Projektbereich C

Beschreibungstechniken

3 Projektbereich C: Beschreibungstechniken

3.01 Zusammenfassende Darstellung des Projektbereiches

In diesem Projektbereich werden Beschreibungstechniken untersucht, die zur maschinellen Erfassung aller relevanten Aspekte der im SFB für die Anwendungsdomäne zu entwickelnden Modelle geeignet sind. Die Beschreibungstechniken sollen insbesondere die zentralen Aspekte Verfolgbarkeit, Generizität und Wiederverwendbarkeit unterstützen. Die Teilprojekte befassen sich mit folgenden Themenbereichen:

a) Klärung der Begriffswelt und Erarbeitung eines Basisreferenzmodells, das die zentralen Konzepte der Softwareentwicklung erfaßt.

b) Bewertung, Anpassung, Erweiterung, Koordinierung und Integration der unterschiedlichen Beschreibungstechniken, die im SFB Verwendung finden.

c) Entwicklung eines Rahmenmodells zur Integration formaler und nichtformaler Beschreibungen von Produkt-, Prozeß- und anderem Wissen zum Zwecke des Verstehens, Generierens, Verifizierens, Validierens und Modifizierens von Systemen im Kontext des Anwendungsbereichs.

Bei der Entwicklung großer Systeme ist die Verwendung von sehr unterschiedlichen Beschreibungstechniken erforderlich, nicht nur wegen der notwendigen Abstraktionsstufen, sondern auch wegen der unterschiedlichen logischen Sichten auf und Anforderungsarten an ein System. Die zur Zeit verwendeten Beschreibungstechniken reichen von natürlichsprachlichen über informelle und halbformale - oft graphische - Beschreibungstechniken bis hin zu einer Vielzahl von formalen Beschreibungstechniken mit wohldefinierter Syntax und Semantik. Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Beschreibungen sind oft vage und die Kluft zwischen ihnen meistens zu groß.

Produkte der Softwareentwicklung müssen somit als Geflechte von Dokumenten gesehen werden, die unterschiedlichen Zwecken dienen, und ein System und seine Eigenschaften beschreiben. Produktmodelle legen fest, welche Form ein Produkt hat, was in den einzelnen Dokumenten und im Produkt beschrieben wird und in welcher Form die Beschreibung stattzufinden hat. Sie bilden die Grundlage zur Erfassung von Softwareentwicklungsprozessen, die Produkte erzeugen. Die Festlegung der einzelnen Prozesse, ihre Beschreibung und Kompositionalität geschieht durch Prozeßmodelle. Eine Formalisierung und Integration dieser Modellwelten sowie die geeignete Instanziierung auf das Anwendungsgebiet ist von grundlegender Bedeutung für die Untersuchungen im SFB. Besondere, oft informell beschriebene Richtlinien und Regeln für die Entwicklung und Reihenfolge der Entwicklung einzelner Produkte legen Vorgehensweisen fest, die durch Vorgehensmodelle erfaßt werden. Sie bilden die Grundlage für die Planung von Projekten für die Entwicklung großer Systeme. Diese Modelle sollen im SFB entwickelt und möglichst formal gefaßt werden. Der C-Bereich ist an dieser Modellbildung maßgeblich beteiligt.

3.02 Bisherige und beantragte Förderung des Projektbereiches

Haushaltsjahr	Personalkosten bzw. BAT-Stellen	Sächliche Verwal-tungsausgaben	Investitionen	Gesamt
bis 1997	645,2	6,0	-	651,2
1998	100,8	3,0	-	103,8
1999	103,2	3,0	-	106,2
2000	104,4	3,0	-	107,4
Zwischensumme	953,6	15,0	-	968,6
2001	249,6	3,0	-	252,6
2002	249,6	3,0	-	252,6
2003	249,6	3,0	-	252,6

(jeweils Ergänzungsausstattung, Beträge in DM 1000,–)

3.1 Allgemeine Angaben zum Teilprojekt C1

3.1.1 Thema

Formale Beschreibungstechniken

3.1.2 Fachgebiet und Arbeitsrichtung

Informatik, theoretische Informatik

3.1.3 Leiter

Prof. Dr. Jürgen Avenhaus	Prof. Dr. Klaus Madlener
geb. 19.08.1941	geb. 15.01.1947
Universität Kaiserslautern	Universität Kaiserslautern
Postfach 3049	Postfach 3049
67653 Kaiserslautern	67653 Kaiserslautern
Tel.: 0631/205-2633	Tel.: 0631/205-2268
Fax: 0631/205-2156	Fax: 0631/205-2156
avenhaus@informatik.uni-kl.de	madlener@informatik.uni-kl.de

Die Stelle des Leiters ist befristet (x) nein ( ) ja, bis zum

3.1.4 -entfällt-

3.1.5 In dem Teilprojekt sind vorgesehen

Untersuchungen am Menschen	( ) ja	(x) nein
klinische Studien im Bereich der somatischen Zell- oder Gentherapie	( ) ja	(x) nein
Tierversuche	( ) ja	(x) nein
gentechnologische Untersuchungen	( ) ja	(x) nein

3.1.6 Bisherige und beantragte Förderung des Teilprojektes

Haushaltsjahr	Personalkosten bzw. BAT-Stellen	Sächliche Verwaltungsausgaben	Investitionen	Gesamt
bis 1997	645,2	6,0	-	651,2
1998	100,8	3,0	-	103,8
1999	103.2	3,0	-	106,2
2000	104,4	3,0	-	107,4
Zwischensumme	953,6	15,0	-	968,6
2001	249,6	3,0	-	252,6
2002	249,6	3,0	-	252,6
2003	249,6	3,0	-	252,6

(jeweils Ergänzungsausstattung, Beträge in DM 1000.-)

3.2 Zusammenfassung

Bei der Entwicklung großer Systeme werden in zunehmendem Umfang formale Beschreibungstechniken eingesetzt. Damit werden sowohl einzelne (Teil-)Produkte als auch der Entwicklungsprozess beschrieben. Hierzu wird eine Vielzahl verschiedener Beschreibungstechniken verwendet, deren Zusammenhang jedoch noch nicht ausreichend geklärt ist.
Das Teilprojekt verfolgt auch in Zukunft das Ziel, formale Beschreibungstechniken im Kontext der Anwendungsdomäne zu untersuchen und die übrigen Teilprojekte bei der Verwendung derartiger Techniken zu unterstützen.

In der ersten Förderungsperiode stand die Untersuchung und gezielte Integration von Produktbeschreibungssprachen sowie die Einarbeitung in die Anwendungsdomäne durch Mitarbeit in den Teams im Vordergrund. In der zweiten Förderungsperiode wurde zum einen die Integration von Produktbeschreibungssprachen fortgesetzt. Zum anderen wurde aufbauend auf den in der ersten Förderungsperiode gemachten Erfahrungen insbesondere die methodische Verwendung existierender formaler Beschreibungstechniken im Bereich der Anforderungen untersucht und verbessert. Hierzu wurde ein Referenzmodell entwickelt, das unabhängig von einer bestimmten Beschreibungstechnik den Inhalt eines Dokuments festlegt, das wir *Problemspezifikation* nennen. Des Weiteren wurde dieses Referenzmodell für eine Temporallogik instanziiert, die mit maßgeschneiderten Operatoren angereichert und mit Strukturierungskonzepten wie Modularisierung, Aggregation, Vererbung und Parametrisierung erweitert wurde.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird in der dritten Förderungsperiode einerseits die Eignung des bisher entwickelten Referenzmodells und seiner Instanziierung weiter überprüft und die methodische Unterstützung bei der Erstellung von Problemspezifikationen verbessert. Andererseits steht der Übergang von Problemspezifikationen hin zu Entwurfsspezifikationen im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Zentrale Fragestellungen hierbei sind: Wie kann die Erstellung sowohl von Problem- als auch von Entwurfsspezifikationen durch *Kompositionsoperatoren* geeignet unterstützt werden? Welche Arten von *Verfolgbarkeitsrelationen* werden horizontal, d.h. innerhalb einer Problem- oder Entwurfsspezifikation, sowie vertikal, d.h. zwischen einer Problem- und einer Entwurfsspezifikation benötigt und wie können diese angemessen dargestellt werden? Welche Informationen - u.a. *Verhalten* und *Architektur* - werden in einer Entwurfsspezifikation repräsentiert und welche Beschreibungstechniken sind hierfür geeignet?

3.3 Stand der Forschung

Ein zentrales Ziel, das das Teilprojekt C1 mit der Entwicklung eines Referenzmodells für die Software-basierte Entwicklung großer, reaktiver Systeme in den Arbeitsschwerpunkten A und B verfolgt, ist die mathematisch präzise Erfassung vieler Begriffe und ihrer Zusammenhänge im Bereich des Software-Engineering, die ansonsten sehr häufig unpräzise und mehrdeutig verwendet werden. Das Problem einer fehlenden mathematisch präzisen Fundierung, insbesondere im Zusammenhang mit UML [1], wird von einer großen Anzahl von Personen thematisiert, siehe zum Beispiel [2], [3], [4] und die nachfolgend angegebenen Arbeiten.
Während vor allem in [5], aber auch in [6] auf die Gefahren hingewiesen werden, die die Verwendung einer semantisch nicht präzise fundierten Beschreibungstechnik haben kann, werden in [7] und [8], unter anderem mit den Arbeiten der *precise UML Gruppe*, Ansätze vorgestellt, die darauf abzielen, für UML eine mathematisch präzise semantische Grundlage zu entwickeln.
Viele der heute existierenden Ansätze zur Formalisierung objekt-orientierter Konzepte, wie zum Beispiel der Aggregation oder der Vererbung, basieren auf der Kathegorientheorie [9], [10], [11]. Dies scheint uns nicht geeignet, um die Formalisierung einem größeren Personenkreis zugänglich zu machen. Deswegen haben wir entsprechende Formalisierungen ausschließlich auf der Grundlage mengentheoretischer Konzepte durchgeführt und wollen dies so auch weiterhin tun.
Unser bisheriges Referenzmodell ist von den Arbeiten von Zave und Jackson geprägt, siehe [12], [5].

Eine mathematisch präzise Erfassung der im Software-Engineering verwendeten Begriffe ist auch eine entscheidende Voraussetzung für jede Art von Werkzeugunterstützung. Für die Erfassung und Dokumentation von Anforderungen verweisen wir exemplarisch auf die in den Gruppen von Parnas [13] und Heitmeyer [14] entwikkelten Werkzeugkästen für tabellenbasierte Beschreibungstechniken.

Hinsichtlich der Architekturbeschreibungssprachen (ADL) verweisen wir wegen der inzwischen großen Anzahl existierender ADLs auf den Überblicksartikel [15].

Arbeitsschwerpunkt C beschäftigt sich mit der Verfeinerung von ASM-Entwurfsspezifikationen. In [16] werden Verfeinerungs- und Kompositionsrelationen zwischen Transitionssystemen angegeben. Hierbei liegt der Schwerpunkt der Untersuchungen auf der mathematischen Verifikation von Compilern. In [17] werden Kompositions- und Strukturierungsprinzipien für ASMs vorgestellt, etwa sequentielle Komposition, Parametrisierung und Fehlerbehandlung. In [18] wird am Beispiel des Bakery-Algorithmus (L. Lamport) Verfeinerung zwischen verteilten ASMs betrachtet. Hierbei ist die zu Grunde liegende Verteilung durch so genannte partiell geordnete Läufe (true concurrency) gegeben. In Arbeitsschwerpunkt C soll u.a. geklärt werden, was unter einer ASM-Entwurfsspezifikation verstanden werden soll. Hierzu ist eine eingehende Untersuchung von Kompositionstechniken notwendig. Innerhalb der ASM-Methode gibt es hierzu bisher nur wenige Ergebnisse (etwa [16] und [17]). Ein zentrales Anliegen von Arbeitsschwerpunkt C ist die Untersuchung von Verfeinerungsrelationen. Hierbei soll vor allem eine auf Kausalität basierende Verteilung (true concurrency) der Spezifikation zu Grunde gelegt werden. Dies ist wichtig, da durch eingeschränktere Verteilungsmodelle (etwa interleaving) zusätzliche Abhängigkeiten implizit spezifiziert werden, die nicht ursächlich dem jeweiligen Problem zuzuordnen sind. Innerhalb ASMs wird echte Verteilung durch so genannte partiell geordnete Läufe modelliert. Es gibt bisher nur wenige Arbeiten im ASM-Kontext (etwa [18]), die Verfeinerung und die darauf aufbauende Verifikation für diese Art der Verteilung thematisieren.

[1] G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson: *The Unified Modeling Language User Guide.* Addison Wesley, 1999.

[2] J. J. Odell, G. Ramackers: *Toward a Formalization of OO Analysis.* In J. J. Odell, *Advanced Object-Oriented Analysis & Design Using UML,* S. 43-55, Cambridge University Press, 1998.

[3] M. Broy, O. Slotosch: *Enriching the Software Development Process by Formal Methods.* In D. Hutter, W. Stephan, P. Traverso, M. Ullmann, *Applied Formal Methods - FM-Trends 98,* Springer, 1998.

[4] M. Heisel: *Softwaretechnik und Methodik.* In *Antrittsvorlesungen der Fakultät für Informatik,* Universitätsschriften der Universität Magdeburg, 1998.

[5] M. Jackson: *A Discipline of Description (Keynote Talk)*. Requirements Engineering 3(2), S. 73-78, 1998.

[6] H. Kilov, B. Rumpe: *Second ECOOP Workshop on Precise Behavioral Semantics (with an Emphasis on OO Business Specifications).* In S. Demeyer, J. Bosch, *Object-Oriented Technology: ECOOP'98 Workshop Reader,* S. 167-188, Springer, 1999.

[7] A. Evans, R. France, K. Lano, B. Rumpe: *The UML as a Formal Modeling Notation*. In J. Bézivin, P.-A. Muller, *The Unified Modeling Language,*

UML'98: Beyond the Notation, First International Workshop, Selected Papers, S. 336-348, Springer, 1998.

[8] S. Kent, A. Evans, B. Rumpe: *UML Semantics FAQ.* In A. Moreira, S. Demeyer, *Object-Oriented Technology: ECOOP'99 Workshop Reader,* LNCS 1743, Springer, S. 33-56, 1999.

[9] K. Lano, J. Bicarregui: *Semantics and Transformations for UML Models*. In J. Bézivin and P.-A. Muller, *The Unified Modeling Language, UML'98: Beyond the Notation, First International Workshop, Selected Papers,* S. 107-119, Springer, 1998.

[10] J.C. Bicarregui, K.C. Lano, T.S.E. Maibaum: *Formalising Object-Oriented Models in the Object Calculus*. In J. Bosch, S. Mitchell, *Object-Oriented Technology: ECOOP'97 Workshop Reader*, S. 155-160, Springer, 1998.

[11] H.-D. Ehrich: *Object Specification*. In E. Astesiano, H.-J. Kreowski, B. Krieg-Brückner, *Algebraic Foundations of Systems Specification*, S. 435-465, Springer, 1998.

[12] P. Zave, M. Jackson: *Four Dark Corners of Requirements Engineering*. IEEE Transactions on Software Engineering and Methodology, 6(1), S. 1-30, 1997.

[13] D. L. Parnas, D. K. Peters: *An Easily Extensible Toolset for Tabular Mathematical Expressions*. In W. R. Cleaveland, *Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems*, TACAS'99, S. 345-359, Springer, 1999.

[14] C. Heitmeyer, J. Kirby, B. Labaw, R. Bharadway: *SCR*: A Toolset for Specifying and Analyzing Software Requirements*. In A. J. Hu, M. Y. Vardi, *Proceedings of 10th International Conference Computer Aided Verification CAV'98*, S. 526-531, Springer, 1998.

[15] N. Medvidovic, R. N. Taylor: *A Framework for Classifying and Comparing Architecture Description Languages.* In M. Jazayeri, H. Schauer, *Software Engineering - ESEC/FSE '97,* S. 60-76, Springer, 1997.

[16] G. Goos, W. Zimmermann: *Verifying Compilers and ASMs*. Erscheint in *International Workshop on Abstract State Machines ASM'2000*, LNCS, Springer, 2000.

[17] E. Börger: *Composition and Structuring Principles for ASMs*. Erscheint in *International Workshop on Abstract State Machines ASM'2000*, LNCS, Springer, 2000.

[18] Y. Gurevich, D. Rosenzweig: *Partially Ordered Runs: A Case Study.* Erscheint in *International Workshop on Abstract State Machines ASM'2000*, LNCS, Springer, 2000.

3.4 Eigene Vorarbeiten

Die eigenen Vorarbeiten bezüglich der Arbeitsschwerpunkte A und B sind im Arbeits- und Ergebnisbericht aufgeführt. Hinsichtlich des Arbeitsschwerpunkts C wurden folgende vorbereitenden Arbeiten durchgeführt. In [19] wird ein verteilter Algorithmus von Dijkstra, Feijen und van Gasteren auf zwei unterschiedlichen Abstraktionsebenen spezifiziert und mit Hilfe einer Verfeinerungsrelation verifiziert. In [20] wird ein Einblick in die auf ASMs basierende formale Semantik von SDL-2000 gegeben, welche zur Zeit innerhalb eines internationalen Projekts von einem Kreis von Experten entwickelt wird. SDL ist eine von der ITU (International Telecommunication Union) standardisierte Sprache und ist durch die ITU-T (Telecommunication Standardization Sector der ITU) definiert. Das Semantik-Projekt wird koordiniert von R. Gotzhein (Leiter Teilprojekt B4), der innerhalb der ITU-T die Funktion "Associate Rapporteur: Formal Semantics for SDL-2000" inne hat.

[19] R. Eschbach: *A Termination Detection Algorithm: Specification and Verification.* In J. M. Wing, J. Woodcock, J. Davies, *Proc. of FM'99 - World Congress on Formal Methods in the Development of Computing Systems*, LNCS 1709, Springer, S. 1720-1737, 1999.

[20] R. Eschbach, U. Glässer, R. Gotzhein, A. Prinz: *On the Formal Semantics of SDL-2000: A Compilation Approach using Abstract State Machines*. Erscheint in *International Workshop on Abstract State Machines ASM2000*, LNCS, Springer, 2000.

3.5 Ziele, Methoden, Arbeitsprogramm und Zeitplan

3.5.1 Ziele und Methoden

Ziel des Teilprojekts C1 ist weiterhin die Koordinierung und Integration formaler Beschreibungstechniken, die im gesamten SFB verwendet werden. Ein langfristiges Ziel dabei ist die Entwicklung eines Referenzmodells für die Software-basierte Entwicklung großer, reaktiver Systeme.

Unter einem System verstehen wir eine ablauffähige Einheit von Hard- und Softwarekomponenten zusammen mit der beeinflussenden und beeinflussten Umgebung dieser Komponenten. Unter einem reaktiven System verstehen wir ein System, bei dem es eine ständige Interaktion zwischen der Umgebung und den Hard- und Softwarekomponenten gibt.
Hiervon zu unterscheiden sind Beschreibungen von Systemen. Diese werden für die Entwicklung von Systemen benötigt, weil sie es erlauben, Systeme zu verstehen, zu analysieren und sich über sie zu verständigen. Dokumente sind Beschreibungen eines Systems, die mit Hilfe einer oder mehrerer Beschreibungstechniken erstellt werden und eine Struktur besitzen. Diesen Dokumenten liegt also eine bestimmte Syntax und Semantik zugrunde.
Mit Hilfe einer Beschreibung eines Systems lässt sich auch ein Maß für die Größe

eines Systems angeben. Ein solches Maß könnte beispielsweise aus der Anzahl der betrachteten Phänomene - zum Beispiel die Helligkeit in einem Raum oder der übermittelte Wert eines Temperatursensors - und der Anzahl der beschriebenen Eigenschaften dieser Phänomene bestehen.

Da also Dokumente von zentraler Bedeutung bei der Entwicklung von Systemen sind, gehen wir bei der Entwicklung des langfristig angestrebten Referenzmodells wie folgt vor. Es werden präzise Modelle der Inhalte von Dokumenten erstellt, geeignete Beschreibungstechniken zur Repräsentation dieser Inhalte untersucht, kombiniert und entwickelt sowie Methoden und Vorgehensweisen zur Erstellung solcher Dokumente erforscht und verbessert. Konkrete Ziele dieser Arbeiten sind, das Erstellen formaler Beschreibungen, unter besonderer Berücksichtigung der Konzepte Wiederverwendung und Komposition, zu unterstützen sowie die vielfältigen Arten der semantischen Beziehungen zwischen den Dokumenten mit Hilfe geeigneter Verfolgbarkeitsrelationen darzustellen.

Diese Vorgehensweise hat sich bei der Erstellung eines Referenzmodells im Bereich der Anforderungen bewährt. Dieses Referenzmodell legt präzise den Inhalt eines Dokuments, das wir Problemspezifikation nennen, fest. Hierzu wird ein System unter dem Aspekt *Vorhandensein eines Phänomens* aufgespalten in den Teil, der bereits vorhanden ist, die *Umwelt*, und den Teil, der noch zu entwickeln ist, die *Maschine*.

Entsprechend werden die Eigenschaften eines Systems aufgeteilt in indikative und optative Eigenschaften. *Indikative* Eigenschaften besitzt ein System ohne bzw. trotz einer Maschine. Sie beschreiben Fakten und bilden das sogenannte *Domänenwissen*. Das Verhalten bereits installierter Sensoren, zum Beispiel eines Bewegungsmelders, der eine 1 liefert, wenn sich eine Person in einem Raum bewegt, ist beispielsweise eine Eigenschaft eines Domänenwissens. *Optative* Eigenschaften hingegen beschreiben Wünsche an das System und müssen durch eine noch zu entwickelnde Maschine sichergestellt werden. Die Menge der optativen Eigenschaften wird weiter unterteilt in *Anforderungsspezifikation* und *Maschinenspezifikation*.

Während eine in einer Maschinenspezifikation enthaltene Eigenschaft prinzipiell realisierbar ist, weil alle in ihr verwendeten Phänomene für die Maschine *sichtbar* sind, kann dies bei einer Eigenschaft in einer Anforderungsspezifikation nicht garantiert werden. Im Bereich der Gebäudeautomatisierung ist zum Beispiel die Aussage „Wenn eine Person in einem Raum ist, soll das Licht an sein." eine typische Eigenschaft in einer Anforderungsspezifikation. Die entsprechende Eigenschaft in einer Maschinenspezifikation könnte lauten: „Wenn ein Bewegungsmelder in einem Raum eine 1 liefert, muss der Lichtschalter auf Ein stehen." Wenn die Sensoren und Aktuatoren bereits installiert sind, kann diese Eigenschaft prinzipiell, d.h. von der Sichtbarkeit her, realisiert werden.

Um die Eignung dieses Referenzmodells zu überprüfen, wurde es für große, reaktive Systeme instanziiert. Hierzu wurde unter anderem eine Realzeit-Temporallogik mit objektorientierten Konzepten wie Vererbung und Aggregation sowie der Möglichkeit zu parametrisieren erweitert. Damit ist es möglich, im Bereich großer, reaktiver Systeme die oben beschriebenen Informationen in einer Problemspezifikation adäquat zu repräsentieren und die Wiederverwendung einzelner Teile einer Problemspezifikation zu unterstützen. Zur Unterstützung der Erstellung von Problemspezifikationen wurde zum einen ein auf Anforderungsmustern basierendes, wiederverwendungsorientiertes Prozessmodell entwickelt und zum anderen ein Werkzeug realisiert. Weitere Details zu diesen Arbeiten sind im Ergebnisbericht dokumentiert.

Im Arbeitsschwerpunkt A stehen Problemspezifikationen im Mittelpunkt der Untersuchungen. Dabei wird die Eignung des bisher entwickelten Referenzmodells und seiner Instanziierung weiter überprüft sowie die methodische Unterstützung bei der Erstellung und Verwendung von Problemspezifikationen verbessert. Die Überprüfung der Eignung erfolgt dabei anhand weiterer Fallstudien, wobei zunehmend auch andere Anwendungsdomänen reaktiver Systeme, wie zum Beispiel die bereits in der zweiten Förderungsperiode betrachteten Verkehrsbeeinflussungsanlagen, betrachtet werden. Zur Verbesserung der methodischen Unterstützung werden aufbauend auf den bisher gemachten Erfahrungen bei der Erstellung von Problemspezifikationen Kompositionsoperatoren definiert, die insbesondere auch semantische Eigenschaften eines resultierenden Produkts garantieren. Neben diesem mehr generierenden Konzept werden auch Konzepte und Verfahren entwickelt, die eine Analyse semantischer Eigenschaften einer gegebenen Problemspezifikation ermöglichen. Hierbei spielt die horizontale Verfolgbarkeit innerhalb einer Problemspezifikation eine zentrale Rolle. Weiterhin ist es bei der Verwendung von Problemspezifikationen großer Systeme unbedingt erforderlich, verschiedene, zueinander konsistente Projektionen einer Problemspezifikation erstellen zu können. Auch dabei werden verschiedene horizontale Verfolgbarkeitsrelationen benötigt. Bei all diesen Ansätzen und Konzepten zur Verbesserung der methodischen Unterstützung der Erstellung und Verwendung von Problemspezifikationen ist stets deren Integration in das existierende Werkzeug ein wesentliches Ziel.

Der Arbeitsschwerpunkt B beschäftigt sich mit Entwurfsspezifikationen. Dabei wird zunächst das vorhandene Referenzmodell durch Einbeziehung von Entwurfsspezifikationen erweitert. Hierzu muss geklärt werden, welche Inhalte unabhängig von einer bestimmten Beschreibungstechnik in einem solchen Dokument abzulegen sind. Neben dem Aspekt des Verhaltens ist hier auch der Aspekt der Architektur der zu entwickelnden Maschine von zentraler Bedeutung. Analog zu Problemspezifikationen wird anschließend untersucht, welche Beschreibungstechniken geeignet sind, diese Inhalte darzustellen. Die Kombination verschiedener Beschreibungstechniken, vor allem solcher, die das Verhalten operational beschreiben, und solcher, die die Architektur spezifizieren, ist auch hier unumgänglich. Dabei muss insbesondere berücksichtigt werden, dass nicht nur Architekturen einzelner Systeme beschrieben werden, sondern insbesondere auch konfigurierbare Architekturen ganzer Systemfamilien. Geeignete Beschreibungstechniken müssen also auch Möglichkeiten zur Parametrisierung struktureller Eigenschaften zur Verfügung stellen. Beispielsweise werden in Abhängigkeit der betrachteten Aspekte, wie zum Beispiel Temperatur, Helligkeit oder

Sicherheit, unterschiedliche Architekturen notwendig sein, um die verschiedenen sich ergebenden Konfliktsituationen adäquat auflösen zu können. Für solche strukturellen Kombinationen werden langfristig auch geeignete Kompositionsoperatoren entwickelt. Von zentraler Bedeutung ist außerdem auch hier wieder das Problem der Verfolgbarkeit, diesmal zunächst vertikal zwischen Problemspezifikationen und Entwurfsspezifikationen. Dabei wird auch geklärt, inwieweit sich die für Problemspezifikationen entwickelten Kompositionsoperatoren auf Entwurfsspezifikationen übertragen lassen.

In einem sehr engen Zusammenhang hierzu stehen die Arbeiten im Arbeitsschwerpunkt C, wo zum einen semantische Beziehungen zwischen temporallogischen Problemspezifikationen und darauf aufbauenden Entwurfsspezifikationen und zum anderen Verfeinerungsrelationen zwischen Entwurfsspezifikationen untersucht werden.

3.5.2 Arbeitsprogramm

Arbeitsschwerpunkt A: Problemspezifikationen

Bei den Arbeiten dieses und des folgenden Arbeitsschwerpunktes lassen wir uns im Wesentlichen von den Erfahrungen leiten, die wir beim Erstellen und Verwenden von Problemspezifikationen im Bereich der Gebäudeautomatisierung (zum Beispiel Praktika, Teams) und in anderen Anwendungsfeldern (zum Beispiel Verkehrsbeeinflussungsanlagen) machen bzw. bereits gemacht haben. Alle hierbei entwickelten Konzepte und Ansätze werden in das existierende Werkzeug integriert. Bei allen Arbeiten müssen die Hierarchien berücksichtigt werden, die durch die in unserem Ansatz verwendeten Konzepte Aggregation und Vererbung in einer Problemspezifikation vorliegen.

Arbeitspaket A1: Validation des Referenzmodells

Die Eignung des Referenzmodells für Problemspezifikationen wird anhand weiterer Fallstudien überprüft. Dabei sollen zunehmend auch andere Anwendungsdomänen betrachtet werden. Eine zentrale Frage hierbei ist, ob die bisher zur Spezifikation verwendete Temporallogik ausreichend ist, um alle Eigenschaften adäquat zu erfassen, oder ob weitere Beschreibungstechniken, wie zum Beispiel Tabellen oder graphische Notationen, integriert werden müssen. Dabei muss stets sichergestellt werden, dass jede einzelne Beschreibungstechnik wie auch deren Kombination nicht nur eine präzise Syntax, sondern auch eine mathematisch fundierte Semantik besitzen.
Personalbedarf: 5 PM

Arbeitspaket A2: Kompositionsoperatoren für Problemspezifikationen

Zur Verbesserung des Erstellungsprozesses werden Kompositionsoperatoren integriert. Hierfür wird eine Sammlung von Kompositionsoperatoren erstellt. Für deren

jeweilige Verwendungsmöglichkeit werden entsprechende Richtlinien aufgestellt. Kompositionsoperatoren sind von Nutzen, sowohl wenn semantische Eigenschaften, wie zum Beispiel der Zusammenhang zwischen Domänenwissen, Maschinenspezifikation und Anforderungsspezifikation, als auch wenn mehr syntaktische Eigenschaften, wie zum Beispiel die Vollständig- und Eindeutigkeit einer Fallunterscheidung, betrachtet werden. Eine Integration der entwickelten Kompositionsoperatoren in unser Werkzeug ist unbedingt erforderlich, um es für die Entwicklung großer Systeme effektiver einsetzen zu können.
Personalbedarf: 9 PM

Arbeitspaket A3: Analyse von Problemspezifikationen

Bisher garantiert das Werkzeug aufgrund einiger syntaktischer Randbedingungen eine gewisse (syntaktische) Konsistenz einer Problembeschreibung, wie zum Beispiel eine zyklusfreie Klassenhierarchie. In diesem Bereich ist noch eine große Anzahl weiterer syntaktischer Überprüfungen möglich, beispielsweise ob zumindest jede maschineninterne Größe (zum Beispiel eine Funktion) einen Initialwert besitzt oder ob eine Größe aufgrund einer Problemspezifikation zu jedem Zeitpunkt genau einen Wert besitzt (d.h. eine Fallunterscheidung muss eindeutig und vollständig sein). Solche Überprüfungen decken zum einen Lücken in einer Problemspezifikation auf, zum anderen erhöhen sie beim Benutzer eines solchen Dokuments das Vertrauen in dieses. Im Zusammenhang mit Arbeitspaket A2 muss geklärt werden, welche Eigenschaften bereits durch die Verwendung von Kompositionsoperatoren garantiert werden können und welche explizit zu überprüfen sind.
Im Unterschied zu Arbeitspaket A5 wird hier stets nur eine Art der Beschreibung (Domänenwissen, Maschinenspezifikation oder Anforderungsspezifikation) betrachtet und nicht alle zusammen.
Personalbedarf: 6 PM

Arbeitspaket A4: Projektionen und Verfolgbarkeit

Die Verwendung der bisher erstellten Problemspezifikationen hat gezeigt, dass deren Struktur sowie die verschiedenen Arten von Navigationshilfen (insbesondere im WWW) das Auffinden von Informationen und damit die Verständlichkeit des Gesamtdokumentes unterstützen. Häufig ist es jedoch wünschenswert, einen eingeschränkten Auszug einer Problemspezifikation zur Verfügung zu haben, um sich über einen bestimmten Teil einer Problemspezifikation leichter und schneller einen Überblick verschaffen zu können. Beispielsweise ist es oft ausreichend, nur den Teil einer Problemspezifikation zu betrachten, der sich mit einem bestimmten Aspekt wie Temperatur oder Helligkeit beschäftigt. Hierbei muss nicht nur garantiert werden, dass verschiedene Projektionen konsistent zueinander sind, sondern es muss auch untersucht werden, was geeignete Projektionen sind und wie sie erstellt werden können, zum Beispiel welche Hierarchien wie aufgelöst werden sollen. Hier spielen natürlich auch verschiedene Ausprägungen von Verfolgbarkeitsrelationen eine zentrale Rolle.
Personalbedarf: 8 PM

Arbeitspaket A5: Beweisaufgaben und Verfolgbarkeit

Schließlich werden in diesem Arbeitsschwerpunkt Ansätze entwickelt, die die Lösung typischer Beweisaufgaben unterstützen, die beim Erstellen von Problemspezifikationen anfallen. Ein Beispiel für eine in Problemspezifikationen immer wiederkehrende Beweisaufgabe ist der Nachweis, dass das Domänenwissen zusammen mit der Maschinenspezifikation die Anforderungsspezifikation erfüllt. Diese Beweise sind in der Regel lokal begrenzt, d.h. es muss immer nur eine kleine Teilmenge der Eigenschaften betrachtet werden. Hier ist eine Frage, inwieweit automatisch festgestellt werden kann, welche Eigenschaften für einen Beweis berücksichtigt werden müssen, d.h. welche Eigenschaften Seiteneffekte haben können. Hierbei kommt eine neue Art der Verfolgbarkeit ins Spiel, nämlich zwischen Eigenschaften der verschiedenen Beschreibungsarten (Domänenwissen, Anforderungsspezifikation, Maschinenspezifikation). In diesem Zusammenhang wird auch ansatzweise untersucht, welche existierenden Beweiser bei der Bewältigung der anfallenden Beweisaufgaben wie eingesetzt werden können. Des Weiteren treten bei der Verwendung von Kompositionsoperatoren (siehe Arbeitspaket A2) Bedingungen auf, die für die zusammenzusetzenden Komponenten nachzuweisen sind.
Personalbedarf: 8 PM

Arbeitsschwerpunkt B: Entwurfsspezifikationen

Ziel dieses Arbeitsschwerpunktes ist es, das bisher entwickelte Referenzmodell auf Entwurfsspezifikationen zu erweitern. Neben der Festlegung des Inhalts eines solchen Dokuments und der Untersuchung geeigneter Beschreibungstechniken zur Repräsentation dieses Inhalts besteht ein wesentliches Ziel bei diesen Arbeiten in der Aufstellung geeigneter Verfolgbarkeitsrelationen zwischen Problemspezifikationen und Entwurfsspezifikationen.
Die Eignung der in diesem Arbeitsschwerpunkt entwickelten Modelle, Konzepte und Verfahren wird anhand von Fallstudien überprüft, wobei wir auf die bereits vorhandenen Problemspezifikationen aus den Bereichen der Gebäudeautomatisierung und der Verkehrsbeeinflussungsanlagen aufbauen.

Arbeitspaket B1: Entwicklung eines Referenzmodells

Zunächst ist zu untersuchen, welche Inhalte in einer Entwurfsspezifikation abgelegt werden sollen, d.h. es muss analog zu den Problemspezifikationen ein geeignetes Referenzmodell für Entwurfsspezifikationen erstellt werden. Beispielsweise ist es in einer Entwurfsspezifikation sicherlich nur noch erforderlich, Größen zu verwenden, die für die Maschine sichtbar sind. Weiterhin wird in einer Entwurfsspezifikation auch die Architektur der zu entwickelnden Maschine festgelegt. Insgesamt ist eine Entwurfsspezifikation lösungsorientiert, wohingegen eine Problemspezifikation problemorientiert ist.
Ausgangspunkt dieser Arbeiten sind die in den vergangenen beiden Förderungsperioden, insbesondere in den Querschnittsprojekten, gemachten Erfahrungen.
Personalbedarf: 10 PM

Arbeitspaket B2: Beschreibungstechniken für Entwurfsspezifikationen

Die inhaltlichen Besonderheiten von Entwurfsspezifikationen im Vergleich zu Problemspezifikationen werden sich auch in der Wahl geeigneter (formaler) Beschreibungstechniken niederschlagen. Während zur Spezifikation eines Problems deskriptive Beschreibungstechniken wie Logiken als geeignet angesehen werden, wird zur Beschreibung einer Lösung eine mehr operationale Beschreibungstechnik oder eine Beschreibungstechnik, die beide Attribute in sich vereinigt, benötigt.
Desweiteren wird bei der Bewertung und Auswahl von Beschreibungstechniken für Entwurfsspezifikationen berücksichtigt, dass in einer Entwurfsspezifikation neben dem Verhalten auch die Architektur der zu entwickelnden Maschine beschrieben werden muss. Bezüglich des Verhaltens werden die formalen Beschreibungstechniken SDL und ASM (Abstract State Machines) als Ausgangspunkt gewählt. Hinsichtlich der Architekturbeschreibungssprachen erfolgt ausgehend von [15] zunächst noch eine Sichtung und Bewertung existierender Techniken.
Personalbedarf: 10 PM

Arbeitspaket B3: Verfolgbarkeit zwischen Problem- und Entwurfsspezifikationen

Ein wesentlicher Aspekt bei der Erstellung eines Referenzmodells für Entwurfsspezifikationen ist dessen Koppelung an das Referenzmodell für Problemspezifikationen. Dies bedeutet vor allem, dass eine Verfolgbarkeitsrelation zwischen einer Problemspezifikation und einer darauf aufbauenden Entwurfsspezifikation festgelegt wird, die sowohl die einzelnen Bezeichner, die Eigenschaften als auch die Struktur berücksichtigt, die in einer Problemspezifikation vorgegeben sind.
Personalbedarf: 6 PM

Arbeitspaket B4: Kompositionsoperatoren für Entwurfsspezifikationen

Ebenso wie bei Problemspezifikationen sollte auch die Erstellung von Entwurfsspezifikationen mit Hilfe geeigneter Kompositionsoperatoren unterstützt werden. Hier ist insbesondere zu untersuchen, inwieweit die Kompositionsoperatoren, die bei der Erstellung von Problemspezifikationen verwendet werden, auch zur Erstellung von Entwurfsspezifikationen verwendet werden können; denn bei Problemspezifikationen steht nahezu ausschließlich die Komposition des Verhaltens im Mittelpunkt, während bei Entwurfsspezifikationen zumindest auch noch strukturelle Aspekte eine wesentliche Rolle spielen.
Personalbedarf: 10 PM

Arbeitsschwerpunkt C: Verfeinerung von ASM-Entwurfsspezifikationen

Ziel dieses Arbeitsschwerpunktes ist es, semantische Beziehungen zwischen Problemspezifikationen und den zugeordneten Entwurfsspezifikationen bzw. Verfeinerungsrelationen zwischen Entwurfsspezifikationen zu untersuchen. Dies soll vor allem anhand der formalen Beschreibungstechniken ASM (Abstract State Machines) und SDL (Specification and Description Language) geschehen. Des Weiteren sollen

Strukturierungsmethoden für ASM-Entwurfsspezifikationen entwickelt und untersucht werden.

Arbeitspaket C1: Erfüllbarkeit zwischen Problem- und Entwurfsspezifikationen

Beim Übergang einer Problemspezifikation zu einer Entwurfsspezifikation muss garantiert werden, dass die Eigenschaften der Problemspezifikation von der Entwurfsspezifikation erfüllt werden. In diesem Arbeitspaket soll anhand von ASM untersucht werden, wie Erfüllbarkeit zwischen Entwurfsspezifikationen und Problemspezifikationen definiert werden kann. Was bedeutet also, dass eine Entwurfsspezifikation eine Problemspezifikation erfüllt? Diese Frage soll mathematisch exakt beantwortet werden.
Personalbedarf: 4 PM

Arbeitspaket C2: Verfeinerung von Entwurfsspezifikationen

Entwurfsspezifikationen werden innerhalb des Entwicklungsprozesses verändert, etwa wenn eine abstrakte Spezifikation "konkretisiert" wird, wenn also zum Beispiel weitere Implementationsdetails der Spezifikation hinzugefügt werden. Dieser Vorgang wird im Allgemeinen Verfeinerung genannt und soll in diesem Arbeitspaket genauer untersucht werden. Wie können also Verfeinerungsrelationen zwischen Entwurfsspezifikationen aussehen? Welche sinnvollen Anforderungen an diese Relationen gibt es? Eine mögliche Anforderung ist zum Beispiel die Forderung, dass Verfeinerungsrelationen die Erfüllbarkeitsrelation(en) aus Arbeitspaket C.1 erhalten sollen. Wenn also eine Entwurfsspezifikation eine Problemspezifikation erfüllt, dann soll dies auch jede Verfeinerung der Entwurfsspezifikation tun.
Personalbedarf: 14 PM

3.5.3 Zeitplan

<table>
<tr><th>Personal</th><th>2001
1. H.J.</th><th>2001
2. H.J.</th><th>2002
1. H.J.</th><th>2002
2. H.J.</th><th>2003
1. H.J.</th><th>2003
2. H.J.</th></tr>
<tr><td>Grundausstattung</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>R. Eschbach</td><td colspan="6">C1 und C2</td></tr>
<tr><td>Ergänzungsausstattung</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>M. Kronenburg</td><td colspan="6">A1</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">A2</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">A3</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="4">A4</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="4">A5</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>N.N.</td><td colspan="2">B1</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="5">B2</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="5">B3</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"></td><td colspan="3">B4</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>N.N.,
stud. Hilfskraft</td><td colspan="6">A1</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">A2</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="4">A4</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>N.N.,
stud. Hilfskraft</td><td colspan="6">A1</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">A3</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="4">A5</td></tr>
</table>

Im Zeitplan ist ein Aufwand von wenigstens 8 Std. / Woche für SFB-übergreifende Themenstellungen berücksichtigt, die jedes Teilprojekt zur Verfügung stellt. Diese Arbeiten werden in Teams organisiert und im Arbeitsbericht gesondert beschrieben.

3.6 Stellung innerhalb des Programms des Sonderforschungsbereichs

Als Infrastrukturprojekt arbeitet dieses Teilprojekt mit allen anderen Teilprojekten zusammen. Es unterstützt diese bei der Modellierung und koordiniert die Verwendung von Modellen und Beschreibungstechniken.

Aufbauend auf der erfolgreichen Zusammenarbeit mit den Teilprojekten B10, D1 und D2 im Querschnittsprojekt Q3 sind insbesondere mit diesen Teilprojekten sowie dem neuen Teilprojekt B11, dessen Leiter am Querschnittsprojekt Q3 beteiligt ist, enge Kooperationen geplant. Dabei werden wir B10 bei der Formalisierung des Design Space-Konzeptes unterstützen. Mit Teilprojekt B11 ist insbesondere eine enge

Absprache vorgesehen hinsichtlich der Untersuchungen im Bereich der Entwurfsphase. Teilprojekt D1 werden wir bei der Formalisierung der Systematik beratend unterstützen. Bezüglich der Arbeiten zur Erfassung von Anforderungen ergänzen sich unsere Aktivitäten und die von Teilprojekt D1. Teilprojekt D2 werden wir bei der Suche nach einer geeigneten formalen Repräsentation ihrer mathematischen Modelle und Algorithmen unterstützen. Da erste Gespräche gezeigt haben, dass hierfür voraussichtlich eine mehr deskriptive Beschreibung und auf objektorientierten Konzepten basierende Strukturierung geeignet ist, sind unsere diesbezüglichen Erfahrungen hier sehr hilfreich. Da im gesamten SFB die formale Beschreibungstechnik SDL verwendet wird, ist die unter 3.4 beschriebene Mitarbeit an der formalen Semantik von SDL für den SFB von Nutzen.

3.7 Ergänzungsausstattung für das Teilprojekt

	Bewilligung 2000		2001			2002			2003		
	Verg.-Gr.	Anz.	Verg.-Gr.	Anz.	Betrag in DM	Verg.-Gr.	Anz.	Betrag in DM	Verg.-Gr.	Anz.	Betrag in DM
PK	BAT IIa	1	BAT IIa	2	208.800	BAT IIa	2	208.800	BAT IIa	2	208.800
			StdHkr.	2	40.800	StdHkr.	2	40.800	StdHkr.	2	40.800
	zus.:	1	zus.:	4	249.600	zus.:	4	249.600	zus.:	4	249.600
SV			Kostenkategorie oder Kennziffer		Betrag in DM	Kostenkategorie oder Kennziffer		Betrag in DM	Kostenkategorie oder Kennziffer		Betrag in DM
			(515)		-	(515)		-	(515)		-
			(522)		3.000	(522)		3.000	(522)		3.000
			zusammen		3.000	zusammen		3.000	zusammen		3.000
I			Mittel für Investitionen insges.			Mittel für Investitionen insges.			Mittel für Investitionen insges.		
			-			-			-		

es bedeuten: PK: Personalbedarf und -kosten (Begründung vgl. 3.7.1)
SV: Sächliche Verwaltungsausgaben (Begründung vgl. 3.7.2)
I: Investitionen (Geräte über DM 20.000; Begründung vgl. 3.7.3)

3.7.1 Begründung des Personalbedarfs

	Name, akad. Grad, Dienststellung	engeres Fach des Mitarbeiters	Bezeichnung des Institutes oder der Hochschule	Anteil der aufgew. Gesamt-arbeitszeit (bera-tend: B)	im SFB tätig seit	derzeitige Einstufung und beantragte Ver-gütungs-gruppe
Grundausstattung 3.7.1.1 wiss. Mitarbeiter (einschl. StdHkr.)	(1) Prof. Dr. K. Madlener	Informatik	FB Inf., Uni KL	5	1.1.95	
	(2) Prof. Dr. J. Avenhaus	Informatik	FB Inf., Uni KL	5	1.1.95	
	(3) Dipl. Inform. R. Eschbach	Informatik	FB Inf., Uni KL	20	1.1.98	
Ergänzungsausstattung 3.7.1.3 wiss. Mitarbeiter (einschl. StdHkr.)	(1) Dipl-Inform. M. Kronenburg	Informatik	FB Inf., Uni KL	38,5		IIa
	(2) N.N., Dipl-Inform.	Informatik	FB Inf., Uni KL	38,5		IIa
	(3) N.N., StdHkr.	Informatik	FB Inf., Uni KL	19		
	(4) N.N., StdHkr.	Informatik	FB Inf., Uni KL	19		
3.7.1.4 nichtwissenschaftl. Mitarbeiter						

Aufgabenbeschreibung für Mitarbeiter der Grundausstattung

Der wissenschaftliche Mitarbeiter ist für die Bearbeitung des Arbeitsschwerpunktes C vorgesehen. Da in diesem Arbeitsschwerpunkt Entwurfsspezifikationen in einer konkreten Beschreibungstechnik, nämlich ASM, betrachtet werden, ist es erforderlich, dass zwischen diesem Mitarbeiter und den beiden Mitarbeitern der Ergänzungsausstattung eine enge Kooperation stattfindet.

Aufgabenbeschreibung für Mitarbeiter der Ergänzungsausstattung

Der erste wissenschaftliche Mitarbeiter ist für die Bearbeitung des Arbeitsschwerpunktes A vorgesehen. Neben der Erarbeitung neuer Konzepte, die die Erstellung und Analyse von Problemspezifikationen unterstützen, steht hierbei vor allem deren Integration in das existierende Werkzeug im Vordergrund.

Der zweite wissenschaftliche Mitarbeiter ist für die Bearbeitung des Arbeitsschwerpunktes B vorgesehen. Hierbei handelt es sich um schwierige und anspruchsvolle Arbeiten auf konzeptioneller Ebene.

Die beantragten studentischen Hilfskräfte werden vor allem zur Unterstützung der Arbeiten im Arbeitsschwerpunkt A benötigt, da hier zum einen umfangreiche Fallstudien (Arbeitspaket A1) durchgeführt werden sollen und zum anderen ein großer Implementierungsaufwand anfällt (Arbeitspakete A2-A5).

3.7.2 Aufgliederung und Begründung der sächlichen Verwaltungsausgaben

	2001	2002	2003
Für sächliche Verwaltungsausgaben stehen als **Grundausstattung** voraussichtlich zur Verfügung	Mittel für sächliche Verwaltungsausgaben in der Grundausstattung werden zentral vom Fachbereich Informatik verwaltet und können deshalb nicht in Arbeitsgruppen aufgeschlüsselt werden.		
Für sächliche Verwaltungsausgaben werden als **Ergänzungsausstattung** beantragt (entspricht den Summen “sächliche Verwaltungsausgaben“ in Übersicht 3.7)	3.000	3.000	3.000

Begründung zur Ergänzungsausstattung der Sächlichen Verwaltungsausgaben

Die sächlichen Verwaltungskosten in der Ergänzungsausstattung werden zur Finanzierung von Literaturrecherchen, kleineren Geräteerweiterungen und elektronischem Kleinmaterial benötigt.

3.7.3 Investitionen (Geräte über 20.000 brutto)

Bezeichnung des Gerätes (ggf. mit Typenbezeichnung)	Einzelpreis 2001	Einzelpreis 2002	Einzelpreis 2003
	-	-	-
Summe	-	-	-