

Zur Beschreibung komplexer Anwenderwelten durch neutrale Raum- Zeit- Modelle

Volker Dobrowolny

1 Problemstellung

Rechnergestützte Informationssysteme sollen Anwenderwelten wirklichkeitsnah widerspiegeln. Das erfordert *logische* Datenstrukturen, die sich einfach und klar interpretieren lassen. Gleiches gilt für die Nachbildung realer Weltveränderungen durch *abstrakte* Funktionen. Für ihre Implementierung ist eine *Codierung* notwendig, so daß *physische* Datenstrukturen explizit definiert und verändert werden können.

Die hohe Dynamik in der Produkte- und Produktionswelt zwingt dazu, informationstragende „Datenmuster“ adaptionsfähig, wiederverwendbar und integrationsfähig zu gestalten. Damit bekommt der direkte Rückbezug aller Daten und Datenstrukturen zur komplexen Anwenderwelt einen neuen Stellenwert. Notwendig wird ein *semantisches* Datenmodell, das nicht nur formal gültige Datenstrukturen und Werteeinträge festlegt, sondern über Assoziationen zur jeweiligen Anwenderwelt auch Interpretationen einbezieht. Das geht zur Absicherung konsistenter Änderungen so weit, daß auch allgemeine Gesetzmäßigkeiten und nutzergerechte Einschränkungen mit erfaßt werden müssen.

Für die konzeptionelle Beschreibung der Realität existiert bereits eine Vielzahl an Beschreibungssprachen (EER, SADT, NIAM, EXPRESS, OOA, StP/OMT, ...). Diese besitzen bzgl. der Ausdrucksfähigkeit einen großen gemeinsamen Durchschnitt [ReWe94]. Ihre gleichzeitige Nutzung (z.B. im Rahmen von Verbundprojekten) erfordert solange wechselseitige Transformationen, wie eine sprachliche Vereinheitlichung (z.B. die geplante Abstimmung oo Noationen nach Booch- und Rumbaugh mit dann 50% Marktanteil) noch nicht vorliegt. (Mindestens) bis dahin bleibt die uralte Frage aktuell, ob es eine einfachstmögliche sprachliche Nachbildung („Ursprache“) relevanter Wirklichkeitsstrukturen gibt, um so den mühsamen sprachlichen Abgleich zu versachlichen.

2 Lösungsansatz

Einen natürlichen Lösungsansatz bietet die neutrale Nachbildung von Raum und Zeit mit elementaren Mitteln. Raum und Zeit gehören schon bei Aristoteles zu den 10 wesentlichen Kategorien einer sprachlichen Weltbeschreibung. Mittels Raum-, Zeit- und Raumzeitintervallen lassen sich anschaulich Strukturen definieren und auf analoge Weise mit grafischen Mitteln nachbilden. In der Bevorzugung grafischer vor formalen Darstellungsmitteln [Saak93] spiegelt sich wider, daß als Adressat der Anwender ohne Informatik-Spezialkenntnisse gesehen wird. Er sollte in den Stand versetzt werden, seine Welt selbst zu beschreiben, und zwar paßfähig mit anderen Beschreibungen.

Im ersten Schritt können zunächst nur Weltobjekte auf diese Weise sprachneutral beschrieben werden. Sollen auch anwendungsbezogene Eigenschaften und Bewertungen „neutralisiert“ werden, ist auf diesem Weg fortzufahren. Durch präzisere Analyse von Attributen und Bewertungen sind auch hier neutrale Strukturen freizulegen. Das kann z.B. dadurch gelingen, daß Objektzustände (Objektattribute) und Bewertungen (Attributeattribute) nebst zugehörigen Relationen „objektiviert“ werden. Dazu sind für Eigenschaftsausprägungen Trägerobjekte mit genau dieser Eigenschaft zu definieren. Das können insbesondere Meßgeräte mit der richtigen Eigenschaftseinstellung sein.

In analoger Weise lassen sich auch *Einschränkungen* auf Objekt-, Attribute- und Bewertungsebene versachlichen, die über den Einzelfall hinausgehende Alternativen, Varianten und Versionen charakterisieren. Durch eine solche Prädikatierung wird etwa auf Objektebene eine Menge von *möglichen* Objekten festgelegt, zu denen ein *konkret* verwendetes Objekt gehören muß, etwa im Änderungsfall.

3 Anforderungen an Beschreibungsmittel

Sollen die Beschreibungsmittel neutral sein, müssen sie in einer allgemeinen Sprache grafisch oder formal definiert werden. Es sind „beliebige“ Strukturen der Welt zu charakterisieren, wobei Datenstrukturen auf Datenträgern einen Sonderfall darstellen. Im Rahmen der semantischen Modellierung ist zu sichern, daß die Beschreibung von Originalwelt und Datenwelt des Informationssystems in einen einfachen wechselseitigen Zusammenhang gebracht werden kann. Die Zuordnung muß damit ermöglichen, daß bei Kenntnis einer Seite die jeweils anderen Seite rekonstruierbar wird.

Im Normalfall unterstützen Modelle wie Zeichnungen, Strukturformeln, Noten u.a.m. spezielle Anwendersichten auf die Realität. Immer wieder wird räumliche Nähe dabei unmittelbar zur Nachbildung räumlicher, akustischer oder sonstiger „Nachbarschaft“ im betrachteten Weltausschnitt genutzt. Ein

typisches Beispiel dafür stellen Fotos dar, in denen sichtbare, räumlich benachbarte Punkte im Bild benachbart bleiben. Das Klang- Noten- Beispiel zeigt, daß nicht nur Raum auf Raum, sondern auch Wertebereiche eines Attributs auf Raum einfach abbildbar sind. Der gemeinsame Rückbezug auf Raum und Zeit bietet so eine natürliche Basis, um die Teilsichten von Einzelmodellen zusammenzufassen und zu integrieren.

4 Semantische Modellierung eines Weltausschnitts

Ein Semantischen Modell strebt eine möglichst umfassende Nachbildung der Wirklichkeit an („Semantic concept or data model is a well- established notion although not very precise: Any model expresses some semantics, and „semantic“ models are just thought to express more than others“ [EnLo90]). Damit ist in Übereinstimmung mit aktuellen objektorientierten Sichtweisen eine neue Schwerpunktsetzung verbunden.

Allgemein versteht man unter Sprachsemantik „denjenige Teil einer Sprachdefinition, der die Bedeutung oder Auswirkung eines Textes betrifft, der entsprechend den Regeln der Syntax dieser Sprache konstruiert wurde“ [LEXI91]. Während für die Informatik besonders die „Auswirkungen eines Textes“, d. h. die Implementierung der Anweisungen einer Programmier- oder Datenbanksprache, wichtig sind, ist aus Anwendersicht die „Bedeutung eines Textes“ wesentlich. Dabei steht die Nutzerwelt und deren Gesetzmäßigkeiten „an sich“ im Mittelpunkt, wofür eine geeignete, z.B. objektorientierte Beschreibungsmöglichkeit benötigt wird.

Zur Festlegung eines Semantischen Datenmodells ist es in Anlehnung an Brodie [Brod84] notwendig,

- statische Eigenschaften des UoD durch Erfassung von Objekten, Eigenschaften von Objekten und Beziehungen zwischen Objekten widerzuspiegeln,
- dynamische Eigenschaften des Weltausschnitts durch Darstellung von Operationen über Objekten, Eigenschaften dieser Operationen und Beziehungen zwischen Operationen zu erfassen,
- statische und dynamische Integritätsbedingungen über Objekten und über Operationen mit aufzunehmen.

Die sinnvolle Interpretation des Modellschemas setzt jedoch zunächst den sachkundigen Betrachter voraus, der den Zusammenhang zwischen Original und Abbild kennt. Änderungen im nicht dargestellten Originalbereich erfordern eine Anpassung im sichtbaren Modell und umgekehrt.

5 Neutrale Weltbeschreibung mittels UR- Sprache

Ein Anwender ist i.a. überfordert, wenn er sich zur semantischen Beschreibung seiner Welt bewußt für eine Sprache entscheiden soll. Umso wichtiger ist es, daß nicht nur neue Sprachen entstehen, sondern auch der Abgleich praxisrelevanter Sprachen ständig weitergeführt wird. Einen eigenen Ansatz zur Schaffung einer einfachen Ursprache stellen prädikatierte Unit- Relationship- Modelle (pUR-Modell) dar, die als Weiterführung von Entity- Relationship- Modellen in grafischer Notation gesehen werden können.

Beliebige Weltobjekte werden durch Modellelemente ("Units") dargestellt, die explizit oder implizit reale Objekte in Raum und Zeit repräsentieren. Für jede Unit läßt sich durch Typnamen und Identifikator, bei Berücksichtigung unterschiedlicher Lebensphasen erweiterbar um Phasentyp und Phasenidentifikator, eine eindeutige Kennzeichnung erreichen (Bild 3). Wie bei ER- Diagrammen lassen sich Units zusätzlich durch Objektattribute vervollständigen, um aktuelle Objektzustände festzuhalten.

Allgemein können Units einerseits Objekte, Objektzustände, Zustandsbewertungen, andererseits Einzelunits, Unitmengen, Mengen von Unitmengen repräsentieren. Die speziellen Bedeutungen werden, anders als bei ER-Modellen, durch unterschiedliche Kästchen dargestellt. Objektzustände können z.B. an Attributeunits (mit abgerundeten Ecken) festgemacht werden, hinter denen ein (für jede Eigenschaft nur einmal nötiges !) Vergleichsobjekt mit der angegebenen Eigenschaft gesehen werden kann. Objektklassen lassen sich durch Doppelkästchen beschreiben, wobei das innere Kästchen den Objekttyp repräsentiert (Bild 2).

6 Modellierung von Raum und Zeit

pUR verwendet horizontale bzw. vertikale „Urteilsstriche“ zur Erfassung von Raum- bzw. Zeitintervallen. Der Urteilsstrich \dashv (ohne Raum- Zeit- Unterscheidung) geht auf Frege zurück, der auf diese Weise Aussagen den Wahrheitswert WAHR zuordnete (Bild 1a). Der Wahrheitswert ergibt sich durch Vergleich zwischen der Behauptung der Aussage und dem zugeordneten Fakt in der Realität. In diesem Sinne ist der Urteilsstrich unmittelbar in pUR einsetzbar, indem im Falle einer Existenzaussage z.B. direkt dahinter ein anschauliches grafisches Objektbild gesetzt wird. Das ist üblich z.B. zur Erläuterung von Fachbegriffen über Abbilder, etwa innerhalb von Anatomieatlanten.

Im Grenzfall kann der Strich selbst als nicht mehr zu vereinfachendes „Abbild“ des Objekts genutzt werden, so daß neben der sprachlichen eine analoge Umschreibung verfügbar wird. Dann kann ein pUR-Modell in einfachster Weise Raum- Zeit- Semantik von Units explizit und anschaulich darstellen.

Die Urteilsstriche müssen zunächst für sich verschiedene Grade der Präzision ausdrücken lassen Ein Urteilsstrich kann fest oder variabel, vollständig oder unvollständig, verschieblich oder starr festgelegt sein. Weiter müssen typische Raum- und Zeitrelationen nachbildbar sein, indem die Urteilsstriche parallel nebeneinander angeordnet werden („Nahwirkung“) oder durch Hinzufügen gerichteter Halbkreise („Magdeburger Halbkreise“) auch bei größerer Entfernung aufeinander bezogen werden („Fernwirkung“). Durch gedachtes Verschmelzen der Trägerlinien zusammengehöriger Urteilsstriche kann leicht ausgedrückt werden, ob die Intervalle z.B. disjunkt, gleich oder einander überlappend sind. Auf dieser Grundlage können Zeitrelationen der Allenschen Temporallogik oder topologische Raumbeziehungen nach Egenhofer (Bild 1c) ausgedrückt werden [Görz93].

Im allgemeinen Fall entstehen vernetzte Raum- und Zeitintervalle, indem die Raum- Zeit- Koppelstellen verdickt dargestellt werden (Bild 2). Im einfachsten Fall sind eine horizontale und eine vertikale Linie verknüpft, was einem Objekt in einer bestimmten Lebensphase entspricht. Raum- Raum- Beziehungen entstehen durch Verknüpfung über ein gemeinsames Zeitintervall (Bild 2), Zeit- Zeit- Beziehungen entsprechend durch Verknüpfung über ein gemeinsames Raumintervall (Bild 3), in beiden Fällen enthält der Urteilsstrich mehr als eine Anschluß- Verdickung. Die Zuordnung eines Zeitintervalls erlaubt es, eine zeitlich begrenzte räumliche Zusammenfassung von Objekten auszudrücken. Die Beziehung lassen sich durch Relationskästchen- Zuordnung selbst zu speziellen Units (Setunits) machen.

Interessant ist, daß sich schon mit Hilfe einfacher Beziehungen zwischen „Existenzräumen“ eines Objekts (zu einem relevanten Zeitpunkt) Abstraktionskonzepte wie Aggregation und Generalisierung „natürlich“ darstellen lassen (Bild 1b). Eine Prädikatur erlaubt eine Modellerweiterung um mögliche Units und Relationships (Klassen) und die Herstellung eines Zusammenhangs mit existierenden Units und Relationships des Modells, so daß eine Überwachung gültiger Freiräume im Änderungsfall und damit Sicherung der Konsistenz möglich wird. Es handelt sich dabei um Relationen, die allgemein vor Beginn der Modellbildung gelten. Jede Festlegung erzeugt eine neue Restriktion, so daß im Zuge der Vervollständigung eines Lösungsentwurfs die Menge der Prädikate immer größer wird.

7 Zusammenhang mit Datenstrukturen eines Informationssystems

Ein Semantisches Modell soll einen beliebigen Weltausschnitt beschreiben können. Das schließt als Spezialfall die aktuellen Raum- Zeit- Strukturen eines Speichers eines konkreten Informationssystems ein. Im Idealfall kann unter Weglassung rechner-spezifischer Zusatzinformationen ein Schema genutzt werden, das bei entsprechender Interpretation sowohl den Weltausschnitt als auch das rechnerinterne Abbild qualifiziert beschreibt. Dieser Sachverhalt war einer der Ausgangspunkte für die Einführung des Begriffs „Semantisches Datenmodell“. Als Datenmodell für den Entwurf einer Datenbank hatte es zusätzlich Namen und Beziehungen aufzunehmen, denen erst in einer abgebildeten Realwelt eine Bedeutung zuzuordnen war. Einen Schritt weiter geht ein semantisches Modell, das in einheitlicher Sprache sowohl einen Weltausschnitt als auch ein beliebiges reales Abbild (Körper, Bild, Text, Speicher) beschreibt. Auf diese Weise läßt sich die Abbildung zwischen Weltausschnitt und anwendungsüblichen Modellen explizit über Assoziationen darstellen, d.h. eine formale Semantik definieren.

8 Sprachunifikation und Modellintegration für Produktmodelle

Im Rahmen der STEP-Entwicklung wurde ein semantisches Modell SUMM (Semantic Unification Meta-Model) entwickelt, das die Zusammenhänge zwischen verwendeten Modellen und deren Bedeutung behandelt. Die Bedeutung formaler Sprachkonstrukte wird dabei an einem abstrakten Modell festgemacht, das der direkten Beschreibung des Weltausschnitts dient. Assoziationen des Typs Term- Objekt und Prädikat- Typ schaffen die Voraussetzung, daß auf höherer Stufe Sätzen Fakten zugeordnet werden können. Ein Typ wird dabei durch eine Menge von Anforderungen festgelegt, denen Objekte dieses Typs zu genügen haben.

| Formales Modell | Semantik | Abstraktes Modell |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Prädikate | <Typ ist Intension des Prädikats> | Typen |
| Sätze, Behauptungen | <Behauptung ist Satz zugeordnet > | Fakten |
| Terme | <Objekt wird durch Term bezeichnet> | Objekte |

SUMM faßt die Anforderungen an Sprachunifikation und Modellintegration präzise. Semantische Unifikation unterschiedlicher formaler Sprachen liegt vor, wenn jedem Prädikat jeweils ein Typ im abstrakten Modell entspricht. Entsprechend bedeutet eine semantische Integration, daß jedem Term jeweils ein Objekt im abstrakten Modell entspricht. Gleiche Namen für verschiedene Sachverhalte („Homonyme“), wie sie durch Zusammenführung verschiedener Sprachen leicht entstehen können, sind damit zu beseitigen. Synonyme sind solange nicht zu vermeiden, wie die Weiterexistenz unterschiedlicher Sprachen akzeptiert wird.

Eine pUR- Unit mit Urteilsstrich kann aus Sicht von SUMM als Term- Objekt- Zuordnung gedeutet werden. Es ist die einfachste Form einer formalen Semantik. Ein Fakt kann z.B. durch eine Relationship auf Objekt- Objekt-, Objekt- Attribute oder Attribute- Attribute-Ebene dargestellt werden.

9 Bewertung und Ausblicke

Die Semantische Modellierung mittels grafischer Ursprache ist ein wirkungsvolles Instrument, um Informatikern und Anwendern eine realitätsnahe Verständigungsbasis zu geben. Ihre Grundlage ist in Übereinstimmung mit aktuellen Methoden der oo Analyse und des oo Designs die vorgefundene Realität, die mit einheitlichen Mitteln nachgebildet wird. Dafür werden nutzergerechte Darstellungsmittel zur Verfügung gestellt, die eine adäquate Beschreibung von Anwenderwelt und deren Rechnerabbildung gestatten. Auf einer solchen Grundlage können dann Systemintegration und Sprachenabgleich auch formal über Assoziationen beschrieben werden. Eine mögliche Basis für eine anwenderfreundliche Weltbeschreibung ist dabei die Darstellung von Raum und Zeit mittels einer Ursprache wie pUR.

Prof. Saake bin ich zu großem Dank verpflichtet für die Freiräume, die er der Arbeitsgruppe „Semantische Modellierung in Wirtschaft und Technik“ am Institut für Technische Informationssysteme erhalten hat. Sehr dankbar bin ich auch für die engagierte Mitarbeit von Chr. Tietz, K. Kracht, H. Weber und U. Scholz, die zielstrebig und mit innerer Beteiligung an Ausbau, Vertiefung und Anwendung der Modellierungsansätze mitwirken. Die Bearbeitung eines Themas „Adaptives semantisches Datenmodell für den integrierten Fabrikentwurf“ im Rahmen des Innovations- Schwerpunkts „Experimentelle Fabrik“ erlaubt es, gemeinsam mit dem IFSL unter zielstrebigem Leitung von Prof. Ziems den Praxisbezug zu sichern.

Die behandelten Fragen sind von unmittelbarer praktischer Bedeutung. Sie führen beim Anwender zu einem tieferen Verständnis für Möglichkeiten und Grenzen der Modellierung und damit der Informatik überhaupt. Selbst Metawelten sind davon nicht mehr auszunehmen ...

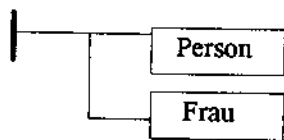
Dr. Volker Dobrowolny
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Technische Informationssysteme
PF 4120 - 39106 Magdeburg

Tel. (0391) 67 -12793
Fax (0391) 67- 12020
e-mail dobrowol@iti.cs.uni-magdeburg.de

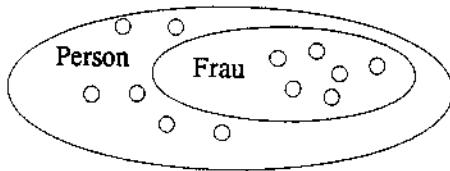
Literatur:

- [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
- [DoHD] V. Dobrowolny, S. Haupt, M. Duan: Das Produktmodell als semantisches Modell, Preprint Nr.2 der Fakultät für für Informatik der OvG-Uni Magdeburg, März 1994
- [Dobr94] V. Dobrowolny, Über Semantische Modellierung einer Produktewelt in Raum und Zeit, Preprint Nr. 8 der Fakultät der Informatik der OvG-Uni Magdeburg, Oktober 1994
- [DoTi94] V. Dobrowolny, Ch. Tietz: On Semantic Modelling of Real World Structure, IS-CORE'94 , Amsterdam, Working Papers, Sept 1994
- [Duan94] M. Duan: Über eine Modelliersprache D++ für Analyse, Design und Implementation objektorientierter Anwendungssysteme, OvG-Universität, Fak. für Informatik, Diss. 1995
- [EnLo90] J.L. Encarnacao, P.C. Lockemann (Eds.): Engineering Databases, Connecting Islands of Automation Through Databases, Springer, 1990
- [Görz93] G. Görz (Hrsg.) : Einführung in die künstliche Intelligenz, Addison- Wesley, 1993
- [LEXI91] Dictionary of Computing, Oxford Press, dt. Nachdruck , 1991
- [ReWe94] K.Retzke, H.Weber: Strukturtransformation semantischer Modelle- Analyse typischer Sprachkonstrukte, Praktikumsarbeit OvG-Uni, FIN, ITI, 1994
- [Saak93] G. Saake: Objektorientierte Spezifikation von Informationssystemen, Teubner, Stuttgart/ Leipzig, 1993
- [SUMM92] Semantic Unification Meta- Model, Vol 1: Static Models,IPO Dictionary /Methodology Committee, Oct 1992

Freges Urteilsstrich

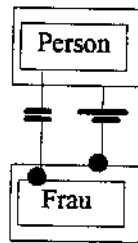


Es gilt: Wenn etwas EXISTIERENDES eine FRAU ist, ist es auch eine PERSON.



Jede Frau ist eine Person (Spezialisierung, IS_A).
Die Menge aller Frauen ist Teil der Menge aller Personen (Aggregation, IS_PART_OF).

pUR-Notation



pUR- Urteilsstrich

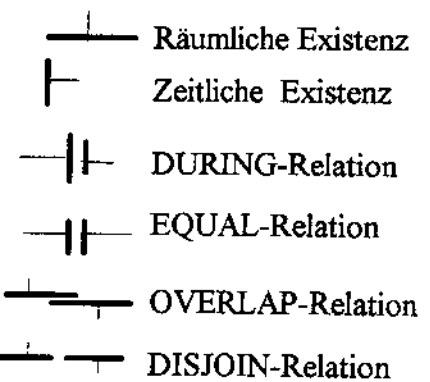


Bild 1: Zusammenhang zwischen pUR-Notation und Freges Begriffsschrift

ZEIT

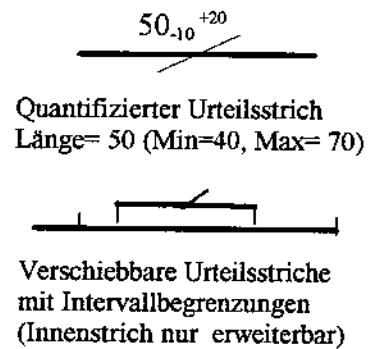
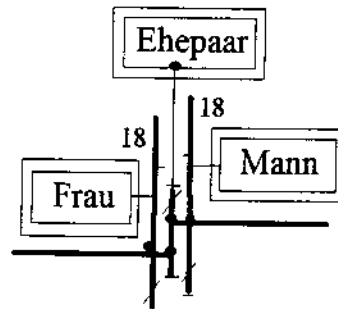
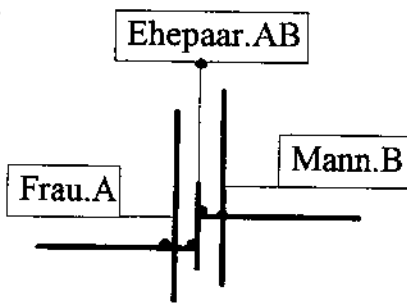


Bild 2: Raum-Zeit-Relation für das Ehepaar AB und die Klasse aller Ehepaare mit Constraints (Grundlage: Frau- /Mann-Raum-Assoziation über gemeinsamem Zeitintervall):
Jedes Ehepaar lebt zeitweise zusammen, frühestens ab 18. Lebensjahr einer der Partner, längstens bis zum Tod eines der Partner. Beim Paar AB ist der Mann älter und stirbt nach vorzeitiger Trennung früher.

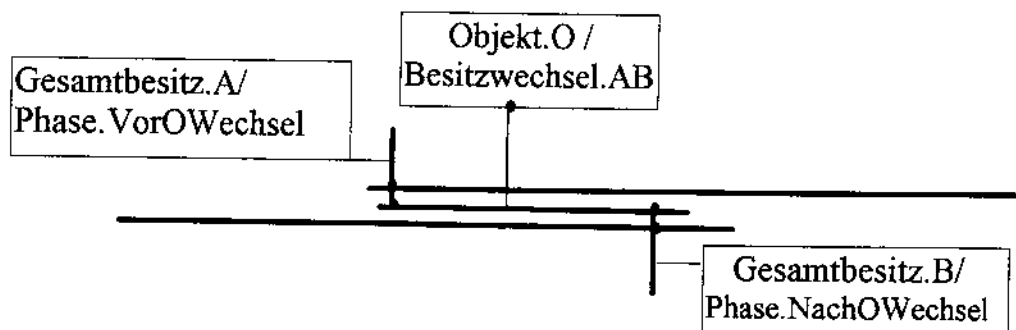


Bild 3: Raum-Zeit-Relation für Ereignis Besitzwechsel AB des Objekts O (Grundlage: Vor-/Nach-Zeit-Assoziation über gemeinsamem Raum-Objekt)