Programmierkonzepte in den Naturwissenschaften

19. Testautomatisierung und testgetriebene Entwicklung

PD Dr. Till Biskup
Physikalische Chemie
Universität des Saarlandes
Sommersemester 2021

Zentrale Aspekte

- Automatisierung ist Voraussetzung für häufiges Testen –
  und damit für Refactoring und Verbesserung der Codequalität.
- Testautomatisierung hat tiefgreifenden Einfluss
  auf den Entwurf des zu testenden Codes (u.a. Modularität).
- Testgetriebene Entwicklung stellt die Reihenfolge von Test- und Produktivcode auf den Kopf und sorgt für hohe Testabdeckung.
- Hohe Testabdeckung durch automatisierte Tests
  erhöht das Vertrauen in Software.
- Testgetriebene Entwicklung führt zu Tests,
  die den Code und seine Spezifikationen dokumentieren.

Übersicht

> *Most testing should be done automatically.*
> *It's important to note that by "automatically" we mean that the test* results *are interpreted automatically as well.*
>
> – Hunt und Thomas

- Automatisierung setzt ausführbare Tests voraus.
  - Ergebnis durch Vergleich mit der Spezifikation
  - Code muss Überprüfbarkeit mit Spezifikation ermöglichen.
  - Testfälle formalisieren und kanonisieren Spezifikationen.
- Ziel: übersichtliche Statistik über Testergebnisse
  - Im Erfolgsfall genügt die Zahl durchlaufener Tests.
  - Nur im Fehlerfall sind mehr Informationen notwendig.

Hunt und Thomas: The Pragmatic Programmer, Addison-Wesley, Boston 1999, S. 246

Grundstruktur eines automatischen Tests

Gilt für Unittests und Integrationstests gleichermaßen.

Listing 1: Grundstruktur automatisierter Tests (Pseudocode)

```
function test_function_name
    expectation = get_expected()
    observation = function_name(arguments)
    assert expectation == observation
```

Drei Teile

- Erwartung
  - bekanntes, gewünschtes Ergebnis des Funktionsaufrufs
- Beobachtung
  - tatsächliches Ergebnis des Funktionsaufrufs
- Vergleich von Erwartung und Beobachtung
  - Boolescher Wert

> *If you go to junit.org, you'll see a quote from me:*
> *"Never in the field of software development have so many owed so much to so few lines of code."*
> *JUnit has been critizised as a minor thing,*
> *something any reasonable programmer could produce in a weekend.*
> *This is true, but utterly misses the point.*
> *The reason JUnit is important [...] is*
> *that the presence of this tiny tool has been essential*
> *to a fundamental shift for many programmers:*
> *Testing has moved to a front and central part of programming.*
> *People have advocated it before,*
> *but JUnit made it happen more than anything else.*
>
> – Martin Fowler

Vorwort in Meszaros: xUnit Test Patterns, Addison-Wesley, Boston 2007, S. xix

Äquivalenz, Identität, Toleranz

Es ist entscheidend, was überprüft wird . . .

- Es gibt zwei Konzepte von Gleichheit.
  - Identität: identisches Objekt (im Speicher)
  - Äquivalenz: gleicher Wert/Inhalt
- Spezifikationen zielen meist auf Äquivalenz
  - Meist werden Werte/Ergebnisse miteinander verglichen.
- Numerische Werte sind häufig Näherungen.
  - Alles außer Ganzzahlen lässt sich nicht exakt abbilden.
  - Äquivalenz führt meist nicht zum Ziel.
  - Überprüft werden sollte immer ein Intervall.
  - Die Repräsentation von Zahlen ist architekturabhängig.
- Die Genauigkeit ist meist abhängig vom Zahlenwert.
  - Genauigkeit über Funktion berechnen lassen

Zu Gleitkommazahlen vgl. Goldberg, *ACM Computing Surveys* 23:5–48, 1991

Vorbereiten und Aufräumen

Setup- und Teardown-Funktionen für automatisierte Tests

- Zielstellung
  - Tests sollten vollständig unabhängig voneinander sein.
  - Tests sollten ihre Umgebung immer genauso verlassen, wie sie sie vorgefunden haben.
- Realität
  - Tests brauchen oft eine ganz bestimmte Umgebung.
  - Tests verändern ihre Umgebung mitunter.
- Lösung
  - Vorbereiten und Aufräumen in Funktionen auslagern
  - minimiert Code-Doppelungen

☛ Auslagern hat Vor- und Nachteile bzgl. Lesbarkeit.

☛ Aufräumen (*teardown*) sollte *immer* stattfinden.

Test-Frameworks: ein gemeinsamer Rahmen

Einfache Erstellung, Ausführung und Evaluierung von Tests

- Zielstellung
  - Tests sollten von jedem jederzeit einfach aufrufbar sein.
  - Tests sollten einfach zu schreiben sein.
  - Statistik als Zusammenfassung eines Testdurchlaufs
- Lösung: automatisierte Test-Frameworks
  - sorgen für Konsistenz
  - erleichtern das Schreiben und Ausführen von Tests
  - stellen Setup- und Teardown-Funktionalität bereit
- bekannteste Lösung für Unittests: xUnit-Framework
  - für viele Sprachen verfügbar

☛ Automatisierte Tests sollten
mit Hilfe eines Test-Frameworks geschrieben werden.

Test-Frameworks: ein gemeinsamer Rahmen

Beispiel für Setup- und Teardown-Funktionen für automatisierte Tests

Listing 2: Beispiel für Setup- und Teardown-Funktionalität

```
class TestReporter(unittest.TestCase):
    def setUp(self):
        self.report = report.Reporter()
        self.template = 'test_template.tex'

    def tearDown(self):
        if os.path.exists(self.template):
            os.remove(self.template)

    def test_render_with_template(self):
        with open(self.template, 'w+') as f:
            f.write('')
        self.report.template = self.template
        self.report.render()
```

- Setup: Initialisierung eines Objektes
- Teardown: Aufräumen auf dem Dateisystem

Automatisierung ist eine Frage der Ökonomie

Programmierer sind zu teuer, um unnötig Fehler zu suchen . . .

> *Once a human tester finds a bug,*
> *it should be the last time a human tester finds that bug.*
> *The automated tests should be modified to check*
> *for that particular bug from then on [. . .]*
>
> *[. . .] we just don't have the time to go chasing after bugs*
> *that the automated tests could have found for us.*
> *We have to spend our time writing new code—*
> *and new bugs.*
>
> – Hunt und Thomas

- (Verifizierte) Fehler grundsätzlich in Tests verwandeln.
  - insbesondere im Zusammenhang mit einer Bugverwaltung

Hunt und Thomas: The Pragmatic Programmer, Addison-Wesley, Boston 1999, S. 247

Übersicht

Zwei Grundregeln

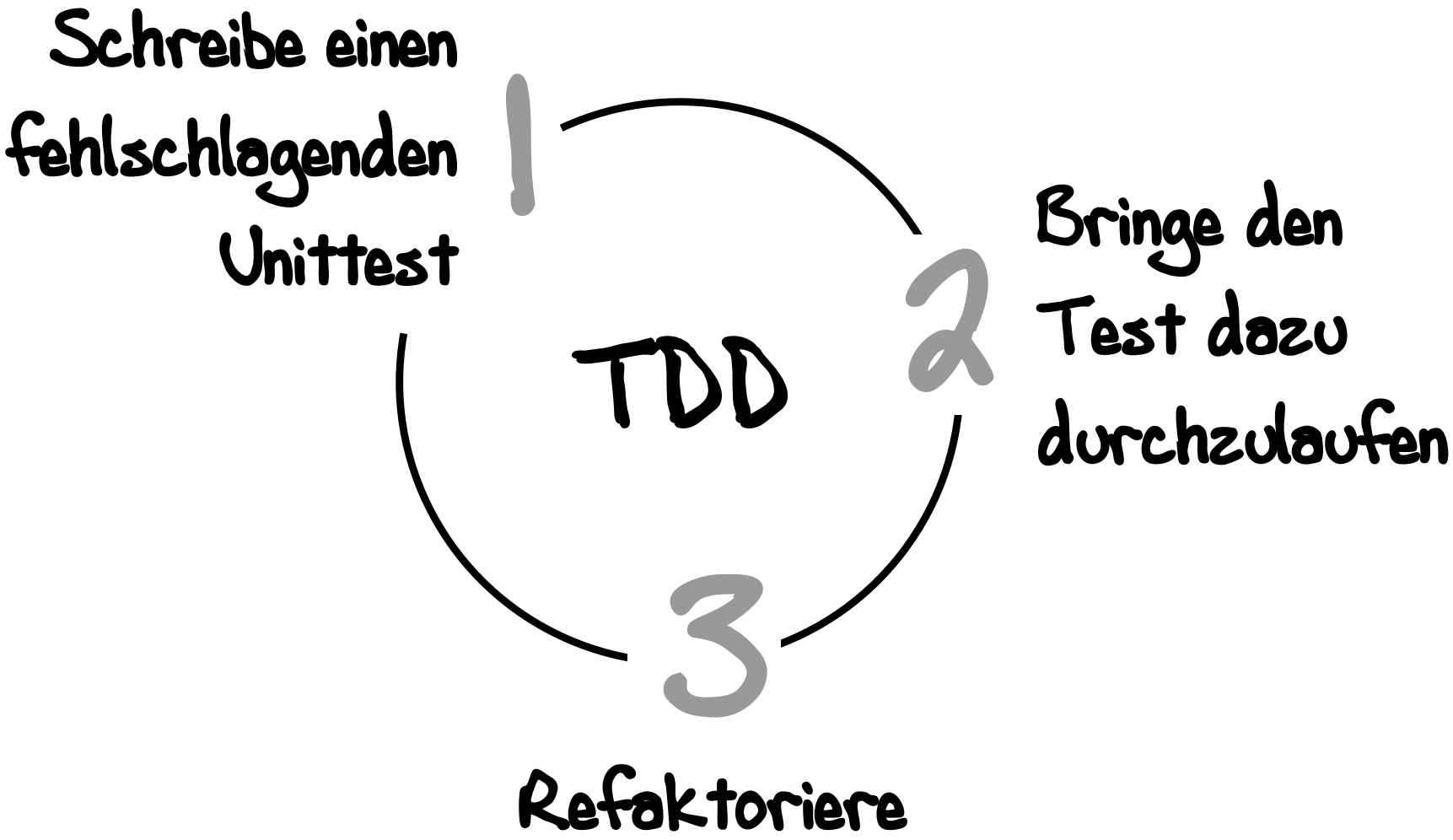
- Schreibe neuen Code nur und erst dann, wenn ein automatisierter Test fehlschlug.
- Eliminiere Code-Doppelungen.

Der Ablauf testgetriebener Entwicklung

1. Rot – fehlschlagender Test
2. Grün – Test läuft erfolgreich durch
3. Refactoring – entstandene Doppelungen eliminieren

☛ Zielstellung: sehr kurze Zyklen von wenigen Minuten Dauer

Kent Beck: Test-Driven Development, Addison-Wesley, Boston 2003


Schreibe einen fehlschlagenden Unittest
1
Bringe den Test dazu durchzulaufen
2
TDD
3
Refaktoriere

Die drei Regeln von TDD nach Robert Martin

- kein Produktivcode ohne fehlschlagenden Test
  - Entwicklung beginnt mit dem Schreiben eines Tests.
  - Tests so schreiben, als ob es die Funktionalität schon gäbe.
- minimaler Testcode
  - nicht mehr als nötig, damit der Test fehlschlägt
  - Nicht Kompilieren zählt als Fehlschlag.
- minimaler Produktivcode
  - nicht mehr als nötig, um den Test erfolgreich zu durchlaufen
  - Vortäuschen der richtigen Antwort ist (anfangs) erlaubt.

☛ immer nur implementieren, was *wirklich* gebraucht wird, um alle Tests erfolgreich zu durchlaufen („YAGNI“)

Robert Martin, *IEEE Softw.* **24(3)**:32, 2007

Strategien, Tests zum Erfolg zu führen

Wie kommt man schnell dazu, Tests erfolgreich durchzulaufen?

Ziel des TDD-Entwicklungszyklus'

- kurze Zyklen: Test schreiben, Fehlschlag, Erfolg

Drei Strategien zum Erfolg

- Vortäuschen (*fake it*)
  - (temporär) direkte Rückgabe des Erwartungswertes
- offensichtliche Implementierung
  - hinreichend kleine Probleme und ausreichende Erfahrung
- Triangulierung
  - mehr als ein Test, unterschiedliche Erwartungswerte

☛ Erfolg des Tests ist Voraussetzung für Refactoring

Warum testgetrieben entwickeln?

Kleine Schritte machen Mut, das große Problem lösen zu können.

- Reale Probleme sind schwierig.
  - Häufig ist die Lösung nicht offensichtlich.
  - Oft wird zusätzlicher, unnötiger Code geschrieben – weil man ihn brauchen *könnte*.
- Testgetriebene Entwicklung geht in kleinen Schritten vor.
  - Ein Test spezifiziert ein Verhalten einer Funktion.
  - Erst wenn der Test erfolgreich durchläuft, wird der nächste Test geschrieben (und Code verbessert).
- Erfolgreich durchlaufende Tests geben Sicherheit.
  - Tests und eine hohe Testabdeckung sind Voraussetzung für die Verbesserung von Code.
  - Durchlaufende Tests sind ein Erfolgserlebnis.

Warum testgetrieben entwickeln?

Kleine Schritte geben Sicherheit.

> *Once we get one test working, we know it is working, now and forever. We are one step closer to having everything working than we were when the test was broken.*
> *Now we get the next one working,*
> *and the next, and the next.*
> *By analogy, the tougher the programming problem,*
> *the less ground that each test should cover.*
>
> – Kent Beck

- Die Größe der Schritte hängt vom konkreten Problem und der Erfahrung ab – die Tendenz ist eindeutig: *klein*.
- Wenn ein Problem schwerer als gedacht ist, sollten die Schritte entsprechend klein werden.

Kent Beck: **Test-Driven Development**, Addison-Wesley, Boston 2003, S. xi

Übersicht

Auswirkungen testgetriebener Entwicklung

Tests sind nicht länger optional

> *Code without tests is bad code.*
> *It doesn't matter how well written it is; it doesn't matter how pretty or object-oriented or well-encapsulated it is.*
> *With tests, we can change the behavior of our code quickly and verifiably. Without them, we really don't know if our code is getting better or worse.*
>
> – Michael C. Feathers

- Tests sind unverzichtbar für zuverlässige Software.
  - Konsens zumindest in der Softwareentwicklung
- Testgetriebene Entwicklung erzwingt Tests.
  - Tests werden *vor* dem Produktivcode geschrieben.

M. C. Feathers: Working Effectively with Legacy Code, Prentice Hall, Upper Saddle River 2005, S. xvi

Auswirkungen testgetriebener Entwicklung

Fokus, testbarer Code, Vertrauen

- Fokus
  - YAGNI: Häufig wird unnötiger Code geschrieben.
  - Tests sind explizite (und kompilierende) Spezifikationen.
  - Jede Funktionalität wird durch einen Test eingefordert.
- schwache Kopplung und starke Kohäsion
  - Schwer zu testender Code weist auf ein Designproblem hin.
  - starke Kohäsion: Jede Funktion hat genau eine Aufgabe.
  - Schwach gekoppelter, kohäsiver Code ist leicht zu testen.
- Vertrauen
  - Nicht funktionierender Code ist wenig vertrauenswürdig.
  - Sauberer, funktionierender, automatisch getesteter Code sorgt für Vertrauen – auch vonseiten anderer Entwickler.

Beck, Andres: Extreme Programming Explained, Addison-Wesley, Boston 2004, S. 50f.

Auswirkungen testgetriebener Entwicklung

Freiheit bei der Programmierung und höhere Codequalität

- Flexibilität
  - Tests sind ein Sicherheitsnetz für Veränderungen.
  - Verbesserungen am Code sind gefahrlos möglich.
- Dokumentation
  - Tests liefern Beispiele für den Aufruf von Funktionen.
  - Tests kompilieren und sind daher immer aktuell.
- minimales Debugging
  - Kurze Zyklen schränken den Bereich für Fehler ein.
  - Wichtig: Regelmäßig/häufig *alle* Tests laufen lassen.
- besseres Design
  - TDD fördert gutes Design: entkoppelt, modular, flexibel.
  - Aber: TDD ist keine Garantie für gutes Design.

Robert Martin, *IEEE Softw.* **24(3)**:32, 2007

TDD testet implizit die Tests

Eine unerwartete Lösung zu einem unlösbaren Problem

> *Technically, one of the biggest benefits of TDD*
> *nobody tells you about is that by seeing a test fail,*
> *and then seeing it pass without changing the test,*
> *you're basically testing the test itself.*
> *If you expect it to fail and it passes,*
> *you might have a bug in your test*
> *or you're testing the wrong thing.*
> *If the test failed, and now you expect it to pass,*
> *and it still fails, your test could have a bug,*
> *or it's expecting the wrong thing to happen.*
>
> – Roy Osherove

- ☛ TDD umgeht die unendliche Regression, Tests zu testen.

Osherove: The Art of Unit Testing, Manning, Shelter Island 2014

Übersicht

Was macht einen guten Test aus?

Tests sind mindestens so wichtig wie der Produktivcode.

> *If you don't keep your tests clean, you will lose them.*
> *And without them, you lose the very thing*
> *that keeps your production code flexible.*
>
> – Robert C. Martin

- Lesbarkeit
  - vielleicht noch wichtiger als in Produktivcode
  - Kriterien: Klarheit, Einfachheit, Ausdrucksstärke
- Übersichtlichkeit
  - Jeder Test sollte *genau ein* Konzept abtesten.

☛ Tests sind kein „Code zweiter Klasse". Die Kriterien für „sauberen Code" gelten hier mindestens genauso.

Robert C. Martin: Clean Code, Prentice Hall, Upper Saddle River 2008, S. 124

Regeln für saubere Tests

Das F.I.R.S.T.-Acronym

Tests sollten...

- **F** schnell durchlaufen (*Fast*).
  - Tests sollten häufig aufgerufen werden.
- **I** unabhängig voneinander sein (*Independent*).
  - Nur die Unabhängigkeit gewährleistet einfache Diagnose.
- **R** in jeder Umgebung wiederholbar sein (*Repeatable*).
  - Tests sind Voraussetzung für gefahrlose Änderungen.
- **S** einen Booleschen Rückgabewert haben (*Self-Validating*).
  - Voraussetzung für Objektivität und schnellen Durchlauf
- **T** zeitnah zum zu testenden Code entstehen (*Timely*).
  - Tests zuerst schreiben führt zu testbarem Produktivcode.

Robert C. Martin: Clean Code, Prentice Hall, Upper Saddle River 2008, S. 132f.

TDD ist kein Allheilmittel

Es kommt auf den richtigen und korrekten Einsatz an

> *It's a double-edged sword,*
> *and many people find this out the hard way.*
>
> – Roy Osherove

- mögliche Folgen des korrekten Einsatzes
  - höhere Codequalität
  - geringere Fehlerzahl
  - erhöhtes Vertrauen in den Code
  - kürzere benötigte Zeit für das Finden von Fehlern
  - Verbesserung des Entwurfs des Codes
- mögliche Folgen des falschen Einsatzes
  - Frustration
  - Verringerung der Codequalität

Osherove: The Art of Unit Testing, Manning, Shelter Island 2014, S. 16

Notwendige Kernkompetenzen für TDD

Erfolgreicher Einsatz erfordert zusätzliche Kompetenzen

- Wissen, wie man gute Tests schreibt
  - Tests sollten wartbar, lesbar und vertrauenswürdig sein.
  - Tests zuerst zu schreiben, reicht nicht aus.
- Tests zuerst schreiben (vor dem Produktivcode)
  - Tests zuerst zu schreiben hat entscheidende Vorteile.
  - Les- und wartbare Tests im Nachhinein bringen weniger.
- Tests gut entwerfen
  - Gutes Design ist eine Aufgabe für sich.
  - TDD führt nicht *per se* zu gutem/besserem Design.

☛ Tipp: nicht alle Kompetenzen gleichzeitig erwerben wollen

- führt meist zu Frustration und ist wenig zielführend

Osherove: The Art of Unit Testing, Manning, Shelter Island 2014, S. 17

> *It is unit tests that keep our code flexible, maintainable, and reusable. The reason is simple.*
> *If you have tests, you do not fear making changes to the code!*
> *Without tests every change is a possible bug.*
> *No matter how flexible your architecture is,*
> *no matter how nicely partitioned your design,*
> *without tests you will be reluctant to make changes*
> *because of the fear that you will introduce undetected bugs.*
>
> – Robert C. Martin

Bild: Slogan der Wahlkampagne von Barack Obama, 2008 und 2012
Robert C. Martin: Clean Code, Prentice Hall, Upper Saddle River 2008, S. 124

Zentrale Aspekte

- Automatisierung ist Voraussetzung für häufiges Testen –
  und damit für Refactoring und Verbesserung der Codequalität.
- Testautomatisierung hat tiefgreifenden Einfluss
  auf den Entwurf des zu testenden Codes (u.a. Modularität).
- Testgetriebene Entwicklung stellt die Reihenfolge von Test- und Produktivcode auf den Kopf und sorgt für hohe Testabdeckung.
- Hohe Testabdeckung durch automatisierte Tests
  erhöht das Vertrauen in Software.
- Testgetriebene Entwicklung führt zu Tests,
  die den Code und seine Spezifikationen dokumentieren.