Martin Glinz Harald Gall

Software Engineering

Wintersemester 2005/06

Kapitel 6

Systematisches Programmieren:
Lesbare und änderbare Programme schreiben

Universität Zürich
Institut für Informatik

6.1 Das Problem

6.2 Namengebung

6.3 Datendefinitionen

6.4 Ablaufkonstrukte

6.5 Unterprogramme

6.6 Optimierung

6.7 Dokumentation

Das Problem

- Programme haben mehr Leser als Schreiber
  - ➪ Leichte Lesbarkeit ist wichtiger als leichte Schreibbarkeit
- Programme werden (meistens) nicht von den Leuten gepflegt und weiterentwickelt, die sie geschrieben haben
  - ➪ Programme müssen (durch Dritte!) lesbar und verstehbar sein
- Schlechte Qualität ist teuer
  - ➪ Sorgfältiges Programmieren ist billiger als hacken

➪ Systematisches Programmieren

Experiment: Verstehen eines Programms

Aufgabe: Lesen Sie das Programm auf dem ausgeteilten Blatt.

Sie haben dafür drei Minuten Zeit.

Nach Ablauf dieser Zeit schreiben Sie in Stichworten auf, was dieses Programm tut.

Gute Namen sind wesentlich für die Lesbarkeit

Was ist hier falsch?

- PS_YCRD = PS_XCRD + AD_BRK * AD_BCO;
- y = x + d *b;
- IF GAGA = BALA PERFORM GUGUS.
- void strc (char *s, char *t)
- double MaxSchrittweite, upperLimit, AVG_DLT;

Wahl guter Namen

Warum ist das besser?

- ```
  01        Neuer-Kunde.
     05     Name        PIC X(20).
     05     Vornamen    PIC X(32).
  ```
- `private static final double TOLERANZ = 0.30;`
- `if (temp.wert < (referenzwert * (1.0 - TOLERANZ))) {...`
  ```

Regeln für die Wahl von Namen

- Variablennamen bezeichnen ihren Inhalt: NextState, topWindow, brake_coefficient, ARTIKEL-NR
- Prozedur- bzw. Methodennamen bezeichnen ihre Aufgabe: PrintPage, CalculateDelay, Compare_with_limit
- Symbolische Konstanten bezeichnen ihren Wert: MaxOpenWindows, DEFAULT_SPEED
- Grundtypen bezeichnen einen Gegenstand oder einen Begriff und haben einfache Namen: File, Table, Speed
- Abgeleitete Typen und Komponententypen haben entsprechend zusammengesetzte Namen: SequentialFile, TableIndex, TableValue

Groß oder Klein? Zusammen oder getrennt?

- Unterschiedliche Konventionen möglich, zum Beispiel:
  - Jeder Namenbestandteil beginnt mit Großbuchstaben: DefaultInitValue
  - Typen beginnen immer groß, Variablen immer klein: File (Typ), logFile (Variable)
  - Namenbestandteile werden durch Trennzeichen getrennt:
    - KUNDEN-ADRESSE (nur in Cobol, sonst Subtraktion!)
    - default_init_value (Pascal- und C-Familie, Java)
- Sich an die Codierrichtlinien der Organisation, in der man arbeitet, halten
- Verwendete Konventionen konsequent durchhalten
- Keine Namen, die sich nur durch Groß-/Kleinschreibung unterscheiden
- Sprachen und Schreibstile nicht mischen

Länge von Namen

- Namen mit kleinem Gültigkeitsbereich können kurz sein
- Namen mit großem Gültigkeitsbereich müssen selbsterklärend sein
- Kurznamen (i, m, y, dx, Rs) demnach
  - nur für Schleifenindizes in kurzen Schleifen
  - oder in einfachen mathematischen Formeln in kurzen Prozeduren / Methoden
  - aber niemals für Prozedur-/Methodennamen oder für Typnamen
- Abkürzungen vermeiden: DistanceCounter ist besser als DST_CTR
- Alles mit Maß: CarControlMainBrakingSystemMaximumDistancePointerDefaultValue ist zu viel des Guten
- Faustregel: 8-20 Zeichen für Variablen, 15-30 Zeichen für Prozeduren/ Methoden

Gültigkeitsbereich von Namen

- Jeder Name hat in seinem Gültigkeitsbereich nur eine Bedeutung
  - Beispiel: Eine Prozedur berechnet eine Iterationsformel mit einer gegebenen Schrittweite Δx; als Resultate werden das Ergebnis und die Abweichung von einem Referenzwert zurückgegeben

    Es wäre falsch, eine Variable mit dem Namen Delta
    - während der Berechnung für die Schrittweite
    - danach bei der Ausgabe für die Abweichung

    zu verwenden
- Vorsicht bei der Überlagerung von Gültigkeitsbereichen: führt leicht zu Fehlern, wenn die Überlagerung beim Programmieren oder Lesen übersehen wird

Mini-Übung 6.1

Gegeben ist folgendes Programmfragment in C++:

```
const int maxBufferSize = 1024;
char zeichen = 'A';
...
// String im Puffer auf maximal 512 Byte kappen
for (int i=0; i<maxBufferSize; i++)  {
   const char zeichen = '\0';  //Nullbyte
   if (buffer[i] == zeichen) break;
}
if (i>=512) buffer[i] = zeichen;   //Abschneiden
...
```

- Nehmen Sie Stellung zu den gewählten Namen
- Funktioniert dieses Programmfragment so wie es soll?

Merkpunkte Namengebung

- Die Wahl der Namen ist wesentlich für das Verständnis eines Programms
- Namen nach einheitlichem Stil und einheitlichen Regeln wählen
- Kurznamen nur einfache Variablen mit kleinem Gültigkeitsbereich
- Namen von Prozeduren / Methoden und Typen selbsterklärend

Definition von Daten und Datenstrukturen

Wo stecken die Probleme in den folgenden Codefragmenten?

```
public double pi = 3.141593;
```

```
01    Strasse          PIC X(20).
01    Hausnummer       PIC 9(4) COMP.
```

```
public class Betriebsart {
    public static boolean online = false;

    // Fährt das System aus dem offline Mode hoch in den online Mode
    public static boolean Startup() {
        if ( CheckSensors() & InitializeDatabase() && OpenLog () )
            return (online = true); else return false;
    }    ...
}
```

Definition von Daten und Datenstrukturen – 2

Welches Problem haben wir hier?

```
* Diese Variablen werden nacheinander gebraucht; spart 20 Byte          *
      01   Lese-Zaehler          PIC 9(10).
      01   Hilfs-Feld            REDEFINES Lese-Zaehler  PIC X(10).
      01 Schreib-Zaehler         REDEFINES Lese-Zaehler  PIC 9(10).
```

Globale vs. lokale Variablen

- Lokale Variablen sind nur im definierenden Programm/Unterprogramm und allen darin eingeschachtelten Unterprogrammen sichtbar
- Sichtbar heißt lesbar und schreibbar(!)
- Globale Variablen sind überall sichtbar bzw. können durch Import sichtbar gemacht werden
- Globale Variablen
  - \+ einfachste Form der Kommunikation zwischen verschiedenen Programmteilen
  - – koppeln die Programmteile stark
    - führt zu unerwünschten Nebenwirkungen
    - verschlechtert die Verstehbarkeit und Änderbarkeit dramatisch

➪ Gültigkeits-/Sichtbarkeitsbereiche von Variablen möglichst klein halten

Datentypen: Äpfel nicht mit Birnen vergleichen

- Typinkonsistenz ist fast immer ein Fehler
  - Sprachen mit starker Typprüfung wirken fehlervermeidend:

```
String dateToString (Day dayValue, Month monthValue, Year yearValue) {...};
...
orderItem.date = dateToString (orderM, orderD, orderY);
```

- Geeignete Datentypen dokumentieren ein Programm, zum Beispiel
  - Aufzählungstypen in Java:

```
enum Mode {off, on, alarm};
Mode monitorMode;
...
if (monitorMode == on) ...
```

vs.

```
int monitorMode;
...
if (monitorMode == 1) ...
```

  - Satztypen in Cobol:

```
01      Neuer-Kunde.
    05      Name        PIC X(20).
    05      Vornamen    PIC X(32).
```

Konstanten

- The maintainer's nightmare: Literale in Programmen

Warum sind diese Konstruktionen schlecht?

```
PERFORM VARYING W-I FROM 1 BY 1 UNTIL W-I = 7
   COMPUTE W-SUMME = W-SUMME + W-WERT (W-I)
END-PERFORM.

if (i>=512) buffer[i] = zeichen;

String home = "http://www.ifi.unizh.ch/req";
...
if (done) SetPage(home);
```

Konstanten – 2

Warum sind diese Konstruktionen besser?

```
78      Wochentage     VALUE   7.                                  >* Cobol
```

```
const int bufferSize = 512;              // Size of input buffer        C++
```

```
public static final String HOME = "http://www.ifi.unizh.ch/req";      // Java
```

Hinweis: Konstanten, deren Voreinstellung änderbar sein soll, müssen als Daten abgelegt und eingelesen werden. In Java und C++ werden solche Werte durch Kapselung in Klassen gegen unbeabsichtigte Veränderung gesichert.

Merkpunkte Datendefinitionen

- Jede Variable mit passendem Namen und nur für einen Zweck
- Gültigkeitsbereiche so klein wie möglich
- Geeignete Datenstrukturen wählen
- Konsistenz und Verarbeitungssicherheit durch Verwendung von Typen und Typprüfung gewinnen
- Literale als symbolische Konstanten definieren

Ein schlecht lesbares Stück Code

```
...                                                    - 1 -
IF (Monat = 1) AND (Tag = 1) PERFORM Init10.
    PERFORM A-Umsatz.
N10.
    PERFORM A-Prognose.
    IF (Tag = 1) AND (Monat > 1) GO TO Init 20.
    IF Tag > 1 PERFORM M-Umsatz.
N20.
    PERFORM M-Prognose.
    GO TO 99.
Init10 SECTION.
     PERFORM Init-A-Umsatz.
Init20.
     PERFORM Init-M-Umsatz.
     IF Monat > 1 GO TO N20.
GO TO N10.
```

Weshalb ist dieser Code schlecht lesbar?

An welchen Tagen im Jahr wird A-Prognose ausgeführt?

```
                                                       - 2 -
********** Unterprogramme **********
  A-Umsatz SECTION.
  ...
************************************************

  99.
      STOP RUN.
```

6.4.1 GOTO und geschlossene Ablaufkonstrukte

- Problem: Der dynamische Ablauf des Programms ist aus der statischen Programmstruktur nur mit Mühe rekonstruierbar
- Bei gut strukturierten Programmen stimmen statische Struktur und dynamischer Ablauf weitgehend überein
- "Go To Statement Considered Harmful"

  "... we should do (as wise programmers aware of our limitations) our utmost to shorten the conceptual gap between the static program and the dynamic process, to make the correspondence between the program (spread out in text space) and the process (spread out in time) as trivial as possible." (Dijkstra 1968)
- GOTO bricht bei unbedachter Verwendung die Übereinstimmung zwischen statischer und dynamischer Struktur

➪ GOTO (und Anverwandte, z. B. **break** in C/C++ und Java) nur unter Erhaltung geschlossener Ablaufkonstrukte verwenden

Ein strukturiertes Programm

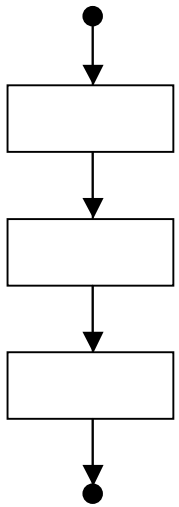
Das gleiche Programmfragment restrukturiert:

```
...                                                    - 1 -
Umsatz SECTION.
    IF Tag > 1            >* kein Monatsanfang
        PERFORM M-Umsatz
        PERFORM A-Umsatz
    ELSE                  >* Monatsanfang
        PERFORM Init-M-Umsatz
        IF Januar
            PERFORM Init-A-Umsatz
        ELSE
            PERFORM A-Umsatz
        END-IF
    END-IF.
```

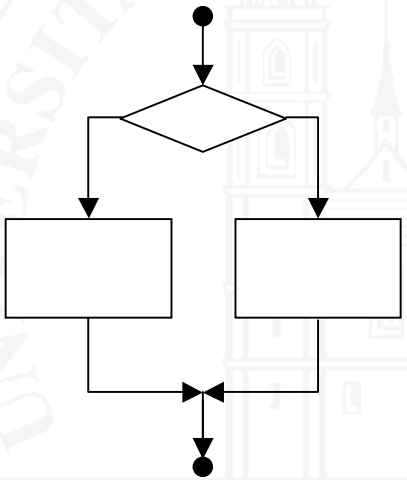
```
                                                       - 2 -
  Prognose SECTION.
      PERFORM A-Prognose.
      PERFORM M-Prognose.
      STOP RUN.
************** Unterprogramme ***************
  A-Umsatz SECTION.
  ...
      EXIT.
*************************************************
```

Geschlossene Ablaufkonstrukte

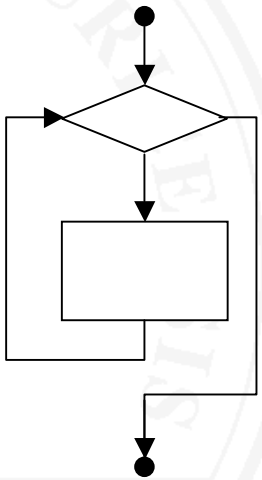
Ein geschlossenes Ablaufkonstrukt ist ein Element des Programmablaufs mit genau einem Eintritts- und einem Austrittspunkt



Sequenz



Alternative

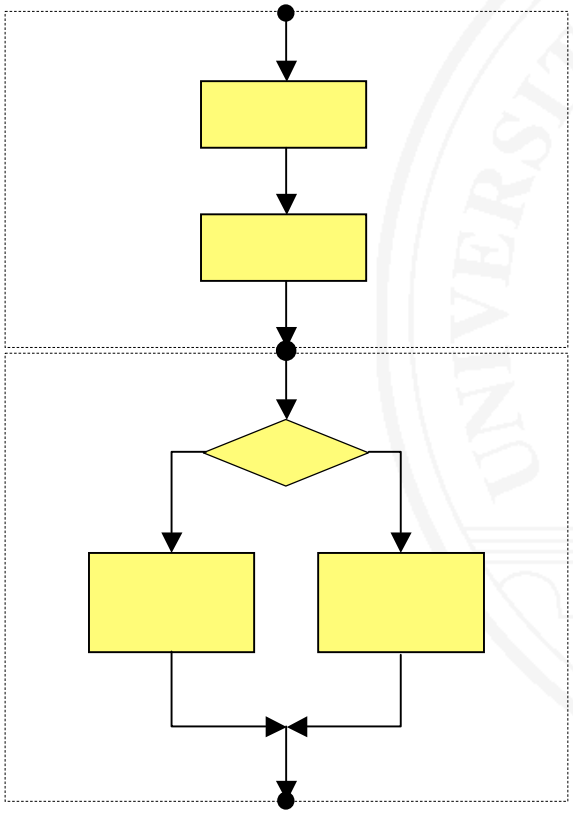


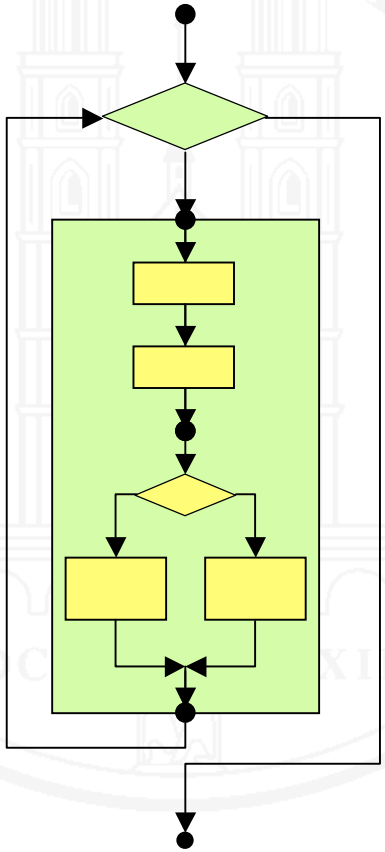
Iteration

Jedes sequentielle Programm ist aus den Grundelementen Sequenz, Alternative und Iteration konstruierbar (Böhm und Jacopini, 1966)

Geschlossene Ablaufkonstrukte – 2

Geschlossene Ablaufkonstrukte können beliebig aneinandergereiht und verschachtelt werden





GOTO-frei ≠ gut strukturiert

- GOTO-freies, schlecht strukturiertes Programm:

```
int ComputeAResult (int x, int y, int n)
{
   boolean a = false, b = false; int z = 0;
   for (int i = 1; !a & !b & i <= n; i++)
       {
       a = GetCondition (x, i);
       if (!a)          b = GetCondition (y, i);
       else if (!b)       z = 1;
       }
   if (a)       z = Compute (x);
   else if (b)    z = Compute (y);
   else         z = Compute (x*y);
   return z;
}
```

GOTO-frei ≠ gut strukturiert – 2

- Gut strukturiertes Programm mit GOTO:

```
int ComputeAResult (int x, int y, int n)
{
   for (int i = 1; i <= n; i++)
       {
       if (GetCondition (x, i))      return Compute (x);
       else if (GetCondition (y, i))   return Compute (y);
       }
   return Compute (x*y);
}
```

Hinweis: **return** ist ein GOTO zum Ende der Methode

- Entscheidend: GOTO darf die Blockstruktur nicht brechen

6.4.2 Fallunterscheidung

- Verschachtelte IF-Anweisungen sorgfältig aufbauen
- In Verschachtelungen
  - immer Blockklammern/END IF verwenden
  - IF ohne ELSE-Zweig vermeiden
  - ELSE IF ist besser als THEN IF
- Große Fallunterscheidungen mit **switch** (Java, C++) / **CASE** (Pascal, Modula-2) bzw. **EVALUATE** (Cobol) aufbauen

Beispiel: Textcharakteristika bestimmen (Java)

```
String TextCharacteristics (String text, int length, int firstPos, int lastPos)
//   PRE
//   text     Zeichenkette mit n Zeichen
//   length   Länge der Zeichenkette, d.h. n
//   firstPos     Index des ersten nicht leeren Zeichens in text
//   lastPos      Index des letzten nicht leeren Zeichens in text
//   firstPos und lastPos haben den Wert -1, falls die Zeichenkette leer ist (n=0) oder nur
//   aus Leerzeichen besteht

//    POST
//   Funktionswert ist ...
//   "empty"     wenn length = 0
//   "oneBlank"     wenn length = 1 und nur Leerzeichen
//   "twoBlanks"    wenn length = 2 und nur Leerzeichen
//   "noText"    wenn length > 2 und nur Leerzeichen
//   "leadingBlanksOnly"  wenn firstPos > 0 und lastPos = length-1
//   "trailingBlanksOnly"   wenn firstPos = 0 und lastPos < length-1
//   "leadingAndTrailingBlanks"   wenn firstPos > 0 und lastPos < length-1
//   "textOnly" wenn firstPos = 0 und lastPos = length-1
```

Schlechte Struktur

```
{
if (firstPos == -1)
    {
    if (length > 0)
        {
        if (length == 1) return "oneBlank";
        if (length == 2) return "twoBlanks";
        else    return "noText";
        }
    else return "empty";
    }
    else    if (firstPos > 0)
            {
            if (lastPos == length-1) return "leadingBlanksOnly";
            else return "leadingAndTrailingBlanks";
            }
            else if (lastPos < length-1) return "trailingBlanksOnly";
                    else return "textOnly";
}
```

Gute Struktur

```
{
if (length == 0)
    {return "empty";}
else    if (length == 1 & firstPos == -1)
            {return "oneBlank";}
        else    if (length == 2 & firstPos == -1)
                    {return "twoBlanks";}
                else    if (length > 2 & firstPos == -1)
                            {return "noText";}
                        else if (firstPos > 0 & lastPos == length-1)
                                {return "leadingBlanksOnly";}
                            else if (firstPos == 0 & lastPos < length-1)
                                    {return "trailingBlanksOnly";}
                                else if (firstPos > 0 & lastPos < length-1)
                                        {return "leadingAndTrailingBlanks";}
                                    else
                                        {return "textOnly";}
}
```

6.4.3 Iteration

- Das Prinzip der Iteration:
  - Wiederholte Ausführung einer Gruppe von Anweisungen in einer Schleife
  - Vorwärtsberechnung: Resultat wird typisch inkrementell aufgebaut
  - Schleife muss explizit gesteuert werden: Initialisierung, Schleifenbedingung, Fortschaltung (letzteres nur bei Zählschleifen)
- Alle Elemente der Schleifensteuerung sind anfällig auf Fehler
- Systematische Konstruktion von Schleifen:
  - Konstruktion des Schleifenkörpers so, dass bei Verlassen der Schleife das erwartete Resultat vorliegt
  - Davon ausgehend Initialisierung, Schleifenbedingung und ggf. Fortschaltung bestimmen
  - Prüfen, ob die Schleife immer terminiert

Grundmuster für Schleifen

Muster 1: Datensätze verarbeiten

```
lies erstes datum;
while (nicht fertig) {
      verarbeite datum;
      lies nächstes datum;
}
```

Wann und warum ist folgende Schleife unsicher:

```
do  {
      lies ein datum;
      verarbeite datum; }
while (nicht fertig);
```

Muster 2: Datenwerte akkumulieren

```
initialisiere zähler;
while (nicht fertig) {          // meistens als for-Schleife programmiert
      akkumuliere;
      erhöhe zähler;
}
```

Abweisende vs. annehmende Schleifen

- Abweisende Schleifen prüfen die Schleifenbedingung vor dem Durchlauf durch den Schleifenkörper
  - Bei a priori nicht erfüllter Schleifenbedingung wird die Schleife nicht durchlaufen
  - Java, C++: **while**, **for** Cobol: PERFORM UNTIL, PERFORM VARYING
- Annehmende Schleifen prüfen die Schleifenbedingung erst nach dem Durchlauf durch den Schleifenkörper
  - Unabhängig von der Schleifenbedingung wird der Schleifenkörper mindestens einmal durchlaufen
  - Java, C++: **do - while** Cobol: PERFORM WITH TEST AFTER UNTIL
  - Falsch, wenn die Schleifenbedingung a priori nicht erfüllt ist
  - Häufige Fehlerquelle
- ➪ Abweisende Schleifen sind sicherer als annehmende

Mini-Übung 6.2: Wo ist der Fehler in dieser Prozedur?

```
PROCEDURE LokalisiereLetztes (text: ARRAY OF CHAR): INTEGER;
(* Liefert die Position des letzten nicht leeren Zeichens in der Zeichenkette text oder -1,
   wenn text nur aus Leerzeichen besteht oder gar keine Zeichen enthält
*)
CONST   leer = " ";
VAR     letztePos:    INTEGER;
BEGIN
    letztePos := Length (text) - 1;
    REPEAT
        IF text[letztePos] = leer
            THEN letztePos := letztePos - 1;
        END (* IF *);
    UNTIL (letztePos < 0) OR (text [letztePos] <> leer);
    RETURN letztePos;
END LokalisiereLetztes;
```

Sprache: Modula-2

Heuristiken für die Konstruktion guter Schleifen

- Bei Java/C++ immer Blockklammern verwenden

  «Dieses Programm funktioniert einfach nicht, obwohl der Algorithmus absolut richtig programmiert ist!»

```
preisTotal = 0;
for (i=0; i<= max-1; i++);
    preisTotal = preisTotal + bestellung[i].einzelPreis;
```

- Immer die Fälle kein Durchlauf, ein Durchlauf, maximal mögliche Zahl von Durchläufen auf Korrektheit überprüfen
- Annehmende Schleifen nur verwenden wenn in jedem Fall mindestens ein Durchlauf erforderlich ist
- Nebenwirkungen vermeiden (siehe 6.4.5)

Formale Konstruktion korrekter Schleifen

- Konstruktion des Schleifenkörpers
- Bestimmung einer geeigneten Schleifeninvariante
  - Ausgehen vom erwarteten Resultat der Schleife
  - Ausdruck finden, welcher inkrementell zu diesem Resultat führt

  Schleifeninvariante: Ein Prädikat, das nach jeder Prüfung der Schleifenbedingung wahr ist
- Ableitung von Initialisierung, Schleifenbedingung und Fortschaltung aus der Schleifeninvariante
- Prüfen, ob die Schleife terminiert
- Mehr dazu: siehe Vorlesung Formale Grundlagen der Informatik I, Kapitel Programmentwicklung

Verifikation von Schleifen

- Schleifeninvarianten können auch verwendet werden, um die Korrektheit einer bereits programmierten Schleife zu verifizieren:
  Sei S eine Schleife und seien
  - N ein Prädikat, welches das erwartete Ergebnis von S beschreibt
  - V ein Prädikat, das die Voraussetzungen für S beschreibt
  - b die Schleifenbedingung S
  - Inv eine Schleifeninvariante von S, das heißt
    $Q_s \equiv Inv \wedge b = TRUE$ bei jedem Test der Schleifenbedingung und
    $Q_t \equiv Inv \wedge \neg b = TRUE$ am Schleifenende
- Die Korrektheit von S wird verifiziert durch Beweis von
  (i) $V \Rightarrow Inv$
  (ii) $Q_{s[\text{vor dem letztem Durchlaufen des Schleifenrumpfs}]} \wedge Q_t \Rightarrow N$
  (iii) S terminiert

Mini-Übung 6.3: Schleifenverifikation

Verifizieren oder falsifizieren Sie die Korrektheit der folgenden Schleife:

```
double [ ] vektor; double vektorprodukt;
//ASSERT n > 0 ∧ vektor hat n Komponenten
    vektorprodukt = vektor [0];
    for (int i = 0; i < n ; i++)
        vektorprodukt = vektorprodukt * vektor[i];
//ENSURE vektorprodukt = Produkt der Komponenten von vektor
```

6.4.4 Rekursion

Das Prinzip der Rekursion

- Mehrfache Ausführung von Anweisungen durch wiederholten Selbstaufruf
- Rückwärtsberechnung: Resultat wird durch rekursiven Abstieg gewonnen
- Steuerung ist implizit: Nur Reduktion und Verankerung müssen sichergestellt sein

- Im Vergleich dazu Iteration:
  - Vorwärtsberechnung
  - Explizite Steuerung erforderlich

Beispiel zur Rekursion – 1

Zu berechnen sei die Summe eines n-elementigen Koeffizientenvektors

Rekursionsformel:

$$\sum_{i=0}^{n-1} x_i = \begin{cases} x_{n-1} + \sum_{i=0}^{n-2} x_i & \text{falls } n > 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Beispiel zur Rekursion – 2

Diese Formel kann direkt programmiert werden:

```
double Vektorsumme (double [ ] vektor, int n);
// Berechnet die Summe der Komponenten des Vektors vektor mit n Komponenten
{
    if (n > 0) return vektor[n-1] + Vektorsumme (vektor, n-1);
    else       return 0;
}
```

$$= x_0+x_1+\ldots+x_{n-2} = \sum_{i=0}^{n-2} x_i$$

Vor- und Nachteile der Rekursion

+ Rekursive Lösungen sind einfacher und kürzer als iterative
+ Bei gegebenen Rekursionsformeln ist die Korrektheit viel einfacher zu zeigen als bei Schleifen: Zu verifizieren sind
  - die eigentliche Rekursionsformel (reduziert sie korrekt?)
  - die Rekursionsverankerung (ist der Startwert korrekt?)
– Mehrfachrekursion kann zu Laufzeit- und Speicherproblemen führen

  Beispiel: Fibonacci-Zahlen $fib(1) = fib(2) = 1, fib(n) = fib(n-1) + fib(n-2)$
  - Ab n > 2 mehr als fib(n) Aufrufe nötig
  - Zum Vergleich: iterativ in n Schritten lösbar
– Rekursion ist gedanklich schwieriger nachzuvollziehen als Iteration

Rekursion vs. Iteration

- Jede Iteration kann in eine Rekursion transformiert werden und umgekehrt
- Die Programmkonstrukte dem Problem anpassen:
  - Iterativ formulierte Probleme mit Iteration
  - Rekursiv formulierte Probleme mit Rekursion lösen
- Keine Angst vor Rekursion!

6.4.5 Nebenwirkungen

Was macht dieses Programmfragment in C++?
Warum ist das schlechter Code?

```
char *t = "Programm mit Nebenwirkungen:";
{ ...
while (*t++) ;
t--;
...
```

Wie geht es besser?

Merkpunkte Ablaufkonstrukte

- Programmablauf gut strukturieren
- Geschlossene Ablaufkonstrukte verwenden
- Jedes sequentielle Programm ist mit geschlossenen Ablaufkonstrukten (Sequenz, Alternative, Iteration) konstruierbar
- Fallunterscheidungen und Schleifen systematisch konstruieren
- Konstruktion/Verifikation von Schleifen ist möglich
- Passend zum Problem Rekursion oder Iteration einsetzen
- Nebenwirkungsfreie Programmkonstrukte wählen
- Größere Programme in Prozeduren/Methoden und Klassen bzw. Module gliedern (vgl. Abschnitt 6.5)

Was ist ein Unterprogramm

Unterprogramm (subroutine, subprogram) – Benanntes, abgegrenztes Programmstück, das unter seinem Namen aufrufbar ist

- Beim Aufruf eines Unterprogramms verzweigt die Steuerung zum Anfang des Unterprogramms und kehrt nach Ausführung des Unterprogramms an die Aufrufstelle zurück
- Wozu Unterprogramme?
  - Programme besser strukturieren ➪ Lesbarkeit
  - Programmstücke gemeinsam nutzen ➪ Effizienz
- Gliederung in Unterprogramme wird in der Regel als Entwurfsaufgabe betrachtet ➪ siehe Kapitel 5
- Es gibt verschieden mächtige Formen von Unterprogrammen

Formen von Unterprogrammen

- Benannter Block (Unterprogramm in Assembler, PERFORM-Block in Cobol
  - Syntaktisch separiert
  - Benannt und aufrufbar
  - Kein separater Namensraum und keine lokalen Daten
  - Keine Parameterersetzung
- Prozedur (procedure, function in Pascal, C, etc. Programmverbindung in Cobol)
  - Separater Namensraum, lokale Daten, Parameterersetzung
  - Datenaustausch auch über globale Daten möglich
  - Statische Bindung an den aufgerufenen Stellen durch Übersetzer

Formen von Unterprogrammen – 2

- Methode (method in Java und anderen objektorientierten Sprachen)
  - Wie Prozedur, aber mit dynamischer Bindung an Aufrufer zur Laufzeit
  - Polymorphie möglich, d.h. verschiedene Methoden gleichen Namens innerhalb einer Vererbungshierarchie. Die Auswahl der passenden Methode erfolgt zur Laufzeit

---

- Makro (macro) [zur Abgrenzung, Makros sind keine Unterprogramme]
  - Benanntes, abgegrenztes Programmstück, das unter seinem Namen referenzierbar ist
  - Bei Referenzierung wird der Makrokörper vom Übersetzer an der Referenzstelle in den Code einkopiert
  - Parameterersetzung ist möglich
  - Vor allem in maschinennahen Programmiersprachen nützlich

Anweisungs-Unterprogramme und Funktionen

- Unterprogrammaufrufe können Anweisungen sein
  - Beispiele: CALL Kalkuliere-Angebot.
    PrintImage (coordinates, source);
- Unterprogramme können Funktionen sein
  - Geben einen Wert zurück
  - Aufruf ist Bestandteil eines Ausdrucks im aufrufenden Programm
  - Alle Parameter sind Eingabeparameter
  - Beispiele: result = cMin * WeightedAverage (timeSeries, first, last);
    if (signal.isRed()) {engine.Stop(); }
- Sonderfall: Unterprogramm ist inhaltlich eine Anweisung, aber syntaktisch eine Funktion, die als Funktionswert einen Status zurückgibt
  - Wie ein Anweisungsunterprogramm behandeln
  - Beispiel: done = OpenFile ("coefficients.dat");

Parameter

Parameter dienen der Kommunikation zwischen dem Aufrufer und dem Unterprogramm

- Formale Parameter im Unterprogramm: Liste von Platzhaltern
- Aktuelle Parameter beim Aufruf: Aktuelle Werte / Variablen, die ans Unterprogramm übergeben werden
- Zuordnung aktuelle Parameter → formale Parameter nach Reihenfolge in der Liste
- Anzahl und Datentypen der aktuellen Parameter sollten mit den formalen Parametern übereinstimmen

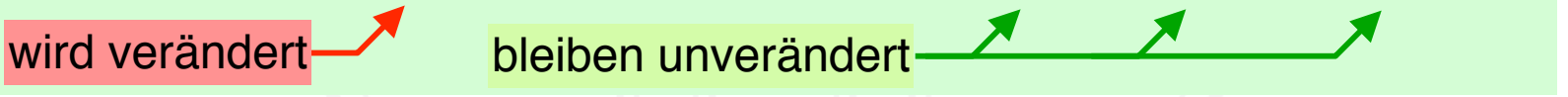
Globale Variablen

- Globale Variablen können für die Kommunikation zwischen Aufrufer und Unterprogramm herangezogen werden
- Variablen werden so deklariert, dass sie sowohl für den Aufrufer als auch im Unterprogramm sichtbar sind
  - **public** in C++/Java
  - GLOBAL in Cobol
- Vorteil
  - Parameterübergabe entfällt → Effizienz
- Nachteile
  - Namensersetzung nicht möglich → weniger flexibel
  - Bewirkt in der Regel starke Kopplung

Kopplung und Nebenwirkungen minimieren

- So wenig Daten wie möglich übergeben
- Nur die benötigten Felder statt ganzer Strukturen übergeben
- Lokale Daten im Unterprogramm kapseln ➪ von außen nicht sichtbar
- In objektorientierten Sprachen nur das Zielobjekt einer Methode verändern, als Parameter übergebene Objekte unverändert lassen

Beispiel: artikelStamm.Hinzufuegen (neuerArtikel, lager, kategorie);



Kopplung und Nebenwirkungen minimieren –2

- Funktionen, welche vom Charakter her Prozeduren sind (d.h. als Funktionswert nur einen Status liefern) nicht in Ausdrücken aufrufen

Beispiel: Schlecht: **if** (OpenFile("param.dat")) ReadSettings (); **else** ... ;

Besser:
```
done = OpenFile("param.dat");
if (done) { ReadSettings (); }
else ...;
```

Mini-Übung 6.4

Beurteilen Sie die Codequalität in nachfolgendem Programmfragment

a) Informationsaustausch zwischen Startup() und seinem Aufrufer

b) Implementierung von Startup()

```
public class Betriebsart {
    public static boolean online = false;

    // Fährt das System aus dem offline Mode hoch in den online Mode
        public static boolean Startup() {
        if ( CheckSensors() & InitializeDatabase() && OpenLog () )
            return (online = true;) else return false;
    }   ...
}
...
done = Betriebsart.Startup();
if (Betriebsart.online) { ...
```

Länge von Unterprogrammen

- Nicht zu lange Unterprogramme schreiben; die Übersicht leidet
- Methoden in objektorientierten Programmen sind meist kurz
- Bei Bedarf Unterprogramme schachteln
- Sind Unterprogramme mit 1-3 Codezeilen sinnvoll?
  - Verbessern die Lesbarkeit, wenn oft benötigt
  - Beispiel:

```
public static final double MM_PER_INCH = 25.4;
// Konvertiert Punkte bei gegebener Auflösung in Millimeter
static double PointsToMM (int points, int resolution)  {
    return ((double)points/(double)resolution*MM_PER_INCH);
}
```

Merkpunkte Unterprogramme

- Unterprogramme sind ein zentrales Mittel zum Aufbau lesbarer und änderbarer Programme
- Gliederung in Unterprogramme ist eine Entwurfsaufgabe
- Daten primär über Parameter austauschen, nur in zwingenden Fällen über globale Variablen

Drei Grundregeln für die Optimierung

Regeln von Jackson:

- 1. Tu es nicht!
- 6. Wenn du es dennoch tust oder tun musst, dann tu es später!

Ergänzende Regel (Glinz):

- 3. Tu es vorher! (Erst denken, dann codieren)

Vorgehen

- Optimieren ist aufwendig, darum
  - Sich das Optimieren des Codes ersparen durch Wahl guter Datenstrukturen und effizienter Algorithmen (Regel 3)
  - Code nie auf Verdacht optimieren (Regel 1)
- Sondern (Regel 2)
  - Zuerst messen
  - Die Flaschenhälse erkennen
  - Falls nötig, durch gezielte lokale Optimierung die Flaschenhälse beseitigen

Dokumentation: Was und warum

- Qualität und Umfang der Dokumentation haben entscheidenden Einfluss auf die Verstehbarkeit und Änderbarkeit eines Programms
- ➪ Programmdokumentation ist nicht einfach „Kommentar“
- Jedes Stück Code ist dokumentiert
  - Verwaltungsdokumentation (Autor, Datum,...)
  - Schnittstellendokumentation (Voraussetzungen, Ergebniszusicherungen, ...)
  - Deklarationsdokumentation (Bedeutung von Konstanten und Variablen)
  - Ablaufdokumentation (Verdeutlichen des Algorithmus)
  - Strukturdokumentation (Statischer Aufbau des Programms; typisch durch Einrücken und Zwischentitel)

Richtig dokumentieren: Was ist hier falsch?

- if (x > 0) y = sin(x)/x;   // negative Werte dürfen nicht bearbeitet werden
- u = 2*PI*r;   // u = 2pr
  i++;   // i inkrementieren
- WHILE (*t++);   /* Ende des Strings suchen. t zeigt danach auf das Byte nach dem String-Terminator */
- i := 0; j := 0; c := 0;
  REPEAT IF x[i] = " " THEN INC (c); ELSE y[j] := x[i]; INC (j); END;
  INC (i); UNTIL i = n;
- ```
      Auftragsnummern-Vergabe SECTION.
  *   Bildet Aufttragsnummer aus Jahr und laufender Nummer                *
  *   Achtung: funktioniert nur bei weniger als 1000 Aufträgen pro Jahr!  *
          COMPUTE Auftrags-Nr = Jahr * 1000 + Lfd-Nummer.
  ```
  ```

Regeln für das Dokumentieren

- Dokumentation und Code müssen konsistent sein
- Kein Nachbeten des Codes
- Schlechten Code und Tricks nicht dokumentieren, sondern neu schreiben
- Programmstruktur durch Einrücken dokumentieren
- Geeignete Namen wählen
- Codierrichtlinien beachten
- Falscher Code wird durch ausführliche Dokumentation nicht richtig
- Schlechter Code wird durch Dokumentation nicht besser
- Nicht überdokumentieren

Mini-Übung 6.5

Wo ist das Problem bei diesem Codestück aus einem Cobol-Lehrbuch?

```
...
B400.
    DISPLAY (24, 1) 'WEITERE BERECHNUNGEN (J/N) : '.
    ACCEPT (24, 40) S-WEITER   WITH AUTO-SKIP.
    IF  S-WEITER   =   'J'              *> Nur Großbuchstaben
        GO TO  B100                     *> werden berücksichtigt
    END-IF.
    IF  S-WEITER  =  'N'
        GO TO B900
    END-IF.
**** falsche Eingabe:
    GO TO B400.
B900.
    STOP RUN.
```

Was ist gute Dokumentation?

- Gute Dokumentation beschreibt, was nicht im Code steht:
  - Intention des Programms
  - Intention für die Verwendung bestimmter Daten
  - Getroffene Annahmen
  - Semantik (Bedeutung) von Schnittstellen
- Gute Dokumentation gliedert und erläutert den Aufbau eines Programms, wo dies der Code nicht ausreichend tut
  - Untertitel für Abschnitte und Blöcke
  - Hinweise auf verwendete Algorithmen
  - Erläuterung schwierig zu verstehender Konstrukte (die nicht einfacher programmierbar sind)
  - Hinweise, dass ein Codestück aus Optimierungsgründen gerade so programmiert worden ist

Modifikation dokumentierter Programme

- Sich weder auf Dokumentation noch auf den Code blind verlassen – beide können falsch sein
- Bei Änderungen im Code Dokumentation immer konsistent mitändern
- Änderungen
  - entweder im angetroffenen Codier- und Dokumentationsstil vornehmen
  - oder den Codier- und Dokumentationsstil einer ganzen Komponente vollständig an einen neuen Stil anpassen

Merkpunkte Dokumentation

- Undokumentierter Code ist weder lesbar noch änderbar
- Dokumentation liefert zusätzliche Informationen, sie betet den Code nicht nach
- Dokumentation und Code müssen widerspruchsfrei sein
- Schlechten und/oder falschen Code nicht dokumentieren, sondern neu schreiben
- Nicht überdokumentieren

Literatur

Berner, S., S. Joos, M. Glinz (1997). Entwicklungsrichtlinien für die Programmiersprache Java. *Informatik/Informatique* **4**, 3 (Jun 1997). 8-11.

Berner, S., M. Glinz, S. Joos, J. Ryser, S. Schett (2001). *Java Entwicklungsrichtlinien*. Version 6.0.1 (März 2001). Institut für Informatik, Universität Zürich.

Böhm, C. G. Jacopini (1966). Flow Diagrams, Turing Machines and Languages With Only Two Formation Rules. *Communications of the ACM* **9**, 5 (May 1966). 366-371.

Dijkstra, E.W. (1968). Go To Statement Considered Harmful. *Communications of the ACM* **11**, 3 (March 1968). 147-148.

Keller, D. (1990). A Guide to Natural Naming. *SIGPLAN Notices* **25**, 5 (May 1990). 95-106.

Kernighan, B.W., P.J. Plauger (1978). *The Elements of Programming Style*. New York: McGraw-Hill

McConnell, S. (1993). *Code Complete: A Practical Handbook of Software Construction*. Redmond: Microsoft Press.

Mössenböck, H. (2001). *Sprechen Sie Java? : Eine Einführung in das systematische Programmieren*. 3. Auflage. Heidelberg: dpunkt-Verlag.

Vermeulen, A., S.W. Ambler, G. Bumgardner, E. Metz, T. Misfeldt, J. Shur, P. Thompson (2000). *The Elements of Java Style*. Cambridge: Cambridge University Press.

Im Begleittext zur Vorlesung [S.L. Pfleeger, J. Atlee (2006). *Software Engineering: Theory and Practice*, 3rd edition. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education International] lesen Sie bitte Kapitel 7: Writing the Programs.