

# Programmiertechnik II

## Polymorphie und spätes Binden

# Polymorphie

- Vielgestaltigkeit
- LSP: Liskov Substitution Principle
  - Barbara Liskov, Data Abstraction and Hierarchy, SIGPLAN Notices. 23 (5), May 1988
  - Funktionen, die Referenzen auf die Basisklasse erwarten, sollen Exemplare der Ableitung verarbeiten können, ohne es zu wissen.

If for each object  $o_1$  of type  $S$  there is an object  $o_2$  of type  $T$  such that for all programs  $P$  defined in terms of  $T$ , the behaviour of  $P$  is unchanged when  $o_1$  is substituted for  $o_2$  then  $S$  is a subtype of  $T$ .

# Spätes Binden

- Auffinden einer gerufenen Methode zum Zeitpunkt des Aufrufs, in Abhängigkeit des dynamischen Typs einer Variablen

```
class Foo{
    public: virtual void bar();
};
// weitere Ableitungen
...
// Verwendung
void foobar(Foo *foo){
    foo->bar();
}
```

# Multi-Methoden

- Virtuelle Methoden: Ausgewählte Methode hängt nur von Zielobjekt des Aufrufs ab
- Multi-Methoden: Ausgewählte Methode hängt von den dynamischen Typen mehrerer Parameter ab

```
Number add(Number, Number); // abstrakt
```

```
Integer add(Integer, Integer);
```

```
Float add(Float, Float);
```

```
Float add(Float, Integer);
```

```
Float add(Integer, Float);
```

```
Number x = new Float(1.0);
```

```
Number y = new Integer(2);
```

```
Number z = add(x, y);
```

– implementiert in CLOS (Common Lisp Object System), SDL-2000, Dylan

# Realisierung von Vererbung

- Objekt-Layout: Festlegung der Offsets von Exemplarattributen innerhalb des Objektzustands
- Vererbung: neue Attribute werden zu der Klasse hinzugefügt
- LSP: Methoden der Basisklasse müssen auf Objekten so operieren können, als wären es Exemplare der Basisklasse
  - alle Attribute müssen in der Ableitung die gleichen Offsets haben wie in der Basisklasse
  - neue Attribute folgen im Layout den alten
  - Pointer auf Objekte sind dann gleichermaßen Pointer auf die Basisklasse und Pointer auf die Ableitung
- Mehrfachvererbung?

# Realisierung von Methoden

- Problem: Methoden operieren implizit auf “aktuellem” Objekt (C++, Java: zugänglich über “this”)

```
class X{  
    int item;  
    void foo(){  
        item = 4; // equivalent zu this->item = 4  
    }  
};
```

- Lösungsstrategie: Jede Methode hat impliziten ersten Parameter (Referenz auf das Objekt)
  - alle anderen Parameter verändern ihre Parameterposition

# Realisierung von virtuellen Methoden

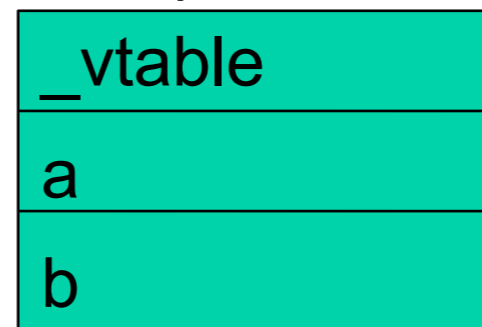
- Spätes Binden: zu rufende Methode ergibt sich aus dem Typ des Objekts
  - Jede Methode ist pro Klasse höchstens einmal vorhanden
- Funktionspointer: Adresse einer Funktion
- Virtuelle Methodentable (virtual method table, VMT): Feld/Struktur von Funktionspointern
  - eine VMT pro Klasse
  - virtuelle Methoden haben Nummern/Offsets in der Klasse

# Virtuelle Methodentabellen

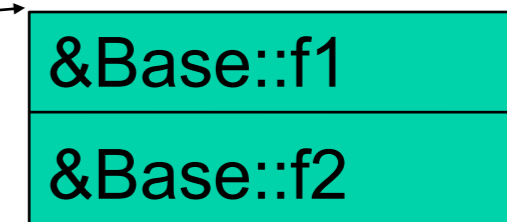
```
struct Base { // C++  
    int a;  
    double b;  
    virtual void f1();  
    virtual int f2(int);  
};
```

```
struct Derived:public Base{  
    char* c;  
    virtual void f1();  
    virtual void f3();  
};
```

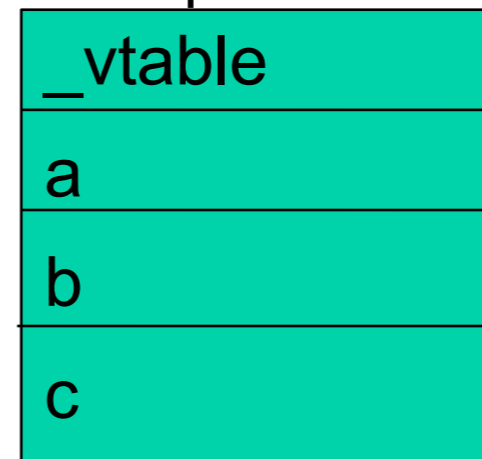
Exemplar von Base



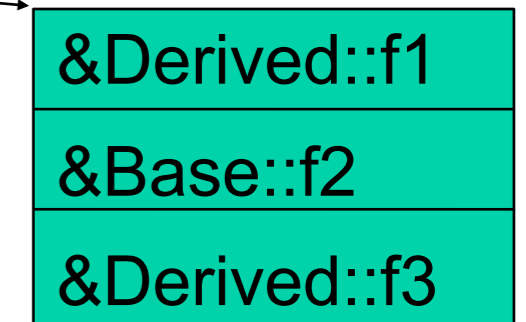
VMT von Base



Exemplar von Derived



VMT von Derived





# Vererbung in C

```
struct Base{ /* C */  
    int a;  
    double b;  
};
```

```
struct Derived{  
    struct Base _base;  
    char* c;  
};
```

# Methoden in C

- Kein impliziter “this”-Parameter
  - this muss explizit sein
- Methode mit gleichem Namen in mehreren Klassen
  - Funktionen in C dürfen nur einmal definiert werden
  - Klassename wird Teil des Funktionsnamens
  - Optional: Überladung; Parametertypen werden ebenfalls Teil des Funktionsnamens

```
void Base_f1(Base *this) /* C */  
{  
    //code  
}
```

# Funktionszeiger

	Deklaration	Typedef	Cast	Zuweisung
int	<code>int a;</code>	<code>typedef int Count;</code>	<code>(int)wert</code>	<code>a=3;</code>
Zeiger auf int	<code>int *b;</code>	<code>typedef int* PCount;</code>	<code>(int*)wert</code>	<code>b=&amp;a;</code>
Funktion, die int zurückgibt	<code>int c();</code>	-	-	-
Funktion, die int erwartet und Zeiger auf int zurückgibt	<code>int* d(int);</code>	-		-
Zeiger auf Funktion, die int zurückgibt	<code>int (*e)();</code>	<code>typedef int (*intfun)();</code>	<code>(int (*) ())wert</code>	<code>e = &amp;c;</code>
Zeiger auf Funktion, die int erwartet, und Zeiger auf int zurückgibt	<code>int* (*f)(int);</code>	<code>typedef int* (*intfun2)(int);</code>	<code>(int* (*)(int))wert</code>	<code>f = &amp;d;</code>

# Virtuelle Methodentabellen in C

- Struktur von Funktionszeigern:

```
struct Base_vtable_layout{ /* C */  
    void (*f1)(struct Base*);  
    int (*f2)(struct Base*, int);  
};
```

```
struct Base_vtable_layout Base_vtable = {  
    &Base_f1, &Base_f2  
};
```

Problem: wie kann man vtable um neue Methoden verlängern?

- Feld von Funktionszeigern

– Datentyp des Feldelements? void\*

```
void *Base_vtable[] = {  
    &Base_f1, &Base_f2  
};
```

# Makros

- Zwei Arten von Makros: parameterlos, mit Parameter
  - #define M1 wert
  - #define M2(param1, param2) param1 + param2
- Makro endet am Ende der Zeile
  - Backslash am Zeilenende bedeutet Fortsetzung des Makros
    - #define M3(param1, param2, param3) \  
param1 = param3;\br/>param2 = param3;
- Verwendung von Makros: Text der Makrodefinition wird eingesetzt
  - Parameterbehaftete Makros müssen mit Klammern aufgerufen werden
    - M3(a, b, M1) // a=wert; b=wert;
  - Ersetzung auch in andern Makros und in #if
    - #if M1 > 100  
bedingtes Fragment  
#endif
  - Ausnahme: “#ifdef M1” testet nur, ob Makro definiert ist; keine Ersetzung

# Parameter in Makros

- Direkte Verwendung: Ersetzung

```
#define A(B, C)    B *x = new B[C]
A(int, 10);      // int *x = new int[10];
```

- Verwendung mit #: *Stringification*

```
#define    A(S)    char *S = #S
A(hello);      // char *hello = "hello";
```

- Verwendung mit ##: Token-Verkettung

```
#define    A(S)    char *S##_text = #S
A(hello);      // char* hello_text = "hello";
```

– Kann zur Synthese beispielsweise von VMT-Namen verwendet werden:

```
#define VMT(S)    struct VTable S##_vtable = { &S##_f1, &S##_f2 }
```