Adaptives semantisches Datenmodell für den integrierten Fabrikentwurf (ASDAMO): Zielstellungen[1]

Dietrich Ziems; Klaus Richter; Olaf Wolter*
Volker Dobrowolny; Uwe Scholz#

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
PSF 4120, D-39016 Magdeburg
** Institut für Förder- und Baumaschinentechnik, Stahlbau, Logistik (IFSL)*
Email: {ziems; richter; wolter}@mb.uni-magdeburg.de
 # Institut für Technische Informationssysteme (ITI)
Email: {dobrowol; uscholz}@iti.cs.uni-magdeburg.de

Zusammenfassung

Das Vorhaben „Adaptives semantisches Datenmodell für den integrierten Fabrikentwurf (**ASDAMO**)“ wird im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Neue Produktionssysteme/Experimentelle Fabrik“ vom Land Sachsen-Anhalt gefördert. Es konzentriert sich auf die Entwicklung einer konzeptuellen Datenmodellbeschreibung (angewendet auf die Materialflußplanung), die die im Entwurfs- und Planungsprozeß erforderlichen Sichten auf das Datenmodell bedienen kann. Dazu sind die Resultatdaten der Stufen und Schritte des Entwicklungsprozesses im Sinne adaptiver Veränderungen der Modellwelten des Planungsprozesses aufzunehmen, wobei die sachlogische Beschreibung des materialflußtechnischen Systems und die Konsistenzsicherung der Systemdaten gewährleistet werden muß.

Der Entwicklungsbedarf ergibt sich insbesondere daraus, daß die für die Produktmodellierung verfügbaren partiellen Produktdatenmodelle und praktikablen Beschreibungsformen sowie Schnittstellen für das komplexe und vielgestaltige Produkt „Fabrik“ erweitert werden müssen.

Ausgehend von Betrachtungen zum Einsatz semantischer Modellierungstechniken sowie von den erforderlichen Sichten und Modellen zur problemadäquaten Planungsunterstützung werden Grundlagen des Konfigurierungsprozesses materialflußtechnischer Systeme im Sinne von Anforderungen beschrieben. Ein erster Vorschlag für die Gestaltung eines Referenzmodells zur Planung von Materialflußanlagen wird entwickelt und der Stand der Modellierungstechnik von Datenmodellen dargestellt. Ausgehend von diesen Grundlagen werden die Projektziele und das geplante Vorgehen erläutert.

---

[1] **ASDAMO** (**A**daptives **S**emantisches **Da**ten**Mo**dell) Förderung durch das Land Sachsen-Anhalt unter FKZ 1957A/025

1. Einleitung

Die kürzer werdenden Lebenszyklen der zu fertigenden Produkte erfordern immer häufiger Anpassungs-, Um- oder Neuplanungen materialflußtechnischer Systeme. Die dabei anfallenden Informationen sind in geeigneter Art und Weise zu beschreiben, um eine effiziente rechnerunterstützte Informationsverwaltung zu gestatten. Deshalb ist es notwendig, die relevanten Daten in einem einheitlichen semantischen (Daten-) Modell abzubilden. Dieses Modell soll Adaptionen im Planungsprozeß zulassen und unterstützen.

In dem zu entwickelnden adaptiven semantischen Datenmodell sind Anlagen-, Prozeß- und Produktdaten des Planungsgegenstandes materialflußtechnisches System mit einheitlichen Mitteln zu beschreiben. Aus der Vielzahl der abzubildenden Informationen ist zu erkennen, welchen Umfang das „fertige“ Datenmodell haben wird. Um diese Komplexität beherrschen zu können, sind geeignete Werkzeuge und Methoden bei dem Entwurf und der Entwicklung anzuwenden.

Die Entwicklung des semantischen Datenmodells schafft notwendige Voraussetzungen, daß unterschiedliche Spezialisten in den evolutionären und revolvierenden Prozeß der Planung einbezogen werden können, auf die Daten des Planungsstandes zurückgreifen und ihre Entwicklungsergebnisse problemlos einbringen können. Durch die Integration der Resultatdaten unterschiedlicher Problemlösungsschritte erfolgt das adaptive Wachstum der Modellstrukturen.

Der wissenschaftliche Wert und praktische Nutzen der Entwicklung eines adaptiven semantischen Datenmodells liegt darin, daß mit der anwendungsorientierten konsistenten Datenhaltung über ein Referenzmodell die grundlegenden Voraussetzungen für die Abbildung in einem Datenmodell beschrieben werden. Dies ist für das abgestimmte Arbeiten aller an der Planung und Entwicklung Beteiligten, für die Unterstützung durchgängiger Planungsketten und die Dokumentation des Planungsfortschritts notwendig. Die Nutzeffekte liegen in der Verbesserung der Effizienz arbeitsfähiger Planungsprozesse, in der Erhöhung der Planungssicherheit und bilden die Voraussetzungen für ein kooperatives Arbeiten in Integrierten Ingenieursystemen.

1.1. Motivation

Der Entwicklungsstand auf dem Gebiet der durchgängigen und integrierten Modellbeschreibung und -entwicklung ist dadurch gekennzeichnet, daß es gegenwärtig noch keine durchgängigen und integrierten Ansätze gibt, die den neuen Bedingungen einer modellübergreifenden Konfigurierung in Stufen und Phasen, einer Abbildung statischer und dynamischer Aspekte sowie von Raum-Zeit-Aspekten und zweckentsprechenden Sichten gerecht werden. Eine umfangreiche Vorstellung und Bewertung unterschiedlicher Ansätze findet sich in /Wieneke-Toutaoui 1987, Süssenguth 1991, Lange 1993, Mertins 1994/, so daß an dieser Stelle darauf verwiesen wird. Zusammenfassend sollen hier nur die wesentlichen Defizite der vorhandenen Ansätze der Modellierung aufgeführt werden, die die Multifunktionalität der Modelle, d. h. die Verwendbarkeit für verschiedene Anwendungsbereiche und -ziele, einschränkt. Die Defizitcharakterisierung erfolgt dabei nach /Süssenguth 1991/ und sieht eine Beurteilung hinsichtlich Anwendungsbereich, Mächtigkeit und Abbildungseigenschaf-

ten vor. Die Defizite liegen besonders in den eingeschränkten Anwendungsbereichen, so daß eine Verwendbarkeit der Datenmodelle in nur einzelnen Stufen oder Phasen der Planung ermöglicht wird. Ein weiteres defizitäres Merkmal ist die unzureichende Mächtigkeit, da meist nur statische Modelle abgebildet werden und somit die Möglichkeit einer dynamischen Betrachtung fehlt. Hinsichtlich der Abbildungseigenschaften wird die fehlende aber entscheidende Eigenschaft der Abbildung von Raum und Zeit angeführt. Außerdem fehlt oftmals die Möglichkeit einer Überführbarkeit und Kombinierbarkeit der Modelle der einzelnen Modellwelten. Abschließend läßt sich noch festhalten, daß die Semantik in der Modellbeschreibung zu gering ist, um Entscheidungen während des Konfigurierungsprozesses zu rekonstruieren /Grabowski 1996/.
Einen Schlüssel zur Lösung der oben angeführten unzureichenden Techniken bilden semantische Modellierungstechniken, die mit Hilfe von Abstraktionskonzepten eine Widerspiegelung von Modellen *und* Gesetzmäßigkeiten ermöglichen. Nach /Brodie 1984/ beschreibt ein semantisches Modell *statische Eigenschaften*, *dynamischen Eigenschaften* und *Integritätsbedingungen* von Objekten und Operationen eines zu modellierenden Weltausschnitts. Unterstützung auf konzeptioneller Ebene bietet eine für unterschiedliche Verfahrensklassen gemeinsam nutzbare integrierte Beschreibungsform von Modellen auf Basis von **p**rädikatierten **U**nit-**R**elationship-Modellen (pUR-Modelle) /Dobrowolny 1994/, mit deren Hilfe problemadäquate Modellwelten unterschiedlicher Detaillierung und Anwendung entwickelt werden können (vgl. /Richter 1996/). Dabei bildet pUR nicht nur eine Modellierungssprache schlechthin, sondern versucht verschiedene Paradigmen der Modellierung (vgl. Abs. 2.3) im Sinne einer „UR-Sprache“ zu vereinheitlichen.

1.2. Einordnung des Projektes

Das Projekt als Bestandteil der Grundlagenforschung zum Innovationsschwerpunkt „Neue Produktionssysteme/Experimentelle Fabrik“ bildet die Basis für das anwendungsorientierte Thema „Integriertes Ingenieursystem für die Gestaltung von Materialflußanlagen“ des Verbundes „Explorative Unternehmensplanung“.
Hieraus wird die grundlegende Bedeutung des Themas deutlich. Es zeigte sich bisher, daß die Modellbeschreibungen für die Fabrikplanung ebenso wie für die Planung von Materialflußanlagen nur unzureichend in der Lage sind, das innovative Vorgehen des Planers durchgängig und problemadäquat zu unterstützen. Der Wechsel zwischen Planungswerkzeugen wird durch die Existenz eigenständiger, nur schwach integrierbarer Modelle und durch eine fehlende Feinabstufung von Modellsichten erschwert. Einmal aufgebaute Modelle stehen nicht gleichzeitig auch in anderen Werkzeugen zur Verfügung, so daß auch die Konsistenz der Daten beeinträchtigt ist. Es fehlt das semantische Verständnis zwischen den Datenmodellen der zu verwendenden Planungswerkzeuge /Gausemeier 1996/. Hieraus leitet sich die Forderung nach der sachlogischen Strukturierung eines Referenzmodells in Form von Partialmodellen ab, die durch eine gemeinsame Modellbeschreibung definiert und bereitgestellt werden können. Das Referenzmodell soll die unterschiedlichen Sichten des fortschreitenden Planungsprozesses durchgängig bedienen können.

2. Grundlagen

2.1. Konfigurierung materialflußtechnischer Systeme

Die modellbasierte Konfigurierung materialflußtechnischer Systeme wird allgemein als Stufen- und Schleifenprozeß, Varianten- und Versionenentwicklungsprozeß und als Fortschreiten vom Ganzen zum Detail charakterisiert. Bei der Entwicklung von Lösungen wechseln sich analysierende Arbeitsschritte mit schöpferischen, synthetisierenden und bewertenden Arbeitsschritten ab. Dabei verändern sich die Erkenntnisprobleme und die Sichten auf den Gegenstand. Erst wird nach zweckentsprechenden und einpaßbaren Lösungsbausteinen gesucht. Danach müssen sie so abgestimmt werden, daß die geforderte Gesamtfunktion erfüllt wird. Die dabei verwendeten Konfigurierungstechniken sind vielgestaltig und abhängig von der Art des Erkenntnisproblems, vom erreichten Detaillierungsgrad der Lösung und von der Art der verfügbaren Informationen. Die Techniken umfassen im wesentlichen Methoden zur Selektion, Komposition, Dimensionierung und Evaluierung /Ziems 1995/. Der Methodenvorrat umfaßt weiterhin simple determinierte wie auch kompliziertere stochastische Berechnungsmodelle in Form analytischer Formeln und reicht bis zu den statistischen Modellen der Prozeßsimulation.
Die Modellentwicklung ist durch einen laufenden Wechsel zwischen Sichten und Abstraktionsebenen und einen schrittweisen Informationszuwachs im Problemlösungsprozeß gekennzeichnet. Die Stufen des Konfigurierungsprozesses gliedern sich in aufeinander aufbauende Modellwelten mit funktionalem Charakter (Entwurf des Funktionsmodells) und instrumentalem Charakter (Entwicklung des Funktionsträgermodells und des Systemgestaltmodells) /Richter 1987, Lochter 1991/.
In der ersten Stufe wird eine vereinfachte Sicht auf die *Problemstellung*, gegebene relevante Randbedingungen und Zielvorgaben, eingenommen, um die Aufgabenstellung, insbesondere die gegebenen Systemlastfälle und die Umgebung mit ihren Schnittstellen, zu beschreiben. Die Problemstellung beschreibt in Form einer Anforderungsliste mit den gegebenen Anfangszuständen und den gewünschten Endzuständen der Flußobjekte deren (Soll-) Transformation.
Das *Funktionsmodell* stellt eine spezifizierte Aufgabenstellung für die Auswahl geeigneter Funktionsträger in der zweiten Stufe dar. Funktionsmodelle charakterisieren mögliche Prozeßabläufe. Sie werden oft als Graphen repräsentiert, deren Knoten die Funktionen und Kanten die Relationen zwischen ihnen darstellen. Auf Funktionsmodelle wird eine prozeßorientierte Sicht (Prozeßketten) angewendet, die z. B. eine pauschale Flußberechnung zuläßt.
Nach dem funktionalen Entwurf folgt die instrumentale Konfigurierung der Problemlösung durch Umsetzen des Funktionsmodells in ein *Funktionsträgermodell*. Dabei werden zunächst für jede Funktion des Funktionsmodells geeignete Wirkprinzipien und technische Mittel (Bausteine) zu deren Realisierung gesucht. Das Funktionsträgermodell stellt eine abstrakte Beschreibung konkreter technischer Realisierungen der Instrumentierung dar. Abstrahierte technische und geometrische Modelle erlauben es, wesentliche technisch-technologische Informationen über Anlagen darzustellen und zu vergleichen /Lochter 1991/.

Für die Entwicklung des *Systemmodells* werden die einzelnen Funktionsträgermodelle als prinzipielle Lösungen quantitativ präzisiert, indem konkrete Ausprägungen ausgewählt und bezüglich aller Nebenfunktionen ergänzt werden. Schwerpunkte bilden die geometrische und technische Ausbildung. Außerdem wird das Gesamtsystem hinsichtlich der Ablaufstruktur festgelegt. Das Ergebnis ist das Systemmodell, beschrieben durch Systemgestalt und Systemfunktion (Prozeßmodell).

2.2. Sichten und Modelle von Materialflußsystemen

Im Planungsprozeß wird zwischen der *Problemstellung*, beschrieben durch die Prozeß- und Systemumgebung, und dem zu definierenden *materialflußtechnischen Prozeß und System* als Einheit von technischer Anlage und darauf auszuführenden Prozeß unterschieden. Die Problemlösung läßt sich als ein Netzwerk aus Operatoren, Operanden und Operationen in verschiedenen Sichten beschreiben, denen in ihren Teilwelten materialflußtechnische Definitionen zuzuordnen sind (Bild 1). Zur sichtspezifischen Beschreibung der Elemente einer Materialflußanlage ist die Einführung eines Strukturierungskonzeptes erforderlich, das auf problemadäquaten, vereinheitlichten Beschreibungen für die Modellwelten basiert /Kirchner 1996/. Es gilt, problemadäquate Modellwelten für die Sichten auf

Operatoren (Bausteine zur Ausführung einer Funktion),

Operanden (Stoffe, die Gegenstand von Materialflußprozessen sind) und

Operationen (Vorgänge zum Erfüllen einer Aufgabe)

zu definieren und möglichst vielen Planungsphasen bereitzustellen.

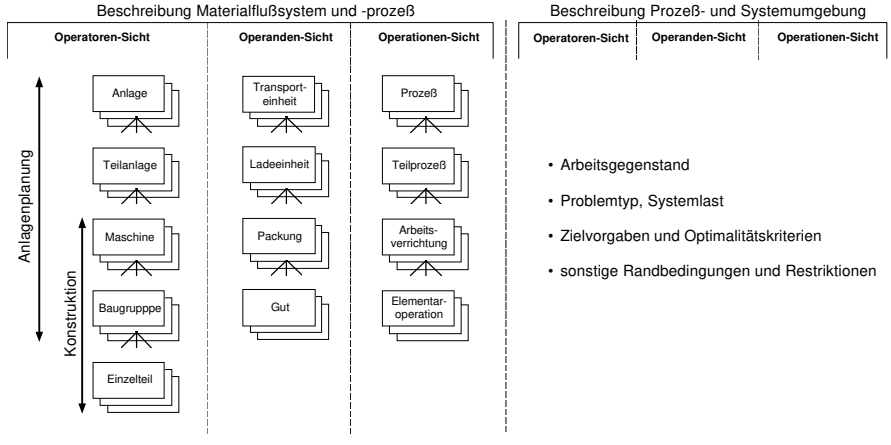

Bild 1 Sichten im Planungsprozeß von Materialflußanlagen

Die Unterstützung wechselnder Nutzersichten auf die Planungsobjekte orientiert sich an den Planungsaufgaben und den Modellansätzen, die Planungswerkzeugen zugrunde liegen. Charakteristisch sind für die Planung wechselnde statische und dynamische Sichtweisen auf den in Varianten und Versionen schrittweise entwickelten Planungsgegenstand. Zur sachlogischen Strukturierung des Referenzmodells werden Partialmodelle, u. a. in Form von Struktur-, Geometrie-, technischen, Statik-, Funktions-, Kinematik- und Prozeß-Modellen, genutzt /Ziems 1996b, Kirchner 1996/.

2.3. Stand der Modellierungstechnik

Die übersteigerten Erwartungen, die mit der Entwicklung integrierter rechnerunterstützter Techniken (CIM, CAE) verbunden waren, konnten bisher nur z. T. eingelöst werden. Schon im Datenbereich stellt eine Zusammenführung vorhandener Datenbestände der Unternehmen nach Vetter ein „Jahrhundertproblem der Informatik“ dar /Vetter 1991/. Die Standardisierung von Produktdaten ist ein langwieriger Prozeß, wie die Erfahrungen mit STEP zeigen /STEP 1993/. Daher wird nach wie vor das Zusammenführen von Planungswerkzeugen schrittweise praktiziert.

Erweiterbare und integrationsfähige Lösungen erfordern eine realitätsnahe, ganzheitliche Sicht, die durch einsehbare Prinzipien, Methoden und Werkzeuge untersetzt werden muß. Dabei spielen Modellierungs- und Spezifikationsprachen eine wichtige Rolle, mit deren Hilfe der abzubildende Zusammenhang zwischen Wirklichkeit und Modell beschreibbar wird. Prinzipiell können nach dem Prinzip der Selbstähnlichkeit sowohl für den Produktentwicklungsprozeß wie auch für das Produktionssystem gleichartige Darstellungsmittel verwendet werden, z. B. erweiterte ER-Diagramme im Falle einer Unternehmensmodellierung mittels ARIS /Scheer 1992/.

Bei der Datenmodellierung von Produkten hat sich in den letzten Jahren gezeigt, daß mit Hilfe objektorientierter Methoden große und komplexe Modelle handhabbarer werden /Lee 1991/. Objektorientierte Ansätze setzen sich hier immer stärker durch, da sie sowohl statische als auch dynamische Zusammenhänge komplexer Strukturen adäquat nachbilden. Beginnend mit der objektorientierten Analyse über den Entwurf /Coad 1991, Rumbaugh 1993/ bis hin zur objektorientierten Programmierung wird die ganzheitliche Sicht auf die Modellierung unterstützt. Bei der Prozeßmodellierung, dem Datenaustausch und der Datenarchivierung finden objektorientierte Modelle Anwendung. Systemanalyse und Systementwurf im Fabrikationskontext werden objektorientiert etwa durch Systeme wie HOOMA (Hierarchical and Object-Oriented Manufacturing Systems Analysis and Definition /Wu 1994/) unterstützt.

Ein Problem stellt die große Vielfalt an Modellierungssprachen (bei STEP z. B. EXPRESS, EXPRESS-G, NIAM, SADT, u. a.) dar. Ihre wachsende Anzahl, unvollständige Grundlegung, eingeschränkte Ausdrucksfähigkeit, mangelhafte Anwenderfreundlichkeit und z. T. das Fehlen von Tools erschweren einheitliche Entwicklungen /Retzke 1994/. In der Vielzahl möglicher Beschreibungen spiegelt sich ein generelles Problem unserer Informationsgesellschaft wider. Sollen Entwürfe, Schemata, Zwischenergebnisse, Dokumentationen, Datenbestände, Zeichnungen, Standards usw. von verschiedenen Fachleuten verstanden werden, erfordert das gegenwärtig noch hohen Abstimmungsaufwand. Die Festlegung und Auswahl einer konsensfähigen Modellierungsprache ist damit weder trivial noch nebensächlich, sondern ein Schlüsselproblem der Integration.

Die aktuelle Situation ist geprägt durch pragmatische Verwendung etablierter Sprachen, aber auch durch Bemühungen um Verbesserungen. Die Schaffung transparenter Sprachen ist nach wie vor ein wichtiges Forschungsthema. Objektorientierte Systeme an sich lösen das Problem nicht automatisch, wie die Vielzahl neuer Sprachen, Datenbanken und Systeme zeigt /Hruschka

1994/. Stabile Lösungen können nur durch das Erkennen durchgängiger Zusammenhänge und deren einheitliche Widerspiegelung entstehen. Beschreibungen müssen dabei am Ende in Implementierungen einmünden. Der aktuelle Stand der Technik zeigt sich an der STEP-Methodik, die in der Praxis erfolgreich und direkt übertragbar ist /Grabowski 1993/.
Voraussetzung für die Kommunikation zwischen Planern, Betreibern und Modellierern untereinander und mit dem Rechner ist die Verwendung eines *einheitlichen Begriffssystems* für elementare Kategorien und Objektklassen. Es muß insbesondere der Entwicklungslogik des Gestaltungsprozesses Rechnung tragen und dessen Formalisierung unterstützen. Wesentliche Voraussetzung dafür ist, daß einerseits die klare Trennung von Begriffskategorien (z. B. Operand, Operator, Operation) und Begriffen auf den verschiedenen Abstraktionsstufen sowie andererseits die Vererbung und Erweiterung von Begriffsinhalten beim Übergang zwischen Modellierungsstufen (Modellwelten) möglich ist. Die konsequente Berücksichtigung dieser Forderung ist Voraussetzung für zweckbezogene Abgrenzungen zur Unterstützung von Sichten und Bewertungen, systematischen Konfigurierungsprozessen sowie für eine objektorientierte Datenverwaltung. Hierfür ist noch tiefgründige analytische Arbeit durch generalisierende Abstraktion zu leisten, die von konkreten Applikationen ausgeht.

2.4. Prädikatierte Unit-Relationship-Modelle

Eine Möglichkeit der semantischen Modellierung wird durch „**p**rädikatierte **U**nit-**R**elationship-Modelle“ (pUR-Modelle) realisiert /Dobrowolny 1989, 1994/, die ganz allgemein auf den Objekt-, Anforderungs- und Bewertungsebenen eine Erfassung sowohl von Objektcharakteristika als auch zugehöriger Zielvorgaben und Randbedingungen gestatten. Die Beschreibung jedes Objektes besitzt sowohl eine räumliche als auch zeitliche Dimension, wodurch statische und dynamische Modelle beschrieben werden können. Auf diese Weise lassen sich inhärente Zusammenhänge zwischen Anlage, Prozeß und Produkt abgleichen und für die Schaffung gemeinsam verwertbarer Strukturen nach einheitlichem Konzept nutzen. Durch wahlfreie planungsrelevante Zwecksichten lassen sich aufgabenspezifische Modellstrukturen herauslösen und im Planungsprozeß nutzen.
Ein solches Beschreibungsparadigma bietet im Hinblick auf die Verarbeitung der diversen Daten eine geeignete Beschreibungsform, indem es eine direkte Abbildung allgemeiner Abstraktionskonzepte (Klassifikation, Aggregation, Spezialisierung/Generalisierung und Assoziation) ermöglicht. Durch Hinzunahme temporaler Relationen lassen sich darüber hinaus auch grundlegende dynamische Abhängigkeiten beschreiben. Über eine Prädikatierung werden Modelle um zusätzliche Beziehungen und Daten erweitert, wodurch einzuhaltende Randbedingungen zum Bestandteil des Modells gemacht werden können. Auf diese Weise sind zulässige Änderungen auch innerhalb des Modells eingrenzbar und kontrollierbar. Solche Festlegungen sind sowohl für unterschiedliche Objekte zu einem Zeitpunkt (statisch) als auch unterschiedliche Zustände eines Objektes zu verschiedenen Zeitpunkten (dynamisch) möglich. Auch Mischformen sind erlaubt. Desweiteren sind pUR-Modelle durch Zuordnung von Objektattributen und Attributbewertungen auf einfache Weise

ausbaufähig und erlauben damit eine wesentliche Verfeinerung der Modellbeschreibungen.
Das Beschreibungsparadigma eignet sich, Interdependenzen und Relationen zwischen Modellwelten herzustellen. Die verknüpften Teilmodelle sind aus Partialmodellen aufgebaut und werden durch den jeweiligen Anwendungsbereich spezifiziert. Das erlaubt die schrittweise, detaillierte Beschreibung der einzelnen Modelldaten in den Modellwelten und eine Datenverwaltung, die den gesamten Modellierungsprozeß berücksichtigt. Ein entscheidender Effekt ist dabei die mögliche durchgängige Nutzbarkeit der Modelle in den verschiedenen Stufen des Konfigurierungsprozesses.

3. Projektziele

Die wissenschaftliche Zielstellung des Projektes **ASDAMO** ist die Entwicklung eines adaptiven semantischen Datenmodells, das Anlagen-, Prozeß- und Produktdaten für Fabriken, zunächst abgegrenzt auf die Planung materialflußtechnischer Systeme, für verschiedene planungsrelevante Sichten enthält und mit dem Entwicklungsfortschritt wachsen kann. Benötigt werden dafür einheitliche und verständliche Darstellungsmittel zur Erfassung statischer und dynamischer Sachverhalte sowie einzuhaltender Anforderungen und Gesetzmäßigkeiten („Integritätsbedingungen“). Das angestrebte Ergebnis ist ein konzeptionelles Modell, das für ausgewählte Anwendungsgebiete des Fabrikentwurfs die Festlegung einer flexiblen, evolutionär erweiterbaren Datenbasis ermöglicht. Die semantische Modellierung soll als allgemeines Mittel der Integration eingesetzt werden, um unterschiedlichste Anforderungen an einen „intelligenten“ Fabrikentwurf adäquat darstellen und befriedigen zu können.
Zur Erfüllung des Gesamtzieles werden verschiedene Anforderungen und Teilziele formuliert, die während der Entwicklung des adaptiven semantischen Datenmodells beachtet werden müssen.
Ein Teilziel ist die durchgängige Unterstützung repräsentativer Planungsprozesse im Entwurf materialflußtechnischer Systeme durch das semantische Datenmodell. Es soll jede Planungsphase beschreibbar und abbildbar machen. Durch die Definition und Darstellung verschiedener Phasen sollen Rücksprünge im Planungsprozeß (Verwerfen von Teillösungen, Variantenentwicklungen) konsistent realisierbar werden.
Eine einfache konzeptionelle Modellierungssprache ist zu verwenden, und das Modell ist realitätsnah und objektorientiert zu strukturieren. Die Einfachheit der Modellierungsmethode soll jedem an der Planung Beteiligten ein leichteres Verstehen des modellierten Weltausschnitts gestatten und die Verständlichkeit des Datenmodells weiter erhöhen. Nur durch die Modelleigenschaften Einfachheit, Realitäts- und Objektorientierung kann die Akzeptanz beim Anwender erreicht und auch vergrößert werden.
Die Planungsgegenstände Produkt, Anlage und Prozeß sind in adäquater Weise zu erfassen. Durch diese Adäquatheit der Modellbeschreibung können Zusammenhänge und Überschneidungen der Partialmodelle Produkt, Anlage und Prozeß erkannt und für den Planungsprozeß nutzbar gemacht werden.
Eine Sicherung der Eigenschaften Stabilität, Erweiterbarkeit und Integrierbarkeit der Modellstruktu-

ren muß gewährleistet werden. Wenn das semantische Datenmodell nicht stabil ist, kann eine Anwendung, die diese Datenmodelle nutzt, sicherlich auch nicht stabil arbeiten. Durch die Eigenschaften Erweiterbarkeit und Integrierbarkeit können Veränderungen des abgebildeten Weltausschnitts leichter im Datenmodell berücksichtigt werden.
Die Konsistenz des Datenmodells ist durch eine umfangreiche Erfassung von Anforderungen und Constraints zu sichern. Nur wenn als Ergebnis der semantischen Modellierung ein konsistentes Datenmodell entstanden ist, können Applikationen, denen dieses Datenmodell zugrunde liegt, korrekt arbeiten.
Desweiteren muß eine rechnerunterstützte Erzeugbarkeit, Veränderbarkeit und Weiterverarbeitbarkeit des Modells möglich sein. Das Datenmodell soll über die Entwurfsphase hinaus in anschließenden Bearbeitungsschritten weiter verwendet werden können.
Der Datenmodellentwurf ist am Beispiel eines allgemeingültigen, sachlogisch strukturierten Referenzmodells für Materiaflußanlagen zu validieren. Für die Domäne Materialflußanlagen sind von Seiten der Projektbearbeiter bereits ausgiebige Erfahrungen vorhanden, so daß eine Auswahlentscheidung für dieses Anwendungsgebiet gefallen ist, wobei grundlegende Erkenntnisse für den gesamten Fabrikplanungsprozeß abgeleitet werden sollen.
Schließlich muß eine prototypische Umsetzung und Erprobung unter Berücksichtigung von internationalen Schnittstellen (z. B. ISO 10303 STEP) erfolgen. Dabei soll der Prototyp eines Modellierungswerkzeuges entwickelt werden, der auf verschiedenen Plattformen lauffähig sein sollte und die zuvor formulierten Anforderungen erfüllt.
Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und die zuvor beschriebenen Teilziele zu erfüllen, sind die im Abschnitt 4 dargestellten Arbeitsschritte zu lösen.

4. Arbeitsschritte

4.1. Entwicklung eines offenen, sachlogisch strukturierten Referenzmodells

Im ersten Arbeitsschritt ist ein sachlogisch strukturiertes Referenzmodell zu entwickeln. Sachlogisch bedeutet in diesem Kontext eine Orientierung an den verschiedenen Objekten (Sachen) des zu modellierenden Weltausschnitts. Zuerst muß eine Anforderungsanalyse durchgeführt werden. Dabei sind der Datenbedarf und das -aufkommen im Planungsprozeß und die Erweiterungsanforderungen für das Fabrikdatenmodell in der Nutzungsphase zu analysieren und zu systematisieren.
In der Spezifikationsphase ist ein raum-zeit-bezogenes Modell sachlogisch zu strukturieren. Desweiteren muß eine Analyse der Daten von Fabrikmodellen, eine Klassifikation der Dateninhalte durchgeführt und ein Strukturierungskonzeptes entwickelt werden. Außerdem ist eine Erfassung typischer Integritätsbedingungen, wie z. B. Anforderungen, Regeln und Gesetzmäßigkeiten, erforderlich.
Die Ergebnisse der Analyse und Spezifikation bilden die Basis für ein sachlogisch strukturiertes Referenzmodell.

4.2. Entwicklung des semantischen Datenmodells

In dieser Phase sind zuerst existierende Modellierungs- und Beschreibungsmethoden hinsichtlich ihrer Charakteristika, Eignung, Vor- und Nachteile zu analysieren.
Zur Darstellung des semantischen Datenmodells müssen repräsentative Beschreibungskonstrukte für charakteristische Produkt-, Anlagen- und Prozeßstrukturen in Raum und Zeit bereitgestellt werden. Es sollen unterschiedliche Nutzersichten und verschiedene Entwicklungszustände aus dem Datenmodell abgeleitet werden können. Dafür sind geeignete Präsentationsmöglichkeiten vorzusehen.
Außerdem muß eine Unterstützung typischer Änderungskonzepte (z. B. evolutionäres Strukturwachstum) durch Erfassung und Abgleich typischer Änderungsoperationen ermöglicht werden.

4.3. Nachweis der praktischen Nutzbarkeit

Zum Nachweis der praktischen Nutzbarkeit soll im letzten Arbeitsschritt eine prototypische Anwendung entwickelt werden.
Die Anwendung in Form eines einfach handhabbaren Editors muß den rechnerunterstützten Entwurf von Beschreibungsdiagrammen ermöglichen. Mit Hilfe semantischer Beschreibungssprachen soll für eine praktische Anwendung die Datenaufbereitung, insbesondere die Aufbereitung von Entwicklungszuständen, unterstützt werden. Desweiteren sind charakteristische Grundstrukturen und Methoden für einen konkreten Anwendungsfall zu implementieren.

5. Ausblick

Die Bedeutung des vorgestellten Konzeptes für kooperative Arbeitstechniken der Produktentwicklung liegt darin, daß mit der integrierten Beschreibungsform komplexe problemadäquate Modellweltenbeschreibungen geschaffen werden, die eine Voraussetzung für eine durchgängige Rechnerunterstützung und eine Aufwandsreduzierung für die während der Konfigurierung anfallenden Modellentwicklungen bildet. Der gegenwärtige Stand der Arbeiten basiert auf CAD-orientierten Konfigurierungstätigkeiten von Materialflußanlagen /Ziems 1996a/, Arbeiten zur prädikatierten Unit-Relationship-Beschreibung /Dobrowolny 1989, 1994/ und zur Entwicklung problemadäquater Modellwelten unterschiedlicher Detaillierung und Anwendung /Richter 1996/. Den Schwerpunkt weiterer Arbeiten bildet die sachlogische Strukturierung eines Referenzmodells Materialflußanlage in Form von Partialmodellen und deren Beschreibung mit Hilfe des pUR-Konzeptes, die Definition und der Abgleich von Begriffswelten der Domäne sowie ein weiterer Ausbau der neutralen Sprache pUR und ein Konzept zur Umsetzung der Beschreibungssprache in ein Konfigurierungssystem zur rechnerinternen Abbildung und Verwaltung von Modellwelten.

6. Literatur

/Brodie 1984/
Brodie, M. L.: On the Development of Data Modells. In: Brodie, M. L.; Myloppoulos, J.; Schmidt, J.W. (Hrsg.): On Conceptual Modeling. New York: Springer-Verl., 1984.

/Coad 1991/
Coad, P.; Yourdon, E.: Object-oriented Design. Englewood Cliffs, New Jersey: Yourdon Press, 1991.

/Dobrowolny 1989/
Dobrowolny, V.: Über Grundstrukturen prädikatierter Produktdatenmodelle. In. Wiss. Z. Techn. Univ. Magdeburg 33(1989)7, S. 17-22.

/Dobrowolny 1994/
Dobrowolny, V., Tietz, Ch.: On Semantic Modeling of Real World Structures. In: Wieringa, R. and Feenstra, R. (Hrsg.): Working papers of the International Workshop on Information Systems-Correctness and Reusability IS-CORE '94, Amsterdam, September 1994.

/Gausemeier 1996/
Gausemeier, J.; Hahn, A.; Schneider, W.: Kooperatives Modellieren auf Basis transienter Objekte. In: Verteilte und intelligente CAD-Systeme: Tagungsband; Kaiserslautern, 7./8. März 1996. Hrsg. von Detlev Ruhland. Bonn: Ges. für Informatik; Kaiserslautern: Dt. Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, 1996, S. 311-325.

/Grabowski 1993/
Grabowski, H.; Anderl; R.; Polly, A.: Integriertes Produktmodell. Berlin [u.a.]: Beuth, 1993.

/Grabowski 1996/
Grabowski, H.; Rude, S.; Langlotz, G.: Die Funktionsmodellierung auf dem Weg zur Wissensverarbeitung in CAD-Systemen. In: Verteilte und intelligente CAD-Systeme: Tagungsband; Kaiserslautern, 7./8. März 1996. Hrsg. von Detlev Ruhland. Bonn: Ges. für Informatik; Kaiserslautern: Dt. Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, 1996, S. 3-16.

/Hruschka 1994/
Hruschka, P.: Objektorientierte Analyse- und Designprinzipien. Objektspektrum, Mai/Juni 1994.

/Kirchner 1996/
Kirchner, H.; Richter, K.; Wolter, O.; Barth, F.: Problemadäquate Modellwelten in CAD, Simulation und Animation zur Planung von Materialflußsystemen. In: ASIM-Mitteilungen Heft Nr. 54. Fachtagung "Simulation und Animation für Planung, Bildung und Präsentation '96", Magdeburg, 29. Feb./1. März 1996, Band 2, S. 329-340.

/Lange 1993/
Lange, V.: Entwerfen von Fertigungsanlagen mit Modell- und Erfahrungsunterstützung. Fortschritt-Ber. VDI Reihe 2 Nr. 302. Düsseldorf: VDI-Verl., 1993.

/Lee 1991/
Lee, H.; Arora, J.: Object-oriented Programming for Engineering Applications. Engineering with Computers 7(1991)4, S. 225-235.

/Lochter 1991/
Lochter F.: Rechnergestützte Strukturierung und Dimensionierung in der Angebotsphase der Projektierung, aufgezeigt am Beispiel von Schüttgutförderanlagen. Magdeburg, Techn. Universität, Diss., 1991.

/Mertins 1994/
Mertins, K.; Süssenguth, W.; Jochen, R.: Modellierungsmethoden für rechnerintegrierte Produktionsprozesse. München, Wien: Hanser, 1994.

/Retzke 1994/
Retzke, K., Weber, H.: Strukturtransformation semantischer Modelle - Analyse typischer Sprachkonstrukte. Praktikumsarbeit, Universität Magdeburg, Fakultät für Informatik, 1994.
/Richter 1987/
Richter, K.: Zur Methodik und Algorithmierung der Projektierung von Gurtbandförderanlagen in der Angebotsphase. Magdeburg, Technische Hochschule, Dissertation, 1987.
/Richter 1996/
Richter, K.; Wolter, O.; Scholz, U.: Konfigurierung materialflußtechnischer Systeme mit Hilfe von Raum-Zeit-Beschreibungen. Erscheint in PuK-96 - 10. Workshop „Planen und Konfigurieren", Bonn, 15.-17. April 1996.
/Rumbaugh 1993/
Rumbaugh, J.; Blaha, M.; Premerlani, W.; Eddy, F.; Lorenzen,W.: Objektorientiertes Modellieren und Entwerfen. München, Wien: Hanser, 1993.
/Scheer 1992/
Scheer, A.-W.: Architektur integrierter Informationssysteme. Berlin [u.a.]: Springer, 1992.
/STEP 1993/
International Standard Organisation, Standard for the Exchange of Product, Model Data - Part 1-. Overview and fundamental principles, 1993.
/Süssenguth 1991/
Süssenguth, W.: Methoden zur Planung und Einführung rechnerintegrierter Produktionsprozesse. München, Wien: Hanser, 1991.
/Vetter 1991/
Vetter, M.: Aufbau betrieblicher Informationssysteme mittels objektorientierter konzeptioneller Datenmodellierung. Stuttgart: Teubner, 1991.
/Wieneke-Toutaoui 1987/
Wieneke-Toutaoui, B.: Rechnergestütztes Planungssystem zur Auslegung von Fertigungsanlagen. München, Wien: Hanser Verl., 1987.
/Wu 1994/
Wu, B.: Manufacturing systems design and analysis. London [u.a.]: Chapman&Hall, 1994.
/Ziems 1995/
Ziems, D.; Wolter, O.; Barth, F.: Adaptive Strukturbechreibungen im integrierten und durchgängigen Gestaltungsprozeß. In: ASIM Fachtagung „Integration von Bild, Modell und Text ‘95“ Heft Nr. 46, Magdeburg 2./3. März 1995, S. 207-218.
/Ziems 1996a/
Ziems, D.; Richter, K.; Wolter, O.: CAD-Modelle mit Planungs-Know-how zur Konfigurierung von Materialflußsystemen. In: Verteilte und intelligente CAD-Systeme: Tagungsband; Kaiserslautern, 7./8. März 1996. Hrsg. von Detlev Ruhland. Bonn: Ges. für Informatik; Kaiserslautern: Dt. Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, 1996, S. 135-149.
/Ziems 1996b/
Ziems, D.; Richter, K.; Wolter, O.; Barth, F.: Integration heterogener Planungsumgebungen am Beispiel des Entwurfs von Stückgutförderanlagen. Erscheint in Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 91(1996)5.