

Einführung in den Software-Entwurf

Software-Praktikum, Sommer 2014
Andreas Zeller, Universität des Saarlandes
mit Gregor Snelting, Karlsruhe Institute of Technology

Objektorientierter Entwurf

In diesem Abschnitt werden wir untersuchen, wie die Komponenten eines Systems in Hinblick auf Gemeinsamkeiten und spätere Änderungen ausgesucht werden.

Hierzu dient uns der *objektorientierte Entwurf*.

Was ist ein Objekt?

Ein Objekt bietet eine Sammlung von *Diensten* (Methoden), die auf einem gemeinsamen *Zustand* arbeiten.

Typischerweise entsprechen

Objekte Gegenständen aus der Aufgabenstellung („Ameise“, „Spielfeld“, „Markierung“)

Methoden Verben aus der Aufgabenstellung („bewegen“, „setzen“, „löschen“)

Objektorientierte Modellierung

Die *Objektorientierte Modellierung mit UML* umfasst u.a. folgende Aspekte des Entwurfs:

Objekt-Modell: Welche *Objekte* benötigen wir?

Welche *Merkmale* besitzen diese Objekte?
(Attribute, Methoden)

Wie lassen sich diese Objekte *klassifizieren*?
(Klassenhierarchie)

Welche *Assoziationen* bestehen zwischen den Klassen?

Sequenzdiagramm: Wie *wirken* die Objekte global *zusammen*?

Zustandsdiagramm: In welchen *Zuständen* befinden sich die Objekte?

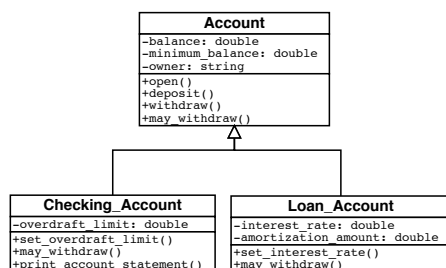
Objekt-Modell: Klassendiagramm

Darstellung der Klassen als Rechtecke, unterteilt in

- Klassenname,
- Attribute – möglichst mit Typ (meistens ein Klassenname)
- Methoden – möglichst mit Signatur

Darstellung der Vererbungshierarchie – ein Dreieck
(Symbol: \triangle) verbindet Oberklasse und Unterklassen.

Beispiel für Vererbung: Konten



Ererbte Methoden (wie hier: `open()`, `deposit()`) werden in der Unterklasse nicht mehr gesondert aufgeführt.

Definitionen in der Unterklasse *überschreiben* die Definition in der Oberklasse (hier: `may_withdraw()`)

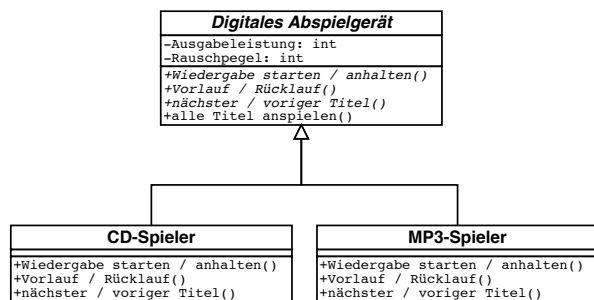
Abstrakte Klassen und Methoden

Klassen, von denen keine konkreten Objekte erzeugt werden können, heißen *abstrakte Klassen*. Sie verfügen meist über eine oder mehrere *abstrakte Methoden*, die erst in Unterklassen realisiert werden.

Eine *konkrete Klasse* ist eine Klasse, von der konkreten Objekte erzeugt werden können.

Beispiel für abstrakte Klassen

Ein „Digitales Abspielgerät“ ist ein abstrakter Oberbegriff für *konkrete* Realisierungen – z.B. ein CD- oder ein MP3-Spieler.



Kursiver Klassen-/Methodenname: abstrakte Klasse/Methode

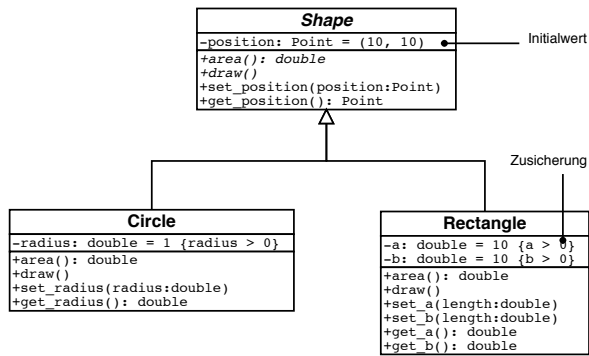
Initialwerte und Zusicherungen

Die Attribute eines Objekts können mit *Initialwerten* versehen werden. Diese gelten als *Vorgabe*, wenn bei der Konstruktion des Objekts nichts anderes angegeben wird.

Mit *Zusicherungen* werden *Bedingungen* an die Attribute spezifiziert. Hiermit lassen sich *Invarianten* ausdrücken – Objekt-Eigenschaften, die stets erfüllt sein müssen.

Beispiel für Zusicherungen

Die Zusicherungen garantieren, daß Kreise immer einen positiven Radius haben und Rechtecke positive Kantenlängen.



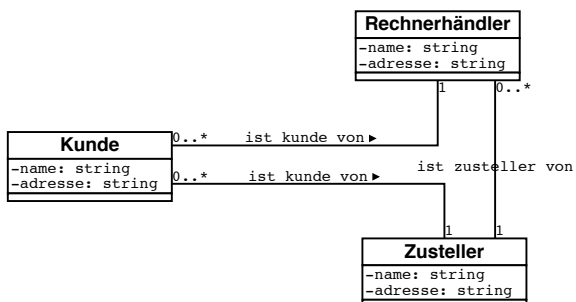
Objekt-Modell: Assoziationen

Allgemeine Assoziationen

- Verbindungen zwischen nicht-verwandten Klassen stellen Assoziationen (Relationen) zwischen Klassen dar
- Diese beschreiben den *inhaltlichen Zusammenhang* zwischen Objekten (vgl. Datenbanktheorie!)
- Durch *Multiplizitäten* wird die Anzahl der assoziierten Objekte eingeschränkt.

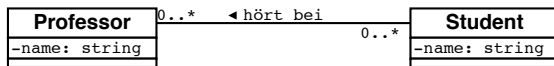
Multiplizitätsangaben

Ein *Rechnerhändler* hat mehrere *Kunden*, ein *Zusteller* hat mehrere Kunden, aber ein Rechnerhändler hat nur einen Zusteller

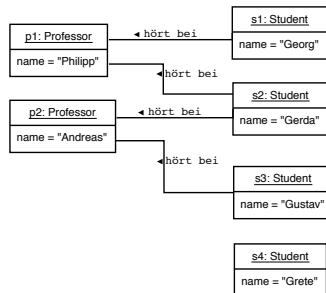


Multiplizitätsangaben (2)

Beispiel: *Professoren* haben mehrere *Studenten*, *Studenten* haben mehrere *Professoren*



Beispiel für Objektbeziehungen

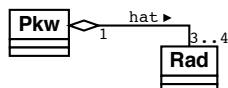


Darstellung von Exemplaren (Objekten) mit unterstrichenem Objektnamen; konkrete Werte für die Attribute

Aggregation

Eine häufig auftretende und deshalb mit \diamond besonders markierte Assoziation ist die *hat*-Beziehung, die die Hierarchie zwischen einem Ganzen und seiner Teile ausdrückt.

Beispiel: Ein Pkw hat 3–4 Räder

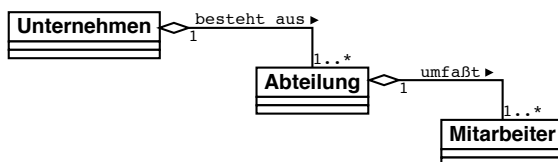


Ein Pkw



Aggregation (2)

Beispiel: Ein Unternehmen hat 1..* Abteilungen mit jeweils 1..* Mitarbeitern



Aggregation (3)

Ein Aggregat kann (meistens zu Anfang) auch ohne Teile sein: die Multiplizität 0 ist zulässig. Gewöhnlich ist es jedoch Sinn eines Aggregats, Teile zu sammeln.

Bei einem Aggregat *handelt das Ganze stellvertretend für seine Teile*, d.h. es übernimmt Operationen, die dann an die Einzelteile weiterpropagiert werden.

Beispiel: Methode `berechneUmsatz()` in der Klasse Unternehmen, die den Umsatz der Abteilungen aufsummiert.

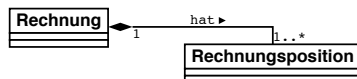
Komposition

Ein Sonderfall der Aggregation ist die *Komposition*, markiert mit ◆.

Eine Komposition liegt dann vor, wenn das Einzelteil vom Aggregat *existenzabhängig* ist – also nicht ohne das Aggregat existieren kann.

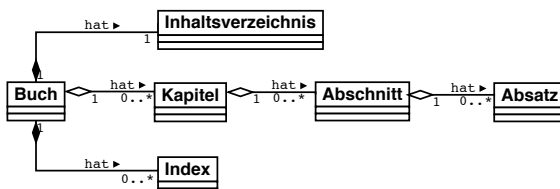
Beispiel: Rechnungsposition

Eine Rechnungsposition gehört immer zu einer Rechnung.



Beispiel: Buch

Ein *Buch* besteht aus *Inhaltsverzeichnis*, mehreren *Kapiteln*, *Index*; ein Kapitel besteht aus mehreren *Abschnitten* usw.



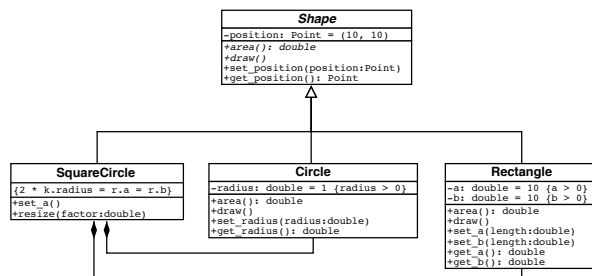
Beispiel: Kreiseck

Ein „Kreiseck“ besteht aus einem übereinander gelegten Quadrat und einem Kreis:



Beispiel: Kreiseck (2)

Modellierung als Klasse SquareCircle, die sowohl einen Kreis als auch ein Quadrat enthält:



Ergänzungen

Ein Einzelteil kann immer nur von *einem* Aggregat existenzabhängig sein.

Eine Klasse kann auch als Komposition aller ihrer Attribute aufgefaßt werden.

In vielen Programmiersprachen werden *Aggregationen* durch Referenzen (Zeiger auf Objekte) realisiert, *Kompositionen* jedoch durch die Werte selbst.

Sequenzdiagramme

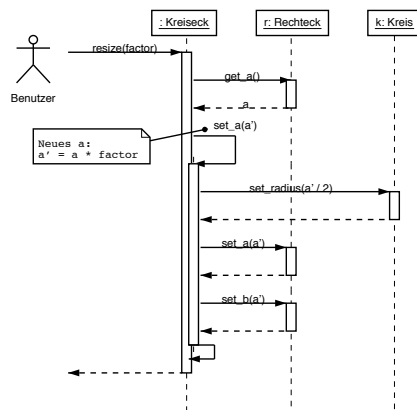
Ein *Sequenzdiagramm* gibt den Informationsfluß zwischen einzelnen Objekten wieder mit Betonung des *zeitlichen Ablaufs*.

Objekte werden mit senkrechten *Lebenslinien* dargestellt; die Zeit verläuft von oben nach unten.

Der *Steuerungsfokus* (breiter Balken) gibt an, welches Objekt gerade aktiv ist.

Pfeile („Nachrichten“) kennzeichnen Informationsfluß – z.B. Methodenaufrufe (durchgehende Pfeile) und Rückkehr (gestrichelte Pfeile).

Beispiel: Vergrößern eines Kreisecks



Zustandsdiagramme

Ein Zustandsdiagramm zeigt eine Folge von Zuständen, die ein Objekt im Laufe seines Lebens einnehmen kann und aufgrund welcher Ereignisse Zustandsänderungen stattfinden.

Ein Zustandsdiagramm zeigt einen *endlichen Automaten*.

Zustandsübergänge

Zustandsübergänge werden in der Form

Ereignisname[*Bedingung*]/*Aktion*

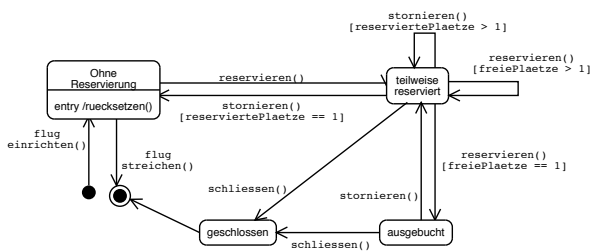
notiert. Hierbei ist

- *Ereignisname* der Name eines Ereignisses (typischerweise ein Methodenaufruf);
- *Bedingung* die Bedingung, unter der der Zustandsübergang stattfindet (optional)
- *Aktion* eine Aktion, die beim Übergang ausgeführt wird (optional)

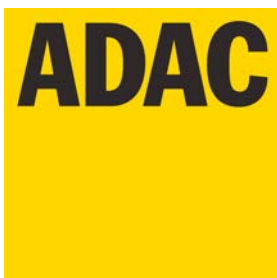
Auch Zustände können mit Aktionen versehen werden: Das Ereignis *entry* kennzeichnet das Erreichen eines Zustands; *exit* steht für das Verlassen eines Zustands.

Beispiel: Flugreservierung

Wird ein Flug eingerichtet, ist noch nichts reserviert. Die Aktion *ruecksetzen()* sorgt dafür, daß die Anzahl der freien und reservierten Plätze zurückgesetzt wird.



Beispiel: ADAC



Vorsitz: Peter Meyer

Finden von Klassen und Methoden

„Wie finde ich die Objekte?“ ist die schwierigste Frage der Analyse.

Es gibt keine eindeutige Antwort: Man kann ein Problem auf verschiedene Weisen objektorientiert modellieren.

1. Beschreiben von typischen Szenarien mit *Use Cases*
2. Extrahieren der zentralen Klassen und Dienste aus den *Use Cases*

Use Cases

(Anwendungsfälle)

- Beschreibt, wie ein Akteur (“Handelnder”) zu seinem Ziel kommt
- Welche *Akteure* gibt es, und welche *Ziele* haben sie?

Definitionen

- Ein *Akteur* ist etwas, das sich verhalten kann
eine *Person*, ein *System*, oder eine *Organisation*
- Ein *Szenario* ist eine Folge von Aktionen und Interaktionen zwischen Akteuren
- Ein *Use Case* (“Anwendungsfall”) ist eine Sammlung von verwandten Szenarien bestehend aus *Erfolgsszenario* und *Alternativszenarien*

Beispiel: Rechnerversand

Student Fritz bestellt mit einem Brief bei der Firma Rechnerwelt einen Rechner. Dieser wird ihm nach mehreren Tagen als Paket durch die Firma Gelbe Post zugestellt.

- Wer sind die Akteure?
- Welche Ziele verfolgen sie?
- Was kann alles fehlschlagen?

Alternative Szenarien

sind meist *spannender* als die Erfolgsszenarien

- Beispiel: Parkhaus
Kein Zugang • Karte nicht lesbar • Stromausfall...
- Beispiel: Geld abheben
Guthaben reicht nicht • Falsche PIN • Falsches Konto...
- Beispiel: Flug buchen
Flug ausgebucht • Stornierungen...

Beispiel: Rechnerversand

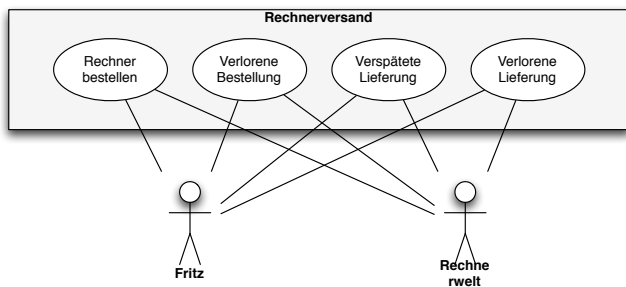
Student Fritz bestellt mit einem Brief bei der Firma Rechnerwelt einen Rechner. Dieser wird ihm nach mehreren Tagen als Paket durch die Firma Gelbe Post zugestellt.

Alternative Szenarien:

- Bestellung trifft nicht ein
– kann nicht ausgeführt werden –
- Rechner (noch) nicht lieferbar
– Kunden verständigen; ggf. stornieren; gutschreiben –
- Paket nicht zustellbar
– Kunden verständigen; ggf. stornieren; gutschreiben –

Use Cases in UML

fassen Szenarien zusammen



Entwurf nach Zuständigkeit

Ein verbreitetes Grundprinzip ist der *Entwurf nach Zuständigkeit*: Jedes Objekt ist für bestimmte Aufgaben zuständig und

- besitzt entweder die Fähigkeiten, die Aufgabe zu lösen,
- oder es kooperiert dazu mit anderen Objekten.

Ziel ist damit *das Auffinden von Objekten anhand ihrer Aufgaben in der Kooperation*.

Entwurf nach Zuständigkeit (2)

Wir gehen zunächst von einer *informalen Beschreibung* aus und betrachten *zentrale Begriffe der Aufgabenstellung*:

Hauptworte in der Beschreibung werden zu *Klassen* und *konkreten Objekten*

Verben in der Beschreibung werden zu *Diensten* –

- entweder zu Diensten, die ein Objekt anbietet,
- oder zu Aufrufen von Diensten kooperierender Objekte.

Diese Dienste kennzeichnen die *Zuständigkeit* und *Kooperationen* der einzelnen Klassen.

Entwurf nach Zuständigkeit (3)

Die so gefundenen Klassen werden dann anhand ihrer Zuständigkeiten auf sogenannte *KZK-Karten* (Klasse – Zuständigkeit – Kooperation) notiert:

<i>Klassenname</i>	<i>Zusammenarbeit mit</i>
<i>zuständig für</i>	

Die KZK-Karte gibt die *Rolle* wieder, die Objekte im Gesamtsystem übernehmen sollen.

Eine erste Näherung

Student	<i>Zusammenarbeit mit</i>
<i>zuständig für</i> bestellen Paket annehmen	Rechnerhändler Zusteller

Rechnerhändler	<i>Zusammenarbeit mit</i>
<i>zuständig für</i> Bestellung annehmen Paket absenden	Student Zusteller

Zusteller	<i>Zusammenarbeit mit</i>
<i>zuständig für</i> Paket annehmen Paket abgeben	Rechnerhändler Student

Verfeinerung

Diese erste Näherung ist jedoch noch nicht vollständig:

- Fritz tritt in seiner Rolle als Kunde auf; es kommt nicht darauf an, daß er auch Student ist (es sei denn, er bekäme Studentenrabatt). Besser wäre also der Klassenname **Kunde** statt **Student**.
- Brief und Paket fehlen – es handelt sich um reine Datenobjekte, die weder Zuständigkeit noch Kooperationspartner haben.
- Wir haben offengelassen, wie der Bestellbrief zum Rechnerhändler gelangt; ggf. ist hierfür ebenfalls ein Zusteller zuständig.
- *Datenfluß, Zustandsübergänge und Klassenhierarchien* sind nicht berücksichtigt.

Überarbeitung des Entwurfs

Ein erster Grobentwurf kann meistens deutlich verbessert werden:

Herausfaktorisieren gleicher Merkmale. *Können gemeinsame Merkmale (Attribute, Methoden) verschiedener Klassen miteinander in Zusammenhang gebracht werden?*

Diese gemeinsamen Merkmale können

- in eine *dritte Klasse* verlagert werden, die von den bestehenden Klassen aggregiert wird. Die bestehenden Klassen müssen die ausgelagerten Dienste aber weiterhin anbieten
- in eine *gemeinsame Oberklasse* verlagert werden. Dies ist bei gemeinsamen *ist-ein*-Beziehungen sinnvoll.

Überarbeitung des Entwurfs (2)

Verallgemeinerung von Verhaltensweisen. *Können Methoden mit einheitlicher Schnittstelle bereits auf einer abstrakten Ebene angegeben werden?*

Abstrakte Klassen können etwa allgemeine Methoden bereitstellen, deren Details (abgeleitete Kernmethoden) in den konkreten Unterklassen realisiert werden.

Ersetzen einer umfangreichen Klasse durch ein Teilsystem. *Können Klassen mit vielen Merkmalen weiter unterteilt werden?*

Evtl. Einführung eines Teilsystems aus mehreren Objekten und zugehörigen Klassen

Überarbeitung des Entwurfs (3)

Minimierung von Objektbeziehungen. *Kann man durch Umgruppierung der Klassen oder neue Schnittstellen die Zahl der „Benutzt“-Beziehungen verringern?*

Auch hier unterhält nur noch ein neu einzuführendes Teilsystem Außenbeziehungen.

Wiederverwendung, Bibliotheken. *Kann man bestehende Klassen wiederverwenden?*

Ggf. können geeignete *Anpassungsklassen* (Adapter) eingeführt werden

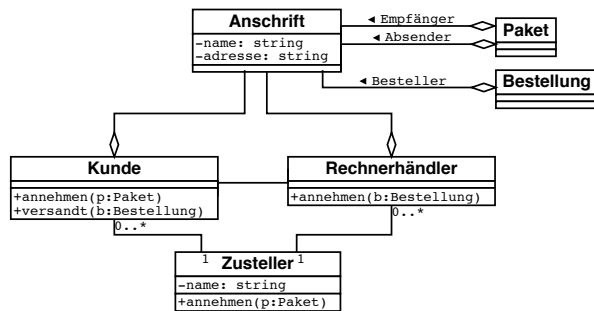
Überarbeitung des Entwurfs (4)

Generizität. Können generische Klassen und Methoden eingesetzt werden?

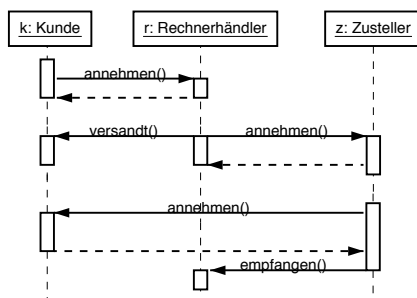
Oder auch: können Klassen und Methoden des Entwurfs generisch gestaltet werden?

Entwurfsmuster. Kann man Standard-Architekturbausteine einsetzen?

Objektmodell Rechnerversand



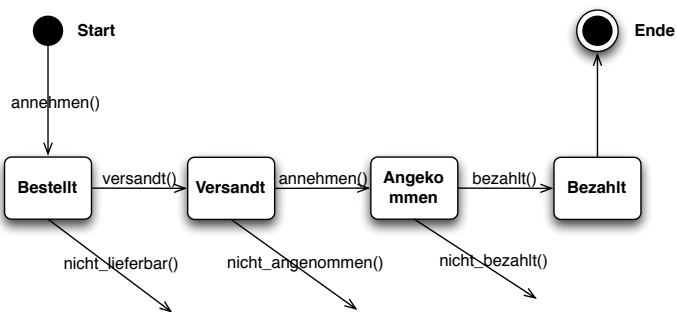
Sequenzdiagramm Rechnerversand



- **Betrachtet nur den Erfolgsfall**
Fehlschläge müssen gesondert beschrieben werden

Zustandsdiagramm

mit (einigen wenigen) Fehlschlägen



Ein Wort zu KZK

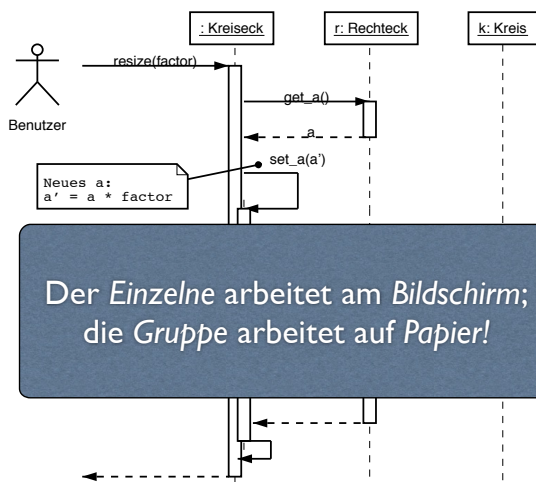
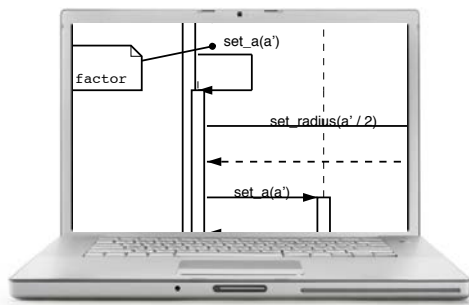
“One purpose of CRC cards is to fail early, to fail often, and to fail inexpensively. It is a lot cheaper to tear up a bunch of cards than it would be to reorganize a large amount of source code.” (C. Horstmann)

Paperware



... und daher werden solche Entwürfe am besten mit Papier und Bleistift erstellt.

Papier vs Laptop



Vom Modell zum Programm

Wie verwandelt man den Entwurf in einen Quelltext?

- Klassen und Vererbung können direkt aus dem Klassendiagramm entnommen werden. Die Methoden(köpfe) ebenso. Zu jeder Methode muß eine vollständige Signatur angegeben werden.
- Assoziationen zwischen Klassen werden durch Attribute realisiert.
 - Eine $n : 1$ oder $1 : 1$ Assoziation von P nach Q wird in P durch ein Attribut q vom Typ Q realisiert.
 - Eine $1 : n$ - bzw. $n : m$ -Assoziation von P nach Q wird durch eine Menge qs vom Typ $set(Q)$ realisiert. (Implementierung als Feld, Liste...)

Vom Modell zum Programm (2)

- Falls Assoziationen eigene Methoden haben, muß man sie als eigene (Hilfs-) Klassen implementieren.
- Für jede Klasse sollte eine Invariante formuliert und dokumentiert werden; für jede Methode eine Vor- und Nachbedingung.
- Die Methodenrumpfe werden implementiert. Dabei wird vorgegangen wie in der traditionellen Programmierung.

Vom Modell zum Programm (3)

- Überprüfung des Zustandsdiagramms: sind genau die im dynamischen Modell angegebenen Aufrufsequenzen zulässig? Unzulässige Aufrufe müssen durch Ausnahme/Fehlerbehandlung abgefangen werden! Dazu kann es sinnvoll sein, die Vorbedingung dynamisch zu überprüfen.
- Zum Testen werden die üblichen Verfahren angewendet.

Codeschablonen

Moderne Programmierumgebungen erzeugen aus einem Entwurf automatisch *Codeschablonen*:

1. Man entwirft ein System mit allen Klassen und Attributen.
2. Die Programmierumgebung erzeugt entsprechende Codeschablonen.
3. Nun müssen „nur noch“ die Methoden ausprogrammiert werden.

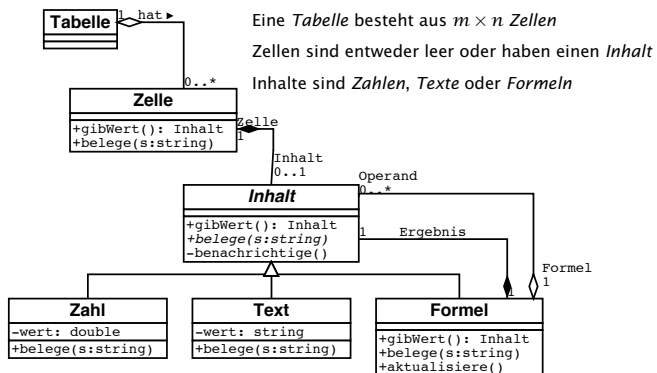
Fallstudie: Tabellenkalkulation

Eine **Tabelle** besteht aus $m \times n$ **Zellen**
 Zellen sind entweder leer oder haben einen **Inhalt**
 Inhalte sind **Zahlen**, **Texte** oder **Formeln**

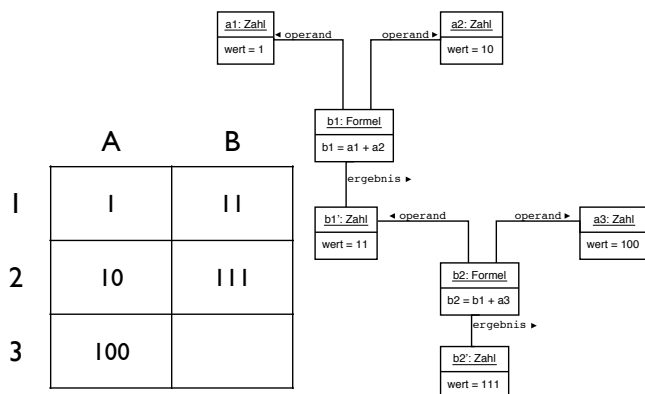
Zu einem Inhalt gibt es mehrere Formeln (die die Inhalte ansprechen)

Zu einer Formel gibt es mehrere Inhalte (die als Operanden in der Formel auftreten)

Objektmodell

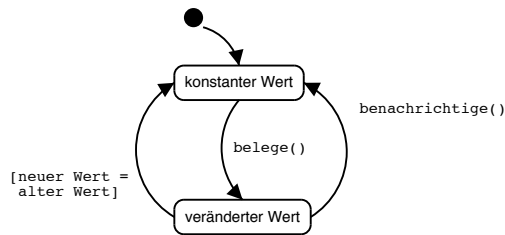


Beispiel für Objektbeziehungen



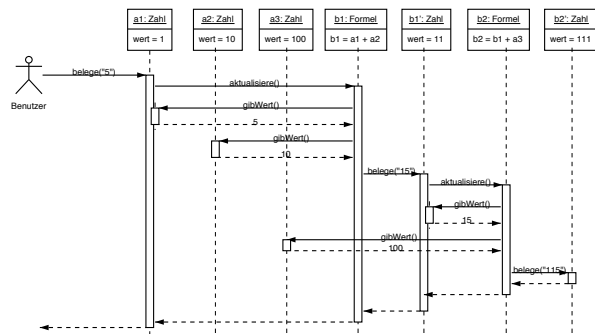
Zustandsdiagramm

Die Methode `belege` der Klasse `Inhalt` prüft, ob sich der Wert geändert hat. Wenn ja, benachrichtigt sie mit `benachrichtige()` alle Formelobjekte, in denen der Inhalt als Operand vorkommt.



Sequenzdiagramm

Beispiel: Die Tabelle sei belegt wie beschrieben; nun ändern wir den Wert der Zelle A1 von 1 auf 5.



Checkliste Grobentwurf

Objektmodell mit

- Wesentliche Klassen und ihre Beziehungen, einschliesslich Kardinalitäten
- Die wesentlichen Methoden jeder Klasse
- Die wesentlichen Attribute jeder Klasse

Arbeitsplan – wer macht wann was

Checkliste Feinentwurf

Zusätzlich sechs *Sequenzdiagramme* mit

- Start des Simulators (bis zur 1. Anweisung)
- Verarbeiten von vier zentralen Anweisungen (jeweils Erfolgsfall + alternative Szenarien)
- Ausgabe des Endergebnisses (Punktstand)
- Details auf Webseite

Checkliste: Grobentwurf

Der Grobentwurf im Software-Praktikum wird anhand der folgenden Anforderungen beurteilt.

- **Entsprechen die Klassen zentralen Konzepten der Aufgabenstellung?**
Wichtige Hauptworte der Aufgabenstellung sollten als Klassen im Entwurf auftauchen.
- **Sind die Grundprinzipien der Zerlegung erfüllt?**
- **Sind alle Klassen, Attribute und Methoden aufgeführt?**

Checkliste: Grobentwurf (2)

- **Sind Hierarchien und Objektbeziehungen gut dokumentiert?**
Dies soll in Form eines Objekt-Modells geschehen.
Das Objekt-Modell sollte so präzise wie möglich sein (Multiplizitäten, Aggregation/Komposition, Zusicherungen).
Im Entwurf sollten alle offensichtlichen Möglichkeiten für Restrukturierungen und Überarbeitungen bereits ausgeschöpft sein.

Checkliste: Grobentwurf (3)

- **Sind Informationsfluss und Zustandsübergänge hinreichend berücksichtigt?**

Je nach Komplexität der Aufgabenstellung kann es notwendig sein,

- ausgewählte Aspekte des Informationsflusses (Sequenzdiagramm, Kollaborationsdiagramm) und
- Zustandsübergänge (Zustandsdiagramm)

gesondert zu spezifizieren.
