4. Variable, Lebensdauer

Themen dieses Kapitels:

- Variablenbegriff und Zuweisung
- unterschiedliche Lebensdauer von Variablen
- Laufzeitkeller als Speicherstruktur für Variablen in Aufrufen

Vorlesung Grundlagen der Programmiersprachen SS 2014 / Folie 401

Ziele:

Übersicht zu diesem Kapitel

in der Vorlesung:

Erläuterungen dazu

Variable in imperativen Sprachen

Variable: wird **im Programm beschrieben**, z. B. durch Deklaration **(statisch),**
wird **bei der Ausführung** im Speicher **erzeugt** und verwendet **(dynamisch),**
wird charakterisiert durch das Tripel **(Name, Speicherstelle, Wert).**

Einem **Namen im Programm** werden (bei der Ausführung) eine oder mehrere **Stellen im Speicher** zugeordnet.

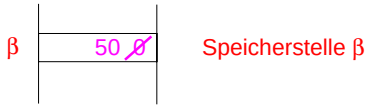
Das Ausführen von **Zuweisungen** ändert den **Wert der Variablen** (**Inhalt der Speicherstelle**).
Bei der Ausführung eines imperativen Programms wird so der **Programmzustand** verändert.

Der Deklaration einer **globalen (static) Variable** ist genau eine Stelle zugeordnet.
Der Deklaration einer **lokalen Variablen einer Funktion** wird bei jeder Ausführung eines Aufrufes eine neue Stelle zugeordnet.

im Programm:

```
int betrag = 0;
...
betrag = 50;
```

im Speicher bei der Ausführung:



Vorlesung Grundlagen der Programmiersprachen SS 2014 / Folie 402

Ziele:

Variablenbegriff verstehen

in der Vorlesung:

- Erläuterungen zu Namen, Stelle, Wert

nachlesen:

..., Abschnitt 3, 3.1, 3.2

Veränderliche und unveränderliche Variable

In **imperativen Sprachen** kann der Wert einer Variablen grundsätzlich **durch Ausführen von Zuweisungen verändert** werden.

```
int betrag = 0;
...
betrag = 50;
```

In manchen **imperativen Sprachen**, wie Java, kann für bestimmte Variable **verboten** werden, nach ihrer Initialisierung an sie **zuzuweisen**.

```
final int hekto = 100;
```

In **funktionalen Sprachen** wird bei der Erzeugung einer **Variablen** ihr **Wert unveränderlich** festgelegt.

```
val sechzehn = (sqr 4);
```

In **mathematischen Formeln** wird ein **Wert unveränderlich an** den Namen einer **Variablen gebunden**. (Die Formel kann mit verschiedenen solchen Name-Wert-Bindungen ausgewertet werden.)

$\forall x, y \in \Re: y = 2 * x - 1$

definiert eine Gerade im $\Re^2$

Vorlesung Grundlagen der Programmiersprachen SS 2014 / Folie 402a

Ziele:

Variablenbegriff verstehen

in der Vorlesung:

- Erläuterung der unterschiedlichen Variablenbegriffe.

nachlesen:

..., Abschnitt 3, 3.1, 3.2

Verständnisfragen:

Vergleichen Sie:

- In Java ist der Wert einer "Variable" mit der Eigenschaft *final* nicht veränderbar.
- In Ada kann man einen Zugriffsweg auf eine Variable auf lesenden Zugriff beschränken.
- In Pascal definiert "const hekto = 100;" einen Namen für einen Wert - nicht eine Variable!

Zuweisung

Zuweisung: **LinkeSeite = RechteSeite;**

Ausführen einer Zuweisung:

1. **Auswerten der linken Seite**; muss die **Stelle einer Variablen** liefern.
2. **Auswerten der rechten Seite** liefert einen **Wert**. I**n Ausdrücken** stehen **Namen von Variablen für ihren Wert**, d. h. es wird implizit eine **Inhaltsoperation** ausgeführt.
3. Der **Wert der Variablen** aus (1) **wird** durch den Wert aus (2) **ersetzt**.

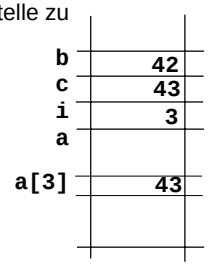
Beispiel

im Programm:

```
b = 42;
c = b + 1;
i = 3;
a[i] = c;
```

im Speicher:

Speicherstelle zu



Vorlesung Grundlagen der Programmiersprachen SS 2014 / Folie 403

Ziele:

Zuweisungen verstehen

in der Vorlesung:

- Erläuterung der Begriffe und der Ausführung.

nachlesen:

..., Abschnitt 3, 3.1, 3.2

Stellen als Werte von Variablen

In objektorientierten Sprachen, wie Java oder C++, liefert die Ausführung von **`new C(...)`** die Stelle (Referenz) eines im Speicher erzeugten Objektes. Sie kann in Variablen gespeichert werden.

Java:

```
Circles  cir =
     new Circles(0, 1.0);
x = cir.getRadius();
```

C++:

```
Circles *cir =
     new Circles(0, 1.0);
x = cir->getRadius();
```

In C können Pointer-Variable Stellen als Werte haben (wie in C++). Die Ausführung von **`malloc (sizeof(Circles))`** liefert die Stelle (Referenz) eines im Speicher erzeugten Objektes.

C:

```
Circles *cir =
   malloc(sizeof(Circle));
cir->radius = 1.0;
```

Der Ausdruck **`&i`** liefert die Stelle der deklarierten Variable **`i`**, d. h. der **`&`**-Operator **unterdrückt die implizite Inhaltsoperation**. Der Ausdruck **`*i` bewirkt eine Inhalts-operation** - zusätzlich zu der impliziten.

```
int i = 5, j = 0;
int *p = &i;
j = *p + 1;
p = &i;
```


Vorlesung Grundlagen der Programmiersprachen SS 2014 / Folie 403a

Ziele:

Stellen als Werte von Variablen verstehen

in der Vorlesung:

- Erläuterung der Operationen

nachlesen:

..., Abschnitt 3, 3.1, 3.2

Lebensdauer von Variablen im Speicher

Lebensdauer: Zeit von der Bildung (Allokation) bis zur Vernichtung (Deallokation) des Speichers einer Variablen. Begriff der **dynamischen Semantik**!

Art der Variablen	**Lebensdauer ist die Ausführung ...**	**Unterbringung im Speicher**
globale Variable Klassenvariable	... des gesamten Programms	globaler Speicher
Parametervariable, lokale Variable	... eines Aufrufes	Laufzeitkeller
Objektvariable	... des Programms von der Erzeugung bis zur Vernichtung des Objekts	Halde, ggf. mit Speicher-bereinigung

Variable mit gleicher Lebensdauer werden zu **Speicherblöcken** zusammengefasst. (Bei Sprachen mit geschachtelten Funktionen kommen auch Funktionsrepräsentanten dazu.)

Speicherblock für

- Klassenvariable einer Klasse
- einen Aufruf mit den Parametervariablen und lokalen Variablen
- ein Objekt einer Klasse mit seinen Objektvariablen

Vorlesung Grundlagen der Programmiersprachen SS 2014 / Folie 404

Ziele:

Unterschiedliche Lebensdauern

in der Vorlesung:

Erläuterungen dazu, siehe SWE-40

nachlesen:

..., Abschnitt 3.4.1

Laufzeitkeller

Der **Laufzeitkeller** enthält für jeden noch nicht beendeten Aufruf einen Speicherblock (**Schachtel**, activation record) mit Speicher für Parametervariable und lokale Variable.
Bei **Aufruf wird eine Schachtel gekellert**, bei **Beenden des Aufrufes entkellert**.

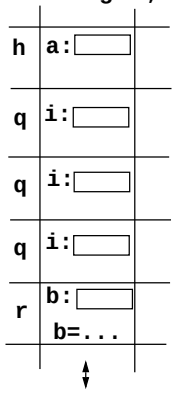
Programm mit Funktionen (Methoden)

```
h  float a;
   q();

q  int i;
   if (..) q();
   r();

r  int b;
   b=...;
```

Laufzeitkeller bei der Aufruffolge h, q, q, q, r



kellern, entkellern

Vorlesung Grundlagen der Programmiersprachen SS 2014 / Folie 405

Ziele:

Das Speichermodell "Laufzeitkeller" verstehen

in der Vorlesung:

Erläuterung

- des Prinzips,
- des Beispiels.
- Bei rekursiven Aufrufen liegen mehrere Schachteln zur selben Funktion zugleich auf dem Laufzeitkeller.
- Die folgende PDF-Datei zeigt die Entwicklung des Laufzeitkellers

nachlesen:

..., Abschnitt 3.4.1

Übungsaufgaben:

- Geben Sie Programme an, deren Ausführung vorgegebene Laufzeitkeller erzeugt.

Laufzeitkeller bei geschachtelten Funktionen

Bei der Auswertung von Ausdrücken kann auf Variablen aus der **Umgebung** zugegriffen werden. Das sind die Speicherblöcke zu den Programmstrukturen, die den Ausdruck umfassen.

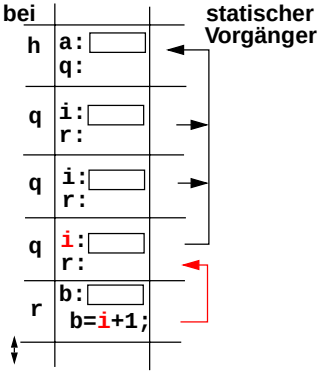
in Pascal, Modula-2, in funktionalen Sprachen: geschachtelte Funktionen
in Java: Methoden in Klassen, geschachtelte Klassen

Im **Laufzeitkeller** wird die **aktuelle Umgebung** repräsentiert durch die aktuelle Schachtel und die Schachteln entlang der Kette der **statischen Vorgänger**. Der statische Vorgänger zeigt auf die Schachtel, die die Definition der aufgerufenen Funktion enthält.

Programm mit geschachtelten Funktionen

```
h  float a;
   q  int i;
      r  int b;
         b=i+1;
      if(..) q();
      r();
   q();
```

Laufzeitkeller bei Aufruf von r



statischer Vorgänger

kellern, entkellern

Vorlesung Grundlagen der Programmiersprachen SS 2014 / Folie 406

Ziele:

Laufzeitkeller für geschachtelte Funktionen verstehen

in der Vorlesung:

Erläuterung

- des Umgebungsbegriffs
- der Bedeutung der statischen Vorgänger
- des Beispiels.
- Jeder Schachtel zur Funktion q ist eine Definition von r zugeordnet. Sie sind zur Verdeutlichung in den Schachteln des Laufzeitkellerbildes eingezeichnet (r:), obwohl sie dort nicht wie Variable gespeichert sind. Ebenso ist die Zuweisung in der Schachtel zu r nur angegeben, um zu verdeutlichen, in welcher Umgebung sie ausgeführt wird.
- Die folgende PDF-Datei zeigt die Entwicklung des Laufzeitkellers

nachlesen:

..., Abschnitt 3.4.1

Übungsaufgaben:

- Geben Sie Programme mit geschachtelten Funktionen an, deren Ausführung vorgegebene Laufzeitkeller erzeugt.

Verständnisfragen:

Tüftelei: Ändern Sie in dem abgebildeten Laufzeitkeller, den statischen Vorgänger der Schachtel zum Aufruf von `r` auf die erste Schachtel von `q`. Wie müssen Sie das Programm modifizieren, damit es solch einen Keller erzeugt? Sie müssen die Funktion `r` als Parameter übergeben.

Zusammenfassung zum Kapitel 4

Mit den Vorlesungen und Übungen zu Kapitel 4 sollen Sie nun Folgendes verstanden haben:

- Variablenbegriff und Zuweisung
- Zusammenhang zwischen Lebensdauer von Variablen und ihrer Speicherung
- Prinzip des Laufzeitkellers
- Besonderheiten des Laufzeitkellers bei geschachtelten Funktionen

Ziele:

Ziele des Kapitels erkennen

in der Vorlesung:

Erläuterungen dazu