

Promotionsvorhaben: Flexible aufgabenorientierte Robotersteuerungen auf Basis der System Entity Structure / Model Base (SES/MB) und des Discrete Event System (DEVS) Formalismus



1. DIE SYSTEM ENTITY STRUCTURE FÜR DEN DEKLARATIVEN STEUERUNGSENTWURF

Die **System Entity Structure (SES)** ist eine Ontologie, welche einen beliebigen Gegenstandsbereich hierarchisch repräsentieren kann. Sie wird vielfach zur deklarativen Beschreibung von Metamodellen innerhalb der Simulationstechnik genutzt. Im Rahmen dieses Projektes wird die *System Entity Structure* zur deklarativen Beschreibung von Industrierobotersteuerungen einschließlich der unterlagerten Prozesse genutzt, insbesondere zur

- einfachen Darstellung des flexiblen Gesamtsystems,
- Strukturierung der Gesamtaufgabe in Teilaufgaben,
- modularen Umsetzung der Teilaufgaben
- Wiederverwendbarkeit, Anpassung und Wartung der Steuerung.

Sensorgeführte Robotersteuerungen sind oft hoch flexible Systeme. Im Rahmen dieses Projektes wird die SES zur Spezifikation des flexiblen **Gesamtsystems** eingesetzt. Dieses umfasst ein Steuerungsmodell, ein Prozessmodell und ein Prozessinterface zur Kommunikation zwischen Roboter-Controllern und externen Steuerungsrechnern.

Unter **Strukturierung** wird verstanden, dass ein Hauptsystem aus kleineren Teilsystemen komponiert wird, wobei alternative und kooperierende Teilaufgaben zur Lösung einer Gesamtaufgabe realisiert werden. Der Grundsatz der Strukturierung wird auf alle Komponenten einer flexiblen Steuerung angewendet. Die Abbildung zeigt eine vereinfachte **Steuerungs-SES** einer kooperativen Robotersteuerung, bestehend aus den Grundkomponenten: Prozessinterface, Prozessmodell und Steuerungsmodell. Das Ziel der aufgezeigten **Modularisierung** ist ein konsequent baukastenorientierter Steuerungsentwurf bis hin zur Steuerungsausführung. Die Blattknoten der Steuerungs-SES stellen nicht weiter zerlegbare (atomare) Basisaufgaben dar, welche durch Module realisiert und in einer **Modellbasis** abgelegt sind.

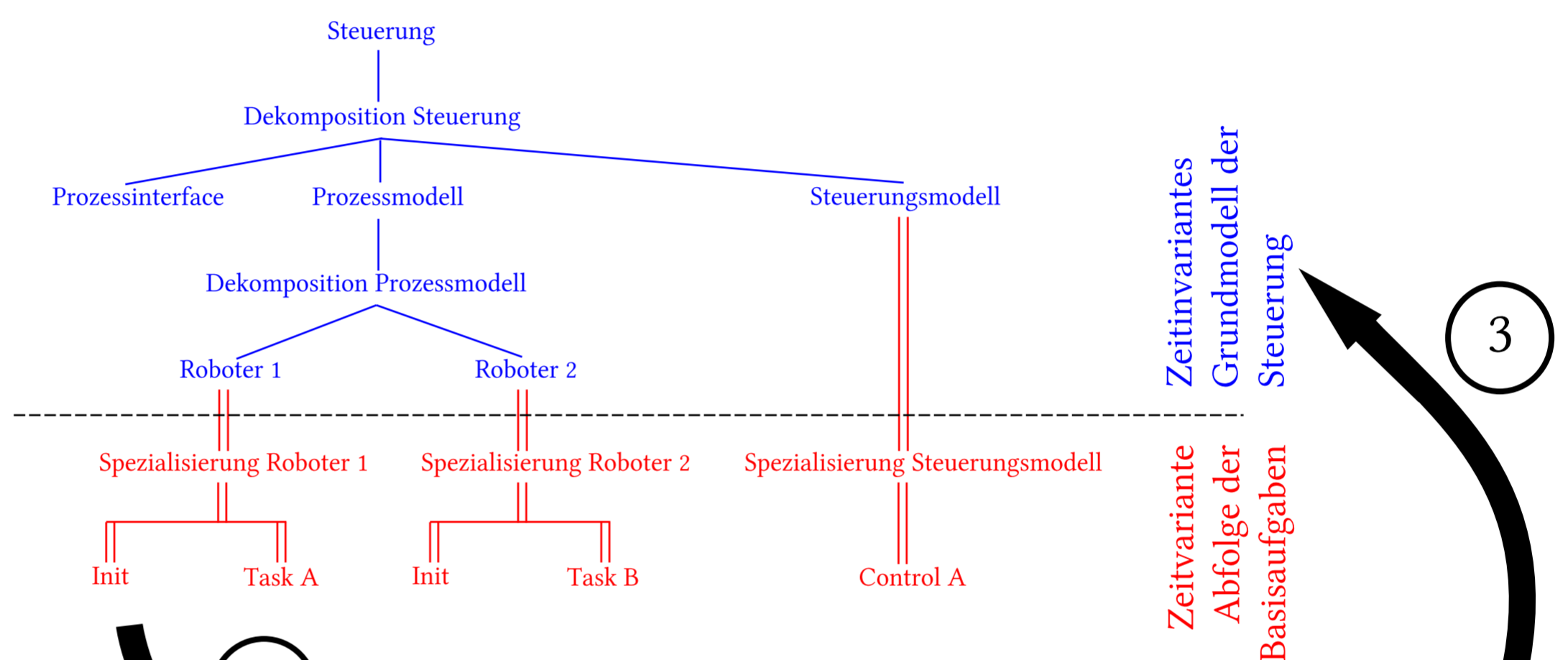
Aus der deklarativen Beschreibung und der strikten Modularisierung folgt eine einfache **Wiederverwendbarkeit, Anpassung und Wartung** der einzelnen Komponenten.

2. DER SIMULATIONSMODELLEBASIERTER STEUERUNGSANSATZ

Der **Simulationsmodellbasierte Steuerungsansatz** ist eine spezielle Form des Software in the Loop (SiL) Prinzips und ermöglicht die **durchgängige Nutzung von Simulationsmodellen** während der gesamten Steuerungsentwicklung. Simulationsmodelle aus der Entwurfsphase werden über die Automatisierungsphase schrittweise erweitert und unter Verwendung der impliziten Codegenerierung unmittelbar als Steuerungssoftware eingesetzt. Steuerungsalgorithmen aus der Entwurfsphase können demnach nahezu unverändert für eine reale Steuerung genutzt werden. Darüber hinaus ist eine Integration des Prozessmodells aus der Entwurfsphase, in Form eines Zustandsbeobachters, in der Steuerungssoftware möglich. Dieser Ansatz **vermeidet Reimplementierungen** und erhöht die Qualität von Steuerungen.

Ziel dieses Projektes ist eine Kombination der deklarativen Beschreibung von Steuerungen auf Basis der SES mit dem Simulationsmodellbasierten Steuerungsansatz und deren Anwendung im Bereich **aufgabenorientierter kooperierender Robotersteuerungen**.

Steuerungs-SES



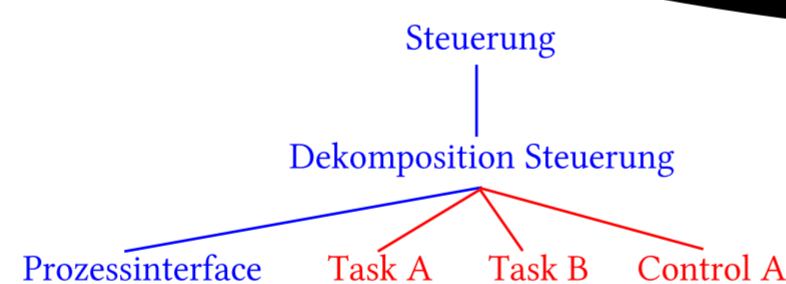
3. AUFGABENORIENTIERTE KOOPERATIVE ROBOTERSTEUERUNGEN

Die **aufgabenorientierte Roboterprogrammierung** gehört in die Gruppe der Offline-Programmierverfahren. Bei dieser Art der Roboterprogrammierung wird lediglich spezifiziert **WAS** ein Roboter ausführen soll und nicht **WIE** eine Aufgabe konkret umzusetzen ist. Eine kooperative Robotersteuerung umfasst mindestens zwei miteinander agierende Roboter. Gegenstand des Projektes sind flexible sensorgeführte Steuerungen bei denen temporäre Roboterprogramme durch einen Aufgabenplaner automatisch erzeugt werden. Daraus folgen eine Fülle von Anforderungen, wie z.B.:

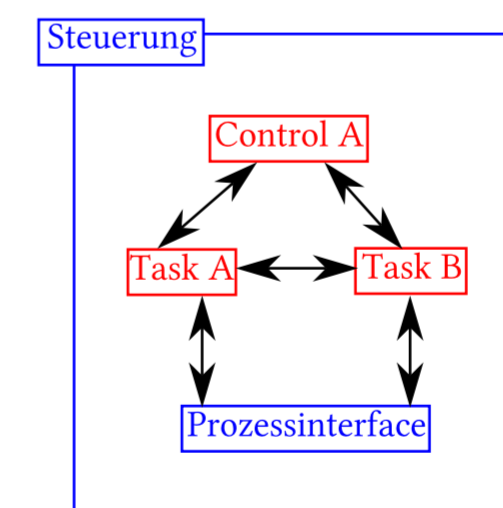
- eine Wissensbasis mit Fakten, Regeln und Algorithmen zur Fertigungsplanung
- Algorithmen zur Bahnplanung und Sensorintegration
- Synchronisationsmuster zur Koordination der Bewegungsfolge von Robotern gemäß den Umweltbedingungen (Umweltmodell), einschließlich anderer Roboter

Diese Anforderungen sollen mit dem Mittel der SES unter Anwendung der **Prädikatenlogik** und dem Simulationsmodellbasierten Steuerungsansatz umgesetzt werden. Die Nutzung spezifischer Algorithmen von Roboter-Controllern, wie z.B. Bewegungsbefehle oder die automatische Bahnplanung, wird mittels der impliziten Codegenerierung umgesetzt.

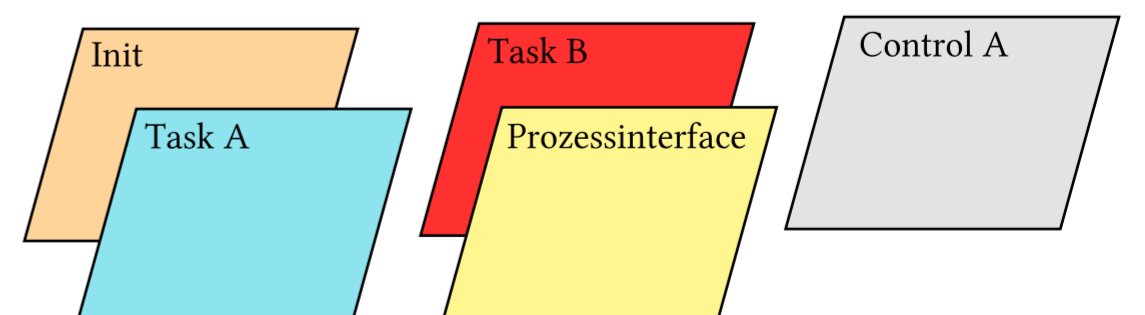
Flattened Steuerungs-PES



Ausführbares Steuerungsprogramm



Modellbasis



4. DIE GRUNDIDEE EINER ZEITVARIANTEN STEUERUNG

Mit der SES wird ein vollständiges **zeitinvariantes Grundmodell der Steuerung** (blau) spezifiziert. Das Grundmodell wird anschließend um die **zeitvarianten Aufgaben, in der Regel Basisaufgaben** (rot) der **Modellbasis** erweitert. Desweiteren beinhaltet die SES Informationen über Kopplungsbeziehungen der Teilsysteme und Teilaufgaben sowie spezifische Parameter und Randbedingungen. Die prinzipielle Funktionsweise lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- (1) Aus der Steuerungs-SES wird mittels eines **Parameter-/Zustandsvektors** die Struktur eines **temporären Steuerungsprogramms** abgeleitet (Flattened Steuerungs-PES).
- (2) Im nächsten Schritt werden aus der Struktur der temporären Steuerung und der Modellbasis ein **ausführbares Steuerungsprogramm** generiert und zur Ausführung gebracht.
- (3) Die Ausführung des temporären Steuerungsprogramms wird unterbrochen sobald zuvor definierte Ereignisse, z.B. Sensorsignale, eintreten. Diese führen zu einem veränderten Parameter-/Zustandsvektor und somit zu einer neuen temporären Steuerung. Dieser Vorgang wird **iterativ** fortgeführt bis ein definiertes Abbruchkriterium eintritt.