

# Automatisiertes Engineering von Prozessleitsystem-Funktionen

Till Schmidberger und Alexander Fay, Helmut-Schmidt-Universität, und Rainer Drath, ABB Forschungszentrum

*Dieser Beitrag stellt ein Konzept zur Senkung des Engineering-Aufwands für die Planung und Implementierung von Prozessleitsystemen vor, welches mit Hilfe wissensbasierter Methoden Engineering-Aufgaben automatisch durchführt. Die entwickelte Vorgehensweise nutzt dabei die Informationen aus dem Rohrleitungs- und Instrumentierungs-Fließbild, welche dank neuer, objektorientierter Werkzeugkonzepte und werkzeugneutraler Anlagen-Modelle wie CAEX nun für PLT-Planungs- und PLS-Implementierungs-Werkzeuge auf direktem elektronischen Wege zugänglich sind. Die dadurch mögliche „Automatisierung der Automatisierung“ wird exemplarisch am Beispiel des Engineerings von Verriegelungs-Steuerungen und Überwachungsfunktionen demonstriert, und weitere Potentiale werden aufgezeigt.*

Prozessleitsystem / Engineering / R&I-Fließbild / CAEX / Wissensbasiertes System / Stoffströme / Verriegelungssteuerungen / Regelkreise / Asset Management

## **Automated engineering of process automation systems**

*The paper proposes a concept to reduce engineering effort for planning and implementation of process control systems. According to this concept, knowledge based methods accomplish engineering tasks automatically. This approach makes use of information provided electronically by new, object-oriented P&I diagram tool, thus allowing the "automation of automation". As examples for this concept, the automatic engineering of interlockings and asset monitors is described.*

Process control systems / Engineering / P&I diagram / CAEX / Knowledge based system / Interlocking / Control loops / Asset management

## **1. Motivation**

Der Prozessleittechnik-Engineering-Aufwand, das heißt die Arbeitsleistung, welche für Planung und Implementierung einer Prozessleitsystem-Applikation aufgebracht werden muss, wächst im Verhältnis zu der Gesamtkostenentwicklung von Prozessautomatisierungslösungen überproportional an [1]. Insofern liegt Herstellern, Engineering-Firmen und Anwendern von Prozessleitsystemen gleichermaßen daran, den Engineering-Aufwand zu senken. Als Mittel dazu wird derzeit vor allem eine Verlagerung von Engineering-Arbeiten, insbesondere von Planungs-Aufgaben, in Länder mit niedrigeren Stundenlöhnen verfolgt. Der Engineering-Aufwand lässt sich aber auch dadurch senken, dass durch die Anwendung der Objektorientierung die Methoden des Engineerings hinsichtlich ihrer Effizienz verbessert werden können und insbesondere

- die zeitaufwändige manuelle Suche nach Informationen durch rechnergestützte Verfahren verkürzt wird, wobei vor allem die bisherigen Lücken in der Informationskette zwischen verschiedenen Gewerken geschlossen werden, und
- stets in gleicher oder ähnlicher Form wiederkehrende Routine-Aufgaben vom Rechner durchgeführt werden.

Im Folgenden werden Methoden vorgestellt, die diese beiden Möglichkeiten verfolgen, um das Engineering effizienter zu gestalten. Der Schlüssel zur Reduzierung des Engineeringaufwandes liegt dabei in der Automatisierung von Engineeringaufgaben, die bisher zeitaufwändig manuell durchgeführt werden müssen. Hierbei wird dadurch eine neue Qualität erreicht, dass die Anlageninformationen in objektorientierter Form vorliegen. Die bisherige zeichnungs-basierte Datenhaltung ist für eine visuelle und manuelle Arbeitsweise optimiert, erschwert bzw. verhindert aber eine computergestützte Auswertung. Erst die objektorientierte Datenhaltung macht die Anlageninformationen algorithmisch zugänglich.

## **2. Informationen aus dem R&I-Fließbild als Basis für Engineering-Aufgaben**

Das Rohrleitungs- und Instrumentierungs-Fließbild (R&I-Fließbild) ist die wichtigste Grundlage für die Planung und Implementierung der Automatisierungseinrichtungen einer verfahrenstechnischen Anlage [2]. Es enthält in grafischer Darstellung wesentliche Informationen über die verfahrenstechnische Anlagenstruktur, die Anlagenkomponenten und



Das R&I-Fließbild wird üblicherweise von Verfahrenstechnikern erstellt und anschließend den Leittechnik-Ingenieuren übergeben. Im Leittechnik-Engineering wird das R&I-Fließbild unter anderem für folgende Aufgaben genutzt:

- Während für geräteinterne Fehlermöglichkeiten vielfach schon vom Gerätehersteller Diagnosefunktionen implementiert und bereitgestellt werden, werden die vielfältigen Möglichkeiten der geräteübergreifenden Überwachung für das Asset Management bislang kaum genutzt [5], weil sie nicht vom Gerätehersteller implementiert werden können, sondern anlagenspezifisch zu planen und zu implementieren sind, wofür bislang signifikanter Aufwand erforderlich ist.

- sollte die Differenz aus den gemessenen Durchflüssen 004 und 005.1 der mit 006 gemessenen Veränderung des Füllstands von B501 entsprechen;
- sollte der gemessene Durchfluss 004 kurze Zeit nach Schließen des Ventils 003 auf Null zurück gehen.

Wie aus diesen Beispielen ersichtlich, ist das R&I-Fließbild eine wichtige Informationsquelle für viele Leittechnik-Engineering-Aufgaben. Die effiziente Nutzung des R&I-Fließbilds und der darin enthaltenen Informationen stellt somit einen Schlüssel für das angestrebte effizientere Engineering dar.

Steht für das Engineering das R&I-Fließbild der Anlage nur – wie in der Vergangenheit üblich – in Form großformatiger Papierbögen oder entsprechender Zeichnungsdateien (\*.pdf, \*.jpg, ...) zur Verfügung, so müssen die oben genannten und zahlreiche andere Engineering-Aufgaben rein manuell vorbereitet werden, das heißt durch

- Betrachtung der Zeichnung,
- Suche nach bestimmten Anlagenkomponenten oder Kombinationen davon,
- Verfolgung von Stoffströmen (oft auch über Zeichnungsgrenzen hinweg) und
- Übertragung von Objekt-Bezeichnungen und Attributen in andere Planungswerkzeuge,

3. Mit der zunehmenden Bedeutung, die dem *Asset Management* beigemessen wird, steigt die Nachfrage der Anwender nach *Asset Monitoren*, welche die im Prozessleitsystem vorliegenden Informationen, insbesondere die Sensorwerte, überwachen und – basierend auf Heuristiken, Algorithmen oder Modellen – analysieren und auf sich abzeichnende oder bereits eingetretene Fehlfunktionen von Anlagen-teilen oder -komponenten hinweisen.

bevor die eigentliche Engineering-Aufgabe, der Spezifikation und Implementierung einer leittechnischen Funktion, durchgeführt werden kann. Diese manuelle Vorgehensweise der Informationsbeschaffung ist – insbesondere bei größeren Anlagen – aufwändig und fehlerträchtig. Ursache hierfür ist die zeichnungsorientierte Sichtweise auf die Anlagendaten.

Erst moderne Verfahrenstechnik- und Anlagenplanungs-Werkzeuge bilden alle Informationen über die Anlagenobjekte, ihre strukturellen Beziehungen und ihre Attribute in einem internen Objektmodell ab. Auch die wichtigen physikalischen Kenngrößen in den Behältern und Rohrleitungen (Nenn-Druck, -Temperatur, -Durchfluss), welche in konventioneller papierbasierter Form ergänzend am Rand des R&I-Fließbilds angegeben wurden, sind in diesem Objektmodell Attribute der entsprechenden Anlagenobjekte.

Derartige Werkzeuge bieten üblicherweise Schnittstellen an, über die auf das Objektmodell und die darin verfügbaren Informationen elektronisch zugegriffen werden kann. Der Datenaustausch erfordert jedoch nach wie vor eine Vielzahl proprietärer Schnittstellen und Datenformate. Dies kann jedoch durch ein herstellernerutrales Datenaustauschformat wie CAEX überwunden werden, welches durch eine objektorientierte Abbildung von Anlageninformationen gekennzeichnet ist. CAEX wurde als werkzeugneutrales Metamodell

zur Beschreibung hierarchisch strukturierter Anlagen-Objektmodelle [6] entwickelt und befindet sich auf dem Weg zur Normung [3].

Wie in [7] dargestellt, erlaubt CAEX die einfache Speicherung und Übertragung des Objektmodells der Verfahrenstechnik- und Anlagenplanung in die Engineering-Werkzeuge nachfolgender Engineering-Schritte, insbesondere der PLT-Planung und der Implementierung im Prozessleitsystem. In diesen Werkzeugen können entsprechende Objekte automatisch instanziiert, parametrisiert und hierarchisch-funktional strukturiert werden.

Bild 2 zeigt, dass CAEX (wie auch die herstellerspezifischen Objektmodelle) eine Ansammlung von hierarchisch organisierten isolierten Objekten beinhaltet. Objekteigenschaften sind implizit in den Attributen der Objekte abgelegt. Die Informationen über die räumlichen und physikalischen Zusammenhänge zwischen den Objekten sind ebenfalls Teil der CAEX-Daten.

Für die in Abschnitt 2 genannten Engineering-Aufgaben sind jedoch explizite Informationen über zusammenhängende Stoffströme durch miteinander verbundene Anlagenkomponenten erforderlich, z.B. von einem Tank durch ein Rohr, in welchem sich ein Ventil befindet, zu einer Pumpe und von dieser weiter zu einem anderen Tank. Diese Zusammenhänge, die die „Logistik“ der Stoffströme durch die Anlage beschreiben, sind in CAEX-Strukturen zwar implizit enthalten, müssen jedoch zunächst aus dem CAEX-Modell (welches hier exemplarisch für alle hierarchischen, objektorientierten Anlagenmodelle steht) automatisch abgeleitet werden. Dies wird in Abschnitt 4 beschrieben.

#### 4. Automatische Erstellung eines Logistikmodells der Anlage

Die Beschreibung der für die oben genannten Engineering-Aufgaben relevanten möglichen Stoffströme durch die Rohrleitungen und Komponenten der Anlage erfolgt in einem so genannten *Logistikmodell*. Insbesondere interessieren Sequenzen aus miteinander verbundenen Rohrleitungen und darin befindlichen Sensoren und Aktoren, die im Sinne der nominalen Durchflussrichtung *nacheinander* vom selben Stoffstrom durchströmt werden. Diese Sequenzen beginnen und enden an Anlagenobjekten, bei denen sich der Stoffstrom ändert, z.B. bei Behältern und Knotenpunkten, das heißt Verzweigungen und Vereinigungen von Rohrleitungen. In Bild 1 führt eine solche Sequenz von B101 zu B501.

Um alle Sequenzen und Knotenpunkte einer Anlage zu finden und damit das Logistikmodell der Anlage aufzustellen, ist das CAEX-Modell der Anlage mit Hilfe eines geeigneten Algorithmus zu auswerten, der alle Anlagenobjekte bzw. deren Verbindungen auf direkte Verbindungen hinsichtlich des Stoffstroms untersucht. Da zwei durch eine Rohrleitung verbundene Apparate in der funktionalen Anlagenstruktur zu unterschiedlichen Teilanlagen gehören können, liegen die Objekte in der CAEX-Datei oft weit auseinander, und der Algorithmus muss bei der Suche die hierarchischen und funktionalen Grenzen überwinden und auch Referenzen auf Bibliotheksobjekte auflösen können.

```

CAEX-Datei
├─ Werk ((xxx))
│   └─ Bereich (xxx)
│       └─ Teilanlage (xxx)
│           └─ Behälter B101
│               └─ Stutzen (xxx)
│                   └─ Stutzen (xxx)
│                       └─ MSR-Einrichtung 001
│                           └─ Ventil (xxx)
│                               └─ MSR-Einrichtung 003
│                                   └─ Pumpe (xxx)
│                                       └─ MSR-Einrichtung 002
│                                           └─ Rohr Z0001
│                                               └─ Segment 00011
│                                                   └─ Rohr Z0002
│                                                       └─ Segment 00021
│                                                           └─ Teilanlage (xxx)
│                                                               └─ Behälter B501
│                                                                   └─ Stutzen (xxx)
│                                                                       └─ Stutzen (xxx)
│                                                                           └─ MSR-Einrichtung 006
│                                                                               └─ Ventil (xxx)
│                                                                                   └─ MSR-Einrichtung 005.2
│                                                                                       └─ Rohr Z0002
│                                                                                           └─ Segment 00022
│                                                                                               └─ MSR-Einrichtung 004
│                                                                                                   └─ Rohr Z0003
│                                                                                                       └─ Segment 00031
│                                                                                                           └─ Segment 00032
│                                                                                                               └─ MSR-Einrichtung 005.1

```

**Bild 2:** Hierarchisch strukturierte Auflistung der Anlagenobjekte in CAEX.

Neben den Stoffströmen sind für das PLT-Engineering auch die im R&I-Fließbild gestrichelt eingezeichneten Wirklinien, welche Informationsflüsse bezeichnen, von großem Interesse. Da auch die einzelnen PLT-Funktionen und die einzelnen Wirklinien im CAEX-Modell enthalten sind, kann ein entsprechender Algorithmus auch Sequenzen und Knotenpunkte von Wirklinien auffinden. Sequenzen von Wirklinien beginnen im einfachsten Fall bei einem Sensor und enden bei einem Aktor (siehe z.B. 005.1-005.2 in Bild 1). Knotenpunkte von Wirklinien treten z.B. im Falle von verknüpften Schaltsignalen auf.

Die Implementierung der beschriebenen Algorithmen zeigte, dass dieser Ansatz geeignet ist, automatisch ein Logistikmodell der Anlage zu erstellen, welches die Anlagenobjekte der funktional-hierarchischen Struktur in eine neue Beziehung setzt und zusätzlich die Objekte der Sequenzen und der Knotenpunkte für Stoffströme und Informationsflüsse einführt. Dieses Logistikmodell kann – wie das CAEX-Modell – in einer XML-Datei gespeichert werden (Bild 3). Es dient den verschiedensten Engineering-Aufgaben als Basis, wie in den folgenden Abschnitten ausgeführt wird.



Bild 3: Ausschnitt aus dem automatisch generierten Logistikmodell.

## 5. Automatische Erstellung von Verriegelungssteuerungen

### 5.1 Aufgabenstellung

Wie in Abschnitt 2 unter Punkt 1 aufgeführt, sind Verriegelungssteuerungen zu planen und zu implementieren, welche im Falle eines Abweichens vom gewünschten Betrieb der Anlage einen sicheren Betrieb gewährleisten. Für bestimmte Konstellationen von Anlagenobjekten spezifiziert der PLT-Planer heute manuell die erforderlichen Verriegelungen, und der PLS-Implementierer programmiert sie (üblicherweise ebenfalls manuell) im Leitsystem. Diese Aufgaben können wie im folgenden beschrieben auf der Basis des Logistikmodells für bestimmte Klassen von Verriegelungen automatisiert werden<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Neben diesen in der Anlagenstruktur begründeten Verriegelungen sind im Allgemeinen weitere Verriegelungen erforderlich, welche sich entweder aus den physikalisch-chemischen Besonderheiten des Prozesses ergeben oder aus den internen Erfordernissen eines einzelnen Apparates – diese Arten von Verriegelungen sind mit dem hier vorgestellten Ansatz nicht automatisch erstellbar.

### 5.2 Notwendige Verriegelungen automatisch finden

PLT-Planungs-Experten gehen bei der Festlegung der erforderlichen Verriegelungen systematisch vor, nach Regeln, die – je nach Unternehmen – schriftlich niedergelegt sind oder als Erfahrungswissen tradiert werden. Das in Abschnitt 2 und Bild 1 gezeigte Beispiel des Behälter-Überlauf-Schutzes lässt sich verallgemeinern zu einer Regel:

IMMER WENN ein Behälter (mindestens) einen Zulauf besitzt,  
UND der Zulauf vom Leitsystem aus verschlossen werden kann,  
UND der Füllstand des Behälters gemessen wird und im Leitsystem vorliegt,  
DANN soll ein auf der Füllstandsmessung und einem geeigneten Stellglied im Zulauf basierender Überlaufschutz vorgesehen werden.

Diese Regel ist iterativ auf alle Behälter der Anlage und (wenn der Behälter mehrere Zuläufe besitzt) auf alle Zuläufe eines jeden Behälters anzuwenden.

Auf der Basis des Logistikmodells lässt sich diese Aufgabe automatisieren: Der entsprechende Algorithmus

- durchsucht das Logistikmodell nach Stoffstrom-Sequenzen, die an Behältern enden, die (gegebenenfalls per Wirklinie) mit einer Füllstandsmessung verbunden sind,
- durchsucht die gefundenen Stoffstrom-Sequenzen entgegen dem Stoffstrom nach Möglichkeiten, den Zulauf zu schließen (z.B. durch ein zu schließendes Ventil oder eine auszuschaltende Pumpe),
- gibt im Erfolgsfalle eine Meldung aus, die mindestens die eindeutige PLT-Stellen-Bezeichnung (*tag*) des Füllstandsmessgeräts und des Stellglieds umfasst.

Es gibt zahlreiche weitere Regeln zur Einrichtung von apparateübergreifenden Verriegelungen. In der Anlage nach Bild 1 muss z.B. das Schließen des Ventils 003 nach sich ziehen, dass die davor eingebaute Pumpe 002 abgeschaltet wird oder ein (hier nicht eingezeichneter) Umgang geöffnet wird, damit die Pumpe nicht gegen das geschlossene Ventil arbeitet. Die gleiche Aktion ist erforderlich, wenn der Füllstand 001 im Vorlagebehälter B101 einen Mindestwert unterschreitet.

Grundsätzlich bestünde die Möglichkeit, für jede dieser Regeln einen eigenen Algorithmus zu schreiben, der sie implementiert. Naheliegender ist jedoch ein wissensbasierter (genauer: regelbasierter) Ansatz:

- Alle Regeln über Verriegelungen werden in einer einheitlichen, für den Rechner verständlichen Notation beschrieben.
- Ein Algorithmus (in der Terminologie wissensbasierter Systeme die *Inferenzmaschine*) wendet die Regeln auf das vorliegende Logistikmodell der Anlage an und erstellt eine Liste aller erforderlichen apparateübergreifender Verriegelungen.

Dieser regelbasierte Ansatz bedeutet zum einen weniger Implementierungsaufwand und bietet zum anderen den



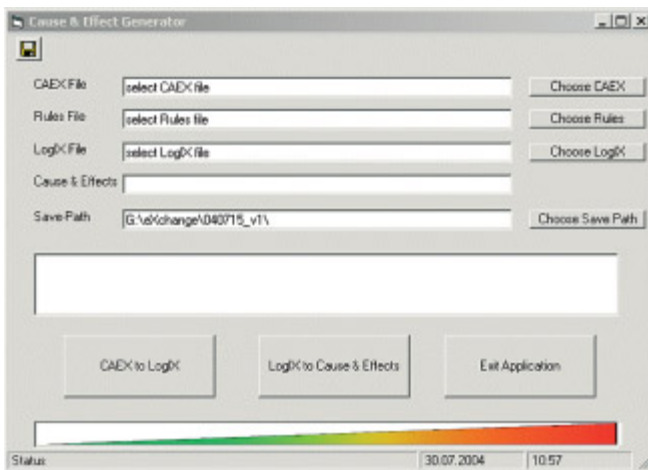


Bild 4: Eingabemaske für regelbasiertes System.

Vorteil, dass einzelne Regeln nachträglich mit wenig Aufwand und ohne Programmierkenntnisse vom Nutzer erstellt oder modifiziert werden können. Deshalb wurde dieser Ansatz von den Autoren für eine zunächst prototypische Implementierung gewählt. Bild 4 zeigt die erstellte Benutzungsoberfläche, die lediglich vom Benutzer erfordert, die CAEX-Datei zu wählen, welche zugrunde zu legen ist, alternativ eine (bereits früher erstellte) Logistikmodell-Datei, und die Datei, welche die anzuwendenden Regeln enthält. Der Durchlauf der Inferenzmaschine wird dann angezeigt und protokolliert.

### 5.3 Verriegelungen automatisch implementieren

Als Ergebnis der automatischen Planung der Verriegelungen entsteht eine Datei, welche die Ursachen (*causes*) von Verriegelungen in Form von binären Prozesssignalen (z.B. Grenzwertüberschreitungen) mit den Wirkungen (*effects*) von Verriegelungen in Form von binären Stellbefehlen verknüpft. Dabei kann eine Ursache mehrere Wirkungen zur Folge haben (UND-Verknüpfung), und eine Wirkung kann mehrere Ursachen haben (ODER-Verknüpfung). Diese Datei kann übersichtlich in tabellarischer Form als Ursache-Wirkungstabelle (*Cause&Effect table*) dargestellt werden (siehe Bild 5) und damit im gleichen Format wie die konventionell von Hand erstellten Ursache-Wirkungstabellen. Auf diese Weise kann eine große Akzeptanz bei den Anwendern erreicht werden, welche die automatisch erstellten Verriegelungen nun überprüfen, editieren, speichern, dokumentieren und mit anderen, manuell erstellten Verriegelungen kombinieren können.

Um die bis hierhin völlig prozessleitsystem-neutral generierten Verriegelungen in ein leitsystem-spezifisches Steuerungsprogramm zu überführen, wurde ein VisualBasic-Programm erstellt, welches aus MS Excel<sup>TM</sup> heraus aufgerufen werden kann und automatisch aus der Ursache-Wirkungstabelle über die Programmier-Schnittstelle des PLS-Engineering-Werkzeugs (hier Control Builder M<sup>TM</sup> des Prozessleitsystems 800xA<sup>TM</sup> von ABB) ein Steuerungsprogramm in der jeweils gewünschten Programmiersprache der IEC 61131-3 implementiert (in Bild 6 exemplarisch als Funktionsbaustein-diagramm).

Bild 5: Automatisch generierte Ursache-Wirkung-Tabelle.

	Tag	Cause	Effect	Tag	Effect	Comment	Tag	Effect	Comment
9	006	LI006_ASHH	x						
10	004	FI004_ASLL	x						
11	003	YS003_OL	x						
12	001	LI001_ASLL	x						

Auf diese Weise ist es möglich, eine große Anzahl von erforderlichen Verriegelungen, die bisher mühsam von Hand gefunden, spezifiziert und implementiert werden mussten, automatisch aus der Anlagenbeschreibung zu erzeugen. Dies ist insbesondere hilfreich, wenn – wie bisher üblich – die Verriegelungsanforderungen nicht explizit im R&I-Fließbild spezifiziert wurden.

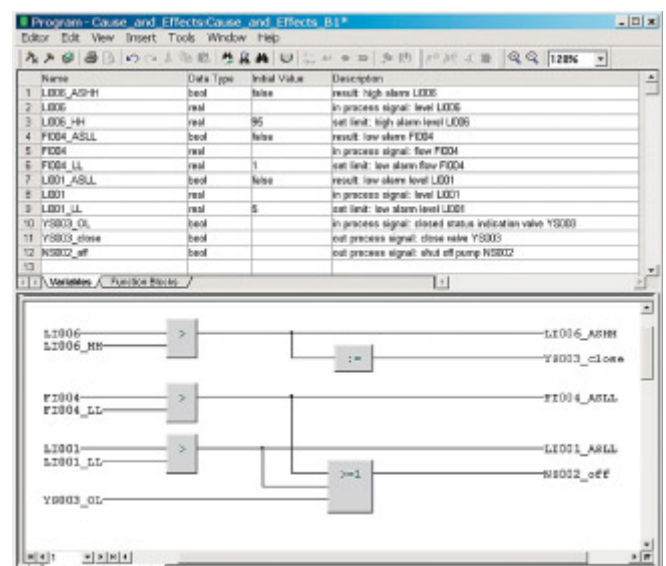


Bild 6: Automatisch generiertes PLS-Programm.

## 6. Automatische Erstellung von Regelkreisen

Die Planung und Implementierung von Regelkreisen wurde in Abschnitt 2 als eine weitere wichtige Engineering-Aufgabe benannt. Sie kann für den größten Teil der einfachen PI-Regler in ähnlicher Weise, ausgehend vom elektronisch vorliegenden R&I-Fließbild, automatisch durchgeführt werden, wie dies in Abschnitt 5 für Verriegelungen beschrieben wurde. Aus Platzgründen wird die Vorgehensweise hier nur skizziert.

Der Algorithmus geht in diesem Fall von den am Ende von Abschnitt 4 beschriebenen, automatisch gefundenen Wirklinien-Sequenzen aus, die im einfachsten Fall von einem Sensor (z.B. 005.1) über dessen PLT-Funktion (FIC) zu der PLT-Funktion eines Aktors (YC) und schließlich zum Aktor selbst (005.2) führen. Für jede dieser unabhängigen Wirklinien-Sequenzen wird eine Kombination von Funktionsbausteinen (Eingangssignalanpassung, PI-Regler, Ausgangssignalanpassung) und dazugehörigen Prozessvariablen geplant und anschließend im Prozessleitsystem implementiert, inklusive der erforderlichen Signalverbindungen. Dabei findet wegen seiner Vorteile hinsichtlich Modularität, Übersichtlichkeit und Wartbarkeit wieder ein regelbasierter Ansatz Verwendung. Dieser wird, nachdem die grundsätzliche Funktionsfähigkeit schon demonstriert werden konnte, zukünftig Erweiterungen erlauben, z.B. hinsichtlich der Kombination mehrerer Sensoren durch Instanziierung eines zusätzlichen Funktionsbausteins „2von3-Auswahl“.

## 7. Automatische Erstellung von Asset Monitoren

Die vielfältigen Möglichkeiten, Engineering-Aufgaben zumindest zu signifikanten Teilen zu automatisieren, erlauben jetzt auch die konsequente Durchführung von Engineering-Aufgaben, für die bislang die Zeit fehlte und die daher oft unterblieben. Dazu zählt auch die in Abschnitt 2 als 3. Punkt erwähnte Erstellung von Asset Monitoren, welche bisher nur für wenige Assets nachträglich manuell in bestehende Anlagen eingefügt werden.

Auf der Basis der elektronischen Anlagenbeschreibung und des daraus generierten Logistikmodells können automatisch zahlreiche nützliche feldgeräte-übergreifende Überwachungsfunktionen geplant und implementiert werden. Das Vorgehen ist analog zu der in Abschnitt 5 beschriebenen Planung und Implementierung von Verriegelungssteuerungen: Das Wissen über grundsätzlich mögliche geräteübergreifende Überwachungen wird ebenfalls in Form von Regeln abgelegt:

IMMER WENN	ein Stoffstrom durch ein Ventil vom Leitsystem verschlossen werden kann
UND	der Durchfluss dieses Stoffstroms gemessen wird und im Leitsystem vorliegt,
DANN	soll eine Funktion angelegt werden, die Ventilstellung und Durchflussmessung miteinander vergleicht und bei Unregelmäßigkeiten eine Warnung erzeugt.

Dieser Vergleich beschränkt sich im einfachsten Fall darauf, zu überprüfen, ob bei geschlossenem Ventil der Stoff-

strom auf Null absinkt. Es sind grundsätzlich jedoch auch weitergehende Vergleiche möglich, die

- bei Kenntnis der Ventilkennlinie diese mit Ventilstellung und Durchflussmesswert in Beziehung setzen oder
- Datenpaare von Ventilstellung und zugehörigem Durchflussmesswert über längere Zeiträume sammeln und vergleichen,

um auf diese Weise Verschleiß oder Verschmutzung im Ventil zu entdecken.

Dieser Asset Monitor setzt ein Sensor- und ein Aktor-Signal miteinander in Beziehung. Ebenso können Asset Monitore auch allein auf Sensor-Signalen basieren, wie beispielsweise die in Abschnitt 2 beschriebene Überprüfung eines Füllstandsignals mit Hilfe der gemessenen Zu- und Abflüsse. Die Asset Monitore können dabei qualitativ arbeiten („Wenn Zufluss < Abfluss, dann muss Füllstand sinken.“) oder quantitativ, in dem der Füllstand mit Hilfe der Verläufe von Zu- und Abfluss laufend berechnet und mit dem Füllstandssignal verglichen wird.

Der in Abschnitt 5 für die automatische Generierung von Verriegelungen eingesetzte Algorithmus wird in analoger Weise angewandt, um aus derartigen allgemeinen Überwachungsregeln automatisch anlagenspezifische Asset Monitore für das Asset Management-System der Anlage zu erstellen.

## 8. Zusammenfassung und Ausblick

Das Vorliegen von Anlageninformationen in einem objektorientiert hierarchischen Datenformat wie CAEX erschließt eine Fülle neuer analytischer Möglichkeiten, die mit bisherigen rein zeichnungsorientierten Ansätzen nicht denkbar oder erreichbar waren. Die Analysierbarkeit erfordert dabei ein hohes Maß an die Korrektheit der Objektbeschreibung, denn Schwächen in der Objektbeschreibung lassen sich zwar zum Teil automatisch auffinden, nicht jedoch beheben. Dann ist eine automatische und zuverlässige Auswertung nicht möglich. Das Objektmodell von CAEX kann diese Ansprüche erfüllen und stellt sich als geeignet heraus: Insbesondere das enthaltene Rollenkonzept erlaubt eine automatische Interpretation von Anlagenobjekten, unabhängig von deren grafischer Darstellung im R&I-Fließbild.

Auf der Basis einer algorithmisch zugänglichen Anlagenbeschreibung kann ein Logistikmodell der Anlage erstellt werden, welches die Stoffströme durch die Anlagenkomponenten im Zusammenhang beschreibt. Das Logistikmodell stellt somit eine Abstraktion des CAEX-Modells dar und kann aufgrund des in CAEX vorgesehenen Rollenkonzeptes aus diesem automatisch gewonnen werden. Darauf aufbauend können unterschiedliche Engineering-Aufgaben automatisiert werden, z.B. die Planung und Erstellung von apparatübergreifenden Verriegelungen, von einfachen Regelkreisen und von geräteübergreifenden Überwachungsfunktionen. Das dargestellte Konzept wurde von den Autoren prototypisch als wissensbasiertes System auf Basis allgemein vorhandener Werkzeuge umgesetzt. Es wurde erfolgreich auf Beispiele angewandt und wird sukzessive weiter entwickelt, zum einen hinsichtlich weiterer, komplexerer Regeln und zum anderen hinsichtlich weiterer Engineering-Aufgaben.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Objekt-orientierung neue Möglichkeiten der automatischen Generierung von Automatisierungslösungen und damit für effizienteres Engineering eröffnet.

## Danksagung

Die Autoren danken dem Leiter des Instituts für Prozessleittechnik der RWTH Aachen, Herrn Prof. Dr. Ulrich Epple, für seinen Einsatz für CAEX, ohne den Anlagen-Informationen heute noch nicht in dieser konsequent objektorientierten und herstellerneutralen Form elektronisch zugreifbar wären.

## Literatur

- [1] *Schröder, N.*: Process Automation Markets 2010 – Important Findings of the New International Market, Strategy, and Technology Report. IN-TECHNO Consulting, Basel (2003).
- [2] *Früh, K. F., Maier, U.* (Hrsg.): Handbuch der Prozessautomatisierung – Prozessleittechnik für verfahrenstechnische Anlagen, 3. Auflage, Oldenbourg Verlag, München (2004).
- [3] Vornorm DIN V 44366. Festlegung für die Darstellung von Aufgaben der Prozessleittechnik in Fließbildern und für den Datenaustausch zwischen EDV-Werkzeugen zur Fließbild-Erstellung und CAE-Systemen. Beuth Verlag, Berlin (2004).
- [4] *Strohrmann, G.*: Automatisierung verfahrenstechnischer Prozesse, Oldenbourg Verlag, München (2002).
- [5] *Prock, J.*: Überwachung von Sensorsystemen der Verfahrenstechnik. GMA-Kongress 2003, VDI-Berichte Nr. 1756, S. 679-686. VDI-Verlag, Düsseldorf (2003).
- [6] *Drath, R., Fedai, M.*: CAEX – ein neutrales Datenaustauschformat für Anlagendaten, Teil 1. atp - Automatisierungstechnische Praxis 46 (2004), H. 2, S. 52-56; Teil 2 46 (2004), H. 3, S. 20-27.
- [7] *Drath, R., Fay, A.*: Erfahrungen bei der Nutzung einer neutralen XML-Beschreibungsform verfahrenstechnischer Anlagen für den Datenaustausch zwischen dem Process Engineering und dem Control System Engineering. GMA-Fachtagung „Engineering in der Prozessindustrie“, Frankfurt, 3.-4. Dezember 2002, VDI-Bericht 1684, S. 145-155.

Manuskripteingang: 23. November 2004.



Dipl.-Ing. *Till Schmidberger* (28) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Automatisierungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg. Sein Arbeitsschwerpunkt sind Methoden und Werkzeuge für einen effizienten Entwurf von Prozessleitsystemen.

Adresse: Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg, Institut für Automatisierungstechnik, Holstenhofweg 85, D-22043 Hamburg, Tel. +49 40 6541-2741, Fax -2004, E-Mail: [till.schmidberger@hsu-hh.de](mailto:till.schmidberger@hsu-hh.de)



Prof. Dr.-Ing. *Alexander Fay* (35) ist Professor für Automatisierungstechnik im Fachbereich Maschinenbau der Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg. Er leitet den GMA-Fachausschuss 6.12 „Durchgängiges Engineering von Leitsystemen“ (vormals 6.21 „Engineering in vernetzten, offenen Systemen“). Sein Hauptinteresse gilt Methoden und Werkzeugen für einen effizienten Entwurf von Automatisierungssystemen, insbesondere unter Nutzung wissensbasierter Methoden.

Adresse: Siehe oben, Tel. +49 40 6541-2719, Fax -2004, E-Mail: [alexander.fay@hsu-hh.de](mailto:alexander.fay@hsu-hh.de)



Dr.-Ing. *Rainer Drath* (32) ist Mitarbeiter der Abteilung „Industrial Software and Applications“ des ABB Forschungszentrums Deutschland. Als Projektleiter beschäftigt er sich mit der Entwicklung neuer Konzepte und Methoden zur Verbesserung des Engineerings von Automatisierungssystemen.

Adresse: ABB AG, Forschungszentrum Deutschland, Wallstadter Str. 59, D-68526 Ladenburg, Tel. +49 62 03 71-64 71, Fax -62 53, E-Mail: [rainer.drath@de.abb.com](mailto:rainer.drath@de.abb.com)