

Architekturentwurf für simulationsbasierte Assistenzsysteme in prozesstechnischen Anlagen

L. Schegner, Technische Universität Dresden, PLT, Dresden

S. Hensel, Technische Universität Dresden, SVT, Dresden

J. C. Wehrstedt, Siemens AG, Corporate Technology, München

R. Rosen, Siemens AG, Corporate Technology, München

L. Urbas, Technische Universität Dresden, PLT/SVT, Dresden

Kurzfassung

Der effiziente Betrieb prozesstechnischer Anlagen stellt eine komplexe Aufgabe dar, bei der die Operateure Produktionsziele, Ressourceneinsatz und verschiedenartige Randbedingungen wie die Planung von Wartungen und Verfügbarkeiten gleichzeitig und abgestimmt berücksichtigen müssen. Der Mensch hat bei seinen kognitiven Fähigkeiten ebenso wie bei menschlichen Handlungen in unbekannten Situationen natürliche Beschränkungen. Eine Möglichkeit, diesen Einschränkungen zu begegnen, sind Assistenzsysteme. Diese unterstützen den Menschen, indem notwendige Teilaufgaben innerhalb einer Gesamtaufgabe übernommen und/oder ausgeführt werden. Einzelne Assistenzfunktionen sind in verschiedenen Lebensbereichen bereits stark integriert, beispielsweise in Autos oder Flugzeugen.

Dieser Beitrag untersucht, inwieweit diese etablierten Assistenzfunktionen auf die Prozessführung übertragen werden können und welche weiteren spezifischen Funktionen benötigt werden. Ergebnis ist eine logische Architektur für ein simulationsbasiertes Assistenzsystem in der Prozessindustrie.

1. Motivation

Der effiziente Betrieb prozesstechnischer Anlagen stellt eine komplexe Aufgabe dar, bei der Produktionsziele wie Produkt-Mix und -menge und Ressourceneinsatz zu beachten sind. Darüber hinaus gibt es verschiedenartige Randbedingungen wie die Planung von Wartungen und die Sicherstellung von Verfügbarkeiten, die abgestimmt zu berücksichtigen sind. Insbesondere bei kurzfristigen Änderungen, beispielsweise einem Zusatzauftrag, oder im Fall von Störungen und damit verbundenen Ausfällen liegt ein erhöhter Informations- und operativer Unterstützungsbedarf vor. Dieser muss sicherstellen, dass bei kurzer Reaktionszeit angemessen auf die jeweilige Situation reagiert werden kann. Dies schließt den bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage und die verbundenen Aktivitäten wie z.B. die Logistik ein. Dieser Anforderungen lassen sich unter Verwendung von Informations- und Kommunikationstechniken durch ein betriebsparalleles Assistenzsystem realisieren.

In Ausschreibungen für Automatisierungslösungen wird heute meistens neben der Basisautomatisierung von produktions- und verfahrenstechnischen Anlagen zunehmend auch eine Nachfrage nach sogenannten High-Level-Automatisierungsfunktionen gefunden. Diese lassen sich auch mit dem Begriff „Assistenzsystem“ beschreiben, welche in analoger Weise und in weiter Verbreitung heute in mannigfaltiger Art sich in jedem neuen Auto wiederfinden. Ein Assistenzsystem wird als ein technisches System beschrieben, welches den Menschen unterstützt. Dafür übernimmt das Assistenzsystem notwendige Teilaufgaben innerhalb einer Gesamtaufgabe und/oder führt diese aus [1].

Die Assistenzsysteme unterscheiden sich von der Basisautomatisierung, darin, dass sie ihre Entscheidungen nicht nur basierend auf Mess- und Beobachtungsgrößen im System treffen, sondern auf einen heterogeneren Eingangsmix zurückgreifen, wie Umgebungsinformationen, Wetter, Ressourcen, Maintenance, Logistik etc.

Im Gegensatz zu einem vollautomatischen Betrieb ersetzen Assistenzsysteme nicht die Anlagenfahrer, sondern unterstützen ihre Handlungen durch eine kompakte Darstellung von

Informationen und Handlungsempfehlungen und einem zeitlich und/oder räumlich begrenztem Eingreifen. Diese Assistenzfunktionen können nicht nur für eine Personengruppe (Stakeholder) angeboten werden, sondern für alle an dem System Beteiligten wie Anlagenfahrer, Wartungsteams und Management. Denn ein effizientes Management und Betrieb einer Anlage erfordert eine Synchronisierung der verschiedenen Interessensgruppen. Assistenzsysteme folgen in der Regel einem 4-stufigem Aufbau:

- **Informieren:** Hier werden relevante Betriebsdaten in einer zentralen Darstellung angezeigt. Dies sind in der Regel aktuelle Betriebsdaten, wie Durchsatz, Energieverbrauch usw. sowie davon abgeleitete Key Performance Indicators (KPIs). Diese ermöglichen eine Bewertung, wie der aktuelle Betrieb gegenüber einem Set von Referenzwerten zu bewerten ist. Die Darstellung kann von einfachen Zahlen über Diagramme mit der zeitlichen Darstellung bis hin zu mehrdimensionalen Netzdiagrammen reichen.
- **Analysieren:** Hier werden z.B. dem Anlagenfahrer die Ergebnisse von Analyseverfahren wie z.B. Simulationen, Massenbilanzierungen oder Trendkurven dargestellt. Dabei können basierend auf dem aktuellen Anlagenzustand Vorhersagen zur Verfügung gestellt werden, die den Anwender unterstützen seine Betriebseingriffe nicht nur an dem aktuellen Zustand sondern auch an das zu erwartende Anlagenverhalten anzupassen. Dabei kann er beobachten, welchen Einfluss das Ändern von Betriebsparametern auf das Anlagenverfahren hat. Dies hilft ihm, seine Entscheidungen abzusichern. Dieses Vorgehen wird oft als What-If-Szenarios bezeichnet.
- **Optimieren:** Hier werden basierend auf den genannten Analysemethoden im Hintergrund die vorgegebener KPIs hinsichtlich einer optimalen Betriebsweise berechnet und dem Bediener vorgeschlagen. Ob diese vorgeschlagenen Betriebsvorgaben manuell, teilautomatisiert oder vollautomatisiert übernommen werden, hängt von der Kritikalität der Anlage und der Reife der Assistenzfunktion ab. Dieses Optimum – häufig über mathematische Optimierungsverfahren berechnet - ist gewissen Unsicherheiten unterworfen, da Einflüsse auf das System - welche stets im Betrieb auftreten – nur approximativ oder als Prognosen in die Berechnung eingehen. Entsprechend ist eine (zyklische) Wiederholung und damit entsprechende Aktualisierung der Bewertungen und Berechnung von Betriebsvorgaben erforderlich.
- **Validieren:** Hier wird ein Vergleich zwischen dem prognostizierten und tatsächlichen Betrieb gegenüber gestellt. Hierbei können Simulationen eingesetzt werden, die im Vergleich zu den Optimierungsverfahren meist eine detaillierte Nachbildung des Anlagenverhaltens erlauben. Auch können aus dem Vergleich vergangener Betriebsvorgaben und dem tatsächlichen Anlagenverhalten entsprechende Ableitungen identifiziert werden. Integriert in ein Assistenzsystem erlaubt dies dem Anwender für zukünftige Entscheidungen zu lernen und Vorgaben an das Assistenzsystem spezifischer anzupassen.

Um die Entwicklung von Assistenzsysteme mit diesem 4-stufigen Aufbau in prozesstechnischen Anlagen zu erleichtern, ist eine logische Architektur sinnvoll. Diese ermöglicht es, dass Anwendungen und Schnittstellen getrennt voneinander entwickelt werden können. Außerdem kann so die Wiederverwendung von einzelnen Elementen erleichtert werden, da es eine allgemeingültige Struktur gibt.

Im folgenden Abschnitt werden vorhandene Architekturen analysiert und die Vorgehensweise zur Erstellung der logischen Architektur für simulationsbasierten Assistenzsystemen in prozesstechnischen Anlagen erläutert. Im Abschnitt drei wird dann die logische Architektur mit ihren Komponenten erarbeitet. Danach folgt die Zusammenfassung mit dem Ausblick.

2. Analyse

Assistenzsysteme finden bereits eine breite Anwendung in unterschiedlichen Domänen. Dementsprechend existieren domänenspezifische Architekturen für Assistenzsysteme. Franke [2] und Gerke [3] präsentieren in Ihren Beiträgen Architekturen für Fahrzeugassistenzsysteme.

Dabei zeigt Franke [2] die Komponenten und Nachrichten eines kooperativen Sicherheits- und Fahrzeugassistenzsystems. Gerke [3] erweitert die Bestandteile eines Mensch-Maschine-Systems zu einem Fahrzeugassistenzsystem. Gerade im Bereich der Fahrassistenz gibt es viele Assistenzfunktionen, die das Autofahren sicherer und komfortabler machen sollen. Bei den Untersuchungen, ob diese Konzepte der Assistenzfunktionen auf die Prozessführung übertragen werden können, hat sich gezeigt, dass sich einige Analogien zwischen Fahrassistenzfunktionen und mögliche Assistenzfunktionen in der Prozessindustrie finden lassen. Dafür sind einige Beispiele in der Tabelle 1 zu finden. Eine generelle Analogiefindung für alle Assistenzfunktionen ist jedoch nicht möglich. Dies liegt daran, dass das Auto einen spezifischen 3D Raum mitbringt, der durch die Assistenzsysteme erfasst werden soll. Auch unterscheiden sich die Eingriffs- und Visualisierungsmöglichkeiten bei Fahrassistenzsystemen und Assistenzsystemen in der Prozessindustrie.

Tabelle 1: Beispielhafte Analogien zwischen Assistenzsysteme in Fahrzeugen und prozesstechnischen Anlagen

Fahrassistenzfunktionen	Analogie: Assistenzfunktionen in der Prozessindustrie
Spurhalteassistent	Assistenzfunktion, die den Operator unterstützt einen festgelegten Betriebspunkt zu halten Dafür werden kleine Abweichungen und Tendenzen in Signalverläufen festgestellt und dem Operator mitgeteilt.
Spurwechselassistent	Assistenzfunktion, die den Operator unterstützt den Betriebspunkt zu wechseln. Dabei können verschiedene Aspekte wie Zeitdauer, Produktqualität, Produktverfügbarkeit und / oder Sicherheit die Strategie für den Betriebspunktwechsel beeinflussen.
Navigationssystem	Prognosemodul über die voraussichtliche Leistungsfähigkeit des Systems unter Berücksichtigung von äußeren Einflüssen
Serviceintervallanzeige	Maintenance Planungsunterstützung, bei der aufgrund aktueller Betriebsparameter abgeschätzt wird, wann eine Wartung durchgeführt werden sollte
Ölstands Prüfer	Leckage Untersuchung, die Alarm meldet wenn Schwellwerte über bzw. unterschritten werden

Eine allgemeinere Architektur für Assistenzsysteme stellt Kraiss [4] vor. Dieser berücksichtigt verschiedene Konzepte [5], [6], [7] und erstellt daraus eine allgemeine System-Architektur für ein Assistenzsystem. Rouse [6] und Mulgund [7] erstellen jeweils eine Architektur für ein Assistenzsystem eines Kampfflugzeuges dabei legt Rouse den Schwerpunkt auf die Kernfunktionen Informationsmanagement, Fehlerüberwachung und adaptive Unterstützung. Die allgemeine System-Architektur von Kraiss [4] ist jedoch zu allgemein, um direkt auf simulationsbasierte Assistenzsystem in der Prozessindustrie angewendet zu werden. Es fehlen einige Komponenten, die in der Prozessindustrie aktuell verwendet und Bestandteil der Automatisierungspyramide [8] sind. Wie das Prozessleitsystem in der (Prozess-) leitebene, welches weitere Funktionen hat, als ein User-Interface und die Systeme in übergeordneten Ebenen wie der Betriebsebene und der Unternehmensebene.

Als allgemeines Referenzarchitekturmodell in der Industrie 4.0 ist das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) bekannt [9]. Das in Abbildung 1 dargestellte RAMI Modell ist ein dreidimensionales Modell, das auf der senkrechten Achse die Layers / Schichten für die Darstellung der unterschiedlichen Sichtweisen verwendet. Die waagerechte Achse beschreibt den Produktlebenszyklus und die dritte Achse ist die Verortung von Funktionalitäten und Verantwortlichkeiten innerhalb der Fabriken / Anlagen. Um das RAMI Modell als Architektur für simulationsbasierte Assistenzsysteme zu nutzen, ist das Modell nicht

spezifisch genug. Die simulationsbasierten Assistenzsysteme in prozesstechnischen Anlagen sind ein Use Case und können daher nicht direkt mit der RAMI Architektur umgesetzt werden.

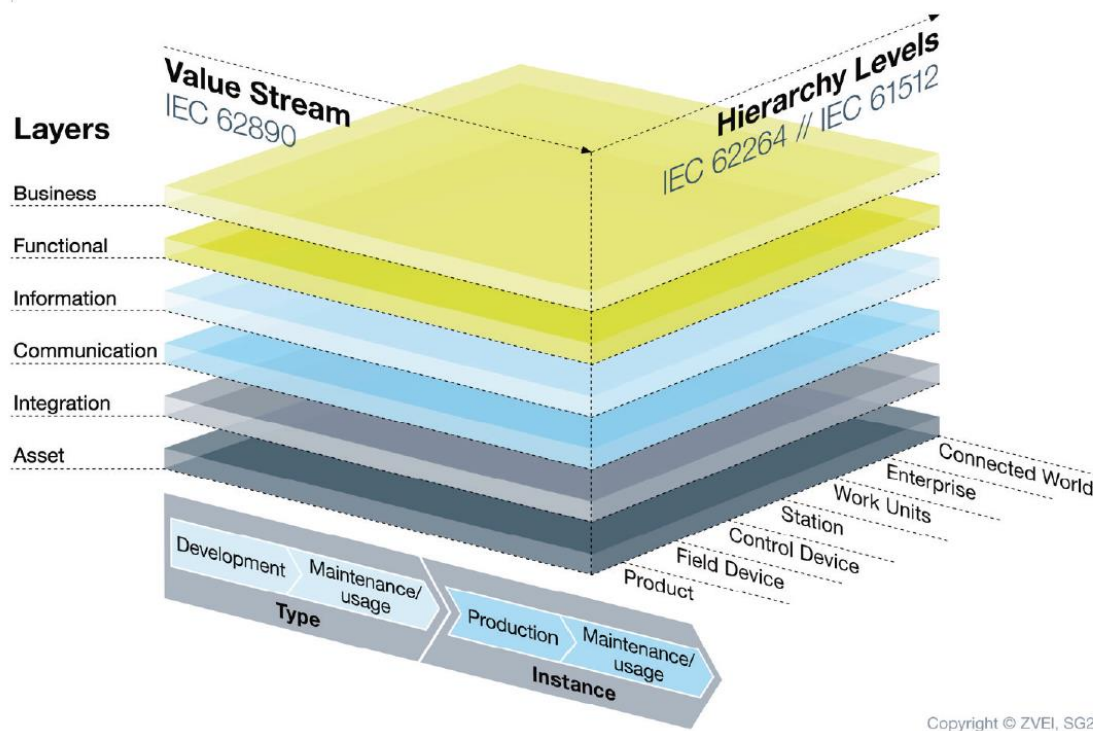


Abbildung 1: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) aus [9]

Da keine Architektur für Assistenzsysteme in einem prozesstechnischen Kontext überzeugt, wird im Rahmen der Arbeit eine neue Architektur erstellt. Ausgangspunkt der Untersuchungen ist das von Urbas [10] erweiterte Modell der überwachenden Prozessführung nach Sheridan [11]. Um sich strukturell dem Thema zu nähern, werden die Aufgaben- und Handlungsbereiche mit Hilfe des morphologischen Kastens analysiert.

Morphologischer Kasten

Der morphologische Kasten stellt grafisch alle theoretisch denkbaren Lösungen zu einen gegebenen Problem dar. Dabei hilft der morphologische Kasten bei der systematischen Konstruktion von Lösungsmöglichkeiten für konkrete Problemstellungen [12]. Dafür wird eine zwei-dimensionale Matrix aufgestellt. In dieser werden die Merkmale (Parameter) mit deren verschiedenen Lösungsmöglichkeiten (Ausprägungen) dieser Merkmale dargestellt.

Tabelle 2: Beispielhafter morphologischer Kasten zu Personen, Anwendungszielen und Betriebsarten in prozesstechnischen Anlagen

Merkmale Dimensionen Parameter	Verschiedene Lösungsmöglichkeiten (Ausprägungen)				
Person / Rolle	Operator	Management	Feld Operator	Schichtleiter	Auftragnehmer
Anwendungsziele	Steuerbarkeit	Produktqualität	Zuverlässigkeit	Produktivität	Sicherheit
Anlagenzustand	Normal	Abnormal	Außer Kontrolle	Unfall	Katastrophe
Betriebsart	normale / Routine Operation		Anomaler Betrieb	Inbetriebnahme	
Arbeitsplatz	Leitwarte	Vor Ort	Trainingsort	Back-Office	

Ein Beispiel für einen morphologischen Kasten ist in Tabelle 2 abgebildet. In diesem sind die möglichen Ausprägungen für unterschiedliche Personen und Arbeitsziele in

prozesstechnischen Anlagen sowie aktuelle Anlagezustände betrachtet, die durch ein Assistenzsystem unterstützt werden können.

Bei der Erstellung eines morphologischen Kastens werden im ersten Schritt die wichtigsten Merkmale identifiziert. Im Anschluss werden für die einzelnen Merkmale verschiedene Lösungsmöglichkeiten gesucht. Um neue Lösungsmöglichkeiten zu konstruieren werden dann in der gefüllten Matrix die Lösungsmöglichkeiten kombiniert.

Ein **Beispiel** für eine mögliche Kombination ist in Tabelle 3 zu sehen. Es ergibt sich als Variation ein Operator in der Leitwarte, bei dem Anlage in einem normalen Zustand ist und aktuell normale / Routine Operationen durchgeführt werden. Das Ziel ist es hohe Energiekosten zu meiden. Durch Stromspitzen steigen die Energiekosten sehr stark an. Ein Assistenzsystem analysiert inwieweit Spannungsspitzen auftreten werden und informiert bzw. unterstützt den Operator, damit dieser die Anlage rechtzeitig in einen anormalen (pausierenden) Betrieb fahren kann um sehr hohe Energiekosten zu vermeiden.

Dieses Kombinieren der Zeilen wird wiederholt und die Ergebnisse werden nach selbst definierten Kriterien bewertet und sortiert. Zum Schluss erfolgt eine Prüfung der Teillösungen.

Tabelle 3: Beispielhafte Kombination von Lösungsmöglichkeiten in einem morphologischen Kasten

Merkmale Dimensionen Parameter	Verschiedene Lösungsmöglichkeiten (Ausprägungen)					
Person / Rolle	Operator	Management	Feld Operator	Schichtleiter	Auftragnehmer	
Anwendungsziele	Produktqualität	Hohe Energiekosten meiden		Produktivität	Sicherheit	
Anlagenzustand	Normal	Abnormal	Außer Kontrolle	Unfall	Katastrophe	
Betriebsart	normale / Routine Operation		Anomaler Betrieb	Inbetriebnahme		
Arbeitsplatz	Leitwarte	Vor Ort	Trainingsort	Back-Office		

Um eine Architektur für simulationsbasierte Assistenzsysteme in prozesstechnischen Anlagen zu erstellen, werden die Aufgaben- und Handlungsbereiche in prozesstechnischen Anlagen untersucht. Dabei wird zum einen analysiert in welchem Kontext sich die Anlage befinden kann. Dafür werden die unterschiedlichen Personen, der Anlagenzustand sowie der Betriebsart betrachtet [13], [14]. Eine weitere Rolle in der Betrachtung des Kontextes spielt die aktuelle Zielsetzung. Als weiterer Komplex (Dimension) werden in der morphologischen Analyse die Aufgaben in der Prozessführung beleuchtet. Dabei werden die einfachen Aufgaben [1], [14] sowie die Verarbeitungsebenen untersucht [15]. Als weiterer Dimensionskomplex werden einige für das Design relevante Dimensionen, wie Ausgabegerät und Interaktionskonzept, untersucht.

Die Gesamtheit der Kombinationsmöglichkeiten im morphologischen Kasten beschreibt nun den Ansatzraum für das Assistenzsystem. Da sich die Möglichkeiten multiplizieren, kann die Anzahl der Kombinationen schnell sehr groß werden, allerdings machen nicht jede Auswahl Sinn. Daher werden zur Validierung für die sinnvollen Kombinationen des morphologischen Kastens Szenarien entwickelt. Ein Szenario könnte zum Beispiel wie folgt aussehen

Beispielszenario: Aufgrund vom Verschleiß einer Pumpe fällt der Füllstand in einem Behälter unter seinen Grenzwert. Das Assistenzsystem nimmt sehr früh die Tendenz war, dass der Füllstand nicht im normalen Bereich schwankt sondern sinkt. Deshalb werden verschiedene Simulationen gestartet, um herauszufinden, welche Ursache diese Tendenz hervorruft. Als Ergebnis zeigt das Assistenzsystem dem Operator eine fehlerhafte Pumpe für den sinkenden Füllstand im Behälter. Das Assistenzsystem unterstützt in diesem Szenario den Operator in einer schnelleren Fehlererkennung und hilft den Operator bei der schweren Diagnose der Fehlerursachen.

Mit Hilfe von diesem und weiteren Szenarien wurden verschiedenartige simulationsbasierte Assistenzfunktionen abgeleitet. Aus der Analyse der abgeleiteten Assistenzfunktionen wird nun eine logische Architektur, nach VDI/VDE 2657 [16], für ein simulationsbasiertes Assistenzsystem erstellt.

Logische Architektur

Die Logische Architektur wird in der VDI/VDE 2657 als Aufbau eines Middlewaresystems zur Beschreibung der zu integrierenden Funktionen und deren Beziehungen definiert [16]. Dabei ist mit Middleware eine Softwareschicht zur Verbindung von Komponenten einer Automatisierungstechnischen Anwendung gemeint [17]. Die Vorteile sind, dass gleichartige aber unterschiedliche Funktionen einheitlich abgebildet werden und arbeitsteilige Prozesse durch eindeutige Schnittstellen gefördert werden können. Außerdem lassen sich Anwendung und Schnittstelle getrennt entwickeln. Durch wiederverwendbare und weniger anwendungsspezifischere Softwareteile lässt sich die Übersichtlichkeit, Flexibilität und Erweiterbarkeit sowie eine leichtere Wartbarkeit steigern. Die Anforderungen an die Middlewaresysteme sind unter anderem die Abstraktion der Kommunikation, die Abbildung des Daten- und Informationsraums, die Skalierbarkeit, Flexibilität, Erweiterbarkeit, Wartbarkeit und Zuverlässigkeit [17].

Auf Grund der Analyse mit Hilfe des morphologischen Kasten stellt sich heraus, dass sich das „Plant Asset Management“ (PAM) Modell nach VDI/VDE 2651 als Grundlage für eine logische Architektur anbietet.

PAM Modell [18]

Das „Plant Asset Management“ (PAM) Modell, siehe Abbildung 2, ist ein mehrstufiges Funktionsmodell, welche die Verarbeitung der Informationen aus den Assets beschreibt. Dabei legt das PAM den Fokus auf die betriebliche Technik, also die Produktionsanlage in der Prozessindustrie. Dort werden vor allem die Phasen des Betriebs und der Instandhaltung betrachtet.

Die Informationen aus dem Assets werden über die vier Schritte Überwachung, Diagnose, Prognose und Therapie verarbeitet. Auf diese vier Schritte kann der vierstufige Aufbau von Assistenzsystemen gespiegelt werden.

- In der **Überwachung** werden die Informationen erfasst, dann zu Merkmalen aufbereitet und im Anschluss werden Symptome abgeleitet.
- Die Symptome werden im **Diagnose** Schritt ausgewertet. Dabei werden die Symptome bewertet, es erfolgt eine Ursachenermittlung und eine Diagnosefindung.
- Der nächste Schritt ist die **Prognose**. Dort erfolgt eine Voraussage über mögliche bevorstehenden Ausfälle oder Störungen.
- Der vierte Schritt ist die **Therapie**, bei der Maßnahmenvorschläge für die Beseitigung der Ursache, Vermeidung von negativer Folgen, der Strategie zum Betrieb mit den Symptomen und die Informationsbereitstellung erfolgt.

Die Informations-Bereitstellung und Archivierung dient der Datenhaltung, Speicherung und Archivierung. Außerdem kann sie Modelle des Assets beinhalten und ist die Schnittstelle für Information von außen. Als Schnittstelle nach außen, unter anderen zu den Nutzern und dem Betrieb, dient die Komponente Auswertung, Darstellung und Verteilung. Diese beinhaltet die Visualisierungs-, Bedien- und Beobachtungskomponenten und ist mit der Informations-Bereitstellung und Archivierung verbunden.

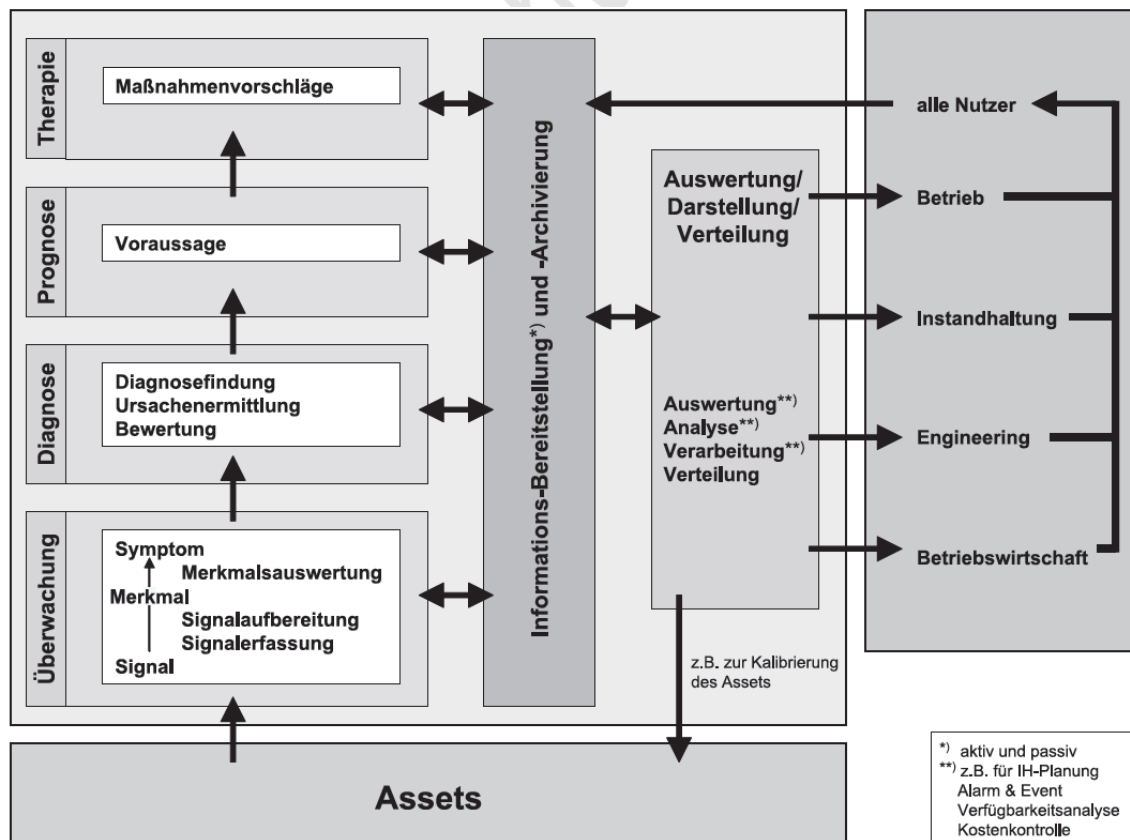


Abbildung 2: PAM-Modell mit Funktionsblöcken und Informationsflüssen aus der VDI/VDE 2651 [18]

3. Modell

Die systematische Analyse der zu integrierenden Funktion der einzelnen Assistenzfunktionen führt zu einer Erweiterung des PAM-Modells nach VDI/VDE 2651 [18]. Ergebnis ist die in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellten logischen Architektur.

Die logische Architektur soll den Nutzer bei der Erstellung von simulationsbasierten Assistenzsystemen unterstützen. Die Architektur trennt die Simulation und das Assistenzsystem, da zum einen die Simulationsmodelle und -ergebnisse noch in andere Teile des technischen Systems einfließen können. Zum anderen soll die Möglichkeit bestehen, das Assistenzsystem mit anderen Systemen zu verknüpfen. So ist vorstellbar, dass das Assistenzsystem mit einem wissensbasierten System verknüpft wird, welches keine Simulation nutzt. Der vierstufige Aufbau für das Assistenzsystem, der in der Architektur dargestellt ist, bleibt dennoch erhalten. Die Trennung und der allgemeine Aufbau von Assistenzsystemen haben den weiteren Vorteil, dass die Wiederverwendung einzelner Komponenten leichter möglich ist.

Diese hat als übergeordnetes System das soziotechnische System, welche das technische System und das Handlungssystem beinhaltet.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Bestandteile näher erläutert.

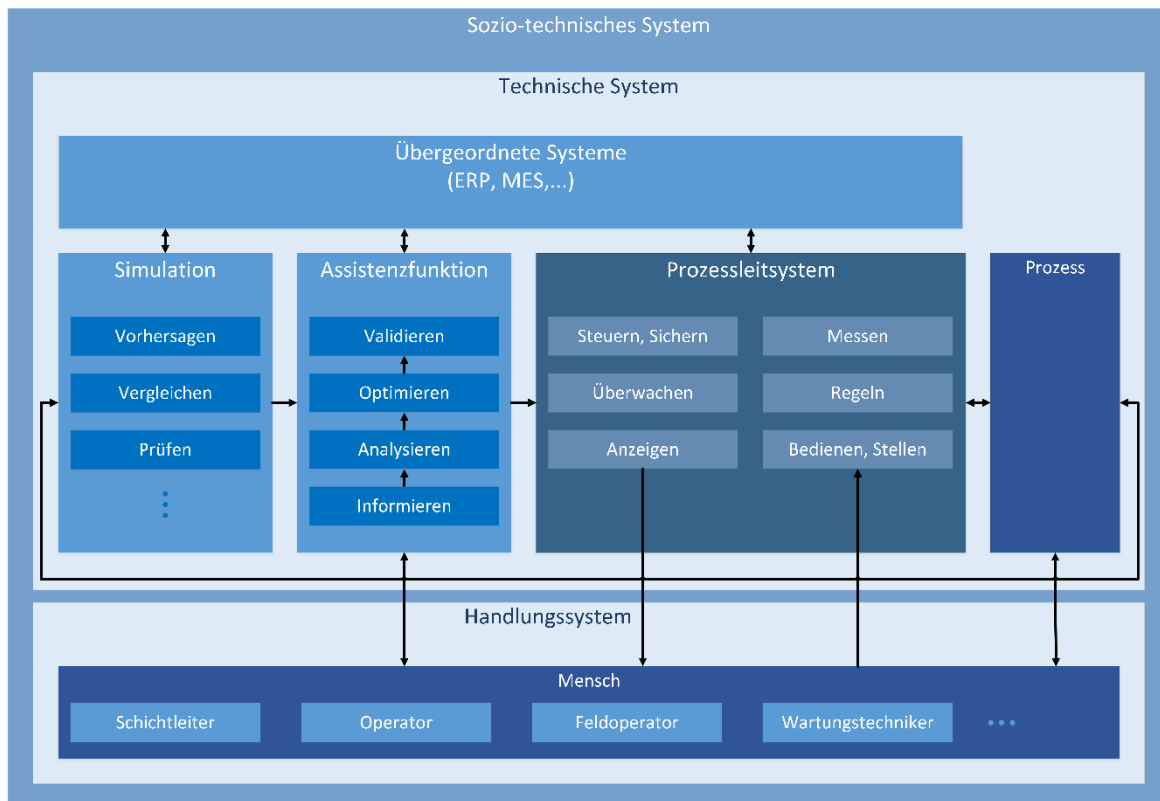


Abbildung 3: Logische Architektur simulationsbasierter Assistenzsysteme in prozesstechnischen Anlagen

3.1. Handlungssystem

Das Handlungssystem umfasst die Menschen, wobei diese unterschiedliche Rollen einnehmen können (Siehe morphologischer Kasten, **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Menschen können – je nach Rolle – den Prozess über direkte, manuelle Eingriffe beeinflussen. Außerdem können sie über die Funktion Bedienen des PLS den Prozess verändern. Die hierfür notwendige Information liefert das PLS über die Funktion Anzeige. Ansonsten besteht die Möglichkeit mit dem Assistenzsystem zu interagieren. Die Interaktionsmöglichkeiten mit der Assistenzfunktion unterscheiden sich je nach Assistenzsystem.

3.2. Technisches System

Das technische System beinhaltet Elemente der Prozessführung (Prozess und Prozessleitsystem) und der übergeordneten Produktions- und Unternehmensleitebenen wie Manufacturing Execution System (MES) oder Enterprise-Resource-Planning (ERP). Außerdem sind im technischen System die Simulation und das Assistenzsystem enthalten.

3.2.1. Prozessleitsystem

Im Prozessleitsystem (PLS) sind einige wichtige Prozessleitfunktionen dargestellt [19]. Dazu zählt das Messen, wobei dort die Information zum aktuellen Prozesszustand erfasst wird. Dann gibt es das Stellen oder Bedienen mit dem der Prozess durch die Veränderung von Stoff- oder Energieströme beeinflusst werden kann. Diese Veränderungen können durch Regelungs-, Steuerungsfunktion oder manuell erzeugt werden. Eine weitere Funktion im PLS ist das Steuern und Sichern, dabei werden Logikprogramme abgearbeitet. Die Funktion Überwachen und Diagnose erfasst und wertet Daten aus, damit der aktuelle Zustand bewertet werden kann und Fehler, Ausfälle oder unerwünschtes Verhalten oder Zustände erkannt werden. Außerdem gibt es im PLS noch die Funktion Regeln bei der Prozessgrößen stabilisiert werden. Das PLS

hat noch die Funktion Anzeigen um die Prozess- und Führungsgrößen darzustellen. Das PLS interagiert mit dem Prozess und dem übergeordneten Systemen.

3.2.2. Simulation

Die Simulation ist eine weitere Komponente im technischen System. Diese beinhaltet verschiedenen Schritte, die in der Simulation benötigt werden. Diese sind unter anderem das Prüfen, Vergleichen und die Vorhersage. Dafür bekommt die Simulation Input vom Prozess und kann mit übergeordneten Systemen interagieren. Die Ergebnisse der Simulation werden an das Assistenzsystem weitergeleitet. Und dort vor allem in den Schritten Analyse und Optimierung verwendet.

3.2.3. Assistenzfunktion

Als weiteren Bestandteil ist im technischen System die Assistenzfunktion enthalten. Die Assistenzfunktion beinhaltet vier Schritte, welche den vierstufigen Aufbau wieder spiegeln.

- Der erste Aspekt ist das **Informieren**, dabei werden die relevanten Daten gesammelt und für eine Visualisierung von z.B. relevanten KPIs zur Verfügung gestellt.
- Das **Analysieren** nutzt dann die Daten und zur Verfügung stehende Analyseverfahren (Simulationen, Trendkurven, Massenbilanzierung, ...) um das Anlagenverhalten zu analysieren und vorherzusagen.
- Der nächste Schritt in der Assistenzfunktion ist das **Optimieren** und Auswählen. Dabei werden Optimierungsverfahren zur Verfügung gestellt, die einen optimalen Betrieb bezüglich Energie, Kosten, Verschleiß, Logistik oder ähnlichem ermöglicht. Die Optimierungsverfahren helfen dabei die für die entsprechende Situation bestmögliche Lösung auszuwählen.
- Der vierte Aspekt in der Assistenzfunktion ist das **Validieren** mit der Umsetzung und der Validierung. Dabei wird die ausgewählte Lösung umgesetzt und das tatsächliches Verhalten des Prozess mit dem prognostizierten Verhalten verglichen. Dabei werden Unterschiede identifiziert, die dann z.B. in die Simulation zurückfließen können um diese zu verfeinern oder einen Einfluss auf den Optimierungs- und Auswahlaspekt in ähnlichen Situation nehmen können. Dafür kann das Assistenzsystem seine Ergebnisse an des PLS vermitteln und mit den übergeordneten Systemen interagieren.

Diese Elemente bilden zusammen die (Software)-Architektur für das Assistenzsystem. Zur Realisierung der verschiedenen Komponenten des Assistenzsystems müssen die verschiedenen Komponenten dann miteinander interagieren, damit die Komponenten auf Ergebnisse anderer Komponenten zugreifen können, ohne erneute Rechnungen zu starten.

3.3. Anwendung der Referenzarchitektur eine erweiterte Assistenzfunktion

Als Beispiel für die Anwendung einer simulationsbasierten Assistenzfunktion dient die modellbasierte Vorhersage des zukünftigen Verhaltens eines Prozesses unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Messfehlern [20].

Assistenzfunktion: Das Assistenzsystem soll vorausschauendes Handeln dadurch ermöglichen, dass eine Simulation eine Vorausschau in eine ungewisse aber wahrscheinliche Zukunft bereitstellt. Der wesentliche Assistenzaspekt ist also **Analysieren**.

Simulation: Die Simulation dient zur **Vorhersage** eines wahrscheinlichen Zustandsraums in einem Prädiktionshorizont t_h . In jedem Schritt wird das Simulationsmodell mit den aktuellen

Daten und der jüngsten Vergangenheit initialisiert und das Konfidenzintervall für die vom Nutzer ausgewählten Größen berechnet.

Prozessleitsystem: Die genannten Größen (aktuelle Werte und jüngste Vergangenheit) werden durch das PLS zur Verfügung gestellt. Dafür muss das Assistenzelement Simulation auf die Funktionen **Messen** des PLS zugreifen können. Für die Anbindung eines herstellerunabhängigen Simulationskerns bietet sich beispielsweise eine entsprechend konfigurierte OPC-classic oder OPC-UA-Schnittstelle an, für eine in das PLS integrierte Simulation muss das PLS die entsprechende API zur Verfügung stellen.

In dem vorgestellten Ansatz ist eine integrierte Anzeige der Assistenzfunktion im PLS vorgesehen. Die Funktion **Anzeigen** des PLS muss also mit dem erweiterten Zeitreihenformat des Assistenzsystems umgehen können. In der konkreten Ausprägung von [20] (siehe auch Abbildung 4) war das nicht möglich, für die Evaluation der Gebrauchstauglichkeit des Ansatzes musste daher eine Emulation der ANZEIGE-Funktion des PLS erstellt werden. Auch die **Bedienen**-Funktion des PLS konnte nicht angemessen erweitert werden und wurde in der Emulation erweitert.

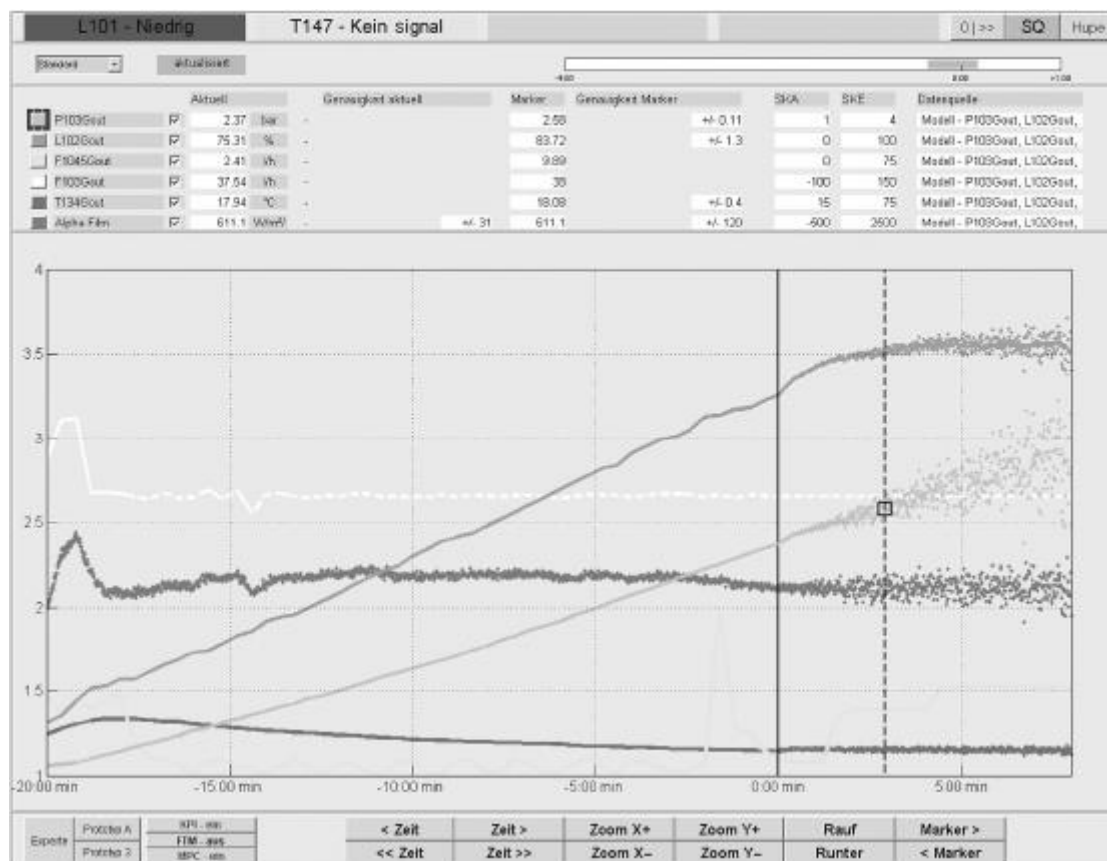


Abbildung 4: Assistenzfunktion Vorhersage eines wahrscheinlichen Prozessverlaufs (aus [20])

4. Zusammenfassung und Ausblick

Für die Erstellung einer logischen Architektur für simulationsbasierter Assistenzsystem in prozesstechnischen Anlagen, wurden zunächst existente Architekturen identifiziert. Da keine passende Architektur für Assistenzsystemen in prozesstechnischen Anlagen gefunden wurde, wurde durch eine strukturierte Analyse, mit Hilfe des morphologischen Kasten, der Aufgaben und Handlungsbereichen untersucht. Mit Hilfe der abgeleiteten szenario-basierten verschiedenartigen simulationsbasierten Assistenzfunktionen wurde die in Abschnitt 0

beschriebene logische Architektur für simulationsbasierte Assistenzsysteme erstellt. Diese erweitert das PAM-Modell nach VDI/VDE 2651 [18] und wird von den Autoren als Kandidat für eine logische Referenzarchitektur zur Analyse und Einordnung simulationsbasierter Assistenzsysteme vorgestellt.

Mit der Hilfe eines Referenzmodells können sich simulationsbasierte Assistenzsysteme in prozesstechnischen Anlagen leichter konstruieren und mit einander vergleichen lassen.

Die nächsten Schritte sind die Verifikation der Architektur. Dafür können zum einen Assistenzsysteme mit Hilfe der Architektur gebaut werden und zum anderen die Architekturen von vorhandenen Assistenzsystemen aus der Prozessindustrie mit der Referenzarchitektur verglichen werden.

5. Literatur

- [1] K. P. Timpe, Unterstützungssysteme als interdisziplinäre Herausforderung. Wohin führen Unterstützungssysteme,, 1998.
- [2] K. Franke, M. Düring, R. Balaghiasefi, M. Gonter, K. Lemmer und F. Küçükay, „A Reference Architecture for CISS/CDAS within the Field of Cooperative Driving,“ *Connected Vehicles and Expo (ICCVE)*, pp. 357-363, November 2014.
- [3] W. Gerke, Technische Assistenzsysteme: vom Industrieroboter zum Roboterassistenten, Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2014.
- [4] K.-F. Kraiss, „Benutzergerechte Automatisierung–Grundlagen und Realisierungskonzepte,“ *at-Automatisierungstechnik*, pp. 457-467, 1998.
- [5] K.-F. Kraiss, Fahrzeug- und Prozeßführung - Kognitives Verhalten des Menschen und Entscheidungshilfen, Bde. %1 von %2Fachberichte Messen, Steuern, Regeln; 11, Springer Verlag, 1985.
- [6] W. B. Rouse, N. D. Geddes und R. E. Curry, „An Architecture for Intelligent Interfaces: Outline of an Approach to Supporting Operators of Complex Systems,“ *Human-Computer Interaction*, Nr. Volume 3 Issue 2, pp. 87-1222, 1987.
- [7] S. S. Mulgund und G. L. Zacharias, „A situation-driven adaptive pilot/vehicle interface,“ *Human Interaction with Complex Systems, 1996. HICS '96. Proceedings., Third Annual Symposium on*, 1996.
- [8] M. Polke, Prozessleittechnik, München: Oldenbourg, 1994.
- [9] V. Statusreport, „Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0),“ 2015.
- [10] L. Urbas, Process Control Systems Engineering, München: Oldenbourg Industrieverlag, 2012.
- [11] T. B. Sheridan, „Adaptive Automation, Level of Automation, Allocation Authority, Supervisory Control, and Adaptive Control: Distinctions and Modes of Adaptation,“ *IEEE Transactions Systems, Man, & Cybernetics. Part A: Systems & Humans*, p. 662–667, 2011.

- [12] A. Steinberger, „AT&S Workshop PCB Lab: Der Morphologische Kasten,“ 2013. [Online]. Available: http://www.ats.net/de/files/2012/12/Der-Morphologische-Kasten_final.pdf. [Zugriff am 29.03.2017].
- [13] P. T. Bullemer, T. Cochran, S. Harp und C. Miller, „Managing abnormal situations II: Collaborative decision support for operations personnel,“ 1997. [Online]. Available: <http://www.asmconsortium.net/Documents/Managing%20ASM%20Dec>. [Zugriff am 29.03.2017].
- [14] A. Kluge, *The acquisition of knowledge and skills for taskwork and teamwork to control complex technical systems: A cognitive and macroergonomics perspective*, Springer, 2014.
- [15] J. Rasmussen, „Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models,“ *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics* 3, pp. 257-266, 1983.
- [16] VDI/VDE 2657-2, *Middleware in der Automatisierungstechnik - Vorgehensmodell für den Middleware-Engineering-Prozess*, 2015.
- [17] VDI/VDE 2657-1, *Middleware in der Automatisierungstechnik - Grundlagen*, 2013.
- [18] VDE/VDE 2651, *Plant Asset Management (PAM) in der Prozessindustrie - Definition, Modell, Aufgabe, Nutzen*, 2009.
- [19] K. Früh, U. Maier und D. Schaudel, Hrsg., *Handbuch der Prozessautomatisierung*, 5. Hrsg., München: Deutscher Industrieverlag, 2015.
- [20] A. Barz, L. Urbas und G. Wozny, „Visualisierung modellbasierter Prozessgrößen im konventionellen Bedienen und Beobachten: Nutzerzentrierte Darstellung im konventionellen Bedienen und Beobachten,“ in *P-&-A-Kompodium : das Referenzbuch für Prozesstechnik und Automation*, München, Publish-Industry Verlag, 2007.
- [21] C. D. Wickens, J. G. Hollands, S. Banbury und R. Parasuraman, *Engineering psychology and human performance*, 4th Hrsg., Pearson Academic, 2013.
- [22] M. Foegen und P. Atamaniuk, „Modellierung von Architekturen,“ *Software Management*, 2002.
- [23] E. B. Inc., Hrsg., *The New Encyclopaedia Britannica*, Bde. 1 von 2, Stichwort *Architecture*, Chicago: Encyclopaedia, 1978, pp. 1088-1115.