

Testbarkeitsfaktoren und Testaufwand: Ergebnisse dreier Umfragen

Stefan Jungmayr

Abstract: Um den Testaufwand unter Kontrolle zu halten und die Testeffektivität zu erhöhen ist es wichtig, die Testbarkeit der Software gezielt zu verbessern. Konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit wurden bereits in größerer Zahl veröffentlicht, es mangelt bislang aber an Grundlagen für die gezielte Priorisierung dieser Maßnahmen. Dieser Artikel beschreibt den Aufbau sowie die Ergebnisse dreier Umfragen zur Wirkung von Testbarkeitsfaktoren auf den Testaufwand. Untersucht wurden Testbarkeitsfaktoren mit Bezug zu den Anforderungen, zum Programm und zu Prozessaspekten mit Auswirkung auf die Anforderungsdokumente. Wesentliches Ergebnis der Umfrage ist, dass den Anforderungen die größte Wirkung auf den Testaufwand zugesprochen wurde und der Beobachtbarkeit bzw. Kontrollierbarkeit eine größere Wirkung als der Programm-Komplexität.

Keywords: Test, Testbarkeit, Testaufwand, Entwicklungsprozess, Anforderungen

1 Einleitung

Der Testaufwand umfasst etwa 25% bis 50% des gesamten Entwicklungsaufwands [3]. Um den Testaufwand zu reduzieren bzw. die Testeffektivität zu erhöhen ist es wichtig, die Testbarkeit der Software gezielt zu verbessern. Testbarkeit ist der Grad, zu dem ein Software-Produkt den Test in einem gegebenen Testkontext ermöglicht. Einige Ansätze zur Verbesserung der Testbarkeit wie z.B. die testgetriebene Entwicklung [1] und die anforderungsgetriebene Testbarkeitsentwicklung [2] wurden bereits beschrieben. Es fehlen aber Informationen über den Einfluss der Testbarkeit auf den Testaufwand, sodass für eine Priorisierung der Verbesserungsmaßnahmen eine solide Grundlage fehlt.

Die in diesem Artikel beschriebenen Umfragen haben das Ziel, den Einfluss unterschiedlicher Faktoren auf den Testaufwand zu bewerten. Die Umfragen sind inhaltlich größtenteils identisch und wurden zu drei Zeitpunkten durchgeführt:

- **Umfrage A** fand am 17. November 2005 in München im Rahmen des 23. Treffens der GI-Fachgruppe TAV [5] mit 24 Umfrageteilnehmern (vorwiegend Tester, Testmanager und Hochschullehrer) statt.
- **Umfrage B** fand am 29. und 30. November 2005 an der Technischen Akademie Esslingen (TAE) im Rahmen des Kolloquiums „Testen im Entwicklungsprozess“ mit 16 Umfrageteilnehmern statt. Der Fragebogen war aufgrund des Feedbacks von Umfrage A leicht adaptiert und erweitert worden.
- **Umfrage C** fand am 28. März 2006 im Rahmen des Treffens der Fachgruppe „Software-Test“ des ASQF

mit 11 Umfrageteilnehmern statt und ist inhaltlich mit Umfrage B identisch.

Die Details der Umfragen A, B und C (sowie die Adaptionen in Umfrage B) sind in [4] beschrieben. Untersucht wurden in den Umfragen schwerpunktmäßig Testbarkeitsfaktoren aus den folgenden Bereichen:

- Testbarkeit der Anforderungen,
- Testbarkeit des Programms,
- Prozessaspekte mit Auswirkung auf die Anforderungsdokumente.

Die Teilnehmer konnten bei jeder Frage die Wirkung auf den Testaufwand wie folgt bewerten: „hoch“, „mittel“, „niedrig“ und „keine Wirkung“.

Die folgenden Kapitel 2 bis 4 enthalten die kombinierte Auswertung der Antworten für die Umfragen A, B und C. Die Einzelergebnisse der Umfragen sind in [4] dargestellt.

2 Testbarkeit der Anforderungen

Die in Dokumenten festgehaltenen Anforderungen sind die Grundlage für die Testfallspezifikation. Dementsprechend haben Eigenschaften der Anforderungen einen starken Einfluss auf den Aufwand von Testaktivitäten wie z.B. Testfalldefinition und Testauswertung.

Folgende Testbarkeitsfaktoren beziehen sich auf die Testbarkeit der Anforderungen und wurden bei der Umfrage berücksichtigt:

- Komplexität der Anforderungen,
- Abhängigkeiten zwischen Anforderungen,
- testbare Formulierung der Anforderungen,
- Priorisierung der Anforderungen.

Abbildung 1 enthält die Beschreibung der Testbarkeitsfaktoren, wie sie in der Umfrage gegeben wurde.

1.1 Komplexität

Die Bestimmung des erwarteten Testergebnisses ist schwierig oder zu aufwendig (z.B. bei Simulation, NP-hartes Problem, komplexe graphische Operation).

1.2 Abhängigkeiten

Anforderungen können nicht isoliert geprüft werden, da sie zu eng verwoben sind.

1.3 Testbare Formulierung

Anforderungen können nicht objektiv geprüft werden, da sie nicht quantitativ formuliert bzw. unzureichend detailliert sind.

1.4 Priorisierung

Die Anforderungen sind nicht priorisiert. Eine Priorisierung der Testfälle ist daher nicht möglich.

Abbildung 1: Testbarkeitsfaktoren bzgl. Anforderungen

Ergebnisse: Die Umfrageteilnehmer gaben an, dass die Komplexität der Anforderungen sowie die Abhängigkeiten zwischen den Anforderungen den größten Einfluss auf den Testaufwand haben (Abbildung 2). Der testbaren Formulierung von Anforderungen wurde eine geringere Bedeutung zugemessen, der Priorisierung der Anforderungen die geringste Wirkung.

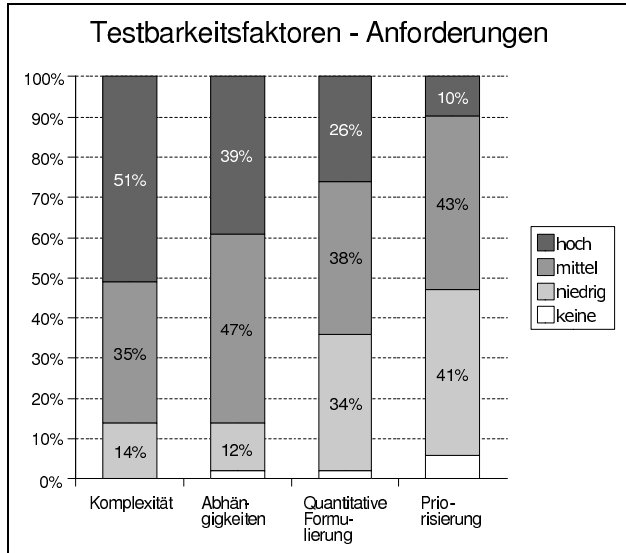


Abbildung 2: Antworten zu Testbarkeitsfaktoren bzgl. der Anforderungen

3 Testbarkeit des Programms

Folgende Testbarkeitsfaktoren beziehen sich auf die Testbarkeit des Programms und wurden bei der Umfrage berücksichtigt:

- Komplexität,
- Isolierbarkeit,
- Trennung der Verantwortlichkeiten,
- Kontrollierbarkeit,
- Beobachtbarkeit,
- Verständlichkeit,
- Automatisierbarkeit,
- Diagnostizierbarkeit,
- Fehler-Lokalisierbarkeit,
- Robustheit,
- Heterogenität.

Abbildung 3 enthält die Beschreibung der Testbarkeitsfaktoren, wie sie in der Umfrage gegeben wurde.

<p>2.1 Komplexität Die Komplexität der Realisierung (z.B. Komplexität von Schnittstellen, Kontrollfluss, Vererbung, Verteiltheit, Parallelität) ist im Verhältnis zum Anwendungsproblem zu hoch, die praktisch erreichbare Überdeckung zu gering.</p> <p>2.2 Isolierbarkeit Das Testobjekt kann aufgrund von Abhängigkeiten nicht isoliert getestet werden.</p> <p>2.3 Trennung der Verantwortlichkeiten Die Testobjekte haben keine klar abgrenzte Verantwortlichkeit.</p>
--

<p>2.4 Kontrollierbarkeit Für ein Testobjekt bzw. eine Testressource (z.B. Datenbank) kann z.B. folgendes nicht erreicht werden: 1) für den Test erforderlicher Initialzustand, 2) gewünschter Kontrollfluss, 3) gewünschter Ausgabewert, 4) deterministisches Systemverhalten.</p> <p>2.5 Beobachtbarkeit Die Test(zwischen)ergebnisse können nicht oder nur schwer beobachtet werden, bzw. werden (z.B. bei Echtzeitsystemen) durch die Beobachtung selbst verfälscht und damit ungültig.</p> <p>2.6 Verständlichkeit Die Test(zwischen)ergebnisse können nicht (ausreichend) interpretiert werden (z.B. durch impliziten Kontrollfluss, fehlende Dokumentation, Performanz-Tuning).</p> <p>2.7 Automatisierbarkeit Tests können nicht ausreichend automatisiert werden oder dauern zu lange. Die Automatisierung wird nicht ausreichend durch verfügbare Testtools unterstützt.</p> <p>2.8 Diagnostizierbarkeit Das System kann seine Integrität nicht durch einen Selbst-Test selbst prüfen. Der Tester kann an das System keine selbst-definierten Abfragen bzgl. des Systemzustands stellen.</p> <p>2.9 Fehler-Lokalisierbarkeit Fehler lassen sich nicht ausreichend der verursachenden Software-Einheit zuordnen.</p> <p>2.10 Robustheit Nach dem Auftreten von Systemfehlern können die verbleibenden Tests nicht oder nur mehr eingeschränkt ausgeführt werden.</p> <p>2.11 Heterogenität Eine Vielzahl von Hardware-, Middleware-, Software- und Entwicklungs-Plattformen, Programmiersprachen etc. erhöht den Testaufwand.</p>
--

Abbildung 3: Antworten zu Testbarkeitsfaktoren bzgl. des Programms

Ergebnisse: Abbildung 5 zeigt die Testbarkeitsfaktoren, sortiert nach der Antwortkategorie „hoch“¹. Aufgrund der Teilnehmerantworten bildet der Autor die in Tabelle 1 dargestellten vorläufigen Gruppen von Testbarkeitsfaktoren hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Testaufwand.

Wirkung auf Testaufwand	Testbarkeitsfaktor bzgl. Programmierung
größte Wirkung	Beobachtbarkeit Kontrollierbarkeit
zweitgrößte Wirkung	Komplexität Automatisierbarkeit Isolierbarkeit Heterogenität
drittgrößte Wirkung	Robustheit Fehler-Lokalisierbarkeit Verständlichkeit
viertgrößte Wirkung	Diagnostizierbarkeit Trennung der Verantwortlichkeiten

Tabelle 1: Rangfolge der Testbarkeitsfaktoren bzgl. Programmierung

¹ In [4] ist eine alternative Sortierung der Testbarkeitsfaktoren dargestellt.

Weitere Untersuchungen sind sicherlich notwendig, um u.a. die Rangfolge des Faktors Beobachtbarkeit abzusichern oder zu verschieben.

4 Prozess-Unterstützung

Auch der Entwicklungsprozess hat einen Einfluss auf den Testaufwand. Im Rahmen der Umfrage wurden schwerpunktmäßig Faktoren mit einem direkten Bezug zur Testreferenz (d.h. zu den Anforderungen) untersucht sowie zwei Faktoren zu Testumfang und Testdaten:

- Verfügbarkeit der Testreferenz (nur Umfrage B),
- Verfolgbarkeit der Testreferenz,
- Aktualität der Testreferenz,
- Stabilität der Testreferenz,
- Klarheit des Testumfangs (nur Umfrage B),
- Verfügbarkeit der Testdaten (nur Umfrage B).

Abbildung 4 enthält die Beschreibung der Testbarkeitsfaktoren, wie sie in der Umfrage gegeben wurde.

<p>3.1 <i>Verfügbarkeit der Testreferenz</i> Die Anforderungen sind nicht dokumentiert.</p> <p>3.2 <i>Verfolgbarkeit der Testreferenz</i> Die Anforderungen und der Entwurf zu einem Softwaremodul sind schwer oder gar nicht aufzufinden.</p> <p>3.3 <i>Aktualität der Testreferenz</i> Die Dokumentation der Anforderungen bzw. der Realisierung ist nicht aktuell.</p> <p>3.4 <i>Stabilität der Testreferenz</i> Die Änderungsrate der Anforderungen bzw. der Realisierung ist zu hoch.</p> <p>3.5 <i>Testumfang</i> Der Umfang der zu testenden Anforderungen im aktuellen Release ist unklar (z.B. bei iterativen Entwicklungsprozessen).</p> <p>3.6 <i>Testdaten</i> Die notwendigen Testdaten sind nicht ausreichend vorhanden bzw. zugänglich.</p>
--

Abbildung 4: Testbarkeitsfaktoren bzgl. Prozessunterstützung

Ergebnisse: Abbildung 6 zeigt die Antworten der Teilnehmer, sortiert nach der Anzahl der Antworten „hoch“. Demnach haben die Verfügbarkeit, Verfolgbarkeit und Stabilität der Testreferenz einen größeren Einfluss auf die Testkosten als die Verfügbarkeit der Testdaten, die Aktualität der Testreferenz und die Klarheit des Testumfangs.

5 Vergleich der Gruppen von Testbarkeitsfaktoren

Vergleicht man die Prozentzahlen der Kategorie „hoch“ der stärksten Testbarkeitsfaktoren zwischen den Gruppen (d.h. zwischen den Testbarkeitsfaktoren bzgl. Anforderungen, Programmierung und Prozessunterstützung), so kann man folgende Rangfolge bilden:

- Die Testbarkeitsfaktoren zur Prozessunterstützung haben die höchsten Werte bei der Antwortkategorie „hoch“ erzielt: 63%, 51%, etc. (siehe Abbildung 6).
- Die Testbarkeitsfaktoren zu den Anforderungen haben die zweithöchsten Werte bei der Antwortkategorie „hoch“ erreicht: 51%, 39%, etc. (siehe Abbildung 2). Die Testbarkeitsfaktoren zur Programmierung bekamen Bewertungen in ähnlicher Höhe, beginnend mit 48% und 43% (siehe Abbildung 5).

6 Zusammenfassung und Diskussion

Die kleine Stichprobengröße lässt noch keine endgültigen Aussagen zu, die folgenden Trends lassen sich aber feststellen:

- Den größten Einfluss auf die Testkosten sprechen die Umfrageteilnehmer den Anforderungen zu, wobei die prozessbezogenen Aspekte Verfügbarkeit, Verfolgbarkeit und Stabilität der Anforderungen höher bewertet werden als die eigentlichen Eigenschaften der Anforderungen wie Komplexität und Abhängigkeiten.
- Bei den Eigenschaften des Programms bewerteten die Umfrageteilnehmer die Kontrollierbarkeit und Beobachtbarkeit am stärksten mit der Kategorie „hoch“. Erst in zweiter Linie sollen die Kosten von der Heterogenität, Isolierbarkeit, Komplexität und Robustheit der Testobjekte abhängen. Bemerkenswert ist, dass die Komplexität meist nicht an erster Stelle genannt wird.

Um die Ergebnisse dieser Studie zu validieren sind weitere Umfragen mit mehr Teilnehmern erforderlich. Für die praktische Anwendung der Ergebnisse wäre auch eine Differenzierung der Statistik z.B. nach der Anwendungsdomäne (eingebettete Systeme, Echtzeitsysteme, Informationssysteme) oder Kritikalität der Software nützlich.

Empirische Untersuchungen zur Wirkung von Testbarkeitsfaktoren auf den Testaufwand wären erstrebenswert – bis diese aber in ausreichender Zahl vorliegen, werden wohl noch einige Jahre vergehen. In der Zwischenzeit können Tester und Entwickler Umfragen wie diese als eine pragmatische Informationsquelle nutzen.

Hinweis: Weitere Informationen zum Thema Testbarkeit sowie Kontaktmöglichkeiten zum Autor bietet die Website [7].

Danksagungen: Vielen Dank an Falk Fraikin, Matthias Hamburg und Mario Winter für ihre Reviews und Vorschläge zu Draft-Versionen des Fragebogens und dieses Artikels. Ebenso vielen Dank an die Teilnehmer der Umfrage für ihre Bereitschaft zur Mitwirkung.

7 Referenzen

- [1] J. Link, *Softwaretests mit JUnit: Techniken der testgetriebenen Entwicklung*, 2. Auflage, dpunkt, 2005.
- [2] S. Jungmayr, *Testbarkeit im Entwicklungsprozess*. In Proceedings des Kolloquiums "Testen im System- und

- [3] A. Spillner, T. Linz. *Basiswissen Softwaretest: Aus- und Weiterbildung zum Certified-Tester*. dpunkt, 2003.
- [4] S. Jungmayr. *Testbarkeitsfaktoren und Testaufwand: Auswertung dreier Umfragen*. URL:

- [5] <http://www.gm.fh-koeln.de/~winter/tav/>
- [6] <http://toop.gi-ev.de/>
- [7] <http://www.testbarkeit.de/>

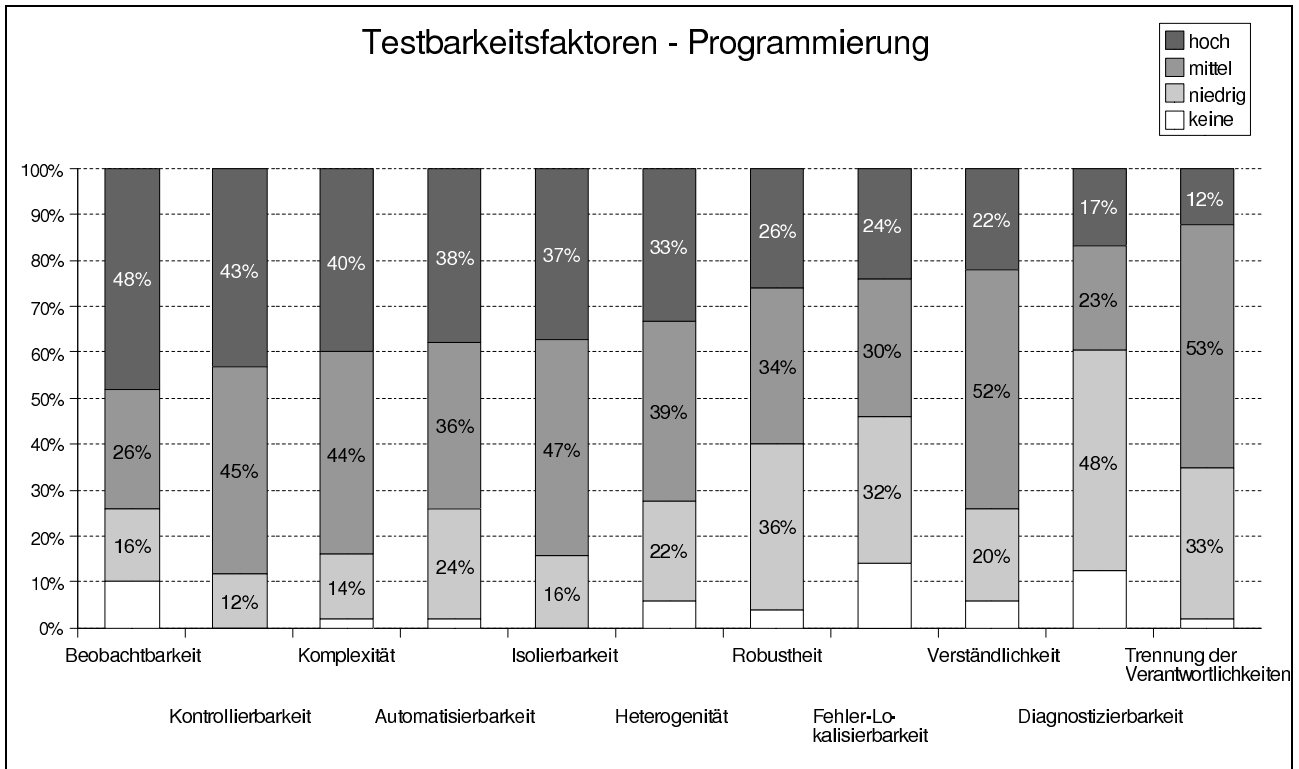


Abbildung 5: Antworten zu Testbarkeitsfaktoren bzgl. des Programms

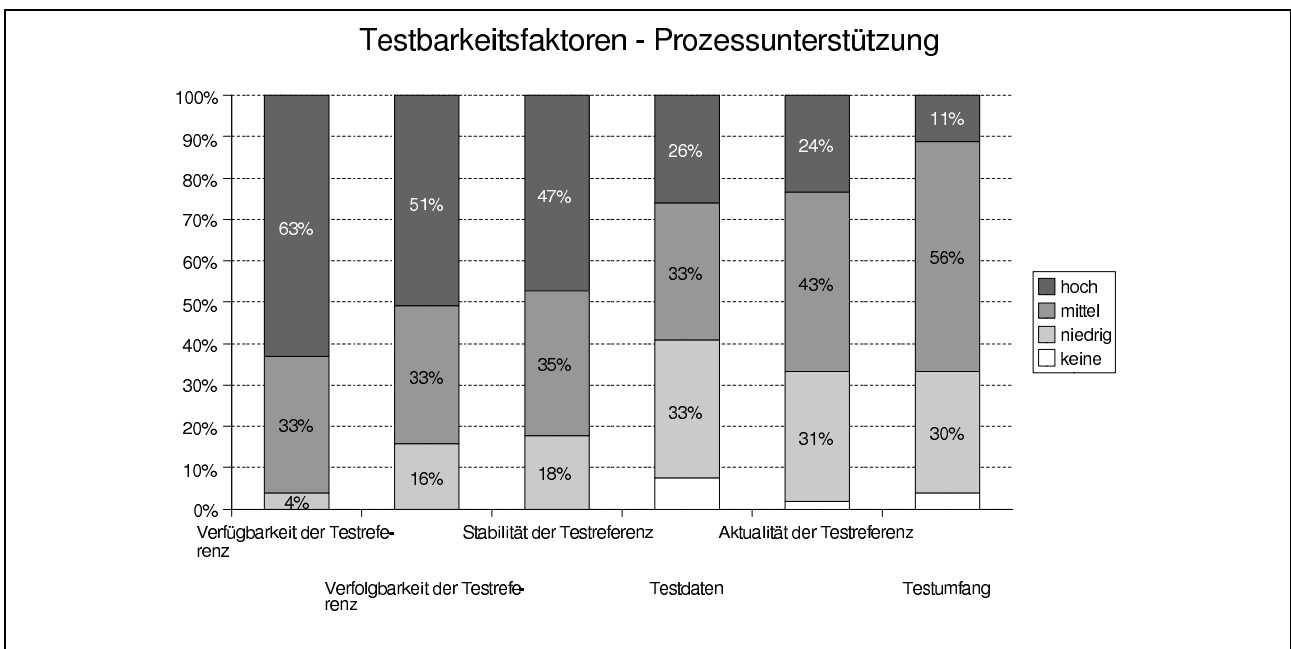


Abbildung 6: Antworten zu Testbarkeitsfaktoren bzgl. der Prozessunterstützung