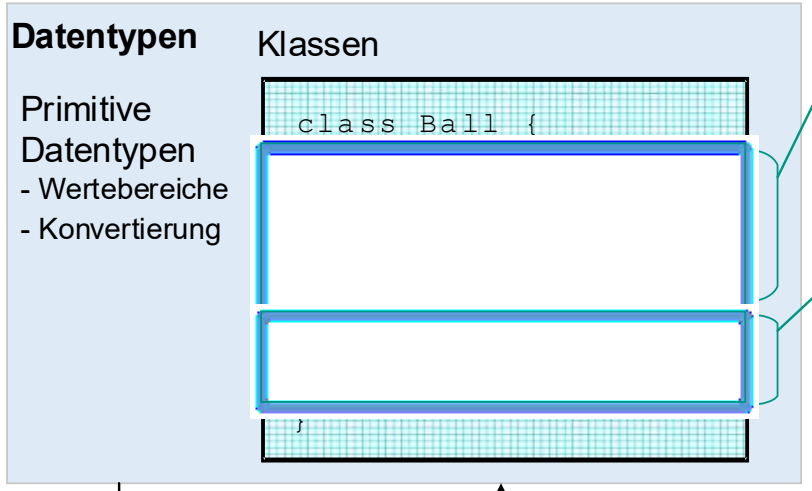
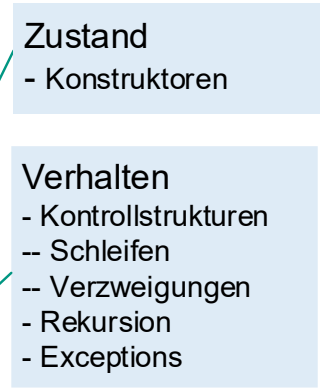
Vorlesung Programmieren

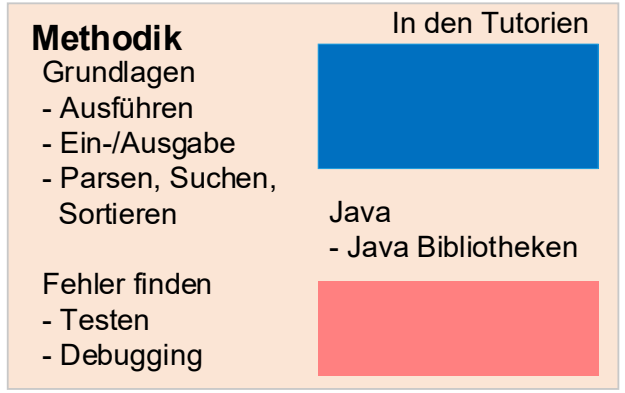
13. Objekt-orientierte Design-Prinzipien

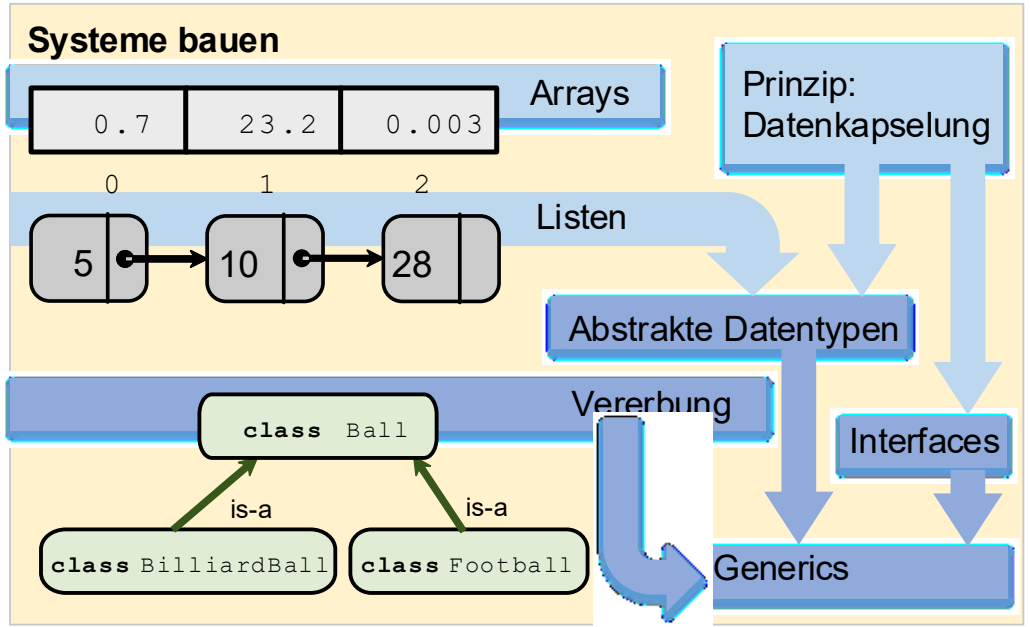
PD Dr. rer. nat. Robert Heinrich

Vorlesungsüberblick: Objekt-orientiertes Programmieren in Java









Überblick

- Datenkapselung
- Komposition vor Vererbung
- Gegen Schnittstellen programmieren
- 5 „SOLID“-Prinzipien, insbesondere „Open-Closed-Principle“
- Schnittstellenentwurf, ausgewählte Prinzipien

Folien basieren auf Material von Bob Tarr (University of Maryland)
http://userpages.umbc.edu/~tarr/dp/spr06/cs446.html

Lernziele

- Sie können Prinzipen des objektorientierten Entwurfs bei der Programmierung von Java anwenden.
- Sie können Programmcode anhand der Prinzipien bewerten und verbessern.
- Sie können gut wartbaren und gut lesbaren Programmcode erstellen.

Quelle: http://phdcomics.com

Prinzip 1: (*Datenkapselung*)
Minimiere die Zugriffsmöglichkeiten auf Klassen und Attribute

Datenkapselung (*Information Hiding*)

- Verwendung von **`private`** mit zugehörigen setter- und getter-Methoden wann immer möglich

- **Beispiel:**

  Ersetze

```
public double speed;          // in km/h
```

  durch

```
private double speed;         // in km/h

public double getSpeed() {
  return speed;
}
public void setSpeed(double newSpeed) {
  speed = newSpeed;
}
```

Vorteile Datenkapselung (I)

- Einschränkungen / Prüfbedingungen für Werte möglich

Beispiel

```
public void setSpeed(double newSpeed) {
  if (newSpeed < 0.0) {
    sendErrorMessage(...);
    newSpeed = Math.abs(newSpeed);
  }
  speed = newSpeed;
}
```

- Wenn Benutzer der Klasse direkten Zugriff auf die Attribute hätten, wäre es nicht möglich, eine Einschränkung (wie `speed >= 0.0`) sicherzustellen

Vorteile Datenkapselung (II)

- Die interne Repräsentation kann geändert werden, ohne die Schnittstelle zu verändern

Beispiel

```
private double speed; // jetzt in in m/s anstatt km/h

public void setSpeed(double newSpeed) {
  speed = convertKMHToMS(newSpeed);
}

private double convertKMHToMS(double speed) {
  return speed * 1000 / 3600;
}
```

← Schnittstelle unverändert

Vorteile Datenkapselung (II)

- Es können beliebige Seiteneffekte ausgeführt werden

Beispiel

```
public void setSpeed(double newSpeed) {
  speed = newSpeed;
  notifyObservers();
  logSpeedChange();
}
```

- Wenn Benutzer der Klasse auf die Attribute direkt zugreifen würden, müsste jeder sich extra um die Seiteneffekte kümmern

Prinzip 2:
Bevorzuge Komposition gegenüber Vererbung

Zum Weiterlesen:
- Gamma, E., Johnson, R., Helm, R., & Vlissides, J. (2011). *Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*. S. 26
- Bloch, Joshua. *Effective java*. Addison-Wesley Professional, 2017.

Komposition

- Komposition bezeichnet die Wiederverwendung durch Zusammensetzen bestehender Objekte zu einem neuen mit erweiterter Funktionalität

Beispiel mit Komposition

```
class Table {
  private TableData data;
  private GraphicalRepresentation grep;
  ...
}
```

- Neue Funktionalität wird (auch) durch Delegation an Komponenten erreicht
- Komposition wird manchmal auch Aggregation genannt

Vererbung

- Bei Vererbung wird Wiederverwendung dadurch erreicht, dass die Implementierung bestehender Objekte erweitert wird
- Oberklasse enthält gemeinsame Funktionalität (Methoden, Attribute)
- Abgeleitete Klasse erweitert die Basisfunktionalität durch zusätzliche Methoden und Attribute

Beispiel Komposition vs. Vererbung

- Wir wollen eine Variante von `HashSet` schreiben, die die Anzahl der eigefügten Elemente mitprotokolliert.
- Wir leiten dazu eine Klasse von `HashSet` ab:

```
public class InstrumentedHashSet extends HashSet {
  // The number of attempted element insertions
  private int addCount = 0;
  public InstrumentedHashSet(Collection c) { super(c); }
  public InstrumentedHashSet(int initCap, float loadFactor) {
    super(initCap, loadFactor);
  }
  public boolean add(Object o) {
    addCount++;
    return super.add(o);
  }
  public boolean addAll(Collection c) {
    addCount += c.size();
    return super.addAll(c);
  }
  public int getAddCount() {
    return addCount;
  }
}
```

Beispiel aus Bloch, Joshua. *Effective java*. Addison-Wesley Professional, 2017.

Beispiel Komposition vs. Vererbung

- Wir wollen nun unsere neue Klasse `InstrumentedHashSet` testen:

```
public static void main(String[] args) {
  InstrumentedHashSet s = new InstrumentedHashSet();
  s.addAll(Arrays.asList(new String[] { "Hund", "Katze", "Maus" }));
  System.out.println(s.getAddCount());
}
```

- Ausgabe: 6 (nicht das erwartete 3). Warum?
- Die Methode `addAll()` von `HashSet` ruft intern die `add()`-Methode auf. Daher werden bei `addAll()` eingefügte Elemente doppelt gezählt!

Beispiel mit Komposition

```
public class InstrumentedSet implements Set {
  private final Set s;
  private int addCount = 0;

  public InstrumentedSet(Set s) { this.s = s; }

  public boolean add(Object o) {
    addCount++;
    return s.add(o);
  }

  public boolean addAll(Collection c) {
    addCount += c.size();
    return s.addAll(c);
  }

  public int getAddCount() {
    return addCount;
  }
```

Beispiel mit Komposition

```
  // Forwarding methods (rest of Set interface methods)
  public void clear(){ s.clear(); }
  public boolean contains(Object o){ return s.contains(o);}
  public boolean isEmpty(){ return s.isEmpty(); }
  public int size(){ return s.size(); }
  public Iterator iterator(){ return s.iterator();}
  public boolean remove(Object o){ return s.remove(o);}
  public boolean containsAll(Collection c){ return s.containsAll(c);}
  public boolean removeAll(Collection c){ return s.removeAll(c);}
  public boolean retainAll(Collection c){ return s.retainAll(c);}
  public Object[] toArray(){ return s.toArray();}
  public Object[] toArray(Object[] a){ return s.toArray(a);}
  public boolean equals(Object o){ return s.equals(o);}
  public int hashCode(){ return s.hashCode();}
  public String toString(){ return s.toString(); }
}
```

Hinweis: Das Beispiel aus „Bloch, Joshua. *Effective java*. Addison-Wesley Professional, 2017.“ geht noch einen Schritt weiter und teilt „Wrapper“ und „Forwarding Class“.

Beispiel mit Komposition

Zu beachten:

- Diese Klasse implementiert das Set-Interface
- Das enthaltene Set-Objekt kann ein beliebiges Objekt sein, welches das Set-Interface implementiert (nicht nur HashSet)
- Daher sehr flexibel

Beispiel

```
List list = new ArrayList();
Set s1 = new InstrumentedSet(new TreeSet(list));

int capacity = 5;
float loadFactor = 0.7f;
Set s2 = new InstrumentedSet(new HashSet(cap, loadF);
```

Vorteile / Nachteile Komposition

Vorteile:

- Zugriff auf Komponenten erfolgt ausschließlich über deren Interface
- „Black-Box“-Wiederverwendung, da interne Details der Komponenten nicht sichtbar sind
- Gute Datenkapselung, weniger Implementierungs-Abhängigkeiten
- Jede Klasse konzentriert sich auf genau eine Aufgabe
- Komposition kann dynamisch zur Laufzeit erfolgen durch Referenzen auf Komponenten

Nachteile:

- Komposition benötigt typischerweise mehr Objekte
- Interfaces müssen sauber definiert werden, damit Wiederverwendung in möglichst vielen Fällen ermöglicht wird

Vorteile / Nachteile Vererbung

Vorteile:

- Implementierung der abgeleiteten Klasse einfacher, da das Meiste vererbt wird
- Basisklasse kann leicht modifiziert oder erweitert werden

Nachteile:

- Schlechte/keine Datenkapselung, da abgeleitete Klasse auf Implementierungsdetails der Oberklasse Bezug nehmen kann
- „White-Box“-Wiederverwendung, da Implementierungsdetails in abgeleiteten Klassen sichtbar sind
- Änderungen an abgeleiteten Klassen können erforderlich werden, wenn Oberklasse verändert wird
- Implementierungen, die von der Oberklasse geerbt werden, können zur Laufzeit nicht verändert werden

Prinzip 3:
Programmiere gegen Schnittstellen und nicht gegen eine Implementierung

Zum Weiterlesen:
Gamma, E., Johnson, R., Helm, R., & Vlissides, J. (2011).
Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software. S. 24

Vorteile/Nachteile Interfaces

Vorteile:

- Verwender des Interfaces (*Clients*) kennen die genaue Klasse des Objekts, das das Interface implementiert, nicht
- Objekte können leicht durch andere ausgetauscht werden
- Objektverbindungen müssen nicht „festverdrahtet“ programmiert werden
- Wiederverwendung wird verbessert

Nachteile:

- Etwas erhöhte Design-Komplexität

Beispiel Interface

Beispiel

```
/**
 * Interface Maneuverable provides the specification
 * for a maneuverable vehicle.
 */
public interface Maneuverable {
  public void left();
  public void right();
  public void forward();
  public void reverse();
  public void setSpeed(double speed);
  public double getSpeed();
}
```

Beispiel Interface

Beispiel

```
public class Car implements Maneuverable { ... }

public class Boat implements Maneuverable { ... }

public class Submarine implements Maneuverable { ... }
```

Beispiel Interface

- Eine Methode in einer anderen Klasse kann Verkehrsmittel steuern, ohne zu wissen, um welche es sich genau handelt (Auto, Boot, U-Boot, …)

Beispiel

```
public void travel(Maneuverable vehicle) {
  vehicle.setSpeed(35.0);
  vehicle.forward();
  vehicle.left();
  vehicle.setSpeed(0.0);
}
```

Prinzip 4: (*Open-Closed Principle*)
Software-Komponenten sollten offen für Erweiterung, aber geschlossen für Änderung sein

Zum Weiterlesen:
Martin, Robert C. Agile software development: principles, patterns, and practices. Prentice Hall, 2002.

Open-Closed Principle

- Das Open-Closed Prinzip (OCP) besagt, dass man versuchen sollte, Programmmodule zu entwerfen, die nie geändert werden müssen
- Für Erweiterungen fügen wir neuen Code hinzu, wir ändern keinen alten Code

Zwei Kriterien:

- Offen für Erweiterung: Das Verhalten eines Moduls kann erweitert werden, um neue Funktionalität bereitzustellen
- Geschlossen für Änderung: Der Source-Code des Moduls darf sich nicht ändern

Beispiel OCP

Beispiel

```
public double totalPrice(Part[] parts) {
  double total = 0.0;
  for (int i = 0; i < parts.length; i++) {
    total += parts[i].getPrice();
  }
}
```

- Falls es sich bei `Part` um ein Interface handelt, können verschiedene Teile ohne Änderung der Methode `totalPrice()` behandelt werden

Beispiel OCP

- Für bestimmte Teile soll ein besonderer Preis berechnet werden. Wie können wir das implementieren?

Beispiel

```
public double totalPrice(Part[] parts) {
  double total = 0.0;
  for (int i = 0; i < parts.length; i++) {
    if (parts[i] instanceof Motherboard)
      total += 1.20 * parts[i].getPrice();
    if (parts[i] instanceof Memory)
      total += 1.10 * parts[i].getPrice();
    else
      total += parts[i].getPrice();
  }
}
```

Erfüllt dieser Code das OCP?

- Nein!

Beispiel OCP

- **Besser:** Extra Klasse (`PricePolicy`) zur Berechnung spezieller Preise

Beispiel

```
public class Part {
  private double price;
  private PricePolicy pricePolicy;

  public void setPricePolicy(PricePolicy pricePolicy) {
    this.pricePolicy = pricePolicy;
  }
  public void setBasePrice(double price) { this.price = price; }
  public double getPrice() { return pricePolicy.getPrice(price); }
}

public class PricePolicy {
  private double factor;

  public PricePolicy(double factor) { this.factor = factor; }
  public double getPrice(double price) { return price * factor; }
}
```

OO-Design-Prinzipien

SOLID:

- **S**ingle Responsibility Principle
  - Jede Klasse sollte nur eine Verantwortung („Grund zur Änderung“) haben.
- **O**pen/Closed Principle
  - Klassen sollten Erweiterungen erlauben, ohne dabei ihr Verhalten zu ändern
- **L**iskov Substitution Principle
  - Eine Instanz einer abgeleiteten Klasse sollte sich so verhalten, dass jemand, der meint, ein Objekt der Basisklasse vor sich zu haben, nicht durch unerwartetes Verhalten überrascht wird.
- **I**nterface Segregation Principle
  - Klassen sollten durch Interface nicht gezwungen werden, nicht notwendige Methoden zu implementieren; stattdessen Interface auftrennen
- **D**ependency Inversion Principle
  - Abstraktes soll nicht von Details abhängen

Zum Weiterlesen:
Martin, Robert C. Agile software development: principles, patterns, and practices.
Prentice Hall, 2002.

Ausgewählte Prinzipien für den Schnittstellenentwurf

Warum Aufwand in den Entwurf guter Schnittstellen investieren?

"Good interfaces reduce costs"

[Gernot Starke, Stefan Tilkov (Eds.) "SOA-Expertenwissen",
1st edition, dpunkt.verlag, Heidelberg, 2007, p. 357]

Gute Schnittstellen

- Gute Schnittstellen sind erster Schritt zu qualitativ hochwertigem Klassenentwurf

- Eigenschaften guter Schnittstellen
  - verbergen Implementierungsdetails („Information Hiding“)
  - besitzen konsistentes Abstraktionsniveau
  - besitzen angemessenes Abstraktionsniveau

Schnittstellenentwurf für Kapselung/Wiederverwendbarkeit

- **Entwurfsfrage**: Soll eine Schnittstelle die interne Repräsentation der späteren Implementierung widerspiegeln?

- Beispiel:

```
void addCustomers(List<Customer> customers)
```

im Vergleich zu:

```
void addCustomer(Customer c)
```

Schnittstellenentwurf für Kapselung/Wiederverwendbarkeit

- **Nein**, das Exponieren der internen Repräsentation schränkt die Wiederverwendbarkeit ein
  - Die Möglichkeit zum Hinzufügen eines **`Set`** von **`Customers`** sollte ebenso gegeben sein, zusätzlich zu **`List`** von **`Customers`**
  - Benutzer (Aufrufer) einer Klasse sollte keine Annahmen über die interne Implementierung treffen müssen

- Deshalb:
  - Nutzen von generellen (möglichst abstrakten) Superklassen/Schnittstellen (z.B. `Collection`):

```
void addCustomers(Collection<Customer> customers)
```

Trennung von Befehl und Anfrage

- Eine Methode sollte entweder
  - den Objekt-Zustand zurückliefern (Anfrage)
  - oder den Objektzustand ändern (Befehl)
  - aber **nicht beides gleichzeitig**
- Grund: Mehrfache Hintereinanderausführung einer Methode sollte dasselbe Ergebnisse liefern
- Methode wird dann als idempotent bezeichnet

Trennung von Befehl und Anfrage

- Nachteil: Mehr Methodenaufrufe
- Gegenbeispiel: Iterator-Muster in Java und C#

Java

```
while (i.hasNext()) {
  Object ele = i.next();
}
```

```
boolean hasNext(): Anfrage
```

```
Object next(): Befehl und Anfrage
```

C#

```
while (i.MoveNext()) {
  Object ele = i.Current();
}
```

```
Object Current():  Anfrage
```

```
boolean MoveNext(): Befehl und Anfrage
```

Außerdem zeigt Iterator (`IEnumerator`) nach dessen Instanziierung auf ein ungültiges Element.

Trennung von Befehl und Anfrage

- Ein eleganter Iterator?

“New” Java:

```
while (i.isCurrentValid()) {
  Object ele = i.current(); // no switch to next element
  i.moveNext();
}
```

`boolean isCurrentValid()`: Anfrage

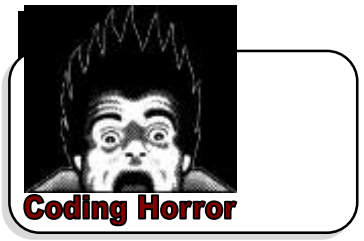
`Object current()`: Anfrage

`void moveNext()`: Befehl (was aber geschieht beim letzten Element?)

Schlechte Abstraktion

```
public interface Program {
  void initializeCommandStack();
  void pushCommand(Command command);
  Command popCommand();
  void shutdownCommandStack();
  void initializeReportFormatting();
  void formatReport(Report report);
  void printReport(Report report);
  void initializeGlobalData();
  void shutdownGlobalData();
}
```

[Steve McConnell “Code Complete”, 2nd edition, Microsoft Press, 2004, S. 134]



Bessere Abstraktion

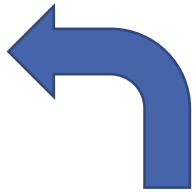
```
public interface Program {
  void initializeUserInterface();
  void shutdownUserInterface();
  void initializeReports();
  void shutdownReports();
}
```

[Steve McConnell “Code Complete”, 2nd edition, Microsoft Press, 2004, S. 134]

Auftrennung von Klassen und Schnittstellen

- Aufteilen einer Klassen in zwei Klassen bzw. Schnittstellen, falls...
- einige Methoden arbeiten mit der einen Hälfte der Attribute, die restliche Methoden mit der anderen Hälfte

```
public interface IUserInterfaceCtrl {
  void initializeUserInterface();
  void shutdownUserInterface();
}
public interface IReportCtrl {
  void initializeReports();
  void shutdownReports();
}
```



```
public interface Program {
  void initializeUserInterface();
  void shutdownUserInterface();
  void initializeReports();
  void shutdownReports();
}
```

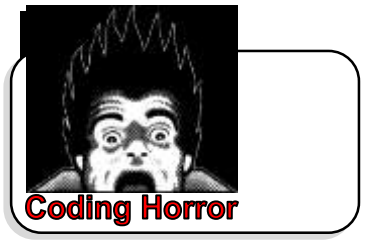
Gemischtes Abstraktionsniveau

```
public interface EmployeeCensus {
  void addEmployee(Employee employee);
  void removeEmployee(Employee employee);

  Employee nextItemInList();
  Employee firstItem();
  Employee lastItem();
}
```

Employee-Abstraktionsniveau

List-Abstraktionsniveau



[Steve McConnell “Code Complete”, 2nd edition, Microsoft Press, 2004, S. 135]

Konsistentes Abstraktionsniveau

```
public interface EmployeeCensus {
  void addEmployee(Employee employee);
  void removeEmployee(Employee employee);

  Employee nextEmployee();
  Employee firstEmployee();
  Employee lastEmployee();

  // von außen nicht sichtbare Verwendung von List
  private List employeeList;

}
```

Employee-Abstraktionsniveau

[Steve McConnell “Code Complete”, 2nd edition, Microsoft Press, 2004, S. 135]

Wahl von Methodennamen

- Ausdrucksstarke Namen benutzen

- In der Benutzerterminologie beschreiben, was die Methode leistet
  - Nicht: **`doComputations(…)`**
  - Sondern: **`calculateInvoiceSum(…)`**

- Keine Methodennamen (allgemeiner: Bezeichner), die sich bloß durch eine Ziffer unterscheiden
  - outputUser1, outputUser2
  - MangeInde Semantik der Ziffer
  - Gefahr von unentdeckt gebliebenen Bugs durch Tippfehler

[Steve McConnell “Code Complete”, 2nd edition, Microsoft Press, 2004]

Wahl von Methodennamen

- Konsistente Nutzung gegensätzlicher Begriffe
  - add/remove
  - create/destroy
  - first/last
  - get/put
  - get/set
  - increment/decrement
  - insert/delete
  - lock/unlock
  - min/max
  - next/prev(ious)
  - old/new
  - open/close
  - show/hide
  - source/target
  - start/stop
  - up/down

[Steve McConnell “Code Complete”, 2nd edition, Microsoft Press, 2004]

Wahl von Methodennamen

Beispiele für konsistente Methodenpaare

- Neben `lightOn()`-Methode sollte `lightOff()` existieren
- Neben `List.addItem()` sollte `List.removeItem()` existieren
- **Aber nicht**: `List.add()` und `List.removeItem()`

Zusammenfassung

Prinzipien des objekt-orientierten Entwurfs

- Datenkapselung
- Komposition vor Vererbung
- Gegen Schnittstellen programmieren
- 5 „SOLID“-Prinzipien, insbesondere „Open-Closed-Principle“
- Schnittstellenentwurf, ausgewählte Prinzipien

Anlaufstellen Stressbewältigung

- Bei Stress in Studium oder Persönlichen Bereich können Sie sich an folgende Ansprechstellen wenden:
- ZIB: Beratung für studiumsbezogene Probleme etc.
  - https://www.sle.kit.edu/imstudium/zib.php
- Studierendenwerk: Allgemeine Beratung
  - https://www.sw-ka.de/de/beratung/
- Psychotherapeutische Beratungsstelle (PBS)
  - https://www.sw-ka.de/de/beratung/psychologisch/
- AStA: verschiedene kostenlose Beratungsangebote
  - https://www.asta-kit.de/de/angebote/beratung
- Nightline Karlsruhe: Vertrauliches Telefon von Studierenden für Studierende
  - https://www.nightline-karlsruhe.de/
- Telefonseelsorge: Kostenlos, rund um die Uhr erreichbar
  - https://www.telefonseelsorge.de/

Weiterlesen

- *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*
  - By Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson and John Vlissides
  - → Softwaretechnik I
- *Clean Code: A Handbook Of Agile Software Craftsmanship*
  - Recommendations for „clean code“
  - Tools, techniques, and thought processes of good programmers
- *Agile Software Development: Principles, Patterns, and Practices*
  - Principles of object-oriented design
- *Code complete* von Steve McConnell, 2004.