Über konzeptionelle Raum- Zeit- Modelle als Integrationsrahmen bei Simulation und Animation

V. Dobrowolny, Ch.Tietz
Otto- von- Guericke- Universität Magdeburg

1. Motivation

Simulation und Animation gehen von realen (oder realisierbaren) Sachverhalten eines Weltausschnitts aus, die auf dem Speicher eines Rechners modelliert und über Bildschirm visualisiert werden. Offenbar besitzen unterschiedliche Modelle eines Diskursbereichs (Universe of Discourse", UoD) Gemeinsamkeiten, die sich z.B. in Strukturähnlichkeiten widerspiegeln. Die Frage liegt nahe, ob solche Gemeinsamkeiten in einem neutralen Modell (Urmodell") allgemeingültig erfaßbar sind. Wie sollte ein solches Urmodell aufgebaut werden, das Realität ohne speziellen Zweck nachbildet? Kann ein solches Modell eine Original-Wirklichkeit beliebig gut annähern?

Schlüssige Antworten auf solche Fragen sucht die Semantische Modellierung, die sich um einheitliche Beschreibungen der Welt an sich" bemüht. Gefragt sind dafür neutrale Darstellungsmittel, die potentiell alles" widerspiegeln sollen und zugleich leicht" verständlich sein müssen. Mit ihrer Hilfe werden einerseits Diskursbereich und Nutzer-Modelle, andererseits beliebige Modellzusammenhänge darstellbar.

Die Bedeutung solcher konzeptionellen Modelle für realitätsnahe Änderungen, Erweiterungen und Vereinigungen beliebiger Modelle liegt auf der Hand. Unmittelbar betroffen ist etwa der Fragenkomplex, wie gut in einer Simulationssprache (z.B.GPSS) reale Zusammenhänge abbildbar sind, welche Beziehungen zwischen Produktmodell und Simulationsmodell bestehen, ob für alle Standardsituationen geeignete Sprachkonstrukte bereitstehen oder wie eine Integration unterschiedlicher Simulationsmodelle unterstützt werden kann.

Eine gute Ausgangsbasis können Modelle sein, die unmittelbar auf Raum und Zeit aufsetzen und mittels Prädikatierung einzuhaltende Einschränkungen festlegen. Entsprechende Möglichkeiten bieten pUR-Modelle (pUR wie pur und Ur), die z. Z. am ITI in Magdeburg in verschiedenen Umgebungen erprobt werden.

2. Über Raum- und Zeitstrukturen als Grundlage einer neutralen Weltbeschreibung

Modelle sind vereinfachende Abbilder eines Weltausschnitts (UoD) für definierte Zwecke. Jede Nachbildung von Realität erfordert geeignete materielle Träger, um wahrnehmbar zu sein. Diese füllen i.a. selbst wieder einen Raumbereich aus. Durch räumliche Zerlegung (Dekomposition“) gelingt dabei häufig eine Zurückführung auf bedeutungstragende Teile.
Für eine neutrale Wirklichkeitsdarstellung bieten sich als universell nutzbare Arbeitsmittel textliche und bildliche (geometrische) Notationen an.

- Texte nutzen (sprech- bzw. lesbare) Zeichenfolgen einer Sprache, um unterscheidbare Zeichenmuster für eine Bedeutungszuordnung zu liefern. Bedeutungstragende Teile sind hier Bereiche eines Datenträgers, z.B. Papier, die jeweils durch Eintrag eines Wortes gefüllt“ wurden. Beziehungen in der Realität müssen über Sätze nachgebildet werden. Es lassen sich (bei Nutzung der Erweiterungsmöglichkeiten einer Sprache) so beliebige Sachverhalte ausdrücken.
- Bilder nutzen räumliche Nähe im Modell zur analogen Nachbildung räumlicher oder sonstiger Nachbarschaft“ im UoD. Sie unterstützen das visuelle Vorstellungsvermögen des Anwenders, treffen dabei aber mehr den konkreten Einzelfall. Nichtgegenständliches läßt sich nur durch Ersatzsymbole veranschaulichen. Bedeutungstragende Teile sind hier Papierbereiche mit Linien- oder Pixelmuster, denen ein real abgrenzbares Teilobjekt (ganz oder ausschnittsweise) entspricht. Allgemeinbegriffe wie Objekttypen erfordern Bilder, in denen sich die Vielfalt möglicher Ausprägungen konzentriert niederschlägt ([FiDo96]).
- Modellierungssprachen zur konzeptionellen Beschreibung von Realität nutzen zur Verbesserung der Verständlichkeit häufig Mischformen. So lassen sich reale Beziehungen zweidimensional über Verbindungslinien darstellen, Objekt und Objektattribut durch unterschiedliche Formen wie Kästchen und Kreis unterscheiden, Objekte und Objektklassen durch Dünn- und Dickstrich sauber auseinanderhalten. Besondere Bedeutung besitzt, daß nebeneinander Darstellungen von unterschiedlichem Auflösungsgrad“ und Informationsgehalt“ gebraucht werden. Das führt zu Mehrfachbeschreibungen, deren innerer Zusammenhang zusätzlich erfaßt werden muß. Trotz Mehraufwands liegt genau hier jedoch der Schlüssel dafür, daß ein Urmodell nach einfachen Konzepten (Abstraktionskonzepten“) an unterschiedliche Genauigkeitsansprüche angepaßt werden kann.

Die Genauigkeit der Weltbeschreibung hängt davon ab, welche Objekte des UoD direkt analysiert, d.h. zu atomaren“ Objekten gemacht werden. Basis-Modelleinheiten können entsprechend je nach Sicht Einzelteile, Maschinen oder Anlagen sein. Eine Verdichtung von Modellen mit hohem Detaillierungsgrad ist jederzeit durch Abstraktion (Aggregation“, Generalisierung“) zu erreichen.

Voraussetzung dafür ist eine entsprechende Typisierung, durch die Objekte gleichen Typs (gleiche Attribute, gleiche Funktionalität) in Klassen zusammengefaßt werden können. Je mehr Objekte und Beziehungen den gestellten Anforderungen entsprechen, desto abstrakter werden Benennung und Symbolik. Der Vorteil ist, daß verschiedene Sachverhalte auf gleiche Weise beschreibbar werden. Gebrauch machen davon z.B. Sprachkonstrukte in Simulationssprachen, um so für viele Anwendungen eine Nachbildung zu ermöglichen.

Ein generelles Problem der Modellierung ist, daß bei grafischen Abbildungen (=Projektionen) zusammenhängende Teile benachbart bleiben, bei formal- textlicher Charakterisierung (=Begriffsbildung) jedoch Texteinheiten (=Sätze) beliebig verteilt abgelegt sein können. Ein zusammenhängender Weltausschnitt wird zerrissen, damit fehlt jedoch auch eine Orientierung für Neueinordnung und Wiederauffindung räumlich gebundener Informationen.

Einen einfachen Ausweg eröffnet die analoge Erfassung von Raum- und Zeitintervallen, die Objekten und Objektbeziehungen im UoD zuzuordnen sind. Dazu werden die formal-begrifflichen Modelleinheiten (Objektunits“) nach dem Vorbild von Freges Begriffschrift durch Urteilsstriche“ vervollständigt [Freg1879]. Es kann damit nicht mehr nur ausgedrückt werden, daß Sachverhalte existieren, also wahr sind. Vielmehr werden die real existierenden (oder in Zukunft eindeutig realisierbaren) Objekte dahinter gesehen, die *bestimmte Räume* belegen und zu *bestimmten Zeiten* gelten. Sie bilden die Basis für eine anschauliche Verzeigerung“, so daß trotz gestreuter Ablage zusammenhängende Raumkomponenten verbunden bleiben. Darstellungen dieser Art werden innerhalb von pUR- Modellen genutzt, (Prädikatierte Unit - Relationship- Modelle“), die am Institut für Technische Informationssyteme der Universität Magdeburg nach Beschäftigung

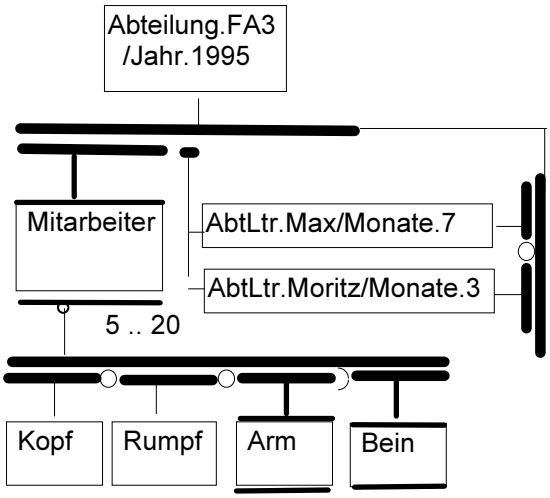
- mit vorhandenen Modellierungs- Sprachen (EER, OOA, NIAM, EXPRESS,..) textlicher und grafischer Art [ReWe94] und
- mit relevanten Weltstrukturen aus Sicht einer neutralen Modellierbarkeit ([Dobr89],[Dobr91], [Dobr94], [DoTi94] entwickelt wurden.

Units spiegeln als benannte Kästchen das Ergebnis elementarer Beobachtungen wider. Je nach Kästchenform repräsentieren sie unabhängige Objekte, Attribute, Attributeattribute (Bewertungen“), wobei hier unabhängige Attribute i.a ein eigenes Trägerobjekt aufweisen (z.B. Urmeter“). Units können durch Namenseinträge (Objekttyp /Phase/ Identifikatoren) unterscheidbar gemacht werden und durch abhängige Attribute näher charakterisiert werden. Weiter können Einzelunits, Typunits, Unitmengen (Unitklassen) anschaulich unterschieden werden.

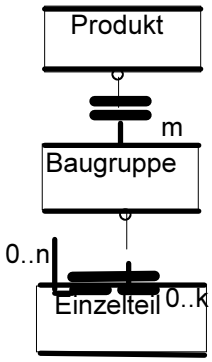
Relationships greifen wesentlich auf Mengenbeziehungen zurück, die sich im einfachsten Fall als Nachbildung von *Raum- Raum- bzw. Zeit- Zeit- Beziehungen* interpretieren lassen. Da Raum- und Zeitintervalle durch einen horizontalen bzw. vertikalen Strichcode dargestellt werden können, können solche Beziehungen über Parallelenpaare realisiert werden. Durch Zuordnung von Maßzahlen, Toleranzen,

Kontaktkreisen, u.a.m. sind beliebige weitere Verfeinerungen möglich. Schließlich kann eine Zuordnung der Intervalle auf der Basis von AND-, OR- oder XOR- Abhängigkeiten erfolgen.

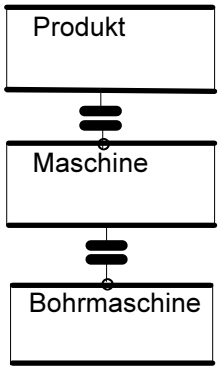
Jedes neue Objekt kann damit in Relation zu bekannten Raum- oder Zeitintervallen gesetzt werden. Es ist anschaulich ausdrückbar, ob die Intervalle z.B. disjunkt, gleich oder einander überlappend sind. Speziell können so Zeitrelationen der Allenschen Temporallogik (Allen, 1991) als der derzeit in der KI einflußreichsten Theorie der Repräsentation und Verarbeitung zeitlichen Wissens" (Owsnicki-Klewe, 1992) oder topologische Raumbeziehungen (Egenhofer, 1989) ausgedrückt werden [Görz93]. Darauf lassen sich unmittelbar komplexere Strukturen aufbauen. So erlauben Raum- Raum- Zeit- Relationen die Erfassung zeitlich begrenzter Raum- Beziehungen, Zeit- Zeit- Raum- Relationen eine Überbrückung von Zeit durch gemeinsame Räume.



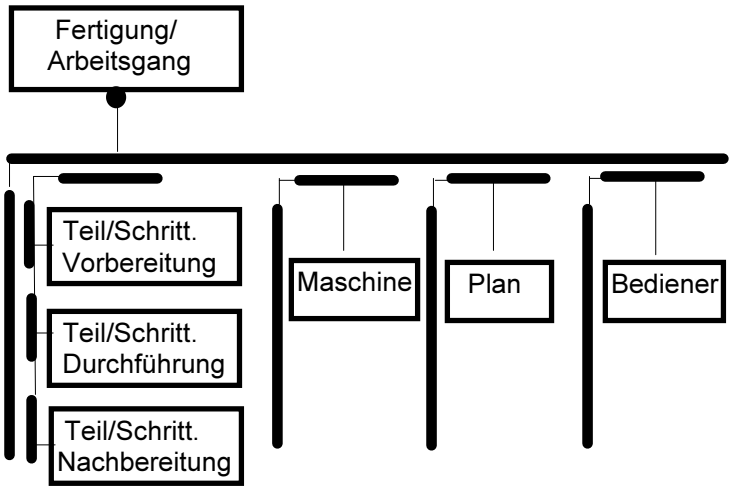
(a) Einzelobjektbeschreibung mit Vergröberung (Mitarbeiter- Menge) und Verfeinerung (Mitarbeiter- Anatomie)



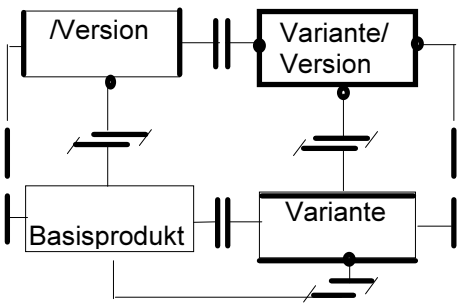
(b) Aggregation



(c) Generalisierung



(d) Bearbeitungsteil - Maschine- Prozeß



(e) Produkt, Varianten, Versionen, versionierte Varianten

Abbildung 1. Einfache Raum-Zeit- Muster eines fiktiven Fertigungsbereichs

Die *Prädikatierung* ermöglicht eine differenziertere Modellbetrachtung durch zusätzliche Erfassung von Anforderungen und Einschränkungen. Ein typisches Beispiel dafür bildet die Bemaßung in CAD-Zeichnungen, durch die koordinatenmäßig im Bild bereits fixierte Punkte über Maßerelationen eingeschränkt werden [Dobr81]. Durch Herstellung eines Zusammenhangs zwischen veränderbaren und festliegenden Units bzw. Relationships lassen sich z.B. bereits auf Objektebene gültige Freiräume fixieren. Insbesondere können existentielle Abhängigkeiten und bekannte Kardinalitätsbedingungen ausgedrückt werden. Auch gängige Abstraktionskonzepte wie die Generalisierung lassen sich so einfach nachbilden.

Aus der Sicht von Simulation und Animation ergibt sich folgende grobe Charakterisierung eines pUR-Modells:

- Ein pUR-Modell erfaßt interessierende Objekte eines UoD als Objekte in Raum und Zeit mit ihren wesentlichen Attributen. So kann eine konkrete Fertigungsabteilung FA3 für das Jahr 1995 beschrieben werden, die in dieser Zeit 5 bis 20 Mitarbeiter besaß (Abbildung 1a).
- Eine detaillierte dynamische Nachbildung ist durch räumliche und zeitliche Zerlegung in Teilobjekte und Subzustände möglich. Die Abteilung hatte nacheinander 2 Abteilungsleiter für 7 bzw. 3 Monate, über die restlichen 2 Monate fehlt eine Aussage (Abbildung 1a). Dem Typ Mitarbeiter ist eine Standardanatomie mit gültiger Topologie (z.B. Kopf - Rumpf - (Arme, Beine)) zugeordnet, um z.B. eine Animation vorzubereiten (Abbildung 1a).
- Jedes Teilobjekt des UoD kann beliebige Subzustände durchlaufen, deren Reihenfolge im Modell durch Kontaktierung (=Vollkreis zwische Strichen) der zugehörigen Zeitintervalle festlegbar ist. Zustandsübergänge lassen sich entsprechend durch Zeitrelationen beschreiben, die bei Realisierung in konkreten Bearbeitungsumgebungen auch durch Funktionen darstellbar sind. Eine Möglichkeit dafür böte der Wechsel in der Abteilungsleitung (Abbildung 1a).
- Die einfachste Form einer raum- zeitlichen Objektbeschreibung ist durch Mitführung eines lokalen Bezugssystems (ohne globale Anbindung und ohne Berücksichtigung von Verarbeitungsumgebungen) möglich. Die Verarbeitung spiegelt sich implizit in speziellen Zustands- Übergängen der Objekte in Raum und Zeit wider (Teile in verschiedenen Bearbeitungszuständen ohne Einbindung in Fertigungsprozeß, Abbildung 1d).
- Reale Bearbeitungsumgebungen in Raum und Zeit können durch eigene Objektunits dargestellt werden. Die zu bearbeitenden Objekte lassen sich dann mit der gewünschten Genauigkeit u.a. über Raum- Zeit-Relationen einordnen. Objekte können durch Transport, Aufspalten, Zusammensetzen, u.a.m. ihre Gestalt und Lage im Raum verändern. So kann in einem Fertigungsprozeß der Zustandswechsel für bearbeitete Teile genauso dargestellt werden wie die Beteiligung von Mensch, Maschine, Arbeitsplan (Abbildung 1d).
- Mehrfachbeschreibungen mit verschiedenen Stufen der Verdichtung sind möglich und die dafür notwendigen gängigen Abstraktionskonzepte auf Basis von Raum und Zeit darstellbar. Produkte können

durch die Menge aller Baugruppen, diese wieder durch das Auftreten ausgewählter Einzelteile charakterisiert werden (Abbildung 1b). Durch Vorgabe von Auswahlklassen und Gültigkeitsbereichen sind anwendungsgerechte Einschränkungen möglich. Auch eine Generalisierung läßt sich hier einordnen, bei der eine spezialisierte Beschreibung (z.B. einer Bohrmaschine) durch Angaben auf allgemeinerer Ebene (z.B. auf Maschinenebene) festgelegt wird (Abbildung 1c). Wichtige Abhängigkeiten werden auf der Attributeebene realisiert, die in Abbildung 1 ganz weggelassen wurden. Sie sind in pUR beim Übergang zu eigenständigen Attributeunits nach gleichen Grundsätzen wie auf Objektebene bearbeitbar.

- Notwendig für intelligente Nachbildungen komplexer Raum- Zeit- Abläufe sind Raum- Zeit- Konstrukte höherer Komplexität unter Berücksichtigung einzuhaltender Bedingungen. Ein typisches Beispiel bietet die Erfassung von ECA-Regeln (event- condition- action") aus dem Umfeld aktiver Datenbanken. Grundsatzdiskussionen zur Natur von Variante oder Version lassen sich durch Ausbau des einfachen Raum- Zeit- Schemas in Abbildung 1e weiter versachlichen.

3. Zur Integration von Modellwelten mittels Semantischer Modellierung

Simulation wie Animation (S&A) bedeuten Nachbildung von Realität in geeigneten Modellwelten. Modelle repräsentieren selbst wieder einen vollgültigen Weltausschnitt in Raum und Zeit, enthalten aber auf Grund getroffener Vereinbarungen zusätzlich Informationen über den abgebildeten Originalbereich. Modellierter Diskursbereich, Simulationsmodell und Animationsmodell belegen damit selbst *unterschiedliche* Teile der Welt und unterliegen *eigenen* Gesetzmäßigkeiten.

Offenbar können zu jedem UoD beliebig viele Modelle definiert werden. Bei der üblichen Nutzung verschiedener Darstellungsmittel und -techniken entsteht so eine gestückelte" Welt- Nachbildung, deren Komplexität beliebig groß werden kann. Bekannte Anschauungsbeispiele liefern die verschiedenen Fertigungsunterlagen (Technische Zeichnungen, Arbeitspläne, usw.), die für die Herstellung eines Produkts gebraucht werden. Auch die Modelle von Simulation und Animation existieren in großer Vielfalt und verschiedenen Ausführungen, z. B. als Simulationsprogramm auf Papier und als Speichermodell, als Grafikprogramm und als rechnerinterne Darstellung (RID).

Echte Simulation fordert ein in der Zeit veränderbares Medium wie einen Rechner. Auf Papier können Zustandsänderungen statisch nur durch Zustandbeschreibungen zu bekannten Zeitpunkten oder Änderungsanforderungen in Gestalt von Berechnungsfunktionen dargestellt werden. Mit Hilfe der Funktionen und anderer einschränkender Prädikate lassen sich dann aus Eingangsdaten gesetzmäßig festgelegte Ergebnisdaten ermitteln.

Es liegt nahe, für Zusammenhänge zwischen Nutzer- Modellen desselben UoD auch Raum- Raum-Relationen zu nutzen. Besitzen zwei Objekte dasselbe Original, müssen sie auch wechselseitig aufeinander bezogen werden können. Körperbezogene Attribute des Simulationsmodells und Geometrieattribute des

Animationsmodells können sich wechselseitig ergänzen (oder einschränken/ festlegen), sofern sie sich auf dieselben Objekte im UoD beziehen. Modelle nach einheitlichem Modellierungskonzept können so zusammenwachsen, ohne daß eine Generalplan von Anfang an vorliegen muß. Es setzt voraus, daß allgemeingültige Strukturen einer Objektewelt akzeptiert und genutzt werden. Das Ergebnis ist am Ende ein Integriertes Modell, aus dem sämtliche Informationen bezogen werden können.

Von allgemeinem Interesse ist, ob und wie aus einem Ur-Modell (Weltmodell, Produktmodell) ein Simulationsmodell ableitbar ist. Gibt es dafür eine gute Unterstützung, kann auch nach Vereinigung mehrerer Urmodelle ein gemeinsames Simulationsmodell erzeugt werden. Schwieriger ist der inverse Fall zu lösen. Aus einem Simulationsmodell ist ein Ur-Modell entsprechend Anwendungsfall zu bilden, um es z.B. mit anderen Ur-Modellen direkt zu vereinen.

Aus Sicht einer Ur-Modellierung stellen sich S&A-Modelle wie folgt dar:

- S&A- Modelle realisieren spezielle UoD- Sichten, die sich auch über Partial- Urmodelle eines Integrierten Urmodells darstellen lassen. Solche Partialmodelle stellen eine reduzierte Spezifikation für eine rechnergestützte Umsetzung mittels Fachsprache dar, die jederzeit in neutraler Notation aktualisierbar ist.
- Units von Simulations- und Animationsmodellen fallen i.a. aus raum- zeitlicher Sicht zusammen, denn sie gehen auf dieselben Objektstrukturen zurück. Unterschiede ergeben sich aus der Art der Objektaggregation und der Attributeauswahl.
- Eine Objektunit eines Animationsmodells kann als Spezialisierung einer Unit eines Simulationsobjekts betrachtet werden. Es sind je nach Interpretation verschiedene Spezialisierungen realisierbar, die die verschiedenen Anwendungsumgebungen widerspiegeln. Ihre wertemäßige Vervollständigung kann mit Hilfe von Klassen mit Musterobjekten erfolgen, aus denen je nach Einsatzfall passende Vertreter auszuwählen sind.
- Die Nachbildung verschiedener Zustände eines Objekts in Raum- und Zeit ist durch Units in unterschiedlichen Phasen möglich. Strukturwechsel, z.B. Objektzerlegungen, können an Phasenwechsel gekoppelt werden oder innerhalb einer Phase als Alternative eingetragen werden.

4. Überführung von konzeptionellen Modellen in Simulationsprogramme

Simulation ist ein Modellierungsprozeß, bei dem eine dynamische Realität, sei sie vorhanden oder projektiert, durch Computeraktionen imitiert wird“ (Evans). Reale Objekte werden als Datenobjekte im Speicher eines Rechners *nachgebildet*, wobei Zustandsänderungen der Datenobjekte mit Veränderungen der Wirklichkeit korrespondieren. Eine Codierung dynamischer Veränderungen ist über funktionelle Abhängigkeiten und einschränkende Prädikate möglich, was je nach Sprachmodell mittels applikativer, prädikatenlogischer, objektorientierter oder anderer Ausdrucksformen möglich ist. Damit ist in übertragener Bedeutung letzendlich alles Simulation.
Simulationssprachen halten auf Vorrat *allgemeingültige Grundkonstrukte* bereit, die unter Parametrisierung zur abstrakten Nachbildung typischer Teile unterschiedlichster Anwenderwelten geeignet sind. Sprachkonstrukte wie *Assemble*, *Queue* oder *Split* erlauben etwa eine Erfassung von Warteschlangenbildungen und Zerlegungsvorgängen, die sich bei entsprechender Interpretation in verschiedenen Realwelt- Umgebungen einsetzen lassen. Es ist prinzipiell möglich, *typischen* Sprachelementen einer Simulationssprache grafisch darstellbare pUR- Konstrukte zuzuordnen, die in *neutraler* Form die beschriebenen Raum- Zeit- Abläufe nachbilden.

Einen Eindruck davon, wie eine semantische Zuordnung zwischen Objekten des Weltmodells und Objekten des rechnerinternen Modells in pUR praktiziert wird, vermittelt Abbildung 2. Beschrieben wird der Zusammenbau einer Baugruppe aus zwei Einzelteilen. In der Simulationssprache GPSS/H kann dafür ein ASSEMBLE- Block eingesetzt werden. Die Verarbeitung der Datenobjekte (hier bezeichnet als Transaktionen) wird im rechnerinternen Modell beschrieben. Durch Einsatz vertikaler Urteilsstriche werden die zeitlichen Zusammenhänge korrekt wiedergegeben. Für die Transaction.1 gibt es einen Folgezustand, während die Existenz der Transaction.2 offenbar in diesem Zustand endet.
Im pUR-Weltmodell wird demgegenüber der zu simulierende Vorgang modelliert. Hier existieren als Objekte keine Transaktionen, sondern nur Einzelteile und ab einem definierten Zeitpunkt eine Baugruppe. Die Einzelteile gehen dabei im neugebildeten Aggregat auf.
Auf einer abstrakten Zwischenebene können mittels der pUR- Notation jetzt (Daten-)Raum- (Real)Raum Beziehungen formuliert werden. Dabei wird verdeutlicht, daß der Transaction.1 im rechnerinternen Simulationsmodell zwei Intensionen für Objekte des realen Weltausschnitts zugeordnet werden. Sie fungiert einerseits als Repräsentation eines der Einzelteile (Einzelteil.1), andererseits aber auch als die zu montierende Baugruppe zu einem späteren Zeitpunkt.

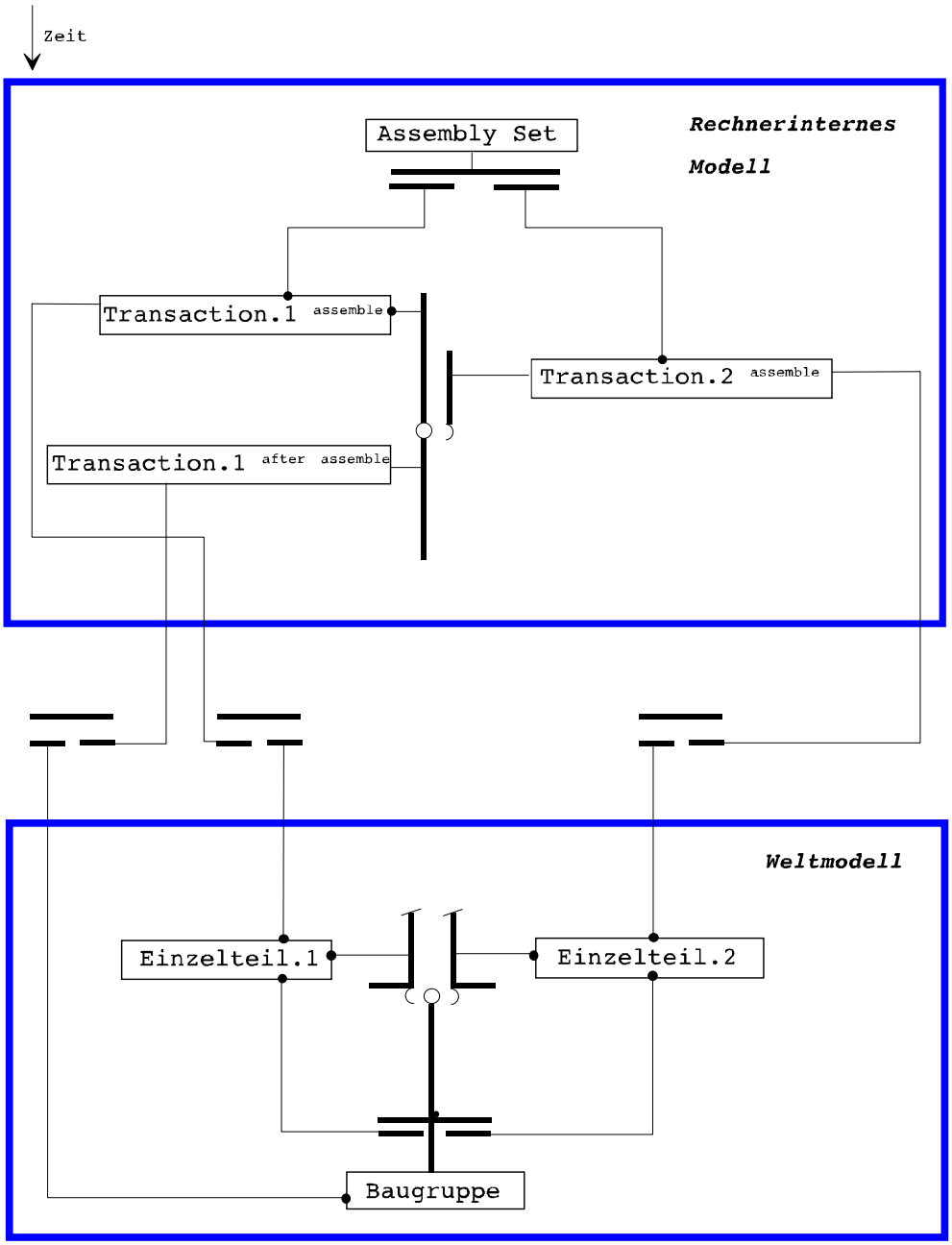


Abbildung 2: Rechnerinternes Modell <=> Weltmodell

Am Beispiel wird deutlich, wie ganz unterschiedliche Weltausschnitte (UoD, Speicher mit rechnerinternem Modell) mit einheitlichen Mitteln beschrieben und wechselseitig aufeinander bezogen werden können. Es wird sichtbar, wie sich reale Objekte des beschriebenen Weltausschnitts durch entsprechende Softwareobjekte im Datenraum nachbilden lassen. Eine Gegenüberstellung der Original- und Modellwelt eröffnet eine Möglichkeit, um die Semantik der Weltobjekte im jeweils korrespondierenden Modell anschaulich darzustellen.

Für eine Simulationsstudie ergeben sich neue Gesichtspunkte in Bezug auf die Schaffung realitätsgetreuer Modelle. Bei Kenntnis der rechnerinternen Abläufe kann die Güte eines implementierten

Simulationsmodells eingeschätzt werden. Es wird erkennbar, wie Realstrukturen des Weltausschnitts durch eine Simulationssoftware interpretiert werden.

Ansonsten kann die konzeptionelle Beschreibung dynamischer Abläufe in der Praxis umso *differenzierter* erfolgen, je *mehr* unterschiedliche Typen von Grundkonstrukten verfügbar sind. Umgekehrt lassen sich durch *Verallgemeinerung* Zusammenhänge universeller Art so aufbereiten, daß für ihre Abbildung nur noch ein *Minimum* an Sprachkonstrukten notwendig wird (z.B. bei Petrinetzen).

Der erreichte Abstraktionsgrad muß teilweise wieder *aufgegeben* werden, wenn Abläufe innerhalb konkreter Anwendungen anschaulich und *wirklichkeitsgerecht* dargestellt werden sollen. In diesem Fall ist zusätzlich über geometrische Formen Aussehen zu modellieren, was in der Regel weitere darstellungsbezogene Abhängigkeiten und Einschränkungen erfordert. In ihnen spiegeln sich wesentlich reale Gesetzmäßigkeiten wider, denen z.B. der Bewegungsablauf eines menschlichen Körpers zu genügen hat.

Der Zusatzaufwand für Animation ist gerechtfertigt, wenn eine wiederholte Nutzung für interessierte Anwendergruppen möglich ist, z.B. zu *Lehr- und Lernzwecken,* große Folgeeffekte erreichbar werden, z.B. bei der *Auftragsbeschaffung*, und Alternativen noch *teurer* oder *leistungsschwächer* sind, z.B. beim Flugsimulator.

Es ist prinzipiell möglich, auf dieser Grundlage systematisch und wirklichkeitsnah eine *Bewertung* typischer Sprachkonstrukte von Simulationssprachen vorzunehmen. Weiter läßt sich auf *konzeptioneller* Ebene der Zusammenschluß unterschiedlicher Simulations- bzw. Animationsmodelle vorbereiten, die einen zusammenhängenden Weltausschnitt beschreiben. Dazu werden einfache Werkzeuge genutzt und schrittweise durch pUR- Musterkataloge ausgebaut. Eine rechnergestützte Weiterverarbeitung von pUR-Diagrammen im Umfeld von Smalltalk (Create!) bzw. einer C++ -Erweiterung [Duan94] ist in Vorbereitung.

Literatur

[AnWa94] R. Anderl, A. Wasmer: Chancen und Risiken der Produktdatentechnologie (PDT), in: Proceedings der CAD'94 in Paderborn, 1994

[Brod84] M.L. Brodie: On the Development of Data Models. In : M. L. Brodie, J. Myloppoulus, J.W. Schmitt (Hrsg.), On Conceptual Modeling, Springer Verlag, New York 1984

[Dobr81] V. Dobrowolny: Das Erfassen und Verarbeiten von Meßwerten aus Zeichnungen, Rechentechnik / Datenverarbeitung, 3. Beiheft, 1981

[Dobr89] V. Dobrowolny: Über Grundstrukturen prädikatierter Produktdatenmodelle, Wiss. Z. der TU Magdeburg, Heft 7, 1989

[Dobr91] V. Dobrowolny: Über Produktbeschreibungssprachen in CIM- Systemen und die Generierung zugehöriger Übersetzer, Kernforschungszentrum Karlsruhe; KfK-Bericht 4912, 1991

[Dobr94] V. Dobrowolny: Über Semantische Modellierung einer Produktewelt in Raum und Zeit, Preprint Nr. 8 der Fakultät der Informatik der OvG-Uni Magdeburg, Okt. 1994

[DoTi94] V. Dobrowolny, Ch. Tietz: On Semantic Modelling of Real World Structure, IS-CORE'94 , Amsterdam, Working Papers, Sept 1994

[Duan94] M. Duan: Konzepte einer Modelliersprache D++ für Analyse, Design und Implementation objektorientierter Anwendungssysteme, OvG-Universität, Fakultät für Informatik, Dissertation 1995

[Evans88] John. B. Evans: Structures of Discrete Event Simulation, Ellis Horwood Limited, New York, 1988

[Fishw92] Paul A. Fishwick: An Integrated Approach to System Modelling using a Synthesis of Artifical Intelligence, Software Engineering and Simulation Methodologies, Technical Report, University of Florida, 1992

[Freg1879] G. Frege: Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildeten Formelsprache des reinen Denkens, 1879, in: K. Berka, L. Kreiser, Logiktexte, Akademieverlag 1971

[LEXI91] Computerlexikon, Sybex, (Dictionary of Computing, Oxford Press, dt.), 1991

[Görz94] G. Görz (Hrsg.): Einführung in die künstliche Intelligenz, Addison- Wesley, 1993

[PaNa94] E. Page, R. Nance: Simulation Model Specification: On the Role of Representation in the Model- Centered Sciences, Department of Computer Science Virginia Polytechnic Institute and State University, TR 94-04, 1994

[ReWe94] K.Retzke, H.Weber: Strukturtransformation semantischer Modelle- Analyse typischer Sprachkonstrukte, Praktikumsarbeit OvG-Uni, FIN, ITI, 1994

[Saak94] G. Saake: Objektorientierte Spezifikation von Informationssystemen, Teubner, Stuttgart/ Leipzig, 1993

[Schrib91] Thomas J. Schriber: An Introduction to Simulation using GPSS/H, John Wiley & Sohns Inc., New York, 1991

Autoren

Doz. Dr. rer. nat. Volker Dobrowolny, Dipl.- Ing. Christian Tietz

Otto- von- Guericke- Universität Magdeburg

Institut für Technische Informationssysteme

Postfach 4120

39106 Magdeburg