

# Einsatz von Multi-Agentensystemen zur Steigerung der Anlagenverfügbarkeit

In einem von der deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt mit der Universität Kassel wird eine werkzeugunterstützte Vorgehensweise entwickelt, die den Entwurf eines Agentensystems erlaubt. Ziel ist es, einen durchgängigen Entwurf verteilter Agentensysteme, die an die speziellen Anforderungen in der Automatisierungstechnik angepasst sind, zu ermöglichen. Diese Methodik soll den Entwickler von der systematischen Erhebung der Anforderungen und Systemanalyse bis hin zur Entwicklung und Implementierung unterstützen. Grundlage ist eine einheitliche Beschreibungsform auf Basis der SysML (Systems Modeling Language), welche die verschiedenen Aspekte in einem durchgängigen Systemmodell abbildet. Das erstellte Agentensystem wird direkt auf IEC 61131-3-konformen Steuerungen, ohne eine spezielle Agentenplattform, ablauffähig sein. Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser und Dipl.-Ing. Andreas Wannagat vom Fachbereich Embedded Systems der Universität Kassel geben einen Überblick über das Projekt.

Steigende Anforderungen an die Flexibilität von automatisierungstechnischen Anlagen, sei es durch eine variantenreiche Fertigung von Produkten mit geringer Losgröße oder die Steigerung der Verfügbarkeit durch die Erkennung und Kompensation auftretender Fehler zur Laufzeit und der zunehmend parallele Charakter der Automatisierungshardware, sei es durch die Verteilung von Steuerungsaufgaben im Feld oder den Einsatz von Steuerungen mit mehreren Rechenwerken (Multi-Core-CPU), sind mit klassisch-prozeduralen Ansätzen in Zukunft kaum noch zu bewältigen.

Erste Schritte, um die zunehmende Komplexität moderner Steuerungsprogramme zu bewältigen, sind mit dem Einzug objektorientierter Konzepte in die IEC 61131-3 gemacht. Andere Ansätze, welche die Modularisierung und Verteilung von Steuerungsaufgaben erleichtern, liegen der IEC 61499 zugrunde, konnten sich aber bisher nicht durchsetzen. Sowohl Objekte als auch Komponenten sind in der Anwendungsentwicklung schon seit Jahrzehnten erfolgreich im Einsatz. Mit dem Trend zu Mehrkernrechnerarchitekturen vollzieht sich aber auch hier ein Paradigmenwandel, der für automatisierungstechnische Lösungen, aufgrund ihrer oftmals verteilten Struktur, interessant sein dürfte.

## Flexibilisierung der Steuerungslösung durch Agenten

Das Konzept der Agenten bietet sowohl im Hinblick auf die Flexibilisierung einer Steuerungslösung als auch für die Verteilbarkeit auf mehrere Rechenwerke einige konzeptionelle Vorteile. Agenten erlauben einen intuitiven Zugang zu einer automatisierungstechnischen Lösung. Sie fassen, genau wie Objekte in der Objektorientierung, Strukturen und Funktionalität zusammen, verfügen darüber hinaus aber auch über ein autonomes Verhalten.

Im Rahmen einer automatisierungstechnischen Lösung vertritt ein Agent Komponenten des technischen Systems, welche eine abgeschlossene

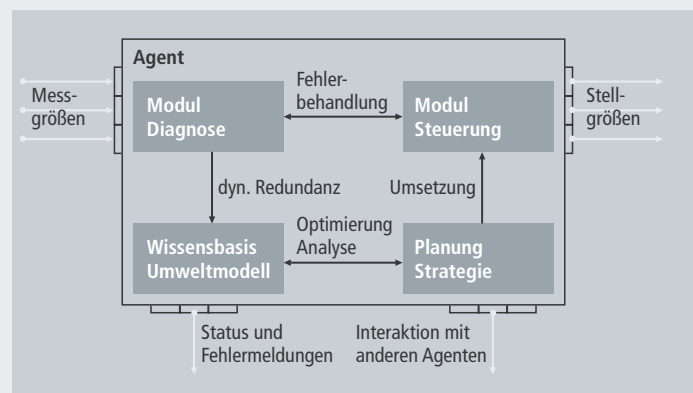


Abb. 1: Struktur eines Agenten für die Automatisierungstechnik

Automatisierungsaufgabe (Dienst) innerhalb des Prozesses übernehmen. Im Unterschied zu Modulen verfügen Agenten über ein autonomes Verhalten, welches darin besteht, dass sie, auf der Grundlage eines spezialisierten Modells (Wissensbasis) des zu steuernden Teilprozesses, in der Lage sind, die aktuelle Situation zu bewerten und Entscheidungen daraus abzuleiten. Diese Entscheidungen werden im Rahmen der technischen Möglichkeiten der zugrunde liegenden Komponente und im Hinblick auf die Optimierungsziele des Agenten getroffen.

Aufgrund dieses Wissens lassen sich in einem Agenten gegenüber einem Objekt auch eine Vielzahl zusätzlicher Aspekte realisieren, welche sowohl die Analyse der aktuellen Situation als auch zukünftige Handlungsalternativen umfassen. Als Modell des zugrunde liegenden technischen Systems oder Prozesses kann die Wissensbasis sowohl zur modellbasierten Diagnose und Kompensation von Fehlern als auch zur Optimierung der Steuerstrategie genutzt werden.

Quelle: Siempelkamp GmbH &amp; Co. KG

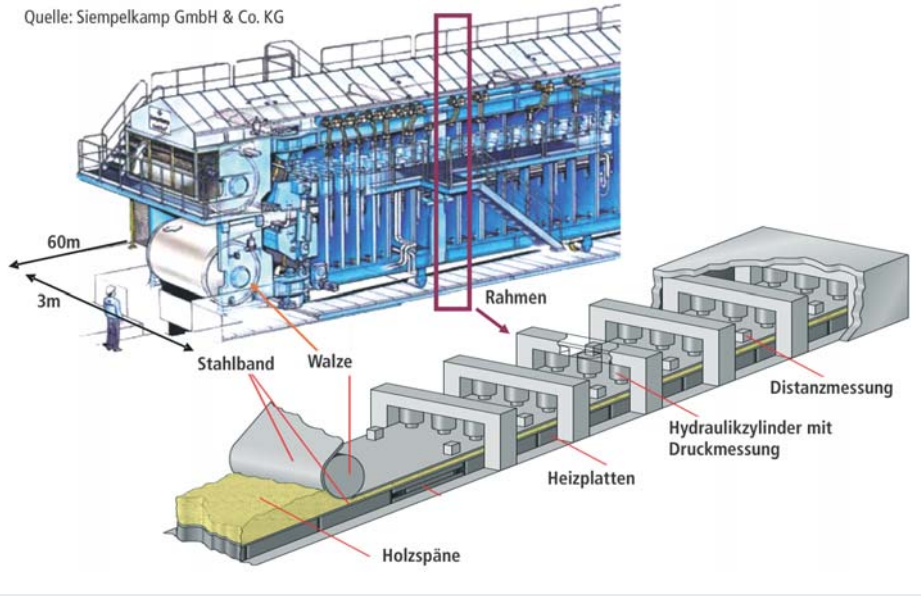


Abb. 2: Aufbau und Materialfluss der Presse

Innerhalb einer Automatisierungstechnischen Lösung unterscheidet man im Wesentlichen zwei Agententypen: zum einen Agenten, welche die Dienste ihrer zugrunde liegenden Automatisierungstechnischen Komponenten bereitstellen, und zum anderen Agenten, welche diese Dienste – im Sinne des auszuführenden Prozesses – anfordern und auswählen. Beide Agententypen verfolgen dabei lokale Ziele. Bei den Systemagenten sind dies hohe Leistung und Verfügbarkeit, bei den Prozessagenten die hohe Produktqualität. Durch die Interaktion dieser beiden Agententypen wird das Gesamtsystem zur Laufzeit und im Kontext der aktuellen Situation optimiert.

Da erst zur Laufzeit festgelegt wird, welche Komponenten eines technischen Systems (Systemagenten) durch ein Werkstück (Prozessagent) genutzt werden, kann jedem Werkstück ein individueller Fertigungsplan zugrunde liegen. Dieser definiert, in welcher Reihenfolge und in welcher Form die Komponenten des technischen Systems genutzt werden. In einem kontinuierlichen System hingegen beinhaltet ein Prozessagent ein Rezept mit der Reihenfolge und den Vorgaben der auszuführenden Teilprozesse. Je nach Anordnung und Eignung der Verarbeitungsstationen werden diese parametrisiert und genutzt. Eine Änderung des Rezepts führt lediglich zu neuen Vorgaben an die zu erfüllenden Dienste; die Veränderungen in der Struktur des technischen Systems äußern sich darin, dass eine neue Komponente bzw., im Falle eines Defekts, eine Komponente weniger an diesem Vergabemechanismus teilnimmt.

### Steigerung der Verlässlichkeit

Entsprechend redundante Verarbeitungsstationen vorausgesetzt, lassen sich Ausfälle von Systemkomponenten durch einen Vergabemechanismus von Diensten kompensieren und damit die Verlässlichkeit steigern. Das folgende Beispiel einer hydraulischen, kontinuierlichen Heißpresse für Spanplatten zeigt aber auch, dass sich der Verhandlungsmechanismus

Dr. Josef Papenfort, Produktmanager TwinCAT bei Beckhoff, erläutert die Hintergründe des Forschungsprojektes: „Beckhoff und die Universität Kassel haben in diesem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (VO 937/8-1) geförderten Transferprojekts erfolgreich bewiesen, dass die an einer Hochschule in der Grundlagenforschung gewonnenen Methoden und entstandenen Tools direkt in der Industrie verwertet werden können. Gerade die Agentensysteme sind in der Wissenschaft oft und viel erforscht worden, eine Umsetzung in industrielle Produkte gab es bisher kaum. Mit dieser Arbeit ist es gelungen, einige Anwender von den Möglichkeiten und dem Nutzen von Agenten zu überzeugen.“



Beckhoff ist an einer großen Zahl unterschiedlicher Forschungsprojekte beteiligt, angefangen von Anwendungsstudien, über Technologieentwicklungen bis hin zur Grundlagenforschung. Der Fokus liegt immer in einer möglichst industrienahe Forschung. Die zügige Umsetzung der in den Forschungsprojekten gewonnenen Ideen und Erfahrungen in Produkte ist oberstes Ziel. Zur Sicherung der Innovationskraft und Technologieführerschaft ist die Zusammenarbeit mit Hochschulen aus Beckhoff-Sicht zwingend notwendig.

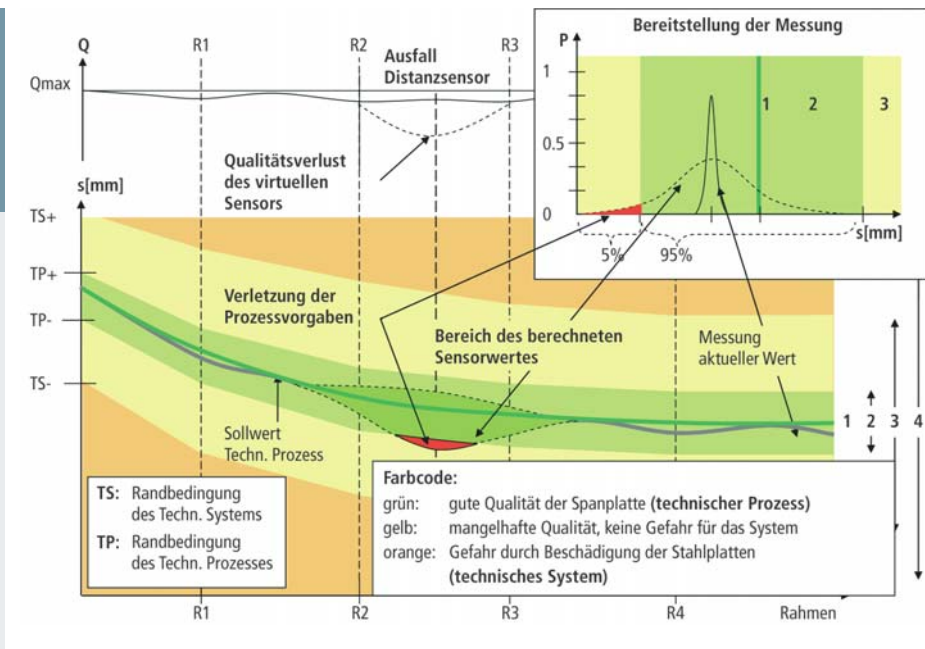


Abb. 3: Toleranzbänder der Anforderungen und Ausfall eines Distanzsensors

nur sinnvoll nutzen lässt, wenn ein Fehler umgangen werden kann, also alternative Dienste anderer Systemagenten genutzt werden können. Der Ausfall eines Sensors oder Aktors innerhalb eines Agenten hingegen entzieht sich diesem Mechanismus, kann aber durch die Wissensbasis des Agenten erkannt und kompensiert werden.

Die dem Agentensystem zugrunde liegende hydraulische Presse verfügt über 25 Pressrahmen mit je fünf bis sechs hydraulischen Zylindern, die das einlaufende Holz-Leim-Gemisch unter hohem Druck zu einer Spanplatte verpressen. Dabei werden Temperaturen von bis zu 240 °C erreicht. Jeder Rahmen wird durch einen Systemagenten vertreten, der, entsprechend den lokalen Randbedingungen, die Vorgaben des Prozessagenten umsetzt und die Parameter kontrolliert und regelt. Der Systemagent hat zwei Mechanismen, um Fehler zu erkennen: Zum einen überwacht er, ob sich die lokalen Parameter innerhalb der spezifizierten Toleranzbänder bewegen, und zum anderen nutzt er widersprüchliche redundante Informationen, um Fehler zu erkennen. Die lokale Wissensbasis des Agenten liefert diese redundanten Informationen. Dies können einfache Regeln sein, welche die Plausibilität von Parameterkombinationen überprüfen, oder auch ein Systemmodell, welches analytische Abhängigkeiten nutzt und errechnete Werte im Sinne eines Beobachters für einen Vergleich zur Verfügung stellt. Ist ein Fehler erkannt worden, können die gleichen berechneten Werte zu seiner Kompensation genutzt werden. Eine zusätzliche Qualitätsbetrachtung der realen Mess- und der errechneten Ersatzwerte erlaubt es dem Agenten, die Konsequenzen für einen weiteren Betrieb abzuschätzen. Ist die Toleranz der Vorgaben an den Agenten ausreichend groß, kann das System mit einer angepassten Steuerstrategie weiter betrieben werden; falls nicht, ist das System sicher herunterzufahren. Der Agent ist jederzeit in der Lage, die aktuelle Situation im Hinblick auf die Qualität der zugrunde liegenden Informationen zu beurteilen und sein

Verhalten anzupassen. Die Bestimmung der Messqualität realer Sensoren erlaubt es zudem, den Betrieb einer Anlage an eine sich verschlechternde Situation kontinuierlich anzupassen und damit, zugunsten einer gleichbleibend hohen Ausfallsicherheit und einer ausreichenden Produktqualität, die Produktionsleistung zu drosseln.

Universität Kassel, Embedded Systems [www.es.eecs.uni-kassel.de](http://www.es.eecs.uni-kassel.de)

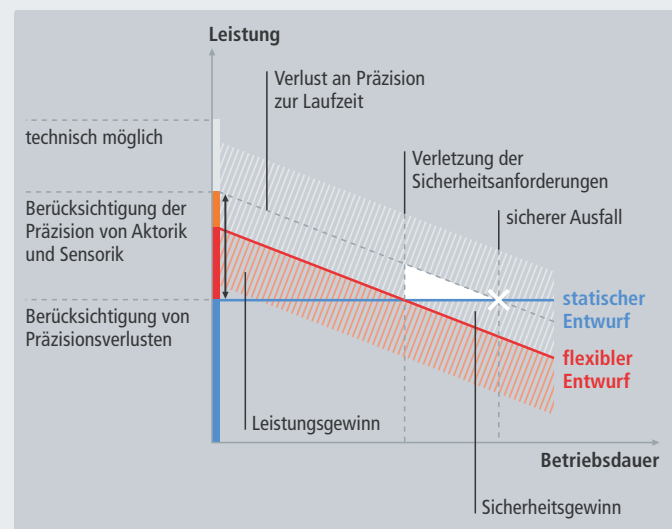


Abb. 4: Reduktion der Leistung zugunsten der Ausfallsicherheit