

Unit Tests mit JUnit

Softwaretests und Unit Tests

Grundlagen von JUnit

Fortgeschrittene Techniken

Testbetonte Entwicklungsprozesse

Software und Fehler

- Menschen schreiben Software
- Menschen machen Fehler

→ Software enthält Fehler

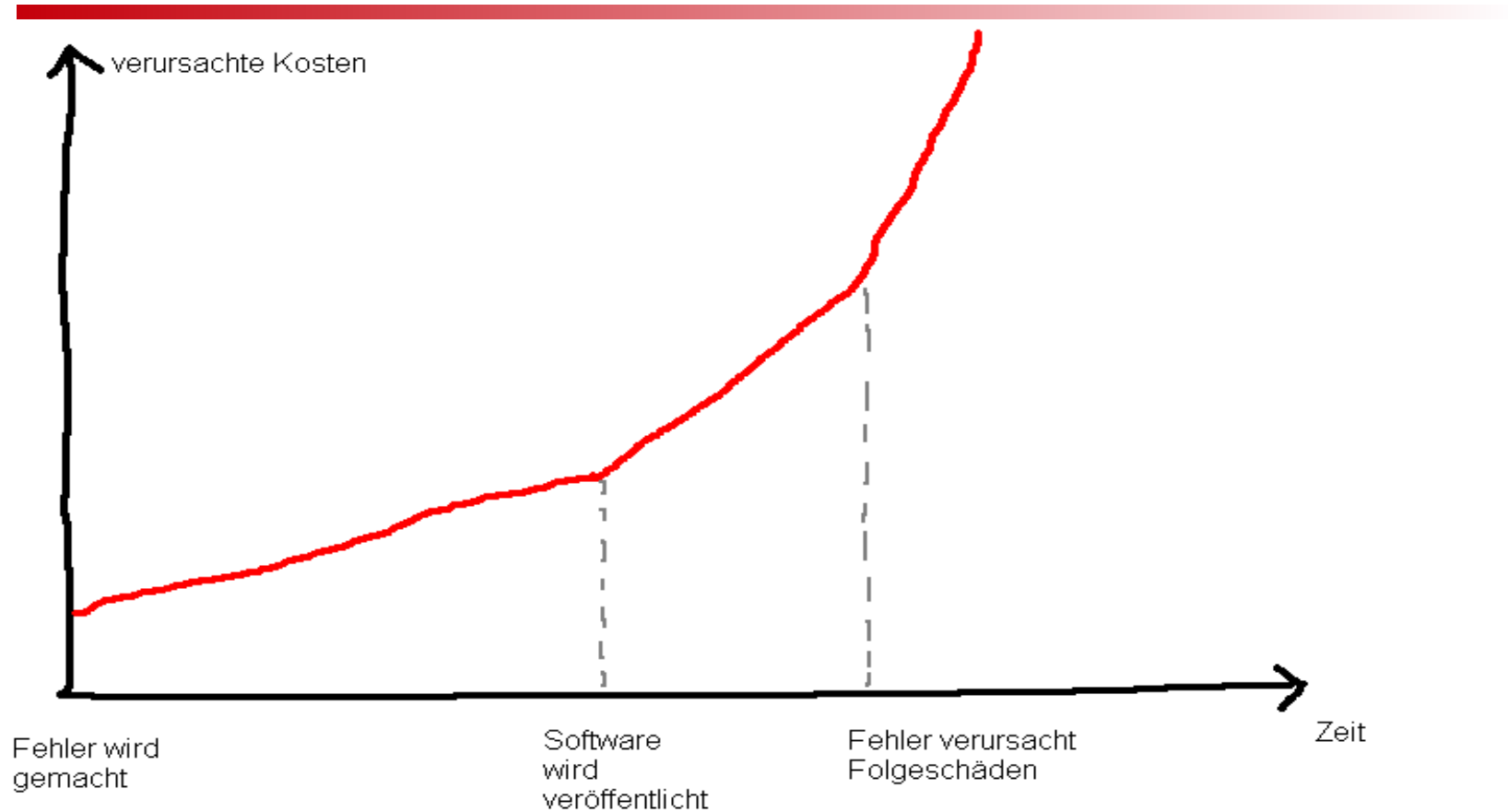
Fehler binden Ressourcen

- Jeder Fehler bindet Ressourcen
 - Geld, Zeit
 - Aufmerksamkeit, Nerven, Vertrauen
- Die Kosten eines Fehlers steigen mit der Zeit seiner Existenz
 - Kosten selbst, wenn man ihn sofort bemerkt und beseitigt

Dieser Theorie fehlt noch der Beleg, siehe auch:

<http://blog.securemacprogramming.com/2012/09/an-apology-to-readers-of-test-driven-ios-development/>

Kosten eines Fehlers



- Es gibt Zeitpunkte, ab denen ein Fehler sprunghaft teurer wird

Softwarefehler sind teuer

- Jeder veröffentlichte (release) Fehler kostet deutlich mehr als ein unveröffentlichter Fehler
 - Schätzung: knapp 60 Milliarden US-Dollar Schaden für die US-Wirtschaft pro Jahr durch Softwarefehler (Quelle: RTI International)
- Jede fehlerhafte Installation verursacht Behebungskosten (Multiplikator)

Softwaretests sind Pflicht

- Testen von Software ist gesetzlich vorgeschrieben
 - Nicht testen ist „grob fahrlässig“
- Tests beschützen programmierte Funktionalität
 - Versicherung gegen versehentliche Änderung
- Tests können als Orientierungshilfe eingesetzt werden

Tests als Hilfsmittel

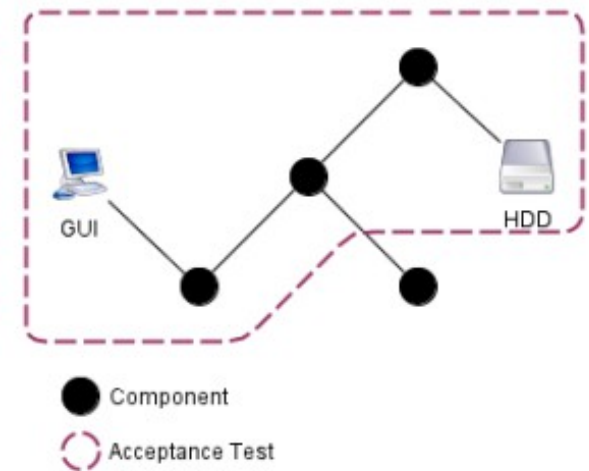
- Einige moderne Entwicklungsmethoden basieren auf (Unit) Tests
 - Test First
 - Test Driven Development
- Tests werden dabei als „Leitmotiv“ für die Programmierung verwendet
- Ein vorhandener Test unterscheidet gewollte Funktionalität von zufälligen „Features“

Eine Klassifikation von Tests

- Begriffsvielfalt in Bezug auf Testarten
- Eine mögliche Bezeichnung:
 - Akzeptanztests
 - Integrationstests
 - Komponententests (Unit Tests)
 - Leistungstests

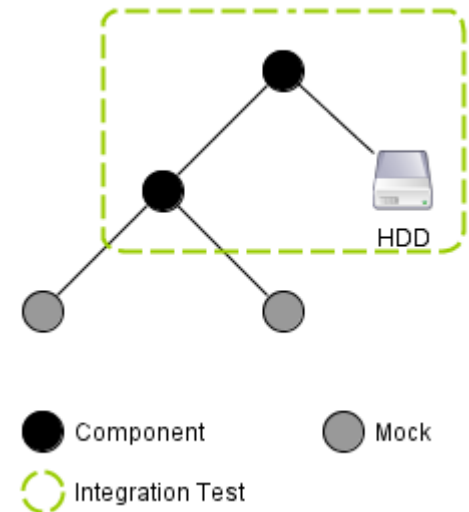
Akzeptanztests

- Vollständiges System wird gestartet
- Möglichst passende Laufzeitumgebung
 - Echte Datenbank, Hardware
- Durchführung mit Mitteln des Benutzers
 - Interaktion mit Bedienoberfläche
- Ziel: Durchspielen echter Bedienszenarien



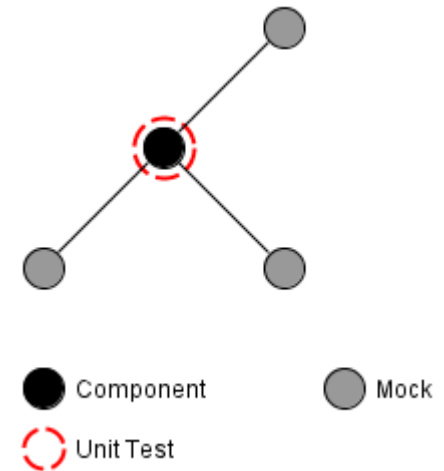
Integrationstests

- Nur relevante Teile des Systems werden gestartet
- Nicht zu testende Systemteile durch Stellvertreter ersetzt
- Durchführung mittels Testframework (Methodenaufrufe)
 - Interaktion der Systemteile untereinander
- Ziel: Zusammenspiel der Komponenten sicherstellen



Komponententests aka Unit Tests

- Nur relevanter Teil des Systems wird gestartet
- Alle anderen Systemteile durch Stellvertreter ersetzt
- Durchführung mittels Testframework (Methodenaufrufe)
 - Prüfen der Rückgabewerte
- Ziel: Korrekte Implementierung der Komponente (Unit) sicherstellen



Was sind Unit Tests?

- Tests für eine Komponente (Unit)
 - Unabhängig von anderen Komponenten
 - Pro Test ein Aspekt der Komponente
- Ausführbare und selbst-überprüfende Spezifikation von Komponenten
 - “Komponente” ist meist eine Klasse
- Aktive Dokumentation für eine Klasse
 - Zeigt Verwendung und Verhalten in Ausnahmefällen

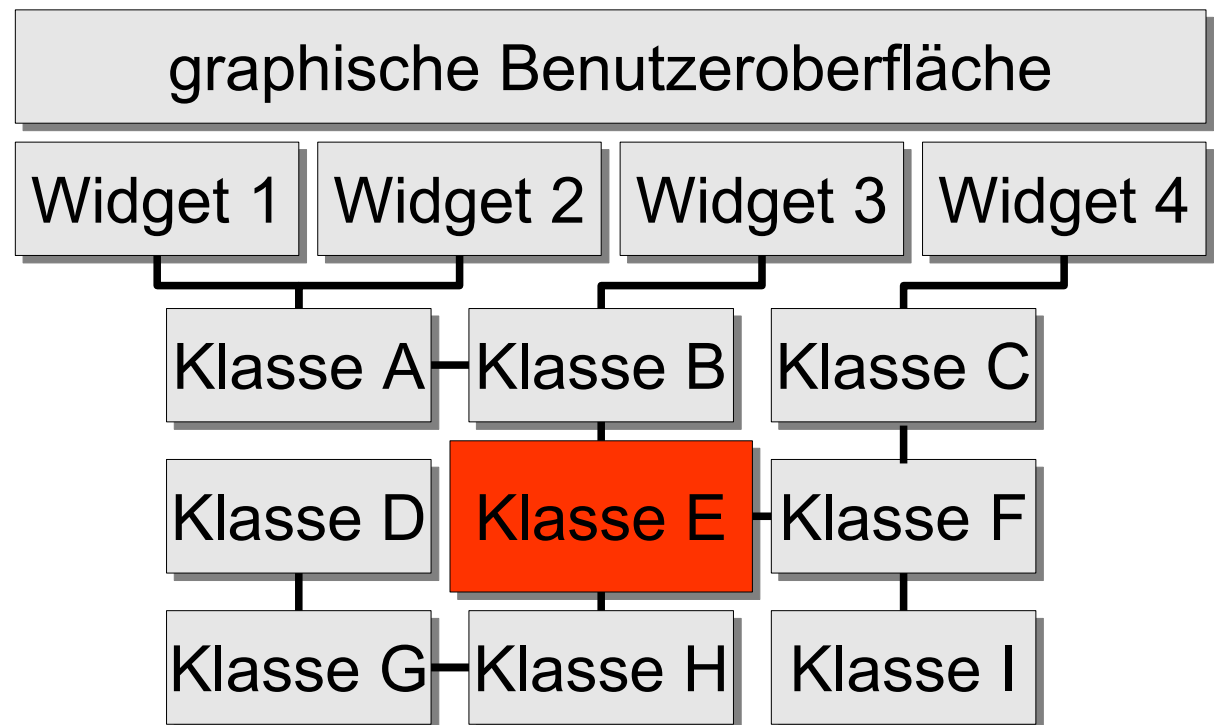
Isolation von Komponenten

Ein Software-
system



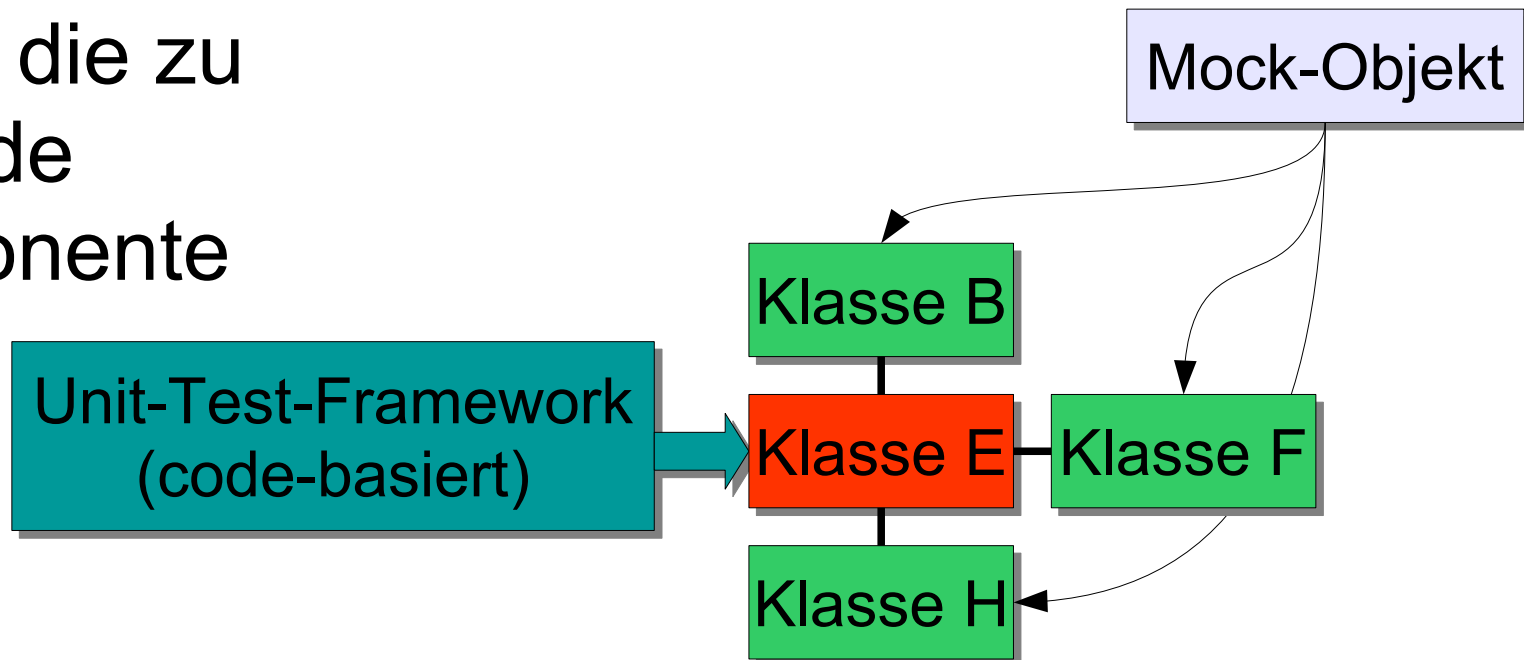
Isolation von Komponenten

Eine
Funktionalität
muss getestet
werden



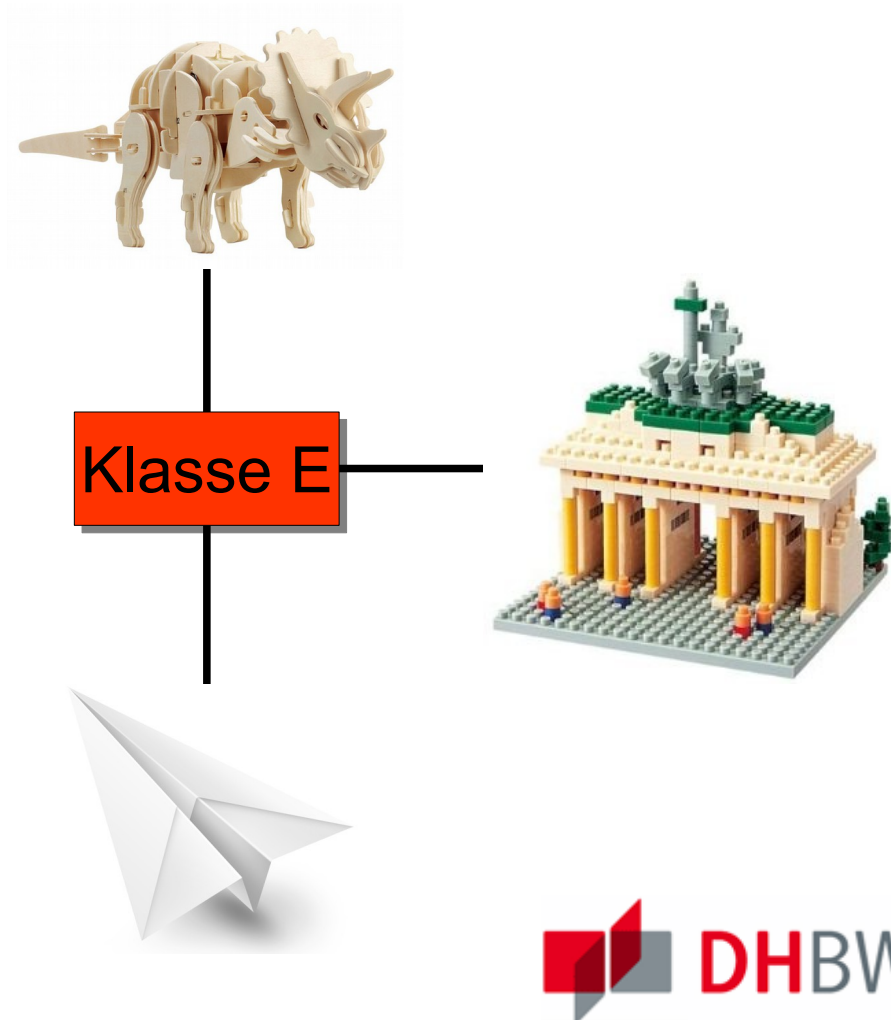
Isolation von Komponenten

Ein Unit-Test
isoliert die zu
testende
Komponente



Isolation durch Mocks

- Um eine Klasse isoliert testen zu können, müssen die Abhängigkeiten ersetzt werden
- Durch „Mock-Objekte“
- Minimal-Umsetzung der notwendigen Funktionalität (Fakes)
- „Gut genug“ für Test



Unit Test Frameworks

- Für jede Sprache existiert ein Unit Test Framework:

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unit_testing_frameworks

- Sogenannte xUnit-Frameworks haben vergleichbaren Aufbau
 - Assertion-basierte Testformulierung
- Oft starke Trennung zwischen Produktiv- und Testcode

Normalform eines xUnit-Tests

```
@Test
public void test() {
    String input = "abc";
    String result = Util.reverse(input);
    assertEquals("cba", result);
}
```

Arrange

Act

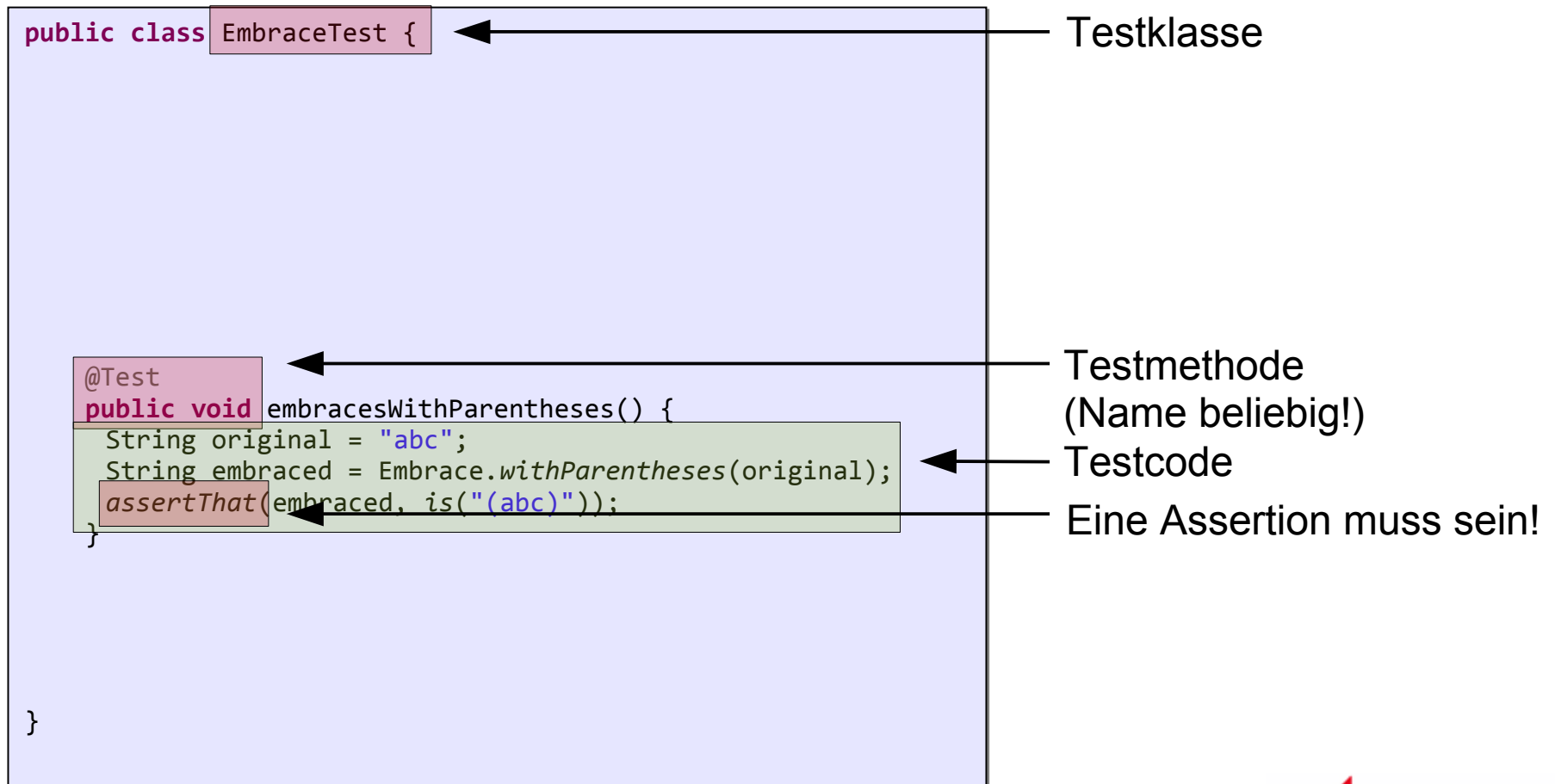
Assert

- Arrange: Initialisieren der Test-“Welt“
- Act: Ausführen der zu testenden Aktion
- Assert: Prüfen der Test-Zusicherungen

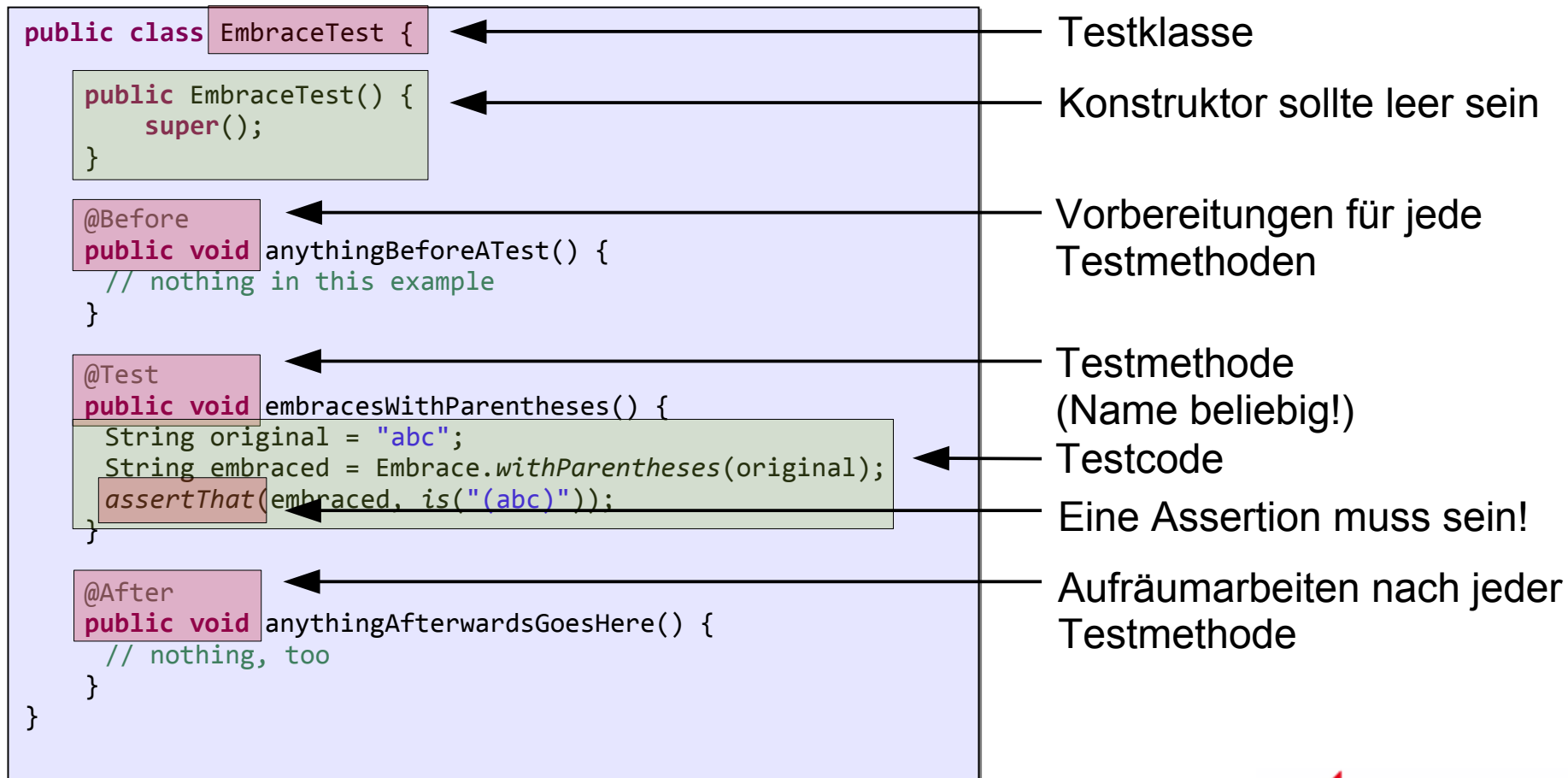
JUnit

- Entwickelt von Kent Beck und Erich Gamma
- Aktuell in Version 4.11
 - Große Unterschiede zur Version 3
- Sehr gute Integration in viele IDEs
- Java-Standard für Unit Tests

Struktur eines JUnit-Tests



Struktur eines JUnit-Tests



Mehrere Testmethoden pro Testklasse

```
public class EmbraceTest {  
  
    @Test  
    public void embracesWithParentheses() {  
        assertThat(Embrace.withParentheses("abc"), is("(abc)"));  
    }  
  
    @Test  
    public void embracesWithBraces() {  
        assertThat(Embrace.withBraces("xyz"), is("{xyz}"));  
    }  
  
    @Test  
    public void embracesWithDoubleQuotes() {  
        assertThat(Embrace.withDoubleQuotes("def"),  
                   is("\"def\""));  
    }  
  
    @Test  
    public void embracesWithXMLTag() {  
        assertThat(Embrace.withXMLTag("text", "tag"),  
                   is("<tag>text</tag>"));  
    }  
}
```

Alle Testmethoden
einer Klasse
werden ausgeführt

Reihenfolge der
Testausführung
nicht definiert

Ergebnisse werden
zusammengefasst

Mögliche Testergebnisse

- **Success:** Bestanden
 - Die Testmethode läuft durch
 - Alle Assertions sind erfüllt
 - Eine leere Testmethode besteht immer
- **Failure:** Wegen Assertion nicht bestanden
 - Eine Assertion in der Testmethode schlägt fehl
- **Error:** Wegen Fehler nicht bestanden
 - In der Testmethode tritt eine Ausnahme auf
 - Gewollte Exceptions müssen deklariert werden

Eine übliche Testmethode

```
@Test
public void takesSkontoIntoAccount() {
    Customer testCustomer = new Customer();
    testCustomer.setSkonto(new Percent(3.0d));
    Euro price = new Euro(100.0d);

    Euro netto = price.getNettoFor(testCustomer);

    assertThat(netto.getAmount(), is(closeTo(97.0d, withMargin(1E-2)))));
}
```

Spezielle Matchers
(Hamcrest-Bibliothek)

```
private static double withMargin(double margin) {
    return margin;
}
```

Eigens geschriebener
Code Squiggle

Eigenschaften guter Unit Tests

- Zeitnahe Erstellung zum Produktivcode
 - Eventuell sogar vor dem Produktivcode
- Die „A-TRIP“ Eigenschaften:
 - Automatic
 - Thorough
 - Repeatable
 - Independent
 - Professional

Automatic

- Die Tests müssen selbständig ablaufen
 - Keine manuellen Eingriffe notwendig
 - Kein Dialog-Wegklicken, keine Werteeingaben
- Die Tests müssen ihre Ergebnisse selbst überprüfen
 - Für jeden Test nur das Ergebnis „bestanden“ oder „nicht bestanden“ zulässig
 - „Nicht bestanden“ wird als „gebrochen“ bezeichnet
- Dadurch keinerlei Ansprüche bezüglich der Testdurchführung an den Durchführenden

Thorough

- Gute Tests testen alles Notwendige
 - „notwendig“ bestimmt sich aus den Rahmenbedingungen
- Minimale, iterative Regel
 - Jede missionskritische Funktionalität ist getestet
 - Für jeden aufgetretenen Fehler existiert ein Testfall, der ein erneutes Auftreten verhindert
- Softwarefehler sind nicht gleichmäßig über ein System verteilt
 - Fehler „klumpen“ zusammen
 - Zusätzliche Tests im „Umfeld“ eines Fehlers

Repeatable

- Jeder Test sollte jederzeit (automatisch) durchführbar sein und immer das gleiche Ergebnis liefern
 - Ergebnis (bestanden/nicht bestanden) unabhängig von der Umgebung
 - Beliebte Problemquellen: Datum und Zufall
 - Dateisystemzugriffe sind plattformabhängig
- Ein Test, der spontan bricht, obwohl nichts verändert wurde, ist selbst fehlerhaft
 - Ein fehlerhafter Test ist schlechter als keiner

Independent

- Tests müssen jederzeit in beliebiger Zusammenstellung und Reihenfolge funktionsfähig sein
 - Keine implizite Abhängigkeiten zwischen den Tests
 - z.B. persistente Datenstrukturen wie Datenbanken oder Dateisysteme
- Jeder Test testet genau einen Aspekt der Komponente
 - Bei Testbruch sollte die Ursache möglichst direkt ableitbar sein

Professional

- Testcode ist auch produktionsrelevanter Code
 - Allerdings wird Testcode selbst nicht automatisch getestet
 - Fehler in Tests sind ebenfalls teuer in ihrer Behebung
- Testcode sollte so leicht verständlich wie möglich sein
- Testcode als Selbstzweck (Anzahl Tests erhöhen) ist nicht sinnvoll
 - Tests für unrelevante Aspekte sind ebenfalls nicht sinnvoll

Ein üblicher Test

```
@Test
public void takesSkontoIntoAccount() {
    Customer testCustomer = new Customer();
    testCustomer.setSkonto(new Percent(3.0d));
    Euro price = new Euro(100.0d);

    Euro netto = price.getNettoFor(testCustomer);

    assertThat(netto.getAmount(), is(closeTo(97.0d, withMargin(1E-2))));
}
```

Testen auf Exceptions

```
@Test
public void needsMeaningfulSkonto() {
    Customer testCustomer = new Customer();
    testCustomer.setSkonto(null); // This means trouble!
    Euro price = new Euro(100.0d);
    try {
        Euro netto = price.getNettoFor(testCustomer);
    } catch (NullPointerException e) {
    }
}
```

Geht auch ohne Exception grün durch

Testen auf Exceptions

```
@Test
public void needsMeaningfulSkonto() {
    Customer testCustomer = new Customer();
    testCustomer.setSkonto(null); // This means trouble!
    Euro price = new Euro(100.0d);
    try {
        Euro netto = price.getNettoFor(testCustomer);
        fail(„Need to throw a NullPointerException here.“)
    } catch (NullPointerException e) {
        assertThat(e.getMessage(), is(„No skonto set"));
    }
}
```

Testen auf Exceptions

```
@Test(expected=NullPointerException.class)
public void needsMeaningfulSkonto() {
    Customer testCustomer = new Customer();
    testCustomer.setSkonto(null); // This means trouble!
    Euro price = new Euro(100.0d);
    Euro netto = price.getNettoFor(testCustomer);
}
```

Besondere Code-Konstrukte

- Berechnungen und Konditionalstrukturen sind besonders anfällig für menschliche Fehler
 - Jede Berechnung testen
 - Jede Konditionalstruktur testen
- Konditionalstrukturen in eigene, testbare Methode auslagern
 - `protected boolean isSomething() {...}`
 - Entscheidungsraum nach Möglichkeit im Test abdecken

Genauigkeit von Vergleichen

- Zeichenketten- und Ganzzahl-Vergleiche sind diskret (ohne Toleranzbereich)
- Fließkommazahl-Vergleiche sind aufgrund ihres Speicherformats mit einer Toleranz behaftet:

```
assertThat(doubleValue(), is(closeTo(1.0d, 1E-2))));
```

- Diese Toleranz kann im Format 1E-n mit n = Anzahl Nachkommastellen Genauigkeit angegeben werden

Arithmetische Kuriositäten

- In Java gibt es keinen `DivisionByZeroError` o.ä.:
 - `1.0d / 0.0d => Double.POSITIVE_INFINITY`
 - `1.0d / -0.0d => Double.NEGATIVE_INFINITY`
- Es gibt einen fiesen Unterschied in der Semantik von `MIN_VALUE`:
 - `Integer.MIN_VALUE` = größter negativer Wert
 - `Double.MIN_VALUE` = kleinster positiver Wert
- Java kennt keinen `IntegerOverflowError` o.ä.:
 - `(Integer.MAX_VALUE + 1) == Integer.MIN_VALUE`

Wie teste ich meine Tests?

- Testabdeckung (Code Coverage) bestimmen
- Bewusst (und temporär intern!) Probleme für den Test in den Produktivcode einbauen
 - Tests müssen auf diese Probleme reagieren
- Ein Werkzeug einsetzen, das den Produktivcode im Test willkürlich verändert und beschädigt
 - Die Tests sollten solche Veränderungen registrieren

Testabdeckung

- Code Coverage hat verschiedene Bezugspunkte
 - Line Coverage
 - Branch Coverage
- Wichtig: Immer Bezugspunkt angeben, die Werte können stark unterschiedlich sein

Branch Coverage

- Jede Entscheidung kann auf verschiedenen Pfaden durchlaufen bzw. verlassen werden

```
public class SomeTest {  
    @Test  
    public void hasAnswerOnEverything() {  
        assertThat(new Some().thing(true), is(42));  
    }  
}
```

```
public class Some {  
    public int thing(boolean mode) {  
        if (mode) {  
            return 42;  
        }  
        return 17;  
    }  
}
```

Branch Coverage = 50%

Line Coverage

- Jede Zeile Code wird durch die Tests entweder durchlaufen oder nicht

```
public class SomeTest {  
    @Test  
    public void hasAnswerOnEverything() {  
        assertThat(new Some().thing(true), is(42));  
    }  
}
```

```
public class Some {  
    public int thing(boolean mode) {  
        if (mode) {  
            return 42;  
        }  
        return 17;  
    }  
}
```

Line Coverage = 66,6%

Hohe Testabdeckungen

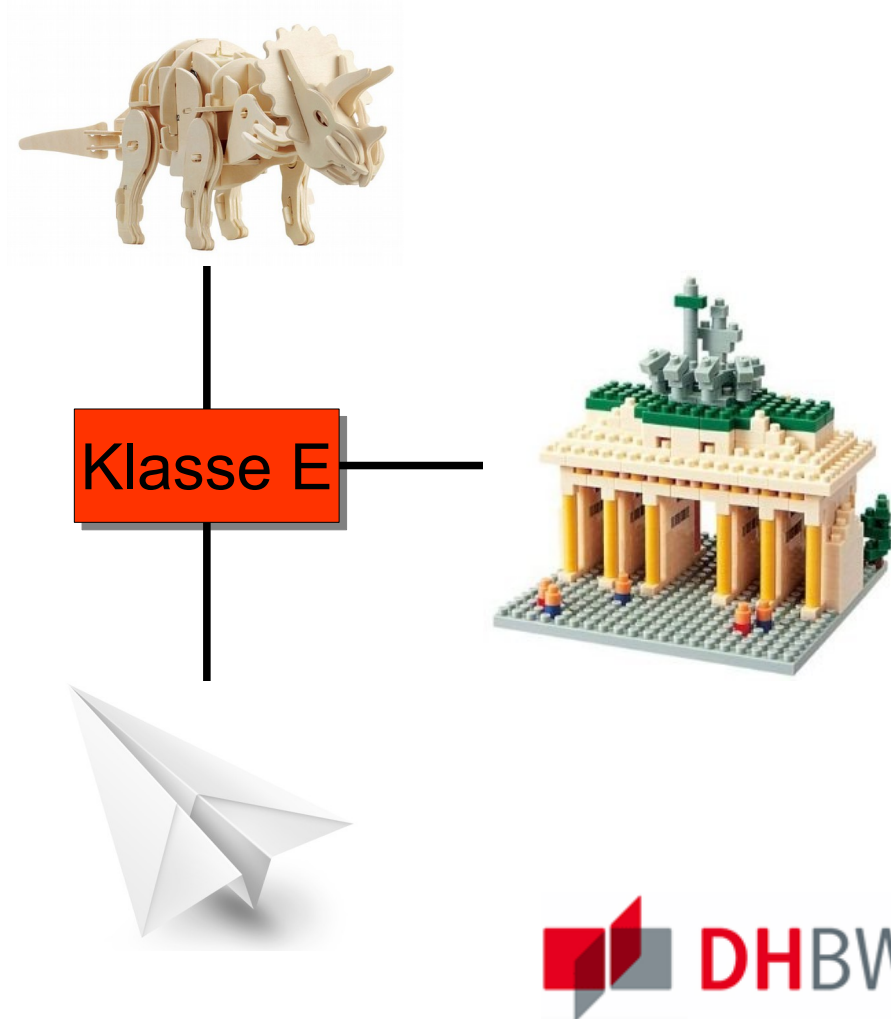
- Hohe Testabdeckung ist hilfreich
 - Größer 80% (LC/BC) ist sehr aufwendig
- Eine Testabdeckung von 100% (LC) bedeutet noch nicht, dass alles getestet wurde
 - In den Tests wurden nur alle Zeilen durchlaufen
- Im Testabdeckungsbericht sind letztlich nur die roten Zeilen aussagekräftig

Mock-Objekte

- Mock-Objekte, kurz „Mocks“ sind einfache Stellvertreter für „echte“ Objekte
- Ersetzen Abhängigkeiten während eines Tests
- Vergleichbar dem Licht-Double in der Film-Industrie
 - Hat nur die relevanten Eigenschaften mit dem echten Star gemeinsam

Wiederholung: Isolation durch Mocks

- Um eine Klasse isoliert testen zu können, müssen die Abhängigkeiten ersetzt werden
- Durch „Mock-Objekte“
- Minimal-Umsetzung der notwendigen Funktionalität (Fakes)
- „Gut genug“ für Test



Einsatz von Mocks

- Selbst programmierte Mocks sind aufwendig
 - Der Einsatz eines Mock-Tool lohnt sich
- Mocks müssen für den jeweiligen Einsatzzweck „trainiert“ werden
- Jedes Mock durchläuft drei Phasen:
 - Einlernen (Training-Phase)
 - Abspielen (Einsatz-Phase)
 - Überprüfen (Verifikation-Phase)

Mocks für Java/JUnit

- Hier: Mocks am Beispiel von EasyMock
- Es gibt zahlreiche Mock-Frameworks für Java, z.B.
 - JMock2 (akademisch, sehr penibel)
 - Mockito (modern, sehr mächtig)
 - PowerMock (Aufsatz auf Mockito)
 - JMockit und JMockit2
 - Spock (u.a. ein Mock-Framework)

Ein einfacher Test mit Mocks

- Klasse zum Laden von Person-Objekten aus Datenbank
- Wir wollen die Datenbank nicht mittesten
- Datenbank implementiert das folgende Interface:

```
public interface Database {  
    public List<Long> getHandlesOfType(Class<? extends Object> type);  
    public Properties loadDataOf(Long handle) throws IOException;  
    public int getLastErrorNumber();  
}
```

Ein einfacher Test mit Mocks

```
public class PersonLoaderTest {
    @Test
    public void loadsPerson() throws IOException {
        Database database = EasyMock.createMock(Database.class);
        List<Long> personHandles = Arrays.asList(42L);
        EasyMock.expect(database.getHandlesOfType(Person.class)).andReturn(personHandles);
        EasyMock.expect(database.loadDataOf(42L)).andReturn(propertiesOfPerson0());
        EasyMock.replay(database);

        PersonLoader loader = new PersonLoader(database);

        List<Person> allPersons = loader.allPersons();

        assertThat(allPersons.size(), is(1));
        assertThat(allPersons.get(0).name(), equalTo("Max Mustermann"));

        EasyMock.verify(database);
    }

    private Properties propertiesOfPerson0() {
        Properties result = new Properties();
        result.setProperty("forename", "Max");
        result.setProperty("surname", "Mustermann");
        return result;
    }
}
```

static imports

Ein einfacher Test mit Mocks

```
public class PersonLoaderTest {
    @Test
    public void loadsPerson() throws IOException {
        Database database = createMock(Database.class); // database ist ein Mock
        List<Long> personHandles = Arrays.asList(42L);
        expect(database.getHandlesOfType(Person.class)).andReturn(personHandles); // Einlernen
        expect(database.loadDataOf(42L)).andReturn(propertiesOfPerson0()); // Einlernen
        replay(database); // Umschalten auf Wiedergabe

        PersonLoader loader = new PersonLoader(database);

        List<Person> allPersons = loader.allPersons();

        assertThat(allPersons.size(), is(1));
        assertThat(allPersons.get(0).name(), equalTo("Max Mustermann"));

        verify(database); // Überprüfen der Annahmen
    }

    private Properties propertiesOfPerson0() {
        Properties result = new Properties();
        result.setProperty("forename", "Max");
        result.setProperty("surname", "Mustermann");
        return result;
    }
}
```

Analyse des Tests

- Ein Mock muss explizit erstellt und trainiert werden
- Ohne die beiden expect()-Aufrufe würde das Mock-Objekt in der Wiedergabe-Phase keine Werte liefern
- Durch replay() wird das Mock von der Lern- (oder Aufnahme-) Phase in die Wiedergabe-Phase geschaltet
- verify() überprüft die Erwartungen

Normalform von Tests mit Mocks

```
public class PersonLoaderTest {
```

```
    @Test
```

```
    public void loadsPerson() throws IOException {
```

```
        Database database = createMock(Database.class);  
        List<Long> personHandles = Arrays.asList(42L);  
        expect(database.getHandlesOfType(Person.class)).andReturn(personHandles);  
        expect(database.loadDataOf(42L)).andReturn(propertiesOfPerson0());  
        replay(database);
```

```
        PersonLoader loader = new PersonLoader(database);
```

```
        List<Person> allPersons = loader.allPersons();
```

```
        assertThat(allPersons.size(), is(1));  
        assertThat(allPersons.get(0).name(), equalTo("Max Mustermann"));
```

```
        verify(database);  
    }
```

```
}
```

Capture

Arrange

Act

Assert

Verify

Replay

- Ein mock-basierter Test in seiner Normalform hat fünf Phasen

Mocks mit Erwartungen

```
public class FileDeleterTest {  
    @Test  
    public void deletesOnlyEmptyFiles() throws IOException {  
        File fileMock = createStrictMock(File.class);  
        expect(fileMock.exists()).andReturn(true);  
        expect(fileMock.isFile()).andReturn(true);  
        expect(fileMock.length()).andReturn(0L);  
        expect(fileMock.delete()).andReturn(true);  
        expect(fileMock.exists()).andReturn(false);  
        replay(fileMock);  
  
        DeleteOnly.isFile(fileMock).isEmpty();  
  
        verify(fileMock);  
    }  
}
```

„strict“-Mocks beachten
die genaue Reihenfolge
der Trainingsaufrufe

Statt expliziter Assertions
verlangt dieser Test nur,
dass die Erwartungen des
Mock erfüllt sind

- Die Erwartungen eines Mock-Objekts spezifizieren ein Aufruf-Protokoll, dem das Objekt unter Test genügen muss

Voraussetzungen für Mocks

- Statische Methoden und vergleichbare Konstrukte sind problematisch
- Sinnvoller Einsatz nur, wenn Dependency Injection möglich
- Tiefe Abhängigkeits-Strukturen sind nur aufwendig nachzubilden
 - Einhalten des Law of Demeter
 - Lose Kopplung verringert Wissen, das ein Mock haben muss

Zusammenfassung Mocks

- Mächtige, werkzeuggestützte Technik, um Objekte in Tests zu isolieren
 - Und Aufruf-Protokolle zu testen
- Mock-Objekte werden direkt vor Benutzung im Test definiert
 - Sind nicht Teil des Produktivcodes
- Aufpassen: Man testet relativ leicht nur noch, dass das Mock-Framework funktioniert (Zirkelschluss-Test)

Test First

Klassisches Vorgehen:

- Funktionalität planen (im Kopf)
- Funktionalität programmieren
- Funktionalität umschreiben
(Refactoring)
- Tests schreiben
- Fehler beheben

Test First

Vorgehensweise bei Test First:

- Funktionalität planen (im Kopf)
- Test schreiben
- Funktionalität programmieren
- Refactoring



Test First

- Test First und Test Driven Development stellen Tests über Produktivcode
- Produktivcode wird nur geschrieben, um einen Test zu erfüllen
 - Minimale Implementierung ausreichend
- Tests weisen den Weg
- Nach jedem Schritt kann die Implementierung verbessert werden

Test First

Vorteile	Nachteile
Tests sind nicht optional	Erfordert Einarbeitung
Vollständige Testabdeckung	Höherer Aufwand
Weniger Fehler	Funktioniert nicht immer
Automatische Spezifikation	Tests sind nicht optional
Kleine Komponenten	
Stabile Implementierung	

Test First Praxisbeispiel

- Zahl in römischen Ziffern ausdrücken

Die heute verwendeten römischen Ziffern									
Zeichen	I	V	X	L	C	D	M	ↀ	ↁ
Wert	1	5	10	50	100	500	1.000	5.000	10.000

- Die Römer kannten keine Null
- Es gibt eine seltsame Schreibweise:

$$4 = \text{IV}$$

$$9 = \text{IX}$$

Praxisbeispiel Schritt 1a

```
public class RomanNumeralTest {  
    @Test  
    public void convertsOne() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(1), is("I"));  
    }  
}
```

Praxisbeispiel Schritt 1b (+1c)

```
public class RomanNumeralTest {  
    @Test  
    public void convertsOne() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(1), is("I"));  
    }  
}
```

```
public class RomanNumeral {  
    public static String of(int number) {  
        return "I";  
    }  
}
```

Praxisbeispiel Schritt 2a

```
public class RomanNumeralTest {  
    @Test  
    public void convertsOne() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(1), is("I"));  
    }  
}
```

```
    @Test  
    public void convertsTwo() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(2), is("II"));  
    }  
}
```

```
public class RomanNumeral {  
    public static String of(int number) {  
        return "I";  
    }  
}
```

Praxisbeispiel Schritt 2b (+2c)

```
public class RomanNumeralTest {  
    @Test  
    public void convertsOne() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(1), is("I"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsTwo() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(2), is("II"));  
    }  
}
```

```
public class RomanNumeral {  
    public static String of(int number) {  
        if (2 == number) {  
            return "II";  
        }  
        return "I";  
    }  
}
```

Praxisbeispiel Schritt 3a

```
public class RomanNumeralTest {  
    @Test  
    public void convertsOne() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(1), is("I"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsTwo() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(2), is("II"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsThree() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(3), is("III"));  
    }  
}
```

```
public class RomanNumeral {  
    public static String of(int number) {  
        if (2 == number) {  
            return "II";  
        }  
        return "I";  
    }  
}
```


Praxisbeispiel Schritt 3b

```
public class RomanNumeralTest {  
    @Test  
    public void convertsOne() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(1), is("I"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsTwo() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(2), is("II"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsThree() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(3), is("III"));  
    }  
}
```

```
public class RomanNumeral {  
    public static String of(int number) {  
        if (3 == number) {  
            return "III";  
        }  
        if (2 == number) {  
            return "II";  
        }  
        return "I";  
    }  
}
```

Duplication!

Praxisbeispiel Schritt 3c

```
public class RomanNumeralTest {  
    @Test  
    public void convertsOne() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(1), is("I"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsTwo() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(2), is("II"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsThree() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(3), is("III"));  
    }  
}
```

```
public class RomanNumeral {  
    public static String of(int number) {  
        StringBuilder result = new StringBuilder();  
        for (int i = 0; i < number; i++) {  
            result.append("I");  
        }  
        return result.toString();  
    }  
}
```

Praxisbeispiel Schritt 4a

```
public class RomanNumeralTest {  
    @Test  
    public void convertsOne() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(1), is("I"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsTwo() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(2), is("II"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsThree() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(3), is("III"));  
    }  
  
    @Test  
    public void convertsFour() {  
        assertThat(RomanNumeral.of(4), is("IV"));  
    }  
}
```

```
public class RomanNumeral {  
    public static String of(int number) {  
        StringBuilder result = new StringBuilder();  
        for (int i = 0; i < number; i++) {  
            result.append("I");  
        }  
        return result.toString();  
    }  
}
```

Abschluss Praxisbeispiel

- Fortsetzen als Fingerübung („Kata“)
- Siehe auch

<http://securesoftwaredev.com/2011/12/05/practicing-tdd-using-the-roman-numerals-kata/>

- Viele Screencasts im Netz
- Entscheidungshilfe für Implementierung:

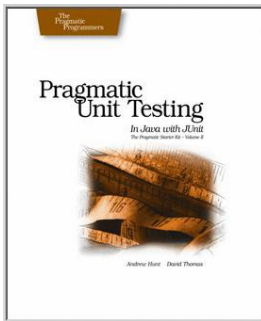
<http://cleancoder.posterous.com/the-transformation-priority-premise>

- Achtung! TF/TDD ist anfangs sehr ungewohnt und schwierig

Härtefälle für (Unit) Tests

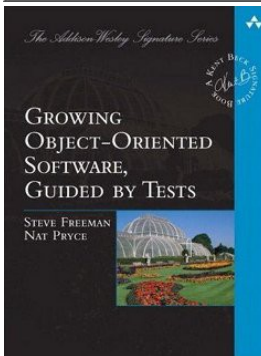
- Abtesten der visuellen Eigenschaften von Widgets oder Webseiten
- Asynchrone Ereignisfolgen
 - Threading-Verhalten
- Komplexe Berechnungen
 - Test-Triangulation erforderlich
- Zufalls- und datumsabhängige Funktionalität

Literatur zu Unit Tests



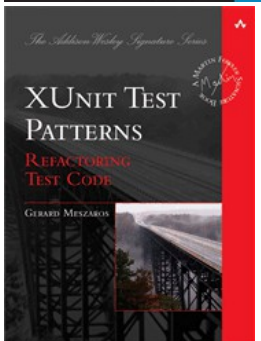
Pragmatic Unit Testing Andrew Hunt, Dave Thomas

Leicht verständliches und kompaktes Einsteiger-Buch. Für Java/JUnit und C#/NUnit erhältlich.



Growing Object-Oriented Software, Guided by Tests Steve Freeman, Nat Pryce

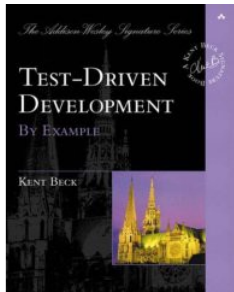
Klare Leseempfehlung. Ein gutes Buch über moderne Softwareentwicklung, mit Beispielprojekt in TDD-Manier



xUnit Test Patterns Gerard Meszaros

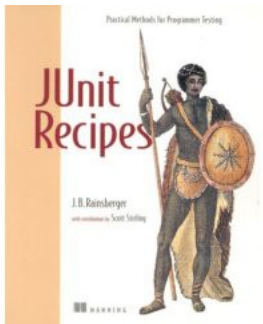
Erklärt die Motivation, Struktur und Implementierung von Tests. Gibt klare Schemata für gute Tests.

Literatur zu Unit Tests



Test Driven Development, by Example Kent Beck

Unaufgeregte, sehr gründliche Einführung in Test Driven Development



JUnit Recipes J. B. Rainsberger

Für jedes Test-Problem ist hier die Lösung enthalten.
Nachschlagewerk, leicht veraltet