



Universität Stuttgart
Institut für Automatisierungstechnik
und Softwaresysteme



Forschung und Lehre am IAS

2022

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



Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS)

Fakultät für Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik der Universität Stuttgart

Die **Forschung und Lehre** des Instituts konzentriert sich auf das Thema **Softwaresysteme für die Automatisierungstechnik** und **Vernetzte Automatisierungssysteme**.



Dabei verstehen wir uns als Brückenkopf der **Produkt- und Anlagenautomatisierung** in die Forschungsdisziplinen der Informationstechnik, Softwaretechnologie und Elektronik.



Prof. Weyrich wurde im April 2013 an die Universität Stuttgart berufen.

Jun.-Prof. Morozov (TT) wurde im April 2020 an die Universität Stuttgart berufen.



Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS)

Fakultät für Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik der Universität Stuttgart

85 Jahre Tradition und Fortschritt



3x Leitung																														
3 Prof. Weyrich		3 Dr. Jazdi	3 Jun.-Prof. (TT) Morozov																											
4x Team-sprecher																														
30x Promovierende																														
7x Dienste																														
30 – 40 x HiWi's																														

Lehre

Das Institut nimmt rund 1000 Prüfungen pro Jahr ab.

Veranstaltungen

- Automatisierungstechnik I & II
 - Technologien und Methoden der Softwaresysteme I & II
 - Software Engineering for Real-Time Systems
 - Industrial Automation Systems
- Grundlagen der Softwaresysteme
 - Ringvorlesung: Forum Software und Automatisierung
 - Ringvorlesung: Aspekte Autonomer Systeme
 - Verlässlichkeit intelligenter verteilter Automatisierungssysteme
 - Modeling and Analysis of Automation Systems
 - Seminar Intelligente Cyber-physische Systeme
- Praktikum „Softwaretechnik“
 - Praktikum „Automatisierungstechnik“
 - Fachpraktikum "Einführung in die Programmierung von Mikrocontroller-Systemen"

Studiengänge

- Fachbereich Elektrotechnik:
 - B. Sc. & M. Sc. Elektrotechnik und Informationstechnik
 - B. Sc. Erneuerbare Energien
 - M. Sc. Nachhaltige Elektrische Energieversorgung,
 - M. Sc. Elektromobilität
 - M. Sc. Information Technology
- Interdisziplinär
 - M. Sc. Autonome Systeme (Studiendekanat)
- Exporte in andere Fachbereiche
 - Mechatronik, Technische Kybernetik, Informatik, Medizintechnik, Technikpädagogik, Verkehrsingenieurwesen

Forschungsschwerpunkte

Wir befassen uns mit Automatisierungssystemen, insbesondere deren Software in Verbindung mit der Steuerungs- und Regelungstechnik.

Digitaler Zwilling
für die
Automatisierungs-
technik

- Multidimensionale Synchronisierung Digitaler Zwillinge
- Automatisches Rekonfigurationsmanagement

Intelligente und
lernende
Automatisierungs-
systeme

- Co-Simulation software-definierter Systeme
- Variantenmanagement in der Entwicklung

Risikoanalyse
und Anomalie-
erkennung für
vernetzte
Automatisierungs-
systeme

- Künstliche Intelligenz und dynamische Zuverlässigkeit
- Dezentrales, kooperatives maschinelles Lernen in der Automatisierung

- Test von verteilten Komponenten
- Absicherung von Autonomen Systemen

- Deep Learning-basierte Anomalieerkennungstechniken
- Zuverlässigkeitsanalyse für vernetzte Automatisierungssysteme

Komplexitäts-
beherrschung in
der Automatisier-
ungstechnik

Safety und
Assistenzsysteme
in der
Automatisierungs-
technik



Schwerpunkt: Digitaler Zwilling für die Automatisierungstechnik

Wie kann der Digitale Zwilling helfen die Komplexität von cyber-physischen Systemen im Engineering und Betrieb zu beherrschen?

Forschungsthemen am IAS

- 5G-basierter, Intelligenter Digitaler Zwilling
- Autonomes Rekonfigurationsmanagement software-definierter Systeme
- Multidimensionale Synchronisierung Digitaler Zwillinge für unterschiedliche Anwendungen

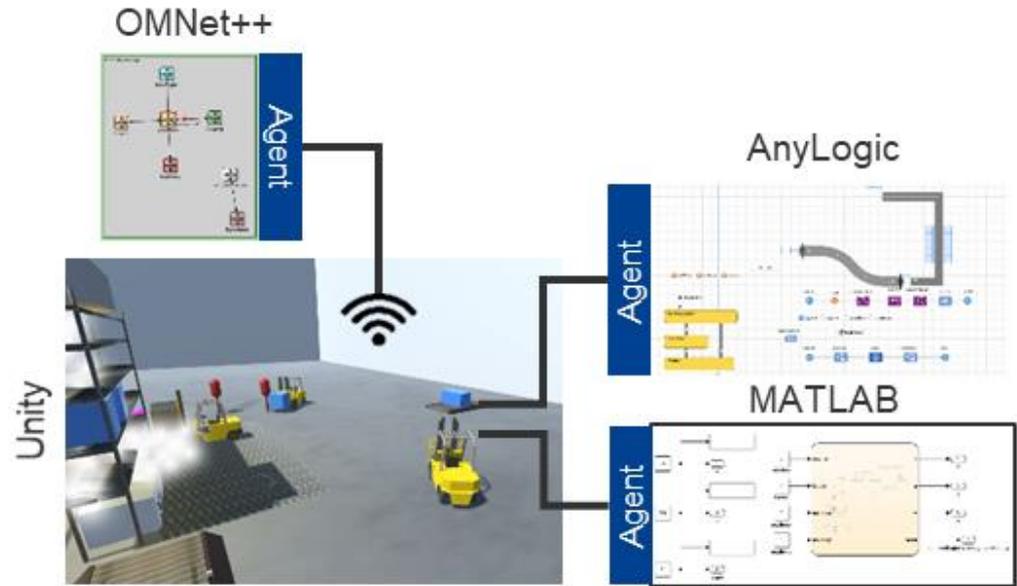


Schwerpunkt: Komplexitätsbeherrschung in der Automatisierungstechnik

Wie kann die Komplexität von cyber-physischen Systemen im Engineering und Betrieb beherrschbar gemacht werden?

Forschungsthemen am IAS

- Co-Simulation software-definierter automatisierter Systeme
- Variantenmanagement in der Entwicklung

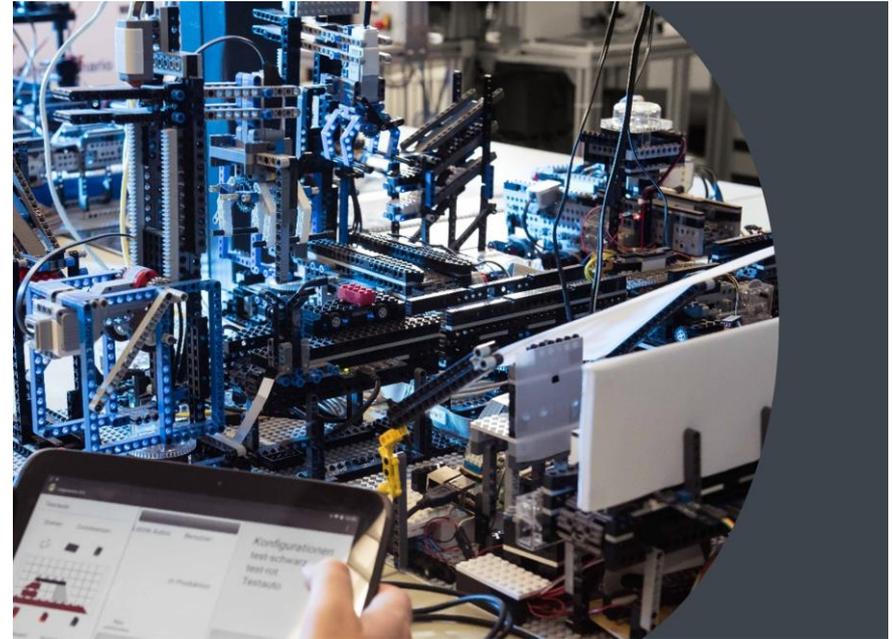


Schwerpunkt: Intelligente und lernende Automatisierungssysteme

Automatisieren sich technische Systeme von Morgen selber?

Forschungsthema am IAS:

- Dynamische intelligente Zuverlässigkeit
- Optimierung von Automatisierungssystemen mittels Machine Learning
- Intelligente Automatisierung zur benutzerorientierten
- Softsensoren für vernetzte Automatisierungsarchitekturen
- Dezentrales, kooperatives maschinelles Lernen in der Automatisierung
- Simulation von Autonomiekonzepten

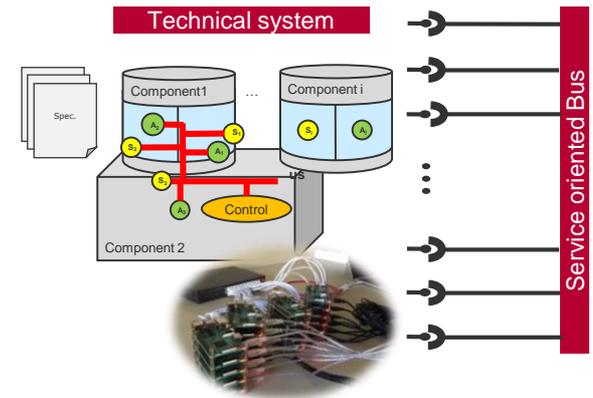
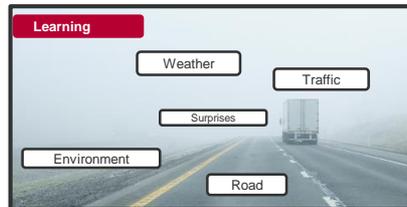


Schwerpunkt: Safety und Assistenzsysteme in der Automatisierungstechnik

Wie können wir uns auf die Qualität von automatisierten Systemen im Sinne der Zuverlässigkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit verlassen?

Forschungsthemen am IAS

- Dynamische Zuverlässigkeitsberechnung
- Test von verteilten Komponenten
- Verifikation und Validierung von Softwareaktualisierungen
- Absicherung von Autonomen Systemen
- Kognitive Sensornetzwerke in sicherheitsrelevanten Systemen

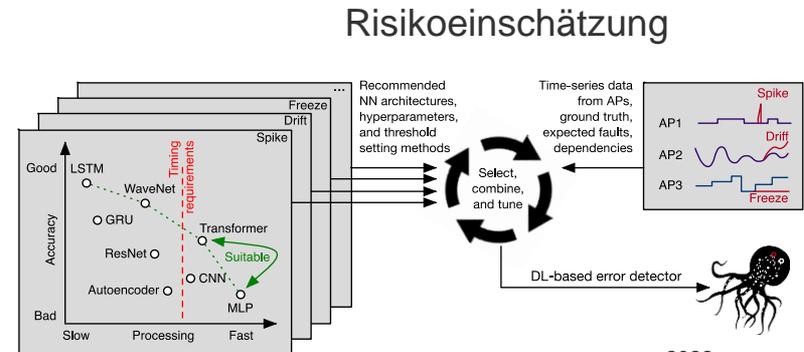
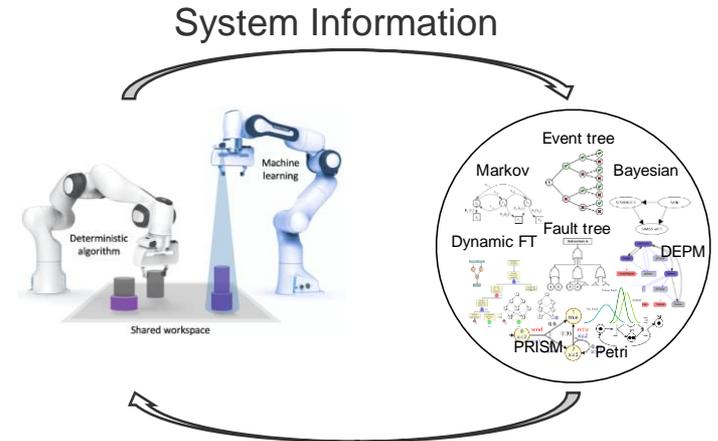


Schwerpunkt: Risikoanalyse und Anomalieerkennung für vernetzte Automatisierungssysteme

Wie kann man das Risiko flexibler Fertigungssysteme analysieren und Deep-Learning-Methoden zur Erkennung von Anomalien in industriellen Cyber-Physical Systems nutzen?

Forschungsthemen am IAS

- Kombination von Risikoanalysemodellen.
- Automatische, modellbasierte Generierung von Risikomodellen bei jeder Wiederverwendung des Systems.
- Fähigkeitsorientierter Ansatz für die Risikoanalyse.
- Bewertung von DL-Architekturen
- Einsatz von Anomalie-Detektoren auf speziellen eingebetteten Boards.



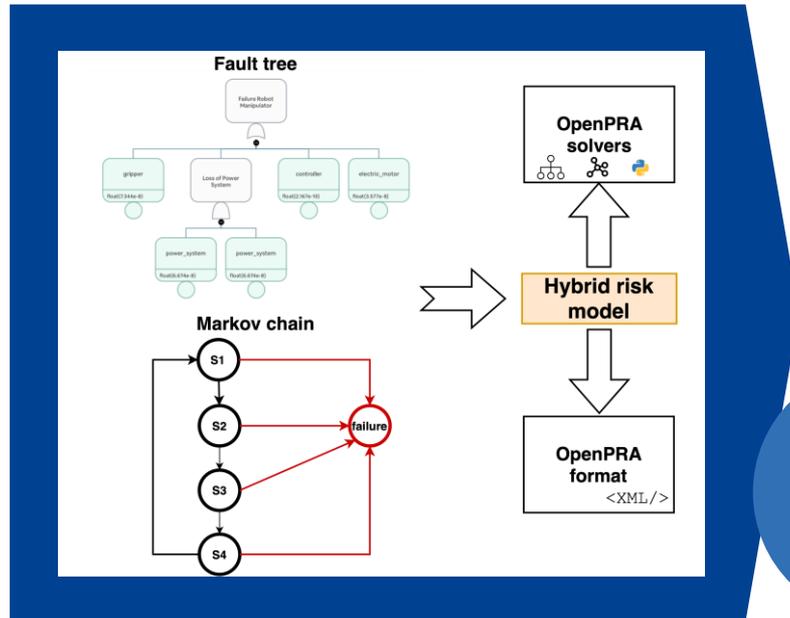
- **Forschungsarbeiten**

OpenPRA: Probabilistisches Risiko Analyse Framework

Kombination von PRA-Methoden zur Analyse von vernetzten Automatisierungssystemen

Features:

- Ganzheitliches, leicht zu bedienendes und hochgradig anpassbares Framework
- Benutzerfreundliches Web-Interface
- Sammlung von Riskomodellen, Solvern und Transformatoren
- OpenPRA Format



Internationale Community

- Universität Stuttgart (DE),
- North Carolina State University (US)



<https://openpra.org>

Wie können wir
PRA-Methoden
effektiv
kombinieren und
in ein Framework
integrieren?

Deep Learning basierte Anomalieerkennung

Dynamische Anomalieerkennung für vernetzten Automatisierungssystemen

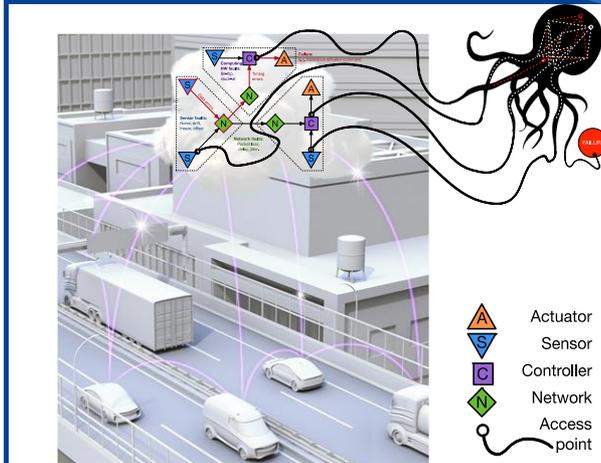
Anforderungen:

- Intelligente Konfiguration von DLAD-Methoden für vernetzten Automatisierungssysteme

Kerntechnologien:

- Deep Learning basierte Anomalieerkennung
- Statistische Merkmale repräsentieren den Kontext
- Modellbasierte Systemanalyse

Wie wird die Anomalieerkennung in verschiedenen Systemkontexten intelligent eingesetzt?



Ansatz

- Bewertung der häufigsten Fehlertypen.
- Evaluation geeigneter DL-Architekturen und Hyperparameter.
- Kombination verschiedener DL-Architekturen für effiziente Anomalieerkennung.
- Analyse des Datenflusses, Identifizierung der Zugangspunkte.
- Integration in den SofDCar Demonstrator.

SafeLegs Demonstrator: Sicheres Exoskelett

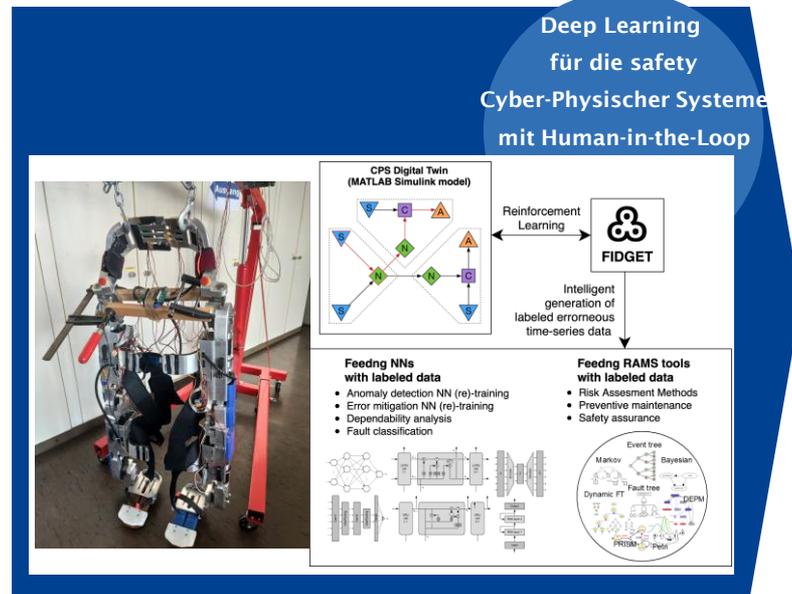
Sicherheitskritischer Demonstrator für Cyber-Physische Systeme mit Human-in-the-Loop

Anforderungen:

- Tragbare Robotersysteme haben ihre eigenen Hardware-Einschränkungen und Herausforderungen in Bezug auf die menschliche Sicherheit, die sich perfekt für das Testen von Sicherheitswerkzeugen eignen

Kerntechnologien:

- Hardware-basierte Fehlererkennung und -minderung durch Transfer Learning
- Biomechanik der tragbaren Robotik
- Modellbasierte Fehlerinjektion gesteuert durch Reinforcement Learning



Motivation

- Ein sicherheitskritisches System zur Entwicklung und Erprobung von Deep Learning-basierten Sicherheitsmethoden

Ansatz

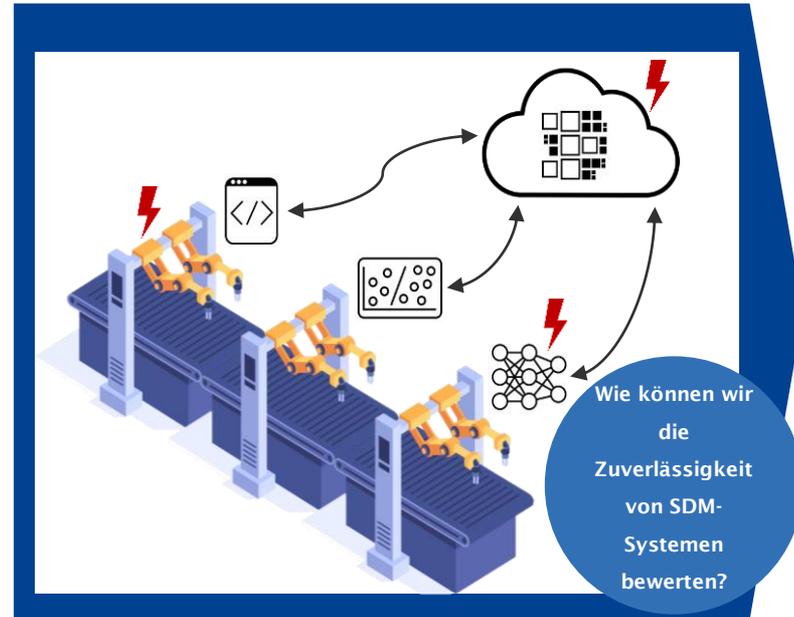
- MATLAB Simulink-Modell von SafeLegs für modellbasierte Sicherheitstools
- Hardware SafeLegs Demonstrator für Tests in realen Anwendungsszenarien

Zuverlässigkeitsanalyse von SDM-Systemen

Modellbasierter Ansatz zur kontinuierlichen Zuverlässigkeitsbewertung

Traditioneller Ansatz:

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



Kerntechnologien:

- Fortgeschrittene hybride Risikomodelle
- Modell-zu-Modell Transformationsmethoden
- Automatische Generierung von hybriden Risikomodellen

SDM Herausforderungen

- Häufige SW Updates
- Wandlungsfähige Produktion

SDM Ansatz

- Automatisierte Zuverlässigkeitsanalyse
- Dynamisch vor jedem SW Update

7PP: 7-Piece Puzzle Roboter Demonstrator

Entwurf & Entwicklung von Konzepten zur Modellierung fortgeschrittener industrieller Fertigungen

Anforderungen:

- Entwurf & Entwicklung von Konzepten zur Modellierung fortgeschrittener industrieller Fertigungen

Kerntechnologien:

- Objekterkennung mit Hilfe von Computer Vision
- Trajektorienplanung für die Manipulatoren



Ansatz

- Mit dem 7-Piece Puzzle (Tangrams) können über 1600 Figuren erstellt werden.
- Objekterkennung, um Position, Winkel und Form der einzelnen Puzzleteile zu ermitteln.
- Trajektorienplanung unter Verwendung der Steuerungsschnittstelle, Nachbildung der vorgegebenen Figur.

Co-Simulation (Kooperation mit Vector Informatik)

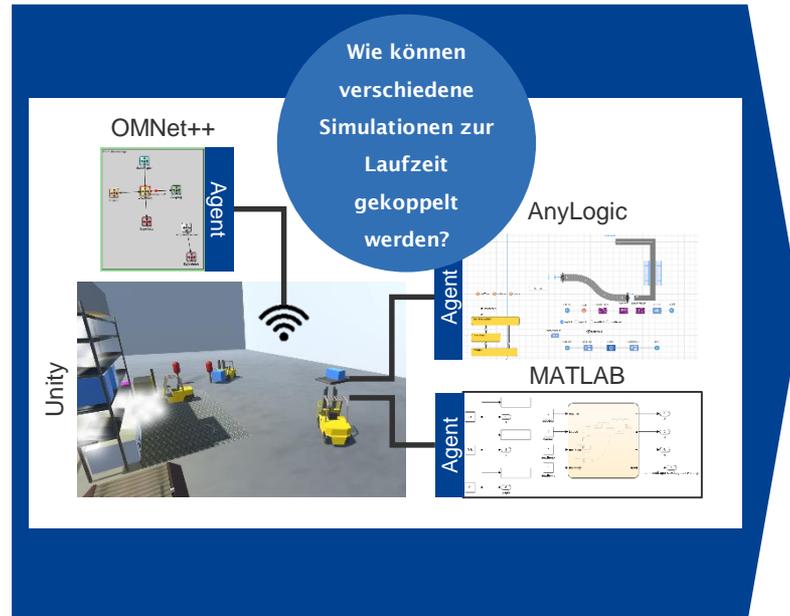
Dynamische Co-Simulation von heterogenen Internet der Dinge-Systemen

Anforderungen:

- „Plug-and-Simulate“-fähige Co-Simulation von heterogenen und dynamisch zur Laufzeit erweiterbaren IoT-Systemen

Kerntechnologien:

- Agentenbasierte Co-Simulation
- Komponenten- und Prozessmodellierung mit MATLAB, AnyLogic, Unity, OMNet++, CANoe...



Ansatz

- Open-Source Framework zur Verknüpfung von Simulationen über ein Agentensystem
- Anbindung der Simulationen über Schnittstellenadaptoren
- Serviceorientierte Modellierung der Kommunikation und physikalischen Prozesse
- Synchronisierung der Teilsimulationen über zentralen Taktgeber
- Bearbeitung von Anwendungsszenarien aus der Logistik und Automotive

Robustes Lernen auf Basis heterogener Daten

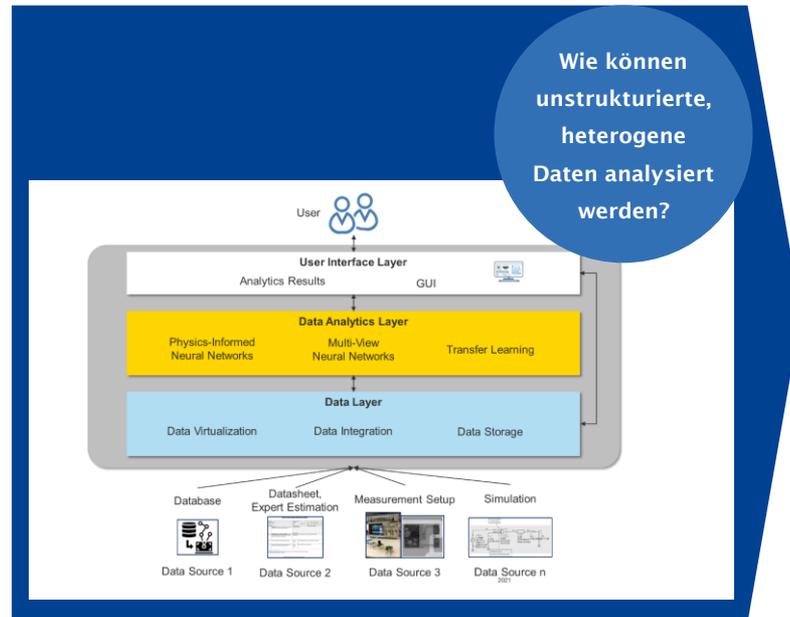
Data Analytics in der Automatisierungstechnik unter Nutzung der Datenvielfalt

Anforderungen:

- Integration und einheitliche semantische Beschreibung heterogener Daten
- Analyse von unstrukturierten und heterogenen Daten für die Anwendung (z.B. Fehleranalyse von elektrischen Bauteilen im Projekt FA4.0)

Kerntechnologien:

- Data Virtualization
- ML-Methoden (Multi-View Neural Networks, Transfer Learning, Physics-Informed Neural Networks, Graph Analytics)



Motivation

- Nutzung der vorhandene Datenvielfalt aus unterschiedlichen, dynamischen Quellen, um Datenanalysen für Anwendungen durchzuführen

Ansatz

- Intelligente Datenintegration aus heterogenen Quellen
 - Verbindung von heterogenen Daten, künstlicher Intelligenz sowie analytischen Modellen
- Robuste KI-basierte Datenanalyse

Softwaredefinierte Fahrzeuge

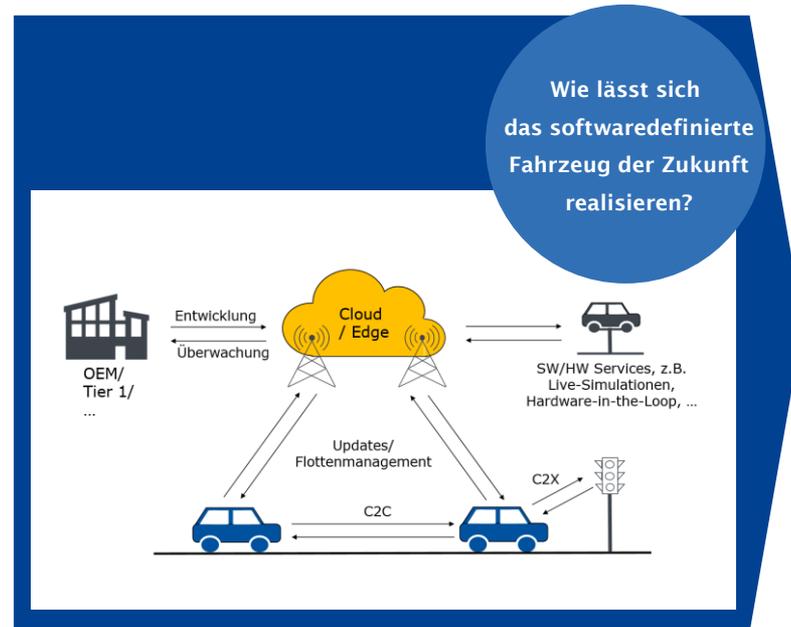
Softwarestrategien für das vernetzte Fahrzeug der Zukunft

Anforderungen:

- Realisierung kurzer Updatezyklen und robuster Analyse-Prozesse
- Reduktion der zur Kommunikation benötigten Datenmenge zwischen Verkehrsteilnehmern

Kerntechnologien:

- Continuous Integration und Deployment
- Big Data Analytics, Deep Learning
- Decision making



Motivation

- Der Softwareanteil in Automobilen und deren Komplexität nimmt zu
- Systemteilnehmer werden zunehmend vernetzt, ein globaler Datenaustausch wird angestrebt

Ansatz

- Erweiterbare Datenaggregation
- Holistische Analyse heterogener Daten
- Automatisierte Fehlerbehebung und Optimierung

Anwendungsoptimierte Modelladaption

Wie kann der Digitale Zwilling während der Betriebsphase realitätsnah gehalten werden?

Anforderungen:

- Beherrschung der heterogenen Modelllandschaft modularer Anlagen
- Generierung und Optimierung anwendungsorientierter Modellkonfigurationen



Kerntechnologien:

- PDCA-Zyklus (Methodik)
- Agententechnologie (Selbstorganisation)
- Knowledge Graphen (Wissensmodellierung)

Motivation

- Unvorhergesehene Änderungen erfordern eine Modelladaption
- Modelladaption wird durch die heterogene Modelllandschaft komplex

Ansatz

- Automatische Generierung und Optimierung anwendungsorientierter Modellkonfigurationen
- Geeignete Wissensmodellierung für die automatische Modelladaption

Synthetische Datengenerierung für maschinell trainierte Modelle

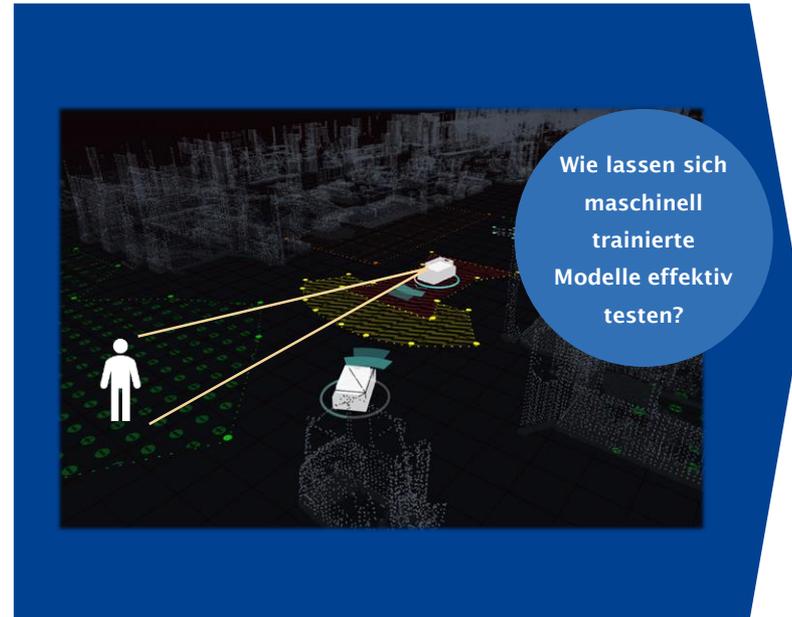
Generierung von neuen herausfordernden Daten durch Optimierungsverfahren

Anforderungen:

- Automatisierte Generierung von Daten zum weitertrainieren von lernenden Modellen
- Generierte Daten sind relevant und herausfordernd für das Modell

Kerntechnologien:

- Maschinelles Lernen
- Generative Adversariale Netzwerke
- Numerische Optimierungsverfahren



Motivation

- Menschliche Experten können schlecht einschätzen welche konkreten Daten für ein maschinell trainiertes Modell herausfordernd sind

Ansatz

- Generierung von herausfordernden Daten durch Generative Adversariale Netzwerke und numerischen Optimierungsverfahren
- Training mit den generierten Daten um Kognitionslücken zu schließen

Deep Industrial Transfer Learning

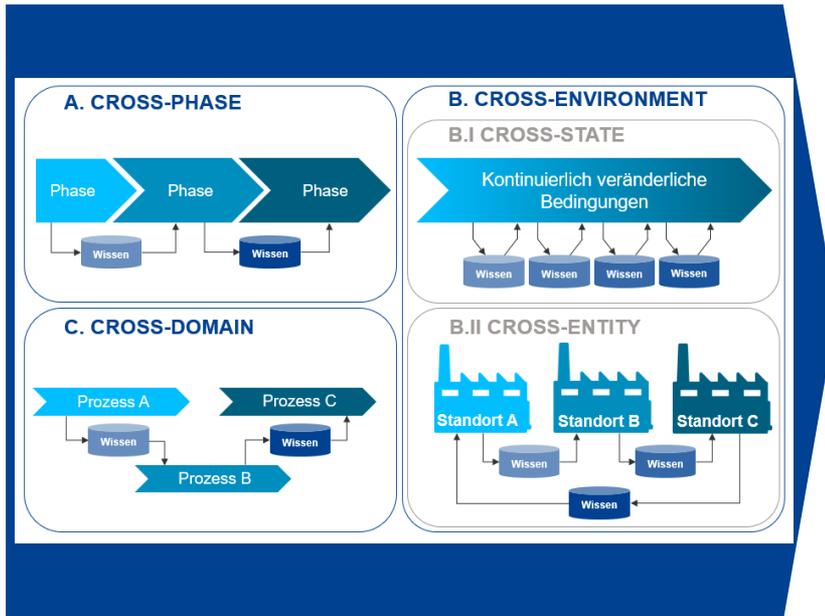
Lernfähige Automatisierungssysteme mit dynamischem Wissenstransfer

Anforderungen:

- Behandlung von Eingangsdaten (i.d.R. Zeitserien-Daten) unterschiedlicher Dimension
- Lösung von Regressions- und Klassifikationsproblemen

Kerntechnologien:

- Zweistufiger Deep-Neural-Network Algorithmus
- Repräsentationsdatenbank zur Speicherung und zum Austausch charakteristischer Feature-Sets
- Client-to-Client-Kommunikationsarchitektur



Motivation

Effizientes Lernen trotz

- im industriellen Alltag vielfach kleiner Datensätze
- dynamischer Prozesse, die kontinuierliche Aktualisierungen des Lernmodells erfordern.

Ansatz

- Transfer von Wissen zwischen Algorithmen, die dazulernen können

Automatisiertes Variantenmanagement

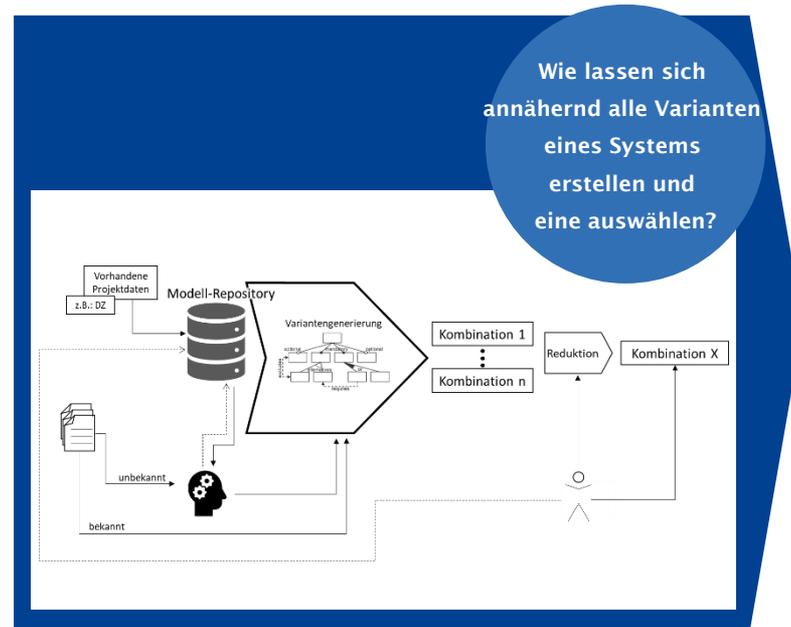
Generierung von Systemarchitekturen im Systems Engineering

Anforderungen:

- Komplexitätsbeherrschung im Variantenmanagement
- Assistenz für den Systemingenieur

Kerntechnologien:

- Feature Oriented Domain Analysis
- 150%-Modell
- Data Analytics



Motivation

- Durch komplexer werdende Systeme wird der Lösungsraum für die Systementwicklung unüberschaubar

Ansatz

- Modell-Repository für bekannte Zusammenhänge und Muster
- Verwendung einer geeigneten Methodik für das Variantenmanagement
- Modell- und Datenbasierte Variantengenerierung

Trajektorienvorhersagen für AGV und AMR

Mobile Roboter handeln vorausschauend in dynamischer Umgebung

Anforderungen:

- Erfassung der Dynamik in der Umgebung
- Bereitstellung von Trajektorienvorhersagen
- Erweiterung der Navigationsalgorithmen mobiler Roboter

Kerntechnologien:

- Ultra-Wideband Real-Time Locating System (RTLS)
- Pattern- und Planning-based trajectory prediction
- D*-Wegfindung, ROS Navigation Stack



Motivation

- AGV und AMR sind einfach zu integrieren und äußerst flexibel, ABER damit sicher stets langsam und daher ineffizient

Ansatz

- Erfassung der Umgebung mittels RTLS-Sensorik
- Vorhersage der Trajektorie dynamischer Hindernisse per LSTM, 2D-CNN und wissensbasierter Methoden
- Optimierung AGV, AMR durch Umgebungsverständnis



Universität Stuttgart

Vielen Dank!



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

E-Mail michael.weyrich@ias.uni-stuttgart.de

Web www.ias.uni-stuttgart.de

Telefon +49 (0) 711 685-67301

Fax +49 (0) 711 685-67302

Universität Stuttgart

Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme

Pfaffenwaldring 47

70550 Stuttgart