

Risikobasierte Qualitätsabsicherung elektrisch/elektronischer Systeme im Fahrzeugbau

Von der Fakultät für Maschinenwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Phys. Dipl.-Math. Christof Horn

aus Marbach am Neckar

Berichter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. (BR) Prof. h.c. (TJ) T. Pfeifer
Priv.-Doz. Dr.-Ing. Thomas Prefi

Tag der mündlichen Prüfung:

19. Dezember 2007

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Stand der Technik	7
2.1. Einsatzbereiche und Aufbau von E/E-Systemen im Automobil	7
2.1.1. E/E-Komponenten und Bussysteme im Fahrzeug	7
2.1.2. Architektur von Infotainment-Systemen	7
2.2. Prozessmodelle zur Entwicklung von E/E-Systemen	8
2.2.1. Wasserfall-Modell	8
2.2.2. V-Modell	9
2.2.3. W-Modell	10
2.2.4. Bewertung	10
2.2.5. Prozessmodell Automotive SPICE	11
2.2.6. Erweitertes ISO/OSI-Schichtenmodell	13
2.3. Qualitätsbegriffe	14
2.3.1. Definition von „Qualität“	14
2.3.2. Definition von „Software-Qualität“	15
2.3.3. Kano-Modell	15
2.3.4. Fazit	16
2.4. Grundbegriffe der Absicherung	16
2.4.1. Absichern, Testen und Erproben	16
2.4.2. Use Cases	17
2.4.3. Requirements	17
2.4.4. Funktionen	17
2.4.5. Test Cases und Test-Vektoren	17
2.4.6. Kundennahe Test Cases	18
2.4.7. Testtools	19
2.5. Methoden zur Absicherung von Fahrzeug-Systemen	19
2.5.1. Absicherungen entlang des Entwicklungsprozesses	19
2.5.2. TPI Automotive	21
2.5.3. Statistische Versuchsmethodik (Design of Experiments)	22
2.6. Methoden zur Absicherung von Software	24
2.6.1. Norm IEEE 829 zur Software-Testdokumentation	24
2.6.2. White box und black box Tests	24
2.6.3. Freies Testen und strukturiertes Testen nach Test Cases	25
2.6.4. Funktionsorientierte Testmethoden	25
2.6.5. Strukturorientierte Testmethoden	26
2.6.6. Äquivalenzklassen von Zuständen	27
2.6.7. Notation von Test Cases	28
2.6.8. Modellbasierte Systeme und formale Verifikation	31
2.7. Einsatz von Tools	31
2.7.1. DOORS – Requirement Management (Telelogic)	31
2.7.2. Test Director/Quality Center – Test Management (Mercury/HP)	32
2.7.3. Beispiel einer OEM-spezifischen Datenbank	32
2.7.4. Konvergenz der Produktdaten-Systeme	34
3. Detaillierung des Handlungsbedarfs und Lösungsansatz	35
3.1. Zusammenfassung des Standes der Technik	35

3.2.	Zielsetzung und Lösungsansatz der Arbeit	36
3.2.1.	Implementierung risikobasierter Testketten	36
3.2.2.	Synchronisation der Testlandschaft	36
3.2.3.	Standardisierte Absicherung von Consumer-Elektronik im Fahrzeug	37
3.3.	Abgrenzung der Fragestellung	37
4.	Implementierung risikobasierter Testketten.....	39
4.1.	Etablierung durchgängiger Testketten	39
4.1.1.	Spezifikation als Ausgangspunkt	39
4.1.2.	Testinhalte.....	41
4.1.3.	Testplanung	43
4.1.4.	Testdurchführung und Dokumentation	48
4.1.5.	Fehlermanagement.....	55
4.2.	Kundenorientierung	58
4.2.1.	Kundennahe Absicherung	58
4.2.2.	Erweiterung des V-Modells in Richtung Kunde.....	59
4.2.3.	Kundennahe Anforderungen	60
4.2.4.	Kundenrelevante Varianten	61
4.2.5.	Praxisbeispiel für kundennahe Test Cases	63
4.3.	Risikobasierte Steuerung der Absicherung	66
4.3.1.	Risikobasiertes Testen	66
4.3.2.	Erstellprozess risikobasierter Testinhalte	66
4.3.3.	Bestimmung des Risikos.....	67
4.3.4.	Lebenszyklus von Test Cases	75
4.3.5.	Sättigung der Testeffizienz	77
4.3.6.	Risikobasierte Dokumentation freier Tests	78
4.4.	Strukturierung der Absicherung nach Funktionen	78
4.4.1.	Wechsel in der Sichtweise von Komponenten zu Funktionen	78
4.4.2.	Funktionale Gliederung von Test Cases	81
4.4.3.	Funktionslisten statt Test Cases.....	83
4.4.4.	Reifegrad von Funktionen	83
4.4.5.	Vorteile des funktionalen Ansatzes.....	86
4.5.	Testprofile als teilstrukturierte Vorgehensweise.....	86
4.5.1.	Freies Testen versus strukturiertes Testen	86
4.5.2.	Profiltests	88
4.5.3.	Erstellprozess für Testprofile	89
4.5.4.	Dokumentation der Testdurchführung bei Test-Profilen	90
5.	Synchronisation der Testlandschaft	91
5.1.	Zielsetzung der Absicherung	91
5.1.1.	Begriffsklärung und Vorgehensweise	91
5.1.2.	Zusammenhang zwischen Absicherung und Qualitätszielen	91
5.1.3.	Bestimmung der Qualitätsziele im Fahrzeug	92
5.1.4.	Transfer des Absicherungsziels auf den Zustandsraum	97
5.2.	Analyse der Testorte	98
5.2.1.	Charakterisierung und Bewertung der Testorte	98
5.2.2.	Analyse anhand des Vernetzungsgrades.....	100
5.2.3.	Einordnung entlang des Entwicklungsprozesses.....	101
5.2.4.	Praxisbeispiel: vernetzter HIL	102
5.3.	Horizontale Synchronisation der Testorte anhand des Vernetzungsgrades	105
5.3.1.	Ideale Testbereiche im Absicherungs-Portfolio	105
5.3.2.	Strategische Bereinigung des Absicherungs-Portfolios	106
5.3.3.	Einhaltung von Absicherungsstufen zur Erhöhung der Testeffizienz.....	107
5.3.4.	Größe und Komplexität der Testlandschaft	109

5.4.	Vertikale Synchronisation der Testorte entlang der Entwicklungsphasen.....	110
5.4.1.	Synchronisation der Testorte entlang der Testkette	110
5.4.2.	Phasen des Entwicklungsprozesses.....	111
5.4.3.	Phasen des Absicherungsprozesses	112
5.5.	Steuerung der Testlandschaft anhand des Reifegrades.....	116
5.5.1.	Fehlerverlauf entlang der Absicherungsphasen	116
5.5.2.	Steuerung auf Basis der Fehlerarten.....	117
5.5.3.	Accepted Quality Level (AQL) und Testende-Kriterien.....	118
5.6.	Organisatorische Umsetzung.....	119
5.6.1.	Etablierung eines zentralen Testmanagements.....	119
5.6.2.	Aufteilung der Testorte zwischen OEM und Zulieferern.....	120
5.6.3.	Implementierungsstrategie in einem bestehenden Entwicklungsprojekt	123
5.7.	Bewertungsbeispiel	124
6.	Standardisierte Absicherung von Consumer-Elektronik im Fahrzeug	125
6.1.	Öffnung der Fahrzeug-Architekturen	125
6.2.	Problemfelder bei der Integration von Consumer-Produkten	125
6.2.1.	Produkt.....	126
6.2.2.	Prozesse.....	129
6.2.3.	Projekt.....	130
6.2.4.	Personen	130
6.3.	Lösungsansätze.....	131
6.4.	Anpassung der OEM-internen Prozesse	131
6.4.1.	Flexibilisierung des Spezifikationsprozesses.....	131
6.4.2.	Synchronisation zwischen Hardware und Software im Absicherungsprozess ..	133
6.5.	Standardisierung	134
6.5.1.	Standardisierung der Consumer-Elektronik	134
6.5.2.	Standardisierungstiefen.....	135
6.5.3.	Probleme bei der Etablierung von Standards	135
6.5.4.	OEM-seitige Standardisierung	136
6.6.	Nutzung von Quasi-Standards	137
6.6.1.	Strukturierung des Marktes.....	137
6.6.2.	Zusammenarbeit zwischen OEM und Zulieferer	137
6.6.3.	Ermittlung von Quasi-Standards	138
6.6.4.	Praxisbeispiel Medienwiedergabe.....	138
6.6.5.	Praxisbeispiel Telekommunikationsdienste	143
7.	Zusammenfassung und Ausblick	149
7.1.	Übersicht über die wichtigsten Ergebnisse.....	149
7.2.	Offene Handlungsfelder.....	151
7.3.	Übertragbarkeit auf andere Systeme und Branchen	151
8.	Verzeichnisse.....	153
8.1.	Literaturverzeichnis.....	153
8.2.	Abbildungsverzeichnis.....	156
8.3.	Tabellenverzeichnis	160
8.4.	Glossar und Abkürzungsverzeichnis	161
9.	Bildungsgang	162