Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen wissenschaftlich begutachteten und freigegebenen Fachaufsatz („reviewed paper“).

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-03-23

Softwarearchitektur eines digitalen Zwillings für ein Robotersystem

Einsatz der AAS zur Abbildung eines Robotersystems

L. Wittmann, M. Luber, S. Philipp, J. Schilp

ZUSAMMENFASSUNG Für die Erfüllung der Prinzipien der Industrie 4.0 ist die einheitliche Beschreibung der Zustände, Eigenschaften und Fähigkeiten von Produktionssystemen von entscheidender Bedeutung. Um dabei Interoperabilität gewährleisten zu können, werden Standards wie die Asset Administration Shell (AAS) verwendet. Die Definition eines Prozesses zur Erstellung und eine Softwarearchitektur zur Implementierung der AAS innerhalb eines modularen Robotersystems tragen dazu bei, Industrie-4.0-Szenarien umzusetzen.

STICHWÖRTER

Digitalisierung, Industrie 4.0, Industrieroboter

Application of the asset administration shell for mapping a modular and connected robot system – System architecture of a digital twin for a robot system

ABSTRACT A standardized description of states, properties and capabilities of production systems is crucial for fulfilling the principles of Industry 4.0. Standards such as the Asset Administration Shell (AAS) are used to ensure interoperability. The definition of a process for creating and a software architecture for implementing AAS within a modular robot system contributes to the implementation of Industry 4.0 scenarios.

1 Einleitung

In zukunftsfähigen Produktionssystemen, die den Prinzipien der Industrie 4.0 folgen, kommunizieren digitale Zwillinge von Produkten und Produktionsressourcen deren Zustände, Eigenschaften und Fähigkeiten in virtuellen Umgebungen. Zusätzlich stellen sie Funktionen zur Ausführung von Produktionsaufgaben, zum Beispiel das Verschrauben eines Bauteils, bereit und erlauben so eine flexible, automatisierte Selbststeuerung der Produktion [1, 2]. Voraussetzung ist eine Vernetzung der Produkte und Produktionsressourcen mit und innerhalb der virtuellen Umgebung. Die Umsetzung von digitalen Zwillingen erfordert eine geeignete Modellierung von Informationen und Funktionen, eine geeignete Softwarearchitektur sowie Standards, um Interoperabilität zu gewährleisten.

Modulare Robotersysteme weisen eine hohe Flexibilität bezüglich der Art der Arbeitsinhalte auf und werden deshalb häufig in Industrie-4.0-Szenarien als Produktionsressource eingesetzt. Der Beitrag beschreibt, wie ein Robotersystem durch Anwendung der Asset Administration Shell (AAS, deutsch: Verwaltungsschale) in virtuellen Umgebungen modular abgebildet und vernetzt werden kann. Nach dieser Einleitung skizziert Kapitel 2 den aktuellen Stand der Technik. Kapitel 3 geht auf die Anforderungen zur Abbildung und Vernetzung eines modularen Robotersystems ein. Kapitel 4 stellt die Softwarearchitektur vor, die im Rahmen des Forschungsprojekts „Kognitives, KI-basiertes Roboter-Montagesystem“ (KoKIRo) konzipiert und implementiert wurde. Kapitel 5 gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschung und Weiterentwicklungen.

2 Grundlagen und Stand der Technik

Digitale Zwillinge in der Produktion bilden Produkte und Produktionsressourcen synchron und realitätsgetreu in virtuellen Umgebungen ab. Sie unterstützen spezifische Entscheidungen und stellen dafür geeignete Zustände und Eigenschaften durch beschreibende, prädikative und präskriptive Modelle dar [3, 4]. Grundlage bildet die Vernetzung zu Produkten und Produktionsressourcen, zum einen um kontinuierlich Betriebsdaten zu erfassen, zum anderen können auch Funktionen aus der virtuellen Umgebung heraus aufgerufen werden. Etwa das Ausführen einer Produktionsaufgabe oder die dafür notwendige Konfiguration der Produktionsressource. In [5] wird der Planungsprozess für automatisierte Montagesysteme durch die teilautomatisierte Ressourcenauswahl vereinfacht. Dazu werden produktorientierte Anforderungen modelliert und mit den Fähigkeiten von Ressourcen verglichen, um optimale Ressourcenkonfigurationen zu identifizieren.

Digitale Zwillinge werden für die Aufgaben des Produktionsmanagements angewendet, wie die Arbeitssystemplanung, die Produktionsplanung und -steuerung, die Instandhaltung oder das Qualitätsmanagement. Sie ermöglichen deren teil- oder vollautomatisierte Ausführung [4]. In Industrie-4.0-Szenarien mit einer automatisierten Selbststeuerung der Produktion sind digitale Zwillinge elementare Bausteine.

Als Standard für die Vernetzung von Produkten und Produktionsressourcen in virtuellen Umgebungen und für die Umsetzung digitaler Zwillinge wurde vom Deutschen Institut für Normung die AAS spezifiziert [6]. Die AAS ermöglicht zum einen eine Industrie-4.0-konforme Abbildung von Produkten und Produkti-

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-03-23 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

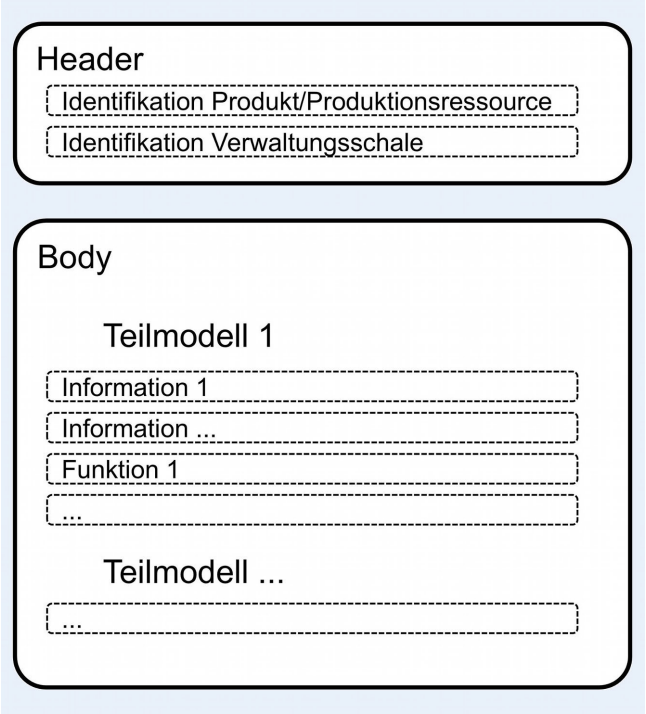

Bild 1. Aufbau einer Asset Administration Shell (AAS). *Grafik: nach [6]*

onsressourcen in der virtuellen Umgebung, die eine eindeutige Identifikation und bidirektionale Kommunikation voraussetzt. Zum anderen stellt sie durch einen standardisierten Zugriff und standardisierte Informations- und Funktionsmodelle Interoperabilität mit Softwareanwendungen sicher. Dadurch ist ein nahtloses Zusammenspiel mit geringem Implementierungsaufwand für Schnittstellen möglich. Die AAS setzt sich aus Header und Body zusammen (**Bild 1**).

Der Header enthält Daten zur Identifikation von Produkt oder Produktionsressource und der AAS selbst. Der Body enthält auf verschiedene Anwendungszwecke bezogene Teilmodelle mit jeweils relevanten Informationen und Funktionen. Die semantische Beschreibung der Informationen wird durch „Concept Descriptions" definiert. Diese spezifizieren beispielsweise die Einheit oder Beschreibung eines Datenpunkts (wie etwa die Einheit Newton für einen Kraftwert). Für den generischen Typ eines Produkts oder einer Produktionsressource definiert ein Template das Informations- und Funktionsmodell der AAS. Darauf aufbauend wird eine spezifische Instanz mit konkreten Werten erstellt.

Zur Vernetzung von Produkten und Produktionsressourcen in virtuellen Umgebungen definiert eine Softwarearchitektur Komponenten und deren Kommunikation. Für digitale Zwillinge von Robotersystemen wurden bereits mehrfach Softwarearchitekturen entwickelt [7, 8]. Diese sehen allerdings häufig noch keinen Standard zur Vernetzung innerhalb der virtuellen Umgebung vor, der Interoperabilität gewährleistet. Zur Vernetzung und Abbildung eines Robotersystems ist die AAS eine geeignete Lösungsmöglichkeit [9–11]. In diesem Zusammenhang wird die Open Plattform Communication Unified Architecture (OPC UA) als Standard zur Bereitstellung und Kommunikation von Betriebsdaten aus der Produktion empfohlen [12]. Der modulare Aufbau eines Robotersystems sowie die konkrete Abbildung seiner Eigenschaften und Funktionen durch Informations- und Funktionsmodelle wird bei der Anwendung der AAS bisher noch nicht berücksichtigt.

3 Modulares und vernetztes Robotersystem

Die in Kapitel 2 definierte Forschungslücke (eine Softwarearchitektur für ein Robotersystem, welche dieses modular über die AAS abbildet) wird im Forschungsprojekt „KoKIRo" adressiert. Das modulare Robotersystem und sein digitaler Zwilling werden nachfolgend vorgestellt und aufbauend darauf Anwendungsszenarien definiert, die den Zweck des digitalen Zwillings beschreiben.

3.1 Beschreibung des modularen Robotersystems und Konzeptionierung seines digitalen Zwillings

Die übergeordneten Ziele des Forschungsprojekts KoKIRo sind einerseits, ein Robotersystem mittels künstlicher Intelligenz und feinfühliger Sensorik zu befähigen, die Ausführung von Montageaufgaben eigenständig zu verbessern. Zum anderen soll das Robotersystem durch kognitive Fähigkeiten eigenständig die Montageaufgabe erkennen, eine dafür geeignete Konfiguration auswählen, und die Montageaufgabe anschließend ausführen. Dies entspricht dem Prinzip der flexiblen, automatisierten Selbststeuerung und wird vor allem durch die interoperable Vernetzung des Robotersystems in einer virtuellen Umgebung ermöglicht. Das Robotersystem ist modular aufgebaut, was die Austauschbarkeit der Komponenten und die spezifische Konfiguration für eine Montageaufgabe zulässt. Für eine eigenständige Konfiguration muss sich diese Modularität in der virtuellen Abbildung der Eigenschaften und Funktionen widerspiegeln.

Das Robotersystem setzt sich aus den Modulen Sensorik, Greif-Aktor, Manipulator und Robotersteuerung zusammen (**Bild 2**).

Die Sensorik erfasst Bilder und am Greifer anliegende Kräfte und Momente. Der Greif-Aktor führt die Handhabung des Bauteils oder Produkts aus und ist als Endstück an den Manipulator angebracht. Die Robotersteuerung steuert Manipulator und Greif-Aktor in Abhängigkeit vom aktuellen von der Sensorik erfassten Zustand des Roboters. Dafür liegt ein Kinematikmodell zugrunde, welches die Position des Greifers in Abhängigkeit der einzelnen Manipulatorstellungen bestimmt. Die einzelnen Module werden jeweils durch eine eigene AAS abgebildet, wie auch gesamthaft als Robotersystem. Dafür werden sowohl Templates der AAS für die Typen der Module erstellt, als auch konkrete Instanzen für die tatsächlich verwendeten Einheiten.

3.2 Anwendungsszenarien des digitalen Zwillings

Die Zielsetzung einer modularen und vernetzten Produktionsressource für das dargestellte Robotersystem lässt sich anhand von drei übergeordneten Anwendungsszenarien beschreiben. Sie definieren, welchen Nutzen der digitale Zwilling für die Gesamtheit eines Produktionssystems hat.

Das erste Anwendungsszenario beschreibt die Einbindung des Robotersystems in ein vernetztes Montagesystem. Notwendig ist dafür die Bereitstellung von Schnittstellen für übergeordnete Produktionsmanagement-Software, wie Enterprise Resource Planning Systems (ERP) und Manufacturing Execution Systems (MES), für die virtuelle Repräsentation des zu montierenden Produkts sowie für Data-Analytics-Applikationen. Der digitale Zwilling ermöglicht diese Integration durch eine einheitliche Beschreibung der Eigenschaften, Betriebsdaten und Funktionen des Robotersystems und seiner Komponenten in Form von Informations- und

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-03-23 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access -

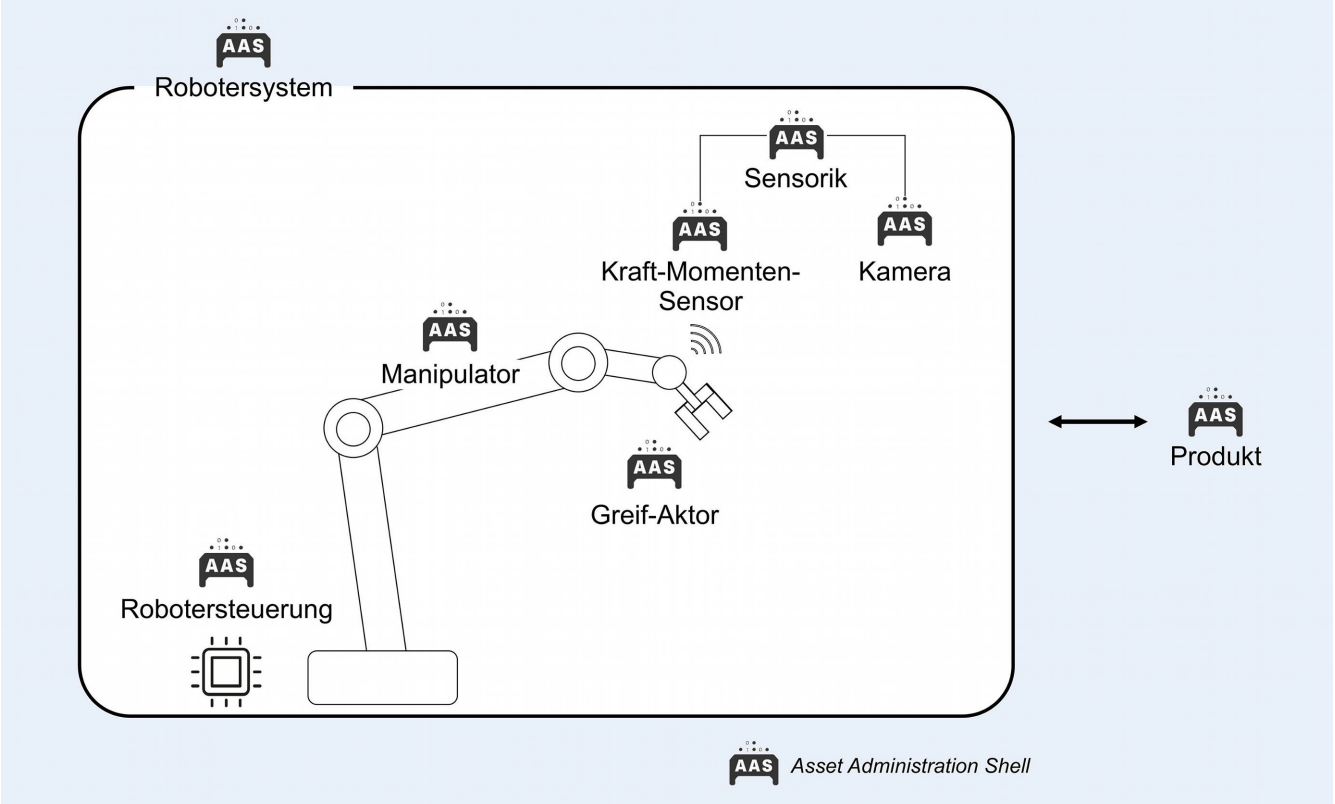

Bild 2. Module und AAS des Robotersystems. *Grafik: Fraunhofer IGCV*

Funktionsmodellen. Dies schafft die Voraussetzung für eine Abfrage und einen Aufruf der Funktionen im Sinne einer Selbststeuerung der Produktion.

Die semantisch einheitliche Beschreibung der Eigenschaften der Systemkomponenten befähigt zur Umsetzung des zweiten Anwendungsszenarios. Für die eigenständige Konfiguration des Robotersystems muss sichergestellt sein, dass die Auswahl einer passenden Komponentenalternative (zum Beispiel unter verschiedenen Greif-Aktoren oder Sensoren) automatisiert durchführbar ist. Eine Beschreibung der Eigenschaften der Komponenten sowie deren Bereitstellung über eine Schnittstelle ermöglicht dies.

Das dritte Anwendungsszenario umfasst die Erweiterung der Fähigkeiten des digitalen Zwillings um beschreibende, prädikative und präskriptive Modelle auf der Grundlage von Betriebsdaten zur Verbesserung der Produkt- und Prozessqualität. Die Anwendung prädikativer Datenanalysen ermöglicht es beispielsweise, unmittelbar innerhalb des Gesamtsystems Eingangsdaten für die Produktionsplanung und -steuerung aus den Betriebsdaten zu extrahieren. Entsprechende Data-Analytics-Fähigkeiten werden in Form von Applikationen flexibel in den digitalen Zwilling integriert. So wird eine Skalierbarkeit des Zwillings auf unterschiedliche Anwendungen und Funktionen sichergestellt.

4 Konzipierung und Implementierung des digitalen Zwillings

Zur Umsetzung der definierten Anwendungsszenarien wurden die Informationsmodelle der Komponenten des Robotersystems als AAS erstellt und eine Softwarearchitektur für den digitalen Zwilling definiert und exemplarisch implementiert.

4.1 Erstellung von Informations- und Funktionsmodellen

Die AAS der Komponenten des Robotersystems wurden nach dem in **Bild 3** beschriebenen Prozess erstellt.

Dies ist unabhängig von der Zielsetzung des AAS-Designs und kann daher auch für andere Anwendungen als das vorliegende Anwendungsbeispiel genutzt werden. Dabei ist es irrelevant, ob es sich um den Entwurf von Templates oder Instanzen der AAS handelt. Die Erstellung der Informations- und Funktionsmodelle gemäß diesem Prozess schafft die Grundlage für das erste Anwendungsszenario. Ausgangspunkt des Prozesses ist die Ableitung der notwendigen Informationsbedarfe. Eine Person mit Anwendungsexpertise bestimmt, welche beschreibenden Informationen für das zu modellierende Objekt nötig sind, um den gewünschten Zweck erfüllen zu können. Das können etwa im Falle eines Typenschilds Informationen über den Hersteller eines Objekts sein. Ergebnis dieses Prozessschritts ist eine Datenpunktliste, die neben den Informationsbedarfen eine Beschreibung, eine Gruppierung in aussagekräftige Kategorien sowie die zugehörigen Einheiten enthält.

Darauf aufbauend erstellt eine Person mit AAS-Modellierungsexpertise unter Verwendung eines AAS-Modellierungseditors, wie dem „AASX Package Explorer“, die AAS. Neben der Datenpunktliste fließen die AAS-Spezifikationen [13, 14], die standardisierten AAS-Teilmodell-Templates sowie der ECLASS-Standard [15] in die Erstellung ein. Die AAS-Spezifikationen beschreiben den semantischen Aufbau der AAS. Die Teilmodell-Templates standardisieren einzelne Teilmodelle zur Erfüllung von bestimmten Anwendungszwecken. Soweit vorhanden werden diese Standards verwendet, um eine Interoperabilität der AAS zu gewährleisten.

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-03-23 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

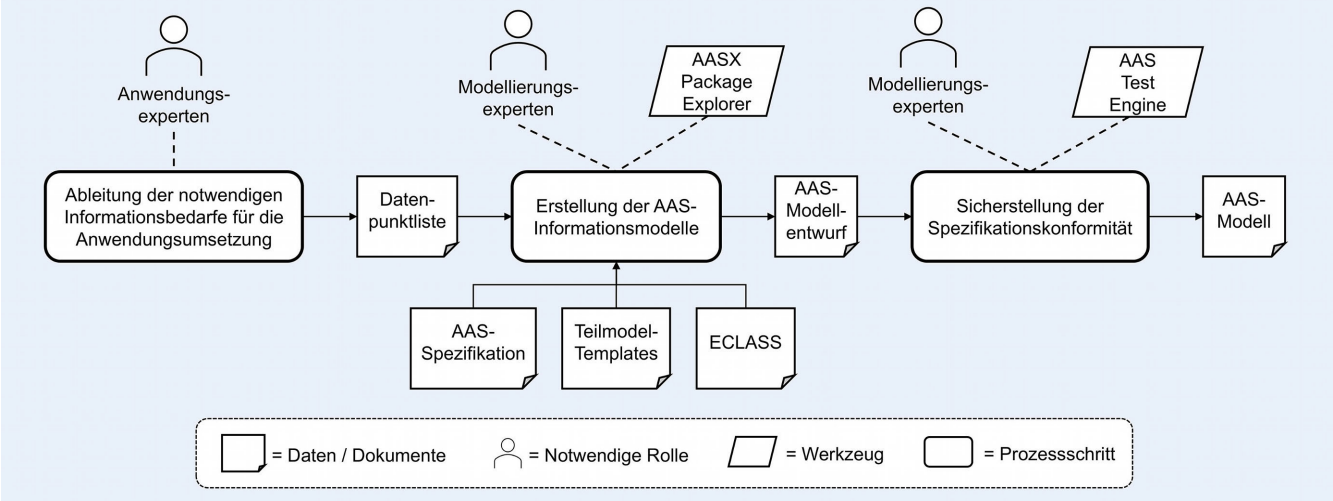

Bild 3. Prozess der Erstellung von AAS-Modellen. *Grafik: Fraunhofer IGCV*

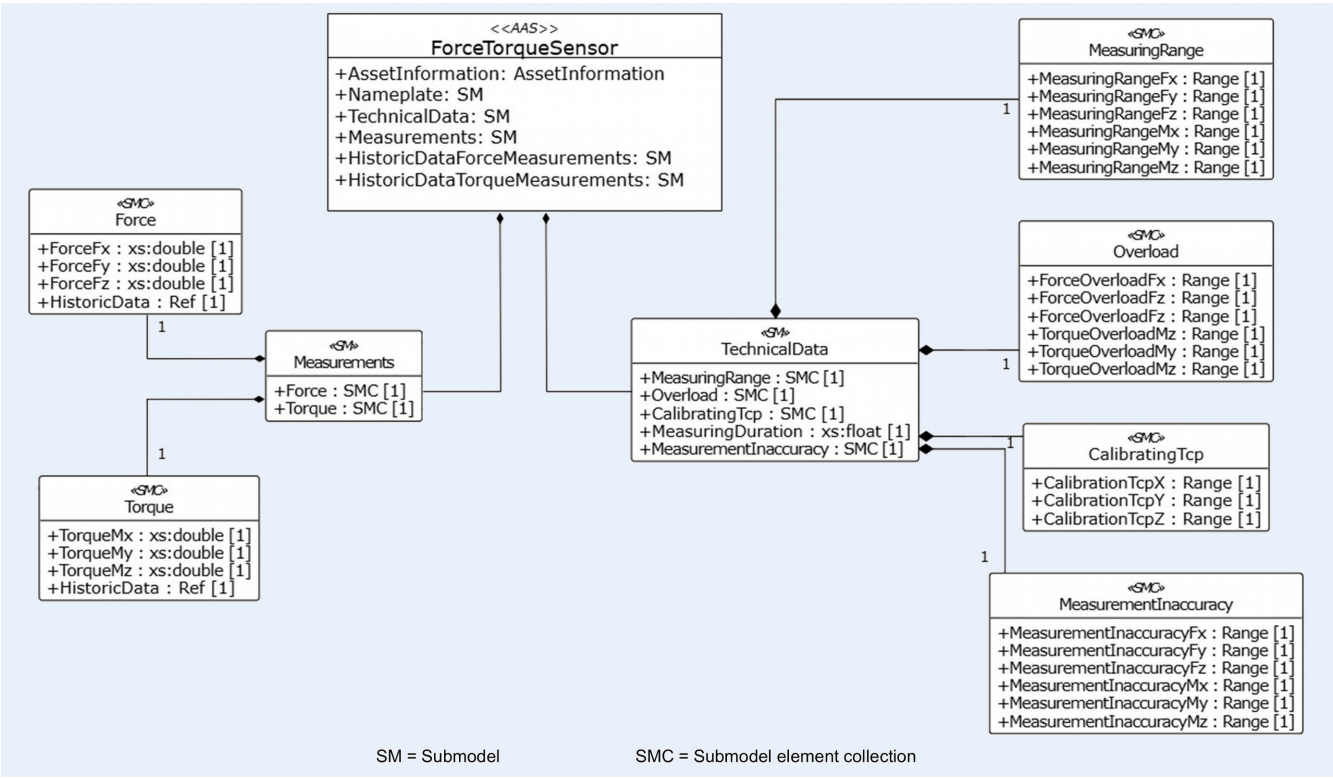

Bild 4. Ausschnitt des UML-Diagramms des Kraft-Momenten-Sensors. *Grafik: Fraunhofer IGCV*

Ebenso werden im ECLASS-Standard die Beschreibungen von Produkten und Dienstleistungen standardisiert. Sind für Informationen der Datenpunktliste passende ECLASS-Merkmale vorhanden, werden diese bei der Erstellung der Informationsmodelle berücksichtigt. Mit Abschluss der Erstellung der Informationsmodelle liegt ein AAS-Modellentwurf vor.

Im dritten und letzten Schritt wird für diesen Entwurf die fehlerfreie Konformität mit der AAS-Spezifikation sichergestellt. Die Behebung möglicher Verstöße ist Voraussetzung für das maschinelle Aufrufen und Auslesen der AAS und somit die Interoperabilität. Eine Person mit AAS-Modellierungsexpertise prüft mithilfe eines automatisierten Überprüfungswerkzeugs, wie der „AAS Test Engine“, den AAS-Entwurf auf Verstöße. Mit der Behebung eventuell vorhandener Verstöße ist bei Abschluss des Prozesses ein spezifikationskonformes AAS-Modell fertiggestellt. Das Informationsmodell der AAS des Kraft-Momenten-Sensors des Robotersystems ist in **Bild 4** in Unified Modeling Language Notation (UML) dargestellt.

Das Diagramm zeigt exemplarisch das Ergebnis der Modellierung der Robotersystemkomponenten. Für alle Komponenten wurde ein AAS-Template entworfen und anhand dessen eine konkrete Instanz für das Objekt modelliert, das im Demonstratoraufbau des Forschungsprojekts verwendet wird. So wird die im zweiten Anwendungsszenario beschriebene Modularität des Gesamtsystems erreicht. Anhand des Templates erfolgt der Entwurf alternativer Systemkomponenten und diese können nach

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-03-23 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

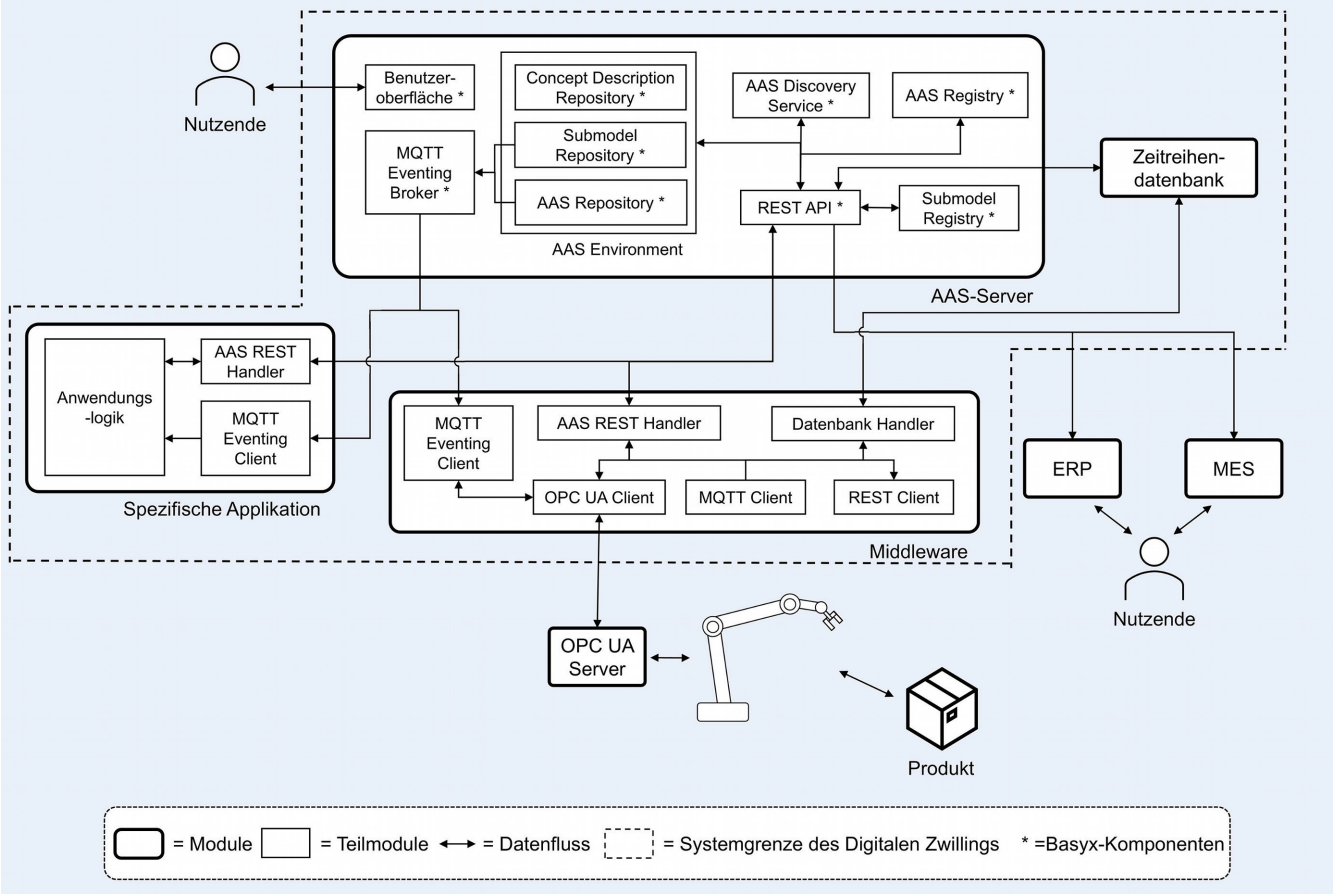

Bild 5. Softwarearchitektur des digitalen Zwillings. *Grafik: Fraunhofer IGCV*

einer automatisierbaren Eignungsprüfung in das Gesamtsystem integriert werden.

Für den Kraft-Momenten-Sensor wurden die standardisierten Teilmodelle „Digital Nameplate for Industrial Equipment“ [16], „Generic Frame for Technical Data for Industrial Equipment in Manufacturing“ [17] und „Time Series Data“ [18] verwendet. Außerdem wurde ein individuelles Teilmodell „Measurements“ entworfen. Die AAS des Kraft-Momenten-Sensors enthält folgende Teilmodelle:

- Nameplate (Meta-Informationen zum Produkt, der Herstellung und dem Hersteller),
- TechnicalData (Beschreibung der technischen Eigenschaften des Sensors),
- Measurements (aktuelle Messwerte des Sensors),
- HistoricDataForceMeasurements (historische Kraftmesswerte des Sensors) und
- HistoricDataTourqueMeasurements (historische Momentenmesswerte des Sensors).

Zur Vereinfachung des Bilds sind nur die Teilmodelle „Measurements“ und „TechnicalData“ abgebildet.

In „Measurements“ werden die aktuellen Messwerte des Sensors abgebildet, inklusive einer Referenz auf die Time-Series-Teilmodelle „HistoricDataForceMeasurements“ und „HistoricDataTourqueMeasurements“, welche historische Messungen enthalten. Das Teilmodell „TechnicalData“ beschreibt die definierenden technischen Eigenschaften des Sensors.

4.2 Asset-Administration-Shell-basierte Softwarearchitektur

Die Softwarearchitektur des digitalen Zwillings zeigt **Bild 5**. Hauptbestandteil der Architektur sind der AAS-Server, spezifische Applikationen, eine Zeitreihendatenbank, die Middleware sowie das Robotersystem mit einem zugehörigen OPC-UA-Server. Weiter sind beispielhaft angrenzende Systeme wie ERP und MES dargestellt.

Der AAS-Server enthält alle nötigen Komponenten, um die entworfenen AAS der Elemente des Robotersystems zu verwalten. Innerhalb des „AAS Environments“ werden die inhaltlichen Beschreibungen der einzelnen AAS, der Teilmodelle („Submodels“) und der semantischen Definitionen der AAS-Elemente („Concept Descriptions“) gespeichert und bei Bedarf angepasst. Mithilfe der „Registry“-Teilmodule und dem „Discovery Service“ können diese Bestandteile der AAS über das „Representational State Transfer Application Programming Interface“ (REST API) entsprechend API-Spezifikation der Industrial Digital Twin Association (IDTA) [19] aufgerufen werden. Die REST API bildet den einheitlichen Zugriffspunkt der weiteren Module der Softwarearchitektur zum AAS-Server. Zudem kann darüber auch ein Zugriff auf die AAS von außerhalb des Gesamtsystems erfolgen, etwa zum Abruf von Daten eines digitalen Zwillings des Produkts. Die zweite Schnittstelle, die der AAS-Server bereitstellt, ist der „Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) Eventing Broker“, über den Änderungen innerhalb der Informationsmodelle veröffentlicht werden. Änderungen können dabei das Hinzufügen neuer AAS, neuer

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-03-23 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

Teilmodelle, oder auch Veränderungen einzelner Werte sein. Für den Nutzenden ist der Zugriff auf den AAS-Server und die darin enthaltenen Informationen über eine Benutzeroberfläche möglich. Die beiden beschriebenen Schnittstellen erfüllen die Voraussetzungen für das erste Anwendungsszenario.

Die Middleware verwaltet den Fluss von dynamischen Daten innerhalb des digitalen Zwillings. Protokollspezifische Teilmodule („Clients“) ermöglichen die Anbindung an Datenquellen, wie den OPC-UA-Server des Robotersystems. Darüber erhaltene dynamische Daten, wie etwa Sensormesswerte, werden vom jeweiligen Client an die „AAS REST Handler“ und das Datenbank-Handler-Teilmodul weitergegeben, um schließlich an den AAS-Server und die Zeitreihendatenbank übergeben zu werden. So können die Live-Daten über den AAS-Server zur Verfügung gestellt sowie in der Zeitreihendatenbank gespeichert werden. Der Zugriff auf die Zeitreihendatenbank geschieht über die REST API des AAS-Servers. In den Time-Series-Teilmodellen der AAS sind die Zugriffspunkte für die in der Zeitreihendatenbank gespeicherten historischen Daten abrufbar. Das „MQTT Eventing Client“-Teilmodul der Middleware empfängt die vom zugehörigen Broker veröffentlichten Änderungen der AAS und gibt diese zum OPC-UA-Client weiter. So wird der Rückfluss von Informationen vom digitalen Zwilling zum Robotersystem möglich. Dadurch können – entsprechend dem dritten Anwendungsszenario – durch Datenanalysen beispielsweise prädikative Modelle erstellt werden, die eine genauere Produktionsplanung oder Optimierungen der Fahrweise für ein schnelleres Handling ermöglichen.

Entsprechende Optimierungen können das Resultat einer spezifischen Applikation sein. Diese Applikationen greifen über die REST API und den MQTT Eventing Broker auf die AAS zu. Die Daten werden in einer Anwendungslogik verarbeitet und gegebenenfalls an den AAS-Server zurückgegeben. Eine Rückgabe von Daten kann erfolgen, um wie genannt die Fahrweise des Robotersystems anzupassen, oder um anderen Applikationen den Zugriff auf die verarbeiteten Daten zu ermöglichen.

Die Applikationen können unterschiedliche Ziele verfolgen, wie etwa die Analyse der Systembewegungen, um nichtwertschöpfende Zeiten zu reduzieren. Die standardisierten REST- und MQTT-Schnittstellen ermöglichen Interoperabilität des Systems und somit die aufwandsarme Einbindung weiterer Applikationen, um die Funktionen des digitalen Zwillings zu erweitern. Durch spezifische Applikationen kann zudem das zweite Anwendungsszenario – die automatisierte Konfiguration des Gesamtsystems – umgesetzt werden. Dazu werden die in den spezifischen AAS beschriebenen Eigenschaften der einzelnen Module mit den jeweiligen Anforderungen verglichen. Erfordert beispielsweise ein Produkt einen anderen Greifer als jenen, der bisher verwendet wird, kann automatisiert nach einem neuen Greifer mit den nötigen Eigenschaften über die AAS gesucht und dieser für das Gesamtsystem ausgewählt werden.

Der Zugriff auf die AAS aus den an den digitalen Zwilling angrenzenden Systemen, wie ERP und MES, erfolgt ebenfalls über die REST-Schnittstelle. Darüber können die aus den Nutzungsszenarien abgeleiteten Daten des Robotersystems, etwa für die Kapazitätsplanung oder die Produktionssteuerung, abgerufen werden.

Die Umsetzung der beschriebenen Softwarearchitektur erfolgte mithilfe der Programmiersprache Python (Middleware und spezifische Applikationen), die Bereitstellung der Module durch Containerisierung über Docker. So wird eine skalierbare und auf verschiedene Betriebssystemumgebungen portable Implementierung sichergestellt. Insbesondere in Hinblick auf die spezifischen Applikationen birgt dies den Vorteil, dass Applikationen verschiedener Herkunft eingebunden werden können. Für die Umsetzung des AAS-Servers wurden das „Eclipse Basyx“-Framework und die daraus erzeugten Docker Images verwendet. Die Erstellung der AAS des Kraft-Momenten-Sensors zeigt bereits die Möglichkeit einer einheitlichen Beschreibung und virtuellen Abbildung der Systemkomponenten entsprechend des zweiten Anwendungsszenarios. Die Validierung der Softwarearchitektur anhand dieses und der beiden weiteren Anwendungsszenarien wird im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts erfolgen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag beschreibt eine konkrete und unmittelbar anwendbare Softwarearchitektur zur Abbildung eines Robotersystems mittels AAS, verbunden mit einem Prozess zur Unterstützung der Informationsmodellierung. Der Standard der AAS sorgt für eine interoperable Vernetzung in virtuellen Umgebungen. Dabei wird auch der modulare Aufbau des Robotersystems berücksichtigt, und so eine eigenständige Konfiguration und Ausführung von Montagearbeiten ermöglicht.

In zukünftigen Arbeiten im Rahmen des Forschungsprojekts KoKIRo werden Lösungen zur datengetriebenen Modellierung und Bereitstellung von Informationen für das Produktionsmanagement entwickelt und implementiert. Dies umfasst beispielsweise Kapazitätsparameter zur Unterstützung der Bedarfsplanung im ERP und Feinterminierung im MES. Zudem kann die definierte Softwarearchitektur in weiteren Anwendungen außerhalb des Forschungsprojekts implementiert und validiert werden.

FÖRDERHINWEIS

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) für die Förderung des Verbundprojekts „KoKIRo“ im Rahmen der Förderlinie „Digitalisierung“ des bayrischen Verbundforschungsprogramms (BayVFP).

Literatur

[1] Sjarov, M.; Lechler, T.; Fuchs, J. et al.: The Digital Twin Concept in Industry – A Review and Systematization. 2020 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Vienna, Austria, 2020, pp. 1789–1796

[2] Hermann, M.; Pentek, T.; Otto, B.: Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, HI, USA, 2016, pp. 3928–3937

[3] Bergs, T.; Gierlings, S.; Auerbach, T. et al.: The Concept of Digital Twin and Digital Shadow in Manufacturing. Procedia CIRP 101 (2021) 3, pp. 81–84

[4] ISO 23247: Automation systems and Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing. Englische Fassung, Ausgabe Oktober 2021

[5] Zimmermann, P.; Gerber, K.; Seyler, J. R.: A Concept for Selecting Suitable Resources in Automated Assembly Systems. 2021 IEEE 26th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Vasteras, Sweden, 2021, pp. 1–8

[6] DIN SPEC 91345: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0). Deutsche Fassung, Ausgabe April 2016

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-03-23 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

[7] Xu, W.; Cui, J.; Li, L. et al.: Digital twin-based industrial cloud robotics: Framework, control approach and implementation. Journal of Manufacturing Systems 58, Part B (2021), pp. 196–209
[8] Saavedra Sueldo, C.; Perez Colo, I.; Paula, M. de et al.: ROS-based architecture for fast digital twin development of smart manufacturing robotized systems. Annals of Operations Research 322 (2023) 1, pp. 75–99
[9] Tantik, E.; Anderl, R.: Integrated Data Model and Structure for the Asset Administration Shell in Industrie 4.0. Procedia CIRP 60 (2017) 10, pp. 86–91
[10] Walter, J.; Grau, S.; Raczok, T. et al.: Bringing the new class of cable-driven parallel robots to the world of industrial cyber-physical systems based on RAMI 4.0. 2022 IEEE 5th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS), Coventry, United Kingdom, 2022, pp. 1–6
[11] Inigo, M. A.; Porto, A.; Kremer, B. et al.: Towards an Asset Administration Shell scenario: a use case for interoperability and standardization in Industry 4.0. NOMS 2020–2020 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium, Budapest, Hungary, 2020, pp. 1–6
[12] Ye, X.; Hong, S. H.; Song, W. S. et al.: An Industry 4.0 Asset Administration Shell-Enabled Digital Solution for Robot-Based Manufacturing Systems. IEEE Access 9 (2021), pp. 154448–154459
[13] IDTA: Specification of the Asset Administration Shell. Part 1: Metamodel. Internet: industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2024/06/IDTA-01001–3–0–1_SpecificationAssetAdministrationShell_Part1_Metamodel.pdf. Zugriff am 11.02.2025
[14] IDTA: Specification of the Asset Administration Shell. Part 3a: Data Specification – IEC 61360. Internet: industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2024/07/IDTA-01003-a-3–0–2_SpecificationAssetAdministrationShell_Part3a_DataSpecification_IEC613601.pdf. Zugriff am 11.02.2025
[15] ECLASS: ECLASS 14.0. Internet: eclass.eu/eclass-standard/content-suche. Zugriff am 11.02.2025
[16] IDTA: Digital Nameplate for Industrial Equipment. Internet: industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2024/11/IDTA-02006–3–0_Submodel_Digital-Nameplate.pdf. Zugriff am 11.02.2025
[17] IDTA: Generic Frame for Technical Data for Industrial Equipment in Manufacturing. Internet: industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2022/10/IDTA-02003–1–2_Submodel_TechnicalData.pdf. Zugriff am 11.02.2025
[18] IDTA: Time Series Data. Internet: industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2023/03/IDTA-02008–1–1_Submodel_TimeSeriesData.pdf. Zugriff am 11.02.2025
[19] IDTA: Specification of the Asset Administration Shell. Part 2: Application Programming Interfaces. Internet: /industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2024/10/IDTA-01002–3–0–3_SpecificationAssetAdministrationShell_Part2_API.pdf. Zugriff am 11.02.2024

Lukas Wittmann, M.Sc.
lukas.wittmann@igcv.fraunhofer.de
Tel. +49 821 / 90678-316
Foto: Fraunhofer IGCV

Mario Luber, M.Sc.

Simon Philipp, M.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Johannes Schilp

Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV
Am Technologiezentrum 10, 86159 Augsburg
www.igcv.fraunhofer.de

LIZENZ

Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-03-23 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access -