ETH zürich
Chair of Software Engineering

Einführung in die Programmierung

Prof. Dr. Bertrand Meyer

Lektion 7: Referenzen und Zuweisungen

ETH zürich
Chair of Software Engineering

Einführung in die Programmierung

Prof. Dr. Bertrand Meyer

Lektion 7: Referenzen und Zuweisungen

Das Programm für diese Lektion

Wie werden Objekte “gemacht” ?
(Mehr Details)

Wie modifizieren wir ihre Inhalte?

- Zuweisungen
- Speicherverwaltung, GC
- Mehr über Referenzen, Entitäten, Typen, Variablen...

Referenzen sind schwierig…

require

-- “Meine Schwester ist ledig”

-- “Meine Schwester ist in Dietlikon”

do

-- “Der Cousin meines Nachbarn heiratete
-- gestern eine Ärztin in Sydney”

(*a doctor*)

ensure

-- “Meine Schwester ist ledig”

-- “Meine Schwester ist in Dietlikon”

end

Erinnerung: Klassen und Objekte

- Zur Laufzeit: Objekte (Softwaremaschinen)
- Im Programmtext: Klassen

Jede Klasse beschreibt eine Menge von möglichen Laufzeitobjekten.

Objektstruktur

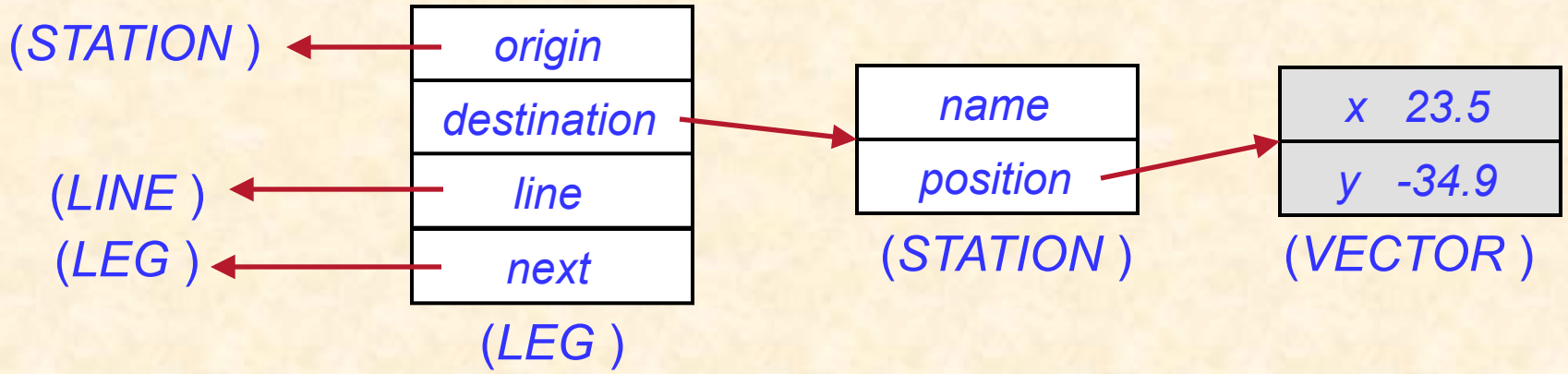
Ein Objekt besteht aus Feldern.

Jedes Feld ist ein Wert, entweder:

- Ein Basiswert: Ganze Zahl (*integer*), Zeichen (*character*), “reelle” Zahl, …

(genannt „expandierte Werte“)

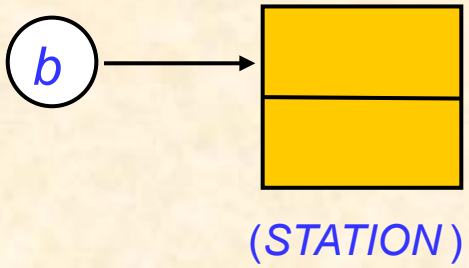
- Eine Referenz auf ein anderes Objekt



Zwei Arten von Typen

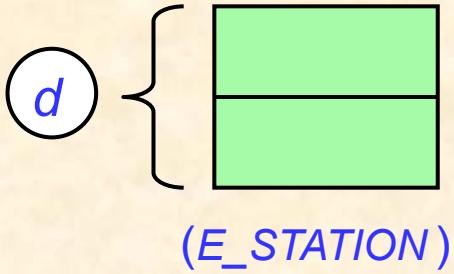
Referenztypen: Der Wert jeder Entität ist eine Referenz

b : *STATION*



Expandierte Typen: Der Wert jeder Entität ist ein Objekt

d : *E_STATION*



Expandierte und Referenztypen

Was ist der Unterschied zwischen:

- „Jeder Wagen hat einen Motor“

- „Jeder Wagen hat einen Hersteller“

?

Expandierte Klassen

Eine Klasse kann als expandiert deklariert werden:

expanded class *E_STATION*

... Der Rest wie in *STATION* ...

Dann hat jede Entität deklariert als

d : *E_STATION*

die eben beschriebene expandierte Semantik.

Basistypen als expandierte Klassen

expanded class *INTEGER* ...

(intern: *INTEGER_32*, *INTEGER_64* etc.)

expanded class *BOOLEAN* ...

expanded class *CHARACTER* ...

expanded class *REAL* ...

(intern: *REAL_32*, *REAL_64* etc.)

n : *INTEGER*

Initialisierung

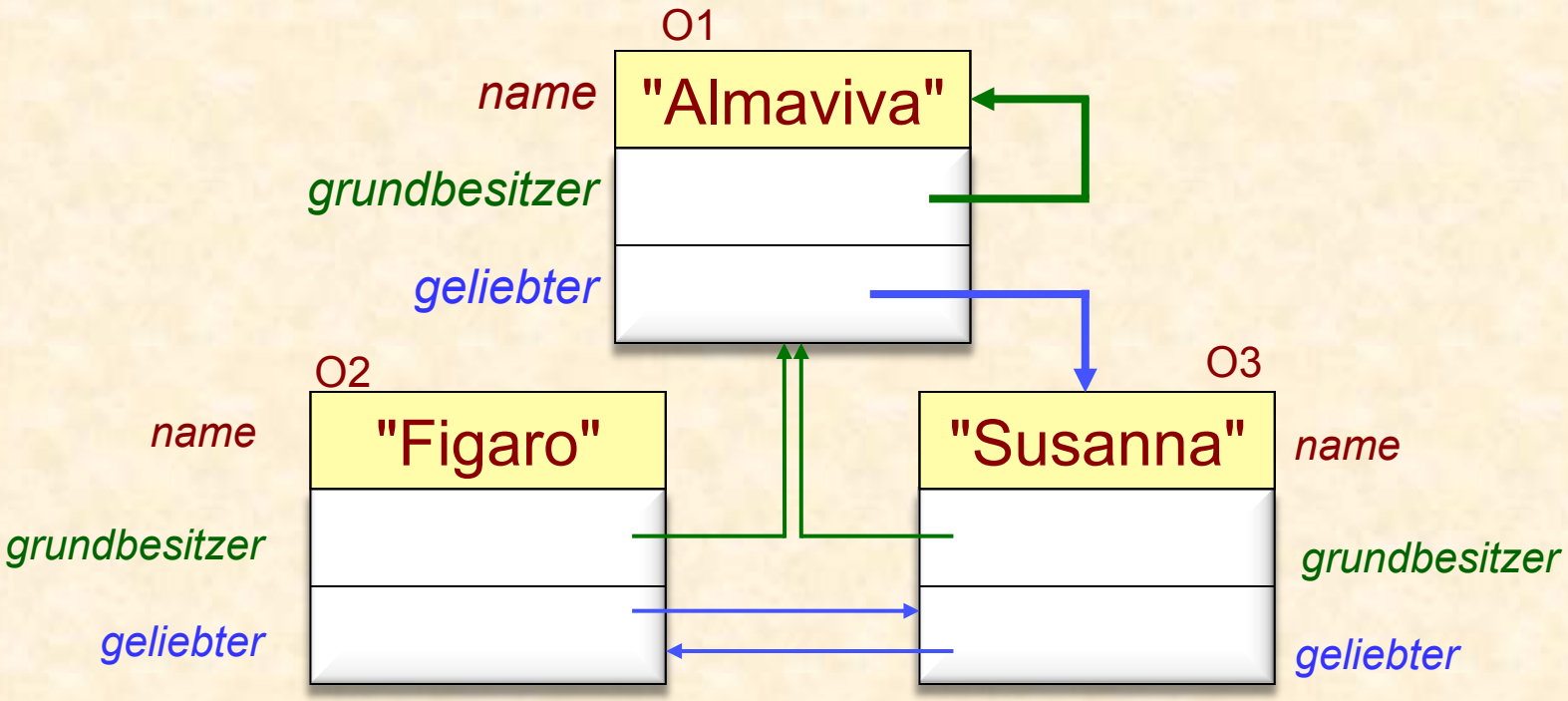
Automatische Initialisierungsregeln:

- 0 für Zahlen (ganze Zahlen, reelle Zahlen)
- “Null”-Zeichen für Zeichen
- **False** für Boole‘sche Werte
- **Void** für Referenzen

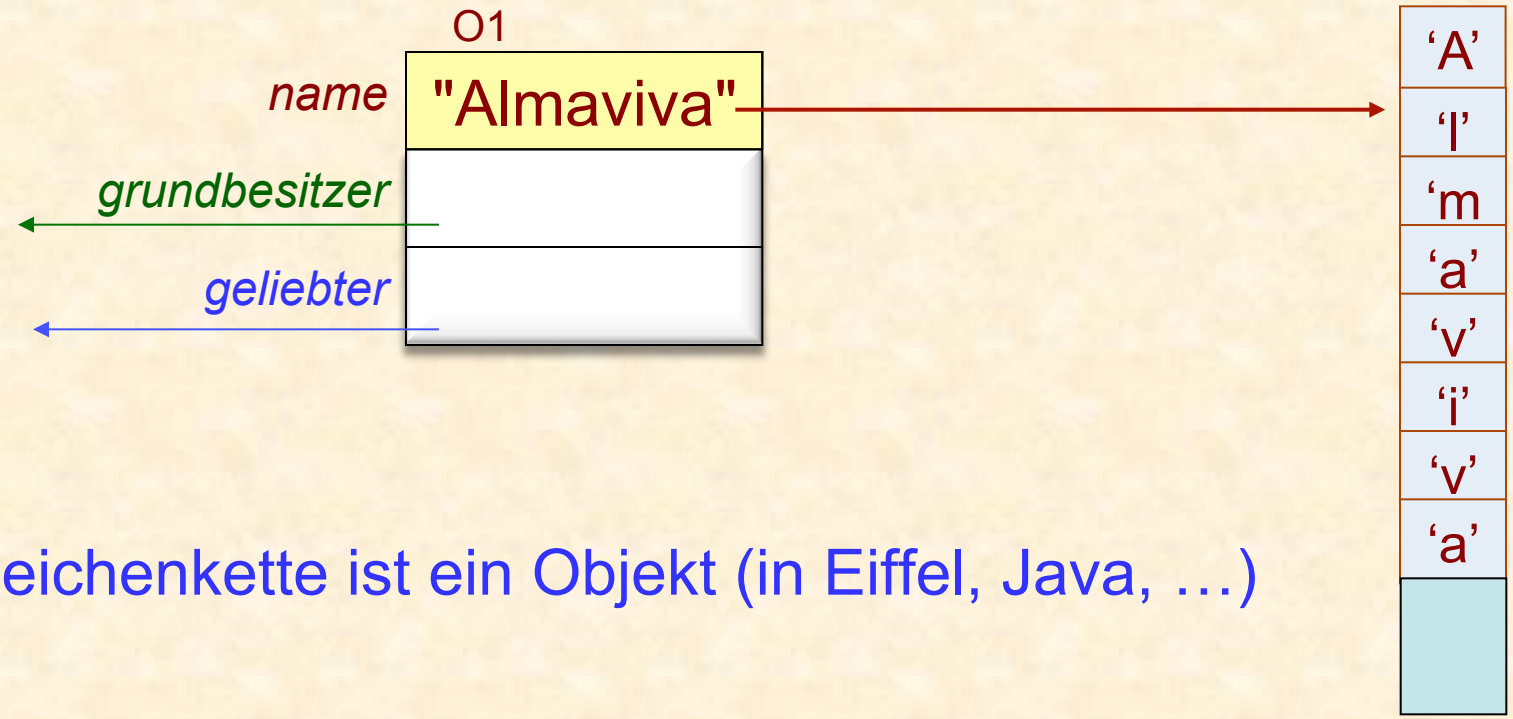
Diese Regeln gelten für:

- Felder (von Klassenattributen), bei der Objekterzeugung
- Lokale Variablen, beim Start der Routinenausführung (gilt auch für **Result**)

Referenzen können Zyklen bilden



Und was ist mit Zeichenketten (strings)?



Eine Zeichenkette ist ein Objekt (in Eiffel, Java, …)

Das Feld *name* ist ein Referenzfeld

Felder widerspiegeln Attribute der Klasse

```
class
        VECTOR
feature -- Zugriff
        x: REAL
                -- Östliche Koordinate.
        y: REAL
                -- Nördliche Koordinate.
```

Ein Attribut

Noch ein Attribut

Attribute sind Features der Klasse.

```
end
```

Feldern einen Wert zuweisen (*assign*)

```
class
        VECTOR
feature -- Zugriff
        x: REAL
                -- Östliche Koordinate.
        y: REAL
                -- Nördliche Koordinate.

feature --  Element-Veränderungen
        set (new_x, new_y : REAL)
                        -- Setze Koordinaten auf [new_x, new_y].
                do

                                . . .

                ensure
                        x_gesetzt : x = new_x
                        y_gesetzt : y = new_y
                end
end
```

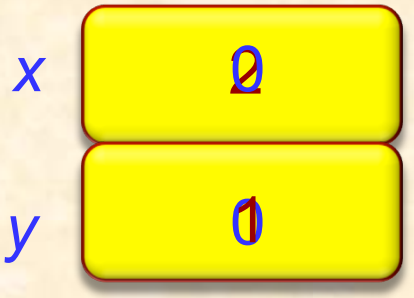
Feldern einen Wert zuweisen

```
class
        VECTOR
feature -- Zugriff
        x: REAL
                -- Östliche Koordinate.
        y: REAL
                -- Nördliche Koordinate.

feature --  Element-Veränderungen
        set (new_x, new_y : REAL)
                        -- Setze Koordinaten
                        -- auf [new_x, new_y].
                do
                        x := new_x
                        y := new_y

                ensure
                        x_gesetzt : x = new_x
                        y_gesetzt : y = new_y
                end
end
```

Eine Instanz
von *VECTOR*



Ausführung von *set* (2, 1)
auf diese Instanz

Was Sie tun können

```
class STATION  feature

    name : STRING
            -- Name.

    position : VECTOR
            -- Position in Bezug auf das Stadtzentrum.


    set_position (new_x, new_y : REAL)
            -- Position setzen.
            do
                position.set (new_x, new_y)
            end

end
```

Besser:

```
-- Position auf Abzisse new_x,
-- Ordinate new_y setzen.
```

Qualifizierte und unqualifizierte Featureaufrufe

In Klasse *VECTOR* :

```
set ( new_x, new_y : REAL)
        do
          ...
        end
```

In Klasse *VECTOR* :

```
move (dx, dy : REAL)
                -- Um dx horizontal und dy vertikal verschieben.
        do
                set (x + dx, y + dy)
        ensure
                ... [Bitte ausfüllen!] ...
        end
```

Unqualifizierter Aufruf

In einer anderen Klasse, z.B. *STATION*

```
position: VECTOR
set_position (new_x, new_y:  REAL)
        do
                position.set (new_x, new_y)
        end
```

Qualifizierter Aufruf

Das aktuelle Objekt (current object)

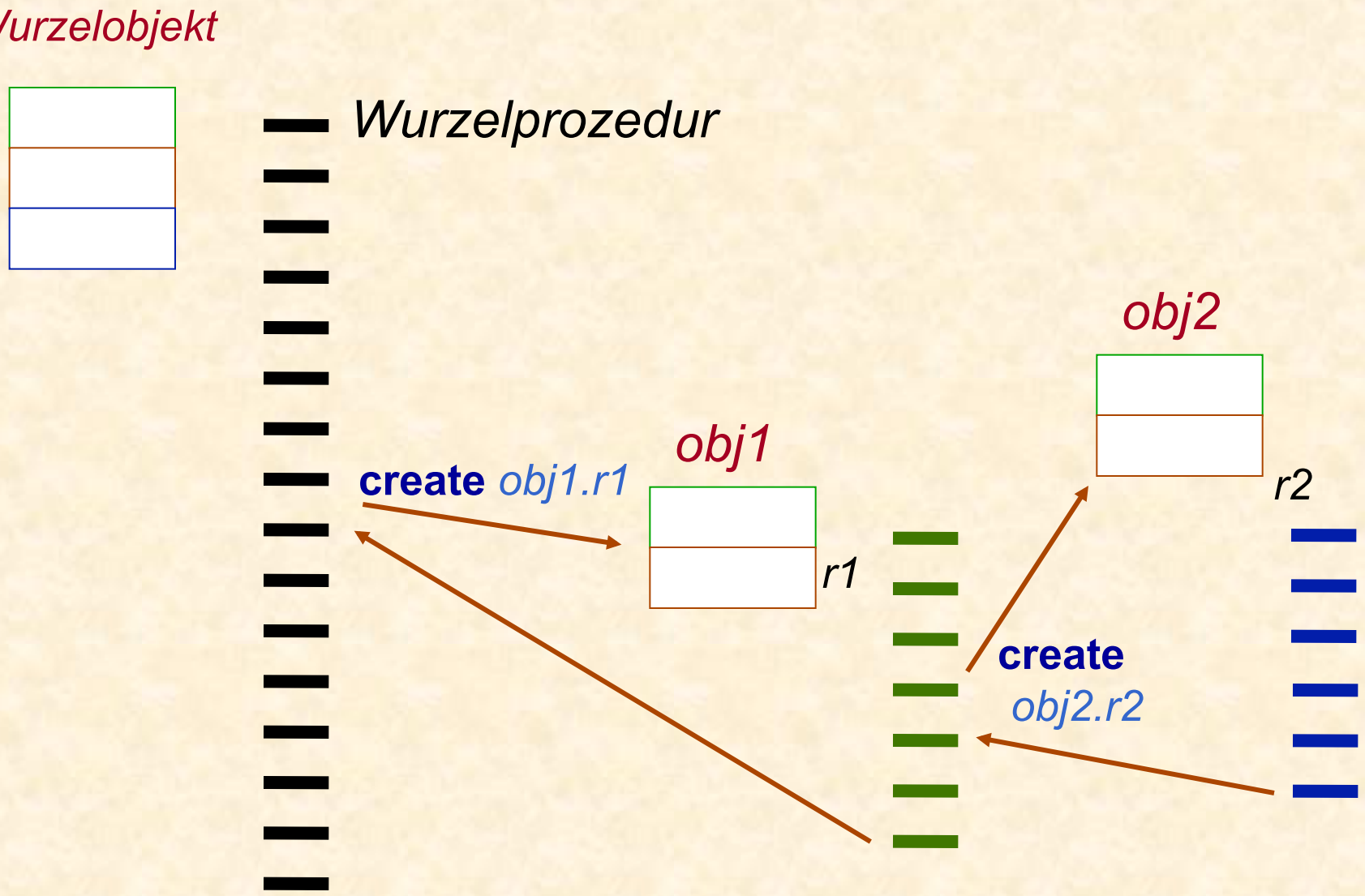
Zu jeder Zeit während einer Ausführung gibt es ein aktuelles Objekt, auf welchem das aktuelle Feature aufgerufen wird.

Zu Beginn: Das Wurzelobjekt. Danach:

- Ein unqualifizierter Aufruf wie z.B. *set* (*u, v*) wird auf das aktuelle Objekt angewendet.
- Ein qualifizierter Aufruf wie z.B. *x*.*set* (*u, v*) bedingt, dass das an *x* gebundene Objekt zum aktuellen Objekt wird. Nach dem Aufruf wird das vorherige Objekt wieder zum aktuellen Objekt.

Um auf das aktuelle Objekt zuzugreifen: Benutzen Sie **Current**

Ausführung eines Systems



Das aktuelle Objekt

Zu jeder Zeit während einer Ausführung gibt es ein aktuelles Objekt, auf welchem das aktuelle Feature aufgerufen wird.

Zu Beginn ist dies das Wurzelobjekt.

Während eines „qualifizierten“ Aufrufs *x*.*f* (*a*) ist das neue aktuelle Objekt dasjenige, das an *x* gebunden ist.

Nach einem solchen Aufruf übernimmt das vorherige aktuelle Objekt wieder seine Rolle.

“Allgemeine Relativität”

Featureaufrufe

In *STATION:*

position: *VECTOR*

set_position (*new_x, new_y*: *REAL*)
do
position.*set* (*new_x, new_y*)
end

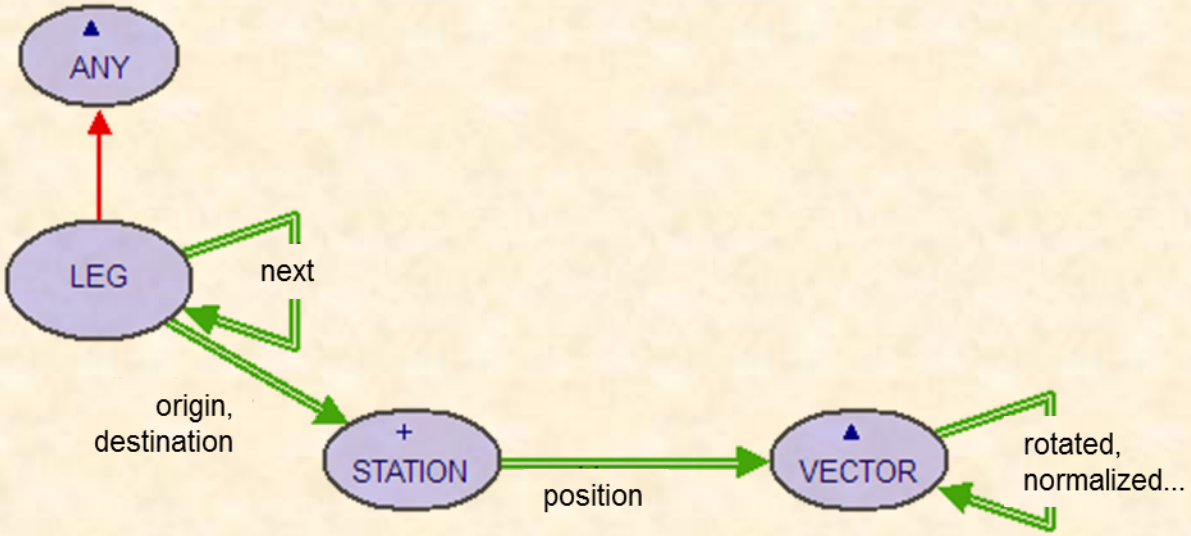
Die Kundenbeziehung (*client relation*)

Da die Klasse *STATION* ein Feature

position : *VECTOR*

hat (und Aufrufe der Form *position*.*set* (...)), ist *STATION* ein Kunde der Klasse *VECTOR*

Kunden und Vererbung - graphisch



Kunde

Vererbung

Entitäten

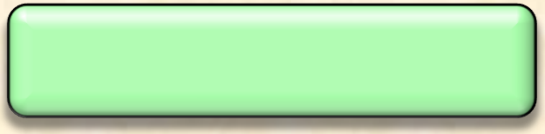
Eine Entität ist ein Name im Programm, der mögliche Laufzeitwerte bezeichnet.

Manche Entitäten sind **konstant**.

Andere sind **variabel**:

- Attribute
- Lokale Variablen

Werte von Variablen ändern: **Zuweisungen**



ziel := *quelle*

quelle ist ein **Ausdruck**, z.B.:

- Das Ergebnis einer Abfrage:
  - *position*.*x*
  - *i_th* (5)
- Arithmetische oder Boole‘sche Ausdrücke:
  - *a* + (*b* * *c*)
  - (*a* < *b*) **and** (*c* = *d*)

ziel ist eine **Variable**. Die Möglichkeiten sind:

- Ein **Attribut**
- **Result** in einer Funktion (noch nicht gesehen bisher)

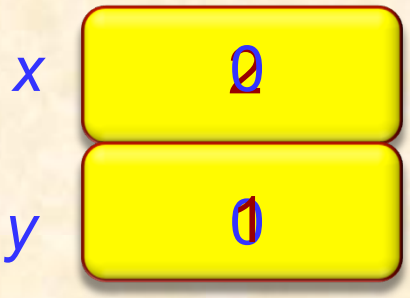
Zuweisungen (Erinnerung)

```
class
        VECTOR
feature -- Zugriff
        x: REAL
                -- Östliche Koordinate.
         y: REAL
                -- Nördliche Koordinate.

feature --  Element-Veränderungen
        set (new_x, new_y : REAL)
                        -- Setze Koordinaten auf [new_x, new_y].
                do
                        x := new_x
                        y := new_y
                ensure
                        x_gesetzt : x = new_x
                        y_gesetzt : y = new_y
                end
end
```

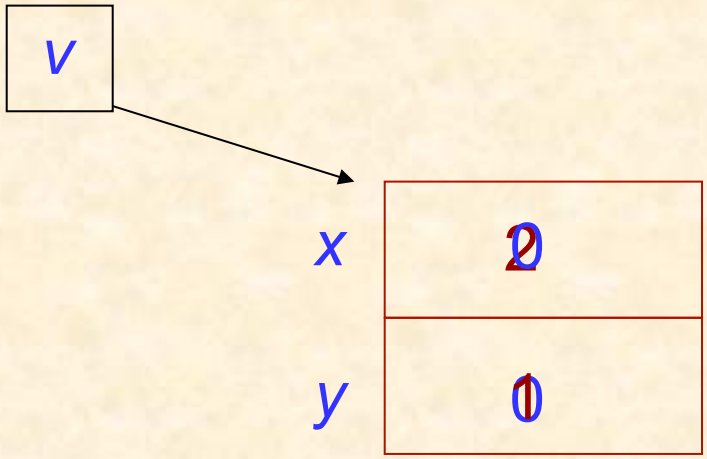
Eine Instanz von *VECTOR*

Ausführung von *set (2, 1)* auf diese Instanz



Zuweisung

Eine Zuweisung ist eine Instruktion, die einen Wert durch einen anderen ersetzt.



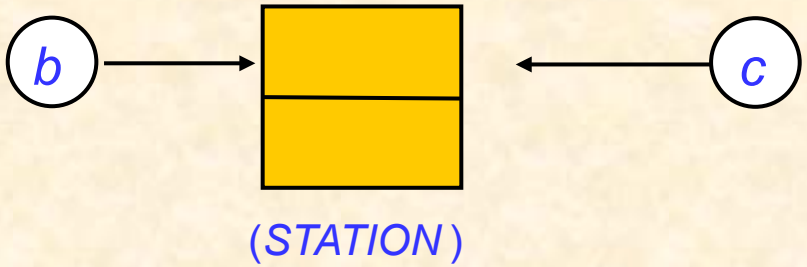
v.*set* (2, 1)

```
set (new_x, new_y : REAL)
        do
                x := new_x
                y := new_y
        end
```

Zwei Arten von Typen

Referenztypen: Der Wert jeder Entität ist eine Referenz

b : *STATION*

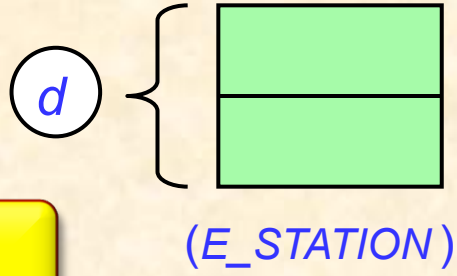


Zuweisung: kopiert die Referenz

c := *b*

Expandierte Typen: Der Wert jeder Entität ist ein Objekt

d : *E_STATION*



Zuweisung: kopiert das Objekt

Zuweisungen nicht mit Gleichheit verwechseln!

x := y

Instruktion

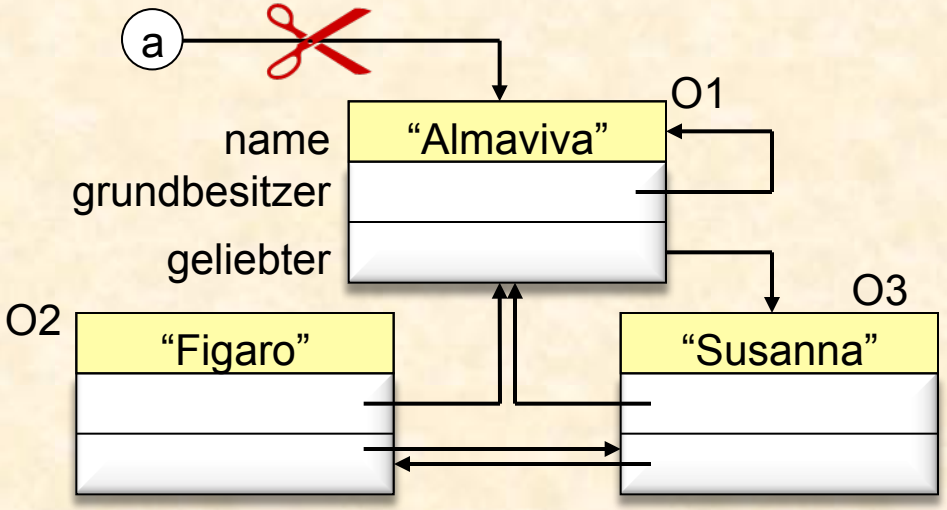
if x = y **then**...

Ausdruck

if x = **Current then**...

Was mit unerreichbaren Objekten tun?

Referenzzuweisungen können manche Objekte unerreichbar machen.



Zwei mögliche Ansätze

Manuelles "free" (C++, Pascal)

Automatische Speicherbereinigung (garbage collection, d.h. Müllabfuhr) (Eiffel, Java, C#, .NET)

Die Ansicht eines C-Programmierers

Newsgroup-Eintrag von Ian Stephenson, 1993 (Zitat aus *Object-Oriented Software Construction*):

> *I say a big NO! Leaving an unreferenced object around is BAD PROGRAMMING. Object pointers ARE like ordinary pointers — if you allocate an object you should be responsible for it, and free it when its finished with. (Didn't your mother always tell you to put your toys away when you'd finished with them?)*

Argumente für automatische Bereinigung

Manuelle Bereinigung ist eine Gefahr für die Zuverlässigkeit:

- Falsche “frees” sind Bugs, die nur sehr schwierig zu finden und zu beheben sind.

Manuelle Bereinigung ist mühsam.

Moderne (automatische) Speicherbereiniger haben eine akzeptable Performance.

Speicherbereinigung ist einstellbar: an/abschalten, parametrisieren…

Eigenschaften einer Speicherbereinigung

Konsistenz :

***Nur* unerreichbare Objekte werden bereinigt**

Vollständigkeit :

***Alle* unerreichbaren Objekte werden bereinigt**

Konsistenz (*Soundness*) ist eine absolute Anforderung. Lieber keine Speicherbereinigung als eine unsichere Speicherbereinigung.

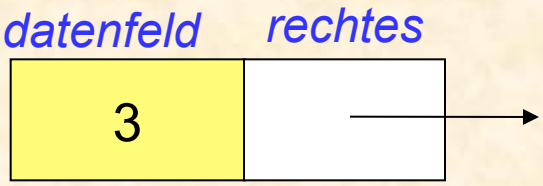
Aber: sichere automatische Speicherbereinigung ist schwierig für C-basierte Sprachen.

Effekt einer Zuweisung

Referenztypen: Referenzzuweisung

Expandierte Typen: Kopie des Wertes

```
class LINKABLE
feature
    item: INTEGER
    right: LINKABLE
    set (n : INTEGER ; r : LINKABLE)
            -- Beide Felder setzen.
        do
            item := n
            right := r
        end
end
```



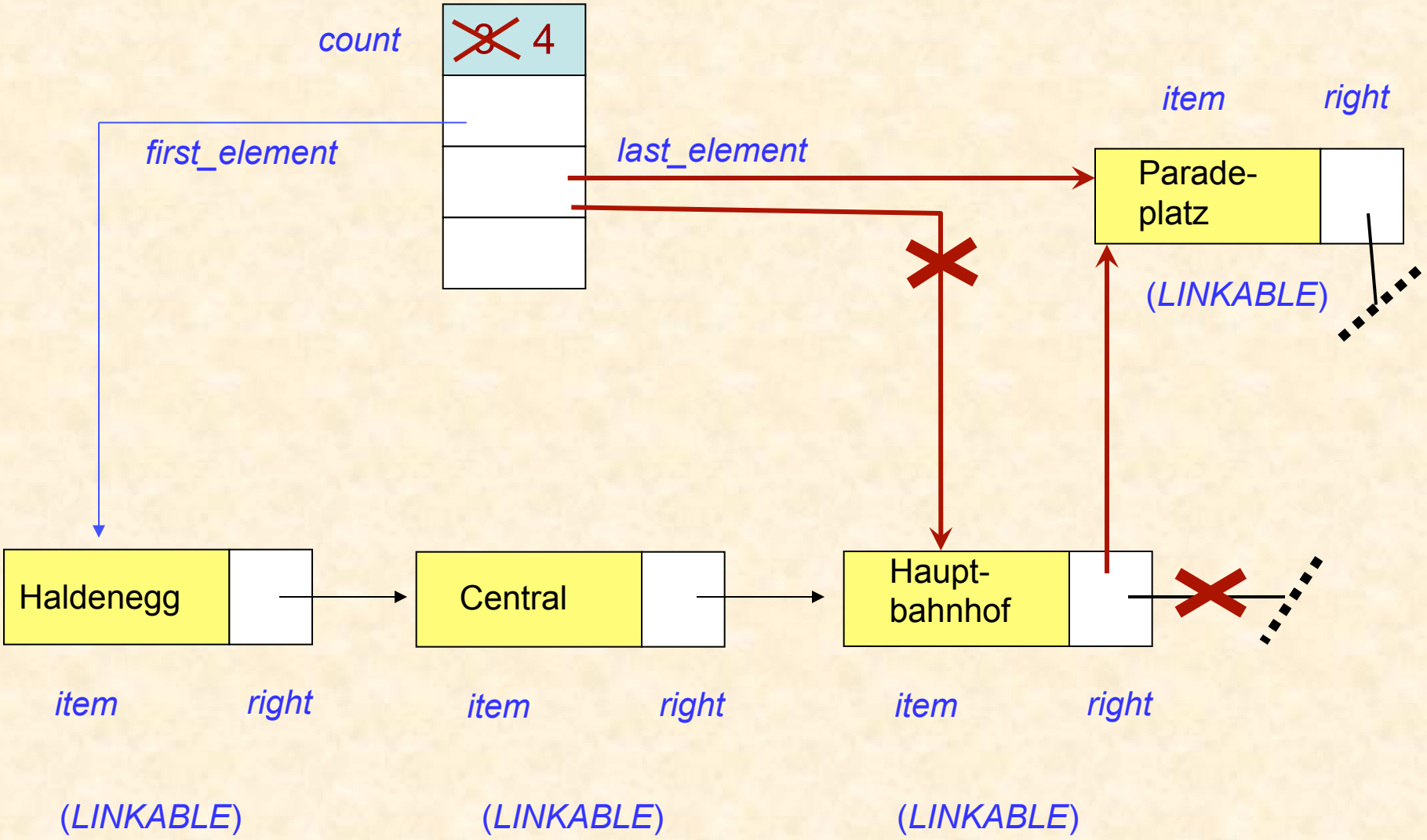

```
l : LINKABLE
...
create l
...
l.set(25, Void)
```

Zuweisung

```
class LINE  feature
        number : INTEGER
        color : COLOR
        city : CITY

        set_all  (n : INTEGER ; co : COLOR ; ci : CITY )
                do
                        number := n
                        color := co
                        city := ci
                end
end
```

Eine verkettete Liste von Strings: Einfügen am Ende



Ein Element am Ende einfügen

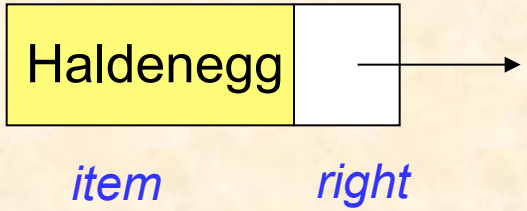
```
extend (v : STRING)
                -- v am Ende hinzufügen.
                -- Den Cursor nicht verschieben.
        local
                p : LINKABLE [STRING]
        do
                create p.make (v)
                if is_empty then
                        first_element  := p
                else
                        last_element.put_right ( p)
                end
                last_element  := p
                count  := count  + 1
        end
```

LINKABLE - Zellen

```
class LINKABLE  feature
        item: STRING
                        -- Wert dieser Zelle.

        right: LINKABLE
                        -- Zelle, welche an diese Zelle angehängt ist
                                -- (falls vorhanden).

        put_right (other: like Current)
                        -- Setzt other  rechts neben die aktuelle Zelle.
                do
                        right := other
                ensure
                        angehaengt: right = other
                end
end
```



Lokale Variablen (in Routinen)

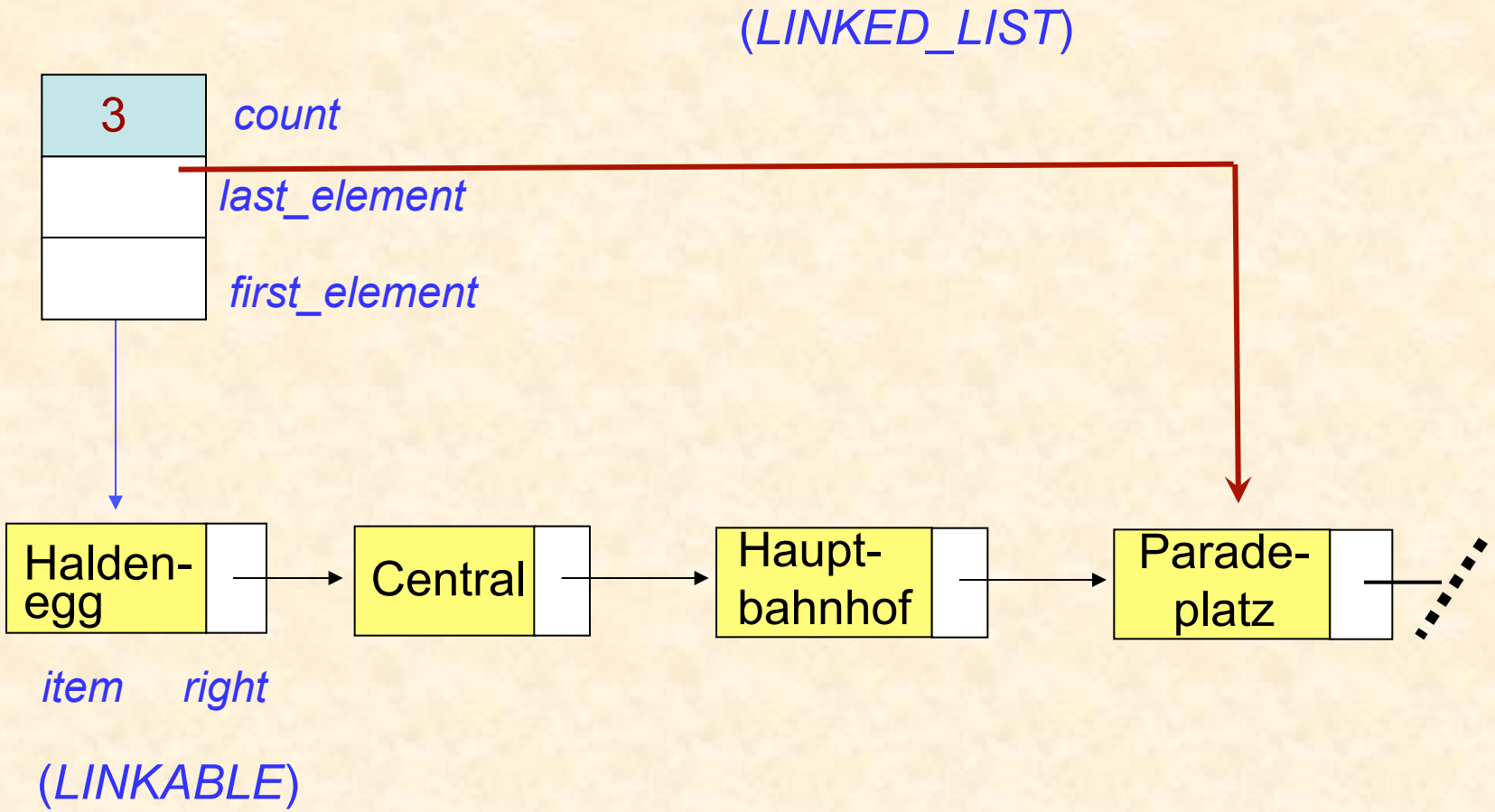
Deklarieren Sie einfach zu Beginn einer Routine (in der **local** Klausel)

```
r (...)
                    -- Kopfkommentar
        require
                    ...
        local
                    x : REAL
                    m : STATION
        do
                    ... x und m sind hier benutzbar ...
        ensure
                    ... x und m sind hier nicht mehr benutzbar ...
        end
```

Result ist (für Funktionen) auch eine lokale Variable.

Übung (beinhaltet Schleifen)

Kehren Sie eine Liste um!



Leseaufgaben für die nächsten 2 Wochen

Control structures (Kapitel 7)

Was wir in dieser Vorlesung gesehen haben

- Das aktuelle Objekt
- Expandierte Typen und Referenztypen
- Zuweisung:
  - Für Referenzen
  - Für expandierte Werte
- Verkettete Datenstrukturen
- Einen kurzen Blick auf bedingte Anweisungen