Von Java/C nach C++

Peter Ulbrich, Martin Hoffmann

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
www4.informatik.uni-erlangen.de

19. Oktober 2010

Fokus

Worum geht es hier nicht?

- Standardbibliothek
- Speicherverwaltung
- Ein- und Ausgabe

Warum geht es nicht darum?

- Weil wir es hier nicht brauchen!

Worum es geht?

- *Abbildung* von Java auf C++
- Was gibt es in C++, was es in Java nicht gibt?

Der bekannteste Unterschied

- Java-Programme: Ausführung auf einer virtuellen Maschine
  - mächtiges Laufzeitsystem (z.B. Garbage Collection)
  - Typinformation
  - dynamische Laden von Klassen
  - Überprüfungen zur Laufzeit
  - ...
- C++-Programme: Ausführung auf der nackten Hardware
  - kein Laufzeitsystem
  - keine Typinformation
  - Ausnahme: RTTI und Exceptions (teuer!)

Primitive Datentypen in Java und C++

- primitive Datentypen in Java $\mapsto$ exakt spezifiziert
  - Breite (in Bits) von Ganzzahltypen exakt und absolut angegeben
- primitive Datentypen in C++ $\mapsto$ implementierungsabhängig
  - Breite von Ganzzahltypen ist relativ angegeben
    - z.B. Bits(int) $\geq$ Bits(short)

Primitive Datentypen - Übersicht

Diese Angaben für C++-Datentypen gelten z.B. auf heutigen x86-Systemen mit dem GNU C Compiler (Version 3.3.5):

Java				C++			
Bezeichner	Größe	min	max	Bezeichner	Größe	min	max
boolean	-	-	-	bool	-	-	-
char	16 Bit	Unicode 0	Unicode $2^{16}-1$	char	8 Bit	-128	+127
-	-	-	-	signed char	8 Bit	-128	+127
-	-	-	-	unsigned char	8 Bit	0	255
byte	8 Bit	-128	127	-	-	-	-
short	16 Bit	-2^{15}	$2^{15}-1$	signed short	16 Bit	-2^{15}	$2^{15}-1$
-	-	-	-	unsigned short	16 Bit	0	$2^{16}-1$
int	32 Bit	-2^{31}	$2^{31}-1$	signed int	32 Bit	-2^{31}	$2^{31}-1$
-	-	-	-	unsigned int	32 Bit	0	$2^{32}-1$
long	64 Bit	-2^{63}	$2^{63}-1$	signed long	32 Bit	-2^{31}	$2^{31}-1$
-	-	-	-	unsigned long	32 Bit	0	$2^{32}-1$
float	32 Bit	IEEE754	IEEE754	float	32 Bit	-	-
double	64 Bit	IEEE754	IEEE754	double	64 Bit	-	-
-	-	-	-	long double	96 Bit	-	-
void	-	-	-	void	-	-	-

Primitive Datentypen - Übersicht

Diese Angaben für C++-Datentypen gelten z.B. auf einem H8/300 mit dem GNU C Compiler (Version 3.4):

Java				C++			
Bezeichner	Größe	min	max	Bezeichner	Größe	min	max
boolean	-	-	-	bool	-	-	-
char	16 Bit	Unicode 0	Unicode $2^{16}-1$	char	8 Bit	-128	+127
-	-	-	-	signed char	8 Bit	-128	+127
-	-	-	-	unsigned char	8 Bit	0	255
byte	8 Bit	-128	127	-	-	-	-
short	16 Bit	-2^{15}	$2^{15}-1$	signed short	16 Bit	-2^{15}	$2^{15}-1$
-	-	-	-	unsigned short	16 Bit	0	$2^{16}-1$
int	32 Bit	-2^{31}	$2^{31}-1$	signed int	16 Bit	-2^{15}	$2^{15}-1$
-	-	-	-	unsigned int	16 Bit	0	$2^{16}-1$
long	64 Bit	-2^{63}	$2^{63}-1$	signed long	32 Bit	-2^{31}	$2^{31}-1$
-	-	-	-	unsigned long	32 Bit	0	$2^{32}-1$
float	32 Bit	IEEE754	IEEE754	float	32 Bit	-	-
double	64 Bit	IEEE754	IEEE754	double	32 Bit	-	-
-	-	-	-	long double	32 Bit	-	-
void	-	-	-	void	-	-	-

Wie löst man dieses Problem?

- Abbildung auf wohldefinierte Typen

Abbildung

```
typedef unsigned char      ezstubs_uint8;
//..
typedef long long          ezstubs_int64;
typedef ezstubs_uint32     ezstubs_addrword;
```

- ausschließliche Verwendung der wohldefinierten Typen

Verwendung

```
ezstubs_uint32 MyClass::myMethod() {
  //...
}
```

Konstanten in Java:

Schlüsselwort `final`

```
class Foo {
  static final int Bar = 0xff;
}
```


Konstanten in C++:

Präprozessor

```
#define PI 3.14159
```

Problematisch, weil:

- rein textuelle Ersetzung
- keine Integration ins C++-Typsystem

Konstanten in C++:

Schlüsselwort `const`

```
const unsigned int konstante = 5;
```

- muss initialisiert werden
- ins C++-Typsystem integriert
- Zusicherung des Programmierers an den Übersetzer!
- Unterschied zu C: benötigt nicht unbedingt Speicherplatz

Arrays

Arrays

```
int[] i = new int[5];
Object[] o = new Object[10];
```

- mehr als eine Reihung von Objekten gleichen Typs

☞ Arrays sind Objekte

  - enthalten z.B. Information über die Anzahl der Elemente

Klassen

Schlüsselwort `class`

```
class Foo {
  private int x;

  public int Bar() {
    return x;
  }

  ...
}
```


Arrays

Arrays

```
int i[10];
myClass myClassObjects[CONST_EXPRESSION];
```

- sind keine Objekte
- einfache Aneinanderreihung von Objekten gleichen Typs

Aufzählung

Schlüsselwort `enum`

```
enum Wochentage {
  Montag,
  Dienstag,
  ...
  Sonntag
};
```

- Zusammenfassung: Menge von Werten $\mapsto$ eigenständiger Typ

Verbund

Schlüsselwort `union`

```
union TCSR {
  unsigned char val;
  struct {
    unsigned char OCLRA : 1;
    unsigned char OVF   : 1;
    ...
    unsigned char ICFA  : 1;
  } bits;
};
```

- `val` und `bits` sollten gleich groß sein
- derselbe Speicherbereich aber unterschiedliche Interpretationen

Strukturen und Klassen

Schlüsselwort `struct`

```
struct Foo {
  ...
};
```

Schlüsselwort `class`

```
class Bar {
  ...
};
```

- Strukturen und Klassen sind in C++ fast äquivalent
- Unterschied: Sichtbarkeit
  - Strukturen: standardmäßig public
  - Klassen: standardmäßig private
- zu Klassen später mehr ...

Benutzerdefinierte Typen

Schlüsselwort `typedef`

```
typedef type_A type_B;
```

- `type_B` kann synonym zu `type_A` verwendet werden
- Vorsicht: *Forward Declarations* und `typedef`

Forward Declaration ≠ *typedef*

```
typedef my_Class_A my_Class_B;
...
class my_Class_B;
```

obiges Beispiel wird eine Fehlermeldung beim Übersetzen liefern!

Funktionsdefinitionen in Java

Funktionsdefinition im Klassenrumpf

```
class Foo {
  public int a;
  public int Bar(int i) {
    return i + a;
  }
}
```

- Alle Funktionen sind Methoden genau einer Klasse
- Keine globalen Funktionen
- Funktionen werden immer im Klassenrumpf definiert

Funktionsdefinitionen in C++

Funktionsdefinition im Klassenrumpf

```
class Foo {
  int Bar(int i) { return i + 5; }
};
```

Funktionsdefinition außerhalb des Klassenrumpfs

```
class Foo {
  int Bar(int i);
};
int Foo::Bar(int i) { return i + 5; }
```

- Funktionsdefinition innerhalb oder außerhalb des Klassenrumpfs
- auch globale Funktionen sind erlaubt

Überladen von Funktionen in Java

```
void Bar(int i) { ... }              // OK
void Bar(long l) { ... }             // OK
void Bar(Object o) { ... }           // OK
Object Bar(int i) { ... }            // Fehler
Object Bar(Object o,int i) { ... } // OK
```

Überladen von Funktionen in C++

```
void Bar(int i) { ... }              // OK
void Bar(long l) { ... }             // OK
void Bar(Object o) { ... }           // OK
Object Bar(int i) { ... }            // Fehler
Object Bar(Object o,int i) { ... } // OK
```


Einbettung von Funktionen

Original

```
int inc(int a) {
  return a + 1;
}
int main() {
  int a = 2;
  a = inc(a);
  a = inc(a);
  a = inc(a);
  return 0;
}
```

Eingebettet

```
int main() {
  int a = 2;
  { int a_temp = a;
    a = a_temp + 1; }
  { int a_temp = a;
    a = a_temp + 1; }
  { int a_temp = a;
    a = a_temp + 1; }
  return 0;
}
```

- erhält Semantik der Parameterübergabe: hier call by value

Einbettung von Funktionen

- Einbettung $\neq$ textueller Ersetzung
  - letzteres macht der Präprozessor
- Vorteil: Man spart den Overhead des Funktionsaufrufs.
- Gefahr: Code Bloat durch Code-Duplikation
- Achtung: Die optimale Inlining-Strategie zu finden ist schwer!

Einbettung von Funktionen in Java

Schlüsselwort `final`

```
class Bar {
  final int Foo() { ... }
}
```

- Es gibt kein explizites Inlining in Java!
- Schlüsselwort `final` $\rightsquigarrow$ Methode wird nicht überschrieben!

☞ Solche Methoden kann der Compiler einbetten.

Einbettung von Funktionen in C++

- durch Definition im Klassenrumpf
- durch entsprechende Deklaration

Schlüsselwort `inline`

```
class Foo {
  inline int Bar(int i);
};
int Foo::Bar(int i) { return i + 5; }
```

- Definition muss beim Aufruf für den Compiler sichtbar sein!
- Letztendliche Einbettung hängt vom Compiler und den Compiler-Optionen ab!

Operatoren entsprechen *normalen* Funktionen

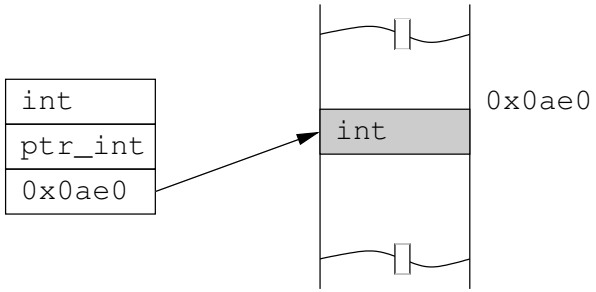
Beispiele

```
class Foo {
  // Zuweisungsoperator
  Foo operator=(Foo val);
  // Typkonvertierung
  operator Bar ();
};
```

- Syntactic Sugar
- keine *echten* benutzerdefinierten Operatoren
- Gewisse Operatoren können nicht überladen werden.
- Die Präzedenz kann nicht beeinflusst werden.

Was sind Zeiger

- ein Zeiger ist ein Tripel (`Typ`, `Bezeichner`, `Wert`)
- Wert eines Zeigers: eine Adresse
- Semantik: an der Adresse ist ein Objekt vom Typ `Typ`
- Java: alle komplexen Datentypen sind Zeiger
- C++: wählbar



Verwendung von Zeigern

- Deklaration:

```
int* i;
MyClass* foo;
```

- Zugriff auf den referenzierten Wert:

Operator `*`

```
*i = 5;
```

- Wo kommen Zeiger her?

Operator `&`

```
int i;
int* ptr_to_i = &i;
```

Operator `new`

```
Foo* f = new Foo();
```

Referenzen

- ≈ konstanter Zeiger, der automatisch dereferenziert wird
- muss initialisiert werden
- Verwendung:

```
int i = 6;
int& c = i;
Foo bar;
Foo& foobar = bar;

c = 5;  // i == 5!
foobar.bar_method()
```


- Java
  - primitive Datentypen: call by value
  - komplexe Datentypen: call by reference
- C++
  - call by value: ein Objekt übergeben
  - call by reference: einen Zeiger oder eine Referenz übergeben

```
void by_value(int i,Foo f);
void by_reference(int* i,Foo& f);

int i = 5;
Foo f;

int main() {
  by_value(i,f);       // call by value
  by_reference(&i,f); // call by reference
  return 0;
}
```


Klassen in Java und C++

... sind im Großen und Ganzen sehr ähnlich, vor allem, was das Konzept betrifft

Sichtbarkeit von Feldern und Methoden

Java

```
class Foo {
  public int a;
  protected int b;
  private int c;
  public int Bar() {
    ...
  }
}
```

- Angabe der Sichtbarkeit für jedes Feld einer Klasse einzeln

C++

```
class Foo {
private:
  int c;
protected:
  int b;
public:
  int a;
  int Bar() { ... }
};
```

- Angabe der Sichtbarkeit für eine Gruppe von Feldern einer Klasse

Klassenvariablen - statische Felder

- Deklaration wie in Java

Schlüsselwort `static`

```
class Foo {
  static int bar;
  static void foobar();
};
```

- In C++ muss aber explizit Speicher belegt werden:

```
int Foo::bar = 0;
```

  - sonst ⇝ `undefined reference ...` beim Binden

- Vorsicht: `static` für globale Variablen/Funktionen
  - Das gibt es auch, es hat aber eine andere Bedeutung:
  - ☞ Sichtbarkeit auf die umgebende Übersetzungseinheit beschränkt

Einfache Vererbung

Java

```
class Foo extends Bar {
  ...
}
```

- Felder und Methoden der Basisklasse werden public vererbt.

C++

```
class Foo : public Bar {
  ...
};
```

- Sichtbarkeit von Feldern und Methoden der Basisklasse muss spezifiziert werden.

Sichtbarkeit und Vererbung

Basisklasse	Vererbung	Klasse
public	public	public
	protected	protected
	private	private
protected	public	protected
	protected	protected
	private	private
private	public	private
	protected	private
	private	private

- Vorsicht: protected/private-Vererbung ändert die Schnittstelle
- Interface- vs. Implementation-Inheritance
- Standard: private

Wozu ist das gut?

- Definition von Benutzerschnittstellen
- Beispiel: Unterbrechungssynchronisation

Schnittstelle

```
// not synchronized
class MyClass {
public:
  myMethod();
};
// synchronized
class MyGuardedClass
  : protected myClass
{
public:
  myMethod();
};
```

Verwendung

```
MyGuardedClass myObject;

// OK
myObject.myMethod();

// Compiler Fehler
myObject.
  MyClass::myMethod();
```

Mehrfache Vererbung

Mehrfachvererbung

```
class Foo
  : public Bar1, protected Bar2, ... private Barn
{
  ...
};
```

- eine Klasse kann mehr als eine Basisklasse haben
- Vorsicht: Konflikte können entstehen
  - Klasse `Bar1` definiert Methode `void Bar1::FooBar()`
  - Klasse `Bar2` definiert Methode `void Bar2::FooBar()`

  in Klasse `Foo`: welche Methode ist gemeint?
- Konflikte müssen vom Programmierer aufgelöst werden!

Polymorphismus

Auswahl der Methode zur Laufzeit

```
int main() {
  Oberklasse* o;
  Unterklasse1* u1 = new Unterklasse1();
  Unterklasse2* u2 = new Unterklasse2();

  // Unterklasse1::foo()
  o = u1;
  o->foo();
  // Unterklasse2::foo()
  o = u2;
  o->foo();

  return 0;
}
```


Virtuelle Methoden

- Polymorphismus nur bei virtuellen Methoden
- in Java sind alle Methoden virtuell
- in C++ müssen Methoden als virtuell deklariert werden

  Schlüsselwort `virtual`

```
class Foo {
  virtual void bar();
};
```

- Vorsicht: Virtuelle Methoden sind teuer!

Schnittstellenbeschreibungen

- Klassen
- Interfaces in Java

  Schlüsselwort `interface`

```
interface Comparable {
  public int compare(Object o);
}
```

- Abstrakte Klassen in C++: rein virtuelle Methoden

```
class Comparable {
public:
  virtual int compare(Object o) = 0;
};
```

Konstruktoren

- sehr ähnlich zu Java
- Reihenfolge:
  1. Konstruktor der Basisklasse
  2. Konstruktor der eigentlichen Klasse
- Achtung: Reihenfolge der Basisklassenkonstruktoren bei Mehrfachvererbung ist nicht immer definiert!
- Unterschied: kein `super`
- Basisklassenkonstruktor in der Initializer-list des Konstruktors

```
class Foo : public Bar {
  Foo() : Bar() {
    ...
  }
};
```

- nicht notwendig bei Default-Konstruktoren

Destruktoren

- ähnelt dem `finalize` aus Java
- räumt ein Objekt auf, wenn seine Lebenszeit endet
- Reihenfolge:
  1. Destruktor der eigentlichen Klasse
  2. Destruktor der Basisklasse
- Achtung: Reihenfolge der Basisklassendestruktoren bei Mehrfachvererbung ist nicht immer definiert!
- Es gibt für jede Klasse genau einen Destruktor!

Syntax

```
class Foo {
  Foo() { .. }   // Konstruktor
  ~Foo() { .. }  // Destruktor
};
```


Explizite Erzeugung

- dynamische Erzeugung von Objekten mit dem Operator `new`

```
MyClass* mc = new MyClass();
```

- liefert einen Zeiger auf das erzeugte Objekt
- benötigt dynamische Speicherverwaltung
- Vorsicht: Speicher mit `delete` wieder freigegeben!

```
delete mc;
```

- Keine Garbage Collection!

Implizite Erzeugung - lokale Variablen

Lokale Variablen

```
int main() {
  myClass a;       // Default-Konstruktor
  yourClass b(3); // benutzerdefinierter Konstruktor
  ...
  return 0;
}
```

- werden auf dem Stapel angelegt
- beim Betreten des Sichtbarkeitsbereichs: Konstruktor
- beim Verlassen des Sichtbarkeitsbereichs: Destruktor

Implizite Erzeugung - Felder

Felder einer Klasse

```
class Foo {
  myClass a;       // Default-Konstruktor
  yourClass b;     // benutzerdefinierter Konstruktor
  ourClass c;      // benutzerdefinierter Konstruktor

  Foo() : b(3),c("Hallo") {...}
};
```

- Kind-Objekte werden implizit mit dem Eltern-Objekt erzeugt
- Aufruf des Default-Konstruktors durch den Compiler
- andere Konstruktoren in der Initializer-Liste

Implizite Erzeugung - global

Globale Variablen

```
myClass a;       // Default-Konstruktor
yourClass b(3); // benutzerdefinierter Konstruktor
```

- globaler Sichtbarkeitsbereich wird beim
  - Start der Anwendung betreten
  - Beenden der Anwendung verlassen
- Compiler erzeugt entsprechende Konstruktor/Destruktor-Aufrufe
- Vorsicht: Reihenfolge nicht spezifiziert!
- Compiler-spezifische Erweiterungen notwendig

Zugriff auf nicht-statische Felder

Zugriff auf nicht-statische Felder bei Objekten

Operator .

```
class Foo {
public:
  int bar_var;
  int bar_method();
};
```

```
int main() {
  int a,b;
  Foo foo;

  a = foo.bar_var;
  b = foo.bar_method();

  return 0;
}
```


Zugriff auf nicht-statische Felder

Zugriff auf nicht-statische Felder bei Zeigern auf Objekte

Operator ->

```
class Foo {
public:
  int bar_var;
  int bar_method();
};
```

```
int main() {
  int a,b;
  Foo* foo = new Foo();

  a = foo->bar_var;
  b = foo->bar_method();

  return 0;
}
```

- `foo->a` ist Kurzform für `(*foo).a`
- Syntactic Sugar

Zugriff auf statische Felder

Operator :: (scope-Operator)

```
class Foo {
public:
  static int bar_var;
  static int bar_method();
};
```

```
int main() {
  int a,b;

  a = Foo::bar_var;
  b = Foo::bar_method();

  return 0;
}
```


Typumwandlung in C++

```
type var = const_cast< type >(param);
```

- entfernt `const`-Qualifizierung
- besser: `mutable`-Qualifizierung für Instanzvariablen
- Ausnahme: existierende API, die kein `const` unterstützt

```
void foo(const char* str) {
  legacy_func(const_cast< char* >(str));
}
```

- Achtung: `legacy_func` darf `str` nicht verändern!

Typumwandlung in C++

```
type var = static_cast< type >(param);
```

- Konvertierung zwischen Zahlenformaten (z.B. `int` und `float`)
- Konvertierung zwischen verwandten Zeiger- und Referenztypen
  - Typen werden statisch während der Übersetzung aufgelöst
- Achtung: Typdefinition muss bekannt sein
  - Deklaration ist nicht ausreichend $\leadsto$ Übersetzungsfehler
- `this`-Zeiger werden bei Bedarf angepasst
  - z.B. im Falle der Mehrfachvererbung

Typumwandlung in C++

```
type var = dynamic_cast< type >(param);
```

- Konvertierung zwischen verwandten Zeiger- und Referenztypen
  - wird dynamisch während der Laufzeit aufgelöst
  - Typinformation notwendig $\leadsto$ RTTI
- Fehlerfall
  - Zeiger: `0` wird zurück gegeben
  - Referenzen: `bad_cast`-Ausnahme wird geworfen
- nur mit polymorphen Typen möglich $\leadsto$ virtuelle Methoden
- Alternative: dynamic dispatch durch virtuelle Funktionen

Typumwandlung in C++

```
type var = reinterpret_cast< type >(param);
```

- erzwungene Reinterpretation einer bestimmten Speicherstelle
- ähnlich zu Typumwandlungen für Zeiger in C
  ($\neq$ Typumwandlung im C-Stil)
- keine Überprüfung - weder zur Übersetzungs- noch zur Laufzeit
- in der Regel: Finger weg!

Typumwandlung im C-Stil

```
class A { ... };
class B : public class A { ...};

A* a = new A(); // OK
B* b = new B(); // OK
A* pa = b;      // OK
B* b1 = a;      // Fehler
B* b2 = pa;     // Fehler
B* b3 = (B*)pa; // OK (mit einfacher Vererbung)
B* b4 = (B*)a;  // Fehler (nicht erkennbar)
```


Typumwandlung im C-Stil (considered harmful)

- $\neq$ Typumwandlung in C
- *probiert* verschiedene C++-Typumwandlungen:
  1. `const_cast`
  2. `static_cast`
  3. `static_cast`, dann `const_cast`
  4. `reinterpret_cast`
  5. `reinterpret_cast`, dann `const_cast`
- das Ergebnis unterscheidet sich, je nachdem ob
  - alle Header eingebunden wurden $\mapsto$ `static_cast` oder
  - nur eine Deklaration verfügbar ist $\mapsto$ `reinterpret_cast`
- solange es irgendwie geht: Finger weg!
  - Problem: Verwendung von C-Bibliotheken in C++-Programmen

- Java: Packages

  Schlüsselwort `package`

```
package Bar;

public class Foo { ... }
```

- Vollständiger Name der Klasse "`Foo`": `Bar.Foo`
- C++: Namensräume

  Schlüsselwort `namespace`

```
namespace Bar {

  class Foo { ... };
}
```

- Vollständiger Name der Klasse "`Foo`": `Bar::Foo`

Funktionstemplates

- Zweck: generische Funktion
  - verschiedene Parametertypen
  - verschiedene Rückgabetypen
- Syntax:

```
template < class class_name > declaration
template < type type_name > declaration
```

- Beispiel:

```
template < type T > T max(T a,T b) {
  return a > b ? a : b;
}
```


Klassentemplates

- Zweck: parametrisierbare Klassen
- Syntax:

```
template < class class_name > declaration
template < type type_name > declaration
```

- Beispiel:

```
template < type T,int I > class Tuple {
  T content[I];
public:
  T get(int i) { return content[i]; }
  void set(T val,int i) { content[i] = val; }
};
```


Bruce Eckel.
Thinking in C++.
Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 1995.

Thomas Strasser.
C++ Programmieren mit Stil.
dpunkt Verlag, 1997.

Bjarne Stroustrup.
The C++ Programming Language.
Addison-Wesley, 1997.

Andre Willms.
C++ - Einstieg für Anspruchsvolle.
Addison-Wesley, 2005.