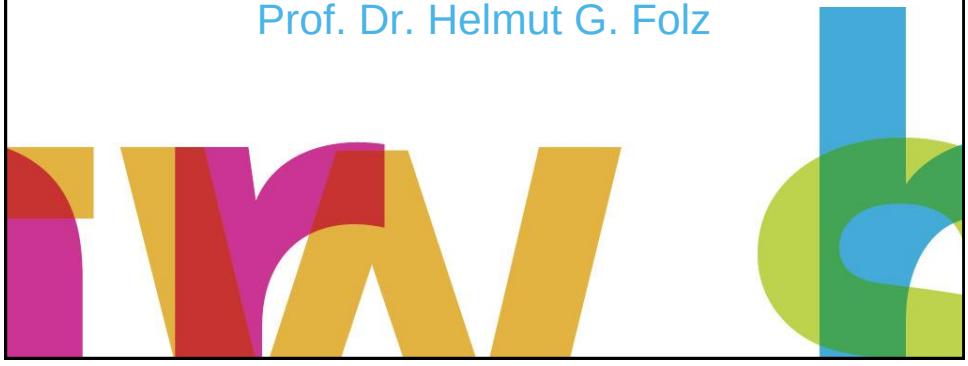
ingenieur
wissenschaften
htw saar

Hochschule für
Technik und Wirtschaft
des Saarlandes
University of
Applied Sciences

Datentypen und Variablen

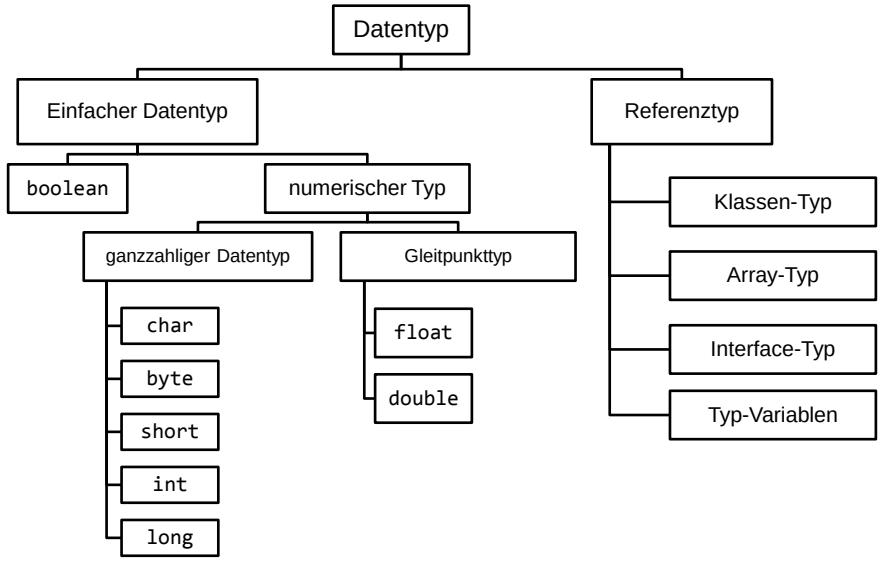
Prof. Dr. Helmut G. Folz



Datentypen

- Datentypen legen fest, wie Variablen intern gespeichert werden und wie sie sich verhalten.
- Java kennt nur zwei Arten von Datentypen:
  - ⇨ **einfache (elementare) Datentypen** und
  - ⇨ **Referenzdatentypen**.
- Ein einfacher Datentyp repräsentiert einen einzigen Wert, entweder eine Zahl, ein Zeichen oder einen Wahrheitswert.
- Referenztypen können sein **Klassen**, **Interfaces**, **Arrays**, **Enums** oder **Annotationen**.
- Während einfache Datentypen vordefiniert sind, sind Referenztypen benutzerdefinierte Typen (später mehr)

Klassifikation der Datentypen



Variablen

- Datentypen legen fest, wie Variablen intern gespeichert werden und wie sie sich verhalten.
- Alle Variablen eines Datentyps haben die selbe Darstellung im Arbeitsspeicher, d. h. die selbe Anzahl an Bytes und die selbe Interpretation der einzelnen Bits.

Typen von Variablen sind

- **Attribute**, die innerhalb der Klasse definiert sind und entweder mit der Klasse oder mit einem Objekt erzeugt werden.
- **Lokale Variablen**, die innerhalb einer Methode oder innerhalb eines Anweisungsblocks definiert sind

Überblick über einfache Datentypen

Typ	repräsentiert	Wertebereich
`boolean`	true oder false	`true und false`
`char`	16-Bit-Unicode-Zeichen	`0 bis 65535 (Unicode-Zeichen)`
`byte`	8 Bit-Ganzzahl	`-128 127`
`short`	16-Bit-Ganzzahl	`-32768 32767`
`int`	32-Bit-Ganzzahl	`-2147483648 2147483647`
`long`	64-Bit-Ganzzahl	`-9223372036854775808 9223372036854775807`
`float`	32 Bit-Gleitpunktzahl	`+/-3.40282347E+38 +/-1.40239846E-45`
`double`	64 Bit-Gleitpunktzahl	`+/-1.79769313486231570E+308 +/-4.94065645841246544E-324`

Die ganzzahligen Datentypen byte, short, int und long

- Bei Java werden die Datentypen **`byte`**, **`short`**, **`int`** und **`long`** auf allen Plattformen intern gleich dargestellt. Sie speichern ganze Zahlen in der sogenannten Zweierkomplementdarstellung und umfassen 8, 16, 32 bzw. 64 Bits.
- Beispiel: Gegeben sei folgendes Bitmuster

1	0	1	0	0	1	1	1
-2^7	$+2^6$	$+2^5$	$+2^4$	$+2^3$	$+2^2$	$+2^1$	$+2^0$

- Die Zahl errechnet sich zu

```
-1*128 + 0*64 + 1*32 + 0*16 +0*8 + 1*4 + 1*2 + 1*1 = -89
```

- Das höchste Bit der Zweierkomplementzahl gibt das Vorzeichen an. Ist es 0, so ist die Zahl positiv, ist es 1, so ist die Zahl negativ.
- Das Negative einer Zahl wird gebildet, indem alle Bits konvertiert werden und dann auf das Ergebnis 1 addiert wird.

Beispiel: Limits1

```
/** Limits1: Maximale und Minimale Werte der einfachen Typen
 */
public class Limits1 {
    public void start() {
        System.out.println("byte : " + Byte.MIN_VALUE
                           + "..." + Byte.MAX_VALUE);
        System.out.println("short: " + Short.MIN_VALUE
                           + "..." + Short.MAX_VALUE);
        System.out.println("int  : " + Integer.MIN_VALUE
                           + "..." + Integer.MAX_VALUE);
        System.out.println("long : " + Long.MIN_VALUE
                           + "..." + Long.MAX_VALUE);
    }
    public static void main(String[] args) {
        new Limits1().start();
    }
}
```

```
/* Ausgabe
byte : -128...127
short: -32768...32767
int  : -2147483648...2147483647
long : -9223372036854775808...9223372036854775807
```


Ganzzahlige Literale

- Literale sind konstante Ausdrücke, die einen festen Wert repräsentieren. Jedes Literal hat einen eindeutigen zugehörigen Datentyp
- Literale vom Typ `int`:

```
12   -12   0   1234          Dezimaldarstellung
033                          Oktaldarstellung
0x1b                         Hexadezimaldarstellung
0b10101010                   Binärdarstellung
```

- Literale vom Typ `long`:

```
123l   1234567L   -45678L    Dezimaldarstellung
07777777L                    Oktaldarstellung
0xffffffffL                  Hexadezimaldarstellung
0b10101010L                  Binärdarstellung
```

Binäre ganzzahlige Literale

Binäre Literale sind möglich

```
    // An 8-bit 'byte' value:
    byte aByte = (byte)0b00100001;

    // A 16-bit 'short' value:
    short aShort = (short)0b1010000101000101;

    // Some 32-bit 'int' values:
    int anInt1 = 0b10100001010001011010000101000101;
    int anInt2 = 0b101;
    int anInt3 = 0B101; // The B can be upper or lower case.

    // A 64-bit 'long' value. Note the "L" suffix:
    long aLong =
0b1010000101000101101000010100010110100001010001011010000101000101L;
```


Erweiterte Zahlendarstellungen

Unterstriche sind zwischen Ziffern erlaubt

```
    long creditCardNumber = 1234_5678_9012_3456L;

    long socialSecurityNumber = 999_99_9999L;

    int hexBytes = 0xFF_EC_DE_5E;

    int hexWords = 0xCAFE_BABE;

    long maxLong = 0x7fff_ffff_ffff_ffffL;

    byte nybbles = 0b0010_0101;

    int bytes = 0b11010010_01101001_10010100_10010010;
```

Die Gleitpunkt-Datentypen float und double

- Mit Gleitpunktzahlen versucht man die reellen Zahlen der Mathematik darzustellen. Bei Java werden auf allen Rechnerplattformen die Gleitpunkt-Datentypen nach dem Standard IEEE 754 dargestellt.

Anzahl der Bits		
	`float`	`double`
Vorzeichen	1	1
Exponent	8	11
Mantisse	23	52

Die Gleitpunkt-Datentypen float und double

Interne Darstellung bei float:

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
V	Exponent E								Mantisse M																						

- V: Vorzeichenbit (0 : positiv, 1 : negativ)
- Exponent E zwischen -127 und +127
- Mantisse $M = m_1 m_2 \ldots m_k$
- Darstellung der Zahl:
  $\pm 1, m_1 m_2 \ldots m_k \cdot 2^E$ bzw.

  $$(-1)^V \cdot \left(1 + m_1 2^{-1} + m_2 2^{-2} + \cdots + m_k 2^{-k}\right) \cdot 2^E$$
- E ergibt sich aus den Bits 30-23 durch Subtraktion von 127

Die Gleitpunkt-Datentypen float und double

V	Exponent	Mantisse	Wert
0	00000000	00000000 00000000 00000000 00000000	0.0
0	01111111	00000000 00000000 00000000 00000000	1.0
0	10000000	00000000 00000000 00000000 00000000	2.0
0	01111110	00000000 00000000 00000000 00000000	0.5
0	01111111	10000000 00000000 00000000 00000000	1.5
1	01111111	11000000 00000000 00000000 00000000	-1.75
0	01111011	10011001 10011001 10011001 10011001	0.1
0	11111111	*	INFINITY
0	11111111	*1*	NaN

$$-1.75 = (-1)(1+\tfrac{1}{2^1}+\tfrac{1}{2^2}+0\cdots)2^0$$

$$0.1 = (1+1\cdot\tfrac{1}{2^1}+0\cdot\tfrac{1}{2^2}+0\cdot\tfrac{1}{2^3}+1\cdot\tfrac{1}{2^4}+1\cdot\tfrac{1}{2^5}+0\cdot\tfrac{1}{2^6}\cdots)2^{-4}$$

Beispiel: Limits2 (1)

```
/**
 * Limits2: Maximale und Minimale Werte der einfachen Typen
 */
public class Limits2 {
    public void start() {
        System.out.println("float : " + Float.MIN_VALUE
                           + "..." + Float.MAX_VALUE);
        System.out.println("double: " + Double.MIN_VALUE
                           + "..." + Double.MAX_VALUE);

        System.out.println("Werte fuer Unendlich"
                         + " und Not a Number");
        System.out.println("float : " + Float.NEGATIVE_INFINITY
                           + "..."  + Float.POSITIVE_INFINITY);
        System.out.println("double: " + Double.NEGATIVE_INFINITY
                           + "..."  + Double.POSITIVE_INFINITY);
        System.out.println("float : " + Float.NaN);
        System.out.println("double: " + Double.NaN);
```

Beispiel: Limits2 (2)

```
        System.out.println("1.0 /0.0 = "  + 1.0 / 0.0);
        System.out.println("-1.0 /0.0 = " + -1.0 / 0.0);
        System.out.println("0.0 /0.0 = "  + 0.0 / 0.0);
        System.out.println("1.0/0.0 + -1.0/0.0 = "
                           + (1.0/0.0 + -1.0/0.0));
     }
    public static void main(String[] args) {
        new Limits2().start();
    }
}
```

```
float : 1.4E-45...3.4028235E38
double: 4.9E-324...1.7976931348623157E308
Werte fuer Unendlich und Not a Number
float : -Infinity...Infinity
double: -Infinity...Infinity
float : NaN
double: NaN
1.0 /0.0 = Infinity
-1.0 /0.0 = -Infinity
0.0 /0.0 = NaN
1.0/0.0 + -1.0/0.0 = NaN
```


Gleitpunktliterale

- Gleitpunkt-Literale werden in Java wie folgt beschrieben:
  - Mantisse bestehend aus:
    - Vorzeichen (optional)
    - Vorkommastellen
    - Dezimalpunkt
    - Nachkommastellen
  - Exponential-Anteil bestehend aus:
    - e oder E und
    - ganzzahliger Exponent (optional)
  - angehängte Typkennung zur Unterscheidung von `float` und `double`
    - Suffix f, F, d, D
    - Literale ohne Suffix sind automatisch vom Typ `double`
- Beispiele:

```
-123.789   1.2E6   .5d   -1.123e-5D        double
1.23f   -123.45e12F                       float
```

Gleitpunktliterale

Unterstriche zwischen Ziffern sind erlaubt

```
    float pi = 3.14_15F;
    double x = 1.234_567_890;
```


Beispiel: DoubleTest1 (1)

```
/** DoubleTest1: Ungenauigkeit der Gleitpunkt-Arithmetik
 */
public class DoubleTest1 {
    public void start() {
        double x = -1.0;
        while (x <= 0.0) {
            System.out.println(x);
            x = x + 0.1;
        }
        System.out.println();

        System.out.println("0.01 - 0.1 * 0.1 = "
                           + (0.01 - 0.1 * 0.1));
    }

    public static void main(String[] args) {
        new DoubleTest1().start();
    }
}
```

Beispiel: DoubleTest1 (2)

```
-1.0
-0.9
-0.8
-0.7000000000000001
-0.6000000000000001
-0.5000000000000001
-0.40000000000000013
-0.30000000000000016
-0.20000000000000015
-0.10000000000000014
-1.3877787807814457E-16

0.01 - 0.1 * 0.1 = -1.734723475976807E-18
```


Beispiel: DoubleTest2

```
public class DoubleTest2 {
    public void start() {
        double a = 1.0,
               b = 1.0E16,
               c = -b;
        double x = (a + b) + c;
        double y = a + (b + c);
        System.out.println("(a + b) + c = " + x);
        System.out.println("a + (b + c) = " + y);
    }

    public static void main(String[] args) {
        new DoubleTest2().start();
    }
}
/* Ausgabe:
(a + b) + c = 0.0
a + (b + c) = 1.0
*/
```

Beispiel: DoubleTest3

```
public class DoubleTest3 {
    public void start() {
        float a = 1.0E6f;
        float b = 1.0E7f;
        float c = 1.0E8f;
        float x, y, z;
        x = (a + 1.0f);
        y = (b + 1.0f);
        z = (c + 1.0f);
        System.out.println(x - a);
        System.out.println(y - b);
        System.out.println(z - c);
    }

    public static void main(String[] args) {
        new DoubleTest3().start();
    }
}
```

```
1.0
1.0
0.0
```


Der logische Datentyp boolean

- Der Datentyp **`boolean`** kann nur die beiden Wahrheitswerte **`true`** oder **`false`** annehmen.
- **`true`** und **`false`** sind die möglichen Konstanten dieses Datentyps und keine Schlüsselwörter

Beispiel: BooleanTest

```
public class BooleanTest {
    public void start() {
        int i = 2, j = 3;
        boolean b1 = i > j;
        boolean b2 = i < j;

        System.out.println("b1 = " + b1);
        System.out.println("b2 = " + b2);
    }

    public static void main(String[] args) {
        new BooleanTest().start();
    }
}
/* Ausgabe:
b1 = false
b2 = true
*/
```


Vergleichsoperatoren

Das Ergebnis eines Vergleichs ist immer ein Ausdruck vom Typ **`boolean`**

Operator	Bedeutung
ausdruck1 == *ausdruck2*	Gleichheit zweier Ausdrücke prüfen
ausdruck1 != *ausdruck2*	Ungleichheit zweier Ausdrücke prüfen
ausdruck1 < *ausdruck2*	Ist ausdruck1 kleiner als ausdruck2 ?
ausdruck1 > *ausdruck2*	Ist ausdruck1 größer als ausdruck2 ?
ausdruck1 <= *ausdruck2*	Ist ausdruck1 kleiner oder gleich ausdruck2 ?
ausdruck1 >= *ausdruck2*	Ist ausdruck1 größer oder gleich ausdruck2 ?

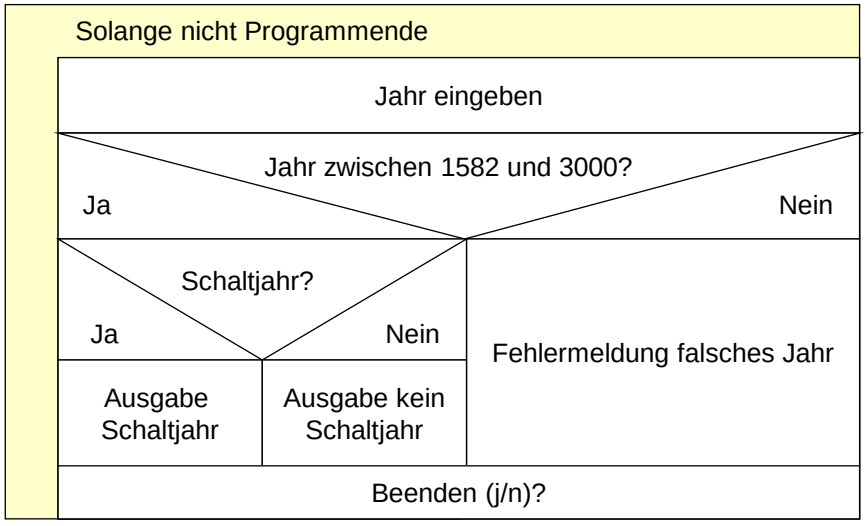
Logische Operatoren

Operator	Bedeutung
ausdruck1 && *ausdruck2*	logisches Und angewandt auf zwei boolean-Ausdrücke
ausdruck1 || *ausdruck2*	logisches Oder angewandt auf zwei boolean-Ausdrücke
!*ausdruck1*	Verneinung des boolean-Ausdruckes ausdruck1

Klasse: SchaltjahrTest

- Es soll eine Klasse zur Eingabe von Jahren geschrieben werden.
- Dabei soll jeweils überprüft werden ob ein Jahr in einem vorgegebenen Intervall liegt und ob es ein Schaltjahr ist.
- Prüfungen:
  - ⇨ Jahr liegt zwischen 1582 und 3000
  - ⇨ Entscheiden ob Schaltjahr oder nicht

Klasse: SchaltjahrTest



Beispiel: SchaltjahrTest (1)

```
/**
 * SchaltjahrTest: Testen der Schaltjahrbedingung bei einer
Jahreszahl
 */
public class SchaltjahrTest {
private Scanner input = new Scanner(System.in);
    public void start() {
        boolean programmEnde = false;
        char antwort;
        int jahr;

        while (!programmEnde) {
            System.out.println("Jahr zwischen 1582 und 3000" +
                               " eingeben: ");
            jahr = input.nextInt();
```

Beispiel: SchaltjahrTest (2)

```
            if (jahr < 1582 || jahr > 3000) {
                System.out.println(jahr
                            + " liegt nicht zwischen 1582 und 3000!");
            } else {
                if ((jahr % 4 == 0 && jahr % 100 != 0)
                  || jahr % 400 == 0)
                    System.out.println(jahr +
                                       " ist ein Schaltjahr!");
                else
                    System.out.println(jahr +
                                       " ist kein Schaltjahr!");
            }

            System.out.print("Beenden (j/n) ");
            antwort = input.next().charAt(0);
            programmEnde = antwort == 'j';
        }
    }
```


Der Datentyp char

- Für die Darstellung von Zeichen aus dem UNICODE-Zeichensatz wird der Datentyp `char` verwendet.
- Eine `char`-Variable belegt intern 2 Bytes. Zeichen werden intern als Binärzahlen zwischen `0` und `65535` gespeichert.

Zeichen-Literale (Zeichenkonstanten)

- Ein Zeichenliteral ist ein Zeichen eingeschlossen in einfache Anführungszeichen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Zeichenliterale darzustellen.
- Als Zeichen:

```
char c = 'x';          // Der Kleinbuchstabe x
char leer = ' ';       // Das Leerzeichen (Blank)
```

- Als Zahl:

```
char eins = 49;   // ASCII-Code für das Zeichen '1'
```

Beispiel: CharTest1

```
char eins = 49;
char zwei = (char)(eins +1);

// Oktaldarstellungen
char einsOkt   = '\61';  // das Zeichen '1' oktal
char grossesA  = '\101'; // das Zeichen 'A'
char kleinesA  = '\141'; // das Zeichen 'a'
char escape    = '\33';  // das escape-Zeichen
char lf        = '\12';  // Zeilenendezeichen (Linefeed)
char cr        = '\15';  // Wagenrücklauf (Carriage Return)

// Unicode-Ersatzdarstellungen
char einsHex   = '\u0031'; // das Zeichen '1' hexadezimal
char grossesAX = '\u0041'; // das Zeichen 'A'
char kleinesAX = '\u0061'; // das Zeichen a
char escapeX   = '\u001b'; // das escape-Zeichen
char aleph     = '\u05D0'; // Unicode-Literal
```


Ersatzdarstellungen

Zeichen	*Bedeutung*	*ASCII-Name*	*Unicode*
\b	Backspace	BS	\u0008
\f	Seitenvorschub (Formfeed)	FF	\u000c
\n	neue Zeile (Linefeed)	LF	\u000a
\r	Zeilenrücklauf (Carriage Return)	CR	\u000d
\t	Tabulator	HT	\u0009
\\	Backslash		\u005c
\'	das Zeichen '		\u0027
\"	das Zeichen "		\u0022
ooo	Oktalcode, von \0 bis \377		\u0000 - \u00ff

Beispiel: CharTest2 (1)

```
public class CharTest2 {
    public void start() {
        int i = 0;
        char c = ' ';

        while ( c <= '~' ) {
            System.out.print(c);
            c = (char)(c + 1);
            i = i + 1;
            if ( i == 64) {
                System.out.println();
                i = 0;
            }
        }
        System.out.println();
    }

    public static void main(String[] args) {
        new CharTest2().start();
    }
}
```

Beispiel: CharTest2 (2)

```
/* Ausgabe
!"#$%&'()*+,-
./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ[\]^_
`abcdefghijklmnopqrstuvwxyz{|}~
*/
```

Erlaubte Operatoren für Zeichen

=	Zuweisung
== != < > <= >=	Vergleichsoperatoren verglichen wird jeweils der interne Binärcode

Zeichenketten-Literale

- Zeichenketten-Literale sind in Java Objekte der Standardklasse **`String`** (dazu später mehr).

  `"Hallo Welt! \n"`

  ist also ein Objekt und intern anders dargestellt als dies in anderen Programmiersprachen (z. B. C/C++) üblich ist.

Typkonvertierungen

- Welche der folgenden Zuweisungen sind erlaubt?

```
int i = 100;
long l = 1234567890L;
float f = 1.234E12f;
double d = 3.1E123;

i = l;
l = i;
f = d;
d = f;
i = f;
```


Typkonvertierungen

- Java ist wesentlich strenger typisiert als C++. Automatische Konvertierungen zwischen verschiedenen einfachen Datentypen sind nur bei Typerweiterungen möglich:
  `byte` → `short` → `int` → `long` → `float` → `double`
- Zum expliziten Konvertieren gibt es nur den sogenannten C-Cast-Operator:

Syntax: `(`*`zieltyp`*`)`*`ausdruck`*

```
double pi = 3.1415926;
int i = (int) pi;
```

Probleme bei Typkonvertierungen

```
public class TypTest {
    public void start() {
        int i = 100;
        long l = 1_234_567_890_123L;
        float f = 1.234E12f;
        double d = 3.1E123;

        i = (int)l; // i = 1912276171
        l = i;      // l = 1912276171
        f = l;      // f = 1.91227622E9
        l = (long)f;// l = 1912276224
        f = (float)d; // f = infinity
        d = f;        // d = infinity
        i = (int)f;   // i = 2147483647
        d = 1.5e100;  // d = 1.5E100
        i = (int)d;   // i = 2147483647
    ...
```