universitätbonn

Kapitel 10b
Test-Automatisierung

Stand: 30.11.2017

Warum automatisierte Tests?

Automatisierte Modultests mit JUnit

Test First Development‘ und ‚Continuous Testing‘

Automatisierte Testerstellung mit T3

Test-Arten

- Modul-Test (Unit Test)
  - vor "check in" geänderter sourcen ins Projekt-Repository
  - testet interne Funktion einer Komponente
  - oft von Entwickler selbst durchgeführt

- Integrations-Test
  - für jeden "build"!
  - testet Details des Zusammenspiels von Systemkomponenten
  - oft von System-Integratoren selbst durchgeführt
- System-Test
  - am Ende einer Iteration
  - testet Interaktion zwischen Akteuren und System
  - oft von Testern durchgeführt die wenig / keine Interna kennen

Fokus im Folgenden: regressive Modul-Tests

- Regressions-Test
  - Wiederholung von Modul- / Integrations- / System-Tests nach Änderungen
  - sicherstellen, daß die "offensichtlich korrekte" Änderung bisheriges Verhalten nicht invalidiert

Warum schreibt niemand Tests?

- Tätigkeiten eines Programmierers
  - Verstehen was man tun soll 5%
  - Überlegen wie man‘s tun kann 10%
  - Implementieren 20%
  - Testen 5%
  - Debugging 60%
- „Fixing a bug is usually pretty quick but finding it is a nightmare.“
- Also warum testen wir nicht mehr, um weniger Debuggen zu müssen?

Warum schreibt niemand Tests?

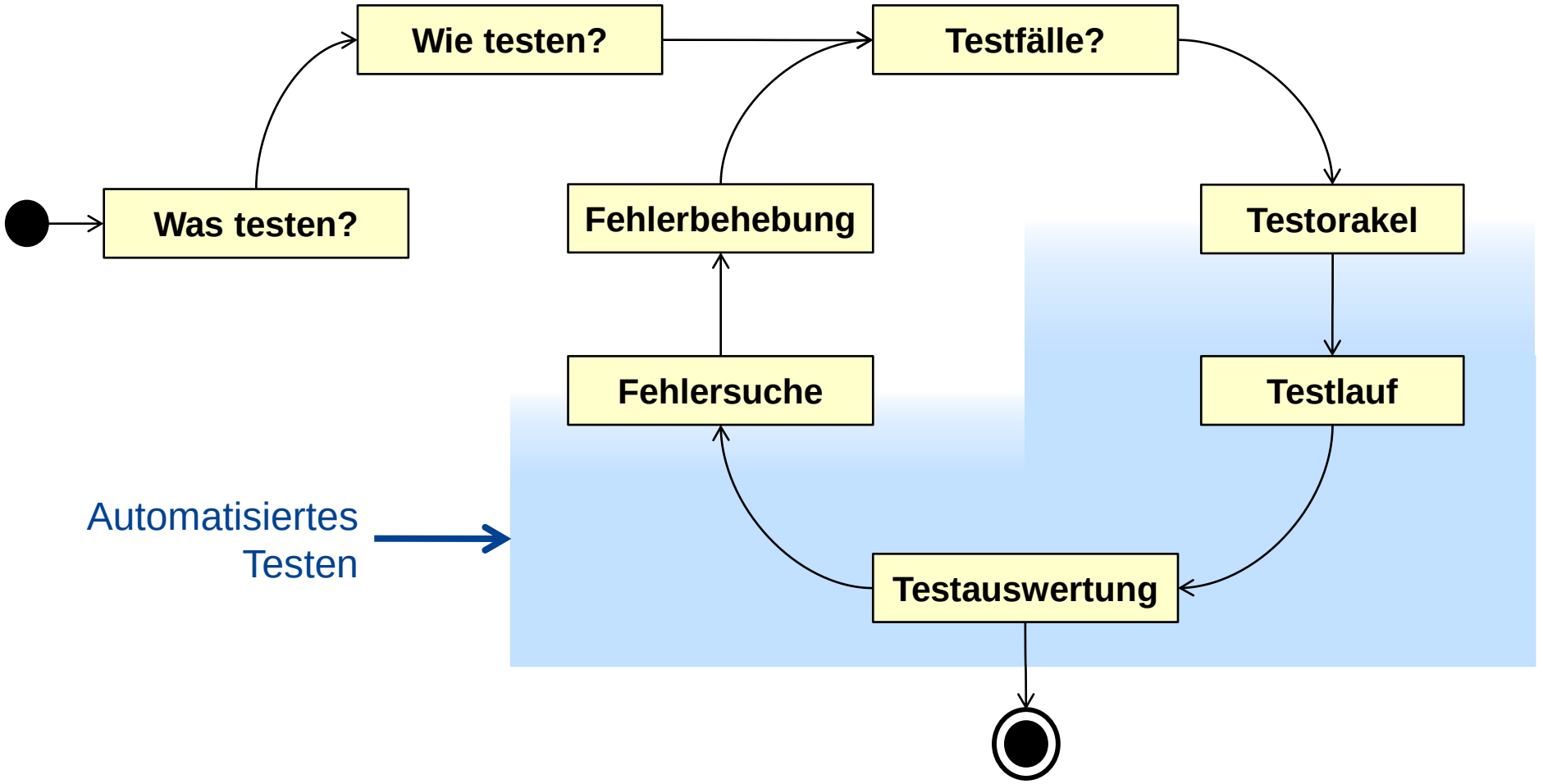
- Tests mit „print“-Anweisungen im Programm
  - ständige Programmänderungen
    - ⇨ anderer Test = andere Print-statements
    - ⇨ Test deaktivieren = print-statements auskommentieren
    - ⇨ Test reaktivieren = Kommentare um print-statements löschen
  - langwierige Test-Auswertung
    - ⇨ ellenlange listings lesen
    - ⇨ überlegen, ob sie das wiederspiegeln, was man wollte
  - Fazit
    - ⇨ es dauert alles viel zu lange
    - ⇨ Fehler werden eventuell doch übersehen

- Lehre
  - Tests müssen modular sein!
    - ⇨ ausserhalb der zu testenden Klasse
  - Tests müssen sich selbst auswerten!!!
    - ⇨ Testprogramm vergleicht tatsächliche Ergebnisse mit erwarteten Ergebnissen

Nutzen automatischer Tests

- Geringerer Aufwand
  - Tests zu schreiben
  - Tests zu warten
  - Tests zu aktivieren / deaktivieren
  - Tests zu komponieren
  - Tests durchzuführen und auszuwerten!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
- Testen in kürzeren Abständen möglich
  - Weniger Fehlerquellen zwischen Tests
  - Erinnerung was man verändert hat ist noch da
- Weniger Fehler
- Schnellere Identifikation der Fehlerursache
- Schnellere Programmentwicklung!!!

Automatisiertes Testen im Testzyklus



Tests

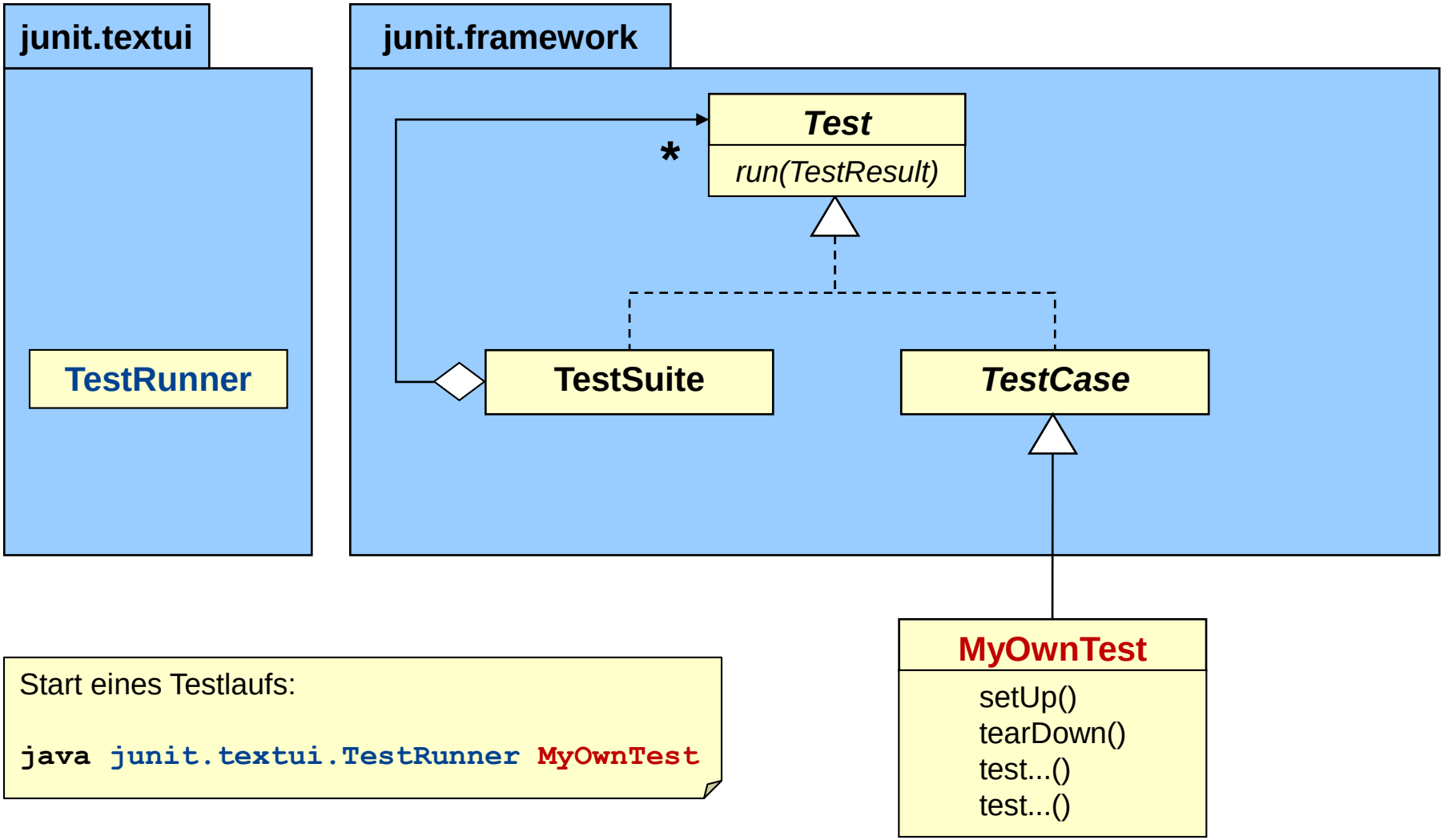
- Warum automatisierte Tests
- Das Junit-Framework
  - Einführung
  - Beispiel
  - Testen von GUIs
- Empfehlungen

Ziele von JUnit

- Das Framework muss
  - Testerstellungsaufwand auf das absolut Nötige reduzieren
  - leicht zu erlernen / benutzen sein
  - doppelte Arbeit vermeiden
- Tests müssen
  - wiederholt anwendbar sein
  - separat erstellbar sein → getrennt vom zu testenden Code
  - inkrementell erstellbar sein → „Testsuites“
  - frei kombinierbar sein
  - auch von anderen als dem Autor durchführbar sein
  - auch von anderen als dem Autor auswertbar sein
- Testdaten müssen
  - wiederverwendbar sein (Testdatenerstellung ist meist aufwendiger als der Test selbst)

➢ Erleichterung der Test-Erstellung, -Durchführung und –Auswertung!

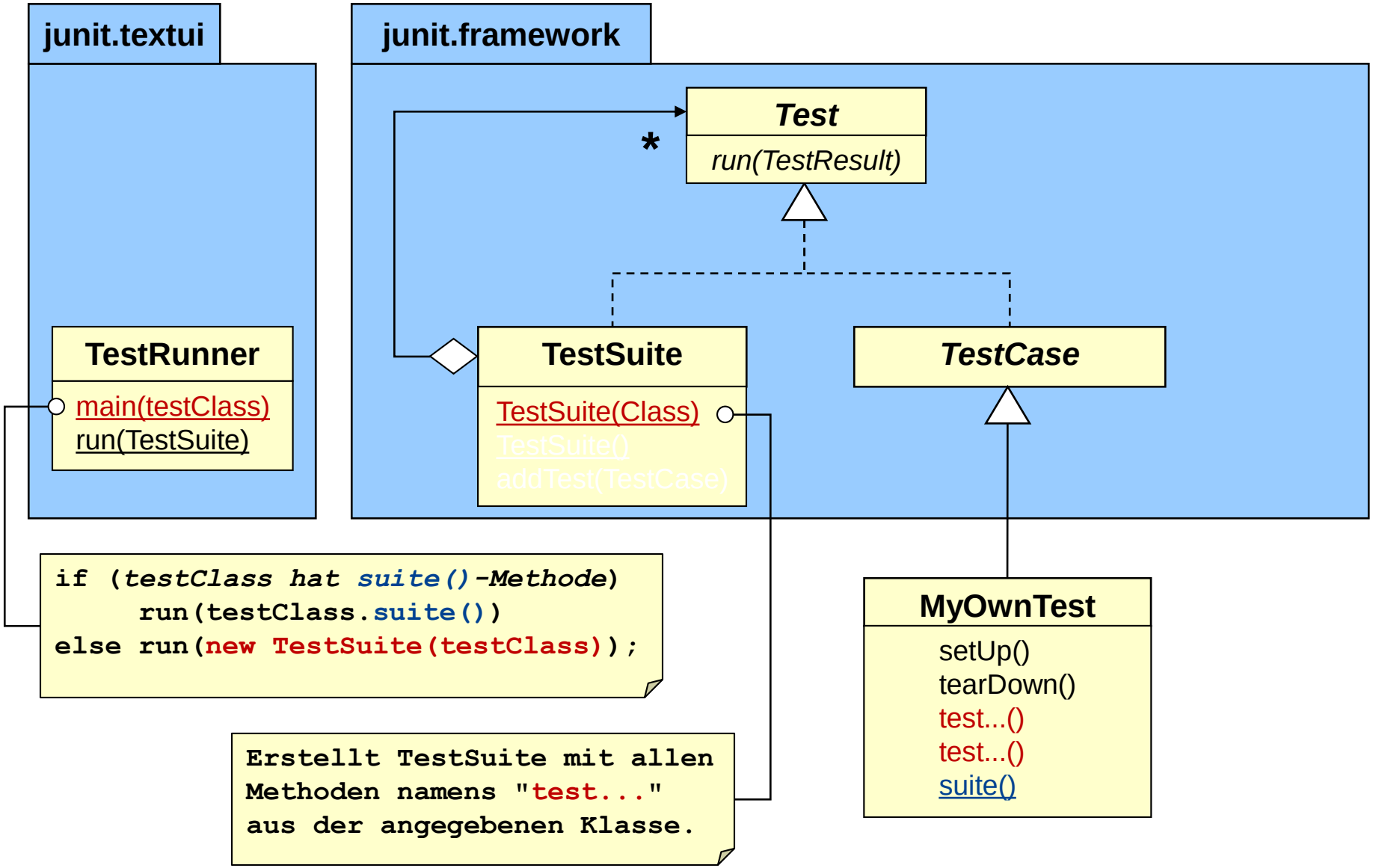
Der Kern von JUnit 3.x



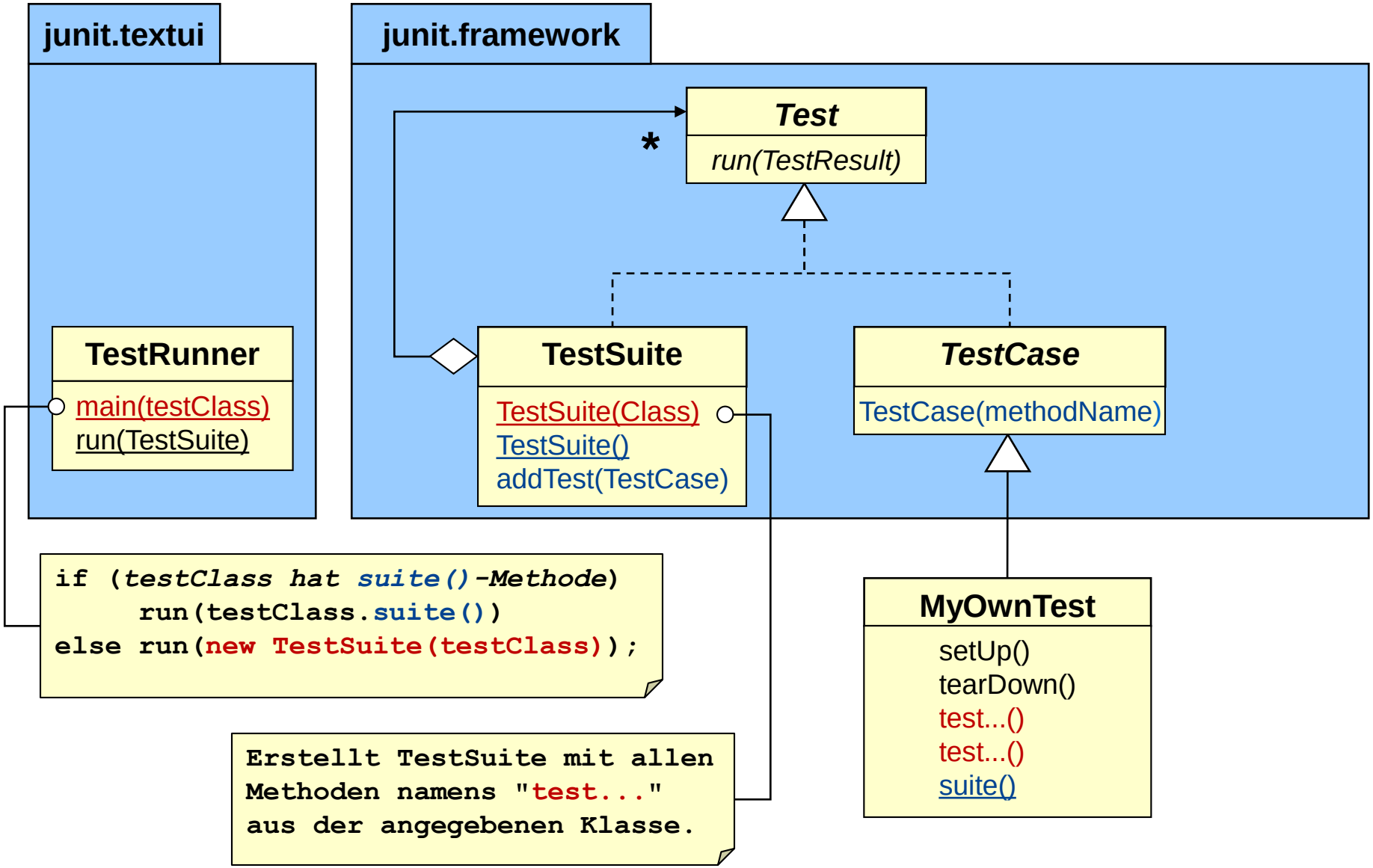
Start eines Testlaufs:

```
java junit.textui.TestRunner MyOwnTest
```

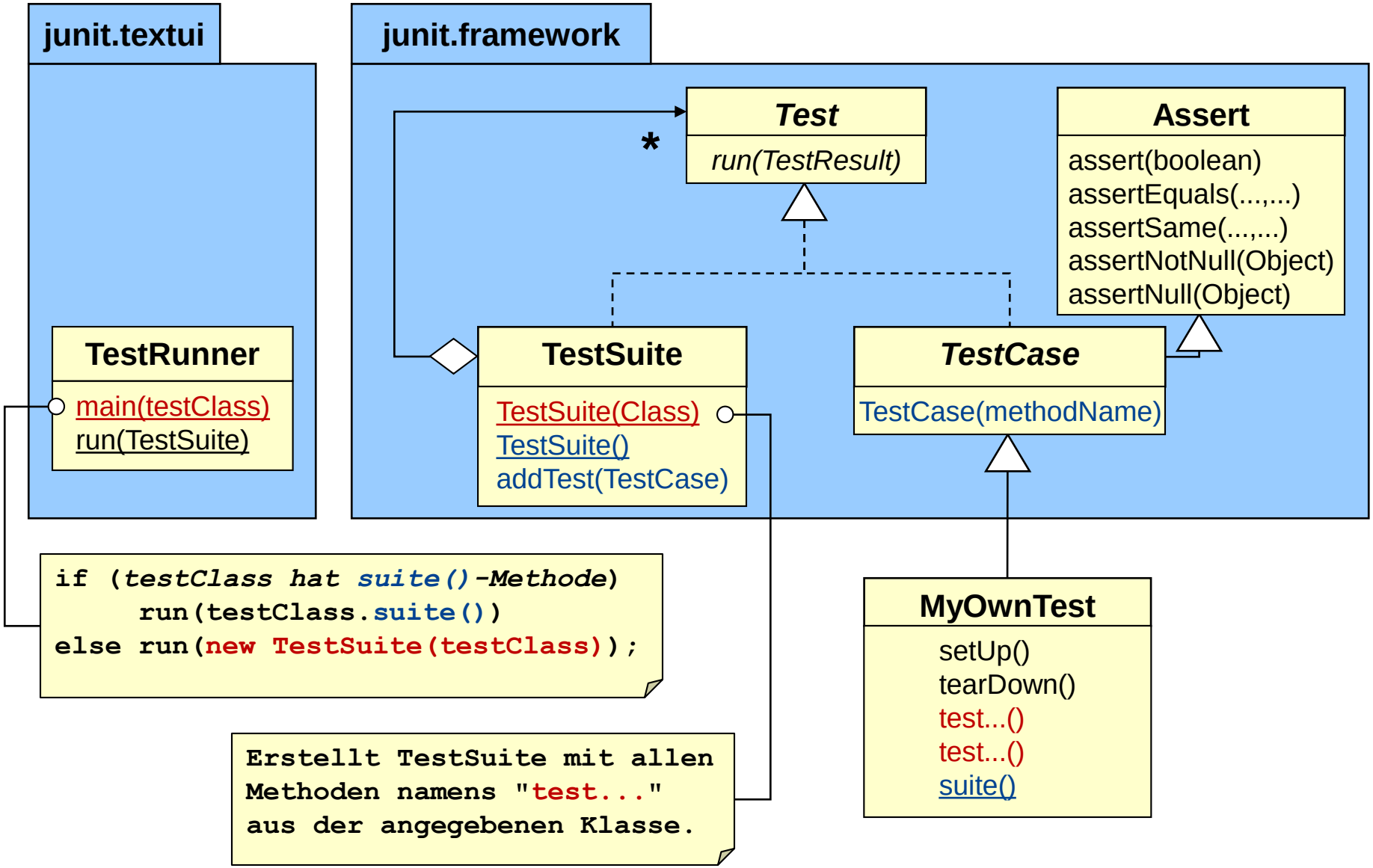
Der Kern von JUnit



Der Kern von JUnit



Der Kern von JUnit



Assertions

- Definition
  - Ausdrücke, die immer wahr sein müssen
  - Wenn nicht, meldet das Framework einen Fehler im aktuellen Test
  - ... und macht mit dem nächsten Test der Suite weiter
- Varianten
  - assert(Boolean b)
    - ⇨ minimalistische Fehlermeldung
  - assertEquals(... expected, ... actual)
    - ⇨ Gleichheit der Parameter hinsichtlich "equals()"-Methode
    - ⇨ viele überladene Varianten (double, long, Object, delta, message)
  - assertSame(Object expected, Object actual)
    - ⇨ Identität: Parameter verweisen auf das selbe Objekt
  - assertNull(Object arg)
    - ⇨ arg muss null sein
  - assertNotNull(Object arg)
    - ⇨ arg darf nicht null sein
  - fail()
    - ⇨ schlägt immer fehl → Testen von Exceptions!
  - immer auch Varianten mit "String message" als zusätzlichem ersten Argument

Nachteile von JUnit 3

- Tests müssen in eigener Klasse geschrieben werden und können nicht auf Interna der zu testenden Klasse zugreifen → man muss für die Tests die Zugriffsrechte von Dingen die privat sein sollten aufweichen (→ package oder public)
- Zwang von TestCase zu erben → keine Möglichkeit, Tests voneinander erben zu lassen
- Feste Namenskonventionen für Methoden
- Aufwendige Erstellung von Suites
- Nicht möglich das Werfen einer bestimmten Exception zu überprüfen

JUnit 4

Gleiche Grundideen aber leichter zu implementieren

- Testklassen müssen nicht mehr von TestCase abgeleitet werden
- Testmethoden können mitten in der zu testenden Klasse stehen (bzw. wo immer sie am sinnvollsten sind)
- Markierung von Testmethoden durch Java-Annotationen
  - @Test ← Testmethode
  - @Before ← setup vor jedem Test
  - @After ← tear down nach jedem Test
  - @BeforeClass ← setup vor allen Tests
  - @AfterClass ← tear down nach a. Tests

```
@BeforeClass
public static void runBeforeClass() {
      // run for one time before all test cases
}
@AfterClass
public static void runAfterClass() {
      // run for one time after all test cases
}
@Before
public void runBeforeEveryTest() {
   simpleMath = new SimpleMath();
}
@After
public void runAfterEveryTest() {
   simpleMath = null;
}
@Test
public void addition() {
    assertEquals(12, simpleMath.add(7, 5));
}
@Test
public void subtraction() {
    assertEquals(9, simpleMath.substract(12, 3));
}
```

JUnit 4 Annotationen (Fortsetzung)

- Exceptions
  - Parameter „expected“
  - Angabe der Exception-Klasse

```
@Test(expected = ArithmeticException.class)
public void divisionWithException() {
    simpleMath.divide(1, 0);   // divide by zero
}
```

- Timouts
  - Parameter „timout“
  - Angabe der Millisekunden

```
@Test(timeout = 1000)
public void infinity() {
     while (true);
}
```

- Deaktivierte Tests
  - Annotation „ignore“
  - Erläuterung als Parameter

```
@Ignore("Not Ready to Run")
@Test
public void multiplication() {
   assertEquals(15, simpleMath.multiply(3, 5));
}
```

JUnit Beispiel

Besipiel: Testen der FileReader-Klasse des JDK

- Testplanung: Spezifikation der Klasse studieren → Testfälle ableiten
- Testdaten erstellen (Testdatei)
- Testklasse schreiben
- Testen
- Testklasse erweitern
- Testen

Beispiel: Testdaten erstellen

- Testdaten zum Lesen aus Datei
  - Testdatei mit bekanntem Inhalt
  - 182 Zeichen lang

Datei "data.txt"

```
Bradman    99.94 52  80  10  6996  334   29
Pollock    60.97 23  41  4   2256  274   7
Headley    60.83 22  40  4   2256  270*  10
Sutcliffe  60.73 54  84  9   4555  194   16
```

- Einbinden der Testdatei in setUp()

- Schliessen der Testdatei in tearDown()

Besipiel: Testen der FileReader-Klasse

```
class FileReaderTester {
```

```
   private FileReader _input;
   @Before
   protected void setUp() {
       try {
         _input = new FileReader("data.txt");
       } catch (FileNotFoundException e) {
         throw new RuntimeException (e.toString());
       }
   }
```

```
   @After
   protected void tearDown() {
       try {
          _input.close();
       }  catch (IOException e) {
          throw new RuntimeException ("error on closing test file");
       }
   }
```

```
   @Test
   public void testRead() throws IOException {
       char ch = '&';
       vor (int i=0; i<4; i++)
          ch = (char) _input.read();
       assert('d' == ch);
       }
   }
```

Datei "data.txt"

Bradman	99.94	52	80	10	6996	334	29
Pollock	60.97	23	41	4	2256	274	7
Headley	60.83	22	40	4	2256	270*	10
Sutcliffe	60.73	54	84	9	4555	194	16

Beispiel: Testfall erweitern

Grenzbedingungen testen!

- erstes Zeichen
- letztes Zeichen
- "endOfFile"
- nach "endOfFile"

Datei "data.txt"

```
Bradman     99.94 52  80  10  6996  334   29
Pollock     60.97 23  41  4   2256  274   7
Headley     60.83 22  40  4   2256  270*  10
Sutcliffe   60.73 54  84  9   4555  194   16
```

```
class FileReaderTester extends TestCase {

   public FileReaderTester(String methodName) {
      super(methodName);
   }

   ...
```

```
   private final int _fileLength = 182;
   private final int _endOfFile = -1;

   @Test
   public void testReadBoundaries() throws IOException {
      assertEquals("read first char", 'B', _input.read());
      int ch;
      for (int i=1; i<_fileLength-1; i++)
         ch = _input.read();
      assertEquals("read last char",       '6', _input.read());
      assertEquals("read at end",   _endOfFile, _input.read());
      assertEquals("read past end", _endOfFile, _input.read());
   }
```

Beispiel: Testfall erweitern (2)

Grenzbedingungen testen!

- leere Datei

```
// Erweitertes Testdaten-Setup:

private File _empty;
@Before
protected void setUp() {                                  // overrides
    try {
        _input = new FileReader("data.txt");
        _empty = newEmptyFile();                          // <-- added
    } catch (FileNotFoundException e) {
        throw new RuntimeException (e.toString());
    }
}

private FileReader newEmptyFile() throws IOException {
    File empty = new File ("empty.txt");
    FileOutputStream out = new FileOutputStream(empty);
    out.close();
    return newFileReader (empty);
}
```

```
// Added Tests:
@Test
public void testEmptyRead() throws IOException {
    assertEquals(_endOfFile, _empty.read());
}
```

Kurze Demo von JUnit 3 und JUnit 4: Kreditverlaufsberechnung

Berechnungsergebnis

Ihre Angaben waren:

- Kredithöhe : 100.000,00 EURO
- Nominalzins : 5,00 Prozent pro Jahr
- Laufzeit : 5 Jahr(e)
- Anzeige : mit Monatsraten

Ihre Ergebnisse sind:

- Gesamtaufwand : 113.227,40 EURO
- davon Zinsen : 13.227,40 EURO
- davon Tilgung : 100.000,00 EURO

Tilgungsplan Annuitätendarlehen

(M)	Rate	Zins	Tilgung	Restschuld
1	1.887,12	416,67	1.470,46	98.529,54
2	1.887,12	410,54	1.476,58	97.052,96
3	1.887,12	404,39	1.482,74	95.570,22
4	1.887,12	398,21	1.488,91	94.081,31
5	1.887,12	392,01	1.495,12	92.586,19
6	1.887,12	385,78	1.501,35	91.084,84
7	1.887,12	379,52	1.507,60	89.577,24
8	1.887,12	373,24	1.513,88	88.063,36
9	1.887,12	366,93	1.520,19	86.543,16
10	1.887,12	360,60	1.526,53	85.016,64
11	1.887,12	354,24	1.532,89	83.483,75
12	1.887,12	347,85	1.539,27	81.944,47

universitätbonn

Test-First und Continuous Testing

Test-Driven Development

Continuous Testing

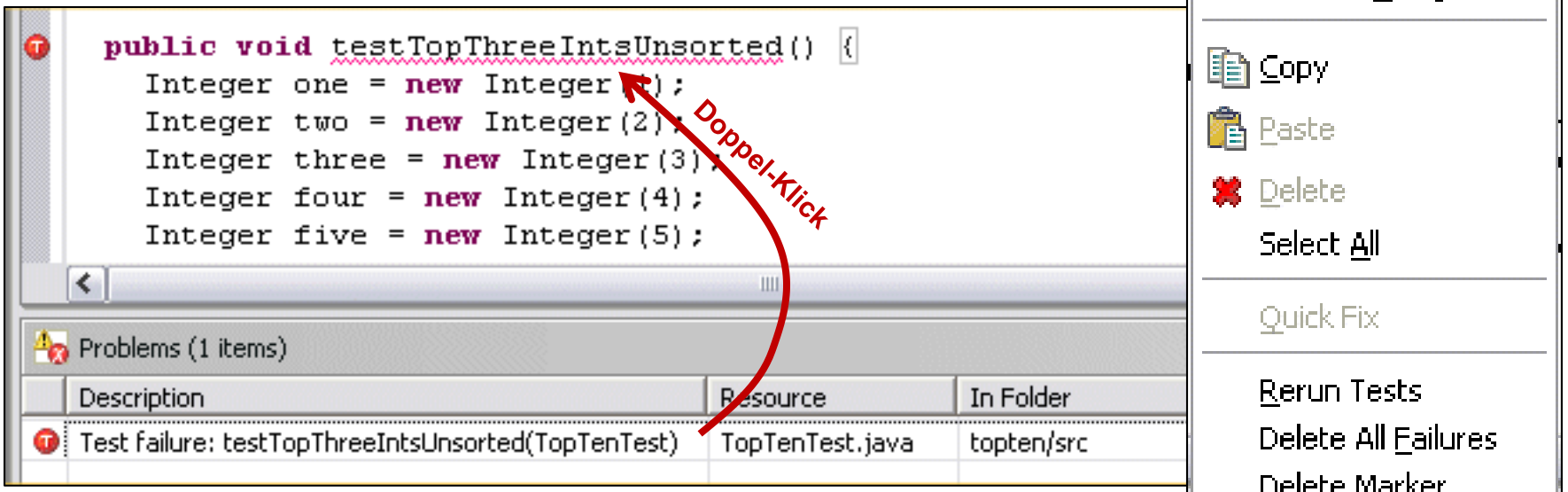
Wann soll man Modul-Tests schreiben?

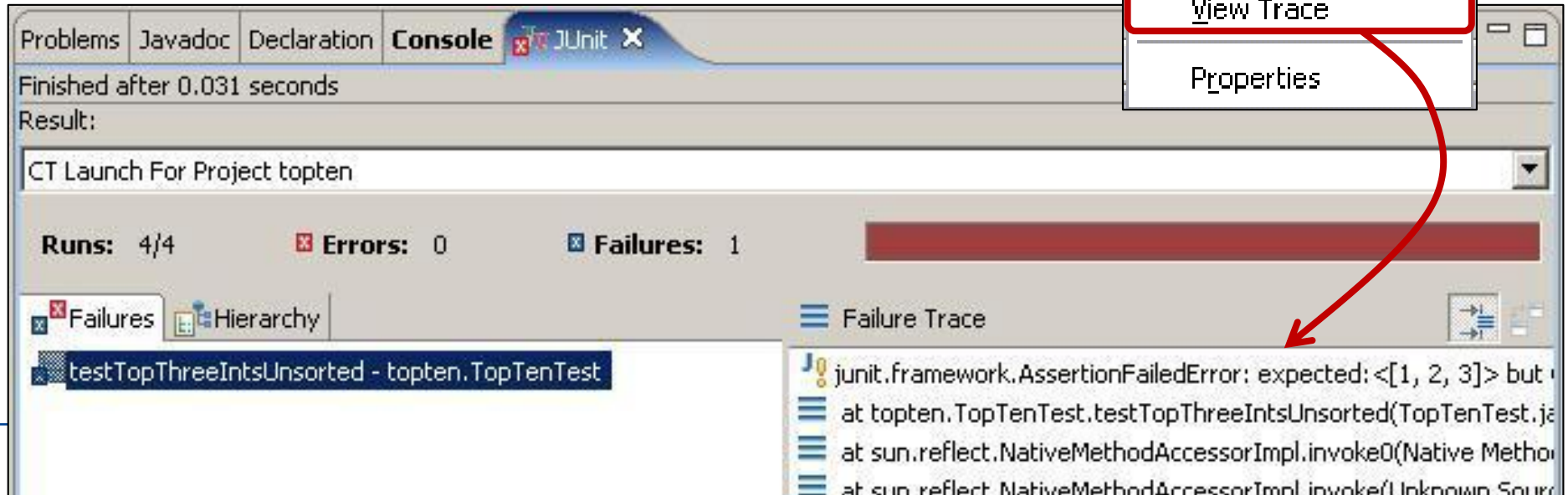
- Wenn die Klasse fertig ist?
  - Testen bevor andere damit konfrontiert werden.
- Parallel zur Implementierung der Klasse
  - Testen um eigene Arbeit zu erleichtern.
- Vor der Implementierung der Klasse!
  - ➔ TDD: Test-Driven Development!
  - Konzentration auf Interface statt Implementierung
  - Durch Nachdenken über Testfälle Design-Fehler finden bevor man sie implementiert!
  - Tests während Implementierung immer verfügbar
    - ⇨ Laufendes Feedback und Erfolgskontrolle

„Continuous Testing“

- Beobachtung
  - Je kürzer das Intervall zwischen Änderung und Test ist, um so schneller ist die Fehlerquelle lokalisierbar
- Idee
  - Tool lässt Tests nach jeder Änderung im Hintergrund laufen
  - Programmierer konzentriert sich voll auf Entwicklungsaufgaben
    - ⇨ muss nur noch auf Testfehlschläge reagieren, nicht mehr selbst testen
  - Unaufdringliches Feedback
    - ⇨ Fehlerübersicht im „Problem View“
    - ⇨ Fehlermarker in fehlgeschlagenen Tests
    - ⇨ jUnit-Fenster nur bei Bedarf (Stack-Trace-Anzeige)
- Continuous Testing Infos und Tools
  - http://groups.csail.mit.edu/pag/continuoustesting/
  - „Infinitest“ (GPL Lizenz): http://infinitest.org/

„Continuous Testing“
▶ Infinitest

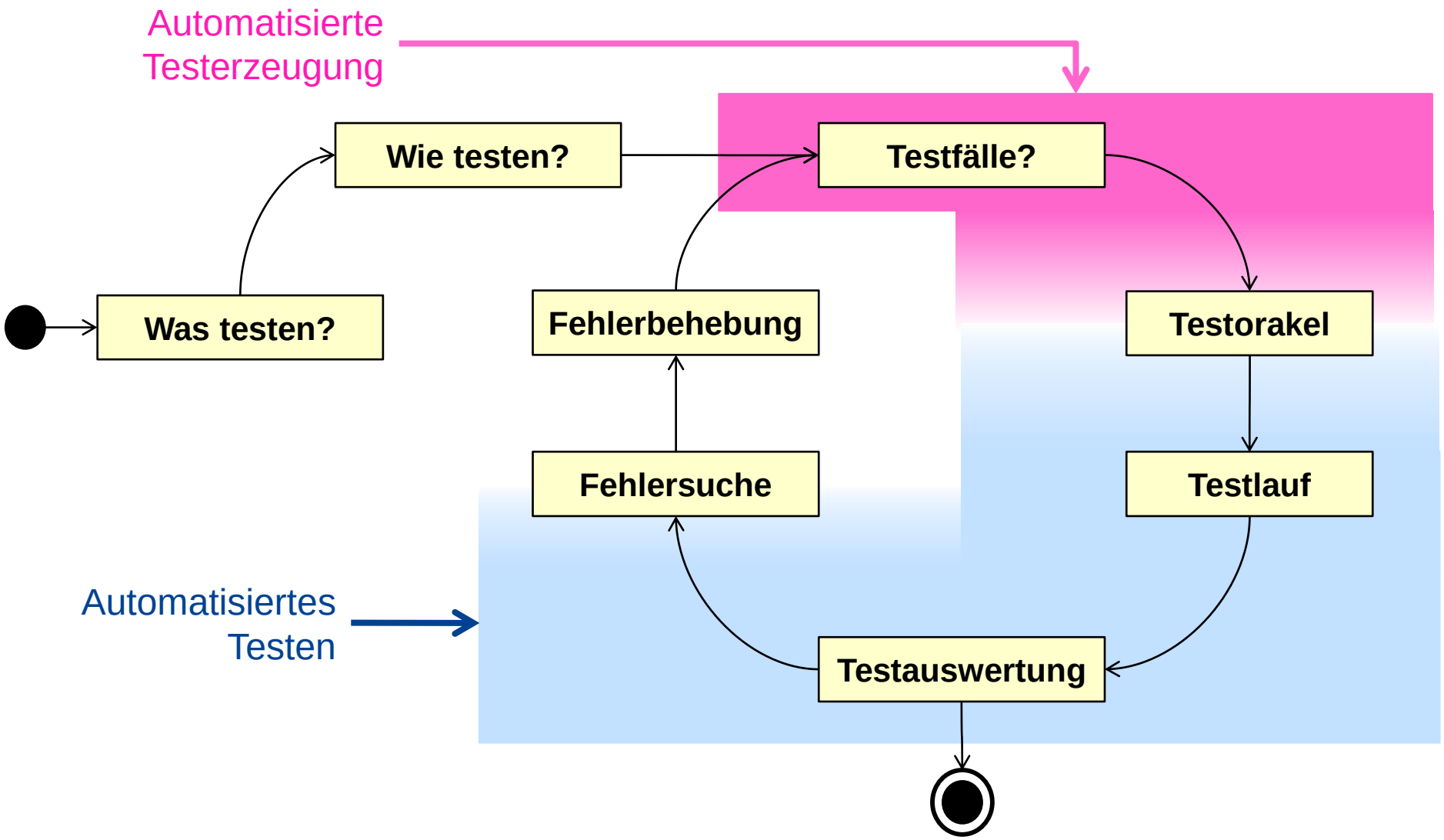




universitätbonn

Automatisierte Testgenerierung

Automatisierte Testerzeugung



Automatisierte Testgenerierung mit T3

- Idee
  - Schreiben von Code laut Design-by-Contract
  - Testfälle (= Aufrufsequenzen) werden generiert!
  - Überprüfung von Vorbedingungen, Nachbedingungen und Invarianten ersetzt Orakel
- Umsetzung
  - T3 framework: http://code.google.com/p/t2framework/
- DBC in T3
  - Vorbedingungen durch Java Assertions mit postfix : "PRE" spezifizieren
    - ⇨ assert !s.isEmpty() : "PRE" ;
  - Nachbedingung durch Java Assertions mit postfix : „POST" spezifizieren
    - ⇨ assert s.isEmpty() : "POST" ;
  - Klasseninvarianten durch spezielle Methode spezifizieren
    - ⇨ private boolean classinv__() { return s.isEmpty() || s.contains(max) ; }

Automatisierte Testgenerierung mit T3

- Testfallgenerierung
  - Beliebige Aufrufsequenzen von Methoden aus der zu testenden Klasse
  - Hohe Anzahl an Sequenzen (Hunderte)
- Testlauf
  - Sequenzen ausführen, inclusive Assertion-Auswertung
    - ⇨ Invarianten sowohl vor als auch nach jedem Aufruf
- Bericht
  - Gesamtzahl der Sequenzen
  - Sequenzen die durchlaufen, für die aber Assertions fehlschlagen
  - Sequenzen die Exceptions werfen (=/= AssertionException)

T3-Beispiel: Sortierte Integer-Liste

```
public class SortedIntegerList {

    private LinkedList<Integer> s ;
    private Integer max ;

    public SortedList() { s = new LinkedList<Integer>() ; }



    public void insert(Integer x) {

        int i = 0 ;
        for (Integer y : s) {
           if (y >x) break ;
           i++ ;
        }
       s.add(i,x) ;
       if (max==null || x < max) max = x ;    // ← Fehler: Sollte x > max sein!
   }

   public Integer get() {

       Integer x = max ;
       s.remove(max) ;
       if (s.isEmpty()) max = null ;
       else max = s.getLast() ;

       return x ;
   }
}
```

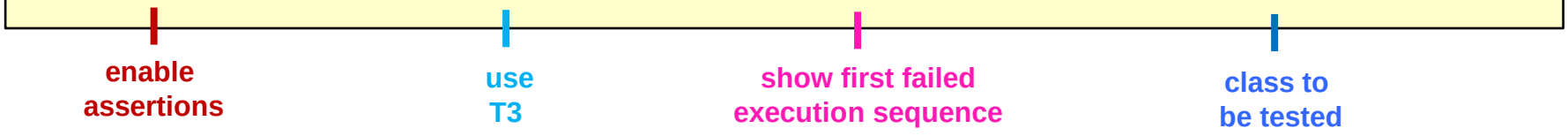
T3-Beispiel: Spezifikationen im Code

```
public class SortedIntegerList {

   private LinkedList<Integer> s ;
   private Integer max ;

   public SortedList() { s = new LinkedList<Integer>() ; }

   private boolean classinv__() {  return s.isEmpty() || s.contains(max) ; }          // Invariant

   public void insert(Integer x) {
      assert x!=null : "PRE";
      int i = 0 ;
      for (Integer y : s) {
         if (y >x) break ;
         i++ ;
      }
     s.add(i,x) ;
     if (max==null || x < max) max = x ;    // ← Fehler: Sollte x > max sein!
  }

  public Integer get() {
     assert !s.isEmpty() : "PRE" ;                                                   // Pre-condition
     Integer x = max ;
     s.remove(max) ;
     if (s.isEmpty()) max = null ;
     else max = s.getLast() ;
     assert s.isEmpty() || x >= s.getLast() : "POST";                                // Post-condition
     return x ;
  }
}
```

Testen mit T3

- Aufruf von T3

```
java -ea -cp T3.jar Sequenic.T3.T3Cmd --showexc  Examples.SimpleIntSortedList
```



- Ergebnis

```
Suite size : 36             -- T3 generated a set of 302 test-sequences
Average length : 8.972222   -- the average length of sequences,
                               in number of steps
Violating  : 10             -- error found
Invalid    : 1              -- number of invalid test-sequences
Failing    : 0              -- number of failing/broken test-sequences
Runtime    : 9 ms

... erste Sequenz die zu einer Assertion-Verletzung führte (aus Platzgründen
weggelassen – siehe http://uprime815.bitbucket.org/t3/docs/manual.html#toc0)
...
```

Unit Testing – Goldene Regeln

Unit Tests: Empfehlungen

Automatisierung

- Stelle sicher, daß alle Tests automatisiert ablaufen und ihre eigenen Ergebnisse überprüfen.

Ausdauer

- Führe Deine Tests regelmäßig durch.
- Teste nach jedem Kompilieren - mindestens einmal täglich.

Zuerst testen, dann debuggen

- Erhältst Du einen Fehlerbericht, schreibe erst einen Test, der den Fehler sichtbar macht.

Grenzbedingungen testen

- Konzentriere Deine Tests auf Grenzbedingungen, wo sich Fehler leicht einschleichen können.

Fehlerbehandlung testen

- Vergiss nicht zu testen, ob im Fehlerfall eine Exception ausgelöst wird.

Kein Perfektionismus

- Lieber unvollständige Test benutzen, als vollständige Tests nicht fertig bekommen.

Unit Tests: Empfehlungen

„Es gibt nichts Gutes, außer man tut es!“ (Erich Kästner)

- Tests können nicht alle Fehler finden.
- Lassen Sie sich davon nicht abhalten die paar Tests zu schreiben, die bereits die meisten Fehler finden!

Testen von GUIs

GUI (Graphical User Interface)

- Hierarchie von “Widgets”
  - Widget W_i = graphisches Objekts mit einer Menge von
    - ⇨ Eigenschaften (‘properties’ p_{ij}) mit jeweils eigenem
    - ⇨ Diskretem Wert (value v_{ij}) zur Laufzeit

- GUI Zustand (State) $S_t = \{\ldots, (w_i, p_{ij}, v_{ij}), \ldots\}$
  - Werte aller EIgenschaften aller Widgets zum Zeitpunkt t

- GUI Ereignis (Event) E
  - Initiatiiert transition aus Zustand S zu Zustand S’.

GUI-Testing Herausforderungen

- Protokollierung
  - GUI-Zustände erfassen
  - GUI-Übergänge verfolgen
- Automatisiertes Testen
  - Problem mit Zustandsexplosion
  - Explosion von Eventsequenzen, die den gleichen Effekt haben
- Technologabhängigkeit
  - Java AWT, Eclipse SWT, Web, Android, Win, MacOs, …

➢ Automatisieren von GUI-Tests ist schwer

➢ Instandhaltung von GUI-Tests ist **sehr** schwer

GUI Testen ist schwer

I/O-Tests

- Methode Aufrufen
  - auf den Testobjekten
  - vom Test erstellt
- Input liefern
  - Argumente / globale Variablen
- Erwartungen prüfen
  - Rückgabewerte
- Technologieunabhängig
  - Methodenaufruf

GUI-Tests

- GUI-Event auslösen (z.B. Klick)
  - auf existierenden GUI-Komponenten
  - Komponenten müssen identifiziert werden!
- Input liefern
  - Textfelder füllen, …
- Erwartungen prüfen
  - GUI-Struktur / -Aussehen
  - GUI-Verhalten
- Technologieabhängig
  - Java AWT, Eclipse SWT, Web, Android, Win, MacOs, …

Testen von GUIs: Freie Tools

Jubula

- Von BREDEX GmbH Eclipse frei zur Verfügung gestellt
- Basis ihres kommerziellen Werkzeuges GUIDancer
- http://eclipse.org/jubula/

Zusammenfassung

- Automatisiertes Testen
  - Automatisiert Testlauf und Testauswertung
  - Ermöglicht Regressionstesting bei jeder Änderung
  - Continuous Testing → Inifinitest
- Test-Driven Development
  - Testfalldefinition bereits vor der Implementierung
  - Verbessertes Design und laufende Erfolgskontrolle
- JUnit
  - Assertion-Konzept für Spezifikation des Testorakels
  - Vereinfachte Testdefinition mit Annotationen (ab JUnit 4 / Java 5)
- Automatisierte Testgenerierung → T3
  - DBC-Spezifikation wird genutzt um Testfälle und Testorakel zu generieren