Kapitel 3

Grunddatentypen, Ausdrücke und Variable

Grunddatentypen in Java

Eine **Datenstruktur** besteht aus

- einer Menge von Daten (Werten)
- charakteristischen Operationen

Datenstrukturen werden mit einem Namen bezeichnet, den man **Datentyp** nennt.

In Java gibt es **grundlegende** Datenstrukturen für

- Ganze Zahlen
- Gleitpunktzahlen
- Zeichen
- Boolesche Werte

Grammatik für Grunddatentypen in Java

PrimitiveType = *NumericType* | "boolean" | "char"

NumericType = *IntegralType* | *FloatingPointType*

IntegralType = "byte" | "short" | "int" | "long"

FloatingPointType = "float" | "double"

Ganze Zahlen

Typ	Größe	Wertebereich
`byte`	1 Byte	-128 bis 127
		-2^7 bis 2^7-1
`short`	2 Byte	-32768 bis 32767
		-2^{15} bis $2^{15}-1$
`int`	4 Byte	-2 147 483 648 bis 2 147 483 647
		-2^{31} bis $2^{31}-1$
`long`	8 Byte	-2^{63} bis $2^{63}-1$
		-9 223 372 036 854 775 808 bis 9 223 372 036 854 775 807

Syntaktische Darstellung: Worte von *IntegerValue* (vgl. Kap. 2)

Gleitkommazahlen

Typ	Größe	Wertebereich	Genauigkeit
`float`	4 Byte	ca. $+/-10^{-45}$ bis $+/-10^{38}$	7 Stellen (8. gerundet)
`double`	8 Byte	ca. $+/-10^{-324}$ bis $+/-10^{308}$	15 Stellen (16. gerundet)

nach IEEE-754-Standard (1985)

Syntaktische Darstellung:

Beispiele:

- **`double`**: `36.22, 3.622E+1, 0.3622e+2, 362.2E-1`
  `-0.73, -7.3E-1`
- **`float`**: `-0.73f, -7.3E-1F`

Normalform von Gleitkommazahlen

Eine Gleitkommazahl r ≠ 0 wird in ihrer Normalform dargestellt durch

("+" | "-") *Mantisse* "E" *Exponent*

wobei

Mantisse eine Dezimalzahl aus dem halboffenen Intervall [1,10[ist (mit Punkt für Komma)

Exponent eine ganze Zahl ist und

$r = Mantisse * 10^{Exponent}$

Falls r = 0, ist die Normalformdarstellung 0.0

Arithmetische Operationen

- Arithmetische Operationen auf **int**, **long**, **float** und **double**

  + Addition **-** Subtraktion

  ***** Multiplikation **/** Division

  % Rest bei ganzzahliger Division

- Die Operationen sind zweistellig. Die beiden Argumente einer Operation **müssen den gleichen Typ** haben; das Ergebnis hat dann den gleichen Typ wie die Argumente.
- Division und Rest für int-Zahlen n und m:
  - n/m ensteht durch Division und Abschneiden der Nachkommastellen.
  - n%m ist der Rest von n/m.
  - Beispiel: 14/4 = 3, 14%4 = 2
  - Beispiel: -14/4 = -3, -14%4 = -2, -15/4 = -3, -15%4 = -3
- Arithmetische Operationen können zu **Überlauf** führen.

Mathematische Funktionen

- Die Java Standardbibliothek stellt eine Reihe von mathematischen Funktionen zur Verfügung.
- Beispiele:

```
double y = Math.sqrt(x);          // Wurzel von x
int i  = Math.round(y);           // gerundeter Wert
double u  = Math.max(z, 10.0);    // Maximum
...
```

- Siehe die Java API-Dokumentation von **Math** für weitere Funktionen.

Typkonversion (1)

„Kleiner-Beziehung" zwischen numerischen Datentypen:

`byte` < `short` < `int` < `long` < `float` < `double`

Java konvertiert, wenn nötig, Ausdrücke automatisch in den größeren Typ.

Beispiele:

`1 + 1.7`	ist vom Typ **`double`**
`1 + 1.7f`	ist vom Typ **`float`**
`1.0 + 1.7f`	ist vom Typ **`double`**

Typkonversion (2)

Type Casting:

Erzwingen der Typkonversion durch Voranstellen von `(type)`.
(Meist ist `type` ein kleinerer Typ.)

Beispiele:

`(byte)3`	ist vom Typ **`byte`**
`(int)(2.0 + 5.0)`	ist vom Typ **`int`**
`(float)1.3e-7`	ist vom Typ **`float`**

Beachte: Bei der Typkonversion kann Information verloren gehen!

Beispiel:

```
(int) 5.6 ==  5
(int)-5.6 == -5
```

Nachkommastellen werden abgeschnitten

Zeichen

- Typ **`char`** (für character)
- bezeichnet die Menge der Zeichen aus dem Unicode-Zeichensatz
- `char` umfasst insbesondere den ASCII-Zeichensatz mit kleinen und großen Buchstaben, Zahlen, Sonderzeichen und Kontrollzeichen
- Darstellung von Zeichen durch Umrahmung mit Apostroph
- Beispiele: `'a'`, `'A'`, `'1'`, `'9'`, `'Ω'`, `'!'`, `'='`
- Falsch: `'aa'`
- Spezialzeichen: z.B. `'\n'` (Zeilenumbruch)
  `'\''` (Apostroph)
  `'\\'` (Backslash)

Exkurs: Zeichenketten

- Zeichenketten werden mit hochgestellten Anführungszeichen umrahmt und sind vom Typ **`String`**.
- **`String`** ist kein Grunddatentyp sondern eine Klasse (vgl. später).
- Beispiele: `"aa"`, `"1. Januar 2000"`
- Strings können mit der Operation „+“ zusammengehängt werden.
- Wird ein Wert eines Grunddatentyps mit einem String zusammengehängt, dann wird er in einen String umgewandelt.

`"x"+3`	ergibt	`"x3"`
`""+3`	ergibt	`"3"`
`3.1+"x"`	ergibt	`"3.1x"`

Boolesche Werte

- Für die Steuerung des Programmablaufs benutzt man Wahrheitswerte.
- Der Typ **`boolean`** hat genau zwei Werte: **`true`** und **`false`**.
- Vergleichstest auf Zahlen liefern Boolesche Werte als Ergebnis

`i < j`	kleiner	`i > j`	größer
`i <= j`	kleiner-gleich	`i >= j`	größer-gleich
`i == j`	gleich	`i != j`	ungleich

- Beispiel:

`7 < 6`	ergibt	`false`
`7 != 6`	ergibt	`true`
`7 == 6`	ergibt	`false`

George Boole
1815-1864
Engl. Mathematiker
Boolesche Algebra
der Aussagenlogik

Boolesche Operationen

`!`	Negation
`&&`	Konjunktion „und“ (sequentiell)
`&`	Konjunktion „und“ (strikt)
`||`	Disjunktion „oder“ (sequentiell)
`|`	Disjunktion „oder“ (strikt)

- Die Negation ist einstellig; das Argument muss den Typ `boolean` haben; das Ergebnis hat wieder den Typ `boolean`.
- Alle anderen Operationen sind zweistellig; beide Argumente müssen den Typ `boolean` haben; das Ergebnis hat wieder den Typ `boolean`.

Außerdem gibt es auch für Boolesche Werte: `==` (Test auf Gleichheit)

Wahrheitstabellen

Konjunktion

&, &&	true	false
true	true	false
false	false	false

Disjunktion

|, ||	true	false
true	true	true
false	true	false

- Bei strikten Operatoren werden zuerst beide Argumente ausgewertet und dann der Ausdruck. Wenn ein Argument undefiniert ist, dann ist der ganze Ausdruck undefiniert. Beispiel: `(false & „undefiniert“)` ergibt `„undefiniert“`.

- Bei sequentiellen Operatoren wird von links nach rechts ausgewertet und das zweite Argument wird ignoriert, wenn das Ergebnis nach der Auswertung des ersten schon „klar“ ist. Beispiel: `(false && „undefiniert“)` ergibt `false`. *Aber:* `(„undefiniert“ && false)` ergibt `„undefiniert“`.

Beispiele

Beispiele für die sequentielle und die strikte Konjunktion

```
(0 != 0) && (100/0 > 1)
```
ergibt `false`

```
(0 != 0) &  (100/0 > 1)
```
ergibt einen Laufzeitfehler (undefiniert)

```
(100/0 > 1) && (0 != 0)
```
ergibt einen Laufzeitfehler (undefiniert)

```
true && (100/0 > 1)
```
ergibt einen Laufzeitfehler (undefiniert)

Beispiele für die sequentielle und die strikte Disjunktion

```
true || (1/0 == 1)
```
ergibt `true`

```
true |  (1/0 == 1)
```
ergibt einen Laufzeitfehler (undefiniert)

```
(1/0 == 1)|| true
```
ergibt einen Laufzeitfehler (undefiniert)

```
false || (1/0 == 1)
```
ergibt einen Laufzeitfehler (undefiniert)

Ausdrücke

Ausdrücke werden (vorläufig) gebildet aus

- Werten
- Variablen
- Anwendung von Operationen auf Ausdrücke
- Klammern um Ausdrücke

Beispiele:

`(-x + y) * 17`	(`x`, `y` seien Variable vom Typ `int`)
`x == y && !b`	(`b` sei eine Variable vom Typ `boolean`)

Grammatik für Ausdrücke

Expression = *Variable* |
Value |
Expression BinOp Expression |
UnOp Expression |
"(" *Expression* ")"

Variable = *NamedVariable*
NamedVariable = *Identifier*

Value = *IntegerValue* | *FloatingPointValue* | *CharacterValue* |
BooleanValue

BooleanValue = "true" | "false"

- *Identifier* und *IntegerValue* wurden in Kap. 2 definiert.
  Die restlichen Werte wurden an Beispielen erläutert.
- *Expression*, *Variable* und *Value* werden später erweitert.

Grammatik für Ausdrücke (Fortsetzung)

UnOp = "!" | "(" *Type* ")" | "-" | "+"

BinOp = "&" | "|" | "&&" | "||" | "+" | "-" | "*" |
"/" | "%" | "= =" | "!=" | ">" | ">=" | "<" | "<="

Type = *PrimitiveType* (*Type* wird später erweitert.)

Nebenbedingung:
Ausdrücke müssen nicht nur syntaktisch korrekt sein (gemäß der Regeln) sondern auch **typkorrekt** gebildet werden!

Beispiel:

`true + 1` ist syntaktisch korrekt aber nicht typkorrekt!

Typ eines Ausdrucks

Ein Ausdruck ist **typkorrekt**, wenn ihm ein Typ zugeordnet werden kann. Die Zuordnung eines Typs erfolgt unter Beachtung

- der Typen der in dem Ausdruck vorkommenden Werte und Variablen,
- der Argument- und Ergebnistypen der in dem Ausdruck vorkommenden Operationen,
- Klammerungen und Präzedenzen.

Beispiele:

`(-3 + 12) * 17`	hat den Typ `int`
`(5 == 7) && (!true)`	hat den Typ `boolean`

Präzedenzen

Präzedenzen von Operationen bestimmen deren Bindungsstärke (z.B. „Punkt vor Strich“) und erlauben dadurch Klammerersparnis.

Operation	Präzedenz
! , *unäres* +, -	14
(type)	13
*, /, %	12
binäres +, -	11
>, >=, <, <=	9
==, !=	8
&	7
|	6
&&	4
||	3

Typüberprüfung von Ausdrücken

Gegeben sei ein gemäß der Regeln syntaktisch korrekter Ausdruck E.

Vorgehensweise zur **Typüberprüfung** von E:

1. Den Ausdruck E von links nach rechts durchgehen und vollständig klammern unter Berücksichtigung der Präzedenzen.
2. Den Ausdruck E nochmals von links nach rechts durchgehen und unter Berücksichtigung der Klammern überprüfen, ob die Argumenttypen von Operationen zu den (Ergebnis-)Typen der Ausdrücke, auf die die Operationen angewendet werden, passen.

Beispiel: `7 < 8 + 3`

1. Vollständige Klammerung: `7 < (8 + 3)` da `+` höhere Präzedenz hat als `<`.
2. Die Zahl `7` hat den Typ `int`,
   `8` und `3` haben den Typ `int` => `(8 + 3)` hat den Typ `int`,
   `<` kann auf Argumente vom Typ `int` angewendet werden
   und hat den Ergebnistyp `boolean` =>
   `7 < (8 + 3)` hat den Typ `boolean` und ist damit auch typkorrekt.

Variable und Zustände

Eine **Variable** ist ein „Behälter" (Speicherplatz), der zu jedem Zeitpunkt (während eines Programmlaufs) einen Wert eines bestimmten Datentyps enthält.

Syntax (Wdh.):

Variable = *NamedVariable*
NamedVariable = *Identifier*

- Variablen müssen vor ihrer Benutzung **deklariert** werden.
- Bei der Deklaration wird der Variablen ein **Typ** zugeordnet.
- Die Variable kann bei ihrer Deklaration **initialisiert** werden mit einem Ausdruck passenden Typs.

Syntax:

VariableDeclaration =
Type VariableDeclarator { " , " *VariableDeclarator* } " ; "

VariableDeclarator = *NamedVariable* [" = " *Expression*]

Variablendeklaration

Beispiel:

```
int total = -5;
int quadrat = total * total;
boolean aussage = false;
```

Bemerkung:

Variablen müssen nicht sofort bei ihrer Deklaration initialisiert werden jedoch vor ihrer ersten Benutzung (wird vom Compiler überprüft).

Zustand

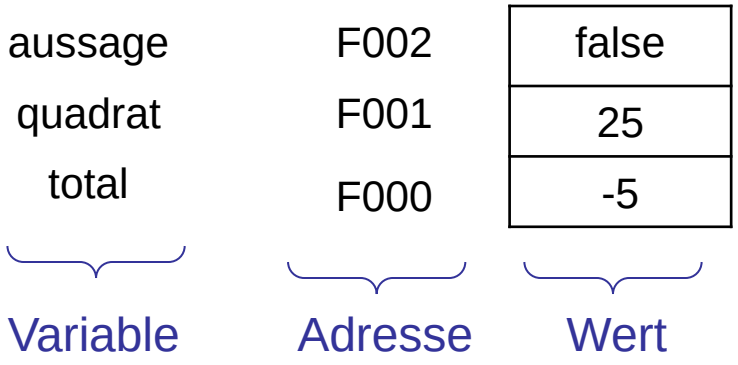
- Ein **Zustand** ist eine Belegung der (zum aktuellen Zeitpunkt) deklarierten Variablen mit Werten.
- Ein Zustand wird **abstrakt dargestellt** durch eine Liste von Paaren, bestehend aus einem Variablennamen und einem (zugehörigen) Wert.

Beispiel:

Abstrakte Darstellung eines Zustand σ:

σ=[(total,-5), (quadrat,25), (aussage,false)]

Im Speicher:



Auswertung von Ausdrücken

Gegeben sei ein typkorrekter Ausdruck E **und**
ein Zustand σ für die in E vorkommenden Variablen.

Vorgehensweise zur **Auswertung von** E **unter** σ:

1. Den Ausdruck E von links nach rechts durchgehen und vollständig klammern unter Berücksichtigung der Präzedenzen.
2. Den Ausdruck E nochmals von links nach rechts durchgehen und, unter Berücksichtigung der Klammern, die Operationen auswerten. Der Wert von Variablen ist dabei durch den Zustand σ bestimmt.

Beispiel: `int x = 8;` Zustand σ = `[(x, 8)]`

Auswertung von `7 < x + 3` unter σ:

1. Vollständige Klammerung: `7 < (x + 3)`.
2. `7 < (x + 3)` $=_\sigma$
   `7 < (8 + 3)` $=_\sigma$
   `7 < 11` $=_\sigma$
   `true`.

Beachte:
Jeder Auswertungsschritt wird mit $=_\sigma$ bezeichnet!