9.9 Übersetzung ganzer Programme

Nehmen wir an, das Programm prog bestehe aus einer Deklaration von n Variablen, gefolgt von der Statement-Folge ss.

Idee:

- Zuerst allokieren wir Platz für die deklarierten Variablen.
- Dann kommt der Code für ss.
- Dann HALT.

Folglich:

Übersetzung von	prog	=	ALLOC n
			Übersetzung von ss
			HALT

Beispiel:

Für das Programm

```
int x, y;
x = read();
y = 1;
while (1 < x) {
    y = y * x;
    x = x - 1;
}
write(y);
```

ergibt das (x und y die 0. bzw. 1. Variable) :

```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1

A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    LOAD 1
    LOAD 0
    MUL
    STORE 1

    LOAD 0
    CONST 1
    SUB
    STORE 0
    JUMP A

B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

PC

```
        ALLOC 2
        READ
        STORE 0
        CONST 1
        STORE 1
A:      CONST 1
        LOAD 0
        LESS
        FJUMP B

        JUMP A
B:      LOAD 1
        WRITE
        HALT
```

```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

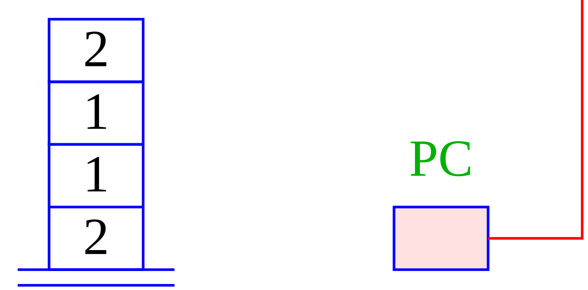
```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```



```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

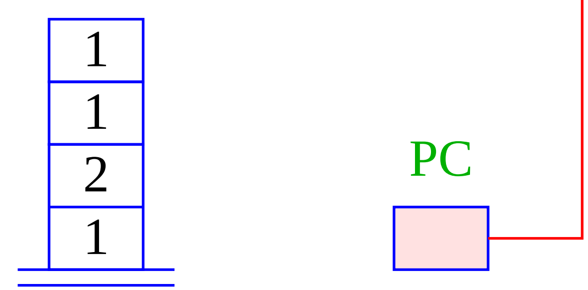
```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

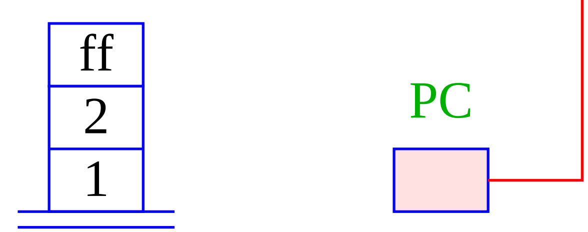
```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

```
     ALLOC 2
     READ
     STORE 0
     CONST 1
     STORE 1
A:   CONST 1
     LOAD 0
     LESS
     FJUMP B

     JUMP A
B:   LOAD 1
     WRITE
     HALT
```

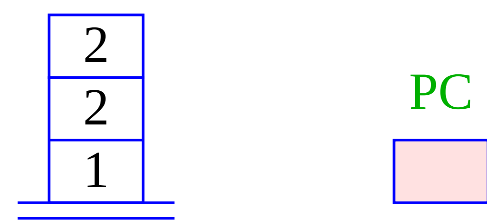


```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

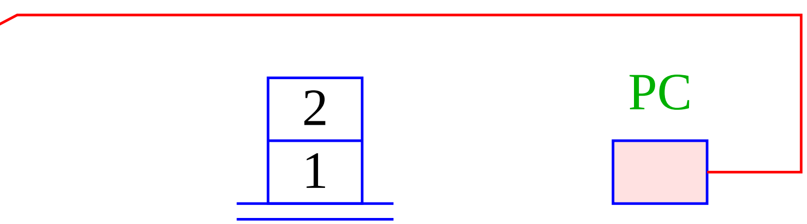


```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```

```
      ALLOC 2
      READ
      STORE 0
      CONST 1
      STORE 1
A:    CONST 1
      LOAD 0
      LESS
      FJUMP B

      JUMP A
B:    LOAD 1
      WRITE
      HALT
```



```
    ALLOC 2
    READ
    STORE 0
    CONST 1
    STORE 1
A:  CONST 1
    LOAD 0
    LESS
    FJUMP B

    JUMP A
B:  LOAD 1
    WRITE
    HALT
```



Bemerkungen:

- Die Übersetzungsfunktion, die für ein MiniJava-Programm JVM-Code erzeugt, arbeitet rekursiv auf der Struktur des Programms.
- Im Prinzip lässt sie sich zu einer Übersetzungsfunktion von ganz Java erweitern.
- Zu lösende Übersetzungs-Probleme:
  - mehr Datentypen;
  - Prozeduren;
  - Klassen und Objekte.

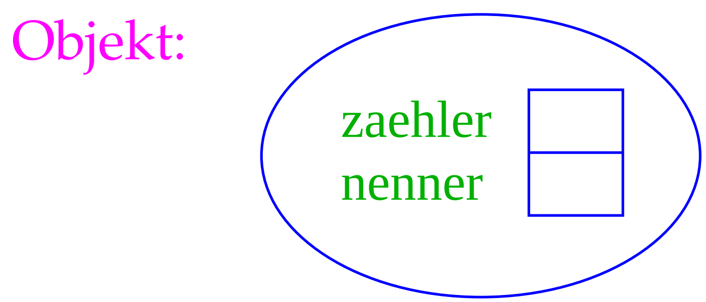
↑Compilerbau

10 Klassen und Objekte

Datentyp	=	Spezifikation von Datenstrukturen
Klasse	=	Datentyp + Operationen
Objekt	=	konkrete Datenstruktur

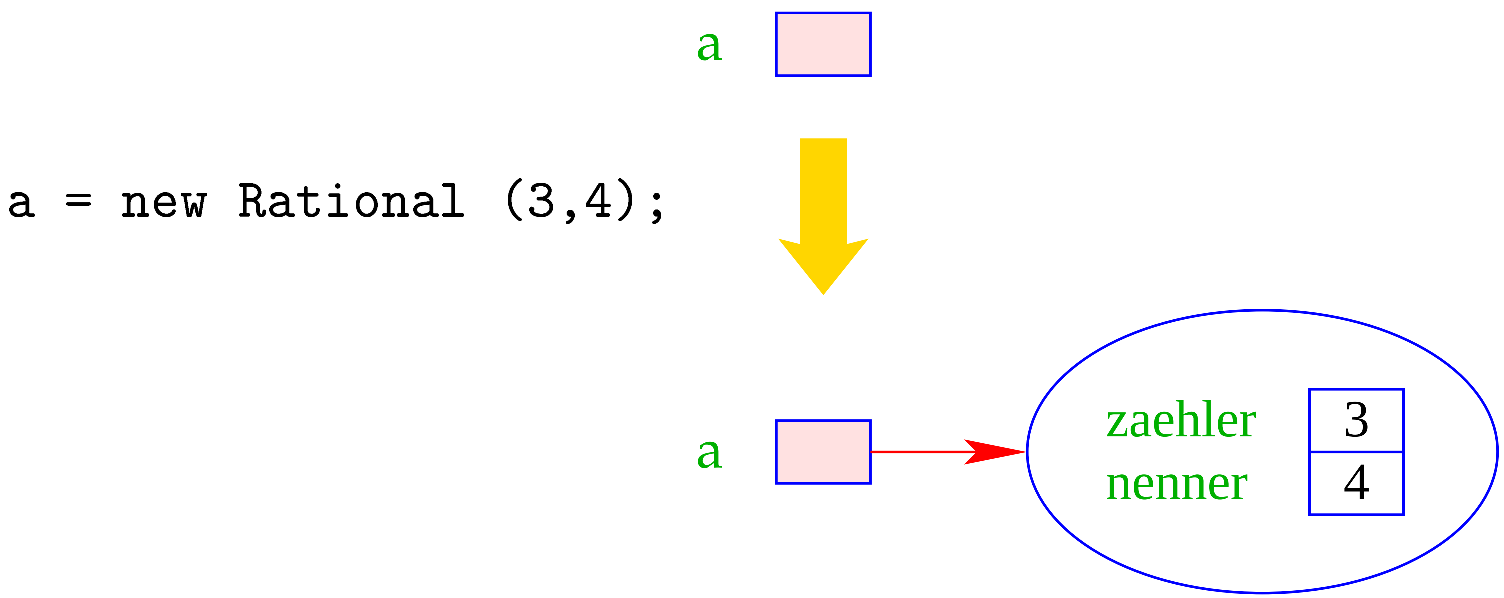
Beispiel: Rationale Zahlen

- Eine rationale Zahl $q \in \mathbb{Q}$ hat die Form $q = \frac{x}{y}$, wobei $x, y \in \mathbb{Z}$.
- x und y heißen Zähler und Nenner von q.
- Ein Objekt vom Typ `Rational` sollte deshalb als Komponenten `int`-Variablen `zaehler` und `nenner` enthalten:



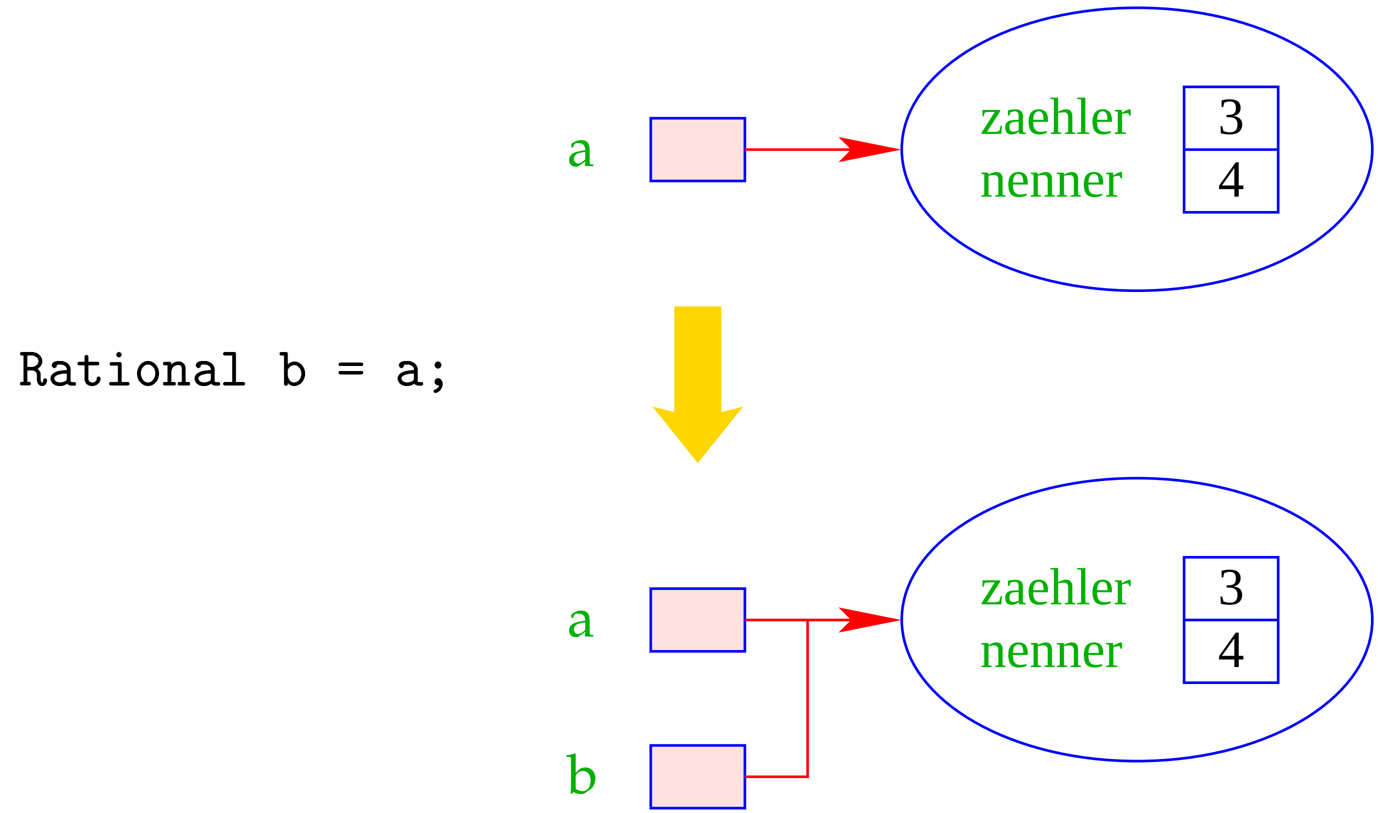
- Die Daten-Komponenten eines Objekts heißen Instanz-Variablen oder Attribute.

- `Rational` name `;` deklariert eine Variable für Objekte der Klasse `Rational`.
- Das Kommando `new Rational(...)` legt das Objekt an, ruft einen Konstruktor für dieses Objekt auf und liefert das neue Objekt zurück:

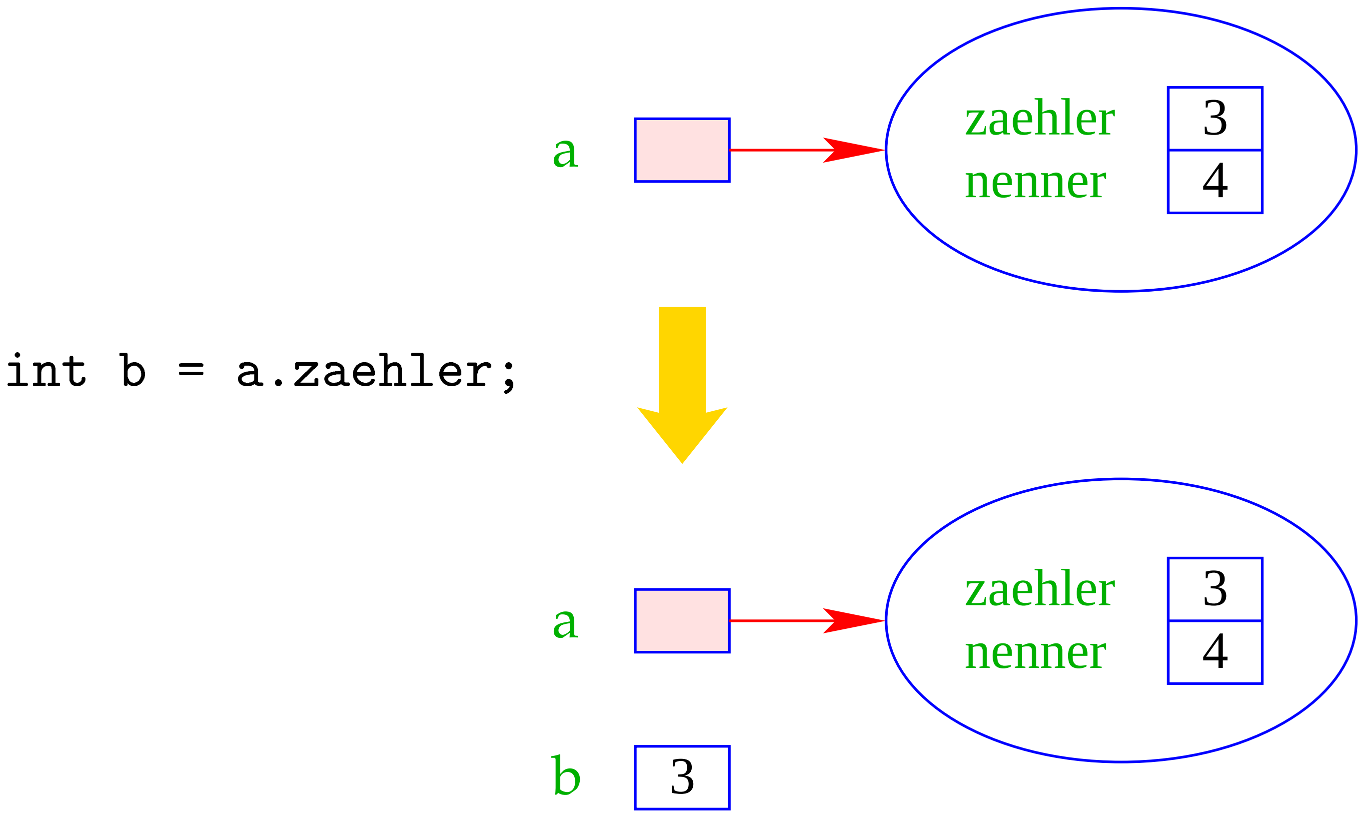


- Der Konstruktor ist eine Prozedur, die die Attribute des neuen Objekts initialisieren kann.

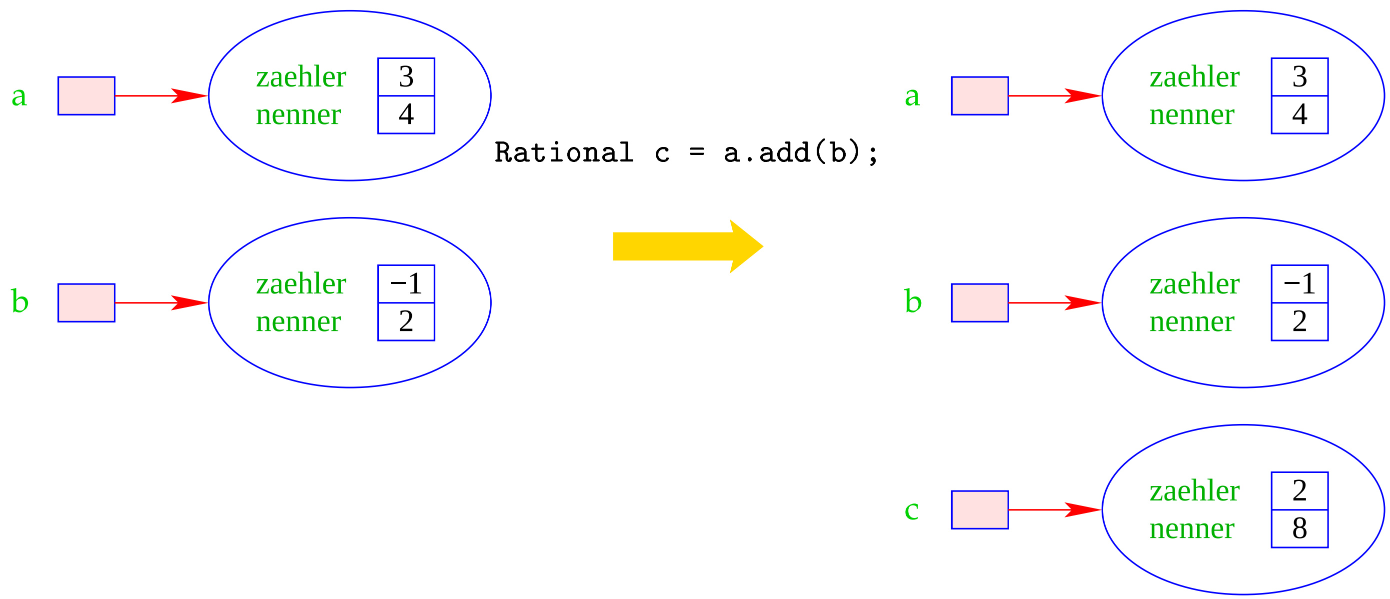
- Der Wert einer `Rational`-Variable ist ein Verweis auf einen Speicherbereich.
- `Rational b = a;` kopiert den Verweis aus `a` in die Variable `b`:

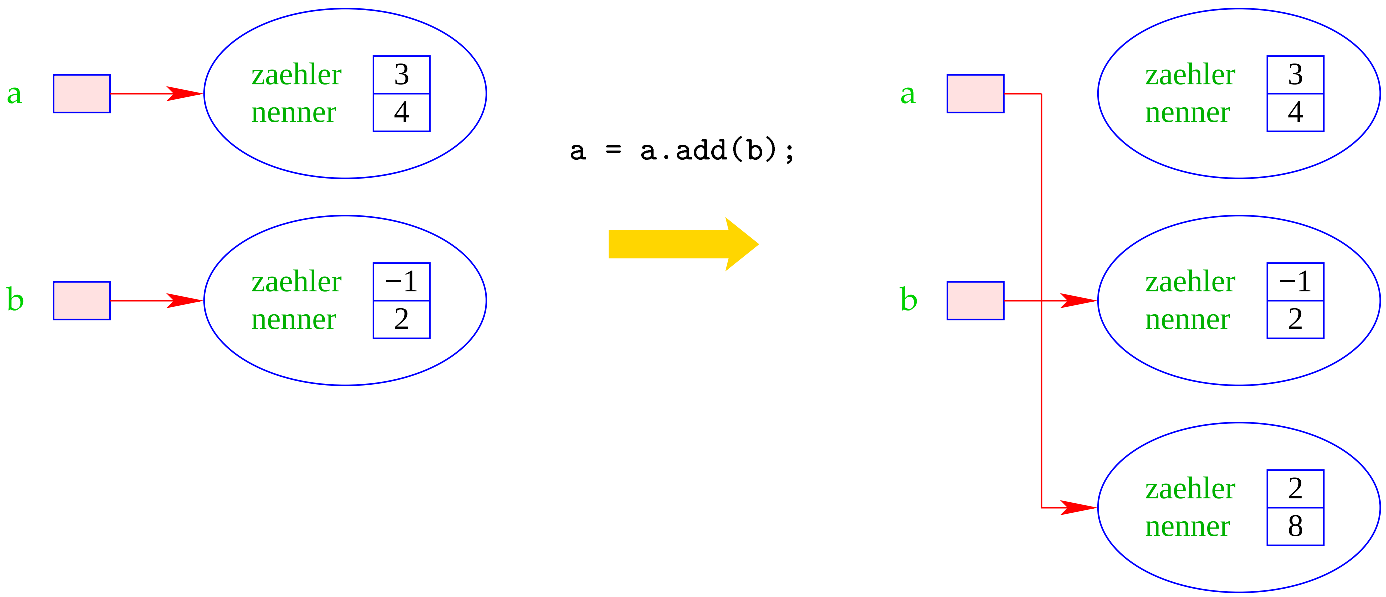


- `a.zaehler` liefert den Wert des Attributs `zaehler` des Objekts `a`:



- `a.add(b)` ruft die Operation `add` für `a` mit dem zusätzlichen aktuellen Parameter `b` auf:





- Die Operationen auf Objekten einer Klasse heißen auch Methoden, genauer: Objekt-Methoden.

Zusammenfassung:

Eine Klassen-Deklaration besteht folglich aus Deklarationen von:

- Attributen für die verschiedenen Wert-Komponenten der Objekte;
- Konstruktoren zur Initialisierung der Objekte;
- Methoden, d.h. Operationen auf Objekten.

Diese Elemente heißen auch Members der Klasse.

```
public class Rational {
   // Attribute:
   private int zaehler, nenner;
   // Konstruktoren:
   public Rational (int x, int y) {
      zaehler = x;
      nenner = y;
      }
   public Rational (int x) {
      zaehler = x;
      nenner = 1;
      }
       ...
```

```
// Objekt-Methoden:
public Rational add (Rational r) {
   int x = zaehler * r.nenner +r.zaehler * nenner;
   int y = nenner * r.nenner;
   return new Rational (x,y);
   }
public boolean equals (Rational r) {
   return (zaehler * r.nenner == r.zaehler * nenner);
   }
public String toString() {
   if (nenner == 1) return "" + zaehler;
   if (nenner > 0) return zaehler +"/"+ nenner;
   return (-zaehler) +"/"+ (-nenner);
   }
}  // end of class Rational
```

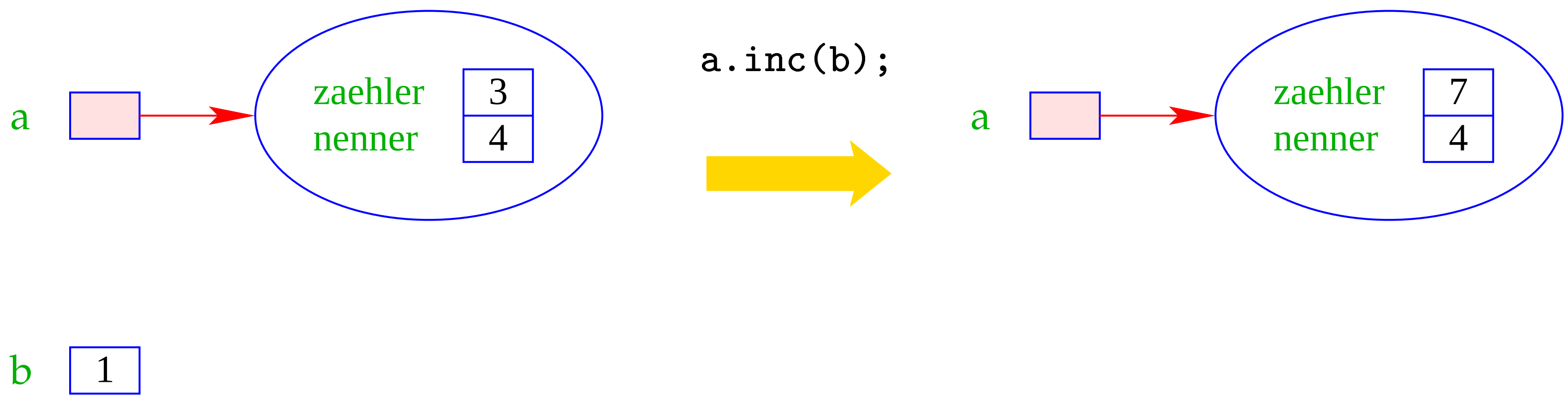
Bemerkungen:

- Jede Klasse sollte in einer separaten Datei des entsprechenden Namens stehen.
- Die Schlüsselworte `private` bzw. `public` klassifizieren, für wen die entsprechenden Members sichtbar, d.h. zugänglich sind.
- `private` heißt: nur für Members der gleichen Klasse sichtbar.
- `public` heißt: innerhalb des gesamten Programms sichtbar.
- Nicht klassifizierte Members sind nur innerhalb des aktuellen ↑Package sichtbar.

- Konstruktoren haben den gleichen Namen wie die Klasse.
- Es kann mehrere geben, sofern sie sich im Typ ihrer Argumente unterscheiden.
- Konstruktoren haben keine Rückgabewerte und darum auch keinen Rückgabetyp.
- Methoden haben dagegen stets einen Rückgabe-Typ, evt. `void`.

```
public void inc (int b) {
    zaehler = zaehler + b * nenner;
    }
```

- Die Objekt-Methode `inc()` modifiziert das Objekt, für das sie aufgerufen wurde.



- Die Objekt-Methode `equals()` ist nötig, da der Operator “==” bei Objekten die Identität der Objekte testet, d.h. die Gleichheit der Referenz !!!
- Die Objekt-Methode `toString()` liefert eine `String`-Darstellung des Objekts.
- Sie wird implizit aufgerufen, wenn das Objekt als Argument für die Konkantenation “+” auftaucht.
- Innerhalb einer Objekt-Methode/eines Konstruktors kann auf die Attribute des Objekts direkt zugegriffen werden.
- `private`-Klassifizierung bezieht sich auf die Klasse nicht das Objekt: die Attribute aller `Rational`-Objekte sind für `add` sichtbar !!

Eine graphische Visualisierung der Klasse Rational, die nur die wesentliche Funktionalität berücksichtigt, könnte so aussehen:

Rational
− zaehler : int − nenner : int
+ add (y : Rational) : Rational + equals (y : Rational) : boolean + toString () : String

Diskussion und Ausblick:

- Solche Diagramme werden von der UML, d.h. der Unified Modelling Language bereitgestellt, um Software-Systeme zu entwerfen (↑Software Engineering)
- Für eine einzelne Klasse lohnen sich ein solches Diagramm nicht wirklich :-)
- Besteht ein System aber aus sehr vielen Klassen, kann man damit die Beziehungen zwischen verschiedenen Klassen verdeutlichen :-))

Diskussion und Ausblick:

- Solche Diagramme werden von der UML, d.h. der Unified Modelling Language bereitgestellt, um Software-Systeme zu entwerfen (↑Software Engineering)
- Für eine einzelne Klasse lohnen sich ein solches Diagramm nicht wirklich :-)
- Besteht ein System aber aus sehr vielen Klassen, kann man damit die Beziehungen zwischen verschiedenen Klassen verdeutlichen :-))

Achtung:

UML wurde nicht speziell für Java entwickelt. Darum werden Typen abweichend notiert. Auch lassen sich manche Ideen nicht oder nur schlecht modellieren :-(

10.1 Selbst-Referenzen

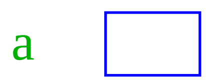
```
public class Cyclic {
   private int info;
   private Cyclic ref;
   // Konstruktor
   public Cyclic() {
      info = 17;
      ref = this;
      }
      ...
   } // end of class Cyclic
```

10.1 Selbst-Referenzen

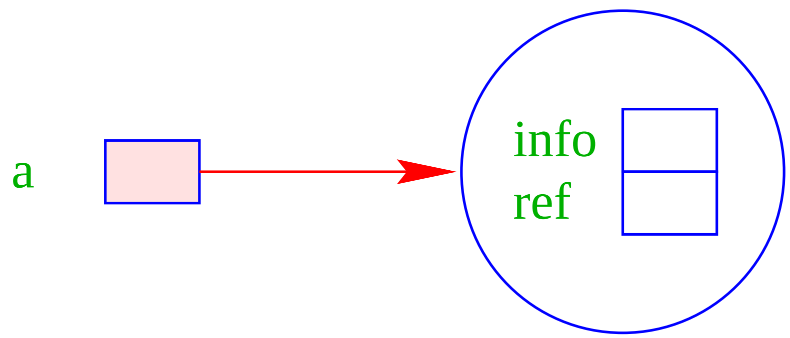
```
public class Cyclic {
   private int info;
   private Cyclic ref;
   // Konstruktor
   public Cyclic() {
      info = 17;
      ref = this;
      }
      ...
   } // end of class Cyclic
```

Innerhalb eines Members kann man mithilfe von `this` auf das aktuelle Objekt selbst zugreifen :-)

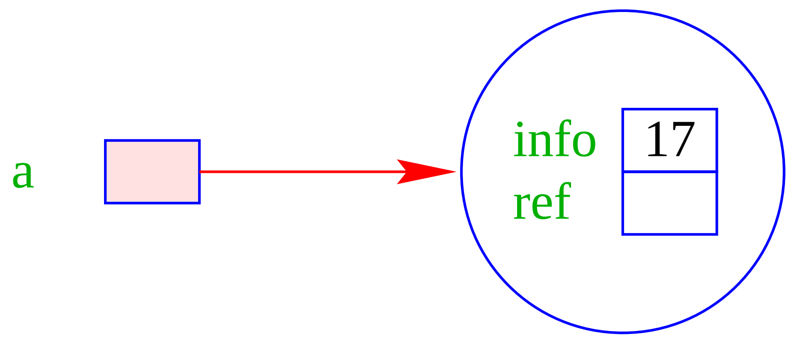
Für `Cyclic a = new Cyclic();` ergibt das:



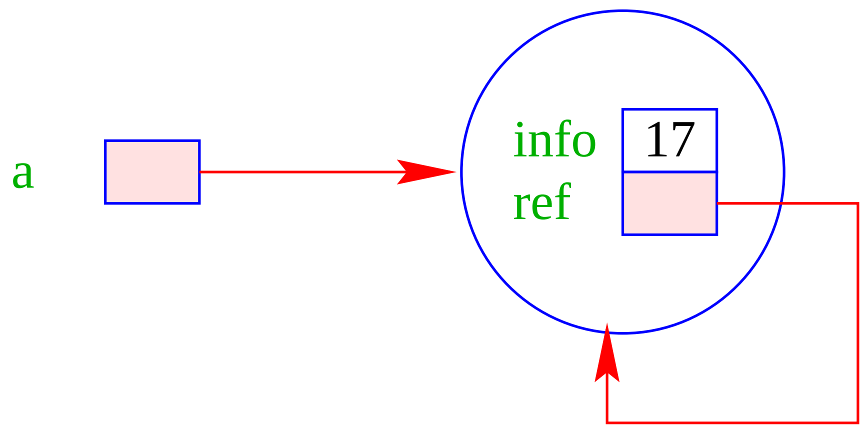
Für `Cyclic a = new Cyclic();` ergibt das:



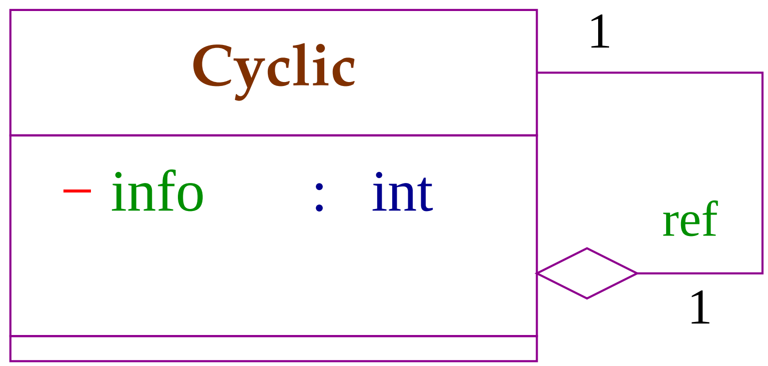
Für `Cyclic a = new Cyclic();` ergibt das:



Für `Cyclic a = new Cyclic();` ergibt das:



Modellierung einer Selbst-Referenz:



Die Rauten-Verbindung heißt auch Aggregation.

Das Klassen-Diagramm vermerkt, dass jedes Objekt der Klasse `Cyclic` einen Verweis mit dem Namen ref auf ein weiteres Objekt der Klasse `Cyclic` enthält :-)