Übung „Augmented Reality“

Einführung in C/C++

Fabian Hennecke

28.04.09

Ziele der Übung

- Erlernen von C/C++ in Verbindung mit dem ARToolkit
- Verstehen der Mathematik für 3D-Räume
- Abschluss der Übung:
  - Umsetzung eines kleinen Projekts
  - je nach Anzahl der Teilnehmer in Teams

Organisatorisches

- Termine
  - Dienstag, 16-18 Uhr, Raum A105
  - Freitag, 10-12 Uhr, Raum A105
  - Pflichtveranstaltung!
  - Abmeldung bitte rechtzeitig vorher per Mail oder telefonisch
- Anforderungen:
  - Kenntnisse einer objekt-orientierten Sprache (z.B. Java)
  - Bearbeitung mit C/C++ und dem ARToolkit

Organisatorisches

- Bearbeitung der Aufgaben:
  - Agabe ist jeweils das auf den Blättern genannte Datum um 12:00 Uhr s.t.
  - Abgabe als ZIP-File (Source-Code, Makefile)
- Scheinvergabe:
  - Alle Aufgaben müssen als korrekt bewertet werden

Organisatorisches

- Infrastruktur:
  - Betreuer:
    - Fabian Hennecke
      - fabian.hennecke@ifi.lmu.de
      - 089/2180-4662
  - UniWorx:
    - http://www.pst.ifi.lmu.de/uniworx
  - LFE-Wiki:
    - http://wiki.medien.ifi.lmu.de

Agenda

- Einführung in GCC
- Aufbau eines C++-Programms
- Unformatierte und formatierte Ausgabe
- Namespaces
- Benutzereingaben
- Schleifen
- Arrays und Pointer

Agenda II

- Funktionen
- Header-Dateien
- Klassen
- Vererbung
- Mehrfachvererbung
- Ausnahmen

Einführung in GCC

- GCC = „GNU Compiler Collection“
- Sammlung von Kompilern für eine Menge von Programmiersprachen (u.a. C, C++, Java, Fortran, …)
- Vollständige Liste der Flags auf der Manpage (`man gcc`)
- Kompilieren eines Programms mit einer einzigen Quelldatei:

```
gcc main.cpp
```

Einführung in GCC

- Wichtige Flags:
  - `-o [outfile]` : Name der ausführbaren Datei
  - `-c [cppfile]` : erzeugt eine Objektfile (`.o`) das durch späteres Binden (Linken) zu einem ausführbaren Programm wird
  - `-W [Warning]` : Bsp. –Wall
  - `-I [directoy]` : gibt die Verzeichnise an, die Header-Dateien enthalten, die durch `#include` eingebunden werden

Einführung in GCC

- Wichtige Flags:
  - `-L [directory]` : gibt die Verzeichnisse an, in denen Bibliotheken liegen
  - `-l [library]` : gibt die Bibliothek an, die eingebunden werden soll
- Weitere Informationen:
  http://www.ijon.de/comp/tutorials/makefile.html

Aufbau eines C++-Programms

- Jedes Programm enthält eine main-Methode:
  - `Int main()`
  - `Int main (int argc, char** argv)`
- Zusätzlich werden `#include` Anweisungen benötigt, um Zugriff auf weitere Funktionen zu erhalten:
  - `#include <iostream>`: Standard-I/O
  - `#include <cmath>`: math. Funktionen
  - Äquivalent in Java: `import` …

Aufbau eines C++-Programms

- Beispielprogramm:

```
#include <iostream>
int main (int argc, char** argv)
{
  std::cout << ``AR´´ << std::endl;
  return 0;
}
```

- Kompilieren:

```
gcc ar_uebung.cpp –o ar_uebung
```

Unformatierte und formatierte Ausgabe

- Unformatierte Ausgabe:
  - Ausgabestrom: std::cout
  - Format muss nicht angegeben werden, da sich dies aus dem Datentyp ergibt (vgl. Java `.toString()`)
  - Nicht auf Standardtypen beschränkt
  - Alle Teil-Zeichenketten werden mit dem Operator << getrennt
- Beispiel:

```
int i = 7;
std::out << ``#: ´´ << i << std::endl;
```


Unformatierte und formatierte Ausgabe

- Formatierte Ausgabe:
  - Funktion `printf()`
  - Argumente: Eine Zeichenkette plus ALLE vorkommenden Variablen
- Beispiel:

```
printf(``Int: %d, Float %4.2f\n´´, 7, 4.2);
```

- Aufbau der Flags:
  - `%[flags][width][.precision][modifiers]type`

Unformatierte und formatierte Ausgabe

- Wichtige Typen:
  - `c`: Character
  - `d` oder `i`: Signed decimal integer
  - `e` oder `E`: Wissenschaftliche Schreibweise (Exponent und Mantisse)
  - `f`: float und double
  - `s`: Kette von Characters
- Weitere Erläuterungen:
  http://www.cplusplus.com/ref/cstdio/printf.html

Namespaces

- Bisher immer:
  - Std::cout
- In diesem Fall ist std ein Namensraum (Namespace)
- Objekte in Namespaces können im Programm durch `using`-Direktiven global verwendet werden
- Beispiel:

```
using namespace std;
cout << ``Blah blah blah!´´ << endl;
```

Benutzereingaben

- Eingabestrom: cin
- Kein endl erforderlich
- `fflush(stdin)` leert den Eingabestrom
- Beispiel:

```
int i;
cin >> i; //Einlesen eines int
fflush(stdin);
```


Schleifen

- Drei Schleifen (analog zu Java):
  - `for ([start]; [bedingung]; [ende]) {…}`
  - `while ([bedingung]) {…}`
  - `do {…} while ([bedingung]);`
- Beispiele:
  - `for (int i = 0; i<5; i++) {…}`
  - `while (i < 5) {…}`
  - `do {…} while (i < 5);`

Arrays und Pointer

- Pointer:
  - Verweisen auf Daten, die an einer anderen Stelle stehen
  - Physikalisch: Adressen von Daten
  - Zwei Operatoren:
    - &: liefert die Adresse
    - *: dereferenziert den Zeiger, d.h. * liefert das, was an seiner Adresse steht

Arrays und Ponter

- Pointer (Beispiele):

```
int x = 42;   //int
int* xp;      //Zeiger auf int
xp = &x;      //xp -> Adr. von x
*xp = 7;      //x = ?
```

- Pointer (Irreführende Deklaration):

```
int* p1, p2; //Erzeugt?
int *p1, p2;
```

Arrays und Pointer

- Arrays (Felder):
  - Anlegen eines Arrays: `int werte [10];`
  - Zugriff auf Feldelemente mit `[]` Operator
  - Durchlauf auch mit Pointern möglich
- Beispiel (mit Pointern):

```
int werte[10];
for (int* p=werte; p < werte+10; p++)
{
   cout << *p << endl;
}
```


Arrays und Pointer

- Arrays und Pointer
  - Weist man einem Pointer ein Array zu, so erhält der Pointer die Adresse des ersten Elements
  - Addiert man zu dem Zeiger einen ganzzahligen Wert *n*, so wird der Zeiger um *n* Elemente weitergesetzt
- Beispiel:

```
int werte[10];
int* wp = werte;   //d.h. wp = &werte[0]
*werte = 88;       //d.h. werte[0] =88
```

Arrays und Pointer

- C-Strings:
  - C-Strings sind Felder von Zeichen
  - Endkennung (d.h. letztes Element): `\0´
  - In C++ kapselt das Objekt `std::string` dies
  - Auch hier ist eine Iteration mittels Pointer möglich
- Beispiel:

```
const char* s = ``hallo´´;
for (const char* p=s; *p!=`\0´; p++)
{ … }
```


Funktionen

- [Rückgabetyp] [Name] ([Parameter]) {…}
- Wichtig:
  - Funktionen müssen vor dem Aufruf deklariert werden, d.h. sie müssen in den Zeilen über dem Aufruf stehen
- Funktionsprototypen umgehen diese Bedingungen und stellen eine Signatur dar
- Beispiel für eine Signatur:

```
int factorial (int);
```

Header-Dateien

- Dienen zur zentralen Verwaltung von Definitionen, die in verschiedenen Modulen benötigt werden
- Enthalten typischerweise globale Konstanten, Variablen, Funktionen und Klassendefinition
- Bedingte Übersetzung:

```
#ifndef HEADER_H
#define HEADER_H
…
#endif
```


Klassen

- Enthalten Attribute und Funktionen
- Werden typischerweise in Header-Dateien deklariert
- Beispiel einer Deklaration:

```
class Person {
private:
   char* name;
   int age;
public:
   void setName (char*);
   void setAge (int);
};
```

Klassen

- Deklaration von Funktionen mit `inline`:
  - Implementierung direkt in der Deklaration
  - Zwei verschiedene Arten:
    - Direkt in der Deklaration (ohne `inline`)
    - Im Header-File nach der Deklaration (mit `inline`)
  - Beispiel (direkt in der Deklaration):

```
… // statt void setAge(int);
void setAge(int age) {
  this->age = age;
}
..
```


Klassen

- Deklaration von Funktionen mit inline:
  - Beispiel (mit inline):

```
class Person {
  …
  void setAge(int);}
  …
};
inline void Person::setAge(int a) {
  age = a;
}
```

Klassen

- Erzeugen von Objekten:
  - Statische Erzeugung:

```
Person peter;
Person john;
```

    - Objekte werden gelöscht, wenn der Gültigkeitsbereich des Objekts verlassen wird
  - Dynamische Erzeugung:

```
Person* peter;
peter = new Person;
delete peter; // ruft Destruktor auf;
```


Klassen

- Konstruktoren:
  - Definiert als Methode einer Klasse
  - Name ist identisch zum Namen der Klasse
  - Kein Rückgabewert (auch nicht `void`)
  - Mehrere Konstruktoren durch Überladen
  - Deklaration im `public` Abschnitt
  - Minimaler Default-Konstruktor wird erzeugt, falls kein Konstruktor vorhanden ist

Klassen

- Konstruktoren
  - Aufruf bei der Erzeugung durch `new` oder bei der Erzeugung eines statischen Objekts
  - Minimaler Konstruktor:

```
Person::Person() { }
```

  - Standard Konstruktor:

```
Person::Person() {
 name = NULL;
 age = 0;
}
```


Klassen

- Konstruktoren:
  - Andere Konstruktoren:

```
Person::Person(char* n, int i = 0) {
 name = n;
 age = i;
}
Person::Person(char* n, int i = 0) :
 name(n), age(i) {…}
```

  - Beschreibt zwei Konstruktoren:

```
Person::Person(char* n) {…}
Person::Person(char* n, int i
```

Klassen

- Beispiele für statisches Erzeugen:

```
Person::Person; //Default
Person::Person(``Peter´´); // age = 0;
Person::Person(``Peter´´, 45);
```

- Beispiele für dynamisches Erzeugen:

```
peter* = new Person::Person;
peter* = new Person::Person(``Peter´´);
```


Klassen

- Löschen von Objekten:
  - Mittels Destruktor (beginnt mit ~)
  - Wird aufgerufen, sobald der Gültigkeitsbereich eines statischen Objekts verlassen wird oder delete aufgerufen wird
  - Minimaler Destruktor:

```
Person::~Person() { }
```

  - Besitzt keinen Rückgabetyp (wie Konstruktor)
  - Nur ein Destruktor möglich
  - Sinn: Löschen von Unterobjekten

Klassen

- Zugriffsoperator:
  - Mit dem Punkt-Operator `.`
  - Bei Zeigern auf ein Objekt mit dem Pfeil `->`
  - Beispiel:

```
Person peter;
Person* john = new Person;
peter.setName(``Peter´´);
john->setAge(35);
delete john;
```


Vererbung

- Syntax:

```
class subClass :
    [modifier] superClass1,
    [modifier] superClass2,
    …
    [modifier] superClassN
{
    …
}
```

- Keine Vererbung für Konstruktoren, Destruktor und Zuweisungs-Operator

Vererbung

- Generell gilt:
  - Alles was nicht überschrieben wird, wird geerbt
  - Zugriff auf eine überschriebene Methode der Superklasse (**`super.`**`[method]` in Java):
    - Scope-Operator ::
    - Beispiel: `Employee` erbt von `Person`

```
Employee a;
a.print();
a.Person::print();
```


Vererbung

- Beispiel:

```
class Employee : public Person {…
    void print() {
         // print(); //endlos
         Person::print();
         cout << ``blah´´ << endl;
    }
};
Employee a;
a.print();
a.Person::print();
```

Vererbung

- Konstruktoren:
  - Elemente der Basisklasse werden durch Konstruktorder Basisklasse initialisiert
  - Initialisierungsliste:

```
class_name::class_name(parameter_list)
      : superClass1(parameters),
        superClass2(parameters), …
```

  - Konstruktoren der Basisklasse werden vor dem Konstruktor der abgeleiteten Klasse ausgeführt!

Vererbung

- Destruktoren:
  - Löschen von Elementen der Basisklasse **muss** in der Basisklasse erfolgen
  - Destruktor der Basisklasse wird **automatisch** aufgerufen **nach** dem Destruktor der abgeleiteten Klasse

Vererbung

- Zeiger auf Objekte:
  - Zeiger auf ein Objekt einer abgeleiteten Klasse kann einem Zeiger auf eine Basisklasse zugewiesen werden:
    - Unterklasse ist eine Erweiterung
  - Umkehrung funktioniert nicht:
    - Typecasting notwendig
  - Allgemeine Regel:
    - Speziellere Typen (abgel. Klassen) können einem allgemeineren Typ (Basisklasse) zugewiesen werden

Vererbung

- Typecasting:
  - `reinterpret_cast<type>(parameter);`
    - Keine Überprüfungen, keine Wertänderung
    - Zeigertyp in beliebigen anderen Zeigertyp ändern
  - `static_cast<type>(parameter);`
    - Implizit mögliche Casts und Umkehrungen möglich
    - Basisklasse <-> abgel. Klasse, int <-> char
    - Keine echte Überprüfung auf Typkompatibilität
  - `dynamic_cast<type>(parameter);`
    - Laufzeittyp wird bei der Überprüfung verwendet
    - Wie das Casting in Java

Vererbung

- Virtuelle Methoden:
  - Zugriff auf Elemente einer abgeleiteten Klasse nur nach einem Casting des Zeigers
  - **Ziel**: Ausführung einer geeigneten Methode der Unterklasse (ohne diese explizit zu kennen (bei Java immer so))
  - **Lösung**: Virtuelle Methode → Semantik wird vom Objekt und nicht vom Zeiger definiert
  - Realisierung mit dem Schlüsselwort `virtual` in der Basisklasse
  - Speicherverbrauch steigt (Objekt enthält Zeiger auf die *vtable* der Klasse)

Vererbung

- Beispiel in Java:

```
class Person {…
      public void print();
}
class Employee extends Person {…
   public void print();
}
Person p = new Person();
Person pe = new Employee();
p.print();      // Person.print();
pe.print();     // Employee.print();
```

Vererbung

- Beispiel in C++ (ohne virtuelle Methoden):

```
class Person {…
   public: void print();
};
class Employee : public Person {…
   public: void print();
};
Person* p = new Person;
Person* pe = new Employee;
p.print();   // Person::print();
pe.print();  // Person::print();
```


Vererbung

- Beispiel in C++ (mit virtuellen Methoden):

```
class Person {…
   public: virtual void print();
};
class Employee : public Person {…
   public: void print();
};
Person* p = new Person;
Person* pe = new Employee;
p->print();       // Person::print();
pe->print();      // Employee::print();
```

Vererbung

- Virtuelle Destruktoren:
  - Dynamisch erzeugte Objekte können einem Zeiger der Oberklasse zugewiesen werden
  - Wird das Objekt gelöscht, wird nur der Destruktor der Oberklasse aufgerufen
  - **Lösung:** virtueller Destruktor
  - Das Schlüsselwort `virtual` wird in der Basisklasse vor dem Konstruktor angegeben

```
class class_name {
 virtual ~class_name() {…}
};
```


Vererbung

- Abstrakte Klassen:
  - Nicht alle deklarierten Methoden werden implementiert
  - Instanzen dieser Klasse gibt es nicht
  - Unterklassen können Instanzen haben, sofern alle deklarierten Methoden implementiert sind
- Syntax:

```
class class_name {
   virtual return_type
    method_name(parameter_list)=0;
}
```

Mehrfachvererbung

- Unterklasse hat mehrfache Basisklassen
- Unterklasse enthält jede Basisklasse
- Konstruktor der abgel. Klasse kann Konstruktoren von allen Basisklassen aufrufen
- Wird ein Objekt einer abgel. Klasse vernichtet, werden die Destruktoren aller Basisklassen gerufen

Mehrfachvererbung

- Beispiel:

```
class Base1 {…
   public: Base1(int, char*);
};
class Base2 {…
   public: Base2(int, float);
};
class Derived :   public Base1,
                  public Base2 {…
   public: Derived(char* s, int i) :
     Base1(i, s), Base2(i, 4.2f) {…}
};
```

Mehrfachvererbung

- **Problem:** Mehrdeutigkeiten bei Namenskollisionen
- Zwei oder mehr Basisklassen haben gleiches Element:
  - Member-Variablen
  - Methoden (gleicher Name und Parameter)
  - Nutzlos: `private`
- Scope-Operator `::` als Lösung:
  - Methode überschreiben und gewünschte Methode der Basisklasse mit :: auswählen

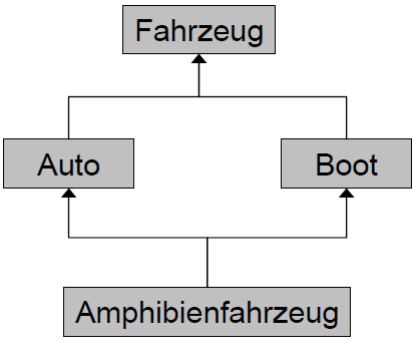
Mehrfachvererbung

- Beispiel:
  - *Amphibienfahrzeug* ist sowohl *Auto* als auch *Boot*
  - Deklarieren beide Basisklassen eine Methode `move(int d)` gibt folgender Aufruf einen Fehler:

```
Amphibienfahrzeug a;
a.move(10);
```

  - Es ist ein mehrdeutiger Aufruf, da nicht klar ist, ob `move` der Klasse `Boot` oder der Klasse `Auto` aufgerufen werden soll

Mehrfachvererbung



- Klasse Fahrzeug wird mehrfach eingebunden und damit auch ihre Attribute und Methoden

Mehrfachvererbung

- **Lösung:** Erben mit dem Schlüsselwort `virtual` führt dazu, dass die Komponenten nur einmal eingebunden werden
- Zugriff ohne Bereichsoperator eindeutig und deshalb möglich

Ausnahmen

- Drei Schlüsselwörter:
  - Versuchsblock: `try`
  - Ausnahme erzeugen: `throw`
  - Abfangen: `catch`
- Es existiert kein `finally`
- Exceptions sind nicht Teil der Methodensignatur, d.h. sie können überall geworfen werden
- Fangen aller Exceptions: `catch(…)`

Ausnahmen

- Funktionen können eine Exception-Liste angeben
- Das Schlüsselwort `throw` im Funktionsprototyp:

```
return_type method_name(parameters)
throw (exception_list) {…}
```

- Funktionen können dennoch weitere Exceptions erzeugen (auch wenn diese nicht in der Liste enthalten sind)

Ausnahmen

- Abfangen von Ausnahmen:

```
try
{
   …
   if(error) throw exception_class(…);
}
catch(exception_class variable)
{
   // exception handling
}
```


Literatur

- Nicolai Josuttis, “Objektorientiertes Programmieren in C++”, ISBN 3-8273-1771-1
- http://www.cplusplus.com/ref/cstdio/printf.html
- http://www.ijon.de/comp/tutorials/makefile.html