Materialsammlung - Formale Methoden: OCL und Eclipse

Prof. Dr. Hans-Jürgen Buhl

Sommersemester 2010

Fachgruppe Mathematik und Informatik
FB C
Bergische Universität Wuppertal

Praktische Informatik
PIBUW - SS10
April 2010
5. Auflage, 2010
Praktische Informatik 02

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Listings

Formale Methoden
4 V Di 12 - 14 HS08
Do 12 - 14 HS08
Einordnung: Master IT; Master Mathematik; Nebenfächer und Studienschwerpunkte Informatik anderer Studiengänge

Inhalt: Softwarequalität, Zusicherungen, Klassifizierung von Klassenmethoden; Programming by Contract; Vorbedingungen, Nachbedingungen und Invarianten; Contracts bei der Vererbung; formale Spezifikation mit OCL2 und Eclipse; Frame-Regeln; Fallstudien formaler Spezifikation.

Übungen zu Formale Methoden
2 Ü Do 16 - 18 G15.34

Vorbemerkungen:

Formale Methoden

Inhalte:

1. Softwaregüte

2. Zusicherungen in Algorithmen:
   Konstruktoren, Modifikatoren,
   Observatoren und Destruktoren;
   Ausnahmebedingungen

3. Methodik *Programming by Contract*:
   Vorbedingungen, Nachbedingungen und Invarianten;
   Softwareanbieter/Softwarenutzer

4. Startwerte, Vererbung von Klasseninvarianten,
   Methodenvor- und -nachbedingungen

5. Formale Spezifikation (in OCL2):
   UML-Klassendiagramme und *Constraints*
   virtuelle Attribute und Methoden,
   redundante Attribte und Methoden;
   Constraints an Attribte, Methoden und
   Assoziationen; Container-Typen; Frame-Regeln

6. Fallstudien von formal spezifizierter
   Software (Algorithmen und Datenstrukturen)

7. Von der formalen Spezifikation zur (Prototyp-)Software

Modulziele:

Die Studierenden lernen formale Software-Modelle lesen, verstehen und kritisieren, um formale Methoden als ein Kommunikationsmittel der Teammitglieder eines Software-Entwicklungsteams schätzen zu lernen. Sie entwickeln mit Hilfe der formalen Spezifikation Teilsysteme von realistischen Softwaremodellen selbst.

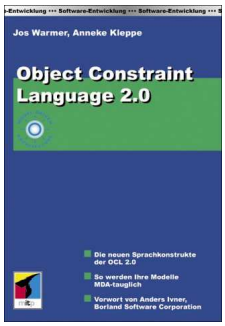
Literatur:

Wolfgang Zuser
Software Engineering
Mit UML und dem Unified Process
Gebundene Ausgabe - 464 Seiten
Pearson Studium
Erscheinungsdatum: Juni 2004

Auflage: 2., überarb. Aufl.
ISBN: 3827370906

Jos Warmer
Object Constraint Language2.0
Broschiert - 240 Seiten
Mitp-Verlag
Erscheinungsdatum: März 2004

ISBN: 3826614453



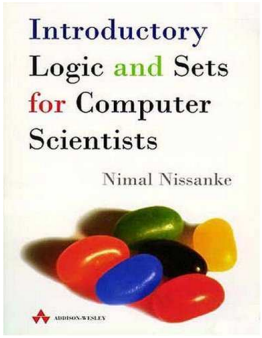
OMG
Object Constraint Language
OMG Available Specification
Versionb 2.0
http://www.omg.org/spec/OCL/

Tony Clark, Jos Warmer
Object Modeling with the OCL.
The Rationale behind the Object Constraint Language
http://www.amazon.de/Object-Modeling-OCL-Rationale-Constraint/dp/3540431691
ISBN: 3-540-43169-1

Nimal Nissanke
Introductory Logic and Sets for Computer Scientists.

Broschiert - 400 Seiten
Addison Wesley
Erscheinungsdatum: Oktober 1998

ISBN: 0201179571



Martin Kreuzer, Stefan Kühling
Logik für Informatiker

Pearson Studium
Erscheinungsdatum: März 2006

ISBN: 3827372151

Dan Pilone
UML 2.0 kurz & gut
O'Reilly
Köln
2. Auflage, 2006
http://www.amazon.de/UML-2-0-kurz-gut-Pilone/dp/3897215217
ISBN: 3-89721-521-7

Harald Störrle
UML 2 für Studenten

Pearson Studium
Erscheinungsdatum: Auflage: 1 Mai 2005

ISBN: 3827371430

FOLDOC - Free-On-Line-Dictionary-Of-Computing

http://wombat.doc.ic.ac.uk/foldoc/

Eine Suche bei FOLDOC zu **formal methods** und **specification** ergibt folgendes:

Formale Methoden / formal methods
<Mathematik Spezifikation> Mathematisch basierte Technick zur Spezifikation, Entwicklung und Verifikation von Software und Harware Systemen.

Spezifikation / specification
Ein Dokument welches beschreibt, was ein System tun soll (nicht wie es das erledigen soll)!
Manchmal ist dazu auch ein exemplarisch zitierter Algorithmus sinnvoll.

Benutzte UML2-/OCL-Tools

Hilfsmittel (Tools) zur formalen Spezifikation von OOP-Modellen mit Hilfe von OLC2:

Papyrus 1.11:
http://www.papyrusuml.org

oder in Kürze: http://wiki.eclipse.org/MDT/Papyrus

(Verfügbar (vorinstalliert) auf dem PI-Ausbildungscluster!)

Hinweis zur externen Benutzung des Ausbildungsclusters:
http://www.nomachine.com/download.php

Dazu installierte Serversoftware auf unserem Ausbildungscluster: FreeNX.

Einleitende Bemerkungen

Die „Object Constraint Language“
http://de.wikipedia.org/wiki/Object_Constraint_Language
und einige erste „Constraints“:

```
context Person inv: eltern->size() <= 2 ...
```

OMG-Dokumentation von OCL2: http://www.omg.org/spec/OCL/2.2/

- **Formale Methoden**

  sind logikbasierte Technicken für die
  Spezifikation,
  Entwicklung und
  Verifikation
  von SW- und Hardwaresystemen.

- Die **Spezifikation** eines Systems ist ein Dokument, das beschreibt, was ein System tun soll (nicht wie es das tun soll).

- **Beispiele für entsprechende Beschreibungen:**

  a) Eine Funktion kann **implizit** (durch Angabe von Eigenschaften) spezifiziert werden:

  $$\begin{array}{l} max(s : \mathbb{N}_1\text{-set})m : \mathbb{N}_1 \\ \text{pre card } s \neq 0 \\ \text{post } m \in s \wedge \forall x \in s \cdot m \geq x \end{array}$$

  b) Eine Funktion kann **explizit** (durch Angabe eines Algorithmus) spezifiziert werden:

  $min(r : Real) : Real$
  post: if self <= r then result = self else result = r endif

- **Explizite Spezifikationen** sind immer im Sinne *einer* exemplarischen Beschreibung aufzufassen. Alle Implementierungen des Softwaresystems, die zu dieser Spezifikation äquivalente Ergebnisse liefern sind zulässig.

- Ideal wären eigentlich immer implizite Spezifikationen (warum?), jedoch sind expliziete (formale) Spezifikationen besser als gar keine oder nur umgangssprachliche Spezifikationen, da man hier nachlesen kann, was *genau* der Zweck einer Methode ist, zum Beispiel (im OCL-Handbuch):

Spezifikation **Collection(T)::count()**

```
context Collection(T)::count(object : T) : Integer
   post: result = self->iterate( elem; acc : Integer = 0 |
   if elem = object then acc + 1 else acc endif)
...
```

Weitere Spezifikationshilfsmittel sind Verträge (bestehend aus Vor- und Nachbedingungen):

- **Vor-/Nachbedingungen**

```
context Sequence(T)::subSequence(lower: Integer,
                                 upper: Integer):Sequence(T)
   pre : 1 <= lower
   pre : lower <= upper
   pre : upper <= self->size()
   post: result->size() = upper -lower + 1
   post: Sequence{lower..upper}->forAll( index |
         result->at(index - lower + 1) = self->at(index))
...
```

Sie erlauben die eindeutige Verantwortlichkeitszuordnung: Im Fehlerfall Vorbedingung verletzt (Aufrufender verantwortlich), Nachbedingung bei eingehaltener Vorbedingung verletzt (Software-Produzent verantwortlich).

- **Beispiel zu Spezifikationsmängeln:**

  Euro-Panne bei der Deutschen Bank 24 (Update)

  Geldautomaten der Deutschen Bank 24 müssen sich wohl an den Euro erst noch gewöhnen. Wer Anfang Januar Euro-Beträge von Geldautomaten dieser Bank bezogen hat, durfte sich am heutigen Freitag wundern, dass ihm die Bank das 1,95-fache vom Konto abgebucht hat. Offensichtlich haben die Bank-Computer an Stelle der maßgeblichen Euro-Summe irrtümlich mit dem Zahlenwert des umgerechneten DM-Betrags gerechnet.

  Verunsicherte Kunden erfuhren zunächst nur, dass sogar die Angestellten der Bank dem Problem zum Opfer gefallen sind. Mit der Hoffnung auf hilfreichere Informationen mussten sie sich jedoch vorerst gedulden. Erst gegen elf Uhr konnten die Ansprechpartner an der Telefonhotline für etwas Beruhigung sorgen: "Das Problem ist bekannt, die falschen Buchungen werden automatisch zurückgezogen und korrigiert".

  Inzwischen fand die Bank heraus, dass bei einem nächtlichen Datenverarbeitungslauf einige Tausend der insgesamt etwa 1,5 Millionen angefallenenen Kontobewegungen durch einen Programmfehler falsch bearbeitet worden sind. Theoretisch hätten zwar auch herkömmliche Barabhebungen am Bankschalter betroffen sein können, doch zufällig drehte es sich bei den fehlerhaften Buchungen tatsächlich nur um Abhebungen von Geldautomaten, hieß es bei der Deutschen Bank 24. Das erklärt auch, warum bei anderen Banken, die gebührenfreies Abheben von denselben Geldautomaten wie die Deutsche Bank 24 ermöglichen, keine vergleichbaren Fehler aufgetreten sind.

  Markus Block, Sprecher der Deutschen Bank 24, erklärte gegenüber heise online, alle falschen Buchungen würden bis zum Samstag korrigiert sein, sodass kein Kunde finanzielle Nachteile zu erwarten habe. (hps/c't)

  Link zu diesem Artikel bei heise-online:
  http://www.heise.de/newsticker/meldung/23747

Weitere Softwarekatastrophen

Computer-Panne ließ die Telefone abstürzen

http://www.wz-newsline.de/index.php?redid=181930 30.10.2007

Düsseldorf. Am Tag nach dem teilweisen Zusammenbruch des Telefonnetzes war bei der Telekom in Düsseldorf Ursachenforschung angesagt. Wie sich herausstellte, war das Aufspielen einer neuen Softwareversion auf einen Vermittlungscomputer die Ursache der Störung.

In der Landeshauptstadt – ausgerechnet noch im Telekomgebäude an der Nobelmeile Königsallee – steht der besagte Server. Betroffen waren in erster Linie die Telefonate von Konkurrenzanbietern wie Arcor, die die Gespräche aus ihren lokalen Netzen über den Düsseldorfer Server ins bundesweite Telekomnetz einleiten.

Durch den Zusammenbruch des Vermittlungscomputers mussten die Gespräche über Server in Hamburg und Stuttgart umgeleitet werden. Dadurch wurden die Netze überlastet – auch Gespräche im Telekomnetz kamen dann nicht mehr zustande oder wurden falsch vermittelt. ...
Den Fehler zu finden, war nicht ganz einfach. „Er war zunächst nicht regional einzugrenzen“, sagt Wendtland. Wie sich dann herausstellte, war der Düsseldorfer Server schuld am Desaster. Man hatte gestern eine neue Software-Version auf diesen Rechner aufgespielt, die fehlerhaft sein muss. „Wir haben dann den Rechner komplett neu aufgesetzt“, sagt der Telekom-Sprecher. Das heißt: Die Software wurde komplett gelöscht und die ältere, stabile Version wieder installiert.

Gegen 20 Uhr war die Störung so wieder beseitigt.

Jetzt wird mit dem Hersteller der Software nach dem genauen Fehler gesucht. Aber auch die Stromversorgung des Servers wird überprüft. Spannungsschwankungen könnten den Ausfall auch verursacht haben.

http://catless.ncl.ac.uk/Risks
http://catless.ncl.ac.uk/Risks/24.88.html#subj3.1

Neuauflage desselben Szenarios: 30.09.2009
Computerprobleme legen Check-in-System der Lufthansa lahm

http://www.heise.de/newsticker/meldung/Computerprobleme-legen-Check-in-System-der-Lufthansa-lahm-798193.html

Computerprobleme haben an diesem Morgen bei der Fluggesellschaft Lufthansa dazu geführt, dass Passagiere zeitweise kein Gepäck aufgeben und nicht einchecken konnten. Auslöser des Problems ist nach Angaben eines Lufthansa-Sprechers ein Update des zentralen Check-in-Systems in Kelsterbach bei Frankfurt am Main. Nach dem Update seien die Server nicht wie gewünscht hochgefahren. Das führte dazu, dass Passagiere wie früher üblich händisch mit Bordkarten einchecken mussten.

Die Probleme setzten heute Morgen um 3.46 Uhr ein, nachdem das Update vorgenommen worden war. Die Server in Kelsterbach sind für die weltweite Abwicklung von Check-ins zuständig. Die Folge waren Flugverspätungen und -streichungen. Interkontinentalflüge von Deutschland aus seien nicht ausgefallen, erklärte der Lufthansa-Sprecher. Mittlerweile sei das Check-in-System wieder hochgefahren worden. Allerdings würden noch nicht alle Applikationen laufen, daher gebe es noch Probleme.
Die Fluggesellschaft ist noch dabei, die genaue Ursache der Probleme zu klären. Sie hofft, diese im Laufe des Vormittags in den Griff zu kriegen. Die Lufthansa bittet ihre Kunden, sich auf der Website über ihren gebuchten Flug zu informieren. Alternativ können sie im Lufthansa-Callcenter ...

Und wiederum: 21.04.2009
Netzausfall legt Millionen Handys lahm

http://www.rp-online.de/wirtschaft/news/unternehmen/T-Mobile-Chef-entschuldigt-sich_aid_699292.html

T-Mobile-Chef entschuldigt sich

(RP) Alle T-Mobile Kunden können wieder telefonieren. Wie die Telekom mitteilte, ist die bundesweite Störung im Handy-Netz behoben. T-Mobile-Chef Georg Pölzl entschuldigte sich bei allen Kunden. Am Dienstag konnten Millionen von T-Mobile-Nutzern wegen eines Computerproblems stundenlang nicht telefonieren. Die Panne löste bei vielen Verärgerung aus. ...
Grund für den Ausfall sei ein Software-Fehler bei einem Server, dem Home Location Register, gewesen. Die betroffene Technik sorgt dafür, dass eine Verbindung zwischen Mobilfunkstation und der zugehörigen Rufnummer hergestellt wird. Dort werden die Telefonnummern den einzelnen SIM-Karten zugeordnet.
Ein Sprecher des Unternehmens verglich die Funktion des Servers zuvor mit der eines Pförtners. Ohne den sei es weder möglich in das T-Mobile-Netz hinein, oder hinauszutelefonieren. Wie es zu dem Serverausfall kommen konnte, ist noch unklar.

Probleme über Probleme

http://de.wikipedia.org/wiki/Programmfehler#Folgen_von_Programmfehlern

- 1982 stürzte ein Prototyp des F117 Kampfjets ab, da bei der Programmierung die Steuerung des Höhenruders mit der des Seitenruders vertauscht worden war.
- Zwischen 1985 und 1987 gab es mehrere Unfälle mit dem medizinischen Bestrahlungsgerät Therac-25. Infolge einer Überdosis, die durch fehlerhafte Programmierung und fehlende Sicherungsmaßnahmen verursacht wurde, mussten Organe entfernt werden, drei Patienten verstarben aufgrund der Überdosis.
- Am 25. Februar 1991 verfehlte eine Patriot-Rakete in Saudi-Arabien wegen eines Registerüberlaufs eine Scud-Rakete, und diese zerstörte daraufhin eine Armeebaracke, wobei es zu 28 Toten kam.
- Am 12. März 1995 kam es wegen eines um wenige Byte zu klein bemessenen Stapelspeichers in der Software eines Hamburger Stellwerks, bei dem auch das Ersatzsystem aus Sicherheitsgründen abgeschaltet wurde, zu massiven Verzögerungen im bundesweiten Zugverkehr.
- Am 4. Juni 1996 wurde der Prototyp der Ariane-5-Rakete der Europäischen Raumfahrtbehörde eine Minute nach dem Start in vier Kilometern Höhe gesprengt, weil der Programmcode, der von der Ariane 4 übernommen worden war und nur für einen von der Ariane 4 nicht überschreitbaren Bereich (Beschleunigungswert) funktionierte, die Steuersysteme zum Erliegen brachte, als eben dieser Bereich von der Ariane 5, die stärker als die Ariane 4 beschleunigt, überschritten wurde. Dabei war es zu einem Fehler bei einer Typumwandlung gekommen, dessen Auftreten durch die verwendete Programmiersprache Ada eigentlich hätte entdeckt und behandelt werden können. Diese Sicherheitsfunktionalität ließen die Verantwortlichen jedoch abschalten:
  The internal SRI software exception was caused during execution of a data conversion from 64-bit floating point to 16-bit signed integer value. The floating point number which was converted had a value greater than what could be represented by a 16-bit signed integer. This resulted in an Operand Error. The data conversion instructions (in Ada code) were not protected from causing an Operand Error.
  Der Schaden betrug etwa 370 Millionen US-Dollar.
- 1999 verpasste die NASA-Sonde Mars Climate Orbiter den Landeanflug auf den Mars, weil die Programmierer das falsche Maßsystem verwendeten - Pfund x Sekunde statt Newton x Sekunde. Die NASA verlor dadurch die Sonde.
- Zum Jahreswechsel 1999 / 2000 kam es in einigen wenigen Programmen zum Jahr-2000-Problem. Die meisten Fehler wurden jedoch schon vorher durch Patches behoben.

- Bei Toll Collect kam es 2003 unter anderem wegen der fehlenden Kompatibilität von Softwaremodulen zu drastischen Verzögerungen mit Vertragsstrafen und Einnahmeausfällen in Milliardenhöhe.

- Am 8. Oktober 2005 führte im russischen Plessezk ein Programmfehler zum Fehlstart einer Trägerrakete und zum Verlust des Satelliten CryoSat.

- Anfang November 2005 konnte an der Tokioter Börse wegen eines Programmfehlers stundenlang kein Handel betrieben werden. Auch in den nachfolgenden Wochen gab es viele fehlerhafte Wertpapierordern, die in einem Fall sogar einen finanziellen Schaden von über 300 Millionen Dollar ausmachte. Der Präsident der Börse, Takuo Tsurushima, trat daraufhin von seinem Amt zurück.

- Im Oktober 2007 kamen zehn Angehörige der südafrikanischen Armee aufgrund eines Programmfehlers in einem vollautomatisierten 35-mm-Flakgeschütz ums Leben.

- 04.07.2005. Begleitet von großem Werberummel hat die NASA den Kometen Tempel1 beschossen. Nun zeigen die Daten: Getroffen hat sie gut, gelernt hat sie wenig. Ein Softwarefehler hat dazu geführt, dass die ersten - und besten - Bilder des Zusammenpralls im Datenspeicher des Begleitsatelliten von späteren Aufnahmen überschrieben wurden.

- Chaos an Hannovers Geldautomaten. Computerprobleme haben am Samstag alle 240 Geldautomaten der Sparkasse in der Stadt und Region Hannover lahm gelegt. Die Fusion der Stadt- und Kreissparkasse sollte am Wochenende auch technisch umgesetzt werden. Beim Hochfahren eines Server habe sich ein Fehler eingeschlichen, so dass die Geldautomaten nicht mehr funktionierten. Die Sparkasse öffnete stadtdessen fünf Filialen, damit Kunden etwa in Einkaufszonen Bargeld abheben können.

- Berliner Magnetbahn. Fünf - Null, tippt der Operator in die Tastatur und erwartet, daß die Magnetschwebebahn auf 50 Stundenkilometer beschleunigen würde. Doch nichts geschah. Wieder tippt er fünf - null und vergaß diesmal nicht die „Enter“-Taste zu betätigen, mit der die Daten erst in den Rechner abgeschickt werden. Die insgesammt eingegebene Tastenfolge „fünf - null - fünf - null“ interpretiert der Rechner als Anweisung, auf unsinnige 5050 Stundenkilometer zu beschleunigen. Dies konnte die Bahn zwar nicht, aber immerhin wurde sie so schnell, daß sie nicht mehr rechzeitig vor der Station gebremst werden konnte. Es kam zum Crash mit Personenschaden – so geschehen vor zwei Jahren bei einer Probefahrt der Berliner M-Bahn. Vernünftigerweise hätte die den Computer steuernde Software die Fehlerhaftigkeit der Eingabe „5050“ erkennen müssen. ...

- 19.06.2004. DaimlerChrysler-Rückrufaktion von 10.000 Mercedes-Benz-Modellen wegen fehlerhafter Kraftstoff-Abschaltung duch Softwarefehler der Dieselsteuergeräte.

- Excel 2007 verrechnet sich beim Multiplizieren: Von einer Tabellenkalkulation sollte man eigentlich erwarten können, dass sie das Einmaleins beherrscht. Doch darauf kann man sich in Excel 2007 nicht verlassen. Wie Blogger Brad Linder berichtet, verrechnet sich Microsofts aktuelle Excel-Version im Umgang mit reellen Zahlen: Sie liefert bei der Multiplikation von 850 mit 77,1 statt des korrekten Resultats 65.535 den runden, aber falschen Wert 100.000.
  Der Fehler betrifft auch andere Multiplikationen wie 10,2 * 6425 oder 40,8 * 1606,25, deren Ergebnis eigentlich 65.535 lauten sollte.
  Siehe: http://blogs.msdn.com/excel/archive/2007/09/25/calculation-issue-update.aspx

- RISKS: 10. November 2009. Subject: Apostrophe in Your Name? You Can't Fly!

  This is the stuff of nightmares - not to mention enormous frustration and possible stomach ulcers. If you have an apostrophe in your name - like many of Irish descent do - you may find it impossible to board an airplane in the coming months. Why? Because airline computers can't print an apostrophe on the boarding pass, the name on your boarding pass will not exactly match the name on your driver's license or passport. And beginning next year, the two must match or you don't fly. And they call this progress.

- November 1994: Pentium-FDIV-Bug. Fehlerhaftes Microprogramm im Pentium führt zu falschen Divisionsergebnissen: „leichter Genauigkeitsverlust bei Gleitkomma-Divisionen mit bestimmten Operanden-Paaren". Intel kündigte zunächst an, nur CPUs von Anwendern tauschen zu wollen, die darlegen konnten, dass sie von dem Fehler betroffen seien. Der Fehler werde bei einem Normalanwender statistisch nur alle 27000 Jahre einmal auftreten. Am 20. Dezember kündigt Intel ein umfassendes Austauschprogramm für alle betroffenen CPUs an.

Weitere interessante Fundstellen:

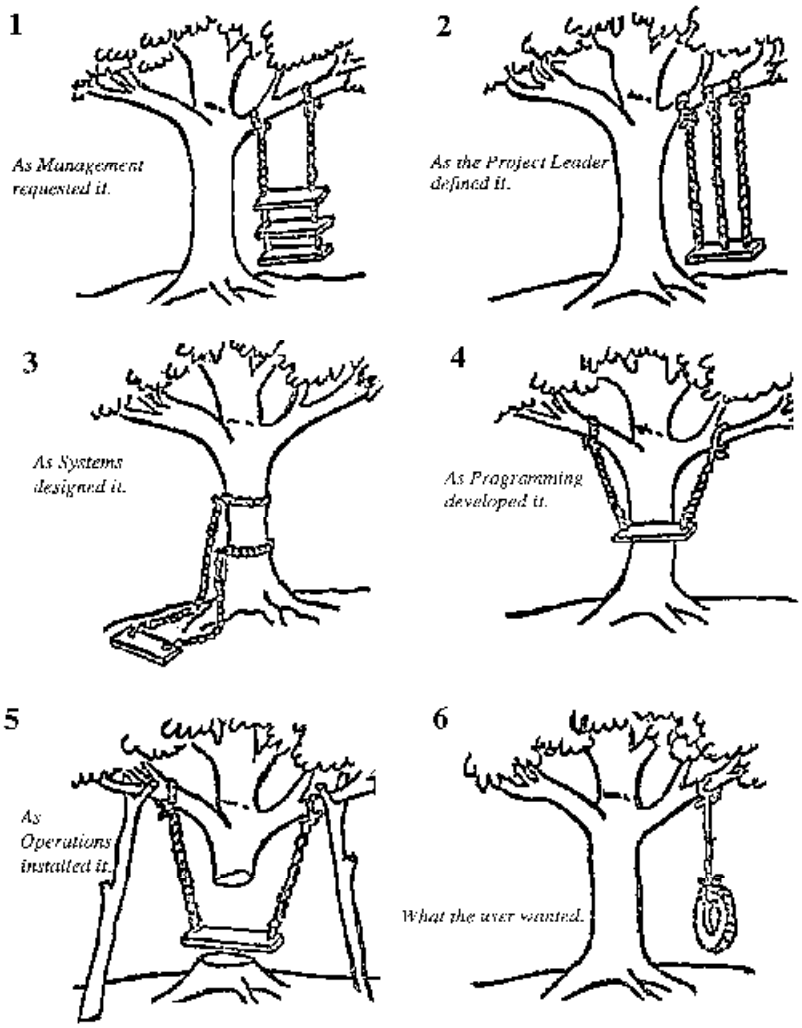
- 20 Famous Software Disasters
- Software bugs in the data reservoir
- The top 10 IT disasters of all time
- Kleine BUGs, große GAUs
- Top 25 Most Dangerous Programming Errors

Ein kleines Kompendium zu Bugs: http://de.wikipedia.org/wiki/Programmfehler

Aktuelles

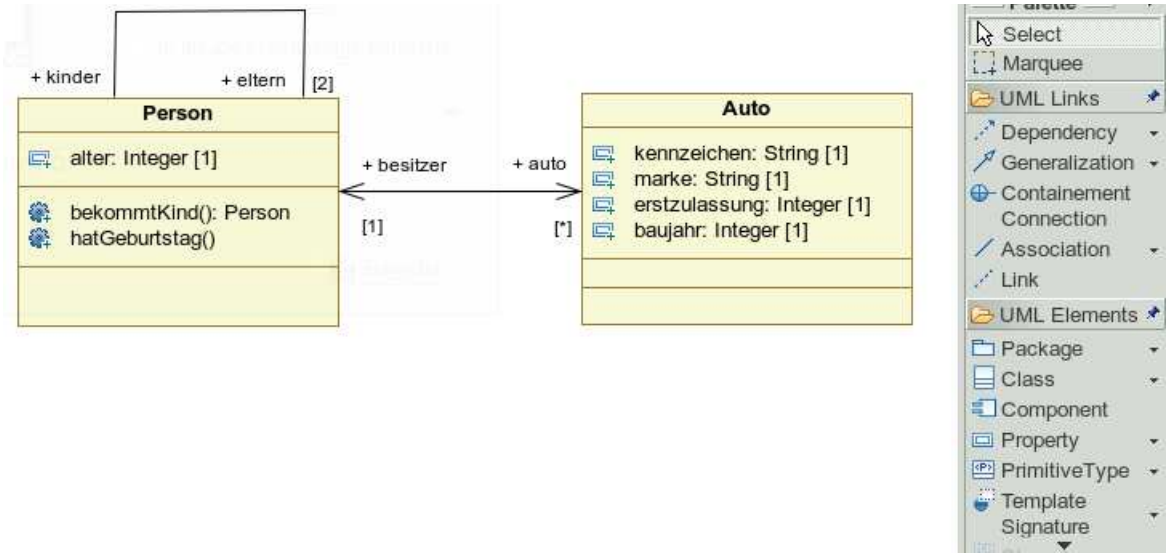
... im Spotlight (http://catless.ncl.ac.uk/Risks):

- Therac-25 läßt grüßen, siehe auch Überbestrahlung
- Toyota-Rückrufaktion, siehe auch „Toyota uncontrolled acceleration“
- London’s stock exchange crashes again

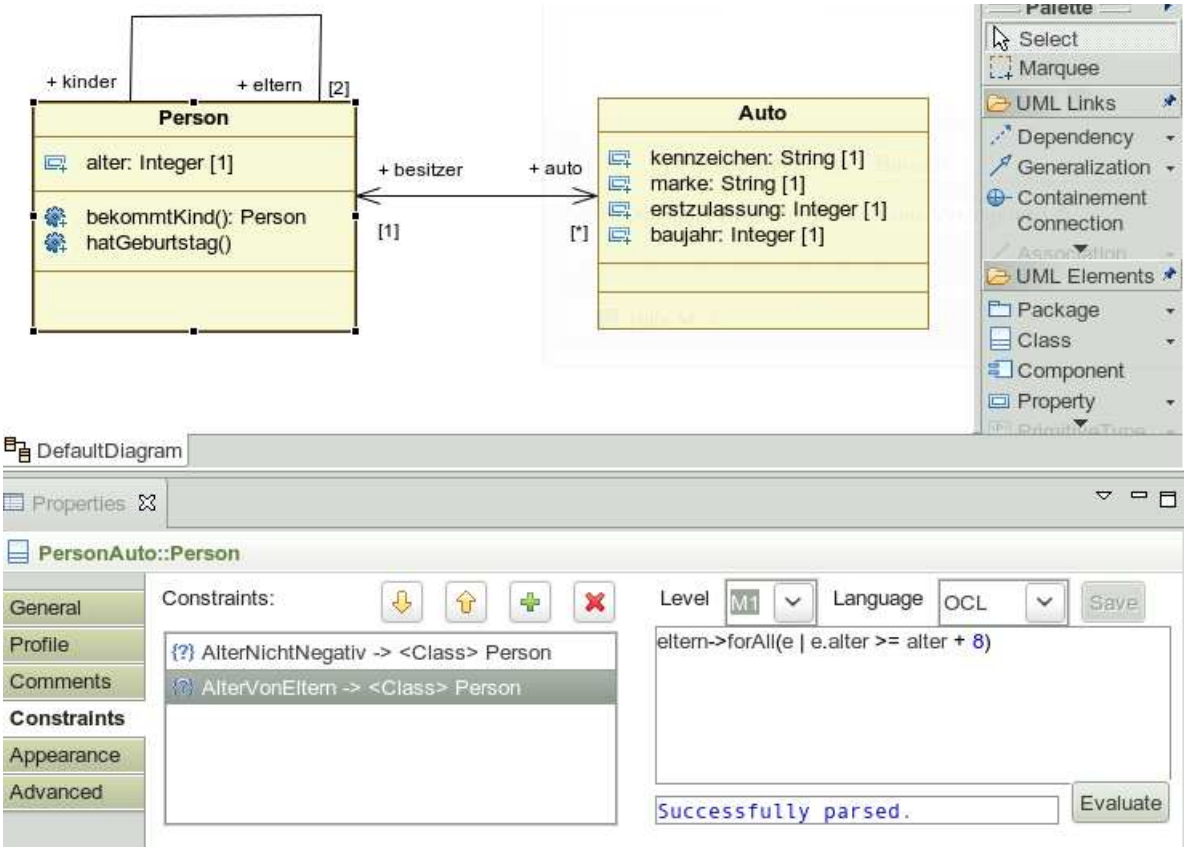


- OCL-Beispiele (Wikipedia)

  Eingabe der zugehörigen UML-Modelle in Papyrus:

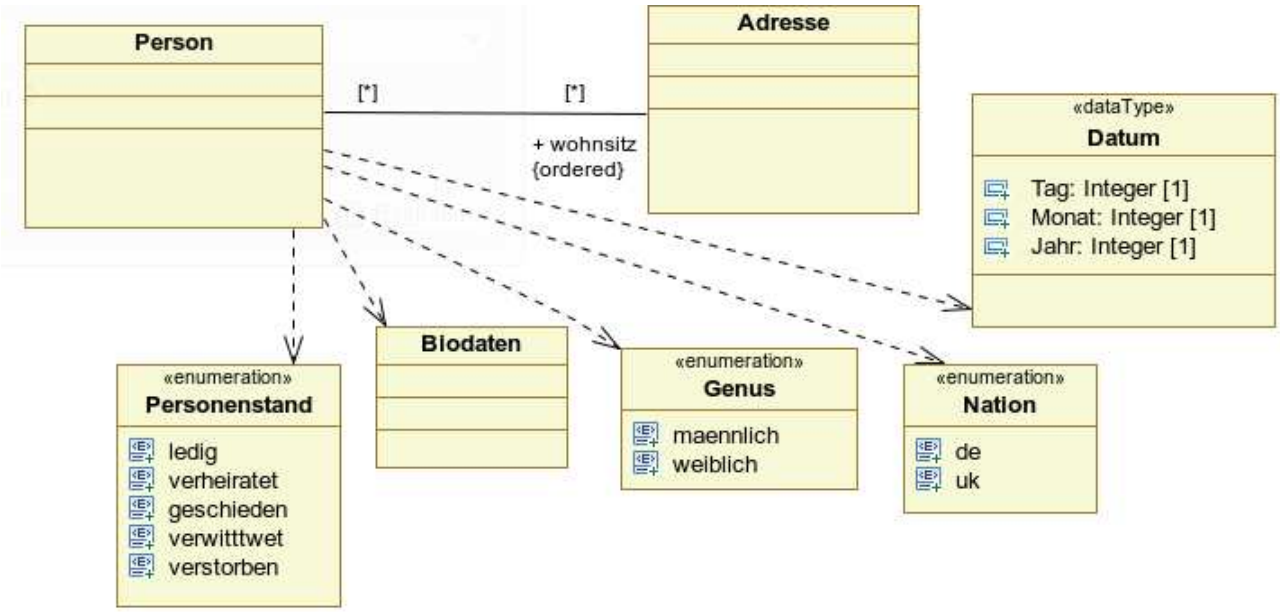


  und erste Constraints:



Ein Modell im Umfeld Buch/Bibliothek/Autor und die vielfältigen Assoziationen ... sowie Constraints.

Siehe auch die Beispiele in der Object Constraint Language Specification und:



- **Ein weiterer Ausweg: Die Benutzung von mit Einheiten versehenen Zahlenwerten, am Beispiel der Datei DM_Euro.cc**

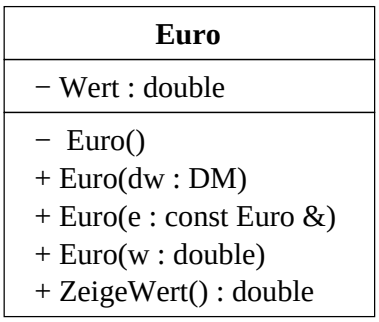


Abbildung 0.1: Die Klasse Euro

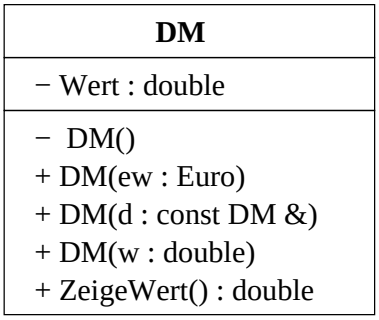


Abbildung 0.2: Die Klasse DM

Eine Anwendung:

Original mit anonymer Geldeinheit (double)

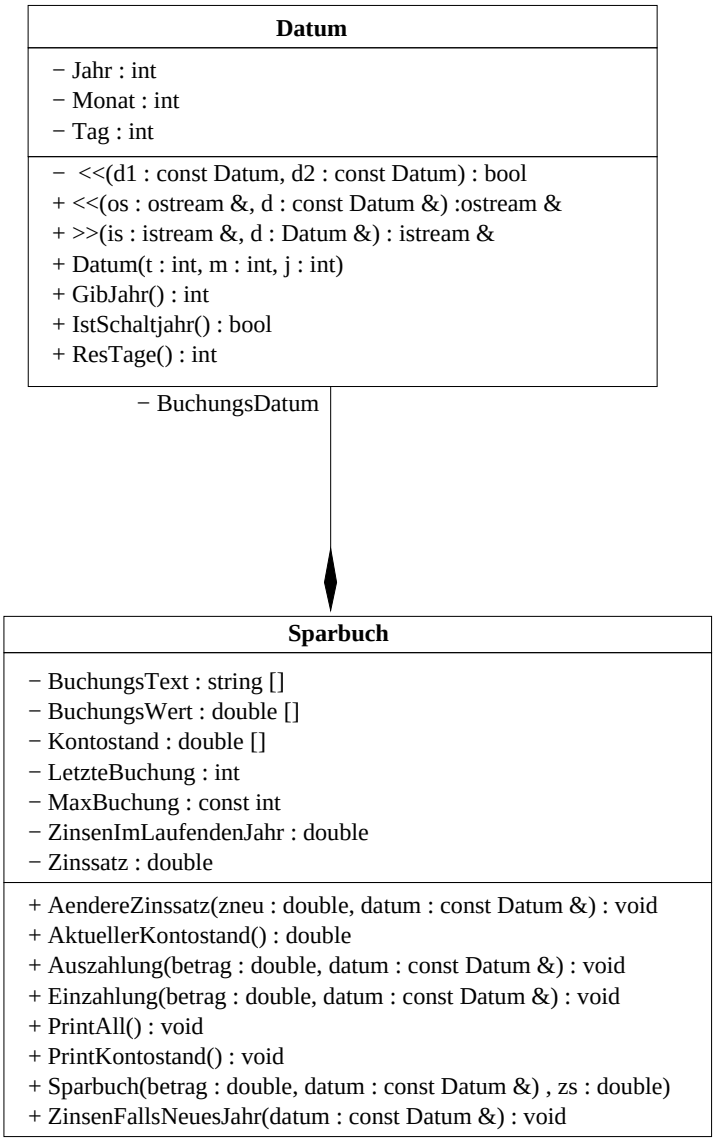


Abbildung 0.3: Die Klassen Datum und Sparbuch

Und besser: Klasse Sparbuch mit Klasse DM und Klasse EURO:

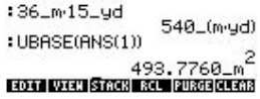
```
//////////////////////////////////////////
// Datei:    DM_Euro.cc
// Version:  1.1
// Zweck:    DM und Euro
// Autor:    Holger Arndt
// Datum:    23.05.2001
//////////////////////////////////////////

#include <iostream>
#include <iomanip>

using namespace std;

class DM;

class Euro
{
private:
  double Wert;
public:
  Euro() : Wert(0.0) {};
  Euro(double w) : Wert(w) {};
  Euro(const Euro &e) : Wert(e.Wert) {};
  Euro(DM dw);
  double ZeigeWert() const { return Wert; };
};

class DM
{
private:
  double Wert;
public:
  DM() : Wert(0.0) {};
  DM(double w) : Wert(w) {};
  DM(const DM &d) : Wert(d.Wert) {};
  DM(Euro ew) : Wert(ew.ZeigeWert() * 1.95583) {};
  double ZeigeWert() const { return Wert; };
};

Euro::Euro(DM dw)
{
  Wert = dw.ZeigeWert() / 1.95583;
```

```
}

void DruckeEuroBetrag(const Euro &e)
{
  cout << "Geldbetrag: " << setiosflags(ios::fixed) <<
     setprecision(2)
       << e.ZeigeWert() << " Euro" << endl;
}

int main()
{
  Euro b1(12.3);
  Euro b2(14.12);
  DM b3(1.23);
  Euro b4;
  Euro b5(b1);

  DruckeEuroBetrag(b1);
  DruckeEuroBetrag(b2);
  DruckeEuroBetrag(b3);
  DruckeEuroBetrag(b4);
  DruckeEuroBetrag(b5);

  return 0;
}
```

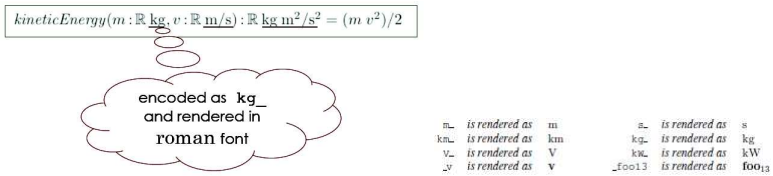
- Einheiten und Dimenssionen in neueren Programmiersprachen:

  Arbeite nicht mit dimensionslosen skalaren Attributen sondern mit Maßeinheiten (units) und Dimensionsrechnung:

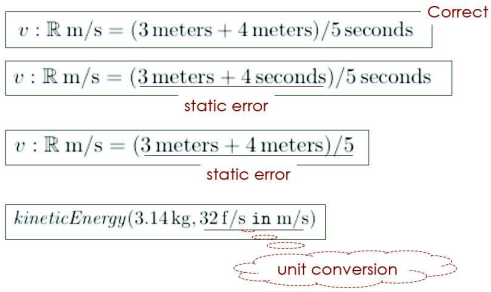
  - http://h20219.www2.hp.com/Hpsub/downloads/50gWorking_with_units.pdf

  - Units und Dimensions in Fortress:

    Vgl. http://www.ipl.t.u-tokyo.ac.jp/~takeichi/attachments/Fortress.pdf

  - Units und Dimensions in der Programmiersprache F#

```
let gravityOnEarth = 9.81<m/s^2>   // Beschleunigung
let heightOfDrop   = 3.5<m>        // Laenge
let speedOfImpact  = sqrt(2.0 * gravityOnEart * heightOfDrop)
```

- **Weitere Beispiele zu Spezifikationsmängeln:**

  - **PC-Problem lässt Walmart-Kunden in den USA dreifach zahlen**

    Ein Computer-Problem hat dazu geführt, dass 800.000 Karten-Transaktionen bei Walmart-Filialen in den ganzen USA doppelt oder dreifach verbucht wurden. Aufgetreten sei der Fehler beim Transaktions-Dienstleister First Data. US-Medien zitieren die First-Data-Sprecherin Staci Busby: "Die mehrfachen Mastercard- und Visa-Buchungen haben wir wieder zurückgenommen, vor Dienstag sind diese aber nicht ausgeführt. Jeder, der am 31. März bei Walmart eingekauft hat, sollte seine Abrechnung noch einmal überprüfen."

    Zu Details des Problems könne sie nichts sagen; klar sei jedoch, dass nur Walmart-Kunden davon berührt seien. Betroffene Kunden würden von First Data kontaktiert, versprach die Firmensprecherin, zudem sei eine kostenlose Info-Hotline geschaltet. (tol/c't)

    Link zu diesem Artikel bei heise-online:
    http://www.heise.de/newsticker/meldung/46278

  - **US-Bezahlsystem mit öffentlichen Kreditkartendaten**

    Durch einen primitiven Fehler auf den Webseiten des amerikanischen Bezahl-Dienstleisters PaySystems waren tausende von Kundendatensätzen einschließlich Kreditkartendaten zugänglich. Jeder PaySystems-Kunde konnte dabei die Daten anderer Kunden einsehen und sogar ändern.

    PaySystems bietet an, Bezahlvorgänge zu widerrufen. Dabei wird diesem Vorgang eine Transaktionsnummer zugewiesen, die beim Aufruf der zugehörigen Informationen als Parameter in der URL auftauchte. Durch Ändern dieses Parameters konnte man beliebige Transaktionen anderer Kunden abrufen und anschließend über eine zweite URL auch deren Adresse und Kreditkartendaten.

Besonders erschreckend war auch die Art und Weise, wie die Firma auf die Sicherheitslücke reagiert hat. Ein c't-Leser entdeckte das Problem zufällig und unterrichtete PaySystems unverzüglich. Als nach einer Woche nichts passierte, wendete er sich an heise Security. Auf unsere Nachfragen antwortete PaySystems prompt, dass man den Hinweis zur Kenntnis genommen habe und an der Beseitigung des Problems noch arbeite. Auf weitere Nachfragen, warum man die Seiten nicht unverzüglich gesperrt habe, kam keine Antwort mehr. Mittlerweile ist diese Lücke zwar geschlossen, aber die Daten standen – selbst nachdem PaySystems über das Problem informiert war – noch mindestens eine Woche ungeschützt im Netz.

Das Ausmaß des Problems lässt sich nur schwer abschätzen. Aber die Tatsache, dass die Transaktionsnummern sequenziell vergeben wurden und mehrere Stichproben sofort zum Erfolg führten, lässt darauf schließen, dass hunderttausende solcher Transaktionen zugänglich waren. Über welchen Zeitraum die Daten so offen im Netz standen, können wir nicht beurteilen. Nachdem PaySystems unsere diesbezüglichen Nachfragen ignoriert hat, rechnen wir nicht damit, dass der Dienstleister seine Kunden auf die mögliche Gefährdung der Kreditkartendaten hinweist. (ju/c't)

Link zu diesem Artikel bei heise-online:
http://www.heise.de/newsticker/meldung/45566

- **Report: Wurm Lovsan nicht Schuld an Blackout 2003**

  Eine amerikanisch-kanadische Untersuchungskommission der Energieaufsichtsbehörde (FERC) ist zu dem Ergebnis gekommen, dass der Wurm Lovsan/MSBlaster nicht der Verursacher des gigantischen Stromausfalls im Nordosten der USA im vergangenen Jahr war. Beim Blackout 2003 waren 50 Millionen Amerikaner zeitweise ohne Strom. Da zeitgleich der Wurm im Internet die Runde machte und Millionen von Windows-Rechnern infizierte oder lahmlegte, lag der Schluss nahe, Lovsan könne zum Ausfall beigetragen haben. Immerhin greifen Energieerzeuger schon seit längerem auf Windows für ihre Managementsysteme zurück. Anzeige

  Im Februar dieses Jahres wurde aber bekannt, dass ein Softwarefehler eines Unix-Systems zur Überwachung und Steuerung von Stromnetzen beim Erzeuger FirstEnergy den Ausfall begünstigte. Durch den Fehler wurden Alarme und Meldungen nicht mehr an das Kontrollpersonal weitergeleitet. Damit war es nicht mehr möglich, Gegenmaßnahmen zu ergreifen: Der Ausfall einer Versorgungsleitung führte zum Zusammenbruch des gesamten Stromverbundes.

  Der Fehler des Managementsystems sei aber laut Untersuchungsbericht weder auf Cyberattacken durch Al-Quaida noch durch Würmer oder Viren zurückzuführen. Grundlage der Ermittlungen waren Befragungen von Mitarbeitern, Telefonmitschnitte und Berichte von Behörden und Geheimdiensten. Allerdings habe man nicht die Logdateien von Netzwerkgeräten, Firewalls und Intrusion-Detection-Systemen ausgewertet, die eventuell tiefergehende Hin-

weise gegeben hätten.

Link zu diesem Artikel bei heise-online:
http://www.heise.de/newsticker/meldung/46328

- **Software-Fehler verursachte US-Stromausfall 2003**

  Acht Staaten im Nordosten der USA und Teile Kanadas blieben im August des vergangenen Jahres für fünf Tage ohne Strom. Insgesamt waren 50 Millionen Menschen betroffen. Schuld am Blackout war nach Angaben von SecurityFocus ein Softwarefehler des Managementsystems zur Überwachung und Steuerung von Stromnetzen beim Erzeuger FirstEnergy.

  Das betroffene System XA/21 stammt von General Electric und ist bei Erzeugern weit verbreitet. Der Fehler wurde nach einem mehrwöchigen intensiven Code-Audit gefunden und soll bisher nur beim großen Blackout aufgetreten sein. Nach Angaben des Sprechers von FirstEnergy löste eine besondere Kombination von Ereignissen und Alarmen den Fehler aus, woraufhin das System seinen Dienst einstellte. Der kurz darauf einspringende Backup-Server versagte ebenfalls, da er mit der Zahl der bereits aufgelaufenen, aber nicht verarbeiteten Meldungen überfordert war.

  In der Folge nahm das System auflaufende Alarme nicht mehr entgegen und meldete sie nicht an das Bedienpersonal weiter. Hinzu kam, dass den Betreibern nicht einmal auffiel, dass ihr System bereits versagt hatte. Eine Stunde lang soll die Kontrollstation veraltete Daten angezeigt haben. Bei auftretenden Störungen blieb zwangsläufig die Reaktion aus.

  Normalerweise koppelt ein Stromerzeuger sein Netz bei größeren Ausfällen von den anderen Stromnetzen ab, um weitere Schäden durch Überlast zu vermeiden. Somit bleibt ein Problem regional begrenzt. Da die Alarme aber nicht registiert wurden, reagierten die Operatoren nicht.

  FirstEnergy will nun seine XA/21-Systeme gegen die Produkte eines Wettbewerbers austauschen. Das North American Electric Reliability Council (NERC) hat eine Richtlinie herausgegeben, in der Maßnahmen beschrieben sind, Vorfälle wie am 14. August zu vermeiden. Unter anderem wird darin FirstEnergy aufgefordert, bis zum Austausch ihrer System alle notwendigen Patches für XA/21 zu installieren.

  Da sich der Zeitpunkt des Blackouts und der Ausbruch des Wurms Lovsan/Blaster überschnitten, gab es Vermutungen, der Wurm könnte den Ausfall verursacht haben. Auch warnte das CERT/CC Anfang August davor, dass Lovsan Unix-Systeme mit Distributed Computing Environment (DCE) angreift und zum Absturz bringen kann. XA/21 ist ein EMS/SCADA-System (Supervisory Control and Data Acquisition), das auf Unix mit X-Windows basiert. Sicherheitslücken gibt es hier reichlich. Somit kann zukünftig nicht ausgeschlossen werden, dass Würmer, die den Weg in ein Kontrollzentrum gefunden haben, solche Systeme beeinflussen können.

Link zu diesem Artikel bei heise-online:
http://www.heise.de/newsticker/meldung/44621

- **US-Sicherheitsexperten fordern bessere Ausbildung für Softwareentwickler**

  Die National Cyber Security Partnership (NCSP) fordert in ihrem aktuellem "Security Across the Software Development Life Cycle"eine bessere Ausbildung der Entwickler. Der Bericht befasst sich insbesondere mit dem Lebenzyklus von Software. Sicherheit müsse sich über die gesamte Lebensspanne eines Software-Produktes erstrecken. Jeder Abschnitt der Spanne, angefangen vom Design und Spezifikation, über die Implementierung und Tests bis hin zum Patch-Management soll unter den Gesichtspunkten der IT-Sicherheit bearbeitet werden.

  Die Arbeitsgruppe hat zur Definition entsprechender Empfehlungen vier Untergruppen gebildet, die sich mit Schulung von Entwicklern und Anwendern, Softwareprozessen und Patchen beschäftigen. Die vierte Gruppe – Incentive Subgroup – will ein Programm erarbeiten, um Herstellern das Entwickeln von sicherer Software schmackhaft zu machen. Dazu sollen Preisverleihungen und Zertifizierungen gehören. Daneben stellt man auch die Idee vor, die Sicherheit einzelner Softwaremodule als Messlatte für die weitere Karriere der jeweiligen Entwickler heranzuziehen.

  Die vergangenes Jahr gegründete Arbeitsgruppe hat sich die Verbesserung der Cyber Security der US-amerikanischen Informationsinfrastruktur zum Ziel gesetzt. Mitglieder sind diverse Sicherheitsexperten aus Forschung, Lehre und Industrie, sogar Vertreter der National Security Agency finden sich in der Gruppe. Die Vorsitzenden der Gruppe sind Ron Moritz von Computer Associates und Scott Charney von Microsoft. Ähnliche Ziele wie die NCSP verfolgen die Cyber Security Industry Alliance (CSIA) und der Global Council of CSOs

  Link zu diesem Artikel bei heise-online:
  http://www.heise.de/newsticker/meldung/46241

- **Softwarefehler plagt Mercedes-Diesel**

  Software-Bugs plagen die User nicht etwa nur, wenn sie vor dem Computer am Schreibtisch sitzen oder mit Mobilrechnern unterwegs sind. Internet-Zugang, Navigationsrechner oder multimediale Konsolen lassen das Auto zum IT-Problemfeld werden – darüber hinaus aber kämpfen Automobil-Elektroniker mittlerweile mit immer komplexeren computergestützten Steuerungssystemen und deren Software und damit auch mit den Bugs dieser Software. Jüngstes Beispiel: Wegen eines Softwarefehlers ruft DaimlerChrysler rund 10.000 Transporter der Mercedes-Benz-Modelle Vito und Viano mit Dieselmotoren zurück. In Deutschland sollen rund 3.000 Fahrzeuge betroffen sein.

Ursache des Rückrufs ist ein Bug in der Software, mit der die Dieselsteuergeräte ausgerüstet sind. Sie aktivieren in Situationen, in denen dies eigentlich nicht vorkommen sollte, die Kraftstoffabschaltung, wodurch der Motor ausgehe. Betroffen seien Fahrzeuge mit Dieselmotoren, die zwischen November 2003 und April 2004 hergestellt wurden. Die Kunden würden durch die Servicestellen von Mercedes-Benz direkt angeschrieben, erklärte der Konzern; die Fahrzeuge erhielten eine fehlerbereinigten Software.

Link zu diesem Artikel bei heise-online:
http://www.heise.de/newsticker/meldung/48403

- *SdV* auch in VisualStudio:
  Code Contracts for .NET

Weitere Links:

- Software-Fehler

1 UML und SdV

1.1 Rekapitulation: UML-Klassendiagramme

1.1.1 Klassen und Objekte

http://de.wikipedia.org/wiki/Klassendiagramm

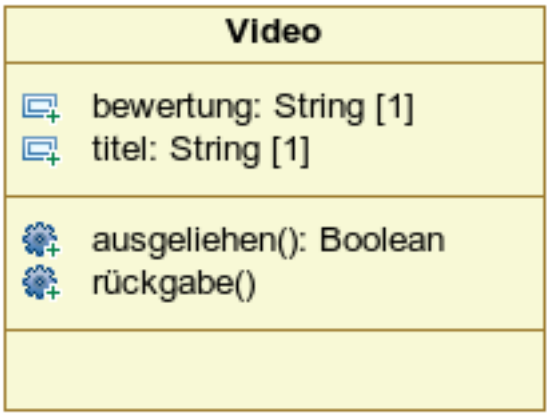


Abbildung 1.1: Eine Klasse

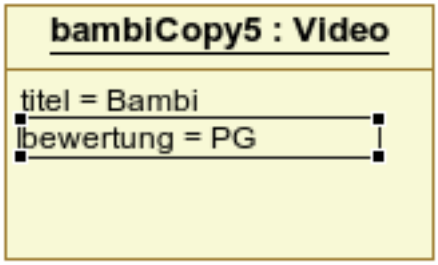
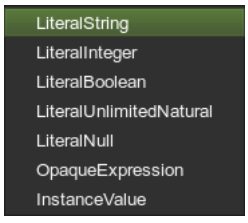


Abbildung 1.2: Ein Objekt dieser Klasse (Instance-Specification)

```
<<primitive>> Datentypen:

Boolean
String
Integer
UnlimitedNatural
```



Siehe Kapitel 12 von http://www.omg.org/spec/UML/2.2/Infrastructure/PDF/

1.1.2 Klassenspezifikation

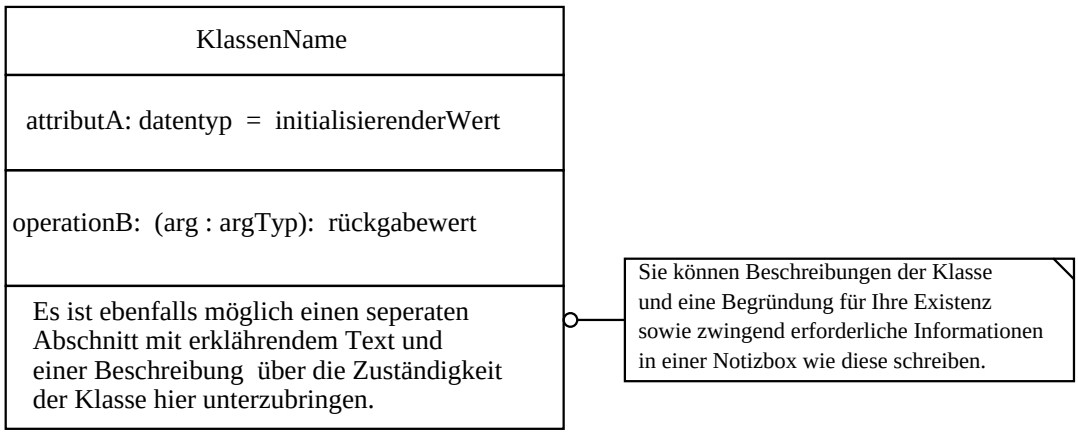


Abbildung 1.3: Spezifikation einer Klasse

klassenName

Normale Schrift = konkrete Klasse
kursiveSchrift **oder** << abstract >> = abstrakte Klasse
(kursive Schriften sind nicht bildschirmfreundlich; benutzen Sie die Stereotyp-Notation)

Klassen- oder Instanzenattribute

Normale Schrift = Instanzen-Bereich
Unterstrichen **oder** $ = Klassenobjekte ($ ist kein UML-Standard)
in der Regel mit kleinem Anfangsbuchstaben

Methoden/Operationen

Für abstrakte Methoden benutzen Sie = 0 oder << abstract >>
(=0 ist kein UML-Standard)
in der Regel mit kleinem Anfangsbuchstaben

Attribut- und Methodensichtbarkeit

+ public (öffentliche Sichtbarkeit)
- private (private Sichtbarkeit)
protected (geschützte Sichtbarkeit)
$\sim$ package

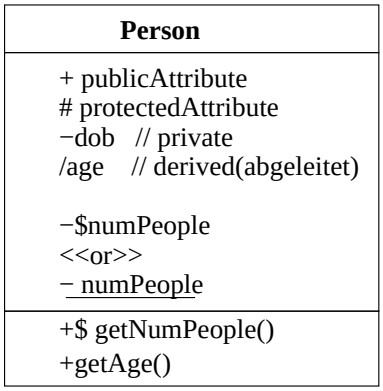


Abbildung 1.4: Eine Klasse: Person

- Das Attribut **age** ist abgeleitet.
- Die Anzahl der Instanzen der Klasse **Person** (**numPeople**) ist ein Attribut der Klasse **Person** selbst und nicht von einer Instanz der Klasse. Diese wird als statisches Klassen-Attribut (class static member variable) bezeichnet. Sie arbeitet wie eine globale Variable der Klasse. Manchmal wird als alternative Schreibweise für Klassenattribute und deren Verhalten das $ Zeichen verwendet.

1.1.3 Links und Assoziationen

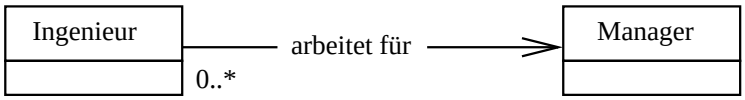


Abbildung 1.5: Assoziationen verbinden Klassenexemplare

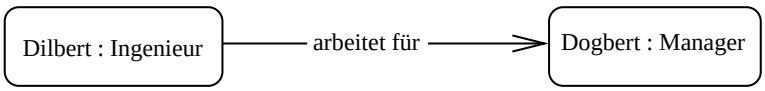


Abbildung 1.6: Assioziationen verbinden Klassenexamplare

1.1.4 Rollen und Assoziationsnamen

Rolle

Benannte Instanzen einer Klasse die an das anderen Ende der Assoziation geschrieben werden, gewöhnlich ein Substantiv. Werden automatisch als Attribut in der Ausgangsklasse der Assoziation realisiert. Rollennamen sollten in der Regel mit kleinem Buchstaben beginnen.

Assoziationsname

Benennt die Assoziation selbst; erfordern zuweilen einen Pfeil, der die Richtung der Assoziation anzeigt; gewöhnlich Verben oder Verbschlagworte.

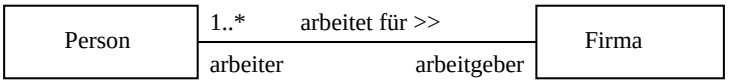


Abbildung 1.7: Rollen in Klassen

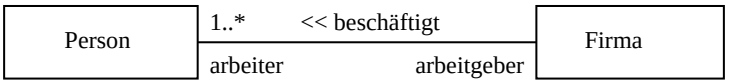
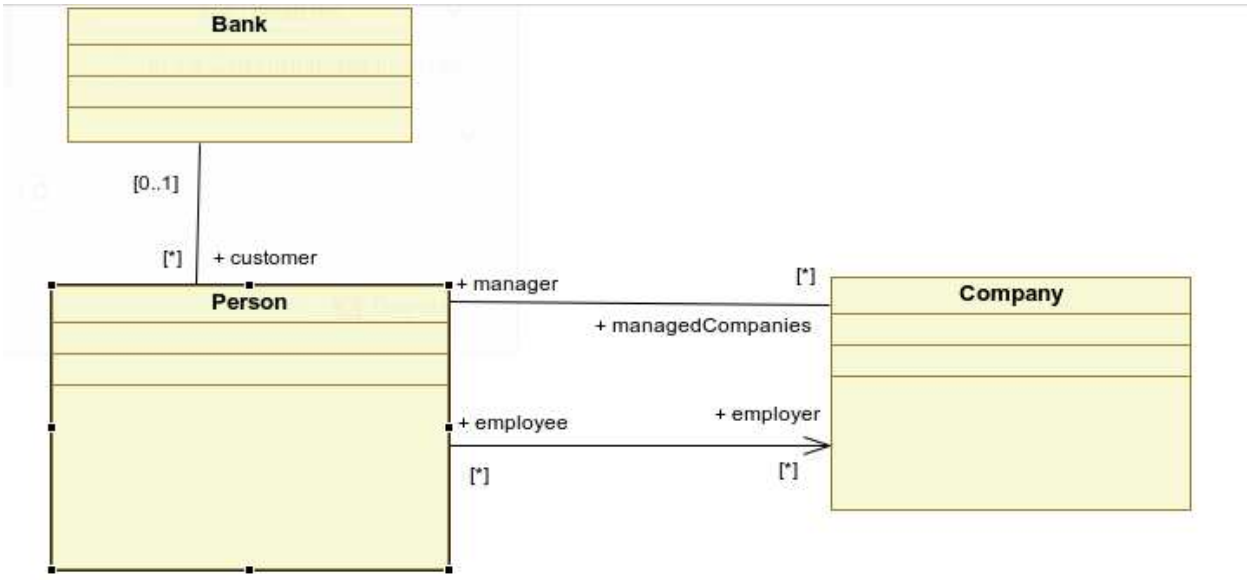


Abbildung 1.8: Rollen in Klassen (Fortsetzung)

Einige Beispiele:



1.1.5 Multiplizitäten (Kardinalitäten)

- Multiplizitäten beschreiben die Anzahl der Instanzen am Assoziationsende.
- Beispiele:

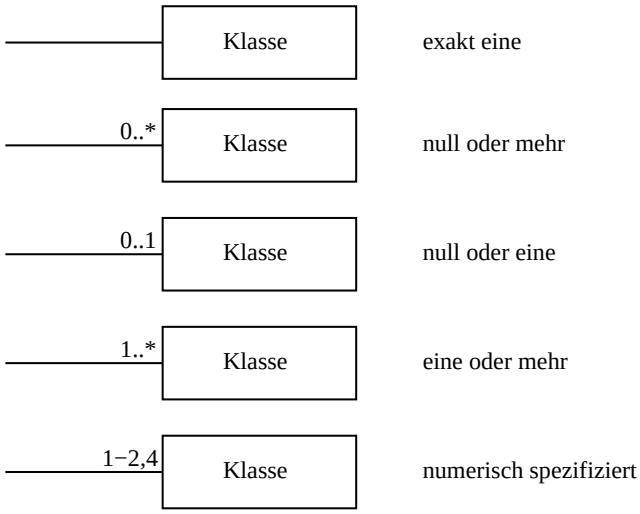


Abbildung 1.9: Multiplizität

Anmerkung: n und * können anstelle von 0..* verwendet werden.

1.1.6 Stereotypen

Stereotypen

Eine konventionelle Kategorisierung für modellierende Entitäten:

- Sie werden oft bei Klassen, Assoziationen und Methoden angewendet.
- Sie bieten einen Weg, UML zu erweitern; sie dienen zur Definition eigener, für spezielle Probleme modellierter Elemente.
- Einige Stereotypen werden von CASE-Werkzeugen (CASE tool generator) erkannt.

Es gibt zwei Wege, Stereotypen darzustellen:

- Benutzen Sie normale UML-Elemente, mit dem Stereotypnamen zwischen << und >>.
- Benutzen Sie eigene eindeutige Icons.

Beispiele:

```
<< abstract >>, << interface >>, << exception >>,
<< instantiates >>, << subsystem >>, << extends >>,
<< instance of >>, << friend >>,
<< constructor >>, << thread >>, << uses >>,
<< global >>, << create >>, << invent your own >>
```

Wir werden die folgenden Stereotypen im Sinne von SdV/DbC benutzen:

```
<< constructor >>
<< destructor >>
<< basic observator >>
<< derived observator >>
<< modificator >>
```

Andere gebräuchliche Stereotypen sind:

```
<< interface >>
<< utility >>
<< local >>
<< parameter >>
<< delegate >>
<< ... >>
```

http://de.wikipedia.org/wiki/Stereotyp_(UML)

1.1.7 Tagged Values

- Tagged Values sind ein weiterer Mechanismuss, UML zu erweitern: Er erlaubt es, dem Modell neue Eigenschaftsspezifikationen hinzuzufügen (Name = Wert).

Gebräuchliche Beispiele für **tagged values** sind:

- {Autor = (Dave,Ron)}
- {Versionsnummer = 3}
- {Location = d:\Location\uml\examples}
- {Location = Node: Middle Tier}

1.1.8 Generalisierung, Spezialisierung und Vererbung

- **Arbeitnehmer** generalisiert **Manager** und **Ingenieur**.
- **Ingenieur** spezialisiert **Arbeitnehmer**.
- **Manager** ist eine **Art/Sorte** von **Arbeitnehmer**.
- **Manager** und **Ingenieur** erben die Schnittstellen von **Arbeitnehmer** und in diesem Fall auch einige Implementierungseinzelheiten.

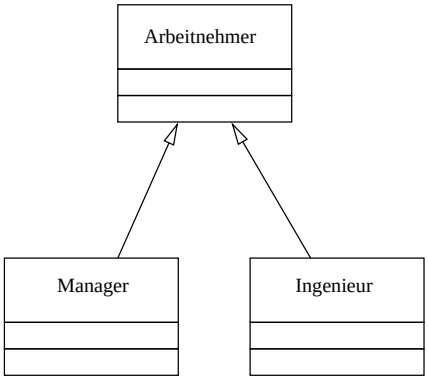


Abbildung 1.10: Generalisierung, Spezialisierung und Vererbung

1.1.9 Abstrakte Klassen

- Eine Generalisierung ohne vollständige Implementierungsspezifikation.
- Sie wird in UML mit dem Stereotyp `<< abstract >>` angezeigt.
- In C++ werden alle **pure virtual** Methoden = 0 deklariert.
- In Java wird sie mit dem Schlüsselwort "abstract"gekennzeichnet
- Ein **Interface** ist wie eine abstrakte Klasse, aber ohne jede Implementierung.

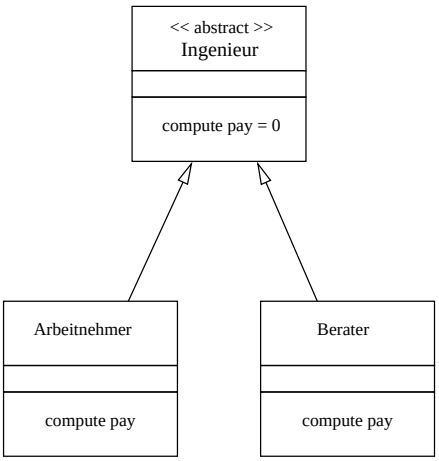


Abbildung 1.11: Abstrakte Klassen

1.1.10 Komposition / Aggregation

Das Rautenzeichen wir für verschiedene Eigenschaften / Konzepte eingesetzt.

- Teil- / Ganzes-Beziehung (am häufigsten verwendet)
- Hat - ein
- Hat - eine Sammlung - von
- Ist zusammengesetzt - aus

Beachten Sie, wie die Zeit die Kardinalitäten beeinflussen kann: Ein Auto kann viele Fahrer haben, aber zu einem bestimmten Zeitpunkt, kann es nur einer fahren.

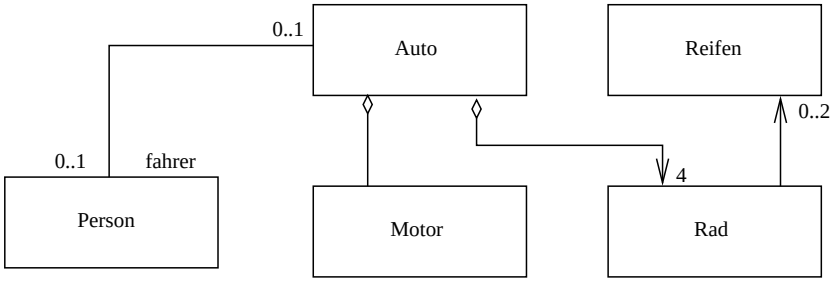


Abbildung 1.12: Komposition / Aggregation

Komposition:

- UML benutzt ein ausgefülltes Rautensymbol für eine **Komposition**.
- Das leere Rautensymbol beschreibt eine **Aggregation**.
- Eine **Komposition** ist eine stärkere Assoziation als eine **Aggregation**. Der Unterschied besteht darin, dass bei einer **Komposition**, ein Teil nie mehr als ein Ganzes ist und das ein Teil und ein Ganzes immer einen gemeinsamen Lebenszyklus/Lebenszeit haben.
- In folgenden Beispiel sind **Zeilen** ein fester und permanenter Bestandteil des **Layouts**, aber die Anzahl der Zeichen in jeder Zeile verändert sich zur Lebenszeit des Layout-Exemplars.

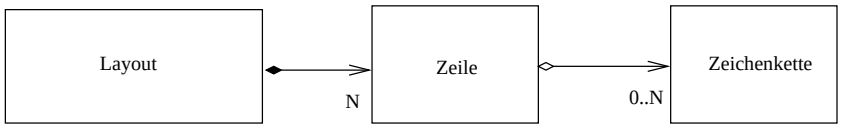
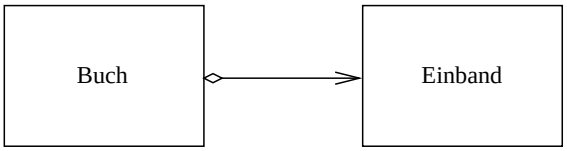


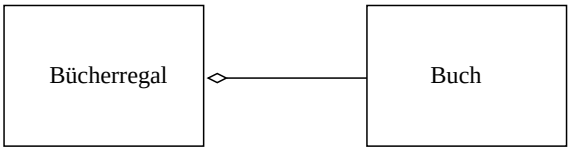
Abbildung 1.13: Komposition zwischen Layout und Zeile

- Das Objekt **Zeile** ist ein Teil vom Objekt **Layout**, sodass Zeilen erzeugt werden, wenn ein Layout erzeugt wird und Zeilen zerstört werden, wenn ein Layout zerstört wird. **Zeile** hat keine selbstständige Existenz.
- Beispiel: Ein Buch besteht aus Seiten (pages) und einem Einband (cover).



Aggregation:

- Instanzen der Klasse Buch existieren unabhängig von Objekt Bücherregal, aber Objekt Bücherregal hat Kentniss von seinen Instanzen der Klasse Buch.

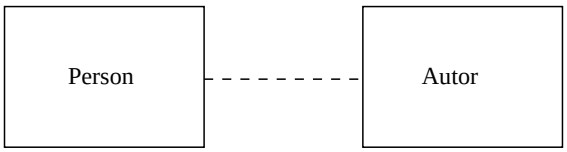


Assoziation:

- Ein Objekt der Klasse Buch hält eine halb-permanente Referenz zu einem Objekt der Klasse Autor ohne jede einschränkende Semantik.
- Beispiel: Bücher haben einen Autor

Dependancy:

- Instanzen der Klasse Person haben vorübergehende Beziehungen zu Instanzen der Klasse Autor
- Beispiel: Eine Person liest ein Buch, dann gibt sie es einem Freund.



1.1.11 Qualifizierte Assoziationen/Qualified Associations

- Sie werden benutzt, damit Instanzen einer Klasse, die in einer "ein zu viele"-Beziehung zu einer anderen Klasse B stehen, über einen eindeutigen Identifizierer schnell auf die Instanzen von B zugreifen zu können.

- Qualifizierte Assoziationen sind für gewöhnlich mit einer Art "Wörterbuch"ausgestattet (auch als assoziative Felder bekannt), etwa ein **Hash Table** oder einer **TreeMap**.

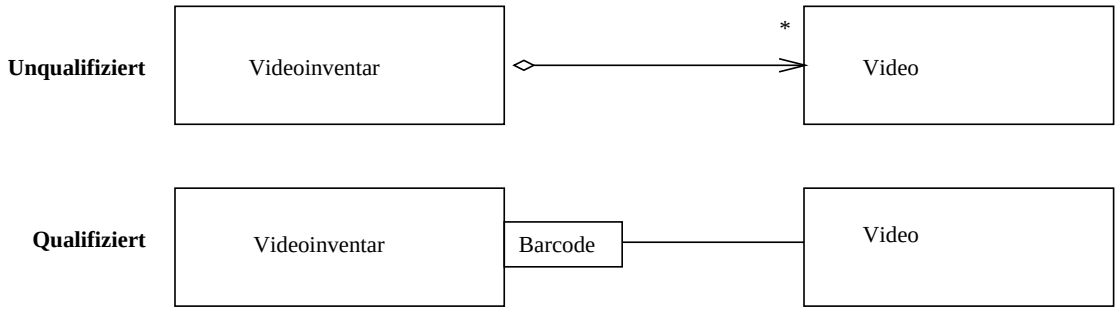


Abbildung 1.14: Qualifizierte Assoziation

1.1.12 Assoziazionsklassen

Assoziationen benötigen manchmal eigene Attribute.

- Im folgenden Beispiel ist ein Arbeitsvertrag eine Assoziationsklasse für die **"arbeitet für"**-Assoziation.
- **Anmerkung:** Die Semantik der Assoziationsklasse (so wie sie modelliert wurde) zeigt an, dass für jedes Personen/Firma-Paar, exakt ein Arbeitsvertrag existiert. Somit beschreibt dieses Modell, dass eine Person nicht zu zwei unterschiedlichen Zeiten für dieselbe Firma arbeiten kann.
- **Anmerkung:** Der Stereotyp `<<Geschichte>>` erklährt den Zeitaspekt der Beziehung: Er besagt, das eine Person über die Zeit für viele Firmen arbeiten kann, aber zu einer bestimmten Zeit immer nur für keine (0) oder eine (1) Firma arbeitet.

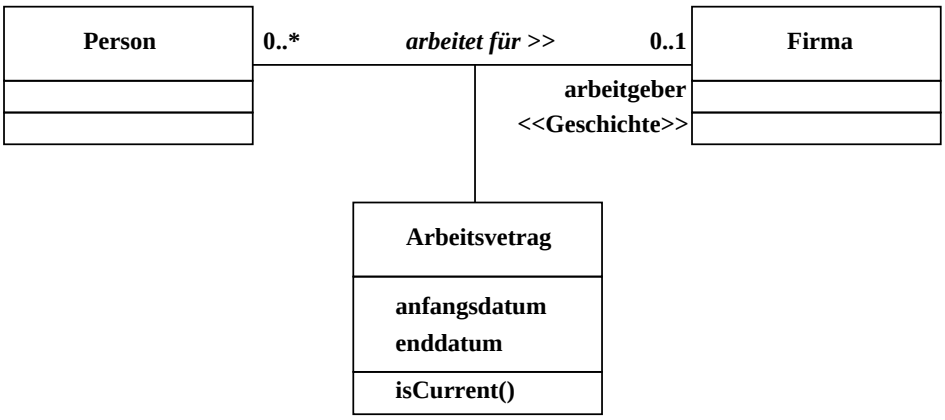


Abbildung 1.15: Assoziierte Attribute

- Unterstützt Ihr UML-Tool keine Assoziationsklassen, sollte man folgendes Workaraound benutzen.

- Beachten Sie dabei die Änderung in der assoziierten Kardinalität und die Tatsache das die "arbeitgeber"-Assoziation nun abgeleitet ist ("/").

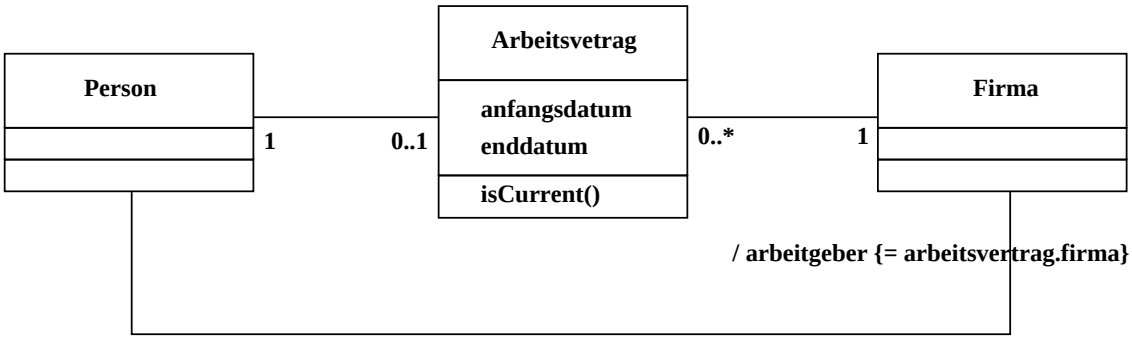


Abbildung 1.16: Assoziiertes Attribut (Fortseztung)

1.1.13 template classes

http://www.csci.csusb.edu/dick/samples/uml1b.html#Templates
http://tfs.cs.tu-berlin.de/lehre/SS04/GRA-IOSIP/Folien/bjoern.pdf
How to use templates in UML models

1.1.14 UML 2.0

UML2.1-Notationsübersicht

http://www.sparxsystems.com.au/resources/uml2_tutorial/uml2_classdiagram.html

http://www.jeckle.de/files/umltutorial.pdf (Seite 16-22)

Assoziationen im Klassendiagramm

1.1.15 Modell und Metamodell

UML User-Modell und Metamodell (Seite 9f., 19f.)

4-Schichten-Architektur von UML(Seite 10)

1.2 Spezifikation einfacher Klassen nach Prinzipien der SdV

1.2.1 Ein einfaches Beispiel ...

KEY, VALUE

mydictionary

- keys: vector<KEY>*
- values: vector<VALUE>*
- count: unsigned int

```
/* basic queries */
+ get_count() : unsigned int
+ has(k: const KEY &) : bool
+ value_for (k: const KEY &) : VALUE

/* constructors */
+ << constructor >> mydictionary()
+ << constructor >> mydictionary(
                        s: const mydictionary<KEY,VALUE>&)
+ << destructor >>∽mydictionary(): null

/* disable assignmet operator */
- = (s: const mydictionary<KEY,VALUE>&):
                                mydictionary<KEY,VALUE>&

/* derived queries */
/* ... */

/* modificators */
+ put(k: const KEY &, v: const VALUE &): null
+ remove(k: const KEY &): null
```

Klassifikation der Methoden in

- grundlegende Abfragen (Queries/Observatoren)
- abgeleitete Abfragen (Queries/Observatoren)
- Aktionen (Modifikatoren)
- Konstruktoren/Destruktoren

Siehe dazu zum Beispiel:

Spezifikation durch Vertrag — eine Basistechnologie für eBusiness

Wie genau sollten die Vertäge zwischen Nutzer und Lieferant von `mydictionary` aussehen?

Beispiele:

Wann dürfen welche Methoden aufgerufen werden? Welche Auswirkungen müssen sie dann haben? Welche Exemplare von `mydictionary` erzeugen die beiden Konstruktoren?

Oder genauer:

Wann darf der default-Konstruktor benutzt werden?
Wann darf der Kopierkonstruktor benutzt werden?
Welche Wörterbücher erzeugen sie jeweils?
Wann darf `remove(k)` benutzt werden?
Darf `put(k,v)` nur im Falle `not has(k)` benutzt werden?
...

1.2.2 Vor- und Nachbedingungen in OCL

OCL-Manual Seite 8f.

1.2.3 Spezifikation durch Verträge

http://de.wikipedia.org/wiki/Design_by_contract
(**SdV**, *Design by Contract* [1], *Programming by Contract*) ist eine Methode zur Spezifikation der dynamischen Semantik von Softwarekomponenten mit Hilfe von Verträgen aus erweiterten boolschen Ausdrücken. **SdV** basiert auf der Theorie der abstrakten Datentypen und formalen Spezifikationsmethoden. Spezifizierte Komponenten können Module, Klassen oder Komponenten im Sinne von Komponententechnologien (wie Microsofts COM, .NET oder Suns EJB) sein. Verträge ergänzen das Kunden-Lieferanten-Modell:

[1] „Design by Contrakt“ ist ein Warenzeichen von Interactive Software Engeneering.

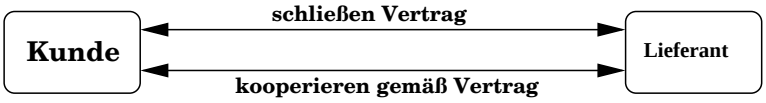


Abbildung 1.17: Kunden-Lieferanten-Modell

Grundlegend für die Vertragsmethode ist das **Prinzip der Trennung von Diensten in Abfragen und Aktionen** (*command-query separation)*:

- **Abfragen** geben Auskunft über den Zustand einer Komponente, verändern ihn aber nicht. Sie liefern als Ergebnis einen Wert. Die Abfragen einer Komponente beschreiben ihren abstrakten Zustand.
- **Aktionen** verändern den Zustand einer Komponente, liefern aber kein Ergebnis. Die Aktionen einer Komponente bewirken ihre Zustandsveränderungen.

Diesem Prinzip folgend sind seiteneffektbehaftete Funktionen als Dienste zu vermeiden[2].

SdV	Verpflichtungen	Vorteile
Benutzer der Klasse	delegiert nur bei erfüllter Vorbedingung	kommt in den Genuß der garantierten Nachbedingung und Invarianten
Anbieter der Klasse	(nur bei gültiger Vorbedingung:) muß die Nachbedingung erfüllen	braucht Vorbedingung nicht überprüfen; kann sich auf deren Einhaltung verlassen

Tabelle 1.1: Verpflichtungen/Vorteile von Verträgen zwischen Komponentenanbieter und -benutzer

1.2.3.1 Methodenklassifikation in C++

- const-Methoden (Abfragen/Queries/Observatoren) teilt man in wesentliche und abgeleitete solche ein.
- Die wesentlichen Observatoren erlauben eine vollständige Spezifizierung des Zustands eines Klassenexemplars.
- Sie (und nur sie) werden nicht durch Nachbedingungen spezifiziert. Sie dienen vielmehr dazu, abgeleitete Observatoren und Modifikatoren (das sind nicht-const-Methoden) in ihren Nachbedingungen näher zu bestimmen.

[2]In bestimmten Fällen, z.B. bei Fabrikfunktionen, können Seiteneffekte sinnvoll sein. Solche Funktionen sind nicht als Spezifikatoren verwendbar und sollten entsprechend gekennzeichnet sein.

- Dazu werden die abgeleiteten Observatoren durch eine Nachbedingung unter Benutzung einer oder mehrerer wesentlicher Observatoren spezifiziert.

- Modifikatoren werden durch eine Nachbedingung unter Benutzung aller wesentlicher Observatoren spezifiziert, um den exakten Zustand des Exemplars am Ende des Modifikatoraufrufs anzugeben.

- Verzichte (evtl.) in Nachbedingungen von Modifikatoren darauf, explizit zu spezifizieren, was sich nicht ändert (in der Annahme, dass alles nicht explizit genannte als *ungeändert* zu gelten hat). Leider ist nicht immer klar, was *ungeändert* zu bedeuten hat: Mindestens dann sollten Frameregeln (Rahmenbedingungen) explizit spezifizieren, was nach Aufruf des Modifikators *gleich* ist wie vorher.

- Explizite Spezifikation aller Rahmenbedingungen können bei programminterner Überprüfung der Nachbedingungen fehlerhafte Implementierungen aufdecken!

- Schreibe für jede Methode eine Vorbedingung mit Hilfe von
  - Abfragen und
  - Bedingungen an Methodenparameter.

  Hier (bei den Vorbedingungen) dürfen auch abgeleitete Abfragen, die eventuell effizienter sein können als eine sonst nötige Kombination mehrerer wesentlicher Abfragen, benutzt werden.

- Sorge dafür, dass bei Erfülltsein der Vorbedingungen auf jeden Fall die Nachbedingungen ebenfalls erfüllt sind (oder — in Ausnahmefällen — eine Exception ausgelöst wird).

- Sorge dafür, dass die Abfragen in Vorbedingungen effizient berechnet werden (evtl. durch Hinzufügen weiterer effizienter abgeleiteter Abfragen). Vergesse nicht, die evtl. hinzugefügten neuen abgeleiteten Abfragen durch Nachbedingungen (und Vorbedingungen) zu spezifizieren.

- Nutze Invarianten um die Abhängigkeit von Methoden zu spezifizieren (Konsistenzbeziehungen).

- Untersuche alle Abfragen paarweise auf Redundanzen und formuliere solche explizit als Invarianten.

- Wann immer Abfrage-Ergebnisse oder Methoden-Parameter eingeschränkte Wertebereiche besitzen, formuliere dies explizit in Form von
  - Vorbedingungen,
  - Nachbedingungen

  oder
  - Invarianten.

- Schreibe die Nachbedingungen von virtuellen (also überschreibbaren) Methoden immer in der Form

  ```
  Vorbedingung implies Nachbedingung
  ```

  (`Ensure((!Vorbedingung) || Nachbedingung)`), um die Redefinition in Kindklassen konfliktfrei zu ermöglichen.

1.2.3.2 Vertragspflichten/Vertragsnutzen

Ein Grund für die strikte Trennung von Abfragen und (reinen) Aktionen ist, dass Abfragen als **Spezifikatoren** dienen, d.h. als Elemente von Verträgen. **Verträge** setzen sich aus Bedingungen folgender Art zusammen:

- **Invarianten** einer Komponente sind allgemeine unveränderliche Konsistenzbedingungen an den Zustand einer Komponente, die vor und nach jedem Aufruf eines (public) Dienstes gelten. Formal sind Invarianten boolsche Ausdrücke über den Abfragen der Komponente; inhaltlich können sie z.B. Geschäftsregeln (busisness rules) ausdrücken.

- **Vorbedingungen** (preconditions) eines Dienstes sind Bedingungen, die vor dem Aufruf eines Dienstes erfüllt sein müssen, damit er ausführbar ist. Vorbedingungen sind boolsche Ausdrücke über den Abfragen der Komponente und den Parametern des Dienstes.

- **Nachbedingungen** (postconditions) eines Dienstes sind Bedingungen, die nach dem Aufruf eines Dienstes erfüllt sind; sie beschreiben, welches Ergebnis ein Dienstaufruf liefert oder welchen Effekt er erzielt. Nachbedingungen sind boolsche Ausdrücke über den Abfragen der Komponente und den Parametern des Dienstes, erweitert um ein Gedächniskonstruckt, das die Werte von Ausdrücken vor dem Dienstaufruf liefert.

Verträge legen Pflichten und Nutzen für Kunden und Lieferanten fest. Die Verantwortlichkeiten sind klar verteilt:
Der Lieferant garantiert die Nachbedingung jedes Dienstes, den der Kunde aufruft, falls der Kunde die Vorbedingung erfüllt. Eine verletzte Vorbedingung ist ein Fehler des Kunden, eine verletzte Nachbedingung oder Invariante (bei erfüllter Vorbedingung) ist ein Fehler des Lieferanten. Die Verträge spezifizieren also eindeutig die Verantwortlichkeit bei Auftreten eines Fehlers.

	Kunde	Lieferant
Pflicht	Die Vorbedingung einhalten.	Die Nachbedingung herstellen und die Invariante erfüllen.
Nutzen	Ergebnisse/Wirkungen nicht prüfen, da sie durch die Nachbedingungen garantiert sind. Bei Methodenaktivierung werden die Anweisungen ausgeführt, die die Nachbedingungen herstellen und die Invarianten erhalten	Die Vorbedingungen nicht prüfen; sie sind durch den Vertrag garantiert und Mehrfachüberprüfungen sollten vermieden werden.

Tabelle 1.2: Pflichten - Nutzen von Kunden und Lieferanten

Schwache Vorbedingungen erleichtern den Kunden die Arbeit, starke Vorbedingungen dem Lieferanten. Je schwächer die Nachbedingungen sind, umso freier ist der Lieferant und umso ungewisser sind die Kunden über das Ergebnis/den Effekt. Je stärker die Nachbedingungen sind, umso mehr muß der Lieferant leisten.

1.2.3.3 Beispiele

Einige Beispielverträge für eine Klasse `vektor` (notiert in `nana`):

- friend-Funktion `Norm()` (abgeleitete Abfrage/Query/Observator)

```
double Norm(const vektor& v)
{
  REQUIRE(v.invariant());
  // ...
  // double qsum = ...
  ENSURE(approximatelyEqualTo(qsum, S(int k=v.lo(), k<=v.hi(),k++,
                                      v(k)*v(k)), 2.0));
  ENSURE(approximatelyEqualTo(result*result,qsum,2.0));
  return result;
}
```

- Methode `normalize()` (Modifikator ohne Rückgabewert (void))

```
void vektor::normalize()
DO
        REQUIRE(Norm(*this)!=0.0);
        ID(vektor value_old(*this));
```

```
        ...
        ENSURE(approximatelyEqualVekTo(result*n, value_old, 2.0));
        ENSURE(approximatelyEqualTo(Norm(result), 1.0, 2.0));
END
```

- i-ter Einheitsvktor (statische Klassenmethode)

```
vektor vektor::ei(int n, int i)
{
  REQUIRE((n>=1) && (1<=i) && (i<=n));
  ...
  ENSURE(result.lo()==1);
  ENSURE(result.hi()==n);
  ENSURE(E1(int k=result.lo(), k<=result.hi(), k++,
            result(k)!=0.0));
  ENSURE(result(i)==1.0);
  ENSURE(result.invariant());
  ...
}
```

- Konstruktor

```
vektor::vektor(const double x[], int n) : low(1), high(n)
{
  REQUIRE((n>=1) && (x!=0));
  REQUIRE("x[] hat mindestens n Komponenten");
  ...
  ENSURE(lo()==1 && hi()==n);
  ENSURE(A(int k=lo(), k<=hi(), k++, (*this)(k)==x[k-lo()]));
END
```

- Modifikator

```
void vektor::changeValueAt(int i, double x)
DO
  REQUIRE((lo()<=i) && (i <=hi()));
  ...
  ENSURE((*this)(i)==x);
  ENSURE("alle anderen Komponenten von *this ungeaendert");
END
```

Überlegen Sie sich einen expliziten Nichtänderungsvertrag für „alle anderen Komponenten“ von `*this` (Frame-Bedingung).

- `operator!=` (abgeleitete Abfrage)

```
bool vektor::operator!=(const vektor& w) const
DO
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(result == ((hi()-lo())!=(w.hi()-w.lo())) ||
     E(int k=lo(), k<=hi(), k++, (*this)(k)!=w(k-lo()+w.lo())));
  ...
}
```

1.2.3.4 Subcontracting/als Subunternehmer einsetzen/Untervertragswesen

Es gelten folgende Regeln bei der Vererbung (von is-a-Methoden):

a) Vorbedingungen können in einer Kindklasse (Untervertrag) abgeschwächt werden oder müssen gleich sein.

b) Nachbedingungen in einer Kindklasse (Untervertrag) müssen (im Falle des Erfülltseins der Vorbedingung der Elterklasse) gleich oder stärker sein als diejenigen der Elterklasse.

c) Invarianten in der Kindklasse (Untervertrag) müssen ebenfalls gleich oder stärker als die der Elterklasse sein.

Dann ist ein echtes *Subcontracting* realisiert.

Bemerkung: Es reicht die Kindnachbedingung im Falle des Eintreffens der Eltervorbedingung gleich oder stärker als die Elternachbedingung zu realisieren. Im Falle „Kindvorbedingung **and not** Eltervorbedingung“ darf die Kindnachbedingung frei gewählt werden.

$$Invariante_{Kindklasse} = Invarinte_{Elterklasse} \text{ and } ...$$
$$Vorbedingung_{Kindmethode} = Vorbedingung_{Eltermethode} \text{ or } ...$$
$$Nachbedingung_{Kindmethode} = \begin{cases} Nachbedingung_{Eltermethode} \text{ and } ... & \text{, falls } Vorbedingung_{Eltermetho} \\ \text{beliebig} & \text{, sonst} \end{cases}$$

1.2.3.5 Beispiel

Contract/Subcontract in nana:

```
class name_list{
...
public:

  /////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;   // number of items in stack

  bool has(const string& a_name) const;
...
/////////// (pure) modificators:

  virtual void put(const string& a_name); // Push a_name into list
}

void name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
   REQUIRE(/* name not in list */    !has(a_name));
   ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
   ID(int count_old = get_count());
   ID(bool not_in_list = !has(a_name));
...
   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE( (!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1));
   ID(set<string> contents(begin(),end()));
   ENSURE( (!not_in_list) || (contents == contents_old + a_name));
END

...
///////////////// child class relaxed_name_list ///////////
////////////////   (more user friendly)   ////////////////

class relaxed_name_list : public name_list{
    ///////// (pure) modificators: (redefined)

    virtual void put(const string& a_name);   // Push a_name into list
...
}
void relaxed_name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
```

```
   REQUIRE(/* nothing */  true);       // usable without conditions
   ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
   ID(int count_old = get_count());
   ID(bool not_in_list = !has(a_name));
...
   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE((!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1));  // &&
   ENSURE(  not_in_list  || (get_count() == count_old));
   ID(set<string> contents(begin(),end()));
   ENSURE(  not_in_list  || (contents == contents_old));
   ENSURE((!not_in_list) || (contents == contents_old + a_name));
END
...
///////////////// child class relaxed_name_list ///////////
////////////////   (more user friendly)   ////////////////

class relaxed_name_list : public name_list{
    ///////// (pure) modificators: (redefined)

    virtual void put(const string& a_name);   // Push a_name into list
...
}
void relaxed_name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
   REQUIRE(/* nothing */  true);       // usable without conditions
   ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
   ID(int count_old = get_count());
   ID(bool not_in_list = !has(a_name));
...
   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE((!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1));  // &&
   ENSURE(  not_in_list  || (get_count() == count_old));
   ID(set<string> contents(begin(),end()));
   ENSURE(  not_in_list  || (contents == contents_old));
   ENSURE((!not_in_list) || (contents == contents_old + a_name));
END
```

Die Regeln des Contracting/Subcontracting, Zusammenfaßung:

Klassen-Invarianten (Gültige Attributwertkombinationen/Objekte der Klasse)

- schränken Werte von Attributen ein, trennen gültige von ungültigen Exemplaren einer Klasse
- spezifizieren Redundanzen (vgl. Day/Month/Year, Count/IsEmpty, ...)

Methoden-Vorbedingungen (an Attribute und Parameter)

- schränken den Bereich ein, in dem die Methode erfolgreich sein muß, benutzt werden darf

Methoden-Nachbedingungen (an Attribute und Parameter)

- spezifizieren (formal) das Ergebnis der Methode (das **was**, nicht das **wie**)

Was vor und nach jeder Methode gelten muß (in Form von Hoare-Tripeln notiert):

Konstruktor:
{$\mathrm{VB}_{Parameter}$} Konstruktor {Inv and $\mathrm{NB}_{Konstruktor}$}

Destruktor:
{Inv} Destruktor {-}

Jede andere (öffentliche) Methode M:
{VB_M and Inv} M {NB_M and Inv}

Weitere Subcontracting-Beispiele
aus: http://www.cse.yorku.ca/course_archive/2004-05/F/3311/sectionA/22-InheritDBCgen.pdf

1.2.3.6 Funktion invert (Invertieren einer Matrix)

Beispiel in Eifel:

Ursprüngliche Definition:
invert(epsilon:REAL) is - - Invert martix with precision epsilon
    require epsilon>= 10^(−6)
    ...
    ensure abs ((Current * inverse) - Identy) <= epsilon
end

Redefinition: (Untervertrag)
invert(epsilon:REAL)is - - Invert matrix with precision epsilon
    require else epsilon>= 10^(−20)
...
    ensure then abs ((Current * inverse) - Identy) <= (epsilon/2)
end

1.2.3.7 Interface myDictionary::Put

Ein Vertrag zwischen Kunde und Unternehmer (in Cleo spezifiziert) laute:

```
INTERFACE myDictionary[Keys, Values]
ACTIONS
   Put(IN k:Keys, IN v:Values)
      PRE
         NOT Has(k)
      POST
         Has(k)
         ValueFor(k)= v
         Count = OLD(Count)+1
.
.
.
```

Kann er durch den Unternehmer allein nicht zeitgerecht erfüllt werden, so kann sich dieser eventuell folgendermaßen aus seiner Notlage befreien: Ein anderer Unternehmer biete den folgenden Vertrag an:

```
INTERFACE myDictionary[Keys, Values]
ACTIONS
   Put(IN k:Keys, IN v:Values)
      PRE
         TRUE
      POST
         Has(k)
         ValueFor(k)= v
         NOT OLD(Has(k)) IMPLIES Count = OLD(Count)+1
         OLD(Has(k))     IMPLIES Cout = OLD(Count)
.
.
.
```

1.2.3.8 Interface LoeseLGS

```
------------------------------ LoeseLGS-Elter
ACTIONS
   LoeseLGS( IN A : Matrix,
             IN b : Vektor,
            OUT x : Vektor )
      PRE
         NOT Det(A) = 0
      POST
         || A * x - b || <= EPSILON
```

sowie ein Subcontract:

```
------------------------------ LoeseLGS-Kind
ACTIONS
   LoeseLGS( IN A : Matrix,
             IN b : Vektor,
            OUT x : Vektor )
      PRE
         TRUE
      POST
         NOT Det(A) = 0 IMPLIES || A * x - b || <= EPSILON
         Det(A) = 0     IMPLIES "x ist eine Minimalstelle von || A * x - b ||"
```

1.2.3.9 Interface Bruecke

```
INTERFACE Fussgaengerbruecke
----------------------------- Fussgaengerbruecke
   QUERIES
      MaxLast : REAL
      AktLast : REAL
   INVARIANTS
      MaxLast >= 7500
      AktLast <= MaxLast
   ACTIONS
      ueberquereBruecke( IN gew : REAL,
                         OUT Guthaben : INTEGER )
         PRE
            gew  + AktLast <= MaxLast
            gew <= 200
            Guthaben >= 2
         POST
            AktLast = OLD(AktLast) + gew
            Guthaben = OLD(Guthaben) - 2
      verlasseBruecke( IN gew : REAL )
         ...
```

sowie ein Subcontract:

```
INTERFACE Autobruecke
----------------------------- Autobruecke
   QUERIES
      MaxLast : REAL
      AktLast : REAL
   INVARIANTS
      MaxLast >= 800000
      AktLast <= MaxLast
   ACTIONS
      ueberquereBruecke( IN gew : REAL,
                         OUT Guthaben : INTEGER )
         PRE
            gew  + AktLast <= MaxLast
            gew <= 20000
            Guthaben >= 20
         POST
            AktLast = OLD(AktLast) + gew
            OLD(gew) <= 200     IMPLIES Guthaben = OLD(Guthaben) - 2
            NOT OLD(gew) <= 200 IMPLIES Guthaben = OLD(Guthaben) - 20
      verlasseBruecke( IN gew : REAL )
         ...
```

Aufgabe:

Überlege Contracts und Subcontracts im Umfeld:
— Kunde/Stammkunde
— Firmenkonto/Privatkundenkonto
— Vereinsmitglied /Vorstandsmitglied
— ...

1.2.3.10 Zusammenfaßung der SdV-Prinzipien

1. Observatoren (und nur diese) haben einen Ergebniswert; sie ändern den Obje ktinhalt nicht!
   Modifikatoren haben **keinen** Ergebniswert.

2. Unterscheide: "grundlegende Observatoren" von

3. "abgeleiteten Observatoren". Jeder abgeleitete Observator hat eine Nachbedingung, die auf die grundlegenden Observatoren zurückgreift.

4. Für jeden Konstruktor/Modifikator schreibe eine Nachbedingung, die die Wer te aller brundlegenden Observatoren am Ende einer Methode festlegt.

5. Für jeden Observator und jeden Konstruktor/Modifikator schreibe notwendige Vorbedingungen.

6. Schreibe für jede Klasse eine Invariante, die die sich nicht ändernden Mer kmale der Objekte beschreibt (also **gültige** und **ungültige** Obje kte unterscheidet).

7. Die grundlegenden Observatoren sind ein minimaler Methodensatz, der dazu dient den Zustand eines Exemplars vollständig zu charakterisieren. Sie haben außer Konsistenzbeziehungen zu anderen Methoden **keine** Nachbedingungen.

1.2.4 ... und sein (OCL2-)Vertrag

```
package mydictionary

context mydictionary
inv: keys != 0
inv: values != 0
inv: count >= 0
inv: keys->size() = values->size()
inv: keys->size() = count
/* Invarianten der privaten Attribute für das Implementierungs-Team */

/* basic observators */

context mydictionary::get_count() : Integer
body: count
/* post: result = KEY->select(k | has(k))->size() */

context mydictionary::has(k : KEY) : Boolean
post consistentWithCount: get_count()=0 implies not result

context mydictionary::value_for(k: KEY): VALUE
pre: has(k)

/* constructor */

context mydictionary::mydictionary()
post: get_count() = 0


context mydictionary::mydictionary(s : mydictionary) // const &
post: s.get_count() = self.get_count()
/* post: KEY->forAll(k | s.has(k) implies s.value_for(k) = self.value_for(k)) */

/* modificator */

context mydictionary::put(k: KEY, v: VALUE)
pre: not has(k)
post: has(k)
post: get_count() = get_count@pre() + 1
post: value_for(k) = v
/* post: KEY->forAll(kl | has@pre(kl) implies value_for@pre(kl) = value_for(kl)) */

context mydictionary::remove(k: KEY)
```

```
pre: has(k)
post: not has(k)
post: get_count() = get_count@pre() - 1
/* post: KEY->forAll(kl | has@pre(kl) implies (kl = k or
                                        value_for@pre(kl) = value_for(kl))) */

endpackage -- mydictionary
```

1.3 Ein Beispiel aus dem industriellen Einsatz: Die Klasse java.awt.Color

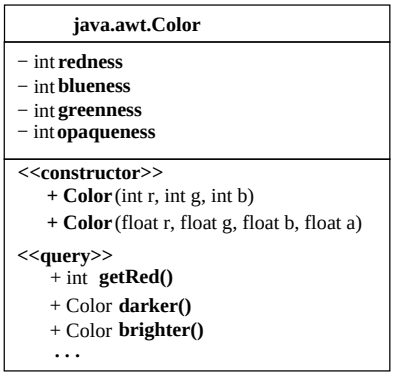


Abbildung 1.18: Die Standard Farbklasse: java.awt.Color

Was sagt Ihnen dieses Klassendiagramm? Was sagt es nicht?

1.3.1 Klassenspezifikation: java.awt.Color

Invarianten: (Für jedes Farbobjekt, c)
0<=redness(c)<=255 **and** 0<=greenness(c)<=255 **and**
0<=blueness(c)<=255 **and** 0<=opaqueness(c)<=255

Construktor Methoden:

Listing 1.1: Konstruktor-Methoden:

```
public Color(int r, int g, int b)
  pre: 0 <= r <= 255 und 0 <= g <= 255 und 0 <= b <= 255
                  --(throws IllegalArgumentException)
  -- modifies: redness, greenness, blueness, opaqueness
  post: redness == r und greenness == g und blueness == b
     und opaqueness == 255

public Color(float r, float g, float b, float a)
  pre: 0.0 <= r <=1.0 und 0.0 <= g <= 1.0 und 0.0 <= b <=
     1.0 und 0.0 <= a <= 1.0
                  --(throws IllegalArgumentException)
  post: redness == r*255 und greenness == g*255 und
     blueness == b*255 und
  opaqueness == a*255
```

Query Methoden und Modifikatoren:

Listing 1.2: Query-Methoden

```
public int getRed()
 post: result == redness

public Color darker()
 post: result.redness == redness*0.7
   and result.greenness == greenness*0.7
   and result.blueness == blueness*0.7
   and result.opaqueness == 255

public Color brighter()
 post: (redness/ 0.7)>255 implies result.redness == 255
   and (redness/ 0.7)<=255 implies result.redness ==
      redness/ 0.7
   and (greenness/ 0.7)>255 implies result.greenness == 255
   and (greenness/ 0.7)<=255 implies result.greenness ==
      greenness/ 0.7
   and (blueness/ 0.7)>255 implies result.blueness == 255
   and (blueness/ 0.7)<=255 implies result.blueness ==
      bluness/ 0.7
   and result.opaqueness == 255
...
```

Bemerkung: Im Sinne des „Programming by Contract“ sollte der wesentliche Teil der Spezifikation „völlig“ implementierungsunabhängig durchgeführt werden.
Das heißt:

- kein Zugriff auf private Attribute bzw. Methoden
- keine Vorwegnahme der zu benutzenden Algorithmen
- Alle Vor- und Nachbedingungen sollten mit Hilfe der basic Queries arbeiten.

Bemerkung: Die Spezifikation mittels OCL geschieht aber nicht **nur** für den benutzenden Programmierer, sondern auch als Hilfe für das Implementierungsteam. **Hier** sollte natürlich auch auf implementierungsabhängige Einzelheiten Bezug genommen werden können. Z.Bsp. sollten die **basic Queries** selbst mittels Nachbedingungen spezifiziert werden.

1.3.2 Hinweise

1. Spezifiziere wo immer nötig implementirungsspezifische Entscheidungen (meist in der Form <> 0)

2. Stelle sicher, daß die in den Vorbedingungen benutzten Observatoren „effizient“ arbeiten. Falls nötig, füge zusätzliche abgeleitete schnell arbeitende Observatoren hinzu (virtuelle, nur zur Spezifikation benötigte Methoden).

3. Wenn ein abgeleiteter Observator als Attribut implementiert wird, sollte die Klasseninvariante entsprechend erweitert werden.

4. Um die Neuimplementierung virtueller Methoden zu unterstützen sollte **jede** Nachbedingung einer virtuellen Methode durch Ihre Vorbedingung abgeschirmt sein.

Zu C++:

- Konstante Methoden sind (reine) Observatoren
- nichtkonstante Methoden sollten keine Ergebnisse liefern; bei Beendigung muß die Klasseninvariante erfüllt sein
- Direkter modifizierender Zugriff auf Attribute ist gefährlich (warum?) und sollte deshalb nicht erlaubt sein.

2 OCL-Spezifikation von Klasseninterdependenzen

2.1 size() aller assoziierten Exemplare

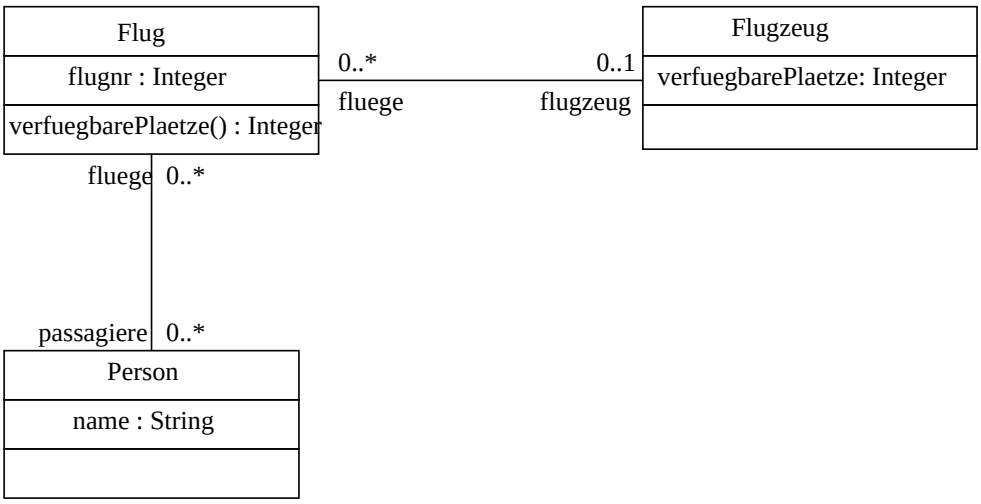


Abbildung 2.1: size() aller assoziierten Exemplare

```
context Flug::verfuegbarePlaetze(): Integer
body: self.flugzeug.verfuegbarePlaetze

context Flug
inv konsistenteBidir1: flugzeug.fluege->includes(self)

context Flugzeug
inv konsistenteBidir2: fluege.flugzeug = Bag{self}

context Flug
def: momentanVerfuegbarePlaetze():Integer =
        verfuegbarePlaetze() - passagiere->size()
```

Durch `def:` eingeführte Methoden oder Attribute sind für OCL-Zwecke bestimmte Hilfsobjekte, die im Klassen-Gültigkeitsbereich als <<OclHelper>>-Objekte nutzbar sind.

z.B. Implementiert durch:

```
class Flug{
Flugzeug* flugzeug;
int      Flugnummer;
vector <Person *>
   passagiere;
int verfuegbarePlaetze();
}
```

```
class Person{
string name;
vector <Flug *> fluege;
}
```

```
class Flugzeug{
vector <Flug *> fluege;
int verfuegbarePlaetze;
}
```

Abbildung 2.2: Implementierungsbeispiel

Momentaner Status etwa:

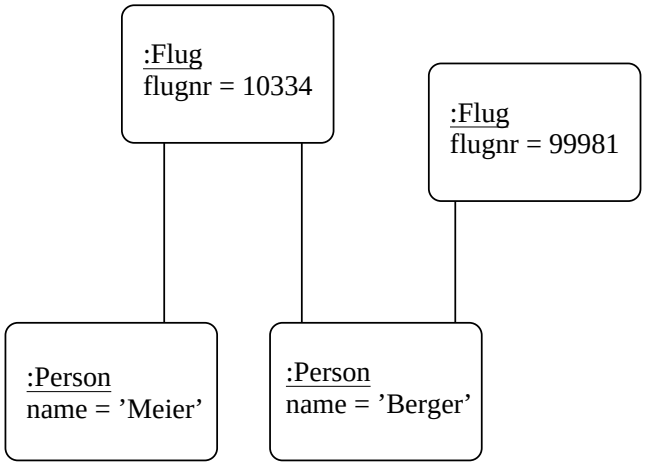


Abbildung 2.3: Zustand/Schnappschuß (Objektdiagramm)

2.2 includes() und forAll()

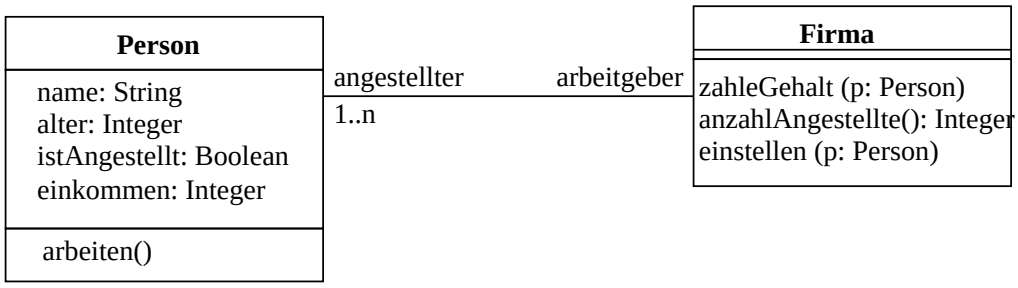


Abbildung 2.4: Modell Person-Firma

Zu diesem Klassendiagramm liege der folgende, in OCL formulierte Vertrag vor:

```
context  Person
  inv:   alter >= 0

context  Person::arbeiten()
  pre:   istAngestellt and alter >= 13

context  Firma::zahleGehalt(p: Person)
  pre:   angestellter->includes(p)

context  Firma::anzahlAngestellte() : Integer
  pre:   angestellter->forAll(p | p.arbeitgeber = Bag{self})
  post:  result = angestellter->size()

context  Firma::einstellen (p: Person)
  pre:   (p.alter >= 13) and not p.istAngestellt and angestellter->excludes(p)
  post:  ((angestellter->size()) = angestellter@pre->size() + 1)
          and p.istAngestellt and angestellter->includes(p)

context  Person
  inv:   if istAngestellt then
               einkommen >= 300
         else
               einkommen < 300
         endif

context Person
  def: spitzname:String = "Angestellter"
```

Vergleiche auch Abschnitt 7.4.4 des OCL 2.2 Handbuchs.

or	if -
and	then -
xor	else -
not	endif
=	
<>	
implies	

Tabelle 2.1: logische Operationen in OCL

2.3 Der Ergebnistyp von (Mehrfach-)Navigationen und collect() von Klassenfeatures

- Navigation durch eine Assoziation mit Vielfachheit 1 liefert ein Objekt des Assoziationsendtyps.
- Das Navigieren durch (mehrere) Assoziationen liefert beim ersten Erreichen einer nicht-1 Rolle ein Objekt des Typs
  - `Bag` oder
  - `Sequence` oder
  - `OrderedSet` oder
  - `Set`

  je nachdem, ob die Rolle die Eigenschaft
  - `{ - }`
  - `{ ordered }`
  - `{ ordered, unique }`
  - `{ unique }`

  hat.
- Zu einer `0..1`-Rolle `rollenname` sollte man nur geschützt durch `rollenname->notEmpty() implies rollenname...` voranschreiten.
- Weiternavigation nach Erreichen eines Container-Objekts liefert einen Bag, falls die letzte Navigation zu einer *nicht* als `{ ordered }` gekennzeichneten Rolle führt oder die Vielfachheit 1 hat.
- Ist die letzte Rolle bei der Weiternavigation nach zwischenzeitlichem Erreichen eines Containerobjekts als `{ ordered }` gekennzeichnet, so ist das Navigationsergebnis eine Sequence.
- Jede (explizite oder implizite) collect()-Operation (vergleiche Abschnitt 7.6.2 des OCL 2.2 Handbuchs) liefert einen Bag, falls die Quelle ein Set oder Bag ist. Sie liefert eine Sequence, falls die Quelle eine Sequence oder ein OrderedSet ist:
  Im Kontext von `Firma` ist
  ```
  self.angestellter->collect(alter)
  self.angestellter->collect(p | p.alter)
  self.angestellter->collect(p : Person | p.alter)
  ```
  vom Typ `Bag(Integer)`. Benötigt man die *Menge* der Alter aller Angestellten, so muß explizit typgewandelt werden:
  ```
  self.angestellter->collect(alter)->asSet()
  ```
  Da collect()-Operationen sehr häufig benötigt werden, können sie in abkürzender Schreibweise ähnlich wie Mehrfachnavigationen benutzt werden:
  ```
  self.angestellter.alter->asSet()
  ```

2.4 Assoziationsklassen

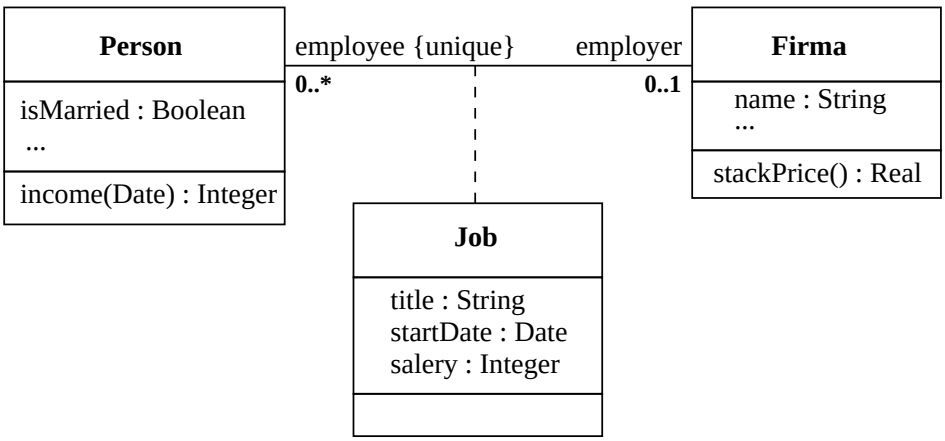


Abbildung 2.5: Assoziationsklasse Job

wird als Workaround implementiert als:

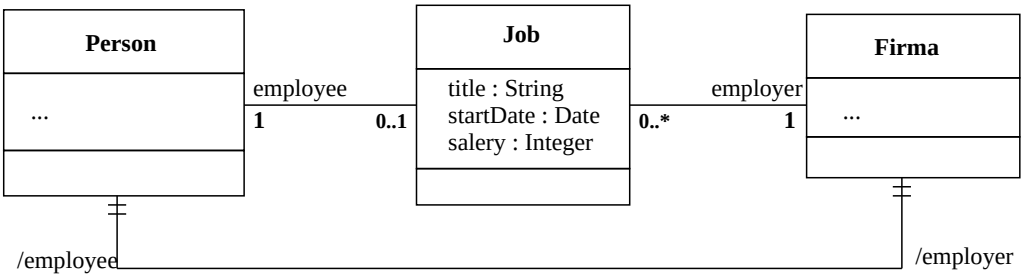


Abbildung 2.6: Assoziationklasse im Workaround

Hier ist zu benutzen:

context Firma
... job.employee ...

statt original

context Firma
... employee ...

Deshalb wird in der Workaround-Klasse Firma die abgeleitete Rolle `employee` als

```
context Firma::employee : Set(Person)
derive: job.employee->asSet()
```

eingeführt.

Analog für die Klasse Person:

```
context Person::employer : Firma
derive: job.employer
```

Alternativ könnte man die `<<OclHelper>>`-Attribute

```
context Firma
def: employee : Set(Person) = job.employee->asSet()

context Person
def: employer : Firma = job.employer
```

einführen.

Aufgabe: Wie unterscheiden sich diese beiden Workaround-Vorgehensweisen in Bezug auf die Benutzbarkeit?

Weitere OCL-Ausdrücke:
context Person :: income (d:Date) : Integer
body self.job → select(d >= startDate).salery → sum()

2.5 Qualifizierte Assoziationen

Abbildung 2.7: qualifizierte Aggregation

context Bank
inv: self.customer[100245].name ='Maier'

context Bank
inv: self.customer→exists(name='Otto')

Workaround für normale Assoziation:

```
context Bank
inv: self.customer->select(accountNumber = 100245).name =
     Bag{'Maier'}
```

2.6 Andere Methoden für die Collection Bag/Set

(im **context** Flugzeug)

fluege→ size()	UnlimitedNatural
fluege→ isEmpty()	Boolean
fluege→ notEmpty()	Boolean
fluege→ includes(Berlin_NewYork) ↑ von Typ Flug	Boolean
fluege→ includesAll(Berlin_NN) ↑ von Typ set(Flug)	Boolean
fluege→ excludes (Berlin_NewYork)	Boolean
fluege→ excludesAll (Berlin_NN)	Boolean
fluege.verfuegbarePlaetze()→ sum()	Integer, Real, ...
=	Boolean
<>	Boolean
-	Differenzmenge
a → intersection (b)	Durchschnitt
a → union(b)	Vereinigungsmenge
a → symmetricDifference(b)	Menge aller Elemente in A oder B, aber nicht in beid mathematisch: $(A \cup B) \setminus (A \cap B)$
flatten()	rekursives Entpacken von verschachtelten Mengen

Tabelle 2.2: Methoden für die Collection Set

Beispiele für Flugnummern:

$\underbrace{fluege \rightarrow asSet()}_{Set(Flug)} \rightarrow \text{one}(flugnr = 123)$		Boolean
	true $\Longleftrightarrow$	Es existiert genau ein Flug mit der flugnr 123
$\underbrace{fluege \rightarrow asSet()}_{Set(Flug)} \rightarrow \text{isUnique}(flugnr)$		Boolean
	true $\Longleftrightarrow$	Jeder Flug hat eine andere flugnr als jeder andere Flug

2.7 Schleifen und Iteratoren

(im **context** Flugzeug)

fluege→ exists(flugnr=12)	Boolean
fluege→asSet().passagiere→ one(name='Meier')	Boolean
fluege→ forAll (verfuegbarePlaetze() <= 3)	Boolean
fluege→ select(verfuegbarePlaetze() > 0)	Collection
fluege→ reject (verfuegbarePlaetze() < 10)	Collection
fluege→ any(verfuegbarePlaetze() > 0)	ein Element
fluege.verfuegbarePlaetze()	Bag{1,3,3,10, ...}
fluege→ collect (verfuegbarePlaetze()) (collectNested (expr))	Bag{1,3,3,10, ...}
fluege→asSet()→isUnique (flugnr)	Boolean
fluege→asSet()→ sortedBy (flugnr)	liefert: orderedSet oder Sequences
Set{1,2,3}→ iterate(i;sum:Integer=0 | sum+i)	
Set{1,2,3}→ iterate(i:Integer; sum:Integer = 0 | sum+i)	

Tabelle 2.3: Schleifen und Iteratoren

2.8 Andere Collections

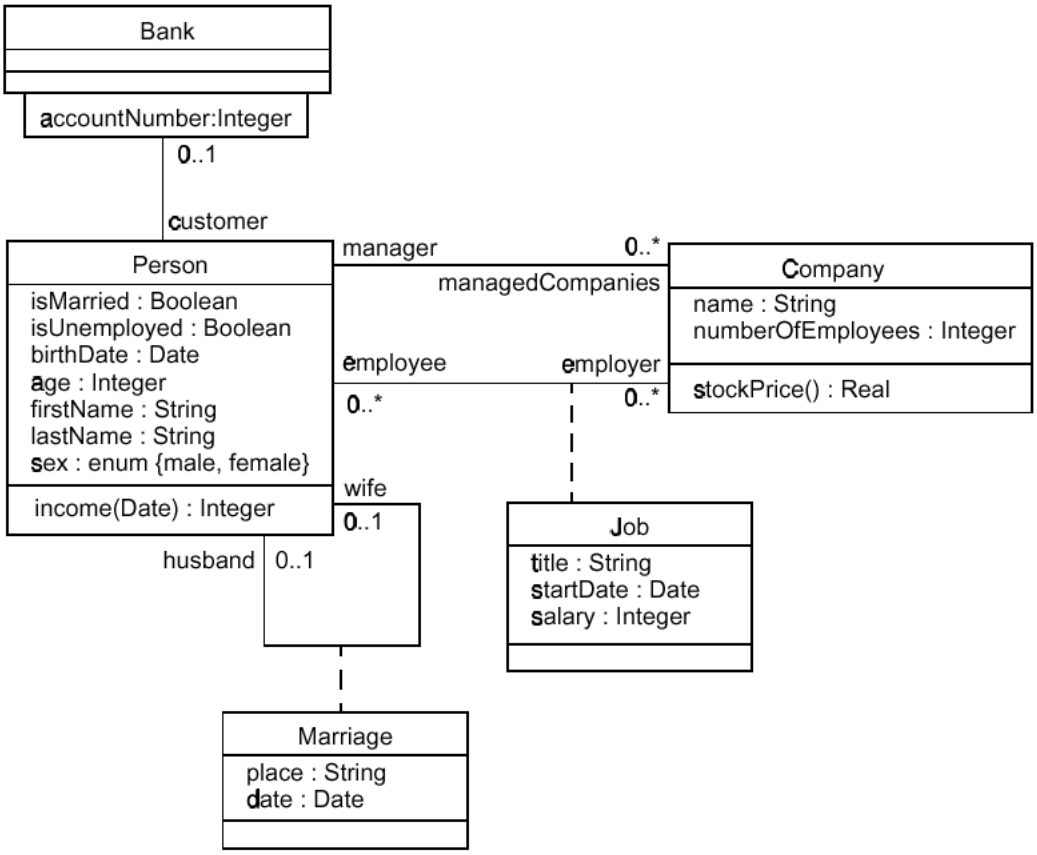
	non ordered	ordered
Element kann nur einfach vorhanden sein	Set	OrderedSet
Element kann mehrfach vorhanden sein	Bag	Sequence

Operation	Set	OrderedSet	Bag	Sequence
=	X	X	X	X
<>	X	X	X	X
–	X	X	-	-
append(object)	-	X	-	X
as Bag()	X	X	X	X
asOrderedSet()	X	X	X	X
asSequence()	X	X	X	X
asSet()	X	X	X	X
at(index)	-	X	-	X
excluding(object)	X	X	X	X
first()	-	X	-	X
flatten()	X	X	X	X
including(object)	X	X	X	X
indexOf(object)	-	X	-	X
insertAt(index, object)	-	X	-	X
intersection(coll)	X	-	X	-
last()	-	X	-	X
prepend(object)	-	X	-	X
subOrderedSet(lower,upper)	-	X	-	-
subSequence(lower, upper)	-	-	-	X
symetricDifference(coll)	X	-	-	-
union(coll)	X	X	X	X

Tabelle 2.4: Collection Operationen mit verschiedenen Bedeutungen

Die genaue Bedeutung von zum Beispiel `excluding(object)`, `indexOf(object)`, `count(object)`, `intersection(coll)`, `prepend()` und `symmetricDifference(coll)`lesen Sie bitte im Handbuch http://www.omg.org/spec/OCL/2.2/PDF (Nachbedingungen der Collection-Operationen) nach!

2.9 Together und automatische Code-Erzeugung



Listing 2.1: Klasse Bank mit qualifizierter Assiziation

```
/*    Generated by Together    */

# ifndef BANK_H
# define BANK_H

class Bank {
private:

    /**
     * @associates Person
     * @supplierQualifier customer
     * @clientCardinality 0..1
     * @supplierCardinality 0..*
     * @undirected
     * @bidirectional Person#bank
     * @clientQualifier bank
     */
```

```
    integer accountNumber;
    map < integer , Person * > customer;
};
#endif //BANK_H
```

Listing 2.2: Enumberation Gender

```
/*    Generated by Together    */

# ifndef GENDER_H
# define GENDER_H

/** @stereotype enumeration */
enum Gender {
    male, female
};
'endif //GENDER_H
```

Listing 2.3: Klasse Person

```
/*    Generated by Together    */

# ifndef PERSON_H
# define PERSON_H
class Bank;
class Company;

class Person {
public:

    Integer income(Date);

private:
    Boolean isUnemployed;
    Date birthDate;
    Integer age;
    String firstName;
    String lastName;

    /**
     * @clientCardinality 1
     * @link association
     */
Gender sex;
Boolean isMarried;
```

```
    /**
     * @supplierCardinality 0..*
     * @supplierQualifier managedCompanies
     * @clientCardinality 1
     * @clientQualifier manager
     * @undirected
     * @bidirectional Company#manager
     */
//Company * linkCompany;
vector < Company * > managedCompanies;

    /**
     * @supplierCardinality 0..*
     * @supplierQualifier employer
     * @clientCardinality 0..*
     * @supplierQualifier employee
     * @associationAsClass Job
     * @undirected
     * @bidirectional Company#employee
     */
vector < Company * > employer;

    /**
     * @bidirectional Person#wife
     * @clientCardinality 0..1
     * @supplierQualifier husband
     * @supplierQualifier wife
     * @associationAsClass Marriage
     */
Person * husband;
/** bidirectional */
Person * wife;

Person * husband;
/** bidirectional */
Bank * bank;
};
#endif //PERSON_H
```

2.10 Fallstudie: Person/Haus/Hypothek

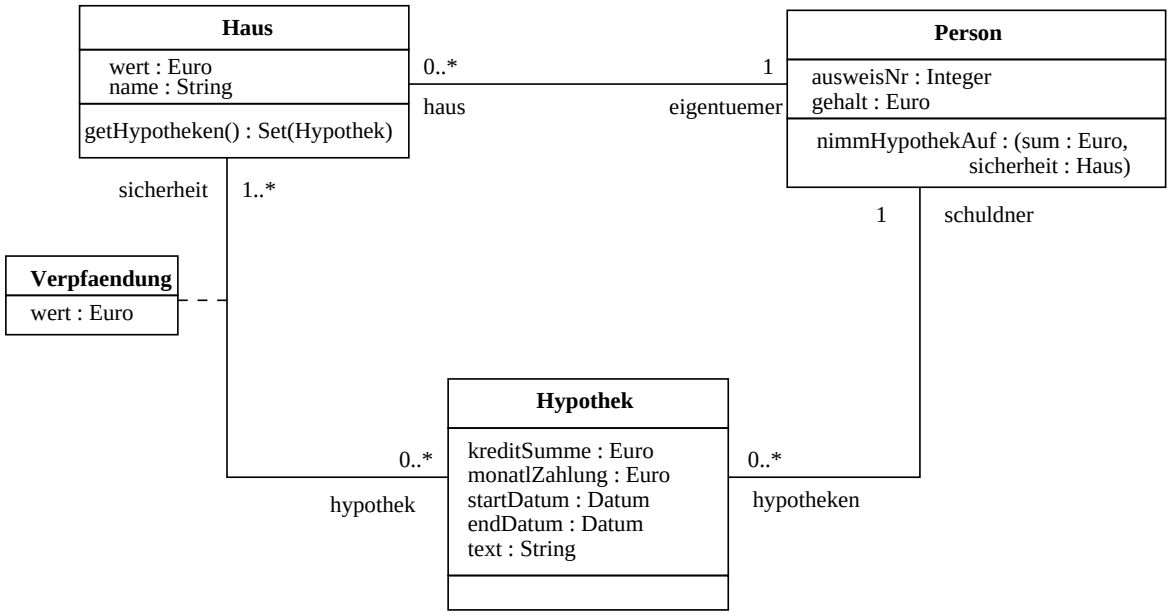


Abbildung 2.8: Klassendiagramm Hypothek

context Hypothek
inv: sicherheit.eigentuemer=Bag{schuldner}

context Hypothek
inv: startDatum < endDatum

context Person
def: anzahlHypotheken : Integer = $\underbrace{\underbrace{haus}_{Bag(Haus)} .hypothek}_{Bag(Hypothek)} \rightarrow asSet() \rightarrow size()$

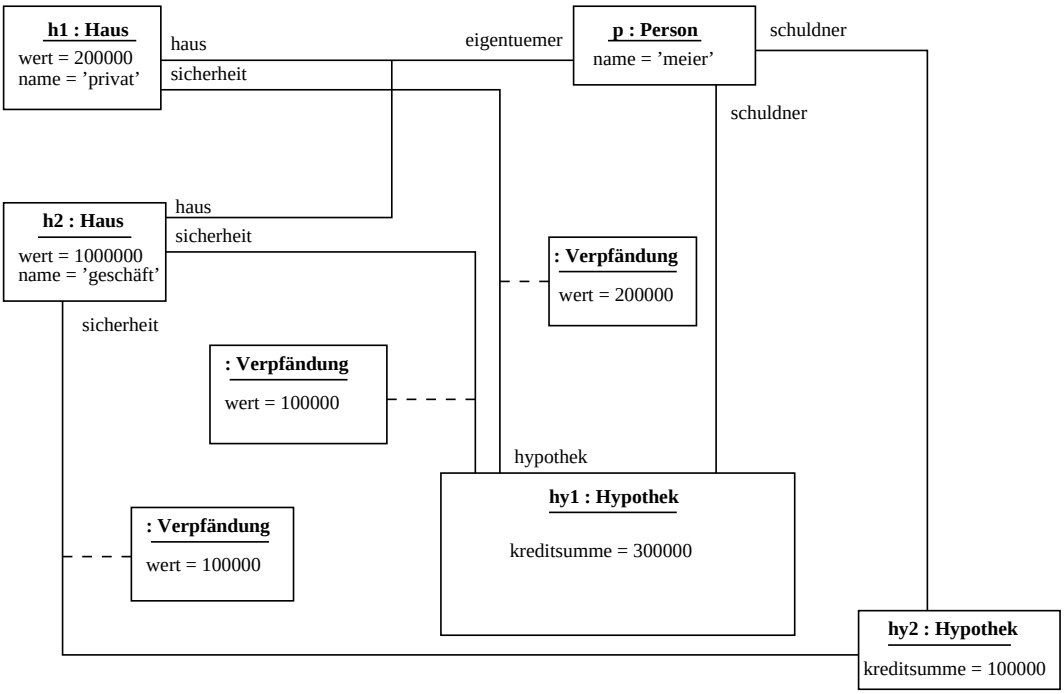
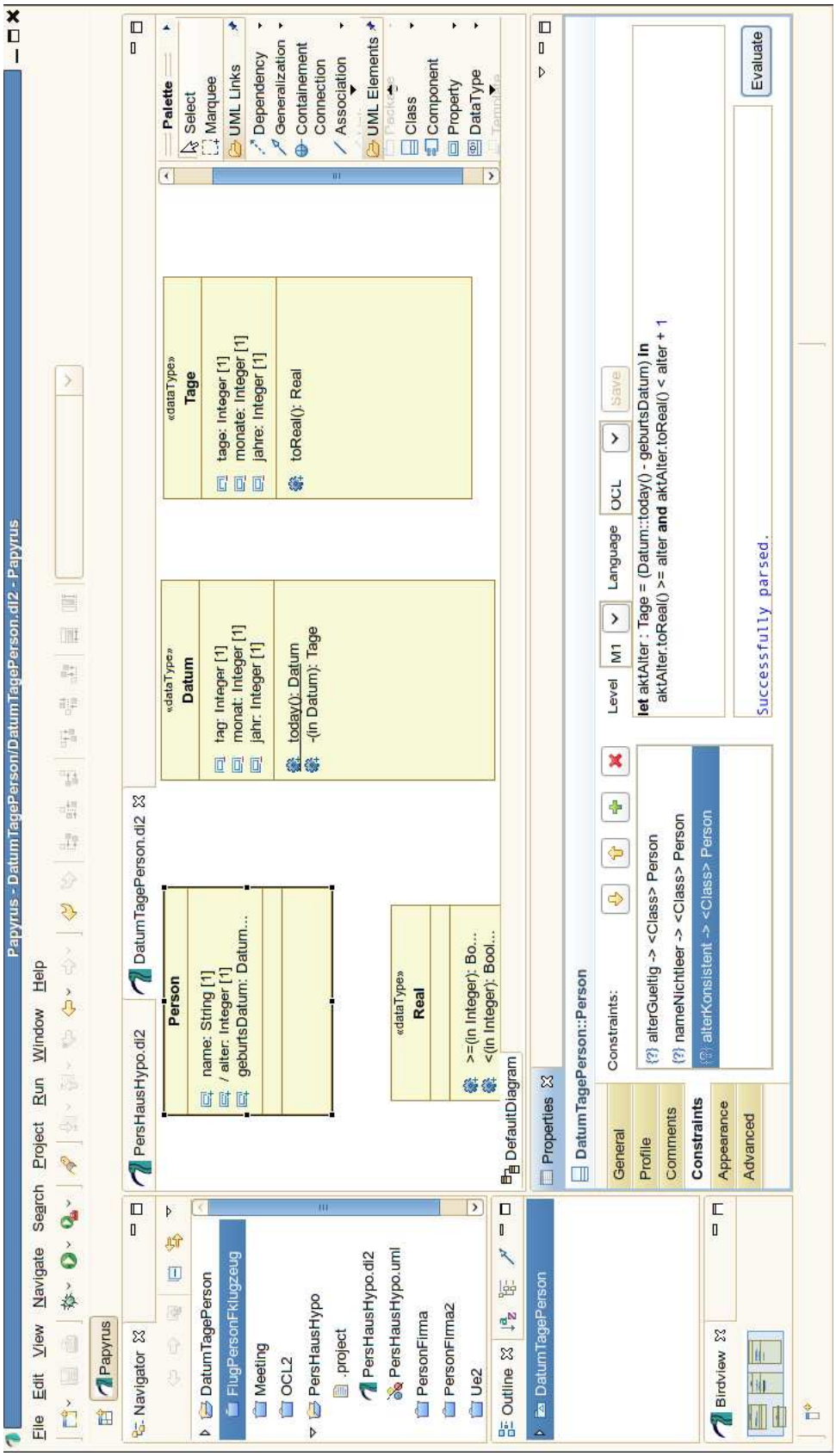


Abbildung 2.9: Hypothek mit zwei Häusern

p.haus= Bag{h1,h2} mit **h1.hypothek**=Bag{hy1}
h2.hypothek=Bag{hy1,hy2}
p.haus.hypothek = Bag {hy1,hy1,hy2}
p.haus.hypothek → **as Set()**= {hy1,hy2}

2.11 Einige erste Hilfskomponenten



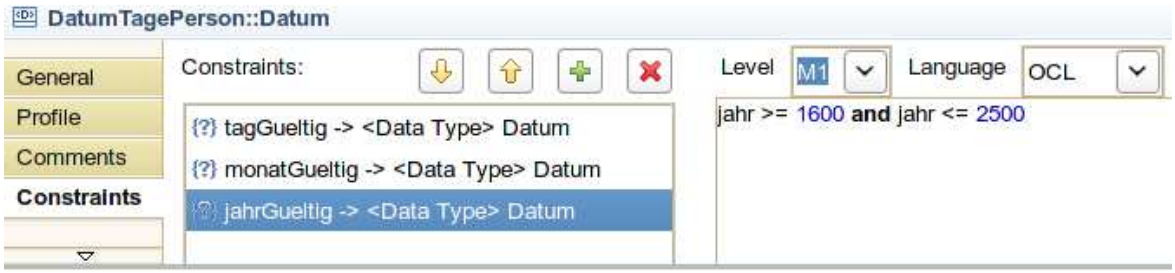
Listing 2.4: OCL-Constraints Datum

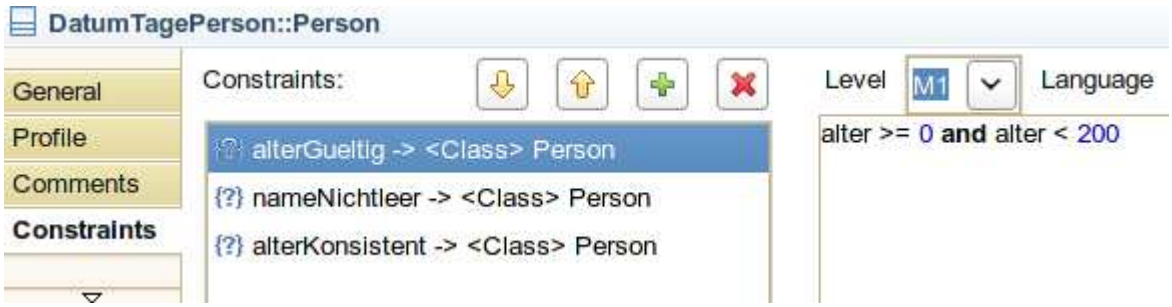
```
package core

context Datum

inv tagGueltig: tag >= 1 and tag <= 31
inv: monat >=1 and monat <= 12
inv: jahr >= 1600 and jahr <= 2500

endpackage -- core
```

Listing 2.5: OCL-Constraints Person

```
package core

context Person

inv: alter >= 0
inv: alter < 200
inv: name <> ''
inv: let aktAlter : Tage = (Datum::today() - geburtsDatum) in
    aktAlter.toReal() >= alter and aktAlter.toReal() < alter + 1

endpackage -- core
```

und ihre Benutzung in Papyrus:


DatumTagePerson::Datum
General
Profile
Comments
Constraints
Constraints:
Level
M1
Language
OCL
{?} tagGueltig -> <Data Type> Datum
{?} monatGueltig -> <Data Type> Datum
{?} jahrGueltig -> <Data Type> Datum
jahr >= 1600 and jahr <= 2500


DatumTagePerson::Person
General
Profile
Comments
Constraints
Constraints:
Level
M1
Language
{?} alterGueltig -> <Class> Person
{?} nameNichtleer -> <Class> Person
{?} alterKonsistent -> <Class> Person
alter >= 0 and alter < 200


DatumTagePerson::Person
General
Profile
Comments
Constraints
Constraints:
Level
M1
Language
OCL
Save
{?} alterGueltig -> <Class> Person
{?} nameNichtleer -> <Class> Person
{?} alterKonsistent -> <Class> Person
let aktAlter : Tage = (Datum::today() - geburtsDatum) in
aktAlter.toReal() >= alter and aktAlter.toReal() < alter + 1

2.12 Alle Instanzen einer Klasse: allInstances()

Die Methode

allInstances():**Set**(T)

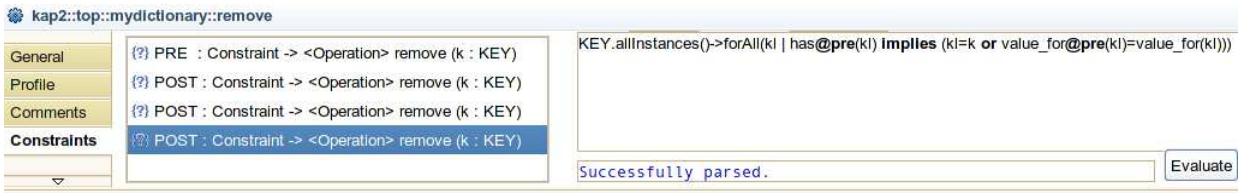
liefert alle (endlich viele) Instanzen einer User-definierten Klasse. Sie darf nicht benutzt werden für String, Integer und Real.

Ein Beispiel:

```
context Person
inv uniqueNames: Person.allInstances()->forAll(p1,p2|
                                p1<>p2 implies p1.name <>p2.name)
```

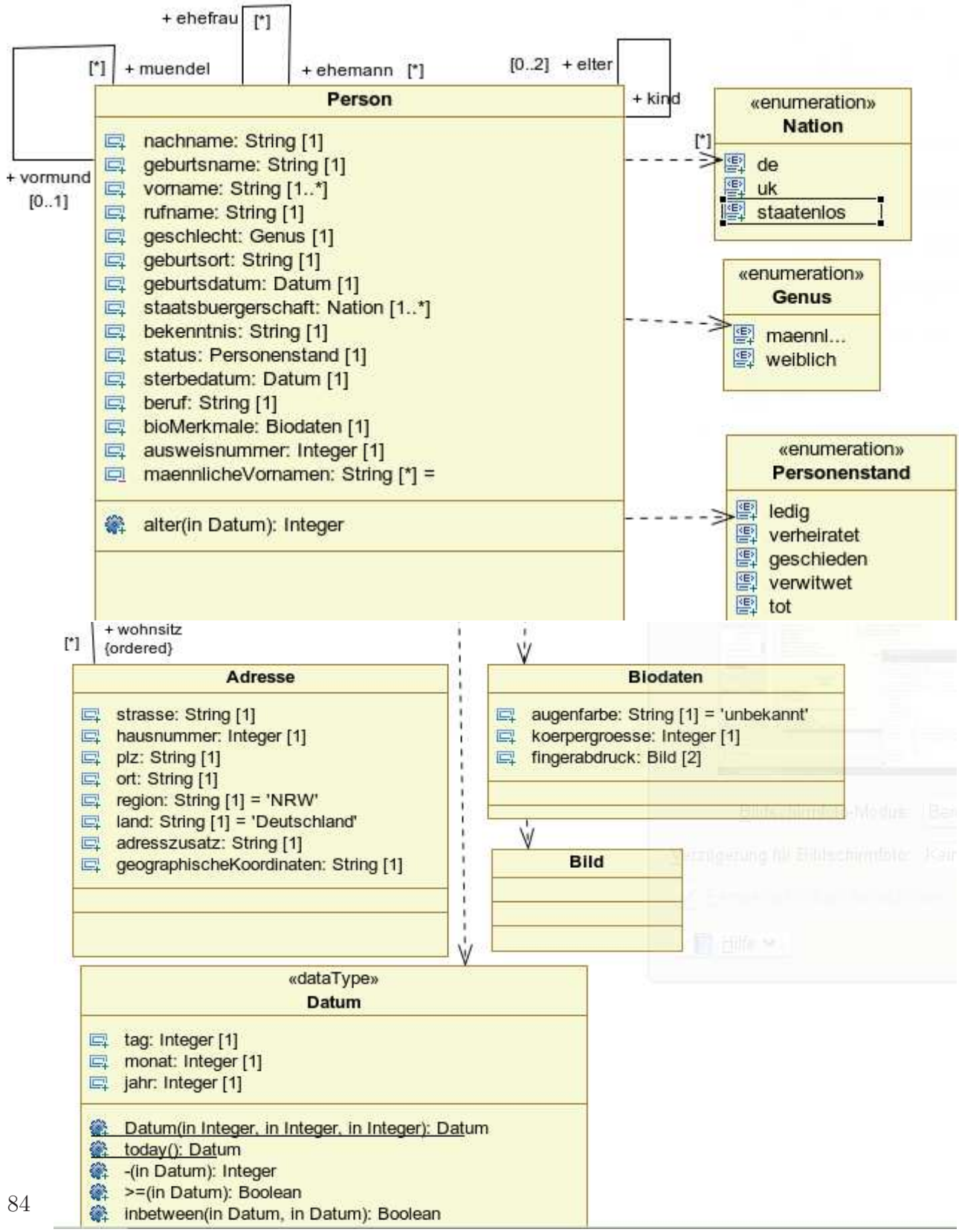
Siehe auch::
http://www.springerlink.com/content/j8g72037gn63t1h6/

Damit ist unsere `mydictionary`-Spezifikation vollständig realisierbar:



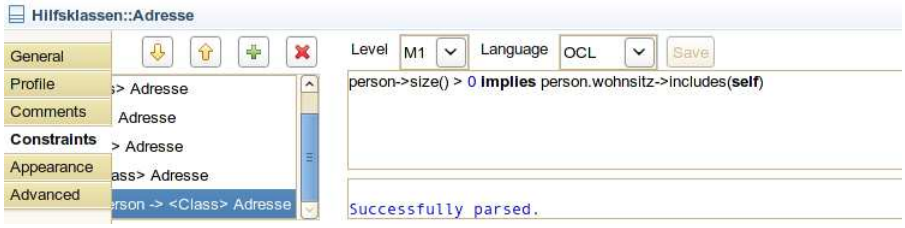
`allInstances()` macht aus einer Klasse eine Collection von (existierenden) Objekten dieser Klasse.

2.13 Fallstudie Personenstandsdaten, Hilfsklassen: Adresse, BioDaten, Datum, Personenstand, Nation, Genus, Bekenntnis



Listing 2.6: Constraints Adresse

```
package core

context Adresse
inv : hausnummer > 0
inv : land <> ''
inv : ort <> ''
inv : plz.toInteger() > 0 and plz.toInteger() <100000
      and plz.size()=5
inv : strasse <> ''
inv : person->size() > 0 implies person.wohnsitz->includes(self
   )

context Adresse::land
init : 'Deutschland'

context Adresse::region
init : 'NRW'

context Adresse::person
init : Bag{}

endpackage
```



Listing 2.7: Constraints Biodaten

```
package core

context BioDaten
inv: augenfarbe <> ''

context BioDaten::augenfarbe
init : 'unbekannt'

endpackage -- core
```

Listing 2.8: Constraints Datum

```
package core

context Datum -- vituelle Methode = Hilfsmethode / OclHelper
def : gueltigesDatum( t : Integer, m : Integer, j : Integer ) :
    Boolean =
      1920 <= j and j <= 2500 and
      1 <= m and m <= 12 and
      1 <= t and
      t <=
            if      Set{4, 6, 9, 11}->includes(m)
               then 30
            else if  Set{1, 3, 5, 7, 8, 10, 12}->includes(m)
               then 31
            else if ((j.mod(4)=0) and
                       not(j.mod(100)=0)) or
                     (j.mod(400)= 0)
                                 then 29 -- Schaltjahr
                                 else 28
            endif
            endif
            endif

context Datum
inv : gueltigesDatum(tag, monat, jahr)

context Datum::Datum( t : Integer, m : Integer, j : Integer ) :
    Datum
pre  : gueltigesDatum(t, m, j)
post : result.oclIsNew()
post : result.tag = t
post : result.monat = m
post : result.jahr = j

/* Problem context Datum::-() wird nicht akzeptiert , deshalb
   Workaround: */
context Datum::minus( d : Datum ) : Integer -- in vollen Jahren
    (Alter, ...)
pre : self >= d
post : if monat > d.monat then result = jahr - d.jahr
       else if monat < d.monat then result = jahr -d.jahr - 1
       else -- monat = d.monat
            if tag >= d.tag then result = jahr - d.jahr
```

```
            else result = jahr - d.jahr - 1
            endif
        endif
        endif

/* analoges Workaround; */
context Datum::groesserGleich(d:Datum) : Boolean
post : if jahr > d.jahr then result = true
       else if jahr < d.jahr then result = false
       else -- jahr = d.jahr
            if monat > d.monat then result = true
            else if monat < d.monat then result = false
            else -- monat = d.monat
                if tag >= d.tag then result = true
                else result = false
                endif
            endif
            endif
       endif
       endif

context Datum::inbetween( from : Datum, to : Datum ) : Boolean
pre : to >= from
body : (to >= self) and (self >= from)

context Datum   -- virtuelles Attribut = Hilfsattribut
def : invalidDatum : Datum =
    Datum::Datum(31, 12, 2500) -- 1. Versuch eines opt. DTs

-- und jetzt ein tagesgenaues minus()
-- mit Hilfe von de.wikipedia.org/wiki/Julianisches_Datum
class Datum
static def: toChronoJD(t : Integer,
                       m : Integer,
                       j : Integer) : Integer =
       let y : Real = j + (m - 2.85) / 12 in
       let A : Real = (367 * y).floor() -1.75 * y.floor() + t
          in
       let B : Real = A.floor() - 0.75 * (y / 100).floor() in
          B.floor() + 1721115

context Datum::-(d : Datum): Integer
body: toChronoJD(tag, monat, jahr) - toChronoJD(d.tag, d.monat,
    d.jahr)
```

```
-- und fuer geschaeftliche Anwendungen:
class Datum
static def: minusZinstage(d : Datum): Integer = -- nach der E30
   /360-Methode
        (jahr - d.jahr) * 360 +
        (monat - d.monat) * 30 +
        (tag.min(30) - d.tag.min(30))

endpackage
```

Für eine analoge Methode `fromChronoJD(in jd : Integer)` benötigt man als Ergebnistyp Tripel (vgl. OCL-Tupel in Abschnitt 2.19).

Listing 2.9: Constraints Person

```
package core

context Person
inv : elter->size() <=2
inv : ausweisnummer >= 0    /* 0 bei fehlendem Ausweis */
inv : wohnsitz->size() > 0 implies wohnsitz.person->includes(
   self)
inv : muendel->notEmpty() implies muendel.vormund->asSet() =
   Set{self}
inv : vormund->notEmpty() implies vormund.muendel->includes(
   self)
inv : elter->notEmpty() implies elter.kind->includes(self)
inv : kind->notEmpty() implies kind.elter->includes(self)
inv : ehemann->notEmpty() implies ehemann.ehefrau->includes(
   self)
inv : ehefrau->notEmpty() implies ehefrau.ehemann->includes(
   self)
inv : geschlecht=Genus::maennlich implies ehemann->isEmpty()
inv : geschlecht=Genus::weiblich  implies ehefrau->isEmpty()
inv : elter->size() = 0 implies not vormund.oclIsUndefined()

context Person
def: maennlicheVornamen : Set(String) =
     Set{'Hans', 'Georg' /* bitte ergaenzen */}
def: weiblicheVornamen : Set(String) =
     Set{'Heidrun', 'Cornelia' /* bitte ergaenzen */}
context Person
def: istMaennlicherVorname(s : String) : Boolean =
     maennlicheVornamen->includes(s)
def: istWeiblicherVorname(s : String) : Boolean =
     weiblicheVornamen->includes(s)

context Person
inv : elter->size() > 0 implies elter->forAll( e | (
   geburtsdatum - e.geburtsdatum) >= 8)
inv : elter->size() = 1 implies elter->forAll( e | nachname = e
   .nachname)
inv : elter->size() = 2 implies
        elter->forAll( e | if e.geschlecht = Genus::maennlich
           then
                                    e.hochzeit[ehemann]->size() >
                                        0 implies
```

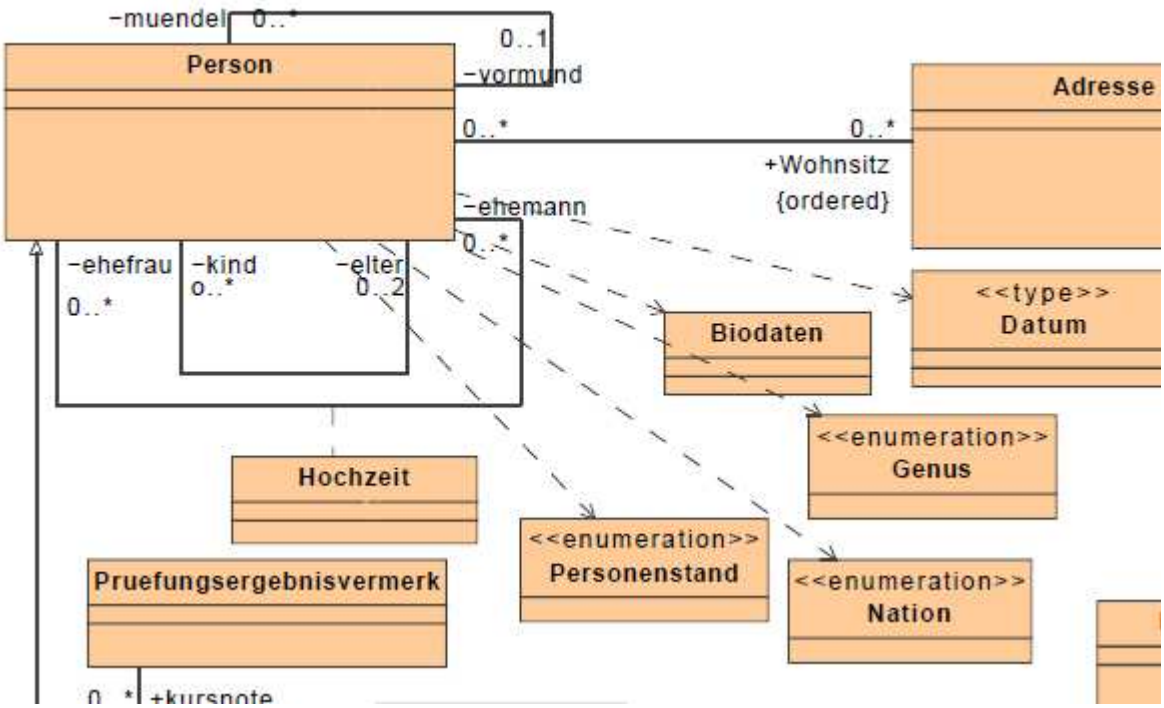
```
                                    e.hochzeit[ehemann]->forAll(
                                        h |
                                            geburtsdatum.inbetween(
                                                h.hochzeitsdatum, h.
                                                scheidungsdatum)
                                            implies nachname = h.
                                                familienname
                                    )
                                else
                                    e.hochzeit[ehefrau]->size() >
                                        0 implies
                                    e.hochzeit[ehefrau]->forAll(
                                        h |
                                            geburtsdatum.inbetween(
                                                h.hochzeitsdatum, h.
                                                scheidungsdatum)
                                            implies nachname = h.
                                                familienname
                                    )

                                endif
                            )

context Person
def: keineZeitweiseBigamie( s : Set(Hochzeit) ) : Boolean =
    s->forAll( h1, h2 | h1 <> h2 implies
                (/* h1.scheidungsdatum >= */ h1.hochzeitsdatum >=
                    h2.scheidungsdatum /* >= h2.hochzeitsdatum */
                    or
                 /* h2.scheidungsdatum >= */ h2.hochzeitsdatum >=
                    h1.scheidungsdatum /* >= h1.hochzeitsdatum */
                    )
                )

context Person
inv : geschlecht = Genus::maennlich implies
    istMaennlicherVorname(vorname)
inv : geschlecht = Genus::maennlich implies hochzeit[ehemann]->
    size() > 0  implies keineZeitweiseBigamie(hochzeit[ehemann
    ]->asSet())
inv : geschlecht = Genus::weiblich implies istWeiblicherVorname
    (vorname)
inv : geschlecht = Genus::weiblich implies hochzeit[ehefrau]->
    size() > 0 implies keineZeitweiseBigamie(hochzeit[ehefrau]->
```

```
    asSet())
inv : status = Personenstand::tot implies sterbedatum <> Datum
    ::invalidDatum
inv : status <> Personenstand::tot implies sterbedatum = Datum
    ::invalidDatum

context Person::alter( amDatum : Datum ) : Integer
pre : amDatum >= geburtsdatum
post : result = amDatum - geburtsdatum

context Person::status
init: Personenstand::ledig

context Person::staatsbuergerschaft
init: Nation::de

context Person::ausweisnummer
init: 0

context Person
inv : geschlecht=Genus::maennlich implies
            hochzeit[ehemann]->select(scheidungsdatum=Datum::
               invalidDatum)->size() <= 1

context Person
inv : geschlecht=Genus::weiblich implies
            hochzeit[ehefrau]->select(scheidungsdatum=Datum::
               invalidDatum)->size() <= 1


context Person::nachname
init: if elter->size() = 1 then
        elter->any(true).nachname
      else if elter->size() = 2 then
        let aktuelleEheDerMutter : hochzeit =
           elter->any(geschlecht=Genus::weiblich).hochzeit[
              ehefrau]->select(scheidungsdatum=Datum::
              invalidDatum)->any(true) in
        let aktuellerEhemannDerMutter : Person =
           aktuelleEheDerMutter.ehemann in
        if elter->includes(aktuellerEhemannDerMutter) then
           aktuelleEheDerMutter.familienname
        else
           elter->any(geschlecht=Genus::weiblich).nachname
```

```
        endif
      else -- keine Eltern
           'NameVonGericht'
      endif
      endif

/* Verwandschaftsbeziehungen: - allgemeine implizite
   Voraussetzungen: Existenz der jeweiligen Verwandten: */

context Person
def : istNeffe( n : Person ): Boolean =
   elter.kind->asSet()->excluding(self).kind->includes(n) and n
      .geschlecht=Genus::maennlich

def : Cousins(): Set(Person) =
   (elter.elter.kind->asSet() - elter).kind->asSet()->select(
      geschlecht=Genus::maennlich)

def : istStiefvater( s : Person ) : Boolean =
  let mutter : Person = elter->any(geschlecht=Genus::weiblich)
     in
   (s.geschlecht=Genus::maennlich) and
   (mutter.ehemann->asSet()-(elter->select(geschlecht=Genus::
      maennlich)))->includes(s) and
   (s.hochzeit[ehemann]->select(ehefrau=mutter)->select(
      scheidungsdatum >= Datum::today())->size() > 0)

context Person::sammleVorfahren( level : Integer ) : Sequence(
   Person)
pre : level >= 0
post :
  if (level = 0) or (elter->size() = 0) then
     result = Sequence{}
  else if elter->size() = 1 then
     result = elter->asSequence()->union(elter->asSequence()->
        at(1).sammleVorfahren( level-1 ))
  else -- elter->size() = 2
   result = elter->asSequence()->union(elter->asSequence()->
                                       at(1).sammleVorfahren(
                                          level-1 ))->
                                    union(elter->asSequence()->at
                                       (2).
                                    sammleVorfahren( level-1 ))
   endif
```

```
    endif

endpackage
```

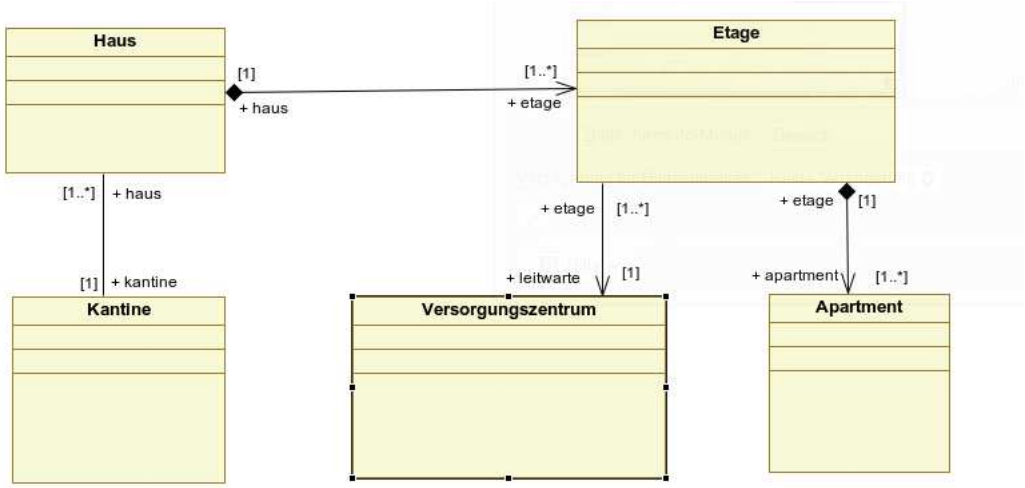
Weitere Assoziationen von `Person` zu `Person`:



Listing 2.10: Constraints Hochzeit

```
package core

context Hochzeit
inv : familienname <> ''
inv : scheidungsdatum >= hochzeitsdatum
inv : hochzeitsort <> ''
inv : Person[ehemann].alter(hochzeitsdatum) >= 14
inv : Person[ehefrau].alter(hochzeitsdatum) >= 14
inv : Person[ehemann].geschlecht = Genus::maennlich
inv : Person[ehefrau].geschlecht = Genus::weiblich

context Hochzeit::familienname
init: Person[ehemann].nachname

context Hochzeit::scheidungsdatum
init: Datum::invalidDatum

endpackage
```

2.14 Modell Wohnanlage



Im Modell `Wohnanlage` werden mehrere Apartmenthäuser, Versorgungszentren (Leitwarten) und Kantinen modelliert. Die Assoziation `etage` der Klasse Haus sei {`ordered`}. Jedes mit dem Konstruktor `Haus()` erzeugte Exemplar muß gültig sein, also die Invarianten (und hier insbesondere die konzipierten Vielfachheiten des UML-Modeslls) richtig aufbauen:

Listing 2.11: Constraints Haus()

```
context Haus(in k : Kantine,
             in s : Sequence(Etage))   : Haus
pre:  not k.oclIsUndefined() and
      s->size() > 0
post: result.oclIsNew() and
      result.kantine = k and
      result.etage = s
```

ist deshalg der einzige sinnvolle Konstruktor für die Klasse `Haus`. Will man auch den parameterlosen Default-Konstruktor zulassen, sind die Vielfachheiten im UML-Diagramm anders zu spezifizieren (wie?). Welche Nachteile würde aber eine solche Modellierungsalternative mit sich bringen?

Bemerkung: Die Assoziation `apartment` der Klasse `Etage` sollte qualifiziert (Qualifizierer: `Raumnummer: Integer`) sein. Warum? Wie ist das UML-Diagramm dann zu modifizieren?

Haus::addEtage():

- Nach dem Hinzufügen einer Etage `e` zu einem Haus mittels `Haus::addEtage(e : Etage)` enthält dieses Haus `e` und eine Etage mehr als vorher.

```
context Haus::addEtage(e : Etage)
post: etage->includes(e)
post: etage->size() - etage@pre->size() = 1
```

- Alle vor Anwendung von `addEtage()` existierenden Etagen sind auch danach noch vorhanden.

```
context Haus::addEtage(e : Etage)
post: self.etage->includesAll(etage@pre)
```

- Eine bereits einem Haus zugeordnete Etage darf keinem (anderen) Haus mehr zugeordnet werden und `e` muß definiert sein.

```
context Haus::addEtage(e : Etage)
pre: not e.oclIsUndefined()
pre: Haus.allInstances().etage->excludes(e)
```

Klassen-Invarianten:

- Kein Haus darf mehr als 10 Etagen besitzen.

```
context Haus
inv: etage->size() <= 10
```

- Jede Etage hat 0..20 Apartments.

```
context Etage
inv: apartment->size() <= 20
```

- Jedes Apartment hat 0..4 Bewohner.

```
context Apartment
inv: bewohner->size() <= 4
                    -- oder
inv: 0 <= anzBewohner and anzBewohner <= 4
```

- Jede Kantine hat ein redundantes Attribut `anzahlHaeuser`, das die Anzahl der assoziierten Häuser beinhaltet.

```
context Kantine::anzahlHaeuser
derive: haus->size()
```

- Jede Kantine kann höchstens 6 Häuser bedienen.

```
context Kantine
inv: anzahlHaeuser <= 6
```

Systeminvarianten:

- Jedes Appartment besitzt eine Identifikationsnummer `appartmentID`, die in der gesamten Wohnanlage eindeutig ist.

  ```
  context Apartment
  inv: Apartment.allInstances()->isUnique(appartmentID)
  ```

- Jedes Apartment enthält als redundantes Attribut die zugehörige Leitwarte (schnellerer Zugriff bei technischen Problemen).

  ```
  context Apartment::zugLeitwarte
  derive: self.etage.leitwarte
  ```

- Mehrere (verschiedene) Häuser können derselben Kantine zugeordnet sein.

  ```
  context Kantine
  inv: haus->size() >= 1
  ```

- Die Apartments mit Raumnummern kleiner als 20 können höchstens 2 Bewohner aufnehmen.

  ```
  context Apartment
  inv: raumnummer < 20 implies bewohner->size() <= 2
  ```

- Die Anzahl der Bewohner aller einer Kantine zugeordneten Apartments darf 1000 nicht überschreiten.

  ```
  context Kantine
  inv: haus.etage.aparment->collect(anzBewohner)->sum()<=1000
  ```

Destruktor-Spezifikation:

- Der Destruktor `reisseHausAb()` der Klasse `Haus` darf nur aufgerufen werden, wenn alle zugeordneten Apartments keine Bewohner mehr haben.

  ```
  context Haus::reisseHausAb()
  pre: etage.apartment->forAll(anzBewohner = 0)
  ```

- Nach Aufruf von `reisseHausAb()` existieren die zugehörigen Etagen und Apartments nicht mehr.

  ```
  context Haus::reisseHausAb()
  post: Etage.allInstances()->excludesAll(etage@pre)
  post: Apartment.allInstances()->excludesAll(etage@pre.
      apartment@pre)
  ```

- Nach Aufruf von `reisseHausAb()` existieren alle diejenigen zugehörigen Versorgungszentren nicht mehr, die lediglich für Etagen des abgerissenen Hauses zuständig waren.

```
context Haus::reisseHausAb()
post: let allVZs : Set(Versorgungszentrum) =
                              etage@pre.leitwarte@pre->asSet()
                                 in
      allVZs->forAll(vz | vz.etage@pre.haus@pre->size() = 1
            implies Versorgungszentrum.allInstances()->
               excludes(vz))
```

2.15 Fortsetzung Fallstudie Person/Haus/Hypothek

context Verpfaendung
inv: wert <= hypothek.kreditSumme
inv: wert <= sicherheit.wert
inv: wert >= Euro(0)

context Haus
inv valid_security: hypothek → size()> 0
implies wert >= **v**erpfaendung.wert → sum()

context Hypothek
inv valid_security: **v**erpfaendung → sum() = kreditSumme

context Person
inv: Person.allInstances() → isUnique(ausweisNr)
def: anzHypotheken : Integer = hypotheken → size()

context Person:: nimmHypothekAuf(sum:Euro, sec:Haus)
pre: self.hypotheken.monatlZahlung → sum()+ sum∗0.01 <= self.gehalt∗0.30
pre: sec.wert − sec.verpfaendung.wert→ sum() >= sum
post: ...

context Haus
.... $\underbrace{\text{hypothek} \rightarrow \text{select}(\text{monatlZahlung} > \text{Euro}(500))}$
Bag der Hypotheken auf Haus für die die monatlich Zahlung>500 Euro ist

2.16 Startwerte von Attributen und Ergebnisse von Observatoren

context Hypothek::kreditSumme
init: Euro(0)

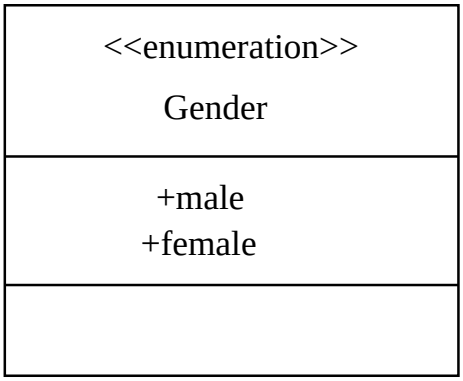
context Hypothek::text
init: schuldner.name.concat(':').concat('- - - - -')

context Haus::getHypotheken(): Set(Hypotheken)
body: hypothek->asSet()

2.17 Virtuelle OCL Variablen / Operationen/OclHelper

context Person
def: income :Integer = self.job.salery → sum()
def: nickname :String = 'little Joe'
def: hasTitle (t:String):Boolean = self.job → exists(title=t)

2.18 Enumeration



2.19 Tuple (structures)

... als Ergänzung zur **Sequence/Collection**:

Tupel bieten benannte Komponenten:

(1) Tuple {name:String = 'Hans', age:Integer = 20}

(2) Tuple {a: Collection(Integer) = Set{1,3,4},
b: String = 'foo',
c: String = 'bar'}
(Tuple-Typangaben sind optional und die Reihenfolge der Tuple-Komponenten ist nicht signifikant!)

(3) Tuple {age = 20, name = 'Hans'}

(3) ist also identisch zu (1)

Neben **Tuple-Literalen** kann man auch Tuple-Typen spezifizieren:
TupleType(name:String, age:Integer)

Vergleiche dazu den `fromChronoJD()`-Rückgabetyp
`TupleType(t: Integer, m: Integer, j: Integer)`.

2.20 Typ-Konformität

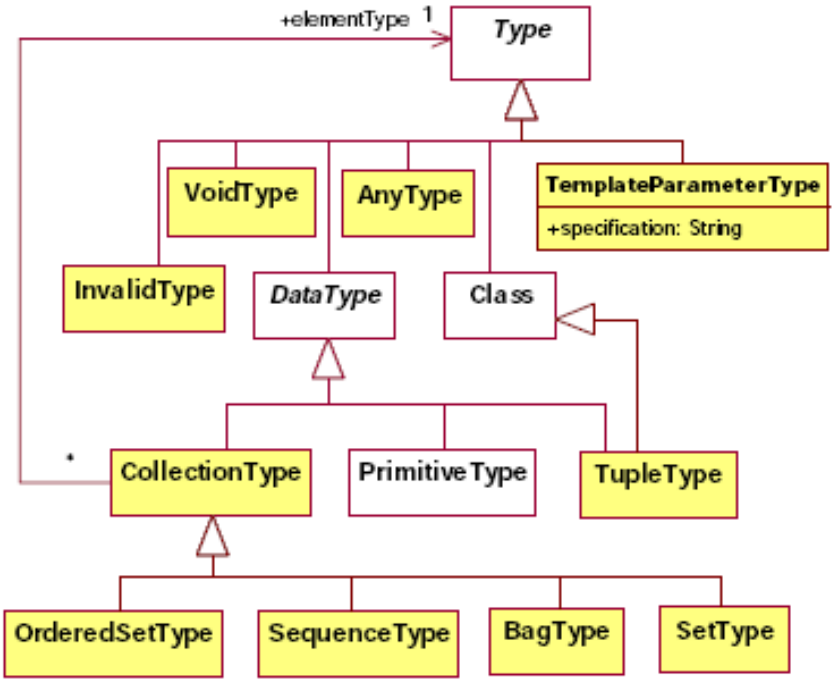
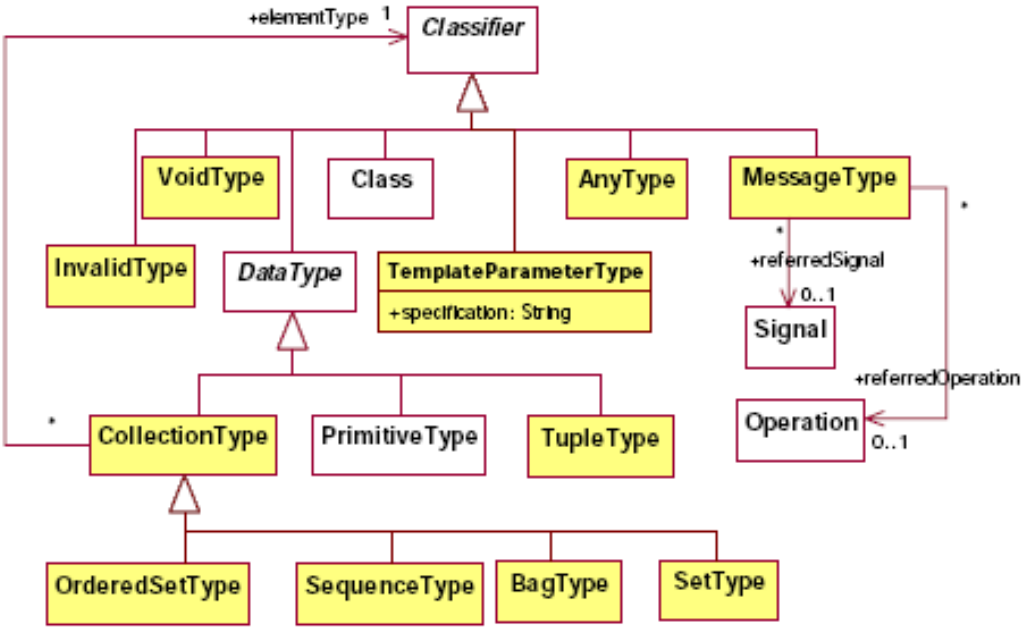


Abbildung 2.10: Die Typen der OCL-Standard-Bibliothek



- Jeder Typ ist konform zu seinen Elter-Typen.

- Die Typenkonformität ist transitiv:

Beispiele:

Integer ist konform zu Real
oclVoid ist konform zu oclAny
Set(T1) ist konform zu Collection(T1)
Set(Integer) ist konform zu Collection(Real)

Sei **obj1** vom Typ OCLAny und es enthalte einen Integer-Wert. Dann erzwingt

obj1.oclAsType(Integer)

die Nutzung von obj1 als Integer.
oclAsType() kann nur für Subtypen wandeln.

2.21 Operator-Vorrangsregeln

höchste	()
	@pre
	. →
⋮	not - (unär)
	* /
↑	+ - (binär)
	if - then - else - endif
⋮	< > <= >=
	= <>
	and
	or
	xor
	implies
niedrigste	let - in

2.22 oclIsUndefined()

Auf Objekten des Typs OclAny kann mittels

obj.oclIsUndefined()

die Existenz abgefragt werden (in Konkurenz zu `... .notEmpty()`).

2.23 Vordefinierte Operationen auf OclAny

OclAny = (object : OclAny) : Boolean
True, falls *self* is dasselbe Objekt wie *object* ist.

OclAny <> (object : OclAny) : Boolean
post: result = not (self = object)

Weitere Operationen auf **OclAny**:

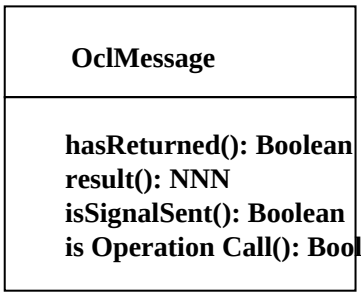
oclIsTypeOf	(t : Classifier)	:Boolean
oclIsKindOf	(t : Classifier)	:Boolean
oclIsNew	()	:Boolean
oclType	()	:Classifier

2.24 Statusdiagramme in UML

Hinweis:
Strukturdiagramme und wechselnde Stati werden in OCL unterstützt durch (siehe Literatur):

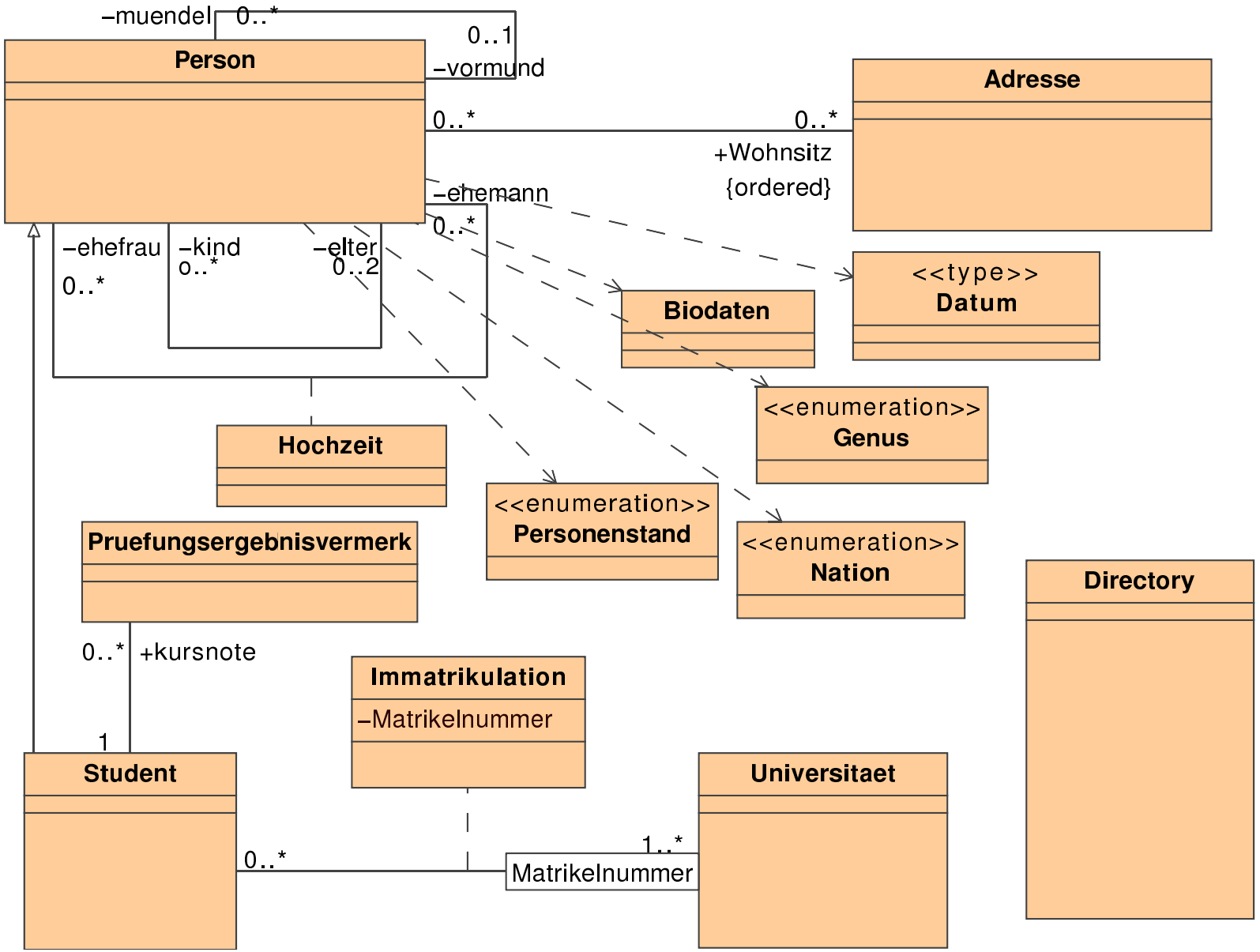
state
oclInState(xx)
OclMessage

Bemerkung:
OclMessage besitzt folgende Methoden:

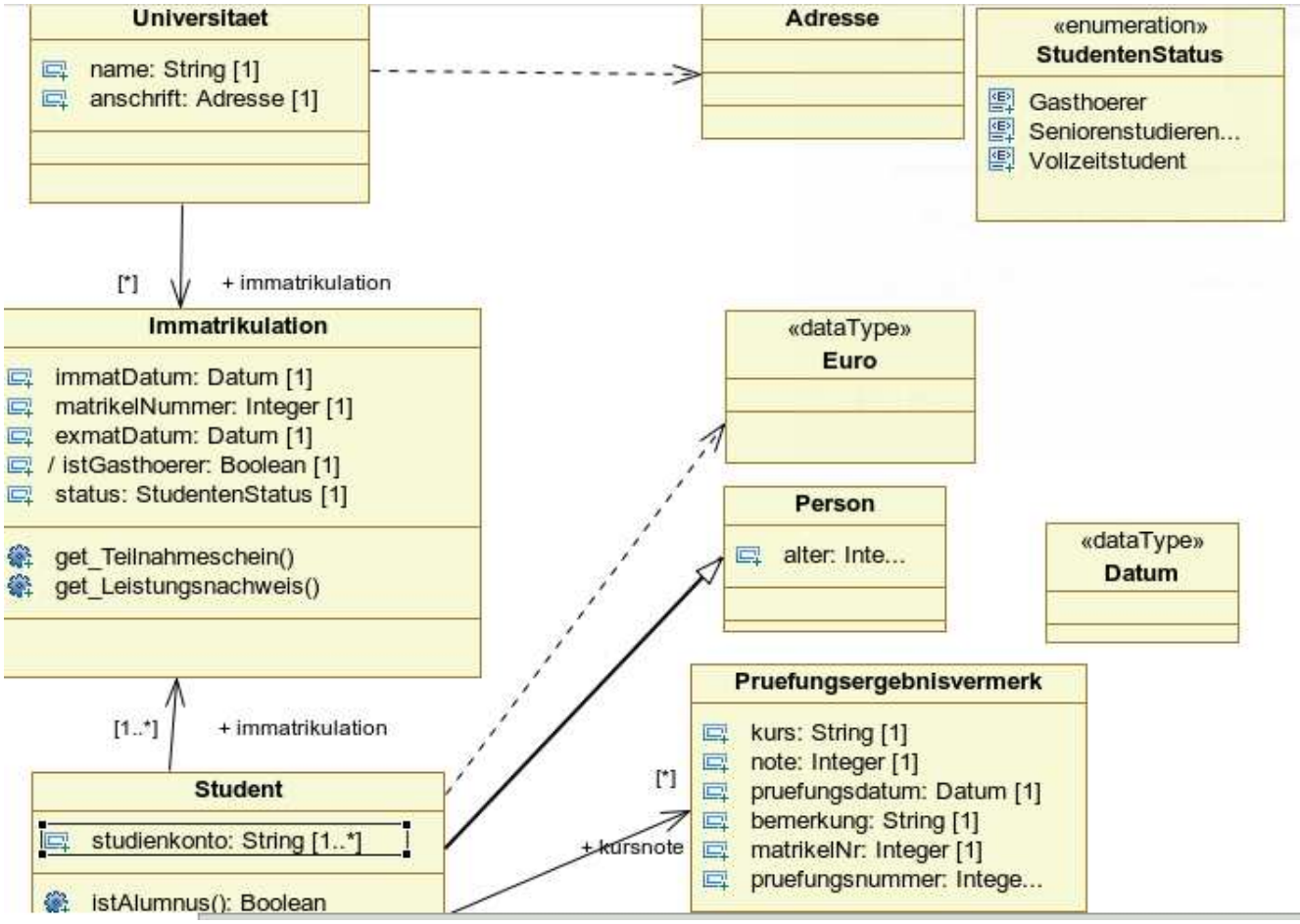


2.25 Modell Student/Universitaet/Pruefungsergebnisvermerk

Das UML-Modell mit Assoziationsklassen und qualifizierten Assoziationen:


–muendel
0..*
0..1
Person
–vormund
Adresse
0..*
0..*
+Wohnsitz
{ordered}
–ehemann
0..*
–ehefrau
0..*
–kind
o..*
–elter
0..2
<<type>>
Datum
Biodaten
<<enumeration>>
Genus
Hochzeit
<<enumeration>>
Personenstand
<<enumeration>>
Nation
Pruefungsergebnisvermerk
Directory
0..*
+kursnote
Immatrikulation
–Matrikelnummer
1
Student
Universitaet
0..*
1..*
Matrikelnummer

und seine Pypyrus-Form:



2.26 pre-Zustand in Nachbedingungen

7.5.14 Previous Values in Postconditions

As stated in 7.3.4, 'Pre- and Postconditions' OCL can be used to specify pre- and postconditions on operations and behaviors in UML. In a postcondition, the expression can refer to values of any feature of an object at two moments in time:

- the value of a feature at the start of the operation or behavior
- the value of a feature upon completion of the operation or behavior

The value of an operation call or a property navigation in a postcondition is the value upon completion of the operation. To refer to the value of a feature at the start of the operation, one has to postfix the property name with the keyword '*@pre*':

```
context Person::birthdayHappens()
    post: age = age@pre + 1
```

The property *age* refers to the property of the instance of Person that executes the operation. The property *age@pre* refers to the value of the property *age* of the Person that executes the operation, at the start of the operation.

In the case of an operation call, the '@pre' is postfixed to the operation name, before the parameters.

```
context Company::hireEmployee(p : Person)
    post: employees = employees@pre->including(p) and
                      stockprice() = stockprice@pre() + 10
```

When the pre-value of a feature evaluates to an object, all further properties that are accessed of this object are the new values (upon completion of the operation) of this object. So:

```
a.b@pre.c        -- takes the old value of property b of a, say x
                    -- and then the new value of c of x.
a.b@pre.c@pre    -- takes the old value of property b of a, say x
                    -- and then the old value of c of x.
```

The '@pre' postfix is allowed only in OCL expressions that are part of a Postcondition, and only on invocations of the features of model classifiers. Asking for a current property of an object that has been destroyed during execution of the operation results in null. Also, referring to the previous value of an object that has been created during execution of the operation results in null.

Auch

```
self@pre
```

Abschnitt 11.2.5 des OCL-Manuals zeigt.

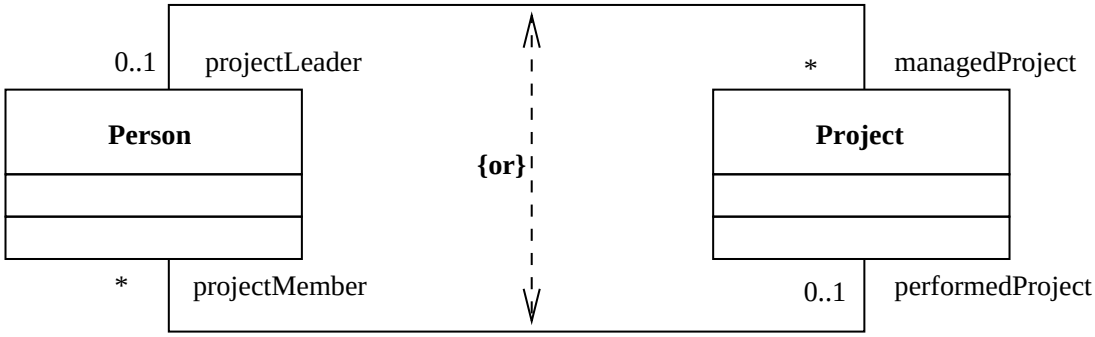
2.27 Contracts zum Modell Student/Universitaet/Pruefungsergebnisvermerk

```
package core
context Universitaet
inv : name <> ''
inv : student->size() >= 0
inv : immatrikulation->isUnique(matrikelNummer)
inv : student.universitaet->includes(self)
/* nach Einfuehrung einer qualifizierten Assoziation mit
   Assoziationsklasse auch moeglich:
   inv : student[0312345].familienname = 'Bauer'
*/
endpackage -- core

package core
context Student
inv : immatrikulation->size() >= 1
inv : immatrikulation->select(not istGasthoerer)->size() >= 1
inv : universitaet.student->includes(self)
inv : pruefungsergebnisvermerk->size() > 0 implies
        pruefungsergebnisvermerk.student->asSet() = Set{self}

context Student::istAlumnus() : Boolean
body : not immatrikulation->exists(exmatDatum.oclIsUndefined())

context Student::getOpernKarte( einzahlung : Euro ) : Boolean
pre : einzahlung >= Euro(10)-- allg. Vorbedingung als in Person
post : true
endpackage -- core

package core
context Immatrikulation
inv : matrikelNummer > 0
inv : not exmatDatum.oclIsUndefined() implies exmatDatum >=
   immatDatum

inv : immatDatum - student.geburtsdatum >= 12
inv : not exmatDatum.oclIsUndefined() implies Datum::today() >=
    exmatDatum

context Immatrikulation::immatDatum
init : Datum::today()
```

```
context Immatrikulation::exmatDatum
init : OclUndefined -- 2. Versuch eines optionalen Datentyps:
                    -- hier: OclUndefined als Ungueltig-Marke

context Immatrikulation::istGasthoerer
init : false
endpackage

package core
context Pruefungsergebnisvermerk
inv : kurs <> ''
inv : 1 <= note and note <= 5
inv : matrikelNr > 0
inv : student.immatrikulation.matrikelNummer->includes(
   matrikelNr)
inv : Pruefungsdatum.inbetween(student.immatrikulation->any(
   matrikelNummer=matrikelNr).immatDatum,
        student.immatrikulation->any(matrikelNummer=matrikelNr).
           exmatDatum)
inv : pruefungsnummer > 0
inv : Pruefungsergebnisvermerk->allInstances()->isUnique(
   pruefungsnummer)
inv : Student.kursnote->includes(self)
-- spaeter besser: inv : student.kursnote[pruefungsnummer] =
   self

endpackage -- core
```

2.28 UML Constraints

2.28.1 or / xor



ist **mehrdeutig:**
Bezieht sich das **or** auf die linke oder die rechte Assoziationsendseite?

OCL kann die betreffende Seite eindeutig beschreiben:

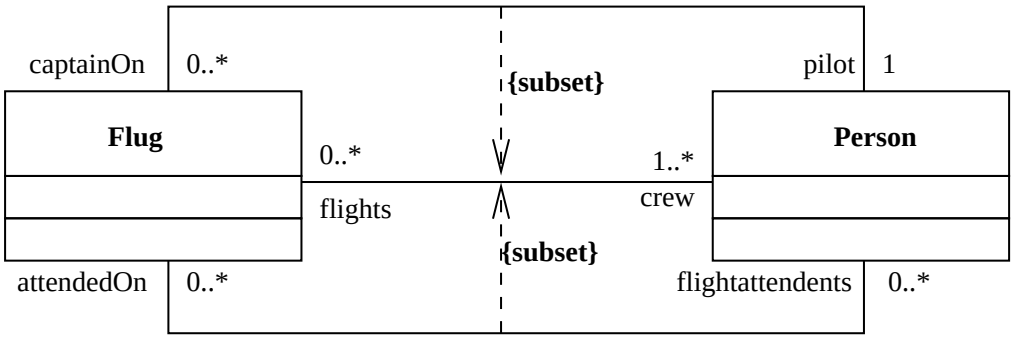
context Person
inv: not managedProject → isEmpty() or
not performedProject → isEmpty()

Jede Person leitet entweder das Projekt oder arbeitet an ihm mit.

(oder falls die linken Assoziationsenden von Bedeutung:)
context Project
inv: not projectLeader → isEmpty() or
not projectMember → isEmpty()

Jedes Projekt hat entweder ein Projektleiter oder ein Projektmitglied.

2.28.2 subset



Subset-Constructs machen UML-Diagramme häufig schlecht lesbar.
Besser ist:

context Flug
inv: self.crew → includes(self.pilot)
inv: self.crew → includesAll(self.flightattendents)

oder:

context Person
inv: self.flights → includesAll(self.captainOn)
inv: self.flights → includesAll(self.attendedOn)

Vergleiche auch {`subsets rollenname`} in UML 2.2.

2.29 Stil-Hinweise für OCL-Constraints

- Schreibe lieber für viele Klassen kurze OCL-Ausdrücke, die nur wenige Assoziationen tief „navigieren“, als lange Navigationsketten, die das ganze Modell durchlaufen.

- Vermeide allInstances() wenn immer möglich:
  Zum Beispiel ist

  context Person

  inv: parents → size() <= 2

  und

  context Person

  inv: Person.allInstances() → forAll(p | p.parents → size() <= 2)

  äquivalent, aber unterschiedlich effizient.

- Nutze Invarianten in Klassen, um die möglichen Werte der Attribute einer Klasse von den unmöglichen zu unterscheiden.

- Schreibe Invarianten in die Klasse, zu der sie gehören:

– Attributwerteinschränkungen gehören in die Klasse, die das Attribut definieren.
– Falls eine Invariante die Attribute mehr als einer Klasse einschränkt, kann jede dieser Klassen als Kontext gewählt werden. Eventuell kann man einer dieser Klassen die Verantwortung über die andere zuteilen.

– Jede Invariante sollte durch möglichst wenig Assoziation navigieren.

– Versuche bei Bedarf, eine Invariante testweise im Kontext verschiedener Klassen zu formulieren. Wähle dann die einfachste Version.
Zum Beispiel ist

```
Context Company
inv: employees.wife -> intersection(
        self.employees) -> isEmpty()
```

einfacher als

```
Context Person
inv: wife -> notEmpty() implies
        wife.employers -> intersection(self.employers)
                -> isEmpty()
```

– Nutze viele einfache,

```
inv: ...
inv: ...
```

statt einer einzelnen inv-Zeile komplizierterer Bauart.

- Vermeide der Lesbarkeit halber collect():

```
context Person
inv: self.parents.brothers.children → notEmpty()
```

ist äquivalent zu:

```
context Person
inv: self.parents →
        collect(brothers) →
        collect(children) → notEmpty()
```

- Gib allen Assoziationsenden einen Namen.

2.30 Einfache Beispielverträge und die geeignete Kontextwahl

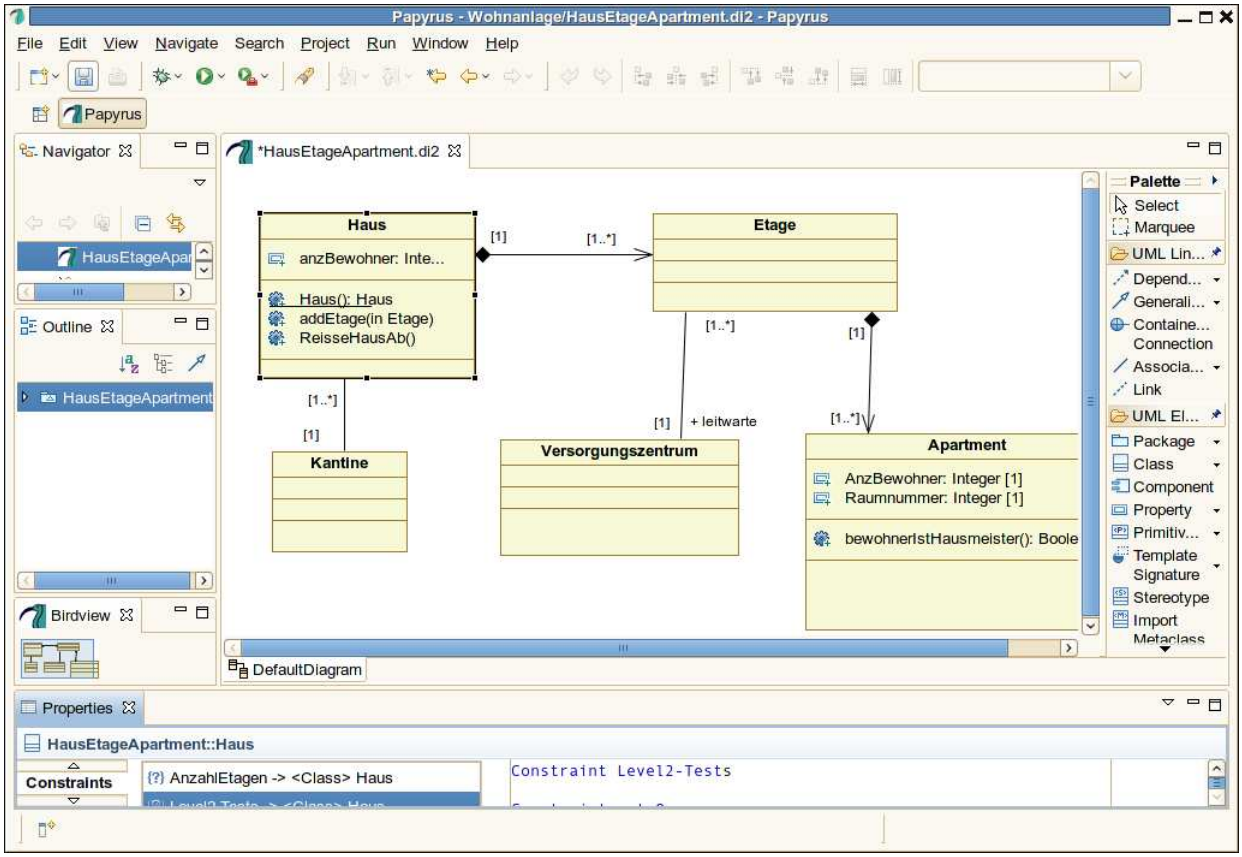
Siehe: Introduction to OCL

2.31 OCL in Together-Produkten

mit OCL-Constraints, Code-Erzeugung für diese, ...

OCL Basic Types
OCL Collection Types
Tic-Tac-Toe Example
Gererating Code from OCL

2.32 Metalevel2-Constraints = Wohldefiniertheitsregeln für Modelle

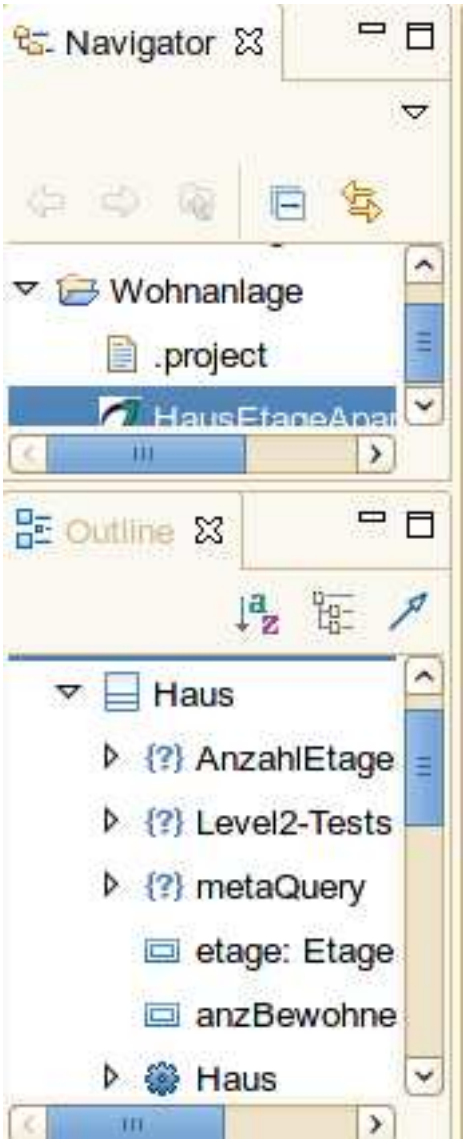


Im M2-Level des Constraints-Checkers von Papyrus kann man ein Modell algorithmisch mit OCL-Ausdrücken abfragen (Query-Sprache) und zum Beispiel Regeln des

Programmiererteams als Invarianten definieren. Einige Queries:

```
Context Haus
self                                  -- Class Haus

self.name                             -- Haus

self.feature->size()                  -- 5
self.feature->asSequence()->at(1)     -- operation ReisseHausAb

namespace.ownedElement->size()        -- 11
```

Die Modellelemente können Sie natürlich auch im Papyrus-Outline-Fenster betrachten:



Einige WFR-Regeln:

```
context Haus
inv: namespace.ownedElement->collect(name)->count(self.name)=1

context Class
inv: not self.name.oclIsUndefined() and self.name <> ''

context ModelElement
inv: NamedElement.allInstances()->forAll(c1,c2|c1<>c2 implies
   c1.name<>c2.name)

context Model
inv: Class.allInstances()->collect(c:Class| not c.name.
   olcIsUndefined())->size()=1
```

modeling levels: AST, UML-model/SdV, Oject-diagram

```
"The name of an opposite AssociationEnd
may not be the same as the name
of an Attribute or a ModelElement
contained in the Classifier."

context Classifier
inv WFR_5:
self.oppositeAssociationEnds->forAll(o |
not self.allAttributes->union(self.allContents)->collect(
q | q.name)->includes(o.name))


"The name of an Attribute may not be
the same as the name of an opposite
AssociationEnd or a ModelElement
contained in the Classifier."

context Classifier
inv WFR_4:
self.feature->select(a | a.oclIsKindOf (Attribute))->forAll(a |
not self.allOppositeAssociationEnds->union(self.allContents)
->collect(q | q.name)->includes(a.name))
```

M2 Modellierungsrichtlinien, WFRs

M1 Geschäftsregeln, SdV, DbC, Spezifikation von Testfällen

http://wiki.eclipse.org/OCLSnippets

2.33 OCL und die Modell-Transformation im MDA

http://wiki.eclipse.org/ATL/User_Guide

UML-Metamodell

Biblio-Metamodell

2.34 OCL-Beispiele

http://www.empowertec.de/ocl/example1.htm
...