

# Modellbestandteile: Modellierungsbegriffe und Abstraktionskonzepte

Roland Kaschek  
UBS AG Zürich  
Roland.Kaschek@ubs.com

**Zusammenfassung:** Beim Modellieren in der Angewandten Informatik werden zwei Begriffsarten verwendet: Modellierungsbegriff und Abstraktionskonzept. Methoden zur Software Produktion bieten beide Begriffsarten an. Manche Methoden versuchen diese Begriffe zu definieren. Ein generisches Verständnis des Begriffs Abstraktionskonzept fehlt. Dies kann dazu beitragen, dass in Modellierungsvorgängen ungeeignete Abstraktionen verwendet werden. Generalisation, Aggregation, Klassifikation und Assoziation können als Spezialisierungen des hier definierten generischen Begriffs Abstraktionskonzept aufgefasst werden.

## 1. Einführung

Auf die Wartung eines Informationssystems entfallen erfahrungsgemäss etwa 70 % der Systemkosten. Die Wartungskosten wiederum werden zu etwa 70 % für die Weiterentwicklung des Systems und nur zu etwa 30 % für Fehlerkorrektur und Dokumentation aufgewendet, vgl. dazu William A. Ruh und Thomas J. Mowbray in [RM99]. Diese Autoren schreiben ferner, dass das anfängliche Design samt seiner Implementierung nur 15 bis 20 % der Gesamtkosten des Systems ausmacht. Dass aber dieses Design grösste Bedeutung dafür hat, wie Systemverbesserungen durchgeführt werden können. Bruce I. Blum rekapituliert in [B192, S. 72] ferner Erfahrungswissen dahingehend, dass 40 % der Kosten für die Software Produktion für Analyse und Design, weitere 20 % für Codierung und Debugging sowie die restlichen 40 % für das Testen eingeplant werden. Vergleichbare Zahlen werden in [H\*95], S. 197 angegeben. Mit Bezug auf Entwicklungsprozesse konventioneller Produkte berichten Dan Braha und Oded Maimon vergleichbares: Durch den konzeptuellen Entwurf werden nur 3 % der Kosten verursacht. Dieser Entwurf bestimmt allerdings 50 % der Produkteigenschaften einschliesslich Leistung, Herstellbarkeit und Produktionskosten, vgl. dazu [BM97, S. 154].

Da Modellierung Qualität und Kosten von Software wesentlich beeinflusst sind Arbeiten über Grundlagen der Modellierung in der Angewandten Informatik gerechtfertigt. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriffsapparat untersucht, der in Modellen der Angewandten Informatik meist eingesetzt wird. Dieser Apparat besteht aus Begriffen für selbständige oder unselbständige isolierten Sachverhalte sowie aus Begriffen

für Zusammenhänge von Sachverhalten. Es scheint alles begrifflich konstruierbare durch Kombination dieser beiden Arten von Begriffen konstruierbar zu sein: Wittgenstein folgend kann man vertreten, dass sich klar sagen lässt, was sich überhaupt sagen lässt. Nach Austin ist eine Äusserung klar, wenn klar ist worauf sich die Äusserung bezieht und was darüber gesagt wird.

In Sektion 2 werden Beispiele für Modellierungsbegriffe gegeben, die in der Angewandten Informatik weit verbreitet sind. Anschliessend werden in Sektion 3 Beispiele für ebensolche Abstraktionskonzepte gegeben. Danach wird in Sektion 4 die Modellbeziehung diskutiert. Worauf in Sektion 5 die Begriffe Konzeptualisierungskonzept Modellierungsbegriff und Abstraktionskonzept definiert werden. In Sektion 6 wird gezeigt, dass die wichtigsten Abstraktionskonzepte der Angewandten Informatik als Abstraktionskonzepte im Sinne dieser Arbeit verstanden werden können. Abschliessend folgt in Sektion 7 die Literaturliste. Um Platz zu sparen enthalte ich mich eines Resümees oder Ausblicks.

## 2. Beispiele für Modellierungsbegriffe

Häufig verwendete Modellierungsbegriffe sind etwa: *Entity Typ*, *Werttyp*, *Operationstyp*, *Objekt*, *Wert*, *Methode*, *Rolle*, *Zustand* und *Ereignis*. Gemeinsam ist diesen Begriffen, dass sie ein Phänomen in einem Diskursbereich unter einen Begriff fassen, dieses Phänomen dadurch benennbar und so potentiell zum Gegenstand von Diskussionen machen. Es herrscht keineswegs Einheitlichkeit hinsichtlich des Verständnisses dieser Modellierungsbegriffe vor: Thalheim, vgl. dazu [Th00, S. 4], zählt beispielsweise 12 verschiedene in der Literatur verwendete Definitionen des Begriffs Entity Typ auf.

Dass ein Phänomen in einem Diskursbereich gemäss einer gegebenen Software Produktionsmethode wahrzunehmen ist resultiert aus der Ontologie dieser Methode, vgl. dazu etwa [Ka98]. Ebenso verhält es sich mit der Art seiner Konzeptualisierung. Die betreffende Ontologie wird meist nicht explizit als solche ausgewiesen. Neuere Arbeiten zu Ontologien sind z.B. [Fe00, M\*00]. Was gemäss einer Ontologie nicht existiert kann entweder gar nicht begrifflich gefasst werden oder nur unter Berücksichtigung von Auswirkungen dieser Phänomene auf andere gemäss dieser Ontologie existierender Phänomene. In der Modellierung in der Angewandten Informatik wird meist eine Ontologie verwendet, der zu Folge Gegenstände, Werte und die entsprechenden Typen existieren sowie Assoziationen, die Beziehungen zwischen Gegenständen ausdrücken und Charakteristika, die Wert – oder Operationstypen zu Gegenständen oder Beziehungen zuordnen. Zum philosophischen Begriff Ontologie siehe etwa [Le90].

Statt zu sagen, dass einer Klasse bzw. einem Entity Typ durch eine Charakteristik ein Werttyp zugeordnet wird sagt man auch, dass die betreffende Klasse bzw. der betreffende Entity Typ ein Attribut habe. Ganz analog redet man davon, dass eine Klasse eine Operation oder auch Methode habe, wenn ihr durch eine Charakteristik ein Operationstyp zugeordnet wird.

### 3. Beispiele für Abstraktionskonzepte

Soweit ich sehe, sind die in der Angewandten Informatik am häufigsten verwendeten Abstraktionskonzepte *Assoziation*, *Charakteristik*, *Generalisation*, *Aggregation*, *Klassifikation* und *Implementierung*. Abstraktionskonzepte konstruieren eine Beziehung zwischen Begriffen. Sie machen gehaltvolle Urteile möglich, indem sie es erlauben einen Begriff auf einen anderen zu beziehen. Für die Abstraktionskonzepte *Klassifikation*, *Generalisation* und *Aggregation* werden in der Folge angelehnt an die Arbeit [PM88, S. 155, 156] von Joan Peckham und Fred Marjanski Definitionen angegeben, vgl. dazu auch [SS77, SS77a], sowie [HK87, S. 201-212; Na92, S. 120; F\*98, S. 75-77], sowie [Ka96, My98, S. 34-40, Th00, S. 18-26] und [Po88]<sup>1</sup>.

- Ein *Generalisat*  $G$  einer Menge  $\mathbf{G}=\{G_1, \dots, G_n\}$  von Begriffen ist ein Oberbegriff für die Elemente von  $\mathbf{G}$ . Damit gehören die von diesen Elementen spezifizierten Phänomene zu den von  $G$  spezifizierten. Ist  $G$  ein Generalisat von  $\mathbf{G}$ , so wird die Beziehung zwischen  $G$  und den Elementen von  $\mathbf{G}$  *Generalisation* oder auch *Is-A-Beziehung* genannt. Dann werden die Elemente von  $\mathbf{G}$  sämtlich *Spezialisat* von  $G$  genannt.

- Ein *Aggregat*  $A$  einer Menge  $\mathbf{G}=\{G_1, \dots, G_n\}$  von Begriffen ist ein Begriff, der die Phänomene meint, welche die von den Begriffen in  $\mathbf{G}$  spezifizierten Phänomene als Bestandteile enthalten. Ist  $A$  ein Aggregat von  $\mathbf{G}$ , so wird die Beziehung zwischen den Begriffen in  $\mathbf{G}$  und  $A$  als *Aggregation* bezeichnet. Dann werden sämtliche von  $A$  spezifizierten Phänomene jeweils als *Ganzes* und die vom Element  $G_i$  von  $\mathbf{G}$  spezifizierten Phänomene als als *i-te Komponente* oder *Teil* von  $A$  und die Aggregation auch als *Teil-Ganzes* oder *Part-of-Beziehung* bezeichnet.

- Eine *Klasse*  $K$  einer Menge  $\mathbf{G}=\{G_1, \dots, G_n\}$  von Begriffen ist ein Begriff, der ein Phänomen – eine Kollektion – meint, welche die von den Elementen von  $\mathbf{G}$  spezifizierten Phänomene enthält. Ist  $K$  eine Klasse von  $\mathbf{G}$ , so wird die Beziehung zwischen der erwähnten Kollektion und

---

<sup>1</sup> Um Platz zu sparen mache ich Zeitabhängigkeiten nicht explizit und weise nur darauf hin, dass die hier angegebenen extensionalen Definitionen in der Regel Gegenstände nicht eindeutig identifizierbar machen und daher in der Regel intentionale Erklärungen hinzugefügt werden müssen.

den durch die  $G_i$  spezifizierten Phänomenen als *Klassifikation*, *Exemplar-Beziehung* oder *Instance-of-Beziehung* bezeichnet. Diese Phänomene werden auch *Exemplar*, *Element* oder *Instanz* der Kollektion genannt.

In dieser Arbeit verstehe ich unter einer Assoziation  $A$  einer Menge  $G = \{G_1, \dots, G_n\}$  von Begriffen einen Begriff, der eine Teilmenge der Potenzmenge der disjunkten Vereinigung der Mengen von Instanzen der Elemente von  $G$  spezifiziert. Jede dieser Teilmengen wird als eine Instanz von  $A$  bezeichnet. Eine Assoziation spezifiziert also welche Exemplare von Elementen aus  $G$  zueinander in eine bestimmte Beziehung gesetzt werden. Offenbar sind Generalisation, Aggregation und Klassifikation Assoziationen.

In Unternehmen identifiziert man u.U. eine Assoziation *beteiligt sich an* zwischen den Entity Typen *Mitarbeiter* und *Projekt* vorfinden. Eine Charakteristik *Ausmass* kann einen Werte Typ *v. Hdt.* dieser Assoziation zuordnen. Insgesamt erlauben derartige Konstruktionen Urteile wie D. Illetant *beteiligt sich an MakeMoreMoney* zu 30 v. Hdt. und an *ReduceOperationCost* zu 70 v. Hdt. seiner Arbeitszeit. Ferner kann man u.U. die Spezialisate *unbefristeter Mitarbeiter*, *befristeter Mitarbeiter* und *externer Mitarbeiter* von *Mitarbeiter* unterscheiden. Bei Autoherstellern findet man darüber hinaus, dass ein *Auto* unter Anderem aus *Karosserie*, *Fahrwerk* und *Antrieb* bestehen. Die Farben – Schwarz, Weiss, Blau, Rot, Grün – sind die Exemplare des Werte Typs *Farbe* des neuen 4U-Cruisers der Cruiser Inc..

Die oben aufgeführten Modellierungsbegriffe und Abstraktionskonzepte können mit Bezug auf eine Ontologie  $O$  so unterschieden werden, dass diese Gegenstände und jene Beziehungen sprachlich handhabbar machen. Wobei Gegenstände für sich alleine existenzfähig sein könnten und die Beziehungen in der Regel zu ihrer Existenz eines anderen – meist eines Gegenstandes – bedürften, auf welches sie bezogen sind. Dabei könnte die Ontologie zudem festlegen, dass die Beziehungen anders als die Gegenstände nicht real seien.

Im ER – Modell und seinen Derivaten benennen Abstraktionskonzepte in der Regel lediglich Beziehungen zwischen Gegenstandsbegriffen. Es gibt allerdings Derivate des ER – Modells, etwa das HERM (Hierarchical ER Model) von Bernhard Thalheim, vgl. dazu [Th00], die einen weiteren Begriff von Abstraktionskonzept haben. Das HERM erlaubt z.B. Beziehungen zwischen Beziehungen, was in manchen Fällen sehr übersichtliche und daher in der Anforderungserhebung nützliche fachsprachliche Formulierungen zulässt, vgl. dazu etwa [RN93]. Man findet die Idee, Beziehungen zwischen Beziehungen in semantischen Modellen zuzulassen in eingeschränktem Sinne, auch in der UML, vgl. dazu [B\*99]. Das Metamodell der UML kennt den Begriff des generalisierbaren Elementes, d.h. eines Schemabestandteils, der in Generalisationsbe-

ziehung zu anderen solchen Elementen stehen kann. Assoziationen sind in UML generalisierbare Elemente, können also generalisiert oder spezialisiert werden.

#### 4. Die Modellbeziehung

Ich stütze mich auf [St73, St83, St92]. Vereinfachend fasse ich die Modellbeziehung als eine dreistellige Beziehung  $M(D,E,I)$  zwischen zwei Phänomenen  $D$  und  $E$  sowie einem Individuum  $I$  auf: Das Individuum wählt passend zu  $D$  und seinen Modellierungszwecken ein Phänomen  $E$  als Ersatzobjekt, d.h. es nimmt an  $E$  Untersuchungen vor, die dazu führen sollen, dass  $I$  ein Wissen über  $D$  erwirbt ohne aber  $D$  selbst in der betreffenden Hinsicht umfassend zu untersuchen.

Die Ersatzfunktion derer sich  $I$  mit Blick auf  $D$  bedient wenn es  $E$  untersucht macht es erforderlich, dass  $I$  Zusammenhänge zwischen  $D$  und  $E$  herstellt. Stachowiak hat diese Zusammenhänge in drei Merkmalen organisiert, die er als charakteristisch für die Modellbeziehung sah. Dabei handelt es sich um das:

- *Abbildungsmerkmal*, d.h.  $I$  schreibt  $E$  Eigenschaften zu, die es auch  $D$  zuschreibt. Weiter handelt es sich um das
- *Verkürzungsmerkmal*, d.h.  $I$  schreibt  $E$  Eigenschaften nicht zu die es  $D$  zuschreibt. Schliesslich benennt Stachowiak das
- *Pragmatische Merkmal*, d.h. dass  $E$  nur für bestimmte Zwecke, von bestimmten Individuen, Zeitspannen und Operationen für das Ding  $D$  genommen wird bzw. werden soll.

Die Modellbeziehung wurde für Stachowiak durch die Antworten auf die folgenden Fragen charakterisiert: „Modell wovon?“, „Modell für wen?“, „Modell wozu?“ und „Modell für welchen Zeitraum?“. Hat  $I$  den Gegenstand  $E$  geeignet (gedanklich) konstruiert und untersucht, so wird  $I$  sich legitimiert sehen solche Untersuchungsergebnisse von  $E$  auf  $D$  zu übertragen, die von Eigenschaften abhängen, welche  $D$  und  $E$  gemeinsam zugeschrieben wurden und die nicht oder nur unwesentlich von Eigenschaften von  $E$  abhängen, die  $D$  nicht zugeschrieben worden sind.

Stachowiak spricht im Zusammenhang mit der Modellbeziehung von einer so genannten pragmatischen Ordnung der zu Folge das Original dem Modell in zeitlicher Folge vorausgehe, weil das Modell dem Original nachgebildet werde. Das trifft natürlich für einen gewissen Bereich der Modellierung auch in der Angewandten Informatik zu. Es berücksichtigt aber nicht den Umstand, dass vielfach Modelle als Vorbilder erst noch herzustellender Originale verwendet werden. Die Festlegung der pragmatischen Ordnung in der soeben dargestellten Weise verhindert aber nicht nur die Behandlung der so genannten Referenzmodellierung ar-

sserhalb der Informatik, vgl. z.B. die Hinweise zur Referenzmodellierung im Beitrag von M. Hofman in diesem Band. Es schliesst vielmehr auch Verhältnisse wie das eines Entities zu seinem Entity Typ oder das Instantiieren eines Objektes zu einer Klasse in der objektorientierten Programmierung aus dem Spektrum der Stachowiakschen Modellbeziehung aus. Um dieses Spektrum zu erweitern führe ich als weitere Charakterisierung von Modellen ihren Bezug ein. Dieser kann ein deskriptiver sein und erlaubt dann Stachowiaks Modellbeziehung zu umfassen. Er kann aber auch ein präskriptiver sein und erlaubt dann die Behandlung der Referenzmodellierung in der das Modell dem Original zeitlich vorhergeht. Unten werde ich auf den Bezug von Modellen nicht mehr eingehen.

## 5. Konzeptualisierungskonzepte

Es hat zunächst den Anschein, dass Modellierungsbegriff und Abstraktionskonzept wenig Gemeinsamkeiten haben. Unter Rückgriff auf die Modellbeziehung wird hier nun gezeigt, dass dies keineswegs der Fall ist. Dazu wird der Begriff Konzeptualisierungskonzept eingeführt. Ein Konzeptualisierungskonzept  $K$  ist ein Konzept davon, wie etwas konzeptualisiert wird. Es wird formalisiert als eine Modellbeziehung  $M(D,E,I)$ , die als Gegenstand im Diskursbereich *Gedanken eines modellierenden Individuums  $I$*  betrachtet wird. Die von Stachowiak aufgeworfenen Fragen werden im Bedarfsfall jeweils unter den folgenden Punkten beantwortet: *Original*, *Modell*, *Zweck*, und *Zeitraum*. Dabei werden Abbildungs- und Verkürzungsmerkmal gebührend zu behandeln sein. Modell und Original werden hier als Mengen vom Individuum  $I$  gefällter Urteile betrachtet. Die jeweils zugrunde gelegte Ontologie bestimmt welche Art von Phänomen durch diese Urteilmengen spezifiziert wird. In Einzelfalluntersuchungen muss gegebenenfalls festgestellt werden, ob sich die modellierende Individuen mittels dieser Spezifikationen dann auf die richtigen Phänomene beziehen.

Ich unterscheide zwei Arten von Konzeptualisierungskonzepten: Modellierungsbegriff und Abstraktionskonzept. Ein Modellierungsbegriff ist ein Konzeptualisierungskonzept, dessen Original gemäss der zugrundegelegten Ontologie ein reales Phänomen spezifiziert, was sein Modell jedoch nicht tut. Ein Abstraktionskonzept hingegen ist ein solches Konzeptualisierungskonzept dessen Original und Modell gemäss der zugrundegelegten Ontologie reale Phänomene spezifizieren.

Modellierungskonzepte können am Beispiel der Auto Herstellung erklärt werden. Ein Ingenieur  $I$  kann das Geschehen  $G$  bei der Lackierung eines Autos als einen Prozess  $P$  auffassen, wenn er die Qualität des Lacks verbessern oder die Lackierungskosten reduzieren will. Dabei wird er auf die zeitliche Folge der einzelnen Arbeitsschritte sowie die Abhängigkeit

des Lackauftrags von der Organisation dieser Arbeitsschritte achten. Geht es  $I$  aber darum zu prüfen, ob der Lackiervorgang in der neuen Lackierzelle vorgenommen werden kann, so wird er sich damit begnügen die Extrempositionen des Lackierautomaten zu identifizieren und sich nicht mehr dafür interessieren, ob diese Extrempositionen mehrfach eingenommen werden und für wie lange und in welcher Reihenfolge das geschieht.  $G$  wird in diesem Falle als eine Menge  $E$  von Extrempositionen des Automaten aufgefasst. In diesem Beispiel hat man es also mit Modellierungskonzepten  $K=M(G,P,I)$  bzw.  $L=M(G,E,I)$  zu tun, die jeweils mit  $G$  als Original und mit  $P$  bzw.  $E$  als Modell assoziiert sind.

Ebenfalls im Zusammenhang der Auto Herstellung können Abstraktionskonzepte illustriert werden. Zur effizienten Organisation des Produktionsvorgangs werden Autos als aus Teilen bestehende Ganze aufgefasst. Daher können die Teile unter Beachtung der jeweiligen Schnittstellen getrennt voneinander vorfabriziert und unter geeigneten Umständen zusammengebaut werden. Ein Ingenieur  $I$ , der den Auftrag hat die Produktion eines Teils  $T$  zu planen kann diesen Teil  $T$  an Stelle des Autos  $A$  nehmen wenn er z.B. einen Beitrag zur Steigerung der Autoqualität leisten will. Er verwendet dann ein Abstraktionskonzept  $M(A,T,I)$  und kann so Qualitätsurteile von  $T$  auf  $A$  übertragen. Neben der Aggregation kann auch die Generalisation in zwangloser Weise am Beispiel der Auto Produktion erklärt werden. Neben dem Standard Sitz „Economy“ kann es etwa den Sitz „Comfort“ geben, der so weit die „Schnittstellen“ betroffen sind „Economy“ substituieren kann aber zusätzlich eine elektrische Verstellmöglichkeit aufweist. Der Sitz „Luxury“, der ein um eine Sitzheizung aufgerüsteter „Economy“ ist kann die Diversifikation abschließen. Ein Innenraum Designer  $I$  könnte also die Abstraktionskonzepte  $M(Economy,Comfort,I)$  und  $M(Comfort,Luxury,I)$  verwenden. Als Zweck dieser Modellbeziehung ist das Motiv nennen die Ausstattungsvarianten übersichtlich aufzählen zu wollen.

## 6. Generische Sicht der Abstraktionskonzepte

Seien  $I$  ein modellierendes Individuum und  $M(X,Y,I)$  eine von  $I$  verwendete Modellbeziehung. Die oben erwähnten Abstraktionskonzepte werden nun im Rahmen der Modellbeziehung Stachowiaks im Einzelnen behandelt. Bedingt durch die vielfältige Verwendbarkeit der Abstraktionskonzepte der Angewandten Informatik wie der Modellbeziehung bleibt die folgende Aufzählung in dem Sinne beispielhaft, dass man die besprochenen Abstraktionskonzepte wohl auch anders behandeln könnte. Ich meine aber, dass trotzdem den Wert der Modellbeziehung für die Identifikation geeigneter Abstraktionskonzepte deutlich wird.

- Assoziation  
 $M(X,Y,I)$  ist eine Assoziation falls  $Y$  eine Begriffsmenge,  $X$  ein Begriff, das *Original* die Menge der Exemplarmengen von Elementen von  $Y$  und

das *Modell* diejenige Menge von Teilmengen dieser Exemplarmengen ist, welche als mit (wenigstens) einem Exemplar von  $X$  assoziiert gelten sollen. Das Abbildungsmerkmal ist dadurch erfüllt, dass das Modell sich strukturell nicht vom Original unterscheidet. Das Verkürzungsmerkmal dadurch, dass nur ein Teil der Exemplare des Originals zum Modell gezählt wird. Der *Zeitraum* ist z.B. der Abschnitt *Nutzung* im Software Lebenszyklus. Der *Zweck* besteht darin die Exemplare von Elementen von  $Y$  unter dem Gesichtspunkt des Eingehens einer bestimmten Beziehung mit Exemplaren von  $X$  zu betrachten. Dieser Zweck kann hinsichtlich mehrerer Beziehungen zu einem Begriff in  $Y$  aber auch zu anderen Begriffen verfolgt werden. Das Erreichen dieses Zwecks erlaubt es z.B. mit Blick auf die obigen Beispiele diejenigen Autos zu identifizieren, die bereits lackiert und mit Inneneinrichtung versehen sind.

- **Generalisation**

$M(X,Y,I)$  ist eine Generalisation, falls  $X$  eine Begriffsmenge,  $Y$  ein Begriff ist, das *Original* die Menge der Exemplarmengen von Elementen von  $X$ , das *Modell* aber die Menge der Exemplare von  $Y$  ist und jedes Exemplar eines Elementes von  $X$  auch Exemplar von  $Y$  ist. Der *Zeitraum* kann z.B. der Abschnitt Analyse des Software Lebenszyklus sein. Der Zweck kann z.B. darin bestehen eine inkrementelle Spezifikation der Elemente von  $X$  ausgehend von der Spezifikation von  $Y$  zu ermöglichen. Das Abbildungsmerkmal ist erfüllt, weil die Spezifikation von  $Y$  Teil der Spezifikation jedes der Elemente von  $X$ , also  $Y$  der Oberbegriff ist. Das Verkürzungsmerkmal ist erfüllt, da die Spezifikationen der Elemente von  $X$  sich in der Spezifikation von  $Y$  nicht erschöpft.

- **Klassifikation**

$M(X,Y,I)$  heisst Klassifikation, wenn  $X$  eine Begriffsmenge,  $Y$  ein Begriff ist, die Exemplarmengen von  $Y$  und der Elemente von  $X$  einelementig sind und die Exemplare der Elemente von  $X$  im Exemplar von  $Y$  enthalten ist. Das *Original* ist die Menge der Exemplare der Elemente von  $X$  und das *Modell* das Exemplar von  $Y$ , die Klasse. Der *Zweck* kann etwa sein die Exemplare der Elemente von  $X$  zu systematisieren um gegebenenfalls aufgrund der Ausprägung typischer Merkmale schnell nach den betreffenden Exemplaren suchen zu können. Der *Zeitraum* kann z.B. der gesamte Software Lebenszyklus sein. Das Abbildungsmerkmal ist erfüllt, weil hier wie üblich davon ausgegangen wird, dass die Klasse durch Spezifikationen der Merkmale der in ihr enthaltenen Exemplare beschrieben wird. Das Verkürzungsmerkmal ist erfüllt weil die Klasse keine Ausprägungen der Merkmale ihrer Exemplare hat.

- **Aggregation**

$M(X,Y,I)$  heisst *Aggregation*, falls  $Y$  eine Begriffsmenge,  $X$  ein Begriff, das *Original* die Menge der Exemplare von  $X$  und das *Modell* die Menge der Exemplarmengen der Elemente von  $Y$  ist. Der Zweck kann darin bestehen hervor zu heben welche Sichten auf die Exemplare von  $X$  (der Ganzen) im Sinne der Identifikation relativ selbständiger Anteile dieser Exemplare als wesentlich eingeschätzt werden. Das kann z.B. dazu genutzt werden Stücklisten herzustellen, die Produktion der Exemplare von



$X$  zu planen oder ihre Qualitätseigenschaften aus denjenigen von Exemplaren von Elementen von  $Y$  abzuleiten. Der Zeitraum kann dann z.B. der Abschnitt Anforderungsanalyse des Software Lebenszyklus sein.

## 7. Literatur

- [Bl92] Blume, Bruce I.; Software Engineering, a Holistic View; Oxford University Press; New York, Oxford; 1992.
- [BM97] Braha, Dan and Maimon, Oded; The Design Process: Properties, Paradigms, and Structure; IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans; 27(2) S. 146-166; 1997.
- [B\*99] Booch, Grady and Rumbaugh, James and Jacobson, Ivar; The Unified Modeling Language User Guide; Addison Wesley Longman, Inc.; Reading, Massachusetts, et al.; 1999.
- [Fe00] Fensel, Dieter; Relating Ontology Languages and Web Standards; In: Ebert, Jürgen and Frank, Ulrich (Hrsg.); Modelle und Modellierungssprachen in Informatik und Wirtschaftsinformatik; Dietmar Fölbach Verlag; Koblenz; S. 111 – 128; 2000.
- [F\*98] Fleissner, Peter and Hofkirchner, Wolfgang and Müller, Harald and Pohl, Margit and Stary, Christian; Der Mensch lebt nicht vom Bit allein...; Peter Lang GmbH, Europäischer Verlag der Wissenschaften; Frankfurt am Main; 1998.
- [HK87] Hull, Richard and King, Roger; Semantic Database Modeling: Survey, Applications, and Research Issues; ACM Computing Surveys, 29(3) S. 201 – 260; 1987.
- [H\*95] Hering, Ekbert and Gutekunst, Jürgen and Dyllong, Ulrich; Informatik Für Ingenieure; VDI- Verlag GmbH; Düsseldorf; 1995.
- [Ka96] Kaschek, Roland; Inheritance as a Conceptual Primitive; In: Thalheim, Bernhard (Hrsg.); Conceptual Modeling- ER'96; Springer Verlag; Berlin; S. 406 – 421; 1996.
- [Ka98] Kaschek, Roland; Prozessontologie als Faktor der Geschäftsprozessmodellierung;
- [Le90] Lensink, Jos; Ontologie ; In : Sandkühler, Hans Jörg (Hrsg.); Europäische Enzyklopädie Zu Philosophie und Wissenschaften; Bd III; Felix Meiner Verlag; Hamburg; 1990;
- [My98] Mylopoulos, John; Characterizing Information Modeling Techniques; In: Bernus, Peter and Mertins, Kai

- and Schmidt, Günter (Hrsg.); Handbook on Architectures of Information Systems; Chapter 2; Springer Verlag; Berlin et al.; S. 17 – 57; 1998.
- [M\*00] Mädche, A. and Schnurr, H. P., Staab, S. and Studer, R.; Representation – Language Neutral Modeling of Ontologies; In: Ebert, Jürgen and Frank, Ulrich (Hrsg.); Modelle und Modellierungssprachen in Informatik und Wirtschaftsinformatik; Dietmar Fölbach Verlag; S. 129 – 142; 2000.
- [Na92] Navathe, Shamkant B.; Evolution of Data Modeling for Databases; Communications of the ACM; 35(9) S. 112 – 123; 1992.
- [Po88] Polya, George; How to Solve it: A New Aspect of Mathematical Method; 2nd. Edition; Princeton University Press; Princeton, New Jersey; 1988.
- [PM88] Peckham, Joan and Marjanski, Fred; Semantic Data Models; ACM Computing Surveys; 20(3) S. 153 – 189; 1988.
- [RM99] Ruh, William A. and Mowbray, Thomas J.; CORBA and Software Architecture; EAI Journal; Mai / Juni 1999.
- [RN93] Rochfeld, Arnold and Negros, Pascal; Relationship of relationships and other inter-relationship links in ER model; Data & Knowledge Engineering; 9 S. 205 – 221; 1992/93.
- [SS77] Smith, John Miles and Smith, Diane C.P.; Database Abstractions: Aggregation and Generalization; ACM Transactions on Database Systems; 2(2) S. 105 – 133; 1977.
- [SS77a] Smith, John Miles and Smith, Diane C.P.; Database Abstractions: Aggregation; Communications of the ACM; 20(6) S. 405 – 413; 1977.
- [St73] Stachowiak, Herbert; Allgemeine Modelltheorie; Springer Verlag; Wien, New York; 1973.
- [St83] Stachowiak, Herbert; Erkenntnisstufen zum Systematischen Neopragmatismus und zur Allgemeinen Modelltheorie; In: Stachowiak, Herbert (Hrsh.); Modelle Konstruktionen der Wirklichkeit; Wilhelm Fink Verlag München; S. 87 – 146; 1983.
- [St92] Stachowiak, Herbert; Modell; In: Seiffert, Helmut and Radnitzky, Gerard (Hrsg.); Handlexikon Zur Wissenschaftstheorie; Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG; München; S. 219 – 222; 1992.
- [Th00] Thalheim, Bernhard; Entity – Relationship Modeling: Foundations of Database Technology; Springer Verlag; Berlin et al; 2000.