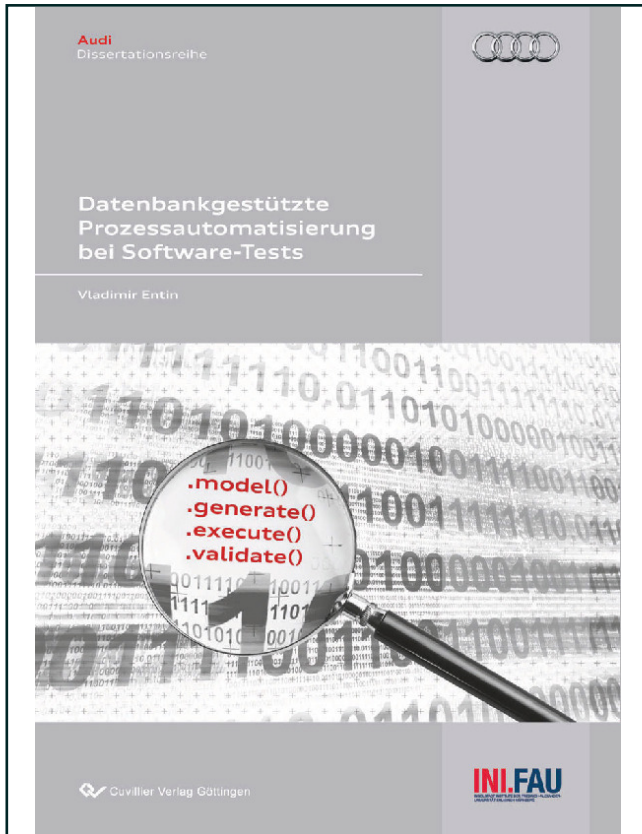




Vladimir Entin (Autor)

Datenbank-gestützte Prozessautomatisierung bei Software-Tests



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/749>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Testen im Bereich eingebetteter reaktiver Systeme

„Die Menschheit unterteilt sich in drei Kategorien: Die Unbeweglichen, die Beweglichen und diejenigen, die sich bewegen“ besagt ein arabisches Sprichwort. Unternimmt man den zugegebenermaßen kühnen Versuch, dieses Zitat auf die heutige Welt zu übertragen, dann gibt es eigentlich nur eine Kategorie von Menschen: Jene, die sich bewegen, denn die räumliche Mobilität hat in den letzten Jahrzehnten in unserer Gesellschaft immer mehr an Bedeutung gewonnen und sie ist inzwischen zum wichtigen Faktor für den wirtschaftlichen Fortschritt geworden. Sofort würde sich die Frage stellen, was denn mit den restlichen zwei Kategorien geschehen ist. Die erste, also die Immobilität, ist heutzutage wohl auf Probleme verkehrstechnischer Natur zurückzuführen: Man steht im Stau, es gibt einen Software-Fehler im Hochgeschwindigkeitszug oder man muss gerade im Verkehrsatlas nachblättern, weil das Navigationssystem keine korrekten Informationen anzeigt. Die zweite Kategorie, nämlich die Beweglichen, ist als eine körperliche Fähigkeit zu betrachten, die allerdings aus der heutigen Sicht eher der ersten Kategorie zuzuordnen ist, denn sie ist von wenig Nutzen, wenn unsere hochkomplexen Fortbewegungsmittel einfach sich nicht so verhalten, wie sie sich verhalten sollten. Dieses umgangssprachlich beschriebene Problem: Die Fehleranfälligkeit der heutigen eingebetteten Software birgt in sich in der Realität eine weitaus höhere Gefahr als nur Unannehmlichkeit für den Endnutzer, sie kann im schwerwiegendsten Fall zum ernsthaften Image-Schaden für ein Unternehmen und somit auch zum Wettbewerbsnachteil führen. Auch die Statistik bestätigt das gerade formulierte Problem: Die Anzahl der Rückrufaktionen etwa im Personalkraftwagen-Bereich (Abbildung 1.1) steigt kontinuierlich. Nicht zuletzt liegt dies an der Fahrzeugelektronik, die inzwischen zum großen Einsatzgebiet für die modernen eingebetteten Systeme geworden ist. Betrachtet man die Pannenstatistik, so

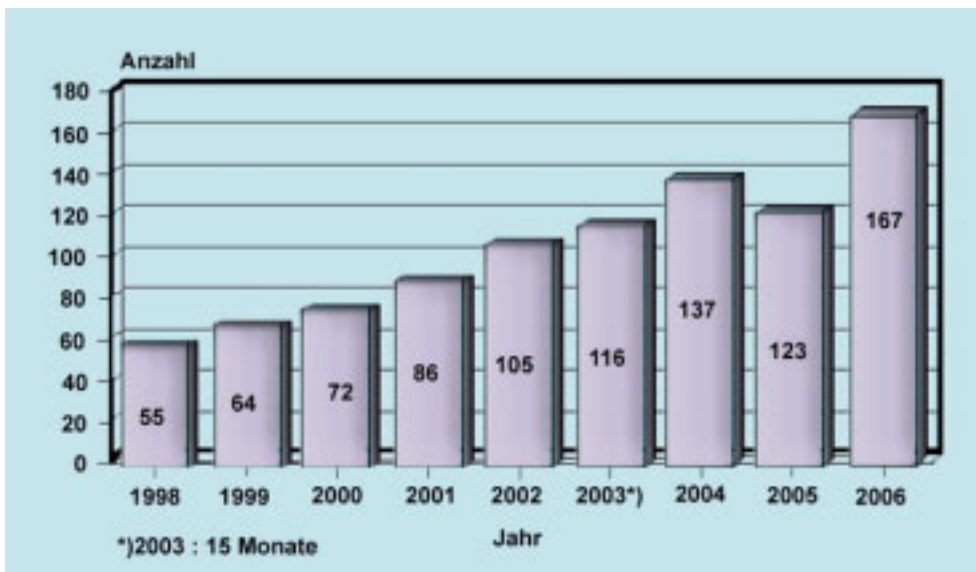


Bild 1.1: Anzahl der Rückrufaktionen [Imm07]

findet man die Ausfälle der Fahrzeugelektronik als dritthäufigste Pannenursache (Abbildung 1.2). Laut [Aut07] stieg die Fehlerhäufigkeit der Fahrzeugelektronik im Jahr 2007 um über 40 Prozent gegenüber dem Vorjahr, jeder sechste Ausfall hatte seine Ursache in gestörter Elektronik. Im vorigen Jahr war es noch jeder neunte.

Bei näherer Betrachtung lässt sich ein starker Wettbewerb auf dem Gebiet der Fahrzeugelektronik beobachten. „Die Anbieter versuchen ihre Profitabilität durch Ausbau ihrer Marktanteile zu steigern. Die Mittel dazu sind unter anderem zunehmende Variantenvielfalt und kürzere Modellzyklen. Ebenfalls steigen die Kundenerwartungen in Bezug auf die funktionale Ausstattung“ [Wol08]. Betrachtet man die Entwicklung in letzter Zeit, so ist eine steigende Anzahl an den in einem Fahrzeug verbauten elektronischen Systemen zu beobachten. Dies erfordert zunehmend deren Interaktion untereinander. In der Abbildung 1.3 ist die Vielfalt und die Menge der verbauten Systeme verdeutlicht: Adaptive Cruise Control (ACC) und Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP) [DJG03] sind die bekanntesten Beispiele davon. Jedes dieser Systeme besteht aus diversen Funktionen. Unter Funktion wird in diesem Kontext eine Softwarekomponente verstanden, welche die (Teil-)Funktionalität eines oder mehrerer automobiler Systeme realisiert. Es können mehrere Funktionen auf einem Steuergerät verbaut sein. Selbstverständlich kann eine Funktion auch über mehrere Steuergeräte verteilt sein. Aus der Kundensicht dienen die Funktionen dazu, unter anderem den Fahrkomfort und die Insassensicherheit zu erhöhen, indem diese nicht nur in das Fahrzeugverhalten eingreifen, sondern auch mit dem Kunden mit Hilfe akustischer,

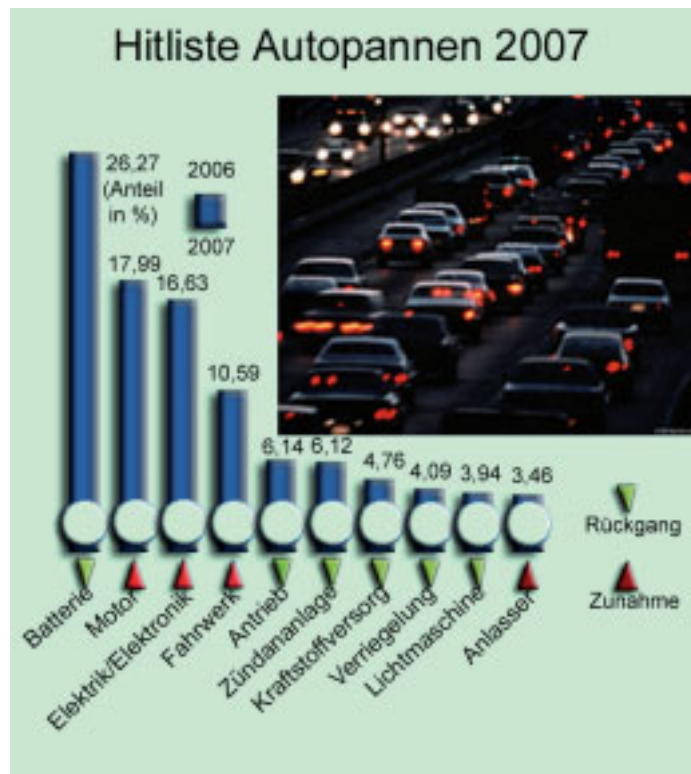


Bild 1.2: Statistik der Elektronikausfälle in den Kraftfahrzeugen [Aut07]

haptischer und visueller Signale interagieren. Zu den Funktionen gehört beispielsweise ABS (Antiblockierungssystem) [Aut10].

Ein wichtiges Gebiet der aktuellen Kraftfahrzeugelektronik sind Systeme der aktiven Sicherheit und Fahrer-Assistenzsysteme [WHW09], bei welchen die erwähnte Interaktion zwischen den einzelnen Funktionen sehr komplex ist. Dies wiederum stellt deutlich höhere Anforderungen an diverse existierende Test- und Simulationsverfahren und vor allem an deren Integration untereinander als noch vor einigen Jahren.

Testen ist zum unabdingbaren Bestandteil des automobilen Software-Entwicklungsprozesses geworden. Aus diesem Grund wird der Entwicklungsprozess als Kontext, in welchem die Testvorgänge stattfinden, im Folgenden dargestellt. Dieser ist durch zunehmende Teilung der Entwicklungsaufgaben auf mehrere beteiligte Einheiten gekennzeichnet.

Der Entwicklungsprozess beginnt meistens in der Forschungsabteilung eines Automobil-Herstellers. Dort werden Ideen geboren und erste Prototypenteile entwickelt. Im nächsten Schritt wird die prototypisch entwickelte Software an eine Vorentwicklungsabteilung übergeben, deren Ziel es ist, die Machbarkeit der von der Forschung entwickelten Idee zu zeigen sowie weitere Prototypen

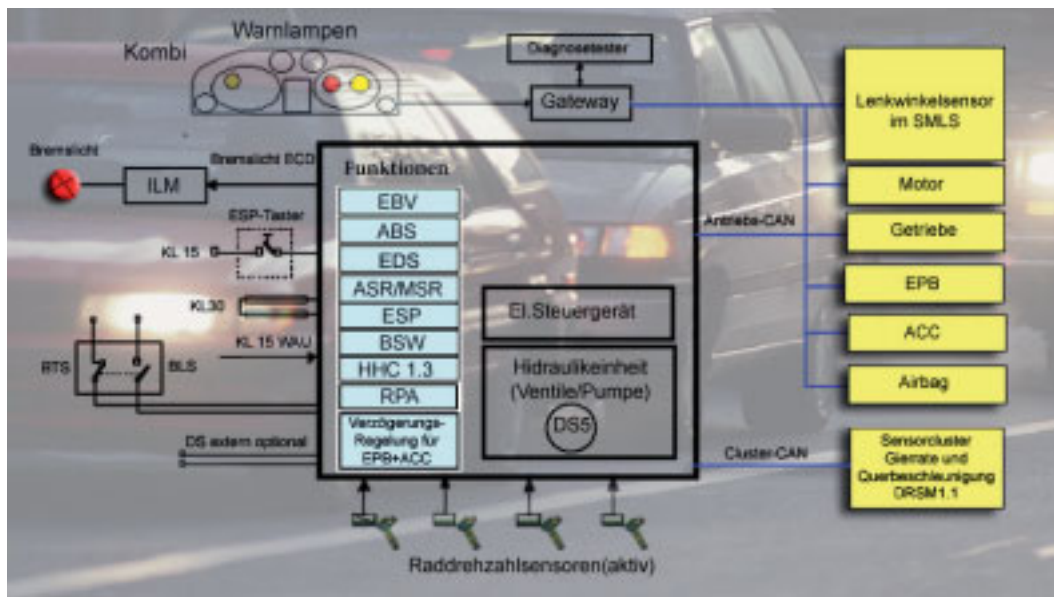


Bild 1.3: Funktionen im modernen Fahrzeug [Far05]

der zu entwickelnden Funktion zu realisieren und ein entsprechendes Lastenheft zu erzeugen. Sobald der Funktionszustand einen bestimmten Reifegrad erreicht, wird die entwickelte Software samt Lastenheft über die Grenzen des Unternehmens hinaus an ein Zulieferer-Unternehmen übergeben. Dieses entwickelt die vorliegende Funktion im Hinblick auf bestimmte in der Serienproduktion eingesetzte Steuergeräte, ergänzt das Lastenheft und übergibt schließlich eine fertig implementierte Funktion an die Serien-Entwicklungsabteilung (Synonym: Original Equipment Manufacturer oder OEM). Charakteristisch für den Entwicklungsprozess ist, dass die OEMs mit mehreren Lieferanten zusammenarbeiten. Oftmals ist jeder einzelne Lieferant für die Implementierung nur einer bestimmten Funktion zuständig. Der OEM beschäftigt sich hauptsächlich mit der Integration der von den Lieferanten implementierten Funktionen und der Gesamtfahrzeugerprobung.

Dieser in der Praxis beobachtete Prozess findet ebenfalls eine Bestätigung in der Literatur über das automobilen Software-Engineering (Abbildung 1.4). In jeder Entwicklungsphase kommen diverse Entwicklungsmethoden zum Einsatz, die durch entsprechende Werkzeuge unterstützt werden. Eine große Verbreitung hat in den letzten Jahren die modellbasierte Entwicklung gefunden, bei welcher die zu entwickelnde Funktion erst als meist graphisches Modell mit entsprechender Parametrisierung vorliegt. Anschließend wird durch den Einsatz von Generatoren der Code für das entsprechende Ziel-Steuergerät produziert. Nichtsdestotrotz kann die modellbasierte Entwicklung nicht komplett die manuelle Codeentwicklung ersetzen, da bestimmte syntaktische Konstrukte, wie

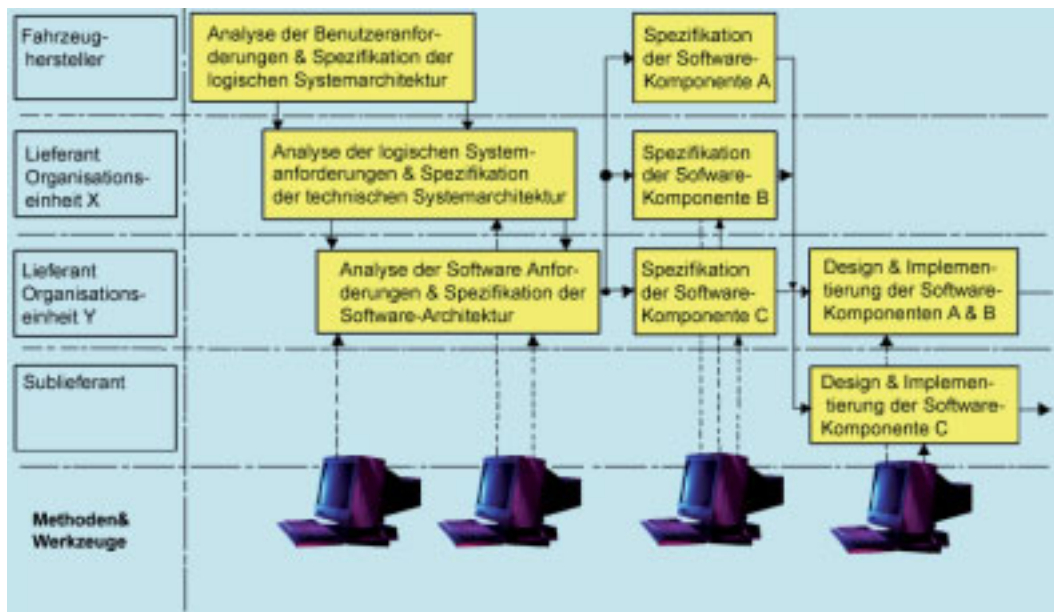


Bild 1.4: Automobil-Software-Entwicklungsprozess [SZ06]

Bildung von Schleifen oder Bedingungen, in den graphischen Modellen nicht explizit vorhanden sind und nur umständlich nachgebildet werden können. Sowohl Zulieferer-Unternehmen als auch Entwicklungsabteilungen entwickeln daher ihren Code teilweise noch manuell.

Im Folgenden wird nun auf die grundsätzlichen Testverfahren in dem dargestellten Entwicklungsprozess eingegangen. In jeder der vorgestellten Entwicklungsphasen existieren bereits etablierte Testverfahren. Die Mehrheit dieser Verfahren verläuft automatisiert, also ohne den menschlichen Eingriff während der Ausführung. Da es sich um das Testen reaktiver Systeme mit komplexer Umweltinteraktion handelt, müssen die entwickelten Verfahren diese berücksichtigen. In der Fachliteratur wird der Begriff „Regelkreis (engl. loop)“ [SZ06] für die in der Abbildung 1.5 dargestellten Testverfahren eingeführt. Bei genauer Betrachtung ist bei den dort dargestellten Verfahren eine Rückschleife sowohl von der zu testenden Funktion zur Umwelt als auch vom Fahrer zur Umwelt zu erkennen. Bei den im Regelkreis durchgeführten Testvorgängen wird, je nachdem in welcher Form die Funktion vorliegt, grundsätzlich zwischen drei Testverfahren unterschieden: „Model-in-the-Loop“ (MiL), „Software-in-the-Loop“ (SiL) und „Hardware-in-the-Loop“ (HiL) [SZ06]. Wichtig anzumerken ist, dass die erwähnten Testverfahren allesamt im Labor angewandt werden. Daher muss die komplette Umgebung simuliert werden, also der Verkehrsfluss, die Dynamik des Eigenfahrzeugs (EGO), das Fahrerverhalten sowie das Verhalten der Sensoreinheiten des Eigenfahrzeugs. Im Eigenfahrzeug wird sowohl das zu testende System oder die zu

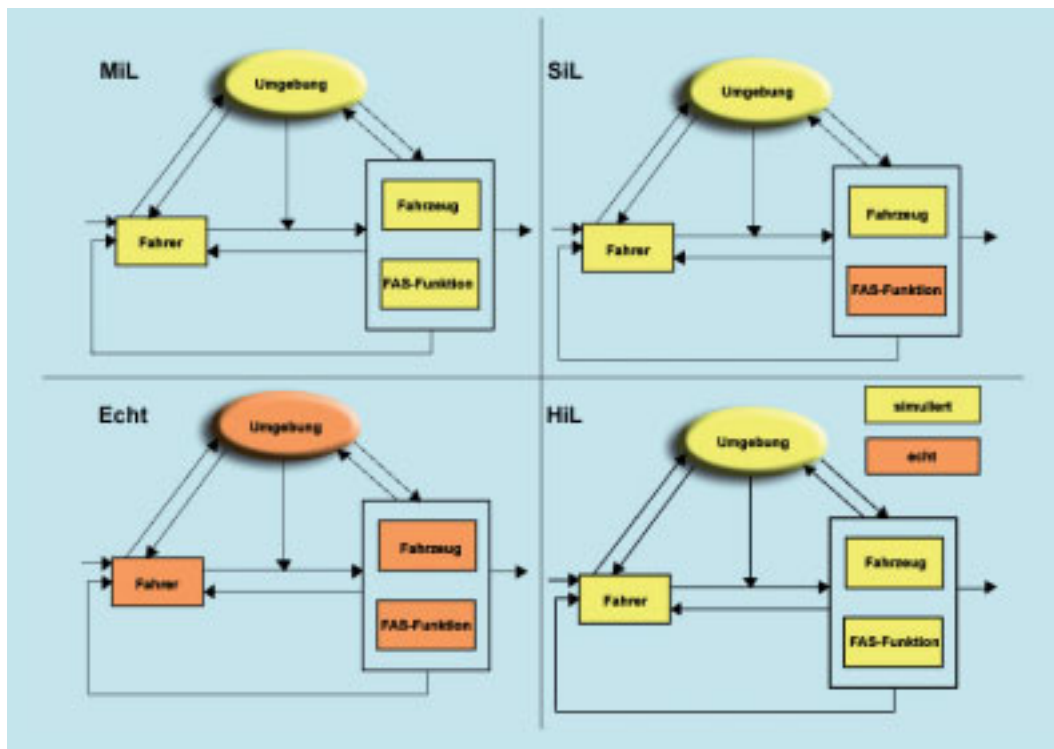


Bild 1.5: Testverfahren im automobilen Software-Entwicklungsprozess [MDBS08]

testende Funktion installiert als auch die zugehörige Sensorik verbaut. Bei der Model-in-the-Loop Simulation liegt die zu testende Funktion als Modell vor, bei SiL als ein Softwaremodul, während sie bei HiL bereits auf eines oder mehrere Steuergeräte portiert worden ist, die wiederum in einem Prüfstand integriert sind. Die genaue Betrachtung der hier eingeführten Testtechniken findet in Kapitel 2 statt. Selbstverständlich finden auch Tests im realen Fahrzeug statt, indem Testfahrten beispielsweise auf einem Prüfgelände durchgeführt werden.

Aufgrund der bereits erwähnten steigenden Komplexität der reaktiven Systeme hat das Testen eine immer größere Bedeutung, denn „manche von ihnen greifen ohne explizite Anforderung des Fahrers in die Fahrdynamik eines Fahrzeugs ein und müssen somit einen erhöhten Grad an Zuverlässigkeit aufweisen. Bei autonom intervenierenden Assistenzsystemen versuchen, beispielsweise, die Systeme „aktiver Sicherheit“, die Unfallfolgen zu mindern oder gänzlich zu vermeiden“ [Boc08]. Gerade das Testen solcher Systeme unter realen Bedingungen stellt sich als sehr aufwändig dar und unter Umständen sogar lebensgefährlich. Der Aufwand hat vor allem mit der Zeit und Kosten für den Aufbau und Vorbereitung entsprechender Teststreckenabschnitte auf einem Prüfgelände zu tun. An dieser Stelle sind Simulationsumgebungen gefordert und

teilweise schon im Entstehen, welche anhand einer großen Menge von so genannten Szenarien automatisiert den kompletten Test im Sinne eines SiL-Tests simulieren und bestimmte Funktionsausgangsgrößen auswerten (Black-Box Testing). Ein Szenario, in diesem konkreten Fall, ist die Beschreibung einer Abfolge von Fahrmanövern des Eigenfahrzeugs sowie der am Verkehrsfluss beteiligten Fremdfahrzeuge in einem bestimmten Zeitabschnitt. Ein Szenario beschreibt ebenfalls die Randbedingungen, unter denen die Manöver durchgeführt werden wie zum Beispiel Straßenart, Staßenbelag, Beleuchtung oder Lichtverhältnisse.

In diesem Kontext sind auch neue Testmethodiken entstanden, welche die Vorteile der realen Testfahrten mit der virtuellen Simulation verbinden. Zu diesen gehört beispielsweise der Vehicle-in-the-Loop-Ansatz (ViL) [Boc08]. Dabei wird das reale Versuchsfahrzeug in eine Verkehrssimulation eingebunden. „Der virtuelle Fremdverkehr wird dem Fahrer durch ein optisches am Kopf befestigtes, durchsichtiges Display während der Fahrt realitätsnah eingeblendet“ [Boc08]. Somit wird es möglich, ähnlich wie beim SiL mit der virtuellen Verkehrsflusssimulation, Tests in den frühen Entwicklungsphasen von Fahrer-Assistenzsystemen (FAS) durchzuführen, ohne dass dabei eine Gefährdung auftritt. Was die Problematik bei den einzelnen oben eingeführten Testverfahren betrifft, so lässt sich folgendes beobachten:

- Steigende Komplexität stellt besonders hohe Anforderungen an die Testautomatisierung. Dadurch, dass die HiL-Prüfstände nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen, müssen zunehmend bei der automatischen oder manuellen Generierung von Testfällen auch zeitliche Aspekte der Ausführung berücksichtigt werden neben den bereits etablierten Überdeckungskriterien. Hierbei gibt es Bestrebungen, die Testsuits parallel an einem HiL-Stand auszuführen, um die Rechnerauslastung zu erhöhen. Nach wie vor ist das Gebiet des modellbasierten Testens im Bereich reaktiver Systeme aktuell. Hier gilt es zunehmend die Interaktion der Umwelt, insbesondere auch des Fahrers mit der zu testenden Funktion zu modellieren und anschließend ausgehend davon Testfälle abzuleiten. Aus wirtschaftlicher Sicht möchte man dadurch einen sehr hohen manuellen Aufwand zur Erstellung und Parametrisierung von Testfällen vermeiden [Sch08].
- Im Bereich des Testens mit realen Messdaten existieren bereits zahlreiche proprietäre und kommerzielle Lösungen zur automatisierten Ausführung des Testablaufs [Ise08]. Herausforderungen, die in diesem Gebiet anstehen, betreffen, angesichts der Größe der zu verwaltenden Datenmengen, das Testdatenmanagement. Ebenfalls sind in diesem Bereich auf einer großen Menge an Messdaten detaillierte Suchvorgänge durchzuführen, um die Menge der für den Testablauf notwendigen Testdaten minimal zu halten. Angesichts strenger gesetzlicher Vorlagen für FAS müssen sämtliche Testdaten, insbesondere aber auch die

realen Messdaten über mehrere Jahre hinweg aufbewahrt werden, was bei deren Größe zu massiven Speicherproblemen führen kann. Im FAS-Bereich kann die Größe einer Messung beispielsweise zwischen 70 und 100 Gigabyte pro Stunde Fahrt betragen.

Wie bereits erwähnt, finden Testvorgänge auf allen Entwicklungsstufen statt. In der Vorentwicklung beziehungsweise in den frühen Entwicklungsphasen wird viel Wert auf Black-Box Methodik [Lig09] auf Modulebene Wert gelegt. Der Entwicklungs- und Qualitätssicherungsprozess beim Zulieferer (Synonym zu Lieferant) muss bestimmte Standards erfüllen wie beispielsweise Automotive SPICE [VDA10a]. Aus diesem Grund müssen die Lieferanten Tests auf allen möglichen Abstraktionsebenen der automobilen Software durchführen, angefangen bei Unit-Tests bis hin zum Komponententest. Hierbei wird nicht nur die Black-Box Methodik herangezogen, sondern verstärkt auch die White-Box Methodik, wobei in den Standards festgelegt ist, welche Überdeckungskriterien beispielsweise eine Assistenzfunktion erfüllen muss, damit sie von dem OEM übernommen wird.

1.2 Zielsetzung

Aus den bisherigen Ausführungen wird die Komplexität des automobilen Software-Entwicklungsprozesses ersichtlich. Aus Sicht des Testens führt dies zur folgenden Problematik. Betrachtet man einzelne Entwicklungsphasen wie zum Beispiel die Vorentwicklung, so stellt man folgende hierarchische Struktur fest (Abbildung 1.6). Mitarbeiter jeder Abteilung sind an diversen Entwicklungsprojekten beteiligt. Jedes dieser Projekte hat mit der Entwicklung einer bestimmten Teil-Funktionalität eines FAS zu tun, wie beispielsweise Umfeldwahrnehmung, Sensordaten-Fusion oder Situationsanalyse. Innerhalb eines jeden Projekts können ebenfalls Subprojekte ablaufen, die meistens mit den Varianten einer Teil-Funktionalität zu tun haben. So kann beispielsweise ein Umfeldwahrnehmungsmodul sowohl für eine Lane-Departure-Warning (LDW) [Fed10] Funktion als auch für den Spur-Wechsel-Assistent (SWA) entwickelt werden [DJG03]. Innerhalb eines jeden Subprojekts werden die bereits erwähnten Testverfahren angewendet.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Testspezifikationen innerhalb der einzelnen Projekte und für einzelne Testverfahren im höchsten Maß uneinheitlich sind. Dies betrifft primär die Spezifikation der Testdaten, aber auch solche Aspekte wie die Definition von Soll-Verhalten, die oftmals nur im Kopf eines Entwicklers stattfindet und nicht formal spezifiziert wird. Dies führt dazu, dass zum einen der Austausch und somit auch die Wiederverwendung der Testspezifikationen zwischen den Projekten unterschiedlicher Abteilungen schwer möglich sind. Zum anderen findet aus diesem Grund eine mehrfache Definition von Testspezifikationen statt.