Informatik
Vorlesung
Wintersemester 2007

Johannes Waldmann, HTWK Leipzig

28. Januar 2008

Informatik: Einführung

Informatik—Überblick

- Informatik: Wissenschaft von der Verarbeitung symbolischer Informationen
- durch Algorithmen
- implementiert als Programm
- ausgeführt auf (einem oder mehreren) Computern

Id: intro.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Teilgebiete der Informatik

(HKF S. 23 ff).

- Theoretische: Automatentheorie, Algorithmentheorie, Berechenbarkeit, Komplexität
- Praktische: Programm- und Software-Entwicklung, Dienst- und Arbeitsprogramme (Compiler, Betriebssysteme, Datenbanken, . . .)
- Technische: Hardware (Prozessor, Speicher, Peripherie, Netze, Kommunikation)
- Angewandte:

(HKF = Horn, Kerner, Forbrig: *Lehr- und Übungsbuch Informatik, Band 1*)

Id: vier.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Inhalt (1. Semester)

- Grundlagen der Informatik: Algorithmen
  - Definition, Beispiele
  - Entscheidbarkeit, Komplexität
- Praktische Informatik: Programme
  - einfache Daten und Kontrollstrukturen
  - Unterprogramme, Klassen, Methoden
  - Java-Applets und -Applikationen
  - konkrete Datentypen: Arrays, Listen
  - abstrakte Datentypen, Spezifikationen, Interfaces
  - effiziente Datenstrukturen: balancierte Bäume, Hashing

Id: inhalt.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Inhalt (2. Semester)

- Technische Informatik: Hardware
  - maschinelle Darstellung von Information
  - Rechner-Aufbau: Prozessor, Speicher
- Praktische/Angewandte Informatik:
  - Betriebssysteme: Resourcen-Verwaltung und -Teilung
  - Netze, Kommunikation, Standards, Protokolle
  - Kompression, Kryptographie, Sicherheit

Id: inhalt2.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Empfohlene Literatur/Links

- Webseite zur Vorlesung/Übung, mit Skript, Folien, Aufgaben: `http://www.imn.htwk-leipzig.de/~waldmann/edu/ws07/informatik/`
- Lehrbuch (Allgemeines, Grundlagen): Horn, Kerner, Forbrig: *Lehr- und Übungsbuch Informatik*, Fachbuchverlag (3. Auflage, 1. Band: Grundlagen und Überblick, auch für 2. Semester geeignet) `http://www.inf.tu-dresden.de/~fachbuch/`
- Software: Java (SE 6) `http://java.sun.com/javase/6/` Eclipse(-3.3) `http://www.eclipse.org/`,

Id: literatur.tex,v 1.3 2007-10-11 20:51:33 waldmann Exp

Organisation

- Vorlesung
  - montags (ungerade) 13:45–15:55, Li 415
  - freitags (ungerade) 10:15–11:45, Z 017

- Seminare (Pool GuRL-MM):
  - mittwochs (U) 7:30–9:00 *und* montags (G) 13:45–15:15
    oder
  -
  - mittwochs (U) 9:30–11:00 *und* montags (G)
    15:30–17:00

  Einschreibung über ein Web-Interface

  `https://autotool.imn.htwk-leipzig.de/`

Id: org.tex,v 1.3 2007-10-09 22:09:11 waldmann Exp

`cgi-bin/Super.cgi`

bitte gleichmäßig verteilen . . .

wer in kleinerer Gruppe ist, lernt mehr!

Id: org.tex,v 1.3 2007-10-09 22:09:11 waldmann Exp

Leistungsnachweise (1. Semester)

- zur Prüfungszulassung:
  - kleinere Denk- und Programmier-Aufgaben, Kontrolle mündlich im Seminar
  - und automatisch (Web-Interface)
- Prüfung: Klausur

2. Semester ähnlich, dann Gesamtnote.

Id: org.tex,v 1.3 2007-10-09 22:09:11 waldmann Exp

Was ist Informatik

(vgl. Kapitel 1 aus Horn/Kerner/Forbig)

- Wissenschaft von der Informationsverarbeitung
- junge Wissenschaft mit alten Inhalten (Tabelle S. 21)
- drei Typen von Maschinen (Tabelle S. 22)

Kategorie	Wissenschaft	Schlüssel-Erfindung	früher Vertreter
Energie			
	Chemie		
			Rauch-zeichen

Id: whatis.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Definition Algorithmus

ist eine in Schritte geordnete Arbeitsvorschrift

- endlich in der Notation
- endliche in der Abarbeitung
- zuständig für eine ganze Aufgabenklasse
- deterministisch (vorherbestimmt)

Id: whatis.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Computer als Werkzeug

(HKF S. 27 ff)

vier Schritte

- Problemstellung und Lösung
- externe/interne Welt

Auswirkungen für Benutzer und Hersteller von Software

Id: whatis.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Einfache (?) Algorithmen

1.) Beschreibe die Wirkung dieses Algorithmus:

```
a := a + b ; b := a - b ; a := a - b;
```

2.) Bis heute ist *unbekannt*, ob dieser Algorithmus für jede Eingabe ≥ 1 hält:

```
lies positive ganze Zahl x;
wiederhole, solange (x > 1):
    wenn x eine gerade Zahl ist,
    dann x := x / 2  sonst x := 3 * x + 1
```

Welches sind jeweils die kleinsten Startwerte, für die

- eine Zahl > 1000 erreicht wird,
- > 100 Schritte ausgeführt werden?

Id: collatz.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Rechnermodelle

Geschichte – (vgl. HKF 1.4)

- Entwicklung der Mathematik (irdische und astronomische Geometrie, Messungen von Weg und Zeit)
- Rechenvorschriften (schriftl. Multiplikation), Tafeln von Logarithmen, Winkelfunktionen
- maschinelle Hilfen bei deren Berechnung (Babbage), programmgesteuerte Webstühle (Jacquard), Lochkartenzählmaschinen
- frei programmierbare Maschinen (Zuse ab 1936)
- prinzipielle Grenzen von Algorithmen (Gödel 1931, Turing 1936)

Id: geschichte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Computer-Generationen

aus HKF 1.4

1. elektro-mechanisch (1940–1948)
2. elektronisch (Röhren, Transistoren) (1945–1955)
3. integriert (1960–1970)
4. hochintegriert (1970–1985)
5. vernetzt (1985–. . .)

beachte: Einteilung nach verschiedensten Gesichtspunkten möglich, deswegen Zurordnung zu Generationen stark willkürlich (Namen sind Schall und Rauch)

Id: geschichte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

“Kleine Geschichte der EDV”

Paul E. Ceruzzi: *A History of Modern Computing*,
MIT Press, 2003 (deutsch mitp 2003)

- die ersten kommerziellen Computer (1945–1956)
- die zweite Computer-Generation (1956–1964)
- die frühe Geschichte der Software (1952–1968)
- vom Großrechner zum Minicomputer (1959–1969)
- Börsenhöhenflüge und das System /360 (1961–1975)
- der Siegeszug des Chips (1965–1975)
- die PCs (Personal Computer) (1972–1977)
- die Erweiterung des menschlichen Intellekts (1975–1985)
- Workstations, Unix und das Netz (1981–1995)

Id: geschichte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Computer-Architektur nach von Neumann

frei adressierbarer Hauptspeicher, zur Erleichterung verwende nicht Adressen, sondern Namen.

Programm-zustand ist Speicherinhalt (= Abbildung von Adressen auf Werte)

Und: Programm steht selbst im Speicher.

- Zuweisungen: Name := Ausdruck
- wobei Ausdruck: Konstante oder Name oder Operator mit Argumenten
- wobei Argument: Konstante oder Name
- Sprünge (unbedingte und bedingte)

Id: neumann.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Strukturiertes Programmieren

Programm-Ablauf-Steuerung nicht durch Sprünge, sondern durch hierarchische Struktur.

- Blöcke (Anweisungsfolgen)
- Verzweigungen (if then else)
- Wiederholungen (while)
- Unterprogramme (benannte Blöcke)

Jeder dieser Bausteine hat genau einen Eingang und genau einen Ausgang.
Verdeutlicht durch grafische Notation (Struktogramme).

Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Beispiele für Algorithmen (I)

```
Eingabe  : Zahl a, Zahl b;

Rechnung :

    Zahl c := a; a := b; b := c;

Ausgabe  : a, b.
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Beispiele für Algorithmen (II)

```
Eingabe  : Zahl a, Zahl b;

Rechnung :

    a := a + b ; b := a - b ; a := a - b;

Ausgabe  : a, b.
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Korrektheit, Spezifikation

- jeder Algorithmus hat eine *Spezifikation*,

  die die gewünschte Beziehung zwischen Ein- und Ausgabe beschreibt.

- Forderung an die Eingaben: Vorbedingung

  Forderung an die Ausgaben: Nachbedingung

  Schreibweise: `{ V } A { N }`

- Algorithmus heißt *korrekt*, wenn er seine Spezifikation erfüllt.

- *erst* spezifizieren, *dann* implementieren!

Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Verzweigungen

```
Eingabe: Zahlen a, b, c, d, e.


if (a > b) { swap (a, b); }
if (c > d) { swap (c, d); }
if (e > b) {
    if (e < d) { swap (e, d); }
} else {
    swap (d, e); swap (b, d);
    if (a > b) { swap (a, b); }
}
??? (=> demnächst autotool)


Ausgabe: a, b, c, d, e.
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Schleifen

```
Eingabe  : natürliche Zahl a, nat. Zahl b.
           -- Vorbedingung: a = A und b = B
Rechnung :

           Zahl c := 0;
           -- Invariante: a * b + c = A * B
           solange (b > 0) wiederhole {
               c := c + a; b := b - 1;
           }

Ausgabe  : c. -- Nachbedingung: c = A * B
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Schleifen, Invarianten

Korrektheit einer Schleife

```
{ V } while (B) do C { N }
```

beweist man durch geeignete *Invariante* I:

- aus V folgt I
- `{ I und B } C { I }`
- aus (I und nicht B) folgt N

Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Algorithmen-Entwurf

```
Eingabe  : natürliche Zahlen a, b
(gewünschtes) Ergebnis: a * b

Zahl c := a; Zahl d := b; Zahl e := ???;
-- Invariante:  c * d + e = a * b
solange (c > 0) wiederhole {
   wenn (c ist ungerade) dann {
       ???
   }
   c := abrunden (c / 2);
   ???
}
Ergebnis ist in  ???
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Größter gemeinsamer Teiler

Definitionen:

- t ist Teiler von a: $\quad t \mid a \iff \exists k \in \mathbb{N} : t \cdot k = a$

- Menge aller gemeinsamen Teiler von a und b:

  $T(a,b) = \{t : t \mid a \wedge t \mid b\}$.

- größter gemeinsamer Teiler von a und b

  $\mathrm{ggt}(a,b) = t \iff t \in T(a,b) \wedge \forall s \in T(a,b) : s \mid t$

Eigenschaften:

- $\mathrm{ggt}(a,a) = a$

- $\mathrm{ggt}(a,b) = \mathrm{ggt}(a, a-b)$

Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

(Einfacher) Euklidischer Algorithmus

```
Eingabe: natürliche Zahlen a, b.
// Vorbedingung: a = A und b = B
// Invariante: ggt(a,b) = ggt(A,B)
while (a ungleich b) {
      if (a > b) {
            ...
      } else {
            ...
      }
}
// Nachbedingung: a = ggt(A,B)
Ausgabe: a
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

(Erweiterter) Euklidischer Algorithmus

```
Eingabe: natürliche Zahlen a, b.
// Vorbedingung: a = A und b = B
nat c = 1, nat d = 0; nat e = 0; nat f = 1;
// Invariante: ggt(a,b) = ggt(A,B)
//    und A*c + B*d = a  und  A*e + B*f = b
while (a ungleich b) {
     if (a > b) {
          ...
     } else {
          ...
}    }
// Nachbedingung: A*c + B*d = ggt(A,B)
Ausgabe: c, d
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Felder (Arrays, Vektoren)

- Vektor $x = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$
- Zugriff auf Werte durch Feld-Namen mit Index.
- übliche Schreibweise für i-te Komponente: `x[i]`
- Vorsicht: in Java übliche Zählweise:

  Indexbereich beginnt bei 0 (nicht bei 1)

Beispiel:

```
int [] x = { 3, 1, 4, 1, 5, 9 };
x[x[2]] := x[0];
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Zählschleifen

```
für ( Zahl i von a bis b ) { ... }
```

ist äquivalent zu

```
Zahl i = a;
while (i <= b) { ... ; i := i + 1; }
```

Beispiel:

```
Zahl s = 0;
für ( Zahl i von 1 bis 5 ) { s := i - s; }
Ausgabe (s);
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Zählschleifen und Invarianten

```
Eingabe: Feld von Zahlen x[0 .. n-1]

Zahl s := 0;

// Invariante: s = x[0] + .. + x[i-1]
für ( Zahl i von 0 bis n-1 ) {
    s := s + x[i];
}

Ausgabe s;
```


Id: strukt.tex,v 1.2 2006-10-16 14:26:47 waldmann Exp

Algorithmen

Sortier-Algorithmen: Spezifikation

Eingabe: eine Folge $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ von Zahlen.

Ausgabe: eine Folge $(y_1, y_2, \ldots, y_n)$ von Zahlen.

Bedingungen:

- die Ausgabe ist eine Permutation ($=$ Umordnung) der Eingabe.

- die Ausgabe ist aufsteigend geordnet.

  $y_1 \leq y_2 \leq \cdots \leq y_{n+1}$

geschätzt 3/4 aller Rechenzeit der Welt wird für Sortieren verbraucht!

Id: sortier.tex,v 1.2 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Einfügen: Spezifikation

Eingabe: eine Folge $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ von Zahlen, eine Zahl z.
Ausgabe: eine Folge $(y_1, y_2, \ldots, y_n, y_{n+1})$ von Zahlen.
Bedingungen:

- die Eingabe ist aufsteigend geordnet

  $x_1 \leq x_2 \leq \cdots \leq x_n$

- die Ausgabe ist eine Permutation ($=$ Umordnung) der Folge $(z, x_1, x_2, \ldots, x_n)$

- die Ausgabe ist aufsteigend geordnet

  $y_1 \leq y_2 \leq \cdots \leq y_{n+1}$

Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Sortieren durch Einfügen

```
sortiere a[0 .. n-1] = {
   für i von 1 bis n-1 führe aus {
      füge a[i] in a[0 .. i-1] ein
   }
}
```

Invarianten:

- $(a_0, \ldots, a_{n-1})$ ist eine Permuation von $(A_0, \ldots, A_{n-1})$
- $a_0 \leq a_1 \leq \ldots \leq a_{i-1}$

Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Lineares Einfügen

```
füge a[i] in a[0 .. i-1] ein = {
   Zahl k := i - 1;
   für (Zahl k von i-1 herab bis 0) {
      if ( a[k] <= a[k+1]) {
         verlasse Schleife;
      }
      tausche (a[k], a[k+1]);
   }
}
```

Invariante:

- $a[0 \ldots n-1]$ ist Permutation von $A[0 \ldots n-1]$
- $a_0 \leq \ldots a_k$ und $a_{k+1} \leq \ldots \leq a_i$

Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Sortier-Algorithmen: binäres Einfügen

Idee: vergleiche mit mittlerem Element

```
füge x in a[l .. r] ein = {
  if (l = r)
  then if x < a[l]
       then x vor a[l] else x nach a[l]
  else m := mitte von l und r
       if x < a[m]
       then füge x in a[l .. m - 1] ein
       else füge x in a[m + 1 .. r] ein
}
```

Vorsicht: werden alle Spezialfälle richtig behandelt? Diskussion im Seminar.— *Beachte:* hier tun wir so, als ob das Beiseiteschieben der Elemente nichts kostet.

Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Termination

- Geradeausprogramme halten (terminieren) immer:

```
Eingabe a, b;  int c := a; a := b; b := c;
```

- Zählschleifen halten immer:

```
für Zahl a von 0 bis 9 { Ausgabe (a); }
```

- beliebige Schleifen?

```
Zahl a = 0;
while ( a*a != 125 ) { a := a + 1; }
```


Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Termination (Beispiele)

- ```
  solange (a ungleich b) {
      if (a > b) { a := a - b; }
      else       { b := b - a; }
  }
  ```

  beachte Invariante: a und b sind positive ganze Zahlen.
  $a + b > 0$ und $a + b$ nimmt ab.

- ```
  solange (a > 0) { a := abrunden (a/2); }
  ```

  beachte: a nimmt ab.

- ```
  solange (x > 1) {
      if (x ist gerade)  { x := x/2; }
      else { x := 3 * x + 1; }
  }
  ```


Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp
  ```

Laufzeit von Zählschleifen

- einfache Schleife: Laufzeit $\approx$ Anzahl der Zählerwerte

```
Zahl s := 0;
für Zahl i von 1 bis 20 { s := s + i; }
```

- geschachtelte Schleifen:

```
für Zahl i von 1 bis 20 {
   für Zahl j von 1 bis 20 { ... }
}
```

- geschachtelte Schleifen, abhängige Länge

```
für Zahl i von 1 bis 20 {
   für Zahl j von 1 bis i { ... }
```


Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

```
}
```

Laufzeitfunktionen

- Laufzeit hängt oft von der Eingabe ab:

```
Eingabe a;
für Zahl b von 1 bis a { ... }
```

- interessant ist das *Wachstum* dieser Funktion (linear, quadratisch, . . .)

- daraus kann man ableiten, wie sich Laufzeit ändert, wenn man Eingabe vergrößert (z. B. verdoppelt, verzehnfacht,. . .)

Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Laufzeiten (Beispiele)

- Einfügen (in Feld von n Elementen)
  - lineares Einfügen:
  - binäres Einfügen:
- Sortieren (eines Feldes von n Elementen durch wiederholtes)
  - lineares Einfügen:
  - binäres Einfügen:

Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Unterprogramme

Definition:

- ist ein benannter Block
- mit einer Schnittstelle, diese beschreibt
  - Vorbedingung (wann darf man das UP aufrufen?)
  - Nachbedingung (was gilt nach Aufruf?)
  - Datentransport

ein Unterprogramm kann man

- definieren (implementieren) (einmal)
- benutzen (mehrmals)

Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Unterprogramme—Beispiele

ohne Datentransport:

```
zeile () {
   für Zahl i von 1 bis 80 { Ausgabe("*"); }
   Ausgabe (Zeilenschaltung);
}
```

Datentransport beim Aufruf

```
zeile (Zahl n) {
   für Zahl i von 1 bis n { Ausgabe("*"); }
   Ausgabe (Zeilenschaltung);
}
```

Benutzung:

```
dreieck (Zahl h) {
   für Zahl i von 1 bis n { zeile (h); }
```


Id: einf.tex,v 1.1 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

```
}
```

Datentransport bei Aufruf und Rückkehr:

```
-- Vorbedingung: a und b positive ganze Zahl
-- Nachbedingung: Rückgabewert ist größter
-- gemeinsamer Teiler von a und b
Zahl ggt (Zahl a, Zahl b) {
   solange (a ungleich b) {
       if (a > b) { a := a - b; }
            else { b := b - a; }
   }
   Rückgabewert ist a;
}
```

Benutzung:

```
Ausgabe (10 + ggt (12,15));
```

rekursive Unterprogramme

ein Unterprogramm kann ein anderes benutzen (aufrufen).

wenn es sogar sich selbst aufruft, heißt es *rekursiv*

(re-current: rückläufig ≈ selbstbezüglich)

```
-- Vorbedingung: a und b natürliche Zahlen
Zahl up (Zahl a, Zahl b) {
    if (b > 0) {
      Rückgabe  1 + up(a, b-1);
    } else {
      Rückgabe  a;
    }
}
```


Id: rekurs.tex,v 1.2 2007-11-08 13:18:12 waldmann Exp

Rekursive Programme zum Einfügen

```
linear-einf (Zahlenfolge a[0 .. n-1], Zahl a
  if (n > 0) {
    if (a[n-1] > a[n]) {
      tausche (a[n-1], a[n]);
      linear-einf (a[0 .. n-2],  a[n-1]);
} } }
binär-einf (Zahlenfolge a[0..n-1], Zahl x) {
  if (n > 0) {
    Zahl i := n / 2; -- abrunden
    if (a[i] < x) {
      binär-einf (a[i+1 .. n-1], x);
    } else {
      binär-einf (a[0   .. i-1], x);
```


Id: rekurs.tex,v 1.2 2007-11-08 13:18:12 waldmann Exp

```
}    }    }
```

Laufzeit rekursiver Programme (I)

abhängig von den Eingabewerten, beim Einfügen: von der Länge der Folge.

$L(n)$ die Laufzeit von `linear-einf` für Eingabefolge der Länge n.

$B(n)$ die Laufzeit von `binär-einf` für Eingabefolge der Länge n.

Id: rekurs.tex,v 1.2 2007-11-08 13:18:12 waldmann Exp

Laufzeit rekursiver Programme (II)

linear:

$$L(0) = 0$$
$$n > 0 \;\Rightarrow\; L(n) \leq 1 + L(n-1)$$

Wertetabelle?

Lösung: $L(n) \leq n$.

binär

$$B(0) = 0$$
$$n > 0 \;\Rightarrow\; B(n) = 1 + B(\lfloor n/2 \rfloor)$$

Wertetabelle?

Lösung: $B(n) = \lfloor \log_2(n+1) \rfloor$

Id: rekurs.tex,v 1.2 2007-11-08 13:18:12 waldmann Exp

Merge-Sort (Sort)

```
sortiere (Folge a) =
  wenn Länge (a) <= 1,
    dann gib a aus,
    sonst
      Folge b = (ungefähr) die Hälfte
              der Elemente von a;
      Folge c = die restlichen Elemente von
      Folge b' = sortiere (b)
      Folge c' = sortiere (c);
      füge b' und c' zusammen;
```

die Ausgabe von sortiere(a) enthält alle Element von a genau einmal und ist aufsteigend geordnet.

Entwurfsprinzip: Rekursion, divide and conquer

Id: rekurs.tex,v 1.2 2007-11-08 13:18:12 waldmann Exp

Merge-Sort (Merge)

b' und c' sind Listen von Elementen (Zahlen)

```
füge b′ und c′ zusammen =
  solange ( b′ nicht leer und c′ nicht leer
    wenn  erstes (b′) < erstes (c′)
      dann  ausgabe(erstes (b′)); verkürze b
      sonst ausgabe(erstes (c′)); verkürze c
  gib restliche Elemente von b′ aus
  gib restliche Elemente von c′ aus
```

in der Ausgabe stehen alle Element von b' und c' genau einmal.

Anzahl der Vergleiche: $\leq$ Länge von b $+$ Länge von c $-$ 1

Id: merge.tex,v 1.2 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Merge-Sort (Komplexität)

Anzahl der Vergleiche?

$$T(1) = 0, T(n) = T(\lfloor n/2 \rfloor) + T(\lceil n/2 \rceil) + (n-1)$$

Beispiele:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T(n)$	0	1	3	5	8	11	14	17	21

Übung: beweise durch Induktion $T(2^k) = 1 + (k-1) \cdot 2^k$.

Mit $n = 2^k$, also $k = \log_2 n$ folgt $T(n) \approx n \log_2 n$.

D. h. Merge-Sort ist asymptotisch besser als Bubble-Sort.

Id: merge.tex,v 1.2 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Sortieren: Quicksort

```
sortiere (Folge a) =
  wenn Länge (a) <= 1,
    dann gib a aus,
    sonst
      Zahl  p = (ungefähr) der Median von a
      Folge b = Elemente von a, die kleiner
      Folge c = Elemente von a, die größer a
      Folge b' = sortiere (b)
      Folge c' = sortiere (c)
      gib aus: b', dann p, dann c'
```

Laufzeit hängt davon ab, wie gut man den Median trifft.

Mehrere Varianten!

Id: merge.tex,v 1.2 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Sortieren: Stand der Dinge

Algorithmen unter verschiedenen Aspekten

- möglichst wenige Element-Vergleiche (sortiere 5 mit 7 Vergleichen?)
- möglichst einfache Datenstrukturen
- möglichst fester Algorithmus (Sortiernetze)
- geänderte Aufgaben (nur zweitbester, drittbester, Median)

die diesbezügliche Bibel: Donald E. Knuth: *Art of Computer Programming* Vol. 3: Sorting and Searching

`http://www-cs-faculty.stanford.edu/~knuth/taocp.html`

Id: merge.tex,v 1.2 2006-10-30 16:03:17 waldmann Exp

Seminare

Wiederholung zur Vorlesung (Defn. Informatik, Algorithmus)

Einfache Sortiernetze: 4 Eingänge mit 6, mit 5 Komparatoren.

Beweis, daß 4 Komparatoren nicht ausreichen. Dazu: Anzahl der Permutationen von n Elementen ausrechnen. Schubfachschluß wiederholen.

Später: Sortiernetze für 5 (6,7,8,9) Eingänge als autotool-Aufgabe.

Bubblesort als Netz, induktive Definition. $\longrightarrow$ als Programm. Geschachtelte Schleifen. Ausführung simulieren.

Id: seminar.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Berechenbarkeit, Komplexität (28. 10. 04)

Literatur: Horn/Kerner Kap. 8.3 (Komplexität), Kap. 8.2 (Berechenbarkeit)

Id: seminar.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Komplexität von Algorithmen

Wie gut ist ein Algorithmus?

- Ressourcen-Verbrauch (Rechenzeit/Speicherplatz/...)?
- Für *eine* spezielle Eingabe? — Besser: Mengen von ähnlichen (= gleich großen) Eingaben betrachten.
- Ressourcen für besten, mittleren, schlechtesten Fall.
- Betrachten der Verbrauchsfunktion:

  bildet Eingabegröße ab auf (minimale, durchschnittliche, maximale) Kosten aller Rechnungen für alle Eingaben dieser Größe

Id: komplex.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

- Maschinen-unabhängige Aussagen durch Betrachtung des (asymptotischen) *Wachstums*, d. h. ignoriere:
  - Unregelmäßigkeiten für kleine Eingaben
  - konstante Faktoren (für alle Eingaben)

Beispiele: alle linearen Funktionen wachsen ähnlich, alle quadratischen Funktionen wachsen ähnlich, etc.

Id: komplex.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Komplexität – Beispiel

Sortieren durch *lineares* Einfügen (bzw. entsprechendes Netzwerk) benötigt für n Elemente

$$0 + 1 + 2 + \ldots + (n-1) = (n-1)n/2$$

Vergleiche.

Egal, auf welchem Rechner wir das ausführen, die Laufzeit wird *immer* eine quadratische Funktion der Eingabegröße sein.

D. h. Eingabegröße verdoppeln $\longrightarrow$ vierfache Laufzeit, verdreifachen $\longrightarrow$ neunfache, usw.

Schnelleren Prozessor zu kaufen lohnt sich kaum, man gewinnt damit nur einen konstanten Faktor. Viel wirksamer sind bessere Algorithmen!

Id: komplex.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Komplexität von Problemen

Wie schwer ist ein (algorithmisches) Problem?

Wieviel Ressourcen braucht *jeder* Algorithmus, der das Problem löst?

Satz: Für *jedes* Sortierververfahren für n Elemente gibt es eine Eingabe, für die das Verfahren $\geq \log_2(n!)$ Vergleiche ausführt.

Beweis: es gibt $n!$ Permutationen, unter denen genau eine zu finden ist. Durch Elementvergleiche können wir in jedem Schritt die Anzahl der Möglichkeiten bestenfalls halbieren.

Damit brauchen wir $\geq \log_2(n!)$ Vergleiche.

Aufgabe: Werteverlauf dieser Funktion ausrechnen und mit bekannten Sortierverfahren/-Netzen vergleichen.

Id: schrank.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Abschätzung des Wachstums: $\log_2(n!) \approx n \log n$

Folgerung: Sortieren hat eine Komplexität von wenigstens $n \log n$. (D. h. mehr als linear, aber weniger als quadratisch.)

Folgerung: Sortieren durch binäres Einfügen ist optimal (durch lineares Einfügen nicht).

Id: schrank.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Suchprobleme

Viele Aufgaben lassen sich als Such-Probleme formulieren.

Beispiel 1 (COL): gegeben sind ein Netzplan (ein Graph, bestehend aus Knoten und Kanten) sowie eine Zahl c von Farben. gesucht ist eine Färbung der Knoten, so daß keine Kante zwischen gleichfarbigen Knoten verläuft.

Id: expo.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

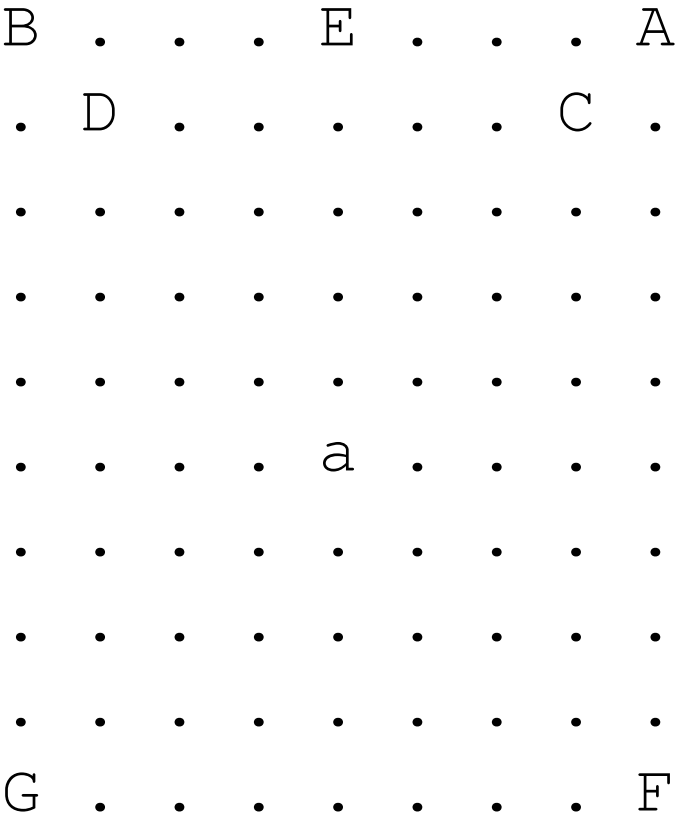
Suchprobleme: Lunar Lockout

Beispiel 2 (`http://www.thinkfun.com/buy/games/lunarLockout.html`):

Die Großbuchstaben bezeichnen die Roboter. Die Aufgabe ist, A auf die (anfangs leere) Position a zu bewegen.

Roboter fahren geradlinig, ohne Bremse, bis zu Hindernis ($=$ anderer Roboter).

Rand ist *kein* Hindernis



Ähnliches Spiel: Ricochet Robot (Rasende Roboter) von Alex Randolph, `http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/keirat/txt/R/Rasenrob.html`

Id: expo.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Suchprobleme (2)

Bei COL ist der Suchraum beschränkt: es gibt nur $|\text{Farben}|^{|\text{Knoten}|}$ verschiedene Färbungen.

Für jede Färbung kann man *schnell* (polynomiell) prüfen, ob sie Konflikte enthält.

. . . es gibt aber *exponentiell viele* Färbungen.

COL gehört zur Komplexitätsklasse NP.

Bedeutung des Namens:

- N: es ist ein Suchproblem
- P: der Suchbaum ist nur polynomiell tief . . .

. . . aber exponentiell breit.

Aufgabe: wie komplex ist 2COL (2 Farben)?

Id: expo.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Suchprobleme

Bei *Lunar Lockout* ist eine *Folge* von Zügen gesucht.

Nach jeder Folge entsteht eine bestimmte Konfiguration.

Für ein Spielfeld mit f Feldern (z. B. $f = 9 \cdot 10 = 90$) und r Robotern (z. B. $r = 7$) gibt es $\leq (f+1)^r$ Konfigurationen.

In *kürzesten Lösungen* gibt es keine Wiederholungen von Konfigurationen.

Falls eine Konfiguration *überhaupt* lösbar ist, dann hat sie auch eine Lösung mit $\leq (f+1)^r$ Zügen.

Id: expo.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

In jeder Konfiguration gibt es $\leq 4 \cdot r$ Züge.
Der Suchraum ist ein Baum der Tiefe $\leq (f+1)^r$.
Jeder Knoten hat $\leq 4 \cdot r$ direkte Nachfolger.
Der Baum hat insgesamt $\leq (4 \cdot r)^{(f+1)^r}$ Knoten.
Das ist eine (große, aber) endliche Zahl.
$\Rightarrow$ Das Problem

- Eingabe: eine Lunar-Lockout-Konfiguration

- Frage: gibt es eine Zugfolge, die A nach a bewegt?

ist *entscheidbar*.
(D. h.: es gibt einen Algorithmus, der für jede Eingabe in endlicher Zeit die richtige Antwort ausgibt.)

Id: expo.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Suchprobleme (3)

Beispiel 3 (PCP, Postsches Korrespondenz-Problem, Emil Post):

Gegeben ist eine Liste von Wort-Paaren. Gesucht ist eine Folge (von Kopien dieser Paare), bei der die Verkettung alle linken Seiten das gleiche Wort ergibt wie die Verkettung aller rechten Seiten.

Beispiele: $\begin{array}{|c|c|c|}\hline bba & a & b \\ \hline b & b & ab \\ \hline \end{array}$ $\begin{array}{|c|c|c|}\hline aab & a & b \\ \hline a & b & aab \\ \hline \end{array}$

Das linke hat kürzeste Lösung $[1, 1, 3, 2, 3, 3, 2, 3]$.

Aufgabe: finde Lösung für das rechte (es gibt eine).

Id: expo.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Jetzt ist der Suchraum (alle Folgen) gar nicht beschränkt (die Folgen können beliebig lang sein).

Tatsächlich ist PCP *nicht entscheidbar*!

(Es gibt *keinen* Algorithmus, der für *jede* Liste von Paaren in endlicher Zeit korrekt entscheidet, ob es eine Lösungsfolge gibt.)

Algorithmisch unlösbare Probleme (1)

Behauptung: es gibt algorithmisch unlösbare Probleme.

Das sind wohldefinierte Aufgabenstellungen mit wohldefinierter Lösung, welche aber *nicht* durch Algorithmus gefunden werden kann.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Alg. unlösb. Probleme (2)

Hilfsmittel: Aufzählung (Numerierung) aller Programme
(. . . , die aus *einer* Eingabe *eine* Ausgabe berechnen.)
Da Algorithmen (Programme) beschreibungs-endlich sind, können wir sie auch durchnumerieren:
Z. B. Java-Quelltexte erst der Länge nach und innerhalb der Länge alphabetisch. Die syntax- und typ-fehlerbehafteten Texte streichen wir, übrig bleibt eine Anordnung

$$P_0, P_1, \ldots$$

aller tatsächlich kompilier- und ausführbaren Programm-Texte.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Algorithmisch unlösbare Probleme (3)

Es gibt Rechnungen, die *halten*, und Rechnungen, die *nicht halten* (z. B. „Endlos-Schleifen“).

Das *Halteproblem* ist:

- Eingabe: ein Zahl x und eine Zahl y
- Frage: hält das Programm P_x bei Eingabe y?

Wir beweisen, daß das *nicht entscheidbar* ist: es gibt keinen Algorithmus, der diese Frage für alle Eingaben (x, y) korrekt beantwortet.

Diskussion: wir könnten einfach die Rechnug von P_x auf y starten. Aber . . . wann können wir sie abbrechen?

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Algorithmisch unlösbare Probleme (4)

Indirekter Beweis: Falls das Halteproblem doch algorithmisch lösbar ist:

Dann definieren wir das Programm

$$H : x \mapsto \begin{cases} \textbf{falls} & P_x(x) \text{ (Rechnung des Programms mit Nummer } x \text{ für Eingabe } x) \textbf{ hält}, \\ \textbf{dann} & \text{irgendeine nicht haltende Rechnung (Schleife)}, \\ \textbf{sonst} & \text{ein haltende Rechung (return 0)}. \end{cases}$$

Das Programm H hat auch eine Nummer, diese sei n.

Also $H = P_n$.

Hält $H(n)$?

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Wegen der Fallunterscheidung gilt

$H(n)$ hält $\iff$ $H(n) = 0$ $\iff$ $P_n(n)$ hält nicht $\iff$ $H(n)$ hält nicht!

Das ist ein Widerspruch, d. h. (wenigstens) eine Annahme war falsch:

Die Funktion H ist völlig korrekt definiert, aber *es gibt keinen Algorithmus, der H berechnet*.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Alg. unl. Probleme (5)

der gegebene Beweis beruht auf Ideen von

- Georg Cantor (Diagonalisierung, es gibt überabzählbare Mengen)
- Kurt Gödel (Unvollständigkeitssätze, Grenzen der Formalen Logik)
- Alan Turing (allgemeines Maschinenmodell, Grenzen von Algorithmen)

Die Aussage gilt für *jede* Programmiersprache
(. . . , in der man die Funktion $x \mapsto P_x(x)$ programmieren kann)

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

PCPs und Programme

Betrachte $\begin{array}{|c|c|c|c|}\hline abbb & ccc & ddd & d \\ \hline a & b & c & dd \\ \hline\end{array}$

$\Rightarrow$ mit PCPs kann man „rechnen“.

$\Rightarrow$ man kann jedes Programm in PCPs übersetzen.

Eigenschaften von PCPs (z. B. Lösbarkeit) sind (wenigstens) genauso schwer wie Eigenschaften von Programmen (z. B. Halteproblem).

Halteproblem algorithmisch unlösbar

$\Rightarrow$ PCP algorithmisch unlösbar.

Indiz: sehr kleine und trotzdem schwere PCP-Instanzen (d. h. mit sehr langer Lösung).

`http://www.theory.informatik.uni-kassel.de/~stamer/pcp/`

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Grundlagen der (Java-)Programmierung

Modellierung

Zur Lösung von *realen* Aufgaben muß zunächst ein *(mathematisches) Modell* festgelegt werden.

Die reale Aufgabe kann damit übersetzt werden in eine Frage innerhalb des Modells.

Deren Antwort bestimmt man durch einen Algorithmus.

Wenn die Modellierung *angemessen* war, kann man aus der Antwort innerhalb des Modells Rückschlüsse auf die Realität ziehen.

vgl. Horn/Kerner/Forbrig 1.3 (Computer als Werkzeug)

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Begriffe

- *Problem*: Instanz und Frage (Aufgabe)
- *Algorithmus*: Handlungsvorschrift zur Lösung von Problemen
- *Programm*: Notation eines Algorithmus in einer Programmiersprache

  (mit dem Ziel der Ausführung auf einer Maschine)
- *Prozeß*: die Ausführung eines konkreten Programms mit konkreten Eingaben auf einer konkreten Maschine
- (*Betriebssystem*: verwaltet Prozesse)

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Bespiel-Programm (in Java)

```
int start = 27;
System.out.println ("start: " + start);
while (x > 1) {
  if (0 == x % 2) {
    x = x / 2;
  } else {
    x = 3 * x + 1;
  }
  System.out.println (x + " ");
}
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Beispiel-Programm (II)

voriger Programmtext benötigt Ausführungsumgebung

```
class Collatz {
  public static void main (String [] args) {
    int start = 27;
    while (...) { ... }
  }
}
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Java-Programme ausführen

zu Java allgemein vgl. Horn, Kerner, Forbrig, Kaiptel 5.4, zu Einzelheiten siehe Dokumentation auf

`http://java.sun.com`

- Programmtext `Collatz.java` wird übersetzt (kompiliert) in `Collatz.class` (sog. Class-File)
- das kompilierte Programm kann ausgeführt werden:
  - als Applikation (d. h. alleinstehend)
  - als Applet (d. h. in einem Web-Browser)

Der Zwischenschritt über Class-Files dient der Effizienz (weniger Platz, schneller ausführbar)
und (eingeschränkt) der Geheimhaltung
(Quelltext ist nicht direkt sichtbar)

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Definition von Programmiersprachen

vgl. Horn, Kerner, Forbrig, Kapitel 5.1

- (Lexik und) Syntax:

  was sind die erlaubten Wörter (= Folgen von Zeichen),
  was die erlaubten Sätze (= Folgen von Wörtern)?

- Semantik:

  was ist die Bedeutung der erlaubten Sätze?

  (von-Neumann-Modell: welche Änderung des Speicher/Welt-Zustandes bewirken sie?)

- Pragmatik:

  wie benutzt man die Sprache, um Algorithmen *zweckmäßig* auszudrücken?

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Syntax: Anweisungen (statements)

- einfache Anweisungen:
  - Zuweisung: `Name = Ausdruck ;`
  - Unterprogramm-Aufruf: `Name ( Ausdruck, ...) ;`
- zusammengesetzte Anweisungen:
  - Block: Folge von Anweisungen, in `{ }`,
  - Verzweigung: `if ( Bedingung ) Block`
    oder `if ( Bedingung ) Block else Block`
  - Schleife: `while ( Bedingung ) Block`

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Syntax: Ausdrücke (expression)

einfacher Ausdruck

- Konstante
- Variable

zusammengesetzter A.

- geklammerter Ausdruck
- Ausdruck Operator Ausdruck

Jeder Ausdruck hat die Struktur eines *Baumes*
(die Wurzel ist oben!)

Jeder Teil-Ausdruck (Teilbaum) hat:

- einen *Typ*
- und einen *Wert*.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Seminar Java/BlueJ

- BlueJ starten, siehe auch `http://www.bluej.org/`

  BlueJ → project → new project → Name *Foo* → new class → name *Collatz* (großer Anfangsbuchstabe!) → right-click: open editor

- Programmschablone löschen, Collatz-Programm eingeben:

```
class Collatz {
  static void compute (int x) { .. }  // Te
  public static void main (String [] argv)
    compute (27);
  }
}
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

editor: compile

- Unterprogramm `compute` aufrufen

  project: right-click *compute* $\longrightarrow$ Argument eingeben

- Hauptprogramm aufrufen

- Programm ergänzen (Schrittzahl, Maximum) und autotool-Aufgaben Collatz-Quiz, Collatz-Inverse-Quiz bearbeiten

  Hinweis: falls Programm „hängt“ dann: project $\longrightarrow$ view $\longrightarrow$ show debugger $\longrightarrow$ terminate

- Java-Sprach-Definition betrachten, siehe
  `http://java.sun.com/`
  `http://java.sun.com/docs/books/jls/third_edition/html/j3TOC.html`

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Seminar: Eclipse

IDE (integrated development environment):
editieren, kompilieren, (schrittweise) ausführen

- selbst installieren: JDK-1.6
  `http://download.java.net/jdk6/binaries/`,
  Eclipse-3.2 `http://www.eclipse.org/downloads/`
- MM-Pool: Java-Werkzeuge $\longrightarrow$ Eclipse
- Workspace, New Project $\longrightarrow$ Klasse $\longrightarrow$ `main` erzeugen
- Run as $\longrightarrow$ Java Project

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Pragmatik

Quelltexte sinnvoll gestalten: *immer an den Leser denken*

einheitliche optische Gestaltung benutzen,

Code soll *selbsterklärend* sein

- Layout-Regeln (nächste Folie)
- sinnvolle Namen benutzen
- „schwierige“ Programmteile kommentieren

  . . . : besser noch: vereinfachen!
- eine Programmeinheit nicht länger als eine Bildschirmseite

  $\longrightarrow$ modularisieren, (re-)faktorisieren

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Layout: Indentation

Einrückungen (indentation) sollen Struktur ausdrücken:

- *nach* öffnender Klammer tiefer einrücken
- *vor* schließender Klammer wieder ausrücken
- *sonst* Tiefe beibehalten
- nur eine Anweisung pro Zeile

ergibt solche Bilder:

```
foo bar {
   ...
   ...
}
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Semantik von Anweisungen

- Zuweisung: `Name = Ausdruck;`
  Wert des Ausdrucks berechnen und an Namen zuweisen (d. h. auf die durch Namen bezeichnete Speicherstelle schreiben)
- Block: `{Anw1 ; Anw2; .. }`
  Anweisungen der Reihe nach ausführen
- Verzweigung:
  `if ( Bedingung ) Block1 [ else Block2 ]`
  Wert der Bedingung (= ein Ausdruck vom Typ Wahrheitswert) berechnen, falls sich „wahr“ ergibt, dann Block1 ausführen, sonst Block2 ausführen (falls vorhanden)

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

- Schleife: `while ( Bedingung ) Block`
  is äquivalent zu

```
A : if ( not Bedingung ) { goto E; }
    Block
    goto A;
E:
```

D. h. *vor jeder* Ausführung des Blocks wird die Bedingung ausgewertet.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Zählschleifen

Beispiel:

```
for (int i = 0; i < 10; i++) {
  System.out.println (i);
}
```

Syntax:

```
for ( Deklaration ; Bedingung ; Anweisung )
  Block
```

Semantik:

```
Deklaration;
while ( Bedingung ) {
  Block;
  Anweisung;
}
```

Semantik (Werte) von Ausdrücken

- Konstante: bezeichnet „sich selbst“
- Name (Variable): bezeichnet eine Speicherstelle, der Wert des Namens ist der Inhalt dieser Speicherstelle
- Ausdruck1 Operator Ausdruck2: Wert w_1 von Ausdruck1 berechnen, Wert w_2 von Ausdruck2 berechnen, dann Operator auf w_1 und w_2 anwenden, das Resultat ist der Wert des Ausdrucks

das ist (wie alles andere heute auch) eine *induktive (rekursive)* Definition.
(wo sind Induktionsanfang, Induktionsschritt? was ist der Induktionsparameter?)

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Typen

reale Objekte haben wesentliche Unterschiede und Gemeinsamkeiten,

das gleiche soll für ihre Darstellung (*Daten*) innerhalb des Modells (. . . Algorithmus, Programms) gelten: man benutzt *Typen*:

einfache Typen:

- ganze Zahlen
- gebrochene Zahlen
- Wahrheitswerte
- Zeichen

zusammengesetzte T.

- Zeichenketten
- Folgen von Zahlen, . . .
- binäre Bäume
- Graphen, . . .

im von-Neumann-Modell: jeder Speicherstelle (*Variable*) besitzt *Namen* und *Typ*.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Operatoren in Ausdrücken

- vom Typ Zahl $\times$ Zahl $\longrightarrow$ Zahl:

  `+`, `-`, `*`, `/` (Division), `%` (Rest).

- vom Typ Zahl $\times$ Zahl $\longrightarrow$ Wahrheitswert:

  `<` (kleiner), `<=` (kleiner oder gleich), `==` (gleich),
  `!=` (ungleich), `>=` (größer oder gleich), `>` (größer).

  Vorsicht: `a == b` ist Ausdruck, `a = b` ist Zuweisung.

- vom Typ Wahrheitswert $\longrightarrow$ Wahrheitswert: `!` (Negation)

  vom Typ
  Wahrheitswert $\times$ Wahrheitswert $\longrightarrow$ Wahrheitswert:

  `&&` (Konjunktion, und), `||` (Alternative, oder)

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Der Plus-Operator

Warum funktionier das eigentlich :

```
System.out.println ("Schritte: " + count);
```

- `x + y` bedeutet *Addition*, wenn beide Argumente Zahlen sind;
- `x + y` bedeutet *Hintereinanderschreiben*, wenn beide Argumente Strings sind;
- wenn einer der beiden vom Typ String ist, wird aus dem anderen ein passender String erzeugt

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Deklarationen

Block: Folge von *Deklarationen* und Anweisungen

Deklaration [mit Initialisierung]:

Typname Variablenname [= Ausdruck] ;

- jeder Name (jede Variable) muß *vor* der ersten Benutzung deklariert werden

- der Typ eines Namens kann sich nicht ändern

```
for (int i = 0; i < 10; i++) {
  int q = i * i;
  System.out.println (i + " " + q);
}
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Lokalität

jeder Name hat eine Lebensdauer und eine Sichtbarkeit:

- ein Name „lebt“ (d. h. der bezeichnete Speicherplatz existiert)

  von seiner Deklaration bis zum Ende des Blockes, in dem er deklariert wurde.

- ein Name ist in seinem Block ab der Deklaration sichtbar (d. h. kann benutzt werden)

  und allen evtl. darin enthaltenen Blöcken.

Lokalitätsprinzip (information hiding):
alle Deklarationen *so lokal wie möglich*

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Unterprogramme

zu große Programme (Bildschirmseite!) zerlegen in (weitgehend) unabhängige Einheiten: *Unterprogramme.*

Unterprogramm ist

- benannter Block

  (= Folge von Deklarationen und Anweisungen)

- mit Schnittstelle

  (Datentransport bei Beginn und Ende der Ausführung)

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Unterprogramme (Beispiele)

Schnittstelle festlegen:

```
// liefert true genau dann, wenn die
// Collatz-Folge von x die Länge len hat
static boolean collatz_test (int x, int len)
}
```

Unterprogramm benutzen:

```
static void solve (int len) {
  for (int start = 0; start < 1000; start++)
    if (collatz_test (start, len) {
        System.out.println (start);
    }
  }
}
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Unterprogramme (Implementierung)

```
// hat Collatz-Folge von x die Länge len?
static boolean collatz_test (int x, int len)
  int count = 0; // Deklaration mit Initiali
  while (x > 1) {
    if (0 == x % 2) {
      x = x / 2;
    } else {
      x = 3 * x + 1;
    }
    count++;
  }
  return len == count;
}
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Übung 22. 11.

- Unterprogramme `collatz_test, solve` aus Vorlesung ausprobieren.

  Testfälle für `collatz_test` entwerfen und ausführen.

- Unterprogramme `collatz_test, solve` sollen weiteres Argument `top` erhalten, mit dem das maximale Element der Folge getestet werden kann.

  Erst Schnittstelle und Testfälle entwerfen, dann implementieren und Tests ausführen.

  Dann autotool-Aufgabe CollatzIQ lösen.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Syntax u. Semantik von Unterprogrammen

```
static Typ Name ( Liste der formalen Parameter ) Bloc
mit   Typ => int, String, .. ;
      formaler Parameter=> Typ Name
```

es gibt zwei Arten von Unterprogrammen:

- *Funktion*

  liefert *Wert* vom angegebenen Typ

  Funktionsaufruf ist *Ausdruck*

- *Prozedur* liefert *keinen* Wert

  (ausgedrückt durch Ergebnis-„Typ“ `void`)

  (engl. *void* = wertlos, leer, ungültig)

  Prozedur-Aufruf ist *Anweisung*

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Semantik von `return`

ist besondere Anweisung in Unterprogrammen,

- in Prozeduren: `return;` beendet (sofort) Ausführung der Prozedur
- in Funktionen: `return a;` beendet (sofort) Ausführung der Funktion, Rückgabewert ist Wert von `a`

Beachte:

- `return` in Prozeduren kann entfallen

  (dann Rückkehr nach Block-Ende),

- `return a` in Funktionen ist vorgeschrieben.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Unterprogramme und Typen

- Für jedes Unterprogramm müssen die Typen der Argumente und des Resultats festgelegt werden.
- Bei jeder Verwendung eines Unterprogramms prüft der Compiler (!), ob die Typen der verwendeten Argumente und des Resultats mit der Deklaration übereinstimmen.
- Die Prüfung findet nur einmal statt: zur Compile-Zeit — ist also zur Laufzeit *nicht* mehr nötig.
- möglichst frühe und möglichst strenge Typ-Prüfung verhindert Laufzeitfehler und ermöglicht schnellere Programm-Ausführung.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Nutzen von Unterprogrammen/Schnittstellen

- in größeren Software-Projekten geschehen

  Schnittstelle, Test-Entwurf, Implementierung, Test

  zu verschiedenen Zeitpunkten, von verschiedenen Personen (Abteilungen, Firmen)

  $\Rightarrow$ Modularisierung, Wiederverwendung

- auch in kleinen Projekten:

  Verwendung von vorgefertigten Unterprogrammen (Bibliotheken)

  Kenntnis der Schnittstelle reicht für Benutzung.

Re-Faktorisierung

re-faktorisieren: „hinterher (anders) zerlegen“
bereits benutzte Software besser strukturieren, damit man sie besser warten und wiederverwenden kann.

Beispiel:
ein Unterprogramm, das einen Schritt der inneren Schleife der Collatz-Folge berechnet:

```
static int step (int x) { ... }
```

Beispiel-Werte: `step(5) = 16; step (8)=4;`
dann einen geeigneten Unterprogramm-Aufruf in `collatz_test` einsetzen.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Software-Tests

- Spezifikation $=$ Vertrag

  (zwischen Aufrufer und Unterprogramm)

- Vertragserfüllung kann man
  - beweisen
  - testen

- Tests *vor* der Implementierung schreiben,

  dann nur soweit implementieren, bis alle Tests funktionieren.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Arten von Tests

- Black box (ohne Kenntnis der Implementierung)
- White box (mit Kenntnis der Implementierung)
- Mischformen (Kenntnis der Unterprogramm-Verträge)

Werkzeugunterstützung (für Java): JUnit

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

JUnit-Tests

http://www.junit.org/index.htm

Eclipse → New → JUnit Test Case (Version 4)

```
import static org.junit.Assert.*;
public class Check {
    @Test
    public void testStep() {
        assertEquals (Coll.step(7), 22);
    }
}
```

Run as → JUnit Test Case

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Schrittweises Ausführen

(nachdem man durch Testen einen Fehler festgestellt hat)

- Rechts-Click im linken Balken im Eclipse-Editorfenster: Toggle Breakpoint

  (Ausführung wird vor dieser Zeile unterbrochen)

- Ausführen: Debug as . . . (Käfer-Symbol)

- Debug-Fenster:
  - Step into,
  - Step over,
  - Step return

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Aufgaben zu Unterprogrammen

Schnittstellenbeschreibungen in `/** .. */`, daraus kann HTML-Seite erzeugt werden (ansehen mit Implementierung/Schnittstelle im BlueJ-Editor)

- ```
  /**
  * Zeile von 'x' drucken, dann Zeilenschalt
  *
  * @param  n  Anzahl der 'x'
  */
  void zeile (int n) {
      for ( int i = 0 ; i < n ; i++ ) {
         System.out.print ("x");
      }
      System.out.println ();
  ```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp
  ```

```
}
```

zeile (15) liefert Ausgabe:

```
xxxxxxxxxxxxxxx
```

- ```
  /** drucke Rechteck
   * @param b Breite
   * @param h Hoehe
   */
  static void rechteck ( int b, int h ) { ...
  ```

rechteck (3,2) liefert Ausgabe:

```
xxx
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp
```

```
  xxx
```

- `dreieck (5) liefert Ausgabe:`

```
  x
  xx
  xxx
  xxxx
  xxxxx
```

- Quadrat der Seitenlaenge b
- Folge von Quadraten

```
  x
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

```
XX
XX


XXX
XXX
XXX
```

- Aufgabe: erzeuge Schachbrett-Rechtecke, z. B.

```
X  X  X  X  X  X
  X  X  X  X  X  X
X  X  X  X  X  X
  X  X  X  X  X  X
```

Übung Arrays/Sortieren

- ```
  class Sort {
    static void sort (int [] a) { }
  }
  ```

- ```
  import java.util.Arrays;
  public class SortTest {
    @Test
    public void testSort() {
      int [] a = { 3, 4, 2};
      int [] b = { 2, 3, 4};
      Sort.sort (a);
      assertTrue (Arrays.equals(a, b));
    }
  ```

```
}
```

- Unterprogramm deklarieren, Tests schreiben für:
  - Vergleichen von `a[i],a[j]` und Tauschen, falls nötig (hat drei Argumente: `a,i,j`)
  - lineares Einfügen `a[i]` in `a[0..i-1]`
  - Sortieren von `a [..]` durch lineares Einfügen

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Unterprogramme: Türme von Hanoi

- drei Türme A, B, C.
- anfangs auf A die Scheiben $[32, 31, \ldots, 2, 1]$, B leer, C leer.
- gesucht: eine Folge von Bewegungen *einzelner* Scheiben, so daß:
- niemals eine größere über einer kleineren liegt
- und schließlich alle auf B liegen.

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Türme von Hanoi: Entwurf

Spezifikation (Schnittstelle) einer Prozedur

```
static void hanoi
    (int s, String v, String n, String h)
```

soll Folge der Bewegungen drucken, die nötig sind, um Scheiben $[s, s-1, \ldots, 2, 1]$ von Turm `v` nach Turm `n` zu bewegen, unter (eventueller) Benutzung des Turms `h`.

Beispiele:

```
hanoi (1, "A", "B", "C")    => (1 von A nach
hanoi (2, "B", "C", "A")    =>
   (1 von B nach A)(2 von B nach C)(1 von A
hanoi (3, "A", "C", "B")    => ?
```

Beachte: zum Festlegen der Schnittstelle von `hanoi` war schon ein Teil der Problem-Analyse nötig

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Türme von Hanoi: Implementierung (I)

```
// Scheiben [ 1 .. s ]
// von  v  nach  n  über  h
static void hanoi
   (int s, String v, String n, String h)
```

- wenn `0 == s`, dann tun wir gar nichts
- wenn `0 < s`, dann

  Scheibe s muß wenigstens einmal bewegt werden (von v nach n).

  Wo liegen zu diesem Zeitpunkt die anderen Scheiben?

  Wie kommen sie dorthin? von dort weg?

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Hanoi: Implementierung (II)

```
static void move
    (int s, String v, String n) {
  System.out.println
    (s + " von " + v + " nach " + n);
}
// Testfall:  hanoi (4, "A", "B", "C");
static void hanoi
    (int s, String v, String n, String h)
{ if (0 < s) {
    hanoi (s - 1, v, h, n);
    move  (s, v, n);
    hanoi (s - 1, h, n, v);
} }
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Hanoi: Bewertung/Aufgabe

- die angegebene Lösung ist optimal

  (Grund: Scheibe s muß wenigstens einmal bewegt werden, und sie wird nur genau einmal bewegt.)

- wieviele Schritte (für $3, 4, 5, \ldots, s$ Scheiben) erfordert angegebene Lösung?

- Aufgabe (autotool): wie lautet die optimale Lösung für *vier* Türme und $6, 8, 10, \ldots$ Scheiben?

  (Es sollte ja schneller gehen als für drei.)

- gibt es einen einfachen *iterativen* Algorithmus (wie kann man die nächste Bewegung ausrechnen, ohne ihre Vorgeschichte zu kennen)?

Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Rekursion

Definition: ein Unterprogramm heißt *rekursiv*, wenn es sich selbst aufruft.

Beispiel: Verarbeitung von rekursiven Datenstrukturen

```
int size (Tree b) {
  if (b ist Blatt) { return 1; }
  else { return
    1 + size (links(b)) + size (rechts(b));
} }
```

Beispiel (John McCarthy): Berechne `f(7); f(77);` für

```
static int f (int x) {
  if (x > 100) {    return x - 10; }
  else { return f (f (x + 11));  }
}
```


Id: halte.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Seminar 29. 11.

Median, Hanoi

Objekt-Orientiertes Programmieren

Objekte, Methoden

Literatur: HKF Kapitel 5.4 (ab S. 291)

- Daten sind *passiv* (man kann sie nur lesen/schreiben).

  Operationen mit Daten durch Unterprogramme.
- Entwurfsziel: Daten und passende Operationen verbinden.
- Lösung: Aus Daten werden *Objekte*:

  Definition: ein Objekt besteht aus
  - Attributen (Daten)
  - Methoden (Unterprogrammen: Prozeduren/Funktionen)

Id: objekt.tex,v 1.2 2006-12-04 15:14:20 waldmann Exp

Klassen

Definition: Eine Klasse beschreibt gleichartige Objekte (gleiche Namen und Typen für Attribute und Methoden).

Klasse definieren:

```
public class Counter
{
  int ticks = 0;
  void reset ()
    { ticks = 0; }
  void step  ()
    { ticks ++ ; }
}
```

Objekt deklarieren, initialisieren, Methode aufrufen, Attribut lesen:

```
{ Counter c =
    new Counter ();
  c.step ();
  System.out.println
    (c.ticks);
}
```

- *Attribut:* Objektname . A.-Name
- *Methoden-Aufruf:* Objektname . M.-Name Argumentliste

Id: klasse.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Lebenslauf eines Objekts

- (Deklaration) `Counter c ...;`
- Konstruktion/Initialisierung `... = new Counter ();`
- Leben:

  Methoden aufrufen, Attribute lesen und schreiben

- Finalisierung (erfolgt automatisch)

Ein Objekt wird durch Aufruf eines *Konstruktors* hergestellt
Form: `new` Klassenname Argumentliste;
Dabei werden Attribute initialisiert (`int ticks = 0;`)

Id: leben.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Zeichenketten

vordefinierte Klasse `String`

```
String s = "foobar";
int  l = s.length (); // Wert: 6
char c = s.charAt (3); // Wert: 'b'
String t = s.substring (1, 3); // Wert: "oob
```


Id: string.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Strings (Aufgabe)

- implementieren Sie eine Funktion

  ```
  static boolean ist_palindrom (String s)
  ```

  so daß `palindrom ("reliefpfeiler") = true`.

  Benutzen Sie `s.length(), s.charAt(..), while`.

- Suchen Sie damit Zahlen n mit:

  n ist kein Palindrom, aber n^2 ist ein Palindrom.

  Beispiel: $798644^2 = 637832238736$.

- (Gibt es unendlich viele solche Zahlen?)

  (desgl. für dritte Potenz)

Id: string.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

- Hinweis: benutzen Sie nicht `int n`, sondern `long n`, sowie `Long.toString (n)`.

Id: string.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Statik und Dynamik

solange nichts anderes deklariert ist, gehören jedes Attribut und jede Methode zu einem Objekt:

- jedes Objekt hat eigenen Speicherplatz für Attribute
- Benutzung der Attribute und Aufruf der Methoden ist nur über Objektnamen möglich

Durch Deklaration `static`: Attribute/Methoden gehören zur *Klasse* (und nicht zu einem einzelnem Objekt).

Benutzung über Klassen- (nicht: Objekt-)Namen.

Bsp: `int x = Integer.parseInt ("123");`

In statischen Methoden sind nur statische Attribute und Methoden benutzbar (warum?)

Id: static.tex,v 1.2 2006-12-04 15:14:20 waldmann Exp

Überladen von Namen

Ein Methoden-Name kann *überladen* sein: er bezeichnet *verschiedene* Methoden.

Das ist gestattet, falls man die Methoden anhand der Argumentliste (Länge und Typen) unterscheiden kann.

```
public class C {
    void p () { ... }
    void p (int x) { ... }
}
```

Beachte: Überladung mit gleichen Argument-Typen und verschiedenen Ergebnis-Typen ist nicht erlaubt.

Aufgaben: kann man Prozedur durch Funktion überladen? Methode durch Attribut? Attribut durch Attribut?

Id: over.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Konstruktoren

Konstruktor $=$ Unterprogramm, das bei Aufruf ein Objekt der Klasse herstellt und alle seine Attribute initialisiert.

```
public Counter (int x) { ticks = x; }
...
Counter c = new Counter (3);
```

Konstruktor-Methode ist Funktion ohne Namen, Ergebnistyp ist die Klasse.

Klasse ohne sichtbaren Konstruktor besitzt den *default*-Konstruktor (mit leerer Argumentliste).

Id: over.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Sichtbarkeiten (I)

für Methoden und Attribute:

- public: überall
- (default:) nur im eigenen Package
- private: nur in der eigenen Klasse

Das Ziel ist *Datenabstraktion*: die Methoden der Klasse erfüllen die Spezifikation, aber wie sie das machen, bleibt Privatsache.

Id: over.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Sichtbarkeiten (II)

Prinzip:

- alle Attribute private
- bei Bedarf öffentliche get/set-Methoden (Eclipse, Source, Generate get/set)
- möglichst wenige set-Methoden
- stattdessen Argumente für Konstruktor (Eclipse, Source, Generate Constructor using Fields)

Id: over.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Information Hiding

Idee: verstecke die internen Daten eines Objektes.

Attribute nur innerhalb der Klasse lesbar (`private`),

Zugriff von außen nur durch Methoden (`set, get`).

```
public class Counter {
  private int ticks;
  void reset ()
    { ticks = 0; }
  void step  ()
    { ticks ++ ; }
  int  get  ()
    { return ticks; }
}
```

```
{ Counter c = new C
  c.reset ();
  c.step  ();
  System.out.printl
       (c.get ());
}
```

Vorteil: Klasse „bemerkt“ Änderung der Attribute, Methoden sorgen für Konsistenz.

Id: hide.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Analogie: Buchhalter, doppelte Buchführung

(Un)veränderliche Objekte

Zustand eines Objektes $=$ Werte seiner Attribute.

- Objekte mit Zustandsänderungen sind viel schwerer zu verstehen/benutzen als unveränderliche (*immutable*) Objekte.
- Attribute sollen so weit wie möglich als `final` (unveränderlich) deklariert werden.
- . . . werden dann im Konstruktor initialisiert.

Id: hide.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Weitere Aufgabe zu Palindromen

Hält das folgende Programm immer?

```
while ( x ist kein Palindrom ) {
    x =  x + Spiegelzahl von x;
}
```

Beispiel: 199, 1190, 2101, 3113.

Überprüfen Sie alle Start-Zahlen ≤ 1000.

Id: hide.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Vererbung, Interfaces

Warnung

- DON'T: Implementierungs-Vererbung (`extends`)
- DO: Schnittstellen-Implementierung (`implements`)

`extends` wird hier nur erklärt, weil wir leider durch einige Bibliotheken (z. B. für Applets) gezwungen werden, das zu benutzen.

Id: hide.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:17 waldmann Exp

Beziehungen zwischen Klassen

D *ist abgeleitet von* C
(oder: D *erweitert* C):
D besitzt

- alle Attribute und Methoden von C
- und weitere, eigene.

```
class C {
  int a;
  void m () { ... }
}
class D extends C {
  int b;
  void p () { ... }
}
```

Beispiele:

- Basis: Zähler mit step, abgeleitet: . . . und reset
- Basis: Grafik-Element, abgeleitet: . . . mit Farbe

Id: erb.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Kompatibilität

überall, wo Objekte einer Basisklasse C erwartet werden, dürfen auch Objekte davon abgeleiteter Klassen D benutzt werden:

```
class C { .. } ; class D extends C { .. }
```

- bei Deklarationen, Zuweisungen:

```
C x = new D ();
```

- bei Unterprogramm-Aufrufen:

```
static void p (C x) { .. }
D y = new D (); p (y);
```


Id: erb.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Überschreiben von Methoden

Abgeleitete Klassen können Methoden der Basisklasse neu implementieren (*überschreiben*).

```
class C {
  int a;
  void m () { ... }
}
```

```
class D extends C {
  void m () { ... }
}
```

Es wird immer die *speziellste* Methode benutzt:

```
C x; x.m ();   D y; y.m ();
```


Id: over.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Überschreiben $\neq$ Überladen

- *Überschreiben*: Methoden
  - in *verschiedenen* Klassen,
  - mit *übereinstimmender* Schnittstelle
- *Überladen*: Methoden
  - in *einer* Klasse,
  - mit *unterschiedlicher* Schnittstelle

```
class C { int  f (int x) { .. }
          int  f (String x) { .. }
          void g (boolean y) { .. }
}
class D extends C { int f (int x) { .. }
          void g (boolean y, String z) { .. }
}
```


Id: over.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Objektorientierung (Überblick)

OO $=$
- Objekte mit Attributen und Methoden,
- Beziehungen: Vererben und Überschreiben.

- Simula 68 (Ole-Johan Dahl, Kristen Nygard)
  (Prozess-Simulation) Coroutinen, Klassen, Objekte
- Smalltalk `http://www.smalltalk.org`,
  (Adele Goldberg, Alan Kay, Xerox Parc, ab 1972)
  (Grafische Nutzeroberflächen)
- C with Classes, C++ (Bjarne Stroustrup, ab 1980)
- Java (James Gosling, 1995) `http://java.sun.com/features/1998/05/birthday.html`
  (Grafik, Kommunikation, für mobile Endgeräte)

Id: oo.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Objektorientierte Analyse/Modellierung

nicht nur Programme, sondern (technische) Systeme beschreiben:

- Komponenten (Objekte),
- Eigenschaften (Attribute, Methoden)
- Gemeinsamkeiten von Objekten (Klassen)
- Gemeinsamkeiten der Klassen-Benutzung (Interfaces)
- (Gemeinsamkeiten von Klassen-Implementierungen (Vererbung))

dafür gibt es standardisierte Verfahren, Werkzeuge und Sprachen (UML).

Id: oo.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Vererbung: Vor/Nachteile

- Vorteil: Nachnutzung von Programmen

  (gleicher Code für verschiedene Typen: *Polymorphie*)

- Nachteil: abgeleitete Klasse sieht alle Details der Basisklasse

verletzt das Prinzip des *information hiding*: so wenig wie nötig interne Klassen-Informationen nach außen geben, damit nachträglich Implementierung verbessert oder ausgetauscht werden kann.
Für größere Projekte: Modularisierung und Information Hiding durch andere Techniken erzwingen (OO kann das gar nicht alles leisten)

Id: vornach.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Abstrakte Methoden und Klassen

Attribute verstecken → wichtig sind Methoden.

```
abstract class C {
  void p () { .. }; // Deklaration und Implementierun
  abstract void m (); // nur Deklaration
}
class D extends C {
  void m () { .. } // Implementierung
}
```

abstrakte Methode ist in Basisklasse deklariert, (aber nicht implementiert), muß in abgeleiteten Klassen implementiert werden.

Basisklasse muß als *abstract* deklariert werden, wenn wenigstens eine Methode abstrakt ist.

Abstrakte Klasse kann nicht instantiiert werden (≈ besitzt

Id: abs.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

keinen Konstruktor).

Schnittstellen (Interfaces)

Schnitstelle ist Sammlung von Methodendeklarationen (ohne Implementierungen), beschreibt Gemeinsamkeit mehrerer Klassen

```
interface C { void m (); }
```

Klassen können Schnittstellen *implementieren*:

```
class D implements C { void m () { .. } }
class E implements C { void m () { .. } }
```

Eine Klasse kann mehrere Schnittstellen implementieren:

```
class D implements C1, C2 {
  void m1 () { .. } ; void m2 () { .. }
}
```


Id: schnitt.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Applet-Programmierung

Applets

Applet: in Webseite eingebettetes Programm (Literatur: HKF ab S. 299)

Ausführung: im Web-Browser (zum Testen: im Applet-Viewer).

```
import java.applet.*; import java.awt.*;
public class Counter extends Applet {
  Label lab; Button inc;
  public void init () {
    lab = new Label ("0");
    inc = new Button ("inc");
    add (lab); add (inc);
  }
}
```


Id: applet.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Applets in Webseiten einbetten

erzeuge Datei `Counter.html`:

```
<html>
<head> <title>Counter Applet</title> </head>
<body> <h1>Counter Applet</h1>
   <applet code="Counter.class"
           width=500 height=500 >
   </applet>
</body> </html>
```

Browser ruft Methoden: init (einmal), start/stop (oft), destroy (einmal)

Datei `Counter.class` enthält Bytecode, entsteht durch Kompilieren von `Counter.java`

Quelltext ist zur Applet-Ausführung nicht nötig.

Id: web.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Ereignis-Behandlung in Applets (I)

```
public class Click {
   Label out = new Label ("");
   Button inc = nwe Button ("inc");
   Counter c = new Counter();
   ...
   public void init () {
      add (inc); add (out);
      ...
   }
}
```


Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Ereignis-Behandlung in Applets (II)

```
public class Click { ...
  ...
  class Inc_Listen implements ActionListener
   public void actionPerformed (ActionEvent a
     c.step(); out.setText (c.get());
   }
  }
  public void init () { ...
   inc.addActionListener (new Inc_Listen ());
  }
}
```

Ereignis-Behandlung in Applets (III)

empfohlene Schreibweise mit anonymer Klasse:

```
public class Click { ...
 public void init () { ...
  inc.addActionListener
    (new ActionListener () {
      public void actionPerformed
        (ActionEvent a) {
          c.step(); out.setText (c.get());
      } }
    )
} }
```

Aufgaben: füge Knöpfe für *decrement* und *reset* hinzu.

Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Applet und andere Klassen

```
java.lang.Object
  extended by java.awt.Component
    extended by java.awt.Button
    extended by java.awt.Container
      extended by java.awt.Panel
        extended by java.applet.Applet
```

vgl. `http://java.sun.com/j2se/1.4.2/docs/api/java/applet/Applet.html`

typische Methoden:

- Applet: init, (start, stop, destroy)
- Container: add, (setLayout)
- Button: addActionListener, (setBackground)

Layout-Manager

- die darzustellenden Elemente (Component) werden der Zeichenfläche (Panel, Container) durch `add` hinzugefügt.
- jeder Container besitzt einen Layout-Manager, der die Anordnung der Elemente bestimmt.
- der Default-Manager ist `FlowLayout()`, es gibt andere, zum Beispiel:

```
public void init () {
    setLayout (new GridLayout (3,7));
    ...
```


Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Layoutmanager-Aufgabe

http://dfa.imn.htwk-leipzig.de/~waldmann/edu/ws07/informatik/folien/programme/layout.html

Zusammenfassung Applet-Grundlagen

- Applet ist in Webseite eingebettetes Programm, das vom Browser des Betrachters ausgeführt wird.

- Applet enthält Zeichenfläche (`Panel extends Container`), zu dieser werden darzustellende Elemente (`Component`) hinzugefügt (`add`)

- Herstellen der Zeichenfläche geschieht in einer Methode `public void init ()`

Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Zusammenfassung Ereignis-Behandlung

Bei Betätigung eines Eingabe-Elements `e` sollen Anweisungen `A1; A2; ...` ausgeführt werden:

- eine Klasse `C` schreiben, die das Interface `ActionListener` implementiert:

  besitzt eine Methode

  ```
  public void
  actionPerformed (ActionEvent e) { A1; A2; .
  ```

- dem Eingabe-Element `e` eine Instanz der Klasse `C` zuordnen:

  ```
  e.addActionListener (new C ());
  ```


Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Softwaretechnik/Refactoring

Quelltexte hier: `http://141.57.11.163/cgi-bin/cvsweb/informatik07/src/kw51/?cvsroot=pub`

Kann auch direkt in Eclipse importiert werden (New, Project, From CVS)

- connection type: pserver
- user: anonymous
- host: dfa.imn.htwk-leipzig.de
- repository path: /var/lib/cvs/pub
- module: informatik07

Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Applikationen

= Programme (Anwendungen), die direkt auf dem eigenen Rechner ausgeführt werden

müssen Hauptprogramm (Methode `main` von *genau* diesem Typ) besitzen:

Kompilieren, dann Start von Kommandozeile:

```
javac Foo.java # Name der Quelltext-Datei
java  Foo      # Name der Klasse
```


Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Grafische Applikationen

Hauptprogramm macht Fenster-Objekt(e) sichtbar:

dabei `Frame extends Window extends Container`

vgl. `Applet extends Panel extends Container`

d. h. Objekte mit `add` darstellen

Fenster schließen

Das „Schließen“-Ereignis behandeln:

```
static class Closer extends WindowAdapter {
  public void windowClosing (WindowEvent e)
    e.getWindow().dispose();
    System.exit (0);
  }
}
public static void main (String [] argv) {
  Frame f = new Frame ("Foobar");
  f.addWindowListener (new Closer ());
  ...
}
```

Anonyme Klassen

(Wiederholung) zur Behandlung eines Ereignisses:

```
class AL implements ActionListener {
    public void actionPerformed (ActionEvent
        ...
    }
}
c.addActionListener (new AL ());
```

kürzere Schreibweise mit *anonymer Klasse*:

```
c.addActionListener ( new ActionListener ()
    public void actionPerformed (ActionEvent
        ...
    }
} ) ;
```


Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Ausnahmen

Ausnahmen (Exceptions)

Ausführung einer Anweisung kann fehlschlagen (Exception auslösen), Exception kann behandelt werden:

```
TextField input = new TextField (10); ...
String c = input.getText();
try {
    int i = Integer.parseInt(c);
    result.setText(Integer.toString(i * i));
} catch (Exception ex) {
    result.setText(ex.toString());
} finally {
    doLayout();
```


Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

```
}
```

Weiterreichen von Exceptions

Wenn in einem Unterprogramm eine Exception auftreten kann,
aber dort *nicht* behandelt wird,
dann muß das deklariert werden:

```
void foo () throws IOException {
    ...
}
```

Die Exception wird dann an das aufrufende Programm weitergegeben.

Id: event.tex,v 1.2 2006-12-11 15:46:45 waldmann Exp

Layout-Manager

GUIs und Layout-Manager

Erklärungen und Beispiele: `http://java.sun.com/developer/onlineTraining/GUI/AWTLayoutMgr/`

Ein *GUI* (graphical user interface) enthält mehrere *Komponenten* (z. B. Labels, Buttons), die in einem *Container* (z. B. Panel) angeordnet werden:

```
public class Thing extends Applet {
  public void init () {
    Button b = new Button ("bar"); add (b);
    Button f = new Button ("foo"); add (f);
  }
}
```


Id: layout.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Explizite Positionierung (pfui)

```
setLayout (null);
Button b = new Button ("bar");
b.setBounds (200,300,50,30);
add (b);
Button f = new Button ("foo");
f.setBounds (100,200,100,40);
add (f);
```

- keine Anpassung an variable Rahmengrößen
- keine Anpassung an variable Elementgrößen
- viel zu viele Zahlen

Id: layout.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

PS: Zahlen in Programmtexten

im Programmtext sollten höchstens die Zahlen `0` und `1` einzeln vorkommen,

alle anderen sind als benannte Konstanten deklarieren

nicht:

```
Punkt [] [] feld = new Punkt [11] [9]; ..
for (int i=0; i<9; i++) { ... }
```

sondern:

```
final int breit = 11;
final int hoch  =  9;
Punkt [] [] feld = new Punkt [breit] [hoc
for (int zeile=0; zeile<hoch; zeile++) {
```

Programmtext wird besser lesbar, weniger fehleranfällig, besser konfigurierbar.

Implizite Positionierung durch Manager (gut)

jedem `Container` ist ein `LayoutManager` zugeordnet:

fließende Anordnung (FlowLayout):

```
setLayout (new FlowLayout ()); // ist Defaul
for (int k = 0; k < 100; k++) {
    add (new Button
          ( "B" + Integer.toString (k) ));
}
```

Beachte Wirkung von Window-Resize!

Gitter-Anordnung (GridLayout)

```
setLayout (new GridLayout (10,0));
```


Id: layout.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Manager: BorderLayout

Rahmen-Anordnung:

```
setLayout (new BorderLayout ());

add (new Button ("Top"), BorderLayout.NORTH)
add (new Button ("Foo"), BorderLayout.WEST);
add (new Button ("Bar"), BorderLayout.EAST);
add (new Button ("Bot"), BorderLayout.SOUTH)
add (new Button ("Mid"), BorderLayout.CENTER
```

Hier kann aber jeweils nur ein Element stehen — schade.

Id: layout.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Container als Elemente von Containern

```
setLayout (new BorderLayout ());

add (new Button ("Top"), BorderLayout.NORTH);
add (new Button ("Foo"), BorderLayout.WEST);

Panel p = new Panel ();
p.setLayout (new GridLayout (10,0));
for (int k = 0; k < 97; k++) {
  p.add (new Button( "B" + k ));
}
add (p, BorderLayout.CENTER);
```

beachte: das ist möglich wegen

```
class Container extends Component
```


Id: layout.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

(Bevorzugte) Abmessungen

Der Typ `Dimension` beschreibt Rechtecke.

(die meisten) Komponenten haben *fließende* Abmessungen (d. h. können in verschiedenen Größen dargestellt werden).

Jede Komponente hat Methoden

```
public Dimension getPreferredSize ();
public Dimension getMinimumSize ();
public Dimension getMaximumSize ();
```

Ein Layout-Manager *kann* diese `Size`s seiner Komponenten berücksichtigen,

. . . und muß selbst die `Size`s seines Containers ausrechnen.

Id: sizes.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Management von Abmessungen

- FlowLayout:
  - stellt jede Komponente in preferredSize dar
  - preferred size des Containers: alles in einer Zeile
  - falls Container starr, dann Zeilenumbrüche

- GridLayout:
  - Umbrüche nach festgelegter Zeilen- *oder* Spalten-Zahl `GridLayout(z,0)` oder `GridLayout(0,s)`
  - stellt alle Komponenten gleichgroß dar
  - bestimmt dazu Maximum aller preferred sizes
  - verkleinert/vergrößert alles so, daß es paßt
  - preferredSize: nicht verkleinern

Id: sizes.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

BorderLayout und preferred sizes

- Nord und Süd: Höhe ist preferred Höhe der Komponente,
- West und Ost: Breite ist preferred Breite,
- Mitte: was übrigbleibt

Tip: oft hilft BorderLayout mit nur zwei oder drei Komponenten.

Aufgabe: wann ist FlowLayout innerhalb anderer Container sinnvoll? (selten!)

Id: sizes.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:19 waldmann Exp

Layout (Zusammenfassung)

- Durch geeignete Schachtelung von Containern (Panels)
- und jeweils geeignete Manager
- lassen sich *alle* vernünftigen Layout-Aufgaben lösen,
- *ohne* auch nur eine einzige explizite Koordinate anzugeben.

Für GUI-Entwurf: benutze Skizze (Zeichnung):

- gegenseitige Lage der Komponenten (Rechtecke)
- Verhalten bei Resize (Pfeile)

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Übung/Aufgaben zum Layout

http://www.imn.htwk-leipzig.de/~waldmann/edu/ws06/informatik/manage/

Arbeit in Zweiergruppen (maximal), Kontrolle im Seminar am Freitag, dem 19. 1.

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Datenstrukturen

Felder (Arrays)

sind Realisierung von Vektoren (und Matrizen)

Feld ist Behälter für mehrere Werte,

Zugriff (Lesen/Schreiben) erfolgt über Index.

Notation mit eckigen Klammern:

```
int [] a = { 3, 1, 4, 1, 5, 9 };
int sum = 0;
for ( int i = 0; i < a.length; i++ ) {
    sum = sum + a[i];
}
```


Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Felder: Deklarationen

Deklaration mit Initialisierung des Feldes . . .

- . . . ohne Initialisierung der Inhalte:

```
String [] msg = new String [3];
```

- . . . mit Initialisierung der Inhalte

  (Länge muß nicht angegeben werden)

```
String [] msg = { "foo", "bar", "oof" };
```

ein Feld kann seine Länge nicht ändern.

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Anwendung: Sortieren

```
static void bubblesort (int [] a) {
 for (int i=a.length-1; i>=0; i--) {
  for (int j=0; j<i; j++) {
   if (a[j] > a[j+1]) {
    int h = a[j]; a[j] = a[j+1]; a[j+1] = h;
   }
  }
 }
}
```

Übung: ein Feld mit zufälligen Zahlen füllen, dann sortieren, dabei vor jedem Test Feld-Inhalt ausgeben, Vertauschungen protokollieren

Mehrdimensionale Felder

als Feld von (Feld von . . .) Elementen

```
int size = 9;
Cell [][] brett = new Cell [size] [size];


public void init () {
  this.setLayout(new GridLayout(size,0));
  for (int row=0; row < size; row++) {
    for (int col=0; col < size; col++) {
      brett[row][col] = new Cell ();
      this.add ( brett[row][col].visual() );
    }
  }
}
```


Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Listen

`List<E>` repräsentiert Folge von Elementen $[y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}]$ des gleichen Typs `E`

- Einfügen: `void add (int i, E o)`:
  aus Liste $[y_0, y_1, \ldots, y_{i-1}, y_i, \ldots, y_{n-1}]$ wird Liste $[y_0, y_1, \ldots, y_{i-1}, o, y_i, \ldots, y_{n-1}]$.
- Lesen: `E get (int i)`:
  Liste ist (und bleibt) $[y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}]$, Resultat ist y_i.
- Entfernen: `E remove (int i)`:
  aus Liste $[y_0, y_1, \ldots, y_{i-1}, y_i, y_{i+1}, \ldots, y_{n-1}]$ wird Liste $[y_0, y_1, \ldots, y_{i-1}, y_{i+1}, \ldots, y_{n-1}]$, Resultat ist y_i
- testen: `size`, `isEmpty` (Deklarationen?)

Beachte: bei add und remove ändern sich die Indizes der

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Elemente auf bzw. nach i.

Kellerspeicher (Stacks)

`Stack<E>` ist eine Folge von Elementen $[y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}]$, Zugriffe (Lesen, Schreiben) passieren *nur* am linken Ende!

- `Stack<E> ()` Konstruktor, erzeugt leeren Keller $[]$
- einkellern: `void push (E o)`: aus Keller $[y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}]$ wird Keller $[o, y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}]$
- ansehen: `E peek ()`: Keller ist (und bleibt) $[y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}]$, Resultat ist y_0.
- auskellern: `E pop ()`: aus Keller $[y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}]$, wird Keller $[y_1, \ldots, y_{n-1}]$, Resultat ist y_0.
- testen: `boolean empty ()`: ist Keller leer (gleich $[]$)?

Implementiere peek() durch die anderen Methoden.

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Wie kann man einen Keller kopieren (nur unter Benutzung der angegebenen Methoden)?

Warteschlangen (Queues)

Eine Schlange `Queue<E>` ist eine Folge $[y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}]$, Schreiben nur rechts gestattet, und Lesen nur links.

- schreiben `void add (E o)`:
  aus $[y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}]$ wird $[y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}, o]$
- lesen: `E remove ()`: aus $[y_0, y_1, y_2, \ldots, y_{n-1}]$ wird $[y_1, \ldots, y_{n-1}]$, Resultat ist y_0.
- testen: `boolean isEmpty ()`: ist Schlange leer, d. h. gleich []?

```
class LinkedList<E> implements Queue<E>
```


Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Implementierungen von Listen

`List<E>` ist ein *abstrakter Datentyp*

(Java: ein `interface` und keine `class`)

`List<E>` ist ein *parametrisierter* Typ

es gibt verschiedene Implementierungen, die wichtigsten:

- `LinkedList<E>` (doppelte verkettete Liste)

  Zugriff langsam, Einfügen schnell

- `ArrayList<E>` (zusammenhängender Speicherbereich)

  Zugriff schnell, Einfügen teuer

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Abstrakter Datentyp *Menge*

Schnittstelle

```
interface Set<E>  {
    boolean isEmpty ();
    void add (E o);
    void remove (E o);
    boolean contains (E o);
}
```

mit Eigenschaften: z. B.

```
(1) nach s.add (o)  gilt  s.isEmpty() == fal
(2) wenn  s.add (o),
        dann danach  s.contains(o) == true
```


Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Konkrete Datentypen für Mengen

Vorüberlegungen:

- ungeordnete Liste (verkettet, zusammenhängend)?
- geordnete Liste (verkettet, zusammenhängend)?

Lösungen:

- Suchbaum (benötigt Ordnungsrelation)
- Hashtabelle (benötigt Hashfunktion)

```
class TreeSet<E> implements Set<E> { ... };
class HashSet<E> implements Set<E> { ... };
```


Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Bäume

Hierarchisch angeordnete Sammlung von *Knoten*
Jeder Knoten hat

- einen Schlüssel (Wert, Inhalt) (ein Objekt)
- evtl. mehrere Kinder (das sind Knoten)

Beispiele: Verwaltungen, HTML-Dokumente, biologische Taxonomien, Menüs bei AV-Geräten,
Bezeichnungen:

- *Wurzel*: der Knoten, der kein Kind ist
- *Blatt*: Knoten ohne Kinder
- *innerer* Knoten: kein Blatt.

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Eigenschaften von Bäumen

Beziehung zwischen Anzahl der Knoten und Kanten?

Jeder Baum ist

- minimal zusammenhängend

  (durch Löschen einer beliebigen Kante zerfällt der Graph)

- maximal kreisfrei

  (durch Einfügen einer beliebigen weiteren Kante entsteht ein Kreis)

in jedem Baum gibt es zwischen je zwei Knoten genau einen Pfad.

Pfadlänge $=$ Anzahl der Kanten (Verbindungen)

Höhe eines Baumes: maximale Pfadlänge.

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Binäre Bäume

- jeder innere Knoten hat *genau zwei* Kinder (links, rechts)
- Blätter enthalten *keine* Schlüssel

mögliche Implementierung:

```
class Bin<E> {
  E key; Bin<E> left; Bin<E> right;
}
```

(Blätter sind `null`-Objekte)

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Binärbäume: Höhe

Die *Höhe* eines Baumes ist die größe Kantenzahl eines Pfades von Wurzel zu Blatt.

Baum heißt *vollständig*: alle diese Pfade sind gleichlang.

Wieviele Knoten hat ein vollständiger binärer Baum der Höhe h?

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Baum-Durchquerungen

Beispiel: Ausgabe von Operator-Ausdrücken:

```
void print (Knoten t) {
  if t ist Blatt { print (t.key); }
  else { print ( t.left );
         print ( t.key );
         print ( t.right );
       }                    }
```

Beispiel: Auswertung von Operator-Ausdrücken:

```
int wert (Knoten t) {
  if t ist Blatt { return t.eintrag; }
  else { int l = wert ( t.links );
         int r = wert ( t.rechts );
         return (l `t.key' r);
```


Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

}

}

Pre-, In-, Post-Order

- pre-order: Wurzel, linker Teilbaum, rechter Teilbaum
- in-order: linker Teilbaum, Wurzel, rechter Teilbaum
- post-order: linker Teilbaum, rechter Teilbaum, Wurzel

Ordne zu: Operator-Ausdruck drucken, Türme von Hanoi, Operator-Ausdruck auswerten, Erlaß einer Regierung bekanntgeben/umsetzen

(autotool) Rekonstruiere den binären Baum aus:
pre-order [5, 1, 7, 0, 9, 8, 2, 4, 3],
in-order [7, 1, 0, 5, 2, 8, 4, 9, 3]

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Durchquerung ohne Rekursion

In welcher Reihenfolge werden hier die Knoten besucht?

```
void besuch (Knoten<E> t) {
  Stack<Knoten<E>> s = new Stack<Knoten<E>>
  s.push (t);
  while (! s.empty ()) {
    Knoten<E> x = s.pop ();
    print ( x.key );
    if x ist kein Blatt {
      s.push (x.right);
      s.push (x.left);
 } } }
```


Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Mit der Schlange durch den Baum

In welcher Reihenfolge werden hier die Knoten besucht?

```
void besuch (Knoten<E> t) {
  Queue<Knoten<E>> s =
      new LinkedList<Knoten<E>> ();
  s.add (t);
  while (! s.empty ()) {
    Knoten<E> x = s.remove ();
    print ( x.key );
    if x ist kein Blatt {
      s.add (x.links);
      s.add (x.rechts);
 } } }
```

heißt *level-order* (auch Rekonstruktions-Aufgabe)

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Suchbäume

Ein Suchbaum ist ein binärer Baum, bei dem *für jeden inneren Knoten* gilt:

- jeder Schlüssel im Teilbaum `t.links` ist kleiner als `t.key`
- und `t.key` ist kleiner als jeder Schlüssel im Teilbaum `t.rechts`

D. h. inorder-Reihenfolge ist eine monoton steigende Liste.
Suchbäume benutzt man, um Schlüssel schnell wiederzufinden.

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Suchen

gesuchten Schlüssel mit Schlüssel der Wurzel vergleichen, nach links oder rechts absteigen und weitersuchen.

```
search (Knoten t, Key k) {
  if ( t.key == k ) { return t; }
  else {
    if t ist kein Blatt {
      if ( k < t.key ) {
        return search (t.left, k);
      } else {
        return search (t.right, k);
      } } } }
```


Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Laufzeiten für Suchbäume

- Laufzeit für Suchen ist proportional zur Höhe des Baumes ($=$ längster Weg von Wurzel zu Blatt).
- wenn der Baum gut *balanciert* ist, dann enthält er bei Höhe h ungefähr $n = 2^h$ Knoten
- Laufzeit ist $\sim h \sim \log_2 n$
- Beispiel: wenn Suchen in 1000 Knoten 1 Sekunden dauert, dann für 1000000 Knoten 2 Sekunden, 1000000000 Knoten 3 Sekunden usw.

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Einfügen

```
insert (Knoten t, Key k) {
  if t ist kein Blatt {
    if ( k < t.key ) {
      insert (t.left, k);
    } else {
      insert (t.right, k);
    }
  } else {
    if ( k < t.key ) {
      t.left = new Blatt (k);
    } else {
      t.right = new Blatt (k);
    }
```

```
}   }
```

weitere Operationen, Diskussion

Löschen:

- Blatt löschen ist einfach.
- Wie löscht man einen inneren Knoten (Übung)?
- beachte für Einfügen und Löschen: es entstehen auch innere Knoten ohne linkes bzw. ohne rechtes Kind.

Balance:

- bei dieser Art des Einfügens/Löschens können stark unbalancierte Bäume entstehen
- reale Algorithmen enthalten deswegen Arbeitsschritte, die den Baum *rebalancieren*

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Abstrakte Datentypen, Beispiel *Abbildung*

Schnittstelle (ohne Implementierung), beschreibt Operationen und zugesicherte Eigenschaften

```
interface Map<K,V>  {
    void put (K key, V value);
    V get (K key);
}
```

Eigenschaften: z. B.

```
nach m.put (k, v)  gilt  m.get(k) == v
```


Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Konkrete Datentypen

konkreter Datentyp (Klasse) beschreibt Implementierung:

```
class TreeMap<K,V> implements Map<K,V> { ...
class HashMap<K,V> implements Map<K,V> { ...
```

Abstrakte und konkrete Datentypen im Java Collections Framework:

`http://java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/guide/collections/index.html`

wesentliche Bestandteile:

- Mengen
- Abbildungen

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Implementierungen von Abbildungen

- ungeordnete Liste/Array
- (alphabetisch) geordnete Liste/Array
- über Hashcode indiziertes Array
- unbalancierter Suchbaum
- balancierter Suchbaum (z. B. 2-3)

Aufgabe: diskutiere die Laufzeiten für die o. g. Operationen.
Beispiel: ungeordnete Liste:

- `put` ist nur eine Operation, also konstant
- aber `get` muß alle Einträge betrachten, also linear

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Hash-Tabellen

bieten andere Implementierung von Abbildungen (oft die schnellste)

```
class HashMap<K,V> implements Map<K,V> { ...
```

benutze schnelle Hashfunktion $h : K \to \{0 \ldots m-1\}$

```
class Object { int hashCode () { .. } }
```

Idee: Deklariere Array $t[0 \ldots m-1]$, speichere x in $t[h(x)]$.
Parameter (Tabellengröße, Hashfunktion) geeignet wählen, dann "praktisch konstante" Laufzeit für alle Operationen.

Hash-Kollision: $x \neq y$ und $h(x) = h(y)$.
x ist schon in $t[h(x)]$, wo soll y hin?

benötigt Methode `boolean equals(Object o)`

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Kollisionen behandeln:

- außerhalb der Tabelle: $t[i] =$ *Liste aller* x mit $h(x) = i$.
  Nachteil: Extraplatz für Listenzeiger

- innerhalb der Tabelle:
  - speichere y in $t[h(y) + 1]$ oder$t[h(y) + 2]$ oder ...
    Nachteil: Tabelle „verklebt“
    (belegte Blöcke erzeugen weitere Kollisionen)
  - doppeltes Hashing: benutze h_1, h_2 und benutze Indizes
    $h_1(y), h_1(y) + h_2(y), h_1(y) + 2h_2(y), \ldots$.
    Vorteil: kein Verkleben (Schrittweiten sind verschieden!)

Übung: diskutiere Löschen aus einer Hashtabelle

Id: design.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp

Re-Hashing

- Tabelle zu klein $\rightarrow$ zu voll $\rightarrow$ viele Kollisionen $\rightarrow$ langsam.

- Tabelle zu groß: Platz verschenkt.

Lösung: falls Tabelle gewissen Füllstand erreicht, dann zu neuer, größerer Tabelle wechseln ($=$ re-Hashing).
am einfachsten: Tabellengröße ist immer Potenz von 2;
dann: vergrößern $=$ verdoppeln.
Beim re-Hashing müssen alle Einträge betrachtet werden, das findet aber nur selten statt, so daß die amortisierte Laufzeit trotzdem konstant ist

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Software-Technik

Ergonomische Software

Ziel: angenehm für Benutzer *und* Programmierer

erfordert fachmännisches Vorgehen auf verschiedenen Ebenen:

- Gesamt-Projekt
- Implementierung im Großen
- Programmieren im Kleinen

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Software-Projekt-Manangement

Arbeitsschritte (klassische: nacheinander)

- Analyse
- Spezifikation
- Entwurf
- Implementierung
- Test
- Betrieb

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Software-Projekt-Manangement (II)

beachte auch (in jedem Schritt):

- Qualitätssicherung
- Kontakt zum Kunden

„modern“: extreme programming, rapid prototyping, refactoring

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Richtlinien zur Algorithmenkonstruktion

(vgl. Horn/Kerner/Forbrig S. 213 f.)

- Hierarchische Struktur:
  - Algorithmus ist ein Baum,
  - jeder Teilbaum löst ein Teilproblem,
  - in jedem inneren Knoten steht die Spezifikation,
  - seine Kinder sind die Teilschritte der Lösung.
  - Die Blätter sind elementare Operationen.

- Top-Down-Entwicklung, schrittweise Verfeinerung

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Richtlinien (II)

- Blockstruktur:
  - jeder Teilbereich hat genau einen Ein- und einen Ausgang
  - und erfüllt einen Vertrag (wenn Vorbedingung zutrifft, dann ist nach Ausführung die Nachbedingung wahr)
- Lokalität der Daten: Programmbereiche, die bestimmte Daten benutzen, sollten
  - wenig überlappen
  - den Kontrollbereichen entsprechen

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Modulare Programmierung

Modul

- funkionell abgeschlossener Teil eines Softwareprojektes,
- der separat entwickelt wird.

modulares Programmieren erlaubt

- Anwenden der Richtlinien (top-down usw.)
- getrenntes, zeitgleiches Entwickeln
- Einsparungen durch Nachnutzen von eigenen und fremden Modulen

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Modul-Schnittstellen

Modul besteht aus

- Schnittstelle und
- Implementierung

Die Nutzer eines Modules (= aufrufende Programme) kennen nur die Schnittstelle. (Lokalität der Daten, Datenabstraktion)

Damit kann Implementierung leicht ausgetauscht werden ($\rightarrow$ flexibel, portabel)

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Re-Factoring

auch während und nach der Entwicklung immer weiter modularisieren:

- Können weitere Module genutzt werden?
- Kann Funkionalität in neue Module ausgelagert werden?

nach rapid prototyping „mit der Axt reingehen“, vornehme Bezeichnung: *re-factoring*.
ist geboten bei

- überlangen Modul-Quelltexten (d. h. $>$ 1 Bildschirmseite !)
- Code-Verdopplungen (verschiedene Programmteile mit ähnlicher Funktion)

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Module in Java?

Hilfsmittel für modulares Programmieren:

- Klassen,
- Interfaces,
- Packages.

beachte: Objekt-Orientierung $\neq$ Modularisierung,
in Java wurde Objekt/Klassen-Konzept erweitert (Wdhlg: wodurch?), und es muß nun auch Modularisierung ausdrücken.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Klassen als Module

Klasse beschreibt Objekte (Attribute und Methoden). Dient damit zum Strukturieren und Zusammenfassen von Algorithmen.

Wie kann Implementierung versteckt werden?

Attribute und Methoden, die als `private` deklariert sind, können *nur innerhalb der Klasse* benutzt werden.

Damit bilden die *nicht-privaten* Attribute und Methoden die *Schnittstelle* der Klasse.

Regel: grundsätzlich *alle Attribute privat* deklarieren, damit jedes Lesen *und Schreiben* „von außen“ bemerkt wird und korrekt behandelt werden kann.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Interfaces

Ein Interface beschreibt Gemeinsamkeiten von Modul-Schnittstellen.
andere Sprechweise:

- Interface $=$ abstrakter Datentyp $=$ Spezifikation

- Klasse $=$ konkreter Datentyp $=$ Implementierung

Programmierer entscheidet zunächst, welcher abstrakter Datentyp benötigt wird,
und wählt dann einen dazu passenden konkreten Datentyp aus.
Beispiel: ADT Menge, konkret: Bitfolge, Liste, Suchbaum.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Packages

Ein Package ist eine Sammlung von Klassen (und Interfaces).

Beispiel: `java.applet` ist ein Package.

Man bezeichnet Methode m der Klasse C aus Package P durch `P.C.m`

Man kann `P.` weglassen, wenn vorher `import P.C` stand.

`import P.*` macht alle Klassen aus P sichtbar.

Die Schnittstelle eines Packages enthält:

alle als `public` deklarierten Klassen, Attribute und Methoden.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Packages in Archiven

Interesse an Modularisierung und Daten-Abstraktion nicht nur wegen der schönen Entwurfsprinzipien.
Programmtext der Implementierung einer Schnittstelle soll versteckt werden oder ganz entfallen, weil er

- zu groß ist
- noch verarbeitet (kompiliert) werden muß
- geheim bleiben soll

Zur korrekten Benutzung eines Modules ist es ausreichend und effizient, wenn die Implementierung kompiliert vorliegt.
Kompilierte Klassen eines Packages werden in Package-Archive (`P.jar`) komprimiert gespeichert.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

„Freie“ Software

Der „naive “ unternehmerische Ansatz ist, ein Softwareprojekt zu entwickeln und dann das kompilierte Produkt zu verkaufen oder zu vermieten.

Andererseits sind Programme Texte, also Gedanken, und diese sind bekanntlich frei.

Die Idee der Freien Software ist es, Software (Quelltexte) grundsätzlich zu veröffentlichen, weil so der größte Nutzen für die Allgemeinheit entsteht.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

„Freie“ Software

Warum sollte das ein Entwickler/eine Firma tun? Wovon soll er dann leben? Vom Verkauf von Dienstleistungen (Installation, Wartung, Schulung).

Damit leben die späteren Dienstleister auf Kosten der früheren Programmierer? Nein, sie schreiben selbst freie Software.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

„Freie“ Software (II)

Frei sein heißt für Software:

- Programmierer bleibt Autor und Urheber
- Quelltext ist frei verfügbar, jeder darf ihn nutzen (d. h. lesen, kompilieren, ausführen)
- und auch verändern und erweitern
- aber alle Änderungen *müssen frei bleiben*.

Siehe auch Free Software Foundation `http://fsf.org/`, GAOS e.V. Leipzig `http://goas.org/`.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

„Freie“ Software (II)

Bekannte und berühmte freie Software-Projekte sind

- Emacs (Editor)
- GCC (Compiler), ab 197?
- GNU (= GNU's Not Unix): Dienst- und Anwendungsprogramme für ein UNIX-ähnliches Betriebssystem, ab 198?
- Linux, ein Betriebssystem-Kern, ab ca. 1990

und vieles andere mehr: (TEX), KDE, Mozilla, gnugo, . . .
Free Software Directory:
`http://www.gnu.org/directory/`,

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Freie Software als Wirtschaftsfaktor

für den Anwender ist es natürlich billiger . . .

allerdings entstehen Dienstleistungskosten

freie Software-Entwicklung ist flexibler (anpassungsfähiger, schneller)

nutzt z. B. schnelle Hardware viel besser aus als veraltete Systeme

auch große Firmen wollen da mitspielen (und sich street credibility kaufen)

IBM unterstützt Linux, Sun gibt Java-Technologie frei

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Freie Spezifikationen

Zur Informatik-Anwendung gehören nicht nur Software, sondern auch Hardware und Protokolle.

Wenn deren Spezifikationen aber nicht frei sind, kann dafür niemand Software (Treiber) schreiben,

und so bleibt der Hersteller nach einer Weile auf seiner Hardware sitzen, weil sie nur (wenn überhaupt) mit anderen eigenen Produkten kompatibel ist.

Davon hängt also viel Geld ab! Die Erkenntnis, daß freie Spezifikationen (Standards) der Gesamtwirtschaft mehr nutzen (als sie Einzelnen schaden) hat sich im wesentlichen durchgesetzt.

Bsp: Internet, ISO 9660 (CD-ROM, DVD), IEEE 1394

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Wissenschaft, Freiheit, Sicherheit

Jede Wissenschaft lebt vom Publizieren von Ideen (und nicht vom Geheimhalten).

Nur dadurch können diese geprüft, implementiert und entwickelt werden.

Beispiel: Kryptographie, Systemsicherheit.

Sollte man „kritische“ Algorithmen lieber doch geheimhalten?

Ganz falsch!

Sicher sind nur Verfahren, deren Sicherheit wissenschaftlich bewiesen wurde. Gerade dazu müssen sie veröffentlich werden.

Zahlentheorie, Komplexitätstheorie usw.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Ales frei $=$ alles gut?

wie Prof. J. Winkler `http://psc.informatik.uni-jena.de/personen/perso.htm`, der bei Siemens die (natürlich unfreien) Compiler für CHILL und Ada gebaut hat, an dieser Stelle zu sagen pflegte:

There is no such thing as a free lunch.

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

RTFC

Der Bildungs- und Unterhaltungswert freier Quelltexte ist jedenfalls unbestritten.

Von UCB (Univ. Calif. Berkeley) wird berichtet, daß dort (in den goldenen 70er Jahren) überhaupt kein Programm installiert werden durfte, *ohne gleichzeitig* den kompletten Quelltext im gleichen Directory abzulegen.

In diesem Sinne . . . *RTFC = read the fXXXing code*!

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Zusammenfassung

- Informatik und Algorithmen
  - Geschichte der Informatik
  - Sortier-Algorithmen (durch lineares Einfügen, durch binäres Einfügen)
  - Komplexität von Algorithmen
- Grundlagen der Programmierung
  - Anweisungen/Kontrollstrukturen
  - Ausdrücke (Ausdrucksbäume)
  - Datentypen (einfache, zusammengesetzte)

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Zusammenfassung (II)

- Objektorientiertes Programmieren
  - Objekte, Klassen, Interfaces
  - Methoden, Attribute
  - Vererben, Überladen, Überschreiben
  - GUI: Layout-Management, Ereignis-Behandlung
- Datenstrukturen
  - Listen, Stacks, Queues
  - Bäume, Durchquerungen, Balance
- Softwaretechnik
  - Entwurfsregeln
  - Module, Schnittstellen
  - abstrakte und konkrete Datentypen

Id: rehash.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:16 waldmann Exp

Autotool – Highscore – Auswertung

- `64 : 38523 Tommy Seus`
  `30 : 38465 Stefan Knopp`
  `20 : 38517 David Sachert`

- Sortiernetz für 9 Eingänge geht mit 26 (statt 27) Komparatoren

- PCP-Challenge $[(aab, a), (a, b), (b, aab)]$ hat kürzeste Lösung der Länge 75

- Robots-Large ist noch offen ($\rightarrow$ nächstes Semester)

Id: tool.tex,v 1.1 2006-10-09 13:24:18 waldmann Exp