Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Technik der Informationsverarbeitung

Institutsleitung
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. J. Becker
Prof. Dr.-Ing. E. Sax
Prof. Dr. rer. nat. W. Stork

Übung04: Informationstechnik (IT)

Harald Bucher

Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)

Teil 1: Besprechung der Übungsaufgaben 4.01-4.04

Speicherverwaltung für lokale Variablen

- Speicherbereich für lokale Variablen ist der Stack (= Stapel)
  - Neue Variablen werden auf den Stack gelegt, überdecken evtl. unter ihnen liegende Variablen und werden wieder vom Stack genommen
- Größe des Stacks konstant ← wird vom Compiler errechnet / Betriebssystem begrenzt
- Vorteile:
  - Variablen werden komplett automatisch verwaltet
- Nachteile:
  - Sichtbarkeit kann nur eingeschränkt selbst bestimmt werden
  - Platz auf dem Stack für große Datenmengen nicht ausreichend

Dynamische Speicherverwaltung

- Problemstellung
  - Wie kann ich die genannten Nachteile der Speicherverwaltung umgehen?
  - Wie groß soll ich mein Array machen? Ich weiß ja nicht, wie viele Daten der Benutzer eingibt.
- Lösung: Dynamische Speicherverwaltung
  - Speicher für Variablen kann dynamisch auf dem Heap reserviert und wieder freigegeben werden
- Vorteile:
  - Heap bietet mehr Speicherplatz als der Stack
- Nachteile:
  - Entwickler muss sich um Anlegen / Löschen des Speicherplatzes kümmern

Speicher auf dem Heap reservieren

- Neues Objekt anlegen mit den Befehl **`new`**
  - Benötigt den **Typ** des neuen Objekts und gibt einen **Zeiger** zurück
  - Zeiger passender Adressvariablen zuweisen
- Syntax:
```
Typ* ZeigerAufTyp = new Typ;
```
- Beispiel:
```
Konto* giro = new Konto();
Konto* sparbuch = new Konto( 123, 10.99 );
```
- Zugriff auf das neu angelegte Objekt über Dereferenzierung
- Beispiel:
```
(*giro).display();
giro->display();
```

Speicher auf dem Heap freigeben

- Speicherplatz freizugeben mit dem Befehl **`delete`**
  - Nur mit **`new`** reservierter Speicher kann freigegeben werden
  - Sollte immer explizit durch **`delete`** freigegeben werden
  - **`delete`** ruft den Destruktor bei einer Klasse auf

- Syntax: **`delete ZeigerAufTyp;`**

- Beispiel: **`delete giro;`**

- Die Adressvariable **`giro`** existiert weiterhin! Nur der reservierte Speicher, worauf der Zeiger zeigte, ist wieder freigegeben
  - Daraus folgt: Zeiger zeigt nun auf undefinierten Speicher
  - Tipp: Zeiger NULL setzen → **`giro = NULL;`**

Arrays auf dem Heap

- Arrays können dynamisch reserviert und freigegeben werden

- Syntax: **`Typ* ZeigerAufTyp = new Typ[anzahl];`**
  - Man erhält einen Zeiger auf das erste Element des Arrays

- Beispiel:
```
short elemente = 100;
int* intvekptr = new int[elemente];
```

- Speicherplatz von Arrays freigeben mit **`delete[]`** (ohne Anzahl)

- Syntax: **`delete[] ZeigerAufTyp;`**
- Beispiel: **`delete[] intvekptr;`**
  - Adressvariable **`intvekptr`** existiert weiterhin
  - Tipp: NULL setzen → **`intvekptr = NULL;`**

Gültigkeitsbereich dynamischer Variablen

- Eine dynamisch erzeugte Variable lebt von ihrer Erzeugung mit **new**, bis diese mit **delete** gelöscht wird.

```
int* gibPointerAufSumme( int zahl1, int zahl2 ) {
  int* summe = new int;
  *summe = zahl1 + zahl2;
  return summe;
}

int main() {
  int* meinPointer = gibPointerAufSumme( 10, 4 );
  int meineSumme = *meinPointer;
  cout << meineSumme;
  delete meinPointer;
  return 0;
}
```

- Integer-Variable wird dynamisch erzeugt
- Addieren und zuweisen
- **summe** (Adresse) zurückgeben
- Hier wird die Adressvariable **summe** zerstört, nicht jedoch der Wert auf den **summe** zeigt
- **meinPointer** zeigt jetzt auf ein existierendes Objekt – wurde in der Funktion angelegt
- **meinPointer** wird dereferenziert
- Speicher freigeben

Inhalt: Übung04 – Teil 1

- Aufg. 4.01: Verständnisfragen
- Aufg. 4.02: Dynamische Arrays
- Aufg. 4.03: OOP, Definition von Klassen
- Aufg. 4.04: OOP, Klassendefinition

Aufg. 4.01: Verständnisfragen Lsg. (1)

a) Der Operator **`new`** erwartet als Operand
   i. den Namen des Objekts, das dynamisch erzeugt werden soll. Falsch
   ii. den Typ des anzulegenden Objekts. Richtig
   iii. die Größe des Objekts in Anzahl Bytes. Falsch

b) Mit **`new`** reservierter Speicher wird mit dem Operator delete wieder freigegeben.

c) Wird für ein dynamisch reserviertes Objekt der **`delete`**-Operator nicht aufgerufen, so wird der dynamisch reservierte Speicherbereich
   i. nicht wieder durch das Programm freigegeben. Richtig
   ii. automatisch freigegeben, wenn er nicht mehr verwendet wird. Falsch

Aufg. 4.01: Verständnisfragen Lsg. (2)

d) Um den kontrollierten Zugriff auf die Datenelemente einer Klasse sicherzustellen, werden die Datenelemente normalerweise als private deklariert und durch get & set-Methoden gelesen oder geändert.

e) Innerhalb einer Methode der Klasse können folgende Elemente dieser Klasse direkt mit ihrem Namen angesprochen werden:
   i. alle Elemente Richtig
   ii. nur die Datenelemente Falsch
   iii. nur die **`public`**-Elemente Falsch

f) Um beim Aufruf einer Methode den für den Hin- und Rücksprung notwendigen Overhead zu vermeiden, kann eine Methode als inline definiert werden.

Aufg. 4.01: Verständnisfragen Lsg. (3)

g) Wenn zwei verschiedene Objekte derselben Klasse angelegt werden, wird der Maschinencode für jede Methode auch zweimal erzeugt.
Falsch

h) Bei einem Funktionsaufruf kann der durch das Erzeugen und Zerstören von Objekten bedingte Overhead vermieden werden, wenn Argumente per Referenz oder Zeiger übergeben werden.

Aufg. 4.04: OOP, Fehlersuche Lsg. (1)

a)

```
class A {
  private:
    long secretKey;
  public:
    encode( const string& );
    decode( const string& );
  //...
};
```

Die Methoden **encode( )** und **decode( )** müssen einen Return-Typ aufweisen

b)

```
class B {
    long numerator, denominator;
  private:
    void convert( double );
    long gcd( void );
  //...
}
```

In der Klassendefinition fehlt die öffentliche Schnittstelle

Ein Semikolon hinter der schließenden Klammer **}** fehlt

Aufg. 4.04: OOP, Fehlersuche Lsg. (2)

c)

```
class KFZ {
    string hers;
  public:
    ~KFZ();
    ~KFZ( string& );
  //...
};
```

Der Destruktor einer Klasse hat keine Parameter und kann deshalb nicht überladen werden

Aufg. 4.02: dynamische Arrays

- Schreiben Sie eine Funktion, welche elementweise die Summe zweier gleich langer Arrays in ein dynamisch reserviertes Array schreibt und einen Zeiger auf das neue Array zurückgibt. Der Typ der Arrayelemente ist **long**.
- Der Funktion werden beide Arrays und ihre gemeinsame Länge übergeben. Testen Sie die Funktion, indem Sie die Arrays mit Werten Ihrer Wahl initialisieren und die Summe der Arrays anzeigen. Geben Sie danach den Speicherplatz explizit frei.
- Beispielausgabe:

```
C:\Dokumente und Einstellungen\Admin\Eigene Dateien\CppV
Array 1: 324   4  45  66 345  43   9  34 111  88
Array 2:  42   5  23 244  53 355  35  33   1  35

Dy. Arr: 366   9  68 310 398 398  44  67 112 123
Arrayadresse: 00365B08
```

Aufg. 4.02: dynamische Arrays Lsg. (1)

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

long* element_sum( long arr_1[], long arr_2[], int laenge );

int main() {
  long wert_1[10] = {324, 4, 45, 66, 345, 43, 9, 34, 111, 88};
  long wert_2[10] = {42, 5, 23, 244, 53, 355, 35, 33, 1, 35};
  long* summ = NULL;

  cout << "Array 1: ";
  for( int i = 0; i < 10; i++ ) {
    cout << setw( 4 ) << wert_1[i];
  }

  cout << endl << "Array 2: ";
  for( int i = 0; i < 10; i++ ) {
    cout << setw( 4 ) << wert_2[i];
  }
```

Zum Speichern der Adresse des dynamischen Arrays

Array1 ausgeben

Array2 ausgeben

setw(): Legt die Breite eines Ausgabefelds fest
→ Einbinden der Bibliothek **<iomanip>** ist erforderlich

Aufg. 4.02: dynamische Arrays Lsg. (2)

```
  summ = element_sum( wert_1, wert_2, 10 );

  cout << endl << endl << "dy. Arr: ";
  for( int i = 0; i < 10; i++ ) {
    cout << setw( 4 ) << summ[i];
  }

  cout << endl << "Arrayadresse: " << summ << endl;

  delete[] summ;
  summ = NULL;
  return 0;
}
```

Funktion aufrufen, Arrays und Länge werden übergeben

dynamisches Array ausgeben

Speicher des dynamisch erzeugten Arrays wieder freigeben

```
long* element_sum( long arr_1[], long arr_2[], int laenge ) {
  long* p = new long[laenge];

  for( int i = 0; i < laenge; i++ ) {
    p[i] = arr_1[i] + arr_2[i];
  }

  return p;
}
```

dynamisches Array anlegen

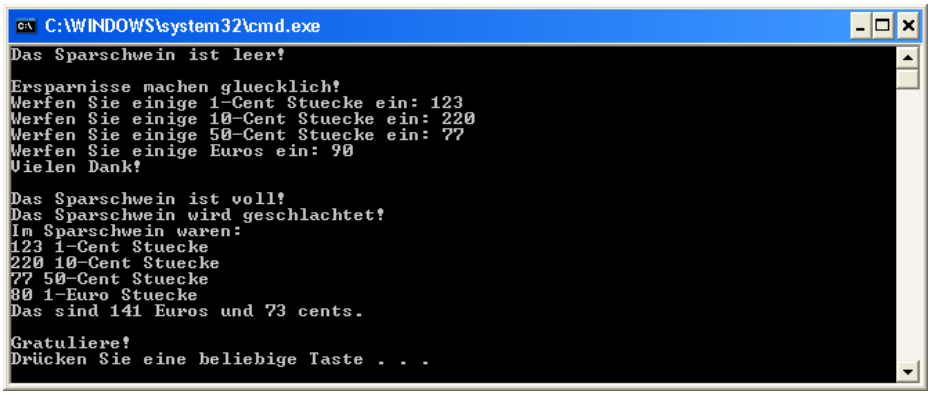
Summe bilden und in Array ablegen

Adresse des dynamisch erzeugten Arrays zurückgeben

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Array 1:  324   4  45  66 345  43   9  34 111  88
Array 2:   42   5  23 244  53 355  35  33   1  35

dy. Arr:  366   9  68 310 398 398  44  67 112 123
Arrayadresse: 00365B80
```

Aufg. 4.03: OOP, Definition von Klassen

- Definieren Sie eine Klasse PiggyBank zur Verwaltung der Münzen in einem Sparschwein.
- Die Klasse besitzt dabei private und öffentliche Attribute und Methoden
- Testen Sie die Klasse PiggyBank mit einem Anwendungsprogramm in einer separaten Quelldatei



Aufg. 4.03: OOP, Definition von Klassen Lsg. (1)

piggyBank.h

```
#ifndef _PIGGYBANK_
#define _PIGGYBANK_

class PiggyBank {
  private:
    unsigned int nCent1, nCent10, nCent50, nEuro1;
    unsigned int max;
    bool fBroken;
  public:
    PiggyBank( unsigned int m ) {
      max = m;
      nCent1 = nCent10 = nCent50 = nEuro1 = 0;
      fBroken = false;
    }
    bool isEmpty();
    bool isFull();
    bool isBroken();
    unsigned int add1Cents( unsigned int n1C );
    unsigned int add10Cents( unsigned int n10C );
    unsigned int add50Cents( unsigned int n50C );
    unsigned int add1Euros( unsigned int n1E );
    unsigned long breakInto( unsigned int& c1, unsigned int& c10,
                             unsigned int& c50, unsigned int& e1 );
    ~PiggyBank() {}
};
```

Präprozessor-Direktiven: Header-Datei wird nur einmal eingebunden

Maximale Anzahl an Münzen

für aufgebrochenes Sparschwein

Implizit inline Konstruktor

Methoden zum Überprüfen bestimmter Bedingungen anhand der privaten Attribute

Implizit inline dummy-Destruktor

Aufg. 4.03: OOP, Definition von Klassen Lsg. (2)

piggyBank.h

Definitionen der explizit inline Methoden der Klasse

```
//...
inline bool PiggyBank::isEmpty() {
  unsigned int cur = nCent1 + nCent10 + nCent50 + nEuro1;
  return cur == 0;
}
```

inline Schlüsselwort nicht vergessen!

Methode durch `::` Operator definieren

```
inline bool PiggyBank::isFull() {
  unsigned int cur = nCent1 + nCent10 + nCent50 + nEuro1;
  return cur >= max;
}


inline bool PiggyBank::isBroken() {
  return fBroken;
}

#endif
```

Ende des Präprozessor-Blocks
Ende der Header-Datei

Aufg. 4.03: OOP, Definition von Klassen Lsg. (3)

```
#include "piggyBank.h"
```

Enthält die Definition der Klasse

```
unsigned int PiggyBank::add1Cents( unsigned int n1C ) {
  unsigned int cur = nCent1 + nCent10 + nCent50 + nEuro1;
  if( n1C <= max - cur ) {
    nCent1 += n1C;
    return 0;
  } else {
    nCent1 +=  ( max - cur );
    return (n1C - ( max - cur ));
  }
}
```

Falls alle Münzen ins Sparschwein passen

Sparschwein nimmt so viele Münzen wie möglich

Anzahl restlicher Münzen

```
unsigned int PiggyBank::add10Cents( unsigned int n10C ) {
  unsigned int cur = nCent1 + nCent10 + nCent50 + nEuro1;
  if( n10C <= max - cur ) {
    nCent10 += n10C;
    return 0;
  } else {
    nCent10 += ( max - cur );
    return n10C - ( max - cur );
  }
}
```

piggyBank.cpp

Aufg. 4.03: OOP, Definition von Klassen Lsg. (4)

```
unsigned int PiggyBank::add50Cents( unsigned int n50C ) {
  // analog zu den oberen Methoden
}

unsigned int PiggyBank::add1Euros( unsigned int n1E ) {
  // analog zu den oberen Methoden
}


unsigned long PiggyBank::breakInto( unsigned int& c1,
                                    unsigned int& c10,
                                    unsigned int& c50,
                                    unsigned int& e1 ) {
  fBroken = true;
  c1 = nCent1; c10 = nCent10; c50 = nCent50; e1 = nEuro1;
  nCent1 = nCent10 = nCent50 = nEuro1 = 0;
  unsigned long sum = c1 + c10 * 10 + c50 * 50 + e1 * 100;
  return sum;
}
```

Referenz Parameter

Münzenanzahl zurückgesetzt

Rückgabewert ist der Geldbetrag in Cents

piggyBank.cpp

Aufg. 4.03: OOP, Definition von Klassen Lsg. (5)

```
// Testprogramm
#include "piggyBank.h"
#include <iostream>
using namespace std;

void showCoins( unsigned int c1,  unsigned int c10,
                unsigned int c50, unsigned int e1 ) {
  if( c1 > 0 )  cout << c1  << " 1-Cent Stuecke"  << endl;
  if( c10 > 0 ) cout << c10 << " 10-Cent Stuecke" << endl;
  if( c50 > 0 ) cout << c50 << " 50-Cent Stuecke" << endl;
  if( e1 > 0 )  cout << e1  << " 1-Euro Stuecke"  << endl;
}

int main() {
  unsigned int c1 = 0, c10 = 0, c50 = 0, e1 = 0;
  PiggyBank myPiggy( 500 );

  if( myPiggy.isEmpty() ) {
    cout << "Das Sparschwein ist leer!" << endl;
  }
  //...
```

Enthält die Definition der Klasse

Funktion zur Ausgabe der gesammelten Münzen

Erzeugen eines Objekts der Klasse **PiggyBank** durch Aufruf des Konstruktors

Aufruf einer Methode der Instanz der Klasse **PiggyBank**

main.cpp

Aufg. 4.03: OOP, Definition von Klassen Lsg. (6)

Solange das Sparschwein nicht voll ist

```
  while( !myPiggy.isFull() ) {
    cout << "\nErsparnisse machen gluecklich!" << endl;
    cout << "Werfen Sie einige 1-Cent Stuecke ein: ";
    if( !( cin >> c1 ) || myPiggy.add1Cents( c1 ) != 0 ) break;

    cout << "Werfen Sie einige 10-Cent Stuecke ein: ";
    if( !( cin >> c10 ) || myPiggy.add10Cents( c10 ) != 0 ) break;

    cout << "Werfen Sie einige 50-Cent Stuecke ein: ";
    if( !( cin >> c50 ) || myPiggy.add50Cents( c50 ) != 0 ) break;

    cout << "Werfen Sie einige Euros ein: ";
    if( !( cin >> e1 ) || myPiggy.add1Euros( e1 ) != 0 ) break;

    cout << "Vielen Dank!" << endl;
  }

//...
```

main.cpp

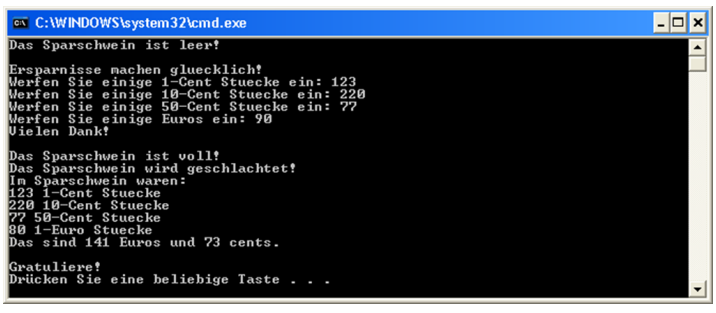
Aufg. 4.03: OOP, Definition von Klassen Lsg. (7)

Sparschwein ist voll?

Sparschwein wird aufgebrochen und gesparte Summe wird berechnet

```
  if( myPiggy.isFull() )
    cout << "\nDas Sparschwein ist voll!" << endl;

  cout << "Das Sparschwein wird geschlachtet!" << endl;

  unsigned long cents = myPiggy.breakInto( c1, c10, c50, e1 );

  cout << "Im Sparschwein waren: "<< endl;

  showCoins( c1, c10, c50, e1 );

  cout << "Das sind " << cents / 100 << " Euros und "
       << cents % 100 << " cents."
       << "\n\nGratuliere!" << endl;

  return 0;
}
```

main.cpp



Referenz

- Kompendium: Kapitel 7 – Dynamische Speicherverwaltung
  Kapitel 8 – Objektorientierung (ohne Vererbung & Polymorphie)
- Tutorium: Aufgabe 11 & 15