Java ist statisch typisiert, d.h., Variablen, Ergebnisse von Ausdrücken, etc. haben ein Datentyp, der schon bei der Kompilierung festgelegt wird.

Java unterscheidet zwei Arten von Typen:

- Basistypen / Primitive Datentypen
  `byte`, `char`, `short`, `int`, `long`, `float`, `double`, `boolean`
- Referenzdatentypen
  kann man auch selber definieren

Java ist statisch typisiert, d.h., Variablen, Ergebnisse von Ausdrücken, etc. haben ein Datentyp, der schon bei der Kompilierung festgelegt wird.

Java unterscheidet zwei Arten von Typen:

- Basistypen / Primitive Datentypen
  `byte`, `char`, `short`, `int`, `long`, `float`, `double`, `boolean`
- Referenzdatentypen
  kann man auch selber definieren

Beispiel – Statische Typisierung

```
a = 5
a = a + 1
a = "Hello World." # a is now a string
a = a + 1          # runtime error
```

Python

```
int a;
a = 5;
a = "Hello World." // will not compile
```

Java

5 Mehr Java

Java ist statisch typisiert, d.h., Variablen, Ergebnisse von Ausdrücken, etc. haben ein Datentyp, der schon bei der Kompilierung festgelegt wird.

Java unterscheidet zwei Arten von Typen:

- Basistypen / Primitive Datentypen
  byte, char, short, int, long, float, double, boolean
- Referenzdatentypen
  kann man auch selber definieren

5.1 Basistypen

Primitive Datentypen

- Zu jedem Basistypen gibt es eine Menge möglicher Werte.
- Jeder Wert eines Basistyps benötigt den gleichen Platz, um ihn im Rechner zu repräsentieren.
- Der Platz wird in Bit gemessen.

Wie viele Werte kann man mit n Bit darstellen?

Primitive Datentypen – Ganze Zahlen

Es gibt vier Sorten ganzer Zahlen:

Typ	*Platz*	*kleinster Wert*	*größter Wert*
byte	8	−128	127
short	16	−32 768	32 767
int	32	−2 147 483 648	2 147 483 647
long	64	−9 223 372 036 854 775 808	9 223 372 036 854 775 807

Die Benutzung kleinerer Typen wie byte oder short spart Platz.

5.1 Basistypen

Primitive Datentypen

- Zu jedem Basistypen gibt es eine Menge möglicher Werte.
- Jeder Wert eines Basistyps benötigt den gleichen Platz, um ihn im Rechner zu repräsentieren.
- Der Platz wird in Bit gemessen.

Wie viele Werte kann man mit n Bit darstellen?

Primitive Datentypen – Ganze Zahlen

Literale:

- dezimale Notation
- hexadezimale Notation (Präfix 0x oder 0X)
- oktale Notation (Präfix 0)
- binäre Notation (Präfix 0b oder 0B)
- Suffix l☹ oder L für long
- '_' um Ziffern zu gruppieren

Beispiele

- 192, 0b11000000, 0xC0, 0300 sind alle gleich
- 20_000L, 0xABFF_0078L
- 09, 0x_FF sind ungültig

Primitive Datentypen – Ganze Zahlen

Es gibt vier Sorten ganzer Zahlen:

Typ	*Platz*	*kleinster Wert*	*größter Wert*
byte	8	−128	127
short	16	−32 768	32 767
int	32	−2 147 483 648	2 147 483 647
long	64	−9 223 372 036 854 775 808	9 223 372 036 854 775 807

Die Benutzung kleinerer Typen wie byte oder short spart Platz.

Primitive Datentypen – Ganze Zahlen

Literale:

- dezimale Notation
- hexadezimale Notation (Präfix 0x oder 0X)
- oktale Notation (Präfix 0)
- binäre Notation (Präfix 0b oder 0B)
- Suffix l☹ oder L für long
- '_' um Ziffern zu gruppieren

Beispiele

- 192, 0b11000000, 0xC0, 0300 sind alle gleich
- 20_000L, 0xABFF_0078L
- 09, 0x_FF sind ungültig

Primitive Datentypen – Ganze Zahlen

Es gibt vier Sorten ganzer Zahlen:

Typ	*Platz*	*kleinster Wert*	*größter Wert*
byte	8	−128	127
short	16	−32 768	32 767
int	32	−2 147 483 648	2 147 483 647
long	64	−9 223 372 036 854 775 808	9 223 372 036 854 775 807

Die Benutzung kleinerer Typen wie byte oder short spart Platz.

Primitive Datentypen – Ganze Zahlen

Achtung: Java warnt nicht vor Überlauf/Unterlauf!!!

Beispiel:

```
1 int x = 2147483647; // groesstes int
2 x = x + 1;
3 write(x);
```

liefert: -2147483648

Primitive Datentypen – Ganze Zahlen

Literale:

- dezimale Notation
- hexadezimale Notation (Präfix 0x oder 0X)
- oktale Notation (Präfix 0)
- binäre Notation (Präfix 0b oder 0B)
- Suffix l☹ oder L für long
- '_' um Ziffern zu gruppieren

Beispiele

- 192, 0b11000000, 0xC0, 0300 sind alle gleich
- 20_000L, 0xABFF_0078L
- 09, 0x_FF sind ungültig

Primitive Datentypen – Gleitkommazahlen

Es gibt zwei Sorten von Gleitkommazahlen:

Typ	*Platz*	*kleinster Wert*	*größter Wert*	*signifikante Stellen*
`float`	32	ca. $-3.4 \cdot 10^{38}$	ca. $3.4 \cdot 10^{38}$	ca. 7
`double`	64	ca. $-1.7 \cdot 10^{308}$	ca. $1.7 \cdot 10^{308}$	ca. 15

$$x = s \cdot m \cdot 2^e \qquad \text{mit } 1 \leq m < 2$$

- Vorzeichen s: 1 bit
- reduzierte Mantisse $m - 1$: 23 bit (`float`), 52 bit (`double`)
- Exponent e: 8 bit (`float`), 11 bit (`double`)

Primitive Datentypen – Ganze Zahlen

Achtung: Java warnt nicht vor Überlauf/Unterlauf!!!

Beispiel:

```
1 int x = 2147483647; // groesstes int
2 x = x + 1;
3 write(x);
```

liefert: `-2147483648`

Primitive Datentypen – Gleitkommazahlen

Literale:

- dezimale Notation.
- dezimale Exponentialschreibweise (e, E für Exponent)
- hexadeximale Exponentialschreibweise. (Präfix 0x oder 0X, p oder P für Exponent)
- Suffix f oder F für `float`, Suffix d oder D für `double` (default is `double`)

Beispiele

- `640.5F` == `0x50.1p3f`
- `3.1415` == `314.15E-2`
- `0x1e3_dp0`, `1e3d`
- `0x1e3d`, `1e3_d`

Primitive Datentypen – Gleitkommazahlen

Es gibt zwei Sorten von Gleitkommazahlen:

Typ	*Platz*	*kleinster Wert*	*größter Wert*	*signifikante Stellen*
`float`	32	ca. $-3.4 \cdot 10^{38}$	ca. $3.4 \cdot 10^{38}$	ca. 7
`double`	64	ca. $-1.7 \cdot 10^{308}$	ca. $1.7 \cdot 10^{308}$	ca. 15

$$x = s \cdot m \cdot 2^e \qquad \text{mit } 1 \leq m < 2$$

- Vorzeichen s: 1 bit
- reduzierte Mantisse $m - 1$: 23 bit (`float`), 52 bit (`double`)
- Exponent e: 8 bit (`float`), 11 bit (`double`)

Primitive Datentypen – Gleitkommazahlen

- Überlauf/Unterlauf bei Berechnungen liefert `Infinity`, bzw. `-Infinity`
- Division Null durch Null, Wurzel aus einer negativen Zahl etc. liefert `NaN`

Primitive Datentypen – Gleitkommazahlen

Literale:

- dezimale Notation.
- dezimale Exponentialschreibweise (`e`, `E` für Exponent)
- hexadeximale Exponentialschreibweise. (Präfix `0x` oder `0X`, `p` oder `P` für Exponent)
- Suffix `f` oder `F` für `float`, Suffix `d` oder `D` für `double` (default is `double`)

Beispiele

- `640.5F` == `0x50.1p3f`
- `3.1415` == `314.15E-2`
- `0x1e3_dp0`, `1e3d`
- `0x1e3d`, `1e3_d`

Weitere Basistypen

Typ	*Platz*	*Werte*
`boolean`	1	`true,false`
`char`	16	all Unicode-Zeichen

Unicode ist ein Zeichensatz, der alle irgendwo auf der Welt gängigen Alphabete umfasst, also zum Beispiel:

- die Zeichen unserer Tastatur (inklusive Umlaute);
- die chinesischen Schriftzeichen;
- die ägyptischen Hieroglyphen ...

Literale:

- `char`-Literale schreibt man in Hochkommas: `'A'`, `'\u00ED'`,`';'`, `'\n'`.
- `boolean`-Literale sind `true` und `false`.

Primitive Datentypen – Gleitkommazahlen

- Überlauf/Unterlauf bei Berechnungen liefert `Infinity`, bzw. `-Infinity`
- Division Null durch Null, Wurzel aus einer negativen Zahl etc. liefert `NaN`

5.2 Strings

Der Datentyp `String` für Wörter ist ein Referenzdatentyp
(genauer eine Klasse (dazu kommen wir später)).

Hier nur drei Eigenschaften:

- Literale vom Typ `String` haben die Form `"Hello World!"`;
- Man kann Wörter in Variablen vom Typ `String` abspeichern;
- Man kann Wörter mithilfe des Operators `'+'` konkatenieren.

Beispiel

```
String s0 = "";
String s1 = "Hel";
String s2 = "lo Wo";
String s3 = "rld!";

write(s0 + s1 + s2 + s3);
```

...liefert: `Hello World!`

5.2 Strings

Der Datentyp `String` für Wörter ist ein Referenzdatentyp (genauer eine Klasse (dazu kommen wir später)).

Hier nur drei Eigenschaften:

- Literale vom Typ `String` haben die Form `"Hello World!"`;
- Man kann Wörter in Variablen vom Typ `String` abspeichern;
- Man kann Wörter mithilfe des Operators `'+'` konkatenieren.

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Funktionen in Java bekommen Parameter/Argumente als Input, und liefern als Output den Wert eines vorbestimmten Typs. Zum Beispiel könnte man eine Funktion

```
int min(int a, int b)
```

implementieren, die das Minimum ihrer Argumente zurückliefert.

Operatoren sind spezielle vordefinierte Funktionen, die in Infix-Notation geschrieben werden (wenn sie binär sind):

```
a + b = +(a,b)
```


Beispiel

```
String s0 = "";
String s1 = "Hel";
String s2 = "lo Wo";
String s3 = "rld!";

write(s0 + s1 + s2 + s3);
```

...liefert: Hello World!

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Ein Ausdruck ist eine Kombination von Literalen, Operatoren, Funktionen, Variablen und Klammern, die verwendet wird, um einen Wert zu berechnen.

Beispiele: (x z.B. vom Typ `int`)

- `7 + 4`
- `3 / 5 + 3`
- `min(3,x) + 20`
- `x = 7`
- `x *= 2`

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Funktionen in Java bekommen Parameter/Argumente als Input, und liefern als Output den Wert eines vorbestimmten Typs. Zum Beispiel könnte man eine Funktion

```
int min(int a, int b)
```

implementieren, die das Minimum ihrer Argumente zurückliefert.

Operatoren sind spezielle vordefinierte Funktionen, die in Infix-Notation geschrieben werden (wenn sie binär sind):

```
a + b = +(a,b)
```

Operatoren

Unäre Operatoren:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
++	Post-increment	(var) zahl, char	links	2
--	Post-decrement	(var) zahl, char	links	2
++	Pre-increment	(var) zahl, char	rechts	3
--	Pre-decrement	(var) zahl, char	rechts	3
+	unäres Plus	zahl, char	rechts	3
-	unäres Minus	zahl, char	rechts	3
!	Negation	boolean	rechts	3

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Ein Ausdruck ist eine Kombination von Literalen, Operatoren, Funktionen, Variablen und Klammern, die verwendet wird, um einen Wert zu berechnen.

Beispiele: (`x` z.B. vom Typ `int`)

- `7 + 4`
- `3 / 5 + 3`
- `min(3,x) + 20`
- `x = 7`
- `x *= 2`

Achtung

Operatoren

Unäre Operatoren:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
++	Post-increment	(var) zahl, char	links	2
--	Post-decrement	(var) zahl, char	links	2
++	Pre-increment	(var) zahl, char	rechts	3
--	Pre-decrement	(var) zahl, char	rechts	3
+	unäres Plus	zahl, char	rechts	3
-	unäres Minus	zahl, char	rechts	3
!	Negation	boolean	rechts	3

Prefix- und Postfixoperator

- Die Operatoranwendungen ++x und x++ inkrementieren beide den Wert der Variablen x (als Seiteneffekt).
- ++x tut das, bevor der Wert des Ausdrucks ermittelt wird (Pre-Increment).
- x++ tut das, nachdem der Wert ermittelt wurde (Post-Increment).
- `b = x++;` entspricht:

```
b = x;
x = x + 1;
```

- `b = ++x;` entspricht:

```
x = x + 1;
b = x;
```


Achtung

Prefix- und Postfixoperator

- Die Operatoranwendungen ++x und x++ inkrementieren beide den Wert der Variablen x (als Seiteneffekt).
- ++x tut das, bevor der Wert des Ausdrucks ermittelt wird (Pre-Increment).
- x++ tut das, nachdem der Wert ermittelt wurde (Post-Increment).
- `b = x++;` entspricht:

```
b = x;
x = x + 1;
```

- `b = ++x;` entspricht:

```
x = x + 1;
b = x;
```


Operatoren

Binäre arithmetische Operatoren:

byte, short, char werden nach int konvertiert

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
*	Multiplikation	zahl, char	links	4
/	Division	zahl, char	links	4
%	Modulo	zahl, char	links	4
+	Addition	zahl, char	links	5
-	Subtraktion	zahl, char	links	5

Konkatenation

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
+	Konkatenation	string	links	5

Operatoren

Vergleichsoperatoren:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
>	größer	zahl, char	links?	7
>=	größergleich	zahl, char	links?	7
<	kleiner	zahl, char	links?	7
<=	kleinergleich	zahl, char	links?	7
==	gleich	primitiv	links	8
!=	ungleich	primitiv	links	8

Operatoren

Binäre arithmetische Operatoren:

`byte`, `short`, `char` werden nach `int` konvertiert

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
*	Multiplikation	zahl, char	links	4
/	Division	zahl, char	links	4
%	Modulo	zahl, char	links	4
+	Addition	zahl, char	links	5
-	Subtraktion	zahl, char	links	5

Konkatenation

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
+	Konkatenation	string	links	5

Operatoren

Vergleichsoperatoren:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
>	größer	zahl, char	links?	7
>=	größergleich	zahl, char	links?	7
<	kleiner	zahl, char	links?	7
<=	kleinergleich	zahl, char	links?	7
==	gleich	primitiv	links	8
!=	ungleich	primitiv	links	8

Operatoren

Boolsche Operatoren:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
&&	Und-Bedingung	boolean	links	12
||	Oder-Bedingung	boolean	links	13

Operatoren

Zuweisungsoperatoren:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
=	Zuweisung	var, wert	rechts	15
*=,/=, %=, +=, -=	Zuweisung	var, wert	rechts	15

Für die letzte Form gilt:

$$v \circ\!= a \iff v = (type(v))\ (v \circ a)$$

Operatoren

Boolsche Operatoren:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
&&	Und-Bedingung	boolean	links	12
||	Oder-Bedingung	boolean	links	13

Operatoren

Zuweisungsoperatoren:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
=	Zuweisung	var, wert	rechts	15
*=,/=, %=, +=, -=	Zuweisung	var, wert	rechts	15

Für die letzte Form gilt:

$$v \circeq a \iff v = (type(v))\ (v \circ a)$$

Operatoren

Warnung:

- Eine Zuweisung `x = y;` ist in Wahrheit ein Ausdruck.
- Der Wert ist der Wert der rechten Seite.
- Die Modifizierung der Variablen x erfolgt als Seiteneffekt.
- Das Semikolon `';'` hinter einem Ausdruck wirft nur den Wert weg.

Fatal für Fehler in Bedingungen:

```
boolean x = false;
if (x = true)
   write("Sorry! This must be an error ...");
```

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Assoziativität

- Die Assoziativität entscheidet über die Reihenfolge bei Operatoren gleicher Priorität. (links = der linkeste Operator wird zuerst ausgeführt)
- Alle Operatoren einer Prioritätsgruppe haben dieselbe Assoziativität.
- Bis auf Zuweisungsoperatoren (=, +=, etc.) sind alle binären Operatoren linksassoziativ.
- unäre Operatoren, die ihr Argument rechts erwarten sind rechtsassoziativ
- unäre Operatoren, die ihr Argument links erwarten (postfix-Operatoren ++, --) sind linksassoziativ
- Der ternäre Bedingungsoperator (später) ist rechtsassoziativ

Operatoren

Warnung:

- Eine Zuweisung `x = y;` ist in Wahrheit ein Ausdruck.
- Der Wert ist der Wert der rechten Seite.
- Die Modifizierung der Variablen `x` erfolgt als Seiteneffekt.
- Das Semikolon `';'` hinter einem Ausdruck wirft nur den Wert weg.

Fatal für Fehler in Bedingungen:

```
boolean x = false;
if (x = true)
   write("Sorry! This must be an error ...");
```

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Assoziativität

- Die Assoziativität entscheidet über die Reihenfolge bei Operatoren gleicher Priorität. (links = der linkeste Operator wird zuerst ausgeführt)
- Alle Operatoren einer Prioritätsgruppe haben dieselbe Assoziativität.
- Bis auf Zuweisungsoperatoren (=, +=, etc.) sind alle binären Operatoren linksassoziativ.
- unäre Operatoren, die ihr Argument rechts erwarten sind rechtsassoziativ
- unäre Operatoren, die ihr Argument links erwarten (postfix-Operatoren ++, --) sind linksassoziativ
- Der ternäre Bedingungsoperator (später) ist rechtsassoziativ

Operatoren

Warnung:

- Eine Zuweisung `x = y;` ist in Wahrheit ein Ausdruck.
- Der Wert ist der Wert der rechten Seite.
- Die Modifizierung der Variablen `x` erfolgt als Seiteneffekt.
- Das Semikolon `';'` hinter einem Ausdruck wirft nur den Wert weg.

Fatal für Fehler in Bedingungen:

```
boolean x = false;
if (x = true)
   write("Sorry! This must be an error ...");
```

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Assoziativität

- Die Assoziativität entscheidet über die Reihenfolge bei Operatoren gleicher Priorität. (links = der linkeste Operator wird zuerst ausgeführt)
- Alle Operatoren einer Prioritätsgruppe haben dieselbe Assoziativität.
- Bis auf Zuweisungsoperatoren (=, +=, etc.) sind alle binären Operatoren linksassoziativ.
- unäre Operatoren, die ihr Argument rechts erwarten sind rechtsassoziativ
- unäre Operatoren, die ihr Argument links erwarten (postfix-Operatoren ++, --) sind linksassoziativ
- Der ternäre Bedingungsoperator (später) ist rechtsassoziativ

Operatoren

Warnung:

- Eine Zuweisung `x = y;` ist in Wahrheit ein Ausdruck.
- Der Wert ist der Wert der rechten Seite.
- Die Modifizierung der Variablen x erfolgt als Seiteneffekt.
- Das Semikolon `';'` hinter einem Ausdruck wirft nur den Wert weg.

Fatal für Fehler in Bedingungen:

```
boolean x = false;
if (x = true)
   write("Sorry! This must be an error ...");
```

Assoziativität

- Die Assoziativität entscheidet über die Reihenfolge bei Operatoren gleicher Priorität. (links = der linkeste Operator wird zuerst ausgeführt)
- Alle Operatoren einer Prioritätsgruppe haben dieselbe Assoziativität.
- Bis auf Zuweisungsoperatoren (=, +=, etc.) sind alle binären Operatoren linksassoziativ.
- unäre Operatoren, die ihr Argument rechts erwarten sind rechtsassoziativ
- unäre Operatoren, die ihr Argument links erwarten (postfix-Operatoren ++, --) sind linksassoziativ
- Der ternäre Bedingungsoperator (später) ist rechtsassoziativ

Operatoren

Warnung:

- Eine Zuweisung `x = y;` ist in Wahrheit ein Ausdruck.
- Der Wert ist der Wert der rechten Seite.
- Die Modifizierung der Variablen `x` erfolgt als Seiteneffekt.
- Das Semikolon `';'` hinter einem Ausdruck wirft nur den Wert weg.

Fatal für Fehler in Bedingungen:

```
boolean x = false;
if (x = true)
   write("Sorry! This must be an error ...");
```

Assoziativität

- Die Assoziativität entscheidet über die Reihenfolge bei Operatoren gleicher Priorität. (links = der linkeste Operator wird zuerst ausgeführt)
- Alle Operatoren einer Prioritätsgruppe haben dieselbe Assoziativität.
- Bis auf Zuweisungsoperatoren (=, +=, etc.) sind alle binären Operatoren linksassoziativ.
- unäre Operatoren, die ihr Argument rechts erwarten sind rechtsassoziativ
- unäre Operatoren, die ihr Argument links erwarten (postfix-Operatoren ++, --) sind linksassoziativ
- Der ternäre Bedingungsoperator (später) ist rechtsassoziativ

Operatoren

Warnung:

- Eine Zuweisung `x = y;` ist in Wahrheit ein Ausdruck.
- Der Wert ist der Wert der rechten Seite.
- Die Modifizierung der Variablen `x` erfolgt als Seiteneffekt.
- Das Semikolon `';'` hinter einem Ausdruck wirft nur den Wert weg.

Fatal für Fehler in Bedingungen:

```
boolean x = false;
if (x = true)
   write("Sorry! This must be an error ...");
```

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Assoziativität

- Die Assoziativität entscheidet über die Reihenfolge bei Operatoren gleicher Priorität. (links = der linkeste Operator wird zuerst ausgeführt)
- Alle Operatoren einer Prioritätsgruppe haben dieselbe Assoziativität.
- Bis auf Zuweisungsoperatoren (=, +=, etc.) sind alle binären Operatoren linksassoziativ.
- unäre Operatoren, die ihr Argument rechts erwarten sind rechtsassoziativ
- unäre Operatoren, die ihr Argument links erwarten (postfix-Operatoren ++, --) sind linksassoziativ
- Der ternäre Bedingungsoperator (später) ist rechtsassoziativ

Operatoren

Warnung:

- Eine Zuweisung `x = y;` ist in Wahrheit ein Ausdruck.
- Der Wert ist der Wert der rechten Seite.
- Die Modifizierung der Variablen x erfolgt als Seiteneffekt.
- Das Semikolon `';'` hinter einem Ausdruck wirft nur den Wert weg.

Fatal für Fehler in Bedingungen:

```
boolean x = false;
if (x = true)
   write("Sorry! This must be an error ...");
```

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Die Auswertung eines Ausdrucks liefert

- eine Variable (**var**),
- einen reinen Wert (**val**) oder
- void (**void**)

In den ersten beiden Fällen hat der Ausdruck dann einen

- Typ, z.B.: **int**, und einen
- Wert, z.B.: **42**

Für z.B. Zuweisungen muss die Auswertung des Ausdrucks auf der linken Seite eine Variable ergeben!!!

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Assoziativität

- Die Assoziativität entscheidet über die Reihenfolge bei Operatoren gleicher Priorität. (links = der linkeste Operator wird zuerst ausgeführt)
- Alle Operatoren einer Prioritätsgruppe haben dieselbe Assoziativität.
- Bis auf Zuweisungsoperatoren (=, +=, etc.) sind alle binären Operatoren linksassoziativ.
- unäre Operatoren, die ihr Argument rechts erwarten sind rechtsassoziativ
- unäre Operatoren, die ihr Argument links erwarten (postfix-Operatoren ++, --) sind linksassoziativ
- Der ternäre Bedingungsoperator (später) ist rechtsassoziativ

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Die Auswertung eines Ausdrucks liefert

- eine Variable (**var**),
- einen reinen Wert (**val**) oder
- void (**void**)

In den ersten beiden Fällen hat der Ausdruck dann einen

- Typ, z.B.: **int**, und einen
- Wert, z.B.: **42**

Für z.B. Zuweisungen muss die Auswertung des Ausdrucks auf der linken Seite eine Variable ergeben!!!

5.3 Auswertung von Ausdrücken

In Java werden Unterausdrücke von links nach rechts ausgewertet. D.h. um den Wert einer Operation zu berechnen:

- werte (rekursiv) alle Operanden von links nach rechts aus
- führe die Operation auf den Resultaten aus

Ausnahmen: ||, &&, und der ternäre Bedingungsoperator :?, werten nicht all Operanden aus (Kurzschlussauswertung).

Man sollte nie Ausdrücke formulieren, deren Ergebnis von der Auswertungsreihenfolge abhängt!!!

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Die Auswertung eines Ausdrucks liefert

- eine Variable (**var**),
- einen reinen Wert (**val**) oder
- void (**void**)

In den ersten beiden Fällen hat der Ausdruck dann einen

- Typ, z.B.: **int**, und einen
- Wert, z.B.: **42**

Für z.B. Zuweisungen muss die Auswertung des Ausdrucks auf der linken Seite eine Variable ergeben!!!

5.3 Auswertung von Ausdrücken

In Java werden Unterausdrücke von links nach rechts ausgewertet. D.h. um den Wert einer Operation zu berechnen:

- werte (rekursiv) alle Operanden von links nach rechts aus
- führe die Operation auf den Resultaten aus

Ausnahmen: ||, &&, und der ternäre Bedingungsoperator :?, werten nicht all Operanden aus (Kurzschlussauswertung).

Man sollte nie Ausdrücke formulieren, deren Ergebnis von der Auswertungsreihenfolge abhängt!!!

5.3 Auswertung von Ausdrücken

In Java werden Unterausdrücke von links nach rechts ausgewertet. D.h. um den Wert einer Operation zu berechnen:

- werte (rekursiv) alle Operanden von links nach rechts aus
- führe die Operation auf den Resultaten aus

Ausnahmen: ||, &&, und der ternäre Bedingungsoperator :?, werten nicht all Operanden aus (Kurzschlussauswertung).

Man sollte nie Ausdrücke formulieren, deren Ergebnis von der Auswertungsreihenfolge abhängt!!!

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Im folgenden betrachten wir Klammern als einen Operator der nichts tut:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Klammerung	*	links	0

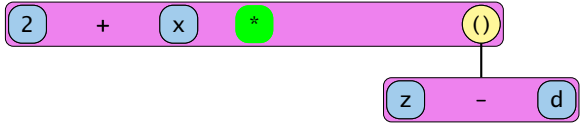
Beispiel: 2 + x * (z - d)

Beispiel: 2 + x * (z - d)

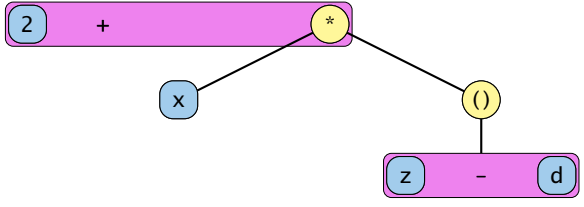
Beispiel: 2 + x * (z - d)

Beispiel: 2 + x * (z - d)

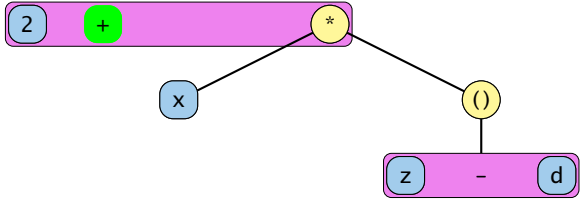
Beispiel: 2 + x * (z - d)



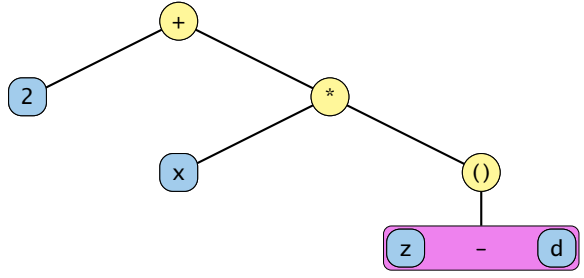
Beispiel: 2 + x * (z - d)



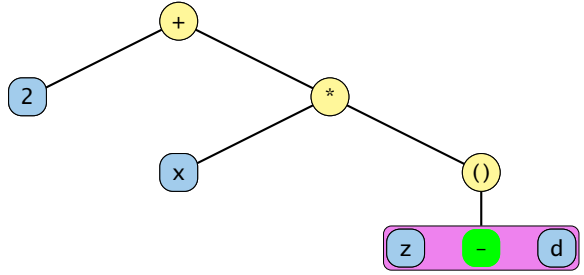
Beispiel: 2 + x * (z - d)



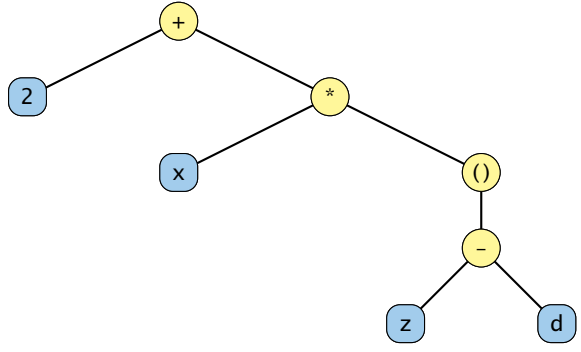
Beispiel: 2 + x * (z - d)



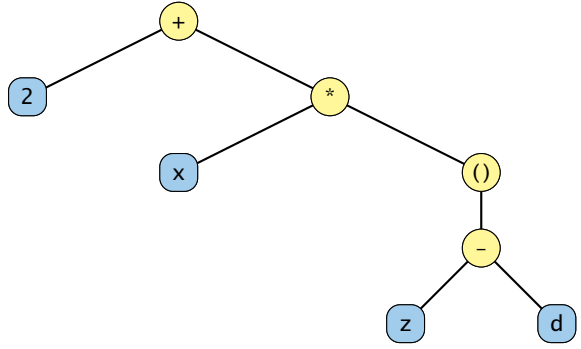
Beispiel: 2 + x * (z - d)



Beispiel: 2 + x * (z - d)

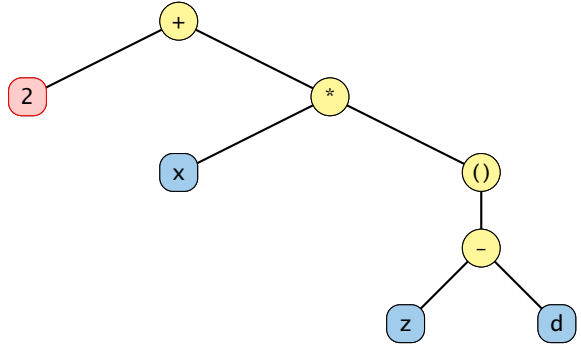


Beispiel: 2 + x * (z - d)



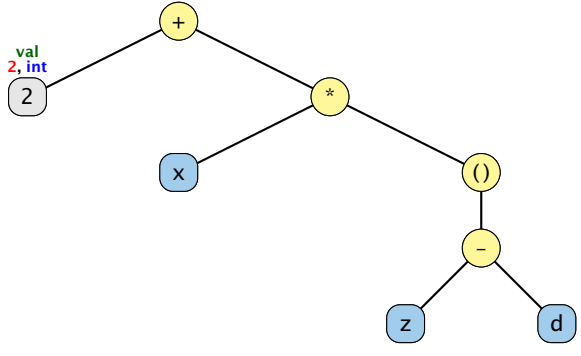
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



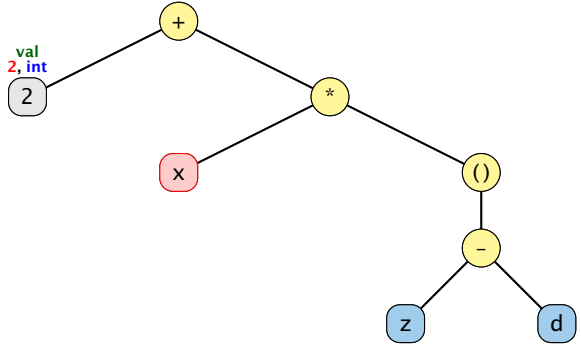
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



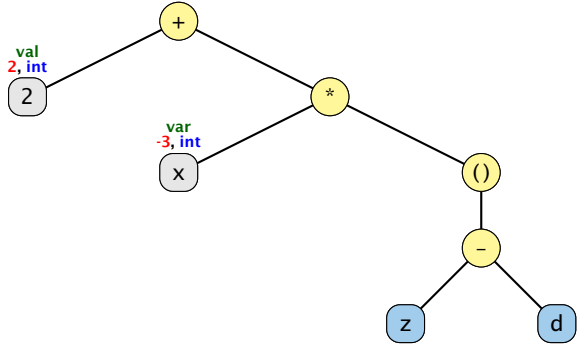
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



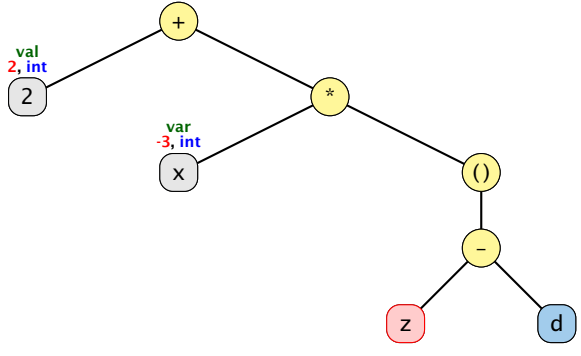
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



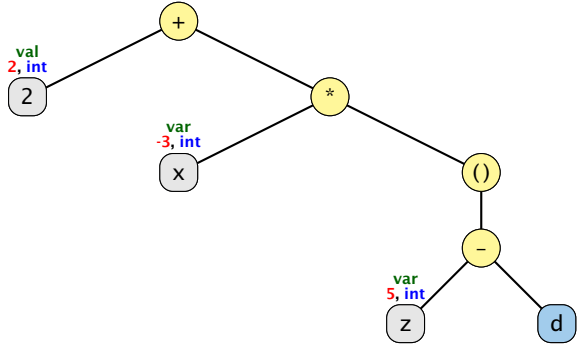
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



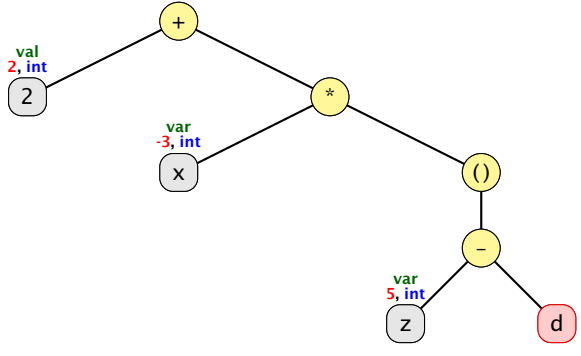
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



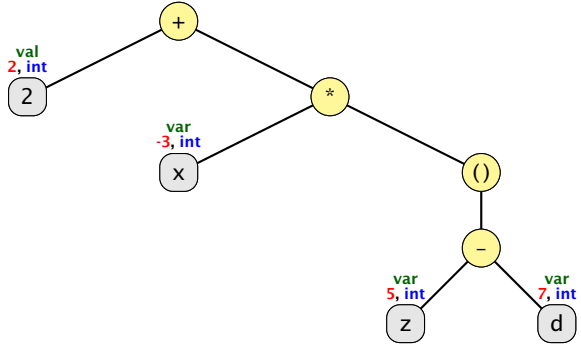
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



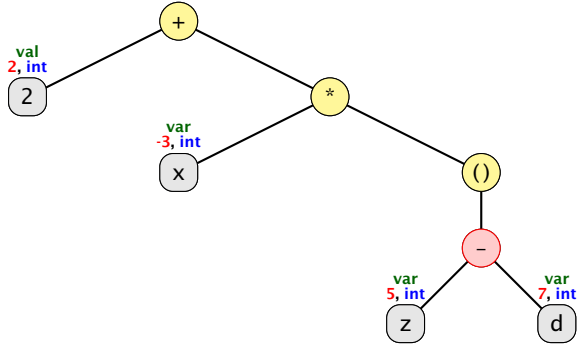
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



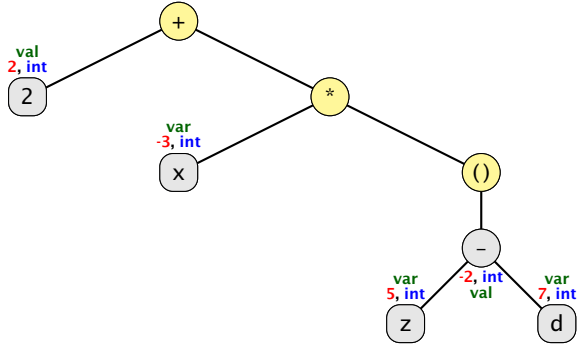
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



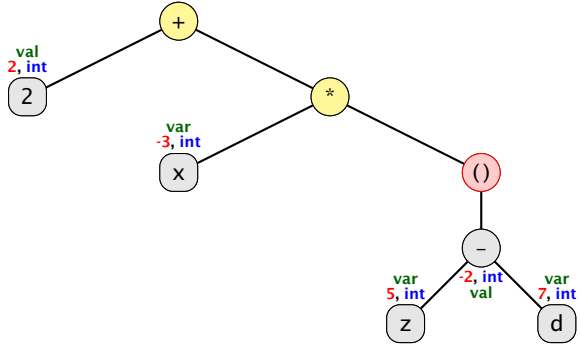
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



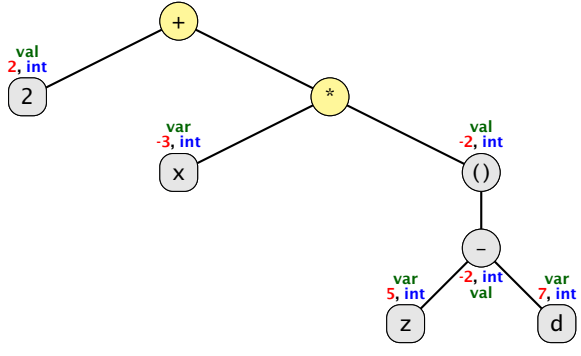
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



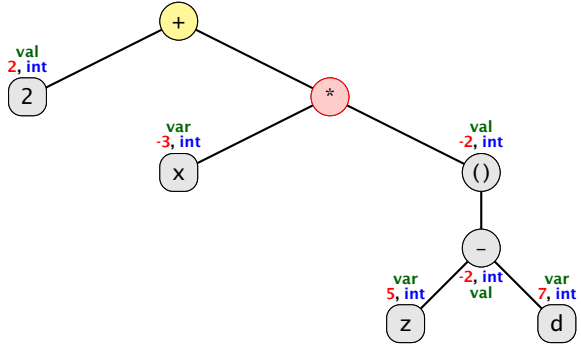
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



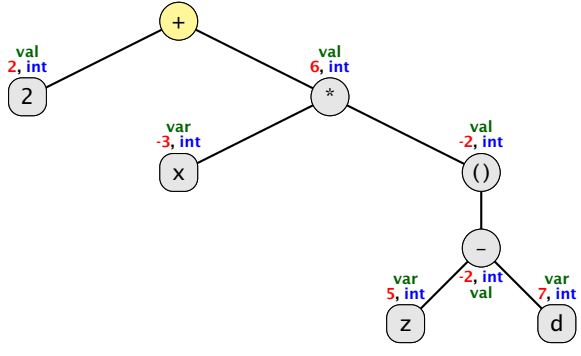
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



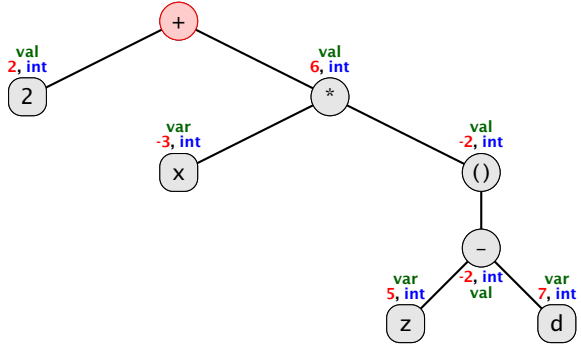
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



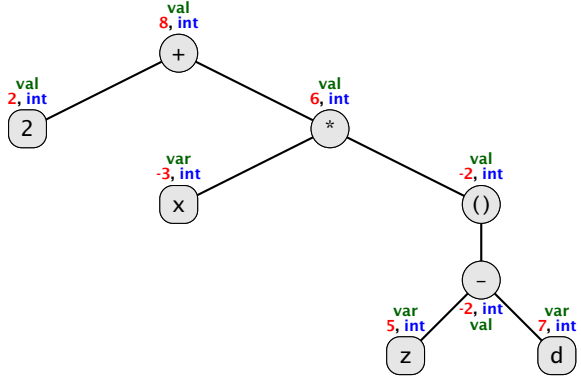
x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)



x -3 d 7 z 5

Beispiel: 2 + x * (z - d)

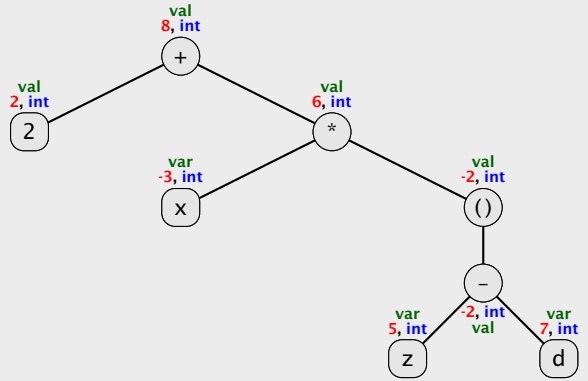


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

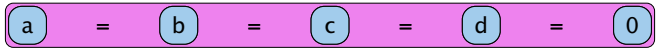
a	=	b	=	c	=	d	=	0

Beispiel: 2 + x * (z - d)

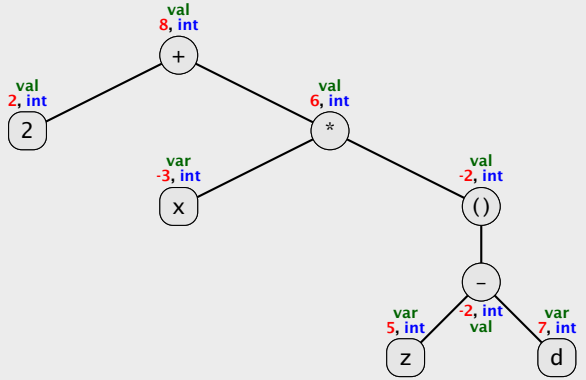


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

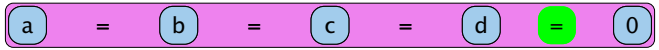


Beispiel: 2 + x * (z - d)

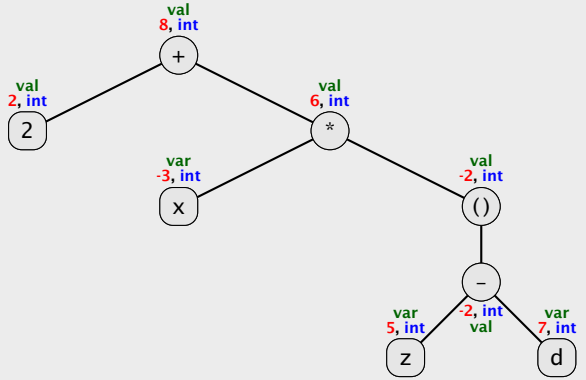


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

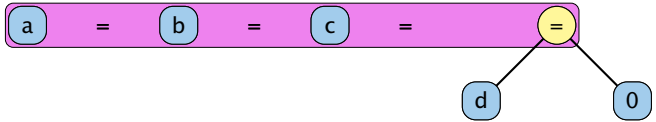


Beispiel: 2 + x * (z - d)

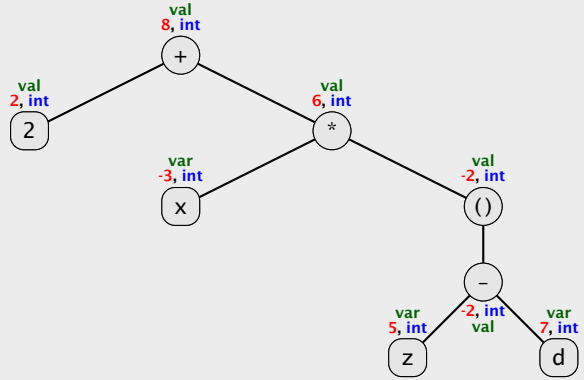


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

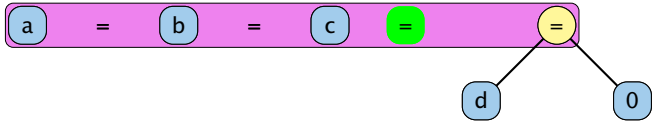


Beispiel: 2 + x * (z - d)

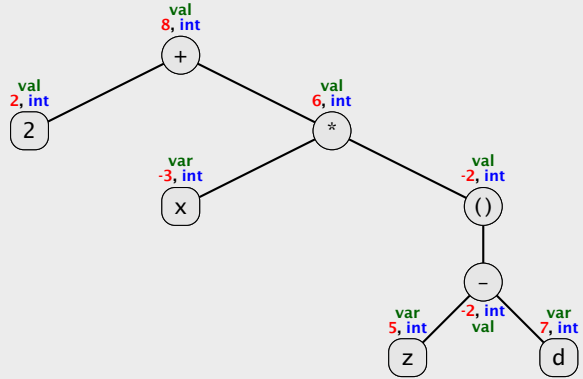


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

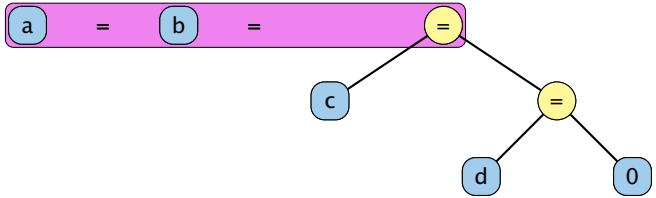


Beispiel: 2 + x * (z - d)

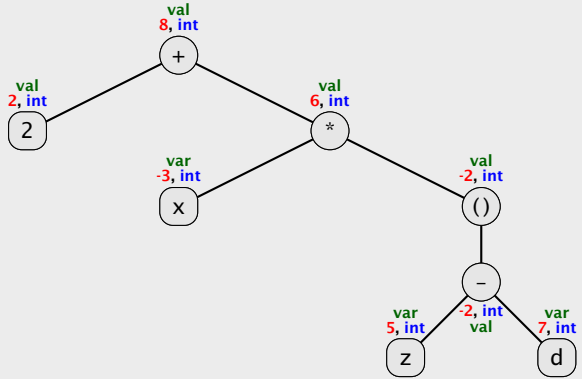


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

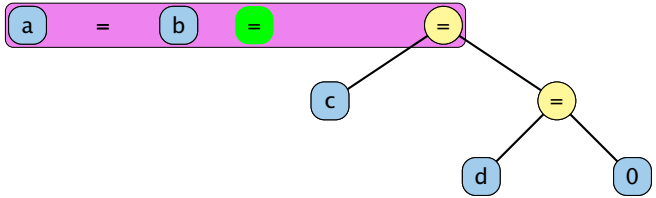


Beispiel: 2 + x * (z - d)

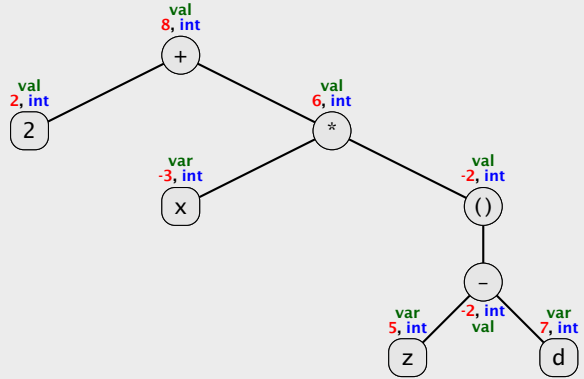


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

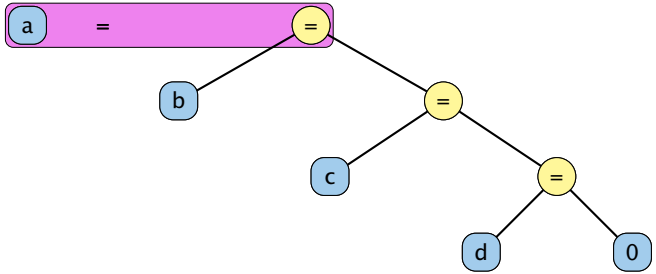


Beispiel: 2 + x * (z - d)

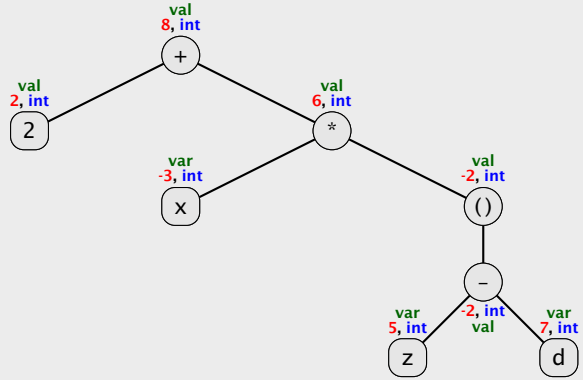


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

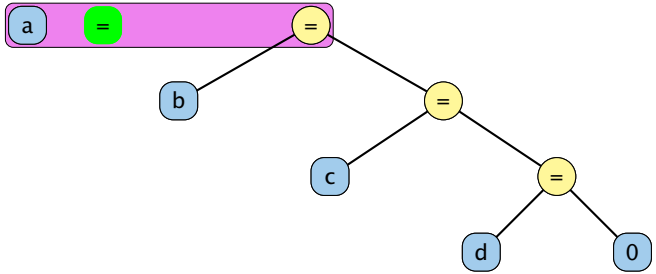


Beispiel: 2 + x * (z - d)

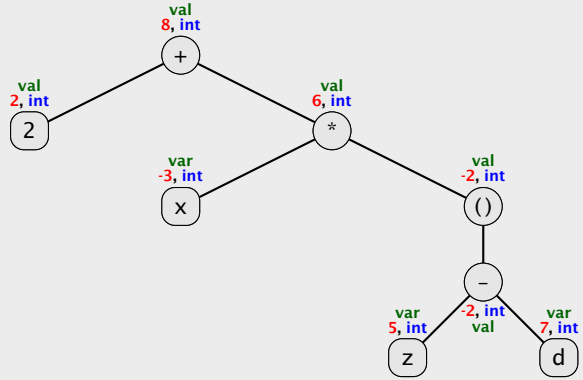


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

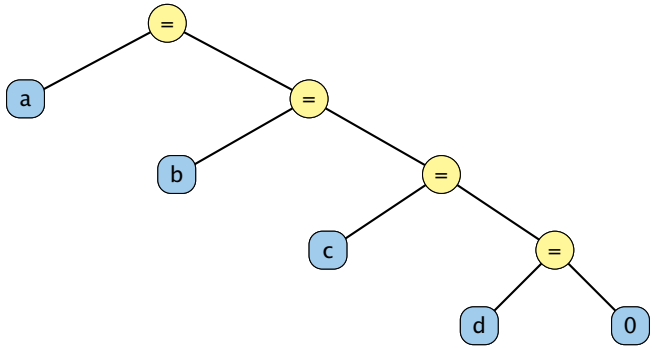


Beispiel: 2 + x * (z - d)

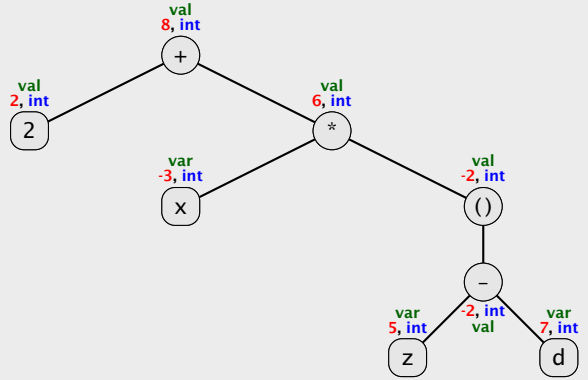


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0

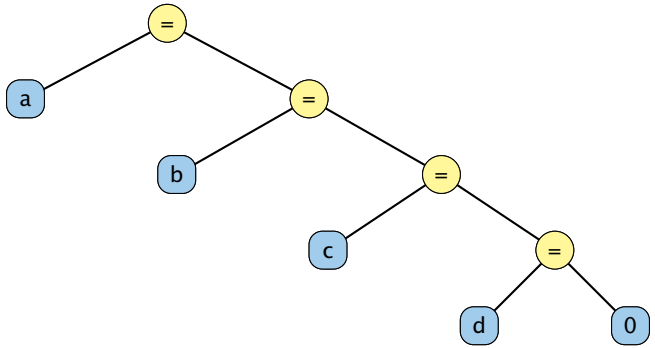


Beispiel: 2 + x * (z - d)



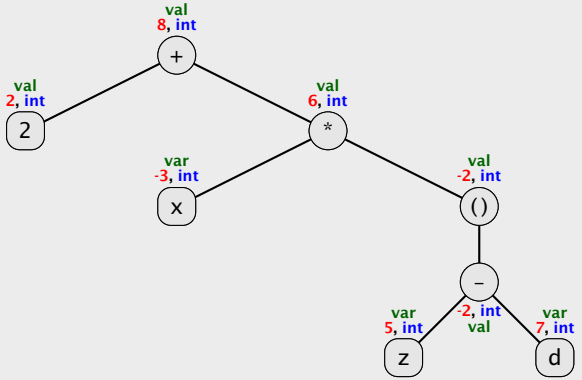
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



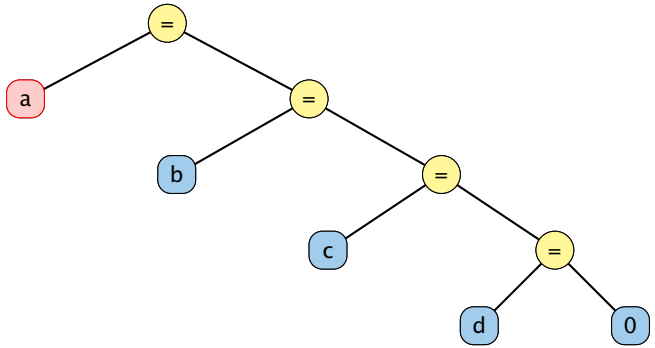
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



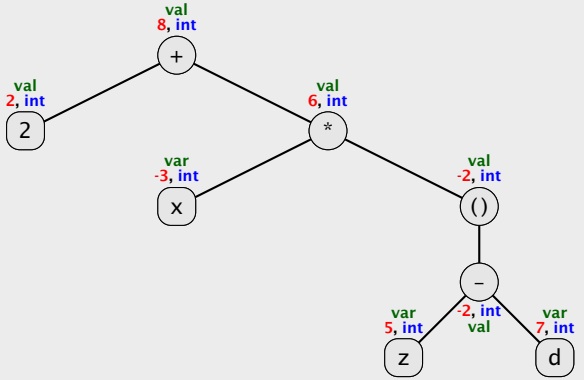
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



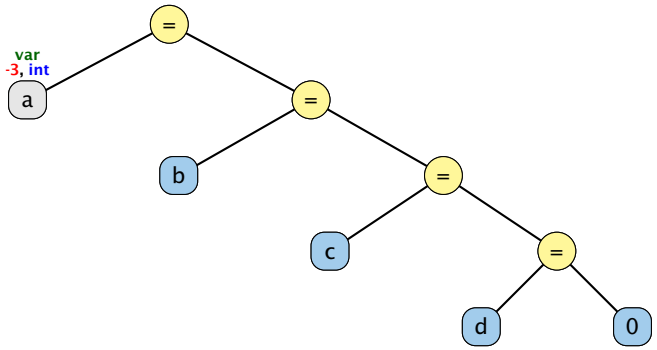
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



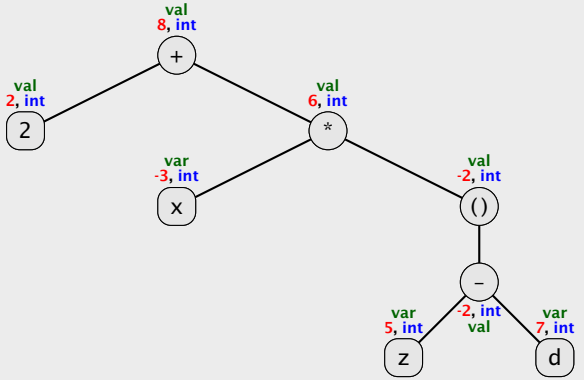
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



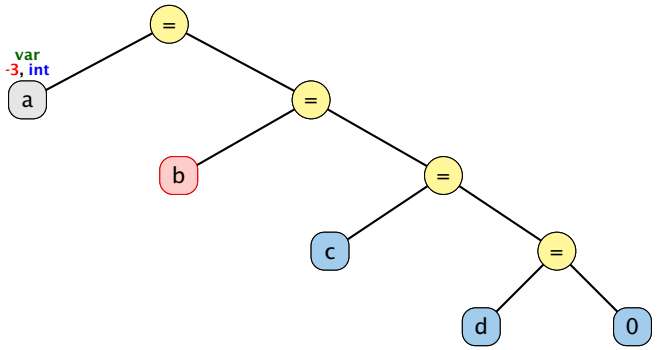
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



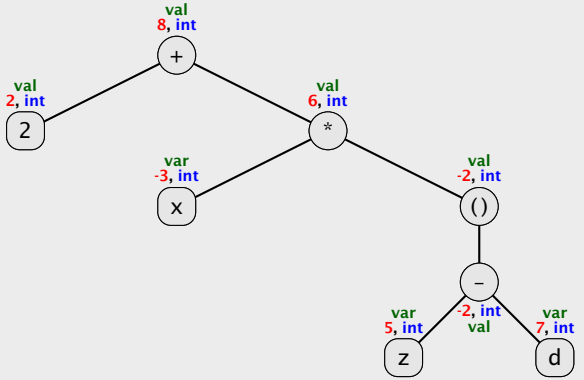
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



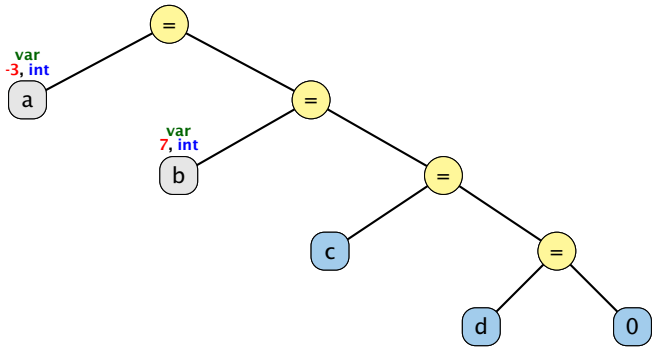
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



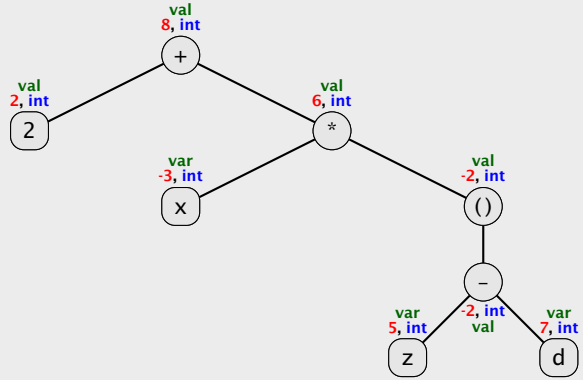
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



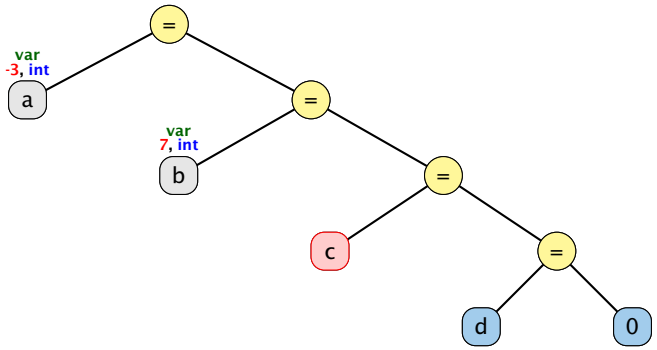
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



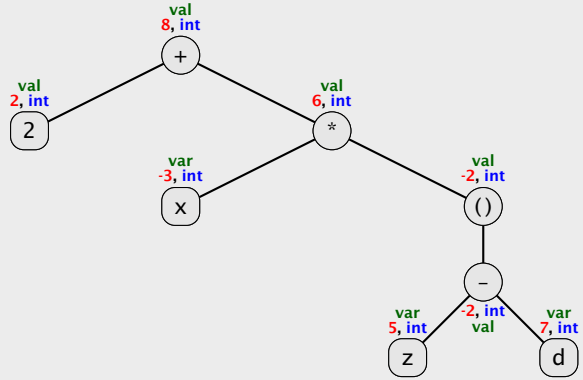
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



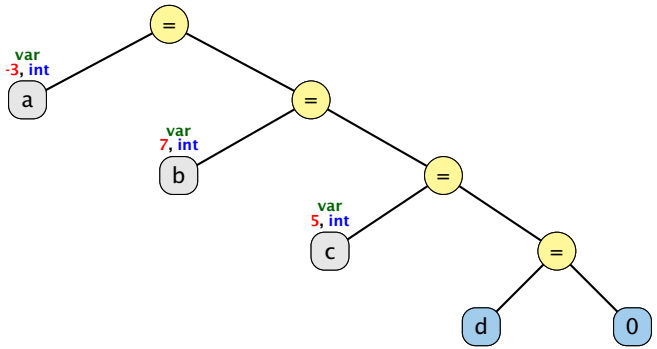
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



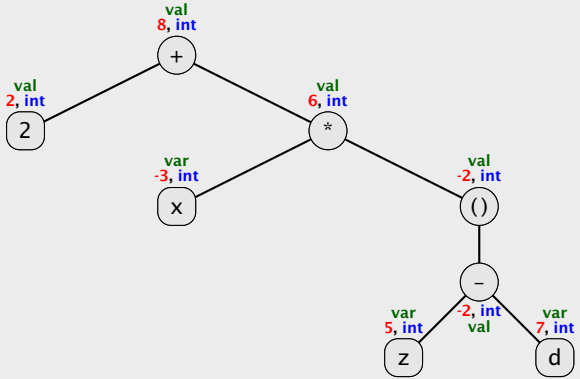
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



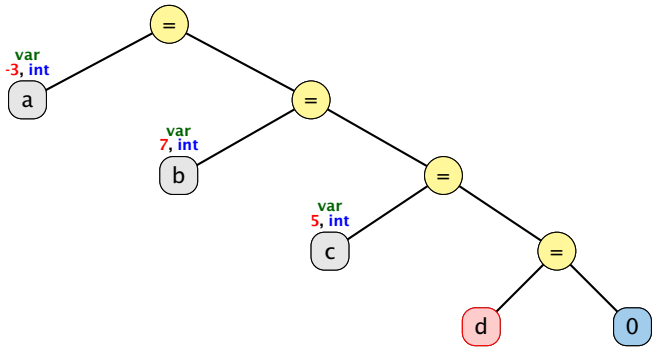
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



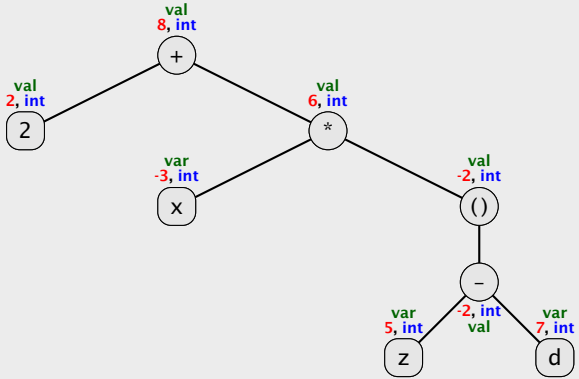
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



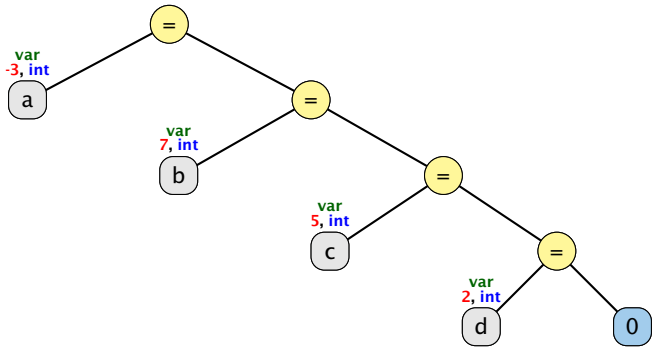
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



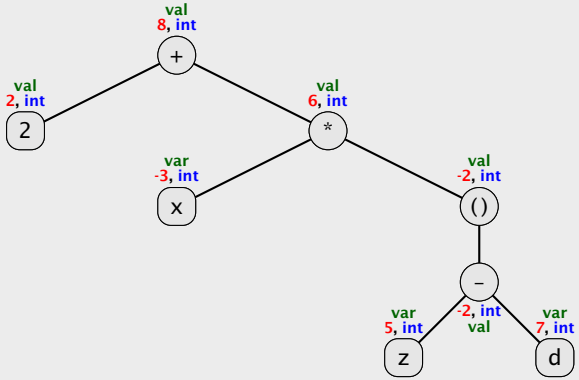
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



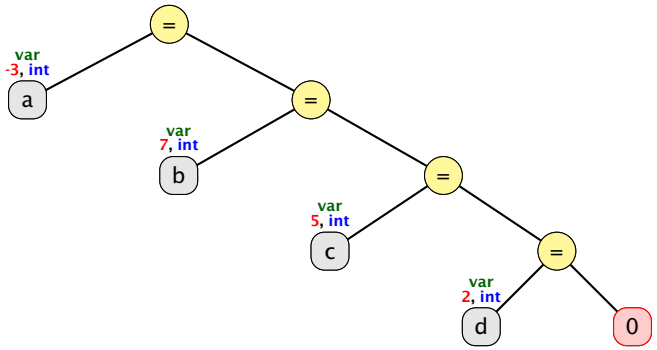
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



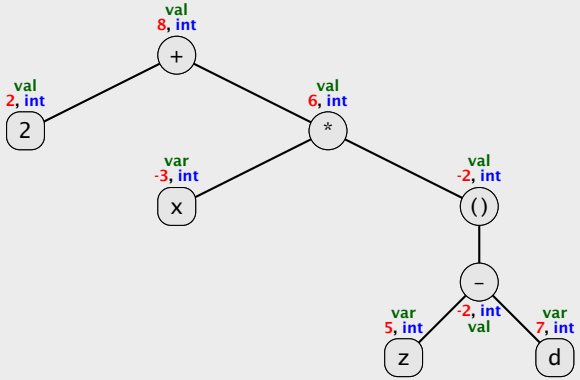
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



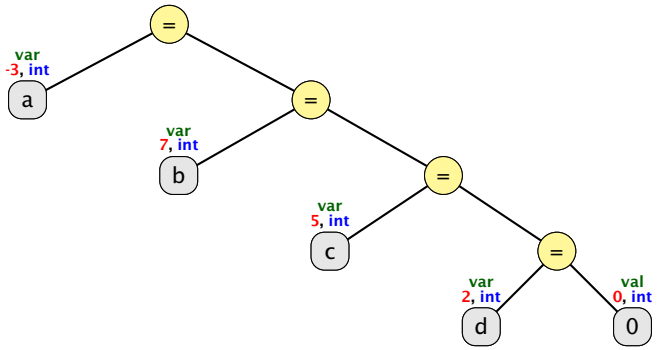
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



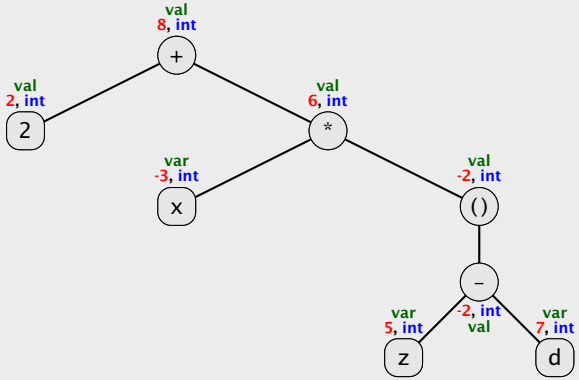
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



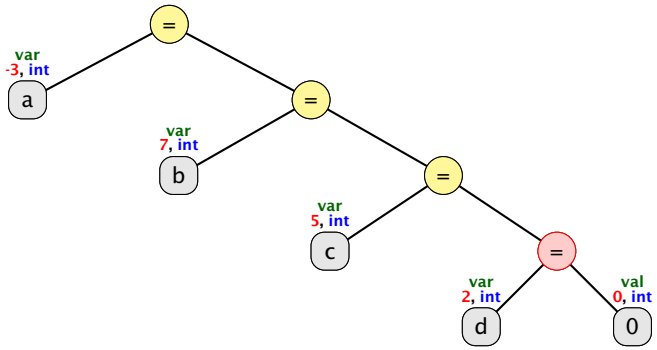
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



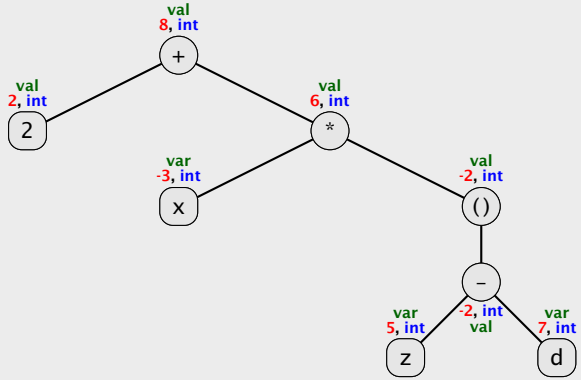
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



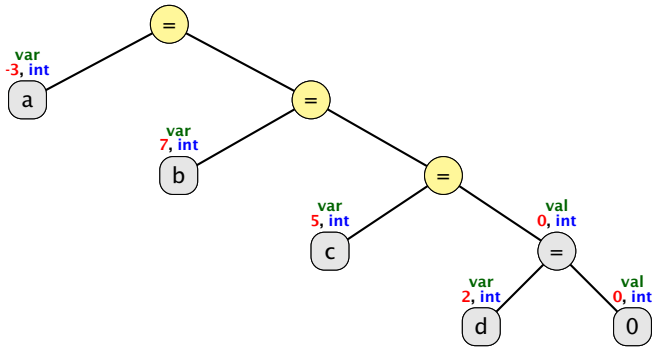
a -3 b 7 c 5 d 2

Beispiel: 2 + x * (z - d)



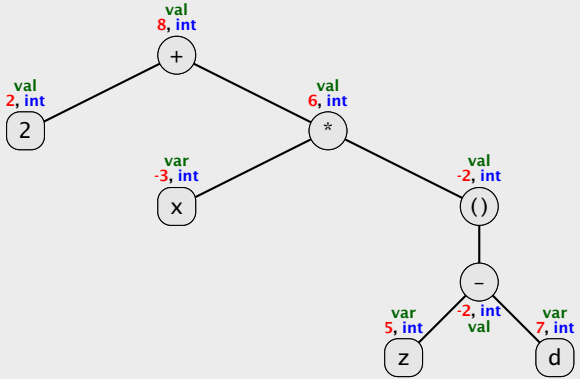
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



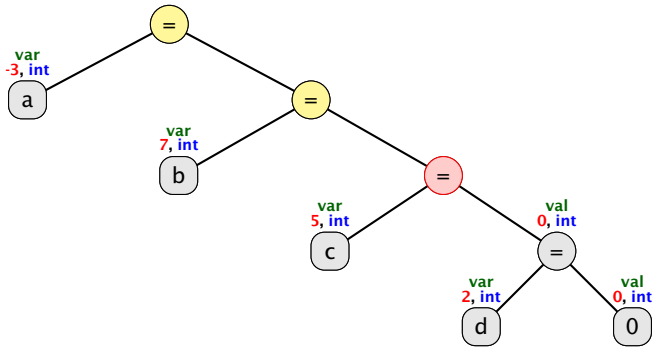
a -3 b 7 c 5 d 0

Beispiel: 2 + x * (z - d)



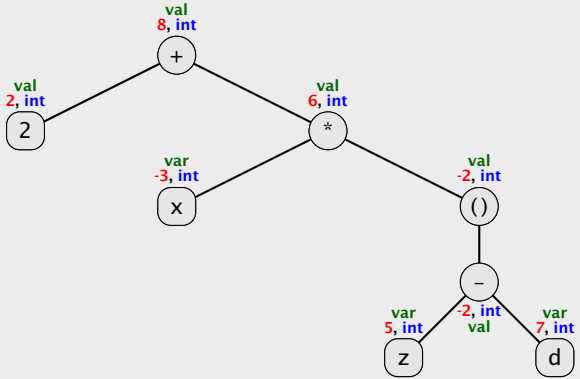
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



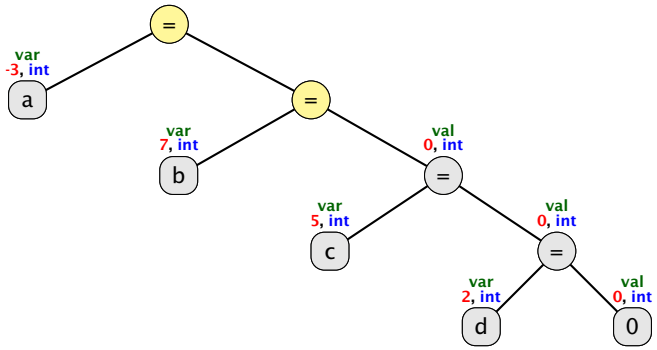
a -3 b 7 c 5 d 0

Beispiel: 2 + x * (z - d)



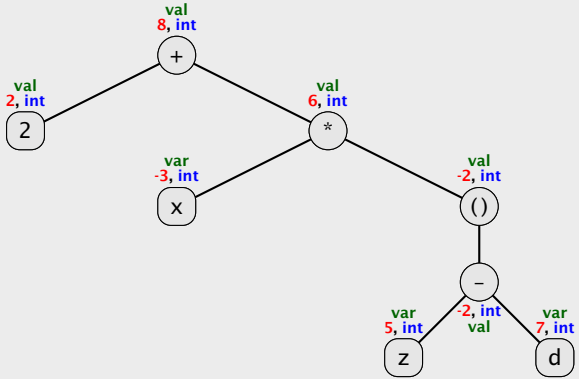
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



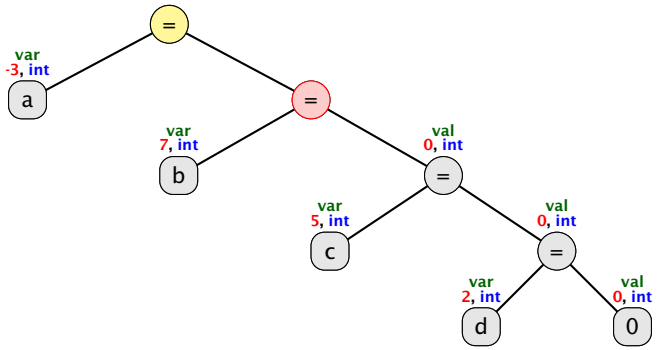
a -3 b 7 c 0 d 0

Beispiel: 2 + x * (z - d)



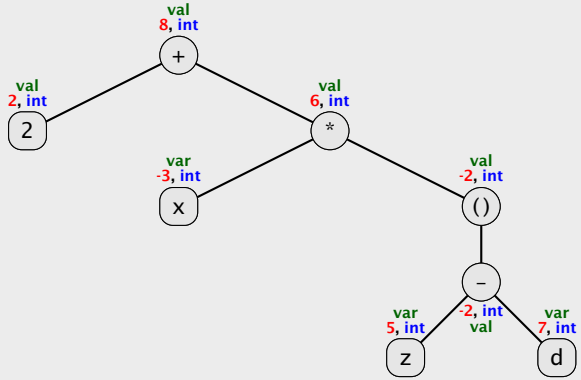
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



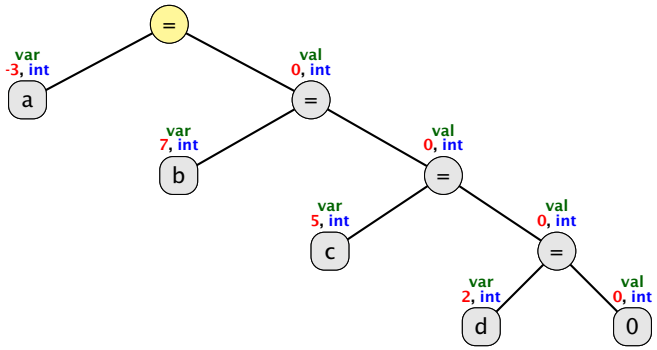
a -3 b 7 c 0 d 0

Beispiel: 2 + x * (z - d)



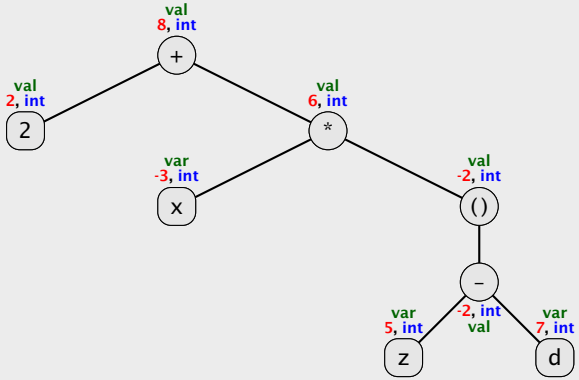
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



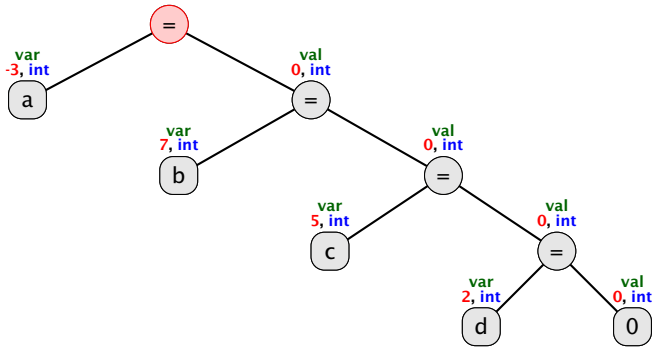
a -3 b 0 c 0 d 0

Beispiel: 2 + x * (z - d)



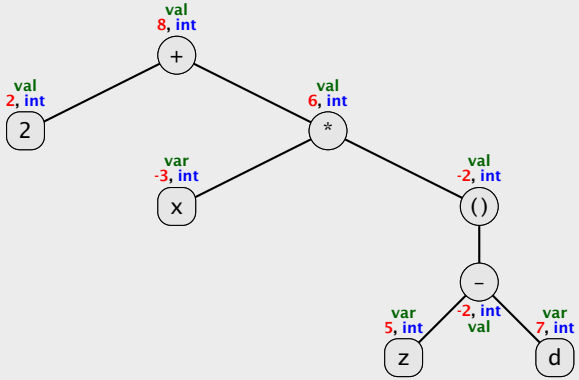
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



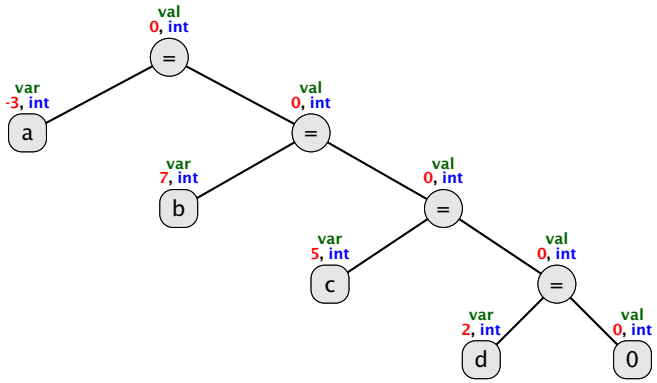
a -3 b 0 c 0 d 0

Beispiel: 2 + x * (z - d)



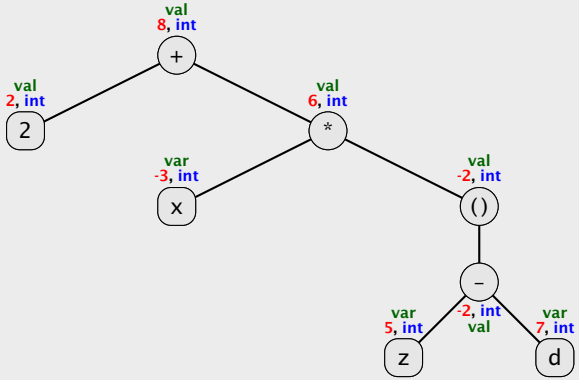
x -3 d 7 z 5

Beispiel: a = b = c = d = 0



a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: 2 + x * (z - d)

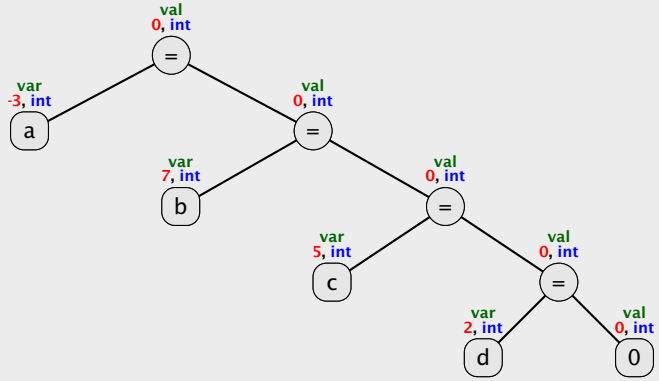


x -3 d 7 z 5

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

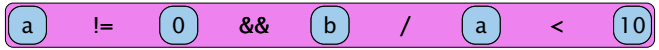
a	!=	0	&&	b	/	a	<	10

Beispiel: a = b = c = d = 0

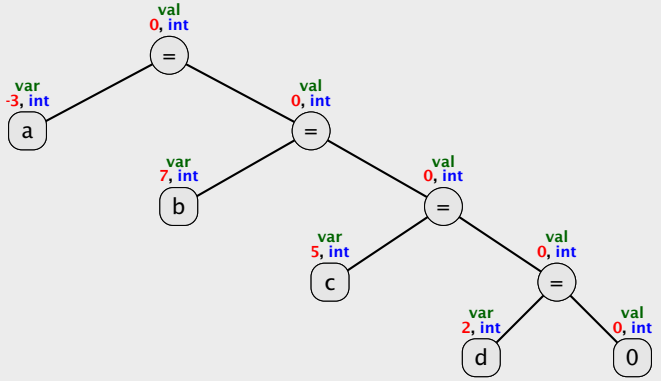


a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

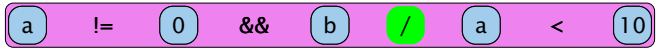


Beispiel: a = b = c = d = 0

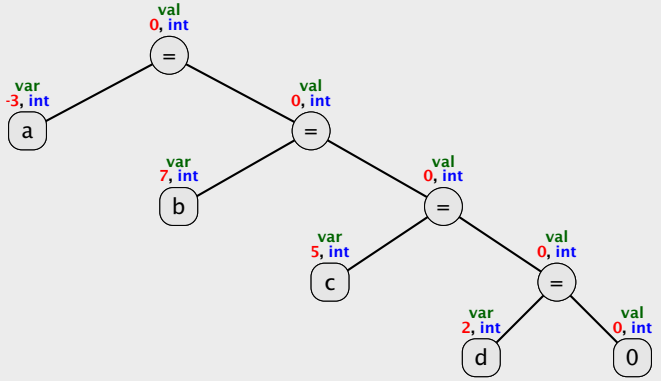


a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

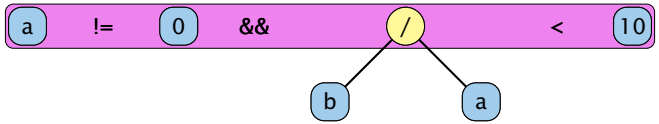


Beispiel: a = b = c = d = 0

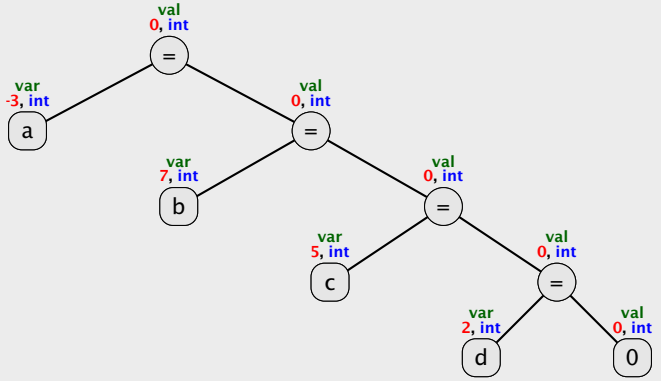


a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

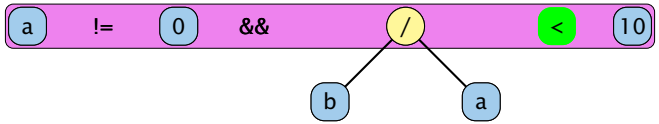


Beispiel: a = b = c = d = 0

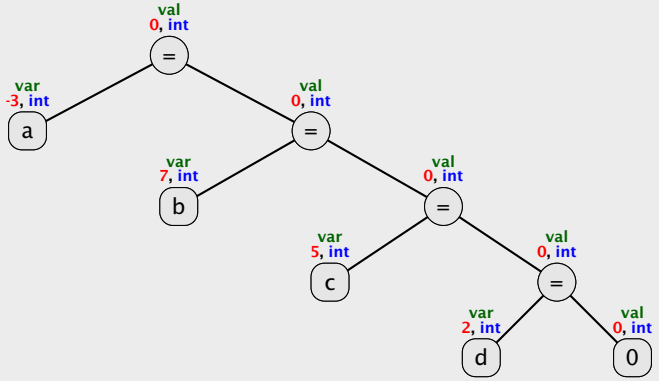


a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

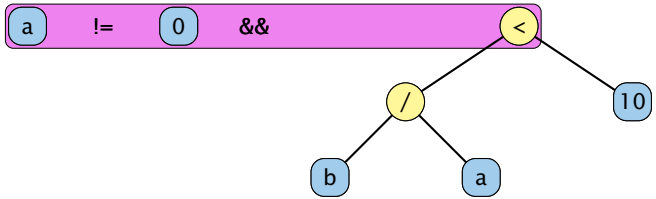


Beispiel: a = b = c = d = 0

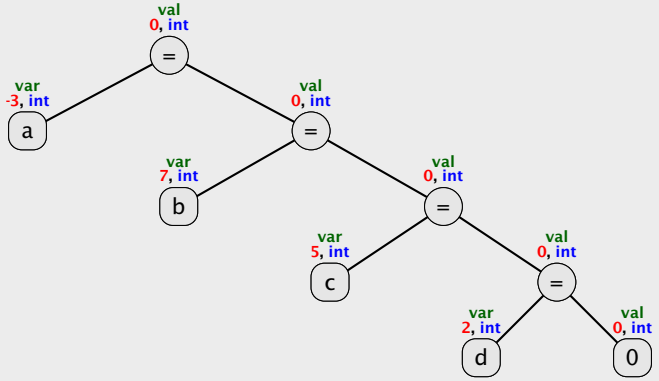


a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

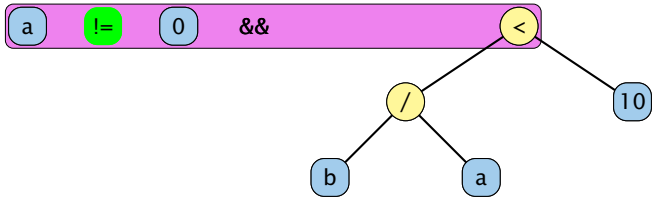


Beispiel: a = b = c = d = 0

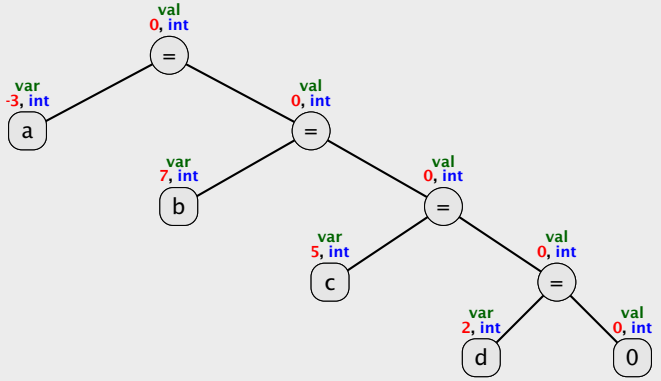


a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

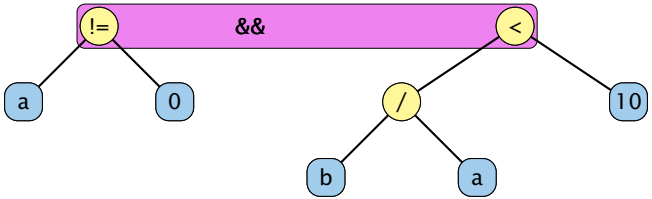


Beispiel: a = b = c = d = 0

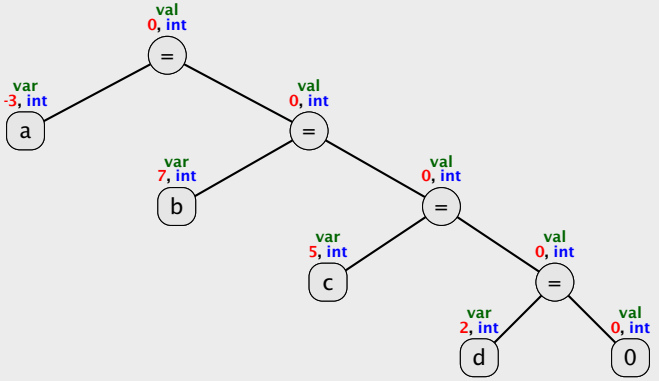


a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

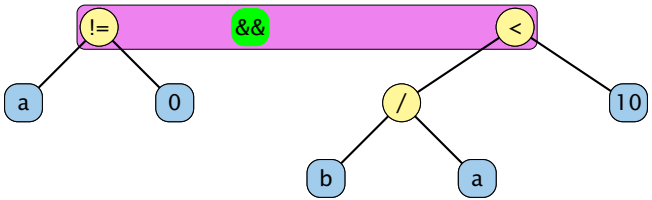


Beispiel: a = b = c = d = 0

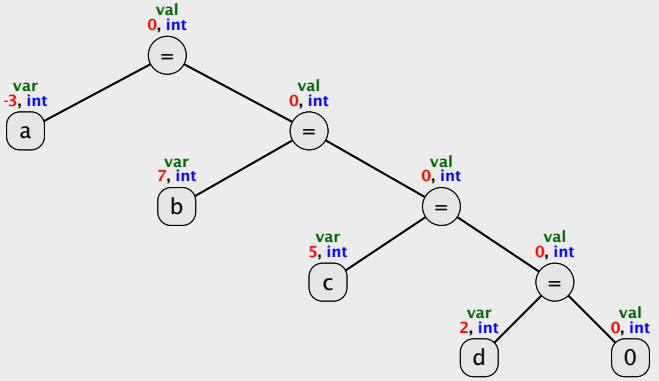


a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

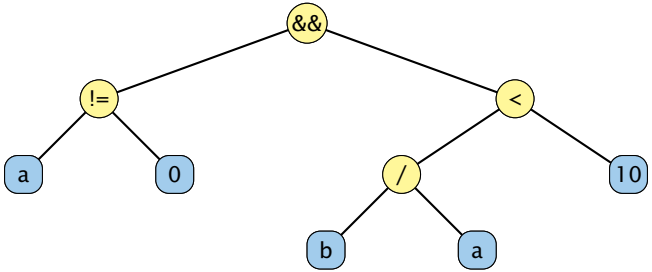


Beispiel: a = b = c = d = 0

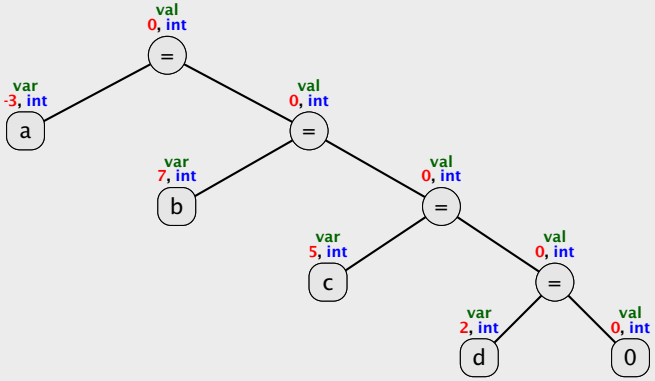


a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

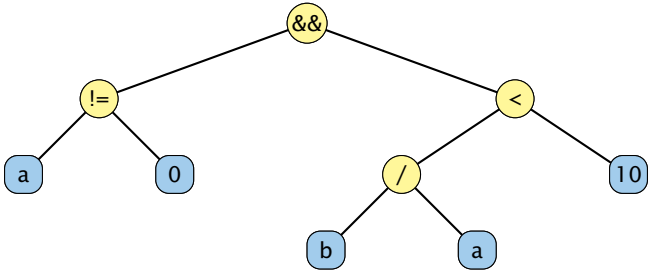


Beispiel: a = b = c = d = 0



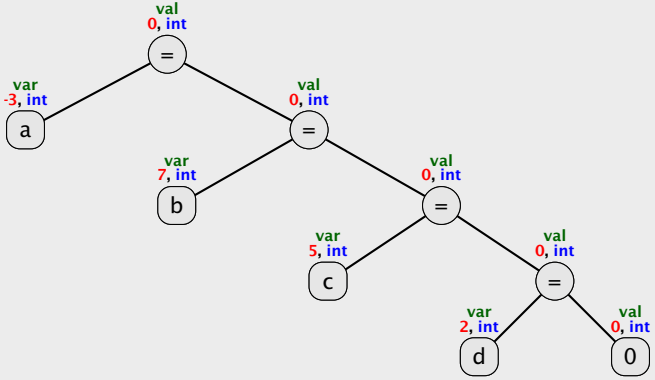
a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



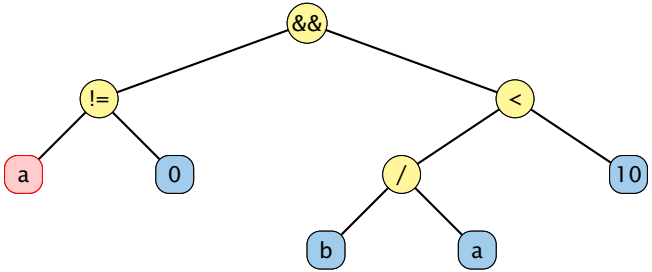
a 0 b 4

Beispiel: a = b = c = d = 0



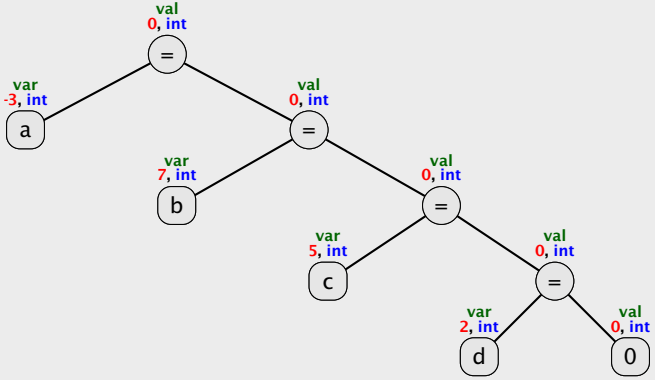
a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



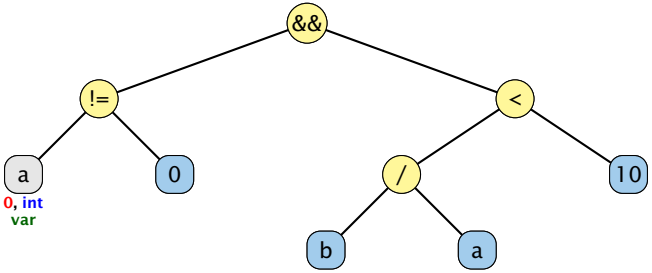
a 0 b 4

Beispiel: a = b = c = d = 0



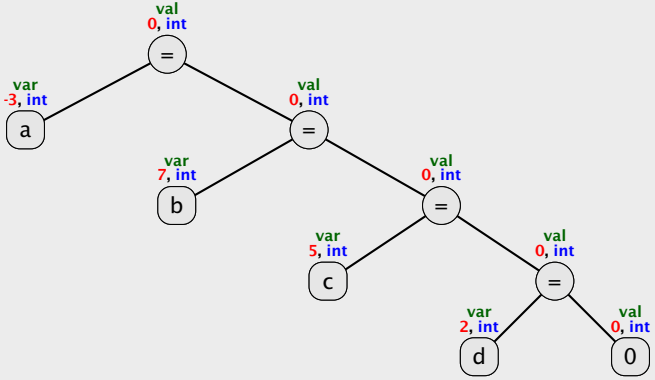
a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



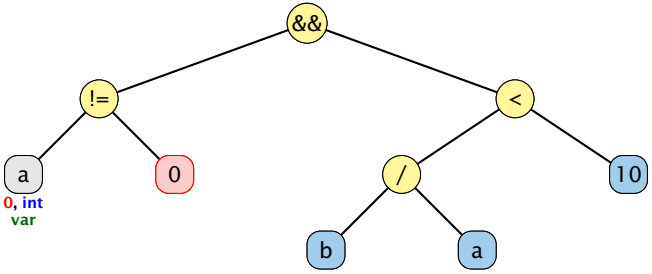
a 0 b 4

Beispiel: a = b = c = d = 0



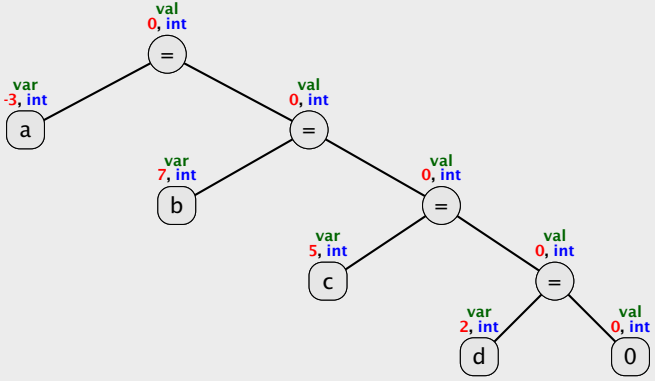
a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



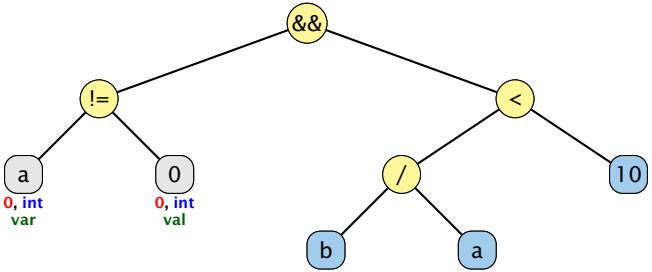
a 0 b 4

Beispiel: a = b = c = d = 0



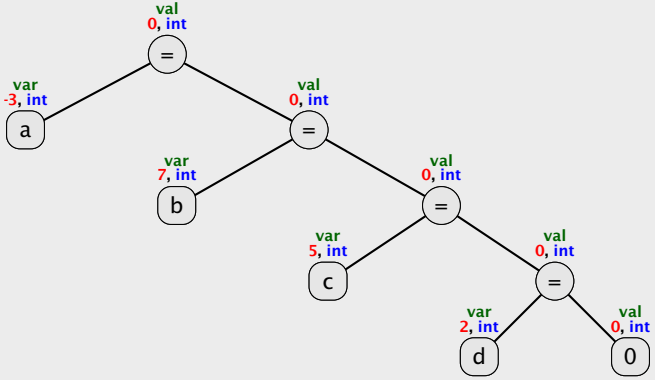
a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



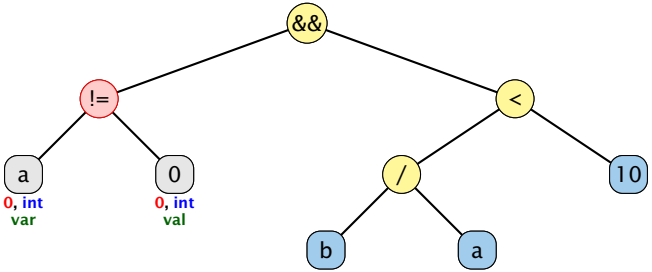
a 0 b 4

Beispiel: a = b = c = d = 0



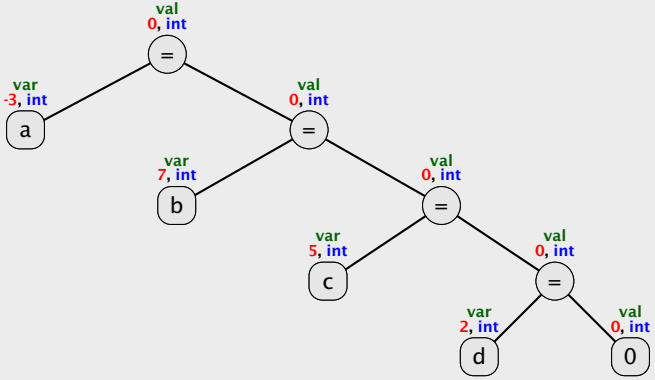
a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



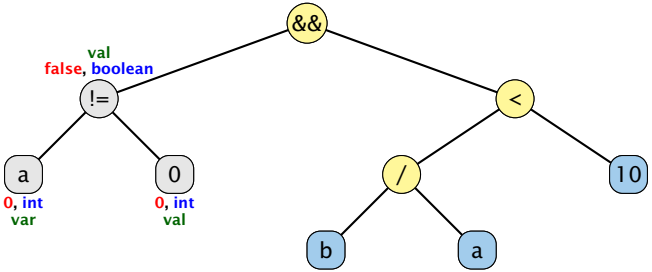
a 0 b 4

Beispiel: a = b = c = d = 0



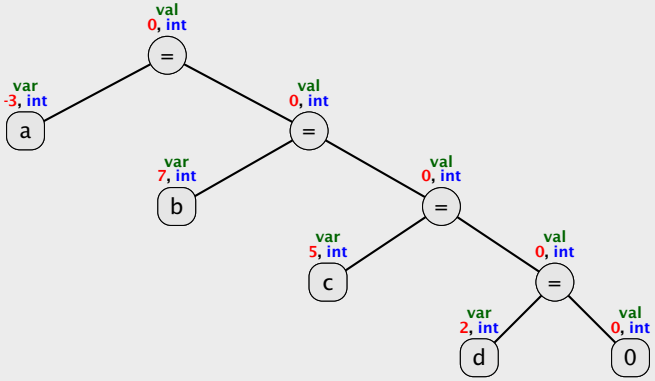
a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



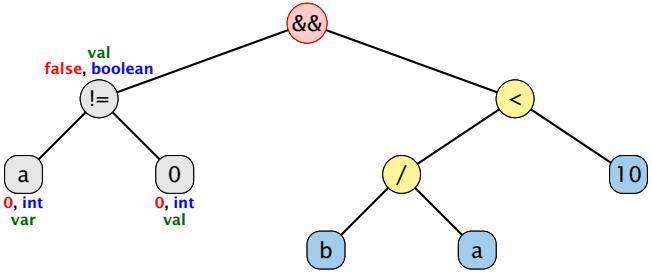
a 0 b 4

Beispiel: a = b = c = d = 0



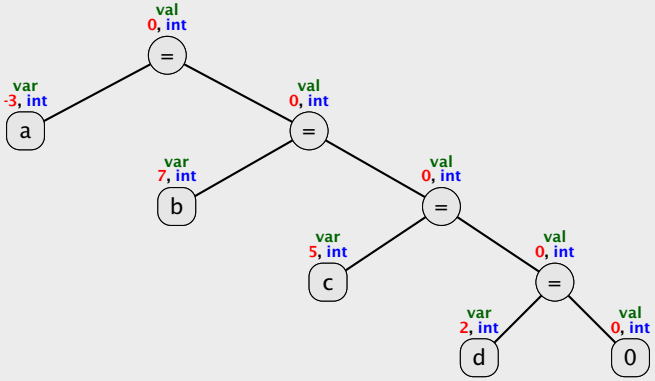
a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



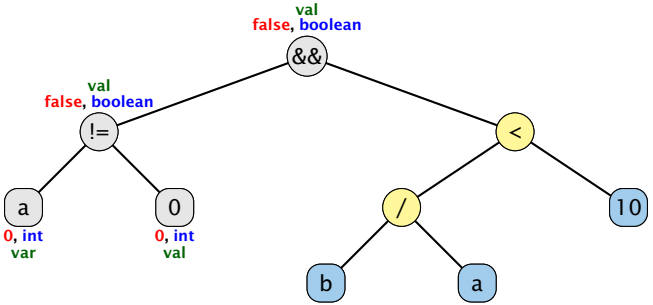
a 0 b 4

Beispiel: a = b = c = d = 0



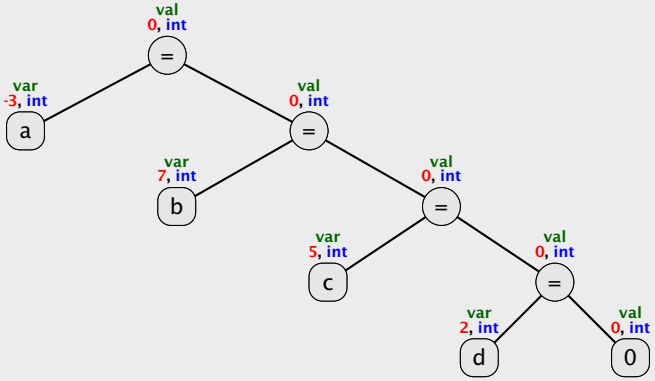
a 0 b 0 c 0 d 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



a 0 b 4

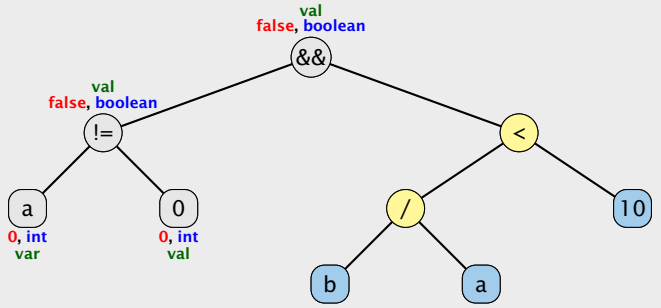
Beispiel: a = b = c = d = 0



a 0 b 0 c 0 d 0

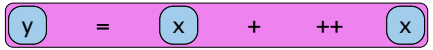
Beispiel: y = x + ++x

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

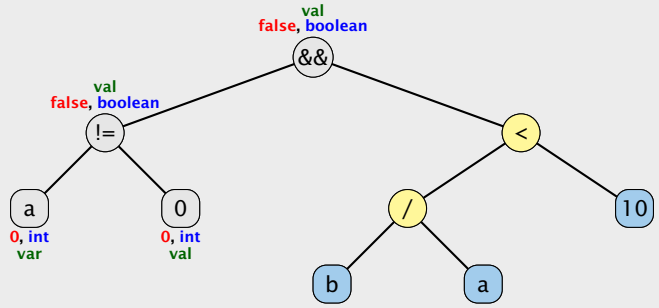


a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x

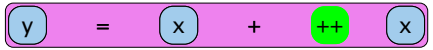


Beispiel: a != 0 && b/a < 10

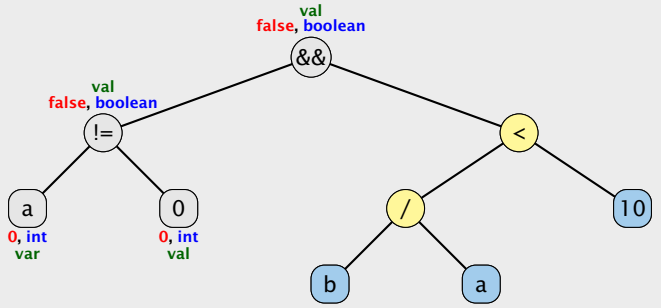


a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x

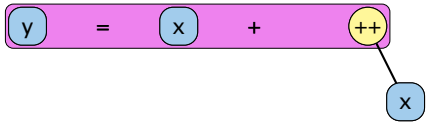


Beispiel: a != 0 && b/a < 10

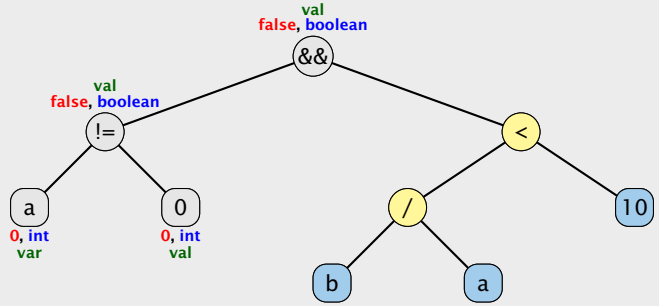


a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x

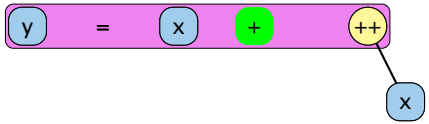


Beispiel: a != 0 && b/a < 10

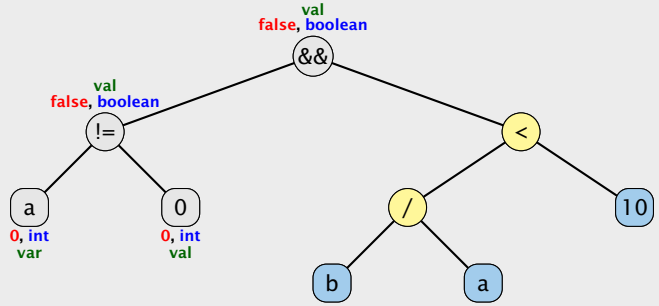


a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x

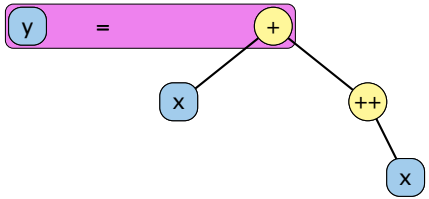


Beispiel: a != 0 && b/a < 10

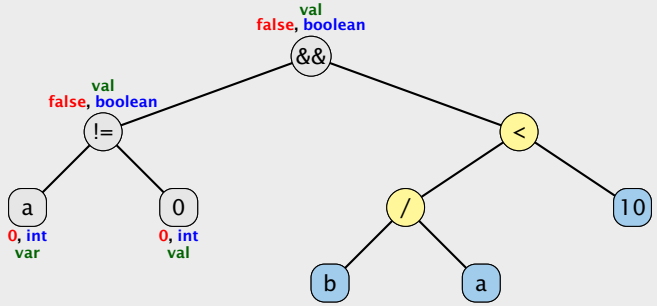


a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x

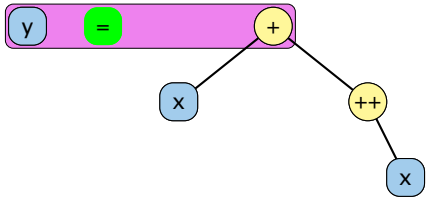


Beispiel: a != 0 && b/a < 10

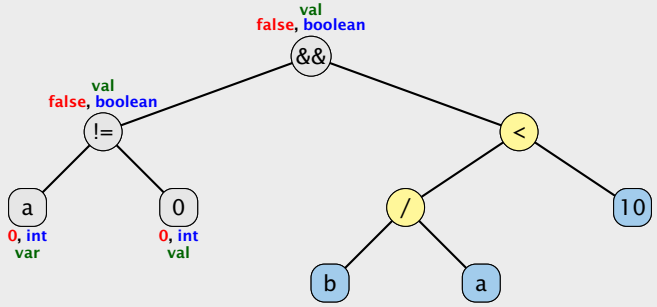


a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x

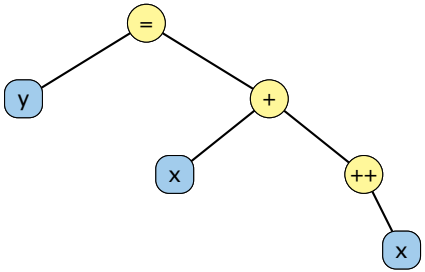


Beispiel: a != 0 && b/a < 10

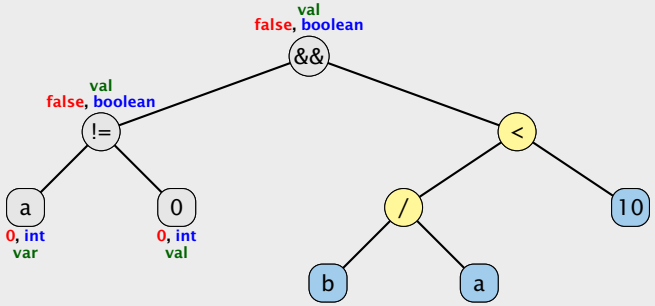


a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x

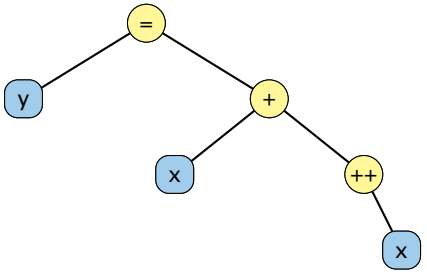


Beispiel: a != 0 && b/a < 10



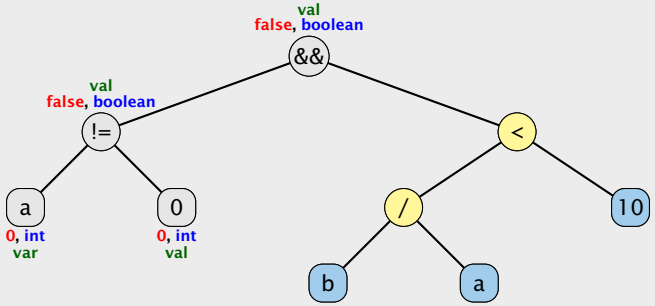
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



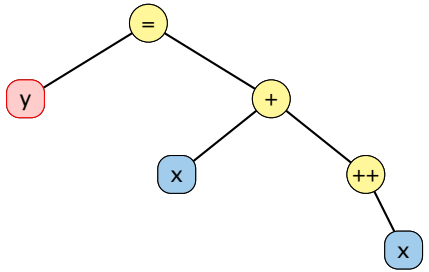
x 4 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



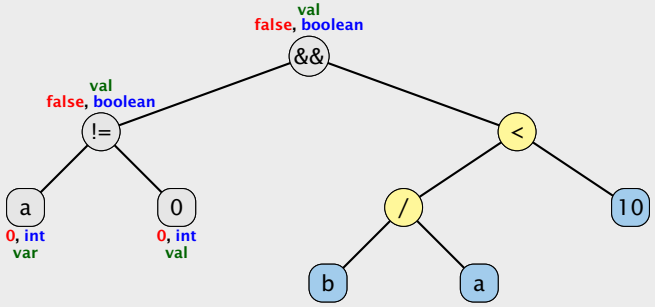
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



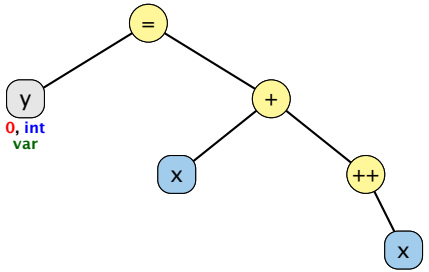
x 4 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



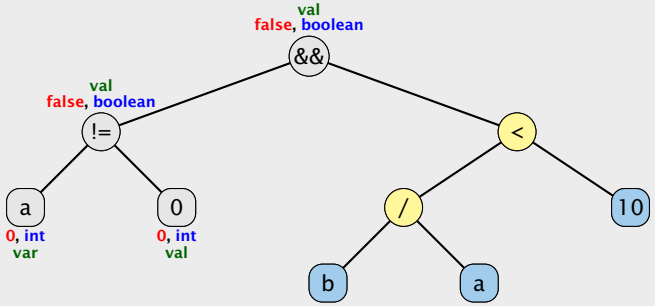
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



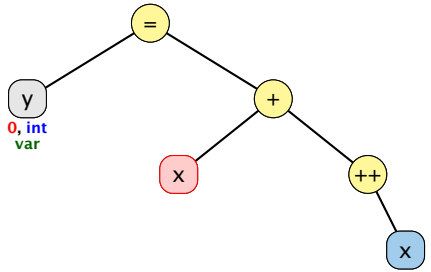
x 4 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



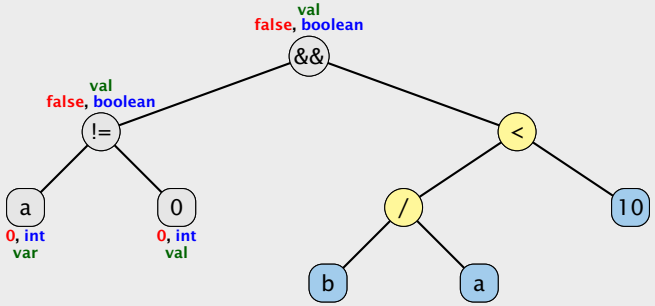
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



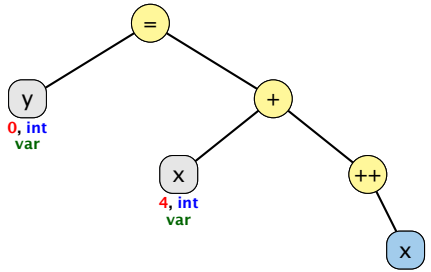
x 4 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



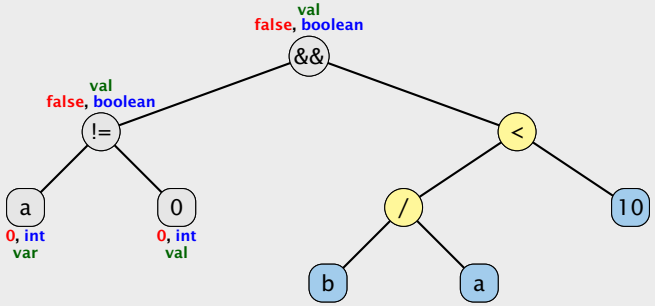
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



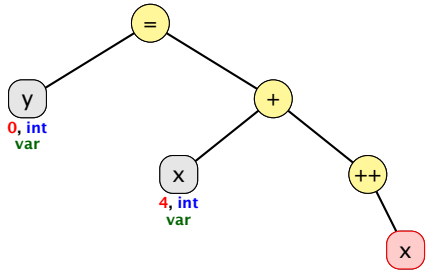
x 4 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



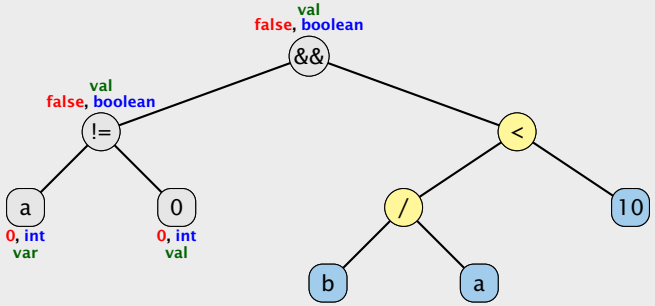
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



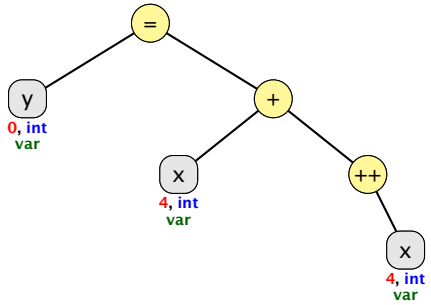
x 4 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



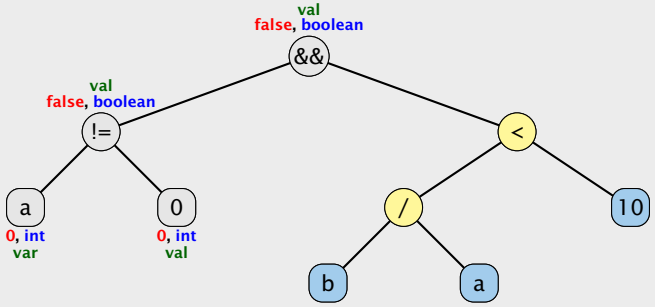
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



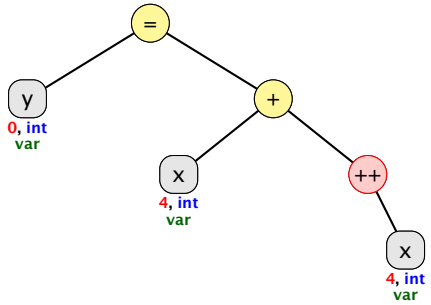
x 4 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



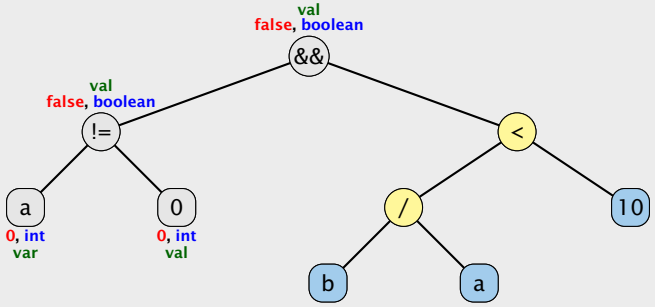
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



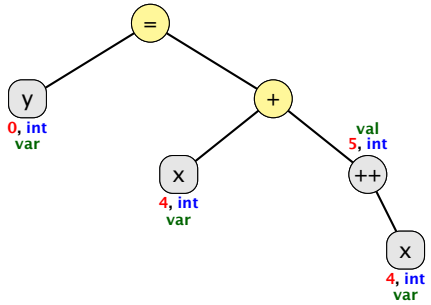
x 4 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



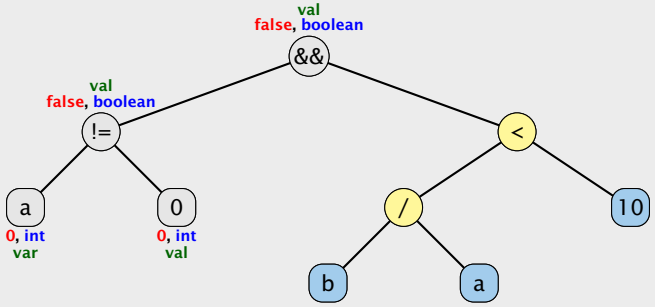
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



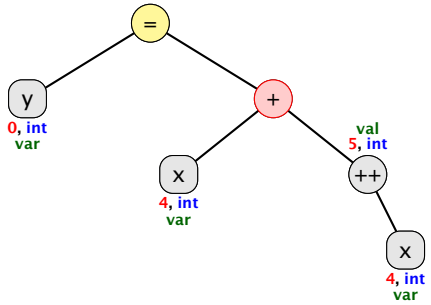
x 5 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



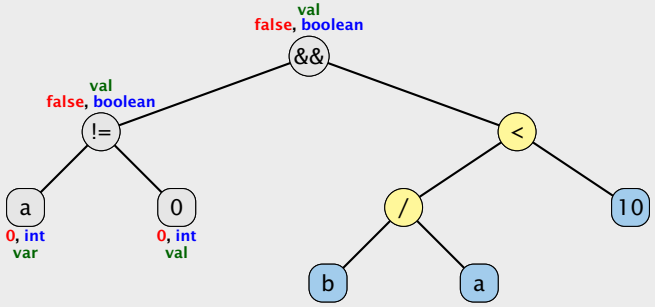
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



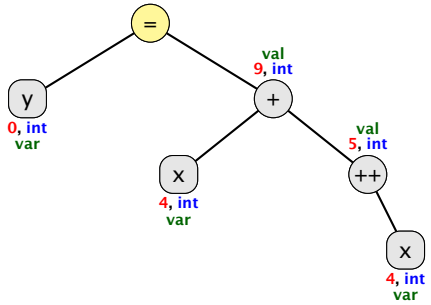
x 5 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



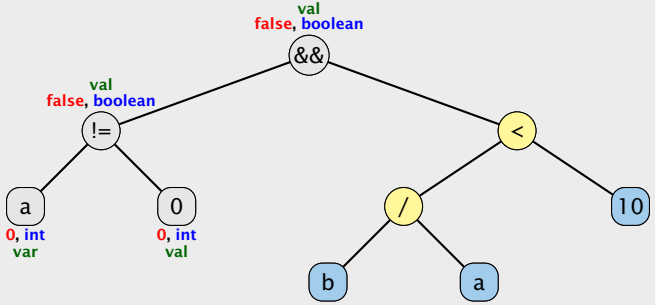
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



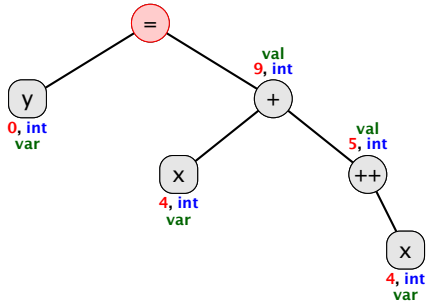
x 5 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



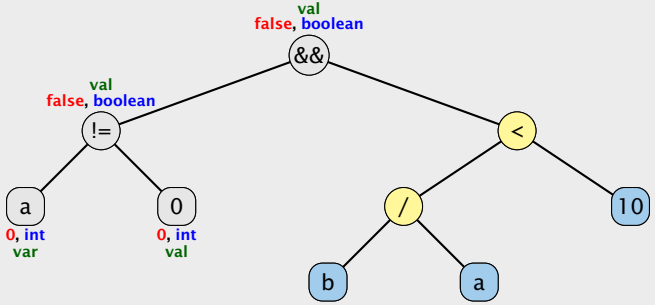
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



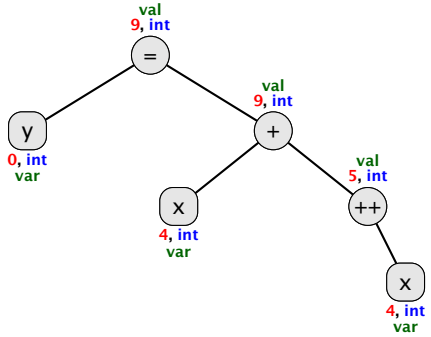
x 5 y 0

Beispiel: a != 0 && b/a < 10



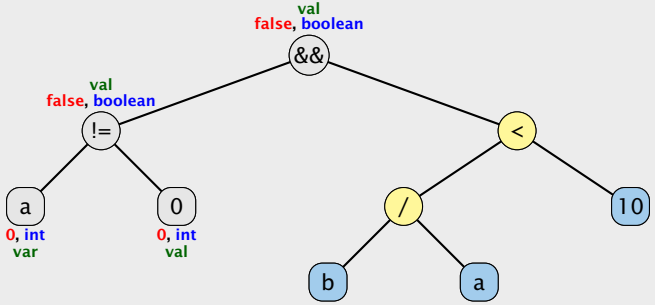
a 0 b 4

Beispiel: y = x + ++x



x 5 y 9

Beispiel: a != 0 && b/a < 10

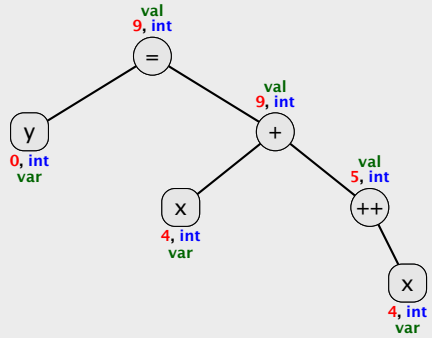


a 0 b 4

Beispiel: y = x++ + x

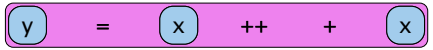
y	=	x	++	+	x

Beispiel: y = x + ++x

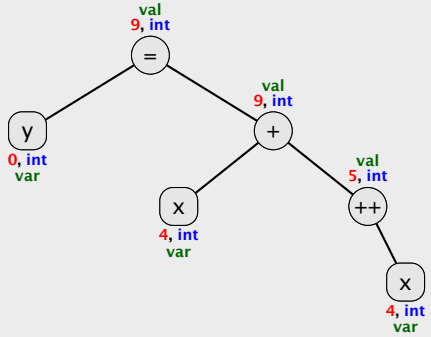


x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



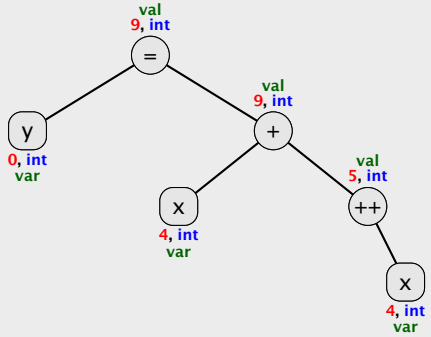
Beispiel: y = x + ++x



x 5 y 9

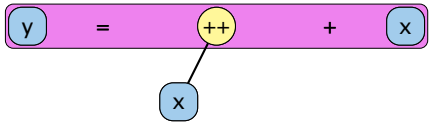
Beispiel: y = x++ + x

Beispiel: y = x + ++x

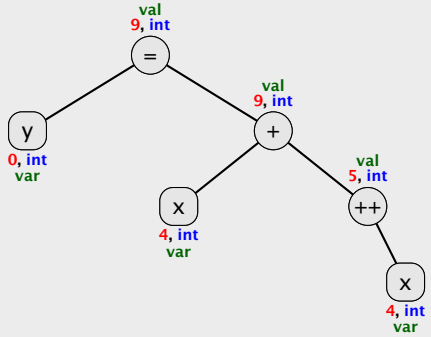


x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x

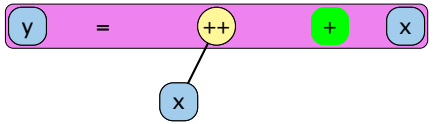


Beispiel: y = x + ++x

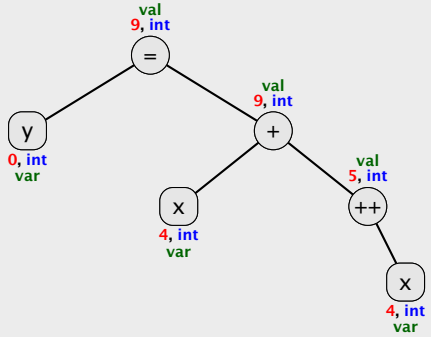


x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x

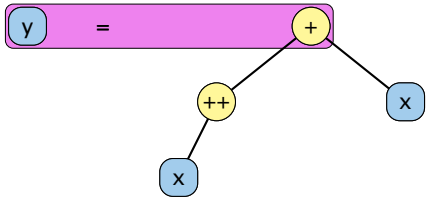


Beispiel: y = x + ++x

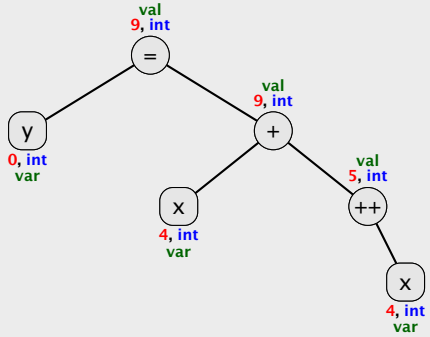


x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x

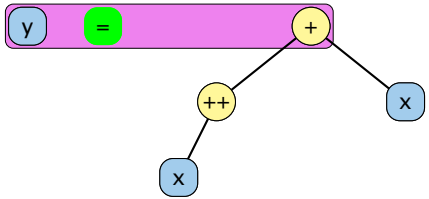


Beispiel: y = x + ++x

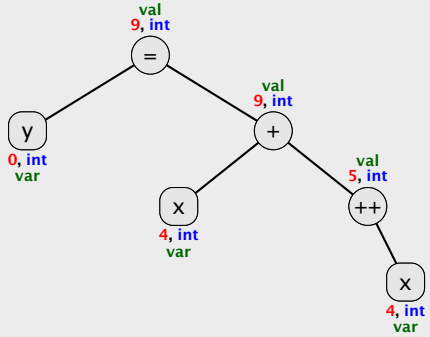


x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x

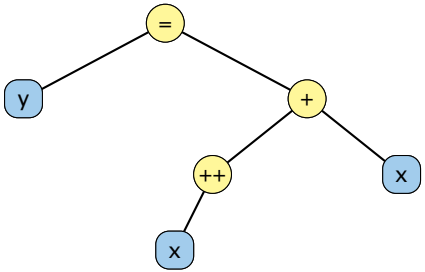


Beispiel: y = x + ++x

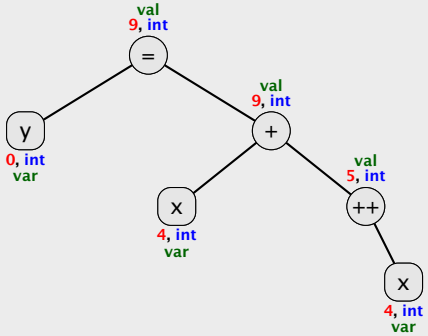


x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x

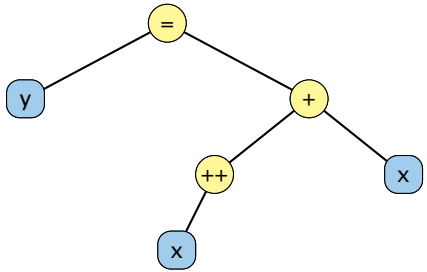


Beispiel: y = x + ++x



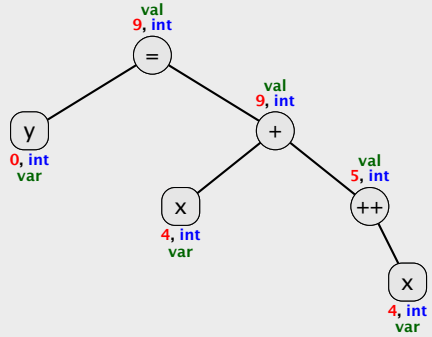
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



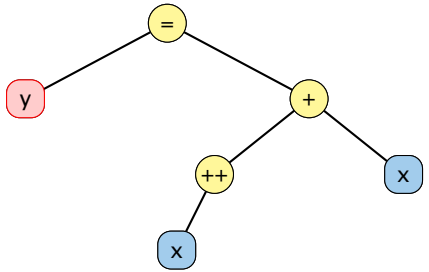
x 4 y 0

Beispiel: y = x + ++x



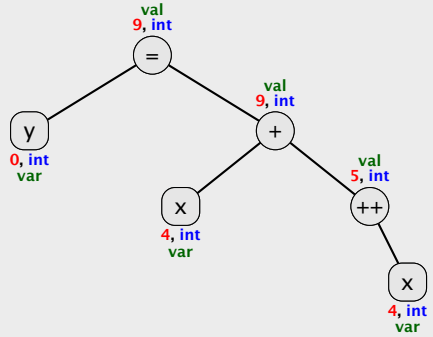
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



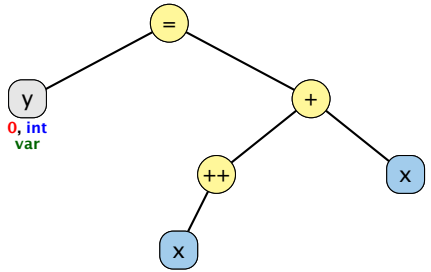
x 4 y 0

Beispiel: y = x + ++x



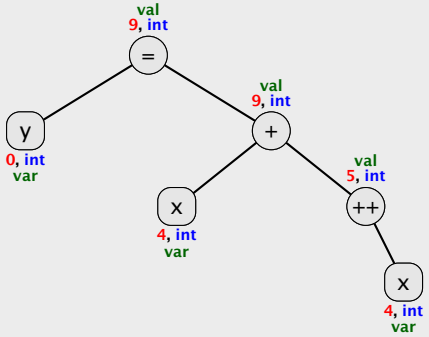
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



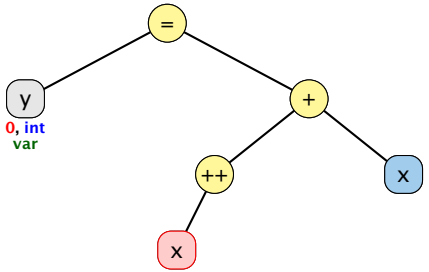
x 4 y 0

Beispiel: y = x + ++x



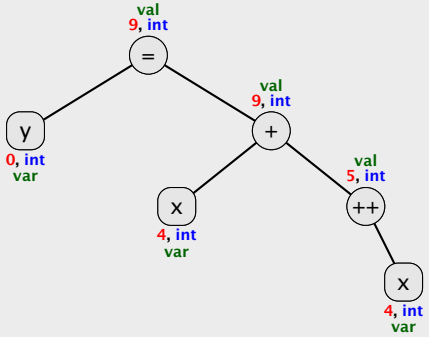
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



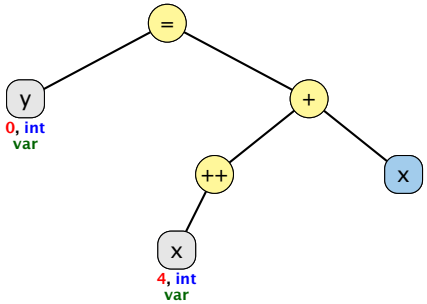
x 4 y 0

Beispiel: y = x + ++x



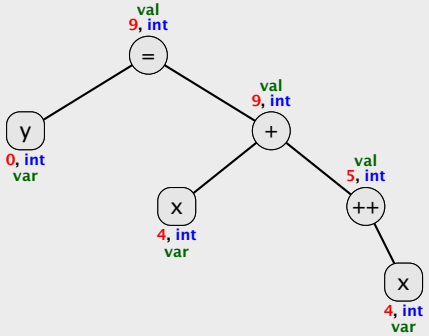
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



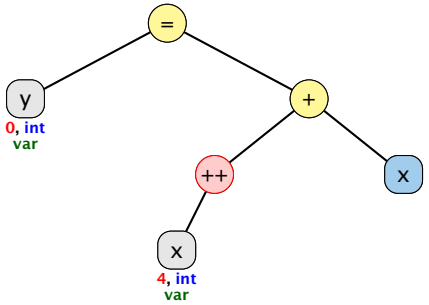
x 4 y 0

Beispiel: y = x + ++x



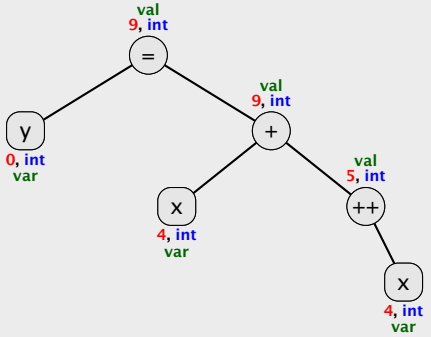
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



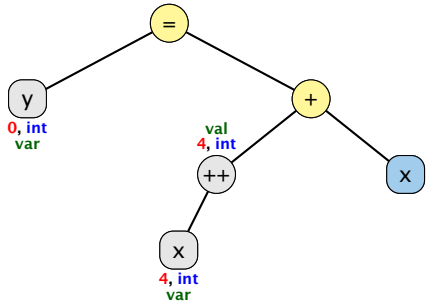
x 4 y 0

Beispiel: y = x + ++x



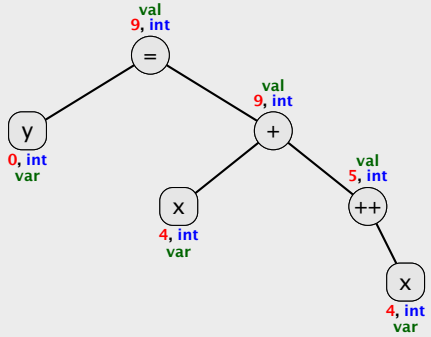
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



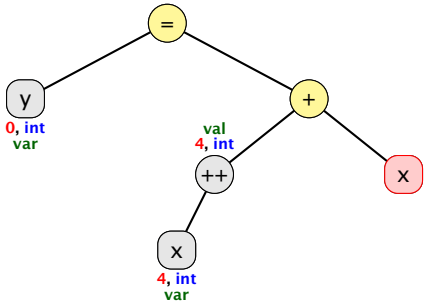
x 5 y 0

Beispiel: y = x + ++x



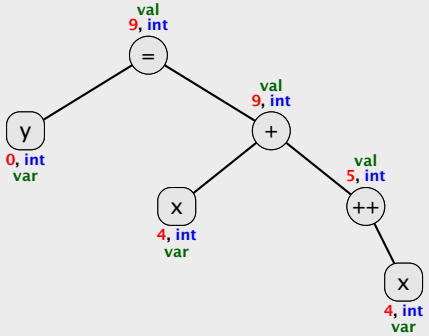
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



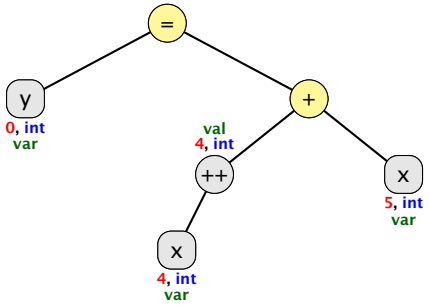
x 5 y 0

Beispiel: y = x + ++x



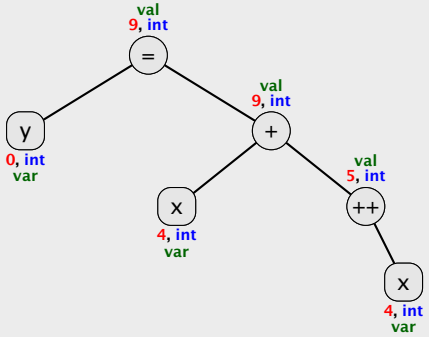
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



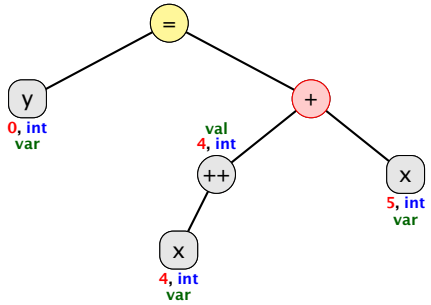
x 5 y 0

Beispiel: y = x + ++x



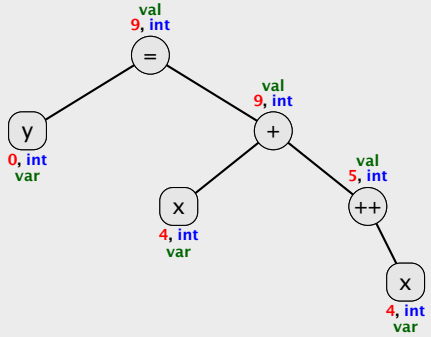
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



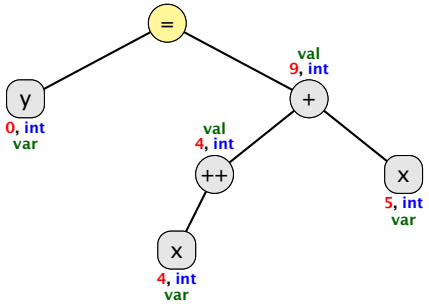
x 5 y 0

Beispiel: y = x + ++x



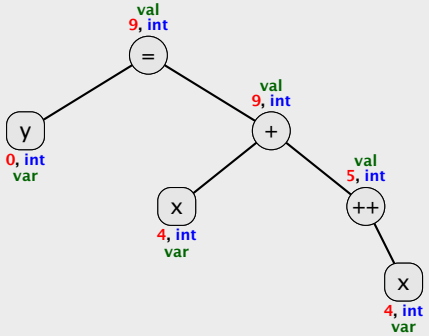
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



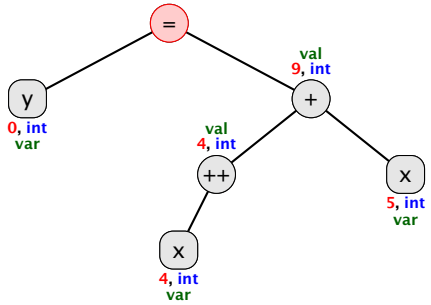
x 5 y 0

Beispiel: y = x + ++x



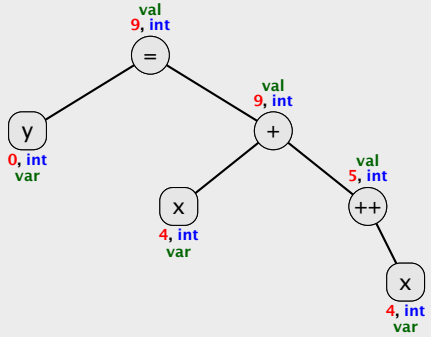
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



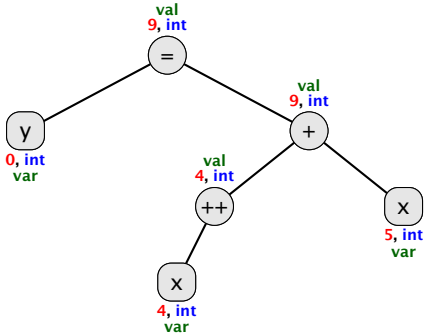
x 5 y 0

Beispiel: y = x + ++x



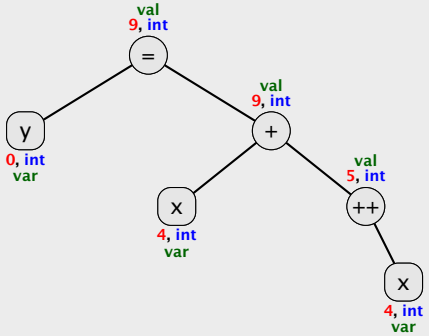
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



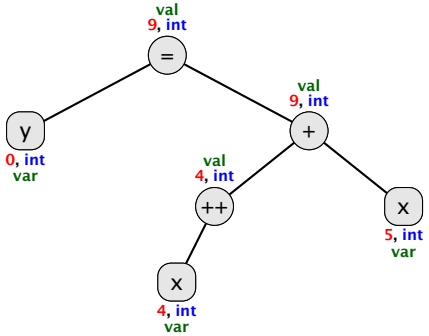
x 5 y 9

Beispiel: y = x + ++x



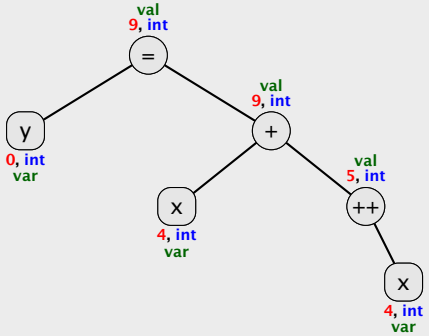
x 5 y 9

Beispiel: y = x++ + x



x 5 y 9

Beispiel: y = x + ++x



x 5 y 9

Impliziter Typecast

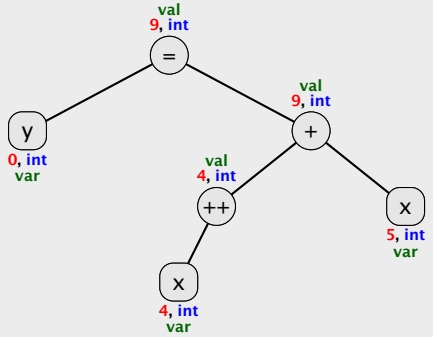
Wenn ein Ausdruck vom TypA an einer Stelle verwendet wird, wo ein Ausdruck vom TypB erforderlich ist, wird

- entweder der Ausdruck vom TypA in einen Ausdruck vom TypB gecasted (impliziter Typecast),
- oder ein Compilerfehler erzeugt, falls dieser Cast nicht (automatisch) erlaubt ist.

Beispiel: Zuweisung

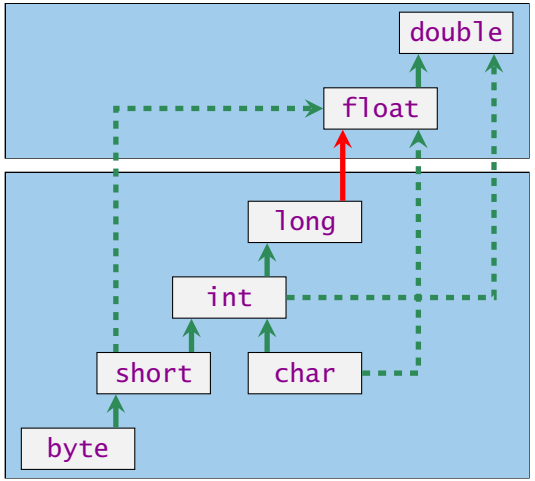
```
long x = 5;
int  y = 3;
x = y; // impliziter Cast von int nach long
```

Beispiel: y = x++ + x



x 5 y 9

Erlaubte Implizite Typecasts – Numerische Typen



Konvertierung von `long` nach `double` oder von `int` nach `float` kann Information verlieren wird aber automatisch durchgeführt.

Impliziter Typecast

Wenn ein Ausdruck vom TypA an einer Stelle verwendet wird, wo ein Ausdruck vom TypB erforderlich ist, wird

- entweder der Ausdruck vom TypA in einen Ausdruck vom TypB gecasted (impliziter Typecast),
- oder ein Compilerfehler erzeugt, falls dieser Cast nicht (automatisch) erlaubt ist.

Beispiel: Zuweisung

```
long x = 5;
int  y = 3;
x = y; // impliziter Cast von int nach long
```

Welcher Typ wird benötigt?

Operatoren sind üblicherweise überladen, d.h. ein Symbol (+, -, ...) steht in Abhängigkeit der Parameter (Argumente) für unterschiedliche Funktionen.

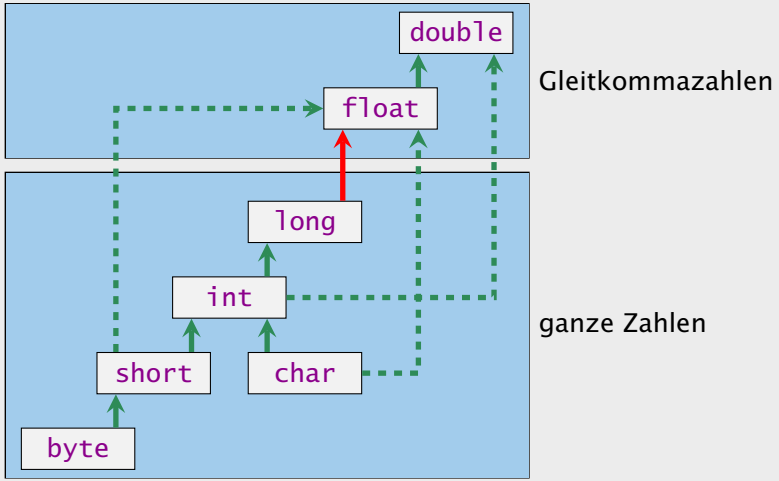
```
+ : int ⟶ int
+ : long ⟶ long
+ : float ⟶ float
+ : double ⟶ double

+ : int × int ⟶ int
+ : long × long ⟶ long
+ : float × float ⟶ float
+ : double × double ⟶ double

+ : String × String ⟶ String
```

Der Compiler muss in der Lage sein während der Compilierung die richtige Funktion zu bestimmen.

Erlaubte Implizite Typecasts – Numerische Typen



Konvertierung von `long` nach `double` oder von `int` nach `float` kann Information verlieren wird aber automatisch durchgeführt.

Impliziter Typecast

Der Compiler wertet nur die Typen des Ausdrucksbaums aus.

- Für jeden inneren Knoten wählt er dann die geeignete Funktion (z.B. `+ : long` $\times$ `long` $\longrightarrow$ `long`) falls ein +-Knoten zwei `long`-Argumente erhält.
- Falls keine passende Funktion gefunden wird, versucht der Compiler durch implizite Typecasts die Operanden an eine Funktion anzupassen.
- Dies geschieht auch für selbstgeschriebene Funktionen (z.B. `min(int a, int b)` und `min(long a, long b)`).
- Der Compiler nimmt die Funktion mit der speziellsten Signatur.

Welcher Typ wird benötigt?

Operatoren sind üblicherweise überladen, d.h. ein Symbol (+, -, ...) steht in Abhängigkeit der Parameter (Argumente) für unterschiedliche Funktionen.

```
+ : int ⟶ int
+ : long ⟶ long
+ : float ⟶ float
+ : double ⟶ double

+ : int × int ⟶ int
+ : long × long ⟶ long
+ : float × float ⟶ float
+ : double × double ⟶ double

+ : String × String ⟶ String
```

Der Compiler muss in der Lage sein während der Compilierung die richtige Funktion zu bestimmen.

Speziellste Signatur

Impliziter Typecast

Der Compiler wertet nur die Typen des Ausdrucksbaums aus.

- Für jeden inneren Knoten wählt er dann die geeignete Funktion (z.B. `+ : long` $\times$ `long` $\longrightarrow$ `long`) falls ein +-Knoten zwei `long`-Argumente erhält.
- Falls keine passende Funktion gefunden wird, versucht der Compiler durch implizite Typecasts die Operanden an eine Funktion anzupassen.
- Dies geschieht auch für selbstgeschriebene Funktionen (z.B. `min(int a, int b)` und `min(long a, long b)`).
- Der Compiler nimmt die Funktion mit der speziellsten Signatur.

Ordnungsrelationen

Relation $\preceq$: TypA $\preceq$ TypB falls TypA nach TypB (implizit) gecasted werden kann:

- **reflexiv:** $T \preceq T$
- **transitiv:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_3 \Rightarrow T_1 \preceq T_3$
- **antisymmetrisch:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_1 \Rightarrow T_1 = T_2$

d.h., $\preceq$ definiert Halbordnung auf der Menge der Typen.

Relation $\preceq_k$: $(T_1, \ldots, T_k) \preceq_k (T'_1, \ldots, T'_k)$ falls $T_i \preceq T'_i$ für alle $i \in \{1, \ldots, k\}$.

- **reflexiv:** $\mathcal{T} \preceq_k \mathcal{T}$
- **transitiv:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_3 \Rightarrow \mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_3$
- **antisymmetrisch:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_1 \Rightarrow \mathcal{T}_1 = \mathcal{T}_2$

d.h., $\preceq_k$ definiert Halbordnung auf der Menge der k-Tupel von Typen.

Speziellste Signatur

Ordnungsrelationen

Relation $\preceq$: TypA $\preceq$ TypB falls TypA nach TypB (implizit) gecasted werden kann:

- **reflexiv:** $T \preceq T$
- **transitiv:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_3 \Rightarrow T_1 \preceq T_3$
- **antisymmetrisch:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_1 \Rightarrow T_1 = T_2$

d.h., $\preceq$ definiert Halbordnung auf der Menge der Typen.

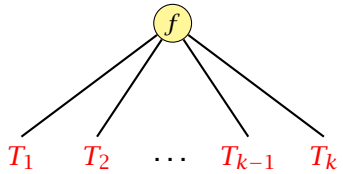
Relation $\preceq_k$: $(T_1, \ldots, T_k) \preceq_k (T_1', \ldots, T_k')$ falls $T_i \preceq T_i'$ für alle $i \in \{1, \ldots, k\}$.

- **reflexiv:** $\mathcal{T} \preceq_k \mathcal{T}$
- **transitiv:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_3 \Rightarrow \mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_3$
- **antisymmetrisch:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_1 \Rightarrow \mathcal{T}_1 = \mathcal{T}_2$

d.h., $\preceq_k$ definiert Halbordnung auf der Menge der k-Tupel von Typen.

Speziellste Signatur

$R_1 \quad f(\mathcal{T}_1)$
$R_2 \quad f(\mathcal{T}_2)$
$\vdots$
$R_\ell \quad f(\mathcal{T}_\ell)$



$\mathcal{T}_1, \ldots, \mathcal{T}_\ell$ sind k-Tupel von Typen für die eine Definition von f existiert.

$\mathcal{T} = (T_1, \ldots, T_k)$ ist das k-tupel von Typen mit dem f aufgerufen wird.

Menge aller möglichen Funktionen/Tupel:

$$M := \{\mathcal{T}_i | \mathcal{T} \preceq_k \mathcal{T}_i\} \ .$$

Wähle kleinstes Element aus M falls M ein eindeutig kleinstes Element besitzt (sonst Compilerfehler).

Ordnungsrelationen

Relation $\preceq$: TypA $\preceq$ TypB falls TypA nach TypB (implizit) gecasted werden kann:

- **reflexiv:** $T \preceq T$
- **transitiv:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_3 \Rightarrow T_1 \preceq T_3$
- **antisymmetrisch:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_1 \Rightarrow T_1 = T_2$

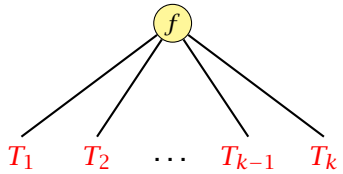
d.h., $\preceq$ definiert Halbordnung auf der Menge der Typen.

Relation $\preceq_k$: $(T_1, \ldots, T_k) \preceq_k (T'_1, \ldots, T'_k)$ falls $T_i \preceq T'_i$ für alle $i \in \{1, \ldots, k\}$.

- **reflexiv:** $\mathcal{T} \preceq_k \mathcal{T}$
- **transitiv:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_3 \Rightarrow \mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_3$
- **antisymmetrisch:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_1 \Rightarrow \mathcal{T}_1 = \mathcal{T}_2$

d.h., $\preceq_k$ definiert Halbordnung auf der Menge der k-Tupel von Typen.

$R_1 \quad f(\mathcal{T}_1)$
$R_2 \quad f(\mathcal{T}_2)$
$\vdots$
$R_\ell \quad f(\mathcal{T}_\ell)$



$\mathcal{T}_1, \ldots, \mathcal{T}_\ell$ sind k-Tupel von Typen für die eine Definition von f existiert.

$\mathcal{T} = (T_1, \ldots, T_k)$ ist das k-tupel von Typen mit dem f aufgerufen wird.

Menge aller möglichen Funktionen/Tupel:

$$M := \{\mathcal{T}_i | \mathcal{T} \preceq_k \mathcal{T}_i\} \ .$$

Wähle kleinstes Element aus M falls M ein eindeutig kleinstes Element besitzt (sonst Compilerfehler).

Ordnungsrelationen

Relation $\preceq$: TypA $\preceq$ TypB falls TypA nach TypB (implizit) gecasted werden kann:

- **reflexiv:** $T \preceq T$
- **transitiv:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_3 \Rightarrow T_1 \preceq T_3$
- **antisymmetrisch:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_1 \Rightarrow T_1 = T_2$

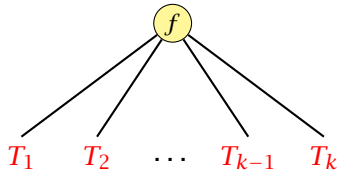
d.h., $\preceq$ definiert Halbordnung auf der Menge der Typen.

Relation $\preceq_k$: $(T_1, \ldots, T_k) \preceq_k (T'_1, \ldots, T'_k)$ falls $T_i \preceq T'_i$ für alle $i \in \{1, \ldots, k\}$.

- **reflexiv:** $\mathcal{T} \preceq_k \mathcal{T}$
- **transitiv:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_3 \Rightarrow \mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_3$
- **antisymmetrisch:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_1 \Rightarrow \mathcal{T}_1 = \mathcal{T}_2$

d.h., $\preceq_k$ definiert Halbordnung auf der Menge der k-Tupel von Typen.

$$\begin{array}{ll} R_1 & f(\mathcal{T}_1) \\ R_2 & f(\mathcal{T}_2) \\ & \vdots \\ R_\ell & f(\mathcal{T}_\ell) \end{array}$$



$\mathcal{T}_1, \ldots, \mathcal{T}_\ell$ sind k-Tupel von Typen für die eine Definition von f existiert.

$\mathcal{T} = (T_1, \ldots, T_k)$ ist das k-tupel von Typen mit dem f aufgerufen wird.

Menge aller möglichen Funktionen/Tupel:

$$M := \{\mathcal{T}_i | \mathcal{T} \preceq_k \mathcal{T}_i\} \ .$$

Wähle kleinstes Element aus M falls M ein eindeutig kleinstes Element besitzt (sonst Compilerfehler).

Ordnungsrelationen

Relation $\preceq$: TypA $\preceq$ TypB falls TypA nach TypB (implizit) gecasted werden kann:

- **reflexiv:** $T \preceq T$
- **transitiv:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_3 \Rightarrow T_1 \preceq T_3$
- **antisymmetrisch:** $T_1 \preceq T_2 \wedge T_2 \preceq T_1 \Rightarrow T_1 = T_2$

d.h., $\preceq$ definiert Halbordnung auf der Menge der Typen.

Relation $\preceq_k$: $(T_1, \ldots, T_k) \preceq_k (T'_1, \ldots, T'_k)$ falls $T_i \preceq T'_i$ für alle $i \in \{1, \ldots, k\}$.

- **reflexiv:** $\mathcal{T} \preceq_k \mathcal{T}$
- **transitiv:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_3 \Rightarrow \mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_3$
- **antisymmetrisch:** $\mathcal{T}_1 \preceq_k \mathcal{T}_2 \wedge \mathcal{T}_2 \preceq_k \mathcal{T}_1 \Rightarrow \mathcal{T}_1 = \mathcal{T}_2$

d.h., $\preceq_k$ definiert Halbordnung auf der Menge der k-Tupel von Typen.

Impliziter Typecast – Numerische Typen

Angenommen wir haben Funktionen

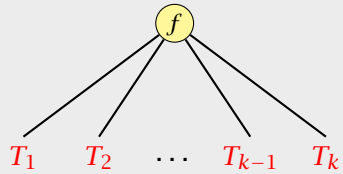
```
int min(int a, int b)
float min(float a, float b)
double min(double a, double b)
```

definiert.

```
1 long a = 7, b = 3;
2 double d = min(a, b);
```

würde die Funktion `float min(float a, float b)` aufrufen.

$$\begin{array}{ll} R_1 & f(\mathcal{T}_1) \\ R_2 & f(\mathcal{T}_2) \\ & \vdots \\ R_\ell & f(\mathcal{T}_\ell) \end{array}$$



$\mathcal{T}_1, \ldots, \mathcal{T}_\ell$ sind k-Tupel von Typen für die eine Definition von f existiert.

$\mathcal{T} = (T_1, \ldots, T_k)$ ist das k-tupel von Typen mit dem f aufgerufen wird.

Menge aller möglichen Funktionen/Tupel:

$$M := \{\mathcal{T}_i | \mathcal{T} \preceq_k \mathcal{T}_i\} \ .$$

Wähle kleinstes Element aus M falls M ein eindeutig kleinstes Element besitzt (sonst Compilerfehler).

Impliziter Typecast – Numerische Typen

Angenommen wir haben Funktionen

```
int min(int a, int b)
float min(float a, float b)
double min(double a, double b)
```

definiert.

```
1 long a = 7, b = 3;
2 double d = min(a, b);
```

würde die Funktion `float min(float a, float b)` aufrufen.

Impliziter Typecast

Bei Ausdrücken mit Seiteneffekten (Zuweisungen, ++ , --) gelten andere Regeln:

Beispiel: Zuweisungen

$= : \texttt{byte}^* \times \texttt{byte} \longrightarrow \texttt{byte}$
$= : \texttt{char}^* \times \texttt{char} \longrightarrow \texttt{char}$
$= : \texttt{short}^* \times \texttt{short} \longrightarrow \texttt{short}$
$= : \texttt{int}^* \times \texttt{int} \longrightarrow \texttt{int}$
$= : \texttt{long}^* \times \texttt{long} \longrightarrow \texttt{long}$
$= : \texttt{float}^* \times \texttt{float} \longrightarrow \texttt{float}$
$= : \texttt{double}^* \times \texttt{double} \longrightarrow \texttt{double}$

Es wird nur der Parameter konvertiert, der nicht dem Seiteneffekt unterliegt.

Impliziter Typecast

Bei Ausdrücken mit Seiteneffekten (Zuweisungen, ++ , --) gelten andere Regeln:

Beispiel: Zuweisungen

$= : \texttt{byte}^* \times \texttt{byte} \longrightarrow \texttt{byte}$
$= : \texttt{char}^* \times \texttt{char} \longrightarrow \texttt{char}$
$= : \texttt{short}^* \times \texttt{short} \longrightarrow \texttt{short}$
$= : \texttt{int}^* \times \texttt{int} \longrightarrow \texttt{int}$
$= : \texttt{long}^* \times \texttt{long} \longrightarrow \texttt{long}$
$= : \texttt{float}^* \times \texttt{float} \longrightarrow \texttt{float}$
$= : \texttt{double}^* \times \texttt{double} \longrightarrow \texttt{double}$

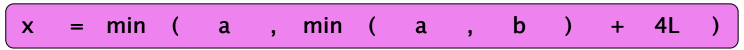
Es wird nur der Parameter konvertiert, der nicht dem Seiteneffekt unterliegt.

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
`()`	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)



5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

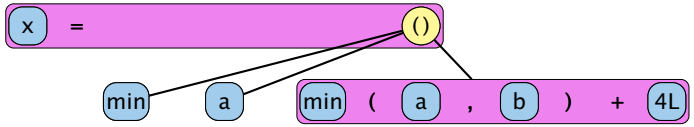
Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

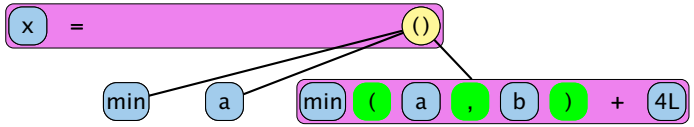


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

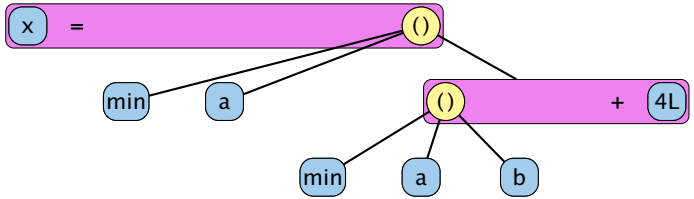


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

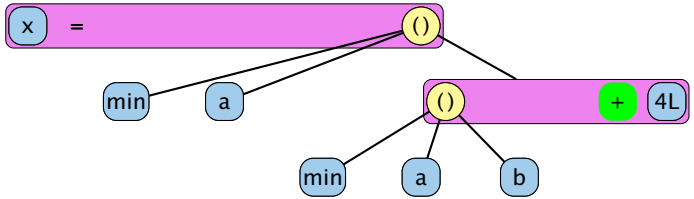


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

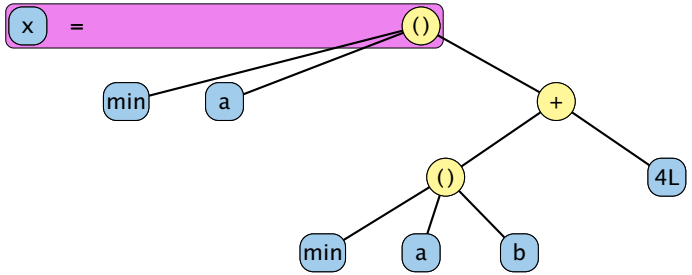


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

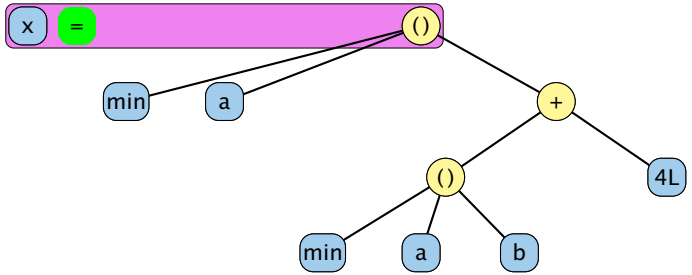


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

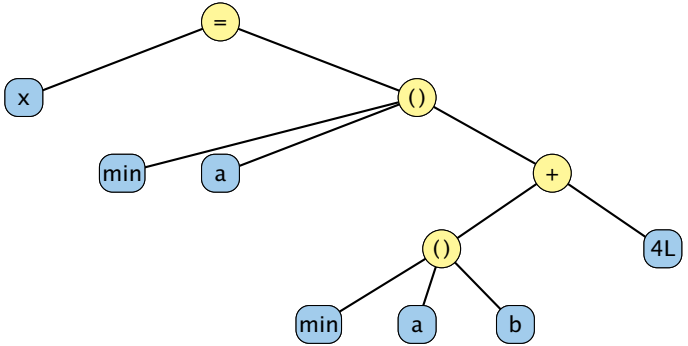


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)




```
int min(int,int)
float min(float,float)
double min(double,double)
```

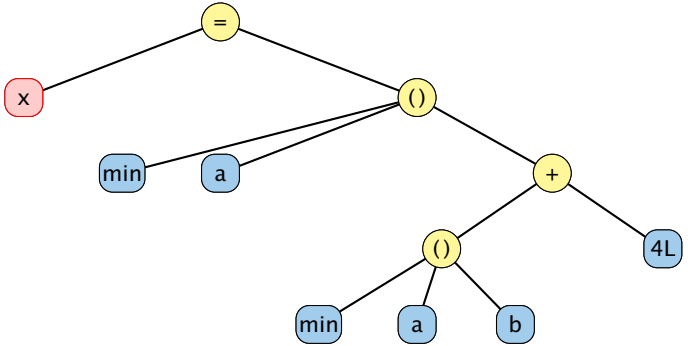
long x 7 int a 3 int b 5

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)




```
int min(int,int)
float min(float,float)
double min(double,double)
```

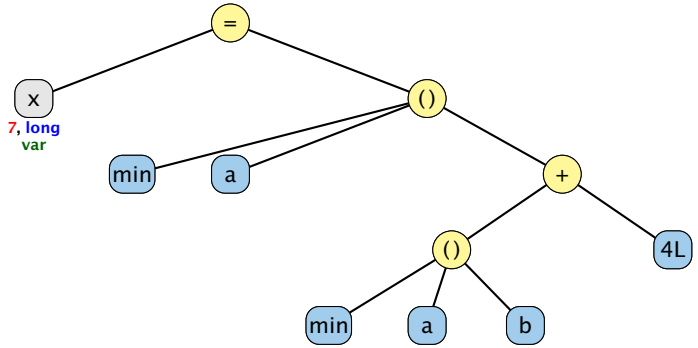
long x 7 int a 3 int b 5

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)




```
int min(int,int)
float min(float,float)
double min(double,double)
```

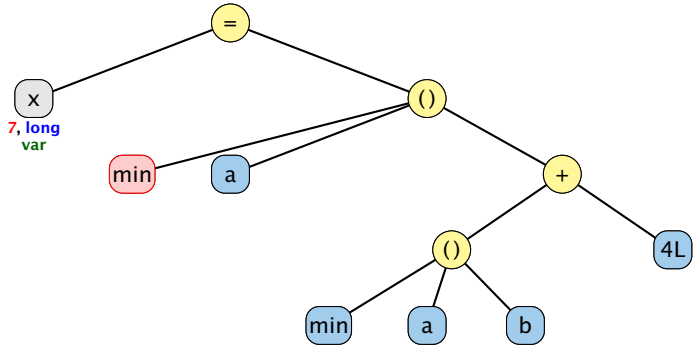
long x 7 int a 3 int b 5

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)




```
int min(int,int)
float min(float,float)
double min(double,double)
```

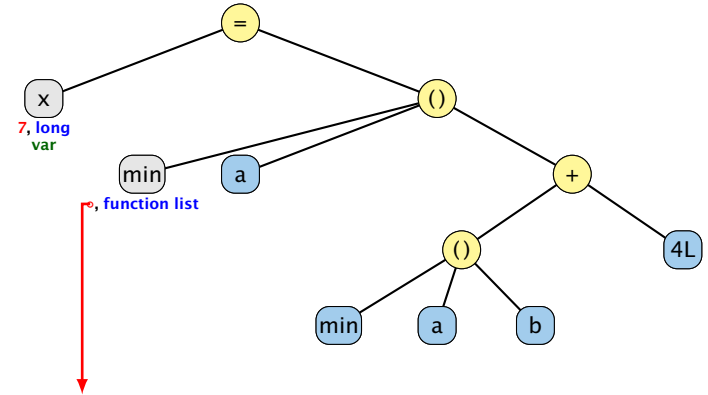
long x 7 int a 3 int b 5

5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

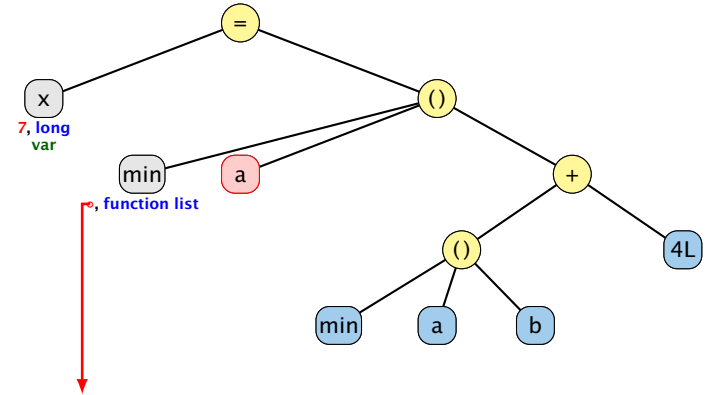


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

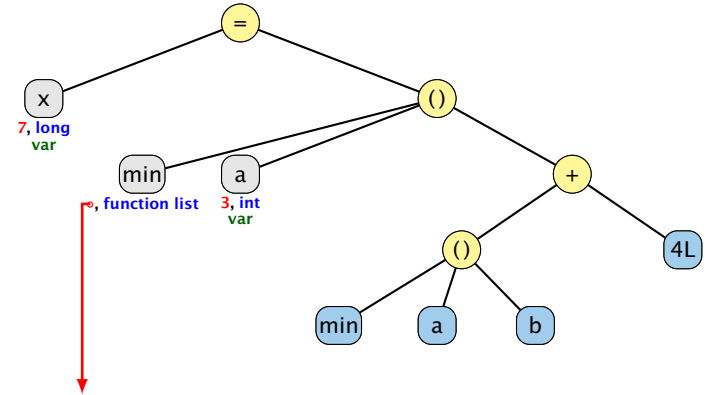


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

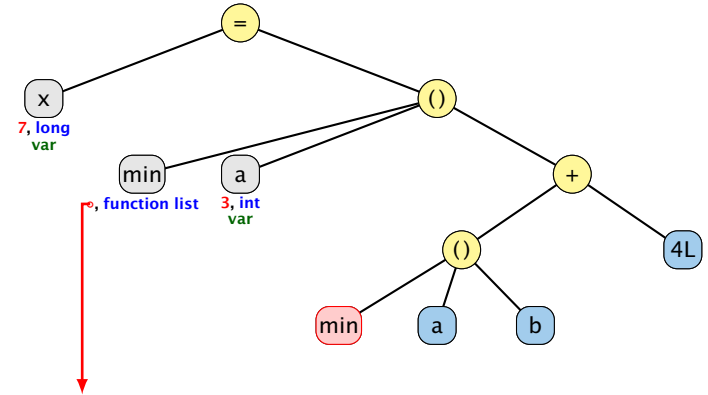


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

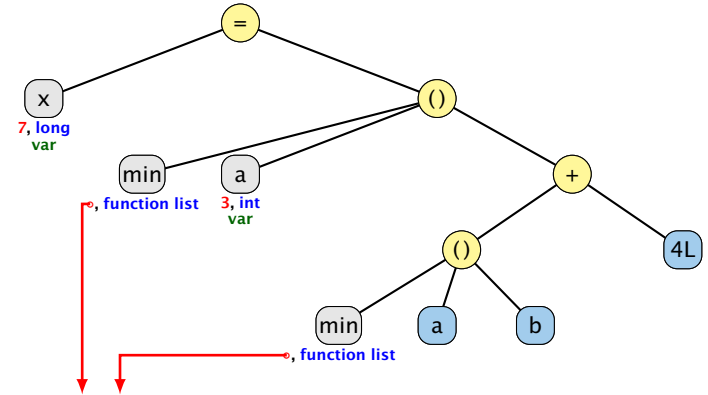


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

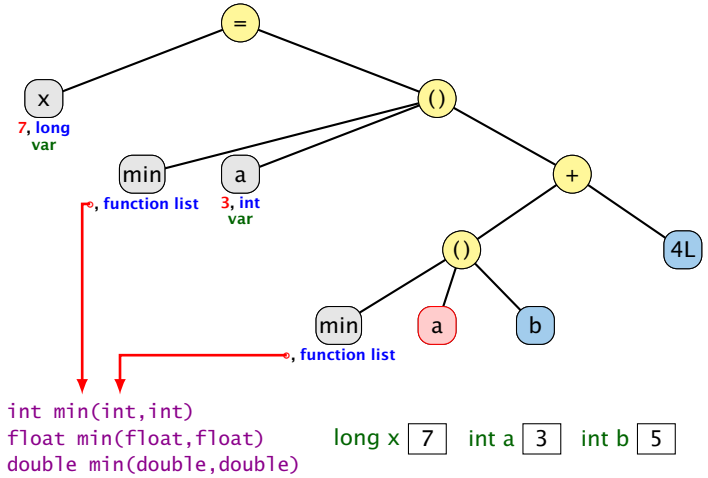


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

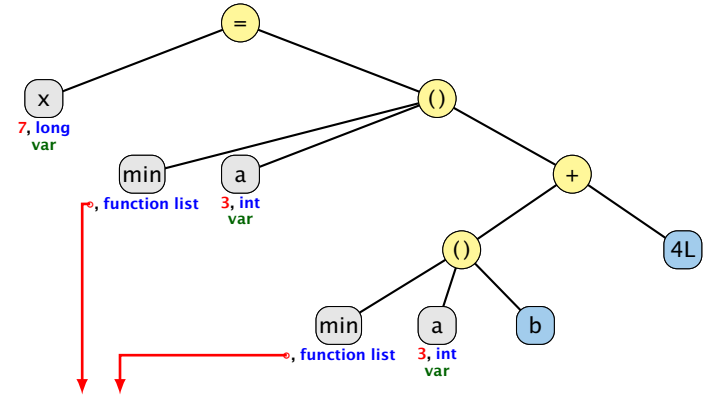


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

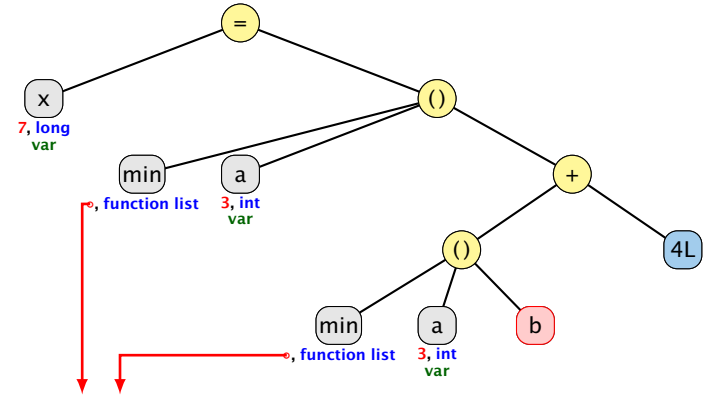


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

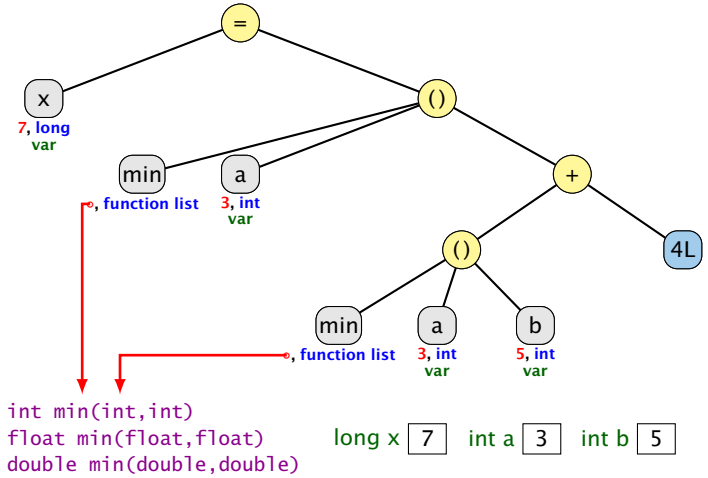


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

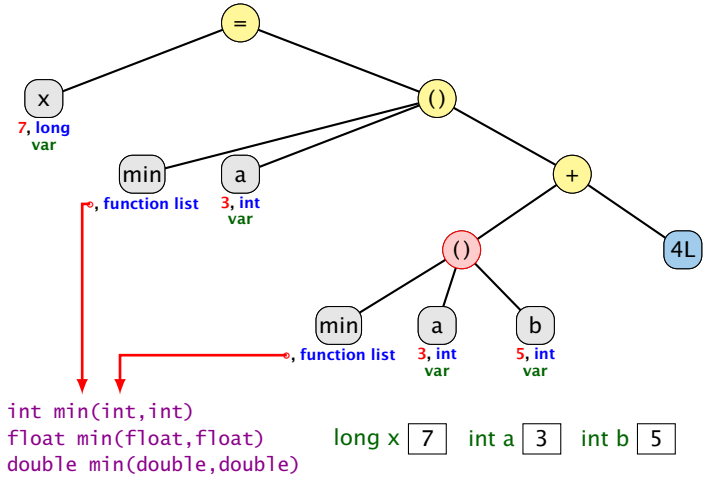


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

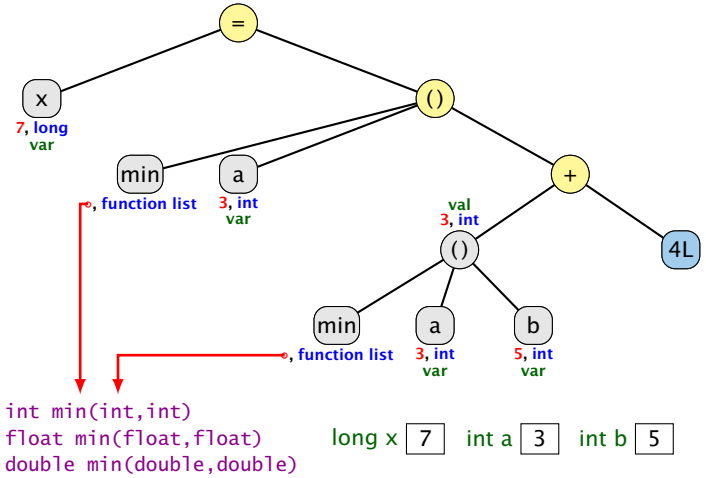


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

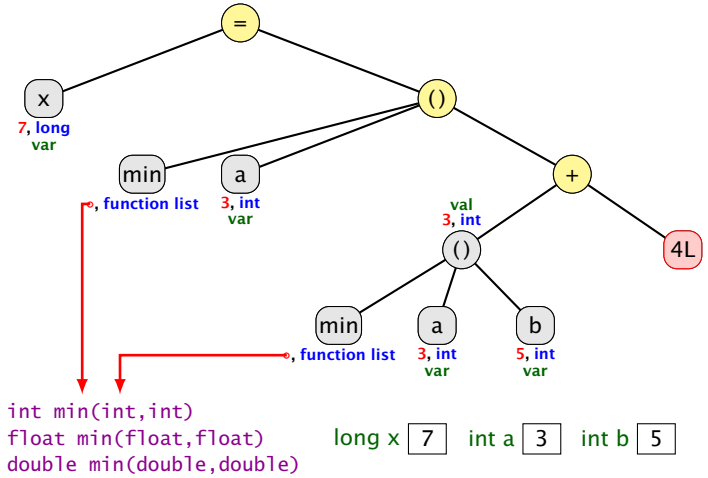


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

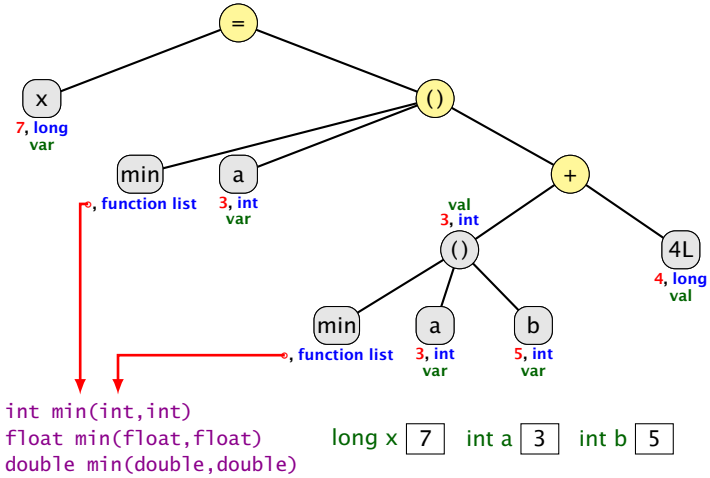


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

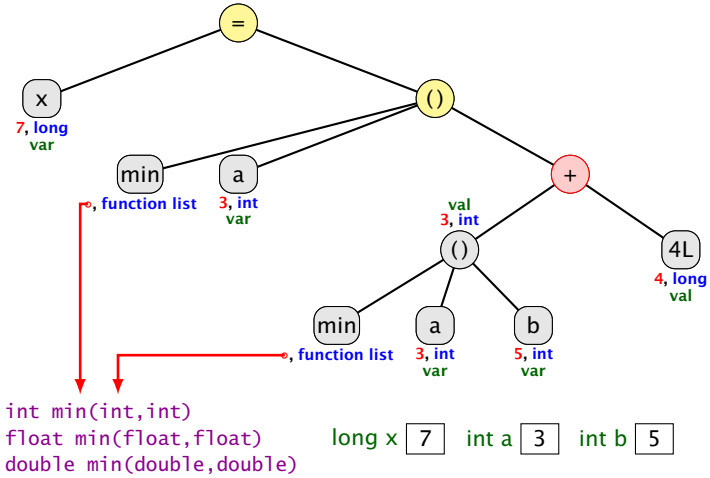


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

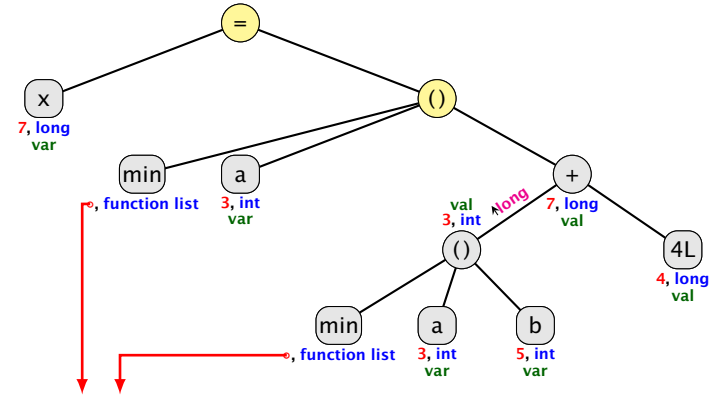


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

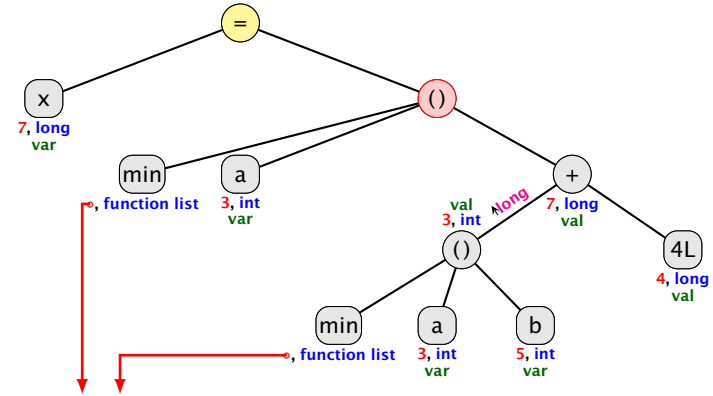


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

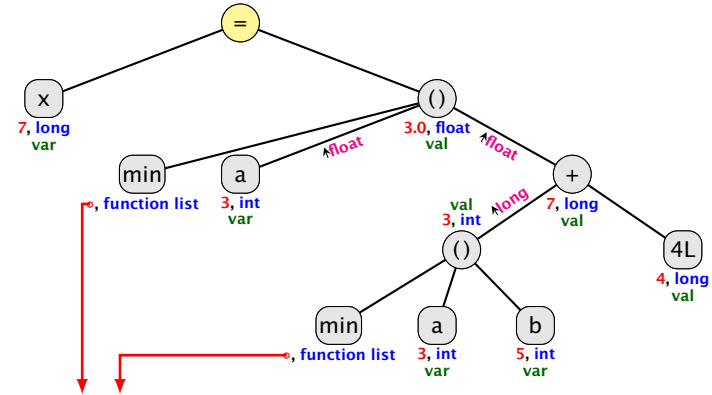


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

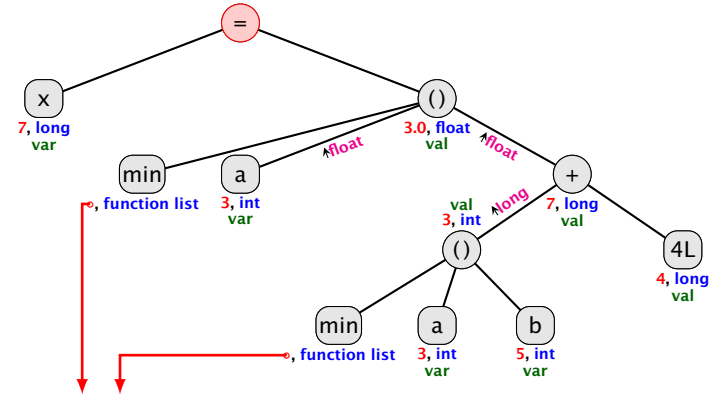


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)

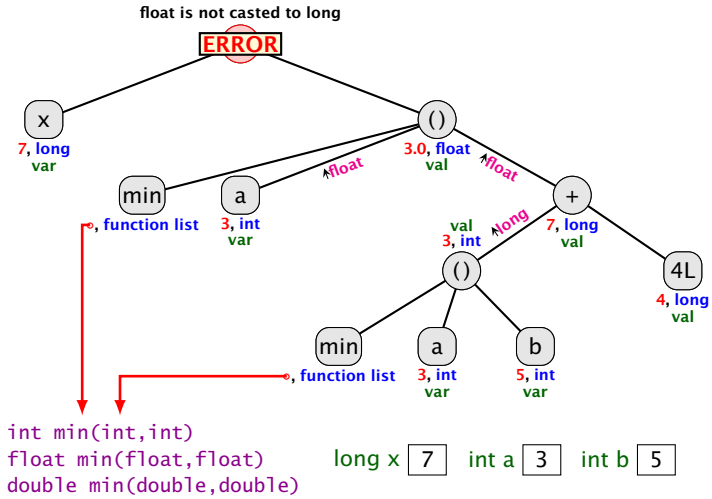


5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)



5.3 Auswertung von Ausdrücken

Der Funktionsaufrufoperator:

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
( )	Funktionsaufruf	Funktionsname, *	links	1

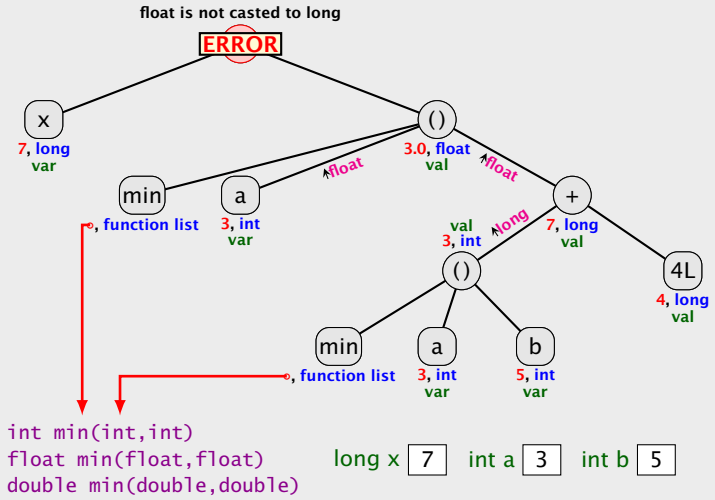
Impliziter Typecast – Strings

Spezialfall

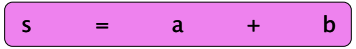
- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: x = min(a, min(a,b) + 4L)



Beispiel: s = a + b



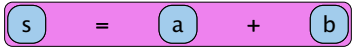
Impliziter Typecast – Strings

Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b



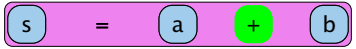
Impliziter Typecast – Strings

Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b



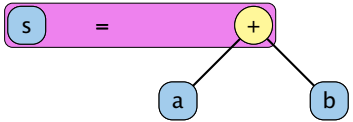
Impliziter Typecast – Strings

Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b



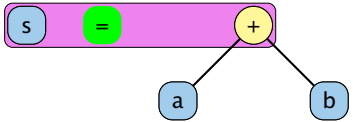
Impliziter Typecast – Strings

Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b



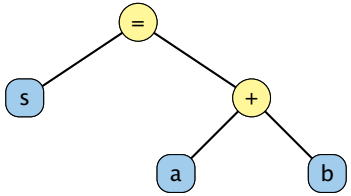
Impliziter Typecast – Strings

Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b



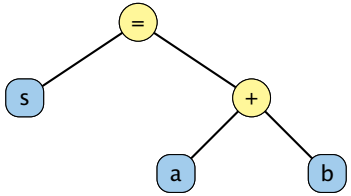
Impliziter Typecast – Strings

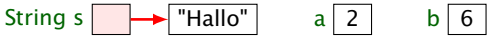
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





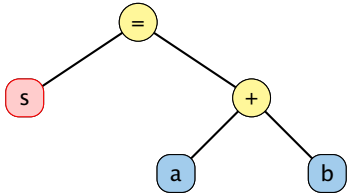
Impliziter Typecast – Strings

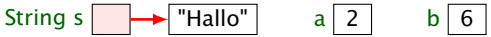
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





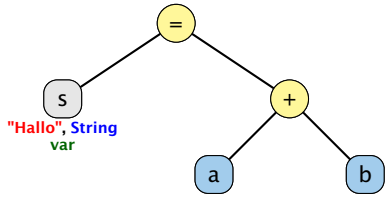
Impliziter Typecast – Strings

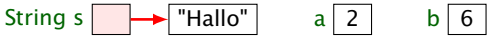
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





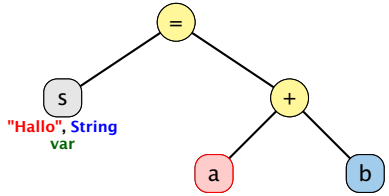
Impliziter Typecast – Strings

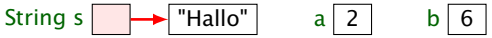
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





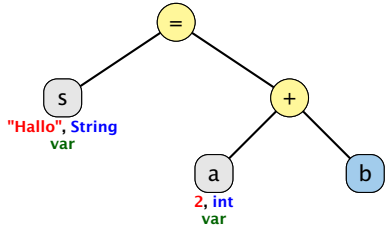
Impliziter Typecast – Strings

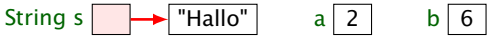
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





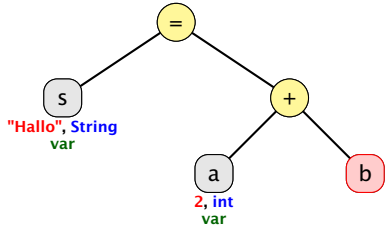
Impliziter Typecast – Strings

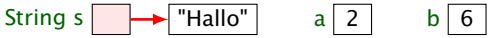
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





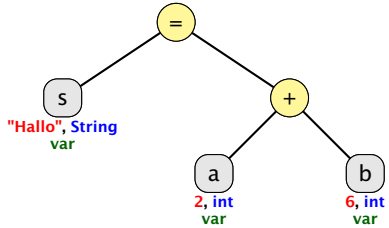
Impliziter Typecast – Strings

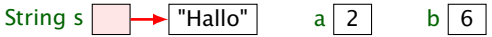
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





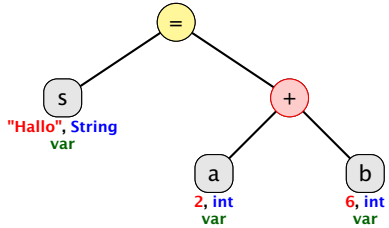
Impliziter Typecast – Strings

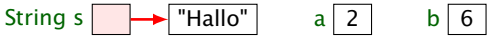
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





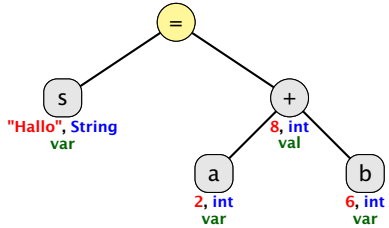
Impliziter Typecast – Strings

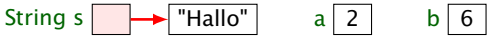
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





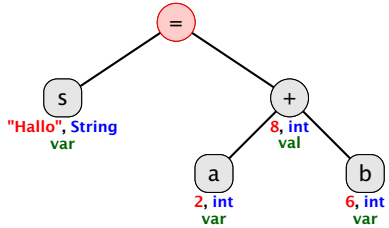
Impliziter Typecast – Strings

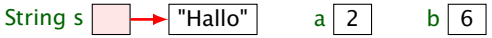
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





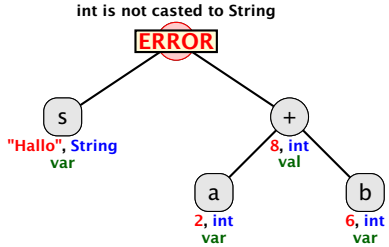
Impliziter Typecast – Strings

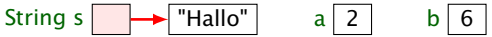
Spezialfall

- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = a + b





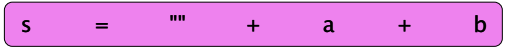
Impliziter Typecast – Strings

Spezialfall

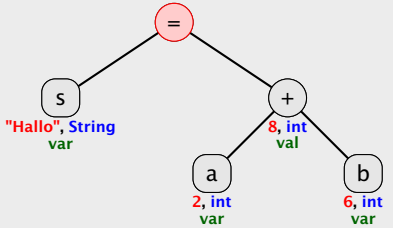
- Falls beim Operator + ein Typ vom Typ String ist, wird der andere auch in einen String umgewandelt.
  $\Longrightarrow$ Stringkonkatenation.
- Jeder Typ in Java besitzt eine Stringrepresentation.

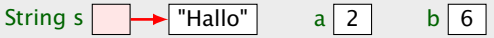
Funktioniert nicht bei selbstgeschriebenen Funktionen.

Beispiel: s = "" + a + b

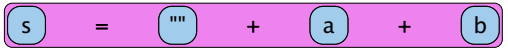


Beispiel: s = a + b

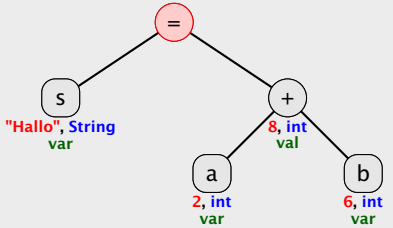


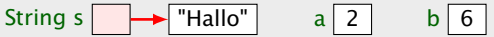


Beispiel: s = "" + a + b

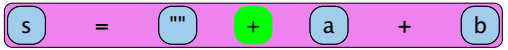


Beispiel: s = a + b

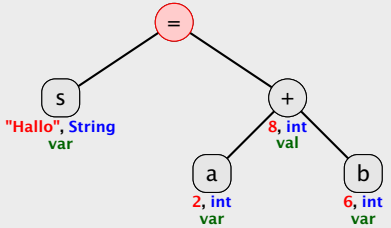




Beispiel: s = "" + a + b

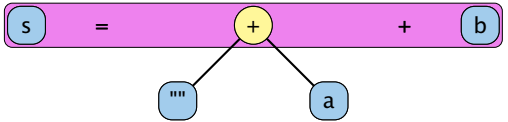


Beispiel: s = a + b

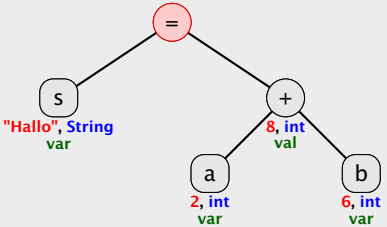


String s "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b

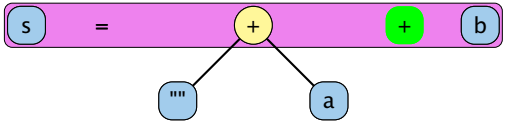


Beispiel: s = a + b

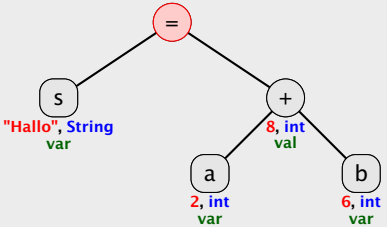


String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b

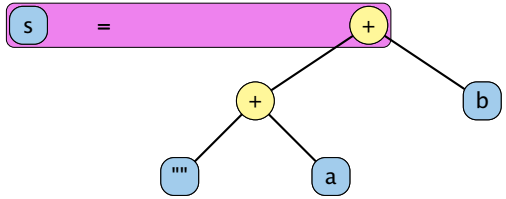


Beispiel: s = a + b

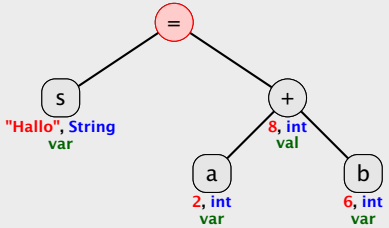


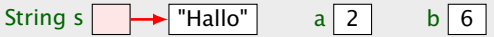
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b

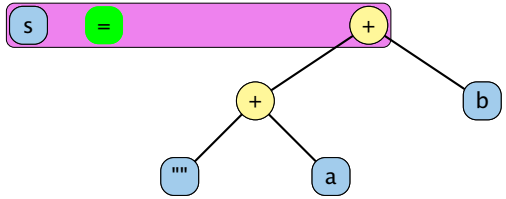


Beispiel: s = a + b

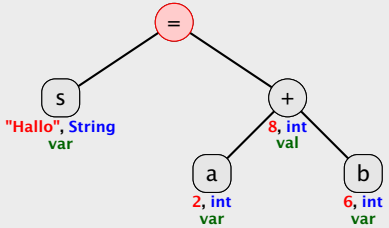




Beispiel: s = "" + a + b

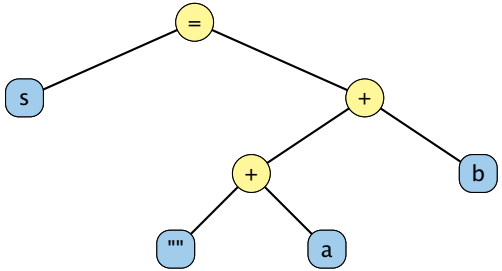


Beispiel: s = a + b



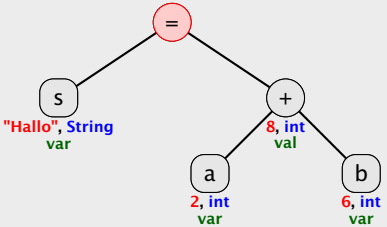
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



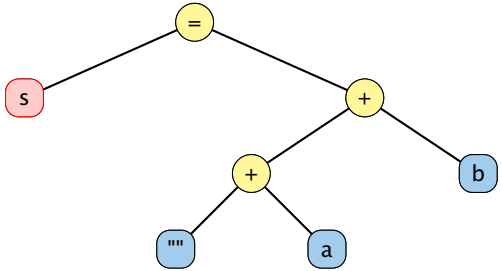
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



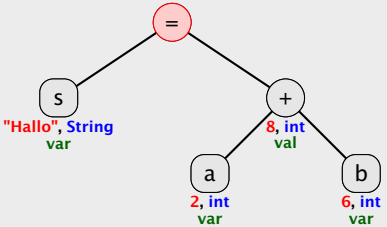
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



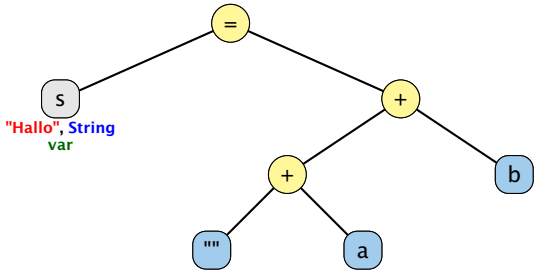
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



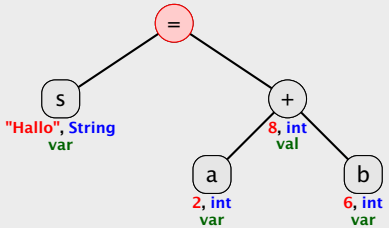
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



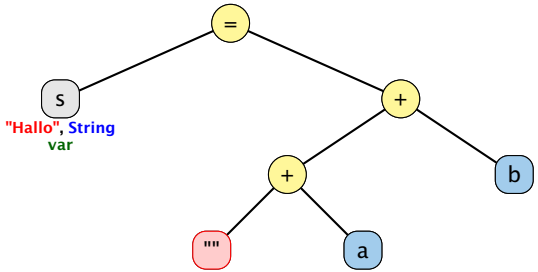
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



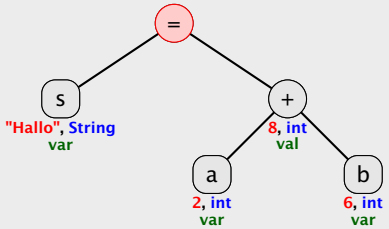
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



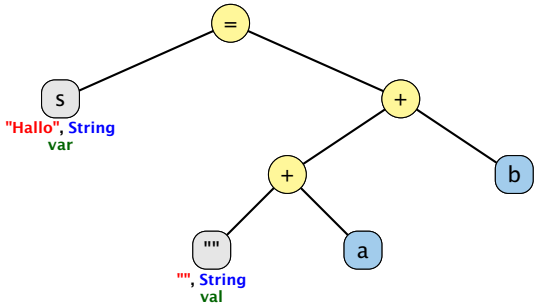
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



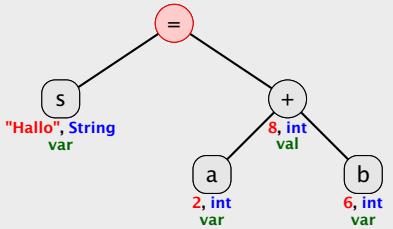
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



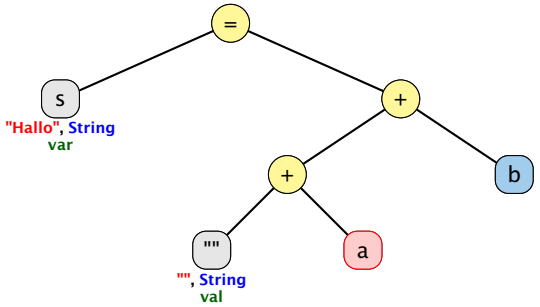
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



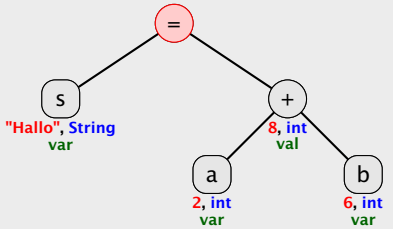
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



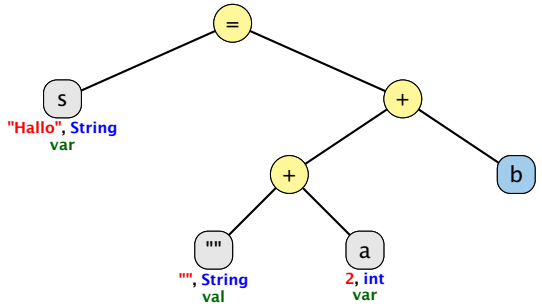
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



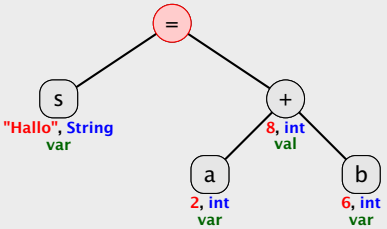
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



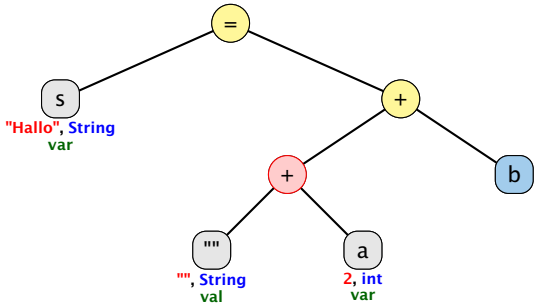
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



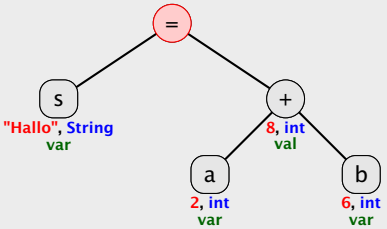
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



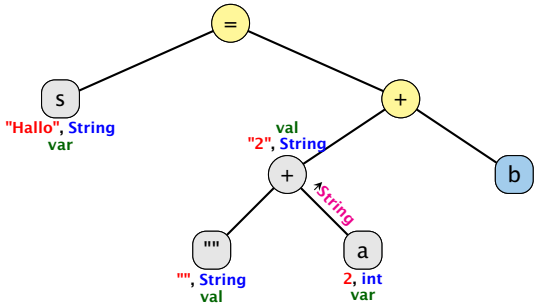
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



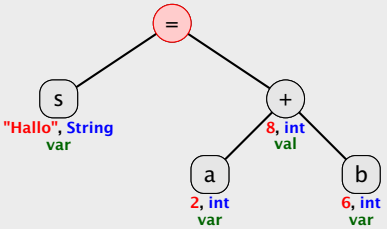
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



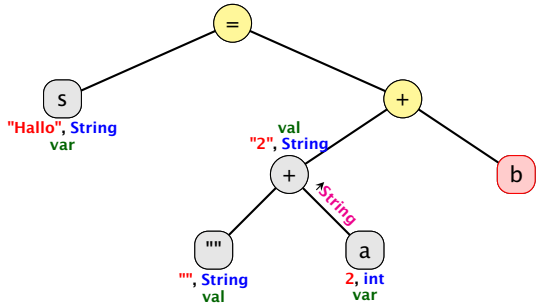
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



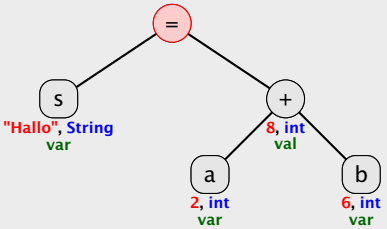
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



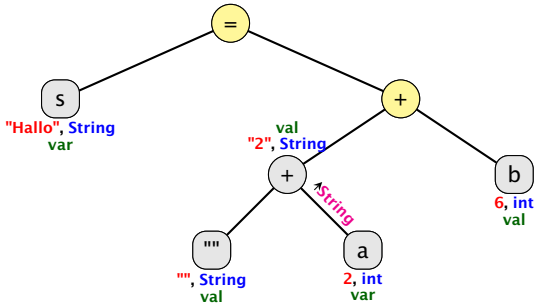
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



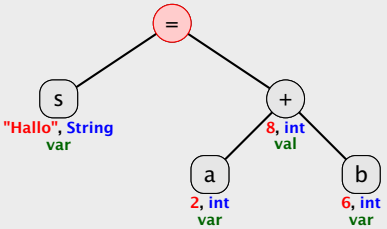
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



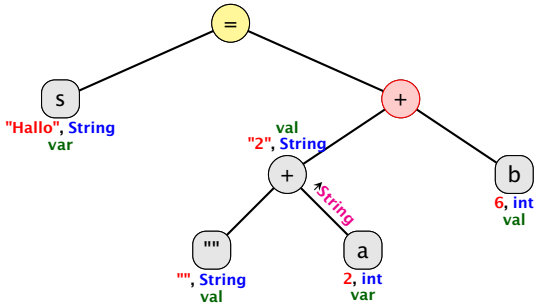
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



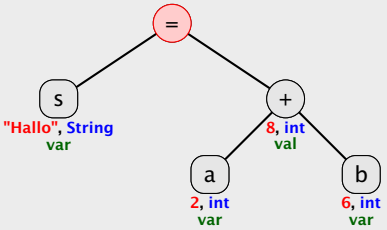
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



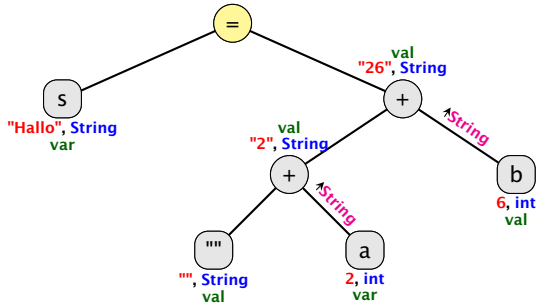
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



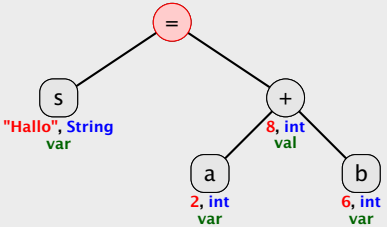
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



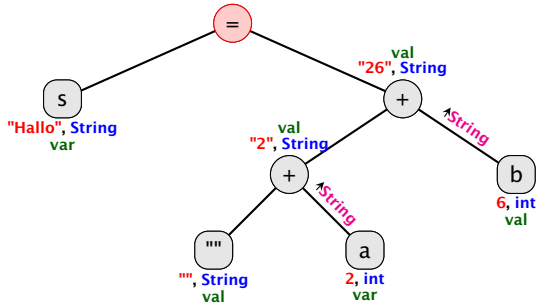
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b



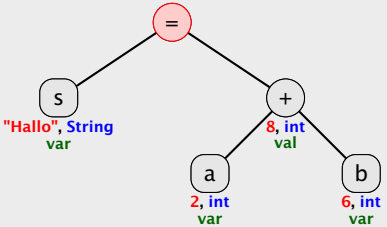
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b



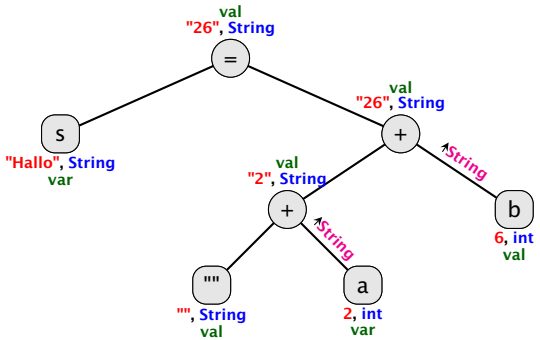
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = a + b

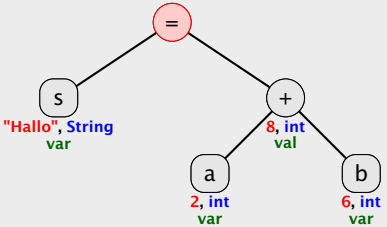


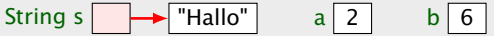
String s → "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = "" + a + b

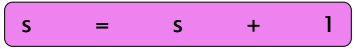


Beispiel: s = a + b

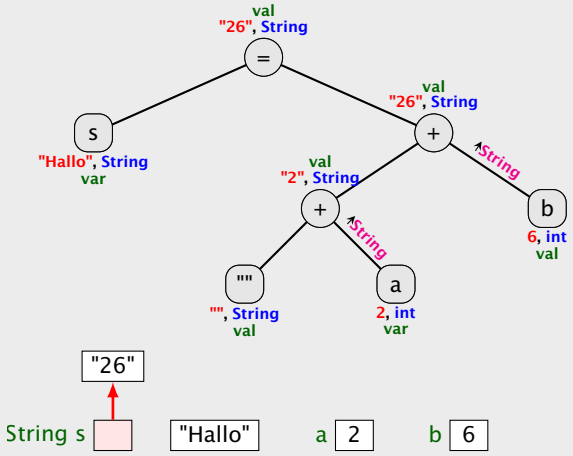




Beispiel: s = s + 1

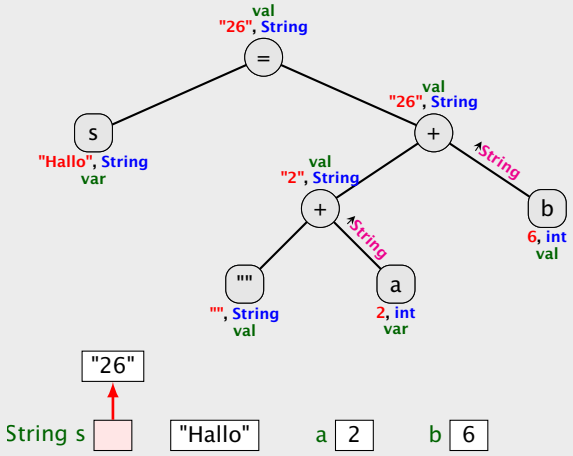


Beispiel: s = "" + a + b



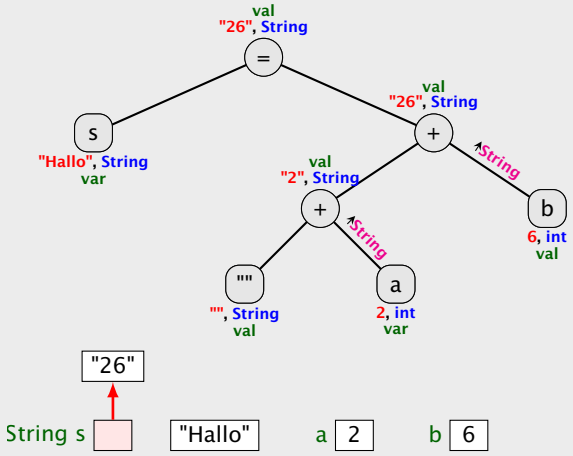
Beispiel: s = s + 1

Beispiel: s = "" + a + b

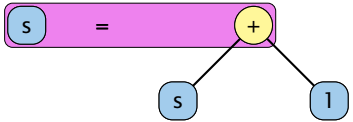


Beispiel: s = s + 1

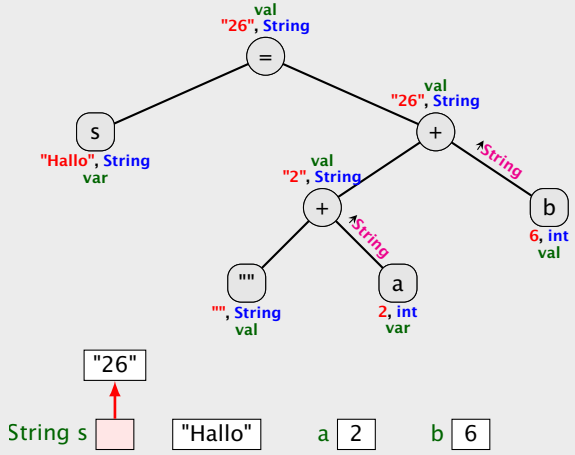
Beispiel: s = "" + a + b



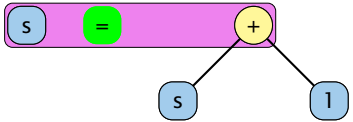
Beispiel: s = s + 1



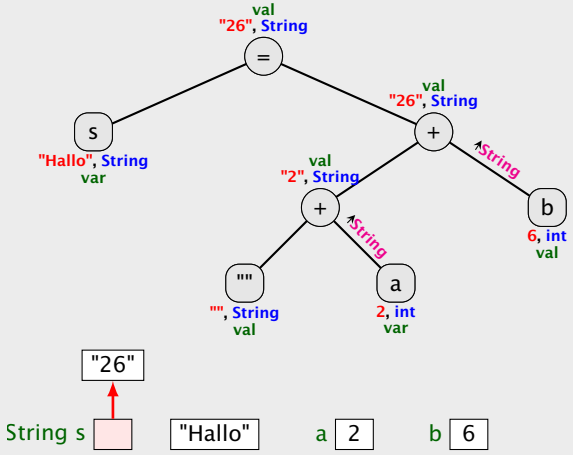
Beispiel: s = "" + a + b



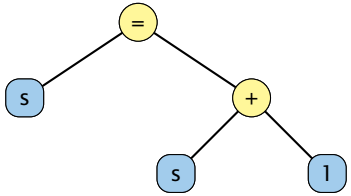
Beispiel: s = s + 1



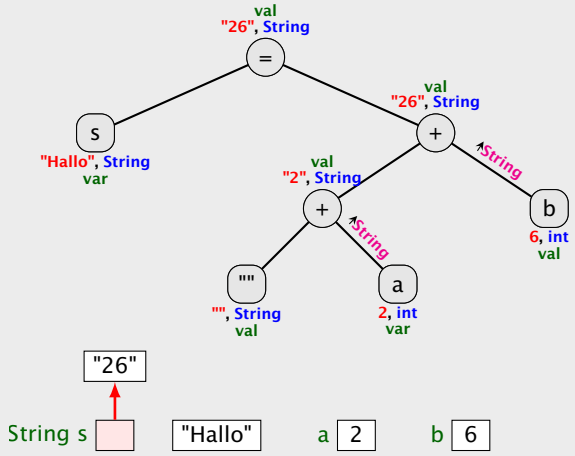
Beispiel: s = "" + a + b



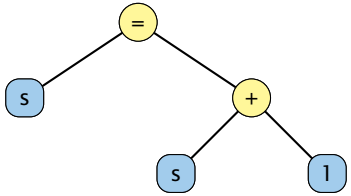
Beispiel: s = s + 1



Beispiel: s = "" + a + b

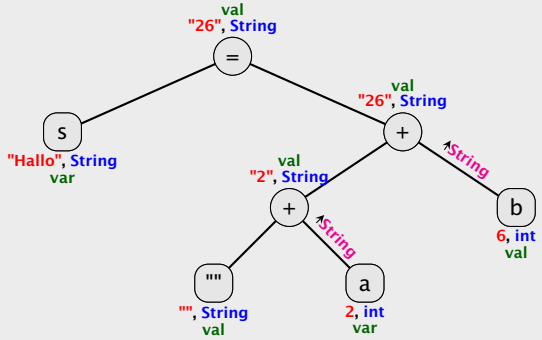


Beispiel: s = s + 1



short s 4

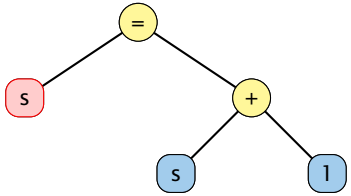
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

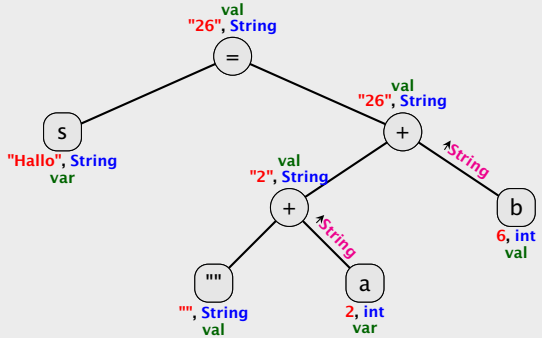
String s "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = s + 1



short s 4

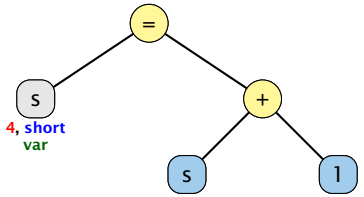
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

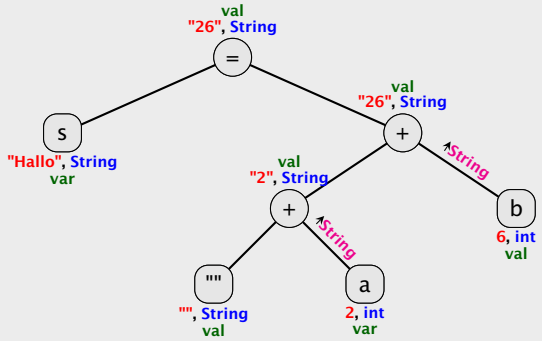
String s "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = s + 1



short s 4

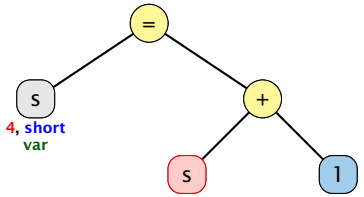
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

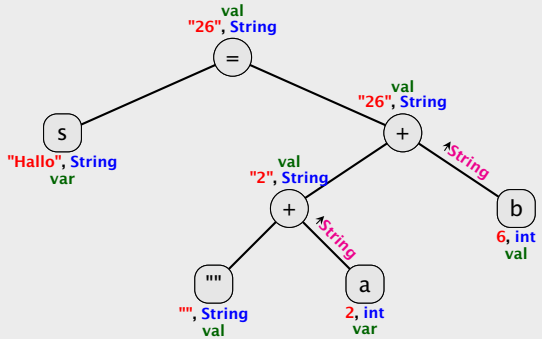
String s "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = s + 1



short s 4

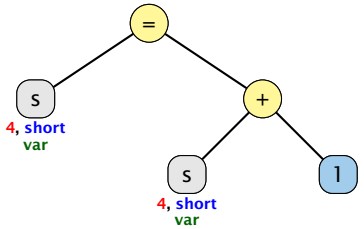
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

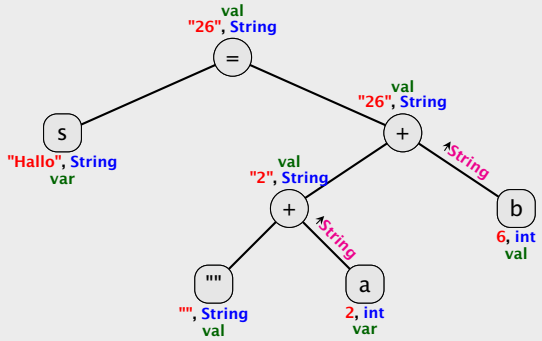
String s "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = s + 1



short s | 4 |

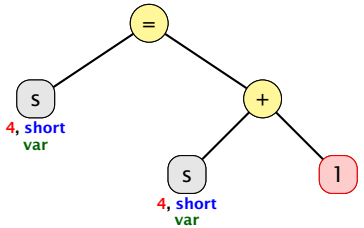
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

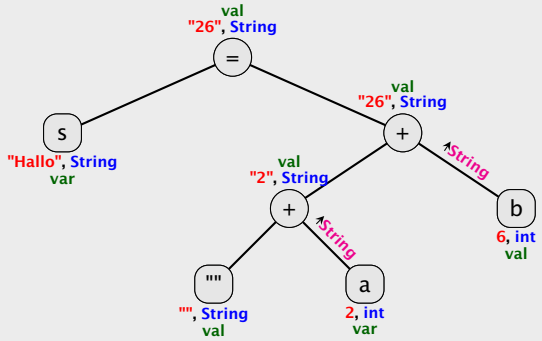
String s | "Hallo" | a | 2 | b | 6 |

Beispiel: s = s + 1



short s | 4 |

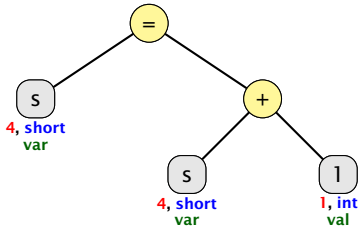
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

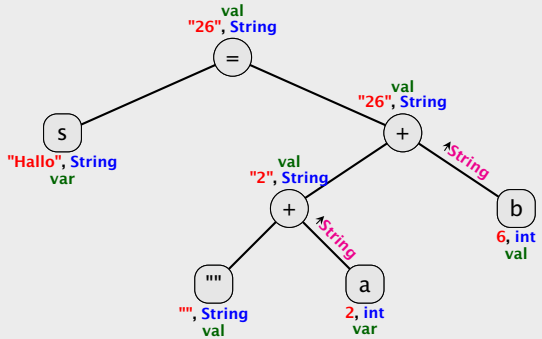
String s | "Hallo" | a | 2 | b | 6 |

Beispiel: s = s + 1



short s 4

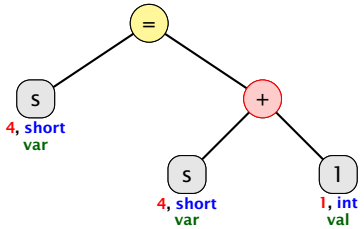
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

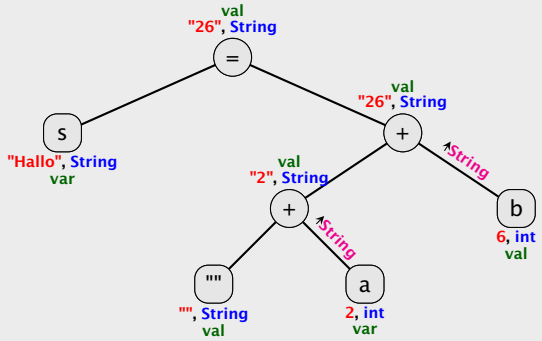
String s "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = s + 1



short s | 4 |

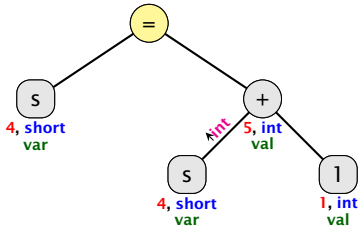
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

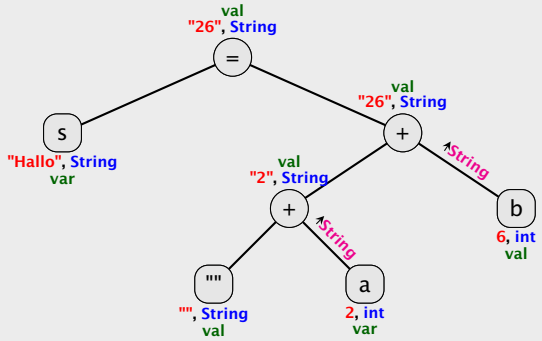
String s | "Hallo" | a | 2 | b | 6 |

Beispiel: s = s + 1



short s 4

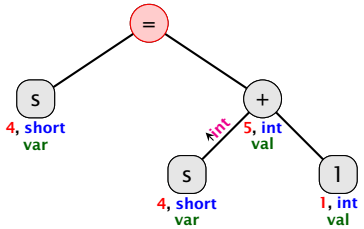
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

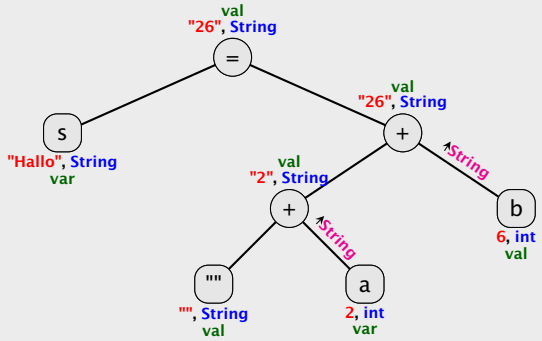
String s "Hallo" a 2 b 6

Beispiel: s = s + 1



short s | 4 |

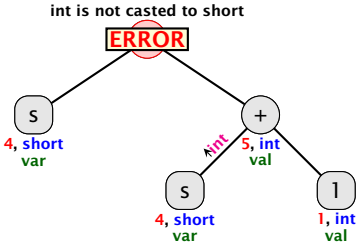
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

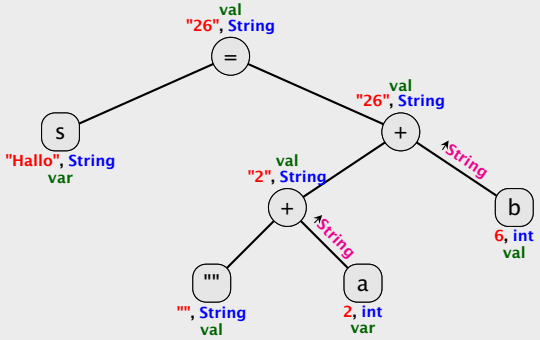
String s | "Hallo" | a | 2 | b | 6 |

Beispiel: s = s + 1



short s | 4 |

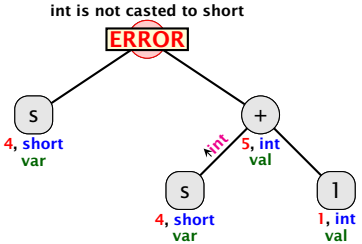
Beispiel: s = "" + a + b



"26"

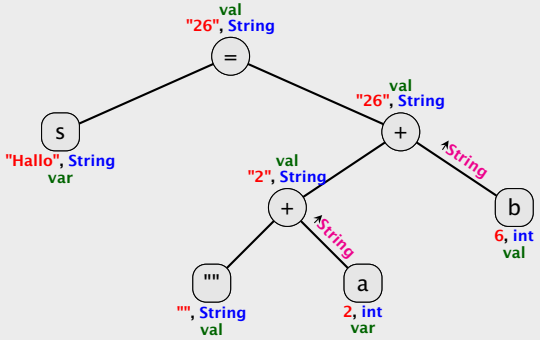
String s | "Hallo" | a | 2 | b | 6 |

Beispiel: s = s + 1



short s | 4 |

Beispiel: s = "" + a + b

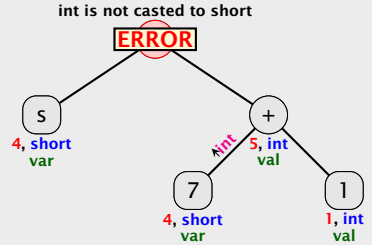


"26"

String s | "Hallo" | a | 2 | b | 6 |

Beispiel: s = 7 + 1

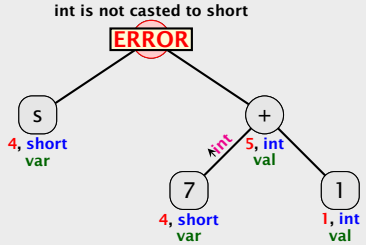
Beispiel: s = s + 1



short s 4

Beispiel: s = 7 + 1

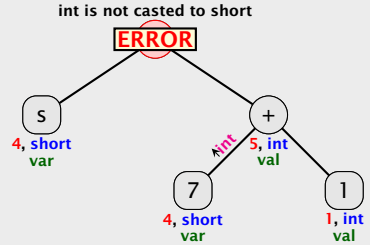
Beispiel: s = s + 1



short s 4

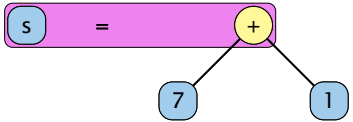
Beispiel: s = 7 + 1

Beispiel: s = s + 1

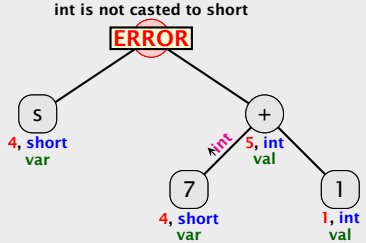


short s 4

Beispiel: s = 7 + 1

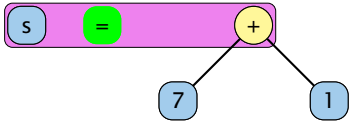


Beispiel: s = s + 1

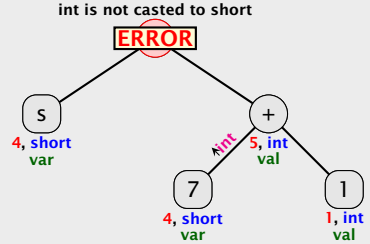


short s 4

Beispiel: s = 7 + 1

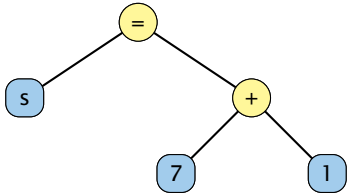


Beispiel: s = s + 1

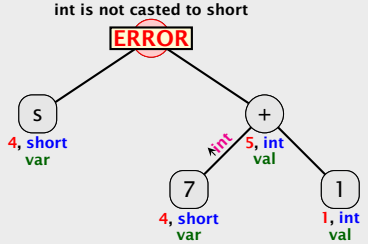


short s 4

Beispiel: s = 7 + 1

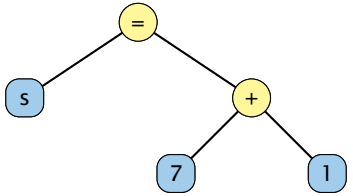


Beispiel: s = s + 1



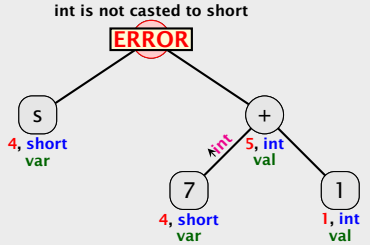
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



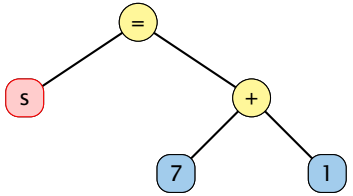
short s 4

Beispiel: s = s + 1



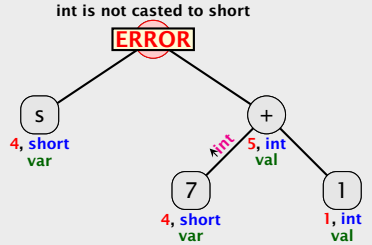
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



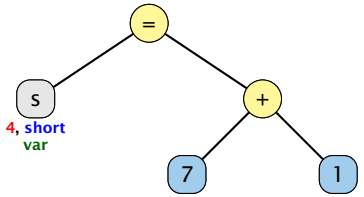
short s 4

Beispiel: s = s + 1



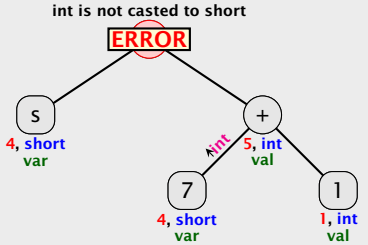
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



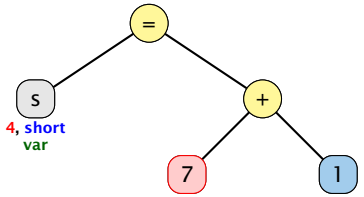
short s 4

Beispiel: s = s + 1



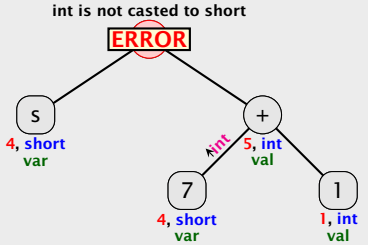
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



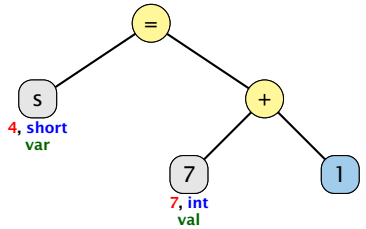
short s 4

Beispiel: s = s + 1



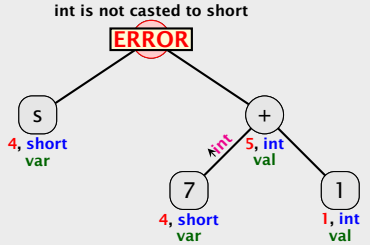
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



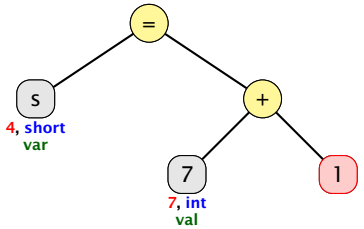
short s 4

Beispiel: s = s + 1



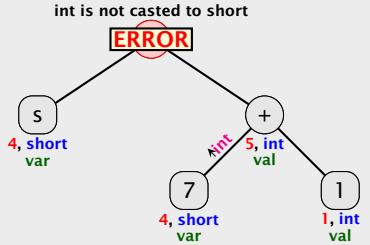
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



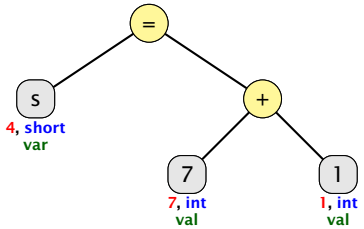
short s 4

Beispiel: s = s + 1



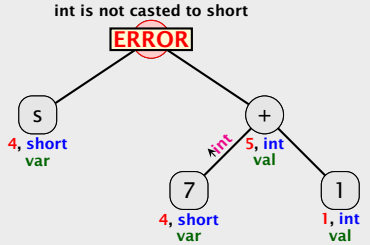
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



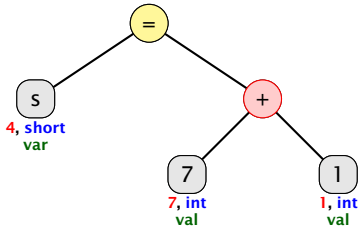
short s 4

Beispiel: s = s + 1



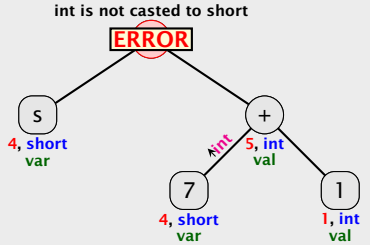
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



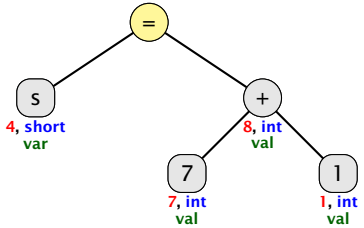
short s 4

Beispiel: s = s + 1



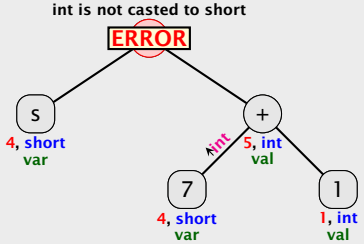
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



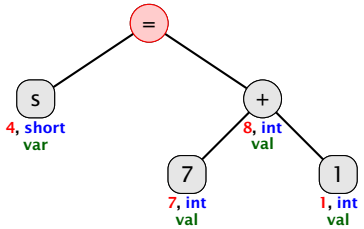
short s 4

Beispiel: s = s + 1



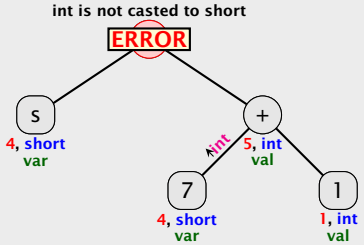
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



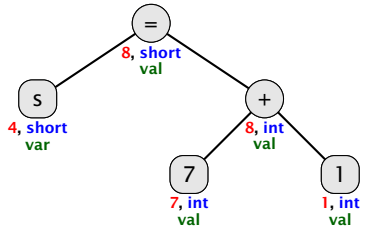
short s 4

Beispiel: s = s + 1



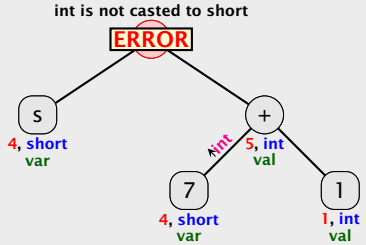
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



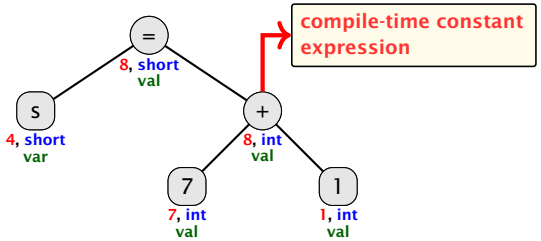
short s 8

Beispiel: s = s + 1



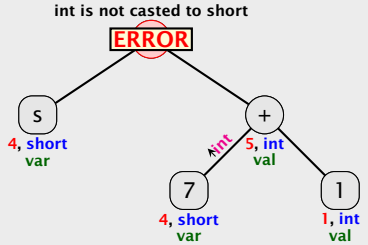
short s 4

Beispiel: s = 7 + 1



short s 8

Beispiel: s = s + 1



short s 4

Expliziter Typecast

symbol	*name*	*type*	*L/R*	*level*
(type)	typecast	zahl, char	rechts	3

Beispiele mit Datenverlust

- `short s = (short) 23343445;`

  Die obersten bits werden einfach weggeworfen...

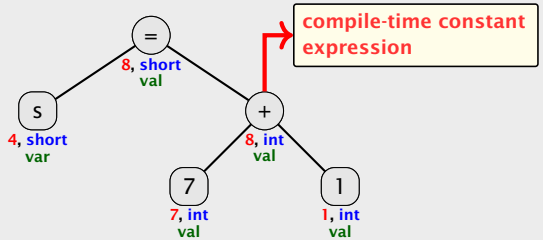
- ```
  double d = 1.5;
  short  s = (short) d;
  ```

  d hat danach den Wert 1.

...ohne Datenverlust:

- ```
  int   x = 5;
  short s = (short) x;
  ```

Beispiel: s = 7 + 1



short s 8

5.4 Arrays

Oft müssen viele Werte gleichen Typs gespeichert werden.

Idee:

- Lege sie konsekutiv ab!
- Greife auf einzelne Werte über ihren Index zu!

Feld:	17	3	-2	9	0	1
Index:	0	1	2	3	4	5

Expliziter Typecast

symbol	*name*	*type*	*L/R*	*level*
(type)	typecast	zahl, char	rechts	3

Beispiele mit Datenverlust

- ```
  short s = (short) 23343445;
  ```
  Die obersten bits werden einfach weggeworfen...
- ```
  double d = 1.5;
  short  s = (short) d;
  ```
  d hat danach den Wert 1.

...ohne Datenverlust:

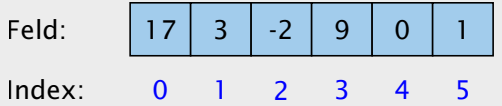
- ```
  int   x = 5;
  short s = (short) x;
  ```
  ```

5.4 Arrays

Oft müssen viele Werte gleichen Typs gespeichert werden.

Idee:

- Lege sie konsekutiv ab!
- Greife auf einzelne Werte über ihren Index zu!



Beispiel

```
1 int[] a; // Deklaration
2 int n = read();
3
4 a = new int[n]; // Anlegen des Felds
5 int i = 0;
6 while (i < n) {
7     a[i] = read();
8     i = i+1;
9 }
```

Einlesen eines Feldes

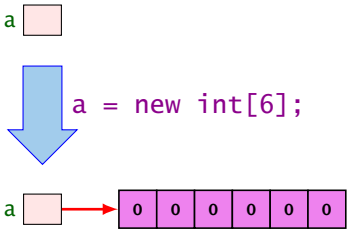
Beispiel

```
1 int[] a; // Deklaration
2 int n = read();
3
4 a = new int[n]; // Anlegen des Felds
5 int i = 0;
6 while (i < n) {
7     a[i] = read();
8     i = i+1;
9 }
```

Einlesen eines Feldes

Beispiel

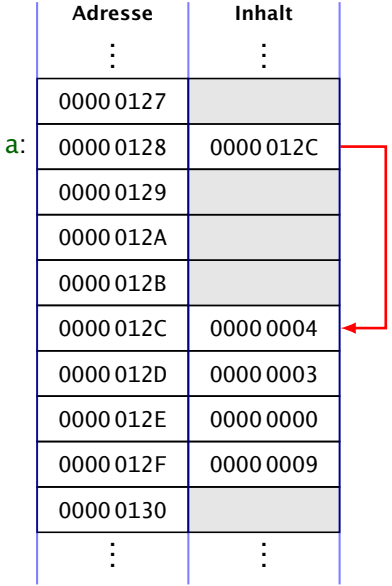
- `type[] name;` deklariert eine Variable für ein Feld (array), dessen Elemente vom Typ `type` sind.
- Alternative Schreibweise:
  `type name[];`
- Das Kommando `new` legt ein Feld einer gegebenen Größe an und liefert einen Verweis darauf zurück:



Was ist eine Referenz?

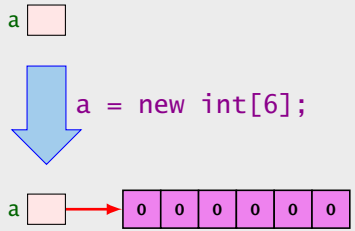
Eine Referenzvariable speichert eine Adresse; an dieser Adresse liegt der eigentliche Inhalt der Variablen.

Wir können die Referenz nicht direkt manipulieren (nur über den new-Operator, oder indem wir eine andere Referenz zuweisen).



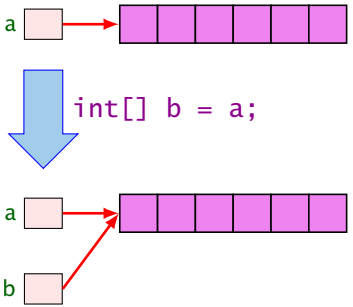
Beispiel

- `type[] name;` deklariert eine Variable für ein Feld (array), dessen Elemente vom Typ `type` sind.
- Alternative Schreibweise: `type name[];`
- Das Kommando `new` legt ein Feld einer gegebenen Größe an und liefert einen Verweis darauf zurück:



5.4 Arrays

- Der Wert einer Feld-Variable ist also ein Verweis!!!
- `int[] b = a;` kopiert den Verweis der Variablen `a` in die Variable `b`:



- **Alle nichtprimitive Datentypen sind Referenzentypen, d.h., die zugehörige Variable speichert einen Verweis!!!**

Was ist eine Referenz?

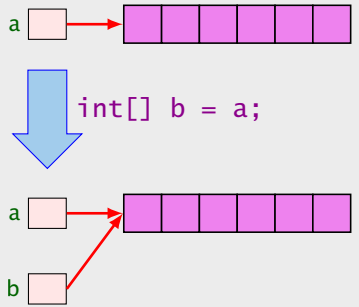
Eine Referenzvariable speichert eine Adresse; an dieser Adresse liegt der eigentliche Inhalt der Variablen.

Wir können die Referenz nicht direkt manipulieren (nur über den new-Operator, oder indem wir eine andere Referenz zuweisen).

	Adresse	Inhalt
	⋮	⋮
	0000 0127	
a:	0000 0128	0000 012C
	0000 0129	
	0000 012A	
	0000 012B	
	0000 012C	0000 0004
	0000 012D	0000 0003
	0000 012E	0000 0000
	0000 012F	0000 0009
	0000 0130	
	⋮	⋮

5.4 Arrays

- Der Wert einer Feld-Variable ist also ein Verweis!!!
- `int[] b = a;` kopiert den Verweis der Variablen `a` in die Variable `b`:



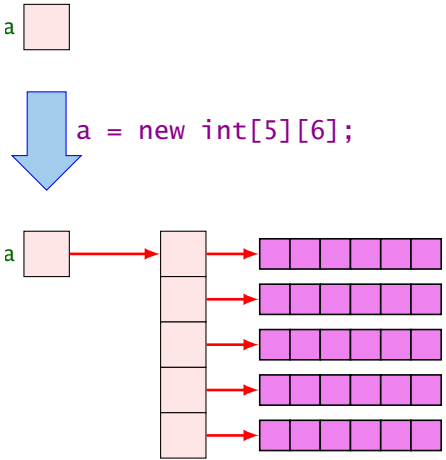
- **Alle nichtprimitive Datentypen sind Referenzentypen, d.h., die zugehörige Variable speichert einen Verweis!!!**

5.4 Arrays

- Die Elemente eines Feldes sind von 0 an durchnummeriert.
- Die Anzahl der Elemente des Feldes `name` ist `name.length`.
- Auf das i-te Element greift man mit `name[i]` zu.
- Bei jedem Zugriff wird überprüft, ob der Index erlaubt ist, d.h. im Intervall $\{0,\ldots,$`name.length-1`$\}$ liegt.
- Liegt der Index außerhalb des Intervalls, wird eine `ArrayIndexOutOfBoundException` ausgelöst (↑Exceptions).

Mehrdimensionale Felder

- Java unterstützt direkt nur eindimensionale Felder.
- ein zweidimensionales Feld ist ein Feld von Feldern...



5.4 Arrays

- Die Elemente eines Feldes sind von 0 an durchnummeriert.
- Die Anzahl der Elemente des Feldes `name` ist `name.length`.
- Auf das i-te Element greift man mit `name[i]` zu.
- Bei jedem Zugriff wird überprüft, ob der Index erlaubt ist, d.h. im Intervall $\{0,\ldots,$`name.length-1`$\}$ liegt.
- Liegt der Index außerhalb des Intervalls, wird eine `ArrayIndexOutOfBoundException` ausgelöst (↑Exceptions).

Der new-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
new	new	Typ, Konstruktor	links	1

Erzeugt ein Objekt/Array und liefert eine Referenz darauf zurück.

1. Version: Erzeugung eines Arrays (Typ ist Arraytyp)

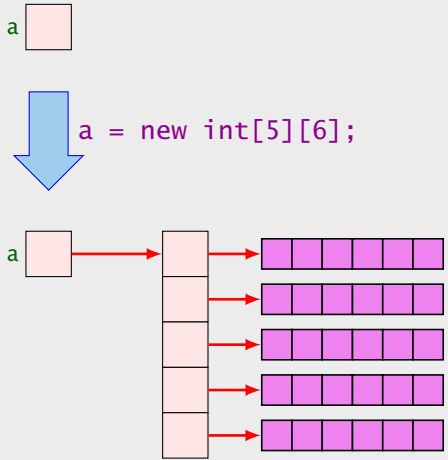
- `new int[3][7];` oder auch
- `new int[3][];` (ein Array, das 3 Verweise auf `int` enthält)
- `new String[10];`
- `new int[]{1,2,3,};` (ein Array mit den `int`s 1, 2, 3)

2. Version: Erzeugung eines Objekts durch Aufruf eines Konstruktors

- `String s = new String("Hello World!");`

Mehrdimensionale Felder

- Java unterstützt direkt nur eindimensionale Felder.
- ein zweidimensionales Feld ist ein Feld von Feldern...



Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Der new-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
new	new	Typ, Konstruktor	links	1

Erzeugt ein Objekt/Array und liefert eine Referenz darauf zurück.

1. Version: Erzeugung eines Arrays (Typ ist Arraytyp)
   - `new int[3][7];` oder auch
   - `new int[3][];` (ein Array, das 3 Verweise auf `int` enthält)
   - `new String[10];`
   - `new int[]{1,2,3,};` (ein Array mit den `int`s `1`, `2`, `3`)

2. Version: Erzeugung eines Objekts durch Aufruf eines Konstruktors
   - `String s = new String("Hello World!");`

Beispiel: x = a[3][2]

Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

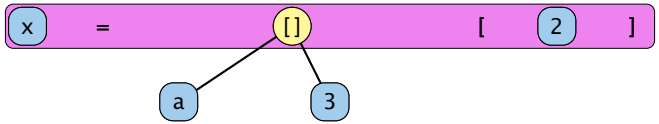
Beispiel: x = a[3][2]

Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

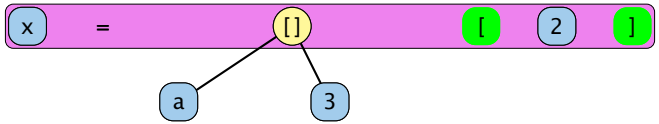


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

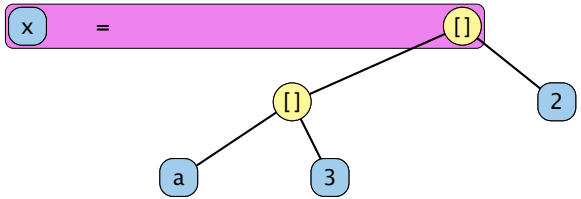


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

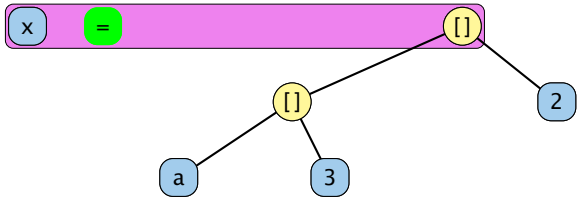


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

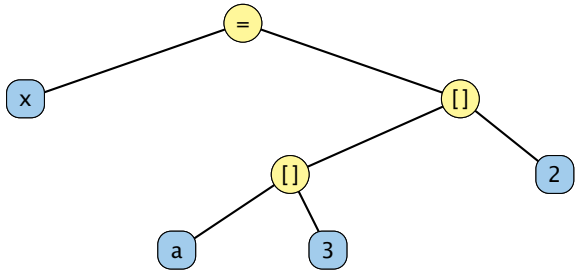


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

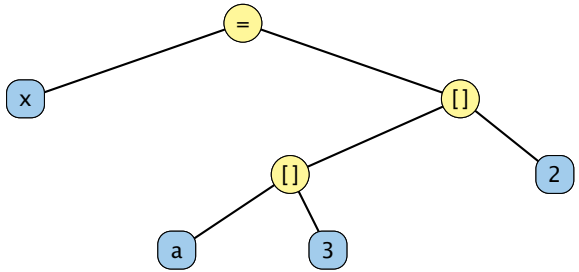


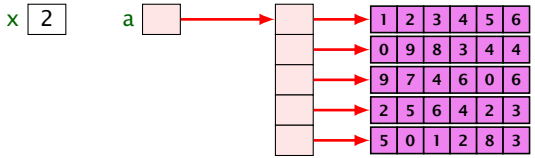
Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]



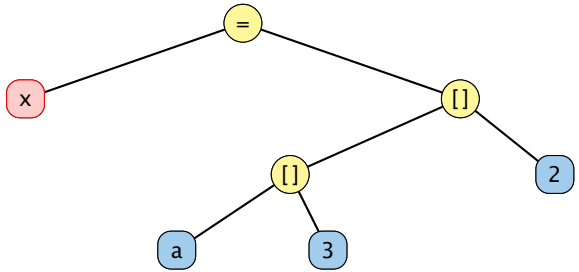


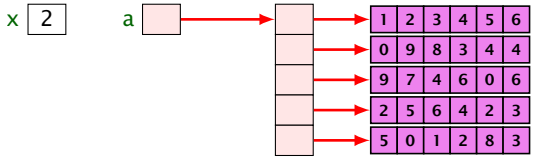
Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]



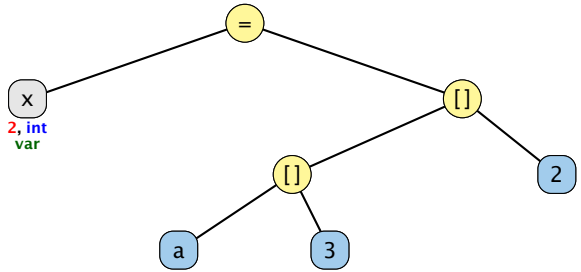


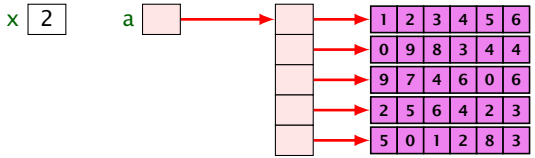
Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]



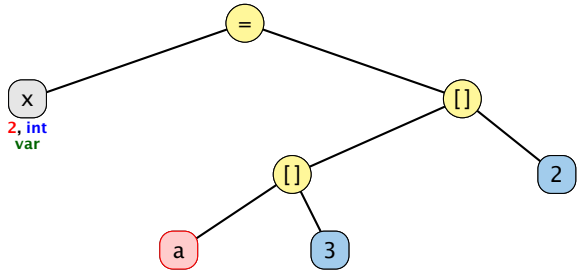


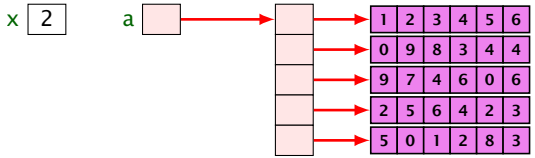
Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]



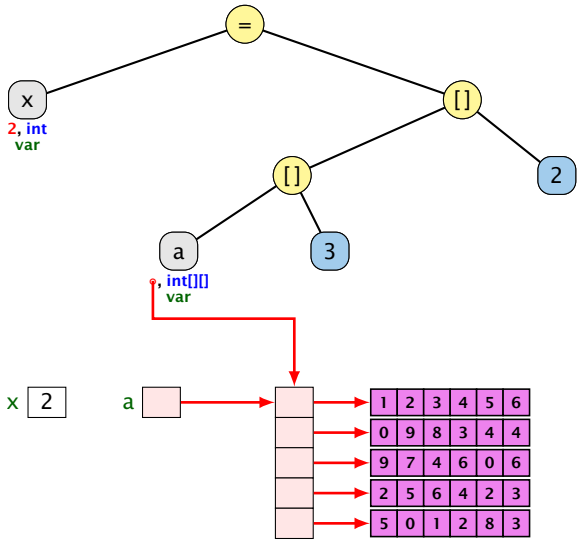


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

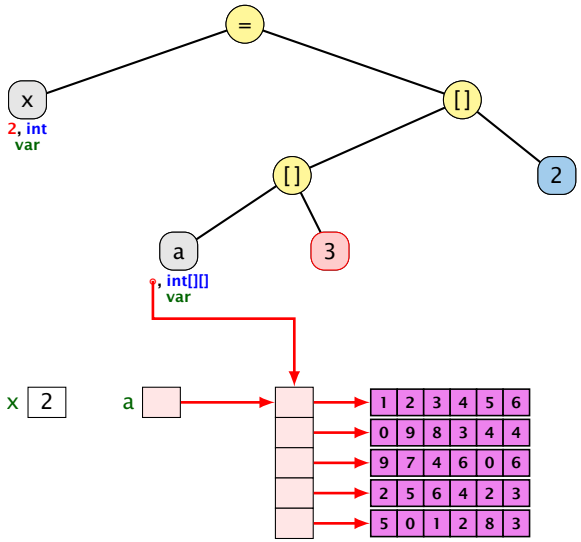


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

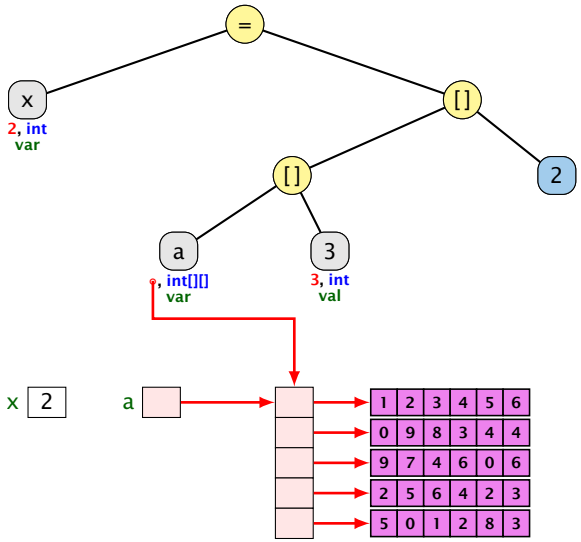


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

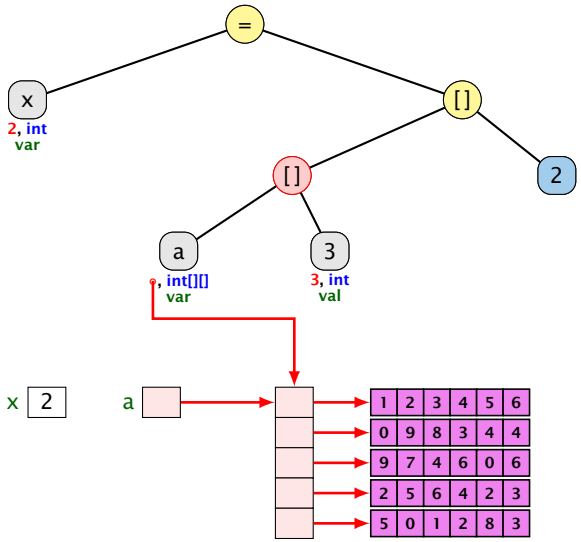


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

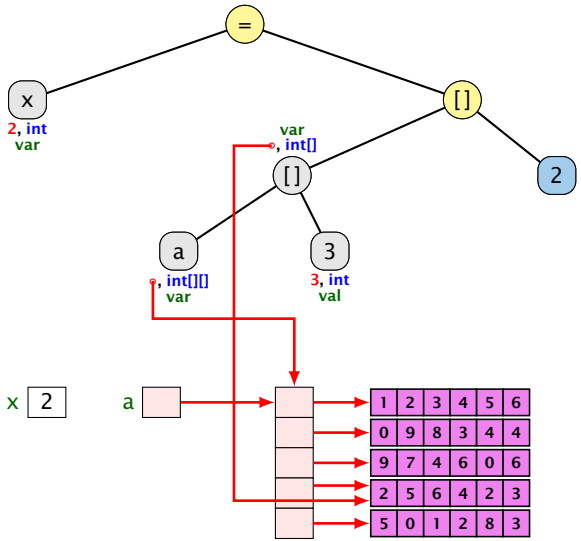


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

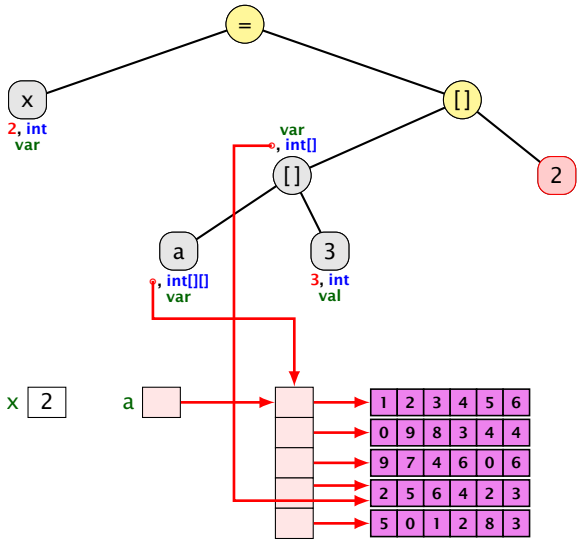


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

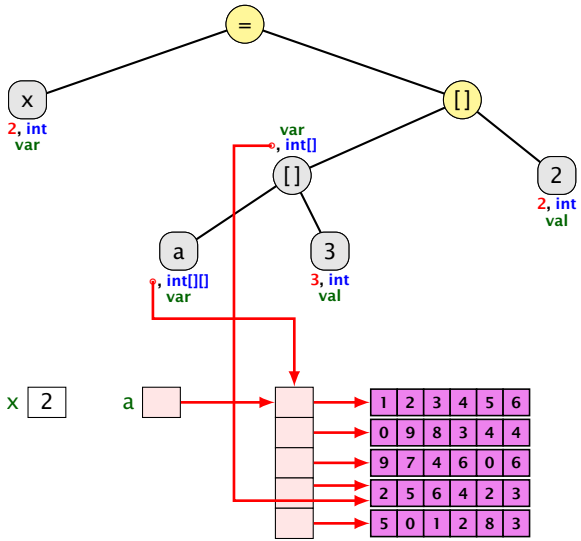


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

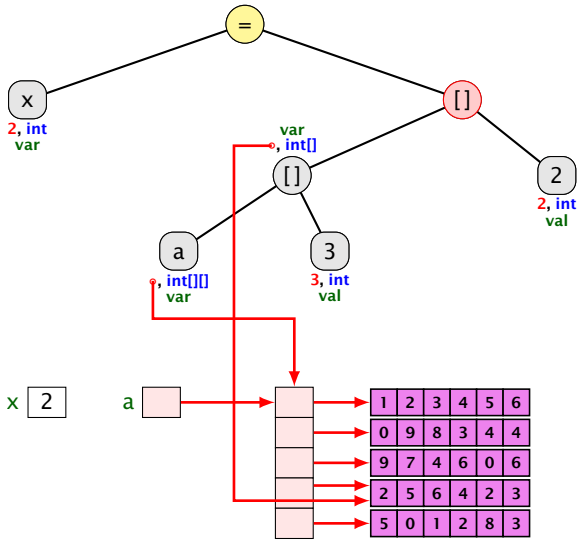


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

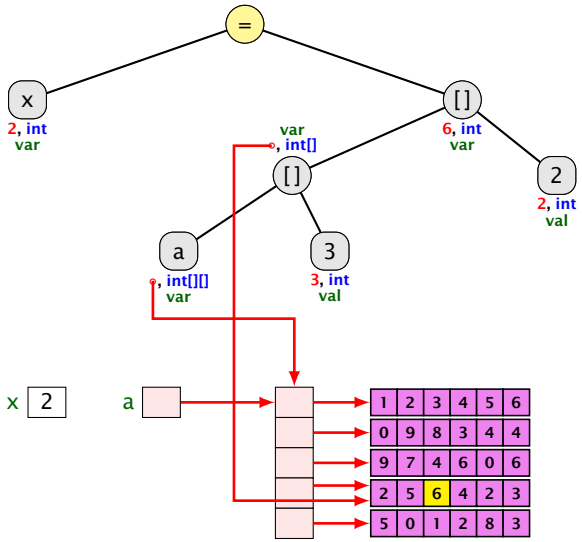


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

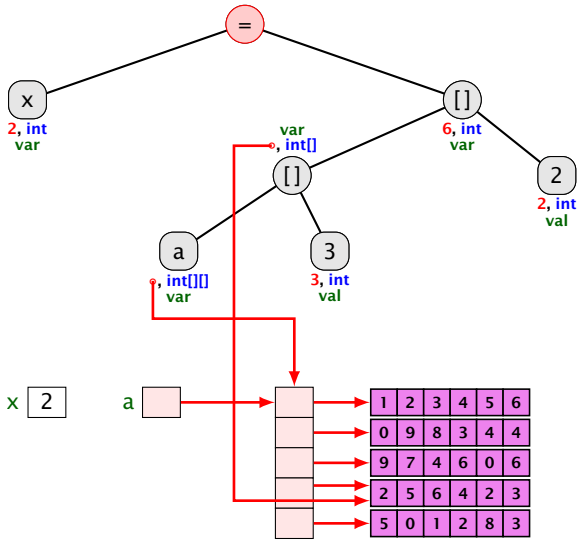


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]

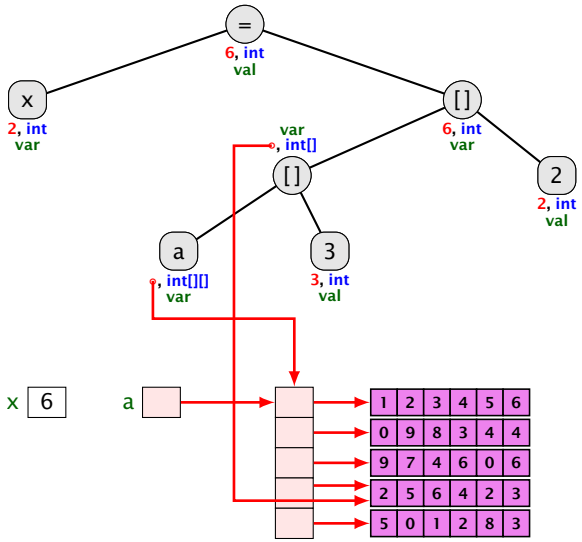


Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Beispiel: x = a[3][2]



Der Index-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
[]	index	array, int	links	1

Zugriff auf ein Arrayelement.

Der .-Operator

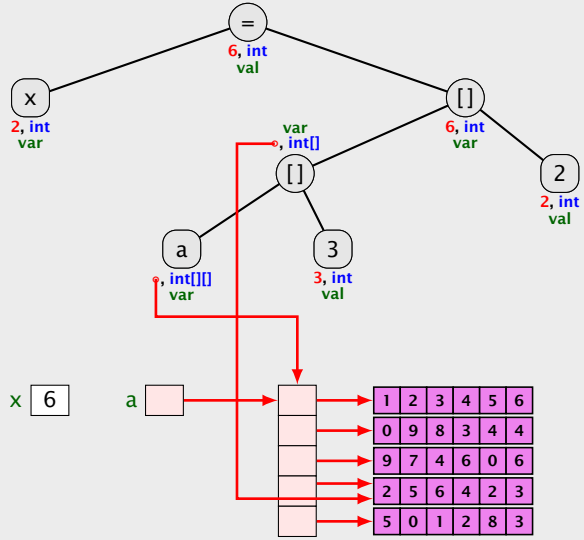
symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
.	member access	Array/Objekt/Class, Member	links	1

Zugriff auf Member.

Beispiel:

- `x = new int[2][4].length`
  `x` hat dann den Wert 2.

Beispiel: x = a[3][2]



Beispiel: new int[2][4].length

Das Parsing für den new-Operator passt nicht in das Schema:

Der .-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
.	member access	Array/Objekt/Class, Member	links	1

Zugriff auf Member.

Beispiel:

- `x = new int[2][4].length`
  `x` hat dann den Wert 2.

Beispiel: `new int[2][4].length`

Das Parsing für den new-Operator passt nicht in das Schema:

Der .-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
.	member access	Array/Objekt/Class, Member	links	1

Zugriff auf Member.

Beispiel:

- `x = new int[2][4].length`
  `x` hat dann den Wert 2.

Beispiel: new int[2][4].length

Das Parsing für den new-Operator passt nicht in das Schema:

Der .-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
.	member access	Array/Objekt/Class, Member	links	1

Zugriff auf Member.

Beispiel:

- `x = new int[2][4].length`
  `x` hat dann den Wert 2.

Beispiel: `new int[2][4].length`

Das Parsing für den new-Operator passt nicht in das Schema:

Der .-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
.	member access	Array/Objekt/Class, Member	links	1

Zugriff auf Member.

Beispiel:

- `x = new int[2][4].length`
  `x` hat dann den Wert 2.

Beispiel: new int[2][4].length

Das Parsing für den new-Operator passt nicht in das Schema:

Der .-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
.	member access	Array/Objekt/Class, Member	links	1

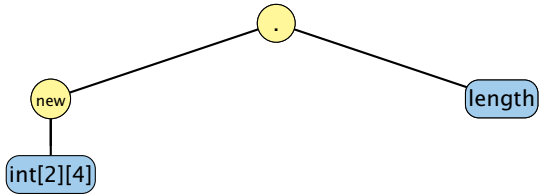
Zugriff auf Member.

Beispiel:

- `x = new int[2][4].length`
  `x` hat dann den Wert 2.

Beispiel: new int[2][4].length

Das Parsing für den new-Operator passt nicht in das Schema:



Der .-Operator

symbol	*name*	*types*	*L/R*	*level*
.	member access	Array/Objekt/Class, Member	links	1

Zugriff auf Member.

Beispiel:

- `x = new int[2][4].length`
  `x` hat dann den Wert 2.

Arrayinitialisierung

1. `int[] a = new int[3];`
   `a[0] = 1; a[1] = 2; a[2] = 3;`

2. `int[] a = new int[]{ 1, 2, 3};`

3. `int[] a = new int[3]{ 1, 2, 3};`

4. `int[] a = { 1, 2, 3};`

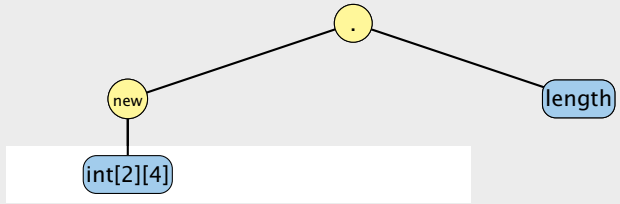
5. `char[][] b = { {'a','b'}, new char[3], {} };`

6. `char[][] b;`
   `b = new char[][]{ {'a','b'}, new char[3], {} };`

7. `char[][] b;`
   `b = { {'a','b'}, new char[3], {} };`

Beispiel: new int[2][4].length

Das Parsing für den new-Operator passt nicht in das Schema:



5.5 Mehr Kontrollstrukturen

Typische Form der Iteration über Felder:

- Initialisierung des Laufindex;
- `while`-Schleife mit Eintrittsbedingung für den Rumpf;
- Modifizierung des Laufindex am Ende des Rumpfs.

5.5 Mehr Kontrollstrukturen

Typische Form der Iteration über Felder:

- Initialisierung des Laufindex;
- `while`-Schleife mit Eintrittsbedingung für den Rumpf;
- Modifizierung des Laufindex am Ende des Rumpfs.

Beispiel

```
1 int result = a[0];
2 int i = 1;        // Initialisierung
3 while (i < a.length) {
4     if (a[i] < result)
5         result = a[i];
6     i = i+1;     // Modifizierung
7 }
8 write(result);
```

Bestimmung des Minimums

Beispiel

```
1 int result = a[0];
2 int i = 1;        // Initialisierung
3 while (i < a.length) {
4     if (a[i] < result)
5         result = a[i];
6     i = i+1;     // Modifizierung
7 }
8 write(result);
```

Bestimmung des Minimums

Das For-Statement

```
1 int result = a[0];
2 for (int i = 1; i < a.length; ++i)
3     if (a[i] < result)
4         result = a[i];
5 write(result);
```

Bestimmung des Minimums

Das For-Statement

```
for (init, cond, modify) stmt
```

entspricht:

```
{ init; while (cond) { stmt modify; } }
```

Erläuterungen:

- `++i;` ist äquivalent zu `i = i + 1;`
- die `while`-Schleife steht innerhalb eines Blocks (`{...}`)

  die Variable `i` ist außerhalb dieses Blocks nicht sichtbar/zugreifbar

Das For-Statement

```
1 int result = a[0];
2 for (int i = 1; i < a.length; ++i)
3     if (a[i] < result)
4         result = a[i];
5 write(result);
```

Bestimmung des Minimums

5.6 Funktionen und Prozeduren

Oft möchte man:

- Teilprobleme separat lösen; und dann
- die Lösung mehrfach verwenden.

Beispiel

```
public static int[] readArray(int number) {
    // number = Anzahl zu lesender Elemente
    int[] result = new int[number]; // Feld anlegen
    for (int i = 0; i < number; ++i) {
        result[i] = read();
    }
    return result;
}
```

Einlesen eines Feldes

5.6 Funktionen und Prozeduren

Oft möchte man:

- Teilprobleme separat lösen; und dann
- die Lösung mehrfach verwenden.

Beispiel

Type des Rückgabewertes

```
public static int[] readArray(int number) {
    // number = Anzahl zu lesender Elemente
    int[] result = new int[number]; // Feld anlegen
    for (int i = 0; i < number; ++i) {
        result[i] = read();
    }
    return result;
}
```

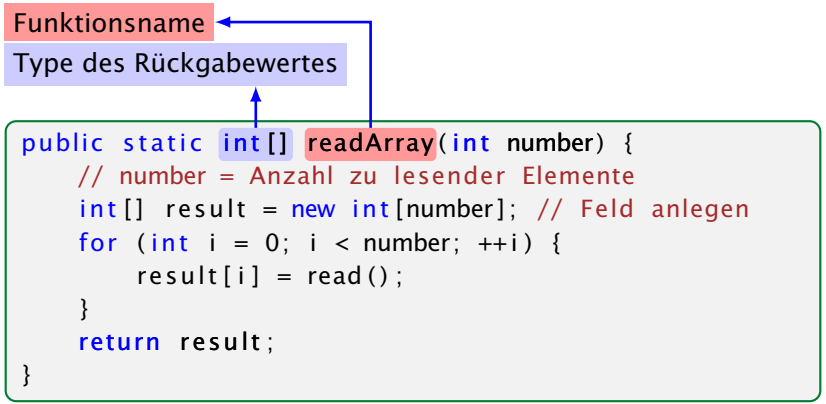
Einlesen eines Feldes

5.6 Funktionen und Prozeduren

Oft möchte man:

- Teilprobleme separat lösen; und dann
- die Lösung mehrfach verwenden.

Beispiel



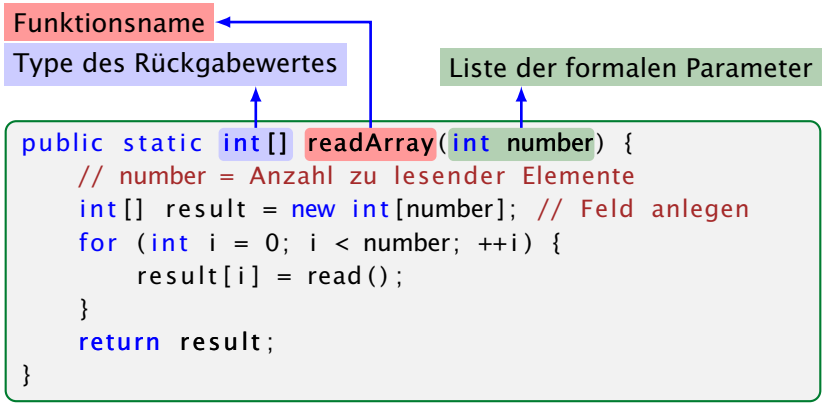
Einlesen eines Feldes

5.6 Funktionen und Prozeduren

Oft möchte man:

- Teilprobleme separat lösen; und dann
- die Lösung mehrfach verwenden.

Beispiel

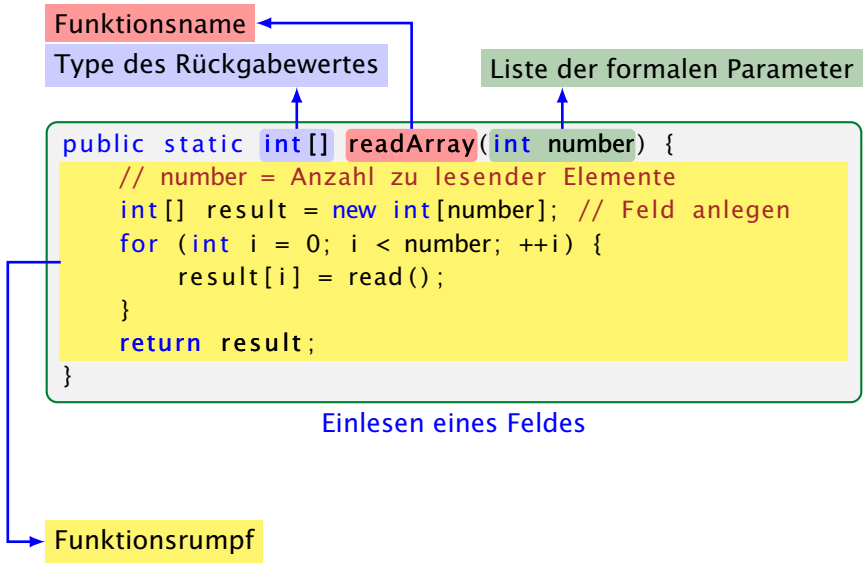


Einlesen eines Feldes

Oft möchte man:

- Teilprobleme separat lösen; und dann
- die Lösung mehrfach verwenden.

Beispiel

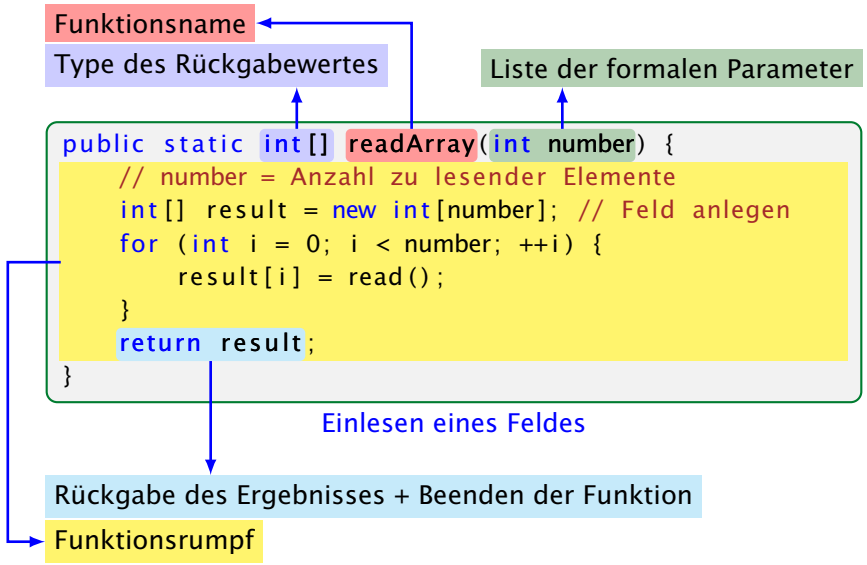


5.6 Funktionen und Prozeduren

Oft möchte man:

- Teilprobleme separat lösen; und dann
- die Lösung mehrfach verwenden.

Beispiel



5.6 Funktionen und Prozeduren

Oft möchte man:

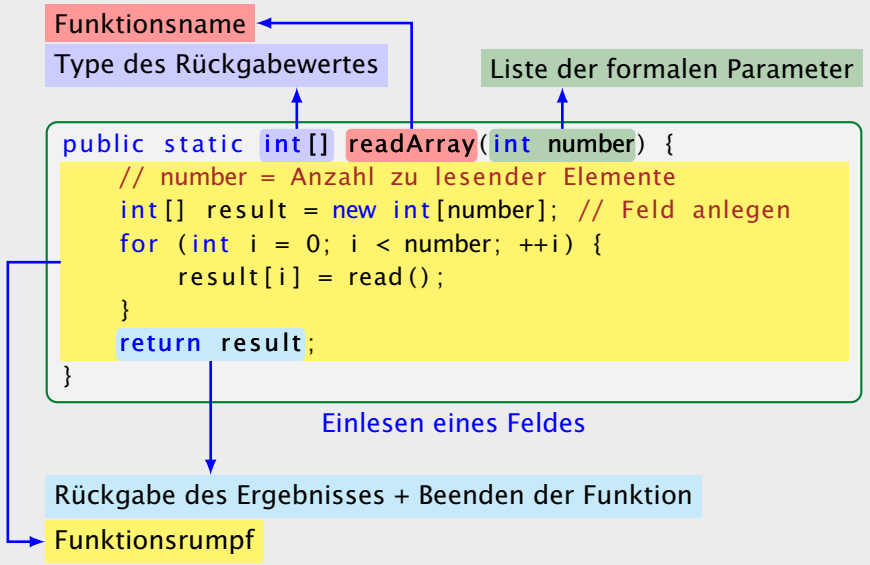
- Teilprobleme separat lösen; und dann
- die Lösung mehrfach verwenden.

5.6 Funktionen und Prozeduren

Erläuterungen:

- Die erste Zeile ist der Header der Funktion.
- `public`, und `static` komen später
- `int[]` gibt den Typ des Rückgabe-Werts an.
- `readArray` ist der Name, mit dem die Funktion aufgerufen wird.
- Dann folgt (in runden Klammern und komma-separiert) die Liste der formalen Parameter, hier: `(int number)`.
- Der Rumpf der Funktion steht in geschweiften Klammern.
- `return expr;` beendet die Ausführung der Funktion und liefert den Wert von `expr` zurück.

Beispiel



5.6 Funktionen und Prozeduren

Erläuterungen:

- Die Variablen, die innerhalb eines Blocks angelegt werden, d.h. innerhalb von `'{'` und `'}'`, sind nur innerhalb dieses Blocks sichtbar, d.h. benutzbar (lokale Variablen).
- Der Rumpf einer Funktion ist ein Block.
- Die formalen Parameter können auch als lokale Variablen aufgefasst werden.
- Bei dem Aufruf `readArray(7)` erhält der formale Parameter `number` den Wert 7 (aktueller Parameter).

5.6 Funktionen und Prozeduren

Erläuterungen:

- Die erste Zeile ist der Header der Funktion.
- `public`, und `static` komen später
- `int[]` gibt den Typ des Rückgabe-Werts an.
- `readArray` ist der Name, mit dem die Funktion aufgerufen wird.
- Dann folgt (in runden Klammern und komma-separiert) die Liste der formalen Parameter, hier: `(int number)`.
- Der Rumpf der Funktion steht in geschweiften Klammern.
- `return expr;` beendet die Ausführung der Funktion und liefert den Wert von `expr` zurück.

Beispiel

```
public static int min(int[] b) {
    int result = b[0];
    for (int i = 1; i < b.length; ++i) {
        if (b[i] < result)
            result = b[i];
    }
    return result;
}
```

Bestimmung des Minimums

5.6 Funktionen und Prozeduren

Erläuterungen:

- Die Variablen, die innerhalb eines Blocks angelegt werden, d.h. innerhalb von '{' und '}', sind nur innerhalb dieses Blocks sichtbar, d.h. benutzbar (lokale Variablen).
- Der Rumpf einer Funktion ist ein Block.
- Die formalen Parameter können auch als lokale Variablen aufgefasst werden.
- Bei dem Aufruf `readArray(7)` erhält der formale Parameter `number` den Wert 7 (aktueller Parameter).

Beispiel

```
public class Min extends MiniJava {
    public static int[] readArray(int number) { ... }
    public static int min(int[] b) { ... }
    // Jetzt kommt das Hauptprogramm
    public static void main(String[] args) {
        int n = read();
        int[] a = readArray(n);
        int result = min(a);
        write(result);
    } // end of main()
} // end of class Min
```

Programm zur Minimumsberechnung

Beispiel

```
public static int min(int[] b) {
    int result = b[0];
    for (int i = 1; i < b.length; ++i) {
        if (b[i] < result)
            result = b[i];
    }
    return result;
}
```

Bestimmung des Minimums

Beispiel

```
public class Min extends MiniJava {
    public static int[] readArray(int number) { ... }
    public static int min(int[] b) { ... }
    // Jetzt kommt das Hauptprogramm
    public static void main(String[] args) {
        int n = read();
        int[] a = readArray(n);
        int result = min(a);
        write(result);
    } // end of main()
} // end of class Min
```

Programm zur Minimumsberechnung

Beispiel

Erläuterungen:

- Manche Funktionen, deren Ergebnistyp `void` ist, geben gar keine Werte zurück – im Beispiel: `write()` und `main()`. Diese Funktionen heißen Prozeduren.
- Das Hauptprogramm hat immer als Parameter ein Feld `args` von `String`-Elementen.
- In diesem Argument-Feld werden dem Programm Kommandozeilen-Argumente verfügbar gemacht.

```
public class Test extends MiniJava {
    public static void main (String[] args) {
        write(args[0]+args[1]);
    }
} // end of class Test
```

Beispiel

Erläuterungen:

- Manche Funktionen, deren Ergebnistyp `void` ist, geben gar keine Werte zurück – im Beispiel: `write()` und `main()`. Diese Funktionen heißen Prozeduren.
- Das Hauptprogramm hat immer als Parameter ein Feld `args` von `String`-Elementen.
- In diesem Argument-Feld werden dem Programm Kommandozeilen-Argumente verfügbar gemacht.

```
public class Test extends MiniJava {
    public static void main (String[] args) {
        write(args[0]+args[1]);
    }
} // end of class Test
```


Beispiel

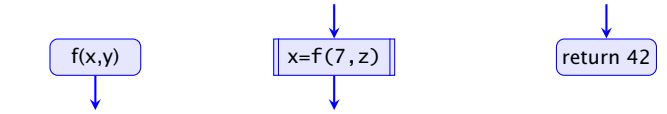
Der Aufruf

```
java Test "Hel" "lo World!"
```

liefert: `Hello World!`

5.6 Funktionen und Prozeduren

Um die Arbeitsweise von Funktionen zu veranschaulichen erweitern/modifizieren wir die Kontrollflussdiagramme



- Für jede Funktion wird ein eigenes Teildiagramm erstellt.
- Ein Aufrufknoten repäsentiert eine Teilberechnung der aufgerufenen Funktion.

Beispiel

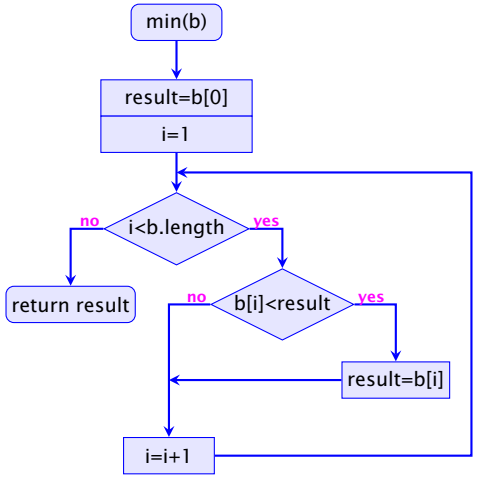
Der Aufruf

```
java Test "Hel" "lo World!"
```

liefert: `Hello World!`

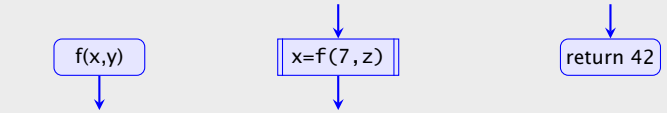
5.6 Funktionen und Prozeduren

Teildiagramm der Funktion `min()`:



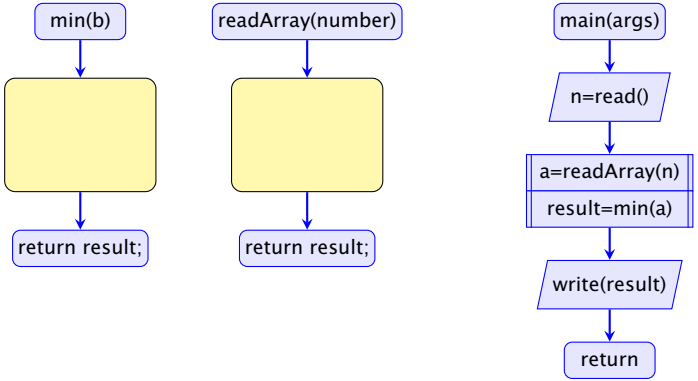
5.6 Funktionen und Prozeduren

Um die Arbeitsweise von Funktionen zu veranschaulichen erweitern/modifizieren wir die Kontrollflussdiagramme



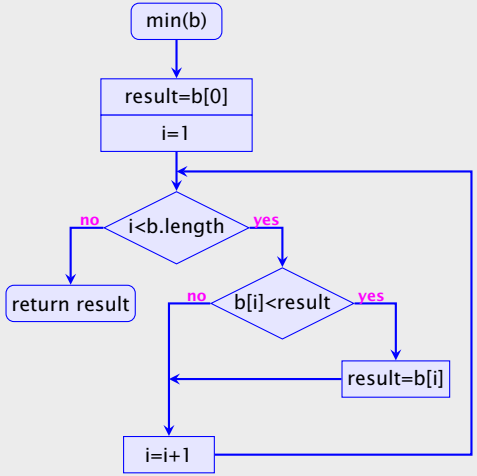
Startknoten der Funktion f | Funktionsaufruf | Endknoten

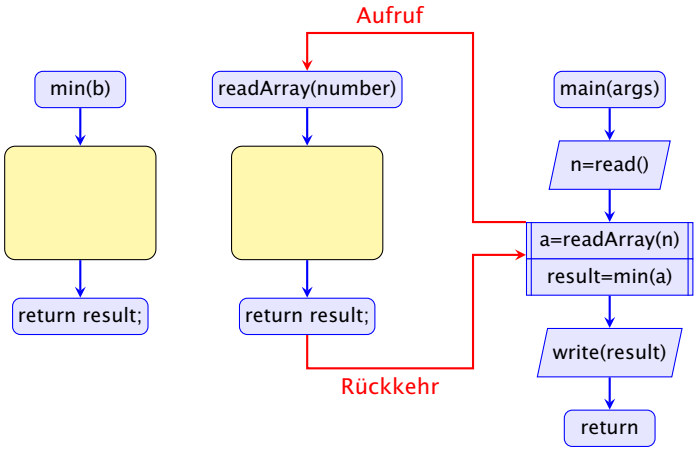
- Für jede Funktion wird ein eigenes Teildiagramm erstellt.
- Ein Aufrufknoten repäsentiert eine Teilberechnung der aufgerufenen Funktion.



5.6 Funktionen und Prozeduren

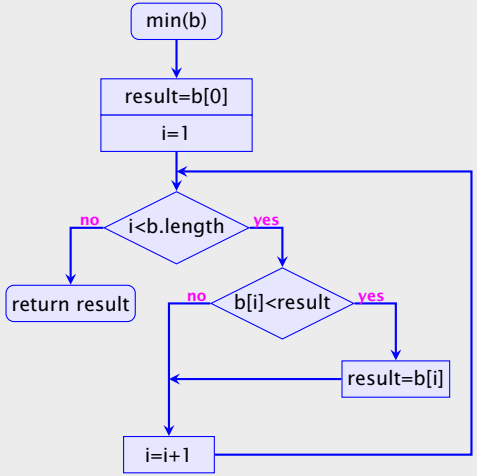
Teildiagramm der Funktion `min()`:



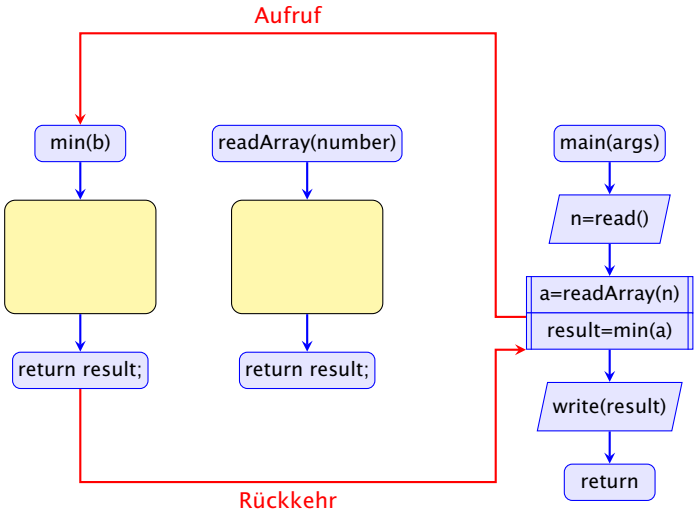


5.6 Funktionen und Prozeduren

Teildiagramm der Funktion `min()`:



5.6 Funktionen und Prozeduren



5.6 Funktionen und Prozeduren

Teildiagramm der Funktion `min()`: