Stereotypen und ihre Verwendung in objektorientierten Modellen – Eine Klassifikation

Stefan Joos, Stefan Berner, Martin Glinz
Institut für Informatik, Universität Zürich
Winterthurerstr. 190, CH-8057 Zürich
{sjoos, berner, glinz}@ifi.unizh.ch

Martin Arnold
EDS/FIDES Informatik
Postfach, CH-8036 Zürich
{martin.arnold}@fides.ch

Zusammenfassung

Bekannt und populär wurden Stereotypen durch ihren Einsatz in den jüngst vorgestellten Sprachentwürfen der OPEN Modeling Language (OML) und der Unified Modeling Language (UML). Stereotypen eröffnen im Bereich der objektorientierten Modellierung interessante neue Möglichkeiten. Die Verwendung von Stereotypen birgt jedoch auch neue Probleme und Risiken bei der Modellierung. In diesem Beitrag wird eine Klassifikation von Stereotypen nach ihrer Ausdrucksmächtigkeit vorgeschlagen. Für jede Klasse von Stereotypen werden mögliche Einsatzgebiete sowie Stärken und Schwächen diskutiert.

1 Einleitung

Seit etwa 1990 ist eine Vielzahl von objektorientierten Modellierungssprachen für die Spezifikation von Software entwickelt worden [Stein94]. In jüngster Zeit gibt es Bestrebungen zur Standardisierung beziehungsweise zur Integration verschiedener Ansätze. Resultat dieser Bemühungen sind unter anderem zwei Modellierungssprachen, die Unified Modeling Language [UML97] und die OPEN Modeling Language [OML96], die beide noch in der Entwicklungsphase sind. Im Unterschied zu früheren Entwicklungen enthalten diese Ansätze Möglichkeiten, die eigentliche Modellierungssprache durch neue Konstrukte zu erweitern. Hierfür werden sogenannte *Stereotypen* verwendet.

Der Begriff der Stereotypen wurde im Zusammenhang mit objektorientierter Modellierung erstmals von Wirfs-Brock [WirfsBrock94] verwendet. Grundidee bei ihr ist, Objekte nach ihrem primären Zweck und unabhängig von Spezialisierungshierarchien zu klassifizieren. Ihre Stereotypen-Klassifikation unterscheidet die Objektarten *Domänen-, Entwurfs-*, *Steuerungs-*, *Delegierungs-*, *Struktur-*, *Leistungs-* und *Schnittstellenobjekte* sowie *Informationsbehälter*. Ausgehend von Wirf-Brock's Idee der Metaklassifikation können nun Stereotypen dahingehend erweitert werden, daß über beliebige Sprachkonstrukte einer Sprache neue Klassifikationen definiert und diesen Konstrukten dadurch zusätzliche Eigenschaften zugeordnet werden können. Diese erweiterte Bedeutung von Stereotypen wird in der UML und OML verwendet und ist Grundlage für die weiteren Überlegungen. Da Stereotypen auch für andere als objektorientierte Modelle vorstellbar sind, definieren wir allgemein Stereotypen folgendermaßen:

> *Definition: Stereotypen klassifizieren die Elemente eines Modells zusätzlich zu bereits vorhandenen Klassifikationsarten. Ein Stereotyp einer Modellierungssprache ist ein Beschreibungsmechanismus, der zu bestehenden Sprachkonstrukten präzisierende, ergänzende oder verändernde Aussagen über Modellelemente macht.*

Stereotypen für objektorientierte Modellierungssprachen klassifizieren entsprechend Modellelemente der Art: «Klasse», «Beziehung», «Subsystem» etc. Im folgenden beschäftigen wir uns ausschließlich mit Stereotypen für objektorientierte Modellierungssprachen. Durch ihren Einsatz verspricht man sich flexiblere, aussagekräftigere Sprachen, die zudem erweiterbar und auf gegebene Problembereiche anpassbar sind. Auf der anderen Seite erschweren Stereotypen mit ihrer Vielfalt an Möglichkeiten das Verständnis und die einfache Handhabung einer Modellierungssprache. Zudem ist die Definition geeigneter Stereotypen keine einfache Aufgabe. Ein unbedachter Einsatz von Stereotypen kann statt Nutzen sogar Schaden stiften. Daher ist ein vertieftes Verständnis des Wesens von Stereotypen und sinnvoller Einsatzmöglichkeiten wichtig.

Untersucht man verschiedene Verwendungsmöglichkeiten von Stereotypen, so findet man große Unterschiede beim Umfang, in dem ein Stereotyp neue Eigenschaften für das zugrundeliegende Sprachkonstrukt definiert. Einfache Ergänzungen beschränken sich auf Variationen in der Darstellung oder haben kommentierenden Charakter, während komplexere Ergänzungen die Bedeutung eines Sprachkonstruktes erweitern oder gar abändern. Daher erscheint es uns sinnvoll, Stereotypen nach ihrer Ausdrucksmächtigkeit zu klassifizieren (Kapitel 2) und auf dieser Basis Einsatzmöglichkeiten (Kapitel 2) sowie Stärken und Schwächen (Kapitel 3) zu diskutieren.

2 Eine Klassifikation für Stereotypen

Wir unterscheiden vier Arten von Stereotypen: *Dekorative*, *deskriptive*, *restriktive* und *redefinierende Stereotypen*.

Ein *dekorativer Stereotyp* variiert die Darstellung eines Modellelementes und verändert so das äußere Erscheinungsbild von Modellen. Dem Modell selbst bzw. den Modellkonstrukten wird keine zusätzliche Information oder Bedeutung hinzugefügt.

Ein *deskriptiver Stereotyp* gibt eine ergänzende Information in der Art eines standardisierten Kommentars, ohne damit die Bedeutung des Modellelementes zu verändern. Deskriptiv stereogetypte Modellelemente können zusätzlich auch eine neue Darstellung erhalten.

Ein *restriktiver Stereotyp* ist ein deskriptiver Stereotyp, der zusätzlich strukturelle Restriktionen über dem Modellelement erlaubt. Strukturelle Restriktionen sind verbindliche Aussagen über den Aufbau des Modellelementes oder über das Vorhandensein/Nichtvorhandensein korrespondierender Modellelemente.

Ein *redefinierender Stereotyp* hat die gleiche Funktion wie ein restriktiver Stereotyp, mit dem Unterschied, daß nicht nur Restriktionen, sondern auch Änderungen der «Kern»-Bedeutung eines Modellelementes möglich sind. Auf diese Weise kann die Semantik eines Modellkonstruktes verändert werden.

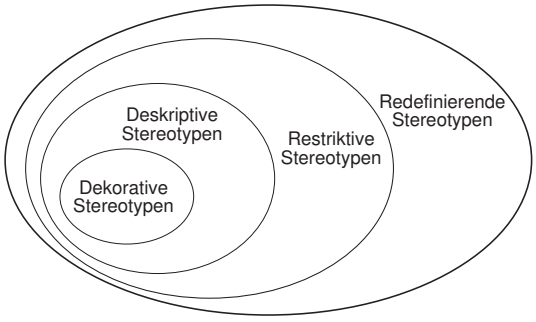

Abb 1: Klassifikation von vier aufeinander aufbauenden Stereotypen

Die vier Stereotyparten bauen aufeinander auf (Abb. 1). Alles, was mit einem «schwächeren» Stereotyp modelliert werden kann, ist auch mit einem «stärkeren» Stereotyp möglich. Im folgenden zeigen wir Einsatz–möglichkeiten für die vier Stereotyparten anhand von Beispielen.

Beispiele für dekorative Stereotypen

Die äußere Repräsentation von Sprachkonstrukten kann an Normen, Firmenstandards oder persönliche Vorlieben angepaßt werden. Beispiele:

- In textuellen Darstellungen: Änderung von Schlüsselworten (etwa *TYPE* statt *CLASS*), Schriftattributen (Größe, Stil, Farbe, ...) oder anderer Formatierungen (Einrückung, Zeilenabstand ...).
- In graphischen Darstellungen: Variation der graphischen Symbole, von anderen Farben oder Linienstärken bis hin zur Definition vollständig anderer Symbole. In der UML könnte beispielsweise die graphische Symbolik durch diejenige aus OOAD [Booch94] ersetzt werden (Abb. 2).

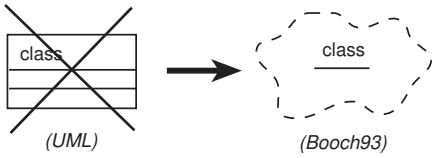

Abb 2: Einsatz eines dekorativen Stereotyps

Beispiele für deskriptive Stereotypen

Klassen lassen sich nach bestimmten Merkmalen gliedern, ohne daß die Sprache etwas über deren Struktur und Bedeutung aussagt. Beispiel:

- Eine Gliederung von Objekten nach Wirfs-Brock in Domänenobjekte, Entwurfsobjekte, usw. [Wirfs-Brock94] oder nach der OOSE-Methode [Jacobson94] in Gegenstands-, Schnittstellen- und Steuerklassen.
- Eine Gliederung von Klassen nach der Model-View-Controller-Metapher oder einer Werkzeug-Material-Behälter-Metapher.

Die Definition der Grundsprache läßt sich präzisieren, zum Beispiel durch eine

- Unterscheidung von bidirektionalen und unidirektionalen Beziehungen in der UML [UML97] (optional durch eine entsprechende Pfeilsymbolik dekoriert)
- Unterscheidung verschiedener Beziehungsarten (Assoziation, Benutzung, Enthaltensein,...) in einer Sprache, die nur primitive Beziehungen kennt
- Erweiterung der Sprachdefinition um ein Konstrukt *Author* (ein Stereotyp eines Kommentars, z. B. eines *notes*), welches zu Klassen (oder anderen Konstrukten) den Autor angibt.

Beispiele für restriktive Stereotypen

Analog zu deskriptiven Stereotypen können hier Sprachkonstrukte gegliedert, präzisiert und erweitert werden. Zusätzlich aber sind den Stereotypen syntaktisch nachprüfbare Bedingungen zugeordnet, die von den jeweiligen Modellelementen erfüllt werden müssen. Beispiele:

- Präzisierung von Packages in UML mit einem Stereotyp, der das Konstrukt *Class Category* aus OOAD [Booch94] nachbildet, mit den Bedingungen

- Eine *Class Category* darf nur Klassen oder andere *Class Categories* enthalten

- Zwischen *Class Categories* sind nur Benutzungsbeziehungen erlaubt

- *Class Categories* können Klassen mit der Stereotypausprägung *export* enthalten. Klassen außerhalb der *Class Category* dürfen nur Beziehungen zu Komponenten der *Class Category* haben, welche die Stereotypausprägung *export* haben.

- Restriktive Präzisierung von Beziehungen in bi- und unidirektionale Beziehungen mit der Bedingung, daß bidirektionale Beziehungen zwei Bezeichnungen besitzen müssen (für jede Richtung eine) und unidirektionale nur eine Bezeichnung haben dürfen.
- Restriktive Erweiterung des Konstrukts *Class* durch ein neues Schlüsselwort *Requirements*, dem eine oder mehrere Nummern folgen müssen, welche die in dieser Klasse modellierten Benutzeranforderungen identifizieren.
- Verwendung einer Model-View-Controller-Struktur, d.h. die Unterteilung von Klassen in *Model*, *View* und *Controller* (siehe Beispiele für deskriptive Stereotypen) *und* die notwendige Modellierung von Beziehungen zwischen *Model* und *View* und zwischen *Model* und *Controller*. Zwischen *Model* und *View* dürfen keine Beziehungen exisitieren.
  Anmerkung: Ohne die Beziehungs-Restriktion wäre dieser Stereotyp lediglich deskriptiv.

Restriktive Stereotypen können insbesondere verwendet werden, um in eine gegebene Basissprache eine andere Sprache oder Teile davon einzubetten.

Beispiele für redefinierende Stereotypen

Redefinierende Stereotypen können Struktur und Bedeutung eines Konstrukts verändern. Beispiele:

- Definition eines Stereotypes *Schema* für Klassen, welcher die Klasse so redefiniert, daß nur syntaktisch richtige Schemata der Sprache Z [Wordsworth92] als Inhalt erlaubt sind.
- Definition eines Stereotyps *Use Case* für Klassen in UML, welcher die übliche Klassenstruktur von Name-Attribute-Methoden ersetzt durch Name-Auslösender Aktor-Beschreibung.

3 Stärken und Schwächen der klassifizierten Stereotypen

Dekorative Stereotypen

⊕ Dekorative Stereotypen eröffnen dem Modellierer eine neue Dimension, die bisher Privileg der Sprachentwickler war. Nun steht es jedem Modellierer offen, die Symbolik einer bestimmten Notation nach seinem persönlichen Geschmack zu gestalten.

⊖ Die Änderbarkeit der Notation ist praktisch; sie gehört aber in den meisten Fällen nicht in eine Sprachdefinition, sondern in das Werkzeug, mit dem die Sprache angewendet wird. Dies gilt beispielsweise für alle Änderungen von Schriftattributen, Farben, Formatierungen, etc.

Wenn zu viele Leute die Notation auf ihre persönlichen Vorlieben zuschneiden, besteht außerdem die Gefahr einer babylonischen Notationsverwirrung, die zur Folge hat, daß man die Modelle Anderer nicht mehr lesen kann.

Deskriptive Stereotypen

⊕ Deskriptive Stereotypen eignen sich sehr gut für eine wohldefinierte syntaktische Anreicherung einer Modellierungssprache. Sie erfüllen ähnliche Aufgaben wie Kommentierungskonstrukte im Bereich der Programmiersprachen. Insbesondere sind sie geeignet, um

- Dinge syntaktisch präzise zu modellieren, für die es in der zugrundeliegenden Sprache keine eigenen Konstrukte gibt, zum Beispiel Zusicherungen, Invarianten, Entwurfsentscheidungen, nicht behandelte Ausnahmesituationen, usw. Die präzisere Modellierung wird noch verschärft, indem bestimmte Stereotypen nicht nur optional, sondern erforderlich sind.
- die Wiedererkennung bekannter Beschreibungen in Modellen zu erhöhen und dadurch ebenfalls die Verständlichkeit derselben zu verbessern (Beispiel: Die Stereotypen von Wirfs-Brock, Kapitel 1)

Darüber hinaus sind zur Bereitstellung von deskriptiven Stereotypen keine komplexen Sprachmittel nötig.

⊖ Es ist zu beachten, daß

- eine Kommentierung die «strukturelle» Qualität eines Objektmodells nur in geringem Masse verbessert. Schlecht strukturierte Objektmodelle werden weder verhindert noch aufgewertet.
- bestimmte Schwächen einer Sprache durch die Stereotypisierung bestehender Sprachkonstrukte gar nicht oder nicht zufriedenstellend ausgeglichen werden können. Es ist beispielsweise mit Stereotypen nicht möglich, im Rahmen eines Klassenmodells kontextspezifische Aussagen über einzelne Objekte zu treffen (z. B. nur im Teilsystem *x* hat das Objekt der Klasse *xy* die Rolle *abc*), da alle Objekte den Stereotyp der stereogetypten Klasse übernehmen [Joos97].

- mit zunehmender Anzahl an verwendeten Stereotypen die Verständlichkeit des Modells abnimmt. Deskriptive Stereotypen müssen daher mit Bedacht gewählt und eingesetzt werden.

Restriktive Stereotypen

⊕ Restriktive Stereotypen gehen deutlich über die Möglichkeiten dekorativer und deskriptiver Stereotypen hinaus. Durch die Formulierung von Restriktionen kommentieren sie nicht nur, sondern erlauben eine modellunterstützte Formulierung neuer, spezieller Konstrukte.

- Bedeutungsarme Konstrukte können durch aussagekräftigere Konstrukte ersetzt werden. So lassen sich zum Beispiel die *Packages (UML 1.0)* durch die präziseren *Class Categories* [Booch94] ersetzen.
- Modelle können durch Entwurfsmuster (Design Patterns, [Gamma95]) angereichert werden. Ein Entwurfsmuster wird durch eine Menge geeignet gewählter Stereotypen definiert. Modelle werden dadurch bis zu einem bestimmten Grad durch bekannte Strukturen standardisiert, was die Verständlichkeit und Lesbarkeit verbessert. Weiterhin können die Stereotyp-Restriktionen in Entwurf und Implementierung umgesetzt werden, zum Beispiel in Java-Interfaces. Im Gegensatz zu deskriptiven Stereotypen ist es hier möglich, die Eigenschaften der Stereotypen mit Hilfe von Werkzeugen zu kontrollieren.
- Spezialisierungen können alternativ durch Stereotypen und nicht in Form einer Spezialisierungshierachie modelliert werden. Klassenmodelle sind so weniger überladen und dadurch verständlicher.

⊖ Diesen Vorteilen stehen folgende Nachteile bzw. Einschränkungen gegenüber:

- Dekorative und deskriptive Stereotypen sind ohne großen Lern- bzw. Entwicklungsaufwand einzusetzen. Restriktive Stereotypen hingegen erfordern profunde Kenntnis der Metasprache und der Restriktions-Beschreibungsmechanismen.
- Für die Entwicklung von restriktiven Stereotypen sind zudem geeignete Beschreibungsmechanismen vonnöten, um die Restriktionen formulieren zu können. Dies wirkt sich wiederum auf die Komplexität der zugrundeliegenden Sprache aus. Restriktionen nur mit Hilfe der natürlichen Sprache zu beschreiben, ist wenig sinnvoll, da dann eine formale Prüfung mittels Werkzeugen unmöglich ist.

Redefinierende Stereotypen

⊕ Mit redefinierenden Stereotypen ist es möglich, eine allgemein gehaltene Primitivsprache fast beliebig zu erweitern. Die Erweiterung ist hochgradig anpaßbar auf spezielle Anforderungen; selbst nichtobjektorientierte Sprachkonzepte lassen sich hinzufügen. Eine solche stereogetypte Primitivsprache ist universell einsetzbar und an jedes Problem anpaßbar.

⊖ Der konsequente Einsatz redefinierender Stereotypen führt zu einer Landschaft voller lokaler und individueller Modelldialekte. Die zentrale Aufgabe eines Modells, nämlich die eines Kommunikationsinstruments, wird dadurch gefährdet.

Das Schaffen einer guten Sprache ist schwierig und aufwendig. Durch die Bereitstellung einer stereogetypten Primitivsprache wird ein wesentlicher Teil der Sprachdefinition von den Sprachentwicklern auf die Modellierer verlagert. Letztere sind damit in aller Regel überfordert. Die Gefahr, daß die resultierenden Stereotypsprachen qualitativ minderwertig sind, ist daher groß. Außerdem werden Modellierer in der Regel für das Modellieren und nicht für die Entwicklung von Modellierungssprachen bezahlt.

Die Schaffung redefinierender Stereotypen stellt hohe Anforderungen an die Metasprache der zugrundeliegenden Basissprache: Es muß mit den Mitteln der Metasprache möglich sein, die Syntax und Semantik von Stereotypen mindestens genauso präzise zu beschreiben wie die Syntax und Semantik der Basissprache.

4 Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Die Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen der vier Stereotyparten in Kapitel 3 zeigt, daß bei dekorativen und redefinierenden Stereotypen die Nachteile stark überwiegen. Sowohl die Veränderung der äußeren Darstellung allein als auch die tiefgreifende Veränderung einer Sprache mit Hilfe von Stereotypen erweisen sich als wenig sinnvoll. Von praktischer Bedeutung sind daher primär deskriptive und restriktive Stereotypen. Deren Stärke liegt vor allem darin,

- Modelle durch unternehmensweit oder projektspezifisch standardisierte Informationsblöcke aussagekräftiger zu machen
- Defizite in einer gegebenen Modellierungssprache auszugleichen und damit eine problemadäquate Modellierung zu ermöglichen.

Stereotypen sind jedoch keine Wundermittel und haben nicht automatisch bessere Modelle zur Folge. Stereotypen sind ein zusätzliches Sprachkonstrukt. Jedes zusätzliche Sprachkonstrukt vermindert zunächst die Verständlichkeit der Sprache. Ob dies durch eine sinnvolle Verwendung wettgemacht werden kann, ist im Falle der Stereotypen derzeit noch offen. Eine Spracherweiterung durch Stereotypen setzt zudem eingehendes Wissen über die Sprache voraus. Weiterhin muß mit Aufwand gerechnet werden, um geeignete Stereotypen zu bestimmen und um in Projekten verwendete Stereo-

typenkonfigurationen zu verwalten und zu pflegen. Vor der Einführung von Spracherweiterungen sind zudem weniger aufwendige Alternativen abzuklären. Sind nur wenige Spracherweiterungen erforderlich bzw. werden diese nur in wenigen Spezialfällen verwendet, können diese auch durch konventionelle Kommentierungskonstrukte wie *notes, metaclasses* oder *tagged values* [Booch94]) und entsprechende Entwicklungsrichtlinien realisiert werden.

Literatur

[Booch94] Booch, G. (1994): *Object-Oriented Analysis and Design with Applications,* 2nd ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc..

[Gamma95] Gamma, E. (1995): *Design Patterns: Elements Of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley Publishing Company.

[Jacobson94] Jacobson, I., Christerson, M., Jonsson, P, Övergaard, G. (1994): *Object-Oriented Software Engineering – A Use Case Driven Approach*. Addison-Wesley Publishing Company.

[Joos97] Joos, S., Berner, S., Arnold M., Glinz, M. (1997): Hierarchische Zerlegung in objektorientierten Spezifikationsmodellen. *Softwaretechnik-Trends*, 17, 1 (Feb. 1997), 29-37.

[OML96] Firesmith, D., Henderson-Sellers, B. H., Graham, I., Page-Jones, M. (1996): *Open Modeling Language (OML) – Reference Manual*. OPEN Consortium.

[Wordsworth92] Wordsworth, J. B. (1992): *Software Development with Z*. Addison-Wesley Publishing Company.

[Stein94] Stein, W. (1994): *Objektorientierte Analysemethoden: Vergleich, Bewertung, Auswahl*. Mannheim [u.a.]: BI-Wissenschaftsverlag.

[UML97] Booch, G., Jacobson, I., Rumbaugh, J. (1997): *The Unified Modeling Language for Object-Oriented Development*, Documentation Set Version 1.1, Rational Software Corporation.

[WirfsBrock94] Wirfs-Brock, R., Wilkerson, B., Wiener, L. (1994): Responsibility-Driven Design*: Adding To Your Conceptual Toolkit*. ROAD, Volume 1, No. 2; (July-August 1994), 27-34.