Vorlesung Softwareentwicklung 2021

https://github.com/SebastianZug/CsharpCourse

André Dietrich Christoph Pooch Fabian Bär Fritz Apelt Galina Rudolf JohannaKlinke Jonas Treumer KoKoKotlin Lesestein LinaTeumer MMachel Sebastian Zug Snikker123 Yannik Höll Florian2501 DEVensiv fb89zila

Modellierung von Software

Parameter	Kursinformationen
Veranstaltung:	`Vorlesung Softwareentwicklung`
Semester	`Sommersemester 2021`
Hochschule:	`Technische Universität Freiberg`
Inhalte:	`Einbettung des Testens in den Softwareentwicklungsprozess`
Link auf den GitHub:	https://github.com/TUBAF-IfI-LiaScript/VL_Softwareentwicklung/blob/master/16_Testen.md
Autoren	@author

Organisatorisches

- Alternative Prüfungsleistung für die Veranstaltung Softwareentwicklung
- Prüfungsvorleistung für Einführung in die Softwareentwicklung

Neues aus der GitHub Woche

Wie stabil sind die Teams?

teamKey	3	4	5
0	[2 3]		
1	[4 5]	[4 5]	
2	[6 7]	[6 7]	
3	[8 9]	[31 8 9]	[8 9]
4	[10 11]	[10 11]	[10 11]
5	[12 13]	[12 13]	
6	[14]	[14]	
7	[15 16]	[15]	
8	[17 18]	[17]	
9	[19 20]	[19 20]	[19]
10	[21 22]	[21 22]	
11	[23 24]	[23 24]	
12	[25 26]	[26 25]	[25 26]
13	[27 28]	[27 28]	
14	[29 30 31]	[29 30]	
15	[32 33]	[32 33]	[33 32]
16	[34]	[34]	[34]
17		[2 15]	

Softwarefehler

Bekannte Softwarefehler und deren Folgen:

- Beim Kampfflugzeug F-16 brachte der Autopilot das Flugzeug in Rückenlage, wenn der Äquator überflogen wurde. Dies kam daher, dass man keine „negativen“ Breitengrade als Eingabedaten bedacht hatte. Dieser Fehler wurde sehr spät während der Entwicklung der F-16 anhand eines Simulators entdeckt und beseitigt.
- 1999 verpasste die NASA-Sonde Mars Climate Orbiter den Landeanflug auf den Mars, weil die Programmierer unterschiedliche Maßsysteme verwendeten (ein Team verwendete das metrische und das andere das angloamerikanische) und beim Datenaustausch es so zu falschen Berechnungen kam. Eine Software wurde so programmiert, dass sie sich nicht an die vereinbarte Schnittstelle hielt, in der die metrische Einheit Newton × Sekunde festgelegt war. Die NASA verlor dadurch die Sonde.
- Zwischen 1985 und 1987 gab es mehrere Unfälle mit dem medizinischen Bestrahlungsgerät Therac-25. Infolge einer Überdosis, die durch fehlerhafte Programmierung und fehlende Sicherungsmaßnahmen verursacht wurde, mussten Organe entfernt werden, und es verstarben drei Patienten.
- Das Jahr-2000-Problem, auch als Millennium-Bug (zu deutsch „Millennium-Fehler“) oder Y2K-Bug bezeichnet, ist ein Computerproblem, das im Wesentlichen durch die Behandlung von Jahreszahlen als zweistellige Angabe innerhalb von Computersystemen entstanden ist.

Softwarefehler sind sowohl sicherheitstechnisch wie ökonomisch ein erhebliches Risiko. Eine Studie der Zeitschrift iX ermittelte 2013 für Deutschland folgende Werte:

- Ca. 84,4 Mrd. Euro betragen die jährlichen Verluste durch Softwarefehler in Mittelstands- und Großunternehmen
- Ca. 14,4 Mrd. Euro jährlich (35,9 % des IT-Budgets) werden für die Beseitigung von Programmfehlern verwendet;
- Ca. 70 Mrd. Euro betragen die Produktivitätsverluste durch Computerausfälle aufgrund fehlerhafter Software

Was sind Softwarefehler eigentlich?

Ein Programm- oder Softwarefehler ist, angelehnt an die allgemeine Definition für „Fehler“

> „Nichterfüllung einer Anforderung“ [EN ISO 9000:2005]

Konkret definiert sich der Fehler danach als

> „Abweichung des IST (beobachtete, ermittelte, berechnete Zustände oder Vorgänge) vom SOLL (festgelegte, korrekte Zustände und Vorgänge), wenn sie die vordefinierte Toleranzgrenze [die auch 0 sein kann] überschreitet.“

Im Rahmen dieser Veranstaltung lassen wir Lexikalische Fehler und Syntaxfehler außen vor. Diese sind in der Regel über den Compiler identifizierbar. Darüber hinaus existieren aber :

Fehlertyp	Folgen
Logisch/semantischer Fehler	Anweisung ist zwar syntaktisch fehlerfrei, aber inhaltlich trotzdem fehlerhaft (plus statt minus, kleiner statt kleiner gleich, fehlende Synchronisation, usw.)
Designfehler	Strukturelle Mängel auf der Modul oder Systemebene, die das Zusammenspiel der Komponenten, deren Erweiterung, usw. verhindern.
Fehler im Bedienkonzept	Unintuitive Benutztung, das Programm “fühlt sich komisch an”

Darüber hinaus ist es wichtig zwischen Laufzeit- und Designzeitfehlern zu unterscheiden.

Wann entstehen Fehler im Projekt?

Problem- und Systemanalyse:

- Die Anforderungen und Qualitätsmerkmale werden nicht festgelegt.
- Es fehlen eindeutige Begriffsdefinitionen.

Systementwurf:

- Die Systemarchitektur ist gar nicht oder nur mit großem Aufwand erweiterbar.
- Das System ist nicht modular aufgebaut, die Daten sind nicht gekapselt.

Feinentwurf:

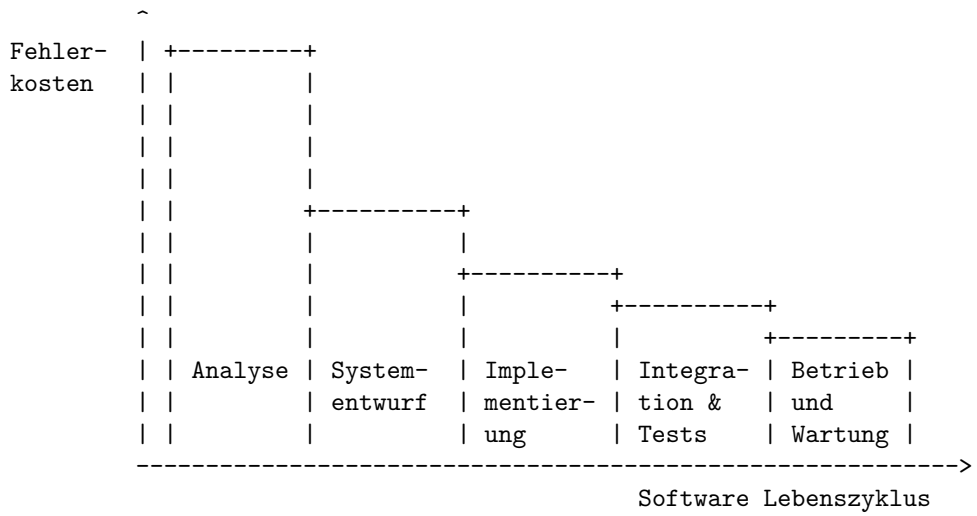
- Schnittstellen sind nicht hinreichend spezifiziert
- Interaktionsmodelle weisen Lücken auf

Codierung

- Programmier-Standards bzw. -Richtlinien werden nicht beachtet.
- Die Namensvergabe ist ungünstig.

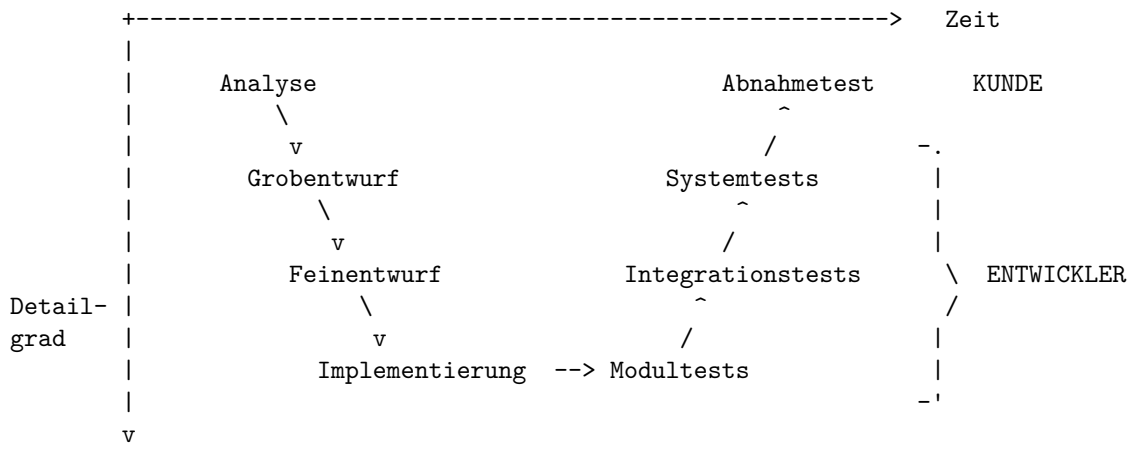
Betrieb und Wartung:

- Die Dokumentation fehlt ganz, ist veraltet oder nicht adäquat.
- Die Schulung der Anwender wird vernachlässigt.
- Das Konfigurationsmanagement ist unzureichend.



Testen als Teil der Qualitätssicherung

Welche Tests werden in das Projekt integriert?



Der Modultest, auch Komponententest oder Unittest genannt, ist ein Test auf der Ebene der einzelnen Module der Software. Testgegenstand ist die Funktionalität innerhalb einzelner abgrenzbarer Teile der Software (Module, Programme oder Unterprogramme, Units oder Klassen). Testziel dieser häufig durch den Softwareentwickler selbst durchgeführten Tests ist der Nachweis der technischen Lauffähigkeit und korrekter fachlicher (Teil-) Ergebnisse.

Der Integrationstest bzw. Interaktionstest testet die Zusammenarbeit voneinander abhängiger Komponenten. Der Testschwerpunkt liegt auf den Schnittstellen der beteiligten Komponenten und soll korrekte Ergebnisse über komplette Abläufe hinweg nachweisen.

Der Systemtest ist die Teststufe, bei der das gesamte System gegen die gesamten Anforderungen (funktionale und nicht-funktionale Anforderungen) getestet wird. Gewöhnlich findet der Test auf einer Testumgebung statt und wird mit Testdaten durchgeführt. Die Testumgebung soll die Produktivumgebung des Kunden simulieren, d. h. ihr möglichst ähnlich sein. In der Regel wird der Systemtest durch die realisierende Organisation durchgeführt.

Ein Abnahmetest, Verfahrenstest, Akzeptanztest oder auch User Acceptance Test (UAT) ist das Testen der gelieferten Software durch den Kunden. Der erfolgreiche Abschluss dieser Teststufe ist meist Voraussetzung für die rechtswirksame Übernahme der Software und deren Bezahlung. Dieser Test kann unter Umständen (z. B. bei neuen Anwendungen) bereits auf der Produktionsumgebung mit Kopien aus Echtdaten durchgeführt werden.

Warum geht es dann trotzdem schief?

- Es ist angeblich keine Zeit für systematische Tests vorhanden (Termindruck).
- Die Notwendigkeit für systematische Tests wird nicht erkannt.
- Die Tests werden manuell realisiert.
- Die Erstellung von Testspezifikationen für systematische Tests wird nicht entwicklungsbegleitend durchgeführt.
- Die Testebenen weisen eine unterschiedliche Realisierung auf (Modultests top, Systemtests flop)

Definition

Es gibt unterschiedliche Definitionen für den Softwaretest:

> „the process of operating a system or component under specified conditions, observing or recording the results and making an evaluation of some aspects of the system or component.“ [ANSI/IEEE Std. 610.12-1990]
>
> „Test […] der überprüfbare und jederzeit wiederholbare Nachweis der Korrektheit eines Softwarebausteines relativ zu vorher festgelegten Anforderungen“ ist. [1]
>
> ”Unter Testen versteht man den Prozess des Planens, der Vorbereitung und der Messung, mit dem Ziel, die Eigenschaften eines IT-Systems festzustellen und den Unterschied zwischen dem tatsächlichen und dem erforderlichen Zustand aufzuzeigen. [2]

Welche Unterschiede sehen Sie in den Definitionen?

Ablauf beim Testen

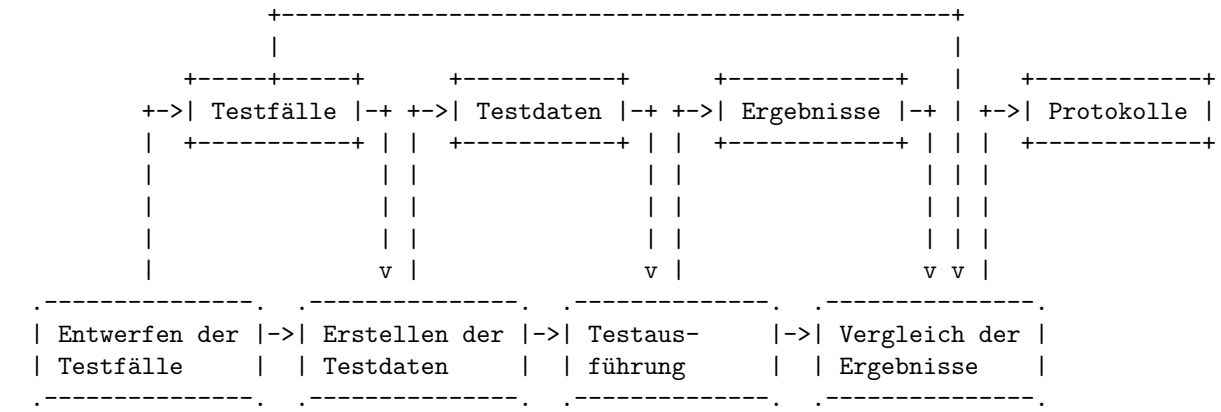
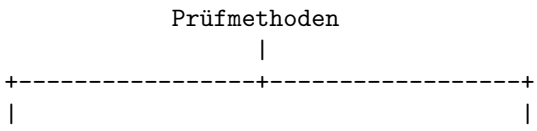


Abbildung motiviert durch [3]

Klassifikation Testmethoden



[1] Ernst Denert: Software-Engineering. Methodische Projektabwicklung. Springer, Berlin u. a. 1991, ISBN 3-540-53404-0.

[2] Martin Pol, Tim Koomen, Andreas Spillner: Management und Optimierung des Testprozesses. Ein praktischer Leitfaden für erfolgreiches Testen von Software mit TPI und TMap. 2., aktualisierte Auflage. dpunkt.Verlag, Heidelberg 2002, ISBN 3-89864-156-2.

[3] Ian Sommerville: Software Engineering, Pearson Education, 6. Auflage, 2001

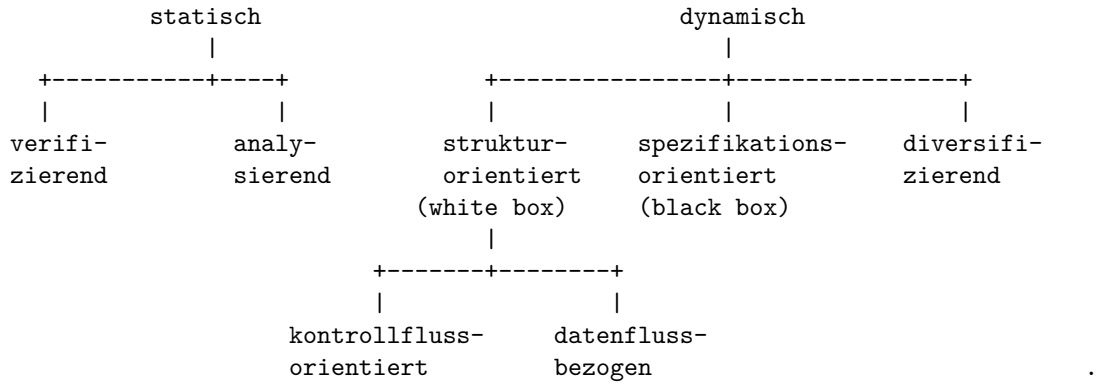


Abbildung motivierte aus [4]

Statische Code Analysen

Statische Code-Analyse ist ein statisches Software-Testverfahren, das zur Übersetzungszeit durchgeführt wird. Der Quelltext wird hierbei einer Reihe formaler Prüfungen unterzogen, bei denen bestimmte Sorten von Fehlern entdeckt werden können, noch bevor die entsprechende Software (z. B. im Modultest) ausgeführt wird. Die Methodik gehört zu den falsifizierenden Verfahren, d. h., es wird die Anwesenheit von Fehlern bestimmt.

- **Codeanalyse** … In Anlehnung an das klassische Programm Lint wird der Vorgang der Analyse eines Codefragments auch als linten (englisch linting) bezeichnet.

  Das folgende Beispiel zeigt die Ausgabe des Tools SonarLinter angewendet auf die initiale Implementierung einer Konsolenanwendung unter Visual Studio 2017. Welche Fehler können Sie ausmachen?

Eine Übersicht zu den Standard-Regeln findet sich unter Link.

- Codereviews … Reviews sind manuelle Überprüfungen der Arbeitsergebnisse der Softwareentwicklung. Jedes Arbeitsergebnis kann einer Durchsicht durch eine andere Person unterzogen werden.

  Der untersuchte Gegenstand eines Reviews kann verschieden sein. Es wird vor allem zwischen einem Code-Review (Quelltext) und einem Architektur-Review (Softwarearchitektur, insbesondere Design-Dokumente) unterschieden.

Dynamische Code Analysen

Dynamische Software-Testverfahren sind bestimmte Prüfmethoden, um mit Softwaretests Fehler in der Software aufzudecken. Besonders sollen Programmfehler erkannt werden, die in Abhängigkeit von dynamischen Laufzeitparametern auftreten, wie variierende Eingabeparameter, Laufzeitumgebung oder Nutzer-Interaktion. Wesentliche Aufgabe der einzelnen Verfahren ist die Bestimmung geeigneter Testfälle für den Test der Software.

- strukturorientiert … Strukturorientierte Verfahren bestimmen Testfälle auf Basis des Softwarequellcodes (Whiteboxtest). Dabei steht entweder die enthaltenen Daten oder aber die Kontrollstruktur, die die Verarbeitung der Daten steuert, im Fokus.
- spezifikationsorientiert … die sogenannten Black-Box Verfahren werden zum Abgleich des vorgegebenen, spezifizierten und des realen Verhaltens einer Methode genutzt. Beim Modultest wird z. B. gegen die Modulspezifikation getestet, beim Schnittstellentest gegen die Schnittstellenspezifikation und beim Abnahmetest gegen die fachlichen Anforderungen, wie sie etwa in einem Pflichtenheft niedergelegt sind.
- diversifizierend .. Diese Tests analysieren die Ergebnisse verschiedener Versionen einer Software gegeneinander. Es findet entsprechend kein Vergleich zwischen den Testergebnissen und der Spezifikation statt! Zudem kann im Gegensatz zu den funktions- und strukturorientierten Testmethoden kein Vollständigkeitskriterium definiert werden. Die notwendigen Testdaten werden mittels einer der anderen Techniken, per Zufall oder Aufzeichnung einer Benutzer-Session erstellt.

Planung von Tests

Im folgenden sollen unterschiedliche Black- und White-Box-Tests angewandt werden um eine Klasse MyMathFunctions, die zwei Methoden implementiert, zu testen:

[4] Peter Liggesmeyer, “Software-Qualität - Testen, Analysieren und Verifizieren von Software”, Springer, 2002

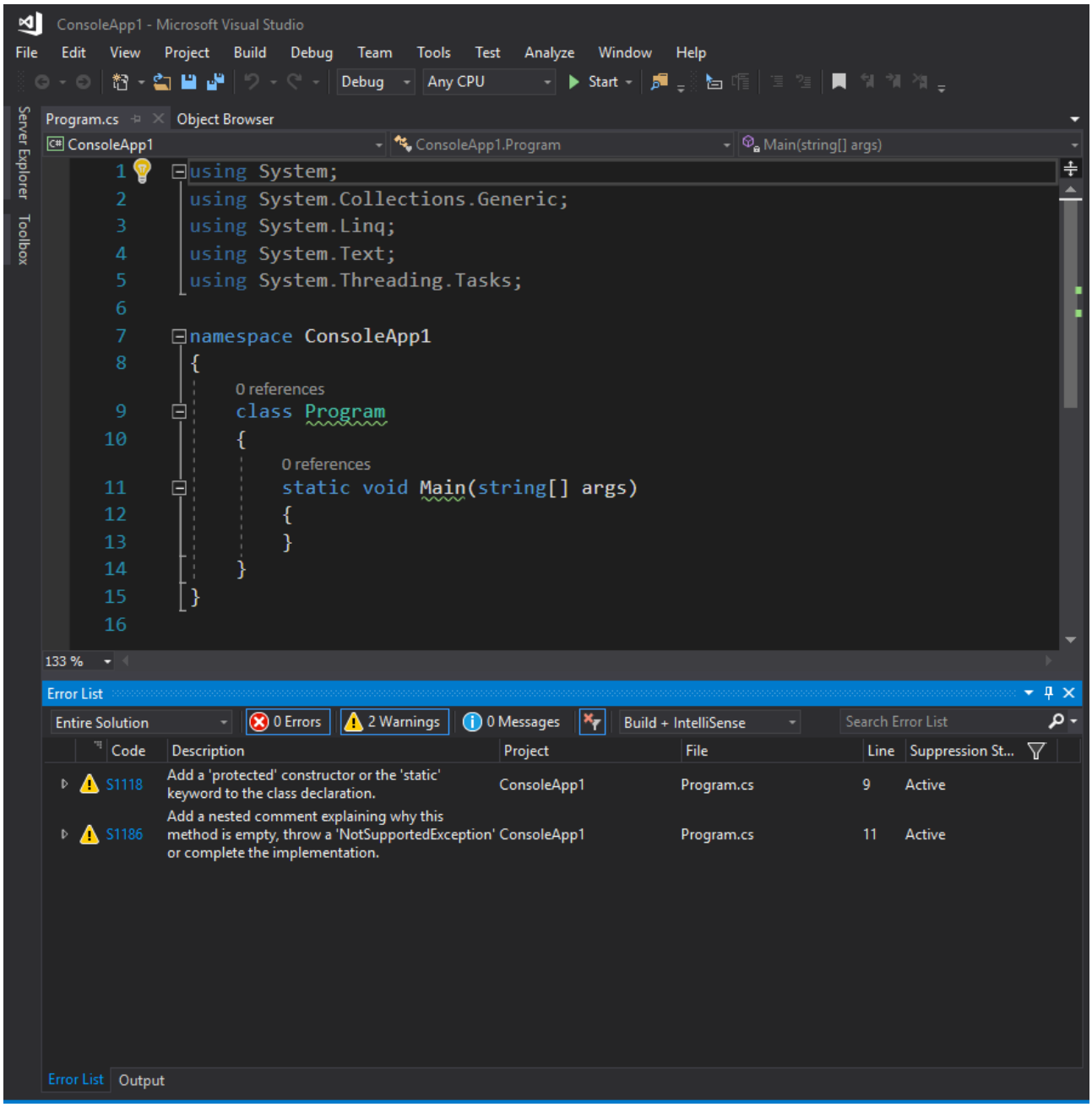


Figure 1: instruction-set

```
static class MyMathFunctions{
  //Fakultät der Zahl i
  public int fak(int i) {...}
  // Grösstergemeinsamer Teiler von i, j und k
  public int ggt(int i, int j, int k) {...}
}
```

Ein vollständiges Testen aller `int` Werte (2^{31} bis $2^{31}-1$) bedeutet für die Funktion `fak()` 2^{32} und für `ggt()` $2^{32} \cdot 2^{32} \cdot 2^{32}$ Kombinationen. Testen aller möglichen Eingaben ist damit nicht möglich. Für Variablen mit unbestimmtem Wertebereich (`string`) lässt sich nicht einmal die Menge der möglichen Kombinationen darstellen.

Black-Box-Testing / Spezifikationsorientiert

> Black-Box-Testing … Grundlage der Testfallentwicklung ist die Spezifikation des Moduls. Die Interna des Softwareelements sind nicht bekannt.

Die Güte der Testfälle ist definiert über die Abdeckung möglicher Kombinationen der Eingangsparameter.

Für Black-Box-Testing existieren unterschiedliche Ausprägungen:

- Äquivalenzklassenanalyse
- Grenzwertanalyse Link
- Ursache Wirkungsgraphen
- Zustandsbasierte Testmethoden

Problematisch ist dabei, dass spezifische Lösungen, wie zum Beispiel in folgendem Fall. Der Entwickler hat hier beschlossen die Performance der Berechnung der Fakultät zu steigern, um die Performance des Algorithmus für Werte kleiner 5 zu verbessern (hypothetisches Beispiel!).

```
static class MyMathFunctions{
  public int fak (int i){
    if ( i==1 ) return 0;
    elseif (i == 2) return 1;
    elseif  ... Ergebnisse für 3 und 4 ...
    elseif (i == 5) return 120;
    else return i * fak(i-1);
  }
}
```

Mit den alleinigen Testfällen `fak(5)==120`, `fak(6)==720` und `fak(10)==3628800` bleiben mögliche Fehler für `fak(1)` und `fak(2)` verborgen.

White-Box-Testing / Strukturorientiert

> White-Box-Testing … beim „quelltextbasierten Testen“ sind die Interna des getesteten Softwareelements bekannt und werden zur Bestimmung der Testfälle verwendet

White-Box-Testing-Verfahren zerlegen das Programm (statisch oder dynamisch) entsprechend dem Kontrollfluss. Die Güte der Testfälle wird danach beurteilt, wie groß der Anteil der abgedeckten Programmpfade ist. Die Bewertung kann dabei anhand differenzierter Metriken erfolgen:

- Zeilenabdeckung
- Anweisungsüberdeckung
- Zweigüberdeckung
- Pfadüberdeckung
- …

C_0 Anweisungsüberdeckung

Anweisungsüberdeckung (auch C_0-Test genannt) zerlegt das Programm statisch in seine Anweisungen und bestimmt den Anteil der in den Testfällen berücksichtigten Anweisungen. Üblich ist eine Prüfung von 95%-100% aller Anweisungen durch als $C-0$-Kriterium anzustreben:

$$C_0 = \frac{Anzahl berdeckte Anzahl}{Gesamtanzahl der Anweisungen}$$

```
static class MyMathFunctions{
  public int fak (int i){                    // Anweisung
    if ( i==1 ) return 0;                    // 1
    elseif (i == 2) return 1;                // 2
    elseif  ... Ergebnisse für 3 und 4 ...   // 3 - 4
    elseif (i == 5) return 120;              // 5
    else return i * fak(i-1);                // 6
  }
}
```

Der oben genannten Black-Box-Test $i = \{5, 6, 10\}$ adressierte lediglich 2 der Anweisungen und generiert damit ein $C_0 = \frac{2}{6} = 0.33$. Mit dem Wissen um die Codestruktur, kann der White-Box-Test sehr schnell den Nachweis erbringen, dass das gezeigte Black-Box-Vorgehen nur unzureichend die Qualität des Codes abprüft.

```
static class MyMathFunctions{
  public int fak (int i){                    // Anweisung
    int [] facArray = new int [10];          // 1
    facArray[0] = 1;                         // 2
    facArray[1] = 1;
    ...
    facArray[9] = 1;                         // 9
    // besser:
    // int [] facArray = new int[] { 1, 3, 5, 7, 9 };
    if ( i<10 ) return fakArray[i];          // 10 + 11
    else return i * fak(i-1);                // 12
  }
}
```

Mit dem Testfall $i = 1$ lassen sich hingegen vermeindlich $11/12 = 0.91$ der Anweisungen abdecken, die Fehleinschätzung ist aber offensichtlich. Gleichwohl sind die fest hinterlegten Werte aus Erfahrung heraus auch besonders anfällig für Copy-&-Paste-Fehler.

C_1 Zweigüberdeckungstest

Der Zweigüberdeckungstest umfasst den Anweisungsüberdeckungstest vollständig. Für den C1–Test müssen strengere Kriterien erfüllt werden als beim Anweisungsüberdeckungstest. Im Bereich des kontrollflussorientierten Testens wird der Zweigüberdeckungstest als Minimalkriterium angewendet. Mit Hilfe des Zweigüberdeckungstests lassen sich nicht ausführbare Programmzweige aufspüren. Anhand dessen kann man dann Softwareteile, die oft durchlaufen werden, gezielt optimieren.

Die Zyklomatische Komplexität gibt an, wie viele Testfälle höchstens nötig sind, um eine Zweigüberdeckung zu erreichen.

$$C_1 = \frac{AnzahlberdecktenZweige}{GesamtanzahlderZweige}$$

```
static class MyMathFunctions{
  public int fak (int i){                    // Verzweigungen
    int [] facArray = new int [10];          //
    facArray[0] = 1;                         //
    facArray[1] = 1;
    ...
    facArray[9] = 1;                         //
    // besser:
    // int [] facArray = new int[] { 1, 3, 5, 7, 9 };
    if ( i<10 ) return fakArray[i];          // 1. Verzweigung
    else return i * fak(i-1);                //
  }
}
```

Mit dem Testfall $i = 1$ ergibt sich eine C_1-Abdeckung von 0.5.

C_2 Pfadüberdeckung

Das C_1 Kriterium berücksichtigt keine Schleifen im zu untersuchenden Code. Der “Pfad” beschreibt gegenüber dem “Zweig” aber eben auch die mehrfache Ausführung ein und des selben Zweiges. Diese Untersuchung muss

entsprechend Schleifen in variabler Durchlaufzahl umsetzten.

C_3 Bedingungsüberdeckungstest

C_3 Tests extrahieren die Bedingungen die zum Eintritt in die Schleifen führen und generieren Testfälle, die alle Kombinationen abdecken.

```
static class MyMathFunctions{
  public int fak (int i){                    // Verzweigungen
    boolean a, b;
    if (a || b) { ... }
    else { ... }
  }
}
```

	Test	Testfälle im Beispiel
C_3a	Einfachbedingungsüberdeckungstest	2 (a = b = true sowie a = b = false)
C_3b	Mehrfachbedingungsüberdeckungstest	2^n
C_3c	minimaler Mehrfachbedingungsüberdeckungstest	$<= 2^n$

Und jetzt konkret!

Figure 2: alt-text

Zu Erinnerung: Testen ist der Vergleich eines Ergebnisses mit einem erwarteten Resultat.

Exkurs: Attribute in C

Im Folgenden werden wir Atttribute als Hilfsmittel verwenden. Entsprechend soll an dieser Stelle ein kurzer Einschub die Möglichkeiten dieser Zuordnung von Metainformationen zum C# Code verdeutlichen.

Attribute erlaube es Zusatzinformationen oder Bedingungen in Code (Assemblys, Typen, Methoden, Eigenschaften usw.) einzubinden. Nach dem Zuordnen eines Attributs zu einer Programmentität kann das Attribut zur Laufzeit mit einer Technik namens Reflektion abgefragt werden.

In C# sind Attribute Klassen, die von der Attribute-Basisklasse erben. Alle Klassen, die von Attribute erben, können als eine Art von „Tag“ für andere Codeelemente verwendet werden. Beispielsweise gibt es das Attribut ObsoleteAttribute. Mit diesem Attribut wird gekennzeichnet, dass der Code veraltet ist und nicht mehr verwendet werden sollte.

Beispiele für Standardattribute sind:

Name	Bedeutung
`[Obsolete], [Obsolete("ThisClass is obsolete. Use ThisClass2 instead.")]`	
`[Conditional("Test")]`	Wenn die Zeichenfolge nicht einer #define-Anweisung entspricht, werden alle Aufrufe dieser Methode (aber nicht die Methode selbst) durch den C#-Compiler entfernt.

Attribute werden in rechteckigen Klammern den jeweiligen Codeelementen vorangestellt. Es können mehrere davon kombiniert werden.

```
#define CONDITION1
#define CONDITION2
using System;
using System.Diagnostics;

class Test
{
  static void Main()
  {
    Console.WriteLine("Standard Code ");
    Method0(0);
    Console.WriteLine("Calling Method1");
    Method1(3);
    Console.WriteLine("Calling Method2");
    Method2();
  }

  public static void Method0(int x)
  {
      Console.WriteLine("Here we run actual algorithm.");
  }

  [Conditional("CONDITION1")]
  public static void Method1(int x)
  {
      Console.WriteLine("CONDITION1 is defined");
  }

  [Conditional("CONDITION1"), Conditional("CONDITION2")]
  public static void Method2()
  {
      Console.WriteLine("CONDITION1 or CONDITION2 is defined");
  }
}
```

Die Festlegung der Kompilierungsvorgänge anhand von Hinhalten der eigentlichen Code Dateien scheint “unglücklich”. Es bietet sich natürlich an, die zugehörigen Konfigurationen in unsere Projektdateien auszulagern.

```
using System;
using System.Diagnostics;

class Test
{
  static void Main()
  {
    Console.WriteLine("Standard Code ");
    Method0(0);
    Console.WriteLine("Calling Method1");
```

```
    Method1(3);
    Console.WriteLine("Calling Method2");
    Method2();
  }

  public static void Method0(int x)
  {
      Console.WriteLine("Here we run actual algorithm.");
  }

  [Conditional("CONDITION1")]
  public static void Method1(int x)
  {
      Console.WriteLine("CONDITION1 is defined");
  }

  [Conditional("CONDITION1"), Conditional("CONDITION2")]
  public static void Method2()
  {
      Console.WriteLine("CONDITION1 or CONDITION2 is defined");
  }
}
```

```
<Project Sdk="Microsoft.NET.Sdk">
  <PropertyGroup>
    <OutputType>Exe</OutputType>
    <TargetFramework>net5.0</TargetFramework>
    <DefineConstants>CONDITION2;</DefineConstants>
  </PropertyGroup>
</Project>
```

Idee 1: Eigenen Testmethoden

```
using System;

// Zu testende Klasse
public class Calculator
{
  public static int DivideTwoValues(double x, double y, ref double result){
    if (y != 0){
      result = x / y;
      return 0;
    }
    else return -1;
  }
}

// Testklasse
public class TestCalculator{
  public static void Test_DivideMethod(){
    double result = 0;
    int state = Calculator.DivideTwoValues(3,4, ref result);
    if ((state == 0) & (result == 0.75))
    {
      Console.WriteLine("Test bestanden !");
    }
    else{
      Console.WriteLine("Test fehlgeschlagen");
    }
  }
}
```

```
// Anwendungsprogramm
public class Program
{
  public static void Main(string[] args)
  {
    //double result = 0;
    //int state = Calculator.DivideTwoValues(3,4, ref result);
    //Console.WriteLine($"Das Ergebnis lautet {result}, der State {state}.");
    TestCalculator.Test_DivideMethod();
  }
}
```

Welche Funktionalität fehlt Ihnen in diesem Setup? Welche weitergehenden Features würden Sie für unsere Testmethoden vorschlagen.

Idee 2: Test-Frameworks

```
[TestClass]   // <-- Framework spezifisch
public class CalculatorTests
{
    [TestMethod]   // <-- Framework spezifisch
    public void TestMethod1()
    {
        // Arrange
        double result;
        double x = 3, y = 4;
        int state;
        double expected = 0.75;

        // Act
        int state = Calculator.DivideTwoValues(x, y, ref result);

        // Assert
        Assert.AreEqual(result, expected);
        //       ^---- Framework specifisch
    }
}
```

Vorteile:

- Leistungsfähige API (automatisierte Tests, variable Input-Parameter, Berücksichtigung von Exceptions)
- "Standardisiertes" Nutzungskonzept
- Integration in die Entwicklungsumgebungen

Nachteil:

- verschiedene Interpretationen und Performance der Frameworks

Die wichtigsten Tools unter C# sind xUnit, nunit, MSTest. Einen guten Überblick zum Vergleich der Schlüsselworte liefert Link

Hierzu nutzen wir das xunit Framework. Eine Folge von Tests für unsere `DivideTwoValues()` Methode könnte dann wie folgt aussehen.

```
using Xunit;

namespace MyMathMethods.Test
{
    public class Test_DivideTwoValues
    {
        [Fact]
        public void Check_StateEqualPositiveInputs()
        {
            // Arrange
```

```
            double result = 0;
            double dividend = 5;
            double divisor = dividend;
            int expected = 0;

            // Act
            var state = Calculator.DivideTwoValues(dividend, divisor, ref result);

            // Assert
            Assert.Equal(expected, state);
        }

        [Fact]
        public void Check_StateZeroAsDivended()
        {
            // Arrange
            double result = 0;
            double dividend = 5;
            double divisor = 0;
            int expected = -1;

            // Act
            var state = Calculator.DivideTwoValues(dividend, divisor, ref result);

            // Assert
            Assert.True(expected == state);
        }

        [Theory]                                                // Übergabe von variablen Parametersets
        [InlineData(10, 2, 5)]
        [InlineData(5, 2, 2.5)]
        [InlineData(double.MaxValue, double.MaxValue, 1)]    // Edge Cases
        [InlineData(double.MaxValue, 1, double.MaxValue)]
        public void Check_ResultCalculation(double dividend, double divisor, double expected)
        {
            // Arrange
            double result = 0;

            // Act
            var state = Calculator.DivideTwoValues(dividend, divisor, ref result);

            // Assert
            Assert.Equal(expected, result);
        }
    }
}
```

Wie setzen wir das Ganze um?

```
dotnet new sln -o unit-testing-example
cd unit-testing-example
dotnet new classlib -o CalcService         // Code der Divisionsoperation einfügen
mv CalcService/Class1.cs CalcService/Division.cs
dotnet sln add ./CalcService/CalcService.csproj
dotnet new xunit -o CalcService.Tests      // obigen Testcode einfügen
dotnet add ./CalcService.Tests/CalcService.Tests.csproj reference ./CalcService/CalcService.csproj
dotnet sln add ./CalcService.Tests/CalcService.Tests.csproj
```

Damit entsteht eine `solution`, die zwei `project` umfasst - die eigentliche Anwendung als `classlib` und die Testfälle.

```
.
├── CalcService
```

```
    ├── CalcService.csproj
    ├── Division.cs
├── CalcService.Tests
    ├── CalcService.Tests.csproj
    └── UnitTest1.cs
└── unit-testing-example.sln
```

Das Ausführen der Tests ist nun mit `dotnet test` möglich.

Eine automatische Generierung von Test Merkmalen ist mit Hilfe zusätzlicher Tools, die in dotnet integriert sind möglich.

```
dotnet add package coverlet.collector
dotnet tool install --global dotnet-reportgenerator-globaltool
dotnet tool install --global coverlet.console

dotnet test --collect:"XPlat Code Coverage" --results-directory:"./.coverage"
reportgenerator "-reports:.coverage/**/*.cobertura.xml" "-targetdir:.coverage-report/" "-reporttypes:HT
```

Das Argument “XPlat Code Coverage” bezieht sich auf das Zwischenformat der Darstellung. Das `./.coverage` dient zur Angabe des Verzeichnisses, in dem die Ergebnisse gespeichert werden sollen. Wenn keines angegeben wird, wird standardmäßig ein TestResults-Verzeichnis innerhalb jedes Projekts verwendet. `reportgenerator` erzeugt dann die entsprechende html-Repräsentation.

< Summary

Class:	CalcService.Calculator
Assembly:	CalcService
File(s):	/home/zug/Desktop/Vorlesungen/VL_Softwareentwicklung/code/16_Testen/unit-testing-example/CalcService/Division.cs
Covered lines:	6
Uncovered lines:	0
Coverable lines:	6
Total lines:	15
Line coverage:	100% (6 of 6)
Covered branches:	2
Total branches:	2
Branch coverage:	100% (2 of 2)

Metrics

Method	Branch coverage	Cyclomatic complexity	Line coverage
DivideTwoValues(...)	100%	2	100%

File(s)

/home/zug/Desktop/Vorlesungen/VL_Softwareentwicklung/code/16_Testen/unit-testing-example/CalcService/Division.cs

#	Line	Line coverage
	1	using System;
	2	
	3	namespace CalcService
	4	{
	5	public class Calculator
	6	{
6	7	public static int DivideTwoValues(double x, double y, ref double result){
11	8	if (y != 0){
5	9	result = x / y;
5	10	return 0;
	11	}
1	12	else return -1;
6	13	}
	14	}

Figure 3: instruction-set