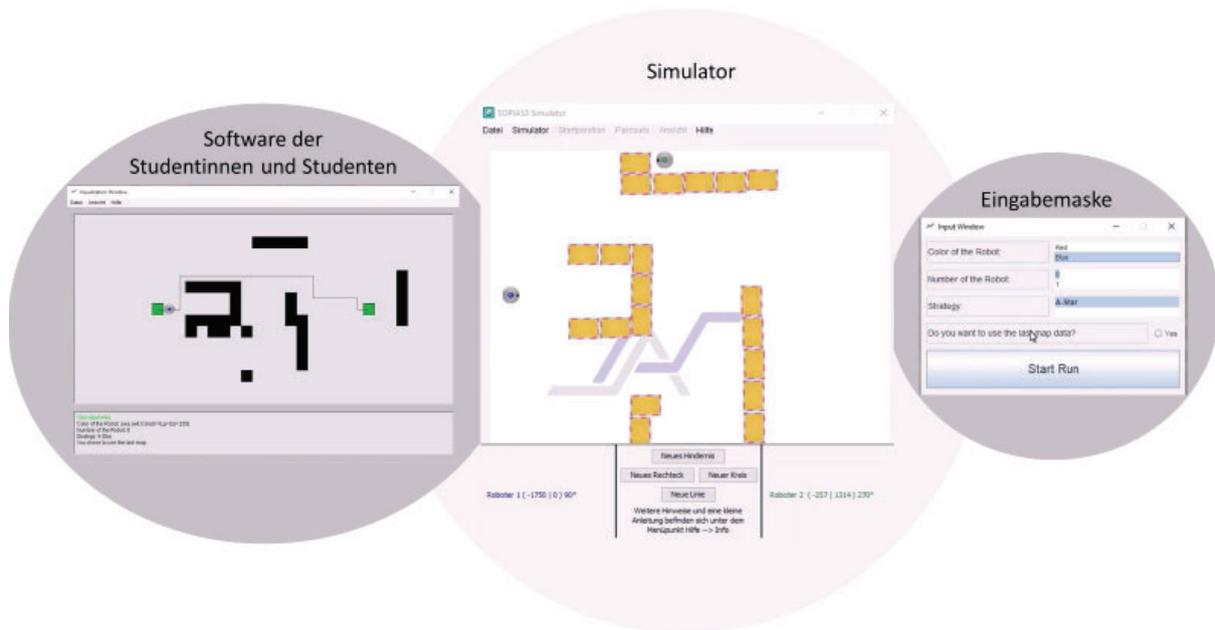
Veranstalter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Hannes Vietz, M. Sc.

Die Vorlesung Aspekte Autonomer Systeme wird im Wintersemester angeboten und ist die zentrale Überblicksvorlesung des Masterstudiengangs Autonome Systeme, die von verschiedenen Dozenten aus Wissenschaft und Industrie gehalten wird. Die wissenschaftlichen Dozenten stammen aus den Fachbereichen Informatik, Luft- und Raumfahrttechnik, Maschinenbau, Kybernetik, Elektro- und Informationstechnik. Bei den industriellen Dozenten handelt es sich um erfahrene Ingenieure mittelständischer und großer Technologieunternehmen aus der Region. Durch die Vorlesung bekommen die Studierenden Einblicke in das breite Themenfeld der wissenschaftlichen Fachgebiete und industriellen Anwendungen, die sich mit Autonomen Systemen beschäftigen.

- Autonome Systeme - Übersicht zu Methoden und Verfahren, Prof. Weyrich, 17.10.2022, 20.10.2022
- Verteilte autonome Systeme 1, Prof. Aiello, IAAS, 24.10.2022, 27.10.2022
- Future Production Systems: Risk and Safety, Prof. Morozov, 31.10.2022
- Kybernetische Methoden für autonome Systeme, Prof. Allgöwer, IST, 03.11.2022, 07.11.2022
- Security, Privacy, and Cryptography, Prof. Küsters, SEC, 10.11.2022, 14.11.2022
- Industry 4.0 Interoperability with Asset Administration Shell, Dr. S. Grüner, ABB AG, 17.11.2022
- Kognitive Produktionssysteme, Prof. Huber, IFF, 21.11.2022
- Cloud Technologien im Produktionsumfeld, C. Schulte, BASF SE, 24.11.2022
- Kognitive Robotik, Prof. Huber, IFF, 28.11.2022
- Automatische und Autonome Systeme: Testverfahren für effiziente Absicherung, Prof. Ebert, Vector, 01.12.2022
- Perzeption in Automotivanwendungen, Prof. Yang, ISS, 05.12.2022
- Autonome Systeme in der Luftfahrt, Prof. Annighöfer, ILS, Prof. Fichter, IFR, 08.12.2022, 12.12.2022
- Signalverarbeitung und maschinelles Lernen, Prof. Yang, ISS, 15.12.2022
- Autonome Systeme in Fahrzeugen, Dr. Greiner, 19.12.2022, 09.01.2023
- AS in der Energieversorgung – Intelligente dezentrale Energiesysteme, Prof. Hufendiek, IER, 12.01.2023
- Autonome Systeme in der Energieversorgung – Systemstruktur, Eigenschaften, Definitionen, Prof. Rudion, IEH, 16.01.2023
- AS in der Energieversorgung – Intelligente Systeme der Zukunft, Prof. Rudion, IEH, 19.01.2023
- AS in der Energieversorgung – Systemdynamische und regelungstechnische Aspekte, Prof. Lens, IFK, 23.01.2023
- Smart Cities: Technologies and Architectures, Prof. Aiello, IAAS, 30.01.2023
- Secure by Design: Wie man sichere Produkte entwickelt, Dr. Dischinger, Rohde & Schwarz, 26.01.2023
- KI in der industriellen Anwendung, Potentiale und Anwendungsbeispiele, E. Klotz, Festo, 02.02.2023
- Überblick über die Methoden des verstärkenden Lernens, Prof. Niepert, SimTech, 09.02.2023

PRAKTIKA



Bahnplanungssimulator und Steuerungsoberfläche für die Fahrroboter im Fachpraktikum Softwaretechnik

Grundlagenpraktikum

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

Ansprechpartner: Daniel Dittler M. Sc.

Das Grundlagenpraktikum ist ein institutsübergreifendes Praktikum im Bachelorstudiengang „Elektrotechnik und Informationstechnik“. Dort werden praktische Grundlagen zum Lehrstoff der grundlegenden Vorlesungen vermittelt. Für das zweite Semester wird ein Versuch zur Einführung in die „Grundlagen einfacher digitaler Schaltungen“ angeboten. Im Versuch wird den Studierenden die Funktionsweise einfacher digitaler Grundschaltungen vermittelt. Das vermittelte Wissen können die Studierenden dann direkt an einem Beispiel, einem „Elektronischen Würfel“, in die Praxis umsetzen. Neben Grundlagen der Digitaltechnik werden auch handwerkliche Inhalte vermittelt, indem die Studierenden eine vorgefertigte Platine selbst bestücken und verlöten. Anhand eines kleinen Spiels mit dem Würfel können die Studierenden so selbst überprüfen, ob ihre Überlegungen zur digitalen Verschaltung richtig waren.

Das Grundlagenpraktikum wurde im Sommersemester 2022 wieder in Präsenz durchgeführt und eine physische Versuchsdurchführung konnte somit wieder ausgeführt werden.

Fachpraktikum - Softwaretechnik

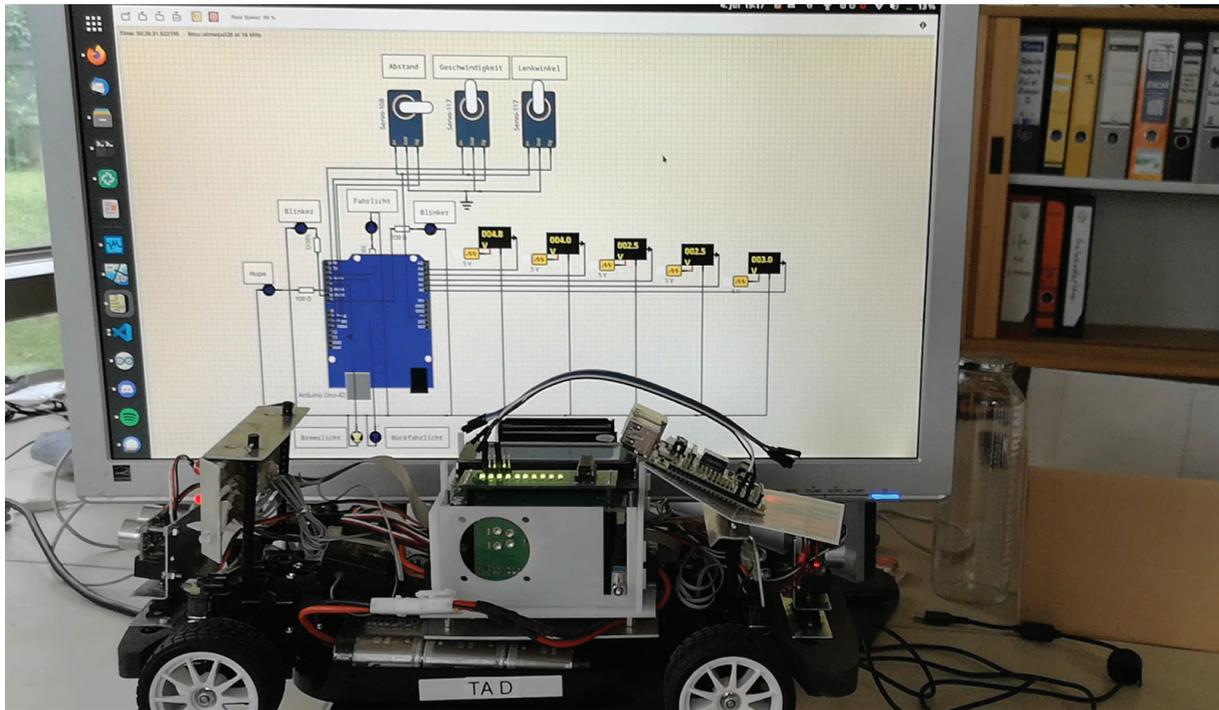
Modulverantwortlicher: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich

Ansprechpartner: Matthias Weiß, M. Sc.

Beim Fachpraktikum Softwaretechnik sind die Studierenden Teil eines Projekts, in dem ein Softwaresystem zur Steuerung von Fahrrobotern entwickelt wird. Neben methodischer Softwareentwicklung stehen in dem Fachpraktikum die Lernaspekte Teamarbeit, Projektmanagement und Qualitätssicherung im Vordergrund. Die drei Teams bestanden in diesem Jahr aus zweimal sechs und einmal fünf Personen. Die Aufgabe der Software ist es, den Fahrroboter durch einen Hindernisparcours in einen Zielbereich zu steuern. Am Ende des Praktikums findet ein Roboterwettrennen statt. Sieger ist das Team, dessen Roboter als erster ins Ziel findet.

Das Praktikum konnte trotz Corona-Einschränkungen in den Laborräumen erfolgreich beendet werden. Den Studierenden war es möglich, ihre Software innerhalb des Labors zu testen und von den Robotern ausführen zu lassen. Ein gemeinsames Wettrennen war aufgrund der Kontaktbeschränkungen allerdings nicht möglich, stattdessen wurden Einzelvorführungen über die letzte Vorlesungswoche gestreckt durchgeführt. Auch die Abschlussveranstaltung musste wieder online abgehalten werden. Trotz dieser widrigen Umstände hatten alle Beteiligten sehr viel Spaß und es war ersichtlich, dass die Studierenden die Gruppenarbeit in Präsenz während der Coronazeit sehr vermisst haben.

PRAKTIKA



Inhalte des neuen Fachpraktikums kombinieren physische und virtuelle Welt

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 Teilnehmer 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 Studierende Einblicke in die Hardware- und Softwareentwicklung eingebetteter Systeme. Nachdem in den letzten beiden Jahren aufgrund der Corona-Situation es nur online stattfinden konnte, konnte das IAS das Fachpraktikum dieses Semester endlich wieder in Präsenz anbieten. Das Fachpraktikum wurde weitgehend überarbeitet. Der Simulationsteil der letzten beiden Semester wurde mit dem ursprünglichen Teil der physischen Entwicklung von Mikrocontroller-Systemen verschmolzen und zu einem Digitalen Zwilling ausgebaut.

Fachpraktikum (Master) Automatisierungstechnik

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

Ansprechpartner: Lennard Hettich, M. Sc.

Das Fachpraktikum (Master) Automatisierungstechnik vermittelt in mehreren Versuchen Kenntnisse der praktischen Anwendung. Dazu zählen exemplarisch die Konzipierung und Realisierung von Bussystemen, die Entwicklung von Echtzeit-Automatisierungssystemen, der Rapid-Prototyping-Entwicklungsprozess sowie die Testautomatisierung, wobei jeweils auf den Umgang mit aktuellen, Industrie-typischen Entwicklungswerkzeugen Wert gelegt wird.

Das Fachpraktikum (Master) Automatisierungstechnik setzt sich dabei aus sechs unabhängigen Präsenzversuchen zusammen, welche in kleinen Gruppen mit der Begleitung und Unterstützung durch Tutoren über das Wintersemester verteilt durchgeführt werden. Um den Studierenden diese wichtige Praxiserfahrung trotz Corona-Pandemie anbieten zu können, werden die Gruppen und Versuchstermine so organisiert, dass große Personenansammlungen vermieden werden.

DISSERTATIONEN - BACHELORARBEITEN - MASTERARBEITEN - FORSCHUNGSARBEITEN - STUDIENARBEITEN

1 Dissertation



Das IAS gratuliert Herrn Dr.-Ing. Florian Biesinger herzlich zur bestandenen Doktorprüfung. Herr Florian Biesinger hat sich in seiner Dissertation mit dem Thema „Digitaler Zwilling zur automatisierten Verbesserung der Datenqualität für die Integrationsplanung im Karosserierohbau“ beschäftigt und an der Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSaME) der Univ. Stuttgart promoviert.

Dr.-Ing. Florian Biesinger

17 Bachelorarbeiten

- **Jakob Sieblitz:** Realisierung eines Algorithmus zur Berücksichtigung dynamischer Hindernisse bei der Roboter-Wegfindung
- **Ilya Kozlov:** Konzeption einer Heuristik zur Bewertung des Aktionsradius eines autonomen Systems
- **Frank Wagner:** Konzeption eines anwendungsorientierten Modellmanagements im Digitalen Zwilling
- **Joshua Bell:** Konzeption und Realisierung der Erweiterung des Praktikumsversuches –Einführung in die Entwicklung von Mikrocontrollersystemen
- **Skander Ayoub:** Eine Plattform zur Evaluierung von Anomalieerkennungsmethoden für Cyber-Physical Systems mit Simulink
- **Assam Sahseh:** Realisierung eines Forward Planning Algorithmus zur Trajektorienvorhersage autonomer Einheiten
- **Benedikt Frey:** Konzeption und Entwicklung eines Adversarial-Reinforcement-Learning-Ansatzes zur situationsbezogenen Risikobeurteilung der LIDAR-Auswertung eines mobilen Roboters
- **Thomas Ruchti:** Konzeptionierung einer Vehicle-in-the-Loop Umgebung für den Fahrzeugdynamikprüfstand
- **Fethi Tunc:** Entwicklung eines Fehlerkatalogs für vernetzte Systeme innerhalb einer Smart Home Umgebung
- **Till Droemmer:** Analyse der Reflexionen von UWB Signalen zur Ortung von Funkschlüsseln
- **Eric Grässer:** Untersuchung zentralisierter Monitoring-Systeme zur Positionserkennung über Sensorfusion im Kontext der agilen Softwareentwicklung
- **Daniel Hönes:** Aufbau eines adaptiven intelligenten Digitalen Zwillings der mobilen Roboter-Plattform Robotino
- **Jannik Kuch:** Erstellung eines Konzepts für eine CI/CD-Pipeline zur Modernisierung einer Visualisierungs- und Simulationsumgebung
- **Marco Geppert:** Weiterentwicklung einer graphbasierten Simulationsumgebung für das virtuelle Testen von Funktionen in Bezug auf Software-over-the-air Aktualisierungen
- **Adrian Wolf:** Erweiterung einer MATLAB Simulink Plattform zur Erkennung von Zeitreihenanomalien

ABGESCHLOSSENE ARBEITEN 2022

- **Semih Ünal:** Physikalische Modelle zur Bestimmung der verbleibenden Restlebensdauer
- **Maximilian Schmidt:** Inbetriebnahme und prototypische Implementierung einer Pick and Place Aufgabe eines Franka Emika Panda Roboters unter Verwendung verschiedener Programmierschnittstellen

44 Masterarbeiten

- **Lutz Aichele:** Konzeption eines übergeordneten Prozessleitsystems für autarke und verteilte PtX-Prozesse
- **Shijia Cao:** Einsatz von Methoden des maschinellen Lernens zur dynamischen Modellierung von Einflussparametern
- **Harshitha Sreepakash:** Übertragung und Erweiterung des Laufzeit-Risikobewertungsverfahrens auf Basis von Multi-Agenten-Adversarial Reinforcement Learning auf ein Logistik-Szenario.
- **Ingo Semling:** Entwicklung einer Methode zur Browser-gestützten Programmierung von Skill-basierten Roboterapplikationen
- **Sarthak Bapat:** Web-Simulator-Schnittstelle für autonome Fahrzeugsoftware
- **Silas Geiger:** Automatisierte Detektion von Anomalien im Betriebsablauf mittels Positionsdaten
- **Fernando Alonso Leon Marquez:** Konzeption und Implementierung einer Flottensimulation zur Evaluation eines Fahrzeugbackends
- **Christian Köhler:** Development and Application of a Context Model for the Digital Twin of an Intelligent Warehouse
- **Elias Demartin:** Einsatz Neuronaler Netze zur Vorhersage der Trajektorien von autonomen Systemen
- **Johannes Stümpfle:** Entwurf einer Software- und Hardwarebasierten Architektur eines Smart Living Demonstrators
- **Julie Ritzal:** Anwendung von OASIS TOSCA auf frühe Integrationstests zur herstellerübergreifenden Absicherung von Steuergeräten
- **Prathiba Prabhakaran:** Heuristische Methoden für Penetrationstests der Cybersicherheit im Industriemaßstab
- **Baran Can Gül:** Messaufbau für moderne Transportprotokolle in OTA-bezogenen Automotive-Anwendungsfällen
- **Rathini Santhirakumaran:** Einsatz von Machine Learning zur Vorhersage der Bewegungstrajektorien von Menschen
- **Chachithanandhini Bodipalayam Kalyanasundaram:** Entwicklung einer Multimodell-Datenbank zur Verwaltung heterogener Daten
- **Aristotelis Charizanis:** Entwicklung und Evaluierung eines Konzeptes zur Validierung von sicherheitsrelevanten KI-Systemen in der Pharma-Domäne
- **Yuchan Bian:** Konzeption und Entwicklung eines intelligenten digitalen Zwillings für Leistungstransistoren zur verbesserten Fehleranalyse

- **Praveen Kumar:** Entwicklung eines robusten und dynamischen Deep Neural Networks für die Fehleranalyse von heterogenen Daten
- **Fabian Nägele:** Realisierung eines Simulated Annealing-Algorithmus für die Optimierung von Konfigurationsalternativen Cyber-Physischer Produktionssysteme
- **Sophie Yavuz:** Konzeption einer intelligenten Ermittlung von Layoutvarianten Cyber-Physischer Produktionssysteme
- **Nikita Jhavar:** Deep learning based monitoring of the urban traffic using MOBATSIM
- **Gang Yu:** Untersuchung von Long short-term memory-Netzen (LSTM) zur Lebensdauervorhersage
- **Shilu Yang:** Implementierung eines Algorithmus für maschinelles Lernen bei heterogenen Daten
- **Son Dinh Buu:** Automatische Erzeugung von Testfällen aus Anforderungen
- **Junmao Liao:** Entwicklung eines Ontologiemodells für die semi-automatisierte Datenintegration von Sensorkomponenten in Produktionssystemen
- **Nihidi Joshi:** Untersuchung von rekursiven neuronalen Netzen (RNN) zur Lebensdauervorhersage
- **Hamza Ben Haj Ammar:** Industrielle 5G-Lokalisierung durch maschinelles Lernen
- **Ram Sabarish Obla Amar Babu:** Automatisiertes maschinelles Lernen für die automatisierte optische Inspektion von Leiterplatten und anderen industriellen Komponenten
- **Peter Lierhammer:** Entwicklung eines Model-as-a-Service-Ansatzes für einen anwendungsorientierten Digitalen Zwilling
- **Baher Barakat:** Sim-Project - App zur Simulation, Gamifizierung und zum Benchmarking von Software-Projekten
- **Sneha Omanakuttan:** Concept and realization of exoskeleton safety protocols
- **Dennis Salzmann:** Konzeption und prototypische Implementierung eines Systems zur Analyse von AUTOSAR-xml Dateien
- **Wenxin Wang:** Development of the demonstration hardware of the advanced Risk Assessment Method for Industrial CPS
- **Ziyi Peng:** Konzeption und Entwicklung eines situativen Risikobewertungs-Workflows am Beispiel des Marble-Maze-Demonstrators
- **Adrian Konrad:** Design und prototypische Implementierung eines Systems zur Testfallpriorisierung unter Berücksichtigung des Quellcodes
- **Minh Huy Le:** Realisierung eines simulierten, AGV-basierten modularen Produktionssystems mit einem serviceorientierten Steuerungsnetzwerk
- **Valentina Roldan:** Software Reengineering für die Industrialisierung einer Security Analyse Anwendung
- **Marvin Mußler:** Erarbeitung eines Kriterienkatalogs zur Beurteilung von AI-Verfahren für prozesstechnische Anlagen
- **Meghna Suresh:** Realisierung eines kontextabhängigen Systemdiagnosen Anwendungsfalls
- **Meghana Iyer Narayana Swamy:** Implementierung einer Benutzeroberfläche zur Vereinfachung der Verwaltung von Simulationsmodellen mithilfe von Wissensgraphen
- **Sebastian Joachim Baum:** Gezielte Generierung notwendiger Trainingsdaten durch generative Neuronale Netze

ABGESCHLOSSENE ARBEITEN 2022

- **Sruthi Radhakrishnan:** Entwurf eines Frameworks für die KI-gestützte Vervollständigung von Software-Graphen aus heterogenen Datenquellen
- **Swapnil Gurav:** Situationsbezogene Risikoberechnung Wahrscheinlichkeitsbewusstes adversariales Multi-Agenten-Verstärkungslernen für mobile Roboter
- **Anil Egilmez:** Entwicklung einer Architektur für das Testen von autonomen Systemen

45 Forschungsarbeiten

- **Thorben Schey:** LED-Positionsmarken-Steuerungssystem mit integrierter drahtloser Kommunikation für einen Roboter-Demonstrator
- **Han Hu:** Erweiterung des Software-Stacks zur Bereitstellung adaptiver und dynamischer Modelle und Evaluation unter Real-Bedingungen
- **Peter Lierhammer:** Konzeption eines Teleoperationssystems für autarke und verteilte PtX-Prozesse
- **Anil Egilmez:** Anbindung eines Simulationstools zu Bussimulationen an ein Co-Simulationsframework
- **Vaibhav Tiwari:** Integration des IAS-GNC-Stacks für die mobilen Robotino-Roboterplattformen in das IAS-MES-System zur Steuerung einer cyber-physischen Produktion
- **Valentina Roldan:** Konzept für die Industrialisierung eines Sicherheitstools
- **Kai Waldner:** Optimierung eines Positionsbestimmungsalgorithmus zur Reduzierung der Infrastrukturaufwände
- **Rishika Agarwal:** Konzeption, Realisierung und Benchmarking eines intelligenten digitalen Zwillings der autonomen mobilen Roboterplattform Robotino mit situativer Risikobewertung auf Basis von Multi Agent Adversarial Reinforcement Learning
- **Vernette Tresanne Rodrigues:** Untersuchung Co-Simulations-Frameworks aus der Prozess-industrie
- **Ashwini Kumar Gupta:** Konzeption und Prototyping eines Bewertungsverfahrens zur situativen Risikobewertung am Beispiel des Marble Maze Demonstrators
- **Abinaya Jeyakrishnan:** Adaptive Geofences für autonome Transportroboter in der Indoor-Logistik
- **Sowjanya Krishna:** Dynamische Geofences für autonome Transportroboter in der Innenraumlogistik
- **Saiprasad Rajendra Salkar:** Hardware-in-the-loop Testen von kommerziellen ADAS Systemen
- **Lakshmi Narasimha Priyatham Kumanduri:** Konzeption und Entwicklung eines situativen Risikobewertungsprozesses am Beispiel des Kuka Youbot Roboterarms
- **Erik Trolliet:** Entwicklung eines robusten Machine Learning Algorithmus für die Fehleranalyse auf Basis heterogener Daten
- **Chandan Girish:** Konzeption und Entwicklung eines semantischen Bildsegmentierungsverfahrens mit intelligenter Risikobewertung
- **Soheb Teli:** Implementierung von Machine Learning Algorithmen auf Basis von Knowledge Graph Embeddings und Graph Neural Networks
- **Ahmed Yassine Ksouda:** Echtzeitoptimierung des Demonstrators Marble Maze

- **Paul Burgert:** Konzeption für die flexible Verwendung von Informationsmodellen Cyber-Physischer Produktionssysteme
- **Sivaphani Puppala:** Konzept zur Erkennung von Abweichungen im Digitalen Zwilling zur Betriebsphase
- **Santhan Raghava Mysore Pavan:** Konzeption einer gemeinsamen maschinenlesbaren Datenschnittstelle für Machine Learning Anwendungen und Datenvisualisierung
- **Tuuba Sejfuli:** Erstellung eines Tools zur automatisierten Manipulation der OBD relevanten Sensoren und Aktuatoren in Kraftfahrzeugen
- **Haoran Liu:** Untersuchung von Convolutional Neural Network (CNN) zur Lebensdauervorhersage
- **Vishnu Gangadhara Naik:** Research on generalization of system models' response to fault injection
- **Yu Zhang:** Konzeption einer Big Data Datenbank für Machine Learning
- **Felix Jäger:** Konzeption und Realisierung eines serviceorientierten Ansatzes für modulare und datensensitive Trajektorienvorhersagen
- **Marius Adams:** Theoretische Untersuchung von Kommunikationsstandards im Bereich der V2X-Kommunikation
- **Felix Göhner:** Analyse von Bewegungstrajektorien zur Ermittlung des Ausgangspunkts und Bewegungsziels autonomer Systeme
- **Zhewen Xiao:** Erstellung einer Graph-Datenbank zur Verwaltung der identifizierbaren Konzeptbeschreibungen für eindeutige Semantik von Datenmerkmalen in der Automatisierungstechnik
- **Manuel Hirth:** Entwicklung eines Deep-Learning Personendetektors durch generative Neuronale Netze für die Intralogistik
- **Markus Wilfling:** Evaluierung eines Forward-Planning Algorithmus bei der Trajektorienvorhersage autonomer Systeme
- **Chandhini Bharathidasan:** Entwicklung einer Software-Plattform für die Flottensimulation von Fahrzeugen im Bereich der Cellular-V2X-Kommunikation
- **Chae Eun Lee:** Containerized Web Server for Visualizing Anomaly Detection of Multivariate Time Series Data from CPS
- **Ziheng Tong:** A literature review of software complexity in manufacturing systems - Robot Arm as a use case
- **Yuan Xu:** Digital Twin and Machine learning-assistance on assessment of the complexity of manufacturing system software
- **Han Wei:** Untersuchung von Ansätzen zur Multisensorfusion zur Erzeugung von Umfeldmodellen im Kontext autonomer Fahrzeuge
- **Jiahui Xu:** Konzeption und Entwicklung einer Machine-Learning-Strategie zur automatisierten Analyse von Log-Dateien verteilter Automatisierungssysteme
- **Poornima Channakoti Math:** Development of effective fault type ML-based fault detector for exoskeleton
- **Johannes Rögele:** Konzeptionierung einer Multi-Modell-Datenbank zur datengetriebenen Analyse verteilter Automatisierungssysteme
- **Yasen Stanislavov Bozhkov:** Entwicklung eines Fahrzeug-Innenraum-Demonstrators zur Insassenzustandsüberwachung
- **Malte Pettrich:** Evaluierung der Programmiersprache Rust für eingebettete eBike-Komponenten
- **Anjali Kumar:** Erstellung und Umsetzung eines Integrationskonzepts für prototypische Funktionalitäten in einer End-to-End- Elektronik-Architektur

ABGESCHLOSSENE ARBEITEN 2022 UND PREISE 2022

- **Shubham Gupta:** Real Time Multi-Obstacle Tracking in Autonomous Vehicles (Flex-Car) Using Deep Learning in Embedded Micro-controller
- **Thinesh Thiyakesan Pongabavathi:** Wahrscheinlichkeitsbewusstes adversariales Multiagenten-Verstärkungslernen für situationsbedingte
- **Denis Biz:** Entwicklung und Integration eines Gelenkarmroboters mit Vakuumgreifsystem und dessen Digitalen Zwillings in die Cyber-Physical Factory

8 Studienarbeiten

- **Hesham Mohamed:** Implementation of an Evolving Knowledge Graph for Capturing and Analyzing State of the Art on the Design of Context-Aware Automation Systems
- **Yan Liu:** Untersuchung der Synchronisierung einer Co-Simulation eines Simulationstool von Bus-Systemen (CANoe)
- **Aniruddha Jahagirdar:** Evaluating context-aware system diagnosis by varying data sources and extending the diagnosis scope
- **Shaurya:** Evaluating the robustness and reusability of a context middleware by varying the context scope and extending the application layer
- **Bhaskar Ratnakar Kulkarni:** Erfassung und Vorverarbeitung von Daten aus einem IoT Sensorkit
- **Vanina Vasileva:** Konzipierung und Entwicklung eines Health-Recommenders auf Basis von Kontextmodellen eines Tablettendispensers
- **Nihidi Joshi:** Rekurrente neuronale Netze (RNN) zur Vorhersage der Lebensdauer von Elektronik auf Leiterplatten

ABGESCHLOSSENE ARBEITEN 2022 UND PREISE 2022

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:

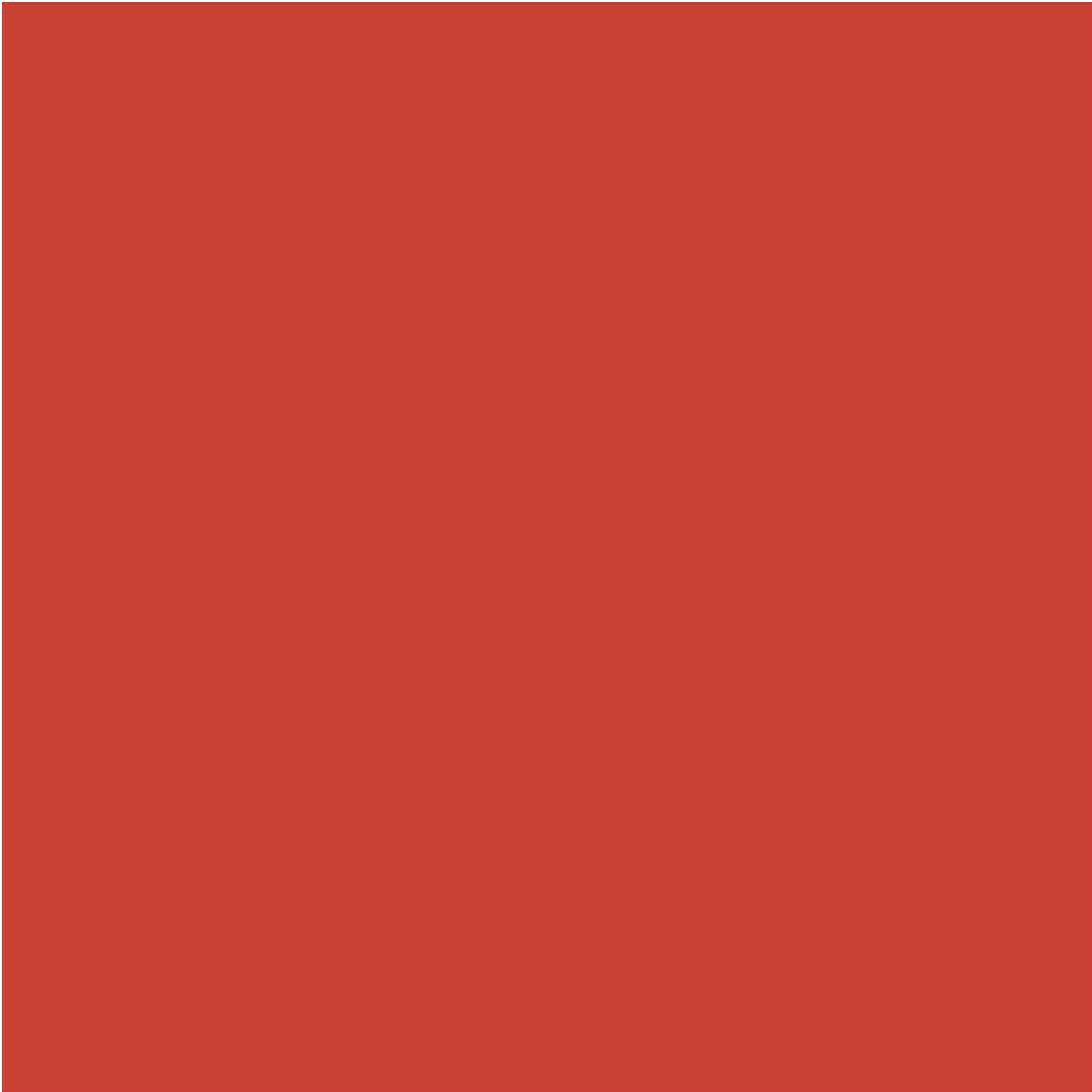
Exzellente Fachvorträge im IAS-Doktorandenseminar

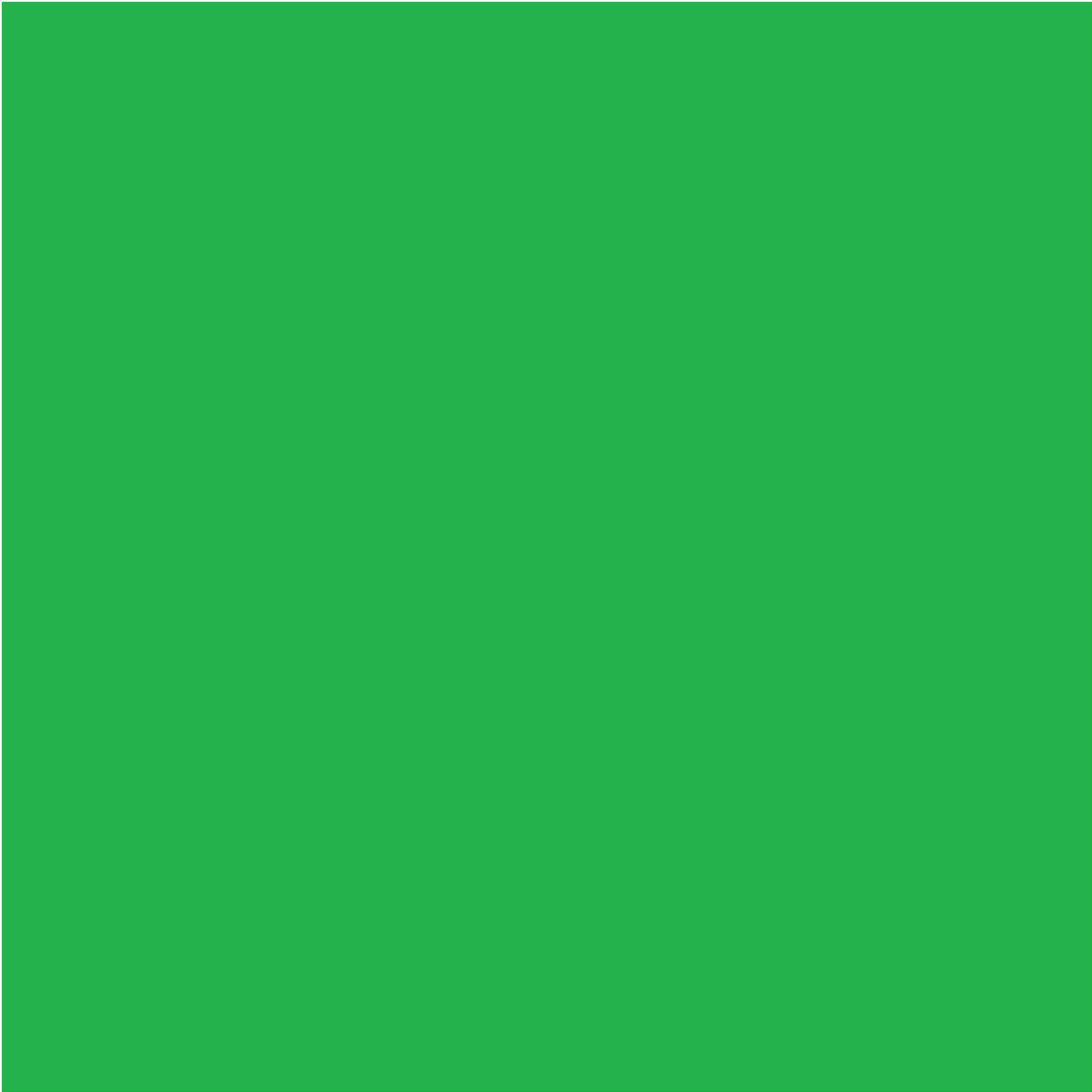
- **Timo Müller:** Selbstorganisiertes Rekonfigurationsmanagement Cyber-Physischer Produktionssysteme
- **Berit Schürle:** Resilience analysis of safety critical AI components
- **Manuel Müller:** Schätzung des situativen Risikos autonomer Systeme im Betrieb - Evaluation

Exzellente Fachvorträge im IAS-Kolloquium

Im Rahmen des weiterhin digital via Webex durchgeführten IAS-Kolloquium gab es auch im Jahr 2022 wieder einige hervorragende Präsentationen von Masterarbeiten, die mit einem Preis belohnt wurden. Dafür ist neben der schönen und verständlichen Darstellung der genutzten Methoden und Algorithmen auch eine fokussierte und anschauliche Präsentation der empirischen Ergebnisse notwendig, was alle Preisträger erfüllten.

- **Ingo Semling:** Entwicklung einer Methode zur Browser-gestützten Programmierung von Skill-basierten Roboterapplikationen
- **Lennard Hettich:** Laufzeit-Risikobeurteilung eines Roboter-Arms mit Hilfe des Intelligenten Digitalen Zwillings und externen Monitoring Tools
- **Silas Geiger:** Automatisierte Detektion von Anomalien im Betriebsablauf mittels Positionsdaten
- **Fabian Nägele:** Realisierung eines Simulated Annealing-Algorithmus für die Optimierung von Konfigurationsalternativen Cyber-Physischer Produktionssysteme
- **Hamza Ben Haj Ammar:** Machine Learning for Industrial 5G-Localization
- **Sebastian Baum:** Gezielte Generierung notwendiger Trainingsdaten durch generative Neuronale Netze
- **Swapnil Gurav:** Situational Risk Calculation Probability-aware Multi Agent Adversarial Reinforcement Learning for Mobile Robots





IAS-AKTIONEN

IAS UND VFIAS JAHRESABSCHLUSSFEIER 21.12.2021

Am 21.12.2021 war es mal wieder so weit: IAS Mitarbeitende und VFIAS Mitglieder haben gemeinsam das Jahr ausklingen lassen. Nach einer Zeit der vielen Online-Meetings war die Freude groß sich wieder auch persönlich zu begegnen. Die Trattoria Da Franco in Büsnau bot hierfür den perfekten Rahmen.

Während der Jahresabschlussfeier überreichten Dr. Nasser Jazdi und Prof. Michael Weyrich den IVS-Award 2021 an Maurice Artelt. Er wurde ausgezeichnet für seine Masterarbeit „Verbesserte Wegfindung von fahrerlosen Transportfahrzeugen durch Einbezug von prognostizierten Trajektorien menschlicher Werker“. Die Prämierung hierzu fand im November virtuell statt, die Urkunde wurde dann im Rahmen der Jahresabschlussfeier überreicht.



Überreichung des IVS-Awards an Maurice Artelt



Professor Weyrich präsentiert den Jahresrückblick auf der Jahresabschlussfeier

GIRLS DAY 28.04.2022

Am 28.04 fand der bundesweite Girls' Day statt. Am IAS haben 10 Schülerinnen der 7. und 8. Klasse teilgenommen, um den Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik in einem Workshop besser kennen zu lernen. In der Veranstaltung wurde der Studiengang vorgestellt, anschließend durften die Schülerinnen in einem Institutsrundgang verschiedene Demonstratoren ausprobieren, bevor es zum praktischen Teil kam. Eine Ampelschaltung wurde hardwaretechnisch aufgebaut und anschließend mit Hilfe eines Mikrocontrollers programmiert. Die aufgebaute Schaltung hat jedes Mädchen mit nach Hause genommen.



VFIAS-JAHRESVERSAMMLUNG 21.07.2022

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.

Damit sind nicht nur ehemalige Mitarbeiter/innen oder Studierende am IAS angesprochen, sondern insbesondere auch die interessierte Fachöffentlichkeit, die sich den genannten Fragestellungen verbunden fühlt.

Die Jahresveranstaltung 2022 des VFIAS hat am 21.07.2022 erstmals im Hybrid-Format stattgefunden, es konnte sowohl in Präsenz als auch via Webkonferenz teilgenommen werden. Pünktlich um 18 Uhr begrüßte Prof. Christof Ebert, der 1. Vorsitzende des VFIAS, die Anwesenden. Zum Auftakt gaben Prof. Michael Weyrich und Junior-Prof. Andrey Morozov Einblicke in die Institutsgeschichte. Im folgenden Fachvortrag erläuterte Eberhard Klotz (Festo) die Möglichkeiten und Potentiale beim Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Bereich der Fertigung.

Highlight war auch dieses Jahr die Verleihung der VFIAS-Preise. Die VFIAS-Preise 2022 zur Auszeichnung herausragender Bachelorarbeiten am IAS wurden verliehen an:

- Daniel Arnold, für seine Bachelorarbeit „Konzept zum Einsatz der Verwaltungsschale für modellbasiertes Testen“
- Timo Liebelt, für seine Bachelorarbeit „Refactoring der Simulation eines modularen Produktionssystems und Erweiterung um Monitoring-Aspekte“
- Niklas Hug, für seine Bachelorarbeit „Realisierung einer Simulationsumgebung für Roboter zur Evaluierung von Trajektorienvorhersagen“
- Thorben Schey, für seine Bachelorarbeit „Implementierung und Integration eines Moduls für Bayes'sche Netze in das probabilistische Risikoanalyse-Framework OpenPRA“

Herzlichen Glückwunsch!

Nach der Jahresveranstaltung war noch Gelegenheit für ein gemeinsames Abendessen sowie eine Führung durch die Labore des Instituts. Weitere Informationen zum Verein sowie den aktuellen Infobrief erhalten Sie unter: https://www.ias.uni-stuttgart.de/institut/freunde_und_foerderer/

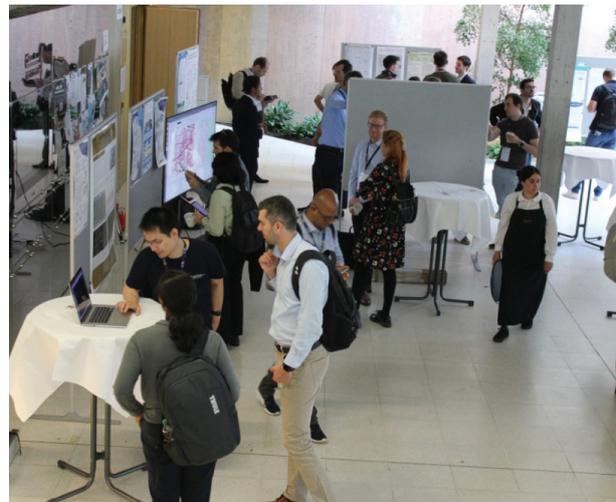


Fachlicher Austausch rund um das Thema Automatisierung und interdisziplinäre Vernetzung in den Bereichen Industrie- und Fabrikautomation: Die 27. „International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)“, durchgeführt vom Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS) der Universität Stuttgart, war ein voller Erfolg. Rund 400 internationale Expertinnen und Experten aus Industrie und Wissenschaft beteiligten sich an der Konferenz vom 6. bis 9. September 2022, die neben hochkarätigen Vorträgen und Workshops auch ein abwechslungsreiches und stilvolles Rahmenprogramm umfasste. Moderiert wurde die Tagung durch den Leiter des IAS, Prof. Michael Weyrich, seitens der Universität Stuttgart begrüßte der Prorektor Forschung und wissenschaftlicher Nachwuchs, Prof. Dr. Manfred Bischoff, die Gäste.

Highlights im fachlichen Programm waren die Keynotes von Prof. Detlef Zuehlke (RWTH Aachen) über Industrie 4.0 von der Technologie zur Alltagsnutzung, Dr. Kirsten Matheus (BMW) über Ethernet-Verbindungen, Dr. Jens Ottvad (TRUMPF) über den Paradigmenwechsel im Maschinenbau durch Künstliche Intelligenz (KI) sowie Dr. Andrea Dunbar (CSEM) über Datenanalyse und KI in der industriellen Steuerung.

Zum Rahmenprogramm gehörte ein Willkommensempfang mit offizieller Begrüßung seitens der Bürgermeisterin der Stadt Stuttgart, Isabel Fezer, im Weißen Saal des Neuen Schlosses. Am nächsten Tag erwartete die aus vier Kontinenten stammenden Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine Werksführung im Mercedes-Benz-Werk Sindelfingen. Den Höhepunkt der diesjährigen ETFA-Konferenz bildete am vorletzten Konferenztag ein Gala-Dinner, in das auch die offizielle Preisverleihung der Best-Paper-Awards eingebunden war.

Begleitet wurde die Konferenz durch eine mehrtägige Industrieausstellung mit namhaften Unternehmen wie Siemens oder SEW Eurodrive. Die diesjährige ETFA-Konferenz erzielte ein überaus positives Feedback sowohl bei Besucherinnen und Besuchern, als auch bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des IAS. Auch die beteiligten Studierenden waren sehr begeistert, konnten sie doch viel über IT und Software mit Anwendung in der Automatisierung und in Autonomen Systeme erfahren.



INSTITUTSAUSFLUG 15. - 16.09.2022

Der IAS-Institutsausflug des IAS fand erstmals seit 2019 wieder statt. Er führte die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Mitte September nach Heilbronn, wo zunächst im Rahmen eines Team-Events ein Geocaching in kleineren Teams stattfand. Dabei mussten unterschiedlichste GPS-Positionen angesteuert werden, um Aufgaben zu lösen. Trotz zwischenzeitlichem starkem Regen ließen sich die Teams nicht unterkriegen und lösten eine Aufgabe nach der anderen, um am Ende des Spiels die meisten Punkte zu sammeln.

Im Anschluss ging es weiter in die Weinberge um Heilbronn, um eine Führung inklusive Weinprobe bei der Genossenschaftskellerei Heilbronn zu erhalten. Von der Traube bei der Anlieferung bis zum Wein aus der Flasche wurden nahezu alle Stationen der Weinherstellung erklärt und gezeigt. Zum Abschluss des Tages ging es auf die Burg Hornberg, wo gemütliches Beisammensein, Abendessen und die Übernachtung anstand.

Am nächsten Tag fuhren die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nach dem Frühstück mit dem komfortablen Reisebus der Firma Roadjet zur Werksführung bei AUDI in Neckarsulm, wo wir die Produktion des A6 begleiten durften. Nach einem kurzen Imbiss ging es dann auch wieder zurück nach Stuttgart.



Mitarbeiter des IAS beim Geocaching Team-Event bilden das Wort Team

DAS IAS IST IN FOLGENDEN GREMIEN VERTRETEN

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik

In der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik, kurz GMA, bündeln der VDI und der Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE) die gemeinsamen Aktivitäten im Bereich Mess- und Automatisierungstechnik.

Die Mess- und Automatisierungstechnik entfaltet ihre Wirkung bei der Verringerung des Leistungsbedarfs elektronischer Geräte im Alltag ebenso wie bei der mess- und regelungstechnischen Optimierung großer Chemieanlagen. Fertigungs- oder Energietechnik, umwelttechnische Anlagen, Verkehrssysteme, Gebäudeautomatisierung oder Medizintechnik – Vielfalt und Interdisziplinarität prägen unsere Arbeit für verschiedene Branchen.

Prof. Michael Weyrich ist seit Anfang 2022 neuer Vorsitzender der VDI/VDE-Gesellschaft Messtechnik und Automatisierungstechnik.

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.

Prof. Weyrich ist Vice-Chair des TC.

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 Luftfahrtsysteme, Fahrzeugsysteme und Smart Homes.

Dr. Jazdi ist Vice-Chair des TC.

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.

ASME - Safety Engineering and Risk Analysis Division (SERAD)

Diese Abteilung der American Society of Mechanical Engineers (ASME) hat die Aufgabe, das Interesse an Risikoanalysen und Sicherheitsinformationen im Maschinenbau zu fördern und diese zu verbreiten.

Herrn Jun.-Prof. Morozov ist Vice-Chair der Division.

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

Promovierende

Maurice Paul Artelt Tel.: +49 711 / 685-67304

maurice-paul.artelt@ias.uni-stuttgart.de

Sandra Bickelhaupt Tel.: +49 160 / 8695637

sandra.bickelhaupt@mercedes-benz.com

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

dominik.braun@ias.uni-stuttgart.de

Falk Dettinger Tel.: +49 711 / 685-67313

falk.dettinger@ias.uni-stuttgart.de

Sheng Ding Tel.: +49 711 / 685-67924

sheng.ding@ias.uni-stuttgart.de

Daniel Dittler Tel.: +49 711 / 685-67321

daniel.dittler@ias.uni-stuttgart.de

Tagir Fabarisov Tel.: +49 711 / 685-67324

tagir.fabarisov@ias.uni-stuttgart.de

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

golsa.ghasemi@ias.uni-stuttgart.de

Philipp Grimmeisen Tel.: +49 711 / 685-67324

philipp.grimmeisen@ias.uni-stuttgart.de

Joachim Grimstad Tel.: +49 711 / 685-67924

joachim.grimstad@ias.uni-stuttgart.de

Baran Can Gül Tel.: +49 711 / 685-67299

baran-can.guel@ias.uni-stuttgart.de

Lennard Hettich Tel.: +49 711 / 685-69183

lennard.hettich@ias.uni-stuttgart.de

Simon Kamm Tel.: +49 711 / 685-67293

simon.kamm@ias.uni-stuttgart.de

Karolina Kanik Tel.: +49 711 / 685-67326

karolina.kanik@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

Yuliang Ma Tel.: +49 711 / 685-67924

yuliang.ma@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.: +49 173 / 8065385

rainer.schiekofer@siemens.com

Berit Schürle Tel.: +49 711 / 685-67924

berit.schuerrle@ias.uni-stuttgart.de

MITARBEITENDE

Alexander Schuster
Iman Sonji
Valentin Stegmaier
Johannes Stümpfle
Stefanos Tziampazis
Hannes Vietz
Matthias Weiß
Yuchen Xia

Tel.: +49 711 / 685-67308
Tel.: +49 711 / 685-69182
Tel.: +49 1578 / 6593281
Tel.: +49 711 / 685-67295

Tel.: +49 711 / 685-67294
Tel.: +49 711 / 685-67286
Tel.: +49 711 / 685-67307

alexander.schuster@ias.uni-stuttgart.de
iman.sonji@ias.uni-stuttgart.de
valentin.stegmaier@schmalz.de
johannes.stuempfle@ias.uni-stuttgart.de
stefanos.tziampazis@gsame.uni-stuttgart.de
hannes.vietz@ias.uni-stuttgart.de
matthias.weiss@ias.uni-stuttgart.de
yuchen.xia@ias.uni-stuttgart.de

EXIST-Stipendiaten

Alexander Illg
Benedict Lindner
Sebastian Stöcklmeier

Tel.: +49 151 / 57346931
Tel.: +49 1573 / 7173476
Tel.: +49 159 / 01641687

alexander.illg@synthavo.de
benedict.lindner@synthavo.de
sebastian.stoecklmeier@synthavo.de

Angestellte

Ulrike Bek (Technische Zeichnerin)
Tanja Cuk (Proj.-/Finanz-Contr.)
Marion Müller (Sekretariat)
Andisheh Rafiei (Fachinform./Werkstatt)
Taylan Süngerli (Systemadministrator)

Tel.: +49 711 / 685-67318
Tel.: +49 711 / 685-67317
Tel.: +49 711 / 685-67301
Tel.: +49 711 / 685-67314
Tel.: +49 711 / 685-67296

ulrike.bek@ias.uni-stuttgart.de
tanja.cuk@ias.uni-stuttgart.de
ias@ias.uni-stuttgart.de
andisheh.rafiei@ias.uni-stuttgart.de
taylan.suengerli@ias.uni-stuttgart.de

Auszubildende (Fachinformatiker/in der Fachrichtung Anwendungsentwicklung)

Atefe Ahmadi
Marko Dragovic

Tel.: +49 711 / 685-69186
Tel.: +49 711 / 685-67319

atefe.ahmadi@ias.uni-stuttgart.de
marko.dragovic@ias.uni-stuttgart.de



Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme
Pfaffenwaldring 47, 70550 Stuttgart

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



Gruppenbild des IAS-Teams



Tanja
Cuk

Karolina
Kanik

Marion
Müller

Andisheh
Rafiei

Taylan
Süngerli

