

Einordnung und Bewertung von Beschreibungsmitteln aus der Automatisierungstechnik

Georg Frey, Technische Universität Kaiserslautern, und Stefan Kowalewski, RWTH Aachen

Der Beitrag stellt den vom GMA-Fachausschuss 1.51 erarbeiteten Gründruck der Richtlinie „Einordnung und Bewertung von Beschreibungsmitteln aus der Automatisierungstechnik“ vor. Die Richtlinie beschreibt Kriterien, die zur Bewertung und Einordnung von Beschreibungsmitteln genutzt werden können und ordnet diese in Form von zwei Schemata (Tabellen). Zum einen handelt es sich dabei um generelle Eigenschaften der Beschreibungsmittel (beispielsweise deren Möglichkeit zur Zeitdarstellung), zum anderen um die Eignung der Beschreibungsmittel für verschiedene Entwurfsphasen. Die Kriterien werden in der Richtlinie auf eine ganze Reihe von Beschreibungsmitteln angewendet. In diesem Beitrag werden die Bewertungs- und Einordnungskriterien vorgestellt und ihre Anwendung wird anhand zweier Beispiele (Petrietze und Anweisungsliste) exemplarisch illustriert.

Beschreibungsmittel / Richtlinie / GMA

Classification and evaluation of means for description in automation and control technologies

The paper reports a draft guideline on “Classification and evaluation of means for description in automation and control technologies” which was developed by the GMA working group 1.51. This guideline describes criteria for the classification and evaluation of description methods and shows how to use them. In the guideline these criteria are applied to a variety of examples. Two of them (Petri nets and Instruction List) are presented in this paper.

Description methods / Guideline / GMA

1. Einleitung

Das Angebot an Beschreibungsmitteln in der Automatisierungstechnik ist für den Einzelnen mittlerweile unüberschaubar geworden. Es existiert eine solche Vielzahl, dass die spezifische Eignung eines Beschreibungsmittels für bestimmte Aufgaben, unterschiedliche Entwurfsphasen oder gar verschiedene Branchen nur noch von den jeweiligen Experten beurteilt werden kann. Die Situation wird erschwert durch die neuen Beschreibungsmittel oder die zahlreichen Erweiterungen und Modifikationen, die regelmäßig unter neuem oder geändertem Namen entstehen. Angesichts dieser Unübersichtlichkeit ist es nicht verwunderlich, wenn der einzelne Anwender nicht mehr in der Lage ist, das für sein konkretes Entwurfs- oder Analyseproblem am besten geeignete Beschreibungsmittel herauszufinden. Die Folge ist, dass häufig weniger geeignete Kandidaten ausgewählt werden, nicht selten solche, die gerade „in Mode sind“, mit entsprechenden Konsequenzen für den Entwicklungsaufwand und das Ergebnis.

Der Beitrag stellt ein Arbeitsergebnis des GMA-Fachausschusses 1.51 „Standardisierte Beschreibungsmittel in der Automatisierungstechnik“ [1] vor, das die Grundlage einer im Gründruck vorliegenden Richtlinie mit dem Titel "Klassifizierung und Bewertung von Beschreibungsmitteln aus der Automatisierungstechnik" [2] bildet. Unter Beschreibungsmitteln werden dabei alle textuellen, mathematisch symbolischen oder grafischen Mittel zur Darstellung von Sachverhalten im gesamten Lebenszyklus einer automatisierungstechnischen Einrichtung verstanden. Das Spektrum reicht von den ersten Anforderungsformulierungen über Spezifikationen von Strukturen und Verhalten beim Entwurf, Sprachen zur Implementierung bis hin zur Anlagen- bzw. Produktdokumentation und Wartungshandbüchern. Beschreibungsmittel dienen dabei der Dokumentation, Kommunikation und Analyse.

Ziel der Richtlinie ist es, den Automatisierungstechniker bei der Auswahl und Anwendung geeigneter Beschreibungsmittel zu unterstützen. Dazu wurde eine Klassifikationsmethodik entwickelt, mit der Beschreibungsmittel anhand eines Satzes von Kriterien eingeordnet werden können und ihre Eignung für unterschiedliche Entwicklungstätigkeiten oder Entwurfsphasen bewertet werden kann. Auf diese Weise erhält der Anwender ein Hilfsmittel, um sich in der beschriebenen Vielfalt von Beschreibungsmitteln besser zurecht finden zu können.

In der Richtlinie wird diese Methodik beschrieben und an Beispielen illustriert. Diese repräsentieren aber nur eine kleine Auswahl aus dem gesamten Angebot an Beschreibungsmitteln. Eine Markterhebung wurde nicht durchgeführt. Die Auswahl basiert auf dem Hintergrundwissen der Mitglieder des GMA-Fachausschusses 1.51 und auf dem Rücklauf einer Fragebogenaktion, bei der der Fachausschuss gezielt weitere Experten um ihre Mithilfe gebeten hat.

Dieser Beitrag fasst die Ergebnisse zusammen. In den folgenden beiden Abschnitten werden die verwendeten Einordnungskriterien vorgestellt und der Bezug zu den unterschiedlichen Entwurfsphasen hergestellt. Im Anschluss wird an zwei Beispielen die Anwendung der Einordnung und Bewertung illustriert. Ein Ausblick schließt den Beitrag ab.

2. Kriterien zur Einordnung

2.1 Zweck der Kriterien

Beim Entwurf eines Automatisierungssystems ist eine Vielzahl von Fragen zu klären. Dabei kann es hilfreich sein, nur bestimmte Aspekte eines Systems zu betrachten. Davon abhängig ist letztlich die Wahl des verwendeten Beschreibungsmittels. Die Kriterien zur Einordnung haben den Zweck, auf der Grundlage weniger Kategorien eine schnelle Einordnung des Beschreibungsmittels hinsichtlich seiner Eignung für unterschiedliche Aufgaben zu ermöglichen. Möchte man zum Beispiel beim Entwurf eines sicherheitskritischen Systems den Entwurf formal verifizieren, oder modellbasiert Testfälle oder Code mit garantierten Eigenschaften generieren, so ist es wichtig, dass das Beschreibungsmittel eine formale Grundlage aufweist. Ein anderes Beispiel ist die Zeitdarstellung: Liegt ein Entwurfsproblem mit expliziten Echtzeitanforderungen vor, dann muss deren Spezifikation und Analyse unterstützt werden. Andere Kategorien haben weniger strenge Implikationen, sind aber auch hilfreich: Soll das Beschreibungsmittel zur Kommunikation mit Experten aus anderen Fachgebieten dienen, so ist eine anschauliche, möglichst grafische Darstellung wünschenswert. Im Folgenden wird eine vom Ausschuss erarbeitete Liste von Kriterien zur Auswahl von Beschreibungsmitteln vorgestellt. Diese Liste kann und will nicht alle Aspekte eines Beschreibungsmittels bzw. eines zu beschreibenden Systems beinhalten. Sie stellt jedoch zu Gunsten der Überschaubarkeit eine Auswahl der wesentlichen Eigenschaften dar.

Zum Vergleich verschiedener Beschreibungsmittel ist es hilfreich, die unten aufgeführten Kriterien anzuwenden und das Ergebnis in einer Tabelle darzustellen (Tabelle 1).

Formale Basis

Wie streng sind Syntax und Semantik definiert? Liegt dem Beschreibungsmittel ein mathematisches Modell zugrunde? Je nachdem ob eine mathematische Basis, eine vollständig definierte Syntax und eindeutige Semantik für das Beschreibungsmittel vorliegen unterscheidet man *formale*, *semiformale* und *informale* Beschreibungsmittel.

Verhaltensbeschreibung

Hier interessiert, ob das Beschreibungsmittel nur deterministisches oder auch nicht-deterministisches Verhalten behandeln kann, und ob Dynamik darstellbar ist oder nur statische Zusammenhänge. Bei der Beschreibung des Systemverhaltens wird zum einen zwischen *statischen* und *dynamischen* Systemen unterschieden, zum anderen ist eine Unterscheidung zwischen *deterministischen* und *nicht-deterministischen* Systemen angebracht.

Explizite Zeitdarstellung

Dieses Kriterium ist nur bei Beschreibungsmitteln für dynamische Systeme von Interesse. Unter expliziter Zeitdarstellung wird die Möglichkeit verstanden, quantitative Aussagen zu Zeitpunkten und Zeitdauern (z.B. zwischen Ereignissen) zu modellieren. Die Zeitmodellierung kann

- *ereignisgetrieben diskret*: Angabe der Zeiten zwischen Ereignissen,
- *zeitdiskret (taktgetrieben)*: Zeitmessung durch Zählen von Ereignissen oder Takten, oder
- *zeitkontinuierlich*: Die Zeit geht als kontinuierliche Variable in das System ein, erfolgen.

Struktur

Die Kriterien bei der Strukturdarstellung sind, ob Hierarchie, Komposition und Dekomposition oder Strukturveränderungen beschrieben werden können. Zunächst wird untersucht ob, das Beschreibungsmittel *hierarchische* Strukturen beschreiben kann. Ein weiteres Unterscheidungskriterium ist die Fähigkeit, Teilkomponenten bzw. bestimmte Funktionen separat zu beschreiben (*Dekomposition*) bzw. ein Gesamtsystem aus einzelnen Teilsystemen nach festgelegten Regeln zusammensetzen (*Komposition*). Schließlich gibt es Beschreibungsmittel, die in der Lage sind *strukturveränderliche* Systeme zu beschreiben.

Synchronisation (falls verteilte Prozesse möglich sind)

Synchronisationsmechanismen beschreiben, wie Teilsysteme zeitlich und gegebenenfalls kausal verkoppelt sind. Falls keine Synchronisationsmechanismen vorhanden sind, können nur monolithische, lokal konzentrierte Modelle dargestellt werden. Die wesentlichen Möglichkeiten sind: *synchron*, *asynchron* und *nebenläufig (konkurrierend)*.

Synchrone (getaktete) Prozesse sind Prozesse, die durch ein Taktsignal gestartet mit gleicher Geschwindigkeit, bzw. gleichzeitig oder in gleicher Richtung ablaufen. (Alle Komponenten führen gleichzeitig ihre Übergänge durch, meistens auf der Grundlage eines Taktes.)

Asynchrone Prozesse sind Prozesse ohne festen gemeinsamen Takt. (Die Komponenten laufen unabhängig ab, gleichzeitige Übergänge müssen besonders gekennzeichnet werden.)

Arbeitsabläufe, bzw. deren Einzelschritte heißen nebenläufig (*konkurrierend*), wenn sie voneinander (kausal) unabhängig (im Spezialfall auch parallel/gleichzeitig) jedoch nicht notwendigerweise gleichzeitig durchgeführt werden können.

Darstellung

Die Form der Darstellung ist ein wichtiges Kriterium für die Verständlichkeit und die Anschaulichkeit der Modelle. Hinsichtlich der Art des Repräsentationskonzepts können drei grundsätzliche Arten unterschieden werden (sowie natürlich Kombinationsformen): *textuell*, *mathematisch-symbolisch* und *grafisch*.

Werkzeugunterstützung

Schließlich ist die verfügbare Werkzeugunterstützung von Bedeutung, wenn es um die praktische Anwendung eines Beschreibungsmittels geht. Für die Erstellung, Visualisierung und die Simulation von Modellen stellen Tools eine wichtige Voraussetzung dar. Die Werkzeugunterstützung ist deshalb ein wichtiges Maß für die Einordnung und Bewertung von Beschreibungsmitteln. Die für ein Beschreibungsmittel vorhandenen Werkzeuge werden nach dem Grad ihrer Marktreife gemessen an den vorwiegenden Einsatzgebieten *Forschung*, *prototypische Anwendung* und *industrielle Anwendung*, unterschieden.

3. Eignung für unterschiedliche Entwurfsphasen und Methoden

3.1 Phasenmodell

Der Entwurf eines Automatisierungssystems erfolgt in mehreren Phasen. Zur Beschreibung des Entwurfsprozesses und zur Einteilung in die verschiedenen Phasen wurden bereits verschiedene Modelle (Wasserfallmodell, V-Modell, ...) entwickelt. Der hier vorgestellte Bewertungsansatz ist unabhängig von der Wahl des Entwurfsmodells. Es soll lediglich angegeben werden, inwieweit ein Beschreibungsmittel für den Einsatz in einer bestimmten Entwurfsphase geeignet ist. Es wird vereinfachend zwischen den groben Entwurfsphasen

- Anforderungsanalyse,
- Spezifikation,
- Grobdesign,
- Feindesign,
- Implementierung

und den methodisch charakterisierten Aktivitäten

- Test,
- Simulation und
- Formale Analyse und Verifikation

unterschieden. Diese werden im Folgenden nochmals näher erläutert. Viele dieser Phasen werden in einem iterativen Prozess mehrfach durchlaufen. Gerade die methodisch charakterisierten Aktivitäten Test, Simulation und Analyse können zu verschiedenen Zeiten im Entwurfsprozess eingeplant werden und erfordern dann unter Umständen unterschiedliche Methoden. So kann beispielsweise sowohl eine Spezifikation als auch ein implementiertes Programm simuliert werden. Sowohl die verwendeten Simulatoren als auch die erzielbaren Aussagen unterscheiden sich dabei aber wesentlich.

3.2 Anforderungsanalyse

Am Beginn einer Systementwicklung steht immer eine Anforderungsanalyse. Hier werden im Dialog zwischen Automatisierungstechniker und Technologen des Anlagenbetreibers die Anforderungen an das Automatisierungssystem festgelegt. Beschreibungsmittel, meist informal oder semi-formal, können in dieser Phase dazu beitragen Missverständnisse zwischen den beteiligten Gruppen zu vermeiden und widersprüchliche oder nicht erfüllbare Anforderungen zu erkennen. Das Ergebnis der Anforderungsanalyse ist im Allgemeinen ein Lastenheft.

3.3 Spezifikation

Das Lasten-/Pflichtenheft in seiner meist informellen Form dient als Grundlage der Spezifikation. Hier wird dann eine genaue, möglichst formale Beschreibung eines Systems aufgestellt.

3.4 Grobdesign

Aufbauend auf der Spezifikation, erfolgt beim Grobdesign die Festlegung von Systemarchitektur und -struktur.

3.5 Feindesign

Ausgehend vom Grobdesign, werden beim Feindesign die einzelnen Funktionen genau festgelegt.

3.6 Implementierung

Zur Implementierung geeignet sind neben klassischen (SPS-) Programmiersprachen auch solche Beschreibungsmittel, die ein System in der nötigen Detailliertheit abbilden. Entscheidend für die Eignung ist hierbei, dass Werkzeuge zur Verfügung stehen, die eine automatische Codeerzeugung für ein gewähltes Zielsystem erlauben. In diesem Sinne bedeutet eine gute Eignung eines Beschreibungsmittels zur Implementierung, dass zwischen Beschreibung und implementierter Lösung ein einfacher Übergang besteht. Detailliertere Aussagen zu Implementierungsaspekten würden neben der Betrachtung des Beschreibungsmittels selbst auch eine Untersuchung der eingesetzten Werkzeuge und des Zielsystems erfordern.

3.7 Test

Unter Tests werden, zumeist semi-formale, Methoden verstanden, die es erlauben die Beschreibung eines Systems mit der jeweiligen Spezifikation zu vergleichen. Im engeren Sinne bezeichnet Test die Überprüfung des implementierten Systems. Man unterscheidet zwischen "Black Box"- und "White Box"-Tests. Bei einem White Box-Test wird die Struktur des Programms (der Code) untersucht. Bei einem Black Box-Test hingegen wird das System nur von seinen externen Schnittstellen aus betrachtet.

Inspektionen und Walkthroughs sind manuelle White Box-Testmethoden, bei denen eine Gruppe von Personen den Code liest. Der Unterschied besteht darin, dass bei der Code Inspektion der Code Zeile für Zeile gelesen und diskutiert wird, wohingegen beim Walkthrough das Team vorher festgelegte Testfälle (bestimmte Folgen von Eingangsgrößen) zugrunde legt. Beim Black Box-Test wird der Algorithmus ausgeführt. Eingaben werden nach festgelegten Testfällen auf das System gegeben und die Ausgänge werden mit den Erwartungen verglichen.

3.8 Simulation

Nach dem oben gesagten ist Simulation eine Methode des Black Box-Tests. In der Automatisierungstechnik ist der Begriff Simulation aber in einem weiter gefassten Sinne gebräuchlich. So kann auch ein nur grob spezifiziertes System simuliert werden, sofern eine entsprechende Dynamik definiert ist. Bei der Simulation werden Eingangsgrößen auf das System gegeben und die Ausgangsgrößen werden beobachtet. Besonders interessant ist die Simulation geschlossener Automatisierungssysteme bei der neben dem Modell der Automatisierungseinrichtung auch ein Modell der Strecke simuliert wird. Bei einer Hardware-in-the-loop-Simulation wird das Modell der Automatisierungseinrichtung mit der realen Strecke zusammenschaltet.

3.9 Formale Analyse und Verifikation

Unter formaler Analyse und Verifikation versteht man in Bezug auf die Steuerungstechnik formale Methoden zum Nachweis, dass der entworfene Steuerungsalgorithmus die gegebene formale Spezifikation erfüllt. Formale Methoden setzen eine formale Beschreibung des untersuchten Systems voraus. Mit formalen Methoden erhält man wichtige Aussagen zur Korrektheit der Steuerung, ohne dass wie bei der Simulation und bei Tests "alle Fälle" durchgespielt werden müssen.

3.10 Bewertung

Die Eignung der untersuchten Beschreibungsmittel für die oben genannten Phasen wurde in vier Stufen eingeteilt: 3 für „sehr gut geeignet“, 2 für „gut geeignet“, 1 für „geeignet“ und 0 für „nicht geeignet“. Für die Richtlinie wurde die Bewertung beispielhaft für eine Reihe von Beschreibungsmitteln von den beteiligten Experten durchgeführt. Da dafür keine rein objektiven Maßstäbe zur Verfügung stehen, ist das Ergebnis von den subjektiven Erfahrungen der Experten abhängig. Dies liegt aber in der Natur der Sache und beeinträchtigt nicht den Nutzen für den Anwender.

In Tabelle 2 im folgenden Abschnitt wird für zwei Beschreibungsmittel exemplarisch angegeben in wie weit sie für den Einsatz in bestimmten Entwurfsphasen geeignet sind.

4. Anwendung des Bewertungsschemas

4.1 Generelles zur Anwendung

Wegen der großen Vielfalt existierender und möglicher neu hinzukommender Beschreibungsmittel ist die Richtlinie nicht als Nachschlagewerk konzipiert, sondern setzt die aktive Umsetzung der vorgeschlagenen Methodik voraus: Die Anwendung des Bewertungsschemas, die Interpretation der Ergebnisse für die konkrete Aufgabenstellung und die Auswahlentscheidung bleiben dem Benutzer dieser Richtlinie überlassen. Aus diesem Grund enthält die Richtlinie auch keinen vollständigen Katalog aller existierenden Beschreibungsmittel enthalten, wie ihn zum Beispiel eine Markterhebung liefern würde, die vom Ausschuss nicht durchgeführt wurde. Dies wäre wegen des Umfangs und der ständigen Aktualisierungsnotwendigkeit auch nicht sinnvoll. Auf der anderen Seite machte aber auch eine rein theoretische Vorstellung der Methodik keinen Sinn. Die Richtlinie enthält daher eine Reihe von Beispielen, welche die Anwendung des Bewertungsschemas illustrieren. Diese stellen eine repräsentative Auswahl derzeit besonders beachteter Beschreibungsmittel dar. Die Liste umfasst zunächst die IEC-61131-Sprachen AS, AWL, FBS, KOP und ST, da in der Steuerungstechnik sehr oft die direkte Beschreibung der Funktionalität in diesen Sprachen erfolgt. Die Einbeziehung dieser Programmiersprachen erlaubt auch einen Vergleich mit den anderen semi-formalen bzw. formalen Beschreibungsmitteln. Weiterhin werden Funktionsblöcke nach IEC-61499, Procedural Function Charts, Programmablaufgraphen, UML, MSC, SDL und VHDL, sowie die formalen Beschreibungsmittel Algebraische Modelle, Automaten und Petrinetze bewertet. Da eine Bewertung von Beschreibungsmittelfamilien mit der vorgeschlagenen Methodik nicht möglich ist, findet sich weder für UML noch für IEC 61131 eine Bewertung in der Richtlinie. Beispielsweise kann bei IEC 61131 nicht entschieden werden ob es sich um ein grafisches oder ein textuelles Format handelt, da beide Fälle bei den enthaltenen Beschreibungsmitteln vorkommen. Es wird hier neben allgemeinen Angaben jeweils auf die bewerteten Mitglieder der Beschreibungsmittelfamilie verwiesen.

4.2 Anwendung des Bewertungsschemas auf zwei ausgewählte Beschreibungsmittel

In Tabelle 1 werden exemplarisch die Beschreibungsmittel Anweisungsliste und Petrinetze anhand der eingeführten Einordnungskriterien bewertet.

Tabelle 1: Erfüllung der Einordnungskriterien durch ausgewählte Beschreibungsmittel.

Beschreibungsmittel	Kriterium																						
	Formale Basis			Verhaltensbeschreibung				Explizite Zeitdarstellung			Struktur		Synchronisation (falls verteilte Prozesse möglich)		Darstellung		Tools						
	Formal	Semi-formal	Informal	Deterministisch	Nicht deterministisch	Statisch	Dynamisch	Ereignisgetrieben diskret	Zeitdiskret (taktgetrieben)	Zeitkontinuierlich	Hierarchie	Komposition / Dekomposition	Strukturveränderung	Synchron	Asynchron	Nebenläufig	Textuell	Mathematisch-symbolisch	Grafisch	Forschung	Prototypische Anwendung	Industrielle Anwendung	
Anweisungsliste (AWL)		x		x			x	x			x	x					x						x
Petrinetze	x	x			x		x	x	x	x	x					x			x ¹		x		

1) Auch textuelles Datenaustauschformat definiert

In Tabelle 2 wird für die beiden betrachteten Beschreibungsmittel angegeben, in wie weit sie für den Einsatz der im vorigen Abschnitt angesprochenen Entwurfsphasen eingesetzt werden können. Die Reihenfolge der Phasen ist frei an die zeitliche Reihenfolge angelehnt, Iterationen sind jedoch möglich und üblich. Die Schritte Test, Simulation und Verifikation sind zu verschiedenen Zeiten des Entwurfsprozesses auf verschiedenen Abstraktionsniveaus möglich.

Tabelle 2: Phasenbezogene Bewertung der Beschreibungsmittel.

Beschreibungsmittel	Phase							
	Anforderungsanalyse	Spezifikation	Grobdesign	Feindesign	Implementierung	Test	Simulation	Formale Analyse und Verifikation
Anweisungsliste (AWL)	0	0	0	0	2	2	1	0
Petrinetze (PN)	2	3	2	3	1	2	2	3

0: nicht geeignet 1: geeignet 2: gut geeignet 3: sehr gut geeignet

4.3. Detaillierte Darstellung der ausgewählten Beschreibungsmittel

Aufbau

Zur detaillierten Beschreibung einzelner Beschreibungsmittel wurde in der Richtlinie eine Struktur mit sieben Unterpunkten entwickelt:

1. Bezeichnung des Beschreibungsmittels: genaue Bezeichnung und gebräuchliche Kurzform
2. Kurze Beschreibung: Punktliste mit den wichtigsten Eigenschaften sowie ein illustratives Beispiel (Bild)
3. Bezüge zu steuerungstechnischen Einsatzgebieten: Hinweis darauf, wo das Beschreibungsmittel eingesetzt wird

4. Beispiele für verfügbare Werkzeuge: Liste der wichtigsten bekannten Tools
5. Besondere Stärken und Schwächen des Beschreibungsmittels: kurze Liste der wesentlichen Schwächen und Stärken
6. Beispiel für die Verwendung des Beschreibungsmittels: Verweis auf ein ausführlich behandeltes Beispiel
7. Literatur, Normen und WWW-Adressen: Links zu weiteren, detaillierten Informationen über das Beschreibungsmittel

Diese Beschreibung wird im Folgenden exemplarisch wiederum für Anweisungsliste und Petrinetze angegeben.

Anweisungsliste (AWL)

Bezeichnung des Beschreibungsmittels

Anweisungsliste (AWL) nach IEC 61131-3 für SPS. (Bild 1).

Kurze Beschreibung

- Textuelle Programmiersprache für SPS (assembler-artige Sprache)
- Anweisungen, die zeilenweise je einen Operator mit Operanden enthalten
- Funktionsbausteine mit Typ/Instanz-Konzept
- Funktionen
- Typdeklaration der Variablen: bool, int, real, array, struct, byte, word, etc.
- Wichtige Anweisungen gemäss IEC-Norm: LD (load), AND, OR, XOR, ST (store), ADD, SUB, MUL, CAL (call), etc.
- Wichtige Anweisungen z. B. in Simatic Step 7: U (und), O (oder), = (store), +F (add Festpunkt), -F (sub Festpunkt)

U	Eingeschaltet
UN	Automatik
S	Motor_ein
U(
O	Ausgeschaltet
ON	Fehler
)	
R	Motor_ein

Bild 1: Ausschnitt aus einem AWL-Programm in Step 7.

Bezüge zu steuerungstechnischen Einsatzgebieten

Programmierung von Funktionsbausteinen (FB) und Programmen für alle Anwendungen der SPS-Technik: Maschinensteuerung, Fertigungssteuerung, Prozesssteuerungen

Beispiele für verfügbare Werkzeuge

Editoren und Testsysteme, z. B. Simatic Step 7, Infoteam OpenPCS, 3S CoDeSs, KW PC Worx 3 u.a.

Besondere Stärken und Schwächen des Beschreibungsmittels

- + Weit verbreitete SPS-Programmiersprache in Deutschland.
- + Es können alle Eigenschaften der SPS voll (performant) genutzt werden
- Größere Programme sind wegen des assembler-artigen Befehlssatzes nicht leicht zu programmieren und zu verstehen.

Beispiel für die Verwendung des Beschreibungsmittels

Ein Beispiel für die Steuerung einer Bergbahn findet sich auf S. 113-115 in.[3].

Literatur, Normen und WWW-Adressen zu AWL

[3-6]

Petrinetze (PN)

Bezeichnung des Beschreibungsmittels

- Petrinetze (PN)

Kurze Beschreibung

- Grafische Sprache
- Petrinetze modellieren allgemeine dynamische Strukturen, z. B. Material- oder Informationsflüsse. Durch die beiden dualen Elemente Plätze (Kreise) und Transitionen (Balken, Rechtecke) werden lokale Zustände und Zustandsübergänge dargestellt. Gerichtete Kanten (Pfeile) zwischen Plätzen und Transitionen modellieren die logisch-dynamische Verknüpfung zwischen Zustandskombinationen als Bedingung für einen Zustandsübergang (Schalten der Transition) und der resultierenden Folgezustände. Durch die so genannte Markierung von Plätzen (schwarze oder farbige Marken) kann im Sinne eines Markenspiels die Ablaufdynamik im Netz veranschaulicht werden.
- Eine weiterentwickelte mathematische Theorie der Petrinetze erlaubt Analysen unterschiedlichster Art. Zur Unterstützung existiert eine Vielzahl von Rechenwerkzeugen.
- Unterschiedlichste Netztypen erlauben die Integration von Zeit- und Wertkonzepten (deterministisch, stochastisch, kontinuierlich und fuzzy).
- Teilweise hierarchische Struktur (Bild 2)

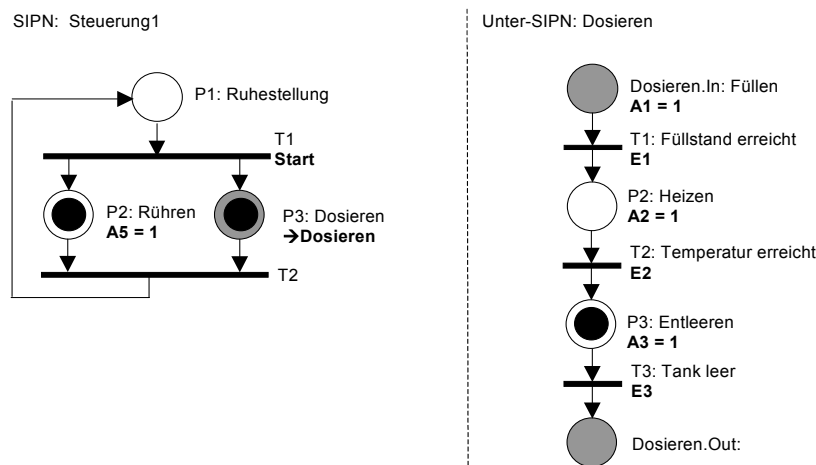


Bild 2: Hierarchisches Petrinetz zur Beschreibung einer Dosier-Steuerung.

Bezüge zu steuerungstechnischen Einsatzgebieten

Modellierung ereignisdiskreter Systeme (Steuerung, Steuerstrecke). Spezifikation und Verifikation von Steuerungsalgorithmen auf verschiedenen Abstraktionsniveaus.

Beispiele für verfügbare Werkzeuge

Eine Liste verfügbarer Petrinetz-Werkzeuge ist im Internet bei der „Petri Nets World“ unter <http://www.daimi.au.dk/PetriNets/tools/> zu finden. Das Spektrum reicht von einfachen grafischen Editoren über Simulations- und Analysewerkzeuge bis hin zu Tools die eine Umsetzung des Petrinetzes in ausführbaren Code (beispielsweise für SPS) erlauben.

Besondere Stärken und Schwächen des Beschreibungsmittels

- + Darstellung von nebenläufigen Prozessen
- + ausgebaute mathematische Theorie
- + Petrinetze erlauben die Betrachtung eines Systems auf mehreren Abstraktionsebenen

Beispiel für die Verwendung des Beschreibungsmittels

Die Steuerung einer flexiblen Fertigungslinie mit Petrinetzen ist in [7] ausführlich beschrieben.

Literatur, Normen und WWW-Adressen zu Petrinetzen

Einführung: [8-9]; Formale Darstellung: [10]; Anwendung: [11, 12]; Umfangreiche Bibliografie: [13].

5. Ausblick

Bei Erscheinen dieses Hefts der atp wird voraussichtlich auch die vorgestellte GMA-Richtlinie verabschiedet und die Gründruck-Phase beendet sein. Der Ausschuss GMA 1.51 wünscht sich ein reges Interesse und hofft, dass die Richtlinie möglichst vielen Anwendern von Nutzen sein wird.

Danksagung

Die Autoren danken den weiteren Mitgliedern des GMA FA1.51 für die aktive Mitarbeit. In alphabetischer Reihenfolge: Dr. C. Altkämper, Bremen, Dr. M. Chouikha, Tappenbeck, Dr. U. Donath, Dresden, K. Fischer, Wuppertal, Prof. Dr. K. Lemmer, Braunschweig, Dr. C. Müller, Ladenburg, H. Müller, Düsseldorf, Dr. T. Müller-Heinzerling, Karlsruhe, P. Orth, Aachen, H.-P. Otto, Nürnberg, C. Preusse, Clausthal-Zellerfeld, Prof. Dr. V. Pfeiffer, Frankfurt am Main, J. Reger, Erlangen, Prof. Dr. E. Schnieder, Braunschweig, Dr. P. Schwarz, Dresden und Prof. Dr. Pretschner, Leipzig. Weiterhin ist den Herren Müller und Westerkamp von der GMA zu danken, ohne deren tatkräftige Unterstützung es nicht zu einer Umsetzung der Ergebnisse in eine Richtlinie gekommen wäre.

Literatur + Links

- [1] Webseite des GMA-Fachausschusses 1.51: <http://www.irt.rwth-aachen.de/mit/gma151/>
- [2] VDI/VDE 3681, Ausgabe: 2004-01 (Technische Regel, Entwurf), Einordnung und Bewertung von Beschreibungsmitteln aus der Automatisierungstechnik. Beuth-Verlag, Berlin (2004).
- [3] John, K.-H., Tiegelkamp, M.: SPS-Programmierung mit IEC 61131-3, 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin (1997).
- [4] DIN EN 61131-3.
- [5] Neumann, P., Grötsch, E. E., Lubkoll, CH., Simon, R.: SPS-Standard: IEC 61131, Oldenbourg Industrieverlag Verlag, München (2000).
- [6] Lewis, R.: Programming industrial control systems using IEC 1131-3, IEE Control Engineering, The Institution of Electrical Engineers, 1998.
- [7] Klein, S., Frey, G.: *Control of a Flexible Manufacturing System using SIPN*. Reports of the Institute of Automatic Control I23/2002, University of Kaiserslautern, July 2002.
- [8] Abel, D.: Petri-Netze für Ingenieure, Springer Verlag, Berlin (1990).
- [9] Schnieder, E.: Methoden der Automatisierung, Vieweg Verlag, Wiesbaden (1999).
- [10] Starke, P. H.: Analyse von Petri-Netz-Modellen, Teubner Verlag, Stuttgart (1990).
- [11] Schnieder, E. (Hrsg.): Petrinetze in der Automatisierungstechnik, Oldenbourg Verlag, München, Wien (1992).
- [12] Jacobi, W.: Automatisierungstechnik, Algorithmen und Programme, Springer-Verlag, Heidelberg (1996).
- [13] Petri Nets Bibliography at the Petri Nets World Website (University of Aarhus), <http://www.daimi.au.dk/PetriNets/bibl/index.html>

J.Prof. Dr.-Ing. Georg Frey (35) ist seit 2002 Inhaber der Juniorprofessur Agentenbasierte Automatisierung an der Technischen Universität Kaiserslautern. Hauptarbeitsgebiete sind formale Methoden zur Spezifikation und Analyse von (verteilten) Steuerungssysteme sowie der Einsatz von Agentensystemen in der Automatisierungstechnik.

Adresse: Lehrstuhl für Automatisierungstechnik, FB EIT, Technische Universität Kaiserslautern, Postfach 3049, D-67653 Kaiserslautern, Tel. (06 31) 205-44 55, Fax -44 62, E-Mail: frey@eit.uni-kl.de

Prof. Dr.-Ing. Stefan Kowalewski (42) ist seit November 2003 Inhaber des Lehrstuhls Informatik XI – Software für eingebettete Systeme in der Fachgruppe Informatik an der RWTH Aachen. Hauptarbeitsgebiete: Modell-basierte Entwurfs- und Analysemethoden für software-intensive, eingebettete Systeme, Anwendbarmachung formaler Methoden, Architektorentwurf und -analyse.

Adresse: RWTH Aachen, Lehrstuhl Informatik XI, Ahornstr. 55, D-52074 Aachen, Tel. (02 41) 80-2 11 50, Fax -2 21 50, E-Mail kowalewski@informatik.rwth-aachen.de