Marktanalyse

**Wurden bereits vergleichbare Projekte und Ansätze durchgeführt**

|  |  |
| --- | --- |
| **Rahmen:** | MSE-Master-Thesis an der BFH |

|  |  |
| --- | --- |
| **Titel** | Skill-basierte Aufgabenplanung für Roboter in Handarbeitsplätzen von Herstellungs-prozessen |

|  |  |
| --- | --- |
| **Beschreibung:** | Innerhalb der Master-Thesis wurde für die Firma Ypsomed AG eine spezifische Anwendung mit skill-basierter Aufgabenplanung umgesetzt. Das Ziel dieser Arbeit war eine Roboterlösung zu entwickeln, die einen raschen Einsatz eines Roboters in der Produktion zum Automatisieren verschiedener und wechselnder Aufgaben ermöglicht. Dafür wurden die Teilaufgaben durch parametrierbare Skills umgesetzt, wodurch komplexe Prozessabläufe abgebildet werden konnten.  Das Projekt setzte einen UR5e-Roboter ein. Weitere Hardwarekomponenten waren ein Greifer und eine Vision-System. Als wichtiges Softwareframework wurde ROS eingesetzt. Jedoch gab es noch weitere Software-Komponenten, welche für das Projekt eingesetzt wurden und miteinander interagiert haben. Das Projekt setze sich mit Themen das Lokalisieren der Objekte, das Berechnen des Griffs und das Planen des Roboterablaufs auseinander.  Die Grundfunktionalitäten, welche sich aus der vorgegebenen Anwendung der Firma Ypsomed AG ergaben, wurden als Skills umgesetzt. Die Logik des Skills wurde als Zustandsmaschine aufgebaut.  Der umgesetzte Prototyp funktionierte für die definierte Anwendung. Einige Funktionalitäten wurden jedoch noch nicht ganz umgesetzt und die Ausführungszeiten des Prozesses sind höher als bei einer händischen Durchführung. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Erkenntnisse:** | * Allgemeine Idee des skill-basierten Ansatzes hat funktioniert * Könnte als Referenz für mögliche Skill-Definition dienen (Parameter/Variablen) * Die umgesetzte Lösung könnte auch mit einer SPS-Schnittstelle betrieben werden * Thematik der Trennung zwischen Prozess und Anlage wurde als zukünftiger Schritt definiert. Im Moment ist die Struktur anlagenspezifisch. * Die umgesetzte Lösung setzt auf viele unterschiedliche Software-Tools mit entsprechenden Schnittstellen |

|  |  |
| --- | --- |
| **Rahmen:** | International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) |

|  |  |
| --- | --- |
| **Titel** | SkiROS2: A skill-based Robot Control Platform for ROS |

|  |  |
| --- | --- |
| **Beschreibung:** | Das Dokument beschreibt SkiROS2, welches eine skill-basierte Robotersteuerungs-plattform auf Basis von ROS darstellt. Die Struktur wurde darauf ausgelegt, kleine Batchgrössen, welche komplexe Abläufe benötigen, umzusetzen. Die Architektur von SkiROS2 besteht aus einem Skill Manager und einem World Model, welche das Kernsystem bilden.    Mit dieser Struktur ist es möglich, mehrere Roboter zu steuern und miteinander zu synchronisieren. Das World Model speichert Instanzen der aktuellen Situation. Es enthält semantische Informationen über Roboter, Objekte und Orte und bietet eine API für das Lesen und Schreiben von Daten. Es kann zur Planung und Parametrisierung von Skills genutzt werden. Jeder Roboter hat einen eigenen Skill Manager, der Skills aus Bibliotheken lädt, diese initialisiert und überwacht. Er übernimmt auch die Ausführung und teilt Aufgaben eindeutig zu.  Alle Skills besitzen die gleiche Struktur. Die Skill-Schnittstelle definiert die benötigten Parameter, wie auch die Pre-, Hold- und Post-Bedingung. Diese werden als Transitionen verwendet, welche den Skill starten, beenden oder abbrechen. Es wird zwischen zwei Skill-Arten unterschieden. Die «primitive» Skills sind Aktionen, welche vom System in der realen Welt ausgeführt werden (z.B. Greifen). Diese haben drei Zustände: «running», «success» und «failure». Die «compound» Skills stellen einen Zusammenschluss von «primitive» oder «compound» Skills dar und sind durch einen Ablauf definiert. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Erkenntnisse:** | * SkiROS2 scheint eine bereits sehr ausgereifte Umsetzung eines skill-basierten Ansatzes zu sein * Ein Grundwissen über ROS, der allgemeinen Struktur von SkiROS2 und das Programmieren in Python ist erforderlich, um es einsetzen zu können * Ansätze der Strukturierung können als Referenz für Thesis dienen |

|  |  |
| --- | --- |
| **Rahmen:** | Dissertation an der Universität Stuttgart |

|  |  |
| --- | --- |
| **Titel** | Prototypbasiertes Skill-Modell zur Programmierung von Robotern für kraftgeregelte Montageprozess |

|  |  |
| --- | --- |
| **Beschreibung:** | Die Arbeit zielt darauf ab, den Einsatz von Industrierobotern in Montage-anwendungen zu erleichtern, indem ein skill-basierter Ansatz zur Programmierung kraftgeregelter Montageprozesse entwickelt wurde.  Innerhalb der Arbeit wurde das komplette System entworfen. Die Skills werden in Bereich Koordination gehandhabt.    Für das Projekt wurde ein eigenes Skill-Modell entworfen, mit dem Namen «pitasc»  Das entwickelte Skill-Modell basiert auf drei Grundpfeilern: Abstraktion, Komposition und Vererbung. Hierbei wird eigentlich das Herunterbrechen der Funktionen des Systems auf anlagenunabhängige Parameter beschrieben.  Die Arbeit wurde für das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung erstellt. Das Institut bietet den pitasc-Systembaukasten mittlerweile zum Kauf an. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Erkenntnisse:** | * Das pitasc-Skill-Modell könnte für das Projekt spannend sein * Die Thematik der Positions-, Geschwindigkeits- und Kraftregelung kann ein relevanter Punkt werden (z.B. Aufstecken von Klemme auf DIN-Schiene). Die iTaSC-Formulierung könnte dafür hilfreich sein. * Das entworfene Skill-Modell ist anlagenunabhängig. * Die Software macht einen sehr komplexen Eindruck, was sich wahrscheinlich in der Anwendung und Bedienung widerspiegelt. * Das beschriebene System beinhaltet kein Vision-System |

|  |  |
| --- | --- |
| **Rahmen:** | Research-Paper des Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik |

|  |  |
| --- | --- |
| **Titel** | Flexible skill-based control for robot cells in manufacturing |

|  |  |
| --- | --- |
| **Beschreibung:** | Das Forschungsprojekt stellt die Methode zur Programmierung flexibler, auf Skills basierender Steuerungen für Roboteranwendung vor. Dabei wird stark auf die Vorteile einer solchen Methode eingegangen. Als Hauptvorteil wird die Fähigkeit angegeben, dass der Prozessablauf von Bedienern angepasst und erweitert werden kann, ohne den Steuerungscode zu ändern. Für Entwicklung der Methode wurde 4 Anforderungen gestellt: Erweiterbarkeit, Flexible Nutzbarkeit, Konfigurierbarkeit und Wieder-verwendbarkeit. Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurde die «skill-based control architecture (SBC)» angewendet, welche im Dokument «Evaluating Skill-Based Control Architecture for Flexible Automation Systems» von Kirill Dorofeev und Monika Wenger beschrieben wird.    Es wird auch darauf hingewiesen, dass es bereits Richtlinien des VDI gibt für die Standardisierung von Skills (VDI/VDE/NAMUR 2658). Wichtige Begriffe dieser Richtlinie sind PEA (Schnittstellen modularer Prozesseinheiten) und MTP (Module Type Package).  Innerhalb des Forschungsprojektes wurde ein Prototyp auf Basis von TwinCat umgesetzt (inkl. HMI). Ein spannender Aspekt des Systems ist die TwinCat-Hot-Connect-Funktionalität. Damit können Anlagenkomponenten während des Betriebs entfernt oder hinzugefügt werden. Dies kann für das Wechseln von Greifer während dem Betrieb relevant sein.  Das Projekt hat gezeigt, dass ein Aufbau mit der SBC-Struktur aufgebaut werden kann und funktioniert. Als weiterführende Arbeiten wurde definiert, dass das benötigte Wissen zur Anwendung von skill-basierten Ansätzen weiter verringert werden muss und das dabei das HMI eine wichtige Rolle spielt. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Erkenntnisse:** | * Das Projekt zeigt, dass eine solche Anwendung auf Basis von TwinCat umgesetzt werden kann. * Das entwickelte HMI kann als Referenz für die Thesis dienen * Die TwinCat-Hot-Connect-Funktionalität kann für das Projekt relevant sein * Die Richtlinie des VDI kann für das Projekt relevant sein * Die angewendete Struktur sieht die Einbindung von verschiedenem Kontroller vor (SPS, Python-Anwendungen) |

Die Analyse verdeutlicht, dass bereits zahlreiche Projekte zu diesem Thema durchgeführt wurden, die unterschiedliche Ansätze verfolgen. Diese reichen von reinen Forschungsprojekten bis hin zu Lösungen, die direkt in der Industrie Anwendung finden. Ein skill-basierter Ansatz gewinnt aufgrund neuer und spezifischer Anforderungen der Industrie zunehmend an Bedeutung.

Die Implementierung eines vollständig skill-basierten Systems umfasst viele unterschiedliche Aspekte, wobei die gewählte Struktur eine zentrale Rolle spielt. Es gibt jedoch zahlreiche Punkte, die für diese Arbeit als Referenz dienen und im Vorfeld geklärt werden müssen. Der Umfang des Themas verdeutlicht, wie wichtig es ist, die Anforderungen an das System präzise zu definieren.

Keines der analysierten Projekte hat die ISA-88-Norm als Grundlage für seine Struktur verwendet. Die Anwendung dieser Norm auf ein skill-basiertes System stellt daher eine innovative Herangehensweise dar.

**Was beschreibt die Richtlinie** **VDI/VDE/NAMUR 2658**

Die Richtlinie beschreibt das Engineering der Automatisierungstechnik modularer Anlagen, insbesondere in der Verfahrenstechnik. Sie behandelt sowohl das Modulengineering als auch das Anlagenengineering. Das Module Type Package (MTP) dient zur Definition und Beschreibung der Schnittstellen und Funktionen der Module, was die Integration in eine Prozessführungsebene ermöglicht. Die Schwerpunkte der Richtlinie umfassen:

* Allgemeines Konzept des modularen Anlagenengineerings
* Zustands- und Dienstmodelle modularer Anlagen
* Aufbau und Struktur des MTP
* Schnittstellen zwischen den Moduldiensten und der Prozessführungsebene (PFE)
* Definition des MTP-Manifests und der Kommunikationsschnittstellen (z. B. OPC UA)
* Modellierungsvorgaben zur Erstellung des MTP-Manifests und der Kommunikationsbeschreibung.

Ziel der Richtlinie ist es, die Integration von Feldgeräten zu vereinfachen, damit sie effizient und reibungslos mit anderen Systemen zusammenarbeiten. Die Richtlinie stellt sicher, dass die Geräte herstellerunabhängig funktionieren und Daten, wie Mess- oder Diagnosedaten, standardisiert ausgetauscht werden können. Dabei werden nicht nur die Integration in Planungs- und Engineering-Software, sondern auch der Betrieb in Prozessleitsystemen sowie der gesamte Lebenszyklus der Geräte, von der Planung über den Betrieb bis zur Wartung, berücksichtigt. Dadurch können Fehler reduziert und der Aufwand für Inbetriebnahme und Wartung minimiert werden.

**Was ist MTP**

MTP steht für Module Type Package und definiert standardisierte Schnittstellen zwischen Anlagenmodulen. Innerhalb eines Systems gibt es verschiedene Module, welche für eine spezielle Prozessfunktion zuständig sind. Dieses Modul wird als Functional Equipment Assembly (FEA) bezeichnet und bildet ein eigenes, geschlossenes System mit Schnittstellen gegen aussen und innen.

**Ein Bild, das Text, Screenshot, Maschine, Design enthält.

Automatisch generierte Beschreibung**

Ein System besteht aus mindestens einem FEA und bildet das Process Equipment Assembly (PEA). Innerhalb des PEA können FEA entfernt oder hinzugefügt werden. Das MTP definiert eine einfache Konfiguration und Implementation der Anlagenmodule. MTPs definieren die Eigenschaften und Schnittstellen dieser Module. Das Prozessleitsystem liest die MTPs und nutzt diese, um einen Prozessablauf an die Anlagenmodule zu delegieren. Die gesamte Anlage ist dadurch flexibel einsetz- und erweiterbar. [[1]](#footnote-1)

Das MTP-Prinzip wird bis jetzt hauptsächlich in der Verfahrenstechnik eingesetzt. Unternehmen wie Beckhoff, ABB oder Siemens bieten MTP-Pakete für Ihre Systeme an.

Die standardisierte Schnittstellendefinition könnte als Referenz für die Thesis verwendet werden. Jedoch muss die Richtlinie (VDI/VDE/NAMUR 2658) gekauft werden und steht im Moment nicht zur Verfügung.

**Was ist der PLCopen-Standard**

Der PLCopen-Standard ist eine internationale Initiative zur Standardisierung von Programmiersprachen und Funktionen einer SPS. Ziel von PLCopen ist es, die Programmierung, Entwicklung und Wartung von Steuerungssystemen zu vereinfachen und zu vereinheitlichen, um die Kompatibilität zwischen verschiedenen SPS-Systemen und Herstellern zu verbessern. Der PLCopen-Standard ergänzt die Norm IEC 61131-3, indem Bibliotheken, Modelle und Richtlinien zur Verfügung gestellt werden, die auf diesen Normen basieren und die Programmierung einer SPS noch effizienter gestalten.

Die Richtlinie gibt auch einen Ansatz vor, wie Funktionsbausteine definiert werden können. Dabei wird zwischen zwei Arten von Funktionsbausteinen unterschieden. Der pegelgesteuerte Funktionsbaustein bleibt aktive so lange das Triggersignal aktiv ist. Der flankengesteuerte Funktionsbaustein wird bei einer Flanke aktiv und bleibt aktiv. Die Basisdefinition dieser Funktionsbausteine sieht wie folgt aus:

Ein Bild, das Text, Screenshot, Schrift, Reihe enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Diese Basisdefinition kann beliebig erweitert werden, z.B. mit einer Abort-Funktionalität. Das Verhalten der Funktionsbausteine wird anhand des aufgeführten Diagramms erklärt. Die Variable «eState» gibt dabei den momentanen Zustand des Funktionsbausteins als Eigenschaft wieder.

Der Ansatz der Funktionsbausteindefinition kann für gewisse Aspekte der Thesis relevant sein. Falls Skills als Funktionsbausteine definiert werden, könnte diese Definition helfen, diese übersichtlich und gleich zu strukturieren.

**Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, parallel enthält.

Automatisch generierte Beschreibung**

1. <https://prozesstechnik.industrie.de/mtp/mtp-lexikon/>

   https://www.beckhoff.com/de-ch/produkte/automation/module-type-package-mtp/#:~:text=Das%20Module%20Type%20Package%20(MTP,modularer%20Automatisierungsl%C3%B6sungen%20der%20Zukunft%20dar. [↑](#footnote-ref-1)