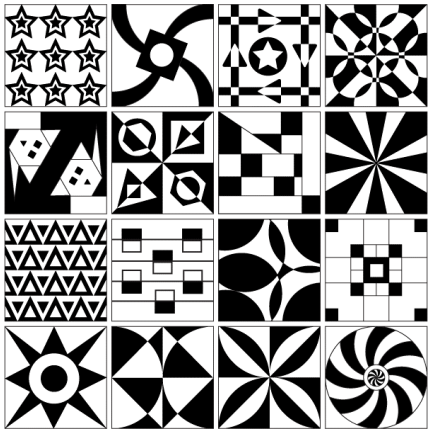
Media Engineering
Design Patterns

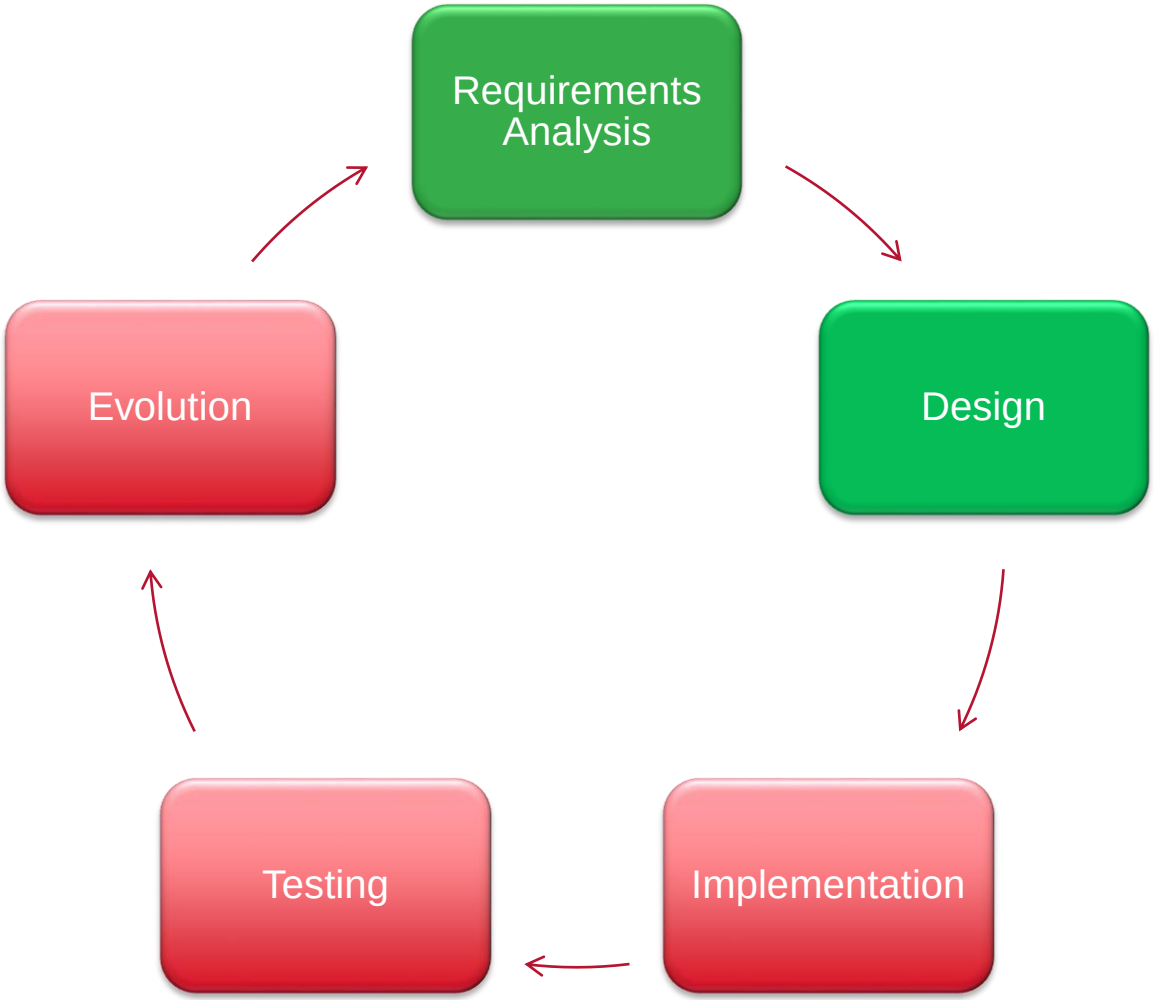


R. Weller

University of Bremen, Germany

cgvr.cs.uni-bremen.de

Der Software Development-Lifecycle

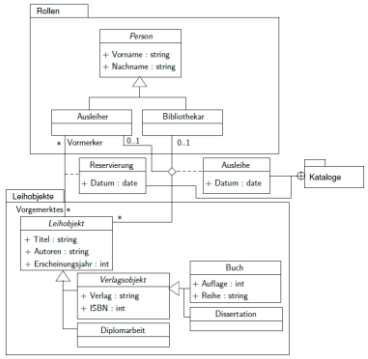


Wo stehen wir?

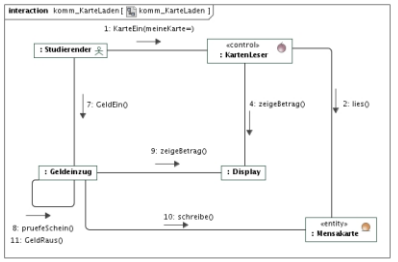
- Wir wissen was wir machen wollen
  - Requirements Engineering => Pflichtenheft

- Wir wissen wie es aussehen soll
  - GUI-Design => Prototypen

- Wir kennen die statische Struktur
  - Objektorientiertes Design => Strukturdiagramme



- Wir wissen, wie es sich verhalten soll
  - Objektorientiertes Design => Verhaltensdiagramme



Also endlich?

Design Patterns

- Each pattern describes a problem which occurs over and over again in our environment, and then describes the core of the solution to that problem, in such a way that you can use this solution a million times over, without ever doing it the same way twice.

Christopher Alexander (Architekt und Mathematiker),

“A pattern language”, 1977

Design Patterns in der Programmierung

- Definitionsversuch
  - Design Pattern (auch Entwurfsmuster genannt) sind Musterlösungen für wiederkehrende Entwurfsprobleme.
- 1994 übertragen Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson und John Vlissides das Prinzip der Design Pattern von Christopher Alexander auf den Softwareentwurf.
  - Das Buch "*Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software"* gilt nach wie vor als Standardwerk

Was Design Pattern sind bzw nicht sind

- Design Pattern verwendet man in der Design-Phase
  - Recht hoher Abstraktionsgrad
  - Unabhängig von Programmiersprache und Implementierung
  - Unabhängig von Vorgehensmodellen (SCRUM, Wasserfall, RUP,…), aber dazu später mehr
  - Grob gesagt: Beschreiben eher das Verhalten von und zwischen Objekten, und nicht die Implementation eines einzelnen Objekts
- Was Design Pattern nicht sind
  - Datenstrukturen (Listen, Hash-Tables, binäre Bäume,…)
  - Algorithmen (binäre Suche, Sortieren,….)

Grundsätzliche Bestandteile eines Design Patterns

- Name
  - Möglichst prägnant, also kurz und beschreibend
- Problem
  - Definiert, was das Entwurfsmuster löst
- Lösung
  - Beschreibt, wie das Entwurfsmuster das Problem löst
- Konsequenzen
  - Beschreibt Folgen und Kompromisse des Musters

Ein einfaches Beispiel

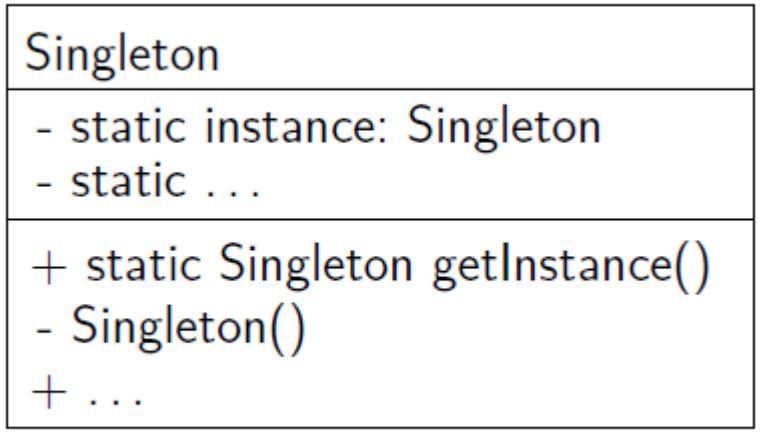
- Erinnern wir uns an das Bibliothekbeispiel aus dem OOAD-Kapitel
- Dort gab es eine Klasse „Bibliothek“, in der alle Bücher stehen

- Von dieser Klasse soll es nur eine einzige Instanz (Objekt) geben.
- Wie kann man das erreichen?

Design Pattern: Singleton

- Name: Singleton
- Problem: Stellt sicher, dass es von einer Klasse nur eine Instanz gibt
- Lösung:
  - Konstruktor privat machen
  - Statisches Attribut speichert die einzige Instanz
  - Statische Methode liefert einzige Instanz zurück

- In UML:



Implementation eines Singleton in C++

```
class Singleton
{
   public:
     static Singleton* getInstance();

   protected:
     Singleton() {}

   private:
     static Singleton *instance;
};

Singleton* Singleton::instance = 0;

Singleton* Singleton:: getInstance()
{
  if( instance == 0 )
    instance = new Singleton();
  return instance;
}
```

Aufruf eines Singleton in C++

```
//Nicht:
Bibliothek *bib = new Bibliothek();
//Funktioniert nicht, da der Konstruktor privat ist =>
Compilerfehler

//Stattdessen:
Bibliothek *bib = Bibliothek::getInstance();
```

Design Pattern: Singleton (cont)

- Konsequenzen:
  - Vorteile im Vergleich zu globalen Variablen:
    - Bietet Zugriffskontrolle
    - Kann durch Unterklassen spezialisiert werden
    - Leichte Änderung, wenn man doch mehrere Objekte benötigt
  - Nachteile
    - Abhängigkeiten werden verschleiert
      - D.h., man sieht nicht direkt am Interface einer Klasse, ob sie ein Singleton ist, sondern nur an der internen Implementierung
    - Einzigartigkeit wirklich sicherzustellen kann schwierig sein
      - Verteilte Umgebungen
    - Weniger performant als globale Variablen

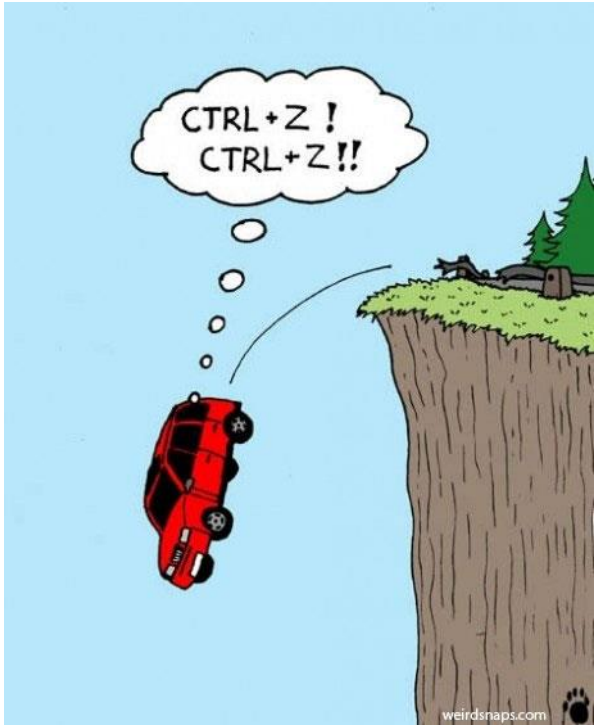
Ein weiteres Beispiel: Undo/Redo

- Zurücknahme einer oder mehrerer Aktionen
- Oft mit einer Redo-Funktion kombiniert, die vorangehendes Undo aufhebt

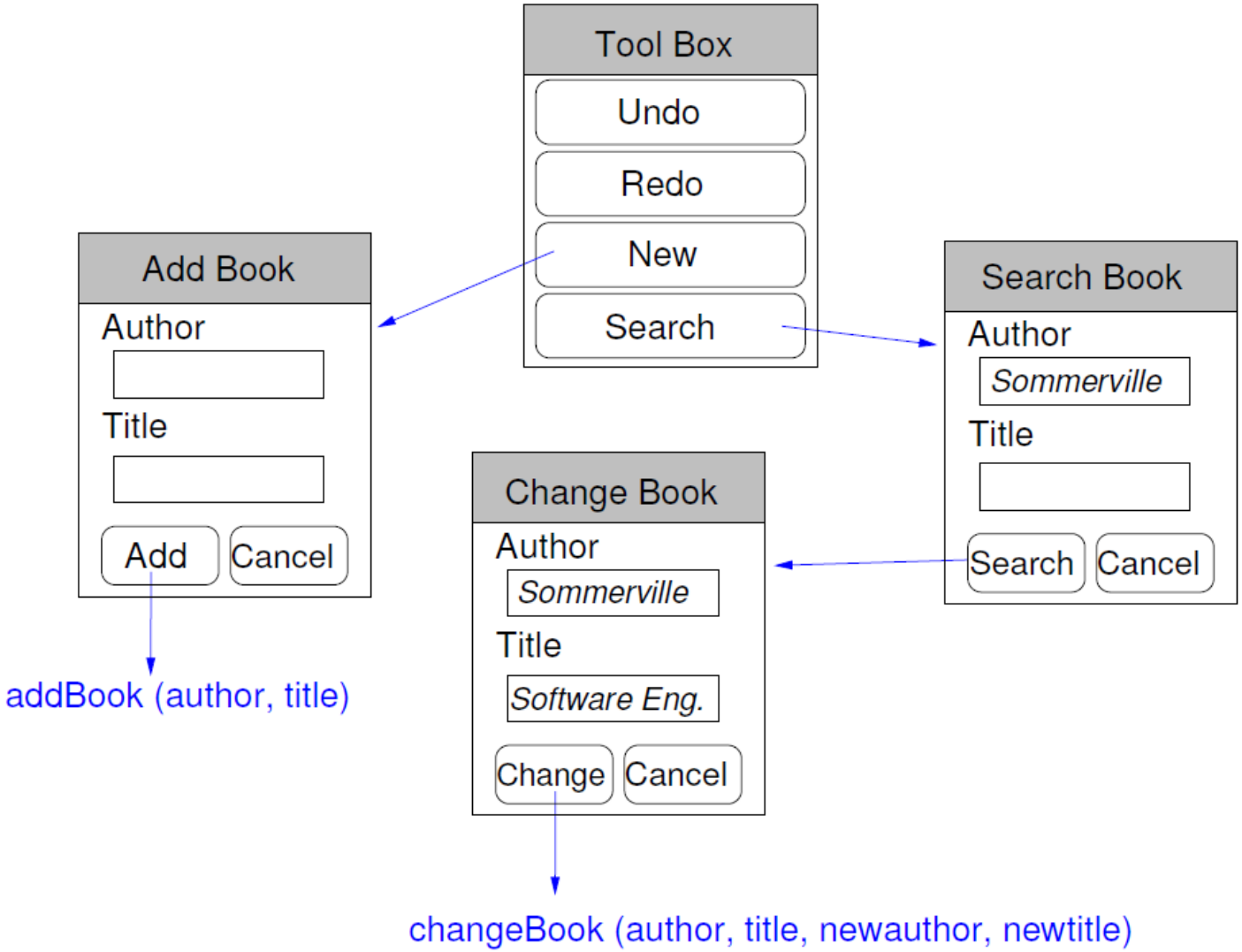
- Historisches:
  - Erstmals vorgeschlagen 1977 von Lance A. Miller (IBM)
  - Die Belegung von Ctrl + Z wurde vom Xerox PARC eingeführt

Undo/Redo Basisfunktionalität

- Aufzeichnung aller ausgeführten Benutzerinteraktionen
  - Inklusive der Argumente
- Bereitstellung einer Umkehraktion für jede mögliche Aktion

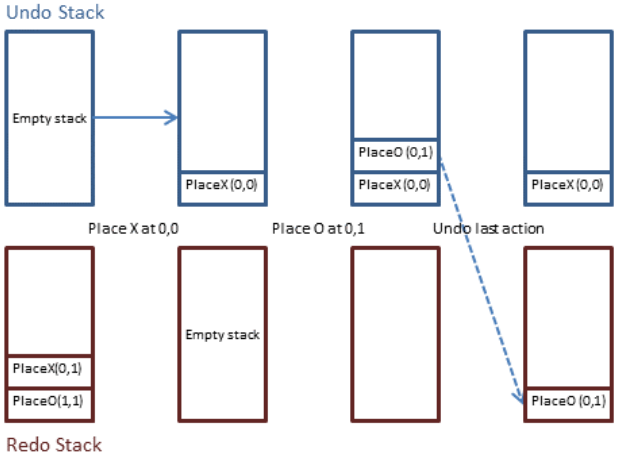


Beispiel GUI mit Undo/Redo



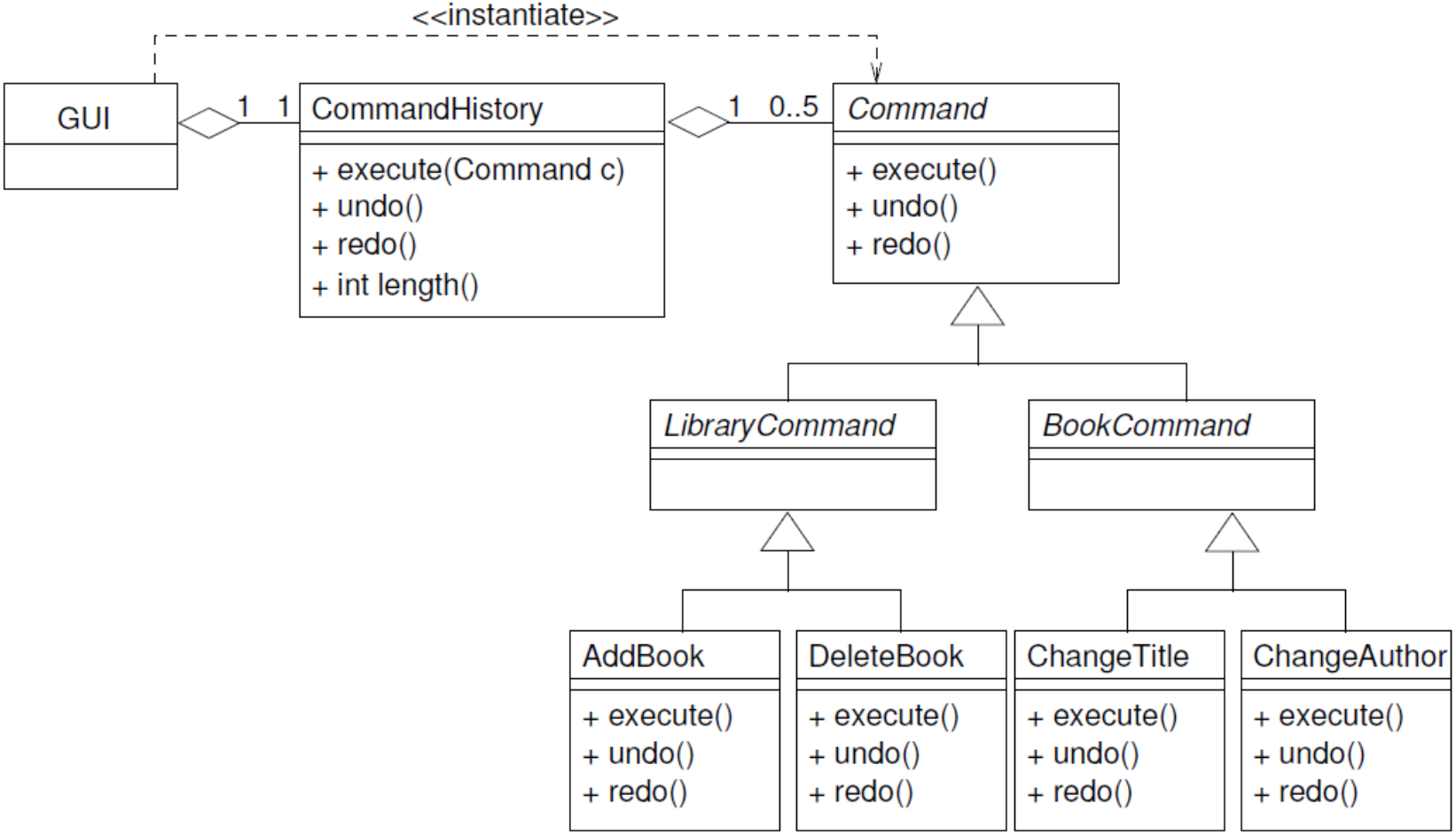
Grundsätzliche Implementation

- Undo-Mechanismus
  - Speichere bei jeder Aktion alle nötigen Daten im Objekt
  - Sichere das Objekt auf einem Stapel
- Redo-Mechanismus
  - Verwende einen zweiten Stapel für die rückgängig gemachten Befehle



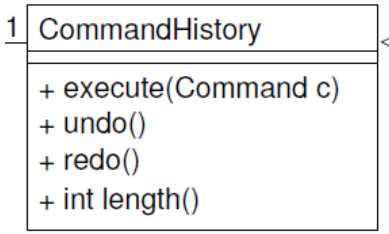
- Grundidee: Repräsentiere Befehle durch Objekte!

Beispiel: Klassendiagramm Undo/Redo



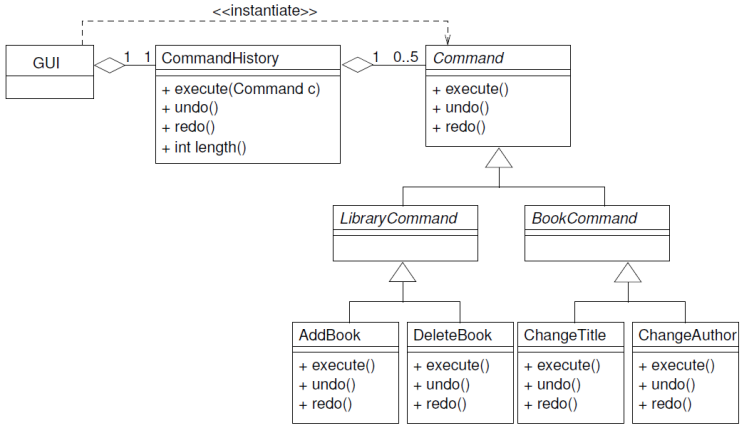
Implementierung in C++ - CommandHistory

```
// a bounded history of commands
class CommandHistory
{
  // upper bound of commands
  private static int maxCommands = 5;
 //primitive command stack
  private Command [] commands = new Command[maxCommands];
  //the current command in the stack
  private int current = -1;

  //adding commands to the history and execute
  public void execute( Command command )
  {
          current++;
          //in case of full history shift
          if( current == maxCommands )
          {
                  for( int i = 0; i < maxCommands-1; i++ )
                  {
                          commands[i] = commands[i+1];
                  }
                  current = maxCommands - 1;
          }
          commands[current] = command;
          commands[current].execute();
  }
```



Implementierung in C++ - CommandHistory

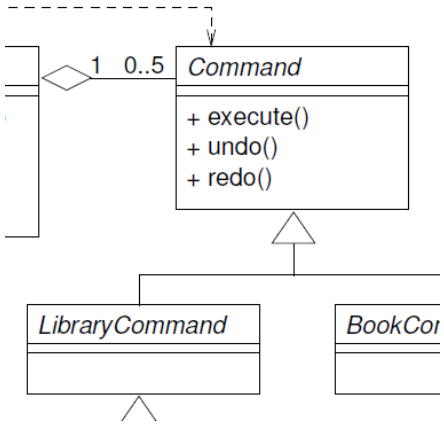
```
// a bounded history of commands
class CommandHistory
{
  ….

  //undo for current command
  public void undo ()
  {
          commands[current].undo();
          current--;
  }
}
```



Implementierung in C++ - Commands

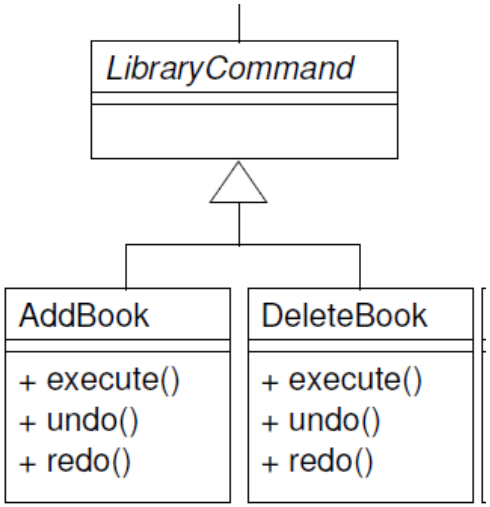
```
// super class of all commands
class Command
{
        public virtual void execute() = 0;
        public virtual void undo () = 0;
}
```

```
//super class of all commands that manipulate the library
class LibraryCommand : public Command
{
        protected String author; //command argument
        protected String title; //command argument
        protected Library receiver; //receiver of command

        protected void init( String author, String title,
Library receiver )
        {
                this.author = author;
                this.title = title;
                this.receiver = receiver;
        }
}
```

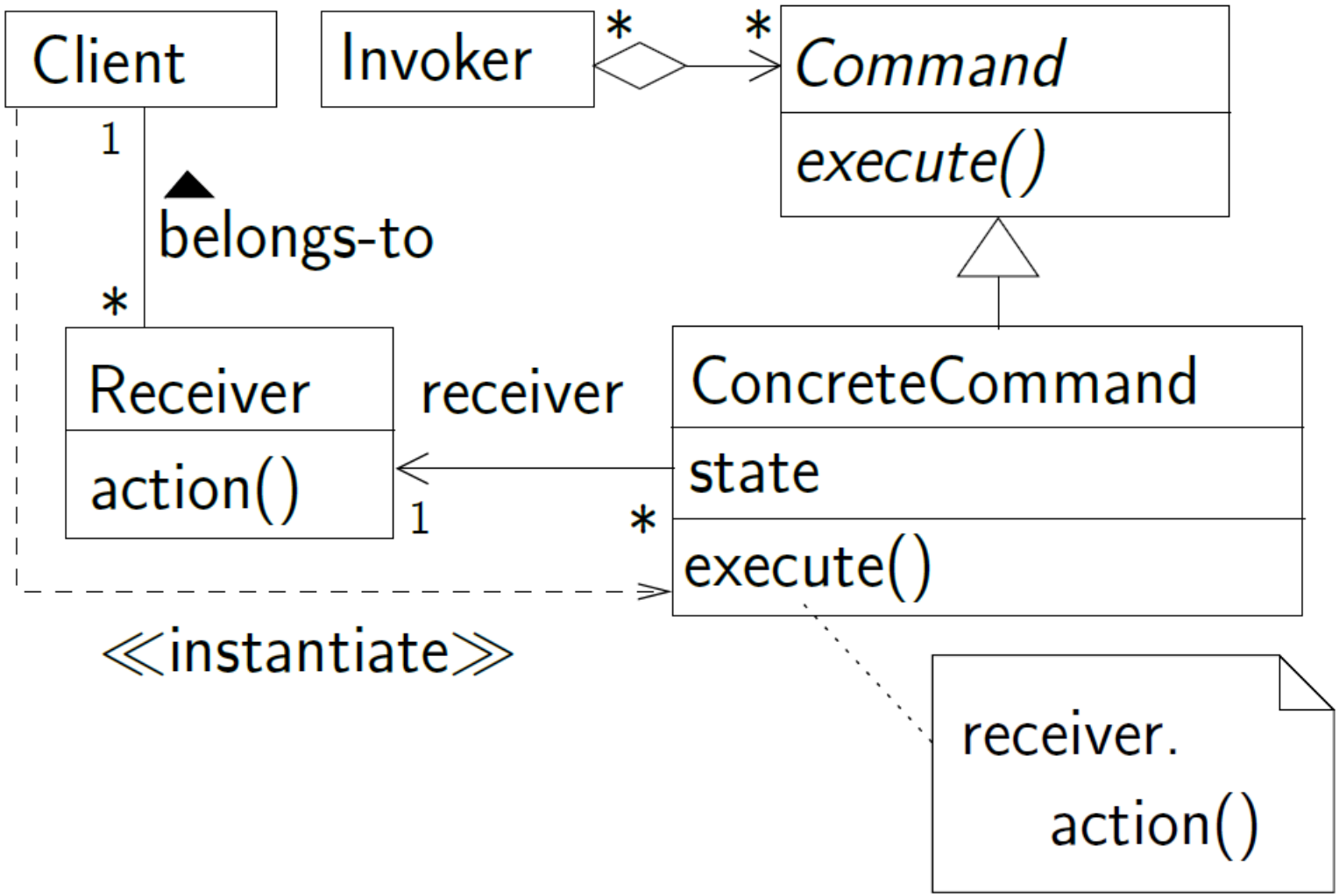


Implementierung in C++ - Commands

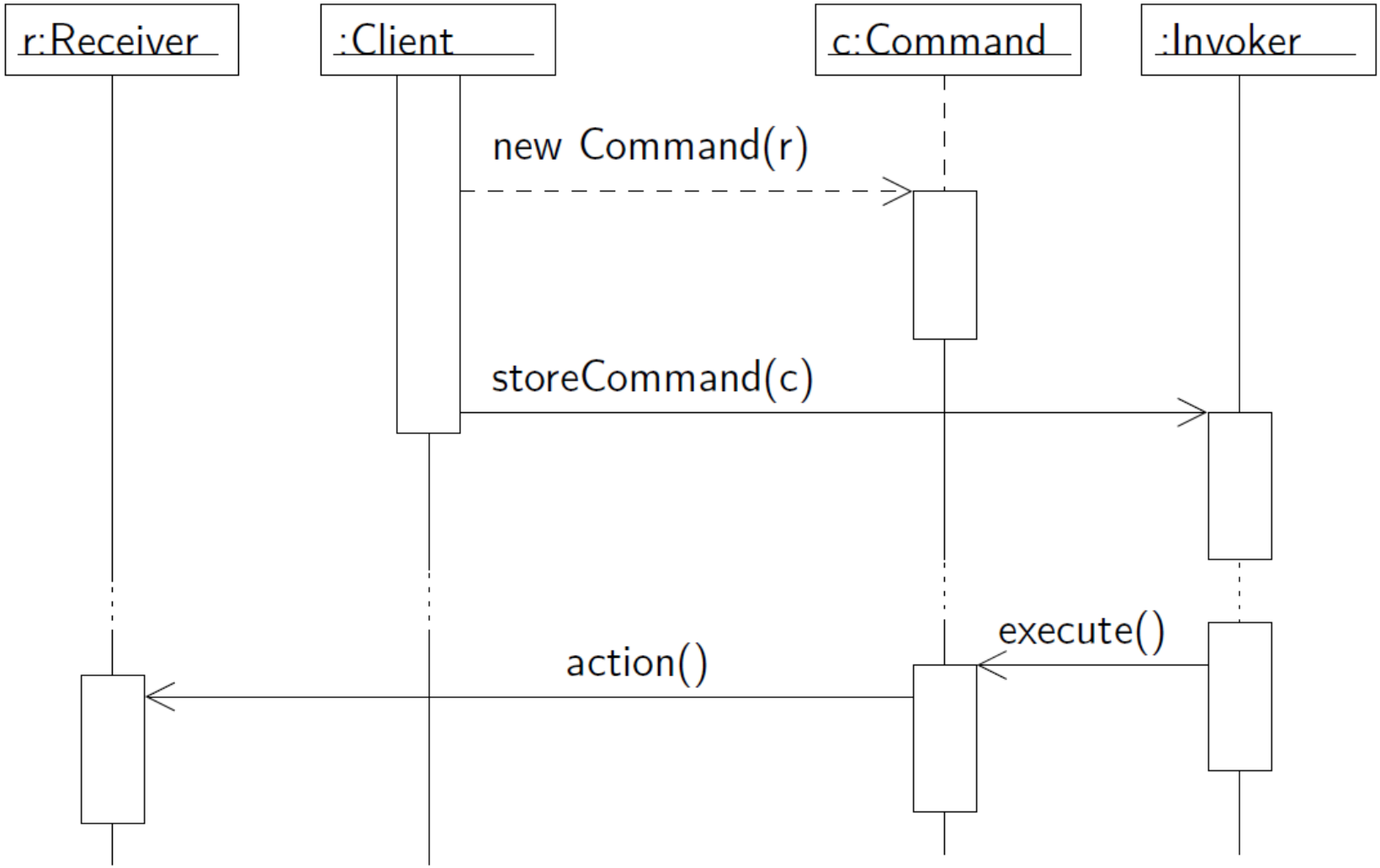
```
//command class to add new book to library
class addBook : public LibraryCommand
{
        //Constructor
        public AddBook( String author, String title,
Library receiver )
        {
                init( author, title, library );
        }

        //Overrided execute function
        public void execute()
        {
                receiver.add( author, title );
        }

        //Override undo function
        public void undo()
        {
                receiver.delete( author, title );
        }
}
```



Der Command-Pattern im Allgemeinen



Command-Pattern Sequenzdiagramm



Design Pattern: Command

- Konsequenzen:
  - Vorteile:
    - Auslösender und Ausführender sind entkoppelt
    - Befehle sind Objekte und können wie diese auch verwendet werden (Zwischenspeichern, Hierarchie (Vererbung), Filtern,…)
    - Einfache Befehlsobjekte können leicht zu komplexeren Befehlen kombiniert werden (Makros)
  - Nachteile
    - Für jeden Befehl muss eine neue Klasse erstellt werden

Beispiel 3: Skriptsprache

- Motivation: Manchmal möchte man komplexere Befehle ausführen, die aus Basisbefehlen zusammengesetzt sind
  - Beispiel: Suche alle Bücher eines bestimmten Autors und lösche sie

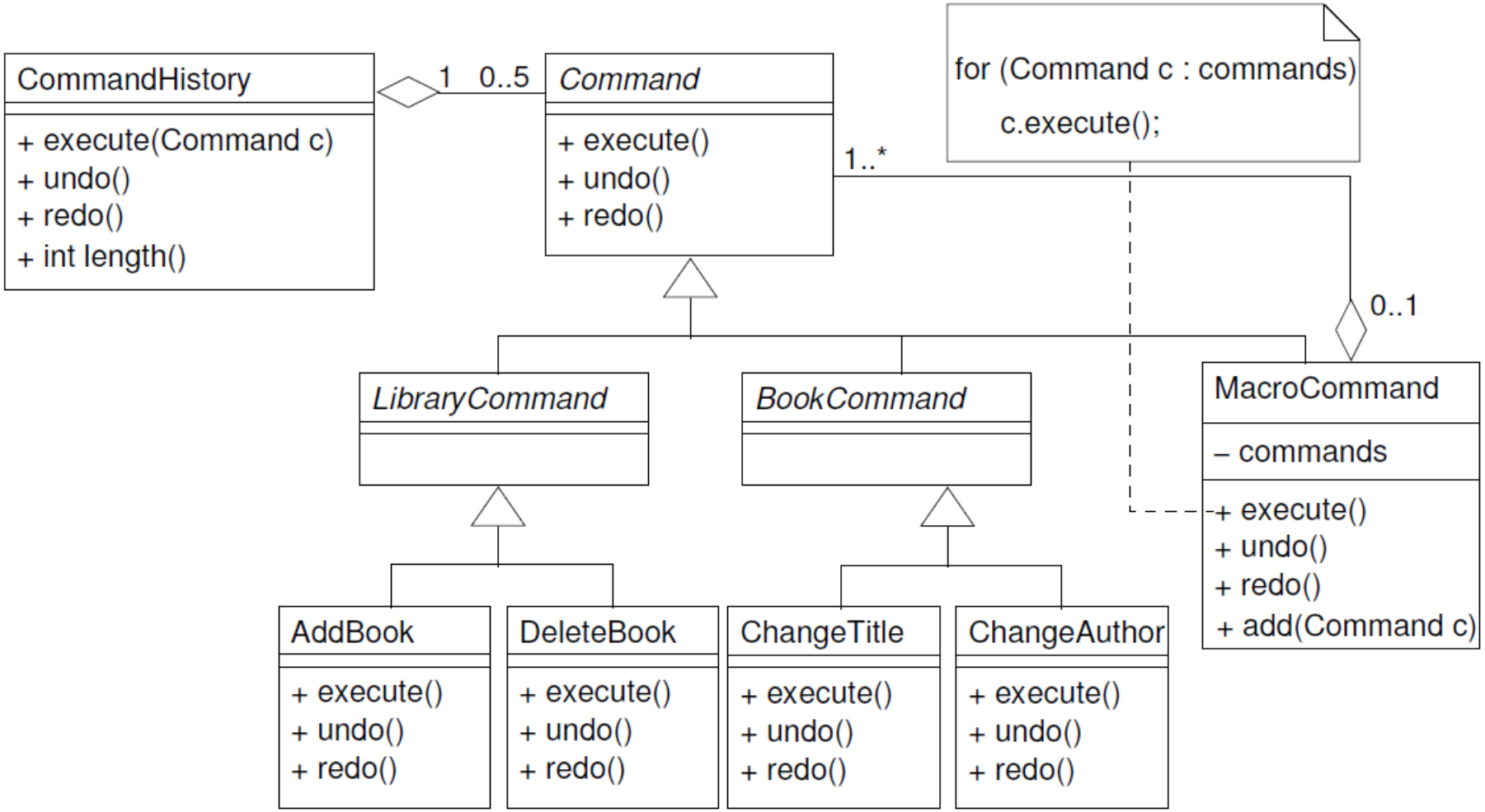
Anforderungen an die Skriptsprache

- Wir wollen zusammengesetzte Kommandos
  - Erweiterung um Befehlsstrukturen
    - If-Anweisungen
    - Schleifen
- Undo/Redo soll weiterhin funktionieren
  - Die CommandHistory soll sich nicht damit auseinandersetzen müssen, ob sie ein zusammengesetztes Kommando oder ein einzelnes Kommando bearbeitet

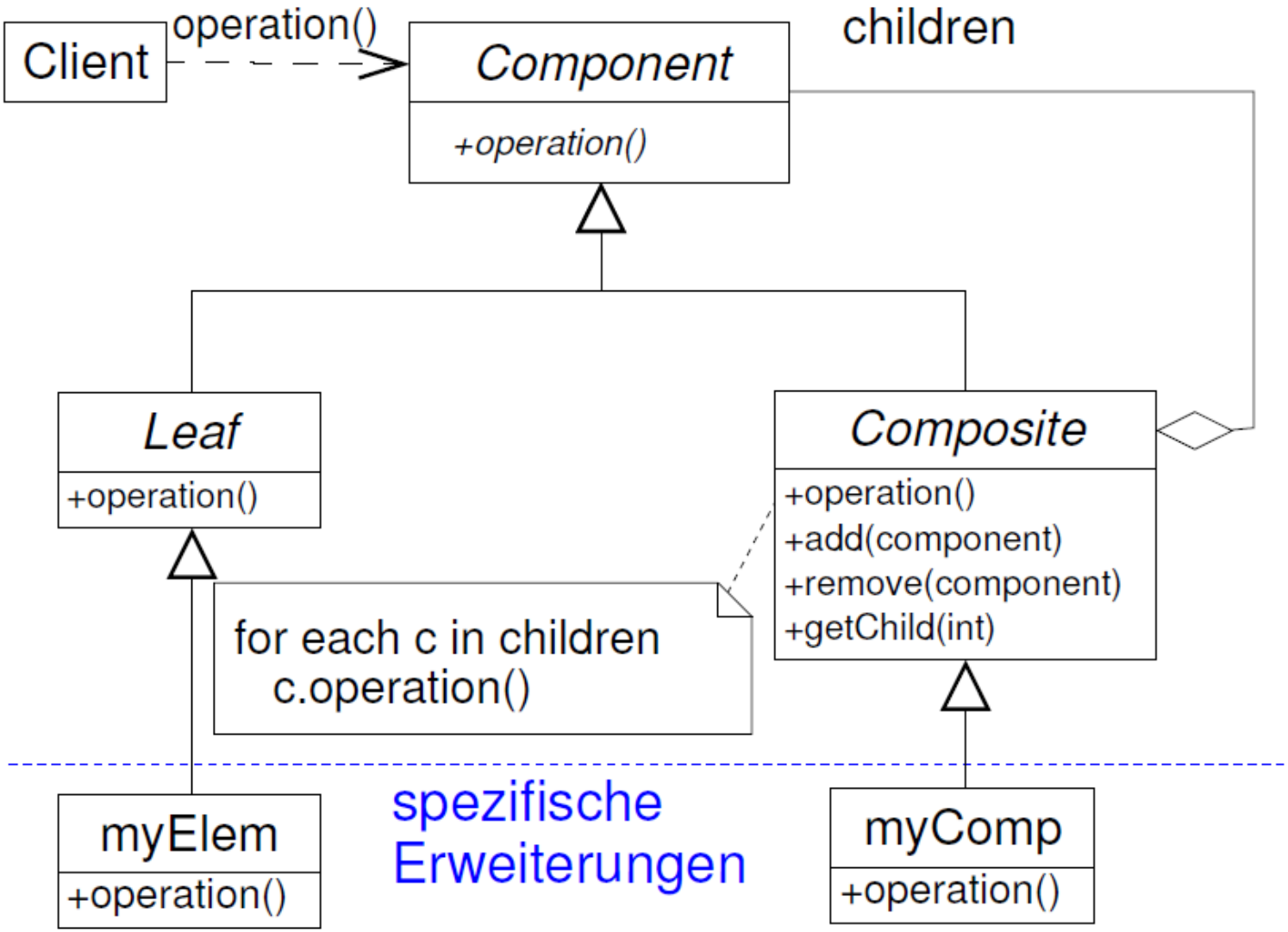
Design Pattern: Composite (Gamma et. al. 2003)

- Name: Composite
- Problem: Beschreibt eine Teil-von-Hierarchie mit einheitlicher Schnittstelle
  - Überall wo ein Ganzes eingesetzt werden kann, kann auch nur ein Teil verwendet werden und umgekehrt
  - Verbirgt Unterschiede zwischen einzelnen und zusammengesetzten Objekten
- Lösung:
  - (abstrakte) Basisklasse definiert gemeinsames Verhalten aller Teilnehmer
  - Leaf-Klasse repräsentiert Einzelobjekt (z.B. atomares Kommando)
  - Composite-Klasse repräsentiert Mengen von Blättern und anderen Kompositа

Lösung: Composite-Pattern



Klassendiagramm: Composite-Pattern



Implementierung Composite-Pattern

- Client: manipuliert Objekte über die gemeinsame Schnittstelle von Composite
- Component
  - Deklariert einheitliche Schnittstelle
  - Optional: Standardverhalten

```
// super class of all components
class Component
{
        public virtual void operation() = 0;
}
```

- Leaf
  - Repräsentieren atomare Komponenten
  - Verhalten dieser atomaren Komponenten

```
// leaf class represents atomar operation
class Leaf : Component
{
        public void operation();
}
```

Implementierung Composite-Pattern (cont)

- Composite
  - Speichert Teile
  - Definiert Standardverhalten für zusammengesetzte Komponenten
  - Implementiert Operationen zur Verwaltung von Teilen
    - Hinzufügen
    - Entfernen
    - …

```
class Composite : Component
{
        //data structure that stores the commands
        private std::set<Component> children;
```

Implementierung Composite-Pattern (cont)

```
        …
        //the interface for component
        public void operation()
        {
                for( std::set<Component>::iterator c = children.begin();
                          c != children.end(); ++c )
                {
                        c->operation();
                }
        }

        //adding new components
        public void add( Component c )
        {
                children.insert( c );
        }


        //removing new components
        public void remove( Component c )
        {
                children.erase( c );
        }
}
```

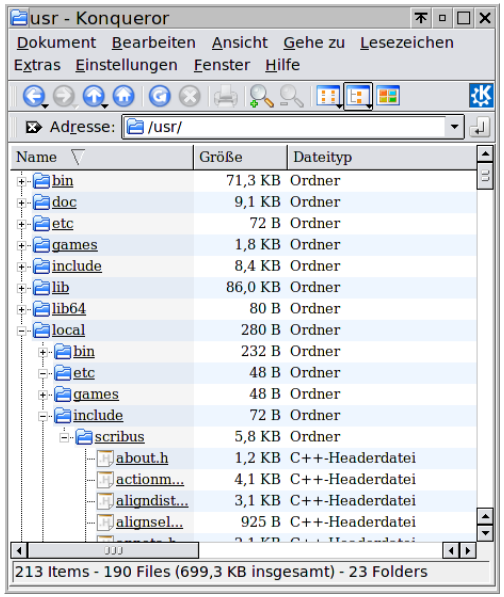
Design Pattern: Composite

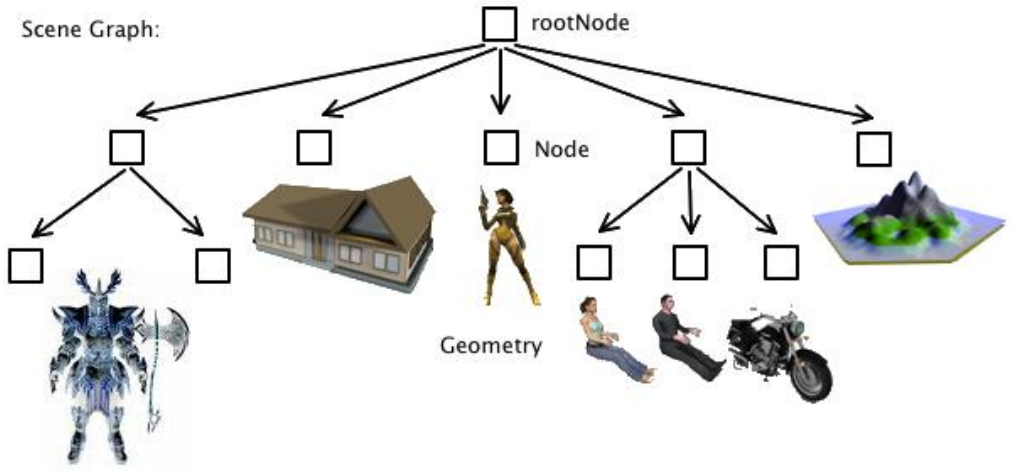
- Konsequenzen:
  - Vorteile:
    - Einheitliche Schnittstelle für zweigeteilte Klassenhierarchie (Leaf und Composite)

      => Uniforme Verwendung auf Seiten des Benutzers
    - Neue Komponenten können leicht hinzugefügt werden
  - Nachteile
    - Sehr allgemeiner Entwurf
      - Oftmals darf nicht jede beliebige Component immer Teil eines Composite sein
      - => Compiler kann nicht prüfen, welche es dürfen und welche nicht
      - => Typüberprüfung zur Laufzeit notwendig

Weitere Anwendungen von Composite

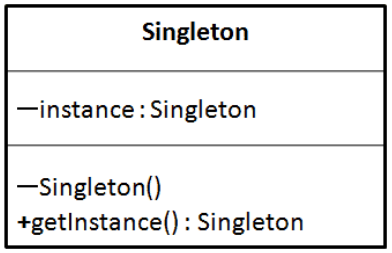
- Skripting-Erweiterung mit Undo/Redo
- Repräsentation hierarchischer Dateisysteme in Dateimanagern
- Bilbiotheken zur graphischen Darstellung
  - GUI-Systeme z.B. AWT in Java
  - Viele Szenegraphen



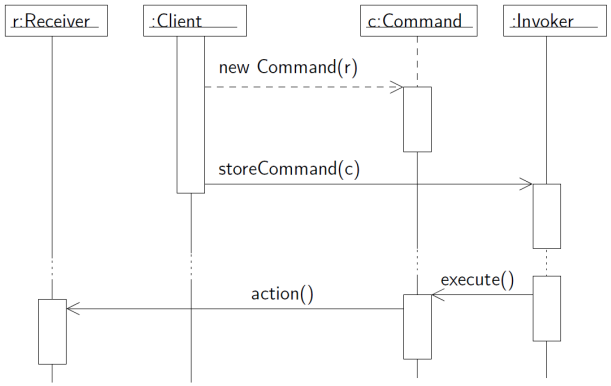


Drei unterschiedliche Design Patterns

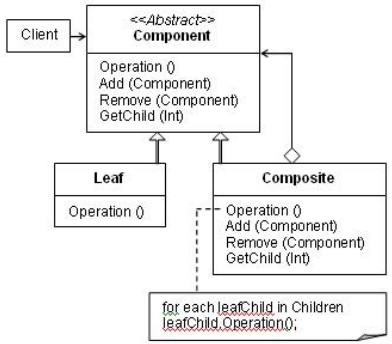
- Singleton
  - Bezieht sich auf nur eine Klasse



- Command
  - Beschreibt die Interaktion verschiedener Klassen miteinander
  - Zur Beschreibung wurden UML-Interaktionsdiagramme benötigt



- Composite
  - Beschreiben, wie man mehrere Klassen geschickt anordnet

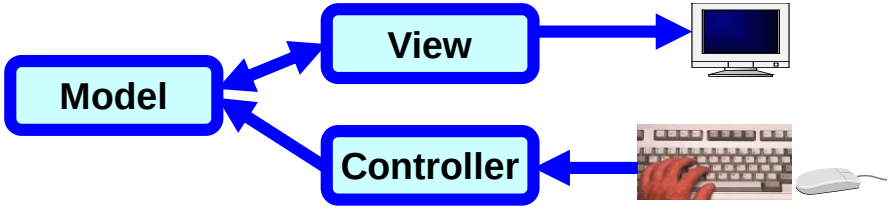


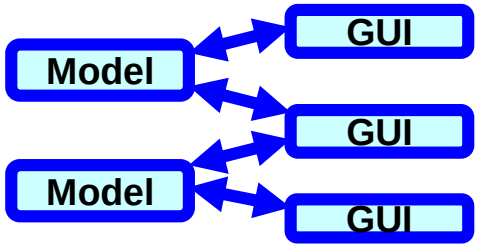
Kategorien von Entwurfsmustern

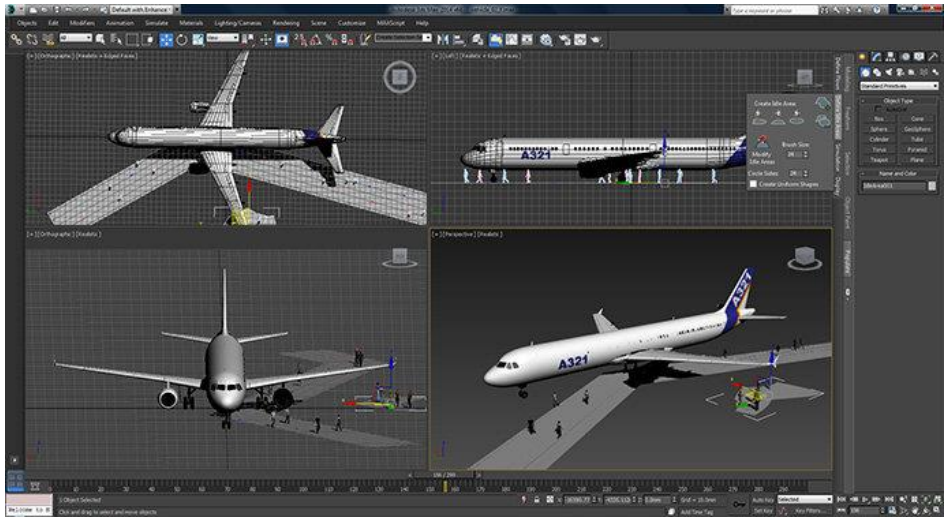
- Erzeugungsmuster
  - Betreffen die Erzeugung von Objekten oder Klassen
  - Beispiel: Singleton
- Strukturelle Muster
  - Fassen Klassen und Objekten zu größeren Strukturen zusammen
  - Beispiel: Composite
- Verhaltensmuster
  - Beschreiben Interaktion und Verantwortlichkeiten von Objekten oder Klassen
  - Beispiel: Command

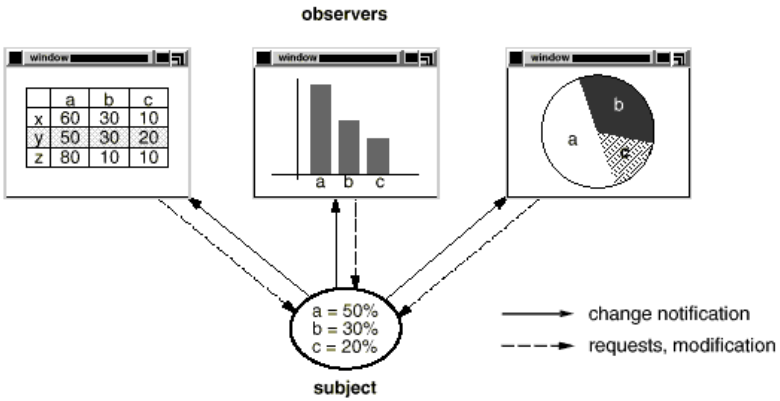
Einen haben wir noch…

- Zur Erinnerung: Model-View-Pattern









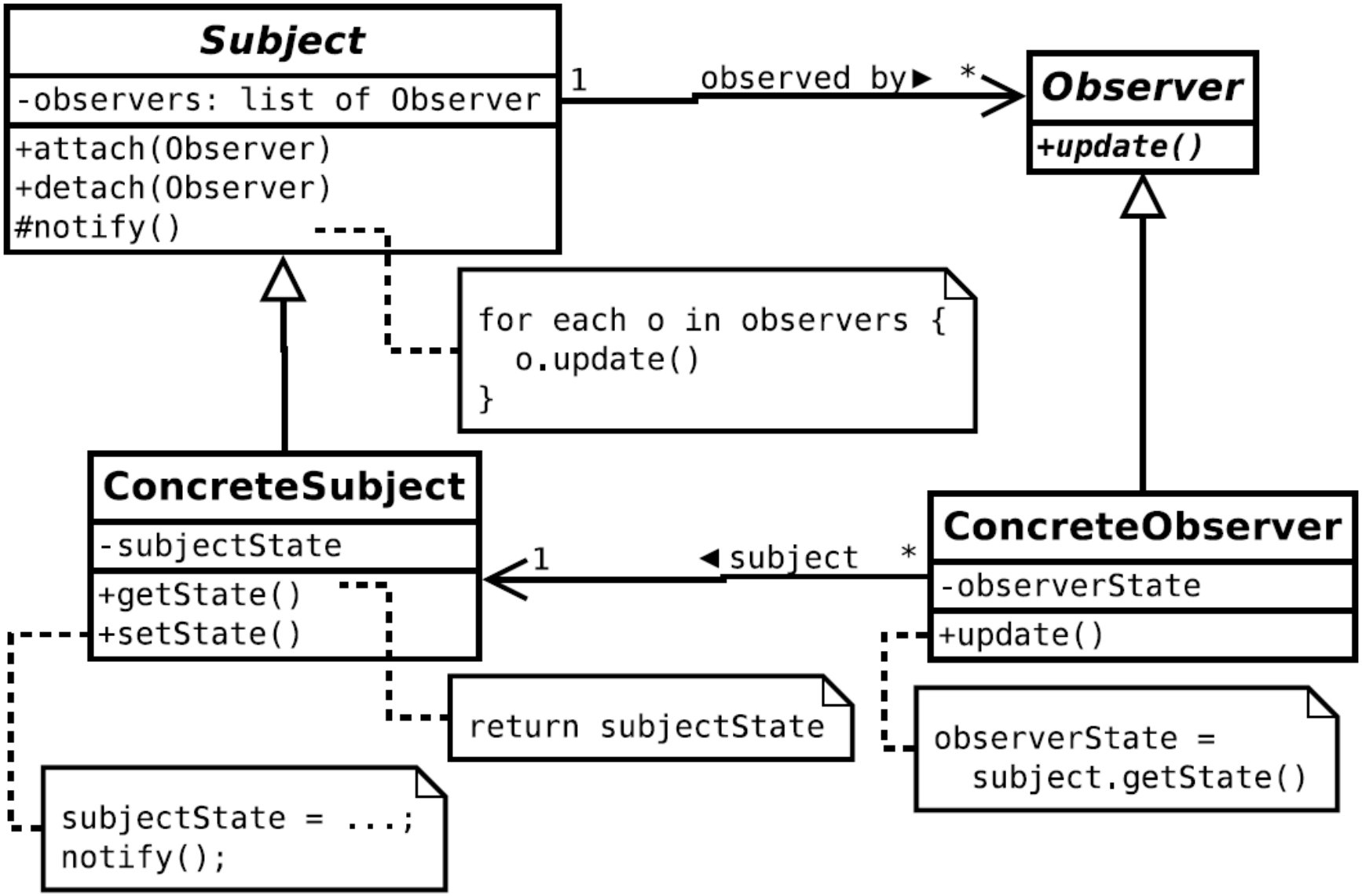
Ein Bibliothek-Beispiel

- In der GUI soll stets die aktuelle Anzahl Bücher in der Bibliothek angezeigt werden
- Beim Hinzufügen oder Löschen eines Buchs muss die Anzeige angepasst werden
- In Zukunft will man eventuell auch noch andere Darstellungen haben
  - Z.B. Balken der Füllstand visualisiert

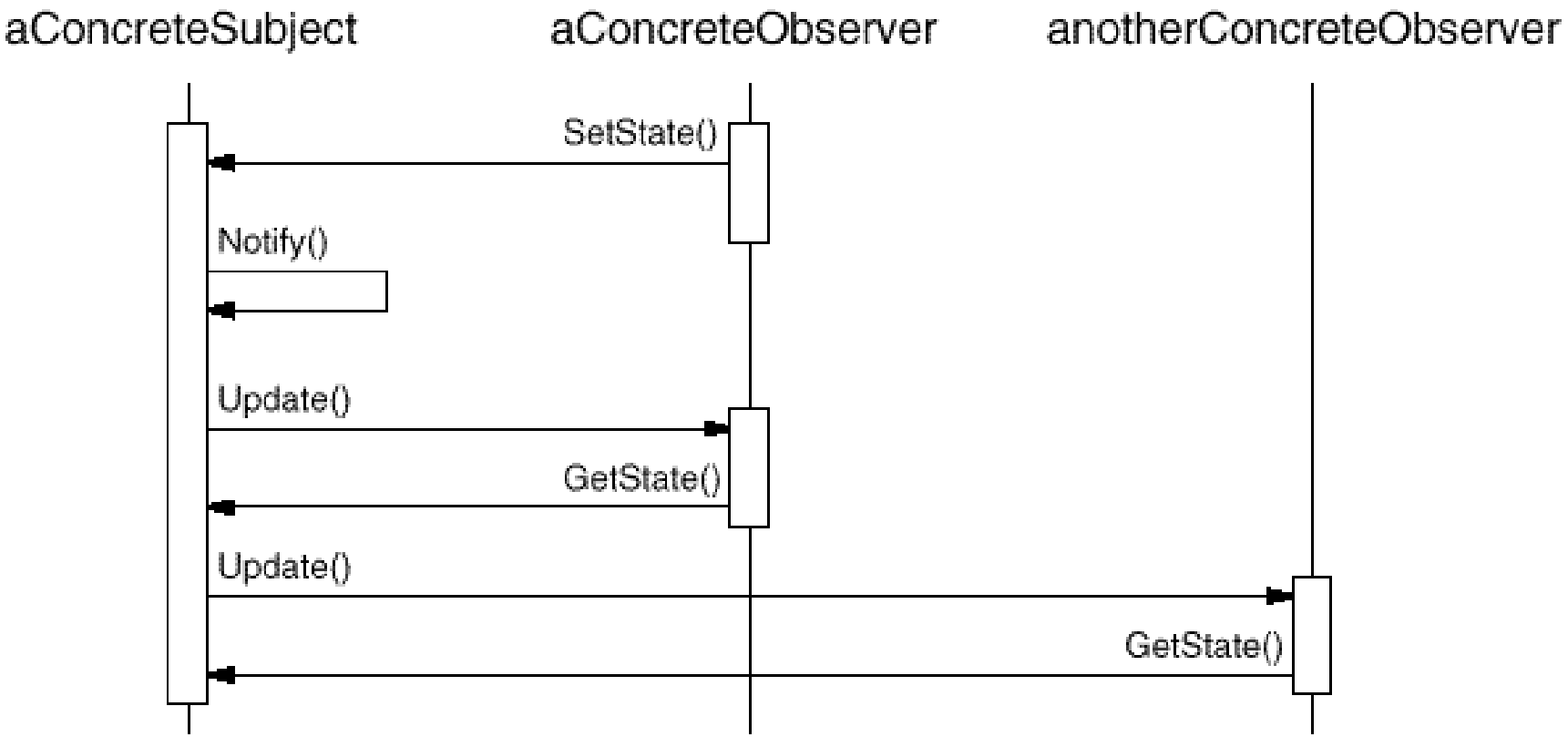
Design Pattern: Observer

- Name: Observer (auch publish-subscribe)
- Problem:
  - Komponenten hängen von anderen Komponenten ab
  - Änderungen der einen Komponente zieht Änderung der anderen Komponenten nach sich
  - Komponenten sind lose gekoppelt, d.h., Abhängigkeiten sind nicht im Voraus bekannt und ergeben sich erst zur Laufzeit, nicht zur Kompilierzeit
- Lösung:
  - Abhängige Komponenten (Beobachter) registrieren sich bei der beobachteten Komponente (Publisher)
  - Publisher informiert alle abhängigen Beobachter über Zustandsänderung

Klassendiagramm Observer Pattern



Sequenz-Diagramm Observer Pattern



Implementierung Observer-Pattern: Subject

- Kennt alle ihre Observer (zur Laufzeit)
  - Potentiell beliebige viele
- Stellt für Observer Schnittstellen zum registrieren und entfernen zur Verfügung
- Stellt für abgeleitete konkrete Subjects Schnittstelle zur Benachrichtigung der Observer zur Verfügung

```
class Subject
{
    //List of all observers
    private std::list<Observer> list;

    public void attach(Observer *o);
    public void detach(Observer *o);
    protected void notify();
};
```

Implementierung Observer-Pattern: Subject

- Implementierung der Subject-Funktionalität:

```
void Subject::attach(Observer *o)
{
    list.push_back(o);
}

void Subject::detach(Observer *o)
{
    list.erase(o);
}

void Subject::notify()
{
    for(std::list<Observer*>::iterator it = list.begin(); it != list.end();
                                                          ++it)
    {
       (*it)->update();
    }
}
```

Implementierung Observer-Pattern: Observer

- Abstrakte Klasse
- Deklariert Schnittstelle für die Update-Nachricht
  - Wird aufgerufen, wenn sich im Subject was geändert hat und dies dem Observer per notify mitgeteilt wurde.

```
class Observer
{
public:
    virtual void update() = 0;
};
```

Implementierung Observer-Pattern: Library

- Die ConcreteSubject-Klasse
  - Abgeleitet von Subject
  - Hat den beobachteten Wert

```
class Library : public Subject
{
        //attribute to store the number of books
        private int nrBooks;
        //Set with all books in the library
        std::set<Books*> books;

        //SetState functions
        //Adds a new book to the library
        public void addBook( String author, string title );
        //Delets a book from the library
        public void deleteBook( String author, string title );

        //getState function
        public int getNrBooks();
};
```

Implementierung Observer-Pattern: Library

- Wenn sich am beobachteten Wert was ändert => rufe notify auf
- Stellt Schnittstelle zum Abfragen des Werts zur Verfügung

```
public void Library::addBook( String author, string title )
{
        Book *book = new Book( author, title );
        books.add( book );
        nrBooks++;
        notify();
}

public void Library::deleteBook( String author, string title )
{
        Book *book = books.find( author, title );
        books.remove( book );
        nrBooks--;
        notify();
}

public void Library::geNrBooks()
{
        return nrBooks;
}
```

Implementierung Observer-Pattern: BookCounter

- Die ConcreteObserver-Klasse
  - Registriert sich beim Subject als Observer
  - Implementiert die update-Funktion

```
class BookCounter : public Observer
{
        //The observed library
        private Library *subject;

        //Constructor
        public BookCounter( Library *subject );

        //Called by subject in case of changes
        public void update();
};
```

Implementierung Observer-Pattern: BookCounter

- Falls per notify der Subject-Klasse mitgeteilt wurde, dass sich was geändert hat => rufe update auf, um Wert zu aktualisieren

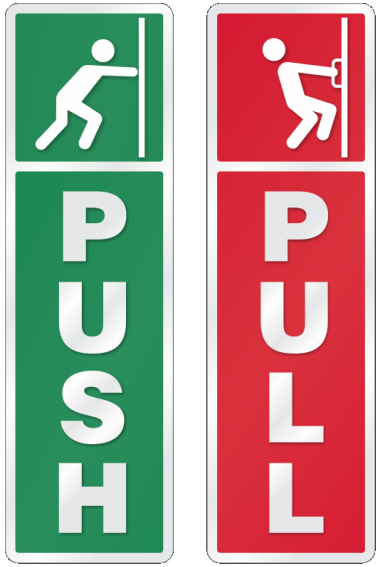
```
//Constructor
public BookCounter::BookCounter( Library *subject )
{
        this.subject = subject;
        subject.attach(this);
}


//Called by subject in case of changes
public BookCounter::update( Library *subject )
{
        //Get new state from observer
        int nrBooks = library.geNrBooks();

        //Do something with new state
        cout << "Es sind " << nrBooks << " Buecher in der Bibliothek" << endl;
}
```

Design Pattern: Observer

- Konsequenzen:
  - Vorteile:
    - Subjekte und Beobachter können unabhängig variiert werden
    - Sind nur auf minimale Weise miteinander gekoppelt
    - Subjekt braucht keinerlei Kenntnis über Struktur seiner Beobachter
    - Unterstützt Broadcasts
  - Nachteile
    - Bei großer Beobachterzahl hohe Änderungskosten, da alle Beobachter informiert werden, auch wenn nicht alle die geänderte Information benötigen
    - Keine Information, was sich genau geändert hat, sondern nur, dass sich was geändert hat
    - Gefahr von Endlosschleifen, wenn Beobachter eines Subjekts auch gleichzeitig von diesem beobachtet wird

Observer-Pattern Variationen

- Pull-Modell
  - Subject sendet nur minimale Beschreibung der Änderungen
  - Observer holt sich die Informationen per getState()
  - Nachteil: Observer benötigt Referenz auf Subject
- Push-Modell
  - Subject sendet detaillierte Änderungen an Observer
  - Z.B. update(int length, int width,…)
  - Vorteil: Observer braucht keine Informationen mehr über Subject
  - Nachteil: Erweiterbarkeit, vermehrter Datenverkehr
- Explizite Interessen
  - Observer meldet Interesse an spezifischem Aspekt an
  - Dieser Aspekt wird zusätzlicher Parameter von Update
  - Nachteil: Schwieriger zu implementieren

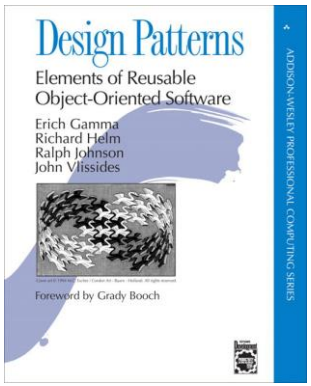


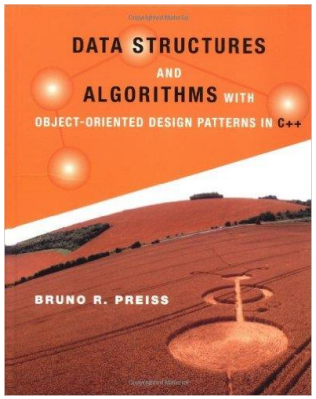
Weitere Design Patterns

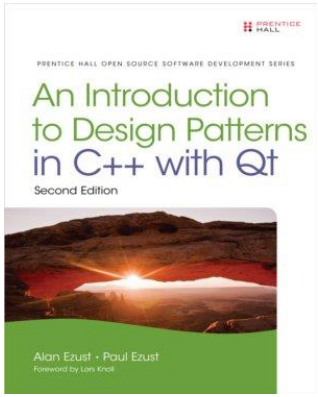
- Es gibt noch zahllose weitere Design Patterns:

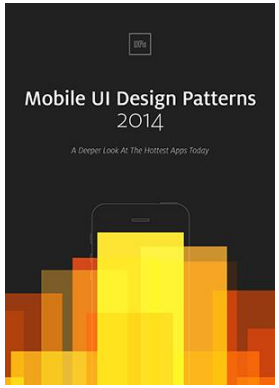
- Erzeugunsmuster:
  - Factory Method
  - Abstract Factory
  - Buildem
  - Prototype
  - …
- Strukturmuster:
  - Wrapper
  - Bridge
  - Facade
  - Flyweight
  - …
- Verhaltensmuster:
  - Interpreter
  - Template Method
  - Mediator
  - Iterator
  - …

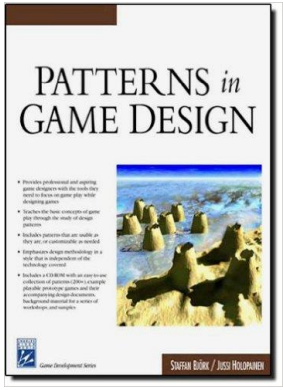
- Wen es interessiert:

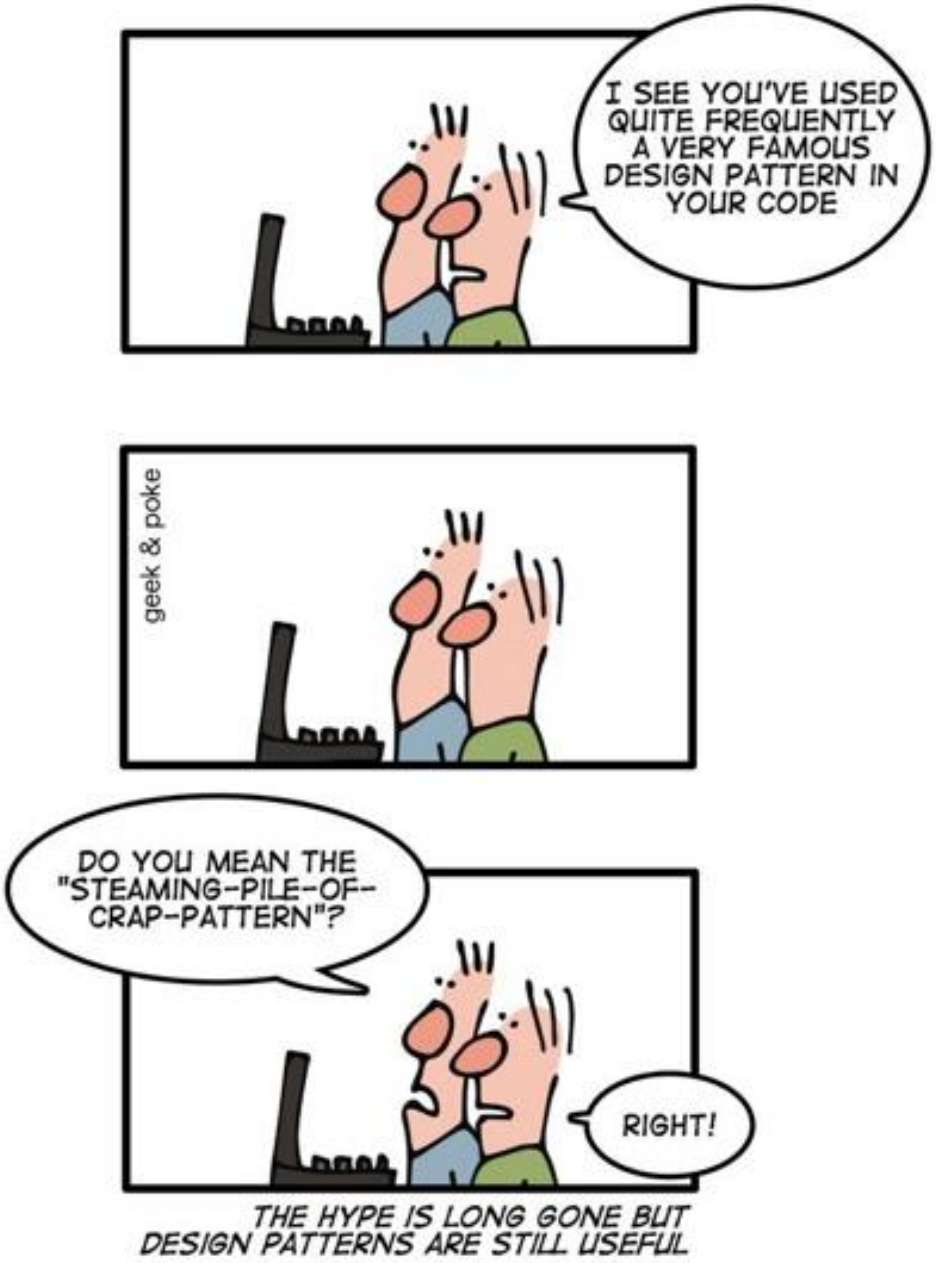











I SEE YOU'VE USED QUITE FREQUENTLY A VERY FAMOUS DESIGN PATTERN IN YOUR CODE
geek & poke
DO YOU MEAN THE "STEAMING-PILE-OF-CRAP-PATTERN"?
RIGHT!
THE HYPE IS LONG GONE BUT DESIGN PATTERNS ARE STILL USEFUL