

13. Programme werden durch Testen erst zu Software

...sonst bleiben sie Bananaware

Testen ist notwendig für biologisches Programmieren

Prof. Dr. rer. nat. Uwe Aßmann

Institut für Software- und
Multimediatechnik

Lehrstuhl Softwaretechnologie

Fakultät für Informatik

Technische Universität Dresden

Version 19-0.1, 05.04.19

1) Warum Testen wichtig ist

2) Vertragsüberprüfung

3) Testfalltabellen

4) Soziales Programmieren

5) Regressionstests mit dem
JUnit-Rahmenwerk

6) Entwurfsmuster in JUnit

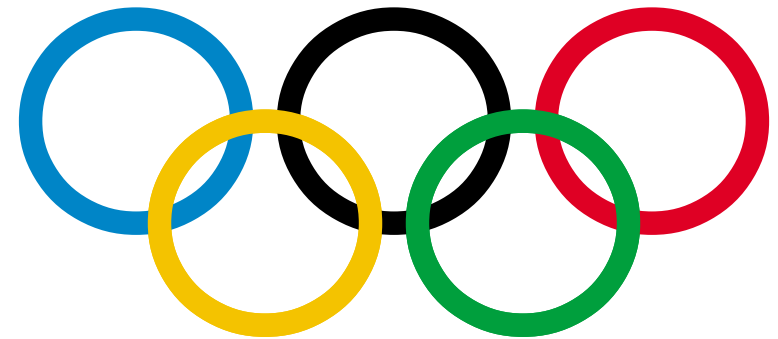
mit Notizenseiten



**DRESDEN
concept**
Exzellenz aus
Wissenschaft
und Kultur

- ▶ Obligatorische Literatur
 - Zuser Kap. 5+12 (ohne White-box tests)
 - ST für Einsteiger Kap. 5+12 in Teil 3
- ▶ Java documentation: <http://docs.oracle.com/javase/8/>
 - Essential Java tutorials on Exceptions and Pattern Matching
<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/index.html>
 - www.junit.org
 - Junit 3.x arbeitet noch ohne Metadaten (@Annotationen)
 - <https://sourceforge.net/projects/junit/files/junit/3.8.2/>
 - junit3.8.1/doc/cookstour/cookstour.htm. Schöne Einführung in Junit
 - junit3.8.1/doc/faq/faq.htm Die FAQ (frequently asked questions)
 - Achtung: JUnit 4 versteckt mehr Funktionalität in Metadaten
 - <http://junit.sourceforge.net/doc/cookbook/cookbook.htm>
 - <http://junit.sourceforge.net/doc/faq/faq.htm>
- ▶ Weiterführend
 - Andrew Hunt, David Thomas. The pragmatic programmer. Addison-Wesley. Deutsch: Der Pragmatische Programmierer. Hanser-Verlag. Leseprobe:
 - http://www.beck-shop.de/fachbuch/leseprobe/9783446223097_Excerpt_004.pdf
 - Uwe Vigerschow. Objektorientiertes Testen und Testautomatisierung in der Praxis. Konzepte, Techniken und Verfahren. dpunkt-Verlag, 2005.

- ▶ Was ist der Unterschied zwischen Programmieren und *sozialem* Programmieren?
 - Welches sind die sozialen Reifegrade von Software
- ▶ Was ist der Unterschied zwischen Software und Programmen?
- ▶ Was ist der Unterschied zwischen Klassen und Komponenten?
- ▶ Was sind die 5 olympischen Ringe der Software? Warum hilft die olympische Dekomposition, den sozialen Reifegrad von Software zu verbessern?
- ▶ Wie sind die Ringe als Komponenten in der Test-Umgebung einzuordnen?
- ▶ Was ist ein Regressionstest?



OUR GOALS

13.1. Testen als stichprobenartige Verifikation

... Testen macht Programme reif...



- ▶ Wie prüft man, ob ein Array sortiert ist?

```
int myArray[20]
```

Mit “Beweis durch Probe”

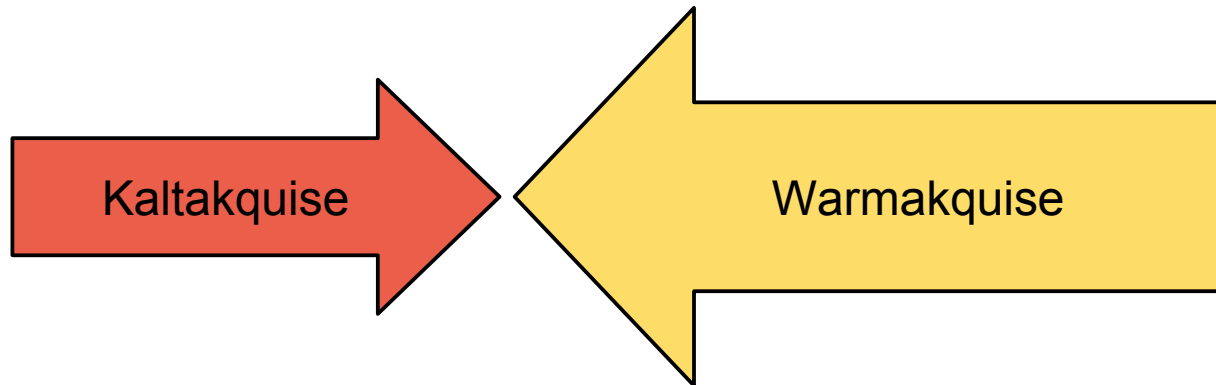
```
boolean testArrayIsSorted(int myArray[20]) {  
    for (int counter = 0; counter < 20; counter ++); {  
        if (counter == 0) continue;  
        if (myArray[counter] < myArray[counter-1]) {  
            // A counterexample found: array is not sorted  
            System.out.println("Array not sorted at index "  
                               +counter);  
            return false;  
        }  
        // No counterexample found; array is sorted  
    }  
    return true;  
}
```

Problem

7

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Leider können nicht alle Algorithmen und Programme durch “Beweis durch Probe” geprüft werden
- ▶ “Probe”-Verfahren existieren nicht immer (wie in der Schule)
- ▶ Was tut man da?



Gesetz 49 (PP): “Bananaware”:

Testen Sie Ihre Software, sonst tun es die Anwender!

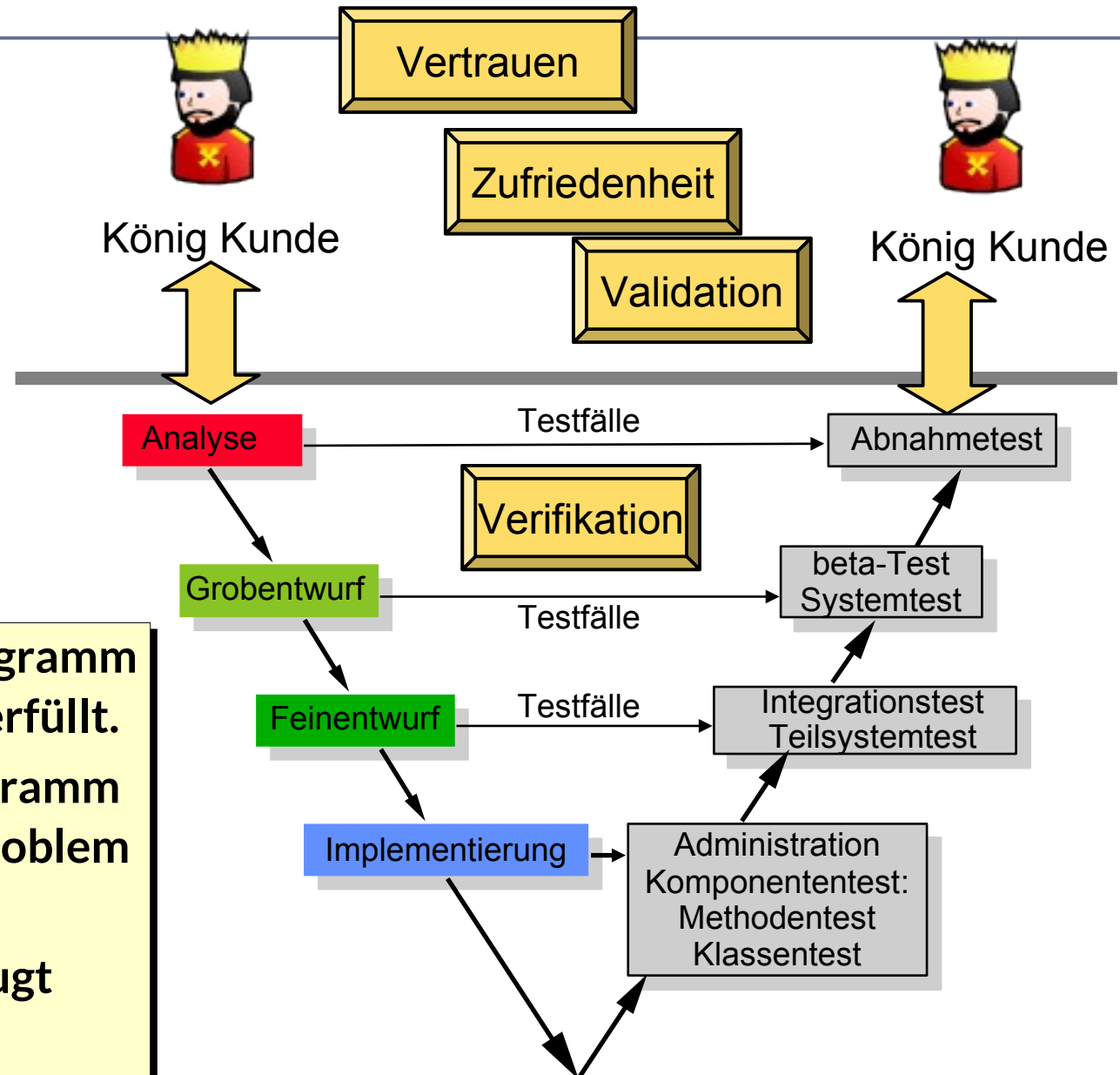
Gesetz 32 (PP): *Ein totes Programm richtet weniger Schaden an als ein schrottreifes.*

Verifikation, Validation, Kundenzufriedenheit und -Vertrauen

9

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ V-Modell (Boehm 79)
- ▶ (Formale) Verifikation
- ▶ Beweis durch Probe
- ▶ Testen (Stichprobe)
 - Test-Abdeckung
 - Testreifegrad
- ▶ Testprozess
- ▶ Validation



Verifikation zeigt, dass das Programm seine Spezifikation richtig erfüllt.

Validation zeigt, dass das Programm das richtige Problem, das Problem des Kunden, löst.

Kundenzufriedenheit erzeugt Kundenvertrauen.

Kundenvertrauen erzeugt Geschäft.

Testen ist Verifikation mittels Stichprobe

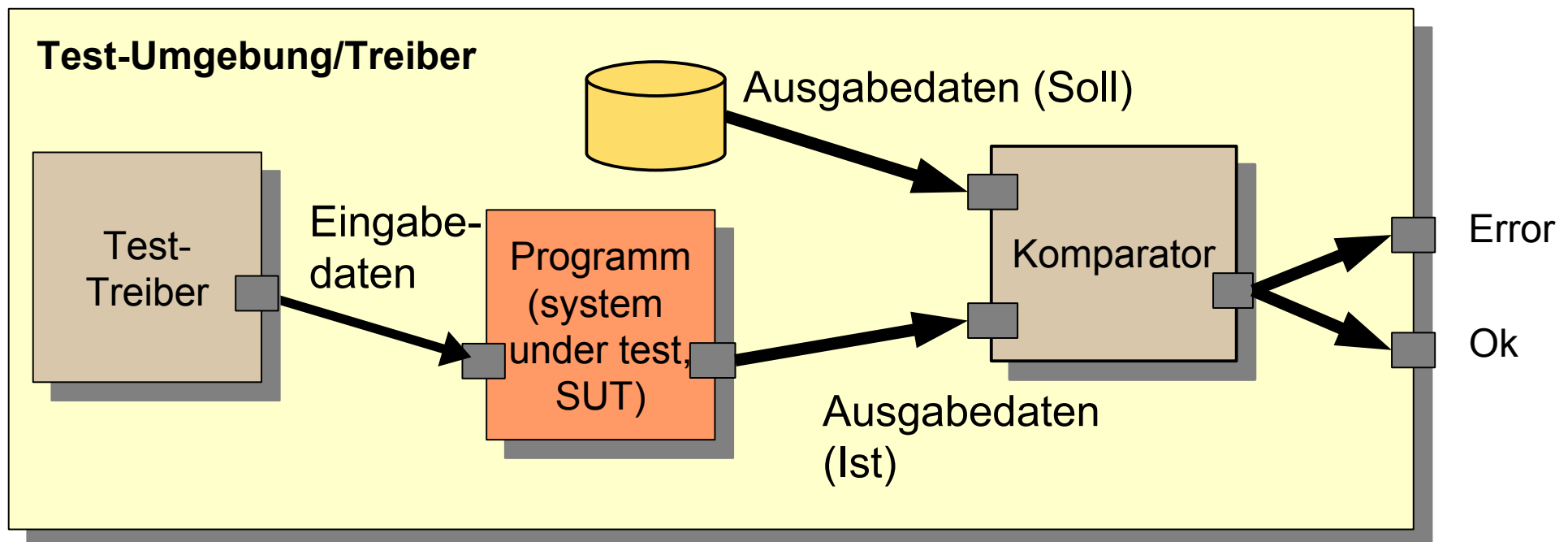
Testen besteht aus dem Nehmen von Stichproben:

Testing shows the presence of bugs, but never their absence (Dijkstra)

“Software” hat eine test-getriebene Architektur

- ▶ Solange ein Programm keine test-getriebene Architektur hat, ist es keine Software
- ▶ Andernfalls ist es “bananaware”

Gesetz 63 (PP): *Das Programmieren ist nicht getan, bis alle Tests erfolgreich waren*



Testgetriebene Entwicklung (Test-Driven, Test-First Development)

Gesetz 62 des Pragmatischen Programmierers: *Testen Sie frühzeitig, häufig und automatisch*

Methoden des Test-First Development

13

Softwaretechnologie (ST)

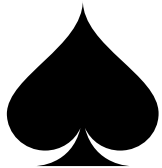


▶ Schreiben der Tests von Hand mit **Test-Framework**

- Test-Treiber
- Test-Tabelle
 - Eingabedaten
 - Ausgabedaten
- Beweis durch Probe finden

▶ Qualitätsmanagementprozess einrichten und verbessern (→ ST-2)

- Testsuite kaufen



▶ **Verträge (Administration)** schreiben

- Teile der Tests als Verträge übernehmen
- Innere Checks schreiben, um die Verträge zu überprüfen



▶ **Generierung** mit Werkzeug (→ ST-2)

- Test-Treibergenerierung
- Test-Datengenerierung



13.2. Vertragsprüfung (Administration)

Jede Code-Einheit sollte mit einem *Administrationscode* daher kommen, der die Gültigkeit der

- Eingabedaten
- Ausgabedaten
- Internen Daten

prüft. (Administration)



**DRESDEN
concept**
Exzellenz aus
Wissenschaft
und Kultur

Beispiel: Wie schreibt man einen Test für eine Methode?

15

Softwaretechnologie (ST)

DateSimple.java

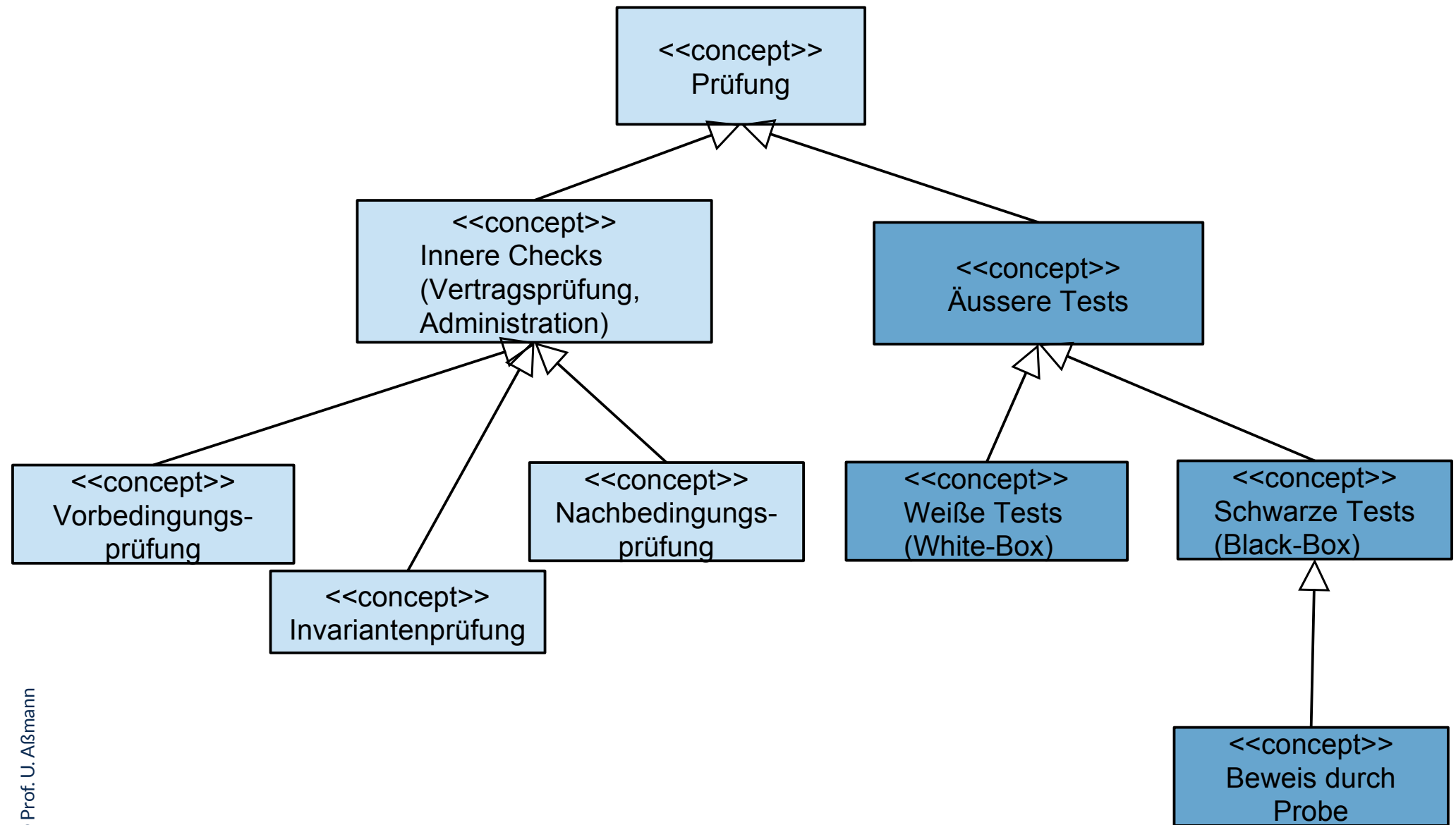
- Wie testet man *parseDay(String d)*?

```
// A class for standard representation of dates.
public class DateSimple {
    private String myDate;
    public int day; public int month; public int year;
    public DateSimple(String date) { myDate = date;
        parseDate(); }
    public int parseDate() {
        day = parseDay(myDate);
        month = parseMonth(myDate);
        year = parseYear(myDate);
    }
    public int parseDay(String d) {
        if (d.matches("\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\d\\d")) {
            // German numeric format day.month.year
            return Integer.parseInt(d.substring(0,2));
        } else {
            .. other formats...
        }
    }
}
```

Antwort: Innere Checks und äussere Tests (Begriffshierarchie)

16

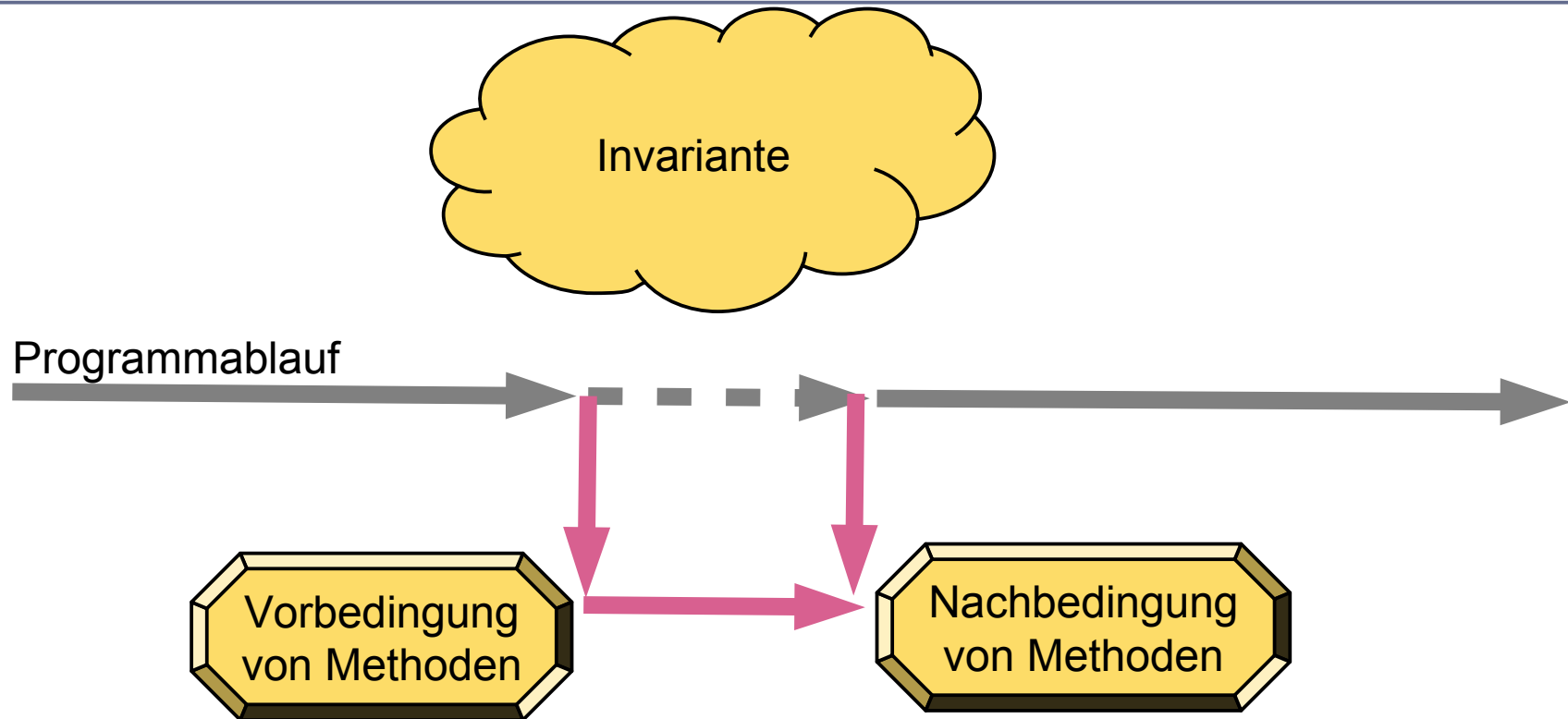
Softwaretechnologie (ST)



13.2.1 Innere Checks: Vertragsprüfung für eine Methode (“Design by Contract”)

17

Softwaretechnologie (ST)



Gesetz 31 (PP): **Verwenden Sie Design by Contract (Vertragsprüfung), damit der Quelltext nicht mehr und nicht weniger tut, als er vorgibt.**

Gesetz 33 (PP): **Verhindern Sie das Unmögliche mit Zusicherungen.**

Vertragsprüfung für eine Methode mit Rückgabe eines Fehlercodes

DateSimple.java

18

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Preconditions werden im Prolog, Postconditions im Epilog einer Methode geprüft; Invarianten überall
- ▶ Abbruch bei Fehlschlag der Prüfung

Vorbedingung (precondition):
d ist ein String - d ist nicht leer

Invarianten (invariants):
d ist mindestens 10 Zeichen
lang (Datum plus Trenner)

```
public int parseDay(String d) {  
    // Check parameter 1  
    if (d.equals("")) { System.err.println("empty"); return 0; }  
    if (d.size() < 10) { System.err.println("size too small"); return 0; }  
    if (d.matches("\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d")) {  
        if (d.size() < 10) System.err.println("size too small"); return 0; }  
        // German numeric format day. month. Year  
        int day = Integer.parseInt(d.substring(0,2));  
        // Check return  
        if (day < 1 || day > 31) System.out.println("wrong");  
    } else {  
        .. other formats...  
    }  
    if (d.size() < 10) { System.err.println("size too small"); return 0; }  
    // check return  
    if (day < 1 || day > 31) { System.err.println("illegal day"); return 0; }  
    return day;  
}
```

Nachbedingung (postcondition):
Ein int wird zurückgegeben
Zwischen 1 und 31

Metrik für die Güte der Administrationsrings einer Methode

- ▶ Zähle die Checks auf Parameter und vergleiche mit der Zahl der Parameter
 - Abdeckungsmetrik (Coverage-Metrics): Wie viele der Parameter haben eine zugeordnete Prüfung?
- ▶ Zähle die Invarianten-Checks
- ▶ Zähle die Return-Checks
 - Abdeckungsmetrik (Coverage-Metrics): Wie viele der Returnpunkte haben eine zugeordnete Prüfung?

13.2.2 Vertrag einer Methode – Prüfen durch assert

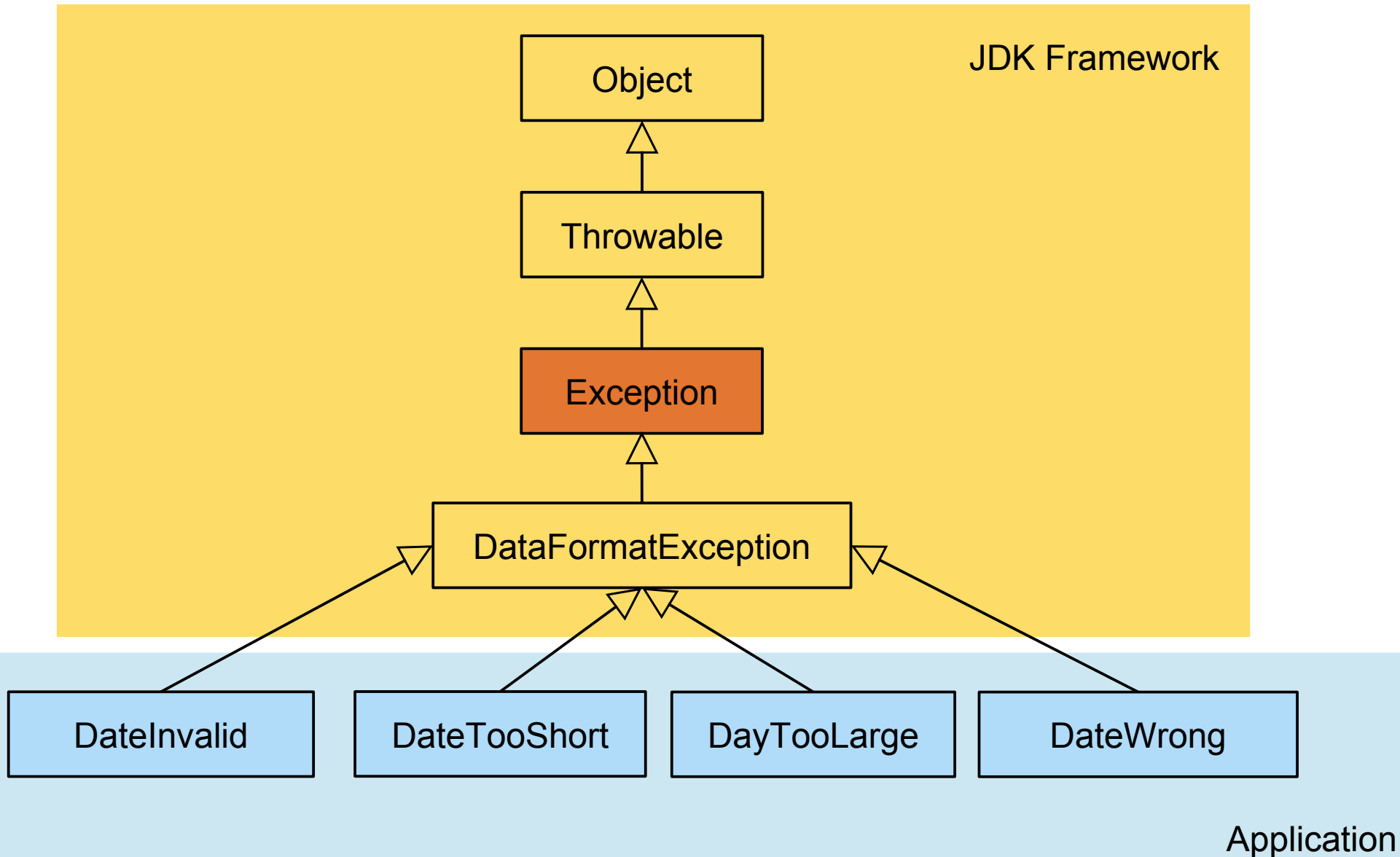
- ▶ `assert()`, eine Standardmethode, bricht das Programm bei Verletzung einer Vertragsbedingung ab
- ▶ Achtung: Bedingungen müssen dual zu den Bedingungen der vorgenannten Ausnahmen formuliert sein!
- ▶ Achtung: rufe java mit -ea auf: `java -ea C.class`

```
public int parseDay(String d) {  
    assert(!d.equals(""));  
    assert(d.size() >= 10);  
    if (d.matches("\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d")) {  
        assert(d.size() >= 10);  
        // German numeric format day. month. Year  
        int day = Integer.parseInt(d.substring(0,2));  
        assert(day >= 1 and day <= 31);  
    } else {  
        .. other formats...  
    }  
    assert(d.size() >= 10);  
    assert(day >= 1 and day <= 31);  
    return day;  
}
```

13.2.3 Auslösen von Ausnahmen (Exception Objects) bei Vertragverletzung

21

Softwaretechnologie (ST)



Java™ Platform Standard Ed. 6

All Classes

Packages

[java.applet](#)
[java.awt](#)
[java.awt.color](#)
[java.awt.datatransfer](#)
[java.awt.dnd](#)
[java.awt.event](#)
[java.awt.font](#)
[java.awt.geom](#)

[Event](#)
[EventContext](#)
[EventDirContext](#)
[EventException](#)
[EventFilter](#)
[EventHandler](#)
[EventListener](#)
[EventListener](#)
[EventListenerList](#)
[EventListenerProxy](#)
[EventObject](#)
[EventQueue](#)
[EventReaderDelegate](#)
[EventSetDescriptor](#)
[EventTarget](#)
[ExcC14NParameterSpec](#)
[Exception](#)
[ExceptionDetailMessage](#)
[ExceptionInInitializerError](#)
[ExceptionList](#)
[ExceptionListener](#)
[Exchanger](#)
[ExecutableElement](#)
[ExecutableType](#)
[ExecutionException](#)
[Executor](#)
[ExecutorCompletionService](#)
[Executors](#)
[ExecutorService](#)
[ExemptionMechanism](#)
[ExemptionMechanismException](#)
[ExemptionMechanismSpi](#)
[ExpandVetoException](#)
[ExportException](#)
[Expression](#)
[ExtendedRequest](#)
[ExtendedResponse](#)
[Externalizable](#)

Overview Package **Class** Use Tree Deprecated Index Help

[PREV CLASS](#) [NEXT CLASS](#)

[FRAMES](#) [NO FRAMES](#)

SUMMARY: NESTED | FIELD | [CONSTR](#) | [METHOD](#)

DETAIL: FIELD | [CONSTR](#) | [METHOD](#)

java.lang

Class Exception

[java.lang.Object](#)

└ [java.lang.Throwable](#)

└ [java.lang.Exception](#)

All Implemented Interfaces:

[Serializable](#)

Direct Known Subclasses:

[AclNotFoundException](#), [ActivationException](#), [AlreadyBoundException](#), [ApplicationException](#), [AWTException](#),
[BackingStoreException](#), [BadAttributeValueTypeException](#), [BadBinaryOpValueTypeException](#), [BadLocationException](#),
[BadStringOperationException](#), [BrokenBarrierException](#), [CertificateException](#), [ClassNotFoundException](#),
[CloneNotSupportedException](#), [DataFormatException](#), [DatatypeConfigurationException](#), [DestroyFailedException](#),
[ExecutionException](#), [ExpandVetoException](#), [FontFormatException](#), [GeneralSecurityException](#), [GSSEException](#),
[IllegalAccessException](#), [IllegalClassFormatException](#), [InstantiationException](#), [InterruptedException](#), [IntrospectionException](#),
[InvalidApplicationException](#), [InvalidMidiDataException](#), [InvalidPreferencesFormatException](#),
[InvalidTargetObjectTypeException](#), [InvocationTargetException](#), [IOException](#), [JAXBException](#), [JMEException](#),
[KeySelectorException](#), [LastOwnerException](#), [LineUnavailableException](#), [MarshalException](#), [MidiUnavailableException](#),
[MimeTypeParseException](#), [MimeTypeParseException](#), [NamingException](#), [NoninvertibleTransformException](#),
[NoSuchFieldException](#), [NoSuchMethodException](#), [NotBoundException](#), [NotOwnerException](#), [ParseException](#),
[ParserConfigurationException](#), [PrinterException](#), [PrintException](#), [PrivilegedActionException](#), [PropertyVetoException](#),
[RefreshFailedException](#), [RemarshalException](#), [RuntimeException](#), [SAXException](#), [ScriptException](#),
[ServerNotActiveException](#), [SOAPException](#), [SQLException](#), [TimeoutException](#), [TooManyListenersException](#),
[TransformerException](#), [TransformException](#), [UnmodifiableClassException](#), [UnsupportedAudioFileException](#),
[UnsupportedCallbackException](#), [UnsupportedFlavorException](#), [UnsupportedLookAndFeelException](#),
[URISyntaxException](#), [URISyntaxException](#), [UserException](#), [XAException](#), [XMLParseException](#),
[XMLSignatureException](#), [XMLStreamException](#), [XPathException](#)

```
public class Exception
extends Throwable
```

The class `Exception` and its subclasses are a form of `Throwable` that indicates conditions that a reasonable application might want to catch.

Since:
JDK1.0

See Also:
[Error](#), [Serialized Form](#)

file:///Users/ua1/Courses/ST1/Material/jdk-8-docs/api/index.html

Vertragsprüfung für eine Methode mit Exceptions

23

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Eine fehlgeschlagene Vertragsprüfung kann eine Ausnahme (exception) auslösen, mittels `throw`-Anweisung
 - Dazu muss ein Exception-Objekt angelegt werden
- ▶ Vorteil: Ursache des Fehlers kann in einem großen System weit transportiert werden, gespeichert werden, oder in eine Testumgebung zurückgegeben werden

DateWithExceptions.java

```
public int parseDay(String d) {
    if (d.equals("")) throw new DateInvalid();
    if (d.size() < 10) throw new DateTooShort();
    if (d.matches("\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\d\\d\\d\\d")) {
        if (d.size() < 10) throw new DateTooShort();
        // German numeric format day.month.year
        int day = Integer.parseInt(d.substring(0,2));
        if (day < 1 || day > 31) throw new DayTooLarge();
    } else {
        .. other formats...
    }
    if (d.size() < 10) throw new DateTooShort();
    if (day < 1 || day > 31) throw new DateWrong();
    return day;
}
```

Java-Syntax für Ausnahmebehandlung im Aufrufer: Wie man aus dem Schlamassel wieder entkommt

```
class TotalDiv {  
    public static int tDiv (int x, int y)  
        throws ArithmeticException {  
        try {  
            return (x / y);  
        }  
        catch (ArithmeticException e) {  
            System.err.println(„Division by zero“);  
            throw new ArithmeticException();  
        }  
    }  
}
```

Schnittstellen-
Deklaration

Gekapselter
Block

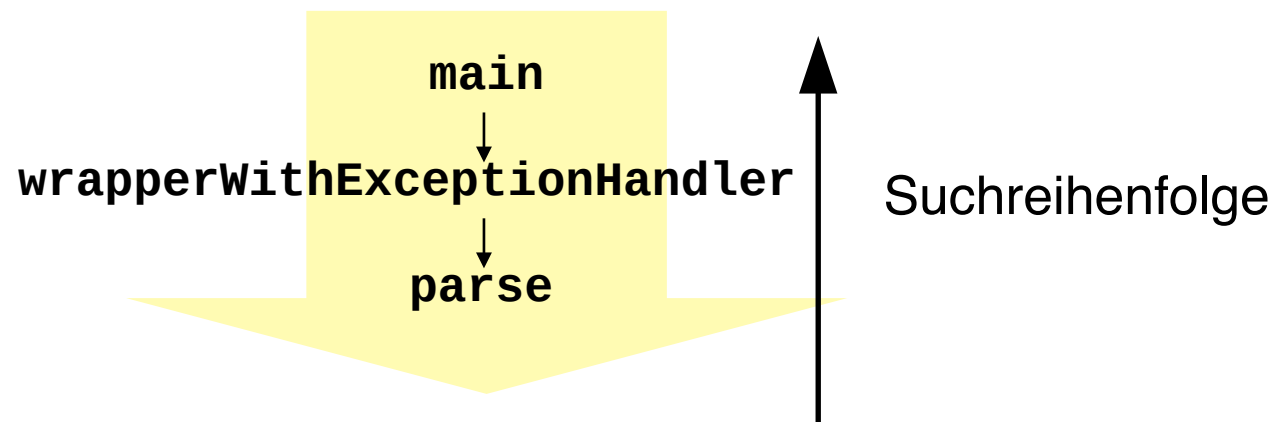
Ausnahme-
Fänger

Dynamische Suche nach Ausnahmebehandlung

25

Softwaretechnologie (ST)

- Suche nach Abfangklausel (catch block) entlang der (dynamischen) Aufrufhierarchie nach außen:



- Bei mehreren Abfangklauseln an der gleichen Stelle der Hierarchie gilt die zuerst definierte Klausel:

```
try {  
  catch (DateInvalid e)  
  catch (DayTooLarge e)  
  catch (DateWrong e)
```

↓ Suchreihenfolge

Regeln zum Umgang mit Ausnahmen

- ▶ Gesetz 33: **Verhindern Sie das Unmögliche mit Zusicherungen**
 - Vertragsüberprüfungen generieren Ausnahmen
- ▶ Gesetz des pragmatischen Programmierers 58: **Bauen Sie die Dokumentation ein**
 - Ausnahmebehandlung niemals zur Behandlung normaler (d.h. häufig auftretender) Programmsituationen einsetzen
 - Ausnahmen sind Ausnahmen, regulärer Code behandelt die regulären Fälle!
- ▶ Gesetz 34: **Verwenden Sie Ausnahmen nur ausnahmsweise**
 - Nur die richtige Dosierung des Einsatzes von Ausnahmen ist gut lesbar
- ▶ Gesetz 35: **Führen Sie zu Ende, was Sie begonnen haben**
 - Auf keinen Fall Ausnahmen “abwürgen”, z.B. durch triviale Ausnahmebehandlung
 - Ausnahmen zu propagieren ist keine Schande, sondern erhöht die Flexibilität des entwickelten Codes.



13.3. Testen: Testfallspezifikation mit Testfalltabellen



13.1.4 Aufschreiben von Testfällen in Testfalltabellen

- ▶ Eine test-getriebene Architektur benötigt eine Spezifikation aller Testfälle
- ▶ Testfalltabellen enthalten Testfälle (**Gut-**, **Fehler-**, **Ausnahmefälle**) mit **Testdaten** und **sätzen**

Nr	Klasse	Eingabedaten	Ausgabedaten			Erwarteter Status
			day	month	year	
1	Gutfall	1. Januar 2006	1	1	2006	Ok
2	Gutfall	05/12/2008	5	12	2008	Ok
3	Gutfall	January 23, 2017	23	1	2017	Ok
4	Fehlerfall	44, 2007				Failure
5	Fehlerfall	Aup 23, 2005				Failure
6	Ausnahme	March 44, 2007	31	03	2007	Exception

Wdh.: Wie schreibt man einen Test für eine Methode?

29

Softwaretechnologie (ST)

- Wie testet man *parseDay(String d)*?

```
// A class for standard representation of dates.
public class Date {
    private String myDate;
    public int day; public int month; public int year;
    public Date(String date) { myDate = date; }
    public int parseDate() {
        day = parseDay(myDate);
        month = parseMonth(myDate);
        year = parseYear(myDate);
    }
    public int parseDay(String d) {
        if (d.matches("\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\d\\d\\d\\d")) {
            // German numeric format day.month.year
            return Integer.parseInt(d.substring(0,2));
        } else {
            .. other formats...
        }
    }
}
```

[/Users/ua1/Courses/ST1/Slides/JavaExamples/TestDate/DateSimple.java](#)

Ein neuer Testfall wird aus Testfalltabelle konstruiert

30

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Testfälle (Testmethoden) werden in eine **Testfallklasse** geschrieben
 - Die Testdaten befinden sich in einer *Halterung* (*fixture*)
 - Eine Testfallklasse kann mehrere Testfälle aus der Testfalltabelle enthalten

```
public class DateTestCase {  
    Date d1;  
    Date d2;  
    Date d3;                                     Halterung (fixture)  
  
    public int testDate() {  
        // Init fixture (set up)  
        d1 = new Date („1. Januar 2006“);  
        d2 = new Date („05/12/2008“);  
        d3 = new Date („January 23rd, 2009“);  
        // Processing  
        d1.parseDate(); d2.parseDate(); d3.parseDate();  
        // Checking results  
        assert(d1.day == 1); assert(d1.month == 1); assert(d1.year == 2006);  
        assert(d2.day == 5); assert(d2.month == 12); assert(d2.year == 2008);  
        assert(d3.day == 23); assert(d3.month == 1); assert(d3.year == 2009);  
    }  
}
```

Improved

13.4. “Professional Programming is Social Programming”

- ▶ Soziales Programmieren ist *Programmieren für andere*, die die eigene Software wiederverwenden und in ihre Pflege übernehmen
- ▶ Programmieren muss sozial sein, alles andere ist nicht professionell

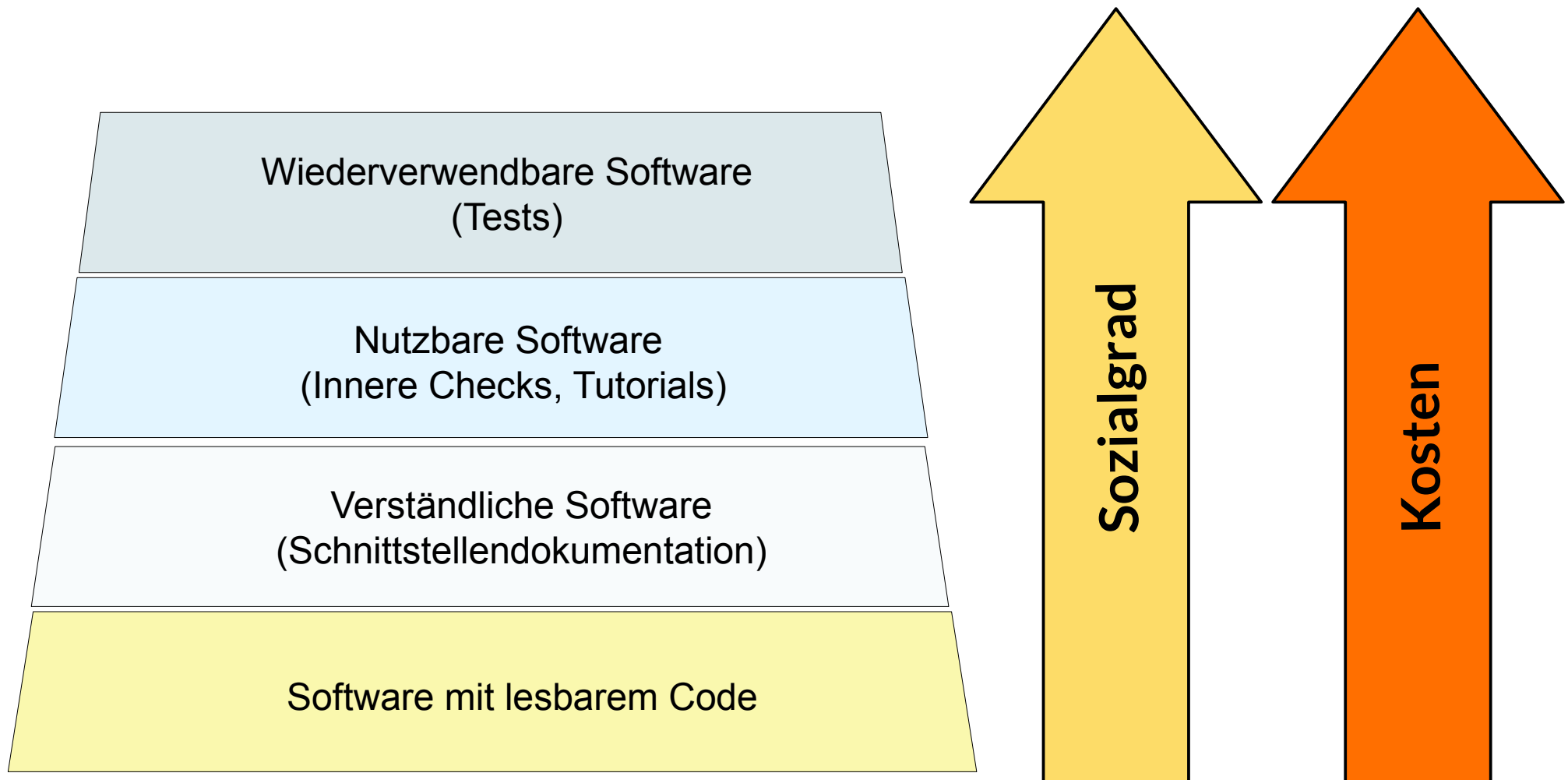


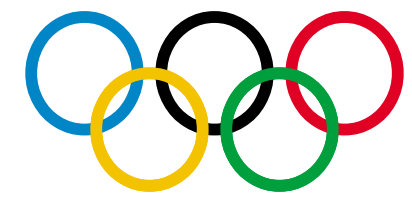
Der soziale Reifegrad von Software

32

Softwaretechnologie (ST)

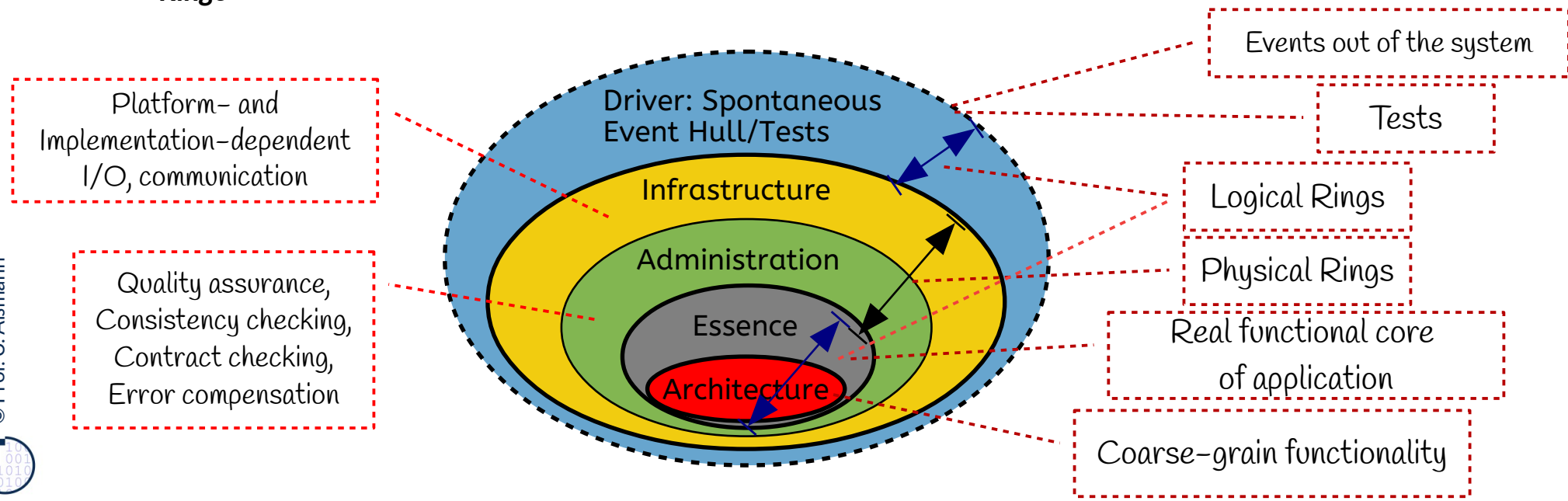
- ▶ Programmieren muss sozial sein, alles andere ist nicht professionell

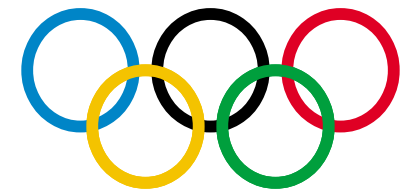




Olympische Dekomposition von Software (Essentielle Dekomposition)

- ▶ **Software** hat 5 Ringe (*olympische* oder *essentielle Dekomposition* in 5 Aspekte):
 - **(Funktionale) Essenz** sind Funktionen unabhängig von der unterliegenden Technologie
 - Essenz nimmt **perfekte Technologie** an, z.B. Prozesse ohne Zeit, unendlichen Speicher, unendliche Bandbreite
 - **Architektur** ist ein Unter-Ring der Essenz, der grobkörnige Funktionalität liefert
 - **Administration** sichert die Qualität des Systems (Vertragsprüfung, Datenkonsistenz).
 - **Infrastruktur (Middleware)** bietet die technologieabhängigen Funktionen an
 - **Treiber** treiben das System: entweder die Umgebung, die spontan Ereignisse und Eingabedaten generiert, oder das Testsystem
- ▶ Administration und Infrastruktur bilden die *physikalischen Ringe*; Treiber, Essenz und Architektur die *logischen Ringe*





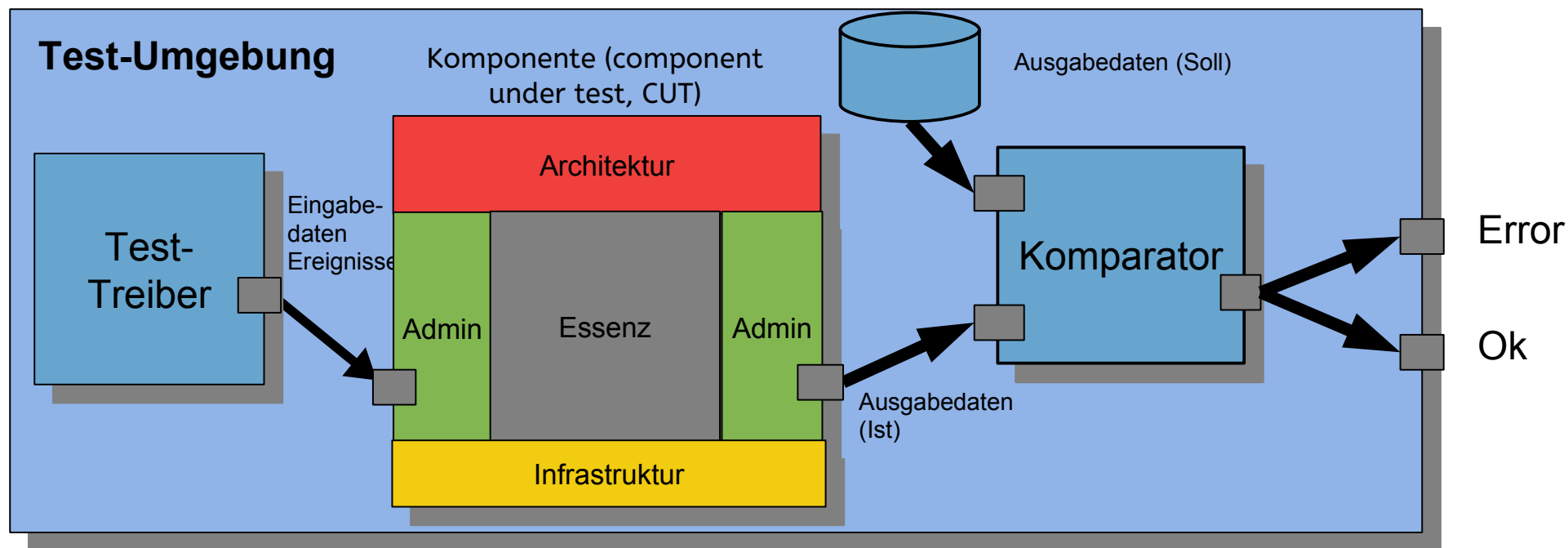
Soziales Programmieren: Klassen müssen Komponenten werden

34 Softwaretechnologie (ST)

Def.: Software-Komponenten sind wiederverwendbare Programmeinheiten und Ergebnis sozialen Programmierens.

Im einfachsten Fall sind sie „olympische“ Klassen mit

- klaren Schnittstellen,
- gut abdeckender Testtreiber-Hülle
- gut abdeckendem Administrationsring
- mit Aufrufen an Infrastruktur.



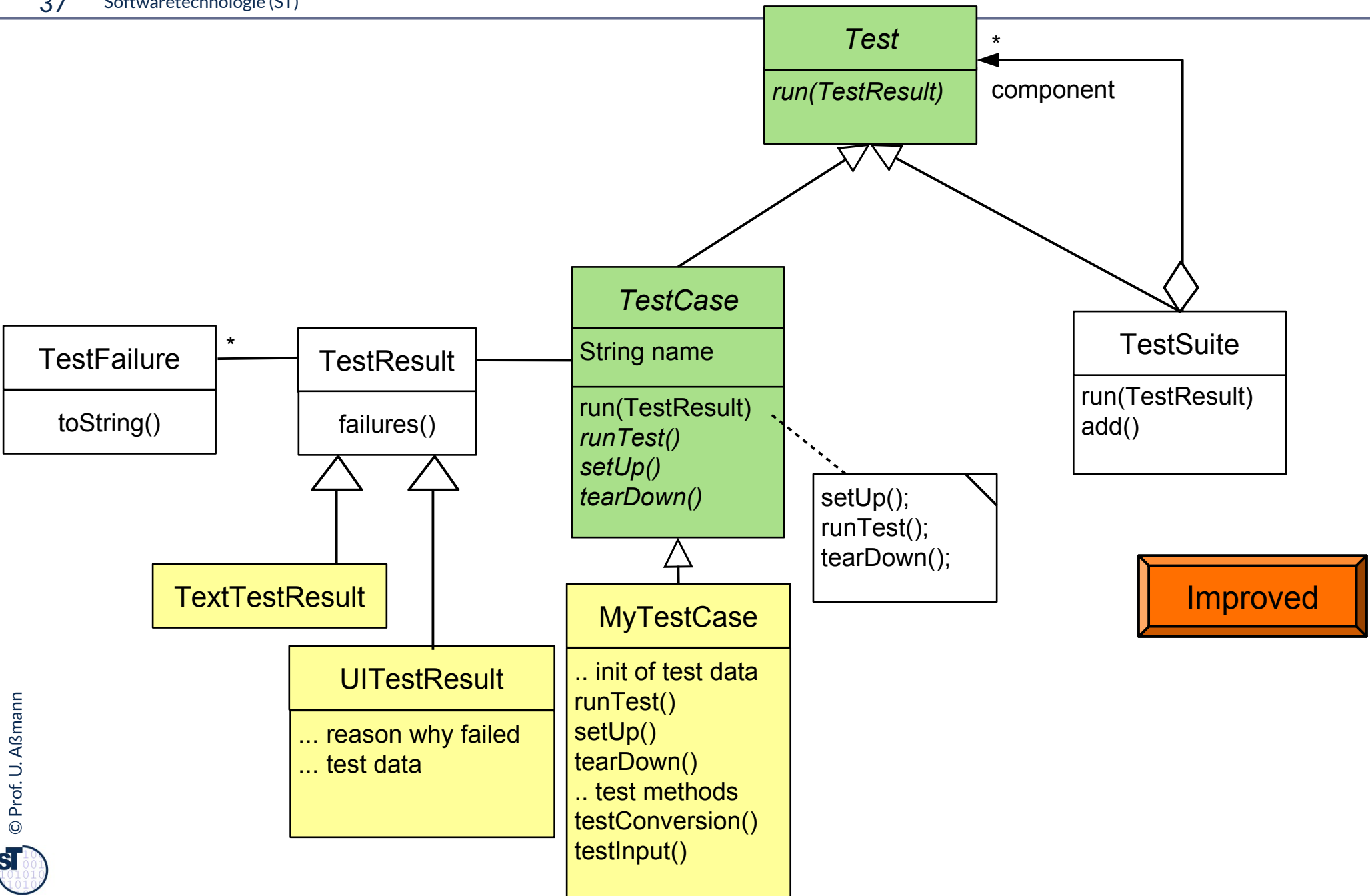
13.5. Testen von Komponenten: Regressionstests mit dem JUnit-Rahmenwerk

- ▶ **Regressionstest:** Automatisierter Vergleich von Ausgabedaten (gleicher Testfälle) unterschiedlicher Versionen des Programms.
 - Da zu großen Systemen mehrere 10000 Testdatensätze gehören, ist ein automatischer Vergleich unerlässlich.
 - Beispiel: Validierungssuiten von Übersetzern werden zusammen mit Regressionstest-Werkzeugen verkauft. Diese Werkzeuge wenden den Übersetzer systematisch auf alle Testdaten in der Validierungssuite an
- ▶ <https://en.wikipedia.org/wiki/JUnit>



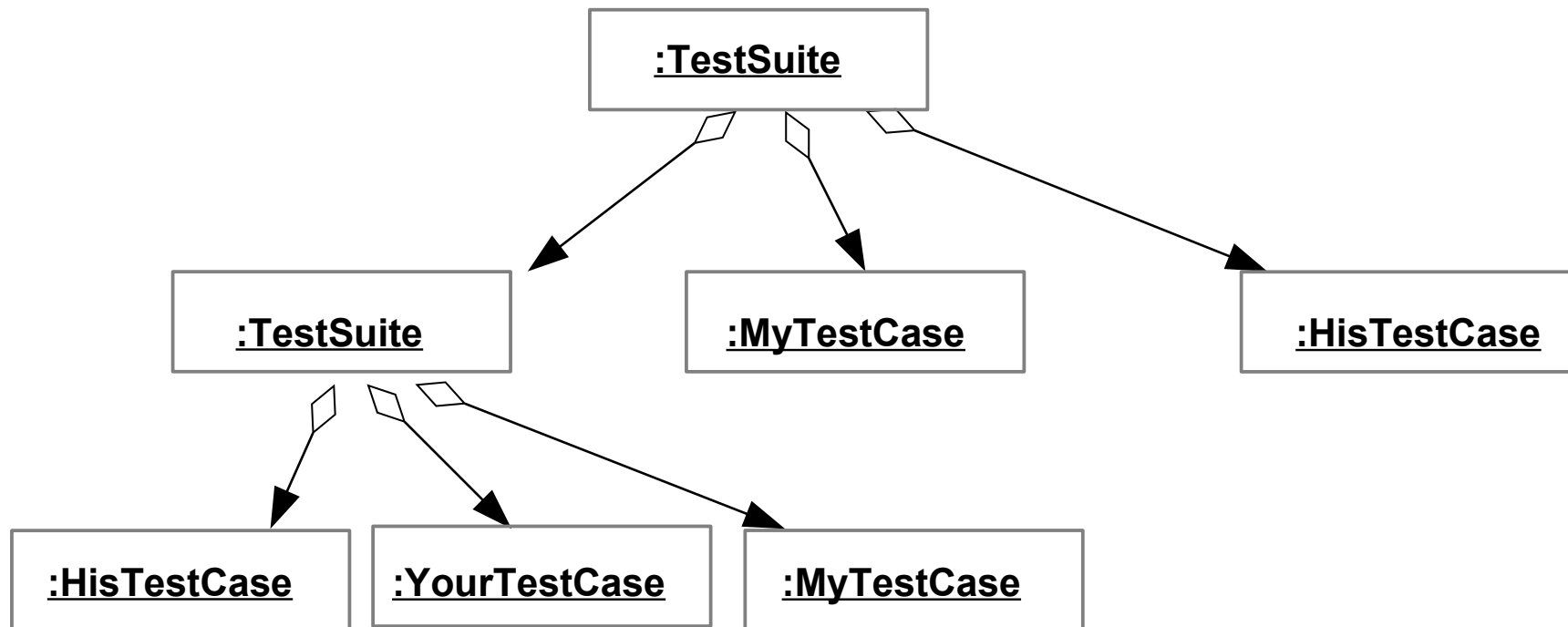
- ▶ **JUnit** www.junit.org ist ein technisches Java-Framework für Regressionstests, sowohl für einzelne Klassen (*unit test*), als auch für Systeme
 - Durchführung von Testläufen mit Testsuiten automatisiert
 - Eclipse-Plugin erhältlich
 - Mittlerweile für viele Programmiersprachen nachgebaut
- ▶ Junit 3.8.1:
 - 88 Klassen mit 7227 Zeilen
 - im Kern des Rahmenwerks: 10 Klassen (1101 Zeilen)
- ▶ Testresultate:
 - Failure (Zusicherung wird zur Laufzeit verletzt)
 - Error (Unvorhergesehenes Ereignis, z.B. Absturz)
 - Ok
- ▶ JUnit-4 versteckt mehr Funktionalität mit Metadaten (@Annotationen) und ist wesentlich komplexer. Empfehlung: Lernen Sie zuerst 3.8.1!

Kern von JUnit 3.8.1



Laufzeit-Snapshot von TestSuite

- ▶ JUnit baut zur Laufzeit eine hierarchisch geschachtelte Suite von Testfällen auf



Exkurs: Erkunde JUnit 3.8.x mit Javadoc

39

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Aufgabe:
 - laden Sie die API-Dokumentation von JUnit mit einem Brauser Ihrer Wahl
 - finden Sie die Aufgabe der Klassen TestResult, TestCase und TestSuite heraus
 - Welche Aufgabe hat die Klasse Assert?

</home/ua1/Courses/ST1/Material/junit3.8.1/javadoc/index.html>

Gesetz 68 (PP):

Bauen Sie die Dokumentation ein, anstatt sie dranzuschrauben

Testfall der Datumsklasse in JUnit 3.8.x

- ▶ TestCases sind Methoden, beginnend mit der Markierung `test`
- ▶ Initialisierung der Halterung mit `setUp`, Abbau mit `tearDown`
- ▶ Testfallklassen sind also “Kundenklassen” von zu testenden Klassen
- ▶ Test mit `assertTrue`, geerbt von `TestCase`

```
public class DateTestCase extends TestCase {  
    Date d1;  
    Date d2;           Halterung (fixture)  
    Date d3;  
    protected void setUp() {  
        d1 = new Date(„1. Januar 2006“);  
        d2 = new Date(„01/01/2006“);  
        d3 = new Date(„January 1st, 2006“);  
    }  
    public void testDate1() {  
        // Processing  
        d1.parseDate(); d2.parseDate(); d3.parseDate();  
        // Checking  
        assertTrue(d1.equals(d2)); assertTrue(d2.equals(d3));  
        assertTrue(d3.equals(d1));  
        .... more to say here ....  
    }  
    public void testDate2() { .. more to say here .... }  
    protected void tearDown() { .. .. }  
}
```

An orange rectangular box with a black border and a slight 3D effect, containing the word "Improved" in black text.

- ▶ Von Eclipse aus: In einer IDE wie Eclipse werden die Testfall-Prozeduren automatisch inspiziert und gestartet
- ▶ Von einem Java-Programm aus:
 - Ein Testfall wird nun erzeugt durch einen Konstruktor der Testfallklasse
 - Der Konstruktor sucht die Methode des gegebenen Namens ("testDate1") und bereitet sie zum Start vor
 - mit *Reflektion*, d.h. Suche nach dem Methode in dem Klassenprototyp
 - Die *run()* Methode startet den Testfall gegen die Halterung und gibt ein *TestResult* zurück

```
public class TestApplication {  
    ...  
    TestCase tc = new DateTestCase("testDate1");  
    TestResult tr = tc.run();  
}
```

- ▶ Eine Testsuite ist eine Kollektion von Testfällen
- ▶ TestSuites sind komposit

```
public class TestApplication {  
    ...  
    TestCase tc = new DateTestCase („testDate1“);  
    TestCase tc2 = new DateTestCase („testDate2“);  
    TestSuite suite = new TestSuite();  
    suite.addTest(tc);  
    suite.addTest(tc2);  
    TestResult tr = suite.run();  
    // Nested test suites  
    TestSuite subsuite = new TestSuite();  
    ... fill subsuite ...  
    suite.addTest(subsuite);  
    TestResult tr = suite.run();  
}
```

junit 3.8.1 TestRunner GUI

- ▶ Die Klassen `junit.awtui.TestRunner`, `junit.swingui.TestRunner` bilden einfach GUIs, die Testresultate anzeigen
- ▶ Gibt man einem Konstruktor eines Testfalls eine Klasse mit, findet er die "test*" - Methoden (die Testfallmethoden) selbständig
- ▶ Dies geschieht mittels *Reflektion*, d.h. Absuchen der Methodentabellen im Klassenprototypen und Methodenspeicher

```
public class TestApplication {  
    public static Test doSuite() {  
        // Abbreviation to create all TestCase objects  
        // in a suite  
        TestSuite suite = new TestSuite(DateTestCase.getClass());  
    }  
    // Starte the GUI with the doSuite suite  
    public static main () {  
        junit.awtui.TestRunner.run(doSuite());  
    }  
}
```

13.5.2) Testläufe in Junit 4.X

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/annotations/index.html>



Neuer Testfall in Junit 4.X mit Metadaten-Annotationen

- ▶ TestCase-Methoden werden mit **Metadaten-Annotationen** gekennzeichnet, Annotationen an Attribute und Methoden, die mit @ beginnen

```
public class DateTestCase /* no superclass */ {  
    Date d1;  
    Date d2;  
    Date d3;                                     Halterung (fixture)  
    @before protected int setUp() {  
        d1 = new Date („1. Januar 2006“);  
        d2 = new Date („01/01/2006“);  
        d3 = new Date („January 1st, 2006“);  
    }  
    @test public int compareDate1() {  
        // Processing  
        d1.parseDate(); d2.parseDate(); d3.parseDate();  
        // Checking  
        assertTrue(d1.equals(d2)); assertTrue(d2.equals(d3));  
        assertTrue(d3.equals(d1));  
        .... more to say here ....  
    }  
    @test public int compareDate2() {  
        .... more to say here ....  
    }  
}
```

An orange rectangular box with a black border and a slight 3D effect, containing the word "Improved" in black text.

Benutzung von Testfall-Klasse in 4.x

- ▶ Von der Kommandozeile:
 - `java org.junit.runner.JUnitCore DateTestCase`
- ▶ Von Eclipse aus: In einer IDE wie Eclipse werden die Testfall-Prozeduren automatisch inspiziert und gestartet
- ▶ Von einem Java-Programm aus:
 - Ein Testfall wird erzeugt durch einen Konstruktor der Testfallklasse
 - Suche den Klassenprototyp der Testfallklasse
 - Die `run()` Methode von `JUnitCore` startet alle enthaltenen Testfälle über den Klassenprototypen
 - Starten aller annotierten Initialisierungen, Testfallmethoden, Abräumer
 - und gibt ein "Result"-Objekt zurück

```
public class TestApplication {  
    ...  
    DateTestCase tc = new DateTestCase();  
    // getClass() holt den Klassenprototypen  
    Result tr = JUnitCore.run(tc.getClass());  
}
```

Junit 4.X mit vielen weiteren Metadaten-Annotationen

- Viele weitere Test-Annotationstypen sind definiert

```
public class DateTestCase {
    Date d1;
    @beforeClass protected int setUpAll() {
        // done before ALL tests in a class
    }
    @afterClass protected int tearDownAll() {
        // done before ALL tests in a class
    }
    @test(timeout=100, expected=IndexOutOfBoundsException.class)
    public int compareDate2() {
        // test fails if takes longer than 50 msec
        // test fails if IndexOutOfBoundsException is NOT thrown
        .... more to say here ....
    }
}
```

13.6. Entwurfsmuster in JUnit



DRESDEN
concept
Exzellenz aus
Wissenschaft
und Kultur

Was ist ein Entwurfsmuster?

Ein **Entwurfsmuster** beschreibt eine Standardlösung für

- ein Standardentwurfsproblem
- in einem gewissen Kontext



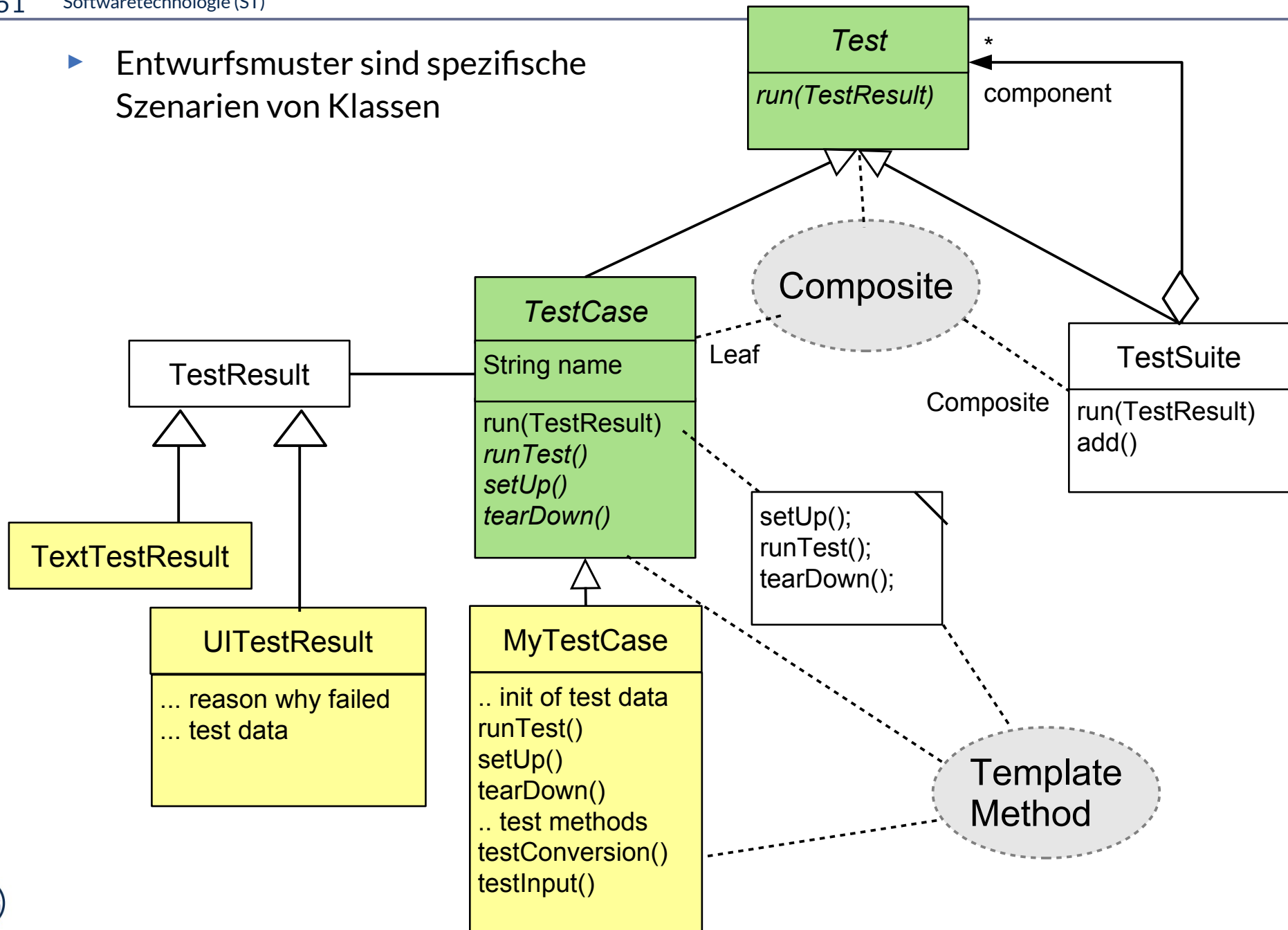
- ▶ Ein Entwurfsmuster wiederverwendet bewährte Entwurfsinformation
 - Ein Entwurfsmuster darf nicht *neu*, sondern muss wohlbewährt sein
- ▶ Ein Entwurfsmuster enthält mindestens:
 - Klassendiagramm der beteiligten Klassen
 - Objektdiagramm der beteiligten Objekte
 - Interaktionsdiagramm (Sequenzdiagramm, Kommunikationsdiagramm)
- ▶ Entwurfsmuster sind ein wesentliches Entwurfshilfsmittel aller Ingenieure
 - Maschinenbau – Elektrotechnik - Architektur
- ▶ Entwurfsmuster treten auch in Frameworks wie JUnit auf

Beispiel: Entwurfsmuster in Junit 3.x

51

Softwaretechnologie (ST)

- Entwurfsmuster sind spezifische Szenarien von Klassen

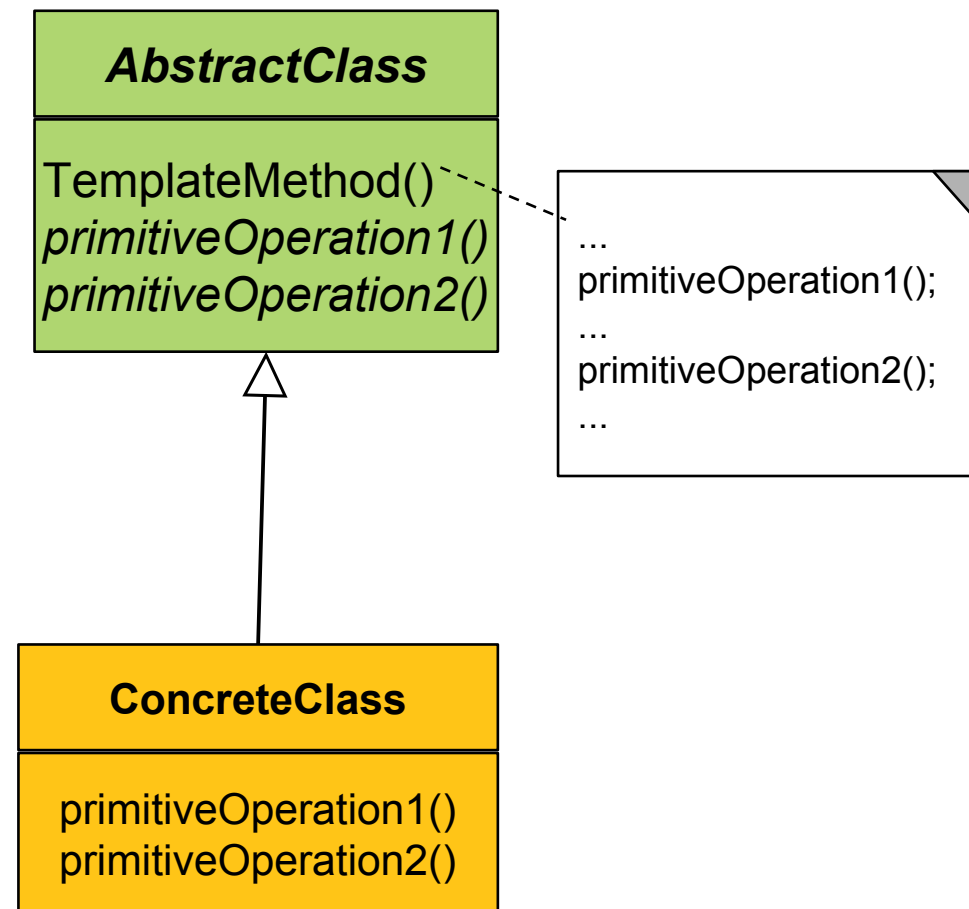


Entwurfsmuster TemplateMethod

52

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Definiert das Skelett eines Algorithmusses in einer *Schablonenmethode (template method)*
 - Die Schablonenmethode ist konkret
- ▶ Delegiere Teile zu abstrakten *Hakenmethoden (hook methods)*
 - die von Unterklassen konkretisiert werden müssen
- ▶ Variiere Verhalten der abstrakten Klasse durch verschiedene Unterklassen
 - Separation des “fixen” vom “variablen” Teil eines Algorithmus

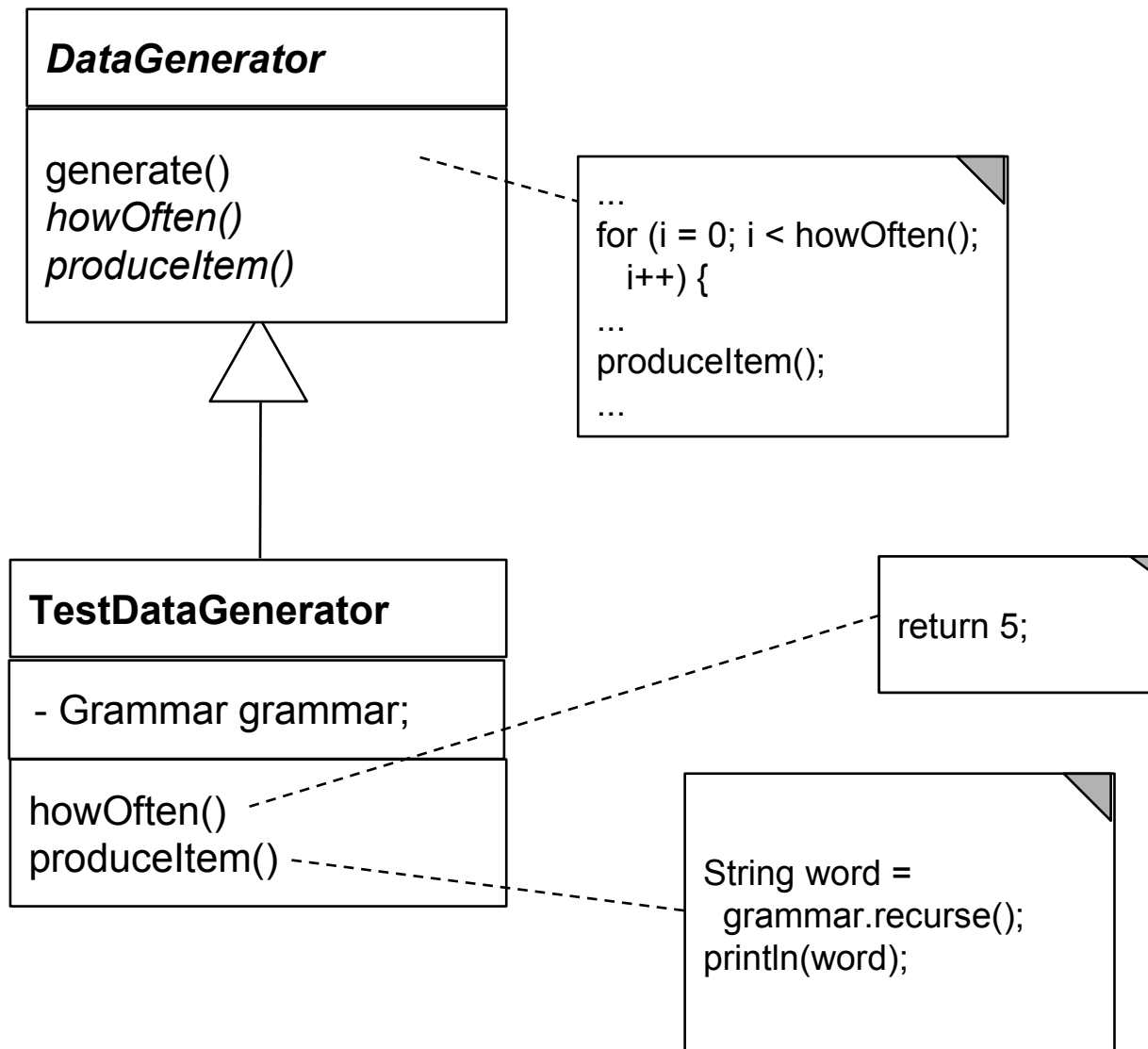


Beispiel TemplateMethod: Ein Datengenerator

53

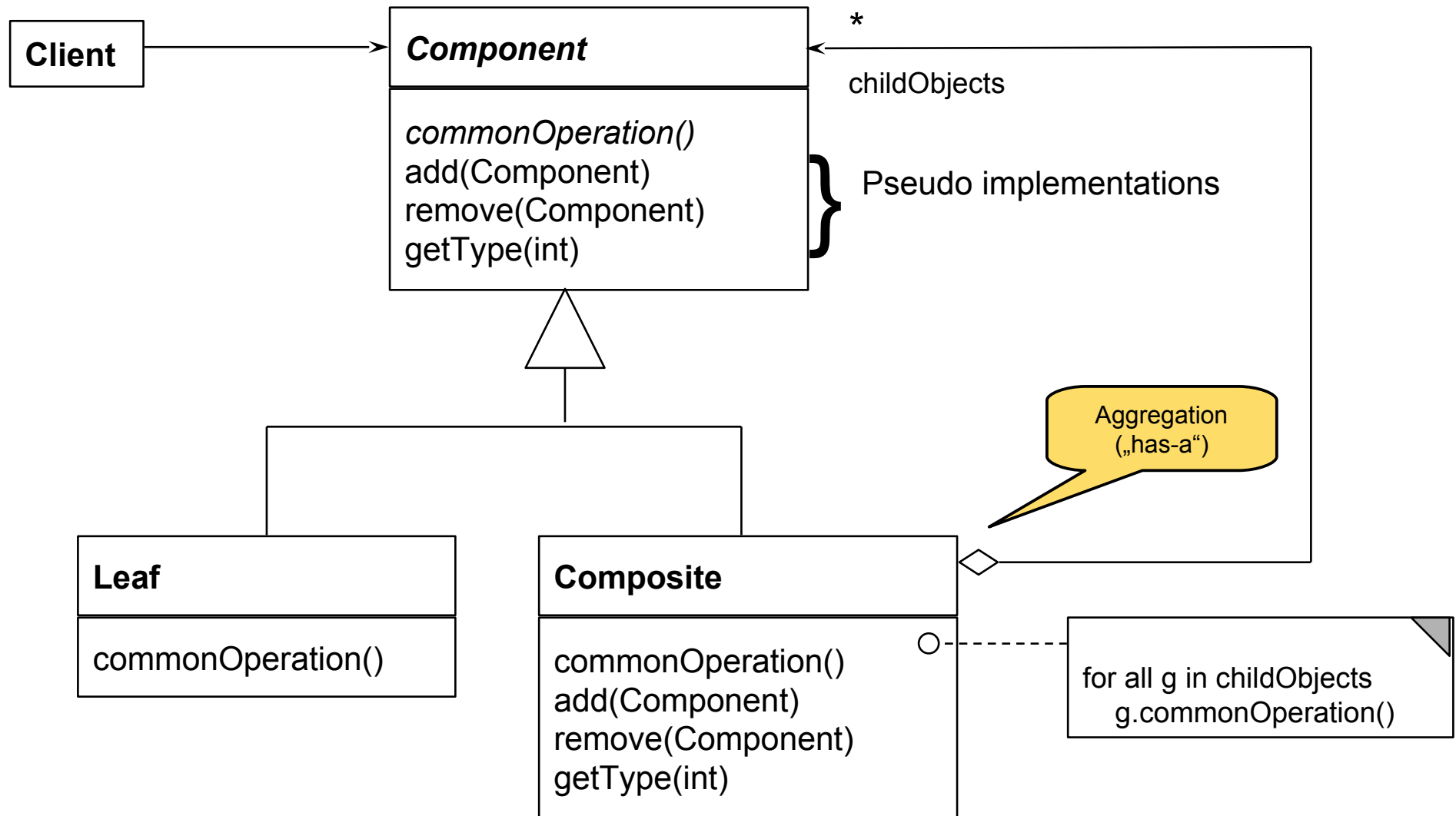
Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Parameterisierung eines Generators mit Anzahl und Produktion
 - (Vergleiche mit TestCase aus JUnit)



Entwurfsmuster Composite

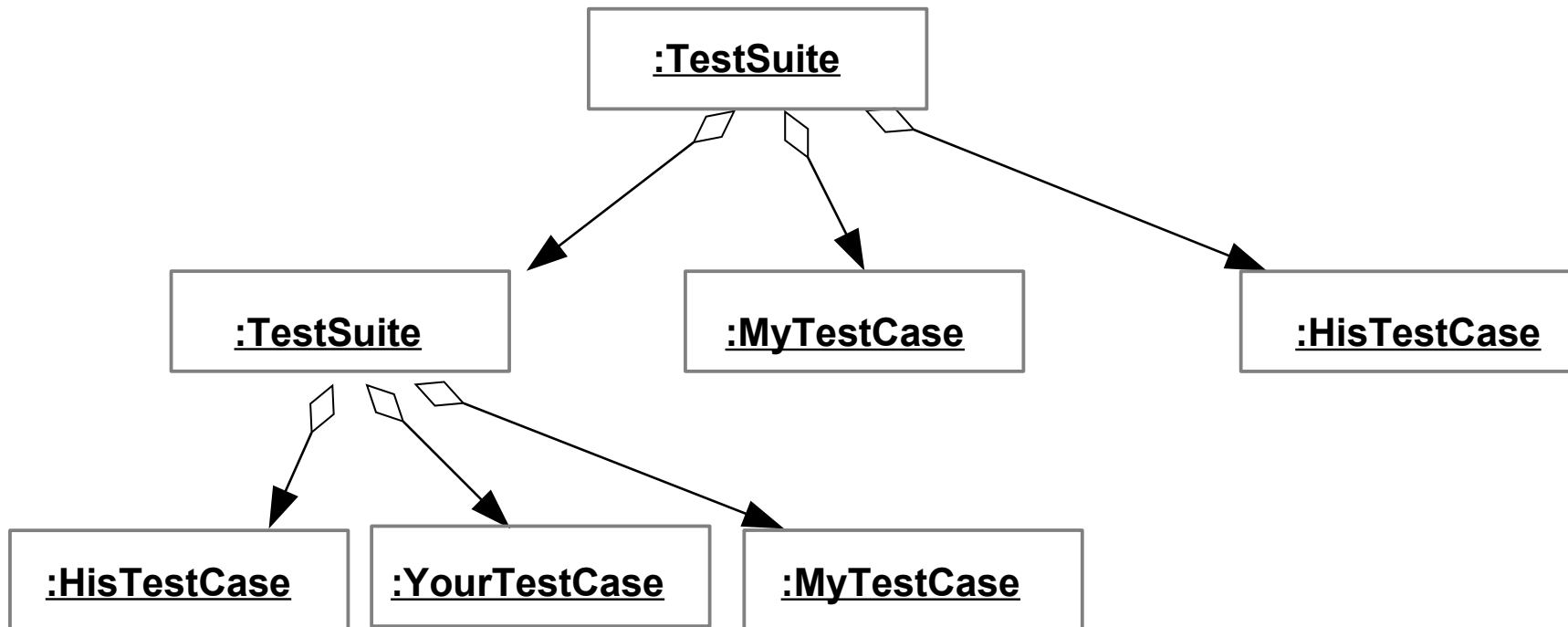
- ▶ Composite besitzt eine rekursive n-Aggregation zur Oberklasse



- ▶ Mehrere Methoden von *Test* sind komposit strukturiert
 - `run()`
 - `countTestCases()`
 - `tests()`
 - `toString()`

Laufzeit-Snapshot von Composite

- ▶ Composite beschreibt Ganz/Teile-Hierarchien von Laufzeit-Objekten, z.B. geschachtelte Testsuiten und -fälle



Bsp.: Zählen von Testfällen in JUnit

57 Softwaretechnologie (ST)

```
abstract class Test {
    abstract int countTestCases();
}
class TestSuite extends Test {
    Test [20] children; // here is the n-recursion
    int countTestCases() { // common operation
        for (i = 0; i <= children.length; i++) {
            curNr += children[i].countTestCases();
        }
        return curNr;
    }
    void add(Test c) {
        children[children.length++] = c;
    }
}
```

```
class TestCase extends Test {
    private int myTestCaseCount = 10;
    int countTestCases() { // common operation
        return myTestCaseCount;
    }
    void add(Test c) {
        /// impossible, dont do anything
    }
}

// application
main () { int nr = test.countTestCases(); }
```

Funktionales Programmieren:

- Iteratoralgorithmen (map)
- Faltungsalgorithmen (folding)

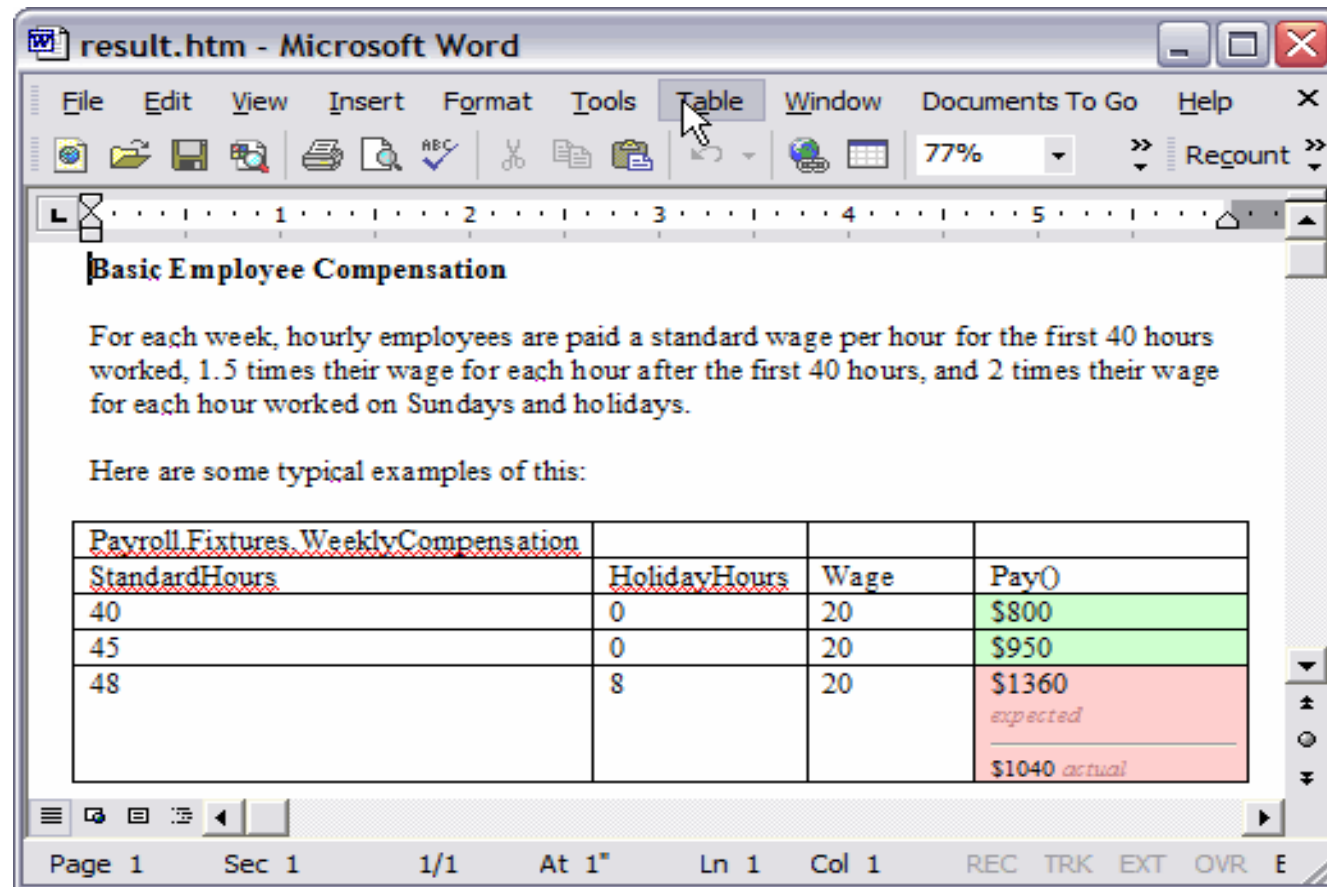
- ▶ Erstellung eines Akzeptanztestbeschreibung im Vertrag (Pflichtenheft)
 - Ohne Erfüllung kein Bestehen des Praktikums!
 - Eine Iteration: Kunde stellt einen Zusatzwunsch: Wie reagiert man auf die Veränderung?
- ▶ **Tip:** Erstellen Sie sich von Anfang an einen Regressionstest!
 - Und lassen sie diesen bei jeder Veränderung laufen, um zu überprüfen, ob Sie wesentliche Eigenschaften des Systems verändert haben

Was haben wir gelernt?

- ▶ **Software ohne Tests ist keine Software**
- ▶ Achten Sie auf das Management Ihres Projekts im Praktikum
 - Planen Sie hinreichend
- ▶ Testen Sie sorgfältig und von Anfang an (*test-driven development, TDD*)
 - Entwerfen Sie eine Testarchitektur
 - Erstellen Sie eine Akzeptanztestsuite
 - Erstellen Sie einen Regressionstest
- ▶ Erste Entwurfsmuster TemplateMethod, Composite
- ▶ Lernen Sie, Java zu programmieren:
 - Ohne ausreichende Java-Kenntnisse weder Bestehen der Klausur noch des Praktikums
 - Nutzen Sie fleissig das Java-INLOOP-System!

SUMMARY

- ▶ FIT bietet eine Spezifikation der Testfälle in Word oder Excel
 - Automatische Generierung von Junit-Testfällen
 - Automatischer Feedback
- ▶ siehe Softwaretechnologie-II, WS

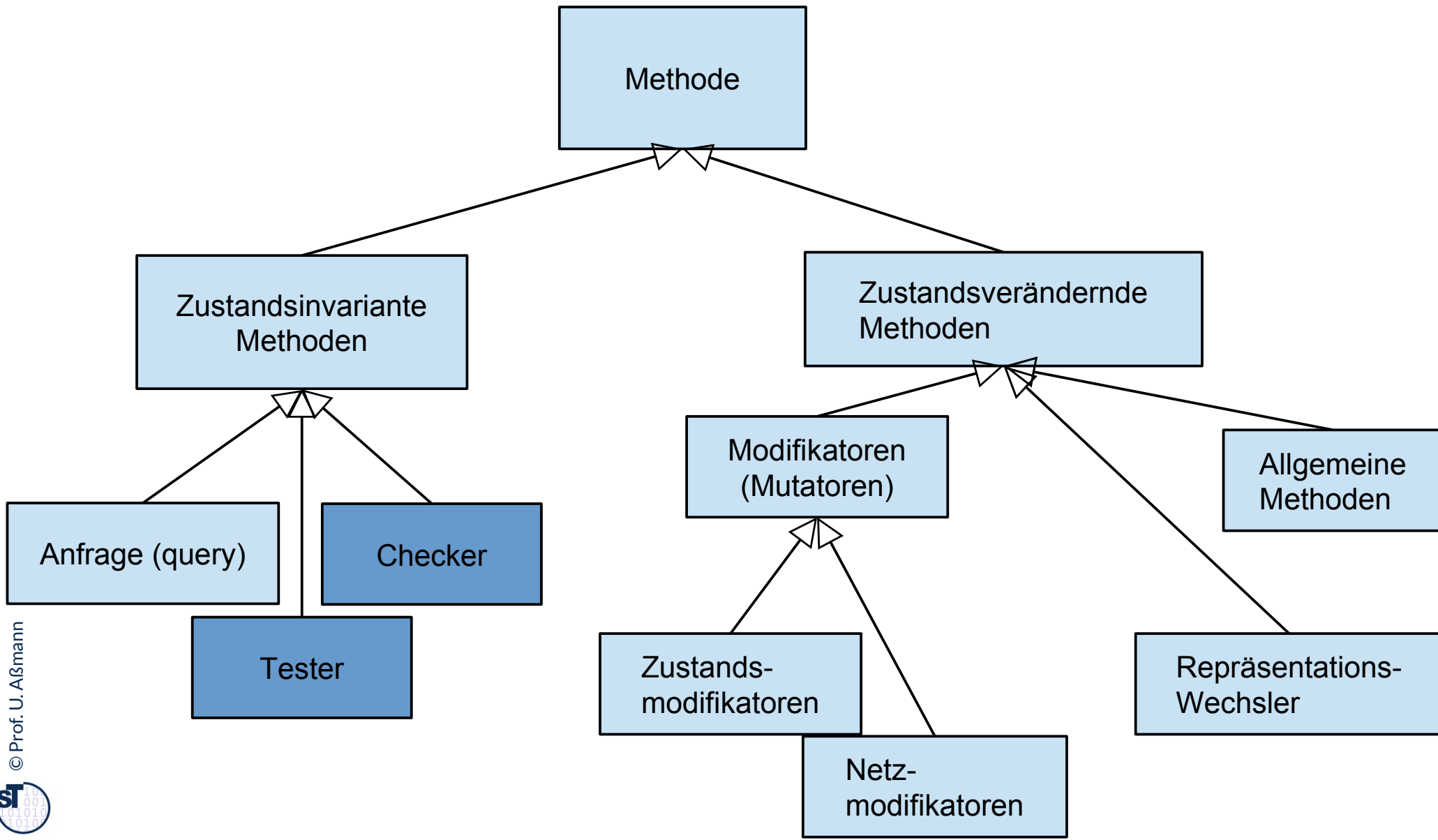


Erweiterung: Begriffshierarchie der Methodenarten

62

Softwaretechnologie (ST)

- **Wiederholung:** Welche Arten von Methoden gibt es in einer Klasse?



Wie wähle ich Testdaten für Testfälle aus?

- ▶ Bestimme die **Extremwerte** der Parameter der zu testenden Methode
 - Nullwerte immer testen, z.B. 0 oder null
 - Randwerte, z.B. 1.1., 31.12
- ▶ Bestimme **Bereichseinschränkungen**
 - Werte ausserhalb eines Zahlenbereichs
 - negative Werte, wenn natürliche Zahlen im Spiel sind
- ▶ Bestimme **Zustände**, in denen sich ein Objekt nach einer Anweisung befinden muss
- ▶ Bestimme **Äquivalenzklassen** von Testdaten und teste nur die Repräsentanten
- ▶ Bestimme alle Werte aller **boolschen Bedingungen** in der Methode
 - Raum aller Steuerflußbedingungen

Even Worms are Tested

- ▶ StuxNet Tests in Israel
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/26.31.html#subj3.1>
- ▶ LAUSD payroll fiasco
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/24.84.html>
- ▶ Surprising reimplementations of system with good new tests:
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/24.85.html#subj6.1>

- ▶ Hamburg-Altona Bahnhof 1995
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/16.93.html#subj1.1>
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/16.94.html#subj1.1>
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/17.02.html#subj3.1>
- ▶ Toll Collect Krise 2004
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/23.21.html#subj6.1>
- ▶ Velaro-D-Züge von Siemens
 - <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/verspaetete-lieferung-von-ice-zuegen-eine-halbe-milliarde-euro-auf-dem-abstellgleis-1.1655927>
 - http://www.nwzonline.de/wirtschaft/bericht-neue-siemens-ice-der-bahn-erhalten-zulassung_a_11,5,196943309.html

Edison, der Erfinder der Glühbirne

"If I find 10,000 ways something won't work, I haven't failed. I am not discouraged, because every wrong attempt discarded is another step forward."

Thomas A. Edison

"Müsste Edison eine Nadel im Heuhaufen finden, würde er einer fleißigen Biene gleich Strohalm um Strohalm untersuchen, bis er das Gesuchte gefunden hat."

- Nikola Tesla, New York Times, 19. Oktober 1931

Aber: Ein Wort der Warnung

[Edison] had no hobby, cared for no sort of amusement of any kind and lived in utter disregard of the most elementary rules of hygiene. [...] His method was inefficient in the extreme, for an immense ground had to be covered to get anything at all unless blind chance intervened and, at first, I was almost a sorry witness of his doings, **knowing that just a little theory and calculation would have saved him 90% of the labour.**

But he had a **veritable contempt for book learning and mathematical knowledge**, trusting himself entirely to his inventor's instinct and practical American sense.

Nikola Tesla

Definition neuer Ausnahmen

Benutzung von benutzerdefinierten Ausnahmen möglich und empfehlenswert !

```
class TestException extends Exception {
    public TestException () {
        super();
    }
}
class SpecialAdd {
    public static int sAdd (int x, int y)
                                throws TestException {
        if (y == 0)
            throw new TestException();
        else
            return x + y;
    }
}
```

Deklaration und Propagation von Ausnahmen

71

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Wer eine Methode aufruft, die eine Ausnahme auslösen kann, muß
 - entweder die Ausnahme abfangen
 - oder die Ausnahme weitergeben (*propagieren*)
- ▶ Propagation in Java: Deklarationspflicht mittels **throws** (außer bei Error und RuntimeException)

```
public static void main (String[] argv) {  
    System.out.println(SpecialAdd.sAdd(3,0));  
}
```

Java-Compiler: Exception TestException must be caught, or it must be declared in the throws clause of this method.

Bruch von Verträgen und Ausnahmen

72

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Man kann Verträge auch mit Ausnahmetests prüfen
- ▶ Vorteil: kontrollierte Reaktion auf Vertragsbrüche

```
class ContractViolation extends Exception {...};  
class ParameterContractViolation extends ContractViolation  
{...};  
class FigureEditor{  
    draw (Figure figure) throws ContractViolation {  
        if (figure == null)  
            throw new ParameterContractViolation();  
    }  
}
```

- ▶ im Aufrufer:

```
try {  
    editor.draw(fig);  
} catch (ParameterContractViolation) {  
    fig = new Figure();  
    editor.draw(fig);  
}
```

13. Programme werden durch Testen erst zu Software

...sonst bleiben sie Bananaware

Testen ist notwendig für biologisches Programmieren

Prof. Dr. rer. nat. Uwe Aßmann

Institut für Software- und
Multimediatechnik

Lehrstuhl Softwaretechnologie

Fakultät für Informatik

Technische Universität Dresden

Version 19-0.1, 05.04.19

1) Warum Testen wichtig ist

2) Vertragsüberprüfung

3) Testfalltabellen

4) Soziales Programmieren

5) Regressionstests mit dem
JUnit-Rahmenwerk

6) Entwurfsmuster in JUnit

mit Notizenseiten



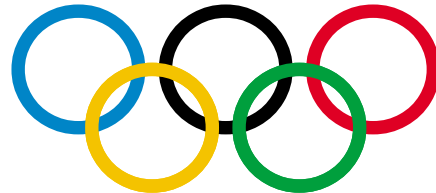
Programmieren ist eine soziale Aktivität, weil

- das Vertrauen des Kunden durch hochqualitative Software gewonnen werden muss
- der Programmierer, der unsere Software übernimmt, sie verstehen und pflegen können muss
-

Jede Software hat einen sozialen Reifegrad!

- ▶ Obligatorische Literatur
 - Zuser Kap. 5+12 (ohne White-box tests)
 - ST für Einsteiger Kap. 5+12 in Teil 3
- ▶ Java documentation: <http://docs.oracle.com/javase/8/>
 - Essential Java tutorials on Exceptions and Pattern Matching
<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/index.html>
 - www.junit.org
 - Junit 3.x arbeitet noch ohne Metadaten (@Annotationen)
 - <https://sourceforge.net/projects/junit/files/junit/3.8.2/>
 - junit3.8.1/doc/cookstour/cookstour.htm. Schöne Einführung in Junit
 - junit3.8.1/doc/faq/faq.htm Die FAQ (frequently asked questions)
 - Achtung: JUnit 4 versteckt mehr Funktionalität in Metadaten
 - <http://junit.sourceforge.net/doc/cookbook/cookbook.htm>
 - <http://junit.sourceforge.net/doc/faq/faq.htm>
- ▶ Weiterführend
 - Andrew Hunt, David Thomas. The pragmatic programmer. Addison-Wesley. Deutsch: Der Pragmatische Programmierer. Hanser-Verlag. Leseprobe:
 - http://www.beck-shop.de/fachbuch/leseprobe/9783446223097_Excerpt_004.pdf
 - Uwe Vigerschow. Objektorientiertes Testen und Testautomatisierung in der Praxis. Konzepte, Techniken und Verfahren. dpunkt-Verlag, 2005.

- ▶ Was ist der Unterschied zwischen Programmieren und *sozialem* Programmieren?
 - Welches sind die sozialen Reifegrade von Software
- ▶ Was ist der Unterschied zwischen Software und Programmen?
- ▶ Was ist der Unterschied zwischen Klassen und Komponenten?
- ▶ Was sind die 5 olympischen Ringe der Software? Warum hilft die olympische Dekomposition, den sozialen Reifegrad von Software zu verbessern?
- ▶ Wie sind die Ringe als Komponenten in der Test-Umgebung einzuordnen?
- ▶ Was ist ein Regressionstest?



OUR GOALS

Olympische Dekomposition in 5 Ringe hilft, den sozialen Reifegrad von Software zu heben.



13.1. Testen als stichprobenartige Verifikation

... Testen macht Programme reif...



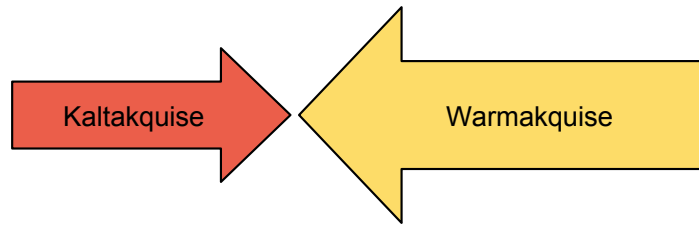
- ▶ Wie prüft man, ob ein Array sortiert ist?

```
int myArray[20]
```

```
boolean testArrayIsSorted(int myArray[20]) {  
    for (int counter = 0; counter < 20; counter ++); {  
        if (counter == 0) continue;  
        if (myArray[counter] < myArray[counter-1]) {  
            // A counterexample found: array is not sorted  
            System.out.println("Array not sorted at index "  
                               +counter);  
            return false;  
        }  
        // No counterexample found; array is sorted  
    }  
    return true;  
}
```

Problem

- ▶ Leider können nicht alle Algorithmen und Programme durch “Beweis durch Probe” geprüft werden
- ▶ “Probe”-Verfahren existieren nicht immer (wie in der Schule)
- ▶ Was tut man da?



Gesetz 49 (PP): “Bananaware”:
Testen Sie Ihre Software, sonst tun es die Anwender!

Gesetz 32 (PP): Ein totes Programm richtet weniger Schaden an als ein schrottreifes.

Kunden können zehnmal leichter wiedergewonnen werden (Warmakquise) als neu gewonnen (Kaltakquise)

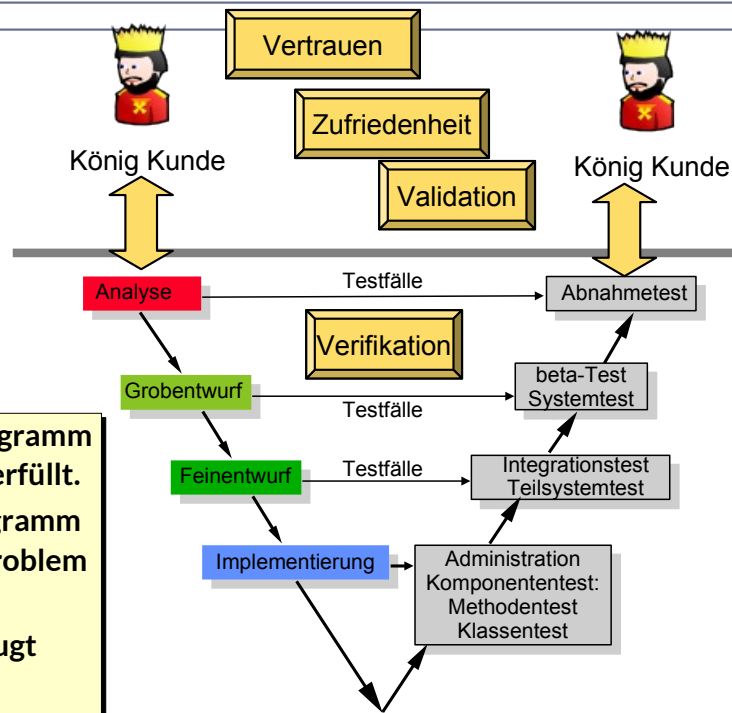
Softwarequalität ist eine Hauptursache für Kundenzufriedenheit und -vertrauen. sie ist ebenfalls das Hauptverkaufsargument in der Warmakquise.

Verifikation, Validation, Kundenzufriedenheit und -Vertrauen

9 Softwaretechnologie (ST)

- ▶ V-Modell (Boehm 79)
- ▶ (Formale) Verifikation
- ▶ Beweis durch Probe
- ▶ Testen (Stichprobe)
 - Test-Abdeckung
 - Testreifegrad
- ▶ Testprozess
- ▶ Validation

Verifikation zeigt, dass das Programm seine Spezifikation richtig erfüllt.
 Validation zeigt, dass das Programm das richtige Problem, das Problem des Kunden, löst.
 Kundenzufriedenheit erzeugt Kundenvertrauen.
 Kundenvertrauen erzeugt Geschäft.



- **Verifikation:** Nachweis, daß ein Programm seine Spezifikation erfüllt
- **Formale Verifikation:** Mathematischer Beweis desselben
- **Testen: Beweis durch Stichprobe:** Stichprobenhafte Verifikation, Überprüfen von ausgewählten Abläufen eines Programms unter bekannten Bedingungen, mit dem Ziel, Fehler zu finden
- **Wichtig:** Da Vollständigkeit nicht erreicht werden kann, wie hoch ist die Test-Abdeckung?
- **Validation:** Überprüfung der Arbeitsprodukte bzgl. der Erfüllung der Spezifikationen und der Wünsche des Kunden
- **Kundenzufriedenheit**
 - Wikipedia: Verification and Validation: In engineering or a quality management system, "verification" is the act of reviewing, inspecting, testing, etc. to establish and document that a product, service, or system meets the regulatory, standard, or specification requirements. By contrast, validation refers to meeting the needs of the intended end-user or customer.
- Tests werden *bottom-up* erledigt:
 - Zuerst Verträge und Testfälle für die Methoden bilden
 - Dann die einzelne Klasse testen, Dann die Komponente
 - Dann das System; Dann der beta-Test
 - Zum Schluss der Akzeptanztest (Abnahmetest)
- Bitte, auch so im Praktikum vorgehen.

Testen besteht aus dem Nehmen von Stichproben:
Testing shows the presence of bugs, but never their absence (Dijkstra)

Es ist wichtig zu verstehen, dass Testen nur eine Verifikation durch Stichprobe ist, keine *vollständige* Verifikation.

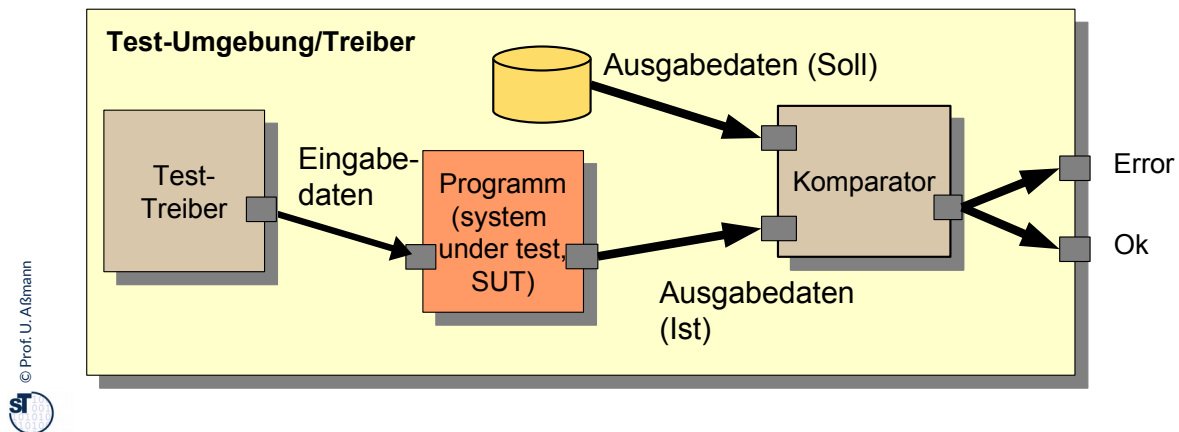
Berühmte Abnahmetests:

- Abnahmetest der Nürnberger autonomen U-Bahn RUBIN: 2 Monate störungsfreies Fahren
- Beim Übergang auf das Jahr 2000 fürchtete man, Flugzeuge könnten wegen fehlerhafter Software abstürzen. In Japan zwangen Firmen ihre Programmierer, über den Jahreswechsel einen Flug mitzumachen... (Kamikaze-Abnahmetest)
- FalconX-Rakete muss nach der Rückkehr aus dem All auf einer Plattform im Meer landen

“Software” hat eine test-getriebene Architektur

- ▶ Solange ein Programm keine test-getriebene Architektur hat, ist es keine Software
- ▶ Andernfalls ist es “bananaware”

Gesetz 63 (PP): Das Programmieren ist nicht getan, bis alle Tests erfolgreich waren



- Solange ein Programm keine Tests hat, ist es keine Software im eigentlichen Sinne
- **Software** hat, i.U. zu Programmen, eine testgetriebene Architektur, die das stichprobenartige Testen von vorne herein unterstützt
 - Testen ist eine **Ist-Soll-Analyse**
- Software ist immer ein **test-getriebenes System (test-driven system)** und besteht aus einem Programm (*System under Test, SUT*) mit seiner *Testumgebung (Test-Treiber, test runner)*
 - Entwicklungsmethode: *TDD (Test-Driven Development)*

Gesetz 62 des Pragmatischen Programmierers: *Testen Sie frühzeitig, häufig und automatisch*

Erfahrende Programmierer schreiben den Test zuerst.

Damit gehen sie nach dem Prinzip “Beweis durch Probe” vor, weil sie sich zuerst die “Probe-Methode” schaffen, bevor sie die eigentliche Lösung entwickeln.

Dann kann von Anfang an der “Beweis durch Probe” ausgeführt werden.

- ▶ Schreiben der Tests von Hand mit **Test-Framework**
 - Test-Treiber
 - Test-Tabelle
 - Eingabedaten
 - Ausgabedaten
 - Beweis durch Probe finden
- ▶ **Verträge (Administration)** schreiben
 - Teile der Tests als Verträge übernehmen
 - Innere Checks schreiben, um die Verträge zu überprüfen
- ▶ **Qualitätsmanagementprozess** einrichten und verbessern (→ ST-2)
 - Testsuite kaufen
- ▶ **Generierung mit Werkzeug** (→ ST-2)
 - Test-Treibergenerierung
 - Test-Datengenerierung



Testen ist an und für sich eine relativ destruktive Tätigkeit und wird nicht gern erledigt. Jeder Fehler, den man findet, bestraft einem, denn nun muss man ihn ausbügeln.

Aber: wer schon mal ein halbes Jahr lang mit einem Abnahmetest gekämpft hat, erlebt ein tolles Glücksgefühl, wenn er dann schließlich funktioniert, und das System einwandfrei arbeitet!

Und: die meisten Firmen verkaufen heute über ihre Softwarequalität, d.h. Testen ist äußerst wichtig, Kunden zu halten und wiederzugewinnen. Ohne Testen keinen kommerziellen Erfolg!

13.2. Vertragsprüfung (Administration)

Jede Code-Einheit sollte mit einem *Administrationscode* daher kommen, der die Gültigkeit der

- Eingabedaten
- Ausgabedaten
- Internen Daten

prüft. (Administration)

Beispiel: Wie schreibt man einen Test für eine Methode?

- ▶ Wie testet man `parseDay(String d)`?

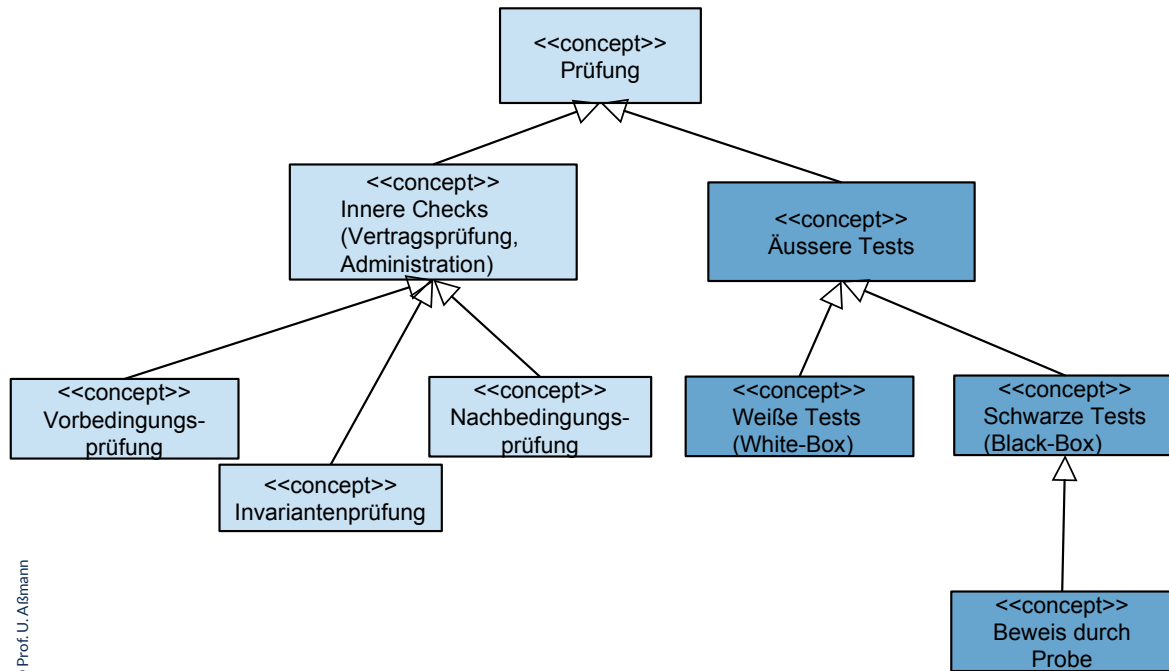
```
// A class for standard representation of dates.
public class DateSimple {
    private String myDate;
    public int day; public int month; public int year;
    public DateSimple(String date) { myDate = date;
        parseDate(); }
    public int parseDate() {
        day = parseDay(myDate);
        month = parseMonth(myDate);
        year = parseYear(myDate);
    }
    public int parseDay(String d) {
        if (d.matches("\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\d\\d")) {
            // German numeric format day.month.year
            return Integer.parseInt(d.substring(0,2));
        } else {
            .. other formats...
        }
    }
}
```



Zu diesem Beispiel schlagen Sie bitte die Datei
“DateSimple.java” nach.

Antwort: Innere Checks und äussere Tests (Begriffshierarchie)

16 Softwaretechnologie (ST)



© Prof. U. Aßmann



• **Innere Checks (Vertragsprüfungen, contract checks):** innerhalb der Methode werden Überprüfungen eingebaut, die bestimmte Zusicherungen erreichen

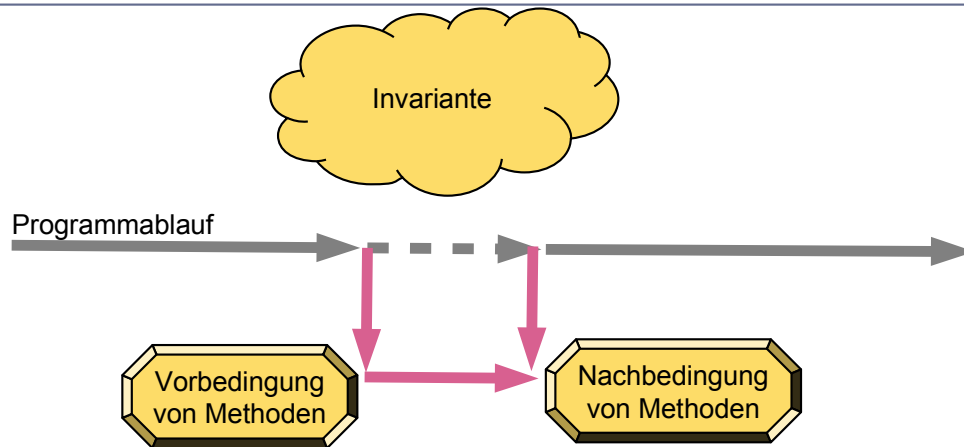
- Überprüfen von Verträgen *innerhalb von Methoden* mit Hilfe von Probebeschicken von Methoden mit ausgewählten Parametern (*Testdaten*)
- Auslösen von *Ausnahmen (exceptions)*

• **Äussere Tests:** Nach Aufruf einer Methode mit Testdaten werden Relationen zwischen Ein-, und Ausgabeparametern sowie dem Zustand überprüft

- **Black-box-Tests** (schwarze Tests): bestehen aus
 - dem Aufstellen von Testfällen (Testdaten für Eingabe-, Ausgabeparametern und Zustandsbelegungen)
 - und deren Überprüfung nach Abarbeitung der Methode
 - ohne Kenntnis der Implementierung der Methode
- **White-box-Tests** (weiße Tests): dto,
 - aber mit Kenntnis über die Implementierung der Methode (z.B. Kenntnis der Steuerfluss-Pfade)

13.2.1 Innere Checks: Vertragsprüfung für eine Methode (“Design by Contract”)

17 Softwaretechnologie (ST)



Gesetz 31 (PP): **Verwenden Sie Design by Contract (Vertragsprüfung), damit der Quelltext nicht mehr und nicht weniger tut, als er vorgibt.**

Gesetz 33 (PP): **Verhindern Sie das Unmögliche mit Zusicherungen.**

Vertragsprüfungen sind spezielle Tests über den Objekt- bzw. Programmzustand, die *innerhalb* von Methoden stattfinden (ohne Testtabellen und -daten).

- **Invarianten (invariants):** Bedingungen über den Zustand (Werte von Objekten und Variablen), die *immer* gültig sind
- **Vorbedingung (precondition, Annahmen, assumptions):**
 - Zustand (Werte von Variablen), der *vor* Aufruf (bzw. Vor Ausführung der ersten Instruktion) gilt bzw gelten muss
 - Typen von Parametern
 - Werteeinschränkungen von Parametern
- **Nachbedingung (postcondition, Garantien, guarantees, promises):**
 - Zustand (Werte von Variablen), die *nach* Aufruf (bzw. nach Ausführung der letzten Instruktion) gültig sind
 - Zuordnung von Werten von Eingabe- zu Ausgabeparametern (Ein-Ausgaberation)

- ▶ Preconditions werden im Prolog, Postconditions im Epilog einer Methode geprüft; Invarianten überall
- ▶ Abbruch bei Fehlschlag der Prüfung

Vorbedingung (precondition):
d ist ein String - d ist nicht leer

Invarianten (invariants):
d ist mindestens 10 Zeichen lang (Datum plus Trenner)

```
public int parseDay(String d) {  
    // Check parameter 1  
    if (d.equals("")) { System.err.println("empty"); return 0; }  
    if (d.size() < 10) { System.err.println("size too small"); return 0; }  
    if (d.matches("\\d\\d\\d\\.\\d\\d\\d\\.\\d\\d\\d\\.\\d\\d\\d")) {  
        if (d.size() < 10) System.err.println("size too small"); return 0; }  
        // German numeric format day. month. Year  
        int day = Integer.parseInt(d.substring(0,2));  
        // Check return  
        if (day < 1 || day > 31) System.out.println("wrong");  
    } else {  
        .. other formats...  
    }  
    if (d.size() < 10) { System.err.println("size too small"); return 0; }  
    // check return  
    if (day < 1 || day > 31) { System.err.println("illegal day"); return 0; }  
    return day;  
}
```

Nachbedingung (postcondition):
Ein int wird zurückgegeben
Zwischen 1 und 31

© Prof. U. Aßmann

Vertragsprüfung codiert die Testfalltabelle in die aufgerufenen Methoden:

- Vorbedingungsprüfung in den Prolog
- Nachbedingungsprüfung in den Epilog
- Invariantenprüfung überall

Metrik für die Güte der Administrationsrings einer Methode

- ▶ Zähle die Checks auf Parameter und vergleiche mit der Zahl der Parameter
 - Abdeckungsmetrik (Coverage-Metrics): Wie viele der Parameter haben eine zugeordnete Prüfung?
- ▶ Zähle die Invarianten-Checks
- ▶ Zähle die Return-Checks
 - Abdeckungsmetrik (Coverage-Metrics): Wie viele der Returnpunkte haben eine zugeordnete Prüfung?

13.2.2 Vertrag einer Methode – Prüfen durch assert

- ▶ `assert()`, eine Standardmethode, bricht das Programm bei Verletzung einer Vertragsbedingung ab
- ▶ Achtung: Bedingungen müssen dual zu den Bedingungen der vorgenannten Ausnahmen formuliert sein!
- ▶ Achtung: rufe java mit `-ea` auf: `java -ea C.class`

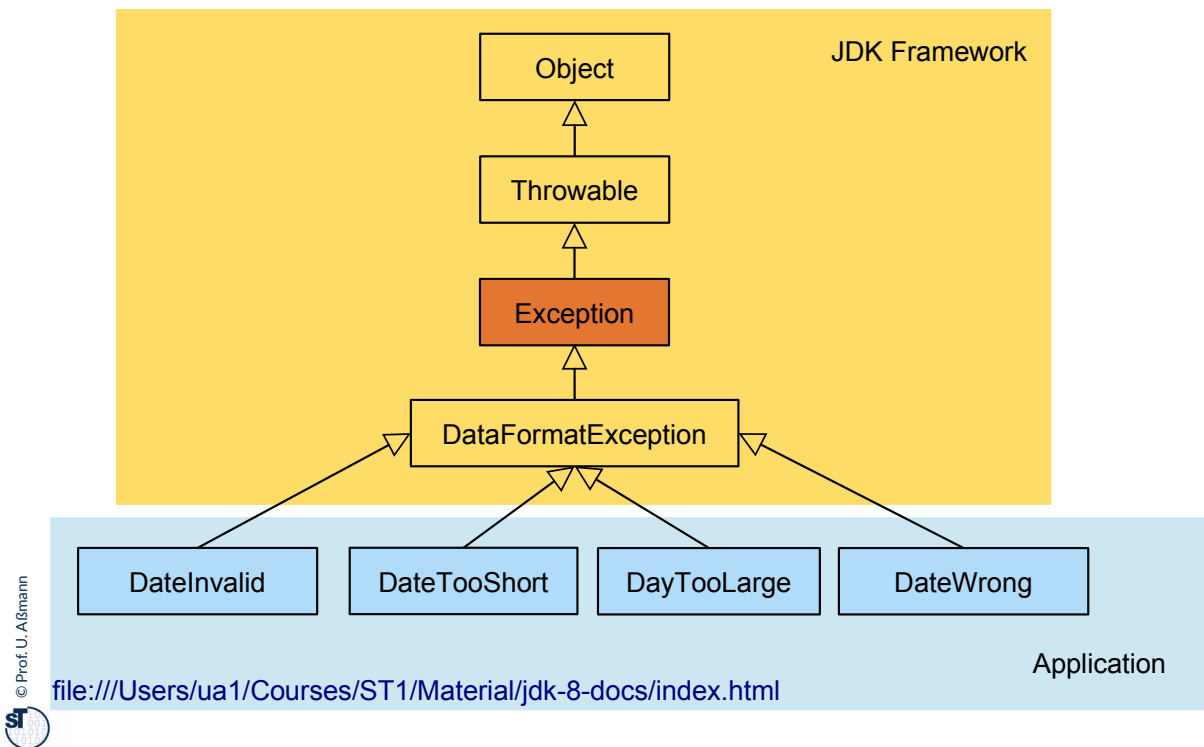
```
public int parseDay(String d) {  
    assert(!d.equals(""));  
    assert(d.size() >= 10);  
    if (d.matches("\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d")) {  
        assert(d.size() >= 10);  
        // German numeric format day. month. Year  
        int day = Integer.parseInt(d.substring(0,2));  
        assert(day >= 1 and day <= 31);  
    } else {  
        .. other formats...  
    }  
    assert(d.size() >= 10);  
    assert(day >= 1 and day <= 31);  
    return day;  
}
```



Java unterstützt vertragsbasiertes Programmieren durch bestimmte Konstrukte.

13.2.3 Auslösen von Ausnahmen (Exception Objects) bei Vertragverletzung

21 Softwaretechnologie (ST)



Java unterstützt auch die Behandlung von Ausnahmen durch Sprachkonstrukte und die Bibliothek.

•Ausnahme (Exception):

- Objekt einer Unterklasse von `java.lang.Exception`
- Vordefiniert oder und selbstdefiniert

•Ausnahme

- **auslösen** (to throw an exception)
 - Erzeugen eines Exception-Objekts
 - Löst Suche nach Behandlung aus
- **abfangen** und **behandeln** (to catch and handle an exception)
 - Aktionen zur weiteren Fortsetzung des Programms bestimmen
- **deklarieren**
 - Angabe, daß eine Methode außer dem normalen Ergebnis auch eine Ausnahme auslösen kann (Java: throws)
 - Beispiel aus `java.io.InputStream`:

```
public int read() throws IOException;
```

Java™ Platform
Standard Ed. 6

All Classes

Packages

[java.applet](#)
[java.awt](#)
[java.awt.color](#)
[java.awt.datatransfer](#)
[java.awt.dnd](#)
[java.awt.event](#)
[java.awt.font](#)
[java.awt.geom](#)

Event

[Event](#)
[EventContext](#)
[EventDirContext](#)
[EventException](#)
[EventFilter](#)
[EventHandler](#)
[EventListener](#)
[EventListener](#)
[EventListenerList](#)
[EventListenerProxy](#)
[EventObject](#)
[EventQueue](#)
[EventReaderDelegate](#)
[EventSetDescriptor](#)
[EventTarget](#)
[ExcC14NPParameterSpec](#)
[Exception](#)
[ExceptionDetailMessage](#)
[ExceptionInitializerError](#)
[ExceptionList](#)
[ExceptionListener](#)
[Exchanger](#)
[ExecutableElement](#)
[ExecutableType](#)
[ExecutionException](#)
[Executor](#)
[ExecutorCompletionService](#)
[Executors](#)
[ExecutorService](#)
[ExemptionMechanism](#)
[ExemptionMechanismException](#)
[ExemptionMechanismSpi](#)
[ExpandVetoException](#)
[ExportException](#)
[Expression](#)
[ExtendedRequest](#)
[ExtendedResponse](#)
[Externalizable](#)

Overview Package **Class** Use Tree Deprecated Index Help[PREV CLASS](#) [NEXT CLASS](#)[SUMMARY](#) [NESTED](#) [FIELD](#) [CONSTR](#) [METHOD](#)[FRAME](#) [NO FRAME](#)[DETAIL](#) [FIELD](#) [CONSTR](#) [METHOD](#)

Standard Ed. 6

java.lang

Class Exception

[java.lang.Object](#)└ [java.lang.Throwable](#)└ [java.lang.Exception](#)

All Implemented Interfaces:

[Serializable](#)

Direct Known Subclasses:

[AcNotAllowedException](#), [ActivationException](#), [AlreadyBoundException](#), [ApplicationException](#), [AWTException](#), [BackingStoreException](#), [BadAttributeValueExpException](#), [BadBinaryOpValueExpException](#), [BadLocationException](#), [BadStringOperationException](#), [BrokenBarrierException](#), [CertificateException](#), [ClassNotFoundException](#), [CloneNotSupportedException](#), [DateFormatException](#), [DatatypeConfigurationException](#), [DestroyFailedException](#), [ExecutionException](#), [ExpandVetoException](#), [FontFormatException](#), [GeneralSecurityException](#), [GSSEException](#), [IllegalAccessException](#), [IllegalClassFormatException](#), [InstantiationException](#), [InterruptedException](#), [IntrospectionException](#), [InvalidApplicationException](#), [InvalidMidiDataException](#), [InvalidPreferencesFormatException](#), [InvalidTargetObjectTypeException](#), [InvocationTargetException](#), [IOException](#), [JAXBException](#), [JMEException](#), [KeySelectorException](#), [LastOwnerException](#), [LineUnavailableException](#), [MarshalException](#), [MidiUnavailableException](#), [MimeTypeParseException](#), [MimeTypeParseException](#), [NamingException](#), [NoninvertibleTransformException](#), [NoSuchFieldException](#), [NoSuchMethodException](#), [NotBoundException](#), [NotOwnerException](#), [ParseException](#), [ParserConfigurationException](#), [PrinterException](#), [PrintException](#), [PrivilegedActionException](#), [PropertyVetoException](#), [RefreshFailedException](#), [RemarshalException](#), [RuntimeException](#), [SAXException](#), [ScriptException](#), [ServerNotActiveException](#), [SOAPException](#), [SQLException](#), [TimeoutException](#), [TooManyListenersException](#), [TransformerException](#), [TransformException](#), [UnmodifiableClassException](#), [UnsupportedAudioFileException](#), [UnsupportedCallbackException](#), [UnsupportedFlavorException](#), [UnsupportedLookAndFeelException](#), [URISyntaxException](#), [URISyntaxException](#), [UserException](#), [XAException](#), [XMLParseException](#), [XMLSignatureException](#), [XMLStreamException](#), [XPathException](#)

```
public class Exception
    extends Throwable
```

The class `Exception` and its subclasses are a form of `Throwable` that indicates conditions that a reasonable application might want to catch.

Since:
JDK1.0

See Also:
[Error](#), [Serialized Form](#)

file:///Users/ua1/Courses/ST1/Material/jdk-8-docs/api/index.html

Vertragsprüfung für eine Methode mit Exceptions

- ▶ Eine fehlgeschlagene Vertragsprüfung kann eine Ausnahme (exception) auslösen, mittels `throw`-Anweisung
 - Dazu muss ein Exception-Objekt angelegt werden
- ▶ Vorteil: Ursache des Fehlers kann in einem großen System weit transportiert werden, gespeichert werden, oder in eine Testumgebung zurückgegeben werden

DateWithExceptions.java

```
public int parseDay(String d) {  
    if (d.equals("")) throw new DateInvalid();  
    if (d.size() < 10) throw new DateTooShort();  
    if (d.matches("\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d")) {  
        if (d.size() < 10) throw new DateTooShort();  
        // German numeric format day.month.year  
        int day = Integer.parseInt(d.substring(0,2));  
        if (day < 1 || day > 31) throw new DayTooLarge();  
    } else {  
        .. other formats...  
    }  
    if (d.size() < 10) throw new DateTooShort();  
    if (day < 1 || day > 31) throw new DateWrong();  
    return day;  
}
```

Java-Syntax für Ausnahmebehandlung im Aufrufer: Wie man aus dem Schlamassel wieder entkommt

24 Softwaretechnologie (ST)

```
class TotalDiv{  
    public static int tDiv (int x, int y)  
        throws ArithmeticException {  
        try {  
            return (x / y);  
        }  
        catch (ArithmeticException e) {  
            System.err.println(„Division by zero“);  
            throw new ArithmeticException();  
        }  
    }  
}
```

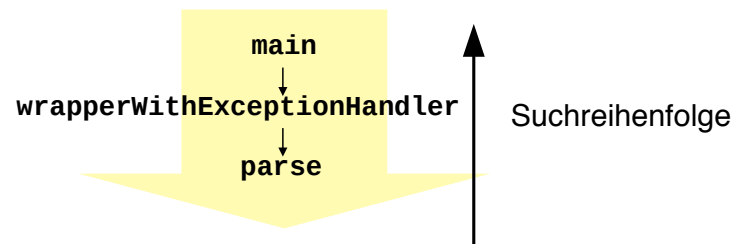
Schnittstellen-
Deklaration

Gekapselter
Block

Ausnahme-
Fänger

Dynamische Suche nach Ausnahmebehandlung

- Suche nach Abfangklausel (catch block) entlang der (dynamischen) Aufrufhierarchie nach außen:



- Bei mehreren Abfangklauseln an der gleichen Stelle der Hierarchie gilt die zuerst definierte Klausel:

```
try { }  
catch (DateInvalid e)  
catch (DayTooLarge e)  
catch (DateWrong e)
```

Suchreihenfolge

Regeln zum Umgang mit Ausnahmen



- ▶ Gesetz 33: **Verhindern Sie das Unmögliche mit Zusicherungen**
 - Vertragsüberprüfungen generieren Ausnahmen
- ▶ Gesetz des pragmatischen Programmierers 58: **Bauen Sie die Dokumentation ein**
 - Ausnahmebehandlung niemals zur Behandlung normaler (d.h. häufig auftretender) Programmsituationen einsetzen
 - Ausnahmen sind Ausnahmen, regulärer Code behandelt die regulären Fälle!
- ▶ Gesetz 34: **Verwenden Sie Ausnahmen nur ausnahmsweise**
 - Nur die richtige Dosierung des Einsatzes von Ausnahmen ist gut lesbar
- ▶ Gesetz 35: **Führen Sie zu Ende, was Sie begonnen haben**
 - Auf keinen Fall Ausnahmen “abwürgen”, z.B. durch triviale Ausnahmebehandlung
 - Ausnahmen zu propagieren ist keine Schande, sondern erhöht die Flexibilität des entwickelten Codes.



13.3. Testen: Testfallspezifikation mit Testfalltabellen



13.1.4 Aufschreiben von Testfällen in Testfalltabellen

- ▶ Eine test-getriebene Architektur benötigt eine Spezifikation aller Testfälle
- ▶ Testfalltabellen enthalten Testfälle (**Gut-, Fehler-, Ausnahmefälle**) mit **Testdaten** und -**sätzen**

Nr	Klasse	Eingabedaten	Ausgabedaten			Erwarteter Status
			day	month	year	
1	Gutfall	1. Januar 2006	1	1	2006	Ok
2	Gutfall	05/12/2008	5	12	2008	Ok
3	Gutfall	January 23, 2017	23	1	2017	Ok
4	Fehlerfall	44, 2007				Failure
5	Fehlerfall	Aup 23, 2005				Failure
6	Ausnahme	March 44, 2007	31	03	2007	Exception

- **Testfall:** Herbeiführen einer bestimmten Programm-Situation, mit bestimmten Testdaten
- **Testdaten:** Eingabe, die einen konkreten Testfall herbeiführt
- Ein **Testfalltabelle** setzt für eine aufzurufende Methode Ein-, Ausgabeparameter, lokale Variablen und Objektattribute in Beziehung.
 - Gut-Fall (Positivtest): Testfall, der bestanden werden muss
 - Fehlerfall (Negativtest): Testfall, der scheitern muss
 - Ausnahmefall (Exception Test): Testfall, der in einer Exception (Ausnahme) des Programms enden muss, also einer kontrollierten Fehlersituation
- Die **Testfalltabelle** spezifiziert also einen Vertrag exemplarisch
 - Aus jeder Zeile der Testfalltabelle wird ein assert()-Test erzeugt, der nach dem Aufruf der Prozedur ausgeführt wird
 - Testet die Relation der Ein- und Ausgabeparameter, sowie der Objektattribute
- **Testdatensatz:** Ein- und Ausgabedaten, die zu einem Testfall gehören

Wdh.: Wie schreibt man einen Test für eine Methode?

- Wie testet man `parseDay(String d)`?

```
// A class for standard representation of dates.
public class Date {
    private String myDate;
    public int day; public int month; public int year;
    public Date(String date) { myDate = date; }
    public int parseDate() {
        day = parseDay(myDate);
        month = parseMonth(myDate);
        year = parseYear(myDate);
    }
    public int parseDay(String d) {
        if (d.matches("\\d\\d\\.\\d\\d\\.\\d\\d\\d\\d")) {
            // German numeric format day.month.year
            return Integer.parseInt(d.substring(0,2));
        } else {
            .. other formats...
        }
    }
}
/Users/ua1/Courses/ST1/Slides/JavaExamples/TestDate/DateSimple.java
```

Zu diesem Beispiel schlagen Sie bitte die Datei
“DateSimple.java” nach.

Ein neuer Testfall wird aus Testfalltabelle konstruiert

- ▶ Testfälle (**Testmethoden**) werden in eine **Testfallklasse** geschrieben
 - Die Testdaten befinden sich in einer *Halterung* (*fixture*)
 - Eine Testfallklasse kann mehrere Testfälle aus der Testfalltabelle enthalten

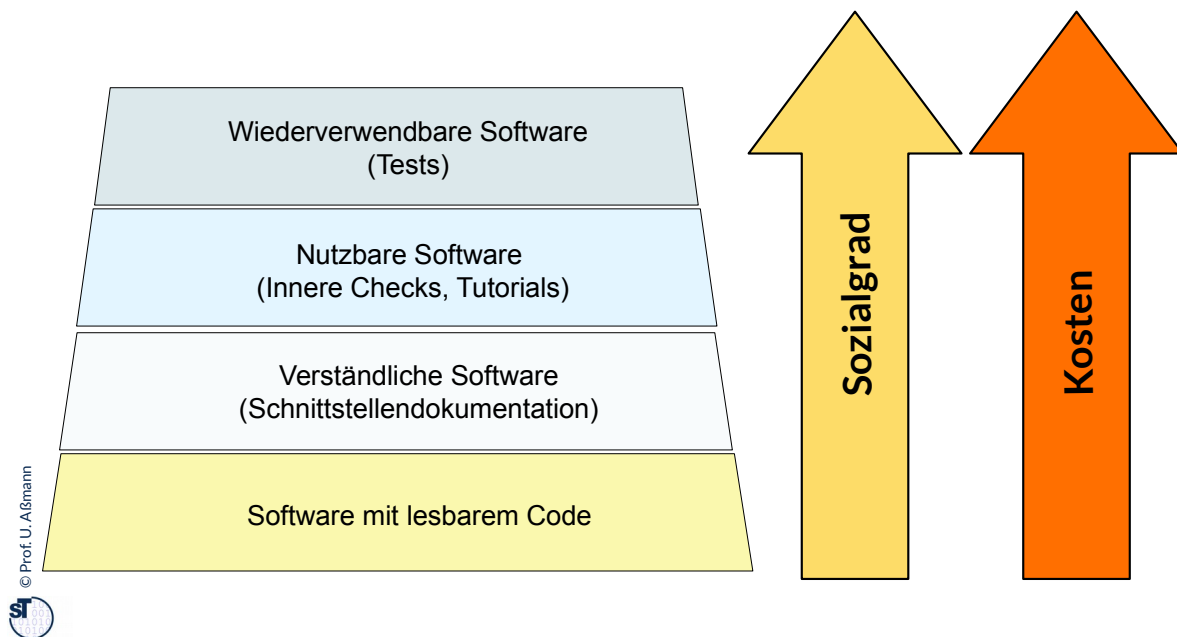
```
public class DateTestCase {  
    Date d1;  
    Date d2;  
    Date d3;                                     Halterung (fixture)  
  
    public int testDate() {  
        // Init fixture (set up)  
        d1 = new Date("1. Januar 2006");  
        d2 = new Date("05/12/2008");  
        d3 = new Date("January 23rd, 2009");  
        // Processing  
        d1.parseDate(); d2.parseDate(); d3.parseDate();  
        // Checking results  
        assert(d1.day == 1); assert(d1.month == 1); assert(d1.year == 2006);  
        assert(d2.day == 5); assert(d2.month == 12); assert(d2.year == 2008);  
        assert(d3.day == 23); assert(d3.month == 1); assert(d3.year == 2009);  
    }  
}
```

Improved

13.4. “Professional Programming is Social Programming”

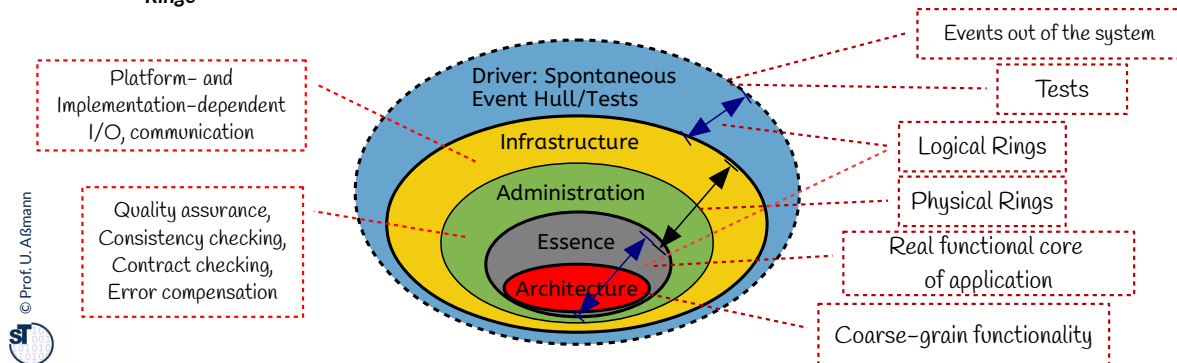
- ▶ Soziales Programmieren ist *Programmieren für andere*, die die eigene Software wiederverwenden und in ihre Pflege übernehmen
- ▶ Programmieren muss sozial sein, alles andere ist nicht professionell

- ▶ Programmieren muss sozial sein, alles andere ist nicht professionell



- Programmieren muss sozial sein, alles andere ist nicht professionell
 - Lesbare Software
 - Verständliche Software
 - Schnittstellendokumentation mit javadoc
 - In anderen Kontexten nutzbare, funktionsfähige Software
 - Tutorial (wie in jdk)
 - Innere Checks
 - Wiederverwendbare Software
 - Äußere Tests

- ▶ **Software** hat 5 Ringe (*olympische* oder *essentielle Dekomposition* in 5 Aspekte):
 - **(Funktionale) Essenz** sind Funktionen unabhängig von der unterliegenden Technologie
 - Essenz nimmt **perfekte Technologie** an, z.B. Prozesse ohne Zeit, unendlichen Speicher, unendliche Bandbreite
 - **Architektur** ist ein Unter-Ring der Essenz, der grobkörnige Funktionalität liefert
 - **Administration** sichert die Qualität des Systems (Vertragsprüfung, Datenkonsistenz).
 - **Infrastruktur (Middleware)** bietet die technologieabhängigen Funktionen an
 - **Treiber** treiben das System: entweder die Umgebung, die spontan Ereignisse und Eingabedaten generiert, oder das Testsystem
- ▶ Administration und Infrastruktur bilden die **physikalischen Ringe**; Treiber, Essenz und Architektur die **logischen Ringe**



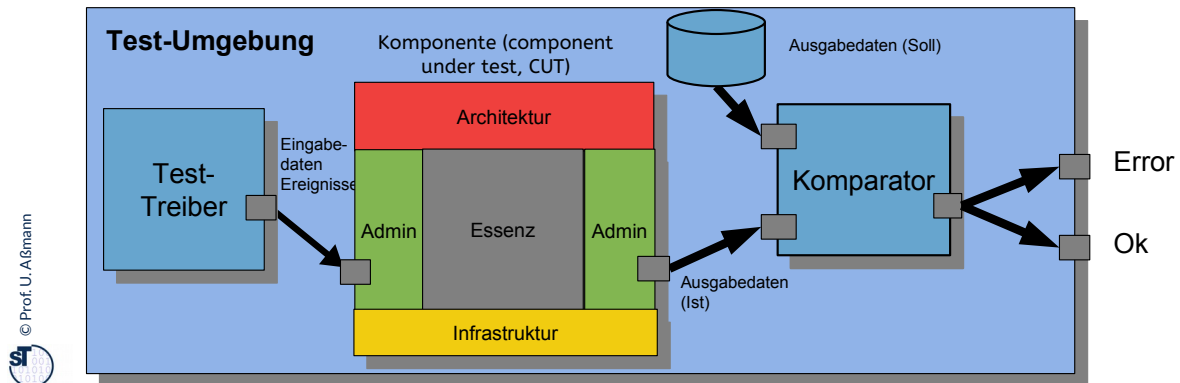
Warum braucht man zur Wechsel auf eine neue Plattform eine andere Implementierung des Infrastruktur-Rings?



Def.: Software-Komponenten sind wiederverwendbare Programmeinheiten und Ergebnis sozialen Programmierens.

Im einfachsten Fall sind sie „olympische“ Klassen mit

- klaren Schnittstellen,
- gut abdeckender Testtreiber-Hülle
- gut abdeckendem Administrationsring
- mit Aufrufen an Infrastruktur.



Software besteht aus Komponenten mit 5 Ringen.

Bei sozialer Software ist der Treiber- und der Administrationsring sehr gut ausgeprägt.

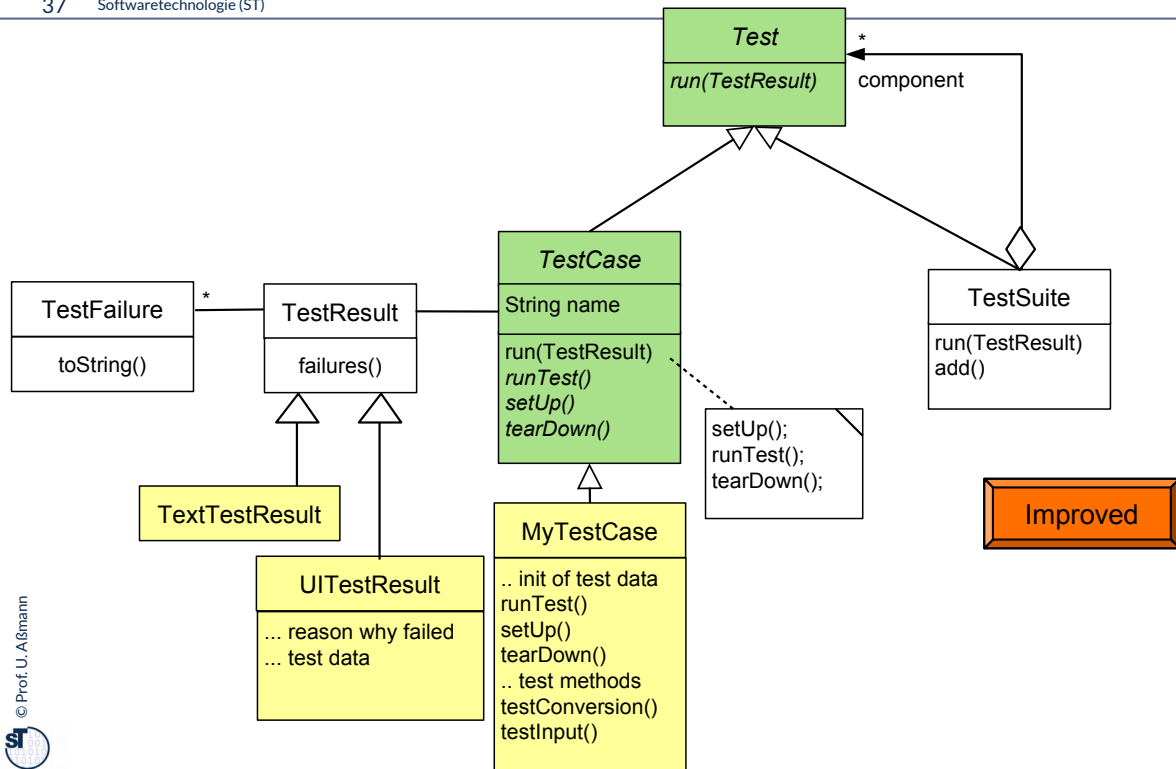
13.5. Testen von Komponenten: Regressionstests mit dem JUnit-Rahmenwerk

- ▶ **Regressionstest:** Automatisierter Vergleich von Ausgabedaten (gleicher Testfälle) unterschiedlicher Versionen des Programms.
 - Da zu großen Systemen mehrere 10000 Testdatensätze gehören, ist ein automatischer Vergleich unerlässlich.
 - Beispiel: Validierungssuiten von Übersetzern werden zusammen mit Regressionstest-Werkzeugen verkauft. Diese Werkzeuge wenden den Übersetzer systematisch auf alle Testdaten in der Validierungssuite an
- ▶ <https://en.wikipedia.org/wiki/JUnit>

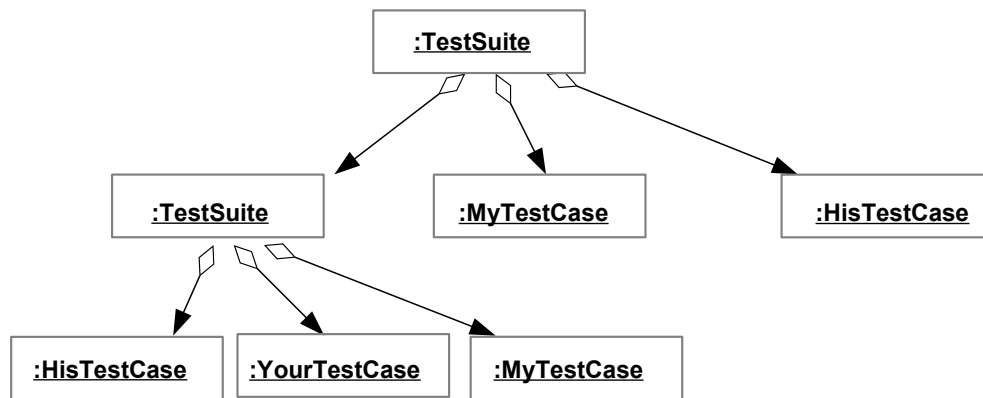


- ▶ **JUnit** www.junit.org ist ein technisches Java-Framework für Regressionstests, sowohl für einzelne Klassen (*unit test*), als auch für Systeme
 - Durchführung von Testläufen mit Testsuiten automatisiert
 - Eclipse-Plugin erhältlich
 - Mittlerweile für viele Programmiersprachen nachgebaut
- ▶ JUnit 3.8.1:
 - 88 Klassen mit 7227 Zeilen
 - im Kern des Rahmenwerks: 10 Klassen (1101 Zeilen)
- ▶ Testresultate:
 - Failure (Zusicherung wird zur Laufzeit verletzt)
 - Error (Unvorhergesehenes Ereignis, z.B. Absturz)
 - Ok
- ▶ JUnit-4 versteckt mehr Funktionalität mit Metadaten (@Annotationen) und ist wesentlich komplexer. Empfehlung: Lernen Sie zuerst 3.8.1!

Kern von JUnit 3.8.1



- ▶ JUnit baut zur Laufzeit eine hierarchisch geschachtelte Suite von Testfällen auf



Ein **Snapshot (Objektdiagramm)** zeichnet eine Konfiguration eines Objektnetzes zur Laufzeit eines objektorientierten Programms auf.

Das Entwurfsmuster Composite erzwingt dabei eine baumartige Form. Damit ist eine TestSuite **hierarchisch** gegliedert.

Wie groß kann daher eine Testsuite werden? Wie kann man den Lauf einer Testsuite automatisieren?

Exkurs: Erkunde JUnit 3.8.x mit Javadoc

- ▶ Aufgabe:
 - laden Sie die API-Dokumentation von JUnit mit einem Brauser Ihrer Wahl
 - finden Sie die Aufgabe der Klassen TestResult, TestCase und TestSuite heraus
 - Welche Aufgabe hat die Klasse Assert?

</home/ua1/Courses/ST1/Material/junit3.8.1/javadoc/index.html>

Gesetz 68 (PP):

Bauen Sie die Dokumentation ein, anstatt sie dranzuschrauben



Testfall der Datumsklasse in JUnit 3.8.x

41 Softwaretechnologie (ST)

- ▶ TestCases sind Methoden, beginnend mit der Markierung `test`
- ▶ Initialisierung der Halterung mit `setUp`, Abbau mit `tearDown`
- ▶ Testfallklassen sind also “Kundenklassen” von zu testenden Klassen
- ▶ Test mit `assertTrue`, geerbt von `TestCase`

```
public class DateTestCase extends TestCase {  
    Date d1;  
    Date d2;  
    Date d3;  
    Halterung (fixture)  
    protected void setUp() {  
        d1 = new Date("1. Januar 2006");  
        d2 = new Date("01/01/2006");  
        d3 = new Date("January 1st, 2006");  
    }  
    public void testDate1() {  
        // Processing  
        d1.parseDate(); d2.parseDate(); d3.parseDate();  
        // Checking  
        assertTrue(d1.equals(d2)); assertTrue(d2.equals(d3));  
        assertTrue(d3.equals(d1));  
        .... more to say here ....  
    }  
    public void testDate2() { .. more to say here .... }  
    protected void tearDown() { .. .. }  
}
```

Improved

- Testfallklassen sind also “Kundenklassen” von zu testenden Klassen,
 - die mittels äusserem Test deren Vorbedingungen, Invarianten und Nachbedingungen überprüfen
 - Angewandt auf verschiedene Testdaten
- Testfallklassen imitieren “Kunden”
 - unterliegen also dem Lebenszyklus eines objektorientierten Programms
 - Aufbauphase (Testobjektallokation, Vernetzung)
 - Arbeitsphase
 - Rekonfigurationsphase
 - Abbauphase

- ▶ Von Eclipse aus: In einer IDE wie Eclipse werden die Testfall-Prozeduren automatisch inspiziert und gestartet
- ▶ Von einem Java-Programm aus:
 - Ein Testfall wird nun erzeugt durch einen Konstruktor der Testfallklasse
 - Der Konstruktor sucht die Methode des gegebenen Namens ("testDate1") und bereitet sie zum Start vor
 - mit *Reflektion*, d.h. Suche nach dem Methode in dem Klassenprototyp
 - Die *run()* Methode startet den Testfall gegen die Halterung und gibt ein *TestResult* zurück

```
public class TestApplication {  
    ...  
    TestCase tc = new DateTestCase("testDate1");  
    TestResult tr = tc.run();  
}
```

- ▶ Eine Testsuite ist eine Kollektion von Testfällen
- ▶ TestSuites sind komposit

```
public class TestApplication {  
    ...  
    TestCase tc = new DateTestCase („testDate1“);  
    TestCase tc2 = new DateTestCase („testDate2“);  
    TestSuite suite = new TestSuite();  
    suite.addTest(tc);  
    suite.addTest(tc2);  
    TestResult tr = suite.run();  
    // Nested test suites  
    TestSuite subsuite = new TestSuite();  
    ... fill subsuite ...  
    suite.addTest(subsuite);  
    TestResult tr = suite.run();  
}
```

junit 3.8.1 TestRunner GUI

- ▶ Die Klassen `junit.awtui.TestRunner`, `junit.swingui.TestRunner` bilden einfach GUIs, die Testresultate anzeigen
- ▶ Gibt man einem Konstruktor eines Testfalls eine Klasse mit, findet er die "test*" - Methoden (die Testfallmethoden) selbständig
- ▶ Dies geschieht mittels *Reflektion*, d.h. Absuchen der Methodentabellen im Klassenprototypen und Methodenspeicher

```
public class TestApplication {  
    public static Test doSuite() {  
        // Abbreviation to create all TestCase objects  
        // in a suite  
        TestSuite suite = new TestSuite(DateTestCase.getClass());  
    }  
    // Starte the GUI with the doSuite suite  
    public static main () {  
        junit.awtui.TestRunner.run(doSuite());  
    }  
}
```





13.5.2) Testläufe in Junit 4.X

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/annotations/index.html>



Neuer Testfall in Junit 4.X mit Metadaten-Annotationen

- ▶ TestCase-Methoden werden mit **Metadaten-Annotationen** gekennzeichnet, Annotationen an Attribute und Methoden, die mit @ beginnen

```
public class DateTestCase /* no superclass */ {  
    Date d1;  
    Date d2;  
    Date d3;                                     Halterung (fixture)  
    @before protected int setUp() {  
        d1 = new Date („1. Januar 2006“);  
        d2 = new Date („01/01/2006“);  
        d3 = new Date („January 1st, 2006“);  
    }  
    @test public int compareDate1() {  
        // Processing  
        d1.parseDate(); d2.parseDate(); d3.parseDate();  
        // Checking  
        assertTrue(d1.equals(d2)); assertTrue(d2.equals(d3));  
        assertTrue(d3.equals(d1));  
        .... more to say here ....  
    }  
    @test public int compareDate2() {  
        .... more to say here ....  
    }  
}
```

Improved



- TestCases sind Methoden, annotiert mit @test, Initialisierung und Abräumen mit @before, @after
- Metadaten-Annotationen in Java entsprechen Stereotypen (wie <<test>>) bzw Tagged Values (wie {test}) in UML. Sie sind durch **Annotationstypen** typisiert
 - Man kann sich vorstellen, dass sie von einer Bibliothek definierte Modifier bilden (jenseits der Standard-Modifier public, private, protected)
- Annotationen werden vom Compiler einfach unverändert in den Bytecode übernommen, dort vom Laufzeitsystem inspiziert und interpretiert
- Annotationen markieren also Methoden und Objekte
 - @test markiert eine Testfallmethode

Benutzung von Testfall-Klasse in 4.x

- ▶ Von der Kommandozeile:
 - `java org.junit.runner.JUnitCore DateTestCase`
- ▶ Von Eclipse aus: In einer IDE wie Eclipse werden die Testfall-Prozeduren automatisch inspiziert und gestartet
- ▶ Von einem Java-Programm aus:
 - Ein Testfall wird erzeugt durch einen Konstruktor der Testfallklasse
 - Suche den Klassenprototyp der Testfallklasse
 - Die `run()` Methode von `JUnitCore` startet alle enthaltenen Testfälle über den Klassenprototypen
 - Starten aller annotierten Initialisierungen, Testfallmethoden, Abräumer
 - und gibt ein "Result"-Objekt zurück

```
public class TestApplication {  
    ...  
    DateTestCase tc = new DateTestCase();  
    // getClass() holt den Klassenprototypen  
    Result tr = JUnitCore.run(tc.getClass());  
}
```



- Viele weitere Test-Annotationstypen sind definiert

```
public class DateTestCase {
    Date d1;
    @beforeClass protected int setUpAll() {
        // done before ALL tests in a class
    }
    @afterClass protected int tearDownAll() {
        // done before ALL tests in a class
    }
    @test(timeout=100,expected=IndexOutOfBoundsException.class)
    public int compareDate2() {
        // test fails if takes longer than 50 msec
        // test fails if IndexOutOfBoundsException is NOT thrown
        .... more to say here ....
    }
}
```



13.6. Entwurfsmuster in JUnit



Ein **Entwurfsmuster** beschreibt eine Standardlösung für

- ein Standardentwurfsproblem
- in einem gewissen Kontext



- ▶ Ein Entwurfsmuster wiederverwendet bewährte Entwurfsinformation
 - Ein Entwurfsmuster darf nicht *neu*, sondern muss wohlbewährt sein
- ▶ Ein Entwurfsmuster enthält mindestens:
 - Klassendiagramm der beteiligten Klassen
 - Objektdiagramm der beteiligten Objekte
 - Interaktionsdiagramm (Sequenzdiagramm, Kommunikationsdiagramm)
- ▶ Entwurfsmuster sind ein wesentliches Entwurfshilfsmittel aller Ingenieure
 - Maschinenbau – Elektrotechnik - Architektur
- ▶ Entwurfsmuster treten auch in Frameworks wie JUnit auf

Entwurfsmuster bilden in einem Team eine wichtiges Vokabular (domänenspezifische Sprache).

Softwarearchitekten reden in Entwurfsmustern.

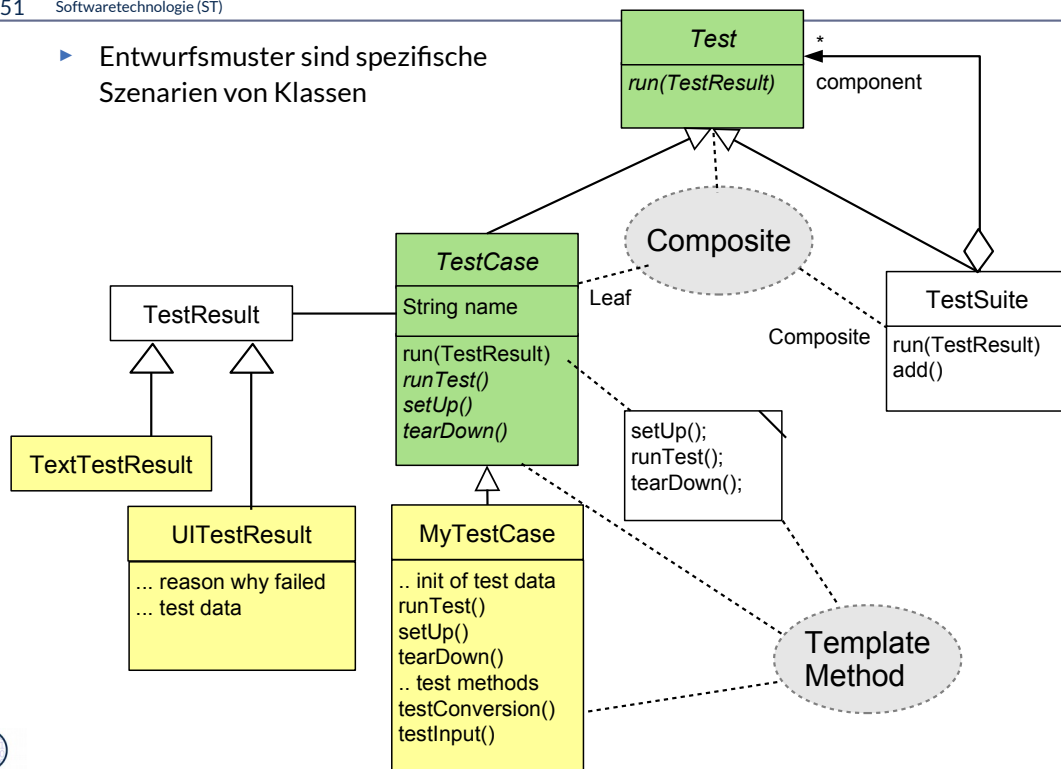
Ist ein Regenschirm ein Entwurfsmuster? Nein, denn er ist eine konkrete Lösung für einen Fußgänger.

Ein Entwurfsmuster ist eher die “Bedeckung” mit weiteren Ausprägungen:

- Dach, Vordach, Haltestellendach, Mütze, etc.

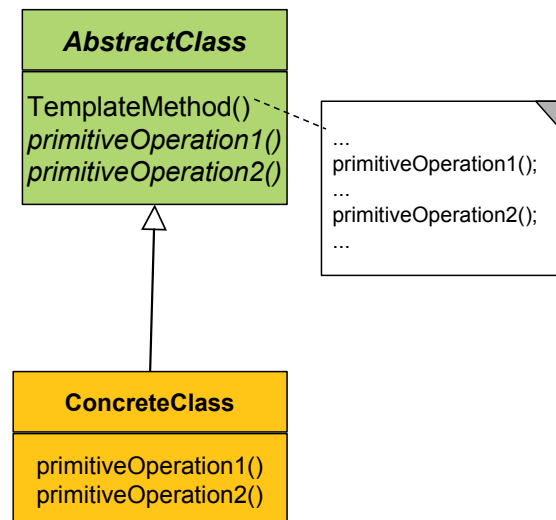
Beispiel: Entwurfsmuster in Junit 3.x

- Entwurfsmuster sind spezifische Szenarien von Klassen



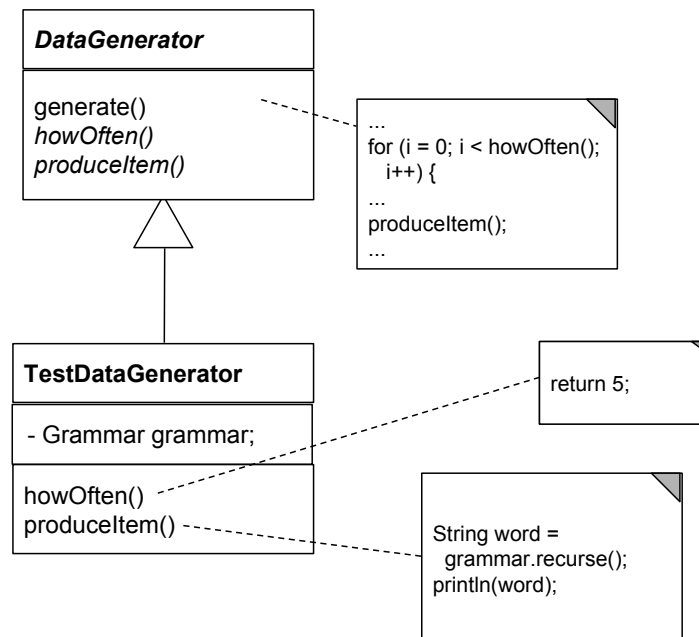
Entwurfsmuster TemplateMethod

- ▶ Definiert das Skelett eines Algorithmusses in einer *Schablonenmethode (template method)*
 - Die Schablonenmethode ist konkret
- ▶ Delegiere Teile zu abstrakten *Hakenmethoden (hook methods)*
 - die von Unterklassen konkretisiert werden müssen
- ▶ Variiere Verhalten der abstrakten Klasse durch verschiedene Unterklassen
 - Separation des "fixen" vom "variablen" Teil eines Algorithmus



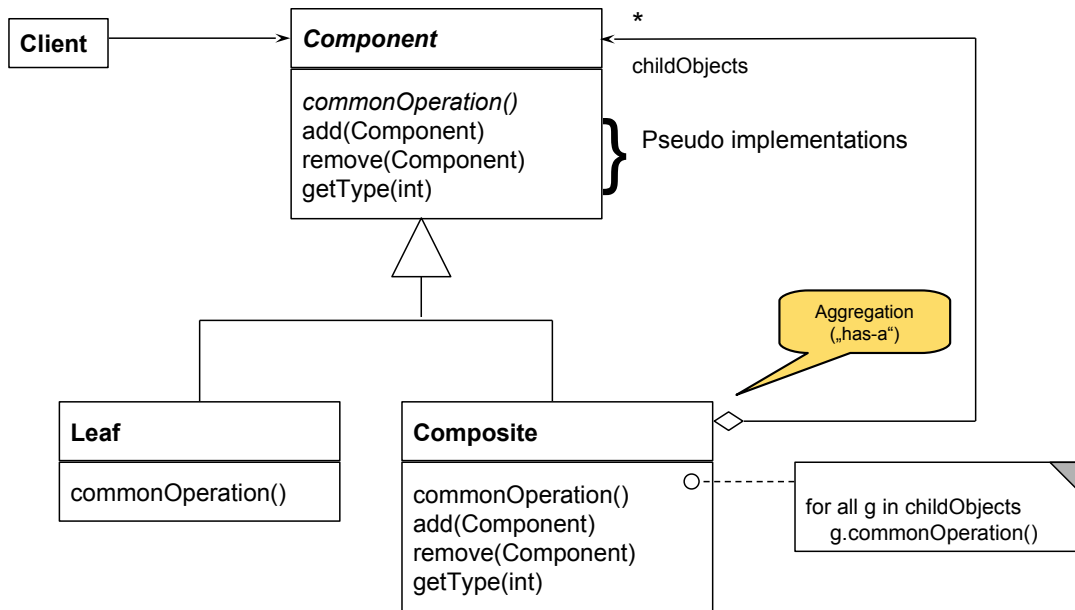
Beispiel TemplateMethod: Ein Datengenerator

- ▶ Parameterisierung eines Generators mit Anzahl und Produktion
 - (Vergleiche mit `TestCase` aus JUnit)



Entwurfsmuster Composite

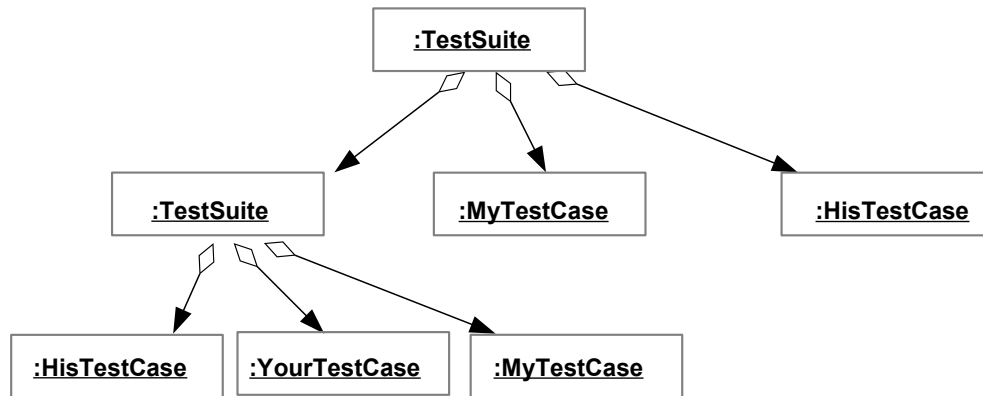
- ▶ Composite besitzt eine rekursive n-Aggregation zur Oberklasse



- ▶ Mehrere Methoden von *Test* sind komposit strukturiert
 - `run()`
 - `countTestCases()`
 - `tests()`
 - `toString()`

Laufzeit-Snapshot von Composite

- ▶ Composite beschreibt Ganz/Teile-Hierarchien von Laufzeit-Objekten, z.B. geschachtelte Testsuiten und -fälle



Bsp.: Zählen von Testfällen in JUnit

57 Softwaretechnologie (ST)

```
abstract class Test {
    abstract int countTestCases();
}

class TestSuite extends Test {
    Test [20] children; // here is the n-recursion
    int countTestCases() { // common operation
        for (i = 0; i <= children.length; i++) {
            curNr += children[i].countTestCases();
        }
        return curNr;
    }
    void add(Test c) {
        children[children.length++] = c;
    }
}
```

```
class TestCase extends Test {
    private int myTestCaseCount = 10;
    int countTestCases() { // common operation
        return myTestCaseCount;
    }
    void add(Test c) {
        /// impossible, dont do anything
    }
}

// application
main () { int nr = test.countTestCases(); }
```

Funktionales Programmieren:

- Iteratoralgorithmen (map)
- Faltungsalgorithmen (folding)

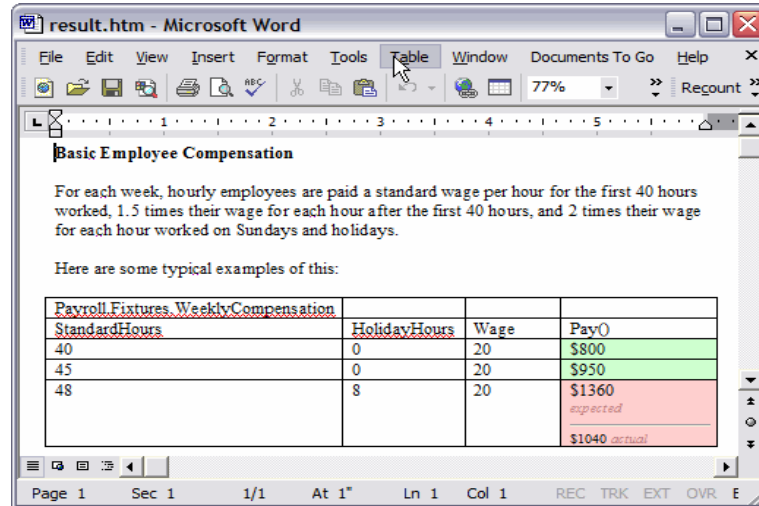


- ▶ Erstellung eines Akzeptanztestbeschreibung im Vertrag (Pflichtenheft)
 - Ohne Erfüllung kein Bestehen des Praktikums!
 - Eine Iteration: Kunde stellt einen Zusatzwunsch: Wie reagiert man auf die Veränderung?
- ▶ **Tip:** Erstellen Sie sich von Anfang an einen Regressionstest!
 - Und lassen sie diesen bei jeder Veränderung laufen, um zu überprüfen, ob Sie wesentliche Eigenschaften des Systems verändert haben

- ▶ **Software ohne Tests ist keine Software**
- ▶ Achten Sie auf das Management Ihres Projekts im Praktikum
 - Planen Sie hinreichend
- ▶ Testen Sie sorgfältig und von Anfang an (*test-driven development, TDD*)
 - Entwerfen Sie eine Testarchitektur
 - Erstellen Sie eine Akzeptanztestsuite
 - Erstellen Sie einen Regressionstest
- ▶ Erste Entwurfsmuster TemplateMethod, Composite
- ▶ Lernen Sie, Java zu programmieren:
 - Ohne ausreichende Java-Kenntnisse weder Bestehen der Klausur noch des Praktikums
 - Nutzen Sie fleissig das Java-INLOOP-System!



- ▶ FIT bietet eine Spezifikation der Testfälle in Word oder Excel
 - Automatische Generierung von Junit-Testfällen
 - Automatischer Feedback
- ▶ siehe Softwaretechnologie-II, WS



Basic Employee Compensation

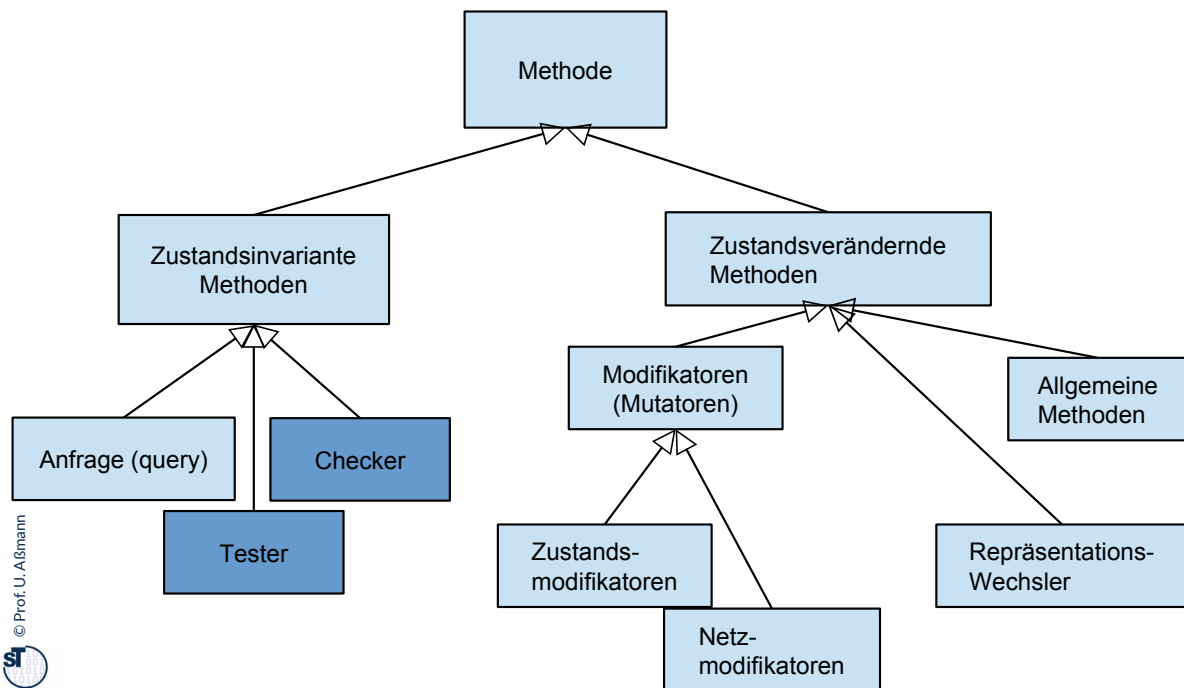
For each week, hourly employees are paid a standard wage per hour for the first 40 hours worked, 1.5 times their wage for each hour after the first 40 hours, and 2 times their wage for each hour worked on Sundays and holidays.

Here are some typical examples of this:

StandardHours	HolidayHours	Wage	Pay()
40	0	20	\$800
45	0	20	\$950
48	8	20	\$1360 <i>expected</i> <i>\$1040 actual</i>

FIT erleichtert die Kommunikation mit dem Kunden über die Testfälle, weil Excel-Tabellen ein einfaches Kommunikationshilfsmittel sind, das viele Kunden verstehen.

- **Wiederholung:** Welche Arten von Methoden gibt es in einer Klasse?



Wie wähle ich Testdaten für Testfälle aus?

- ▶ Bestimme die **Extremwerte** der Parameter der zu testenden Methode
 - Nullwerte immer testen, z.B. 0 oder null
 - Randwerte, z.B. 1.1., 31.12
- ▶ Bestimme **Bereichseinschränkungen**
 - Werte ausserhalb eines Zahlenbereichs
 - negative Werte, wenn natürliche Zahlen im Spiel sind
- ▶ Bestimme **Zustände**, in denen sich ein Objekt nach einer Anweisung befinden muss
- ▶ Bestimme **Äquivalenzklassen** von Testdaten und teste nur die Repräsentanten
- ▶ Bestimme alle Werte aller **boolschen Bedingungen** in der Methode
 - Raum aller Steuerflußbedingungen



Even Worms are Tested

- ▶ StuxNet Tests in Israel
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/26.31.html#subj3.1>
- ▶ LAUSD payroll fiasco
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/24.84.html>
- ▶ Surprising reimplementations of system with good new tests:
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/24.85.html#subj6.1>

- ▶ Hamburg-Altona Bahnhof 1995
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/16.93.html#subj1.1>
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/16.94.html#subj1.1>
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/17.02.html#subj3.1>
- ▶ Toll Collect Krise 2004
 - <http://catless.ncl.ac.uk/Risks/23.21.html#subj6.1>
- ▶ Velaro-D-Züge von Siemens
 - <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/verspaetete-lieferung-von-ice-zuegen-eine-halbe-milliarde-euro-auf-dem-abstellgleis-1.1655927>
 - http://www.nwzonline.de/wirtschaft/bericht-neue-siemens-ice-der-bahn-erhalten-zulassung_a_11,5,196943309.html

Edison, der Erfinder der Glühbirne

"If I find 10,000 ways something won't work, I haven't failed. I am not discouraged, because every wrong attempt discarded is another step forward."

Thomas A. Edison

"Müsste Edison eine Nadel im Heuhaufen finden, würde er einer fleißigen Biene gleich Strohalm um Strohalm untersuchen, bis er das Gesuchte gefunden hat."

- Nikola Tesla, New York Times, 19. Oktober 1931

[Edison] had no hobby, cared for no sort of amusement of any kind and lived in utter disregard of the most elementary rules of hygiene. [...] His method was inefficient in the extreme, for an immense ground had to be covered to get anything at all unless blind chance intervened and, at first, I was almost a sorry witness of his doings, **knowing that just a little theory and calculation would have saved him 90% of the labour.**

But he had a **veritable contempt for book learning and mathematical knowledge**, trusting himself entirely to his inventor's instinct and practical American sense.

Nikola Tesla

Definition neuer Ausnahmen

Benutzung von benutzerdefinierten Ausnahmen möglich und empfehlenswert !

```
class TestException extends Exception {  
    public TestException () {  
        super();  
    }  
}  
class SpecialAdd {  
    public static int sAdd (int x, int y)  
        throws TestException {  
        if (y == 0)  
            throw new TestException();  
        else  
            return x + y;  
        }  
}
```



Deklaration und Propagation von Ausnahmen

- ▶ Wer eine Methode aufruft, die eine Ausnahme auslösen kann, muß
 - entweder die Ausnahme abfangen
 - oder die Ausnahme weitergeben (*propagieren*)
- ▶ Propagation in Java: Deklarationspflicht mittels **throws** (außer bei Error und RuntimeException)

```
public static void main (String[] argv){  
    System.out.println(SpecialAdd.sAdd(3,0));  
}
```

Java-Compiler: Exception TestException must be caught, or it must be declared in the throws clause of this method.



Bruch von Verträgen und Ausnahmen

- ▶ Man kann Verträge auch mit Ausnahmetests prüfen
- ▶ Vorteil: kontrollierte Reaktion auf Vertragsbrüche

```
class ContractViolation extends Exception {..};  
class ParameterContractViolation extends ContractViolation  
{..};  
class FigureEditor{  
    draw (Figure figure) throws ContractViolation {  
        if (figure == null)  
            throw new ParameterContractViolation();  
    }  
}
```

▶ im Aufrufer:

```
try {  
    editor.draw(fig);  
} catch (ParameterContractViolation) {  
    fig = new Figure();  
    editor.draw(fig);  
}
```