Softwareentwicklung I (IB)

Kontrollstrukturen

Prof. Dr. Oliver Braun

Fakultät für Informatik und Mathematik
Hochschule München

Letzte Änderung: 28.01.2020 17:32

Inhaltsverzeichnis

Algorithmen

Sequenz

- **Einfache Anweisungen** können nicht in kleinere Anweisungen zerlegt werde
- Beispiele: Variablendefinitionen, Wertzuweisungen, Ausgabeanweisungen
- **Zusammengesetzte Anweisungen** enthalten als Bausteine vollständige, untergeordnete Anweisungen
- Zusammengesetzte Anweisungen = **Kontrollstrukturen**
- Einfachste Kontrollstruktur: **Sequenz** = Anweisungsfolge = Aneinanderreihung von Anweisungen

Darstellungsformen

- Beschreibungsformen für Algorithmen:

  Umgangssprache Problematisch: Mißverständnisse, Interpretationsmöglichkeiten, Sprachkenntnisse
  Quelltext Nur mit Kenntnis einer konkreten Programmiersprache lesbar
  Neutrale, abstrakte Form Brauchbarer Kompromiss

- **Struktogramme** (=„Nassi-Shneiderman-Diagramme“)
- Halbgraphische Darstellungen, Einzelheiten fehlen
- Ziel: Reduktion auf die Idee, die wesentlichen Strukturen
- **Aktivitätsdiagramme** aus der UML (Unified Modeling Language)
  - Achtung: wirre Konstruktionen möglich

Elementarbausteine von Aktivitätsdiagrammen

- Umgangssprachlich:

```
Definiere n als ganze Zahl
Gib n den Wert 4
Zähle n um 1 hoch
Gib n aus
```

- **Pseudocode:** Kurze Codefragmente, ähnlich zu üblichen Programmiersprachen

```
int n
n = 4
n = n + 1
print n
```

Alternativen (`if`)

Idee

- **`if`-Anweisung** (= „Alternative“, „bedingte Anweisung“, „Verzweigung“) besteht aus
  1. Bedingung (engl. condition) und
  2. untergeordneter Anweisung
- Untergeordnete Anweisung wird nur dann ausgeführt, wenn die Bedingung zutrifft, andernfalls übergangen
- Syntax

```
if (condition)
    statement
```

Beispiel

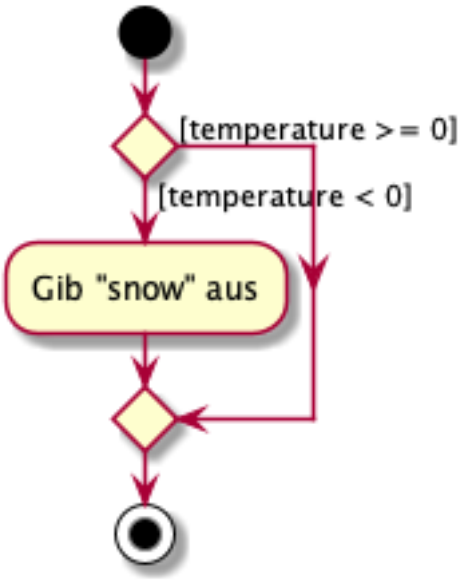
- Text „snow“ ausgeben, wenn `temperature` einen negativen Wert hat
- andernfalls nichts ausgegeben.

```
if (temperature < 0)
    System.out.println("snow");
```

- Zuerst die Bedingung `temperature < 0` prüfen …

  trifft zu? Ausgabeanweisung ausführen
  trifft nicht zu? Ausgabeanweisung übergehen

- **Achtung**: UML Activity Diagrams spiegeln nicht direkt die Syntax der bedingten Anweisung wider.



Bedingung

- Bedingung = Ausdruck mit ja/nein-Ergebnis = `boolean`-Ausdruck
- Neue Art von Ausdruck: „trifft zu“ oder „trifft nicht zu“, keine dritte Möglichkeit
- Ergebnis der „Berechnung“ ist keine Zahl, sondern ein **Wahrheitswert**

Vergleichsoperatoren

- Bedingung einer `if`-Anweisung: **Vergleich** von zwei (numerischen) Ausdrücken
- Vergleich mit **relationalem Operator** (= „Vergleichsoperator“)

- Relationale Operatoren:
  - `<` kleiner
  - `<=` kleiner oder gleich
  - `>` größer
  - `>=` größer oder gleich
  - `==` gleich
  - `!=` nicht gleich

Vergleichsoperatoren (2)

- Häufiger Fehler:
  - Gleichheitsrelation „==“ in Java entspricht „=“ in der Mathematik
  - Wertzuweisung „=“ in Java hat keine mathematische Entsprechung
- Neue Gruppe von Operatoren:
  - Operanden sind Zahlen, Ergebnis ist Wahrheitswert
  - Dagegen arithmetische Operatoren: Operanden sind Zahlen, Ergebnis ist Zahl
- Syntax:

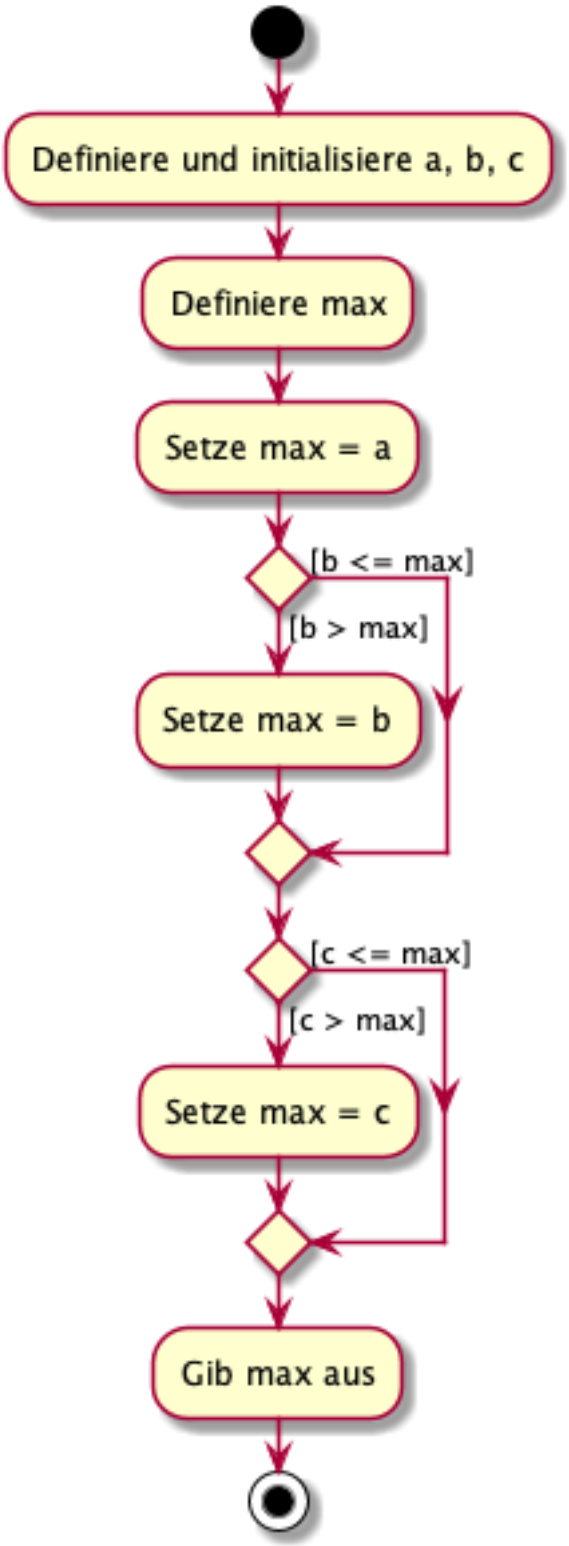
  ```
  expression relop expression
  ```

- **Priorität** niedriger als arithmetische Operatoren. Beispiel:
  ```
  2 + 3 < 2 * 3
  5 < 2 * 3
  5 < 6
  ```

Beispiel: Größter von drei Werten

- Variablen `a`, `b` und `c` haben beliebige Werte. Der größte der drei soll in die Variable `max` kopiert und `max` dann ausgegeben werden.
- Algorithmus umgangsprachlich:
  - Annahme: `a` ist größter Wert, (vorläufig) an `max` zuweisen
  - Ist `b` größer als `max`? Dann `max` durch `b` ersetzen
  - Ist `c` noch größer als `max`? Dann `max` durch `c` ersetzen
  - `max` ausgeben
- Aufgabe: Erstellen Sie das entsprechende Aktivitätsdiagramm.

Beispiel: Größter von drei Werten: Akivitätsdiagramm



Beispiel: Größter von drei Werten: Javaprogramm

```
class Max3 {
  public static void main(String[] args) {
    // Definiere und initialisiere a, b, c
    final int a = Integer.parseInt(args[0]);
    final int b = Integer.parseInt(args[1]);
    final int c = Integer.parseInt(args[2]);

    int max = a; // Definiere max; Setze max = a

    if (b > max) // Ist b > max?
        max = b; // Ja - Setze max = b
    if (c > max) // Ist c > max?
        max = c; // Ja - Setze max = c
    System.out.println(max);
  }
}
```

Zweiseitige `if`-Anweisungen

- **Zweiseitige `if`-Anweisungen**: Erweiterung der einfachen, einseitigen `if`-Anweisung
- Enthält eine Bedingung & zwei untergeordnete Anweisungen
- Wenn die Bedingung zutrifft, wird die erste Anweisung ausgeführt, andernfalls die zweite
- Syntax:

```
if (condition)
    then-statement
else
    else-statement
```

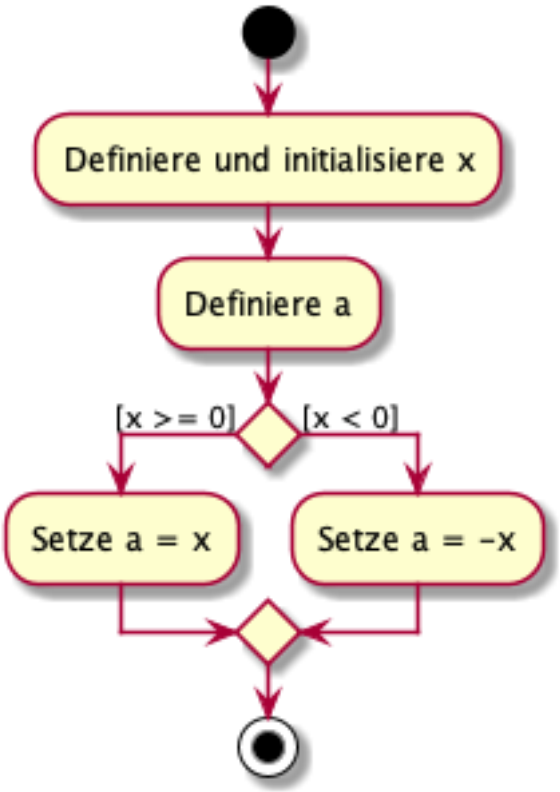
Zweiseitige `if`-Anweisungen (2)

- Beispiel: `x` enthält einen beliebigen Wert; in `a` soll dessen Absolutwert („Betrag“) berechnet werden:

```
double x = …;
double a;
if (x >= 0)
    a = x;
```

```
else // x < 0
    a = -x;
```

- Es wird immer
  - *genau eine* der beiden Anweisungen ausgeführt, aber
  - *niemals beide*,
  - *niemals keine*.



Vergleich von Floatingpoint-Werten

- Relationale Operatoren sind polymorph, können ganze Zahlen und Floatingpoint-Werte vergleichen
- Gemischte Operanden: implizite Typkonversion
- Beispiel:

```
double a = 1.0/7.0;
double b = a + 1.0;
double c = b - 1.0;
if (a == c)
    System.out.println("gleich");
```

```
else
    System.out.println("verschieden");
```

- Was würden Sie erwarten?

Rundungsfehler bei Floatingpoint-Werten.

- Ausgabe: „`verschieden`“, weil das Zwischenergebnis `b` eine zusätzliche gültige Stelle vor dem Komma braucht und damit am Ende eine Stelle „verliert“:

```
a = 0.14285714285714285
b = 1.1428571428571428
c = 0.1428571428571428
```

Deshalb:

- Vergleich von exakten Floatingpoint-Werten mit „`==`“ und „`!=`“ heikel
- Floatingpoint-Werte in Bereichen prüfen, nicht auf Einzelwerte
- Im obigen Beispiel:

  ```
  Math.abs(a - c) < 1e-10
  ```

  statt

  ```
  a == c
  ```

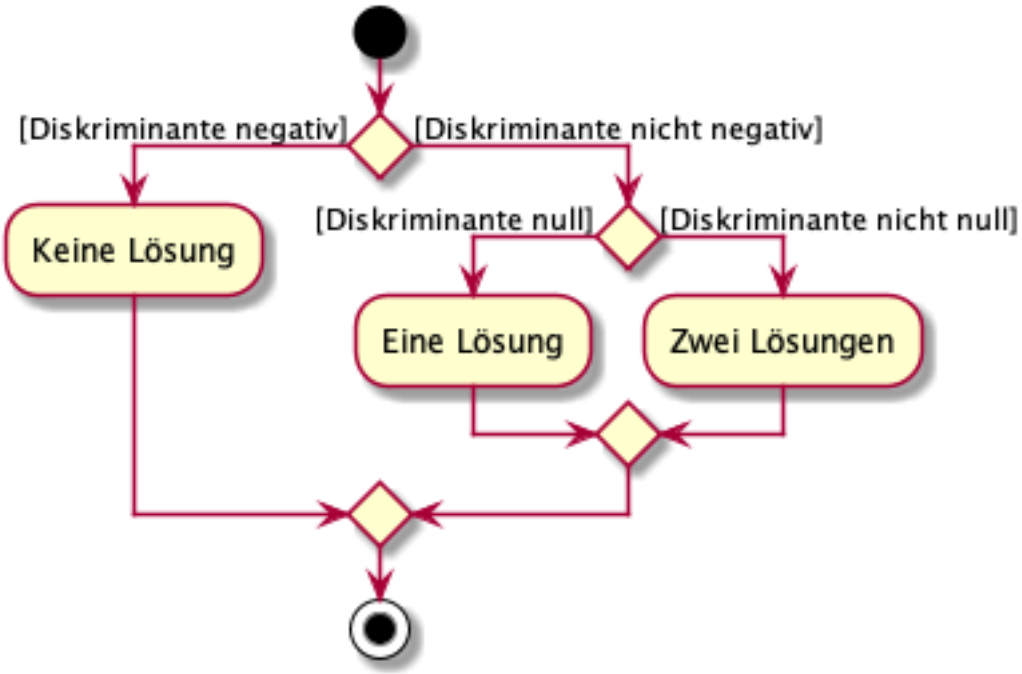
  Ausgabe: `gleich`

Geschachtelte `if`-Anweisungen

- `if`-Anweisung ist selbst eine Anweisung
- Eine `if`-Anweisung kann einer anderen untergeordnet werden: „geschachtelte `if`-Anweisungen“
- Beispiel: Lösungen der quadratischen Gleichung $ax^2 + bx + c = 0$ abhängig vom Vorzeichen der Diskriminante $d = b^2 - 4ac$

$d > 0$:	Zwei Lösungen $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{d}}{2a}$
$d = 0$:	Eine Lösung $-\frac{b}{2a}$
$d < 0$:	Keine Lösung.

Geschachtelte `if`-Anweisungen: Aktivitätsdiagramm



Geschachtelte `if`-Anweisungen: Programm

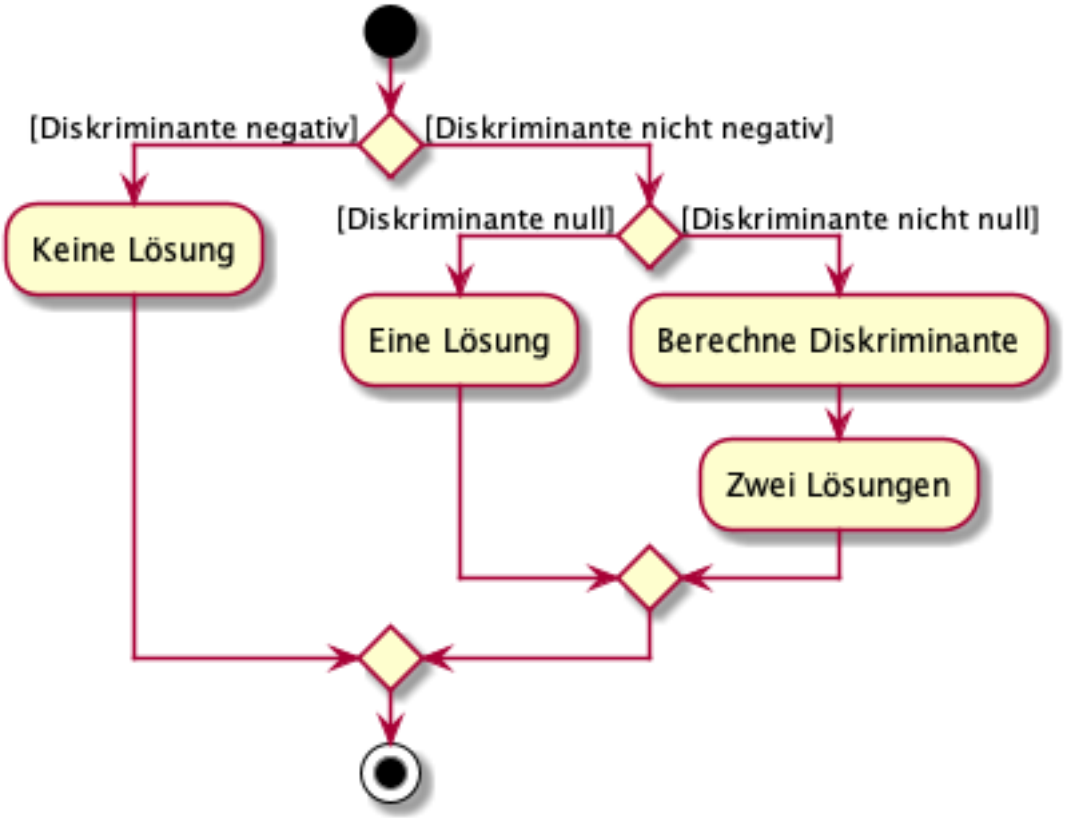
```
class SolveSqrt {
  public static void main(String[] args) {
    final double a = Double.parseDouble(args[0]);
    final double b = Double.parseDouble(args[1]);
    final double c = Double.parseDouble(args[2]);
    final double d = b*b - 4*a*c;
    if (d < 0)
      System.out.printf("no solution%n");
    else
      if (d == 0)
        System.out.printf("1 solution: %g%n",
              -b/(2*a));
      else
        System.out.printf("2 solutions: %g, %g%n",
              (-b + Math.sqrt(d))/(2*a),
              (-b - Math.sqrt(d))/(2*a));
  }
}
```

Mehrere `ifs` statt geschachtelte `ifs`

- Gleiches Ergebnis ohne geschachtelte `if`-Anweisungen:

```
...
if (d < 0)
  ...
if (d == 0)
  ...
if (d > 0)
  ...
...
```

- **Aber:** Weniger effizient: Immer drei Vergleiche, statt einem oder zwei



Blöcke als Anweisungsgruppe

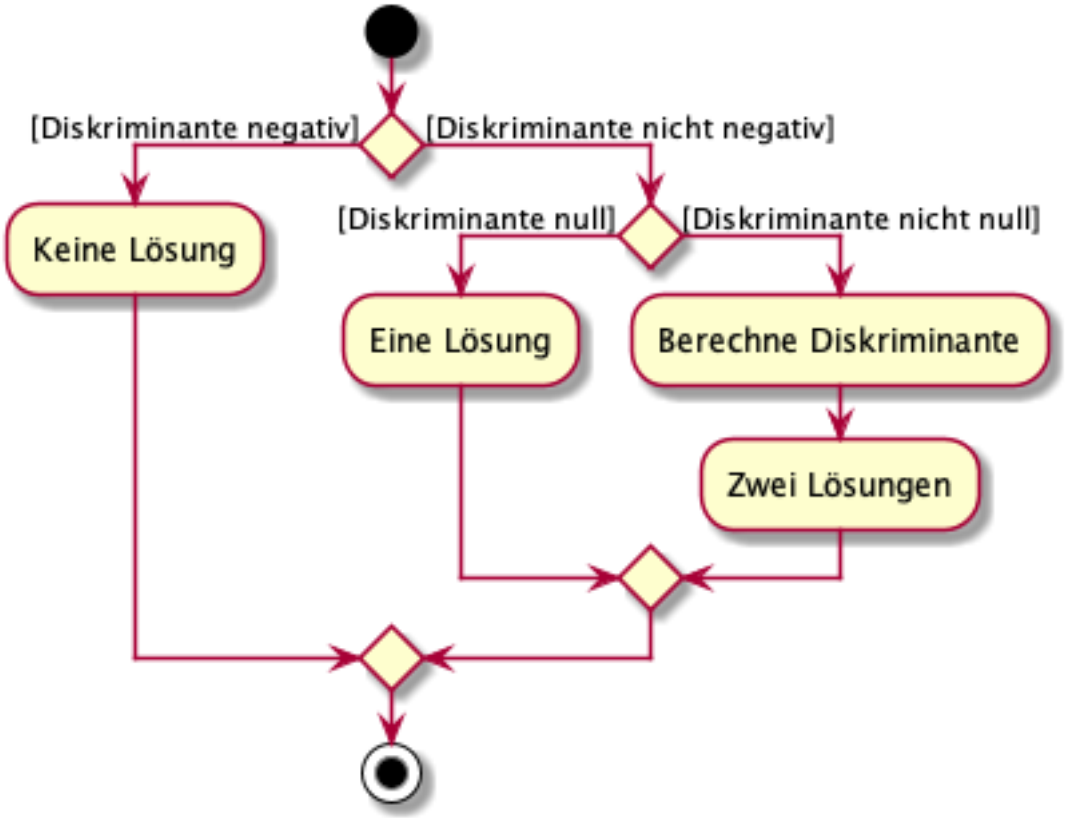
- `if`-Anweisung kontrolliert eine oder zwei einzelne untergeordnete Anweisungen
- Oft gebraucht: mehrere untergeordnete Anweisungen
- Gruppieren einer Sequenz zu einem **Block** mit geschweiften Klammern

- Syntax

```
… {
    statement
    statement
    statement
    …
}
```

Blöcke als Anweisungsgruppe: Beispiel

Wurzel der Diskriminante im vorhergehenden Beispielprogramm nur einmal berechnen und zwischenspeichern:




```
...
else {
  a = 2*a;
  if (d == 0)
    System.out.printf(
      "1 solution: %g%n", -b/a);
  else {
    d = Math.sqrt(d);
```

```
    System.out.printf(
      "2 solutions: %g, %g%n",
        (-b + d)/a, (-b - d)/a);
  }
}
```

Leerer Block

- Block kann beliebig viele Anweisungen enthalten, einschließlich überhaupt keine: **leerer Block**: `{}`
- Leerer Block äquivalent zur **leeren Anweisung**: `;`
- Äquivalent:

```
if (...)
  ...
else
  {}
```

```
if (...)
  ...
else
  ;
```

```
if (...)
  ...
```

```
if (...)
  ...
else
  {{{;;;}}}
```

Dangling Else

- Zuordnungsproblem bei zwei `if` mit einem `else` (**dangling else**):

  ```
  if (condition1)
  if (condition2) statement1
  else statement2
  ```

- `else` könnte jedem der beiden `if`s zugeordnet werden.

Dangling Else: Mögliche Interpretationen

`else` → erstes `if` :

```
if (condition1)
    if (condition2)
        statement1
else
    statement2
```

`else` → zweites `if` :

```
if (condition1)
    if (condition2)
        statement1
    else
        statement2
```

Dangling Else: Lösung

- Compiler ignoriert Einrückung, orientiert sich am Programmtext: In beiden Fällen der Gleiche!
- **Regel:** `else` gehört zum textuell letzten freien `if` im selben Block („freies“ `if` = noch keinem `else` zugeordnet)
- Oben: Untere Interpretation auf der rechten Seite „gilt“

Klammern

- Explizites Klammern schafft Klarheit, vermeidet Fehler

```
if (condition1) {
    if (condition2)
        statement1
}
else
    statement2
```

```
if (condition1) {
    if (condition2)
        statement1
    else
        statement2
}
```

Verwenden Sie Klammern!

- verwenden Sie **immer** geschweifte Klammern!

```
if (d < 0) {
  ...
} else {
  if (d == 0) {
    ...
  } else {
    ...
  }
}
```

- das ist guter Stil und vermeidet manchen Fehler
- auf den Folien werden die Klammern um ein einzelnes statement aus Platzgründen oft weg gelassen

`if`-Kaskade

- Tiefe Verschachtelung von `if`-Anweisungen = **`if`-Kaskade**
- Beispiel: Vergleich eines Wertes mit einer Liste von Möglichkeiten
- Beispiel: Monatszahl (1 = Januar bis 12 = Dezember) in `month` gegeben, daraus in `days` Anzahl Tage berechnen

```
if (month == 1)
    days = 31;
else
    if (month == 2)
        days = 28;
    else
        if (month == 3)
            days = 31;
        ...
            else
                if (month == 12)
                    days = 31;
```

`if`-Kaskade (2)

- Konsequente Einrückung aufgeben, um Einrückungstiefe zu begrenzen:

```
if (month == 1)
    days = 31;
else if (month == 2)
    days = 28;
else if (month == 3)
    days = 31;
...
else if (month == 12)
    days = 31;
```

- Bei regelmäßigen `if`-Kaskaden dieser Art besser `switch` verwenden

Wahrheitswerte (`boolean`)

Datentyp `boolean`

- Bedingung in einer `if`-Anweisung: Ausdruck mit „Wahrheitswert“ als Ergebnis
- Eigenständiger Typ `boolean`
- `boolean` hat nur zwei Werte für „wahr“ und „falsch“
- Allgemeine Konstanten = **Literale**
- `boolean`-Literale:

`true`	= wahr, ja, zutreffend
`false`	= falsch, nein, unzutreffend

- `boolean` kein numerischer Typ, nicht kompatibel zu `int` oder `double`
- Typecast kann nicht erzwungen werden, wird nicht übersetzt:

```
int i = (int) true; // error: inconvertible types
```

Relationale Operatoren

- Relationale Operatoren erwarten numerische Operanden, liefern `boolean`-Ergebnis
- Auswertung nach demselben Schema wie arithmetische Ausdrücke gemäß Priorität und Assoziativität
- Relationale Operatoren „binden schwach“, kommen erst nach arithmetischen Operatoren zum Zug
- Beispiel:
  `2 + 3 < 2 * 3`

```
5 < 2 * 3
5 < 6
true
```

Logische Operatoren

- **Logische Operatoren** verknüpfen Wahrheitswerte
- Operanden sind Wahrheitswerte, Ergebnis ist Wahrheitswert
- Logische Operatoren:

Zeichen	Operanden	Bezeichnung	deutsch
`&&`	2	And	logisches Und
`||`	2	Or	inklusives logisches Oder
`^`	2	Xor	exklusives logisches Oder
`!`	1	Not	logisches Nicht

Wahrheitstabellen

„Wahrheitstabellen“ ordnen jeder Kombination ein Ergebnis zu, beschreiben Operatoren vollständig

- And

```
true  && true   → true
true  && false  → false
false && true   → false
false && false  → false
```

- Xor

```
true  ^ true   → false
true  ^ false  → true
false ^ true   → true
false ^ false  → false
```

- Or

```
true  || true   → true
true  || false  → true
false || true   → true
```

`false || false` $\rightarrow$ `false`

Wahrheitstabellen (2)

- Andere Darstellung macht Unterschiede deutlich

Operanden	And	Or	Xor
`true`, `true`	`true`	`true`	`false`
`true`, `false`	`false`	`true`	`true`
`false`, `true`	`false`	`true`	`true`
`false`, `false`	`false`	`false`	`false`

Zusammengesetzte Bedingungen

- Logische Operatoren für zusammengesetzte Bedingungen
- Beispiel:
  - $5 \leq x < 5$,
  - in Worten: x ist größer oder gleich -5 und x ist kleiner als 5
  - Als Java-Ausdruck: `(x >= -5) && (x < 5)`
- Beispiel: Berechnung der Tage eines Monats mit kürzerer `if`-Kaskade:

```
if (month == 2)
    days = 28;
else
    if ((month == 4) || (month == 6) ||
        (month == 9) || (month == 11))
        days = 30;
    else
        days = 31;
```

Zusammengesetzte Bedingungen (2)

- Priorität: binäre logische Operatoren (`&&`, `||`, `^`) binden schwächer als arithmetische und relationale Operatoren
- Not (`!`) bindet stärker als binäre Operatoren, wie alle unären Operatoren
- Beispiel: Die beiden folgenden Ausdrücke sind äquivalent:
  `x > 6 - 11 && x + 1 < 2*3`
  `(x > (6 - 11)) && ((x + 1) < (2*3))`

Mögliche Operatoren

- Allgemein: Mit zwei `boolean`-Operaden $2 \cdot 2 = 4$ mögliche Kombinationen:
  - beliebiger Operator $\otimes$

`true` $\otimes$ `true`	$\rightarrow$?
`true` $\otimes$ `false`	$\rightarrow$?
`false` $\otimes$ `true`	$\rightarrow$?
`false` $\otimes$ `false`	$\rightarrow$?

- Jedes ? kann `true` oder `false` sein $\Rightarrow 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2^4 = 16$ mögliche Wahrheitstabellen = mögliche binäre logische Operatoren
- And, Or, Xor sind drei der sechzehn möglichen Operatoren

Operatorgruppen

- Operatoren fallen (bisher) in drei Gruppen:

Gruppe	Operatoren	Typen
Arithmetisch	`+ - * / %`	numerisch $\rightarrow$ numerisch
Relational	`< > <= => == !=`	numerisch $\rightarrow$ `boolean`
Logisch	`&& || ^ !`	`boolean` $\rightarrow$ `boolean`

- Zusätzlich: `==` und `!=` vergleichen auch `boolean`-Werte

```
if (x > 0 == y > 0)
    System.out.println("gleiches Vorzeichen");
```

Teilweise und vollständige Auswertung

- Einzelbedingungen in zusammengesetzten Bedingungen oft abhängig
- Beispiel: „Falls b $\neq 0$ und darüber hinaus a b > 0 …“:
  `if (b != 0 && a/b > 0) …`
- Für b = 0: Normale Auswertung von `&&` würde das Programm abbrechen wegen Division durch null
- Problem: **Vollständige Auswertung** der meisten binären Operatoren
- Lösung: **Teilweise Auswertung** von And
- Allgemein: Auswertung wird beendet, wenn das Ergebnis bereits nach der Berechnung des ersten Operanden feststeht Der verbleibende, zweite Operand wird nicht mehr berechnet!
- Teilweise Auswertung bei `&&` und `||`, aber nicht möglich bei `^`

- `&&`, `||` und der bedingte Operator (`?:`) werten teilweise aus, alle anderen vollständig

`boolean`-Variablen

- Variablen mit Typ `boolean` zulässig. Beispiel:

```
boolean isOk;
isOk = true;
```

Ebenso mit Initialisierung:

```
boolean isOk = true;
```

- Zuweisung von logischen Ausdrücken an `boolean`-Variablen:

```
boolean ice = temperature < 0;
boolean steam = temperature > 100;
boolean water = !ice && !steam;
```

`boolean`-Variablen (2)

- `boolean`-Variablen ohne Vergleich in Bedingungen:

```
if (water)
    System.out.println("Water");
else if (ice)
    System.out.println("Ice");
else if (steam)
    System.out.println("Steam");
else
    System.out.println("This cannot happen!");
```

Schleifen (`while`)

while-Schleife

- **Schleife** = allgemeine Kontrollstruktur zum Wiederholen von Anweisungen
- Einfache Art von Schleifen: **`while`-Schleife**
- Syntax

```
while (condition)  // Schleifenkopf
    statement      // Schleifenrumpf
```

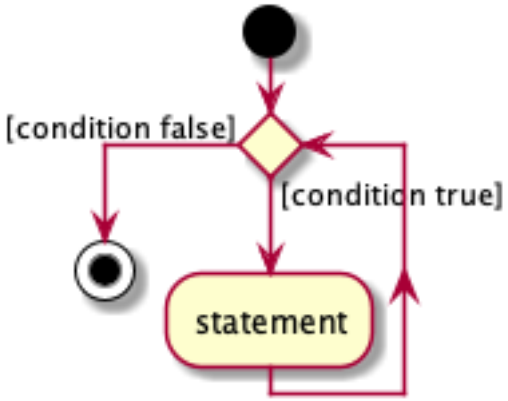
while-Schleife (Akivitätsdiagramm)

```
while (condition)
    statement
```

- `boolean`-Ausdruck condition steuert Ablauf:

  1. condition auswerten
  2. Falls `true`:
     - statement ausführen
     - zurück zu 1.

     sonst: Schleife beendet



While-Schleife

Beispiel: Größter gemeinsamer Teiler

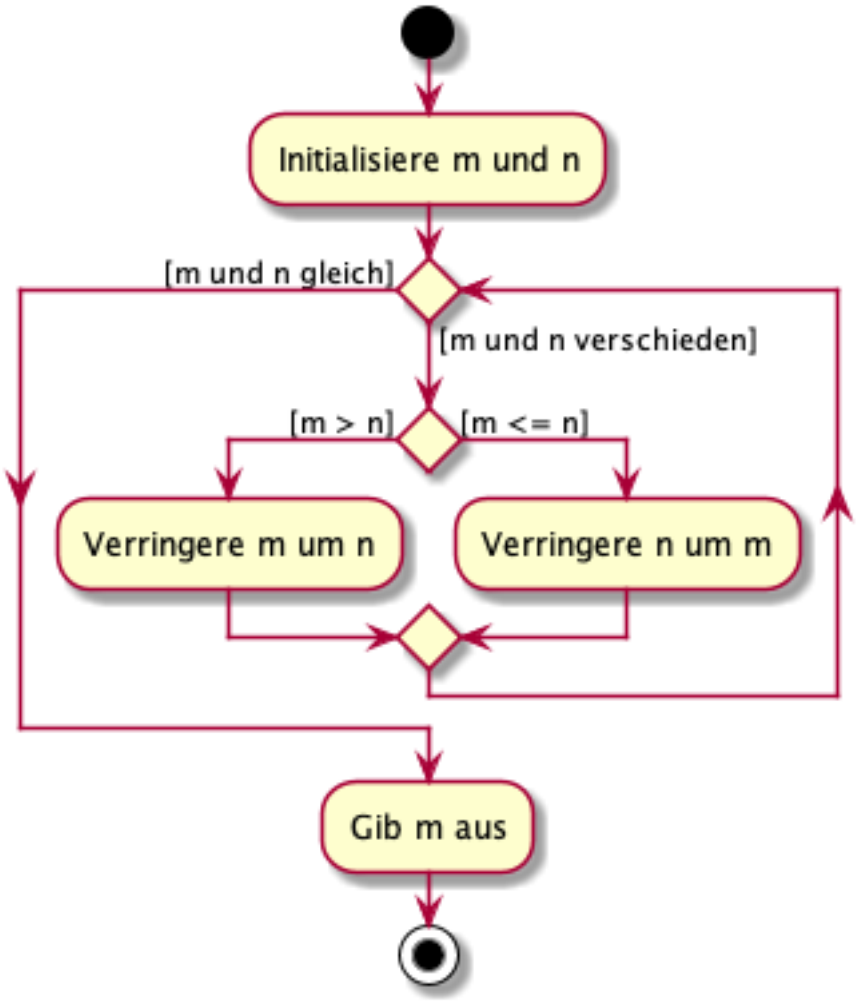
- Berechnung des **größten gemeinsamen Teilers** (engl. greatest common divider = GCD) von zwei natürlichen Zahlen m und n
- Verschiedene Algorithmen:
  - Differenzalgorithmus
  - Euklids Algorithmus
- Effizienz: Differenzalgorithmus langsamer als Euklids Algorithmus
- Beispiel: m = 1000, n = 1:

Differenzalgorithmus:	1000 Schleifendurchgänge
Euklids Algorithmus:	0 Schleifendurchgänge

Differenzalgorithmus

- Umgangssprachlich:
  1. Initialisiere m und n
  2. Wiederhole solange m $\neq$ n …
     - Verringere die größere Zahl um die kleinere
  3. m ist der ggT

Differenzalgorithmus (Akivitätsdiagramm)



Differenzalgorithmus

Differenzalgorithmus (Programm)

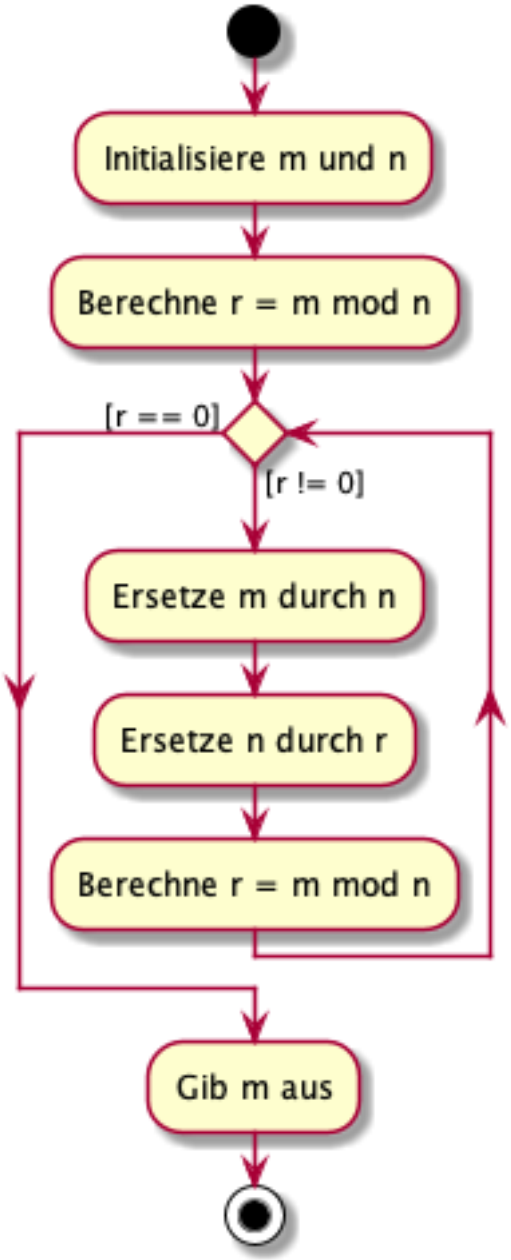
```
class DifferenceGcd {
  public static void main(String[] args) {
    int m = Integer.parseInt(args[0]);
    int n = Integer.parseInt(args[1]);
    while (m != n) {
      if (m > n) {
        m = m - n;
      } else {
        n = n - m;
      }
    }
    System.out.println(m);
  }
}
```

Euklids Algorithmus

- Euklids Algorithmus zur Berechnung des ggT
- Umgangssprachlich:

  1. Initialisiere m und n
  2. Wiederhole bis die Division m/n aufgeht …
     1. Berechne r = m mod n
     2. Ersetze m durch n
     3. Ersetze n durch r
  3. n ist der ggT

Euklids Algorithmus (Akivitätsdiagramm)



Euklids Algorithmus

Euklids Algorithmus (Javaprogramm)

```
class EuclidGcd {
  public static void main(String[] args) {
```

```
    int m = Integer.parseInt(args[0]);
    int n = Integer.parseInt(args[1]);
    int r = m % n;
    while (r != 0) {
      m = n;
      n = r;
      r = m % n;
    }
    System.out.println(n);
  }
}
```

Abbruchkriterium

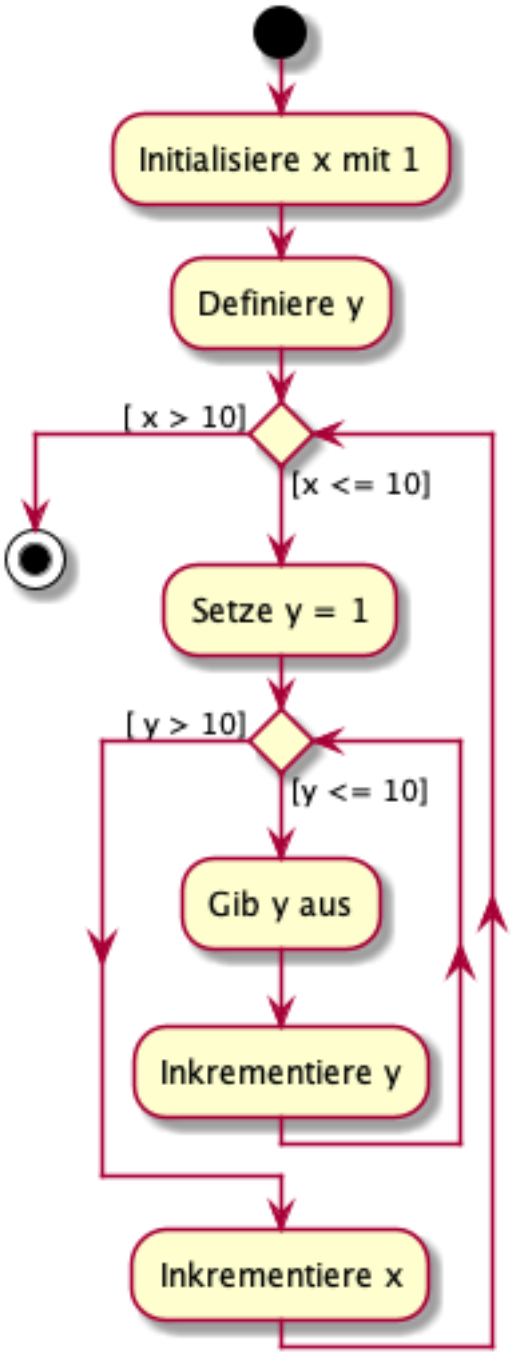
- **Offene Schleifen**
  - Anzahl Schleifendurchgänge vorher nicht bekannt
  - Beispiele: GCD
  - Gefahr einer Endlosschleife
- **Zählschleifen**
  - Anzahl Schleifendurchgänge liegt fest
  - Kontrolle mit einem „Schleifenzähler“
  - Beispiel: 1×1-Tabelle
  - Syntaktische Alternative: `for`-Schleife

1×1-Tabelle (Ausgabe)

```
$ java MultiplicationTable
   1   2   3   4   5   6   7   8   9  10
   2   4   6   8  10  12  14  16  18  20
   3   6   9  12  15  18  21  24  27  30
   4   8  12  16  20  24  28  32  36  40
   5  10  15  20  25  30  35  40  45  50
   6  12  18  24  30  36  42  48  54  60
   7  14  21  28  35  42  49  56  63  70
   8  16  24  32  40  48  56  64  72  80
   9  18  27  36  45  54  63  72  81  90
  10  20  30  40  50  60  70  80  90 100
```

1×1-Tabelle (Implementierung)

```
class MultiplicationTable {
  public static void main(String[] args) {
    int x = 1;
    int y;
    while (x <= 10) { // äußere Schleife
      y = 1;
      while (y <= 10) { // innere Schleife
        System.out.printf("%4d", x * y);
        y = y + 1;
      }
      x = x + 1;
      System.out.println();
    }
  }
}
```



one-off errors

- Alternativen zur Formulierung von Zählschleifen:
  - Start mit 0 oder 1

  - Test des Endwertes mit `<` oder `<=`

- Allgemein üblich: Start mit 0, Test mit `<`
- Endwert = Anzahl Schleifendurchgänge `counter` durchläuft Werte 0, 1, …, 9

```
int counter = 0;
while (counter < 10) {
    counter = counter + 1;
}
```

one-off errors (2)

- Gelegentlich notwendig: Start mit 1, Test mit `<=`
- Beispiel: Verarbeitung von Kalendermonaten, `month` durchläuft Werte 1, 2, …, 12

```
int month = 1;
while (month <= 12) {
    ...
    month = month + 1;
}
```

- Andere Kombination kaum jemals sinnvoll
- häufige Fehlerquelle one-off errors

Wert nach der Schleife

Was wird ausgegeben?

```
int counter = 0;
while (counter < 10) {
    counter = counter + 1;
}
System.out.println(counter);
```

Operatorzuweisungen

- Häufig gebraucht: Wertzuweisung der Form
  `variable = variable operator expression;` wobei…

variable	auf beiden Seiten die selbe Variable
operator	binärer Operator
expression	kompatibler Ausdruck

- Äquivalente Schreibweise als **Operatorzuweisung**:
  variable operator= expression;
- Beispiel:
  `x = x + 2;`
  `x += 2;` // äquivalent
- Syntaktische Kurzform ohne neue Funktionalität

Inkrement- und Dekrementoperator

- Schleifenvariablen oft in Einerschritten nach oben oder unten gezählt:
  variable = variable + 1;
  variable = variable - 1;
- Mit Operatorzuweisungen:
  variable += 1;
  variable -= 1;
- Noch kürzer mit **Inkrementoperator** ++ (**Dekrementoperator** --):
  variable++;
  variable--;
- Folgende Anweisungen sind (fast) äquivalent:
  variable = variable + 1;
  variable += 1;
  variable++;

Inkrement- und Dekrementoperator (Beispiele)

```
int counter = 0;
while (counter < 10)
    counter++;
```

```
class MultiplicationTable {
    public static void main(String[] args) {
        int x = 1;
        int y;
        while (x <= 10) { // äußere Schleife
            y = 1;
            while (y <= 10) { // innere Schleife
                System.out.printf("%4d", x*y);
                y++;
            }
            x++;
            System.out.println();
        }
```

```
    }
}
```

Inkrement und Dekrement als Ausdruck

- variable++ ist Anweisung und Ausdruck
- Wert von variable++ = Wert der Variablen vor dem Inkrementieren (entsprechend variable-- vor dem Dekrementieren)

```
int a = 1;
System.out.println(a++); // gibt 1 aus
System.out.println(a++); // gibt 2 aus
System.out.println(a);   // gibt 3 aus
```

- ++, -- wahlweise als Präfix- oder Postfixoperatoren

  ++variable inkrementiert (dekrementiert) zuerst, liefert dann den Wert
  variable++ liefert zuerst den Wert, inkrementiert (dekrementiert) dann

Inkrement und Dekrement als Ausdruck (2)

- Beispiel (vergleiche mit obigem Beispiel)

```
int a = 1;
System.out.println(++a);    // gibt 2 aus
System.out.println(++a);    // gibt 3 aus
System.out.println(a);      // gibt 3 aus
```

- Ausdrücke mit ++ und -- schwer lesbar. Beispiel:

```
int a = 1;
int b = a+++(a+++ ++a);  // b = ?
```

- **Tipp:** ++, -- nicht in zusammengesetzten Ausdrücken verwenden.

Bedingter Operator

- Dreistelliger **bedingter Operator** (engl. conditional operator)
- Syntax mit Operatorzeichen ? und :

```
condition ? yes-expression : no-expression
```

- Ablauf:

  1. condition auswerten

2. Falls `true`: yes-expression auswerten
   Falls `false`: no-expression auswerten

```
int a = ...;
int b = a == 0 ? 1 : 2;
```

Bedingter Operator (2)

- Typ der beiden expressions kompatibel

```
int a = ...;
// ok:
double d1  = a == 0 ? 1 : 2.0;
// Fehler:
double d2  = a == 0 ? 1 : false;
 // ok, aber überflüssig:
boolean b1 = a == 0 ? true : false;
 // äquivalent zu b1 (besser, da kürzer):
boolean b2 = a == 0;
```

Bedingter Operator (3)

- Beziehung zu `if`:

```
variable = condition ? yes-expression
                     : no-expression;
```

äquivalent zu:

```
if (condition)
    variable = yes-expression;
else
    variable = no-expression;
```

- Syntaktisch
  - `?:` = Ausdruck, liefert einen Wert, Teil einer Anweisung
  - `if` = Anweisung, ohne Wert

Bedingter Operator - Teilweise Auswertung

- Nur zwei der drei Operanden werden berechnet, der dritte wird nicht berechnet

```
int a = ...;
int b = a == 0 ? 0 : 1/a;       // ok
```

- Beispiel: Maximum

```
max = a > b ? a : b;
```

- Zwei oder mehr Anwendung übertrieben, `if`-Anweisung ist klarer

```
max = a > b ? (a > c ? a : c) : (b > c ? b : c);
```

Geschachtelte Schleifen

- `while`-Schleife ist selbst eine Anweisung, kann im Rumpf einer weiteren Schleife stehen: **geschachtelte Schleifen**
- Schematisch

```
while (condition) {      // äußere Schleife
    while (condition) { // innere Schleife
        statement...
    }
}
```

- Beispiel: 1x1-Tabelle
- **Hotspot** = häufig ausgeführte Anweisungen
- Volksmund:

> 90% der Zeit verbringt ein Programm in 10% des Codes.

`do`-Schleifen

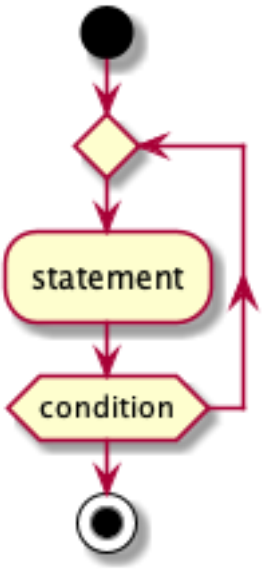
- **`do`-Schleife** (auch „do/while-Schleife“) = alternative Schleifenkonstruktion
- Syntax

```
do
    statement
while (condition);
```

- `boolean`-Ausdruck condition steuert Ablauf:

1. statement ausführen
2. condition auswerten
3. Falls `true`: Zurück zu 1.
   andernfalls: Schleife beendet

`do`-Schleifen (Akivitätsdiagramm)



do-Schleife

`do`-Schleifen (Beispiel)

Augensumme beim Würfeln berechnen, bei einer 6 nocheinmal würfeln:

```
int s = 0;
int w;
do {
    w = ...
    s += w;
} while (w == 6);
System.out.println(s);
```

Schleifenarten

- `for` (kommt später) und `while` arbeiten anders als `do`
- Bezeichnungen:
  - **Abweisende Schleife**: Test am Anfang, eventuell kein Durchlauf
  - **Annehmende Schleife**: Test am Ende, in jedem Fall wenigstens ein Durchlauf
- Merkmale

Schleifenart	Abweisend	Annehmend
Java	`while`, `for`	`do`
Durchläufe	eventuell keine	wenigstens einmal
Gebrauch	häufig	selten

- Manchmal auch **kopfgesteuerte** und **fussgesteuerte** Schleifen

`break` und `continue`

Idee

- Anweisungen `break` und `continue` unterbrechen den normalen Ablauf von Schleifen
- Im Rumpf von Schleifen zulässig (außerdem `break` in `switch`).
- Zweck: Kürzere Formulierung von Schleifen
- Aber: Stehen der strukturierten Programmierung eigentlich entgegen
- Notwendig bei foreach-Schleifen

Schleifenabbruch mit `break`

- Anweisung `break` beendet eine Schleife sofort, der Rest des Rumpfes wird übersprungen
- `break` = einfache Anweisung (wie Definitionen, Wertzuweisungen)
- Zweck: Entscheidung über Fortsetzung einer Schleife fällt mitten im Rumpf

Schematisch

- ohne `break`

```
boolean flag = true;
while (flag) {
    ... // Erster Teil des Rumpfes
    flag = ...;
    if (flag) {
        ... // Rest des Rumpfes
    }
}
```

- mit `break`

```
while (true) {
    ... // Erster Teil des Rumpfes
    if (!condition)
        break;
    ... // Rest des Rumpfes
}
```

Beispiel: Euklids ggT-Algorithmus

mit `break` ohne doppelte Berechnung des Divisionsrestes:

```
while (true) {
    int r = m % n;
    if (r == 0)
        break;
    m = n;
    n = r;
}
```

Schleifenkurzschluss mit `continue`

- Anweisung `continue` startet sofort den nächsten Schleifendurchlauf, der Rest des Rumpfes wird übersprungen
- Wie `break`: Nützlich zur Behandlung von Sonderfällen
- Zweck: Folge von Entscheidungen über Fortsetzung des Schleifendurchlaufes mitten im Rumpf

Schematisch

- ohne `continue`

```
while (...) {
  ...
  if (condition1) {
    ...
    if (condition2) {
      ...
      if (condition3) {
        ...
      }
    }
  }
}
```

- mit `continue`

```
while (...) {
  ...
  if (!condition1)
    continue;
  ...
  if (!condition2)
    continue;
  ...
  if (!condition3)
    continue;
  ...
}
```

- `break` und `continue` spalten Kontrollfluss: (wenn überhaupt) mit Bedacht verwenden

Gültigkeitsbereiche

Idee

- Oben eingeführte Blöcke gruppieren Anweisungen
- Innnerhalb eines Blocks alle Anweisungsarten erlaubt, auch Definitionen
- **Gültigkeitsbereich** (engl. scope) einer Variablen…
  - beginnt mit der Definition und
  - endet mit dem Block, in dem die Definition steht.
- Außerhalb des Blocks: Variable „gilt nicht“

Beispiel

- 1x1-Tabelle

```
1 class MultiplicationTable {
2   public static void main(String[] args) {
3     int x = 1;
4     while (x <= 10) { // äußere Schleife
5       int y = 1;
6       while (y <= 10) {  // innere Schleife
7         System.out.printf("%4d", x * y);
8         y++;
9       }
```

```
10          x++;
11          System.out.println();
12        }
13      }
14    }
```

Beispiel — Gültigkeitsbereiche

```
-   Gültigkeitsbereich von `x`

    -   ab Zeile 3 *nach* `;`
    -   bis Zeile 13 *vor* `}`

-   Gültigkeitsbereich von `y`

    -   ab Zeile 5 *nach* `;`
    -   bis Zeile 12 *vor* `}`
```

- Gültigkeitsbereiche bezogen auf Quelltext, werden vom Compiler überprüft
- Zur Laufzeit irrelevant

Namenskollision

- Gültigkeitsbereich umfasst untergeordnete (geschachtelte) Blöcke
- Vorhergehendes Beispiel: `x` in beiden geschachtelten Blöcken verfügbar
- Namenskollision: Definition des gleichen Namens, wie in einem umfassenden Block

```
int x;
    …
while (x <= 10) {
    int x;      // Namenskollision!
    …
}
…
```

- Java: Doppelte Definition unzulässig

Gleiche Namen in disjunkten Blöcken

- Aber: Kein Problem in disjunkten Blöcken:

```
while (…) {
    int y;
    …
}
while (…) {
    int y;
    …
}
```

Zwei isolierte, unabhängige Variablen, die (zufällig) beide „`y`“ heißen

Lebensdauer

- **Lebensdauer** = Zeitintervall, für das eine Variable zur Laufzeit existiert
- Die gleiche Variable wird möglicherweise vielfach geschaffen und wieder freigegeben (**Inkarnationen**)
- Aufeinander folgende Inkarnationen unabhängig 1×1-Programm:
  `y` wird 10-mal geschaffen und 10-mal freigegeben
- Schaffen und Freigeben praktisch ohne Laufzeitkosten
- Vergleich:
  - Gültigkeitsbereich = Zeilen im Quelltext
  - Lebensdauer = Zeitspanne beim Ablauf

Zählschleifen (`for`)

Motivation

- **`for`-Schleifen** = Sprachmittel für Zählschleifen
- Etwas barocke Konstruktion, Erbstück der Programmiersprache „C“
- kompakter als `while`-Schleifen
- Syntax

  ```
  for (start; condition; next)
      statement
  ```

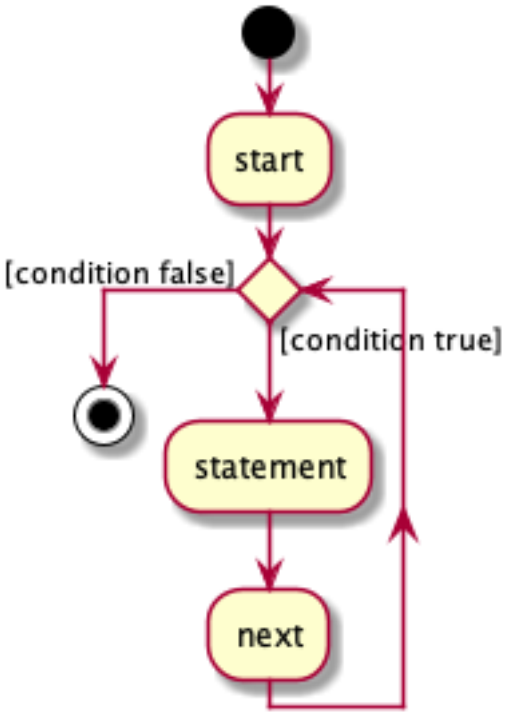
- start und next sind Anweisungen

Akivitätsdiagramm

- Akivitätsdiagramme für `for`-Schleifen gibt es nicht, daher mit `while`-Schleifen simulieren

```
for (start; condition; next)
    statement
```

```
start;
while (condition)
    statement
    next
```



for-Schleife

Beispiel

- Werte `0` bis `9` ausgeben:

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

  entspricht

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

Beispiele (1)

- Berechnung der Zahlensumme 1 + 2 + … + n mit `for`-Schleife:

```
final int upto = 100;
int sum = 0;
for (int counter = 1; counter <= upto; counter++)
  sum += counter;
System.out.println(sum);
```

- Euklid-Algorithmus:

```
for (int r = m%n;  r != 0;  r = m%n) {
  m = n;
  n = r;
}
```

Beispiele (2)

- 1×1-Tabelle:

```
for (int x = 1;  x <= 10;  x++) {
  for (int y = 1;  y <= 10;  y++)
    System.out.printf("%4d", x*y);
  System.out.println();
}
```

Gegenüberstellung mit `while`-Schleifen

- `for`- und `while`-Schleifen gegenseitig ersetzbar

```
for (start; condition; next)
    statement
```

```
{
    start;
    while (condition) {
        statement
```

```
            next;
        }
    }
```

Gültigkeit von Zählvariablen

- Gültigkeitsbereich der Zählvariablen von `for`-Schleifen: Kopf und Rumpf

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

- Folge: Mehrere aufeinander folgende `for`-Schleifen mit gleich benannten Laufvariablen zulässig:

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

Verteiler (`switch`)

Ziel

- **`switch`-Anweisungen** („Verteiler“) ersetzen längere, unübersichtliche `if`-Kaskaden
- Syntax

```
switch (expression) {
  case label1:
    statement …
    break;
  case label2:
    statement …
    break;
  …
}
```

- Semantik:

  1. Der Wert der `expression` wird einmal berechnet.

2. Das Ergebnis wird nacheinander mit den `labels` verglichen, bis zum ersten gleichen Wert.
3. Die dem `label` nachfolgenden `statements` werden ausgeführt, bis zum `break;`

Beispiel

Berechnung der Anzahl Tage im Monat, hier mit `switch` statt `if`-Kaskade:

```
switch (month) {
  case 1:
    days = 31;
    break;
  case 2:
    days = 28;
    break;
  case 3:
    days = 31;
    break;
  ...
  case 12:
    days = 31;
    break;
}
```

`case`-Label

- `case`-Labels müssen eindeutig sein, doppelte Werte unzulässig
- und müssen konstant (vom Compiler berechenbar) sein
- Wenn kein `case`-Label passt, geschieht nichts (ganzes `switch` wirkt wie eine leere Anweisung)
- Mehrere (verschiedene) `case`-Labels vor einer Anweisungsfolge sind zulässig.

`case`-Label — Beispiel

- Beispiel:

```
switch (month) {
  case 1: case 3: case 5: case 7:
  case 8: case 10: case 12:
    days = 31;
```

```
    break;
  case 2:
    days = 28;
    break;
  case 4: case 6: case 9: case 11:
    days = 30;
    break;
}
```

Defaultfall

- `default` = spezielles `case`-Label, passt auf alle übrigen Werte
- `default` darf nur einmal und nur am Ende genannt werden

```
switch (month) {
  case 2:
    days = 28;
    break;
  case 4: case 6: case 9: case 11:
    days = 30;
    break;
  default:    // alle übrigen Monate
    days = 31;
    break;
}
```

- Jeder `switch` sollte mit einem `default` enden

Fall through

- `break` beendet `switch`
- Falls `break` fehlt, wird mit den Anweisungen des nächsten Zweiges fortgefahren (fall through)
- **Schlechtes** Beispiel:

```
int days = 31;
switch (month) {
  case 2:
    days--;
    days--; // kein break - fall through
  case 4: case 6: case 9: case 11:
    days--; // kein break, kein default - !?
}
```

- Fall through selten sinnvoll, meistens ein Fehler, immer ein Stolperstein: **nicht verwenden, besseres Programm schreiben**

`switch`-Anweisung als Block

- `switch`-Rumpf = Gültigkeitsbereich
- Definitionen im `switch`-Rumpf gelten immer, nicht aber Initialisierungen

```
switch (...) {
  case 0:
    int y = 0;
    System.out.println(y);
    break;
  case 1:
    // Fehler: y definiert,
    // aber nicht initialisiert
    System.out.println(y);
    break;
}
```

```
switch (...) {
  case 0:
    final int y;
    y = 0; // ok, einzige Wertzuweisung
    System.out.println(y);
    break;
  case 1:
    y = 1; // ok, einzige Wertzuweisung
    System.out.println(y);
    break;
}
```

- *Unübersichtlich: besser **keine** Definitionen im `switch`-Rumpf*

Geschachtelte `switch`-Anweisungen

- `switch` ist selbst eine Anweisung
  ⇒ kann in einem übergeordneten `switch` stehen
- Nützlich um unregelmäßige Tabellen zu implementieren Funktion f(x, y) definiert als:

	$y = 0$	$y = 1$	$y = 2$
$x = 0$	1	undefiniert	2

$x = 1$	2	0	undefiniert
$x = 2$	undefiniert	1	3

Programmfragment

```
boolean undefined = false;
int value = 0;
switch (x) {
  case 0:
    switch (y) {
      case 0:  value = 1;           break;
      case 1:  undefined = true;    break;
      case 2:  value = 2;           break;
    }
    break;
  case 1:
    switch (y) {
      case 0:  value = 2;           break;
      case 1:  value = 0;           break;
      ...

      ...
      case 2:  undefined = true;    break;
    }
    break;
  case 2:
    switch (y) {
      case 0:  undefined = true;    break;
      case 1:  value = 1;           break;
      case 2:  value = 3;           break;
    }
    break;
}
```

- `default`-Zweige der Kürze wegen weggelassen
- Formatierung, damit es auf zwei Folien passt, nicht Style-konform

`switch`-Typen

- Typ `int` als `switch`-Ausdruck zulässig
- `switch` nicht zulässig mit Typen …

  - `double`: Test von exakten Werten problematisch wegen Rundungsfehlern
  - `boolean`: nur zwei mögliche Werte, `if` völlig ausreichend

- Allgemein: ganzzahlige Typen, Aufzählungstypen (siehe später) und Strings (seit Java 7).