



Ein Werkzeugkonzept zur Beschreibung verteilter Systeme *

Franz Huber, Bernhard Schätz, Katharina Spies

Institut für Informatik, Technische Universität München

80333 München, Germany

e-mail: (huberf|schaetz|spiesk)@informatik.tu-muenchen.de

Zusammenfassung

Das konzipierte Entwurfswerkzeug AUTOFOCUS ermöglicht die Entwicklung verteilter Systeme unter Verwendung von praxisorientierten, vorzugsweise graphischen Beschreibungsmitteln basierend auf der formalen Methodik FOCUS. Die Beschreibungstechniken werden vorgestellt und Einblicke auf einzelne Aspekte der geplanten Realisierung der Werkzeugumgebung gegeben. Die Verwendung der Techniken wird anhand eines durchgängigen Beispiels, einer Ampelanlage, veranschaulicht.

Die in AUTOFOCUS verwendeten Beschreibungstechniken sind: Systemdiagramme zur Beschreibung des Aufbaus eines Systems; Datentypen zur Festlegung der Nachrichtentypen für die Kanäle der Systemkomponenten; Automaten zur Spezifikation des Verhaltens von Komponenten und Message Sequence Charts zur Spezifikation und Beschreibung (exemplarischer) Systemabläufe.

1 Einleitung

Mit dem hier vorgestellten Konzept für das Werkzeug AUTOFOCUS wird die Grundlage für die werkzeugunterstützte Entwicklung verteilter Systeme, wie beispielsweise *eingebettete Systeme*, geschaffen. Unter Verwendung praxisorientierter, vorzugsweise graphischer Beschreibungsmittel werden, basierend auf der formalen Entwicklungsmethodik FOCUS (siehe [BDD⁺93] und [BFG⁺94]), die einzelnen Aspekte der Spezifikation eines verteilten Systems erfaßt.

Mit FOCUS werden Systeme als Netze lose gekoppelter Komponenten modelliert, die über gerichtete, gepufferte Kanäle kommunizieren. Diese Sichtweise ermöglicht eine einheitliche Modellierung von Systemen und einzelnen Komponenten, wobei Komponenten jeweils durch einen statischen und einen dynamischen Anteil beschrieben werden. Für jeden Modellierungsaspekt werden unterschiedliche Beschreibungstechniken zur anschaulichen Darstellung der wesentlichen Punkte verwendet. Der statische Anteil umfaßt die Beschreibung des Systemaufbaus aus den einzelnen Komponenten und deren Verbindungskanäle, dargestellt durch Strukturdiagramme, und die Definition der von einem System verarbeiteten Daten,

*Diese Arbeit entstand im Teilprojekt A6 des Sonderforschungsbereichs 342 und im Projekt SysLab, finanziert mit Unterstützung der DFG unter dem Leibnizpreis und durch die Firma Siemens-Nixdorf

den Datentypdefinitionen. Das dynamische Verhalten eines Systems bzw. einer Komponente wird durch Automaten definiert. Im Hinblick auf die praktische Anwendung sollen (exemplarische) Systemabläufe, beschrieben durch Message Sequence Charts, behandelt werden.

Für die oben genannten Beschreibungstechniken wird *AUTOFOCUS*, eingebettet in eine einheitliche Umgebung, adäquate Werkzeuge, wie textuelle und graphische Editoren, sowie Generierungswerkzeuge zur Verfügung stellen. Alle Beschreibungstechniken sind in die formale Methodik *FOCUS* eingebettet und auf das Beweissystem *Isabelle* und die Objektlogik *HOLCF* abgestützt (siehe [Pau94] und [Reg94]).

Das Papier ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 werden die Systemdiagramme vorgestellt, Kapitel 3 beschreibt die Datentypen. In Kapitel 4 werden die Automaten und in Kapitel 5 die Message Sequence Charts definiert. Die methodische Unterstützung für einen Benutzer von *AUTOFOCUS* wird in Kapitel 6 aufgezeigt, und Kapitel 7 gibt einen Ausblick auf die Realisierung von *AUTOFOCUS*. Die Beschreibungstechniken werden anhand des im folgenden beschriebenen Beispiels, einer Ampelanlage, veranschaulicht.

Die Ampelanlage für eine einfache Straßenkreuzung besteht aus vier Ampeln mit jeweils einer Induktionsschleife direkt vor jeder Ampel zur Registrierung der wartenden Fahrzeuge, und einer Fernschleife, mit der sich annähernde Fahrzeuge registriert werden. Für die Ampeln sind eine Tag- und eine Nachtschaltung, feste Schaltintervalle und ein Ausfallzustand gefordert. In Abhängigkeit des gewählten Schaltmodus sind an das Umschalten der üblichen Ampelphasen Zeitbedingungen geknüpft. Die Nachtschaltung ist dadurch charakterisiert, daß alle Ampeln auf Rot stehen und Fahrzeuge, die über die Induktionsschleifen registriert werden, die Freigabe der Fahrtrichtung veranlassen. Mit einem speziellen Schalter, im Falle defekter Glühbirnen oder Induktionsschleifen wird die Ampelanlage in einen Ausfallzustand mit fest vorgegebenen Schaltintervallen versetzt. Für die gesamte Ampelanlage ist eine Zustandsanzeige definiert, die einen vollständigen Überblick über das Schaltprogramm, die Ampeln, die Induktionsschleifen und den Schlüsselschalter gibt. Für eine detaillierte Spezifikation dieser Ampelschaltung in *FOCUS* siehe auch [PS96].

2 Systemstrukturdiagramme

Bei Verzicht auf die Beschreibung der dynamischen Eigenschaften einer Komponente bzw. eines Systems muß ausschließlich die syntaktische Schnittstelle bzw. die Vernetzung der Komponenten untereinander definiert werden. Dank des einheitlichen semantischen Konzepts von *FOCUS* können sowohl einzelne Komponenten als auch die hierarchische Sicht auf ein System als Netzwerk mit einem einheitlichen Beschreibungsmittel – den Systemstrukturdiagrammen – dargestellt werden.

Die Schnittstelle (“Signatur”) einer Komponente besteht aus einem Bezeichner für die Komponente, sowie einer Menge von Ein- und Ausgabekanalbeschreibungen (Bezeichner für den Kanal, Nachrichtentyp). Als mögliche Typen für die zulässigen Nachrichten eines Kanals können alle definierten Datentypen verwendet werden. Die Vernetzungsstruktur eines Systems wird dargestellt, indem die Schnittstelle des Netzwerks zu seiner Umgebung

sowie die Verbindungen der einzelnen Komponenten untereinander durch Angabe der Bezeichner für die Ein- und Ausgabekanäle sowie die Nachrichten, die ausgetauscht werden können, definiert werden.

Neben diesem syntaktischen Rahmen müssen für Netzwerkbeschreibungen Verträglichkeitsanforderungen für die Ein- und Ausgabekanäle der Komponenten des Netzwerkes gelten. Diese Anforderungen stellen die korrekte Koppelung von Ein- und Ausgabekanälen sicher. Zum einen muß jeder Ausgabekanal des gesamten Netzwerks genau einer Komponente zugeordnet sein (“Ausgabe-verträglichkeit”), zum anderen sind alle Ein- bzw. Ausgabekanäle aus der Schnittstellenbeschreibung auch ausschließlich Ein- bzw. Ausgabekanäle der einzelnen Komponenten (“Schnittstellenverträglichkeit”). Auf syntaktischer Ebene wird die Ausgabe-verträglichkeit nachgeprüft, indem sichergestellt wird, daß jeder Kanalidentifikator höchstens einmal in der Menge der Ausgabekanäle vorkommt.

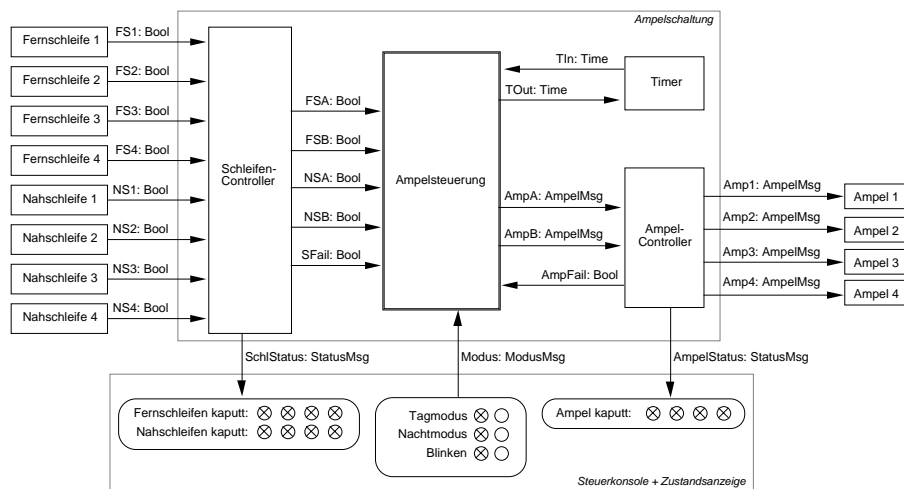


Abbildung 1: Strukturdiagramm der Ampelsteuerung

Für die Beschreibung von Basiskomponenten sowie von Komponentennetzwerken auf textueller Ebene empfiehlt sich die Verwendung der FOCUS-Syntax ANDL (siehe [SS95]). Diese bietet einfache, auf das wesentliche konzentrierte, Primitive zur Beschreibung der Strukturdiagramme an, für die eine Umsetzung in eine äquivalente HOLCF-Darstellung definiert ist. ANDL läßt eine Kopplung der Komponentenbeschreibung mit der in Abschnitt 3 beschriebenen Datentypspezifikation zu. Als Mittel zur Veranschaulichung hat sich die in [BDD⁺93] und [SS95] verwendete graphische Darstellung bewährt. Die einzelnen Komponenten werden durch Kästen, die mit dem Bezeichner für die Komponente versehen sind, angegeben. Die Kanäle werden durch gerichtete und mit den Bezeichnern und den Nachrichtentypen der Kanäle markierte Kanten zwischen diesen Kästen, beziehungsweise zwischen dem Netzwerk und seiner Umgebung, veranschaulicht. Ausgehende Kanten gelten somit für die durch den jeweiligen Kasten repräsentierte Komponente als Ausgabe- und eingehende Kanten als Eingabekanäle.

Abbildung 1 zeigt das Strukturdiagramm für das Netzwerk, mit dem die in Abschnitt 1 beschriebene Ampelanlage einschließlich aller Subkomponenten graphisch repräsentiert wird.

3 Datentypbeschreibungen

Die von einem System verarbeiteten Daten werden in AUTOFOCUS textuell in der Sprache Gofer¹ ([Jon93]) definiert. Beispielsweise kann für die Ampelanlage der Datentyp `Modus`, der von der Steuerkonsole an die Steuerungskomponente der Ampel gesendet wird, durch

```
data Modus = Empty | Tagmodus | Nachtmodus | Blinkmodus
```

definiert werden.

Eine Beschreibungstechnik zur Modellierung komplexer Datentypen, wie beispielsweise E/R-Diagramme, ist in AUTOFOCUS aufgrund der primären Ausrichtung auf technische Systeme mit verhältnismäßig einfach strukturierten Datentypen zunächst nicht vorgesehen.

Die so definierten Datentypen können in anderen Beschreibungstechniken referenziert werden, wie beispielsweise in Systemstrukturdiagrammen zur Beschreibung der auf den Kanälen verschickten Nachrichten, oder in Zustandsübergangsdigrammen, um Übergänge mit Vor- und Nachbedingungen zu versehen, die ebenfalls in Gofer als Prädikate (Funktionen mit dem Ergebnistyp `Bool`) über den Daten formuliert werden.

Im Hinblick auf die später geplante Anbindung von Verifikationswerkzeugen ist eine Übersetzungsmöglichkeit der Datentypdefinitionen nach *Isabelle*/HOLCF vorgesehen.

4 Automatendiagramme

Der dynamische Aspekt der Komponenten (also die Verhaltensbeschreibung) wird in AUTOFOCUS durch Automatendiagramme angegeben. Automatendiagramme dienen zur Beschreibung von Abläufen von Systemen oder Systemteilen, wobei das System aus interner Sicht unter Verwendung von Zuständen beschrieben wird. AUTOFOCUS verwendet Automaten in einer hierarchischen Form, die ähnliche Merkmale wie SSDs aus [H⁺95] aufweisen.

Die Diagramme entsprechen im wesentlichen den klassischen Automatendiagrammen, wobei die Kanten zusätzlich mit Vor- und Nachbedingungen sowie Ein- und Ausgangsnachrichten nebst Kanalzuordnung annotiert werden. Diese Darstellungsform erlaubt es, auch unendliche Zustandsräume auf kompakte und verständliche Weise zu notieren. Dazu wird der Zustandsraum durch einen Satz von Variablen beschrieben, und jeder Zustand als Vertreter einer ganzen Klasse solcher Variablenbelegungen interpretiert, indem diese Automatenzustände mit einem Prädikat über den Variablen charakterisiert werden.²

Zur Darstellung von Automaten mit unendlichen Zustandsräumen wird eine graphische Notation verwendet, in der Knoten Prädikate über dem Zustandsraum repräsentieren,

¹Gofer wurde vor allem im Hinblick auf die geplante Anwendung des Werkzeugs im Bereich Prototyping und Simulation gewählt.

²Als Typen der Variablen sind alle Datentypen aus der Datentypdefinition zulässig.

und Kanten die Form “Pre;Input/Output;Post” aufweisen. Für jede Kante genügt der Vorgängerzustand dem Prädikat **Pre** des Quellknotens und der Nachfolgezustand erfüllt das Prädikat **Post** des Zielknotens. Erfüllt der aktuelle Zustand die Vorbedingung, und liegt der entsprechende **Input** vor, so wird die Ausgabe **Output** produziert, und der Nachfolgezustand erfüllt **Post**. Dabei nehmen Vor- und Nachbedingung ebenso wie die Zustandscharakterisierungen Bezug auf die Belegung der Zustandsvariablen. Eingaben werden hierbei in einer CSP-artigen Notation als Liste von Ausdrücken der Form **Eingabekanal?Datum**, Ausgaben in der Form **Ausgabekanal!Datum** notiert, evtl. unter Verwendung von Zustandsvariablen. Diese allgemeine Form erlaubt viele Spezialisierungen mittels eingeschränkter Darstellungsformen (z.B. nur eine Aktion pro Kante, parameterfreie Zustände), wie sie in anderen Ansätzen (z.B. [BHS96], [Spi94]) verwendet werden.

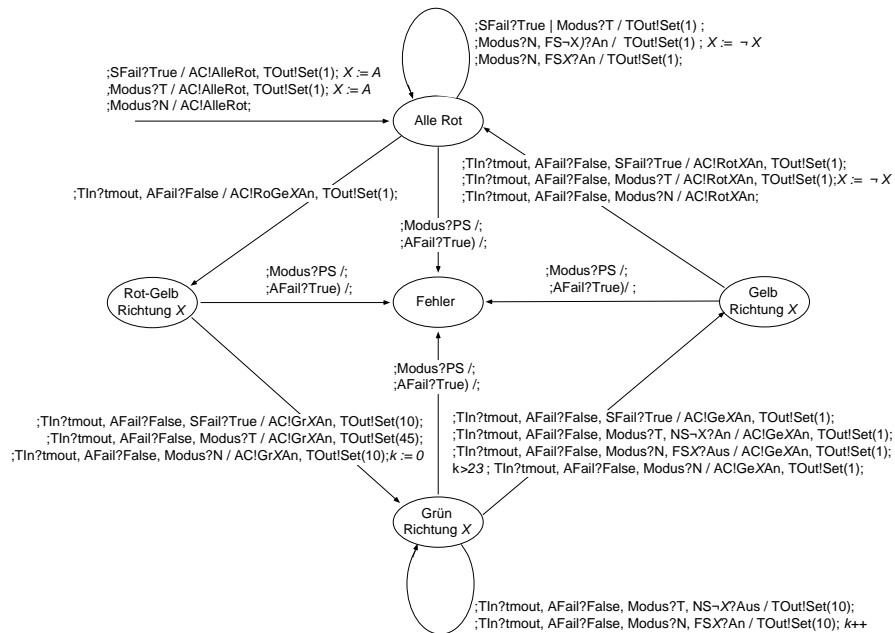


Abbildung 2: Automatenarstellung des Verhaltens der Ampelsteuerung

Den Automaten diagrammen wird wie auch den Struktur diagrammen eine Semantik im Rahmen von FOCUS zugewiesen, wodurch aufgrund der Kompositionalität, Datentypdefinitionen, Struktur- und Automaten diagramme ein einheitliches System definieren.

Die werkzeugtechnische Unterstützung ist sehr ähnlich zu den Struktur diagrammen aus Abschnitt 2. Die Werkzeugumgebung wird auch hier hierarchische Darstellungstechniken bieten, um Verfeinerungskonzepte und Abstraktion zu unterstützen. Dabei wird wie auch bei den System diagrammen Hierarchisierung eingesetzt, um eine strukturierte Darstellung des Systemverhaltens zu erlauben, wobei für AUTOFOCUS auch andere Hierarchisierungsformen (wie z.B. Statecharts) geplant sind. Hierbei wird einem Zustand eines Automaten diagramms selbst wieder ein Automat zugeordnet. Hierzu wird durch AUTO-

FOCUS die Konsistenzsicherung der hierarchischen Darstellung (Verträglichkeit der Kanten zwischen übergeordnetem Zustand und detailliertem Diagramm) unterstützt.

Abbildung 2 zeigt die Verwendung von Automaten diagrammen zur Verhaltensbeschreibung im Falle der Ampelsteuerung. Dabei wird hier eine Richtungsvariable X zur Definition des Zustandsraums verwendet, um die Darstellung zu kompaktifizieren, da das Verhalten des Automaten im wesentlichen von der Richtung unabhängig ist. Das Diagramm ist hierarchisch, da der Zustand *Fehler* wiederum durch einen Automaten beschrieben wird. Eine Zuordnung eines charakterisierenden Prädikats als Beschreibung der Invariante für die anderen Zustände ist hier nicht nötig, da die Belegung von X in allen Zuständen gleich ausfallen kann. Die Kanten weisen ein oder mehrere Viertupel als Markierung auf. So beschreibt die zweite Markierung der Rückkopplungsschleife im Zustand *Alle Rot*

```
;Modus?N, FSB?An / TOut!Set(1); X:=B
```

daß ohne zusätzliche Vorbedingung im Zustand *Alle Rot* bei Eintreffen des Nachtsignals vom Modusgeber, sowie bei der Aktivierung der Fernschleife für Richtung “B” ein Timersignal mit Wert 1 an den Zeitgeber zugestellt, die Variable “X” mit dem Richtungswert “B” belegt und der Zustand beibehalten wird.

5 Message Sequence Charts

Message Sequence Charts (MSCs) dienen zur Beschreibung von Abläufen eines Systems oder Systemteils. Dabei wird das System aus der Sicht der Komponenten beschrieben, und die Interaktionen zwischen diesen Komponenten dargestellt. In AUTOFOCUS sollen MSCs verwendet werden, die Merkmale der Version MSC'96 ([Int96]) aufweisen. Ein MSC besteht in der einfachsten Form aus vertikalen Linien und horizontalen Pfeilen zwischen diesen Linien. Dabei werden die vertikalen Achsen mit Namen von Komponenten, die Pfeile mit Namen von Kommunikationsereignissen beschriftet. Diese Form der Darstellung dokumentiert zeitliche Abhängigkeiten der zwischen den Komponenten bzw. der Umgebung ausgetauschten Nachrichten. Dabei werden in der graphischen Darstellung eines elementaren MSCs zwei Relationen dokumentiert:

- Ereignisse entlang einer Komponentenachse sind zeitlich geordnet: Ereignisse, die auf einer Komponentenachse oberhalb eines anderen Ereignisses liegen, liegen zeitlich vor diesem Ereignis.
- Das Sendeereignis eines Nachrichtenaustauschs findet stets vor dem Empfangsereignis des Nachrichtenaustauschs statt: das Ereignis, das am Beginn eines Pfeils liegt, liegt zeitlich vor dem am Ende des Pfeils liegenden Ereignis.

Darüberhinaus gibt es folgende Erweiterungsmöglichkeiten:

- Es können Pfeile verwendet werden, die nur an einer Achse beginnen oder enden; diese werden als Kommunikation mit der Umgebung interpretiert.

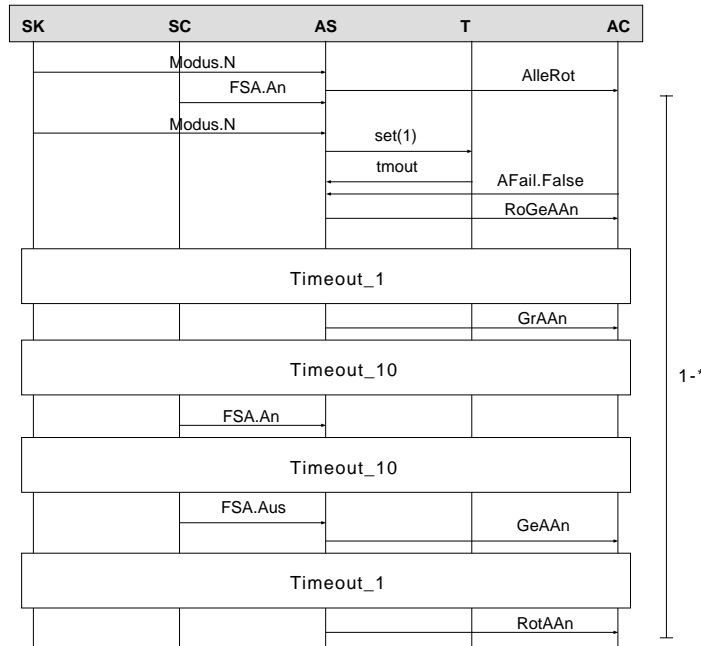


Abbildung 3: Exemplarischer Ablauf der Ampelsteuerung

- Abschnitte eines MSCs können von einer alle Achsen umfassenden Box überdeckt werden. Diese Box wird mit einem Bezeichner versehen und nimmt Bezug auf eine Gruppe von MSCs. Damit können hierarchische MSCs verwendet werden.
- Abschnitte eines MSCs können mit Indikatoren versehen werden. Es werden drei Arten von Indikatoren unterschieden, nämlich Optionalität (mit 0-1 markiert), Wiederholung (mit 1-* markiert) und die Kombination von Optionalität und Wiederholung (mit 0-* markiert).
- MSCs können zu einer Gruppe verbunden und mit einem Bezeichner versehen werden, der es erlaubt, in einer Box darauf Bezug zu nehmen.

Mit dieser Darstellungsform, zusammen mit einer geeigneten Semantik zur Einbettung in FOCUS (vgl. [BHS96]), können MSCs von der Beschreibung exemplarischer Abläufe bis hin zur vollständigen Verhaltensspezifikation verwendet werden. AUTOFOCUS wird es ermöglichen, in frühen Phasen der Entwicklung MSCs graphisch zu erstellen, diese MSCs mit den in späteren Designphasen erstellten Modellen daraufhin abzugleichen, ob sie mögliche Abläufe des modellierten Systems darstellen, und MSCs aus Simulationen als "Laufzeitprotokoll" zu generieren. Zur Erstellung neuer und zur Visualisierung generierter MSCs wird AUTOFOCUS einen entsprechenden graphischen Browser/Editor anbieten.

Abbildung 3 zeigt die Verwendung eines MSCs zur Beschreibung eines exemplarischen Ablaufs der Ampelanlage im Nachtbetrieb bei wiederholter Aktivierung der Fernschleife der Richtung "A" und entsprechender Freigabe der Fahrtrichtung. Zur Beschreibung wird

ein hierarchisches Diagramm verwendet, bei dem die “Timeout”-Boxen das Setzen und Abwarten eines entsprechenden Timersignals bei funktionierenden Ampel im Nachtbetrieb darstellen. Darüberhinaus wird der Wiederholungsoperator verwendet, um eine ganze Klasse solcher Abläufe beliebiger Länge zu definieren.

6 Methodische Aspekte

Unter dem Begriff “methodische Funktionalität” werden bei AUTOFOCUS alle Eigenschaften verstanden, die die Anwender bei der Modellierung eines Systems unterstützen. Hierzu gehört insbesondere der Einsatz der Beschreibungstechniken aus den vorausgegangenen Abschnitten. Methodische Unterstützung im engeren Sinne, in Form der Implementierung eines konkreten Vorgehensmodells, ist in AUTOFOCUS zunächst nicht vorgesehen. Kernpunkte der für AUTOFOCUS geplanten methodischen Unterstützung sind:

Konsistenzprüfungen Um die Entwicklung widerspruchsfreier Systembeschreibungen zu ermöglichen, ist es erforderlich, die Anwender bei der Sicherung der Konsistenz der einzelnen für das System erstellten Beschreibungsdokumente weitestgehend zu unterstützen. Dies ist teilweise automatisierbar, wie beispielsweise eine Prüfung, ob für alle in Automaten und Strukturdiagrammen verwendeten Datentypen eine Typdefinition existiert.

Verfeinerung und Abstraktion AUTOFOCUS wird die Vorgehensweise der schrittweisen Verfeinerung durch die Verwendung hierarchischer Beschreibungstechniken für Automaten und Strukturdiagramme unterstützen, wobei zunächst auf einem abstrakten Niveau erstellte Beschreibungen schrittweise weiter detailliert werden. Wichtig ist hierbei vor allem die Anwenderunterstützung zum Nachweis der Korrektheit einer Verfeinerungsbeziehung. Daneben wird es AUTOFOCUS erlauben, aus Systembeschreibungen Detailinformationen auszublenden, um verschiedene Abstraktionsebenen einer Beschreibung darzustellen.

Generierungsmechanismen Wegen der später vorgesehenen Anbindung von Verifikationstools an AUTOFOCUS ist vorgesehen, aus den (überwiegend graphischen) Systembeschreibungen textuelle *Spezifikationen*, beispielsweise in HOLCF, zu generieren. Dabei sollen die Mechanismen zur Generierung ähnlich wie in [Hub94] soweit wie möglich generisch, also von den Anwendern konfigurierbar gehalten werden, um eine möglichst hohe Anpaßbarkeit zu gewährleisten. Im Hinblick auf den Bereich *Prototyping und Simulation* soll beispielsweise die Möglichkeit bestehen, aus verschiedenen Systembeschreibungen funktionale Programme zu generieren, die die wesentliche Funktionalität eines Systems oder einer Komponente implementieren. In Bereich *Simulation* sind Funktionen, Ablaufprotokolle zu erzeugen, oder die Überprüfung des modellierten Systems auf die Konformität mit den in frühen Phasen erstellten Beispielabläufen von besonderem Interesse.

Weitere Funktionen der methodischen Anwenderunterstützung umfassen die Unterstützung von Mehrbenutzerbetrieb, Versionsverwaltung und eine möglicherweise langfristig

zu realisierende Implementierung eines Vorgehensmodells.

7 Ausblick

Das in diesem Papier beschriebene AUTOFOCUS-Werkzeugkonzept wird in seiner Kernfunktionalität im Rahmen eines *Softwaretechnik-Praktikums*³ für Studierende der Informatik im Sommersemester 1996 an der TU München realisiert. Als Implementierungsplattform kommt dabei die Programmiersprache Java [Fla96] zum Einsatz.

Die Architektur dieser Kernimplementierung von AUTOFOCUS ist im wesentlichen eine im Netzwerk verteilte *Client-Server-Architektur*, bei der ein zentraler, mit Java in Kombination mit dem Versionsverwaltungssystem RCS [BB95] implementierter *Repository-Server* mehrere auf beliebigen Rechnern laufende *Clients*, die zunächst als *Java-Applications* realisiert werden, bedient. Ausgehend von dieser Implementierung ist im Anschluß an das Praktikum der Ausbau zu einem vollwertigen Systementwicklungswerkzeug geplant. So sollen eine Anbindung an Verifikationswerkzeuge wie *Isabelle*, eine Umgebung zur (graphischen) Simulation von Systemmodellen und ähnliche Erweiterungen implementiert werden. Darüber hinaus ist langfristig auch vorgesehen, die gesamte Entwicklungsumgebung von AUTOFOCUS in Form von *Java-Applets* direkt in das WWW einzubauen, eine Lösung, wie sie beispielsweise bereits in der Java-Entwicklungsumgebung "Java Workshop"⁴ realisiert ist.

8 Danksagung

Wir bedanken uns bei Manfred Broy für die Anregung, uns mit diesem Thema zu befassen, und bei Radu Grosu, Cornel Klein und Bernhard Rumpe für die theoretischen Arbeiten zu den Automaten. Alexander Schmidt spezifizierte die Ampel und erstellte die Abbildungen. Oscar Slotosch trug wesentlich zum Teil der Datentypbeschreibungen bei. Wir danken ihm und Eva Geisberger für ihre kritischen Anmerkungen zu Vorversionen dieser Arbeit.

Literatur

- [BB95] Don Bolinger und Tan Bronson. *Applying RCS and SCCS: From Source Control to Project Control*. O'Reilly & Associates, Inc., 1995.
- [BDD⁺93] Manfred Broy, Frank Dederichs, Claus Dendorfer, Max Fuchs, Thomas Gritzner und Rainer Weber. *The Design of Distributed Systems - An Introduction to FOCUS*. TUM-I 9202-2, Technische Universität München, 1993.

³Im World Wide Web: URL=<http://www4.informatik.tu-muenchen.de/PRAKTIKUM/stp96/>

⁴Im World Wide Web: URL=<http://www.sun.com/sunsoft/Developer-products/java/Workshop/>

- [BFG⁺94] Manfred Broy, Max Fuchs, Thomas Gritzner, Bernhard Schätz, Katharina Spies und Ketil Stølen. Summary of Case Studies in FOCUS - a Design Method for Distributed Systems. TUM-I 9423, Technische Universität München, 1994.
- [BHS96] Manfred Broy, Heinrich Hußmann und Bernhard Schätz. Formal Development of Consistent System Specifications. In *FME'96 Formal Methods Europe*. Springer, 1996.
- [Fla96] David Flanagan. *Java in a Nutshell: A Desktop Quick Reference for Java Programmers*. O'Reilly & Associates, Inc., 1996.
- [H⁺95] Heinrich Hußmann et al. AN/A Interactive Video Services. Technical report, Siemens AG ÖN TN EV A, 1995. Interner Bericht.
- [Hub94] Franz Huber. Ein generisches Werkzeug zur Bearbeitung von Graphen und deren Umsetzung in Textdarstellungen. Diplomarbeit, Technische Universität München, 1994.
- [Int96] International Telecommunication Union, Geneva. *Message Sequence Charts*, 1996. ITU-T Recommendation Z.120.
- [Jon93] M. P. Jones. *An Introduction to Gofer*, August 1993.
- [Pau94] Lawrence C. Paulson. *Isabelle: A Generic Theorem Prover*, Jgg. 828 of *LNCS*. Springer-Verlag, 1994.
- [PS96] Jan Philipps und Alexander Schmidt. Traffic Flow by Data Flow. Technical Report, Technische Universität München, 1996. to appear.
- [Reg94] Franz Regensburger. *HOLCF: Eine konservative Erweiterung von HOL um LCF*. Dissertation, Technische Universität München, 1994.
- [Spi94] Katharina Spies. Funktionale Spezifikation eines Kommunikationsprotokolls. TUM-I 9414, Technische Universität München, 1994.
- [SS95] Bernhard Schätz und Katharina Spies. Formale Syntax zur logischen Kernsprache der FOCUS-Entwicklungsmethodik . TUM-I 9529, Technische Universität München, 1995.