

T4Q: Testen für Qualität

Testen ist heute integraler Bestandteil jeder Projektplanung. Dennoch wird diese Disziplin häufig immer noch als notwendiges Übel aufgefasst. Dabei ist Testen keineswegs ein Selbstzweck, sondern vielmehr der „Enabler“ der Qualität eines IT-Systems. Aber das nur, wenn Testen als mehr verstanden wird als das stumpfe Ex-Post-Prüfen funktionaler Anforderungen der fertigen Applikation.¹⁾

„Errare humanum est“ (Irren ist menschlich), das hat bereits der griechische Philosoph Seneca erkannt. Im Allgemeinen wird daraus häufig die Konklusion abgeleitet, diese Fehleranfälligkeit sei als menschlich zu akzeptieren. Seneca selbst ging allerdings mit seinen Gedanken einen Schritt weiter und hat mit dem Zusatz „Sed in errare perseverare diabolicum“ (Aber auf dem Irrtum zu bestehen, ist teuflisch) auch gleich die präferierte Lösungsstrategie verraten: Fehler entstehen zwangsläufig und müssen korrigiert werden (vgl. [Hir00]). Bezogen auf den Mensch als ein mit der Umwelt interagierendes Wesen bedeutet dies entlang des der IT entlehnten EVA-Konzepts (*Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe*) die folgenden drei grundsätzlich möglichen Fehlerquellen:

- **Wahrnehmungsfehler (Eingabe):** Der Mensch nimmt seine Umgebung wahr und erstellt ein mentales Denkmodell. Hierbei können Fehler entstehen, d.h. die geistige Weiterverarbeitung basiert auf falschen Informationen. Beispiele für solche Wahrnehmungsfehler sind optische Täuschungen.
- **Denkfehler (Verarbeitung):** Der Mensch verarbeitet Informationen und reichert das mentale Modell mit Mitteln der Logik weiter an. Bei der Erstellung logischer Schlussfolgerungen können Fehler entstehen, d.h. trotz korrekter Ausgangsmodelle entstehen falsche Folgerungen. Beispiele für Denkfehler sind zufällige Korrelationen, wie z.B. der Denkfehler, dass der Geburtenzuwachs im Frühjahr mit den rückkehrenden Störchen zusammenhängt.

- **Handlungsfehler (Ausgabe):** Der Mensch hat auf Basis des Denkens im mentalen Modell eine Handlung erarbeitet, bei dessen praktischer Umsetzung ein Fehler entsteht. Beispiele für Handlungsfehler sind Zungenbrecher oder auch handwerkliche Missgeschicke.

Die Klasse der Wahrnehmungsfehler wurde in der Philosophie spätestens mit Platons Höhlengleichnis thematisiert: Dort wurde auf das mögliche falsche Abbilden der Realität in ein mentales Bild hingewiesen. Aristoteles war dann der erste, der eine förmliche Wissenschaft vom Wissen in Form der Logik aufbaute und damit Denkfehler analysierte (vgl. [Hir00]).

Erst über 1000 Jahre später setzte Roger Bacon (*1210) die Methoden der Wissenschaft in einen praktischen Kontext und entwarf das Konzept des Experiments für den Bereich der Handlungsfehler. „Doch auch die Begründung führt nicht zu Wissen, wenn wir nicht ihre Schlüsse durch die Praxis des Experiments überprüfen. [...] Über allen Wissenschaften steht die vollkommenste von ihnen, die alle anderen verifiziert: Denn nur das Experiment verifiziert, nicht aber das Argument“ (vgl. [Lay81]). Das Experiment stellt dabei eine zuvor gemachte Hypothese auf den Prüfstand, d.h. es werden ein Erwartungswert (gegeben durch die Hypothese) und ein Istwert (beobachtet im Experiment) verglichen. Passt das Ergebnis nicht zum Erwartungswert, ist die Hypothese widerlegt. Eine Lokalisierung des Fehlers entlang der Klassifikation in Wahrnehmungsfehler, Denkfehler oder Handlungsfehler findet allerdings (erst einmal) nicht statt.

Über die Aussagekraft eines positiv verlaufenden Experiments, bei dem die Hypothese bestätigt wird, wurde lange gestritten.

Erst Karl Poppers (*1902) kritischer Rationalismus hat gezeigt, dass Hypothesen durch Experimente bestenfalls falsifiziert werden können, indem ein Experiment die Hypothese widerlegt. Wird die Hypothese dagegen bestätigt, so kann dies niemals als Beweis deren universeller Gültigkeit aufgefasst werden, da Experimente immer nur punktuelle Ausschnitte prüfen – eine Erkenntnis, die später fundamental wichtig für das Software-Testen ist.

Anfänge des Softwaretestens

Mit dem Auftauchen der ersten informationsverarbeitenden Maschinen entstand eine neue Quelle von Handlungsfehlern: Dem Denken entstammende Lösungsmuster wurden in initial mechanischen und später in elektronischen Maschinen implementiert. In diesem Kontext wurde früh von Fehlern gesprochen (siehe **Definition 1**).

Ein Fehler ist die Nicht-Erfüllung einer festgelegten Forderung.

Definition 1: Fehler nach DIN ISO 8402, 1995-08, Ziffer 2.10.

Die Falsifikation eines Experiments deutet demnach auf einen Fehler. Im Softwarebereich hat sich anstatt des Begriffs „Experiment“ der Begriff „Test“ durchgesetzt, allerdings mit identischer Bedeutung. Myers definiert als einer der ersten beispielsweise Softwaretesten als „The process of executing a program or system with the intent of finding errors“ (vgl. [Mye79]). Testen hat demnach das Ziel, Handlungsfehler aufzudecken. Wahrnehmungsfehler in Form falsch verstandener Anforderungen, Denkfehler in Form falscher Algorithmik oder

¹⁾ Dieser Artikel ist die Kurzform eines gleichnamigen Beitrags im Buch „Perfekte Softwareentwicklung“ (Hrsg.: M. Lang, S. Scherber, Symposium Publishing, 2013).

Handlungsfehler in Form von Programmierfehlern werden allesamt ex-post via Software-Testing erkannt.

Das oben beschriebene Potenzial der Falsifikation via Testen ist allerdings unverändert. Der berühmte Informatiker Edsger W. Dijkstra schreibt dazu bereits 1972: „Program testing can be a very effective way to show the presence of bugs, but is hopelessly inadequate for showing their absence“ (vgl. [Dij13]).

Dieses, nur das finale Programm fokussierende Testen hat wesentlich zum heute häufig negativen Bild des Testens beigetragen:

- **Testen als letzter Show-Stopper in der Softwareentwicklung, wenn bereits ein lauffähiges Programm vorliegt:** Ein Fehler deutet auf die Falsifikation der gesamten Hypothese hin, unabhängig davon, ob es sich um einen Wahrnehmungsfehler (z.B. falsche Anforderungen), einen Denkfehler (z.B. falsche Architektur) oder um einen Handlungsfehler (z.B. Programmierfehler) handelt.
- **Testen als Planungspuffer:** Das Testen als letzter Schritt sammelt alle Verzögerungen früherer Phasen auf. Gibt es Verzögerungen, wird der Test auf ein Minimum reduziert.
- **Testen als ausschließliche Programmprüfung:** Ein fertiges Softwareprodukt besteht nicht nur aus dem fertigen Programm, sondern umfasst darüber hinaus Benutzungshandbücher, Betriebshandbücher, Quelltext, Installationsroutinen etc. Diese gelangen diesem Testverständnis zufolge ohne Test in die Produktion.
- **Testen als purer Soll-Ist-Vergleich:** Die Überprüfung der Einhaltung von Anforderungen setzt prüfbare, qualitativ hochwertige Anforderungen voraus. Die Feststellung einer Nichterfüllung von minderwertigen Anforderungen wirkt häufig destruktiv, da Entwickler unter Umständen tatsächlich nach bestem Wissen gehandelt haben oder aber schlichtweg trotz eines positiven Tests ein wertloses Produkt gebaut wurde.

Aktuelle Sichtweise

Die ganzheitlichste Sicht auf das Testen liefert heute das International Software Testing Board (ISTQB), das mit seinen weltweit über 330.000 ausgestellten Certified-Testing-Zertifikaten eine breit etablierte Nomenklatur liefert (siehe Definition 2). Die wesentlichen neuen Aspekte dieser De-

„Der Prozess, der aus allen Aktivitäten des Lebenszyklus besteht (sowohl statisch als auch dynamisch), die sich mit der Planung, Vorbereitung und Bewertung eines Softwareprodukts und dazugehöriger Arbeitsergebnisse befassen. Ziel des Prozesses ist sicherzustellen, dass diese allen festgelegten Anforderungen genügen, dass sie ihren Zweck erfüllen, und etwaige Fehlerzustände zu finden.“

Definition 2: Testen nach ISTQB (vgl. [IST10]).

fnition von Testen, die zugleich die meisten negativen Konnotationen entschärfen, sind:

- **Testen als fortwährende Tätigkeit:** Testen wird nicht mehr auf die Ex-Post-Aktivität nach der Entwicklung beschränkt, sondern in allen Lebensphasen verankert.
- **Testen als Container von Methoden:** Testen wird nicht mehr nur auf das dynamische Ausführen von Programmen beschränkt, sondern insbesondere auch um alle statische Methoden wie Walk-Throughs und Audits erweitert.
- **Testen als Ingenieursdisziplin:** Testen wird nicht ad-hoc willkürlich und ziellos durchgeführt, sondern will geplant und vorbereitet sein.
- **Testen als Ergebnisprüfung:** Testen wird nicht mehr auf das lauffähige Programm beschränkt, sondern umfasst alle dazugehörigen Arbeitsergebnisse.
- **Testen als Verifikation und Validation:** Testen beschränkt sich nicht mehr auf

das reine binäre Prüfen von Anforderungen, sondern umfasst auch eine Evaluation bezüglich der Gebrauchstauglichkeit des fertigen Produkts und damit der Anforderungen selbst.

- **Testen als konstruktive Disziplin:** Testen wird nicht mehr auf die Identifikation von Fehlerzuständen beschränkt, sondern umfasst auch konstruktive Methoden, die der Erfüllung von Anforderungen dienen.

Testen hat demnach zum Ziel, die Qualität des erstellten Systems sicherzustellen: *Testen für Qualität (T4Q)*.

Qualität 2.0 – ein multidimensionales Konzept

Ein erfolgreiches Testen entlang des T4Q-Konzepts bedarf einer präzisen Definition von Qualität als zu erreichendes Ziel. Wie beim Testen hat sich das Qualitätsverständnis dabei über die letzten Jahrzehnte signifikant gewandelt. Grundsätzlich lassen sich nach Garvin die folgenden fünf verschiedenen Sichten auf Qualität unterscheiden, die jeweils unterschiedliche Zielsetzungen für das Testen bedeuten (vgl. [Gar84]) (diese fünf Sichten und die jeweilige Relevanz von Testen sind stark vereinfacht in **Abbildung 1** dargestellt):

- 1) **Qualität als transzendentes Konzept**
Qualität ist demzufolge nicht steuerbar sondern vorhanden oder nicht. Ähnlich wie Schönheit entzieht sich Qualität damit dem Management. Dieses Konzept findet insbesondere umgangssprachlich häufig Anwendung, indem z.B. Produkte von namhaften Firmen als per se qualitativ hochwertig angesehen werden. Testen spielt in dieser Sicht auf Qualität keine Rolle.

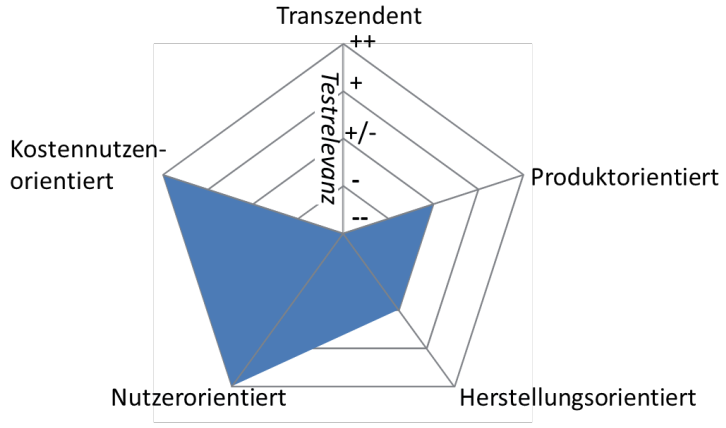


Abb. 1: Sichten auf Qualität mit jeweiliger Testrelevanz.

2) **Qualität als produktorientiertes Konzept**
Qualität ist demzufolge als die Erfüllung von allgemeinen Anforderungen an ein Produkt aufzufassen. Damit ist Qualität operationalisierbar, prüfbar und steuerbar. Die reine Produktabhängigkeit von Qualität lässt allerdings keinen Platz für subjektive Präferenzen eines Anwenders. Dieses Konzept findet heute in vielen älteren, etablierten Bereichen Anwendung, die einen gewissen Erfahrungsschatz vermuten lassen. So repräsentieren die Spaltmaße in der Automobilbranche eine produktorientierte Sicht auf Qualität: Geringere Spaltmaße bedeuten damit – unabhängig von der späteren Nutzung – höherwertige Autos. Testen spielt in dieser Sicht auf Qualität eine wichtige Rolle zur Prüfung von gegebenen Anforderungen. Der Evaluationsaspekt des Testens bleibt hier allerdings außen vor.

3) Qualität als herstellungsorientiertes Konzept

Qualität ist demnach durch die Güte des Herstellungsprozesses definiert. Diese Sicht dominiert heute vor allen Dingen in solchen Bereichen, in denen die Kleingliedrigkeit der Produkte ein produktorientiertes Qualitätsmanagement erschweren. Statt für n Produkte einer Firma jeweils individuelle produktorientierte Qualitätssichten zu erarbeiten, wird das Unternehmen auf eine Prozessgüte reduziert. Ein weltweit anerkannter Qualitätsstandard, der diese Sicht auf Qualität nahelegt, ist die ISO 9001, die in Deutschland mittlerweile für mehr als 50.000 Unternehmen positiv zertifiziert wurde: „Der prozessorientierte Ansatz dieser Norm [...] betrachtet die Prozesse und vergleicht die Sollvorgaben mit den Istvorgaben. Bei Abweichungen werden Veränderungen und Verbesserungen definiert und geplant“ (vgl. [Pet12]). Das Testen aus dieser Sicht fokussiert exakt diesen adressierten Vergleich. Direkte Nutzeranforderungen bleiben hier außen vor.

4) Qualität als nutzerorientiertes Konzept

Qualität ist demzufolge als Erfüllung von Anwenderanforderungen an ein Produkt aufzufassen. Die Qualität richtet sich also primär nach dem Subjekt, das es beurteilt: Ein und dasselbe Produkt kann von n verschiedenen Nutzern folglich völlig unterschiedlich bewertet werden. Dieses Konzept findet heute insbesondere in jeglicher Form der Maßanfertigung Anwendung: Maßanzüge, Individual-Häuser, Auftragsarbeit in Manufakturen und ähnliches. Testen spielt in dieser Sicht eine wichtige Rolle: In der

extremen 1:1-Relation zwischen Kunde und Produkt werden alle Facetten des Testens abgefragt. In der betriebswirtschaftlich sehr viel praktikableren Anwendung, innerhalb derer für eine Serienproduktion versucht wird, bestmöglich Gemeinsamkeiten zwischen Anforderungen unterschiedlicher Nutzer zu extrahieren und deren Einhaltung zu forcieren, kommt dem Gebrauchstauglichkeitstest („Zweckerfüllung“ oben) ein besonderer Stellenwert zu.

5) Qualität als kostennutzenorientiertes Konzept

Qualität ist demnach immer in Verbindung mit den dafür notwendigen Kosten zu sehen: Die Prämisse dieser Sicht ist, dass die Erfüllung aller Anforderungen ohne Weiteres zu erreichen ist, solange Geld keine Rolle spielt. Qualität stellt aus dieser Sicht das Verhältnis zwischen Erfüllungsgrad und Kosten in den Vordergrund: Ein sehr günstiges Produkt mit nur wenig erfüllten Anforderungen hat demnach eine ebenso hohe Qualität wie ein Produkt mit mehr erfüllten Anforderungen zu einem höheren Preis. Die Discounter-Branche unterstützt diese Qualitätssicht: Aldi beschränkt sich z.B. nach der Vorgabe „Verzicht auf alles Überflüssige“ auf einige Kernanforderungen an einen Lebensmittelmarkt und optimiert nur für diese den Faktor „Kosten“, indem es durch „ein stark reduziertes Warensortiment, eine kleine Verkaufsfläche und eine spartanische Ladeneinrichtung, [...] die Preise so niedrig wie möglich hält.“ (vgl. [Sch05]). Das Testen aus dieser Qualitätssicht umfasst das Prüfen von Anforderungen ebenso wie die Evaluation der richtigen Anforderungen im Verhältnis zu den dafür notwendigen Kosten.

Softwarequalität

Speziell für Software scheinen die kostennutzen- und die nutzerorientierte Sicht zu dominieren. Die Gründe hierfür sind:

- Ausgewiesene Hersteller grundsätzlich guter Software sind bisher nicht erkennbar. Apple ist vielleicht am ehesten für die transzendente Sicht prädestiniert.
- Allgemein anerkannte Standardanforderungen an Produkte sind bisher nicht etabliert. SAP zeigt mit seiner Standardsoftware am ehesten in die produktorientierte Richtung.
- Die enorme Anzahl an Softwareentwicklung begleitenden Zertifikaten (z.B. CMM(I), SPICE, agile Zertifikate)

ist sehr schwer zu überschauen und eine positive Korrelation zwischen Prozess- und Produktqualität ist (noch) nicht in jedem Fall erkennbar. Eine Ausnahme scheint aktuellen Zahlen zufolge die CMMI-Zertifizierung zu sein (vgl. [Jon12]).

- Die gesamte Ausrichtung des Internets geht in Richtung Endanwender (vgl. beispielsweise Web 2.0) und damit steht zunehmend das Individuum im Vordergrund. Steve Jobs viertes Innovationsprinzip manifestiert die nutzerorientierte Sicht auf Qualität wie folgt: „Sell dreams, not products: Your customers don't care about your product, your company or your brand. They care about themselves, their hopes, their dreams, their ambitions. Help them fulfill their dreams and you will them over.“ (vgl. [Gal10]).
- Das strikte Erfüllen von Plänen mit lange im Voraus festgelegten Anforderungen und Kostenplänen weicht aktuell immer häufiger einem agilen Vorgehen, das nach dem Motto „weniger ist manchmal mehr“ für viele Kunden ein Produkt mit einer partiellen Erfüllung von dafür essenziellen Anforderungen qualitativ hochwertiger erscheinen lässt: „Viele IT-Projekte scheitern²⁾, weil eher zu viel als zu wenig getan wird und dann noch trotz des ‚Vielen‘ nicht unbedingt das, was eigentlich erforderlich ist“. Gefordert werden der kostennutzenorientierten Sicht folgend eher „Orientierung auf das Wesentliche“ und „Pragmatismus“ (vgl. [Ger03]). Agilität bezeichnet dies häufig als „wertorientiertes Anforderungsmanagement“, wobei der Wert exakt das Verhältnis von Nutzen und Kosten abdeckt.

Dieser Trend der Qualitätssichten bedeutet für die Disziplin des Testens heute und wohl auch in Zukunft eine beachtliche Wertsteigerung. Qualität ist damit steuerbar: Sie berücksichtigt Anforderungen unterschiedlicher Quellen, lässt sich an unterschiedlichen Dingen festmachen, deckt Erwartungen ab, hat graduelle Ausprägungen und berücksichtigt durchaus die Kosten. Die Kernfragen dieser Qualität sind dementsprechend:

²⁾ Das sind hier „überzogene Budgets“ und „verpasste Termine“, Anmerkung des Autors.

- Was sind die wesentlichen Betrachtungsgegenstände, an denen sich wesentliche Eigenschaften alias Anforderungen/Erwartungen überhaupt kristallisieren und damit Qualität definieren können?
- Was sind die wesentlichen Eigenschaften, deren graduelle Ausprägung an wesentlichen Betrachtungsgegenständen nachher über die Qualität entscheiden?
- Was sind die Werte von Betrachtungsgegenstand-Eigenschafts-Paaren, nach denen eine Priorisierung für Entwicklung und Test vorgenommen werden kann?

Die drei Fragen sollen im Folgenden detaillierter beleuchtet werden, um den Zielhorizont für den T4Q-Ansatz zu verfeinern.

Testelemente

So wie die Anforderungen unterschiedliche Ergebnistypen abdecken, so bezieht sich Qualität auf unterschiedliche Objekte, an denen sich Qualität festmachen lässt: In der Sprache des Testers sind alle diese Objekte potenziell testwürdig und damit potenzielle Testelemente (siehe Definition 3).

„Das Testelement ist das einzelne Element, das getestet wird.“

Definition 3: Testelement nach ISTQB (vgl. [IST10]).

Die Testelemente legen diejenigen Artefakte fest, die es zu testen gilt. Wird ein Testelement vergessen, das für den Kunden relevant ist, kann dessen negative Qualität negative Auswirkungen auf die gesamte Qualitätswahrnehmung haben. Die Kompensation qualitativ schlechter Betrachtungsgegenstände durch qualitativ hochwertige Betrachtungsgegenstände ist meist nicht möglich: So wird das beste Handy mit dem bestem Betriebssystem, der schnellsten CPU und den sichersten Applikationen am Markt keine Chance haben, wenn der Akku minderwertig ist. Die Vollständigkeit der Liste von Testelementen ist damit wesentlich für die Qualität.

Testkriterien

Das heutige Qualitätsverständnis macht deutlich, dass es Nutzer gibt, die Anforderungen und Erwartungshaltungen haben. Der Unterschied zwischen Anforderungen und Erwartungen liegt in dem Grad der Explizitheit: Während Anforderungen im Kontext des Anforderungsmanagements meist bereits als explizite Anforderungen vorliegen und „nur“ noch einer Optimierung bedürfen, müssen Erwartungen aufgrund ihres meist impliziten Charakters erst noch identifiziert und extrahiert werden. In der Sprache des Testers sind alle solche Zieleigenschaften potenziell testwürdig und damit potenzielle Testkriterien (siehe Definition 4).

Die Testkriterien sind dabei mindestens ebenso vielfältig wie die Testelemente. Und

„Testkriterien sind diejenigen Kriterien, die ein System oder eine Komponente³⁾ für den Test bestehen muss.“

Definition 4: Testkriterium nach ISTQB (vgl. [IST10])

³⁾ Also ein Testelement, Anmerkung des Autors.

auch hier gilt: Ein vergessenes Testkriterium, das damit potenziell beim Kunden durchfällt, kann nur schwer durch andere Testkriterien kompensiert werden. So wird eine perfekt funktionierende App auf einem Handy mit einer perfekten Gebrauchstauglichkeit und einem hohen Sicherheitslevel am Markt keine Chance haben, wenn die Applikation den Akku über Gebühr stark strapaziert und so die Akkulaufzeiten signifikant verkürzt. Die Vollständigkeit der Liste von Testkriterien ist damit ebenfalls wesentlich für die Qualität.

Risiko

Die Vielfältigkeit von Testkriterien, die an Testelementen zu testen sind, führt in der Praxis insbesondere aus der Kosten-Nutzen-Sicht dazu, dass Testen diejenigen Tests fokussieren sollte, deren Bestehen die Qualität aus der jeweils eingenommenen Sicht positiv beeinflusst. Wichtig ist hierbei die Erkenntnis, dass ein Nicht-Testen nicht gleichzusetzen damit ist, dass das Testkriterium für ein Testelement nicht erfüllt ist. Es steigt vielmehr das Risiko (siehe Definition 5).

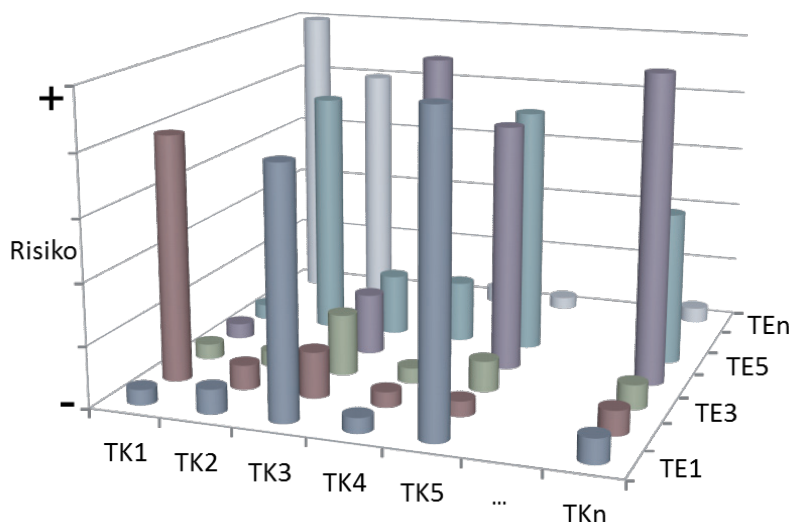


Abb. 2: Zusammenhang von Testkriterien (TK), Testelementen (TE) und Risiken für Qualität.

der Autor



|| Dr. Frank Simon
(Frank.Simon@bluecarat.de)
leitet bei der BLUECARAT AG den Bereich des Business Development. Außerdem ist er im Vorstand des German Testing Boards (GTB), Vorsitzender des BITKOM-Lenkungsausschusses Software und Leiter des Arbeitskreises Software-Engineering.

„Ein Risiko ist ein Faktor, der zu negativen Konsequenzen in der Zukunft führen könnte und der gewöhnlich ausgedrückt wird durch die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß.“

Definition 5: Risiko nach ISTQB (vgl. [IST10]).

Testen versucht demnach, Risiken in Form von nicht erfüllten Testkriterien an Testelementen zu beseitigen, indem solch identifizierte Abweichungen vor dem Zeitpunkt, an dem dadurch Schäden entstehen können, beseitigt werden.

Jedes Paar (Testelement, Testkriterium) besitzt dabei ein eigenes Risiko, das sich durch die beiden Parameter Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe bestimmt. Qualität kann damit zusammengefasst als das Maß aufgefasst werden, zu dem unter Berücksichtigung der notwendigen Kosten alle besonders risikobehafteten Testkriterien für alle besonders risikobehafteten Testelemente positiv erfüllt sind (siehe **Abbildung 2**): Je weniger hohe Säulen, desto höher die Qualität. Insbesondere die kosten-nutzenorientierte Sicht auf Qualität verbietet eine Politik nach dem Motto „Null Säulen = Perfekte Qualität“, es geht immer um eine entsprechende Optimierung (vgl. auch [Sim12]).

Zusammenfassung

Testen ist als eigenständige Disziplin noch relativ jung. Die Mächtigkeit von Testen

Literatur & Links

- [Dij13] E.W. Dijkstra, Wikiquote, Überprüft, 2013, siehe: http://de.wikiquote.org/wiki/Edsger_Wybe_Dijkstra
- [Gal10] C. Gallo, The Innovation Secrets of Steve Jobs: Insanely Different Principles for Breakthrough Success, Mcgraw-Hill Professional 2010
- [Gar84] D.A. Garvin, Sloan Management Review: What Does Product Quality Really Mean? 1984, siehe: <http://sloanreview.mit.edu/article/what-does-product-quality-really-mean/>
- [Ger03] C. Gernert, Agiles Projektmanagement: Risikogesteuerte Softwareentwicklung, Hanser Fachbuch 2003
- [Hir00] J. Hirschberger, Geschichte der Philosophie, Band 1: Altertum und Mittelzeit, Komet-Verlag 2000
- [IST10] ISTQB/GTB, Standardglossar der Testbegriffe (deutsch/englisch), 2010, siehe: http://www.german-testing-board.info/fileadmin/gtb_repository/downloads/pdf/glossar/CT_Glossar_DE_EN_V23.pdf
- [Jon12] C. Jones, Software-Quality in 2012: A survey of the state of the art. Namcook Analytics LLC, 2012, siehe: <http://sqgne.org/presentations/2012-13/Jones-Sep-2012.pdf>
- [Lay81] R. Lay, Die Ketzer: Von Roger Bacon bis Teilhard, Georg Müller Verlag 1981
- [Mye79] G.J. Myers, The art of software testing, Wiley 1979
- [Pet12] K. Petrick, F. Graichen, QZ. 25 Jahre ISO 9001: Erfolgsweg einer Systemnorm, 2012, siehe: http://www.qz-online.de/_storage/asset/372159/storage/master/file/2241856/download/QZ_2012_3_Erfolgsweg-einer-Systemnorm.pdf
- [Sch05] M. Schneider, Aldi – Welche Marke steckt dahinter? 100 Aldi-Produkte und ihre prominenten Hersteller, Südwest-Verlag 2005
- [Sim12] F. Simon, D. Simon, Qualitäts-Risiko-Management: Ganzheitliche Projektsteuerung, Logos Verlag 2010

wurde in der Philosophie erst in jüngster Zeit auf die Möglichkeit der Falsifikation eingeschränkt. Auf die IT übertragen konvergieren die historisch unterschiedlichen Testsichten aktuell auf eine Testdefinition des ISTQB, das Testen als fortwährende Ingenieurstätigkeit, angewandt auf unterschiedlichste Objekte und Anforderungen, auffasst. Demnach hat Testen heute die

Aufgabe, IT-Systeme insbesondere aus einer nutzerorientierten und kosten-nutzenorientierten Qualitätssicht zu optimieren: Testen für Qualität (T4Q). Die wesentliche Herausforderung in IT-Projekten besteht heute darin, die Vielfältigkeit relevanter Testelemente und Testkriterien zu managen und Testen als Qualitäts-Risikoreduktionstechnik effektiv und effizient anzuwenden. ||