

BACHELORARBEIT

im Studiengang Bachelor Informatik

Software-Test von Web-Applikationen

Ausgeführt von: Bernhard Posselt

Personenkennzeichen: 1010257029

Begutachter: MSc Benedikt Salzbrunn

Wien, 24. Mai 2013

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Ich versichere, dass die abgegebene Version jener im Uploadtool entspricht.“

Ort, Datum

Unterschrift

Kurzfassung

Die Durchführung und Erstellung von automatisierten Tests für Web-Applikationen unterscheidet sich von klassischen Applikationen. Aufgrund der komplexeren Infrastruktur und Modularisierung werden zusätzliche Testfälle und Strategien benötigt um Web-Applikationen ausreichend abzudecken und eine fortwährende Qualität zu gewährleisten. Diese Arbeit soll Möglichkeiten für den Test von Web-Applikationen anhand eines Projektes aufzeigen und Anpassungen und Anwendung der vier Testformen des V-Modells: Unit Test, Integration Test, System Test und Acceptance Test.

Schlagwörter: Webapplikationen, automatisierte Tests, Webtest

Abstract

Creation and execution of automatic web application tests is different from tests of classic applications. A more complex infrastructure and modularisation require additional testcases and strategies to guarantee a good enough test coverage which in return ensures constant quality. This thesis highlights various possibilities to test web applications based on a real world project and shows how to use and adjust the V-Model's four test methods: Unit Test, Integration Test, System Test and Acceptance Test.

Keywords: web applications, automatic tests, webtest

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Problemstellung	2
1.2 Lösungsansatz	2
1.3 Aufbau	2
2 Warum testen	4
2.1 Verschiedene Testarten	4
2.2 Manuelle Tests	4
2.3 Automatisierten Tests	5
2.4 Testen im Projektzyklus	5
2.5 Grenzen von Software-Tests	6
3 Testplan	7
3.1 Inhalt	7
3.2 Ablauf	7
3.3 Vorteile eines Testplans	8
4 Unterschiede zu klassischer Software	9
4.1 Modularer Aufbau	9
4.2 Unterstützung mehrerer Plattformen	9
4.3 Session Modell	10
5 Projektumfeld	11
6 Unit Test	12
7 Integration Test	13
7.1 Nicht Inkrementelle Testfallerstellung	13
7.2 Inkrementelle Testfallerstellung	13
8 System Test	14
9 Acceptance Test	15
10 Zusammenfassung	16
Literaturverzeichnis	17
Abbildungsverzeichnis	18
Abkürzungsverzeichnis	19

1 Einführung

Der Markt für elektronische Geräte hat in den letzten Jahren ein rasantes Wachstum erlebt, vor allem im Bereich der mobilen Geräte. Im Jahr 2011 wurden erstmals mehr mobile Geräte verkauft als PCs 1.1. Durch dieses Wachstum dehnt sich auch der Markt für Software-Applikationen auch auf mobile Geräte aus, welche zum Großteil andere Betriebssysteme und Applikations-Frameworks verwenden als traditionelle Computer 1.2. Viele dieser Plattformen erfordern das Erlernen von unterschiedlichen Programmiersprachen, Frameworks und Betriebssystemen [1][2]. Will ein/eine Software-EntwicklerIn eine Applikation plattformübergreifend anbieten, erfordert dies daher einen höheren Zeit- und Kostenaufwand.

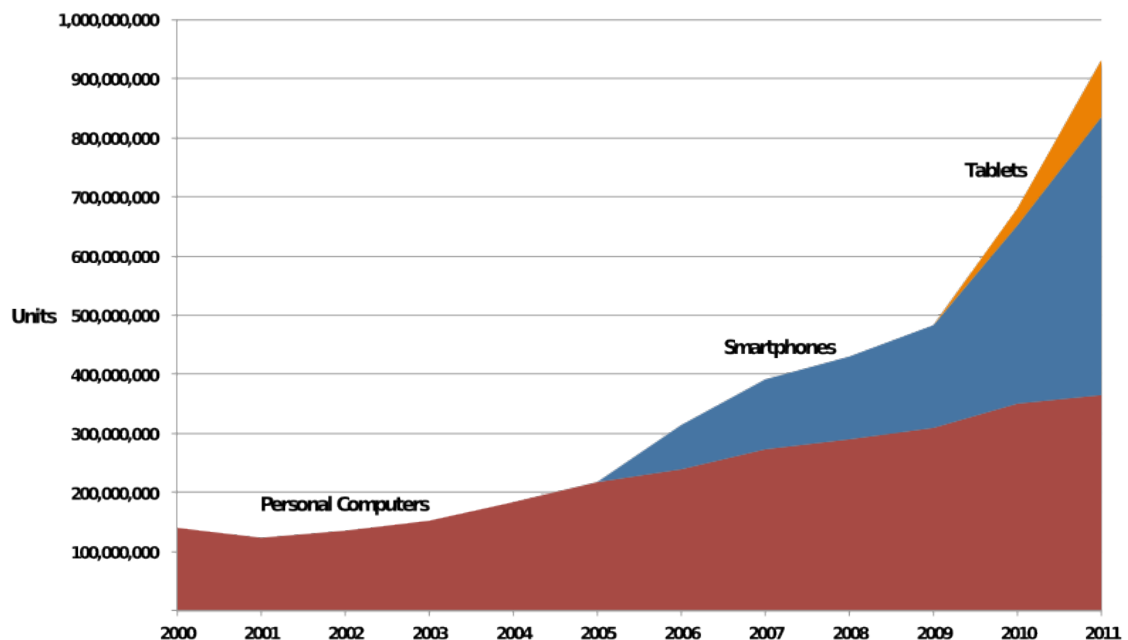


Abbildung 1.1: Entwicklung der PC und Mobilgerätverkäufe [3][S. 6]

Da viele dieser Mobilgeräte über einen Web-Browser verfügen, wird das Web als Applikations-Plattform immer attraktiver. Zudem erlauben Frameworks wie PhoneGap [4] dem/der EntwicklerIn eine plattformübergreifende Mobil-Applikation auf Basis von Web-Technologien zu erstellen, welche sich nahtlos in das System integrieren.

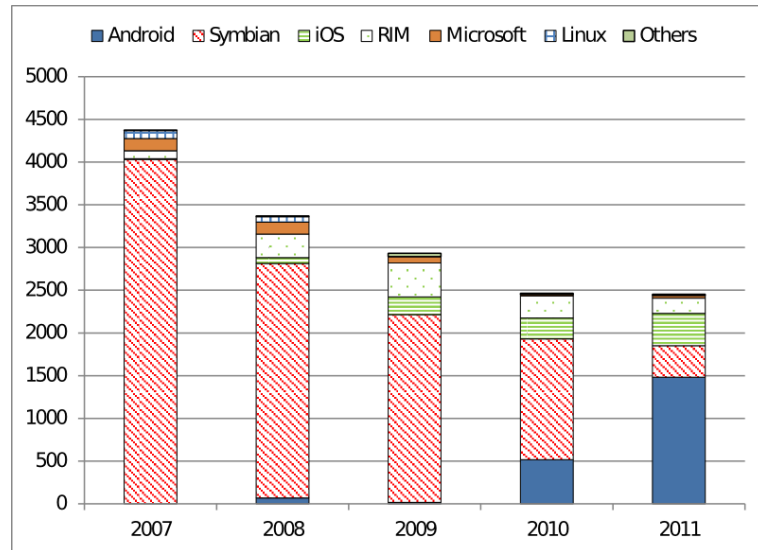


Abbildung 1.2: Marktanteil mobiler Betriebssysteme [5][S. 22]

1.1 Problemstellung

Aufgrund der Vielfalt an unterschiedlichen Web-Browsern erhöht sich jedoch auch der Testaufwand der Applikation. Die Browser implementieren die vom W3C vorgeschlagenen Standards ab und zu anders und in unterschiedlicher Geschwindigkeit. Nicht selten kommt es vor, dass gewisse Funktionen nur in einer eingeschränkten Auswahl von Web-Browsern voll funktionsfähig sind und zusätzliche Anpassungen erfordern. [6]

Ein weiteres Problem ist das verhaltene Upgradeverhalten der NutzerInnen. Im Falle des Internet Explorers 7 dauerte es mehr als 19 Monate bis rund die Hälfte der NutzerInnen auf die neue Version umgestiegen sind. [7][S. 3]

1.2 Lösungsansatz

Um eine konstante Qualität der Web-Applikation auf allen Plattformen zu gewährleisten, muss das bisherige Testsystem angepasst werden, um der höheren Komplexität von Web-Applikationen gerecht zu werden.

Diese Bachelorarbeit soll die zusätzlichen Herausforderungen beim Testen von Web-Applikationen aufzeigen. Des Weiteren soll sie einen Überblick über mögliche Anwendungen und Anpassungen der vier häufigsten Testarten - den Unit Tests, Integration Tests, System Tests und Acceptance Tests - im Bereich der Web-Applikationen geben.

Dazu wird anhand eines Projektes eine Test-Strategie erarbeitet und Beispiele für Tests gegeben.

1.3 Aufbau

Kapitel 2 behandelt den Sinn und die Grenzen des Software-Tests und wie er sich in den Entwicklungsprozess einbinden lässt.

In Kapitel 3 wird auf die Unterschiede zwischen klassischen Applikationen und Web-Applikationen eingegangen. Dadurch sollen zusätzliche Probleme, die sich durch das Applikations-Modell ergeben, aufgezeigt werden.

Die Planung und der Ablauf des Testprozesses durch die Verwendung eines Testplanes Kapitel 4 beschrieben.

Kapitel 5 beschäftigt sich näher mit dem praktischen Einsatz von Unit Tests, welche serverseitigen und clientseitigen Quellcode abdecken.

Das Thema des Integration Tests wird in Kapitel 6 behandelt und zeigt dessen Einsatzzweck bei Web-Applikationen.

Kapitel 7 behandelt den Systemtest und dem Test der verschiedenen Plattformen.

Kapitel 8 beschäftigt sich mit dem Thema des Acceptance Tests und wie dieser bei Web-Applikationen umgesetzt werden kann.

2 Warum testen

Keine Applikation ist fehlerfrei[8][S. 9]. Diese Fehler führen nicht nur zu unzufriedenen Kunden, sondern auch zu hohen Kosten: „Im Jahr 2000 wurde in den USA ein Schaden durch Softwarefehler in der Auto- und Flugzeugindustrie von 1,8 Milliarden US-Dollar errechnet. Dies entspricht ca. 16 % des Softwareumsatzes.“[9][S. 15]

Die Fehler-Rate wird auf ungefähr 3 pro 1.000 Zeilen geschätzt, was bei einer aufwendigeren Applikation mit 100 Millionen Zeilen Quellcode eine durchschnittliche Anzahl von 300.000 Fehlern ergibt [10][S. 10].

Je früher diese Fehler entdeckt werden, desto kostengünstiger können diese beseitigt werden [9][S. 17]. Daher ist es wichtig, möglichst früh mit dem Testen zu beginnen und den Software-Entwicklungsprozess dementsprechend anzupassen [9][S. 16].

2.1 Verschiedene Testarten

Eines der bekanntesten Testmodelle stellt das V-Modell dar 2.1. Dieses unterteilt die verschiedenen Testbereiche in vier Kategorien:

- Unit Test
- Integration Test
- System Test
- Acceptance Test

Im linken Bereich befinden sich die jeweiligen Schritte zur Erstellung der Applikation. Diesen gegenübergestellt werden die jeweiligen Testarten. Damit soll veranschaulicht werden, dass der Testprozess kein in sich geschlossener Abschnitt ist, sondern sich stark in den Entwicklungsprozess integriert [9][S. 23]

Diese vier verschiedenen Testarten lassen sich unterschiedlich gut manuell und automatisch testen.

2.2 Manuelle Tests

Manuelle Tests eignen sich vor allem im Bereich des System-Tests und Acceptance-Tests, da sich diese Bereiche oft schwer komplett automatisch testen lassen. Diese Tests umfassen unter anderem die Kontrolle der Übersetzungen und der Dokumentation. Auch die dazu gehörenden Usability-Tests lassen sich schwer bis überhaupt nicht automatisieren und erfordern zum Großteil manuelle Tests. [12][S. 61]

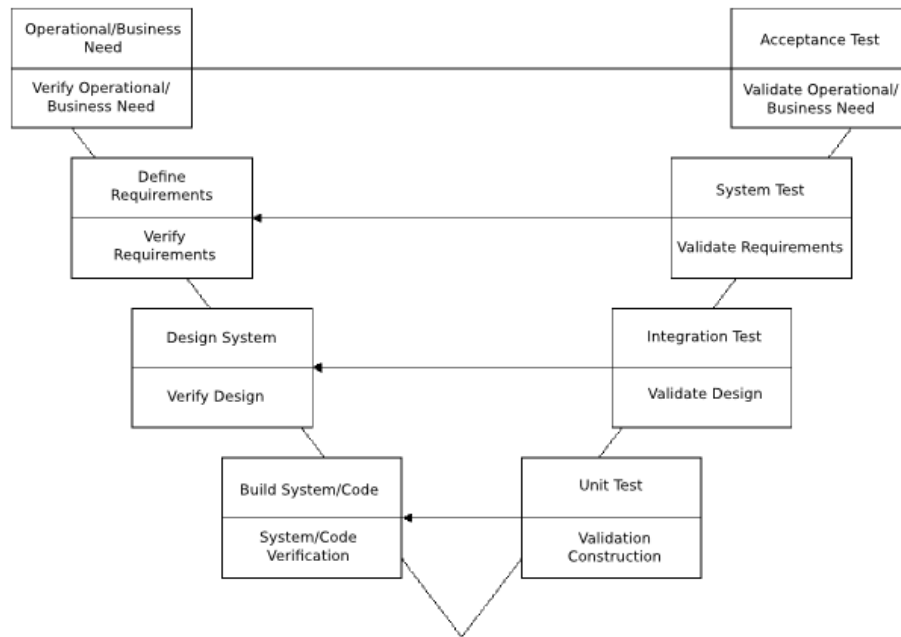


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung des V-Modells [11][S. 3]

2.3 Automatisierten Tests

Da die vorhandenen Tests durch die Einbindung in den Entwicklungsprozess öfters durchgeführt werden müssen, kann sich durch das manuelle Testen der immer gleichen Tests schnell eine gewisse Eintönigkeit einstellen. Das wiederum kann unter anderem dazu führen, dass Tester bestimmte Tests nicht korrekt oder ineffizient ausführen.

Dieses Problem kann durch eine Automatisierung des Testprozesses gelöst werden. Die Automatisierung erlaubt zudem bei zukünftigen Testdurchläufen eine Reduzierung auf ein Minimum des ursprünglichen Zeitaufwandes. Daher sollte versucht werden, möglichst viele dieser Tests zu automatisieren. [13][S. 22-23]. d Automatisierte Tests eignen sich besonders für Bereiche, die gut automatisiert getestet werden können. Dies betrifft vor allem die Unit-Tests und Integration-Tests, jedoch können auch System- und Acceptance Tests zum Teil automatisiert getestet werden, beispielsweise kann der Installationsprozess automatisch geprüft werden. Zudem kann es vorkommen, dass nicht genügend geschultes Personal für automatische Tests vorhanden ist. [14][S. 37]

Auch können automatisierte Tests rund um die Uhr ausgeführt werden, was eine effizientere Nutzung der Zeit garantiert.

2.4 Testen im Projektzyklus

Tests können jedoch nicht nur dazu verwendet werden, um Fehler in der Applikation zu finden, sondern auch um einen Überblick über den derzeitigen Stand der Implementation zu gewinnen: Sie geben dem/der EntwicklerIn und ProjektmanagerIn ein direktes Feedback über bereits korrekt implementierte Teile der Software-Spezifikation. Auch Milestones können durch Tests definiert werden. [13][S. 2]

Zudem ist eine Abschätzung riskanter Bereiche möglich, die durch eine erhöhten Testbedarf bestimmter Bereiche offensichtlich wird. [15][S. 34]

2.5 Grenzen von Software-Tests

Das Vorhandensein von Tests kann niemals eine komplett fehlerfreie Software garantieren, nur eine Abwesenheit von bestimmten Fehlern kann garantiert werden, nämlich jenen, die explizit mit Tests abgedeckt werden [10][S. 12]. Dies resultiert unter anderem daraus, dass die Anforderungen an die Software oft nicht komplett spezifiziert oder ungenau sind und die Komplexität der Applikation im Laufe der Entwicklung stark ansteigt. Zusätzlich können die Testfälle durch die vielen möglichen Eingaben lediglich einen kleinen Bereich der Funktionsweise abdecken [16][S. 243].

Es ist jedoch nicht erstrebenswert, die ganze Applikation mit Tests abzudecken, da dies zu hohen Entwicklungskosten führen kann. Idealerweise werden daher nur jene kritischen Fälle mit Tests abgedeckt, deren Fehlerkosten die Kosten für die Erstellung der Tests übertreffen. [10][S. 12]

Die implementierten Testfälle müssen auch regelmäßig gewartet und aktualisiert werden, um ihre Effektivität zu gewährleisten, denn diese nimmt auf Dauer ab. Es entsteht eine sogenannte „Testresistenz“ [10][S. 12], die daraus resultiert, dass die bestehenden Tests nur bekannte Fehlerfälle abdecken und neue mögliche Fehlerfälle nicht berücksichtigen. [10][S. 12-13]

3 Testplan

Mit dem Erstellen des Projektplanes sollte gleichzeitig auch ein Testplan erstellt werden [14][S. 24]. Dieser erlaubt, den Testprozess näher zu spezifizieren und somit den erforderlichen Aufwand besser abschätzen zu können [12][S. 18] und den Testprozess eventuell an ein externes Team auszulagern. Zusätzlich kann der Plan auch dazu verwendet werden, die Abnahmekriterien exakt zu definieren, um das Projektrisiko zu verringern. [14][S. 26]

3.1 Inhalt

Im Testplan werden unter anderem folgende Punkte behandelt [13][S. 3]:

- Was wird getestet? Welche Bereiche besitzen eine höhere Priorität als andere?
- Wo wird getestet? Mit welchen Konfigurationen, Soft- und Hardware Plattformen respektive Versionen werden getestet?
- Wie wird getestet? mit welchen Tools wird getestet?
- Wer testet?
- Wie lange wird getestet? Bis wann muss ein Test erfolgreich absolviert werden?
- Was wird nicht getestet?

3.2 Ablauf

Da die Entwicklung der Applikation meistens mit einem hohen Zeitdruck verbunden ist[16][S. 244] und der Testprozess zudem teuer ist [10][S. 24], ist es wichtig, die Testfälle heraus zu arbeiten, zu priorisieren und effektiv zu verteilen. Des Weiteren werden Endkriterien für die Tests veranschlagt und die optimale Teststrategie gewählt.

Danach folgt die Überprüfung des Testplans. Hier wird überprüft ob die einzelnen Testfälle genau genug beschrieben worden sind, um daraus die jeweiligen Testfälle erstellen zu können und ob die Teststrategien angemessen sind. Da die gesamten Anforderungen an die Applikation oft erst im Laufe des Projektes klar werden, muss der Testplan regelmäßig auf Korrektheit und Angemessenheit überprüft und dementsprechend angepasst werden. [10][S. 25]

Ist der Testplan soweit fertig, kann ein Zeitplan für die einzelnen Testfälle festgelegt werden. In weiterer Folge werden die einzelnen Tests an die TesterInnen vergeben, welche dann mit der Erstellung der dazu gehörigen Testfälle beginnen können.

Um den Ablauf der Tests zu beschleunigen, sollten unnötige Testdurchläufe vermieden werden. Dies wird mit der Erstellung eines Smoke-Tests erreicht, dessen Aufgabe es ist, essentielle Test-szenarien durchzutesten. Schlägen diese fehl, sind weitere Testdurchläufe nicht notwendig und der Testdurchlauf kann abgebrochen werden.

Nach dem Ausführen der Tests wird ein Bericht erstellt. Je nach Ausgang der Tests muss der Testplan angepasst werden. Verliefen alle Tests positiv, kann das Testen für die jeweilige Phase beendet werden. [10][S. 26]

3.3 Vorteile eines Testplans

Aufgrund der Dokumentation der Testfälle, ergeben sich zusätzlich folgende Vorteile:

- Fehlende Testfälle können schnell erkannt werden [12][S. 18]
- Redundante Testfälle werden identifiziert, Testfälle können zusammengelegt werden um Zeit zu sparen [15][S. 34]
- Verschiedene Testbereiche können an mehrere Personen mit unterschiedlichen Fachkenntnissen verteilt werden um Personalengpässe zu vermeiden [12][S. 19]
- Ineffiziente Test-Tools und Test-Strategien können erkannt und verbessert werden [10][S. 25]
- Geschäftskritische Bereiche und solche mit einer erhöhten Fehleranfälligkeit werden sichtbar [15][S. 34]. Dies ist vor allem wichtig, da Fehler ungleich verteilt sind und in bestimmten Bereichen häufiger vorkommen als in anderen [10][S. 12]
- Sinnlose Testfälle und Testbereiche können aussortiert werden
- Abhängigkeiten der Testfälle untereinander und der Implementation werden transparent und erlauben schnell auf Änderungen zu reagieren[13][S. 4]

4 Unterschiede zu klassischer Software

Eine Web-Applikationen unterscheidet sich an mehreren Stellen von einer klassischen Applikation, was das Testen und das Auffinden von Fehlern zusätzlich erschwert. Die Hauptunterschiede sind:

- Modularer Aufbau
- Plattformunabhängigkeit
- Session Modell

4.1 Modularer Aufbau

Im Gegensatz zu klassischen Desktop- oder Mobil-Applikationen bestehen Web-Applikationen wegen ihrer Client-Server-Architektur immer aus mehreren Modulen 4.1, die meist über ein Netzwerk miteinander verbunden sind.

Durch diesen modularen Aufbau ist es besonders schwer einen Fehler zu lokalisieren. Ein Fehler kann z.B. durch einen Fehler im Quellcode des Applikations-Servers oder durch ein Netzwerkproblem entstanden sein. [15][Foreword]

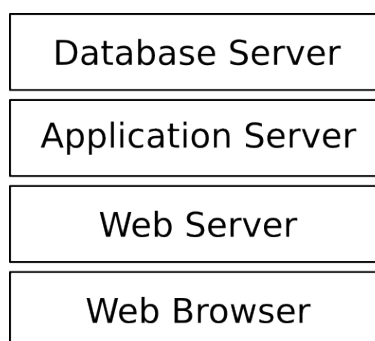


Abbildung 4.1: Schematischer Aufbau einer Web-Applikation

4.2 Unterstützung mehrerer Plattformen

Web-Applikationen laufen auf einer Vielzahl verschiedener Plattformen, Server- und Clientseitig. Dies ermöglicht dem/der EntwicklerIn Zeit und Aufwand zu sparen, befreit ihn/sie jedoch nicht von der Aufgabe, sicher zu stellen, dass die Applikation auf möglichst vielen Plattformen korrekt ausgeführt wird.

Während auf der Serverseite die jeweilig zu verwendenden Plattformen noch vom/von der BetreiberIn festlegbar sind, sprich welches Betriebssystem und welche Datenbank eingesetzt wird, ist dies auf der Clientseite schon nicht mehr möglich.

Die BesucherInnen der Webseite verwenden unterschiedliche Web-Browser auf verschiedenen Betriebssystemen, welche beide in unterschiedlichen Versionen vorliegen können. Auch können unterschiedliche Plugins und Fonts in unterschiedlichen Versionen installiert sein [15][Foreword]. Dies erhöht den Testaufwand, da bestimmte Funktionen nicht vorhanden sein bzw. anders funktionieren können [6].

Zudem verlagert sich auch immer mehr Applikations-Logik von der Server- auf die Clientseite[15][S. 13], was dieses Problem noch verstärkt. Außerdem stellt diese Verschiebung den/die EntwicklerIn vor noch größere Herausforderungen.

Web-Browser setzen stark auf asynchrone und eventbasierte Programmierung. Dies erschweert nicht nur die Erstellung von Testfällen sondern erhöht auch die möglichen Kombinationen, in der die Events eintreten können. Die Möglichkeit, dass durch eine Aktion, z.B. ein Mausklick auf einen Link, mehrere Events ausgelöst werden können erhöht die Komplexität noch mehr. [15][S. 18]

4.3 Session Modell

Eine weitere Herausforderung stellt das Session Modell von Web-Applikationen dar: viele Web-Applikationen verwenden nur eine Session pro NutzerIn, erlauben aber mehrere gleichzeitige Logins. Werden mehrere Instanzen der Applikation gestartet - z.B. loggt sich der/die NutzerIn auf dem Mobiltelefon und dem Laptop auf der Webseite ein - kann dies zu Synchronisationsproblemen zwischen den einzelnen Instanzen führen: Wird in einer Instanz ein Eintrag gelöscht, kann dieser durch eine fehlerhafte Synchronisation in einer andere Instanz immer noch existieren und in weiterer Folge zu Fehlern führen. [15][S. 20]

Diese Vielfalt an verschiedenen möglichen Konfigurationen und Herausforderungen erfordert eine neue Herangehensweise an das Thema Software-Test: Die bestehenden Techniken sind „zwar auch notwendig, aber nicht ausreichend, um die Qualität der Applikation sicherzustellen“ [14][S. 18]

5 Projektumfeld

6 Unit Test

Unit Tests werden verwendet, um Klassen, Module oder einzelne Komponenten zu testen. Sie sind Whitebox Tests, sprich die Implementationsdetails sind bekannt[9][S. 26], und werden üblicherweise vom Programmierer selbst erstellt.

Zu den Vorteilen von Unit Tests zählen:

- Gute Parallelisierbarkeit
- Sehr schnell ausführbar
- Früh einsetzbar
- Erlaubt die Aufteilung in kleine Teilprobleme
- Zeigt schwer zu verwendende Interfaces auf

Viele dieser Vorteile resultieren daraus, dass Unit Tests nicht auf andere Komponenten angewiesen sind, da diese üblicherweise durch Mocks bereitgestellt werden.

Nur Unit Tests alleine reichen jedoch nicht aus, um das Projekt komplett abzudecken, da sie keine Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten testen. Auch Tests für verschiedene Datenbanken können dadurch nicht abgedeckt werden. [12][S. 52][9][S. 28]

7 Integration Test

Integration Tests werden verwendet, um die Kommunikation zwischen einzelnen Klassen, Modulen und Komponenten zu testen. Dadurch, dass sie auf einander aufbauen, können sie meistens nicht direkt von Anfang an erstellt werden. Zudem müssen jedoch nicht mehr Implementationsdetails getestet werden, da dies schon von den Unit Tests erledigt wurde. [12][S. 53-54]

Durch die vielen möglichen Kombinationen der einzelnen Module gibt es keine allgemein gültige Implementations-Strategie [9][S. 29]. Die zwei häufigsten verwendeten Methoden zur Erstellung der Testfälle sind:

- Nicht Inkrementelle Testfallerstellung
- Inkrementelle Testfallerstellung

7.1 Nicht Inkrementelle Testfallerstellung

Wird die nicht inkrementelle Testfallerstellung genutzt, werden die nicht vorhandenen Module mit Mocks ersetzt. Ist das gemockte Modul implementiert, wird das Mock dadurch ersetzt.

Dies mag vor allem am Anfang sehr aufwendig erscheinen, erlaubt jedoch schon von Anfang die Kommunikation zwischen den einzelnen Bereichen komplett zu testen. Auf diese Weise kann sehr schnell ein Überblick über den Implementationsstand der Software erlangt werden. Deshalb eignet sich diese Methode besonders für Agile Entwicklung. [12][S. 54-59]

7.2 Inkrementelle Testfallerstellung

Bei der inkrementellen Testfallerstellung werden alle vorher erstellten Module in die neuesten Tests miteinbezogen. Dadurch werden die zuerst erstellten Module am Besten getestet.[12][S. 54-59]

Dies eignet sich vor allem dann, wenn es bestimmte Module mit einer hohen Komplexität und Fehlerdichte gibt und das Erstellen von Mocks sehr schwer und aufwendig ist. [12][S. 59]

8 System Test

9 Acceptance Test

10 Zusammenfassung

Literaturverzeichnis

- [1] "Android Developer Website," Website, Google, 2013, <http://developer.android.com/> [Zugang am 20.05.2013].
- [2] "iOS Dev Center," Website, Apple, 2013, <https://developer.apple.com/devcenter/ios/index.action> [Zugang am 20.05.2013].
- [3] H. Blodget, "The future of mobile," 2011.
- [4] "PhoneGap Website," Website, Adobe, 2013, <http://phonegap.com/> [Zugang am 20.05.2013].
- [5] E. T. u. K. M. Koeder, Marco Josef, "Mobile ecosystems in global transition: Driving factors of becoming a mobile ecosystem enabled. A comparison between the US and Japan," 2012.
- [6] "Can I use... Compatibility tables for support of HTML5, CSS3, SVG and more in desktop and mobile browsers," Website, 2013, <http://caniuse.com/> [Zugang am 20.05.2013].
- [7] G. O. u. M. M. Stefan Frei, Thomas Duebendorfer, "Understanding the web browser threat: Examination of vulnerable online web browser populations and the 'insecurity iceberg'," *ETH Zurich Tech Report Nr. 288*, 2008.
- [8] M. Schmidt, "An Empirical Investigation of Human-Based and Tool-Supported Testing Strategies," Master's thesis, Technische Universität Wien, 2011.
- [9] F. Richter, "Betriebliche Einführung von automatischen Softwaretests unter Berücksichtigung ökonomischer und technischer Rahmenbedingungen," Master's thesis, Technische Universität Wien, 2007.
- [10] M. Oberreiter, "Evaluierung, Konzeption und Härtung eines Testprozesses für automatisierte Regressionstests in einem mittelgroßen Entwicklungsszenario," Master's thesis, Technische Universität Wien, 2011.
- [11] S. Nageswaran, "Test effort estimation using use case points," *Quality Week 2001, San Francisco, California*, 2001.
- [12] C. Dobritzhofer, "Towards Test Methodologies for Developing Large Systems," Master's thesis, Technische Universität Wien, 1994.
- [13] A. Waser, "Test Automation A Case Study," Master's thesis, Technische Universität Wien, 2002.
- [14] S. Avci, "Evaluieren von automatisierten Tests bei Web-Applikationen," Master's thesis, Technische Universität Wien, 2010.
- [15] H. Q. Nguyen, *Testing Applications on the Web*. Wiley Computer Publishing, 2001.
- [16] D. W. Hoffmann, *Software-Qualität*. Springer, 2008.

Abbildungsverzeichnis

1.1	Entwicklung der PC und Mobilgerätverkäufe	1
1.2	Marktanteil mobiler Betriebssysteme	2
2.1	Schematische Darstellung des V-Modells	5
4.1	Schematischer Aufbau einer Web-Applikation	9

Abkürzungsverzeichnis

www World Wide Web
W3C World Wide Web Consortium