§3 Kontrollstrukturen – Allgemeines

Leitideen: *Die Syntax der Kontrollstrukturen in C++ soll möglichst wenige reservierte Worte verwenden, daher werden Bedingungen geklammert und mehrere abhängige Anweisungen gegebenfalls zu einer Blockanweisung zusammengefasst.*

Die Laufanweisung (`for`*) kann auf die einfachste Wiederholungsanweisung (*`while`*) zurückgeführt werden. Wegen ihrer einprägsamen Syntax ist sie beliebter als die elementarere Anweisung.*

Sprünge (`goto`*) sollten im allgemeinen vermieden werden, spezielle Sprunganweisungen (*`break`*, *`continue`*) sind aber nützlich, um Wiederholungsanweisungen zu beenden oder unmittelbar fortzusetzen.*

Der Auswahlanweisung (`switch`*) ist ihre potentielle Implementierung mittels Sprunganweisungen deutlich anzusehen.*

§3 Kontrollstrukturen - Themenübersicht

- if-Anweisung – Ergänzungen
- while-Anweisung – Ergänzungen
- do-while-Anweisung – Anmerkungen und Beispiel (ggT)
- for-Anweisung – Anmerkungen, Kommaausdruck, Beispiel (Binomialkoeffizient)
- Sprunganweisungen (goto, break, continue, return)
- switch-Anweisung – typische Verwendung

if-Anweisung - Ergänzungen

Unterschied zu anderen Programmiersprachen:

- Die Bedingung braucht kein logischer Ausdruck zu sein, zulässig ist auch ein arithmetischer Ausdruck [oder ein Zeigerausdruck], weil dieser automatisch in `bool` umgewandelt wird.
- Kein `then`, statt dessen Klammerung des Bedingungsausdrucks.
- Die Pascalregel „Kein Strichpunkt vor `else`“ gilt *nicht*!
  In Pascal trennen Strichpunkte Anweisungen.
  In C++ schließen Strichpunkte bestimmte Anweisungen ab, allerdings nicht die meisten Kontrollstrukturen.

  Bsp.

```
if (a>b)  x=a;    else  x=b;      okay
if (a>b) {x=a;}   else {x=b;}     okay
if (a>b) {x=a;}; else {x=b;};     falsch
```

if-Anweisung - Ergänzungen II

Problem: Syntaktische Zweideutigkeit bei

```
if (B1) if (B2) A1 else A2
```

```
if (B1)          oder   if (B1)          ?
  if (B2)                 if (B2) A1
    A1                  else
  else                    A2
    A2
```

- *Regel:* Der else-Zweig wird der letzten vorangehenden if-Anweisung ohne else zugeordnet.
- Die Einrückungen im linken Beispiel entsprechen der syntaktischen Bedeutung.
- Einrückungen haben selbstverständlich *keinen* Einfluss auf syntaktische Struktur des Programms . Sie dienen allein der Erhöhung der Verständlichkeit eines Programms für einen menschlichen Leser, und sind daher *sehr* zu empfehlen.

if-Anweisung - Ergänzungen III

Empfehlung: Vermeidung potentieller Fehlinterpretationen durch geeignete Klammerung der abhängigen Anweisungen

```
if (B1)                    if (B1)
  { if (B2)                  { if (B2) A1 }
      A1          bzw.     else
    else                       A2
      A2
  }
```

- Die geschweiften Klammern links könnten weggelassen werden, ohne die Bedeutung zu ändern.

if-Anweisung - Ergänzungen IV

else-if-Kaskaden

- Seien *B*1,...,*BN* Bedingungen, die *nacheinander* überprüft werden sollen, bis eine davon erfüllt ist. Dann soll jeweils die entsprechende der Anweisungen *A*1,...,*AN* ausgeführt werden.
- Optional: Falls *keine* davon zutrifft, soll die Anweisung *A* ausgeführt werden.

```
if (B1)
  A1
else if (B2)
  A2
  :
else if (BN)
  AN
// Optional
else
  A
```

- Bei else-if-Kaskaden handelt es sich — trotz der Schreibweise – um geschachtelte if-else-Anweisungen, *nicht* wie in anderen Programmiersprachen um eine eigenständige Kontrollstruktur.
- *Empfehlung:* Zur Vermeidung von Fehlinterpretationen A1,...,AN mit geschweiften Klammern umgeben.

while-Anweisung - Ergänzungen

Unterschied zu anderen Programmiersprachen:

- Die Bedingung braucht kein logischer Ausdruck zu sein, zulässig ist auch ein arithmetischer Ausdruck [oder ein Zeigerausdruck], weil dieser automatisch in `bool` umgewandelt wird.
- Kein `do`, statt dessen Klammerung des Bedingungsausdrucks.

Iterationsverfahren:

- Geg.: $I \subset \mathbb{R}$, $\phi : I \to I$, Startwert $x_0 \in I$, $x_{i+1} = \phi(x_i)$ $(i \in \mathbb{N}_0)$.
- Häufig: Abbruch, falls x_i und x_{i+1} „nahe“ beieinander liegen.
- Für die Durchführung reichen 2 Variablen (Umspeicherungstechnik).

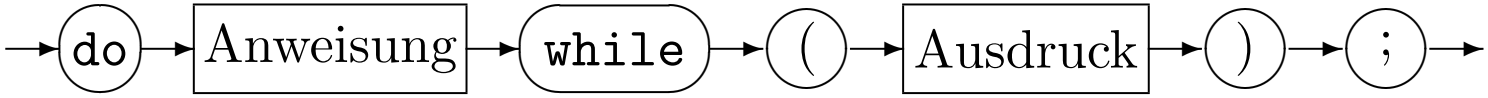
while-Anweisung - Ergänzungen II

Bsp.: $x_0 = 0,\ x_{i+1} = \sqrt{a + x_i}\ \ (i \in \mathbb{N}_0)\quad (a \geq 0$ fest).
Abbruchkrit.: $|x_{i+1} - x_i| \leq \varepsilon$ oder $i > itmax$,
d.h. Wdhl. solange wie $|x_{i+1} - x_i| > \varepsilon$ und $i \leq itmax$.

Programmfragment:

```
i=0; xa=0; xn=sqrt(a);
// xa: x_0   xn: x_1
while (abs(xn-xa)>eps && i<=itmax) {
  // xa: x_i   xn: x_{i+1}
  // Richtig fuer i = 0
  xa=xn;
  // xa: x_{i+1}
  xn=sqrt(a+xa);
  // xn: x_{i+2}
  ++i;
  // xa: x_i   xn: x_{i+1}
}
```

do-while-Anweisung - Anmerkungen



- Unterschied zur while-Anweisung: Überprüfung der Bedingung erst *nach* Ausführung der abhängigen Anweisung.
- Daher: Abhängige Anweisung wird mindestens einmal ausgeführt.
- do-while-Anweisung endet mit einem Strichpunkt!
- Eher seltene Verwendung der do-while-Anweisung.

Caveat

- `while(...); {...}`
  Strichpunkt falsch!
- `do {...} while(...);`
  Strichpunkt notwendig!

Euklidischer Algorithmus – ggT(a,b)

Verfahren

$$a_0 = a, \quad b_0 = b, \qquad (a \in \mathbb{N}_0,\ b \in \mathbb{N})$$
$$\left.\begin{array}{l} a_i = b_i q_i + r_i \ \text{ mit } \ 0 \le r_i < b_i \\ a_{i+1} = b_i, \quad b_{i+1} = r_i \end{array}\right\} (i = 0, 1, 2, \ldots, l \quad \text{bis } r_l = 0)$$

Es gilt $\text{ggt}(a, b) = a_{l+1}$ wegen

$$\text{ggT}(a_i, b_i) = \text{ggT}(b_i, r_i) = \text{ggT}(a_{i+1}, b_{i+1}), \text{ also}$$
$$\text{ggT}(a, b) = \text{ggT}(a_0, b_0) = \ldots = \text{ggT}(a_{l+1}, \underbrace{b_{l+1}}_{0}) = a_{l+1}$$

Programmfragment

```
do {
  r = a%b;
  a = b; b = r;
} while (r!=0) ;
cout << "ggt(a,b) = " << a << endl;
```

for-Anweisung - Anmerkungen

- Die for-Anweisung in C++ ist viel allgemeiner als die Laufanweisungen in anderen Programmiersprachen.

```
for (Ausdruck1; Ausdruck2; Ausdruck3) Anweisung
```

init *condition* *update*

ist im wesentlichen äquivalent zu

```
Ausdruck1;
while (Ausdruck2) {
  Anweisung
  Ausdruck3;
}
```

Bsp.: Berechnung von a^n ($n \in \mathbb{N}$)

```
    pot=1; for (i=1; i<=n; ++i) pot*=a;
≙   pot=1; i=1;
    while (i<=n) {
      pot*=a;
      ++i;
    }
```

for-Anweisung - Anmerkungen II

- Im vorigen Beispiel würde man allerdings eher schreiben:
  `for (i=0; i<n; ++i)` statt `for (i=1; i<=n; ++i)`
- Grund: Indizes eines Vektors mit n Komponenten laufen von $0, \ldots, n-1$.

  Bsp.:
  ```
  vector<double> a(n);
  // Definiert Vektor a mit Komponenten
  // a[0],...,a[n-1]
  for (i=0; i<n; ++i) a[i]=sqrt(i*i+1);
  ```
  // $a_i = \sqrt{i^2+1}$ $(i = 0, \ldots, N-1)$
- An Stelle von `Ausdruck1;` kann auch *eine* `einfache Vereinbarung` stehen. Ihr Gültigkeitsbereich erstreckt sich *nur* bis zum Ende der for-Anweisung

  Bsp.: `pot=1; for (int i=0; i<n; ++i) pot*=a;`
- Vergleichbare Syntaxerweiterungen existieren für die Bedingungen der if-Anweisung und der while-Anweisung, erscheinen aber wenig nützlich.

Komma-Ausdruck

Wirkung: Zusammenfassung mehrerer Ausdrücke zu einem einzigen Ausdruck.

- Ermöglicht die Ausführung mehrerer Seiteneffekte in einem Ausdruck, z.B. im Initialisierungs- oder Updateteil der for-Anweisung.
- Wert des Kommaausdrucks ist der Wert des *rechten* Operanden.
- Die Auswertung erfolgt von links nach rechts (d.h. der linke Operand wird vor dem rechten Operanden ausgewertet)
- Der Kommaoperator ist linksassoziativ.
- Durch Komma getrennte Funktionsargumente oder Variablendeklarationen bilden *keine* Kommaausdrücke.

Bsp.: `y = (x=3,x+2);  // x=3; y=5;`

Caveat

- `pi=3,14159;  // pi=3 !!`
  [Zuweisungsoperator bindet stärker als der Kommaoperator]

Binomialkoeffizient

$$\binom{n}{k} = \frac{n(n-1)\cdots(n-k+1)}{1\cdot 2\cdots k} \quad (k, n \in \mathbb{N})$$

Schrittweise Berechnung

$$\binom{n}{k} = \frac{n}{1}\cdot\frac{n-1}{2}\cdot\frac{n-2}{3}\cdots\frac{n-k+1}{k}$$

Durchführung in ganzzahliger Arithmetik möglich, denn:

$$\underbrace{\frac{n(n-1)\cdots(n-i+1)}{1\cdot 2\cdots i}}_{\binom{n}{i}}\cdot\frac{n-i}{i+1} = \binom{n}{i+1},$$

weil Binomialkoeffizienten ganzzahlig sind

Programmfragment

```
int n,k,b,i; cin >> n >> k;
for (i=1,b=1; i<=k; --n,++i)  b=b*n/i;
```

Sprunganweisungen - Ergänzungen

goto-Anweisung

- Sprünge sind nur innerhalb einer Funktion möglich.
- Vereinbarung von Sprungmarken *nicht* erforderlich; Voranstellen von z.B. `marke:` vor eine Anweisung definiert die Sprungmarke `marke` .
- Sprungmarken sind syntaktisch Namen.
- Sprungmarken bilden einen eigenen Namensraum.
- `goto` sparsam verwenden (Übersichtlichkeit!)
- Stattdessen: Wiederholungsanweisungen, bedingte Anweisungen und Auswahlanweisungen vorziehen.
- Herausspringen aus bzw. unmittelbares Fortsetzen von Wiederholungsanweisungen vorzugsweise mit `break`- bzw. `continue`-Anweisung.
- Beispiel für eine sinnvolle `goto`-Anweisung auf Infobl. 6/3.
- Java: kein `goto`!

Sprunganweisungen - Ergänzungen II

break-Anweisung

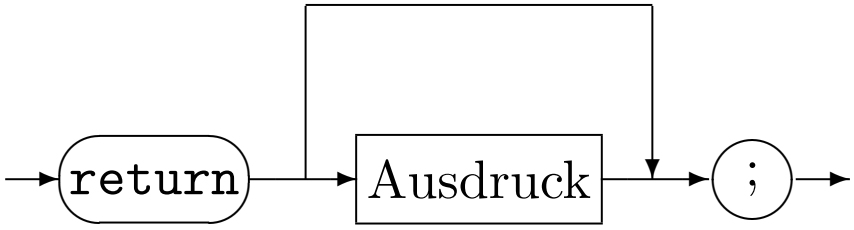
- Nur innerhalb von Wiederholungs- und Auswahlanweisungen möglich.
- Heraussprung erfolgt aus der am engsten umschließenden Wiederholungsanweisung (bzw. Auswahlanweisung).
- Beispiel für typische Verwendung auf Infobl. 6/3.
- Herausspringen aus *mehreren* geschachtelten Wiederholungsanweisungen (bzw. Auswahlanweisungen) ist mit `break` *nicht* möglich.

continue-Anweisung

- Nur innerhalb von Wiederholungsanweisungen möglich.
- Setzt die engste umschließende Wiederholungsanweisung unmittelbar fort. (Wirkung siehe Infobl. 6/4.)
- Wird erheblich seltener als die break-Anweisung verwendet, ist dennoch gelegentlich nützlich.

Sprunganweisungen - Ergänzungen III

return-Anweisung



- Bewirkt Beendigung der aufgerufenen Funktion und Rücksprung in die aufrufende Funktion.
- Der Wert des Ausdruck nach `return` wird Funktionswert. Fehlt genau dann, wenn Funktion Ergebnistyp `void` hat.
- In main bewirkt `return` die Beendigung des Hauptprogr. An das aufrufende Programm (z.B. Kommandointerpreter, Shell) wird der Wert des return-Ausdrucks übergeben. (Konvention: 0 – Erfolg, $>$ 0 – Fehlerfall)
- In main: `return` *n* ähnliche Wirkung wie `exit(`*n*`)`. Daher findet man oft: `return(`*n*`)` statt `return` *n* (Anmerkung: `#include <cstdlib>` bei Verwendung von `exit` erforderlich)

switch-Anweisung - typische Verwendung

```
switch(Ausdruck){
  case Konst1:  Anweisungen1  break;
  case Konst2:  Anweisungen2  break;
                      :
  default:      Anweisungen   break;
}
```

- `case` Konst wirkt als Sprungmarke, zu der verzweigt wird, wenn der Ausdruck den Wert Konst annimmt.
  Bei einem vergessenen `break` wird deshalb die nächste Anweisung ausgeführt.
- Das letzte `break` ist nicht notwendig, aber üblich, weil dann problemlos weitere `case`-Anweisungen angefügt werden können.
- Mehrfache `case`-Marken sind möglich (genauso wie mehrfache Sprungmarken)
- Der Ausdruck muss ganzzahlig sein (Zeichenketten sind nicht möglich).