Programmierkurs

Steffen Müthing

Interdisciplinary Center for Scientific Computing, Heidelberg University

January 18, 2019

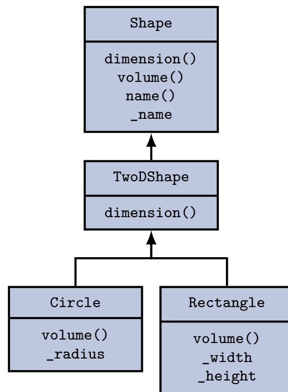
Konzepte

Standard-Konzepte für Code Reuse:

- Polymorphie/Vererbung
  - Funktionalität wird für Basisklasse geschrieben.
  - Akzeptiert auch Objekte von abgeleitetem Typ.
  - Beschränkt auf objektorientierte Programmierung.
  - Optional: Laufzeit-Polymorphie
- Templates
  - Der Typ selbst wird ein Parameter.
  - Akzeptiert jeden Typ, für den der geschriebene Code kompiliert werden kann.
  - Compilezeit-Polymorphie

Vererbung

- Klassen können von anderen Klassen erben.
- Wichtigste Regel: is-a
  Is a circle a shape?
- Abgeleitete Klasse enthält alle Variablen und Methoden der Basisklasse.
- Methoden können überschrieben werden.
- Variablen vom Typ der Basisklasse können Objekte von abgeleiteten Klassen zugewiesen werden.
- Erweitern der Basisklasse um zusätzliche Funktionalität.



Verwendung von Klassenhierarchien

- Referenzen und Pointer auf Basisklassen funktionieren auch mit abgeleiteten Klassen:

```
Circle c(...);
Shape& s_ref = c;
```

- Beim Kopieren von Objekten werden nur die enthaltenen Daten der Basisklasse kopiert, Informationen aus abgeleiteten Klassen gehen verloren:

```
// only copies member variable _name
Shape s_copy = c;
```

- Eine Referenz auf die Basisklasse hat nur Zugang zu den Methoden und Variablen der Basis:

```
s_ref._name;  // ok
s_ref._radius // compile error
```

- Aufgerufene Funktionen immer aus der Basisklasse:

```
c.volume()     // calls Circle::volume()
s_ref.volume() // calls Shape::volume()
```

Speichern von polymorphen Objekten

- Bei Verwendung ist der exakte Typ (und Speicherbedarf) nicht bekannt: `sizeof(Circle) != sizeof(Rectangle)`
- Container brauchen Objekte fixer Grösse
- Wie legen wir eine Liste mit unterschiedlichen Objekten an?

Speichern von polymorphen Objekten

- Bei Verwendung ist der exakte Typ (und Speicherbedarf) nicht bekannt: `sizeof(Circle) != sizeof(Rectangle)`
- Container brauchen Objekte fixer Grösse
- Wie legen wir eine Liste mit unterschiedlichen Objekten an?

Lösung: Dynamische Speicherverwaltung

- Wir speichern eine Liste von Pointern auf Objekte und lassen uns dynamischen Speicher für das eigentliche Objekt geben
- Man spricht davon, dass das Objekt auf dem Heap angelegt wird, normale Variablen liegen auf dem Stack
- Objekte auf dem Heap werden NICHT automatisch aufgeräumt, wenn das aktuelle Scope endet
- Bei manueller Verwaltung: Speicher geht eventuell verloren
- Daher: Immer smart pointer verwenden

Smart Pointers

- Ein Smart Pointer reserviert Speicher für ein Objekt auf dem Heap und räumt das Objekt auf, wenn es nicht mehr verwendet wird.
- `unique_ptr` erzeugt das neue Objekt beim Anlegen und gibt es frei, sobald die Pointer-Variable aufhört zu existieren:

```
#include <memory>

std::unique_ptr<int> foo(int i) {
  return std::make_unique<int>(i);
}

int add(int a, int b) {
  auto p = foo(a);
  return *p + b;
} // memory gets freed here
```

- `unique_ptr` kann nur verschoben werden, nicht kopiert

Smart Pointers für geteilte Objekte

- Oft ist es nicht möglich, einen eindeutigen Eigentümer für ein Objekt festzulegen.
- Hierfür gibt es `shared_ptr`.
- Mehrere `shared_ptr` können auf das gleiche Objekt zeigen.
- Das Objekt wird genau dann freigegeben, wenn der letzte `shared_ptr` auf das Objekt zerstört wird.
- Wichtig: `shared_ptr` immer nur mit `make_shared` anlegen oder aus anderen `shared_ptrn` kopieren!

```
#include <memory>

std::shared_ptr<int> foo(int i) {
  return std::make_shared<int>(i);
}

int add(int a, int b) {
  auto p = foo(a);
  auto p2 = p;
  return p + p2 + b;
} // memory gets freed here
```

Dynamische Polymorphie

- Idee: Beim Aufruf einer Methode die Implementierung aus der abgeleiteten Klasse verwenden:

```
Circle c(...);
Shape& s_ref = c;
s_ref.volume(); // calls Circle::volume()
```

- Funktioniert mit `virtual` Funktionen:

```
class Shape {
  virtual double volume() const;
  // always make destructor virtual as well!
  virtual ~Shape();
};
```

- Methode ist dadurch auch in allen abgeleiteten Klassen `virtual`.
- Funktioniert nur mit Pointern / Referenzen:

```
s_ref.volume(); // calls Circle::volume()
Shape s_copy = c;
s_copy.volume(); // calls Shape::volume()
```

Dynamische Polymorphie: Pitfalls

- Keyword `virtual` ist in abgeleiteten Klassen implizit, aber erlaubt.
- Methoden-Signatur in abgeleiteten Klassen muss exakt identisch sein, inklusive `const`-Deklarationen:

```
class Circle {
  // does NOT override the volume() method in Shape!
  // (we forgot the const)
  virtual double volume();
}
```

- Besser: `override`, um Tippfehler zu vermeiden:

```
class Circle {
  double volume() const override; // ok
  // compile error: no virtual function defined in base class
  double volume() override;
```

- Immer auch den Destruktor `virtual` machen, ansonsten oft Speicherlücken und ähnliche Probleme!

Dynamische Polymorphie: Fazit

- Programm entscheidet zur Laufzeit, welche Methode ausgeführt wird.
  - Vorteil: Hohe Flexibilität (die gleiche Funktion kann zur Laufzeit für zwei Objekte unterschiedlichen Typs jeweils die richtige Methode aufrufen).
  - Nachteil: Laufzeit-Overhead (die richtige Methode muß zur Laufzeit identifiziert werden).
- Erfordert Planung und Disziplin beim Programm-Design:
  - Gemeinsame Hierarchie für alle Klassen.
  - Gemeinsame Funktionalität muß in Basisklasse vorgesehen sein (`virtual`-Deklarationen).
  - Vorhandene Klassen (z.B. aus standard library) nicht integrierbar.