CARL VON OSSIETZKY universität OLDENBURG

Teil

Imperative Programmierung

Unterrichtseinheit 15

Funktionen und Parameter

Dr. Dietrich Boles

Gliederung

- Prozeduren
  - Motivation
  - Prozedurdefinition
  - Prozeduraufruf
- Funktionen
  - Motivation
  - Funktionsdefinition
  - Funktionsaufruf
- Parameter
  - Motivation
  - Parameterdefinition
  - Parameterübergabe
  - varargs
  - Zusammenfassung
- Gültigkeitsbereich und Lebensdauer von Variablen
- Globale und lokale Variablen
- Gültigkeitsbereich / Überladen von Funktionen
- Beispiele
- Zusammenfassung

Prozeduren / Motivation

Definition:

- Teil eines Programmes, das eine in sich abgeschlossene Aufgabe löst.

Vorteile:

- bessere Übersichtlichkeit von Programmen
- separate Lösung von Teilproblemen
- Platzeinsparung
- einfachere Fehlerbeseitigung
- Flexibilität
- Wiederverwendbarkeit

Java-spezifisch: Prozeduren sind eigentlich so genannte *Methoden*

zwei Aspekte:

- Prozedurdefinition
- Prozeduraufruf

Prozeduren / Definition

```
<Proc-Def>   ::= <Proc-Kopf> <Proc-Rumpf>
<Proc-Kopf>  ::= ["public"] "static" "void" <Proc-Name>
                 "(" [ <Param-Defs> ] ")"
<Proc-Name>  ::= <Bezeichner>
<Proc-Rumpf> ::= <Block>
<Param-Defs>  später
```

Semantik:

- keine Auswirkungen auf den Programmablauf
- führt neue Prozedur mit dem angegebenen Namen ein

Ort im Programm:

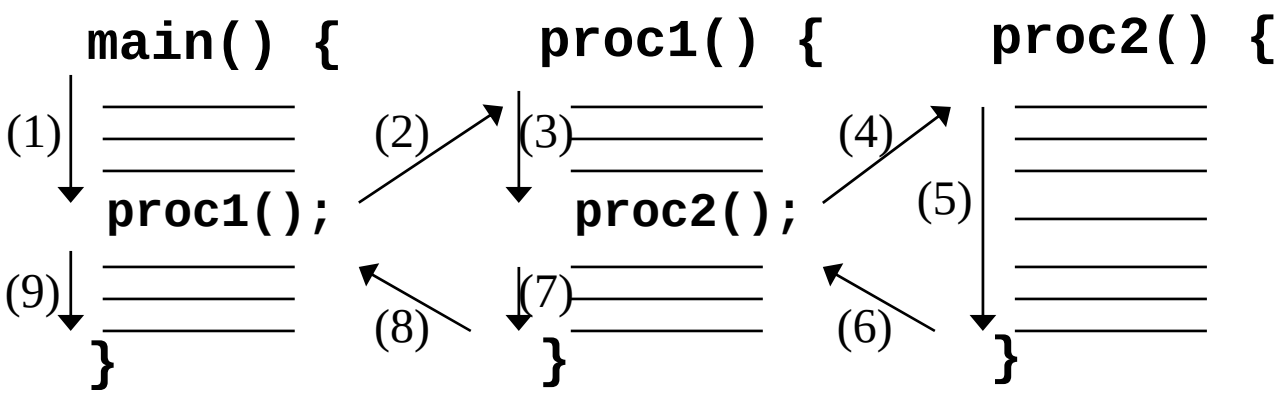
- innerhalb einer Klasse
- vor/nach main-Prozedur
- keine Schachtelung von Prozedurdefinitionen möglich

Prozeduren / Aufruf

```
<Proc-Aufruf> ::= <Proc-Name> "(" [ <Param-List> ] ")" ";"
<Param-List>   später
```

Semantik:

- Prozeduraufruf ist eine **Anweisung**
- beim Aufruf einer Prozedur werden die Anweisungen im Prozedurrumpf ausgeführt
  - bis der Prozedurrumpf vollständig abgearbeitet ist oder
  - bis eine return-Anweisung ausgeführt wird



Funktionen / Motivation

Definition:

- Teil eines Programmes, das durch die Ausführung von Anweisungen einen Wert berechnet

Abgrenzung:

- "Prozeduren tun etwas"
- "Funktionen berechnen und liefern einen Wert"

Mathematik: $f : \text{Definitionsbereich} \rightarrow \text{Wertebereich}$

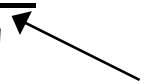
Funktionsname — Parameter — Funktionstyp

Drei Aspekte:

- Wertberechnung und -rückgabe
- Funktionsdefinition
- Funktionsaufruf

Funktionen / Definition (1)

```
<Funk-Def>   ::= <Funk-Kopf> <Funk-Rumpf>
<Funk-Kopf>  ::= ["public"] "static" <Typ> <Funk-Name>
                 "(" [ <Param-Defs> ] ")"
<Funk-Name>  ::= <Bezeichner>
<Funk-Rumpf> ::= <Block>
```



Funktionstyp

Nebenbedingung:

- im Rumpf muss es **in jedem möglichen** Funktionsdurchlauf eine return-Anweisung geben, wobei der Typ des return-Ausdrucks konform zum Funktionstyp ist

Semantik:

- keine Auswirkungen auf den Programmablauf
- führt neue Funktion mit dem angegebenen Namen und Funktionstyp ein

Ort im Programm:

- innerhalb einer Klasse
- vor/nach main-Prozedur
- keine Schachtelung von Funktionsdefinitionen möglich

Funktionen / Definition (2)

Beispiel:

```
class FunkProbe {

  static int funkEins() {
      IO.println("in funkEins");
      return 1;
  }

  public static void main(String[] args) {
      ...
  }

  static char funkZwei() {
      if ( IO.readInt() == 0 ) return 'a';
      IO.println("in funkZwei");
      return 'b';
} }
```

Funktionen / Definition (3)

Fehlerhafte Beispiele:

```
class FunkProbe2 {
  static int liefereWert() {
    if ( IO.readInt() == 0 ) return -2;
    // Fehler: im else-Fall wird kein return ausgeführt!
  }
  static double funkDrei() {
    if (IO.readInt() == 0)
      return 'a';       // ok: impliziter Typcast!
    IO.println("in funkDrei");
    return 'a' == 'b';   // Fehler: ungültiger Typ!
  }
  static boolean test() {
    return 2 == 0;
    int wert = 2; // Fehler: Anweisung wird nicht erreicht!
} }
```

Funktionen / Aufruf

```
<Funk-Aufruf> ::= <Funk-Name> "(" [ <Param-List> ] ")"
```

- **Semantik**:
  - Funktionsaufruf ist ein **Ausdruck**
  - beim Aufruf einer Funktion werden die Anweisungen im Funktionsrumpf ausgeführt, bis eine return-Anweisung ausgeführt wird
  - nach der Berechnung des Wertes des return-Ausdrucks der return-Anweisung wird die Funktion verlassen und der Wert als Funktionswert zurückgeliefert

Beispiel:

```
class FunkProbe {
    static int funk() {
        int zahl = IO.readInt("Zahl:");
        return 2*zahl;
    }
    public static void main(String[] args) {
        IO.println(funk() * 4 * funk());
}   }
```

Parameter / Motivation (1)

- bisher sind Prozeduren und Funktionen sehr unflexibel
- Parameter erhöhen die Flexibilität
- Beispiel:

$$\binom{n}{m} = \frac{n!}{m!(n-m)!} \quad \text{für} \quad 0 <= m <= n$$

$$\binom{6}{3} = \frac{6!}{3!(6-3)!}$$

- benötigt wird

```
static int fak6() {...}
static int fak3() {...}
```

- gewünscht:

```
static int fakn() {...}
```

wobei der Wert n erst zur Laufzeit angegeben werden muss

Parameter / Motivation (2)

```
class ParameterMotivation {
   static int fak3() {
     int zahl = 3; int erg = 1;
     for(int zaehler=2; zaehler<=zahl; zaehler++)
       erg = erg * zaehler;
     return erg;
   }
   static int fak6() {
     int zahl = 6; int erg = 1;
     for(int zaehler=2; zaehler<=zahl; zaehler++)
       erg = erg * zaehler;
     return erg;
   }
   public static void main(String[] args) {
     int ueber_6_3 = fak6() / (fak3() * fak3());
 } }
```

Parameter / Motivation (3)

```
class ParameterMotivation {

  static int fak(int zahl) {
    int erg = 1;
    for(int zaehler=2; zaehler<=zahl; zaehler++)
      erg = erg * zaehler;
    return erg;
  }

  public static void main(String[] args) {
    int ueber_6_3 = fak(6) / (fak(3) * fak(3));
  }

}
```

Parameter / Motivation (4)

```
class ParameterMotivation {
  static int fak(int zahl) {
    int erg = 1;
    for(int zaehler=2; zaehler<=zahl; zaehler++)
      erg = erg * zaehler;
    return erg;
  }
  static int ueber(int n, int m) {
    if ((0 <= m) && (m <= n))
      return fak(n) / (fak(m) * fak(n-m));
    return -1; // Fehlerfall (spaeter Exceptions)
  }
  public static void main(String[] args) {
    int ueber_6_3 = ueber(6, 3);
    int ueber_7_4 = ueber(7, 4);
} }
```

Parameter / Definition

```
<Param-Defs> ::= <Typ> <Param-Name>
                 { "," <Typ> <Param-Name> }
<Param-Name> ::= <Bezeichner>
```

Semantik:

- Einführung einer lokalen Variable für die Prozedur/Funktion
- Bezeichnung: "formaler Parameter"

Beispiele:

```
static int summe(int op1, int op2) {
    return op1 + op2;
}
static void ausgabe(char zeichen, int anzahl) {
    for (int i=0; i<anzahl; i++)
        IO.println(zeichen);
}
```

Parameter / Übergabe (1)

```
<Param-List> ::= <Ausdruck> { "," <Ausdruck> }
```

Semantik:

- Übergabe eines "Initialwertes" für den formalen Parameter
- Bezeichnung: "aktueller Parameter"

Bedingungen:

- Anzahl an formalen Parametern = Anzahl an aktuellen Parametern
- für alle Parameter in der entsprechenden Reihenfolge: Typ des aktuellen Parameters typkonform zum Typ des formalen Parameters

Schema:

```
static int summe(int op1, int op2) {
  // int op1 = "Wert des ersten aktuellen Parameters";
  // int op2 = "Wert des zweiten aktuellen Parameters";
  return op1 + op2;
}
public static void main(String[] args) {
  int s1 = summe(2, 3*4);
  int s2 = summe(s1, -5);
}
```

Parameter / Übergabe (2)

```
class Beispiel {
  static int fak(int zahl) {
    int erg = 1;
    for(int zaehler=2; zaehler<=zahl; zaehler++)
      erg = erg * zaehler;
    return erg;
  }
  static int ueber(int n, int m) {
    return fak(n) / (fak(m) * fak(n-m));
  }
  public static void main(String[] args) {
    int zahl = fak(3);
    zahl = fak(fak(2));
    zahl = ueber(fak(zahl)+1,zahl-1);
} }
```

Parameter / Übergabe (3)

```
class Beispiel {

  static int funk(int n1, int n2, int n3, int n4) {
    return n1 + n2 + n3 + n4;
  }

  public static void main(String[] args) {
    int n = 2;
    int zahl = funk(n++, n = n+2, --n, n);
    // entspricht hier: funk(2, 5, 4, 4)
    // Grund: Parameterauswertung von links nach rechts
  }
}
```

Parameter / varargs / Motivation

```
static int summe2(int zahl1, int zahl2) {
    return zahl1 + zahl2;
}

static int summe3(int zahl1, int zahl2, int zahl3) {
    return zahl1 + zahl2 + zahl3;
}

static int summe4(int zahl1, int zahl2, int zahl3, int zahl4) {
    return zahl1 + zahl2 + zahl3 + zahl4;
}

public static void main(String[] args) {
    int s1 = summe2(3, 5);
    int s2 = summe3(66, 5, s1);
    s1     = summe4(67, s1, -3, s2);
    s2     = summe(4, 7, s1, s2 - 2, 88);   // Fehler
}
```

Parameter / varargs / Lösung

```
static int summe(int... zahlen) {
    int ergebnis = 0;
    for (int n=0; n < zahlen.length; n++) {
        ergebnis += zahlen[n] ;
    }
    return ergebnis;
}
public static void main(String[] args) {
    int s1 = summe(3, 5);
    int s2 = summe(66, 5, s1);
    s2     = summe(1, 2, s1, 4, 5, 6, s2, 8, 9, 10);
}
```

varargs-Parameter

Anzahl aktueller Parameter

n-ter aktueller Parameter (ab 0)

- Seit Java 5.0
- Eine Funktion darf maximal einen varargs-Parameter besitzen
- Dieser muss an letzter Stelle der formalen Parameterliste stehen

Parameter / Zusammenfassung

- Parameter sind spezielle funktionslokale Variablen
- Formale Parameter werden zur Laufzeit mit aktuellen Parameter(werten) initialisiert
- in Java:
  - nur Werteparameter (call-by-value)
  - die Typen der Parameter müssen bei der Funktionsdefinition festgelegt werden (keine flexiblen Parametertypen)
  - als Parametertypen können (bisher nur) Standarddatentypen verwendet werden (später auch Klassentypen)
  - es ist nicht möglich, Typen von Funktionen zu definieren
  - der Funktionstyp muss bei der Definition angegeben werden (keine flexiblen Funktionstypen)
  - Funktionen können nur einen einfachen Wert liefern (insbesondere kein Kreuzprodukt von Werten)
  - aktuelle Funktionsparameter werden von links nach rechts ausgewertet

Gültigkeitsbereich / Lebensdauer von Variablen (1)

- **Gültigkeitsbereich ("Scope"):**
  - der Gültigkeitsbereich einer Variablen ist zur Compilezeit relevant
  - der Gültigkeitsbereich eines Variablennamens ist der Block, in dem die Variable definiert wird, sowie aller inneren Blöcke, und zwar **nach** der Stelle seiner Definition
  - Variablennamen müssen innerhalb eines Blocks und aller inneren Blöcke eindeutig sein
  - Variablennamen sind nur innerhalb ihres Gültigkeitsbereichs anwendbar
- **Lebensdauer:**
  - die Lebensdauer einer Variablen ist zur Laufzeit relevant
  - die Lebensdauer einer Variablen beginnt bei der Ausführung der Variablendefinition ($\rightarrow$ Reservierung von Speicherplatz)
  - die Lebensdauer einer Variablen endet nach der vollständigen Abarbeitung des Blockes, in dem sie definiert wird, bzw. nach dem Verlassen des Blockes mittels einer return-Anweisung ($\rightarrow$ Freigabe von Speicherplatz)
- die beiden Definitionen werden später noch erweitert

Gültigkeitsbereich / Lebensdauer von Variablen (2)

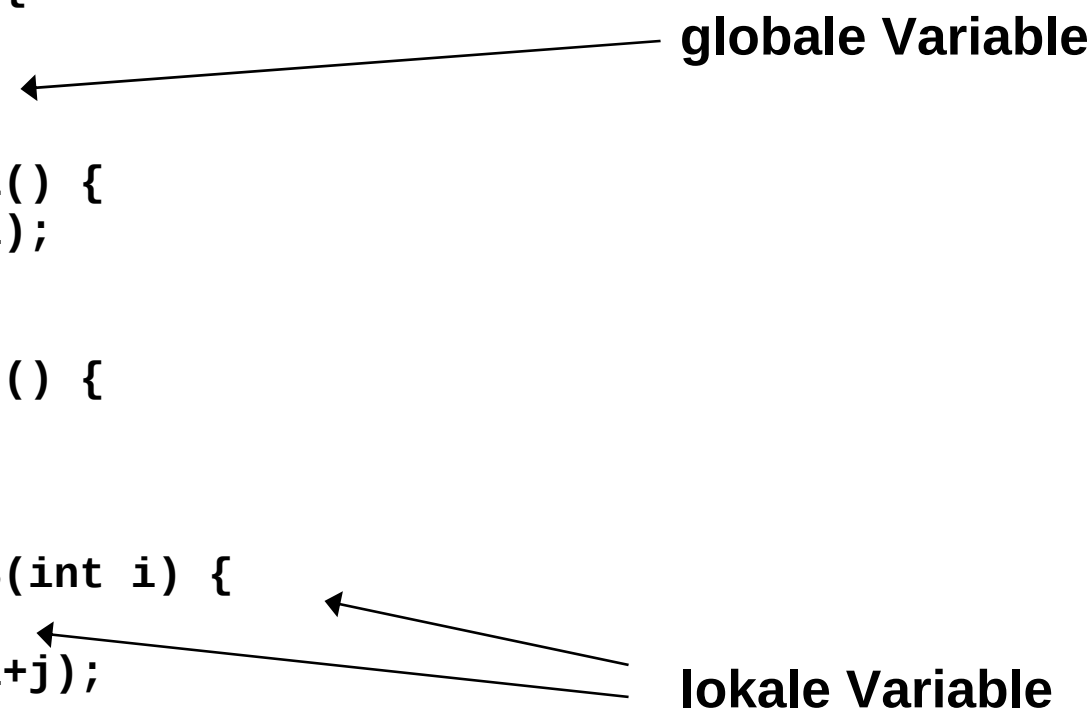
```
class GueltigeBeispiele {
  static void p(int x) {
    int i = x, y = 2; ...
  }
  static void q(int x) {
    float y = 2, w = 0; ...
  }
  public static void main(String[] args) {
    int i = 3, j = i;
    {
      ...
      int x = i;
      p(i);
      ...
    }
    j = i;
    {
      int w = 0, x = j;
      ...
      w = 4;
      ...
} } }
```

Gültigkeitsbereich / Lebensdauer von Variablen (3)

```
class UngueltigeBeispiele {
  static void P(int x) {
    int i = z; // Fehler: z nicht gültig
  }
  static void Q(int x) {
    float x = 2.0F; // Fehler: x doppelt definiert
    int j = i; // Fehler: i nicht gültig
  }
  public static void main(String[] args) {
    int i = 3 * i;  // Fehler: i noch nicht definiert
    {
      ...
      int v = i;
      ...
    }
    i = v;  // Fehler: v nicht mehr gültig
} }
```

Globale und lokale Variablen

```
class Variablen {

  static int i;

  static void f1() {
    IO.println(i);
  }

  static void f2() {
    i++;
  }

  static void f3(int i) {
    int j = 3;
    IO.println(i+j);
  }

  public static void main(String[] args) {
    i = 4711;
    f1();
    f2();
    f3(i);
} }
```



Gültigkeitsbereich / Überladen von Funktionen (1)

- **Gültigkeitsbereich ("Scope"):**
  - der Gültigkeitsbereich eines Funktionsnamens ist die gesamte Klasse, in der die Funktion definiert wird
  - Funktionsnamen müssen innerhalb eines Blocks und aller inneren Blöcke eindeutig sein; Ausnahme: Überladen von Funktionen!
  - Funktionsnamen sind nur innerhalb ihres Gültigkeitsbereichs anwendbar

- **Überladen von Funktionen:**
  - zwei oder mehrere Funktionen können innerhalb eines Gültigkeitsbereichs denselben Namen besitzen, wenn
    - sie eine unterschiedliche Anzahl an Parametern besitzen oder
    - wenn sich die Parametertypen an entsprechender Stelle unterscheiden

- die Definition wird später noch erweitert

Gültigkeitsbereich / Überladen von Funktionen (2)

```
class Beispiel {
  static float summe(float op1, float op2) {
    return op1 + op2;
  }
  static int summe(int op1, int op2) {
    return op1 + op2;
  }
  static float summe(int op1, int op2) // Fehler!

  public static void main(String[] args) {
    int s1    = summe(2, 3);         // int-summe
    float s2  = summe(2.0F, 3.0F);   // float-summe
    float s3  = summe(2, 3);         // int-summe
    float s4  = summe(2.0F, 3);      // float-summe
  }
}
```

Beispiel 1

```
class Dual {
   static String dual(int dezZahl) {
      if (dezZahl < 0) return ""; // Fehlerfall
      if (dezZahl == 0) return "0";
      String dualZahl = "";
      while (dezZahl > 0) {
            dualZahl = dezZahl % 2 + dualZahl;
            dezZahl /= 2;
      }
      return dualZahl;
   }
   public static void main(String[] args) {
      int zahl = IO.readInt("Dezimalzahl:");
      IO.println(dual(zahl));
   }
}
```

```
10 / 2 = 5 R 0
 5 / 2 = 2 R 1
 2 / 2 = 1 R 0
 1 / 2 = 0 R 1
```

Demo

Beispiel 2

```
class Umrechnung {
  static String umrechnung(int dezZahl, int system) {
    if ((dezZahl < 0) || (system < 2) || (system > 10))
      return ""; // Fehlerfall
    if (dezZahl == 0) return "0";
    String zahl = "";
    while (dezZahl > 0) {
      zahl = dezZahl % system + zahl;
      dezZahl /= system;
    }
    return zahl;
  }
  public static void main(String[] args) {
    int zahl = IO.readInt("Dezimalzahl:");
    int system = IO.readInt("System:");
    IO.println(umrechnung(zahl, system));
} }
```

Demo

Beispiel 3

```
class Reverse {

  static int abs(int zahl) {
    return (zahl < 0) ? -zahl : zahl;
  }

  static int reverse(int zahl) {
    zahl = abs(zahl);
    int ergebnis = 0;
    while (zahl > 0) {
      ergebnis = ergebnis * 10 + zahl % 10;
      zahl /= 10;
    }
    return ergebnis;
  }

  public static void main(String[] args) {
    int zahl = IO.readInt ("Zahl eingeben:");
    IO.println(zahl + "<-->" + reverse(zahl));
  }
}
```

Demo

Beispiel 4

```
class Check {

  static boolean isDigit(char zeichen) {
    return (zeichen >= '0') && (zeichen <= '9');
  }

  static int getValue(char zeichen) {
    if (isDigit(zeichen))
      return zeichen - '0';
    else
      return -1; // Fehlerfall
  }

  public static void main(String[] args) {
    char zeichen = IO.readChar ("Zeichen eingeben:");
    IO.println(getValue(zeichen));
  }
}
```

Beispiel 5 (1)

Schreiben Sie ein Programm "*Rechteck*", das zunächst eine Zahl *hoehe* einliest, die größer als 1 ist, dann eine Zahl *breite* einliest, die größer als 1 und kleiner als 10 ist, und anschließend ein "Rechteck" mit der Höhe *hoehe* und der Breite *breite* in folgender Gestalt auf den Bildschirm ausgibt:

Beispiel:

```
$ java Rechteck
Hoehe eingeben:
4<CR>
Breite eingeben:
5<CR>
+---+
|   |
|   |
+---+
$
```

Demo

Beispielprogramm 5 (2)

```
class Rechteck {

  public static void main(String[] a) {
    int hoehe = eingabe(2);
    int breite = eingabe(2, 9);
    zeilenausgabe('+', '-', breite);
    for (int j=2; j<hoehe; j++) {
      zeilenausgabe('|', ' ', breite);
    }
    zeilenausgabe('+', '-', breite);
  }

  static int eingabe(int min) {
    int zahl = IO.readInt ("Zahl eingeben:");
    while (zahl < min) {
      IO.println("Fehlerhafte Eingabe!");
      zahl = IO.readInt("Zahl eingeben:");
    }
    return zahl;
  }
```

Beispielprogramm 5 (3)

```
  static int eingabe(int min, int max) {
    int zahl = IO.readInt ("Zahl eingeben:");
    while ((zahl < min) || (zahl > max)) {
      IO.println("Fehlerhafte Eingabe!");
      zahl = IO.readInt("Zahl eingeben:");
    }
    return zahl;
  }

  static void ausgabe(char zeichen, int anzahl) {
    for (int i=0; i<anzahl; i++)
      IO.print(zeichen);
  }

  static void zeilenausgabe(char start, char mitt,
                                        int anzahl) {
    ausgabe(start, 1);
    ausgabe(mitt, anzahl-2);
    ausgabe(start, 1);
    IO.println();
  }
}
```

Beispiel 6

```
class Mathematik {
  static int min(int x, int y) {
    return (x <= y) ? x : y;
  }
  static int max(int x, int y) {
    return (x >= y) ? x : y;
  }
  static int abs(int x) {
    return (x < 0) ? -x : x;
  }
  static float pow(float zahl, int pot) {
    float ergebnis = 1.0F;
    for (int i=0; i<abs(pot); i++)
      ergebnis = ergebnis * zahl;
    return (pot >= 0) ? ergebnis : 1.0F/ergebnis;
  }
  static int round(float x) {
    return (x >= 0) ?
       (int)(x + 0.5F) : -((int)(-x + 0.5F));
} }
```

Zusammenfassung

- Prozedur: Teil eines Programmes, das eine in sich abgeschlossene Aufgabe löst
- Funktion: Teil eines Programmes, das durch die Ausführung von Anweisungen einen Wert berechnet
- Parameter: funktionslokale Variable, deren Initialwert jeweils beim Aufruf der Funktion berechnet wird
- Gültigkeitsbereich: Teil eines Programms, in dem auf eine Variable bzw. Funktion zugegriffen werden kann
- Lebensdauer: Zeitspanne, während der Speicherplatz für eine Variable reserviert ist