Kapitel 4: Methoden

- Definition

  Methoden sind Anweisungsfolgen (Blöcke) mit Namen

- Überblick
  - Methoden ohne Parameter
  - Lokale Variablen: Lebensdauer und Sichtbarkeit
  - Methoden mit Parametern
  - Funktionen
  - Rekursive Methoden

Methoden: Einführung

- Motivation
  - Bisher: Ein Programm besteht aus einem großen Block (*main*).
  - Bessere Strukturierung wäre wünschenswert.
- Definition von Methoden
  - Methoden sind benannte Blöcke, d.h. Folgen von Anweisungen.
  - Aufruf einer Methode über ihren Namen (Bezeichner).
  - Methoden können Parameter haben; Verhalten hängt von Eingabe ab.
  - Methoden können ein Ergebnis zurückliefern (= Funktionen).
- Vorteile der Verwendung von Methoden
  - Strukturierung von Programmen, d.h. größere Übersichtlichkeit.
  - Wiederverwendung von mehrfach benutzten Programmteilen.
  - Definition benutzerspezifischer Operationen.

Methoden ohne Parameter

- Beispiel: Ausgabe einer Überschrift

```
class ArtikelListe {
    static void printHeader () {
        System.out.println ("Artikelliste");
        System.out.println ("========");
    }

    public static void main (String[] arg) {
        …
        printHeader ();
        …
    }
}
```

Methodenkopf (Deklaration)
Methodenrumpf (Implementierung, Block)

ist auch eine Methode!

Aufruf der obigen Methode

printHeader(): Methode hat keine Parameter
void: Methode liefert keinen Wert zurück
static: Methode wird statisch aufgerufen

Aufruf von Methoden

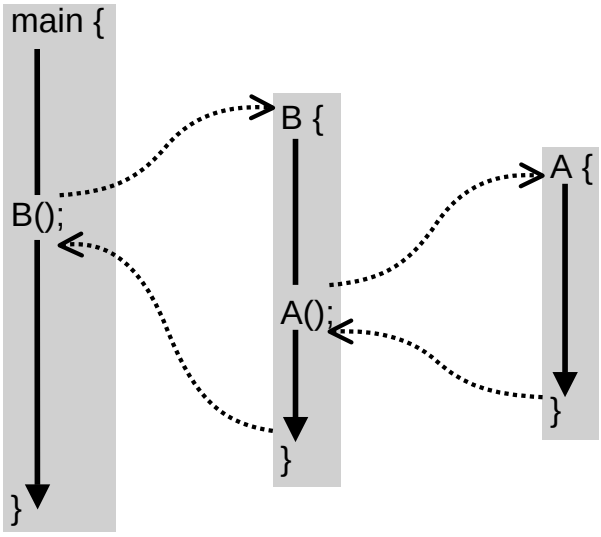
Beispiel

```
class MyProg {
    static void A () {
        …
    }

    static void B () {
        … A(); …
    }

    public static void main (String[] arg) {
        … B(); …
    }
}
```

Ablauf



Lokale und globale Variablen

- Lokale Variablen
  - In Methoden (allg.: Blöcken) können Variablen lokal deklariert werden.

```
static void A() {
  int i, j;
  float x;
  …
}
```

  - Verwendung nur innerhalb der eigenen Methode möglich.

- Globale Variablen
  - Deklaration außerhalb von Methoden (d.h. auf Klassenebene).
  - Deklaration beginnt mit **static** (vorerst).

```
class MyProg {
  static int g;
  static float f;
  …
  static void main(…) {…}
}
```

  - Benutzung innerhalb aller Methoden möglich.

Lebensdauer von Variablen

- Reservierung des Speicherplatzes
  - globale Variablen werden statisch angelegt (einmal für Programmablauf).
  - lokale Variablen werden für jeden Methodenaufruf eigens angelegt.

	lokale Variablen	globale Variablen
angelegt	*dynamisch*: neu bei jedem Methodenaufruf	*statisch*: einmalig zu Programmbeginn
freigegeben	jeweils am Ende der Methode	am Programmende

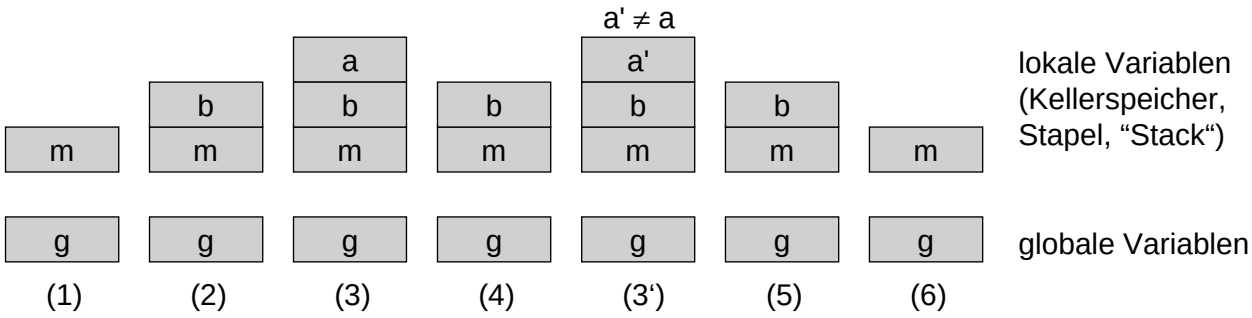
  - die Werte globaler Variablen bleiben also über Methodenaufrufe hinweg erhalten, die Werte lokaler Variablen gehen am Ende der zugehörigen Methode verloren.

Beispiel für Speicherbelegung

```
class MyProg {
    static int g;

    static void A () {
        int a;
        … (3) …
    }

    static void B () {
        int b;
        (2) … A(); … (4) … A(); … (5)
    }
    public static void main (String[] arg) {
        int m;
        (1) … B(); … (6)
    }
}
```



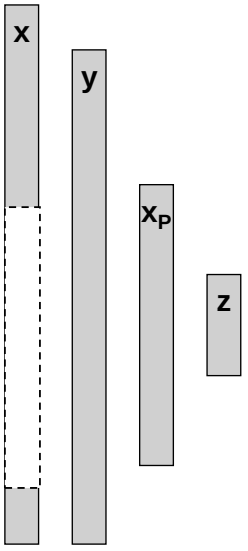
Sichtbarkeitsbereich von Variablen

- Sichtbarkeitsbereich (Gültigkeitsbereich, *Scope*)
  - Programmstück, in dem auf eine Variable zugegriffen werden kann.
  - ab Deklaration bis zum Ende des Blocks, in dem Deklaration steht.
  - außerhalb dieses Blocks ist der Bezeichner nicht sichtbar.
  - Sichtbarkeitsbereich globaler Variablen wird unterbrochen durch Methoden mit gleichnamigen lokalen Variablen.
- Im Beispiel rechts:
  - lokales x verdeckt in P globales x.
  - Zugriff auf x in P betrifft lokales x.
  - globales x lebt noch, ist in P aber nicht sichtbar (*verschattet*).

Beispiel

```
class MyProg {
    static int x;
    static int y;

    static void P () {
      int x;
      while (…) {
        int z;
        …
      }
      …
    }
    …
}
```



Lokalität von Bezeichnern

- Regeln
  - ein Name darf in einem Block nur einmal deklariert werden.
  - *Variablen* sind erst nach ihrer Deklaration sichtbar.
  - *Methoden* können auch schon vor Ihrer Deklaration verwendet werden.

- Vorteile lokaler Variablen
  - Übersichtlichkeit und Lesbarkeit: Deklaration und Benutzung nahe beieinander, in verschiedenen Methoden können Variablen mit gleichem Namen verwendet werden.
  - Sicherheit: andere Methoden können lokale Variablen nicht verändern.
  - Effizienz: Zugriff auf lokale Variablen ist meist schneller (Compiler!).

Methoden mit Parametern

- Definition
  Parameter (Argumente) sind Werte, die beim Aufruf an eine Methode übergeben werden.

- Beispiel
  Deklaration

```
static void printMax (int x, int y) {
    if (x > y) System.out.print (x);
    else System.out.print (y);
}
```

  Verwendung (Aufruf)

```
printMax (100, 2*i);
```

- Formale Parameter
  - gehören zur Methodendeklaration, stehen im Methodenkopf.
  - sind lokale Variablen.

- Aktuelle Parameter
  - werden beim Aufruf angegeben.
  - sind Ausdrücke (Werte).

- Parameterübergabe
  - Werte aktuelle Parameter aus.
  - Weise Werte an entsprechende formale Parameter zu.
  - durch Zuweisung entsteht im formalen Parameter eine Kopie des aktuellen Parameters

Funktionen

- Deklaration einer Funktion
  - Funktionen sind Methoden mit einem Rückgabewert.
  - Der Typ einer Funktion (Signatur) setzt sich aus den Typen der formalen Parameter sowie aus dem Typ des Rückgabewertes zusammen.
- Implementierung (Rumpf) und Verwendung
  - Implementierung: Rückgabe des Ergebnisses an den Aufrufer mit **return**.
  - Verwendung der Funktion: ein Funktionsaufruf ist ein Ausdruck.
    z.B. max (x,0) + y
- Beispiel

```
static int max (int x, int y) {
  if (x > y) return x; else return y;
}
```

→ Signatur, int × int → int

→ Implementierung

Beispiel: Zweierlogarithmus

- Definition (Deklaration und Implementierung)

```
/** logarithmus dualis of x for x > 0 */
static int log2 (int x) {  // assume: x > 0
    int res = 0;
    while (x > 1) {
      x = x / 2;
      res++;
    }
    return res;
}
```

Funktion int → int

x	res
17	0
8	1
4	2
2	3
1	4

- Verwendung

```
int ld17 = log2(17);      // ld17 == 4
```

Prozeduren

- Definition
  - Methoden ohne Rückgabewert (Typ *void*) heißen *Prozeduren.*
  - *void*: leerer Typ, d.h. leerer Wertebereich, keine Operationen.
  - Verlassen einer Prozedur mit **return** (ohne Wert) möglich (vgl. **break**):
    static void P () { … **if** (…) **return**; … }

- Seiteneffekte
  - Prozeduren liefern kein Ergebnis, sondern verändern Systemzustand.
  - *Seiteneffekte*: Wirkungen, die nicht der Signatur zu entnehmen sind.
    - Ausgabe von Ergebnissen auf die Standardausgabe (System.out).
    - Veränderung globaler Variablen → möglichst vermeiden!
  - Seiteneffekte tragen oft zur Unübersichtlichkeit von Programmen bei.
  - Funktionen liefern ein Ergebnis und sollten keine Seiteneffekte haben.

Überladen von Methoden

- Konzept des Überladens
  - Verwendung desselben Bezeichners (Namens) bei verschiedenen Methoden.
  - Unterschiedliche Parameterlisten (Argumente).
  - Nur unterschiedlicher Ergebnistyp reicht nicht aus.
  - Beim Aufruf wird Methode mit passenden Parametern gewählt.
  - Wichtig: nur bei gleichartiger Semantik verwenden.

- Beispiel: Methode println
  - void println ();
  - void println (boolean);
  - void println (char);
  - void println (String);
  - void println (int);
  - void println (long);
  - void println (float);
  - void println (double);

```
System.out.println (5);      → void println (int)
System.out.println (5.0);    → void println (double)
System.out.println ('5');    → void println (char)
```

Beispiel: Euklidischer Algorithmus

```
/** Größter gemeinsamer Teiler */
static int ggt (int x, int y) {
    int rest = x % y;
    while (rest != 0) {
        x = y; y = rest; rest = x % y;
    }
    return y;
}
```

```
/** Kürzen eines Bruchs */
static void reduce (int numerator, int denominator) {
    int x = ggt (numerator, denominator);
    System.out.println (numerator/x + "/" + denominator/x);
}
```


Beispiel: Berechnung von Potenzen

```
/** berechne base ^ exp */
static long power (int base, int exp) {
    long result = 1;
    for (int i = 1; i <= exp; i++) {
        result = result * base;
    }
    return result;
}
```

Beobachtung:

$b^e = b^{2*e/2} = (b^2)^{e/2}$

d.h. für gerade Exponenten e:
quadriere Basis b und halbiere e.

```
/** Potenziere base ^ exp effizienter */
static long power (int base, int exp) {
    long result = 1;
    while (exp > 0) {
        if (exp % 2 == 0) {
            base = base * base;
            exp = exp / 2;
        } else { // exp is odd
            result = result * base;
            exp = exp – 1;
        }
    }
    return result;
}
```

Rekursive Methoden

- Begriff

  Methoden können sich selbst aufrufen
  - direkt rekursiv: m() → m()
  - indirekt rekursiv: m() → n() → m()

- Beispiel: Fakultätsfunktion

  Def: n! = 1 * 2 * … * (n-1) * n;

  also: n! = (n-1)! * n; sei 0! = 1

```
static long factorial (long n) {
    if (n == 0) return 1;
    else return factorial (n – 1) * n;
}
```

Beispiel zur Fakultät

```
factorial (4) =
factorial (3) * 4 =
(factorial (2) * 3) * 4=
((factorial (1) * 2) * 3) * 4 =
(((factorial (0) * 1) * 2) * 3) * 4 =
(((      1      * 1) * 2) * 3) * 4 =
((           1        * 2) * 3) * 4 =
(                2          * 3) * 4 =
                      6         * 4 =
                           24
```

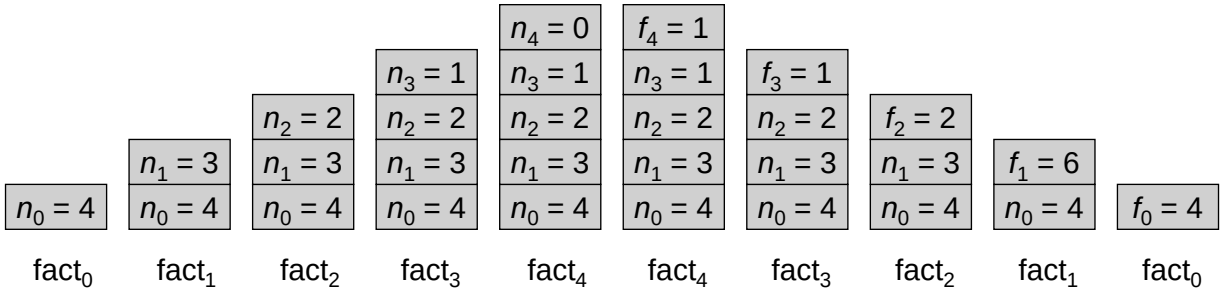
Frage:

es gibt nur eine lokale Variable *n*, wo die vielen n_i merken?

Aufrufkeller für lokale Variablen

Beispiel: factorial (4)

Wie oben:
- Parameter sind lokale Variablen.
- Für jeden Methodenaufruf werden eigene lokale Variablen angelegt.



Rekursion allgemein

- Allgemeines Schema

  if (Problem klein genug)
    nicht-rekursiver Zweig; // Terminierungsfall
  else
    rekursiver Zweig mit kleinerem Problem;

- Nachweis der Terminierung
  - Es gibt einen Terminierungszweig.
  - Das Problem wird bei jedem rekursiven Aufruf signifikant „kleiner“, d.h. der Abstand zum Terminierungsfall wird kleiner.
  - Bsp. Fakultät:
    -- Terminierungsfall: $n == 0$
    -- Verkleinerung: Aufruf mit $n - 1 < n$

Rekursion vs. Iteration

- Rekursive Lösungen
  - Rekursion ist mächtiges, allgemeines Programmierprinzip.
  - Jede rekursive Lösung läßt sich auch iterativ (d.h. mit Schleifen) lösen:
    Beispiel: Factorial (n) == ProduktBis (n)

- Vergleich
  - Rekursive Formulierung ist oft eleganter.
  - Iterative Lösung ist oft effizienter aber komplizierter.

- Beispiel: effiziente Potenzierung base ^ exp

```
static long power (int base, int exp) {
    if (exp == 0) return 1;                                  // b^0 = 1
    else if (exp % 2 == 0) return power (base * base, exp / 2);   // b^e = b^(2*e/2)
    else return base * power (base, exp – 1);                // b^e = b · b^(e-1)
}
```

Entrekursivierung: Beispiel *Fakultät*

- Unmittelbare rekursive Lösung

```
static long factorial (long n) {
    if (n == 0) return 1;
    else return n * factorial (n – 1);
}
```

- Problem
  - Nachklappern der Multiplikationen.
  - Idee der endständigen Rekursion:
    -- führe Ergebnis rekursiv mit.
    -- *n* zählt Schritte bis zum Ende.
  - → Rekursion ohne Nachklappern!
  - → alte Werte auf dem Stapel werden nicht mehr benötigt.
  - → einfache Überführung in Iteration.

- Endständig-rekursive Lösung

```
static long factorial (long n) {
    return fact1 (n, 1);
}
static long fact1 (long n, long res) {
    if (n == 0) return res;
    else return fact1 (n – 1,  res * n);
}
```

- Iterative Lösung

```
static long factorial (long n) {
    long result = 1;
    while (n > 0) {
      result = result * n;
      n = n – 1;
    }
    return result ;
}
```


Beispiel: Fibonacci-Zahlen

- Definition

  fib(0) = fib(1) = 1;
  fib(*n*) = fib(*n* – 1) + fib(*n* – 2) für *n* > 1

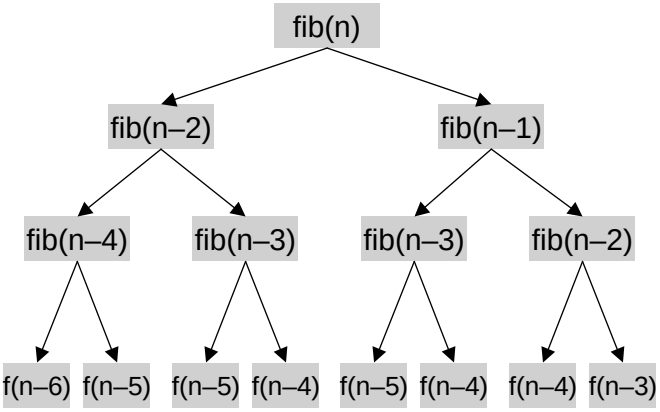
  Resultierende Folge:
  1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, …

- Unmittelbare rekursive Lösung

```
static long fib (long n) {
    if (n == 0 || n == 1) return 1;
    else return fib(n – 1) + fib(n – 2);
}
```

- Problem

  Explosion der Aufrufe (= 2^n)



Fibonacci-Zahlen iterativ

- Endständige Rekursion
  - übergebe Ergebnis in Parametern.
  - *n* zählt Schritte bis zum Ende.

```
static long fib (int n) {
    return fib1 (n, 1, 0);
}
static long fib1 (int n, long res, long p) {
    if (n == 0) return res;
    else return fib1 (n – 1, res + p, res);
}
```

Einfache Umwandlung in Schleife mit Zuweisung $(n, res, p) \leftarrow (n–1, res+p, res)$: Jetzt nur mehr linear viele Aufrufe.

- Iterative Lösung

```
static long fib (int n) {
    long result = 1, previous = 0;
    while (n > 0) {
        long pprev = previous;
        previous = result;
        result = result + pprev;
        n-;
    }
    return result;
}
```

Vergleich zur Rekursion:

= nur lineare Anzahl Additionen in *n*.

\+ keine sich stapelnden Variablen.