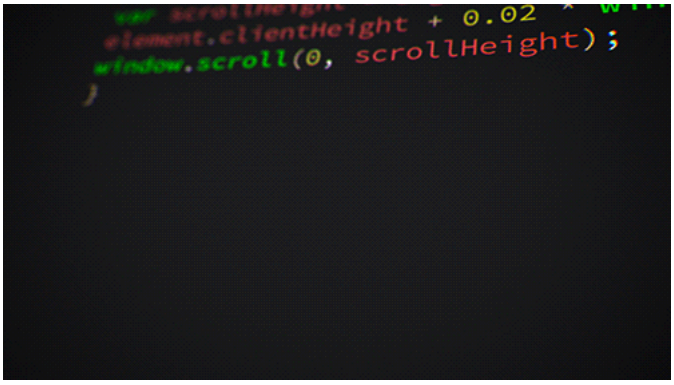
Operatoren & Kontrollstrukturen

Parameter	Kursinformationen
Veranstaltung:	`Einführung in das wissenschaftliche Programmieren`
Semester	`Wintersemester 2022/23`
Hochschule:	`Technische Universität Freiberg`
Inhalte:	`Operatoren / Kontrollstrukturen`
Link auf Repository:	https://github.com/TUBAF-IfI-LiaScript/VL_ProzeduraleProgrammierung/blob/master/02_OperatorenKontrollstrukturen.md
Autoren	Sebastian Zug & André Dietrich & Galina Rudolf



Fragen an die heutige Veranstaltung ...

- Wonach lassen sich Operatoren unterscheiden?
- Welche unterschiedliche Bedeutung haben `x++` und `++x`?
- Erläutern Sie den Begriff unärer, binärer und tertiärer Operator.
- Unterscheiden Sie Zuweisung und Anweisung.
- Wie lassen sich Kontrollflüsse grafisch darstellen?
- Welche Konfigurationen erlaubt die `for`-Schleife?
- In welchen Funktionen (Verzweigungen, Schleifen) ist Ihnen das Schlüsselwort `break` bekannt?
- Worin liegt der zentrale Unterschied der `while` und `do-while` Schleife?
- Recherchieren Sie Beispiele, in denen `goto`-Anweisungen Bugs generierten.

Operatoren

Unterscheidungsmerkmale

> Ein Ausdruck ist eine Kombination aus Variablen, Konstanten, Operatoren und Rückgabewerten von Funktionen. Die Auswertung eines Ausdrucks ergibt einen Wert.

Zahl der beteiligten Operationen

Man unterscheidet in der Sprache C/C++ *unäre*, *binäre* und *ternäre* Operatoren

Operator	Operanden	Beispiel	Anwendung
Unäre Operatoren	1	`&` Adressoperator	`sizeof(b);`
		`sizeof` Größenoperator	`b=-a;`
Binäre Operatoren	2	`+`, `-`, `%`	`b=a-2;`
Ternäre Operatoren	3	`?` Bedingungsoperator	`b=(3 > 4 ? 0 : 1 );`

Es gibt auch Operatoren, die, je nachdem wo sie stehen, entweder unär oder binär sind. Ein Beispiel dafür ist der `-`-Operator.

Position

Des Weiteren wird unterschieden, welche Position der Operator einnimmt:

- *Infix* – der Operator steht zwischen den Operanden.
- *Präfix* – der Operator steht vor den Operanden.
- *Postfix* – der Operator steht hinter den Operanden.

`+` und `-` können alle drei Rollen einnehmen:

```
a = b + c; // Infix
a = -b;    // Präfix
a = b++;   // Postfix
```

Funktion des Operators

- Zuweisung
- Arithmetische Operatoren
- Logische Operatoren
- Bit-Operationen
- Bedingungsoperator

Weitere Unterscheidungsmerkmale ergeben sich zum Beispiel aus der Assoziativität der Operatoren.

> **Achtung:** Die nachvollgende Aufzählung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit! Es werden bei weitem nicht alle Varianten der Operatoren dargestellt - vielmehr liegt der Fokus auf den für die Erreichung der didaktischen Ziele notwendigen Grundlagen.

Zuweisungsoperator

Der Zuweisungsoperator `=` ist von seiner mathematischen Bedeutung zu trennen - einer Variablen wird ein Wert zugeordnet. Damit macht dann auch `x=x+1` Sinn.

zuweisung.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    int zahl1 = 10;
    int zahl2 = 20;
    int ergeb = 0;
    // Zuweisung des Ausdrucks 'zahl1 + zahl2'
    ergeb = zahl1 + zahl2;

    cout<<zahl1<<" + "<<zahl2<<" = "<<ergeb<<"\n";
    return 0;
}
```

```
CodeRunner is not defined
```

Achtung: Verwechseln Sie nicht den Zuweisungsoperator `=` mit dem Vergleichsoperator `==`. Der Compiler kann die Fehlerhaftigkeit kaum erkennen und generiert Code, der ein entsprechendes Fehlverhalten zeigt.

Inkrement und Dekrement

Mit den `++` und `--` -Operatoren kann ein L-Wert um eins erhöht bzw. um eins vermindert werden. Man bezeichnet die Erhöhung um eins auch als Inkrement, die Verminderung um eins als Dekrement. Ein Inkrement einer Variable `x` entspricht `x = x + 1`, ein Dekrement einer Variable `x` entspricht `x = x - 1`.

IncrementDecrement.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  int x, result;
  x = 5;
  result = 2 * ++x;   // Gebrauch als Präfix
  cout<<"x="<<x<<" und result="<<result<<"\n";
  result = 2 * x++;   // Gebrauch als Postfix
  cout<<"x="<<x<<" und result="<<result<<"\n";
  return 0;
}
```

```
Failed to execute 'send' on 'WebSocket': Still in CONNECTING state.
```

Arithmetische Operatoren

Operator	Bedeutung	Ganzzahlen	Gleitkommazahlen
`+`	Addition	x	x
`-`	Subtraktion	x	x
`*`	Multiplikation	x	x
`/`	Division	x	x
`%`	Modulo (Rest einer Division)	x	

Achtung: Divisionsoperationen werden für Ganzzahlen und Gleitkommazahlen unterschiedlich realisiert.

- Wenn zwei Ganzzahlen wie z. B. $4/3$ dividiert werden, erhalten wir das Ergebnis 1 zurück, der nicht ganzzahlige Anteil der Lösung bleibt unbeachtet.
- Für Fließkommazahlen wird die Division wie erwartet realisiert.

division.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  int timestamp, minuten;

  timestamp = 345; //[s]
  cout<<"Zeitstempel "<<timestamp<<" [s]\n";
  minuten=timestamp/60;
  cout<<timestamp<<" [s] entsprechen "<<minuten<<" Minuten\n";
  return 0;
}
```

```
Failed to execute 'send' on 'WebSocket': Still in CONNECTING state.
```

Die Modulo Operation generiert den Rest einer Divisionsoperation bei ganzen Zahlen.

moduloExample.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  int timestamp, sekunden, minuten;

  timestamp = 345; //[s]
  cout<<"Zeitstempel "<<timestamp<<" [s]\n";
  minuten=timestamp/60;
  sekunden=timestamp%60;
  cout<<"Besser lesbar = "<<minuten<<" min. "<<sekunden<<" sek.\n";
  return 0;
}
```

```
Failed to execute 'send' on 'WebSocket': Still in CONNECTING state.
```

Vergleichsoperatoren

Kern der Logik sind Aussagen, die wahr oder falsch sein können.

Operation	Bedeutung
`<`	kleiner als
`>`	größer als
`<=`	kleiner oder gleich
`>=`	größer oder gleich
`==`	gleich
`!=`	ungleich

LogicOperators.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  int x = 15;
  cout<<"x = "<<x<<" \n";
  cout<<boolalpha<<"Aussage x > 5 ist "<< (x>5) << " \n";
  cout<<boolalpha<<"Aussage x == 5 ist "<< (x==-15) << " \n";
  return 0;
}
```

```
Failed to execute 'send' on 'WebSocket': Still in CONNECTING state.
```

Merke: Der Rückgabewert einer Vergleichsoperation ist `bool`. Dabei bedeutet `false` eine ungültige und `true` eine gültige Aussage. Vor 1993 wurde ein logischer Datentyp in C++ durch `int` simuliert. Aus der Gründen der Kompatibilität wird `bool` überall, wo wie hier nicht ausdrücklich `bool` verlangt wird in `int` (Werte `0` und `1`) umgewandelt.

Mit dem `boolalpha` Parameter kann man `cout` überreden zumindest `true` und `false` auszugeben.

Logische Operatoren

Und wie lassen sich logische Aussagen verknüpfen? Nehmen wir an, dass wir aus den Messdaten zweier Sensoren ein Alarmsignal generieren wollen. Nur wenn die Temperatur *und* die Luftfeuchte in einem bestimmten Fenster liegen, soll dies nicht passieren.

Operation	Bedeutung
`&&`	UND
`||`	ODER
`!`	NICHT

Das ODER wird durch senkrechte Striche repräsentiert (Altgr+`<` Taste) und nicht durch große `I`!

Nehmen wir an, sie wollen Messdaten evaluieren. Ihr Sensor funktioniert nur dann wenn die Temperatur ein Wert zwischen -10 und -20 Grad annimmt und die Luftfeuchte zwischen 40 bis 60 Prozent beträgt.

Logic.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  float Temperatur = -30;     // Das sind unsere Probewerte
  float Feuchte = 65;

  // Vergleichsoperationen und Logische Operationen
  bool TempErgebnis = ....    // Hier sind Sie gefragt!

  // Ausgabe
  if ... {
    cout<<"Die Messwerte kannst Du vergessen!";
  }
  return 0;
}
```

```
Failed to execute 'send' on 'WebSocket': Still in CONNECTING state.
```

Anmerkung: C++ bietet für logische Operatoren und Bit-Operatoren Synonyme `and`, `or`, `xor`. Die Synonyme sind Schlüsselwörter, wenn Compiler-Einstellungen /permissive- oder /Za (Spracherweiterungen deaktivieren) angegeben werden. Sie sind keine Schlüsselwörter, wenn Microsoft-Erweiterungen aktiviert sind. Die Verwendung der Synonyme kann die Lesbarkeit deutlich erhöhen.

`sizeof` - Operator

Der Operator `sizeof` ermittelt die Größe eines Datentyps (in Byte) zur Kompiliertzeit.

- `sizeof` ist keine Funktion, sondern ein Operator.
- `sizeof` wird häufig zur dynamischen Speicherreservierung verwendet.

sizeof.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  double wert=0.0;
  cout<<sizeof(0)<<" "<<sizeof(double)<<" "<<sizeof(wert);
return 0;
}
```

Vorrangregeln

Konsequenterweise bildet auch die Programmiersprache C/C++ eigene Vorrangregeln ab, die grundlegende mathematische Definitionen "Punktrechnung vor Strichrechnung" realisieren. Die Liste der unterschiedlichen Operatoren macht aber weitere Festlegungen notwendig.

Prioritäten

In welcher Reihung erfolgt beispielsweise die Abarbeitung des folgenden Ausdruckes?

```
c = sizeof(x) + ++a / 3;
```

Für jeden Operator wurde eine Priorität definiert, die die Reihung der Ausführung regelt.

Liste der Vorrangregeln

Im Beispiel bedeutet dies:

```
c = sizeof(x) + ++a  / 3;
//    |       |  |   |
//    |       |  |   |--- Priorität 13
//    |       |  |--- Priorität 14
//    |       |--- Priorität 12
//    |--- Priorität 14

c = (sizeof(x)) + ((++a) / 3);
```

Assoziativität

Für Operatoren mit der gleichen Priorität ist für die Reihenfolge der Auswertung die Assoziativität das zweite Kriterium.

```
a = 4 / 2 / 2;

// von rechts nach links (FALSCH)
// 4 / (2 / 2)   // ergibt 4

// von links nach rechts ausgewertet
// (4 / 2) / 2   // ergibt 1
```

Merke: Setzen Sie Klammern, um alle Zweifel auszuräumen

... und mal praktisch

Folgender Code nutzt die heute besprochenen Operatoren um die Eingaben von zwei Buttons auf eine LED abzubilden. Nur wenn beide Taster gedrückt werden, beleuchte das rote Licht für 3 Sekunden.


Simulation time: 00:18.937

ButtonSynch.cpp

```cpp
const int button_A_pin = 10;
const int button_B_pin = 11;
const int led_pin = 13;

int buttonAState;
int buttonBState;

void setup(){
  pinMode(button_A_pin, INPUT);
  pinMode(button_B_pin, INPUT);
  pinMode(led_pin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
 }

void loop() {
  Serial.println("Wait one second for A ");
  delay(1000);
  buttonAState = digitalRead(button_A_pin);
  Serial.println ("... and for B");
  delay(1000);
  buttonBState = digitalRead(button_B_pin);

  if ( buttonAState && buttonBState){
    digitalWrite(led_pin, HIGH);
    delay(3000);
  }
  else
  {
    digitalWrite(led_pin, LOW);
  }
}
```

```
Sketch uses 2274 bytes (7%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 226 bytes (11%) of dynamic memory, leaving 1822 bytes for local variables. Maximum is 2048
bytes.


Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
... and for B
Wait one second for A
```

Kontrollfluss

Bisher haben wir Programme entworfen, die eine sequenzielle Abfolge von Anweisungen enthielt.

Lineare Ausführungskette

Diese Einschränkung wollen wir nun mit Hilfe weiterer Anweisungen überwinden:

1. **Verzweigungen (Selektion)**: In Abhängigkeit von einer Bedingung wird der Programmfluss an unterschiedlichen Stellen fortgesetzt.

   Beispiel: Wenn bei einer Flächenberechnung ein Ergebnis kleiner Null generiert wird, erfolgt eine Fehlerausgabe. Sonst wird im Programm fortgefahren.

2. **Schleifen (Iteration)**: Ein Anweisungsblock wird so oft wiederholt, bis eine Abbruchbedingung erfüllt wird.

   Beispiel: Ein Datensatz wird durchlaufen um die Gesamtsumme einer Spalte zu bestimmen. Wenn der letzte Eintrag erreicht ist, wird der Durchlauf abgebrochen und das Ergebnis ausgegeben.

3. Des Weiteren verfügt C/C++ über **Sprünge**: die Programmausführung wird mit Hilfe von Sprungmarken an einer anderen Position fortgesetzt. Formal sind sie jedoch nicht notwendig. Statt die nächste Anweisung auszuführen, wird (zunächst) an eine ganz andere Stelle im Code gesprungen.

Verzweigungen

Verzweigungen entfalten mehrere mögliche Pfade für die Ausführung des Programms.

Darstellungsbeispiele für mehrstufige Verzweigungen (`switch`)

`if`-Anweisungen

Im einfachsten Fall enthält die `if`-Anweisung eine einzelne bedingte Anweisung oder einen Anweisungsblock. Sie kann mit `else` um eine Alternative erweitert werden.

Zum Anweisungsblock werden die Anweisungen mit geschweiften Klammern (`{` und `}`) zusammengefasst.

```
if(Bedingung) Anweisung;  // <- Einzelne Anweisung

if(Bedingung){            // <- Beginn Anweisungsblock
   Anweisung;
   Anweisung;
}                         // <- Ende Anweisungsblock
```

Optional kann eine alternative Anweisung angegeben werden, wenn die Bedingung nicht erfüllt wird:

```
if(Bedingung){
  Anweisung;
}else{
  Anweisung;
}
```

Mehrere Fälle können verschachtelt abgefragt werden:

```
if(Bedingung)
  Anweisung;
else
  if(Bedingung)
    Anweisung;
  else
    Anweisung;
    Anweisung;      //!!!
```

> **Merke**: An diesem Beispiel wird deutlich, dass die Klammern für die Zuordnung elementar wichtig sind. Die letzte Anweisung gehört NICHT zum zweiten `else` Zweig und auch nicht zum ersten. Diese Anweisung wird immer ausgeführt!

Weitere Beispiele für Bedingungen

Die Bedingungen können als logische UND arithmetische Ausdrücke formuliert werden.

Ausdruck	Bedeutung
`if (a != 0)`	$a \neq 0$
`if (a == 0)`	$a = 0$
`if (!(a <= b))`	$\overline{(a \leq b)}$ oder $a > b$
`if (a != b)`	$a \neq b$
`if (a || b)`	$a > 0$ oder $b > 0$

Mögliche Fehlerquellen

1. Zuweisungs- statt Vergleichsoperator in der Bedingung (kein Compilerfehler)
2. Bedingung ohne Klammern (Compilerfehler)
3. `;` hinter der Bedingung (kein Compilerfehler)
4. Multiple Anweisungen ohne Anweisungsblock
5. Komplexität der Statements

Beispiel

Nehmen wir an, dass wir einen kleinen Roboter aus einem Labyrinth fahren lassen wollen. Dazu gehen wir davon aus, dass er bereits an einer Wand steht. Dieser soll er mit der "Linke-Hand-Regel" folgen. Dabei wird von einem einfach zusammenhängenden Labyrith ausgegangen.

Die nachfolgende Grafik illustriert den Aufbau des Roboters und die vier möglichen Konfigurationen des Labyrinths, nachdem ein neues Feld betreten wurde.

Fall	Bedeutung
1.	Die Wand knickt nach links weg. Unabhängig von WG und WR folgt der Robter diesem Verlauf.
2.	Der Roboter folgt der linksseitigen Wand.
3.	Die Wand blockiert die Fahrt. Der Roboter dreht sich nach rechts, damit liegt diese Wandelement nun wieder zu seiner linken Hand.
4.	Der Roboter folgt dem Verlauf nach einer Drehung um 180 Grad.

WL	WG	WR	Fall	Verhalten
0	0	0	1	Drehung Links, Vorwärts
0	0	1	1	Drehung Links, Vorwärts
0	1	0	1	Drehung Links, Vorwärts
0	1	1	1	Drehung Links, Vorwärts
1	0	0	2	Vorwärts
1	0	1	2	Vorwärts
1	1	0	3	Drehung Rechts, Vorwärts
1	1	1	4	Drehung 180 Grad

IfExample.c

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  int WL, WG, WR;
  WL = 0; WG = 1; WR =1;
  if (!WL)                          // Fall 1
    cout<<"Drehung Links\n";
  if ((WL) && (!WG))                 // Fall 2
      cout<<"Vorwärts\n";
  if ((WL) && (WG) && (!WR))         // Fall 3
    cout<<"Drehung Rechts\n";
  if ((WL) && (WG) && (WR))          // Fall 4
    cout<<"Drehung 180 Grad\n";
  return 0;
}
```

```
Drehung Links
```

Sehen Sie mögliche Vereinfachungen des Codes?**

Zwischenfrage

Test.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int Punkte = 45;
    int Zusatzpunkte = 15;
    if (Punkte + Zusatzpunkte >= 50)
    {
        cout<<"Test ist bestanden!\n";
        if (Zusatzpunkte >= 15)
        {
            cout<<"Alle Zusatzpunkte geholt!\n";
        }else{
            if(Zusatzpunkte > 8) {
                cout<<"Respektable Leistung\n";
            }
        }
    }else{
        cout<<"Leider durchgefallen!\n";
    }
    return 0;
}
```

```
Test ist bestanden!
Alle Zusatzpunkte geholt!
```

- ◯ `Test ist bestanden`
- ◯ `Alle Zusatzpunkte geholt`
- ◯ `Leider durchgefallen!`
- ◯ `Test ist bestanden!+Alle Zusatzpunkte geholt!`
- ◯ `Test ist bestanden!+Respektable Leistung`

`switch`-Anweisungen

Too many ifs - I think I switch

Berndt Wischnewski

Eine übersichtlichere Art der Verzweigung für viele, sich ausschließende Bedingungen wird durch die `switch`-Anweisung bereitgestellt. Sie wird in der Regel verwendet, wenn eine oder einige unter vielen Bedingungen ausgewählt werden sollen. Das Ergebnis der "expression"-Auswertung soll eine Ganzzahl (oder `char`-Wert) sein. Stimmt es mit einem "const_expr"-Wert überein, wird die Ausführung an dem entsprechenden `case`-Zweig fortgesetzt. Trifft keine der Bedingungen zu, wird der `default`-Fall aktiviert.

```
switch(expression)
 {
   case const-expr: Anweisung break;
   case const-expr:
      Anweisungen
      break;
   case const-expr: Anweisungen break;
   default: Anweisungen
 }
```

SwitchExample.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
  int a=50, b=60;
  char op;
  cout<<"Bitte Operator definieren (+,-,*,/): ";
  cin>>op;

  switch(op) {
    case '+':
      cout<<a<<" + "<<b<<" = "<<a+b<<" \n";
      break;
    case '-':
      cout<<a<<" - "<<b<<" = "<<a-b<<" \n";
      break;
    case '*':
      cout<<a<<" * "<<b<<" = "<<a*b<<" \n";
      break;
    case '/':
      cout<<a<<" / "<<b<<" = "<<a/b<<" \n";
      break;
    default:
      cout<<op<<"? kein Rechenoperator \n";
  }
  return 0;
}
```

```
Bitte Operator definieren (+,-,*,/):
```

Im Unterschied zu einer `if`-Abfrage wird in den unterschiedlichen Fällen immer nur auf Gleichheit geprüft! Eine abgefragte Konstante darf zudem nur einmal abgefragt werden und muss ganzzahlig oder `char` sein.

```
// Fehlerhafte case Blöcke
switch(x)
{
   case x < 100: // das ist ein Fehler
      y = 1000;
  break;

  case 100.1: // das ist genauso falsch
      y = 5000;
      z = 3000;
  break;
}
```

Und wozu brauche ich das `break`? Ohne das `break` am Ende eines Falls werden alle darauf folgenden Fälle bis zum Ende des `switch` oder dem nächsten `break` zwingend ausgeführt.

SwitchBreak.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
  int a=5;

  switch(a) {
    case 5:   // Multiple Konstanten
    case 6:
    case 7:
      cout<<"Der Wert liegt zwischen 4 und 8\n";
    case 3:
      cout<<"Der Wert ist 3 \n";
      break;
    case 0:
      cout<<"Der Wert ist 0 \n";
    default: cout<<"Wert in keiner Kategorie\n";}

  return 0;
}
```

```
Der Wert liegt zwischen 4 und 8
Der Wert ist 3
```

Unter Ausnutzung von `break` können Kategorien definiert werden, die aufeinander aufbauen und dann übergreifend "aktiviert" werden.

CharClassification.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
  char ch;
  cout<<"Geben Sie ein Zeichen ein :  ";
  cin>>ch;

  switch(ch)
  {
      case 'a':
      case 'A':
      case 'e':
      case 'E':
      case 'i':
      case 'I':
      case 'o':
      case 'O':
      case 'u':
      case 'U':
          cout<<"\n\n"<<ch<<" ist ein Vokal.\n\n";
          break;
      default:
          cout<<ch<<" ist ein Konsonant.\n\n";
  }
  return 0;
}
```

```
main.c:1:10: fatal error: iostream: No such file or directory
    1 | #include <iostream>
      |          ^~~~~~~~~~
compilation terminated.
```

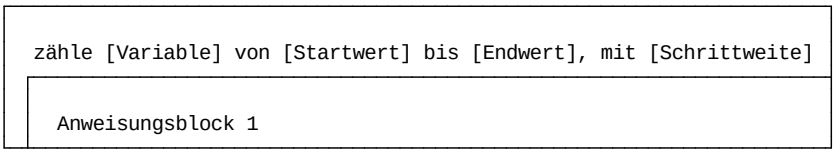
Schleifen

Schleifen dienen der Wiederholung von Anweisungsblöcken – dem sogenannten Schleifenrumpf oder Schleifenkörper – solange die Schleifenbedingung als Laufbedingung gültig bleibt bzw. als Abbruchbedingung nicht eintritt. Schleifen, deren Schleifenbedingung immer zur Fortsetzung führt oder die keine Schleifenbedingung haben, sind *Endlosschleifen*.

Schleifen können verschachtelt werden, d.h. innerhalb eines Schleifenkörpers können weitere Schleifen erzeugt und ausgeführt werden. Zur Beschleunigung des Programmablaufs werden Schleifen oft durch den Compiler entrollt (*Enrollment*).

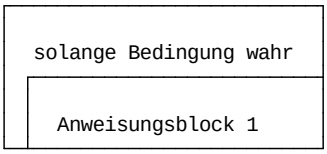
Grafisch lassen sich die wichtigsten Formen in mit der Nassi-Shneiderman Diagrammen wie folgt darstellen:

- Iterationssymbol



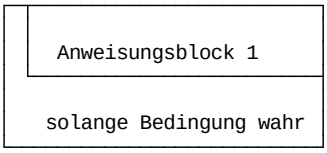
.

- Wiederholungsstruktur mit vorausgehender Bedingungsprüfung



.

- Wiederholungsstruktur mit nachfolgender Bedingungsprüfung



.

Die Programmiersprache C/C++ kennt diese drei Formen über die Schleifenkonstrukte `for`, `while` und `do while`.

`for`-Schleife

Der Parametersatz der `for`-Schleife besteht aus zwei Anweisungsblöcken und einer Bedingung, die durch Semikolons getrennt werden. Mit diesen wird ein **Schleifenzähler** initiiert, dessen Manipulation spezifiziert und das Abbruchkriterium festgelegt. Häufig wird die Variable mit jedem Durchgang inkrementiert oder dekrementiert, um dann anhand eines Ausdrucks evaluiert zu werden. Es wird überprüft, ob die Schleife fortgesetzt oder abgebrochen werden soll. Letzterer Fall tritt ein, wenn dieser den Wert false (falsch) annimmt.

```
// generisches Format der for-Schleife
for(Initialisierung; Bedingung; Reinitialisierung) {
  // Anweisungen
}

// for-Schleife als Endlosschleife
for(;;){
  // Anweisungen
}
```

ForLoopExample.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  int i;
  for (i = 1; i<10; i++)
    cout<<i<<" ";

  cout<<"\nNach der Schleife hat i den Wert "<<i<<"\n";
  return 0;
}
```

Beliebte Fehlerquellen

- Semikolon hinter der schließenden Klammer von `for`
- Kommas anstatt Semikolons zwischen den Parametern von `for`
- fehlerhafte Konfiguration von Zählschleifen
- Nichtberücksichtigung der Tatsache, dass die Zählvariable nach dem Ende der Schleife über dem Abbruchkriterium liegt

SemicolonAfterFor.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  int i;
  for (i = 1; i<10; i++);
    cout<<i<<" ";

  cout<<"Das ging jetzt aber sehr schnell ... \n"<<i;
  return 0;
}
```

```
main.c:1:10: fatal error: iostream: No such file or directory
    1 | #include <iostream>
      |          ^~~~~~~~~~
compilation terminated.
```

`while`-Schleife

Während bei der `for`-Schleife auf ein n-maliges Durchlaufen Anweisungsfolge konfiguriert wird, definiert die `while`-Schleife nur eine Bedingung für den Fortführung/Abbruch.

```cpp
// generisches Format der while-Schleife
while (Bedingung)
  Anweisungen;

while (Bedingung){
    Anweisungen;
    Anweisungen;
}
```

count_plus.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  char c;
  int zaehler = 0;
  cout<<"Pluszeichenzähler - zum Beenden \"_\" [Enter]\n";
  cin>>c;
  while(c != '_')
  {
    if(c == '+')
      zaehler++;
      cin>>c;
  }
  cout<<"Anzahl der Pluszeichen: "<<zaehler<<"\n";
  return 0;
}
```

```
Pluszeichenzähler - zum Beenden "_" [Enter]
```

Dabei soll erwähnt werden, dass eine `while`-Schleife eine `for`-Schleife ersetzen kann.

```cpp
// generisches Format der while-Schleife
i = 0;
while (i<10){
  // Anweisungen;
  i++;
}
```

`do-while`-Schleife

Im Gegensatz zur `while`-Schleife führt die `do-while`-Schleife die Überprüfung des Abbruchkriteriums erst am Schleifenende aus.

```
// generisches Format der while-Schleife
do
   Anweisung;
 while (Bedingung);
```

Welche Konsequenz hat das? Die `do-while`-Schleife wird in jedem Fall einmal ausgeführt.

count_plus.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  char c;
  int zaehler = 0;
  cout<<"Pluszeichenzähler - zum Beenden \"_\" [Enter]\n";
  do
  {
    cin>>c;
    if(c == '+')
      zaehler++;
  }while(c != '_');
  cout<<"Anzahl der Pluszeichen: "<<zaehler<<"\n";
  return 0;
}
```

```
Pluszeichenzähler - zum Beenden "_" [Enter]
```

Kontrolliertes Verlassen der Anweisungen

Bei allen drei Arten der Schleifen kann zum vorzeitigen Verlassen der Schleife `break` benutzt werden. Damit wird aber nur die unmittelbar umgebende Schleife beendet!

breakForLoop.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  int i;
  for (i = 1; i<10; i++){
      if (i == 5) break;
      cout<<i<<" ";
  }
  cout<<"\nUnd vorbei ... i ist jetzt "<<i<<"\n";
  return 0;
}
```

```
1 2 3 4
Und vorbei ... i ist jetzt 5
```

Eine weitere wichtige Eingriffsmöglichkeit für Schleifenkonstrukte bietet `continue`. Damit wird nicht die Schleife insgesamt, sondern nur der aktuelle Durchgang gestoppt.

continueForLoop.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
  int i;
  for (i = -5; i<6; i++){
      if (i == 0) continue;
      cout<<12. / i<<"\n";
  }
  return 0;
}
```

Durch `return` - Anweisung wird das Verlassen einer Funktion veranlasst (genaues in der Vorlesung zu Funktionen).

Beispiel des Tages

Das Codebeispiel des Tages führt die Berechnung eines sogenannten magischen Quadrates vor.

Das Lösungsbeispiel stammt von der Webseite https://rosettacode.org, die für das Problem magic square und viele andere "Standardprobleme" Lösungen in unterschiedlichen Sprachen präsentiert. Sehr lesenswerte Sammlung!

magicSquare.cpp

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

int f(int n, int x, int y)
{
  return (x + y*2 + 1) % n;
}

int main() {
  int i, j, n;

  //Input must be odd and not less than 3.
  n = 5;
  if (n < 3 || (n % 2) == 0) return 2;

  for (i = 0; i < n; i++) {
    for (j = 0; j < n; j++){
      cout<<f(n, n - j - 1, i)*n + f(n, j, i) + 1<<"\t";
      //fflush(stdout);
    }
    cout<<"\n";
  }
  cout<<"\nMagic Constant: "<<(n*n+1)/2*n<<".\n";

  return 0;
}
```

```
2       23      19      15      6
14      10      1       22      18
21      17      13      9       5
8       4       25      16      12
20      11      7       3       24

Magic Constant: 65.
```