

2 Eine einfache Programmiersprache

Eine Programmiersprache soll

- ▶ Datenstrukturen anbieten
- ▶ Operationen auf Daten erlauben
- ▶ **Kontrollstrukturen** zur Ablaufsteuerung bereitstellen

Als Beispiel betrachten wir **Minijava**.

Variablen dienen zur Speicherung von Daten.

Um Variablen in **MiniJava** zu nutzen müssen sie zunächst eingeführt, d.h. **deklariert** werden.

Variablen

Beispiel:

```
int x, result;
```

Diese Deklaration führt die beiden Variablen mit den Namen **x** und **result** ein.

Variablen

Beispiel:

```
int x, result;
```

Diese Deklaration führt die beiden Variablen mit den **Namen** `x` und `result` ein.

- ▶ Das Schlüsselwort `int` besagt, dass diese Variablen ganze Zahlen („Integers“) speichern sollen.

`int` heißt auch **Typ** der Variablen `x` und `result`.

- ▶ Variablen können dann benutzt werden, um anzugeben, auf welche Daten Operationen angewendet werden sollen.
- ▶ Die Variablen in der Aufzählung sind durch Kommas „`,`“ getrennt.
- ▶ Am Ende steht ein Semikolon „`;`“.

Variablen

Beispiel:

```
int x, result;
```

Diese Deklaration führt die beiden Variablen mit den **Namen** `x` und `result` ein.

- ▶ Das Schlüsselwort `int` besagt, dass diese Variablen ganze Zahlen („Integers“) speichern sollen.
`int` heißt auch **Typ** der Variablen `x` und `result`.
- ▶ Variablen können dann benutzt werden, um anzugeben, auf welche Daten Operationen angewendet werden sollen.
 - ▶ Die Variablen in der Aufzählung sind durch Kommas „`,`“ getrennt.
 - ▶ Am Ende steht ein Semikolon „`;`“.

Variablen

Beispiel:

```
int x, result;
```

Diese Deklaration führt die beiden Variablen mit den **Namen** `x` und `result` ein.

- ▶ Das Schlüsselwort `int` besagt, dass diese Variablen ganze Zahlen („Integers“) speichern sollen.
`int` heißt auch **Typ** der Variablen `x` und `result`.
- ▶ Variablen können dann benutzt werden, um anzugeben, auf welche Daten Operationen angewendet werden sollen.
- ▶ Die Variablen in der Aufzählung sind durch Kommas „`,`“ getrennt.
- ▶ Am Ende steht ein Semikolon „`;`“.

Variablen

Beispiel:

```
int x, result;
```

Diese Deklaration führt die beiden Variablen mit den Namen `x` und `result` ein.

- ▶ Das Schlüsselwort `int` besagt, dass diese Variablen ganze Zahlen („Integers“) speichern sollen.
`int` heißt auch **Typ** der Variablen `x` und `result`.
- ▶ Variablen können dann benutzt werden, um anzugeben, auf welche Daten Operationen angewendet werden sollen.
- ▶ Die Variablen in der Aufzählung sind durch Kommas „`,`“ getrennt.
- ▶ Am Ende steht ein Semikolon „`;`“.

Operationen – Zuweisung

Operationen gestatten es, Werte von Variablen zu ändern. Die wichtigste Operation ist die **Zuweisung**.

Beispiele:

- ▶ `x = 7;`

Die Variable `x` erhält den Wert `7`.

- ▶ `result = x;`

Der Wert der Variablen `x` wird ermittelt und der Variablen `result` zugewiesen.

- ▶ `result = x + 19;`

Der Wert der Variablen `x` wird ermittelt, `19` dazu gezählt und dann das Ergebnis der Variablen `result` zugewiesen.

Operationen – Zuweisung

Operationen gestatten es, Werte von Variablen zu ändern. Die wichtigste Operation ist die **Zuweisung**.

Beispiele:

▶ `x = 7;`

Die Variable `x` erhält den Wert `7`.

▶ `result = x;`

Der Wert der Variablen `x` wird ermittelt und der Variablen `result` zugewiesen.

▶ `result = x + 19;`

Der Wert der Variablen `x` wird ermittelt, `19` dazu gezählt und dann das Ergebnis der Variablen `result` zugewiesen.

Operationen – Zuweisung

Operationen gestatten es, Werte von Variablen zu ändern. Die wichtigste Operation ist die **Zuweisung**.

Beispiele:

▶ `x = 7;`

Die Variable `x` erhält den Wert `7`.

▶ `result = x;`

Der Wert der Variablen `x` wird ermittelt und der Variablen `result` zugewiesen.

▶ `result = x + 19;`

Der Wert der Variablen `x` wird ermittelt, `19` dazu gezählt und dann das Ergebnis der Variablen `result` zugewiesen.

Achtung:

- ▶ **Java** bezeichnet die Zuweisung mit „`=`“ anstatt „`:=`“ (Erbschaft von **C**...)
- ▶ Eine Zuweisung wird mit „`;`“ beendet.
- ▶ In der Zuweisung `x = x + 1;` greift das `x` auf der rechten Seite auf den Wert **vor** der Zuweisung zu.

Operationen – Input/Output

Minijava enthält Operationen um Daten (Zahlen) einlesen bzw. ausgeben zu können.

Beispiele:

- ▶ `x = read();`

Liest eine Folge von Zeichen ein und interpretiert sie als ganze Zahl, deren Wert sie der Variablen `x` als Wert zuweist.

- ▶ `write(42);`

Schreibt 42 auf die Ausgabe.

- ▶ `write(result);`

Bestimmt den Wert der Variablen `result` und schreibt dann diesen auf die Ausgabe.

- ▶ `write(x-14);`

Bestimmt den Wert der Variablen `x`, subtrahiert 14 und schreibt das Ergebnis auf die Ausgabe.

Operationen – Input/Output

Minijava enthält Operationen um Daten (Zahlen) einlesen bzw. ausgeben zu können.

Beispiele:

- ▶ `x = read();`
Liest eine Folge von Zeichen ein und interpretiert sie als ganze Zahl, deren Wert sie der Variablen `x` als Wert zuweist.
- ▶ `write(42);`
Schreibt `42` auf die Ausgabe.
- ▶ `write(result);`
Bestimmt den Wert der Variablen `result` und schreibt dann diesen auf die Ausgabe.
- ▶ `write(x-14);`
Bestimmt den Wert der Variablen `x`, subtrahiert `14` und schreibt das Ergebnis auf die Ausgabe.

Operationen – Input/Output

Minijava enthält Operationen um Daten (Zahlen) einlesen bzw. ausgeben zu können.

Beispiele:

- ▶ `x = read();`

Liest eine Folge von Zeichen ein und interpretiert sie als ganze Zahl, deren Wert sie der Variablen `x` als Wert zuweist.

- ▶ `write(42);`

Schreibt `42` auf die Ausgabe.

- ▶ `write(result);`

Bestimmt den Wert der Variablen `result` und schreibt dann diesen auf die Ausgabe.

- ▶ `write(x-14);`

Bestimmt den Wert der Variablen `x`, subtrahiert `14` und schreibt das Ergebnis auf die Ausgabe.

Operationen – Input/Output

Minijava enthält Operationen um Daten (Zahlen) einlesen bzw. ausgeben zu können.

Beispiele:

- ▶ `x = read();`

Liest eine Folge von Zeichen ein und interpretiert sie als ganze Zahl, deren Wert sie der Variablen `x` als Wert zuweist.

- ▶ `write(42);`

Schreibt `42` auf die Ausgabe.

- ▶ `write(result);`

Bestimmt den Wert der Variablen `result` und schreibt dann diesen auf die Ausgabe.

- ▶ `write(x-14);`

Bestimmt den Wert der Variablen `x`, subtrahiert `14` und schreibt das Ergebnis auf die Ausgabe.

Operationen – Input/Output

Achtung:

- ▶ Das argument der `write`-Operation in den Beispielen ist ein `int`.
- ▶ Um es ausgeben zu können muss es erst in eine `Zeichenfolge` umgewandelt werden, d.h. einen `String`

In `Minijava` können auch direkt Strings ausgegeben werden:

Beispiel:

- ▶ `write("Hello World!!!");`
Schreibt `Hello World!!!` auf die Ausgabe.

Operationen – Input/Output

Achtung:

- ▶ Das argument der `write`-Operation in den Beispielen ist ein `int`.
- ▶ Um es ausgeben zu können muss es erst in eine `Zeichenfolge` umgewandelt werden, d.h. einen `String`

In `Minijava` können auch direkt Strings ausgegeben werden:

Beispiel:

- ▶ `write("Hello World!!!");`
Schreibt `Hello World!!!` auf die Ausgabe.

Kontrollstrukturen – Sequenz

Sequenz:

```
1 int x, y, result;  
2 x = read();  
3 y = read();  
4 result = x + y;  
5 write(result);
```

- ▶ Zu jedem Zeitpunkt wird nur eine Operation ausgeführt.
- ▶ Jede Operation wird genau einmal ausgeführt.
- ▶ Die Reihenfolge, in der die Operationen ausgeführt werden, ist die gleiche, in der sie im Programm stehen.
- ▶ Mit Beendigung der letzten Operation endet die Programm-Ausführung.

Sequenz alleine erlaubt nur sehr einfache Programme.

Kontrollstrukturen – Selektion

Selektion (bedingte Auswahl):

```
1 int x, y, result;
2 x = read();
3 y = read();
4 if (x > y)
5     result = x - y;
6 else
7     result = y - x;
8 write(result);
```

- ▶ Zuerst wird die Bedingung ausgewertet
- ▶ Ist sie erfüllt, wird die nächste Operation ausgeführt.
- ▶ Ist sie nicht erfüllt, wird die nächste Operation nach dem `else`-Zweig ausgeführt.

Kontrollstrukturen – Selektion

Beispiel:

- ▶ Statt einer einzelnen Operation können die Alternativen auch aus **Statements** bestehen:

```
1 int x;  
2 x = read();  
3 if (x == 0)  
4     write(0);  
5 else if (x < 0)  
6     write(-1);  
7 else  
8     write(+1);
```

Kontrollstrukturen – Selektion

Beispiel:

- ▶ ... oder aus (geklammerten) Folgen von Operationen und Statements:

```
1 int x, y;  
2 x = read();  
3 if (x != 0) {  
4     y = read();  
5     if (x > y)  
6         write(x);  
7     else  
8         write(y);  
9 } else  
10    write(0);
```

Kontrollstrukturen – Selektion

Beispiel:

- ▶ ...eventuell fehlt auch der `else`-Teil:

```
1 int x, y;  
2 x = read();  
3 if (x != 0) {  
4     y = read();  
5     if (x > y)  
6         write(x);  
7     else  
8         write(y);  
9 }
```

Auch mit Sequenz und Selektion kann noch nicht viel berechnet werden...

Kontrollstrukturen – Iteration

Iteration (wiederholte Ausführung)

```
1 int x, y;  
2 x = read(); y = read();  
3 while (x != y) {  
4     if (x < y)  
5         y = y - x;  
6     else  
7         x = x - y;  
8 }  
9 write(x);
```

Das Programm erfüllt die Spezifikation, dass es für $x, y \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$, den GGT berechnet. Bei falscher Eingabe terminiert es eventuell nicht.

Im allgemeinen sollte man Eingaben vom Benutzer immer auf Zulässigkeit prüfen.

- ▶ Zuerst wird die Bedingung ausgewertet.
- ▶ Ist sie erfüllt, wird der **Rumpf** des **while**-statements ausgeführt.
- ▶ Nach Ausführung des Rumpfs wird das gesamte **while**-statement erneut ausgeführt.
- ▶ Ist die Bedingung nicht erfüllt fährt die Programmausführung hinter dem **while**-statement fort.

2 Eine einfache Programmiersprache

Eine Sprache mit dieser Eigenschaft nennt man auch **turingvollständig**.

Theorem (↑**Berechenbarkeitstheorie**)

Jede (partielle) Funktion auf ganzen Zahlen, die überhaupt berechenbar ist, läßt sich mit Selektion, Sequenz, und Iteration, d.h., mithilfe eines MiniJava-Programms berechnen.

Beweisidee

- ▶ Was heißt berechenbar?

Eine Funktion heißt berechenbar wenn man sie mithilfe einer Turingmaschine berechnen kann.

- ▶ Schreibe ein **MiniJava**-Programm, das eine Turingmaschine simuliert.

Für dieses Theorem ist es wichtig, dass die `int`-Variablen von **MiniJava** beliebige ganze Zahlen speichern können. Sobald man dies einschränkt (z.B. 32 Bit) ist die entstehende Sprache immer noch sehr mächtig aber streng formal nicht mehr **turingvollständig**.

2 Eine einfache Programmiersprache

Eine Sprache mit dieser Eigenschaft nennt man auch **turingvollständig**.

Theorem (↑**Berechenbarkeitstheorie**)

Jede (partielle) Funktion auf ganzen Zahlen, die überhaupt berechenbar ist, läßt sich mit Selektion, Sequenz, und Iteration, d.h., mithilfe eines MiniJava-Programms berechnen.

Beweisidee

- ▶ Was heißt berechenbar?

Eine Funktion heißt berechenbar wenn man sie mithilfe einer Turingmaschine berechnen kann.

- ▶ Schreibe ein **MiniJava**-Programm, das eine Turingmaschine simuliert.

Für dieses Theorem ist es wichtig, dass die **int**-Variablen von **MiniJava** beliebige ganze Zahlen speichern können. Sobald man dies einschränkt (z.B. 32 Bit) ist die entstehende Sprache immer noch sehr mächtig aber streng formal nicht mehr **turingvollständig**.

2 Eine einfache Programmiersprache

Minijava-Programme sind ausführbares **Java**. Man muss sie nur geeignet **dekoriieren**.

Beispiel: das GGT-Programm.

```
1 int x, y;
2 x = read();
3 y = read();
4 while (x != y) {
5     if (x < y)
6         y = y - x;
7     else
8         x = x - y;
9 }
10 write(x);
```

Ein Java-Programm

```
1 public class GGT extends MiniJava {
2     public static void main (String[] args) {
3         int x, y;
4         x = read();
5         y = read();
6         while (x != y) {
7             if (x < y)
8                 y = y - x;
9             else
10                x = x - y;
11        }
12        write(x);
13    } // Ende der Definition von main()
14 } // Ende der Definition der Klasse GGT
```

Datei "GGT.java"

Ein Java-Programm

Erläuterungen:

- ▶ Jedes Programm hat einen **Namen** (hier **GGT**)
- ▶ Der Name steht hinter dem Schlüsselwort **class** (was eine Klasse ist, was **public** ist lernen wir später)
- ▶ Der Dateiname muss zum Programmnamen „passen“, d.h. in diesem Fall **GGT.java** heißen.
- ▶ Das **MiniJava**-Programm ist der Rumpf des **Hauptprogramms**, d.h. der Funktion **main()**.
- ▶ Die Programmausführung eines **Java**-Programms startet stets mit einem Aufruf dieser Funktion **main()**.
- ▶ Die Operationen **write()** und **read()** werden in der Klasse **MiniJava** definiert.
- ▶ Durch **GGT extends MiniJava** machen wir diese Operationen innerhalb des **GGT**-Programms verfügbar.

```
1 import javax.swing.JOptionPane;
2 import javax.swing.JFrame;
3 public class MiniJava {
4     public static int read() {
5         JFrame f = new JFrame();
6         String s = JOptionPane.showInputDialog(f, "Eingabe:");
7         int x = 0; f.dispose();
8         if (s == null) System.exit(0);
9         try { x = Integer.parseInt(s.trim());
10        } catch (NumberFormatException e) { x = read(); }
11        return x;
12    }
13    public static void write(String x) {
14        JFrame f = new JFrame();
15        JOptionPane.showMessageDialog (f, x, "Ausgabe",
16        JOptionPane.PLAIN_MESSAGE);
17        f.dispose();
18    }
19    public static void write(int x) { write(""+x); }
20 }
```

Datei: "MiniJava.java"

Weitere Erläuterungen:

- ▶ Jedes Programm sollte Kommentare enthalten, damit man sich selbst später noch darin zurecht findet!
- ▶ Ein Kommentar in **Java** hat etwa die Form:
`// Das ist ein Kommentar!!!`
- ▶ Wenn er sich über mehrere Zeilen erstrecken soll dann
`/* Dieser Kommentar ist verdammt
 Taaaaaaaaaaaang
 */`

2 Eine einfache Programmiersprache

Das Programm GGT kann nun übersetzt und dann ausgeführt werden:

```
raecke> javac GGT.java  
raecke> java GGT
```

- ▶ Der Compiler `javac` liest das Programm aus den Dateien `GGT.java` und `MiniJava.java` ein und erzeugt für sie JVM-Code, den er in den Dateien `GGT.class` und `MiniJava.class` ablegt.
- ▶ Das Laufzeitsystem `java` liest die Dateien `GGT.class` und `MiniJava.class` ein und führt sie aus.

Wichtige Erweiterung – Arrays

Arrays enthalten eine Gruppe von Variablen auf die über einen **index** zugegriffen wird:

- ▶ Deklariere Variablen `a[0],...,a[99]` und `b[0],...,b[4]`:

```
int[] a = new int[100], b = new int[5];
```

- ▶ Greife auf Element `a[5]` zu:

```
int i;  
int[] a = new int[100];  
a[5] = 1; // a[5] ist jetzt 1  
i = 5;  
a[i] = 7; // a[5] ist jetzt 7  
i = 7;  
a[i-2] = 8; // a[5] ist jetzt 8
```

Minijava ist sehr primitiv

Die Programmiersprache Java bietet noch eine Fülle von Hilfsmitteln an, die das Programmieren erleichtern sollen.

Insbesondere gibt es

- ▶ viele weitere Datentypen (nicht nur `int`) und
- ▶ viele weitere Kontrollstrukturen

... kommt später in der Vorlesung!