

# **Umfassendes Qualitätsmanagement für den Bereich Elektronik im Versuchsbau der Automobilindustrie**

von Diplom-Ingenieur  
Thomas Kutritz  
aus Wattenscheid j. Bochum

von der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme  
der Technischen Universität Berlin  
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften  
- Dr.-Ing. -

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Helmut Pucher  
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann  
Dr.-Ing. Alfons Weißbrich

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 13.12.2004

Berlin 2005  
D83



*Reiß die Schranken zwischen den Abteilungen nieder!  
Die Mitarbeiter in Forschung, Entwicklung, Konstruktion,  
Produktion und Verkauf müssen als Team zusammenarbeiten  
(Dr. W. Edwards Deming)*



## **Vorwort:**

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Doktorand bei einem großen europäischen Automobilhersteller im Bereich Qualitätssicherung Versuchsbau.

Zuallererst gebührt mein Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann, der mich als externen Doktoranden an seinem Institut angenommen hat und jederzeit bereit war, fachliche Themen zu diskutieren und die Arbeit mit wertvollen Hilfestellungen und weitergehenden Anregungen zu unterstützen.

Herrn Dr.-Ing. Alfons Weißbrich danke ich für die Übernahme der Aufgabe des zweiten Gutachters, das mir entgegengebrachte Interesse an dieser Arbeit und die kritische Durchsicht meiner Dissertationsschrift.

Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr.-Ing. Helmut Pucher für die Übernahme des Vorsitzes im Promotionsausschuss, sowie Frau Frauke Sveceny für ihre Unterstützung bei allen universitätsseitigen, organisatorischen Dingen, die zu erledigen waren.

In meinem direkten Arbeitsumfeld danke ich besonders meinem Abteilungsleiter Herrn Peter Nimz, sowie meinem Unterabteilungsleiter Herrn Jürgen Graf, für die dauerhafte fachliche und persönliche Unterstützung während der gesamten Promotionszeit, bis hin zur kritischen Durchsicht meiner Arbeit. Mein Dank für die Durchsicht der Arbeit gilt weiterhin den Herren Siegbert Kohls und Wolfgang Geister. Für die Herstellung des universitären Kontaktes zu Herrn Prof. Herrmann in Berlin, sowie diverse inhaltlich wertvolle Gespräche in Bezug auf meine Arbeit, danke ich Herrn Holger Hermann. Ferner möchte ich allen Mitarbeitern der Unterabteilung „Qualitätssicherung-Elektronik“, den beteiligten Mitarbeitern des Versuchsbaus und anderer Unternehmensbereiche, sowie den im Rahmen dieser Arbeit tätig gewesenen Diplomanden, für ihre Unterstützung und die außerordentlich gute Arbeitsatmosphäre während der letzten Jahre danken.

Auch den Mitarbeitern der weiteren Unternehmen aus der Automobil- sowie der Luft- und Raumfahrtbranche, die mir die Möglichkeit zu einem Erfahrungsaustausch gegeben haben, gilt mein Dank für die mir entgegengebrachte Offenheit und Diskussionsbereitschaft.

Ein persönlicher Dank geht an meinen Vater und meine Schwester für die vielen fruchtbaren Diskussionen, die mich in meiner Entscheidung zu promovieren äußerst positiv beeinflusst haben und den familiären Rückhalt, den sie mir jederzeit gegeben haben. Speziell meinem Vater gebührt der Dank dafür, dass er mir durch seine finanzielle Unterstützung und endlose Geduld meine schulische und universitäre Ausbildung ermöglicht hat. Ohne diese Voraussetzungen hätte es diese Arbeit nie gegeben. Ihm widme ich daher diese Arbeit.

Neben der Familie gebührt mein ganz besonderer persönlicher Dank meiner Freundin Silvy, die von allen am häufigsten und direktesten mir und meinen Launen ausgesetzt war. Ihr danke ich für ihr unaufhörliches Verständnis, ihre immense Geduld, ihre Motivation sowie für Ihre Rolle als Ruhepol, an den ich mich immer wieder anlehnen konnte.



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	4
<b>2</b>	<b>Das EFQM-Modell für Excellence</b>	<b>5</b>
2.1	Historie und Philosophie	5
2.2	Der grundlegende Aufbau	7
2.3	Die Befähiger-Kriterien	9
2.3.1	Führung	9
2.3.2	Mitarbeiter	9
2.3.3	Politik und Strategie	10
2.3.4	Partnerschaften und Ressourcen	10
2.3.5	Prozesse	10
2.4	Die Ergebnis-Kriterien	11
2.4.1	Mitarbeiterbezogene Ergebnisse	11
2.4.2	Kundenbezogene Ergebnisse	12
2.4.3	Gesellschaftsbezogene Ergebnisse	12
2.4.4	Schlüsselergebnisse	13
2.4.5	Selbstbewertung	13
2.5	Die R.A.D.A.R Methode	14
2.6	Excellence in der Automobilindustrie	15
<b>3</b>	<b>Elektronik und Software im Automobil</b>	<b>18</b>
3.1	Historie der Kfz-Elektronik	18
3.2	Komplexität vernetzter Elektroniksysteme in Kraftfahrzeugen	19
3.3	Software im Automobil	24
3.3.1	Softwareentwicklung für elektronische Systeme im Automobil	24
3.3.2	Änderungshäufigkeit von Konstruktionsständen in der Produktentstehung	25
3.3.3	Versions- und Konfigurationsmanagement für Hard- und Software	27
3.3.4	Software-Qualitätsmanagement	28
3.4	Prüfstrategie in der Produktentstehung	29
3.4.1	Der Modultest	30
3.4.2	Domänentest	31
3.4.3	Systemtest	31
3.4.4	Abnahmetest	32
3.5	Zuliefer-Strategie im Bereich Kfz-Elektronik	32

3.6	Produktions-, Kundendienst-Prüftechnik und Eigendiagnose .....	33
3.7	Elektronik-Strategie .....	34
3.7.1	Grundlagen und Hintergründe .....	34
3.7.2	Produktentstehungsprozess Elektrik/Elektronik Umfänge (E-PEP) .....	34
3.7.3	Gründung von Tochterfirmen .....	35
3.8	OEM übergreifende Aktivitäten.....	36
<b>4</b>	<b>Der Versuchsbau im Produktentstehungsprozess .....</b>	<b>37</b>
4.1	Grundlagen.....	37
4.2	Einbindung in die Organisationsstruktur .....	37
4.3	Kernaufgaben .....	39
4.4	Qualitätsmanagement im Versuchsbau.....	39
4.4.1	Grundlagen.....	39
4.4.2	Innere Organisationsstruktur.....	39
4.4.3	Kernaufgaben .....	40
<b>5</b>	<b>Anforderungen der Kfz-Elektronik an die Prozesse und Strukturen im Versuchsbau. 43</b>	
5.1	Anforderungen an versuchsbauinterne Strukturen und Prozesse.....	44
5.1.1	Umdenken auf Führungsebene.....	44
5.1.2	Erweiterte, spezielle Prüfumfänge .....	44
5.1.3	versuchsbauinterne Dokumentation von Versuchsträgern.....	48
5.1.4	Disziplin bei der Teilebereitstellung .....	49
5.1.5	Mitarbeiter-Qualifikation .....	49
5.2	Anforderungen an den Versuchsbau durch versuchsbauexterne Unternehmensbereiche ...	51
5.2.1	Erweiterte Anforderungen der Versuchsbaukunden .....	51
5.2.2	Produktions- und Kundendienstorientierung im Versuchsbau .....	54
5.2.3	Lieferantenbetreuung für Elektronik-Umfänge im Versuchsbau.....	55
<b>6</b>	<b>Qualitätsmanagement im Bereich Elektronik im Versuchsbau .....</b>	<b>58</b>
6.1	Einführung .....	58
6.2	Kundenorientierung im Bereich Kfz-Elektronik im Versuchsbau.....	59
6.2.1	Interne Kunden.....	59
6.2.2	Externe Kunden.....	60
6.3	Sensibilisierung der Führung .....	61
6.4	Durchgängiges Prüfen und Dokumentieren im Montageprozess .....	63
6.4.1	Aufgaben und Ziele.....	63
6.4.2	Vorgehen nach der R.A.D.A.R-Methode.....	65
6.4.3	Ermittlung des IST-Zustandes im Versuchsbau .....	67
6.4.4	Der durchgängige Prüfplan .....	69
6.4.5	Reduktion von Prüfumfängen bei Fahrzeugabnahmen durch das Qualitätswesen..	71
6.4.6	Steuern durch spezifische Messgrößen .....	74



6.4.7	Durchgängige Dokumentation von Prüf- und Arbeitsergebnissen .....	81
6.4.8	Durchführung von Pilotversuchen .....	82
6.4.9	Die Stufen zur konzernweiten Gültigkeit.....	84
6.5	Beitrag zur Überprüfung und Darstellung der Produktreife .....	86
6.5.1	Festlegung von Qualitäts-Toren im Produktenstehungsprozess .....	88
6.5.2	Festlegung der Prüfumfänge zur Funktionsreifeermittlung.....	89
6.5.3	Prüfobjekte mit aktuellem Entwicklungsstand durch Zusammenarbeit mit der Technischen Entwicklung .....	91
6.5.4	Darstellung und Bewertung der Ergebnisse.....	94
6.6	Lieferantenbetreuung für E-Umfänge im Versuchsbau .....	100
6.7	Einbindung von Produktions- und Kundendienstprüftechnik in die Prozesse des Versuchsbaus .....	105
6.7.1	Integration der E-Meisterböcke in den Versuchsbau.....	106
6.8	Mitarbeiterqualifikation .....	110
6.8.1	Qualifikation interner Mitarbeiter.....	110
6.8.2	Integration von Mitarbeitern aus Produktion und Kundendienst.....	113
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>116</b>
<b>8</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>118</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>119</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>122</b>
10.1	Anhang A: Abweicherlaubnis (Quelle Volkswagen).....	122
10.2	Anhang B: Fragebogen zur IST-Standaufnahme im Versuchsbau .....	123
10.3	Anhang C: Ablauf Bremsenprüfung (Quelle [weh 03]).....	135
10.4	Anhang D: Fragebogen zur Bestimmung von Schwerpunktteilen (Quelle [poh 04]).....	140
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>144</b>



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Die Strukturen und Architekturen elektrischer und elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen haben in den letzten Jahren, bedingt durch ständig steigende Forderungen nach mehr Sicherheit, Komfort, Informations-, Kommunikations- und Unterhaltungsmöglichkeiten, starke Veränderungen erfahren. Während die Kraftfahrzeug-Elektronik in ihrer frühen Phase von einigen wenigen Steuergeräten geprägt war, so werden bereits zur Realisierung der heutigen Anforderungen eine immer größer werdende Anzahl von weitaus komplexeren Steuergeräten und elektrischen/elektronischen Komponenten und Systemen benötigt. Abbildung 1.1 verdeutlicht den Anstieg der Komplexität anhand der Steuergeräteanzahl und der Anzahl der Vernetzungsmöglichkeiten in Fahrzeugen der Marke Volkswagen.

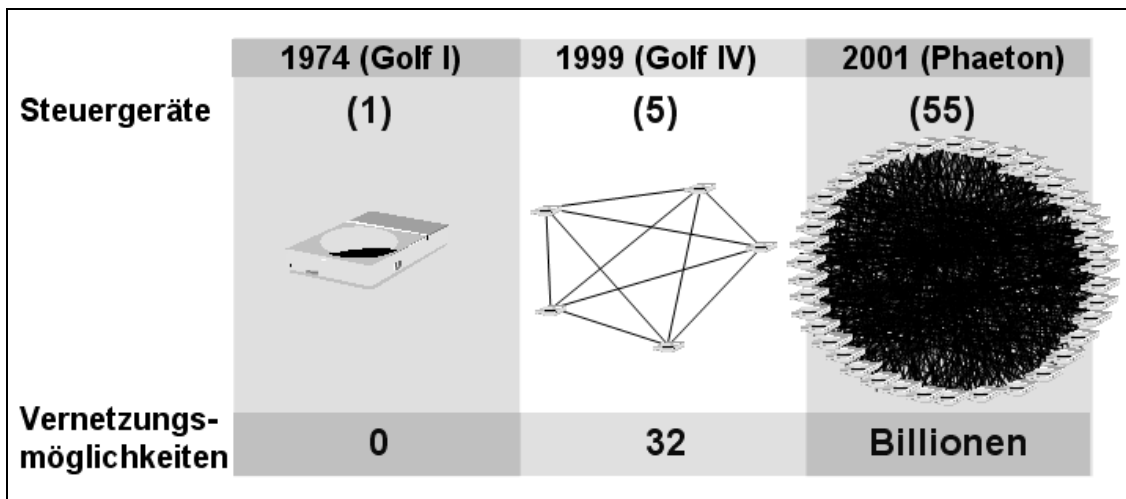


Abbildung 1.1: Steuergerätezuwachs vom Golf I bis zum Phaeton (Quelle Volkswagen)

Ein Ende ist derzeit nicht abzusehen. Während beispielsweise der Wertanteil der Mikroelektronik pro Fahrzeug im Gesamtdurchschnitt im Jahre 1980 noch lediglich 0,5 Prozent betrug, lag er 1990 bei 7 Prozent und im Jahr 2000 bereits bei 17 Prozent. Prognosen besagen, dass er im Jahre 2010 auf 24 Prozent angewachsen sein wird [Bosch 02].

In Zukunft werden neben elektronischen Fahrerassistenzsystemen wie beispielsweise der automatischen Abstandsregelung „ADR“ auch sogenannte „X-by-wire“-Systeme zum automobilen Alltag gehören [grell 03]. Abgesichert durch redundante mechanische oder hydraulische Rückfalllösungen werden dann sicherheitsrelevante Systeme wie vollelektronische Lenkungen („steer-by-wire“) oder vollelektronische Bremssysteme („brake-by-wire“) die derzeitigen Systeme ersetzen. „90 Prozent aller Innovationen in Neufahrzeugen gehen auf das Konto von Elektrik und Elektronik“ lautet hierzu eine Aussage, die in Ausarbeitungen zum Thema Kfz-Elektronik immer wieder auftaucht.

Der immer weiter anhaltende Siegeszug der Elektronik, die mittlerweile zur Schlüsseltechnologie der Kfz-Industrie geworden ist, hat jedoch auch seine Schattenseiten, wie die Pannenstatistiken des ADAC (Abbildung 1.2) der letzten Jahre unmissverständlich zeigen. Elektronik-Fehler sind hierbei nicht nur unter der Rubrik „allgemeine Elektrik“ zu finden, auch in Rubriken wie „Motor“ oder Zündanlage – Beispiel defekte Lambda-Regelung oder defekte Wegfahrsperrung - sind Elektronik-

Probleme mit erfasst. Schon heute sind über die Hälfte aller Ausfallursachen in Automobilen im Bereich Elektrik und Elektronik zu finden, belegt eine Studie des „Center of Automotive Research“ [CAR] der FH Gelsenkirchen, welche seit nunmehr fünf Jahren in Zusammenarbeit mit dem ADAC entsteht, Tendenz stark steigend [aut 04] [atz 03].

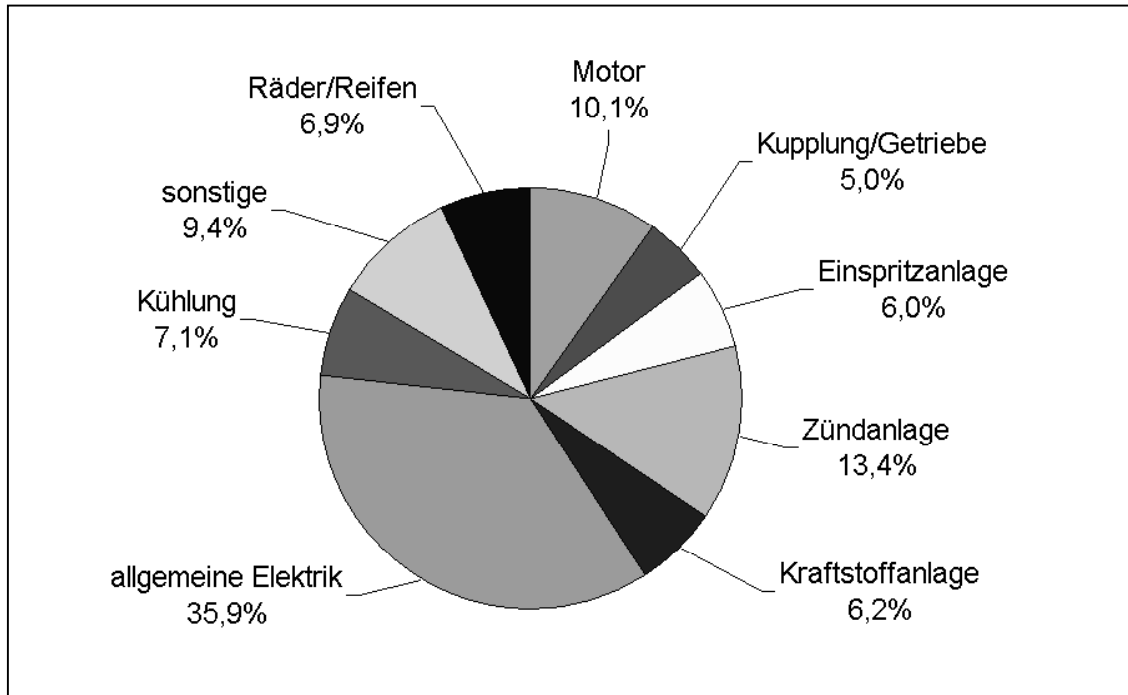


Abbildung 1.2: ADAC-Pannenstatistik 2003 (Quelle ADAC)

Diese Entwicklungen zeigen sehr deutlich, dass von Seiten der Automobilhersteller entsprechend reagiert werden muss, um die Qualität ihrer Produkte auf dem Gebiet der Elektronik nachhaltig sicherzustellen. Es muss unter anderem verstärkt darauf geachtet werden, dass bei der Festlegung der Qualitätsanforderungen für kommende Fahrzeugprojekte dem Thema Kundenorientierung eine entscheidende Rolle zukommt. Denn die Qualität der Produkte ist es, die wesentlich die Kundenzufriedenheit und als Folge davon die Kundenbindung an ein Unternehmen beeinflusst. Gerade in den heutzutage gesättigten Märkten ist Kundenloyalität besonders wichtig, um Marktanteile und Umsätze, und damit den Erfolg eines Unternehmens, zu sichern [her 03]. Um die Qualität eines Produktes nachhaltig sicherzustellen, ist es notwendig, Probleme bereits so früh wie möglich im Produktentstehungsprozess zu erkennen und das Produkt so früh wie möglich zur Serienreife zu bringen. Durch präventives Handeln gewinnt der Hersteller wichtige Zeit, die genutzt werden kann, um Probleme bis zum Serienstart sorgfältig und nachhaltig abzustellen und eine ausreichende Absicherung durchzuführen.

Neben dem Faktor Zeit spielt hier der Kostenfaktor eine gewichtige Rolle, was besonders deutlich bei der Betrachtung der Kosten wird, die für Fehlerverhütung bzw. Fehlerentdeckung entstehen. Die so genannten *Fehlerkosten* steigen exponentiell von Produktentstehungsphase zu Produktentstehungsphase an (Abbildung 1.3). Werden Fehler beispielsweise nicht in der Entwicklung, sondern im schlimmsten Fall erst vor Kunde entdeckt, so sind die Kosten für die Beseitigung des Fehlers um den Faktor 1000 höher.

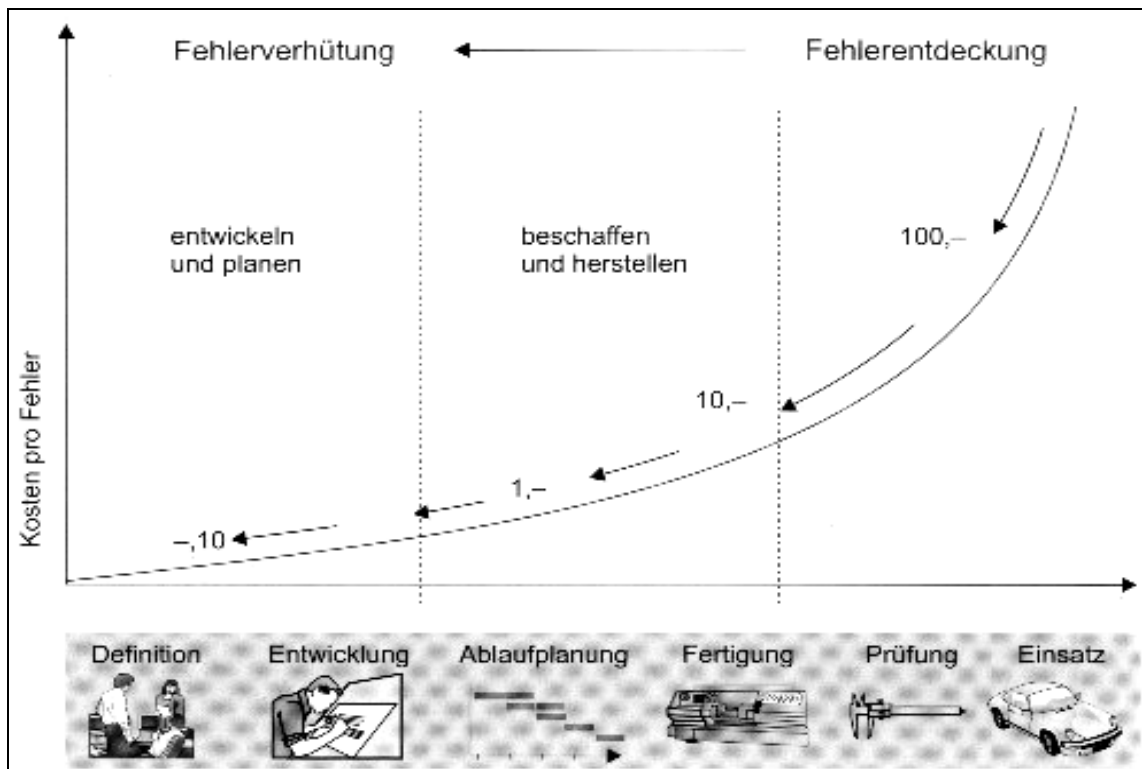


Abbildung 1.3: Zehnerregel der Fehlerkosten (Quelle [pfe 01])

Dies macht deutlich, dass die effizienteste Beeinflussbarkeit der Produktqualität in den Produktentstehungsphasen vor Fertigungsbeginn liegt [pfe 01].

Eine spezielle Bedeutung im Rahmen der Produktentstehung eines neuen Fahrzeugprojektes kommt daher dem Versuchsbau zu, da dieser die Schnittstelle zwischen Forschung und Entwicklung auf der einen, und der Produktion des zur Serienreife entwickelten Fahrzeugs auf der anderen Seite bildet. Aufgabe des vielfach auch als Prototypenbau bezeichneten Bereiches ist es, den Versuchs- und Entwicklungsabteilungen Versuchsträger zur Verfügung zu stellen, die Erprobungsschwerpunkten und Entwicklungsständen entsprechend voll funktions- und erprobungsfähig sind.

Eine immer wichtigere Rolle spielt der Versuchsbau in den letzten Jahren im Bereich Elektrik/Elektronik. Ausschlaggebend hierfür ist, neben der immer komplexer werdenden Vernetzung der Elektronik, zunehmend der Bereich der Mechatronik. Gemeint ist hiermit das Zusammenspiel der elektronischen mit den mechanischen Komponenten eines Fahrzeugs. Der Großteil dieser Umfänge, beispielsweise Brems- oder Lenksysteme, können nur durch dynamische Prüfungen, und somit durch die Nutzung fahrfähiger Versuchsträger erprobt und abgesichert werden. Hieraus ergeben sich für den Bereich Versuchsbau in der Automobilindustrie neue Herausforderungen, auf die auch im Rahmen des Qualitätsmanagements entsprechend reagiert werden muss.

## 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, einen Weg aufzuzeigen, wie auf die in Kapitel 1.1 dargestellten Herausforderungen und die daraus resultierenden Aufgaben im Sinne eines umfassenden Qualitätsmanagements reagiert werden kann.

Um einen Einstieg in die Thematik zu ermöglichen, werden in den Kapiteln *zwei* bis *vier* zunächst alle zum Verständnis notwendigen Grundlagen dargestellt.

Kapitel *zwei* widmet sich in kompakter Form der theoretischen Grundlage, dem umfassenden Qualitätsmanagement am Beispiel des Modells für Excellence der European Foundation of Quality-Management, kurz EFQM-Modell.

Kapitel *drei* gibt zunächst einen Überblick über das Thema Elektronik und Software im Automobil von den Anfängen der Kfz-Elektrik im Jahre 1897 bis zu den heutigen, hochkomplexen und vernetzten Systemen. Im weiteren Verlauf werden die aus dieser Komplexität hervorgegangenen Anforderungen sowie die durch die OEM's (Original Equipment Manufacturer) zum heutigen Zeitpunkt eingeleiteten Maßnahmen zur Beherrschung der Komplexität erläutert.

Kapitel *vier* gibt einen allgemeinen Überblick über die Bereiche Versuchsbau und Qualitätssicherung im Versuchsbau der Automobilindustrie. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf der Darstellung der Prozesse und Aufgaben des im Rahmen der vorliegenden Arbeit analysierten OEM.

In Kapitel *fünf* werden anschließend die in den Kapiteln *drei* und *vier* isoliert voneinander dargestellten Inhalte zusammengeführt und die aus der Kfz-Elektronik resultierenden Auswirkungen und Anforderungen auf die Prozesse und Vorgehensweisen des Versuchsbaus dargestellt.

Basierend auf den bisherigen Ausführungen erfolgt in Kapitel *sechs*, dem Kern dieser Arbeit, die Darstellung einer möglichen Vorgehensweise, wie den in Kapitel *fünf* aufgezeigten Anforderungen unter den Gesichtspunkten des umfassenden Qualitätsmanagements begegnet werden kann, um die Sicherstellung der Qualität des Moduls Elektrik/Elektronik bereits frühzeitig im Produktentstehungsprozess zu unterstützen. Die beschriebene Vorgehensweise ist hierbei auf die Strukturen und Methoden des im Rahmen der Arbeit betrachteten Versuchsbaus eines europäischen Automobilherstellers ausgerichtet, so dass diese nicht eins zu eins auf jeden Hersteller übertragen, jedoch als roter Faden genutzt werden kann. Der Fokus liegt hierbei auf Vorgehensweisen, die sich im Bereich Elektrik/Elektronik vom mechanisch geprägten Fahrzeug-/Versuchsbau unterscheiden. Inhalte weiterer, zur Umsetzung des umfassenden Qualitätsmanagements notwendiger Bereiche, bei denen sich das generelle Vorgehen im Bereich Elektrik/Elektronik nicht von denen des klassischen Fahrzeugbaus unterscheidet, werden im Rahmen dieser Arbeit nicht näher behandelt.

Im *siebten* und letzten Kapitel bietet die Schlussbetrachtung einen zusammenfassenden Überblick über die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit und gibt einen Ausblick auf weiterführende Ansätze und noch ausstehende Aufgaben.

## 2 Das EFQM-Modell für Excellence

### 2.1 Historie und Philosophie

„*Qualität ist, wenn der Kunde zurückkommt, und nicht das Produkt*“. Diese, häufig umgangssprachlich benutzte Beschreibung für den „Grad, indem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“, wie die offizielle Definition für Qualität nach DIN EN ISO 9000:2000 lautet, ist seit jeher in seiner Bedeutung gleich geblieben. Am Ende der Wertschöpfungskette der Produktentstehung muss ein Produkt stehen, welches voll und ganz den Anforderungen des Kunden entsprechen sollte. Anders verhält es sich mit dem Weg, der gewählt wird, um Qualität zu erzeugen. Dieser hat sich über die Jahrhunderte immer wieder gewandelt.

Während in der Zeit vor der Produktion in Manufakturen und Fabriken der Hersteller, z. B. Handwerker, für die Qualitätsbeurteilung des Produktes selbst zuständig war und die Wünsche und Klagen seiner Kunden aufgrund kurzer Informationswege direkt erfuhr [her 03], entstanden im 19. Jahrhundert die Grundzüge eines eigenständigen Qualitätswesens in der Produktion. Der Fokus lag hierbei auf der Inspektion, also auf der Durchführung von Kontrollen an produzierten Waren und einer entsprechenden Sortierung aller fehlerbehafteten Endprodukte. Diese Art der Qualitätssicherung erwies sich jedoch bald, insbesondere bei der Fertigung großer Massen von Artikeln als ebenso umständlich wie kostspielig. Abhilfe wurde, zuerst parallel und später in Kombination, durch den Einsatz der Mess- und Regeltechnik auf der einen und der Nutzung statistischer Methoden auf der anderen Seite gesucht [mas 94].

Zu Beginn der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts wurde erkannt, dass nicht nur die Produktion, sondern alle an der Produktqualität beteiligten Funktionsbereiche zur Erreichung der gewünschten Produktqualität innerhalb ihres Einflussbereiches für die Einhaltung der Qualitätsstandards sorgen müssen [her 03/2]. Als Folge dieser Erkenntnisse erfährt das Qualitätsmanagement einen Wandel. Es erfolgt der Übergang zum integrierten Qualitätsmanagement. Im weiteren Verlauf erhielt das Qualitätsmanagement durch die Einführung der Normenfamilie ISO 9000ff im Jahre 1987 einen international über alle Industriezweige standardisierten und akzeptierten Rahmen für die Gestaltung von Qualitätsmanagement-Systemen.

Die Globalisierung der Märkte, sich ständig verschärfender Wettbewerb und steigende Kundenerwartungen hinsichtlich Qualität und Zuverlässigkeit haben in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem weiteren Umdenken im Qualitätswesen geführt. Ausschlaggebend hierfür war vor allem der Aufstieg Japans zur führenden Industriemacht nach Ende des 2. Weltkrieges, welcher auf die konsequente Umsetzung der Theorien der beiden Amerikaner Dr. W. Edwards Deming und Dr. J. M. Juran zurückzuführen ist [run 00] [zin 00].

Es wurde erkannt, dass, wenn Unternehmen in den ehemals führenden Industrieregionen Amerika und Europa auch weiterhin erfolgreich sein wollten, dies nicht allein mit starr an Normen orientierten Abläufen und Arbeitsmethoden möglich war. Auch hier musste, 30 Jahre nach Japan, der „Demingsche-Weg“ eingeschlagen werden, der ein Unternehmen in seiner Gesamtheit betrachtet, die Kunden und Mitarbeiter in hohem Masse mit einbindet und kontinuierliche Verbesserung zum Ziel hat.

Die Ansätze von Deming und Juran sowie weiterer Experten auf dem Gebiet der Qualität wie Crosby und Ishikawa sind in eine Methode eingeflossen, die den Namen Total Quality Management trägt und von Namen und Inhalt auf den 1961 entwickelten Total Quality Control Ansatz des Amerikaners Feigenbaum zurückgeht [kam 03]. Das Total Quality Management, kurz TQM, welches ins

deutsche laut DIN EN ISO 8402 übersetzt ist als „umfassendes Qualitätsmanagement“, ist definiert als:

*„Auf die Mitwirkung aller ihrer Mitglieder gestützte Managementmethode einer Organisation, die Qualität in den Mittelpunkt stellt und durch Zufriedenstellung der Kunden auf langfristigen Geschäftserfolg sowie auf Nutzen für die Mitglieder der Organisation und für die Gesellschaft zielt.“*

TQM ist also eine Führungs- /Managementmethode und geht über ein Qualitätsmanagementsystem, wie es in der Begriffswelt der Normenfamilie ISO 9000 ff beschrieben ist, weit hinaus [her 03/2]. Die ISO-Normen stehen jedoch keineswegs im Widerspruch zu TQM, sondern sollten als Einstieg in ein umfassendes Qualitätsmanagement zur Unterstützung der Unternehmensführung verstanden werden. Dies gilt vor allem für die aktuelle, überarbeitete Normenreihe DIN EN ISO 9000:2000, deren Inhalte sich zunehmend an den Vorgehensweisen des TQM orientieren [vos 02].

Mit dem Ziel, die Gedanken des umfassenden Qualitätsmanagements in Europa zu verbreiten, gründeten 14 namhafte europäische Unternehmen (Abbildung 2.1) im Jahre 1988 die European Foundation of Quality Management, kurz und im Folgenden EFQM genannt.

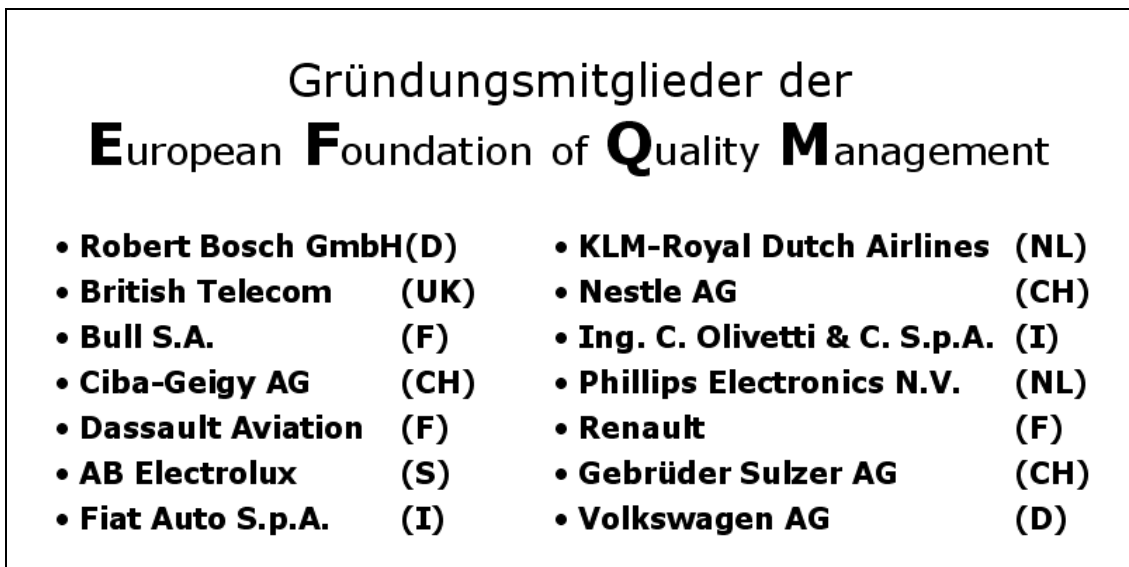


Abbildung 2.1: Gründungsmitglieder der EFQM (Quelle EFQM)

Zur Unterstützung der Unternehmen auf dem Weg zu Excellence und als Bewertungsgrundlage im Falle einer Bewerbung für einen Qualitätspreis wurde durch die EFQM ein entsprechendes Modell entwickelt, welches international als Richtlinie und Zielsystem für die Einführung von TQM anerkannt ist [kam 00].

Die Verwendung des Begriffes „Excellence“, definiert als „überragende Praktiken in der Führung der Organisation und beim Erzielen von Ergebnissen“ [efqm 00], anstelle des Begriffes der „umfassenden Qualität“ im Sprachgebrauch der EFQM, soll verdeutlichen, dass Qualität im Rahmen von TQM die Erfüllung aller Managementziele und Betrachtung aller Unternehmensfelder bedeutet, und nicht, wie im generellen Verständnis des klassischen Qualitätsmanagements, der Fokus auf der reinen Produktqualität liegt [her 00]. Das im Jahre 1991 erstmals veröffentlichte und für das Jahr



2000 überarbeitete Modell bildet die methodische Grundlage dieser Arbeit und wird im Folgenden erläutert.

Aufgrund der zahlreich vorhanden Literatur zu den Themen TQM und EFQM, wird im Rahmen dieser Arbeit auf eine detaillierte Darstellung verzichtet. Zum tiefergehenden Studium der Thematik wird an dieser Stelle auf die entsprechend zitierten Literaturquellen verwiesen.

## 2.2 Der grundlegende Aufbau

Das Fundament des EFQM-Modells bilden die drei Hauptsäulen des Total Quality Managements, die gleichzeitige Betrachtung von *Menschen*, *Prozessen* und *Ergebnissen*. Nach Kirstein lässt sich das Grundprinzip des EFQM-Modells in Bezug auf TQM wie folgt in einem Satz zusammengefasst darstellen:

**„Durch Einbindung aller Mitarbeiter (Menschen) in einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess bessere Ergebnisse erzielen.“** [kir]

Die genannten drei Säulen dienen als Basis für die dem EFQM-Modell zugrunde liegenden Konzepte (Abbildung 2.2), durch deren konsequente Berücksichtigung und Umsetzung innerhalb des Unternehmens Excellence erreicht werden kann.

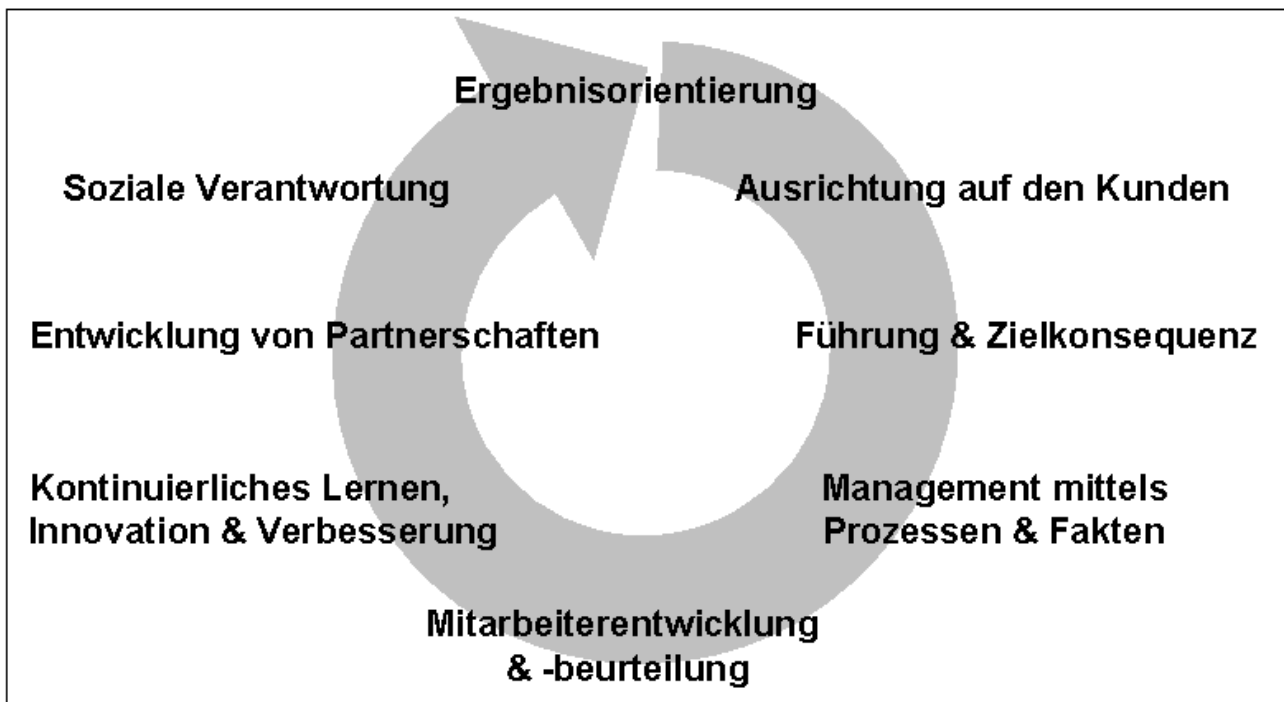


Abbildung 2.2: Die Grundkonzepte des EFQM-Modells (Quelle EFQM)

Das Modell selbst ist eine aus neun Kriterien bestehende, offen gehaltene Grundstruktur [efqm 00]. Die im Gegensatz zu starren Normen offene Struktur ermöglicht dem jeweiligen Unternehmen, unabhängig von seiner Größe und seinen kulturellen Rahmenbedingungen [zin 95], den Weg zu nachhaltiger Excellence möglichst frei zu gestalten.

Die neun Kriterien sind in zwei Hauptgruppen eingeteilt. Die Befähiger-Kriterien:

- Führung
- Mitarbeiter
- Politik und Strategie
- Partnerschaft und Ressourcen
- Prozesse

und die Ergebnis-Kriterien:

- Mitarbeiterbezogene Ergebnisse
- Kundenbezogene Ergebnisse
- Gesellschaftsbezogene Ergebnisse
- Schlüsselergebnisse

Um eine Bewertung des Fortschrittes eines Unternehmens auf dem Weg zur Excellence zu ermöglichen, sind den Kategorien und den darunter liegenden Kriterien entsprechende Gewichtungsfaktoren zugewiesen. So machen die Hauptgruppen „Befähiger“ und „Ergebnisse“ jeweils 50 Prozent der Gesamtbewertung aus. Diese jeweiligen 50 Prozent setzen sich wiederum aus der prozentualen Gewichtung der einzelnen untergeordneten Kriterien zusammen. Durch die Anordnung von Gesichtspunkten für Innovation und Lernen werden die neun Kriterien zu einem geschlossenen Deming-Zyklus verbunden [kam 00] [kam 03]. Abbildung 2.3 fasst die bisherigen Darstellungen grafisch zusammen.

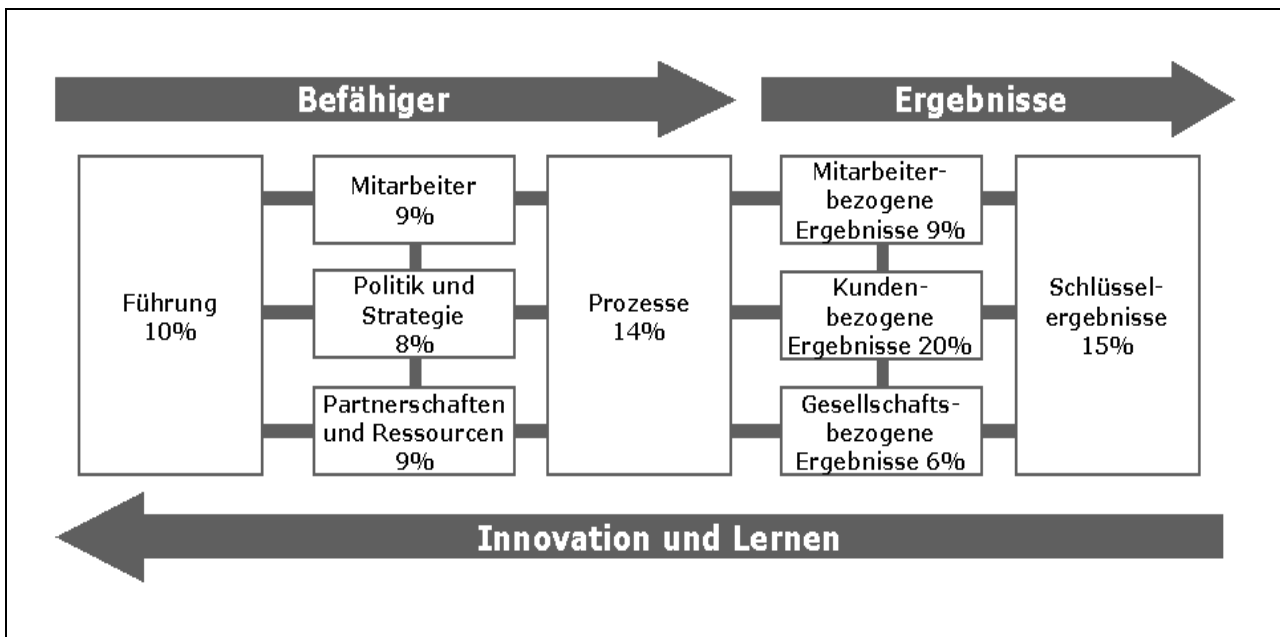


Abbildung 2.3: Das Excellence Modell der EFQM (Quelle EFQM)

## 2.3 Die Befähiger-Kriterien

Die *Befähiger-Kriterien* geben nach Herrmann [her 03] Aufschluss über die Potenziale, die einem Unternehmen zur Verfügung stehen, um die Ziele der Ergebniskriterien zu erreichen. Im Wesentlichen geht es hierbei um die Beantwortung folgender Fragen:

- „Was macht das Unternehmen, um TQM zu erreichen?“
- „Wie geht das Unternehmen dabei vor?“

Kirstein „übersetzt“ den Begriff Befähiger folgerichtig mit „Mittel und Wege“, um zu verdeutlichen, dass es sich um Vorgehensweisen, Vorgänge und Prozesse handelt [kir].

### 2.3.1 Führung

Das Kriterium *Führung* stellt mit einem Gewichtungsfaktor von 10% das zweitwichtigste Befähiger-Kriterium nach den Prozessen (siehe Kapitel 2.3.5.) dar. Dies zeigt, dass für das Erreichen von Excellence unmittelbar das Führungsverhalten des Managements verantwortlich ist. Laut EFQM sind die Aufgaben der Führung einer Organisation wie folgt definiert [efqm 03]:

- Führungskräfte entwickeln die Vision, Mission, Werte und ethischen Grundsätze und sind Vorbilder für die Kultur der Excellence.
- Führungskräfte sichern durch ihre persönliche Mitwirkung die Entwicklung, Umsetzung und Verbesserung des Managementsystems der Organisation.
- Führungskräfte arbeiten mit Kunden, Partnern und Vertretern der Gesellschaft zusammen.
- Führungskräfte verankern in der Organisation, zusammen mit den Mitarbeitern, eine Kultur der Excellence.
- Führungskräfte erkennen und meistern den Wandel der Organisation und begeistern andere, ihnen zu folgen.

### 2.3.2 Mitarbeiter

Prozesse laufen nicht von alleine, sondern werden durch Menschen betrieben [kir]. Neben den Führungskräften sind es daher die *Mitarbeiter* einer Organisation, deren Motivation und Qualifikation entscheidend für einen erfolgreichen Weg zu Business Excellence sind.

Das umfassende Qualitätsmanagement verfolgt daher konsequent den Weg der Mitarbeiterorientierung. Neben der Mitarbeiterentwicklung und -qualifizierung steht hierbei vor allem die Beteiligung der Mitarbeiter und deren Ermächtigung zu selbstständigem Handeln sowie die Übernahme von Verantwortung im Vordergrund. Philip B. Crosby erläutert den Zusammenhang zwischen Mitarbeiterorientierung und hervorragenden Geschäftsergebnissen in seinem Buch „Qualität 2000“ (Originaltitel „Completeness“) wie folgt:

**„Die erfolgreichsten Unternehmen sind jene, deren Mitarbeiter sich ihnen mit Haut und Haaren verschrieben haben, sich mit ihnen identifizieren und einfach ihren Erfolg wollen. Aber bevor dieses Engagement möglich wird, müssen die Mitarbeiter das Gefühl haben, dass sich die Organisation um sie kümmert.“** [cro 94]

### 2.3.3 Politik und Strategie

Das Kriterium *Politik und Strategie* dient der Darstellung, wie die Organisation ihre Vision und Mission durch eine klare, auf die Interessengruppen ausgerichtete Strategie umsetzt und wie diese Strategie durch entsprechende Politik, Pläne, Ziele, Teilziele und Prozesse unterstützt wird [efqm 00].

### 2.3.4 Partnerschaften und Ressourcen

In Zeiten ständig steigenden Wettbewerbs und steigender Anforderungen ist es notwendig, dass Unternehmen sowohl ihre externen Partnerschaften (z. B. Zulieferer, Tochterfirmen etc.) als auch ihre internen Ressourcen detailliert planen und managen, um so ihre Politik und Strategie und die Effektivität ihrer Prozesse zu unterstützen [efqm 00]. Das Kriterium *Partnerschaften und Ressourcen* ist zum Zwecke der Umsetzung der genannten Anforderungen in fünf Teilkriterien unterteilt:

- Externe Partnerschaften managen
- Finanzen managen
- Gebäude, Einrichtungen und Material managen
- Technologien managen
- Informationen und Wissen managen

### 2.3.5 Prozesse

Der Prozessorientierung als eine der Hauptsäulen des umfassenden Qualitätsmanagements fällt auch im Excellence-Modell der EFQM eine entsprechend hohe Gewichtung zu. Mit 14 Prozent stellen die *Prozesse*, die nach Juran definiert sind als „systematischer Ablauf von Aktivitäten zur Verwirklichung eines oder mehrerer Ziele“ [jur 91], das wichtigste Kriterium auf der Befähiger-Seite dar. Die fundamentale Bedeutung der Prozessorientierung spiegelt sich in der Tatsache wider, daß die Qualität der *Prozesse* die Kundenbegeisterung, die Motivation der Mitarbeiter und dadurch bedingt letztendlich die Ergebnisse eines Unternehmens beeinflusst [vda 12].

Der Schlüssel zur Erreichung von Excellence liegt daher in der konsequenten Umsetzung des Prinzips der ständigen Verbesserung, welches seine Wurzeln in den Theorien Demings hat. Dieser beschreibt die Notwendigkeit der „andauernden Verbesserung des Systems“ in der fünften seiner 14 Regeln wie folgt [glau 99]:

***„Suche unablässig nach weiteren Verbesserungen des Systems, um die Qualität der Produkte und Dienstleistungen zu erhöhen, um die Produktivität zu steigern und um gleichzeitig die Herstellungskosten zu senken. Es gibt immer Möglichkeiten, noch bessere Leistungen zu noch geringeren Kosten bereitzustellen. Es gibt kein Optimum. Dinge können immer noch besser getan werden.“***

Das Kriterium *Prozesse* ist in Anlehnung an diese These im EFQM-Modell definiert als der Weg, wie die Organisation ihre Prozesse gestaltet, managt und verbessert, um ihre Politik und Strategie zu unterstützen, ihre Kunden und andere Interessengruppen voll zufrieden zu stellen und die Wertschöpfung für diese zu steigern [efqm 03].

## 2.4 Die Ergebnis-Kriterien

Die *Ergebnis-Kriterien* beschreiben, was eine Organisation für die Kunden, Mitarbeiter, Anteilseigner und die Öffentlichkeit an Leistungen erreicht hat [vda 18]. Sie lassen die Auswirkungen der im Rahmen der Befähiger-Kriterien gewählten Vorgehensweise erkennen und ermöglichen der Organisation die Bewertung der Qualität der von ihr erbrachten finanziellen und nicht finanziellen Leistungen. Dies geschieht durch die Auswertung der erzeugten IST-Daten im Vergleich zu vorgegebenen SOLL-Daten. Der Begriff der SOLL-Daten beschreibt in diesem Zusammenhang:

- die eigenen, internen Zielwerte einer Organisation
- Daten, die aus dem methodischen Vergleich der eigenen Produkte, Dienstleistungen und Prozesse mit als besser identifizierten Vergleichspartnern, also aus Benchmark-Studien, hervorgegangen sind [siehe 02].

Die im Rahmen dieser SOLL/IST-Vergleiche aufgedeckten Schwächen der Organisation können dann im Sinne der ständigen Verbesserung als Basis für die Einleitung von Optimierungsprogrammen genutzt werden.

### 2.4.1 Mitarbeiterbezogene Ergebnisse

*Mitarbeiterbezogene Ergebnisse* spiegeln die Zufriedenheit der Mitarbeiter mit dem Unternehmen wider. Diese wiederum steht in direktem Zusammenhang mit dem Befähiger-Kriterium *Mitarbeiter* (siehe Kapitel 2.3.2) bzw. mit der Umsetzung der Mitarbeiterorientierung durch das entsprechende Unternehmen.

Zur Darstellung mitarbeiterbezogener Ergebnisse können nach dem EFQM-Modell folgende Teilkriterien herangezogen werden [efqm 00]:

*Messergebnisse aus Mitarbeitersicht* sind Ergebnisse, die zeigen, wie die Mitarbeiter die Organisation wahrnehmen. Diese können anhand von Mitarbeiterbefragungen aufgenommen werden und umfassen die Aspekte „Motivation“ und „Zufriedenheit“. Beispiele für Messergebnisse aus Mitarbeitersicht sind unter anderem:

- Karriereentwicklung
- Chancengleichheit
- Anerkennung
- Führung
- Entlohnung und Sozialleistungen
- Sicherheit des Arbeitsplatzes
- Aus- und Weiterbildung
- Betriebsklima

*Leistungsindikatoren* sind von der Organisation verwendete, interne Messgrößen, um die Leistung der Mitarbeiter zu überwachen, zu analysieren, zu planen, zu verbessern und vorherzusagen, wie die Mitarbeiter diese Leistung wahrnehmen. Beispiele für die dem Teilkriterium Leistungsindikatoren zugeordneten Aspekte „erreichte Leistungen“, „Motivation und Beteiligung“, „Zufriedenheit“ und „Dienstleistungen für die Mitarbeiter der Organisation“ sind unter anderem:

- Erfolgsquoten von Aus- und Weiterbildung
- Mitwirkung am Verbesserungs- und Vorschlagswesen
- Rücklaufzeiten bei Mitarbeiterbefragungen
- Personalfuktuation
- Fehl- und Krankenzeiten-Niveau

### 2.4.2 Kundenbezogene Ergebnisse

Eines der wichtigsten Ziele eines Unternehmens im Sinne des Total Quality Management ist das Erreichen einer hohen Kundenzufriedenheit, da diese starken Einfluss auf die Entwicklung der Geschäftsergebnisse hat [pfe 01]. Dieser Aussage trägt die prozentuale Gewichtung des Kriteriums Rechnung. Mit 20 Prozent stellen die *kundenbezogenen Ergebnisse* das wichtigste Ergebniskriterium dar und haben zugleich, durch die höchste Einzelgewichtung im gesamten Modell, die höchste Priorität auf dem durch die EFQM beschriebenen Weg zu Excellence.

Analog zu den *mitarbeiterbezogenen Ergebnissen* (vgl. Kapitel 2.4.1) läßt sich das Maß, in wieweit eine Organisation die Anforderungen seiner Kunden zu deren Zufriedenheit erfüllt, ebenfalls mit Hilfe direkter Beurteilungen durch den Kunden, den sogenannten „Messergebnissen aus Kundensicht“ sowie durch indirekte Messgrößen, sogenannte Leistungsindikatoren bestimmen.

Beide Teilkriterien umfassen jeweils die Aspekte „Image insgesamt“, „Produkte und Dienstleistungen“, „Verkaufs- und Kundendienstleistungen“ und „Loyalität“. Diese unterscheiden sich jedoch, wie anhand von Beispielen aus Tabelle 2.1 zu ersehen, in den Inhalten.

	<b>Image insgesamt</b>	<b>Produkte und Dienstleistungen</b>	<b>Verkaufs- und Kundendienstleistungen</b>	<b>Loyalität</b>
<b>Messergebnisse aus Kundensicht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktionsfähigkeit</li> <li>• Erreichbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualität</li> <li>• Zuverlässigkeit</li> <li>• Lieferung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beratung und Unterstützung</li> <li>• Kundenunterlagen</li> <li>• Verhalten der Mitarbeiter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absicht zu Neukauf</li> <li>• Absicht zur Weiterempfehlung</li> </ul>
<b>Leistungsindikatoren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berichterstattung in der Presse</li> <li>• Anzahl der Nominierungen für Preise durch den Kunden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehler-, Ausfall-, Rückrufzeiten</li> <li>• Beschwerden</li> <li>• Garantie- und Gewährleistungsbestimmungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktionsraten</li> <li>• Beschwerdebearbeitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauer der Kundenbeziehung Anzahl Beschwerden</li> <li>• Kundenbindung</li> <li>• Häufigkeit/Wert von Aufträgen</li> </ul>

Tabelle 2.1: Kundenbezogene Ergebnisse

### 2.4.3 Gesellschaftsbezogene Ergebnisse

In der heutigen Zeit sind Aspekte wie Umweltbewusstsein, Schonung von Ressourcen, soziales und ethisches Verhalten nicht mehr aus der Verantwortung eines Unternehmens wegzudenken. Auch die Unterstützung gesellschaftlicher Ereignisse, wie z. B. Sport- und Wohltätigkeitsveranstaltungen gehört „zum guten Ton“, will ein Unternehmen nachhaltig erfolgreich am Markt bestehen.

Ein Beispiel aus der aktuellen Tagespresse stellt hier die Diskussion zwischen der deutschen Regierung und der Automobilindustrie zum Thema Russpartikel-Filter in Dieselfahrzeugen dar [wob 04]. Was ein Unternehmen in Bezug auf diese Faktoren unternimmt bzw. wie diese Leistungen von der nationalen, aber auch der internationalen Gesellschaft wahrgenommen werden, wird im Rahmen der

gesellschaftsbezogenen Ergebnisse dargestellt, überwacht und analysiert. Auch hier wird in direkte Beurteilungen, die auf Wahrnehmungen der Gesellschaft beruhen, und indirekte Leistungsindikatoren, die zur Analyse, Überwachung und Planung der Unternehmensleistungen herangezogen werden unterschieden. Beispiele für Messergebnisse aus Gesellschaftssicht und für Leistungsindikatoren sind:

- Auswirkungen auf die lokale und nationale Wirtschaft
- Beschäftigungspolitik (Produktionverlagerung in Billiglohnländer etc.)
- Beziehungen zu Gewerkschaften und Behörden
- Lärm- und Geruchsbelästigungen
- Umgang mit Abfällen und Verpackung
- Transportpolitik für den Gütertransport
- Verbrauch an Versorgungsenergie (Wasser, Elektrizität etc.).

#### **2.4.4 Schlüsselergebnisse**

Die Schlüsselergebnisse im Modell für Excellence der EFQM bilden den Grad der Zielerreichung in Bezug auf die durch das Unternehmen bzw. die Organisation geplanten Leistungsziele ab [efqm 00]. Die Messgrößen zur Bestimmung des Unternehmenserfolges können sowohl finanzieller als auch nicht finanzieller Art sein. Sie beinhalten die klassischen Geschäftsergebnisse wie beispielweise

- Aktienkurse
- Reingewinn
- Geschäftsvolumen
- Marktanteile

aber auch operationelle Aspekte wie

- Entwicklungszeiten bis Markteinführung
- Anzahl an Patenten und Lizenzen
- Anzahl Partnerschaften und deren Wertschöpfung
- Reifegrad- und Produktivität von Prozessen
- Durchlaufzeiten
- Fehlerraten

#### **2.4.5 Selbstbewertung**

Im Gegensatz zur Bewertung einer Organisation durch externe Stellen im Rahmen der klassischen ISO-Audits, zur Zertifizierung des Qualitätsmanagementsystems [mas 94], geht das Modell der EFQM davon aus, dass eine konsequente Anwendung der Selbstbewertung zu effektiverer Arbeit führt [efqm 00]. Der Begriff „Selbstbewertung“ steht in diesem Zusammenhang für die regelmässige und systematische Durchführung der Bewertung einer Organisation durch organisationsinterne Personen, ohne dass externe Auditoren oder Assessoren beteiligt werden.

Eine Bewertung durch externe Stellen erfolgt erst, sofern sich das entsprechende Unternehmen entschliesst, sich freiwillig um einen der Qualitätspreise, z. B. den European Quality Award (EQA), zu bewerben [vda 18], [kam 03]. Aus den im Rahmen der Bewertungen aufgedeckten Schwächen werden entsprechende Verbesserungspotenziale abgeleitet. Diese werden mit Maßnahmen zur Abstel-

lung belegt, welche wiederum umgesetzt und regelmäßig auf ihre Wirksamkeit hin überwacht werden.

Durch den Selbstbewertungsprozess lernen die Organisationen ihre Stärken und Verbesserungspotentiale kennen. Sie lernen, was „Excellence“ für sie bedeutet, welche Fortschritte sie auf dem Weg zu Excellence bereits gemacht haben, welchen Weg sie noch vor sich haben und wie sie im Vergleich mit anderen abschneiden [efqm 03].

## 2.5 Die R.A.D.A.R Methode

Den Kern des EFQM-Modells für Business-Excellence bildet die zur Bewertung der einzelnen Kriterien anzuwendende, so genannte R.A.D.A.R.-Logik.

Die gut einprägsame Abkürzung R.A.D.A.R. steht hierbei für die englischen Begriffe

**R**esults (Ergebnisse)  
**A**pproach (Vorgehen)  
**D**eployment (Umsetzung)  
**A**ssesment (Bewertung)  
**R**eview (Überprüfung)

Sie beschreibt ein logisches Konzept, welches dem PDCA-Zyklus von Shewhart nachempfunden ist [kam 00]. Die Methode wird häufig auch nach Shewarts Schüler W. Edwards Deming als „Deming-Zyklus“ bezeichnet, da dieser das Vorgehen im Rahmen der von ihm propagierten „ständigen Verbesserung“ populär gemacht hat [kam 03]. Deming selbst weist jedoch auf Shewart als geistigen Vater dieses Zyklus hin [dem 86].

Die R.A.D.A.R-Methode sieht vor, dass die Organisation, aufbauend auf den von ihr erwünschten finanziellen und nicht-finanziellen Zielen bzw. *Ergebnissen*, zuerst ein fundiertes *Vorgehen* zu deren Erreichung plant und entwickelt. Dieses ist dann systematisch *umzusetzen* und die daraus resultierenden Ergebnisse sind durch die Organisation entsprechend zu *überprüfen* und zu *bewerten* (Abbildung 2.4).



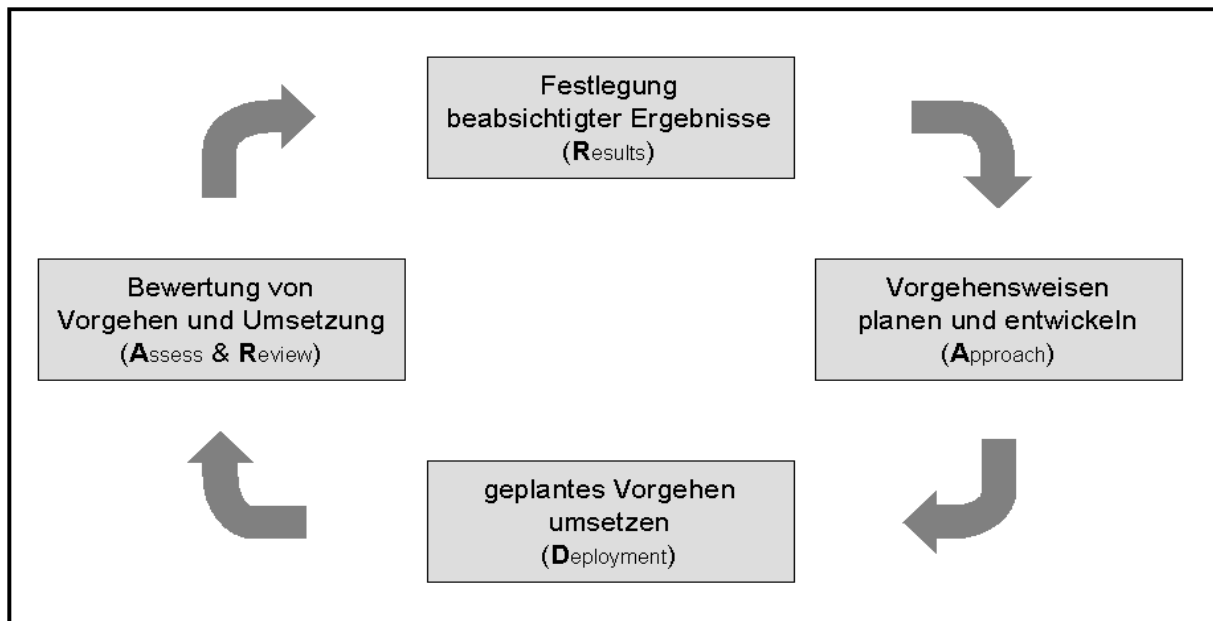


Abbildung 2.4: Das Prinzip der R.A.D.A.R.-Logik (Quelle EFQM)

Basierend auf dieser Bewertung und den hierdurch identifizierten Verbesserungspotentialen werden dann erneut Vorgehensweisen geplant, durchgeführt und bewertet, was zu wieder neuen Optimierungsansätzen führt. Durch konsequentes, systematisches Anwenden dieser Methode erfolgt dann die ständige Verbesserung der Organisation auf dem Weg zu Excellence.

## 2.6 Excellence in der Automobilindustrie

Auch die deutsche Automobilindustrie hat erkannt, dass sie sich, will sie auch weiterhin im globalen Wettbewerb ihre führende Rolle behaupten, von der Fokussierung auf die Regelwerke der ISO-Normen lösen muss. Denn zum Erlangen eines Zertifikates im Rahmen der ISO-Zertifizierung muss ein Unternehmen ein bestimmtes Niveau erreichen, zur Wiedererlangung des Zertifikates muss das einmal erreichte Niveau nur gehalten, nicht jedoch verbessert werden [eck 02]. Der sich hierdurch einstellende Stillstand im Unternehmen bedeutet jedoch in Zeiten steigenden Wettbewerbs, sich wandelnder Märkte und immer höherer Kundenanforderungen im Automobilbereich einen klaren Rückschritt.

Ende der neunziger Jahre wurde aus diesem Grund durch den VDA (Verband der Automobilindustrie) ein Arbeitskreis ins Leben gerufen, der die Aufgabe hatte, ein Qualitätsmanagementsystem zu erarbeiten, dessen Umsetzung den deutschen Automobilbauern auch in Zukunft ihre führende Position im Punkte Qualität auf dem Weltmarkt sichern sollte.

Der Vergleich der Anforderungen, die an das zu entwickelnde System gestellt wurden (siehe Abbildung 2.5), mit dem EFQM-Modell brachte die Erkenntnis, dass dieses Modell für Business-Excellence und die dahinter stehenden Prinzipien zur ständigen Verbesserung, die Anforderungen erfüllt, ohne dass es in die Sprache der Automobilindustrie übersetzt werden muss [eck 02]. Es mussten lediglich weitere, bereits in der Automobilindustrie etablierte Vorgehensweisen integriert werden (Abbildung 2.6). Hierbei handelt es sich beispielsweise um den international anerkannten Standard ISO/TS16949, welche die weltweit bedeutendsten Standards VDA 6.1 und QS 9000 zusammenführt und somit existierenden Forderungen der europäischen und nordamerikanischen Automobilindustrie an Qualitätsmanagementsysteme vereint [hak 99].

**Gesucht wird eine Systematik, die**

- Trends berücksichtigt und unterstützt
- Ein höheres Erfolgspotenzial aufweist als die Zertifizierung z.B. nach VDA 6.1 oder QS 9000
- Unterschiedliche Unternehmensstrukturen berücksichtigt
- Einfach kommunizierbar und ohne großen Trainingsaufwand durchführbar ist
- Die erreichten Qualitätsleistungen des Unternehmens berücksichtigt
- Keine Chance bietet, als Modeerscheinung oder als Schlagwort abgetan zu werden
- Die erzielten Verbesserungen transparent macht und bewertet und
- Auf langfristigen Erfolg ausgerichtet ist

Abbildung 2.5: Anforderungen an das neue Qualitätsmanagementsystem (Quelle VDA)

Auf der in Wien stattfindenden Jahrestagung des VDA im Jahre 2000 stellte der aus den Mitgliedern AUDI, BMW, Brose (zeitweise), DaimlerChrysler, MAN, QMC, Sachs, VDO (zeitweise), Volkswagen und ZF (zeitweise) bestehende Arbeitskreis seine Ergebnisse der Öffentlichkeit vor, der Hoffnungsträger der deutschen Automobilindustrie, die „AUTOMOTIVE EXCELLENCE“, war geboren.

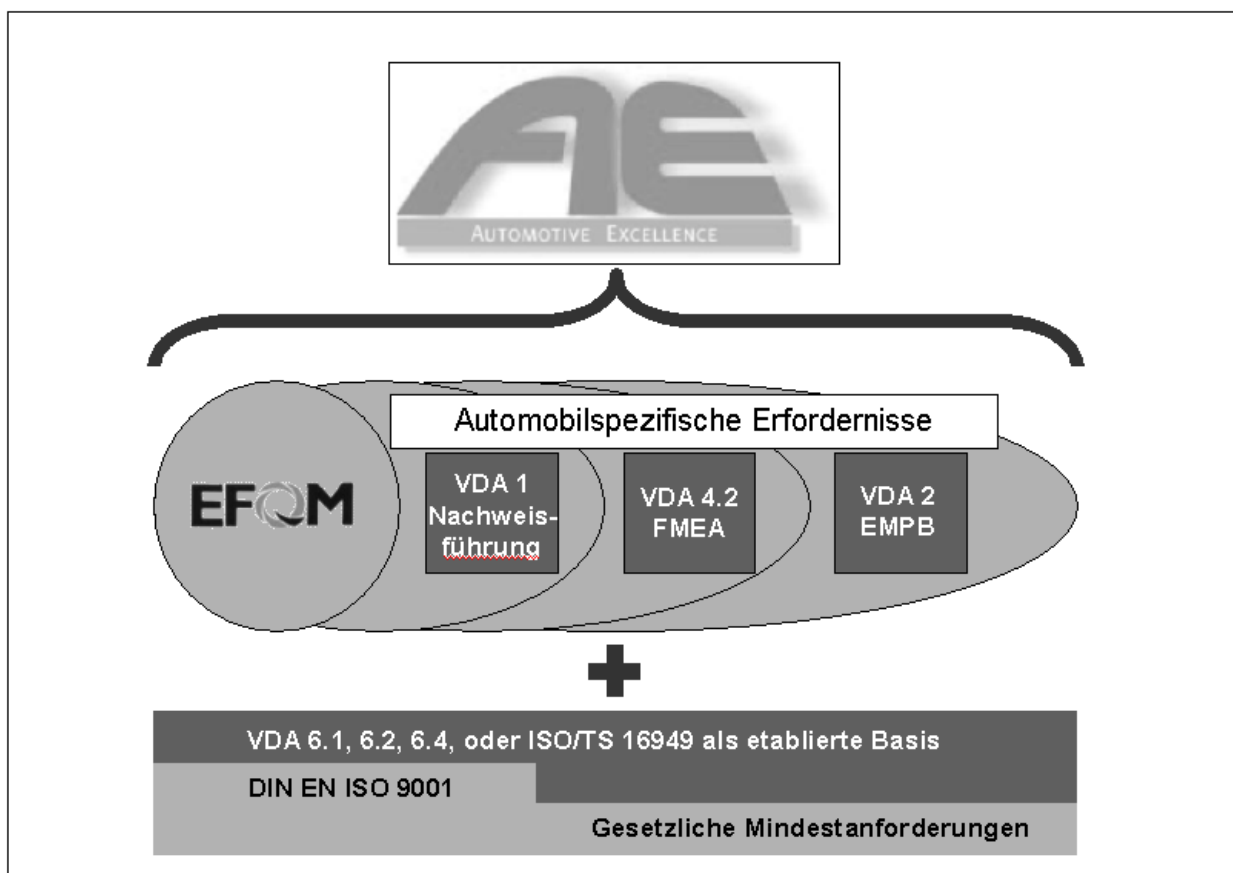


Abbildung 2.6: Aufbau Automotive Excellence (Quelle [egg 02])

Mit der an die ISO 9000:2000 angepassten und im April 2002 veröffentlichten Version der ISO/TS 16949:2002 geht auch der internationale ISO-Standard einen weiteren, großen Schritt in Richtung Automotive Excellence [DQS 04] und spezielle Qualitätsmanagement-Strategien der einzelnen OEMs, beispielsweise „Volkswagen Excellence“ bei Volkswagen [schl 02] [VW 04] oder „Connecting Excellence“ bei Porsche [mit 02], zeugen ebenfalls vom neuen Qualitätsbewusstsein der Automobilindustrie auf dem Weg zu nachhaltigem Unternehmenserfolg.

### 3 Elektronik und Software im Automobil

Um das Verständnis für die Notwendigkeit differenzierter Qualitätsmanagementanforderungen für den Bereich Elektrik/Elektronik im Versuchsbau, welche den Kern dieser Arbeit darstellen, zu wecken, werden im folgenden Kapitel die Grundlagen des Einsatzes von elektronischen und softwarebasierten Systemen im Automobil erläutert. Hierbei wird auf einen hohen technischen Tiefgang und den Gebrauch von Fachbegriffen in Bezug auf Elektrik, Elektronik und Software verzichtet. Vielmehr wird die Thematik, speziell die Komplexität sowie der immer weiter steigende Grad der Vernetzung elektronischer Systeme im Kraftfahrzeug, anhand von anschaulichen Beispielen und einfachen Darstellungen näher gebracht.

#### 3.1 Historie der Kfz-Elektronik

Mit Einsatz einer Lichtmaschine zur Stromversorgung der Zündanlage im Jahre 1897 [old 04] und dem aus Zündverteiler, Zündspulen und Zündkerzen bestehenden Hochspannungsmagnetzünder im Jahre 1902 [Bosch 02] hält die Elektrik Einzug in das Automobil. Von diesem Zeitpunkt an ist der Siegeszug der Elektrik und später der Elektronik in Kraftfahrzeugen nicht mehr aufzuhalten. Während die Elektrik, die Nutzung elektromechanischer Wirkprinzipien, wie beispielsweise Elektromotoren, Relais oder Lampen [jen 02], bereits nahezu von Anfang an Bestandteil des Automobils war, wird die Elektronik, zur Funktionserfüllung werden elektronische Wirkprinzipien genutzt [jen 02], erst Jahrzehnte später zum festen Bestandteil.

Der erste elektronische, serienmäßig eingesetzte Umfang war ein von der Firma Blaupunkt hergestelltes, auf Röhrentechnik basierendes Radio im Jahre 1933 [fer]. Im Jahre 1956 wurde erstmals eine elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung experimentell eingesetzt. Die erste serienmäßige elektronische Benzin-Einspritzanlage folgte im Jahre 1967.

1975 hielt dann die Digitaltechnik in den Steuergeräten Einzug. In diesem Jahr wurde zum ersten Mal eine digitale Einspritzanlage realisiert, welche noch die bis in die Mitte der 90er Jahre gesetzlich vorgeschriebenen Abgaswerte einhielt [spi].

In den 70er und 80er Jahren nahm der Anteil elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen ständig weiter zu. Unter anderem wurde im Jahre 1978 durch Reduktion von ca. 3000 auf mehrere hundert Bauelemente in einem Steuergerät und der hierdurch bedingten Reduktion der Ausfallwahrscheinlichkeit, die Einführung des ersten sicherheitsrelevanten Systems, des Anti-Blockier-Systems (ABS), möglich. Neben elektronischer Motorsteuerung und ABS seien an dieser Stelle weiterhin exemplarisch die Klimaregelung sowie der Einsatz von Airbags im Automobil genannt.

Mit verstärkter Zunahme der Systeme und Funktionalitäten seit Ende der 80er wurde die Vernetzung der Fahrzeugsysteme über Bussysteme, wie beispielsweise dem im Jahre 1989 eingeführten CAN-Bus unumgänglich [kut 01] [bosch 02]. Neben der Vernetzung sorgte weiterhin die Mehrfachnutzung von Sensoren bzw. Sensorsignalen - beispielsweise die gleichzeitige Nutzung der Radrehzahl als Eingangsgröße des Bremsen-Steuergerätes, zur Anzeige der Fahrgeschwindigkeit im Kombi-Instrument sowie zur Ermittlung der zurückgelegten Wegstrecke bei Ausfall der Satelliten-Verbindung bei Navigationssystemen - dafür, dass der Grad der gegenseitigen Abhängigkeiten der vernetzten Komponenten und Systeme untereinander stetig weiter anstieg. Zusätzlich übernahmen immer mehr softwarebestimmte Systeme die Steuerung und Regelung der Fahrzeugfunktionen.

Neben der Hardware ist es heutzutage *vor allem* die Software, die eine immer wichtigere Rolle im Automobil spielt und die Hersteller vor neue Herausforderungen stellt. Innerhalb von nur vier Jahren ist der Anteil der softwaregesteuerten Innovationen von 20 auf 80 Prozent angestiegen [schroe 03].

Nach der Elektrik, gefolgt von der Elektronik und dem Einsatz softwarebestimmter Systeme, werden in den nächsten Jahren verstärkt mechatronische Lösungen Einzug im Automobil halten. Mechatronik, eine Synthese aus den Wörtern *Mechanik* und (Mikro-)Elektronik beschreibt hierbei Systeme, bei denen Elektronik, mechanische oder hydraulische Aktorik sowie die zur Steuerung notwendigen Software-Umfänge eine Einheit bilden.

### 3.2 Komplexität vernetzter Elektroniksysteme in Kraftfahrzeugen

Zu Beginn des Einsatzes von elektronischen Steuergeräten im Kraftfahrzeug arbeiteten diese noch autark und ohne vernetzte Kommunikation untereinander. Der notwendige Datenaustausch zwischen den Steuergeräten wurde über einzeln zugeordnete Datenleitungen von Punkt zu Punkt vorgenommen [bosch 02] (Abbildung 3.1).

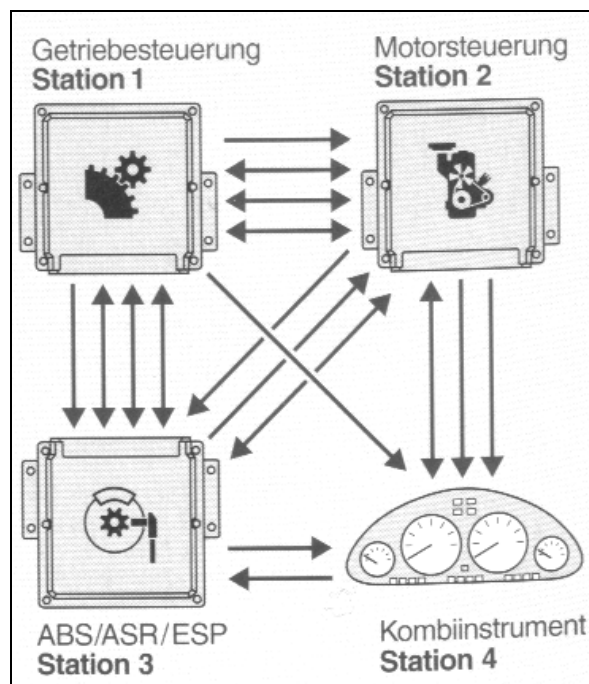


Abbildung 3.1: Konventionelle, autarke Steuergerätekommunikation (Quelle [bosch 02])

Bedingt durch immer mehr elektronische Systeme und den dadurch ständig steigenden Daten- und Informationsaustausch, stieg die Menge der notwendigen Verbindungsleitungen und die Anzahl der notwendigen und zu verarbeitenden Signale derart an, dass die konventionelle Art der Datenübertragung im Automobil nicht mehr zu handhaben war. Dies wird bei der Betrachtung der elektronischen Systeme deutlich, die in der heutigen Zeit zur Unterstützung einer ehemals klassischen maschinenbauorientierten Domäne, dem Fahrwerk, eingesetzt werden (Abbildung 3.2).

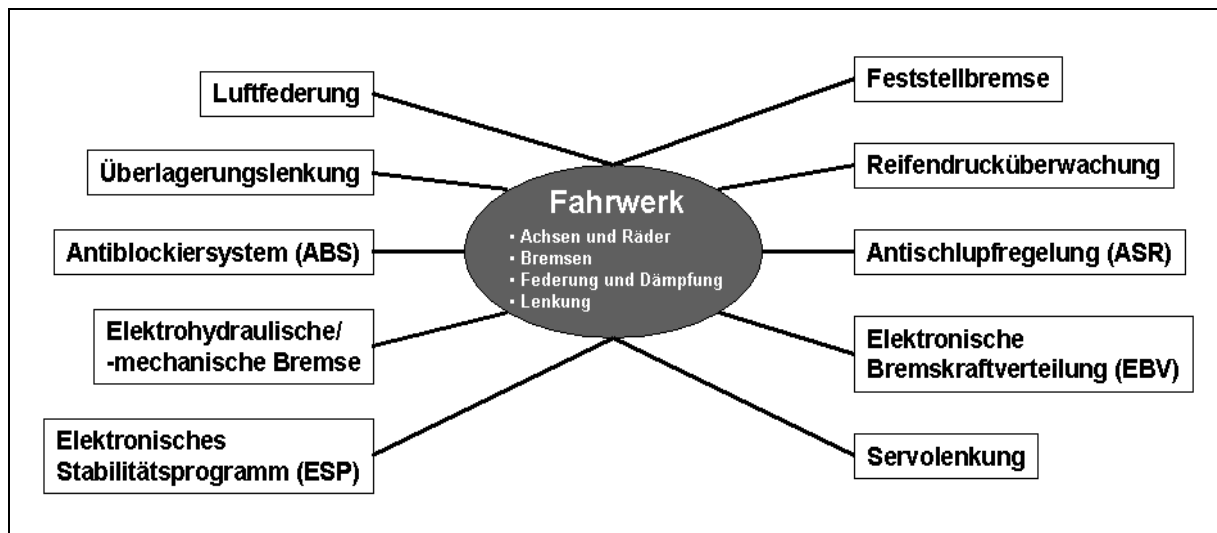


Abbildung 3.2: Beispiele elektronischer Systeme des Fahrwerks (Quelle [schäu 03])

Wirtschaftliche Interessen, wie geringere Produktionskosten, aber auch entwicklungstechnische Interessen, wie ein geringeres Fahrzeuggewicht und benötigter Bauraum führten dazu, dass die Modularisierung einzelner Kfz-Baugruppen, die Dezentralisierung der Regelungs- und Steueraufgaben, sowie die Mehrfachnutzung von Sensorsignalen durch mehrere Steuergeräte unausweichlich wurde.

In der Folge entstanden funktionsübergreifende, über Bussysteme wie beispielsweise den CAN-Bus, vernetzte Systemstrukturen im Fahrzeug, deren Komplexität in den letzten Jahren stetig zugenommen hat und auch weiterhin zunehmen wird.

Seit der Serieneinführung des CAN-Protokolls im Jahre 1989 mit drei Busteilnehmern, ist deren Anzahl heute bis auf über 70 Steuergeräte in voll ausgestatteten Fahrzeugen der automobilen Oberklasse angestiegen [fet 04].

In der nächsten Evolutionsstufe vernetzter Fahrzeugelektronik wurde der Datenaustausch zwischen den einzelnen Steuergeräten über mehrere, miteinander verbundene Bussysteme, realisiert [lan 04]. Neben dem bereits erwähnten CAN-Bus, der in zwei Geschwindigkeitsvarianten als Low- und Highspeed-Variante Anwendung findet, gehören heutzutage bereits ebenfalls der LIN-Bus sowie der optische MOST-Bus für Multimedia-Anwendungen zum Quasi-Standard in der Automobilindustrie. Als Bussystem der Zukunft wird im Zusammenhang mit automobilen Anwendungen, speziell mit den bereits erwähnten X-by-wire-Systemen, der Flex-Ray-Bus genannt. Das Funktionsprinzip eines Busses wird anhand des CAN-Busses in Abbildung 3.3 plakativ dargestellt.

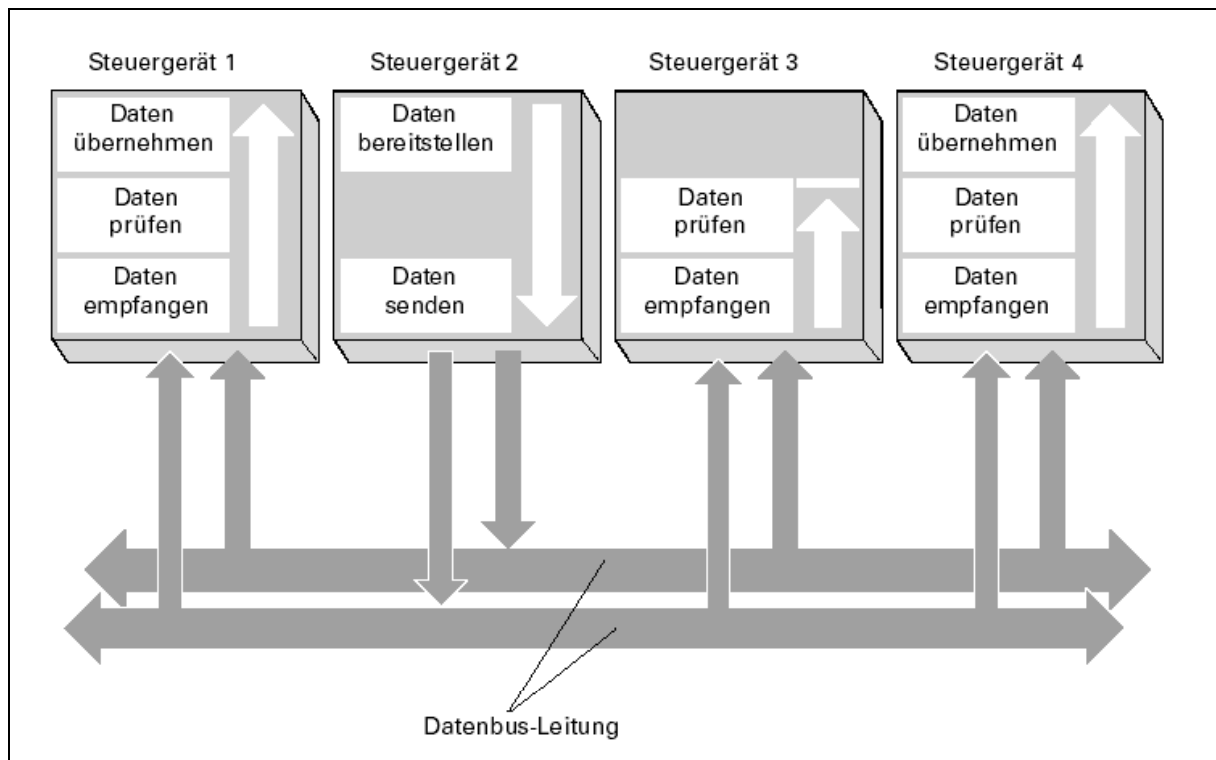


Abbildung 3.3: Das Bus-Prinzip am Beispiel CAN (Quelle [vw 186])

Die Folge dieser Vielfalt an Bussystemen in Verbindung mit immer mehr Steuergeräten, Sensorik und Aktorik sind immer schwieriger zu beherrschende, vernetzte Netzwerke [aleaf 04].

Die beschriebene Komplexität spiegelt sich jedoch nicht nur in der Vernetzung der elektronischen Komponenten wider. In der heutigen Zeit hat beispielsweise jedes Motorsteuergerät alleine mehr Leistung, Speicher und Dokumentation, als die ersten Personal Computer von IBM (Abbildung 3.4)[grell 03].



Abbildung 3.4: Steuergerätekomplexität (Quelle [gre 03])

Hochkomplexe Systemarchitekturen, die bis vor einigen Jahren Oberklasselimosinen wie Volkswagen Phaeton, Audi A8, 7er BMW oder der S-Klasse von Mercedes vorbehalten waren, halten immer mehr Einzug in die Volumenmodelle des mittleren Preissegmentes. Die aktuelle Generation des Volkswagen Golf beispielsweise mit mehr als 30 Steuergeräten, die über insgesamt drei CAN-Teilnetzwerke (Antrieb, Komfort, Infotainment), zwei lokale CAN- und zwei LIN-Netzwerke [lan 04] miteinander vernetzt sind, kann ebenfalls als Computernetzwerk auf vier Rädern bezeichnet werden (Abbildung 3.5).

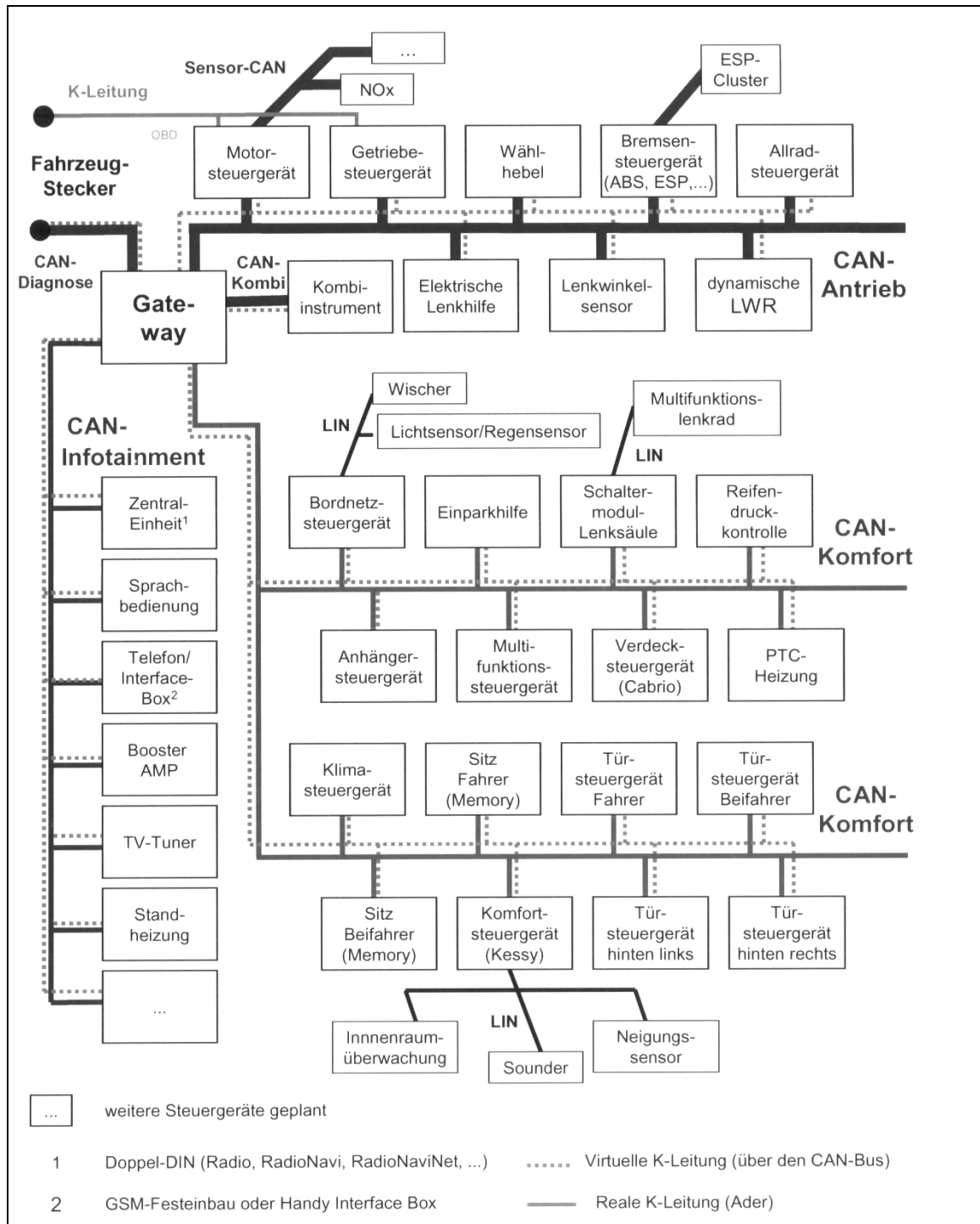


Abbildung 3.5: Vernetzte Elektronik im Volkswagen Golf des Baujahres 2004 (Quelle Volkswagen)



Anhand des Beispiels „Richtungsblinken“ wird am Ende dieses Kapitels die Problematik der steigenden Komplexität vernetzter Elektronik-Systeme im Fahrzeug anschaulich vermittelt (Abbildung 3.6).

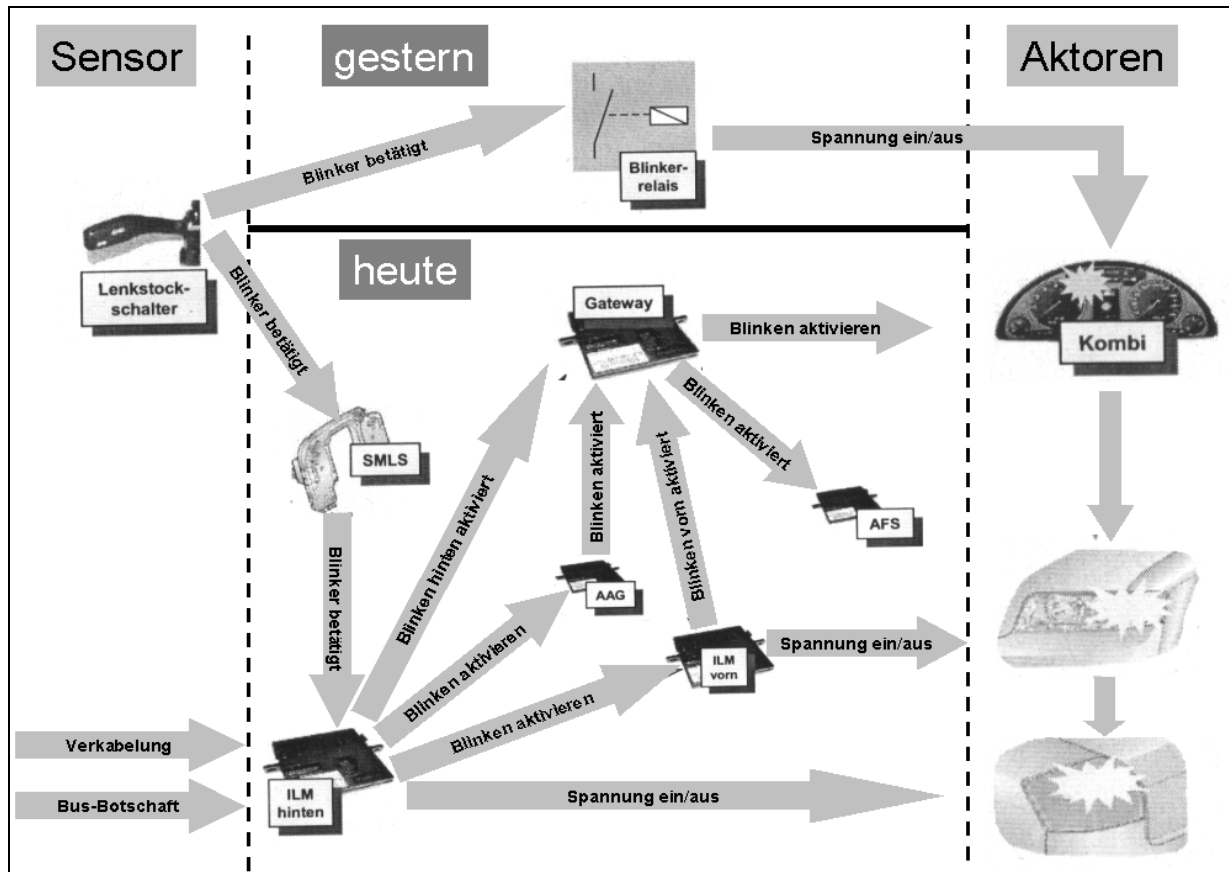


Abbildung 3.6: Richtungsblinken gestern und heute (Quelle Audi)

Während Sensorik und Aktorik in der klassischen Blinkersteuerung nur über ein Blinkerrelais miteinander „kommuniziert“ haben, sind heutzutage im Rahmen der vernetzten Systeme bis zu sechs Komponenten an der Kommunikation zur Aktivierung der Funktion „Blinken“ beteiligt. Hieran wird deutlich, dass speziell die Vernetzung ein ungeheures Fehlerpotenzial in sich birgt. Im Sinne des Wortes potenziert sie die Fehlermöglichkeiten. Die alte Autobauerweisheit, dass jedes eingesparte Bauteil nicht nur Kosten sondern auch Fehler senkt, gilt hier etwas abstrakter: Jede zusätzliche Schnittstelle im Netzwerk erhöht die Fehlermöglichkeiten [grell 03]. Während der Fehler beim Ausfall des Blinksignals früher nur in der dargestellten Sensorik und Aktorik, sowie dem Blinkerrelais und den entsprechenden Verbindungsleitungen zu suchen war, kommen in der heutigen Zeit anstelle eines Relais sechs komplexe Steuergeräte und ihre Kommunikation untereinander zusätzlich als mögliche Ausfallursache in Frage. Welche Auswirkungen ein Fehler in einem der Steuergeräte neben einem Ausfall des Blinkers auf das restliche Gesamtsystem haben kann, wird an dieser Stelle nicht weiter vertieft.

Die Beherrschung der Komplexität vernetzter Systeme stellt für Hersteller und Zulieferer jetzt und in Zukunft also eine große Herausforderung dar. Es gilt, die Komplexität auf das Minimum zu reduzieren und durch Vorkehrungen in der Entwicklung die sichere Funktion der Software und Systeme zu gewährleisten [dais 03].

### 3.3 Software im Automobil

Vernetzte Systeme, wie wir sie seit einigen Jahren in Kraftfahrzeugen vorfinden und auch zukünftige Systeme, beispielsweise sogenannte „Fahrer-Assistenz-Systeme“, wie automatische Distanzregelung ADR oder Spurwechselassistenten, lassen sich ohne den Einsatz von Software nicht mehr realisieren [hosp 04].

Es hat sich daher in den letzten Jahren ein Paradigmenwechsel hin zu „Software als Produkt“ vollzogen, bei dem Software von der Automobilindustrie als eigenständige Entwicklungsdomäne und als abgrenzbarer Wertschöpfungsbereich verstanden wird [saad 03].

Das folgende Kapitel gibt einen kompakten Überblick über den Bereich „Software im Automobil“, von den Methoden der Entwicklung bis hin zu qualitätssichernden Maßnahmen.

#### 3.3.1 Softwareentwicklung für elektronische Systeme im Automobil

Zur Entwicklung von Software für elektronische Systeme im Automobil wurden in den letzten Jahren eine Reihe von Vorgehensweisen und Standards entwickelt, die am Besten unter dem englischen Begriff „Automotive Software Engineering“ zusammengefasst werden können [schäu 03].

Den Kern im Automotive Software Engineering bildet, aufgrund differenzierter Sichten auf System- und Komponentenebene [schäu 03], das im Bereich Softwareentwicklung anerkannte und verwendete V-Modell [bal 98], welches in Abbildung 3.7 grafisch dargestellt ist.

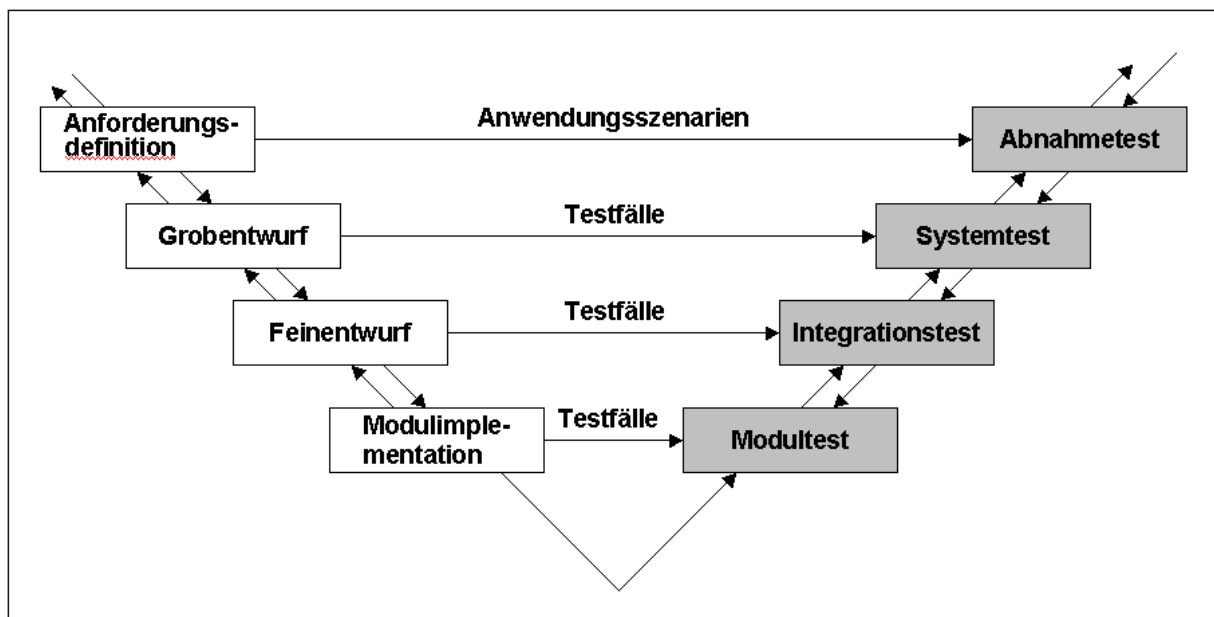


Abbildung 3.7: Das V-Modell (Quelle [bal 98])

Mit Hilfe des V-Modells lassen sich die einzelnen Schritte des Entwicklungsprozesses über der Zeit strukturiert darstellen. Auf der linken Seite des V werden nach Bestimmung der Anforderungen mit zunehmender Detaillierung die einzelnen Spezifikations- und Entwicklungsschritte von der Systemarchitektur bis hin zur einzelnen Komponente durchlaufen. Auf dem rechten, aufsteigenden Ast des V, werden die notwendigen Integrations- und Testschritte abgebildet, wobei jedem Entwicklungsschritt auf der linken ein entsprechender Testschritt auf der rechten Seite zugeordnet ist [lan 04] (Abbildung 3.7).

Aus Sicht des Qualitätsmanagements darf im Rahmen der Erläuterungen zum V-Modell jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass eine effektive Entwicklung nach diesem Modell in hohem Masse von einer vollständigen Bestimmung und Darstellung der Anforderungen, dem sogenannten Requirement-Engineering, zu Beginn des Projektes abhängig ist [schul 03]. Nur so können alle notwendigen Spezifikationen für die Architekturen, Komponenten und Systeme in der Entwicklung folgerichtig abgeleitet werden. Und gerade an diesem Punkt zeigen sich Schwächen.

Zu Beginn eines Projektes sind die Anforderungen, so zeigt die Praxis, häufig nur als Grundgerüst vorhanden, erst mit fortschreitendem Projekt werden diese immer detaillierter. Diese Situation wird noch durch die Aufteilung der Entwicklung des Gesamtsystems auf mehrere Zulieferer (siehe Kapitel 3.5) und die zum Teil mangelnde Kommunikation aufgrund unternehmensinterner Organisationsstrukturen verstärkt. So liegt beispielsweise die Zuständigkeit für die Fahrwerks- und Aggregatelektronik bei einigen OEM's in den jeweiligen Entwicklungsabteilungen, während die restliche Elektronik-Entwicklung „unter einem Dach“, dem Fachbereich „Elektrik-Elektronik“ zusammengeführt wird.

Bei unternehmens- und bereichsübergreifenden Entwicklungen kommt es daher, aufgrund nicht vorhandener, nicht identischer oder nicht aktueller Anforderungen benachbarter Komponenten, zu Verzögerungen bzw. Einschränkungen von Integrations- und Testschritten auf Systemebene. Das V-Modell muss in der Folge mehrmals durchlaufen werden [schäu 03].

### **3.3.2 Änderungshäufigkeit von Konstruktionsständen in der Produktentstehung**

Ein weiterer Aspekt, der die Vorgehensweisen im Bereich Elektrik/Elektronik grundlegend von denen im Bereich Mechanik unterscheidet, ist die Änderungshäufigkeit von Konstruktionsständen in der Produktentstehung und hier vor allem die Zeitintervalle des Einsatzes geänderter Systeme und Komponenten in Versuchsträgern.

Sieht man von Improvisationslösungen ab, so zieht eine Konstruktionsänderung an einer physikalischen Komponente, wie beispielsweise einem Karosseriebauteil oder einer Aggregatekomponente, vor Einsatz im Versuchsträger immer eine zeit- und kostenintensive Werkzeugänderung oder eine Anpassung der bei Herstellung mit CNC-Maschinen notwendigen Programme nach sich.

Eine Änderung der Software hingegen kann, lässt man die notwendigen, jedoch für den Aussenstehenden nicht ersichtlichen Schritte im Rahmen einer strukturierten Softwareentwicklung einmal ausser Acht, ohne großen Kostenaufwand innerhalb weniger Minuten erfolgen und große Auswirkung haben. Lediglich Änderungen, welche die Hardware eines Steuergerätes in Bezug auf sein Gehäuse oder seine im Inneren verborgenen Platinen und elektronischen Bauelemente betreffen, bedürfen ähnlicher Aufwände, wie die zuvor für physikalische Komponenten Beschriebenen.

Während im klassischen Fahrzeugbau mehrere Änderungen aus Kostengründen zu sogenannten Änderungspaketen zusammengefasst werden, so besteht im Bereich Software also prinzipiell die Möglichkeit, jede Änderung tages- oder sogar minutenaktuell direkt im Fahrzeug zu implementieren.

Desweiteren kommt hinzu, dass Änderungen an Softwareständen, im Gegensatz zu Veränderungen an mechanischen Bauteilen, mit dem Auge nicht zu erkennen sind. Es gibt keine Bauraum- oder Passungsprobleme der klassischen Art, auftretende Probleme werden nicht direkt bei der Montage, sondern erst im laufenden Fahrbetrieb entdeckt.

Aus Gründen der vorangegangenen Darstellungen, der bereits in Kapitel 3.2 beschriebenen komplexen Abhängigkeiten und der damit verbundenen Vernetzung der elektronischen Komponenten untereinander, ist es bei neuen Softwareständen vor Integration ins Fahrzeug notwendig zu überprüfen, ob diese zu den Übrigen, bereits verbauten Systemen „passen“. Daher haben sich in der Automobilindustrie zwei Philosophien für die Integration von neuen Entwicklungsständen softwarebasierter Systeme in Versuchsträger entwickelt, die im Folgenden erläutert werden.

Beiden Methoden gemeinsam ist die Überprüfung der Vernetzung, also des korrekten Zusammenspiels der Steuergeräte, Sensorik und Aktorik, an sogenannten „Referenzaufbauten“, welche in Kapitel 3.4 im Rahmen der Darstellung von Prüfstrategien im Bereich Kfz-Elektronik näher beschrieben werden.

### **1) Fertigung von Baulosen**

Soll ein neuer Software-Stand oder ein komplett neues Steuergerät im Gesamtverbund Fahrzeug erprobt werden, so erfolgt dies, wie bereits für mechanische Komponenten beschrieben, im Rahmen von Änderungspaketen. Über einen bestimmten Zeitraum  $x$ , im Allgemeinen mehrere Wochen oder Monate, werden neue Entwicklungsstände gesammelt. Ist eine bestimmte Anzahl vorhanden, oder ist die Zeit  $x$  abgelaufen, so werden alle neuen Stände in einen Referenzaufbau (vgl. Kapitel 3.4) integriert. An diesen Referenzaufbauten werden die vernetzten Systeme dann in Betrieb genommen und auf ihre Funktionalität überprüft. Liegen keine Fehler vor, so wird genau diese Konstellation von Sensoren, Aktoren und Steuergeräten freigegeben und für einen weiteren Zeitraum  $x$  in Versuchsträgern verbaut und erprobt. Werden während der Integrationstests an den Referenzaufbauten Probleme entdeckt, so werden diese im Rahmen eines Fehlerabstellprozesses [schu 01] an den oder die entsprechenden Entwickler kommuniziert und entsprechend abgestellt. Anschließend erfolgt erneut eine Integrationsprüfung am Referenzaufbau. Dieser Regelkreis wird so oft durchlaufen, bis der Integrationstest fehlerfrei verläuft.

Probleme, die im weiteren Verlauf der realen Erprobung auftreten, werden ebenfalls an die entsprechenden Entwicklungsabteilungen kommuniziert und dort abgestellt. Die aus der Abstellung von Problemen resultierenden neuen Entwicklungsstände fließen in das folgende Änderungspaket ein und der Prozess beginnt von vorne. In Anlehnung an klassische Fertigungslose bezeichnet man dieses Vorgehen als Fertigung von Baulosen.

### **2) Fertigung nach Verbauvorschriften**

Das Grundprinzip bei der Fertigung nach Verbauvorschriften ähnelt dem des Baulos-Verfahrens. Auch hier werden neue Entwicklungsstände vor Einbau in Versuchsträger zuerst einem Integrationstest an einem Referenzaufbau unterzogen. Sowohl während des Integrationstestes als auch im Rahmen der Erprobung aufgetretene Probleme werden ebenfalls im Rahmen eines Fehlerabstellprozesses behandelt.

Der entscheidende Unterschied beider Verfahren besteht in der Wahl des Zeitraums zwischen den Integrationstests. Dieser beträgt bei der Fertigung nach Verbauvorschriften lediglich eine Woche, im Gegensatz zu mehreren Wochen bzw. Monaten bei Baulosen.

Aufgrund dieser kurzen Zeitspannen, nicht jeder Entwickler stellt wöchentlich einen neuen Software- oder Hardwarestand zum Integrationstest bereit, muss bei dieser Methode auch die Auf- und Abwärtskompatibilität der einzelnen Entwicklungsstände überprüft werden. Da dies dazu führt, dass nahezu jeder Versuchsträger seine eigene individuelle Konfiguration an Hard- und Softwareständen besitzt, ist ein entsprechendes System zur Verwaltung der entstehenden Daten notwendig (siehe Kapitel 3.3.3). Aus diesem System heraus kann für jedes Fahrzeug eine Vorschrift generiert wer-

den, die Aussagen über die miteinander verbaubaren Komponenten und Systeme macht. Diese wird mit dem Begriff „Verbauvorschrift“ bezeichnet [hei 03].

Die beschriebene Methode ermöglicht es, neue Hard- und Softwarestände vor dem Einbau in Versuchsträgern systematisch und, im Vergleich zu den Baulosen, schnell bzw. kurzfristiger abzuschließen [lan 04]. Die Entwicklungs- und Versuchsabteilungen bekommen so die Möglichkeit, wochenaktuelle Fahrzeuge erproben zu können.

### 3.3.3 Versions- und Konfigurationsmanagement für Hard- und Software

Anders als bei herkömmlichen Komponenten im Automobilbau, wie beispielweise Blech- oder Kunststoffteilen, kann eine softwarebasierte Komponente nicht allein über eine Teilenummer und den geometrischen Zeichnungsstand identifiziert werden. Neben den beiden genannten Attributen müssen für eine eindeutige Identifizierung weiterhin der jeweils aktuelle *Soft-* sowie der *Hardware*stand dokumentiert werden (Abbildung 3.8).

Teileanhänger Versuchsbau			
Teilenummer: [ ]		Prüfergebnis: [ ]	
Teilebenennung: [ ]		Prüfberichtsnummer: [ ]	Prüfdatum: [ ]
Zeichnungsstand: [ ]		Gewicht: [ ]	Charge: [ ]
Geometriestand: [ ]		Q-Status: [ ]	
Werkstoff: [ ]		Datum: [ ]	
Hardwarestand: [ ]	Musterstand: [ ]	Unterschrift (Prüfer): [ ]	
Softwarestand: [ ]	EA-Nummer: [ ]	Lieferant (Lieferantenummer): [ ]	
Bestellnummer: [ ]	Auftragsnummer: [ ]	[ ]	
Prozesssteuerer: [ ]		Empfänger: [ ]	

Abbildung 3.8: Teileaufkleber Steuergerät (Quelle Volkswagen)

Gerade im Entwicklungsprozess, der sich bei softwarebasierten Systeme durch kurze Änderungszyklen auszeichnet (vgl. Kapitel 3.3.2), ist daher die Einführung eines Versions- und Konfigurationsmanagement-Systems unumgänglich [hei 03] [reder 04].

Eine *Version* kennzeichnet hierbei die Ausprägung bzw. den Reifegrad eines Softwareelementes zu einem bestimmten Zeitpunkt und wird in der Regel durch eine Nummer beschrieben [bal 98]. Ein Beispiel aus dem täglichen Gebrauch stellt die Bezeichnung „Windows 3.11“ für das Windows-Betriebssystem Version 3.11 der Firma Microsoft dar.

Eine *Konfiguration* umfasst eine benannte und formal freigegebene Menge von Softwareelementen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Produktentstehung in ihrer Wirkungsweise und ihren Schnittstellen aufeinander abgestimmt sind [balzert 98). Die bereits in Kapitel 3.3.2 beschriebene Verbauvorschrift kann hier als Beispiel für eine Konfiguration angeführt werden (Abbildung 3.9).

<b>Verbauvorschrift</b>								
Fahrzeugprojekt: Golf V								
Gültig: KW 35/2003								
Nr	Beschreibung	Adresse	Zuständig	Lieferant	Teilenummer	HW	SW	Status
1.1	<b>Bordnetz high</b>	09	Meier	Boschpunkt	123.456.789.A	01	0020	
					123.456.789.A	01	0021	
					123.456.789.AB	01	0022	
					123.456.789.AB	02	0022	
					123.456.789.AB	02	0023	
1.2	<b>Bordnetz medium</b>	09	Müller	Boschpunkt	111.222.333.XY	33	0101	
					111.222.333.XY	33	0102	
					111.222.333.XZ	33	0103	
1.3	<b>Gateway</b>	19	Schulze	Siemix	987.654.432	12	1200	
					987.654.433	13	1200	
					987.654.433	13	1220	
1.4	<b>Climatronic</b>	08	Schmidt	Webastia	777.666.555	04	0700	
					777.666.555	04	0702	
					777.666.555.A	05	0704	
...	....	....	....	....	....	....	....	....

Abbildung 3.9: Die Verbauvorschrift (Prinzipdarstellung) führt alle Versionen mit Status und weiteren Informationen auf (Quelle [hei 03])

Exemplarisch für ein solches Versions- und Konfigurationsmanagementsystem ist hierbei das System SuSI – Software und Steuergeräteinformationssystem - von Volkswagen erwähnt, welches es jedem im Versuchsträger-Prozess Betroffenen ermöglicht, für jedes Steuergerät in jedem Fahrzeugprojekt jederzeit den Überblick zu erhalten, welche Soft- und Hardware aktuell ist und welche Versionen es vorher gab [hei 03] [neu 03].

### 3.3.4 Software-Qualitätsmanagement

Mit der ständig steigenden Komplexität von elektronischen Systemen im Fahrzeug (vgl. Kapitel 3.2), in Verbindung mit den bisweilen sehr kurzen Änderungszyklen bei der Entwicklung der softwarebasierten Systeme (vgl. Kapitel 3.3.2), sind auch die Anforderungen an die notwendigen Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherung der Softwarequalität in den letzten Jahren überproportional angestiegen.

In der Automobilindustrie hat sich, zur Bewertung des Reifegrades von Software-Entwicklungsprozessen, das in der ISO-Norm 15504 festgeschriebene SPICE-Modell durchgesetzt [wag 03] [hör 02].

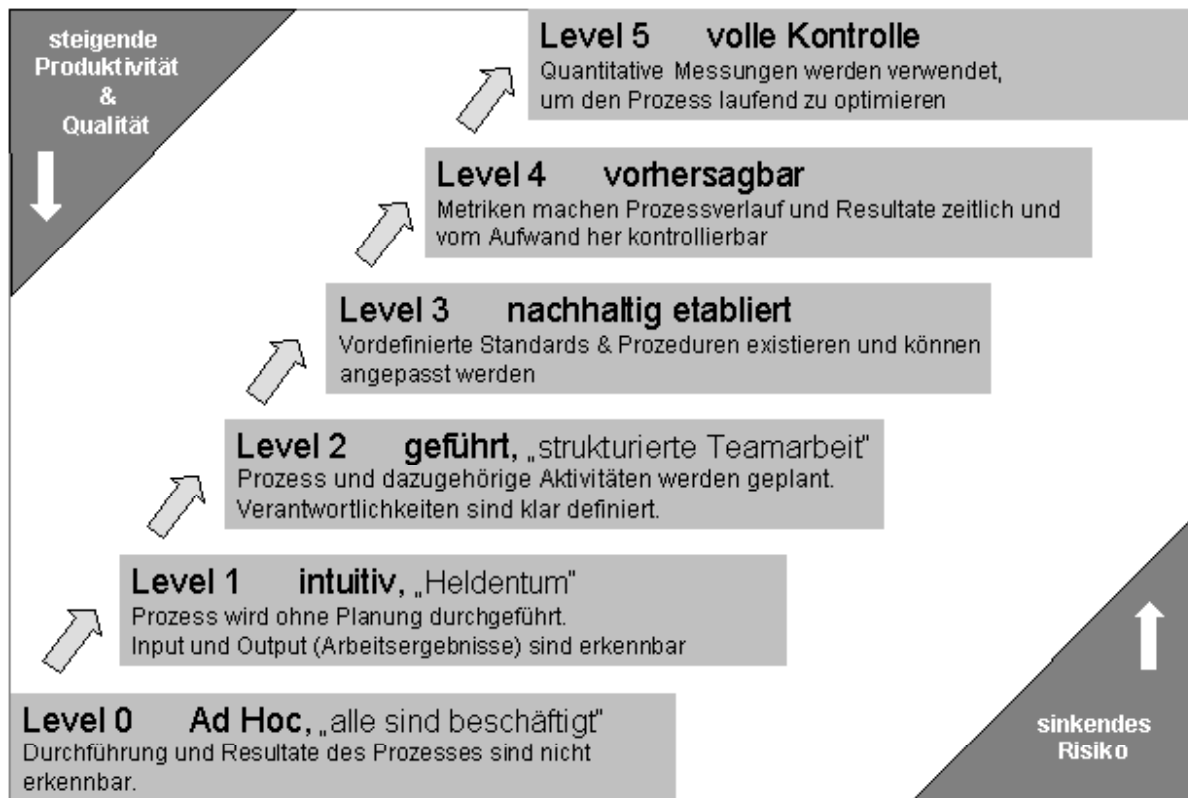


Abbildung 3.10: SPICE-Modell (Quelle [bal 98] [ditt 04])

In diesem Modell, welches den Reifegrad einer Software in Stufen von null bis fünf ausdrückt (Abbildung 3.10), bewegt sich der Reifegrad der Softwareentwicklung in der Automobilindustrie derzeit auf den untersten zwei Stufen [näher 03] [neu 03]. Insbesondere Themen wie Projektmanagement, Anforderungsmanagement und Software-Qualitätssicherung zählen zu den häufigen Schwachstellen [hör 02]. Wie Statistiken aus der Softwareindustrie zeigen, können Entwicklungsaufwand und Entwicklungszeiten bei komplexen, softwarebasierten Systemen durch hohe Prozessreife um 50 bis 80 Prozent reduziert werden [näher 03].

In Zeiten immer kürzerer Modell- und damit Entwicklungszyklen in der Automobilindustrie bedeutet dies für die OEMs, sich auf der SPICE-Treppe nach oben zu arbeiten, langfristig muss auch hier die im TQM verankerte ständige Verbesserung, also Stufe fünf angestrebt werden. Um das primär gesteckte Ziel, die Stufe drei im SPICE-Modell zu erreichen [neu 03] [schroe 03], wurden in den letzten Jahren durch die einzelnen OEMs spezifische Vorgehensmodelle für die Qualitätssicherung im Bereich Software entwickelt.

### 3.4 Prüfstrategie in der Produktentstehung

Während die Bewertung nach dem SPICE-Modell die Bestimmung und Verbesserung des Reifegrades der Softwareentwicklungsprozesse verfolgt, ist weiterhin eine Strategie erforderlich, welche, den Entwicklungsprozess begleitend, die Bestimmung und Absicherung des Funktionsreifegrades der entwickelten Komponenten und Systeme einzeln sowie vernetzt im Verbund zum Ziel hat.

Literaturrecherchen sowie Erfahrungsaustausch mit Mitbewerbern im Rahmen der IST-Stand-Analysen zu dieser Arbeit haben gezeigt, dass die Abläufe in den einzelnen OEMs im Bereich der

Prüf- und Absicherungsstrategien für vernetzte Fahrzeugelektronik, begründet durch die gemeinsame Orientierung am V-Modell, nahezu identisch sind [neu 03] [lan 04] [schleu 99] [mich 04].

Wie aus Abbildung 3.11, welche den rechten Ast des V-Modells darstellt, zu erkennen ist, gliedern sich die notwendigen Tests und Prüfumfänge der Systemintegration in die vier Hauptphasen

- Komponenten-/Modultest
- Domänentest
- Systemtest
- Abnahmetest

Die Inhalte dieser Prüfphasen werden im Folgenden erläutert [lan 04].

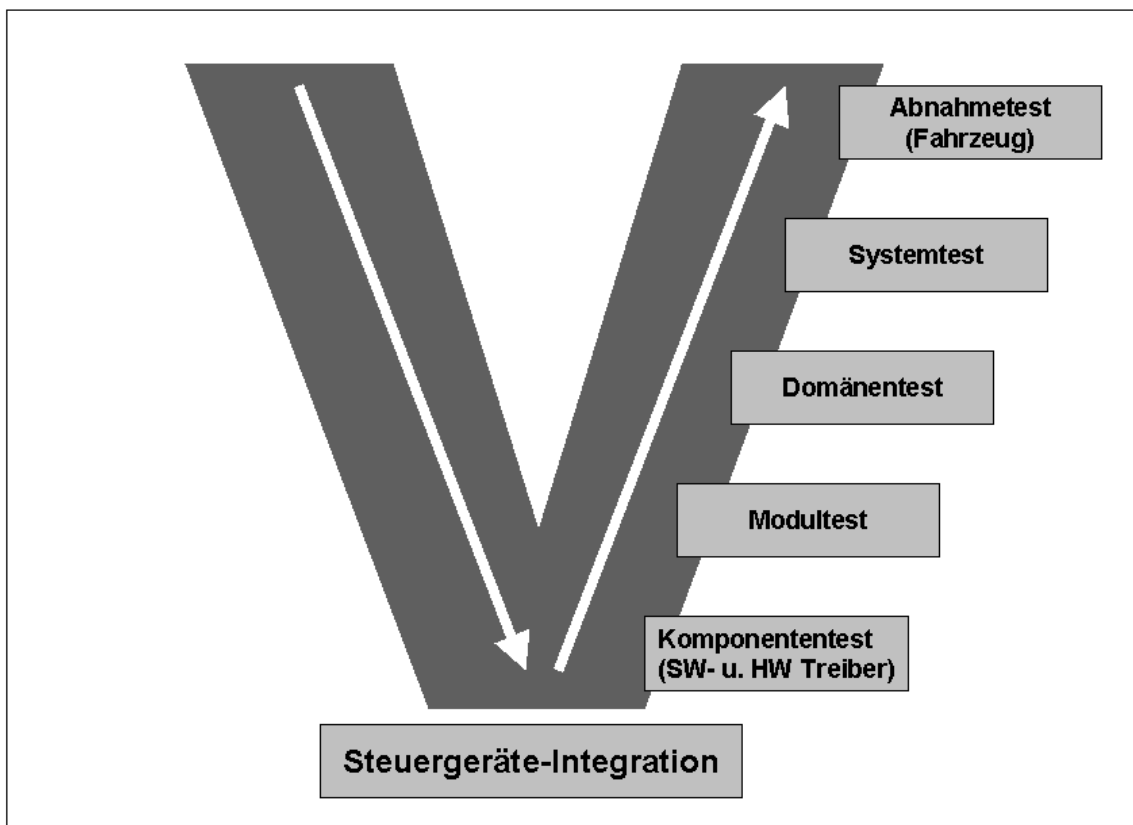


Abbildung 3.11: Phasen der Systemintegration (Quelle [lan 04])

### 3.4.1 Der Modultest

Vor der Systemintegration ist es notwendig, die Steuergeräte hinsichtlich der Grundfunktionen und der notwendigen Schnittstellen zu anderen Systemen separat zu überprüfen. Dies geschieht an entsprechenden Laboraufbauten. Abhängig von der Komplexität des einzelnen Moduls werden Aufbauten ohne Simulationsumgebungen wie z. B. im Falle des Türsteuergerätes die Tür mit allen Funktionseinheiten, oder wie im Falle des Motorsteuergerätes mit Simulationsumgebungen, sogenannten HIL-Systemen oder Restbussimulationen, eingesetzt.



### 3.4.2 Domänentest

Hat jedes Steuergerät den Einzelkomponententest erfolgreich durchlaufen, so werden sie, ihrer Zugehörigkeit zu den Domänen/Subsystemen im Fahrzeug entsprechend, auf Subsystemebene in Betrieb genommen. Subsysteme bezeichnen hier die unterschiedlichen CAN-Netze für Antrieb, Komfort und Infotainment. Für den Komfortbereich werden beispielsweise alle Komfortmodule, Türen, Sitze, etc. in einem Prüfstand zusammengeführt, notwendige, fehlende Umfänge werden ebenfalls simuliert.

### 3.4.3 Systemtest

Nach erfolgreicher Überprüfung der einzelnen Subsysteme erfolgt die Integration aller Subsysteme zum Gesamtsystem. Der Integrationstest auf Gesamtsystemebene umfasst dementsprechend den kompletten Leitungssatz, alle Steuergeräte sowie alle Sensoren und Aktoren eines Fahrzeugs. Alle Komponenten werden zu diesem Zweck in einer original Fahrzeugkarosse an ihren späteren Einbauorten verbaut (Abbildung 3.12). Da es sich auch hier um einen statischen Aufbau handelt, müssen in dieser Phasen der Systemintegration Motor, Getriebe, Bremsen und sonstige nur im Fahrbetrieb aktive Umfänge ebenfalls durch Simulationsumgebungen realisiert werden.

Dieser Prüfaufbau, Volkswagen bezeichnet dies als Referenzkarosse, stellt *eine* der möglichen Fahrzeug-Konfigurationen bzw. Ausstattungsvarianten dar, die später vom Endkunden beim Händler bestellt werden können. So kann beispielsweise nur eine Art der Klimaanlage, entweder die halbautomatische oder die vollautomatische Variante sowie nur eine Motorvariante, entweder Diesel oder Benziner pro Referenzkarosse, dargestellt werden. Das Ziel ist es daher, die Konfiguration so auszuwählen, dass die Realisierung im Rahmen der Referenzkarosse ein möglichst weites Spektrum abdeckt, also beispielsweise die Maximalausstattung oder die durch Prognosen des Vertriebs zu erwartende meist gekaufte Ausstattungsvariante abbildet.



Abbildung 3.12: Referenzkarosse (Quelle Volkswagen)

### 3.4.4 Abnahmetest

Nachdem alle statischen Tests durchlaufen sind, erfolgt die Integration des Gesamtsystems „Elektronik“ in das übergeordnete System „Fahrzeug“. Dazu werden in regelmässigen Abständen Versuchsträger mit den aktuellen Entwicklungsständen der elektronischen- und softwarebasierten Systeme ausgestattet.

In diesem Schritt besteht, im Gegensatz zu den Referenzkarossen, die Möglichkeit der Überprüfung verschiedener Ausstattungsvarianten. Dies ist bei der Betrachtung der elektronischen Systeme besonders wichtig, da aufgrund der hohen Komplexität schon das Hinzufügen, aber auch das Weglassen *einer* einzigen Komponente dazu führen kann, dass das Gesamtsystem instabil wird und unvorhergesehene, teils schwerwiegende, Fehler produziert. Die elektronisch aktuellen Fahrzeuge werden im Rahmen von sogenannten „Fahrzeug-Intensiv-Tests“ [neu 03] [lan 04] von Teams, die aus einer Mischung von Spezialisten und Generalisten bestehen, intensiven Prüfungen unterzogen. Durch die gewählte Zusammensetzung der Teams wird sowohl eine fachlich versierte Überprüfung der Detailfunktionen (Spezialisten) auf der einen als auch eine auf den Endkunden orientierte Breitenerprobung (Generalisten) auf der anderen Seite gewährleistet [beil 03].

Grundlage für die durchzuführenden Prüf Szenarien ist ein durch die Entwicklungsabteilungen eigens für die Funktionserprobung in Fahrzeugen erstellter Prüfkatalog. Dieser enthält neben den Funktionsbezeichnung ebenfalls eine entsprechende funktionspezifische Prüfanweisung sowie Aussagen darüber, wie das System bei Durchführung dieser Anweisung reagieren muss.

## 3.5 Zuliefer-Strategie im Bereich Kfz-Elektronik

Im Bereich der elektrischen und elektronischen Systeme und Komponenten beziehen die Hersteller 100 Prozent der Umfänge von externen Zulieferfirmen [sterl]. Diese Entwicklung ist durch eine starke Arbeitsteilung geprägt. Während die Anforderungen an die Funktionalität eines elektronischen Systems in der Regel durch den Automobilhersteller festgelegt werden, erfolgt die eigentliche Entwicklung und damit die Realisierung der Funktionen durch die entsprechenden Zulieferer [schäu 03].

In der Folge liegt das Know How im Bereich der Kfz-Elektronik zum gegenwärtigen Zeitpunkt im Gegensatz zum klassischen, maschinenbauorientierten Fahrzeugbau, der die Kernkompetenz jedes Automobilherstellers darstellt, nahezu ausschließlich bei den jeweiligen Entwicklungslieferanten.

Um auf Seiten der OEMs den Anschluss nicht zu verlieren und sich vollkommen in die Abhängigkeit der Zulieferindustrie zu begeben, wurde im Laufe der letzten Jahre unter anderem durch die vermehrte Einstellung von Fachleuten aus dem Bereich Elektronik und Informationstechnik, die Gründung entsprechender Tochterfirmen (siehe Kapitel 3.7.3) und die Einführung von hersteller-spezifischen „Elektronik-Strategien“ (siehe Kapitel 3.7) entsprechend reagiert.

Werden hierbei die Zukunftsprognosen für den Einsatz von Elektronik im Kraftfahrzeug betrachtet, so muss diese Strategie des *Insourcing* von Elektronik-Know-How auch weiterhin konsequent fortgeführt werden.

Das derzeitige *Outsourcing* von Entwicklungsleistungen entbindet die Hersteller jedoch nicht von ihrer Verpflichtung gegenüber dem gesamten Fahrzeugprojekt. Die entsprechenden Zulieferfirmen sind zwar in der Lage, ihre eigenen Entwicklungen zu überprüfen und die Funktionalität der Einzel-

systeme sicherzustellen, die Integration in das Gesamtsystem ist jedoch erst durch die Gesamtprojektverantwortlichen, also durch die Kfz-Hersteller selbst, möglich.

Somit ist eine intensive Zusammenarbeit, in diesem Zusammenhang wird bisweilen sogar auf den Begriff der „Symbiose“ zurückgegriffen [neu 03] [wei 94], zwischen Automobilhersteller und Zulieferer der Schlüssel zum Erfolg [sterl] .

### **3.6 Produktions-, Kundendienst-Prüftechnik und Eigendiagnose**

Bei der Betrachtung eines Automobils mit Sicht auf seine hochkomplexe Elektronik müssen neben den Bereichen Forschung und Entwicklung auch die Bereiche Produktion und Kundendienst in die Vorgehensweisen zur nachhaltigen Sicherung der Qualität mit einbezogen werden. Denn gerade diese Bereiche sind für die Zufriedenheit der Endkunden, also die Käufer des Produktes, von entscheidender Bedeutung. Während im Laufe der Produktentstehung auftretende Probleme und Fehler intern, unter Ausschluss der Öffentlichkeit, zu beheben sind, so haben die Leistungen der Produktion und des Kundendienstes direkten Einfluss auf das Bild eines Unternehmens in der Öffentlichkeit.

Während die Produktion in die Lage versetzt werden muss, ihre Wertschöpfung, also den korrekten Verbau aller vernetzten elektronischen Komponenten im zeitoptimierten Produktionsprozess, zu gewährleisten, steht der Kundendienst vor der wesentlich schwierigen Situation, vor Kunde aufgetretene Probleme effektiv und fachkompetent analysieren und vor allem beheben zu müssen.

Die Reduktion von Prüfzeiten in der Produktion sowie die Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit der Instandsetzung elektronischer Systeme haben, neben Auswirkungen auf die Zufriedenheit des Kunden, weiterhin einen erheblichen Stellenwert in den Gesamtkosten des Kraftfahrzeugs und wirken sich somit nachhaltig auf den Verkaufserfolg und den Wiederverkaufswert aus [flieg 03]. Dies stellt die Produktions- und Kundendienstverantwortlichen der Automobilhersteller vor eine schwierige Aufgabe, da die technischen Voraussetzungen, vor allem aber die Ausbildung der Mitarbeiter, in der Mehrheit Kfz-Mechaniker und einige wenige Kfz-Elektriker, in der Vergangenheit der Situation nicht gerecht wurden.

Diese Situation hat sich, laut einer Studie von McKinsey, bis heute noch nicht in dem Masse gebessert, wie es notwendig wäre. Zum Teil werden immer noch bis zu 80 Prozent der Elektronikkomponenten irrtümlich ausgetauscht, weil ein Problem nicht genug analysiert werden kann oder eine Softwarefehler als solcher nicht erkannt wird [näher 03].

Daher stellen gerade Elektroniksysteme erhöhte Anforderungen an die Fahrzeugdiagnose [wolf 04]. Entscheidend ist hier die Eigendiagnosefähigkeit der Systeme, die so genannte On-Board-Diagnose. On-Board-Diagnose, deren Ergebnisse mit entsprechenden Diagnosesystemen über die Diagnose-schnittstelle des Fahrzeugs ausgelesen werden können, bezeichnet in diesem Fall die Kommunikation zwischen den elektronischen Systemen des Fahrzeugs [schäuffeler 03] zusammen mit der Fähigkeit der Steuergeräte, sich im laufenden Betrieb selbst zu überwachen.

Welchen Stellenwert die Eigendiagnose zukünftig in der Automobilindustrie haben wird verdeutlicht die prozentuale Darstellung der heutigen und zukünftigen Methoden zur Fehlererkennung in Abbildung 3.13.

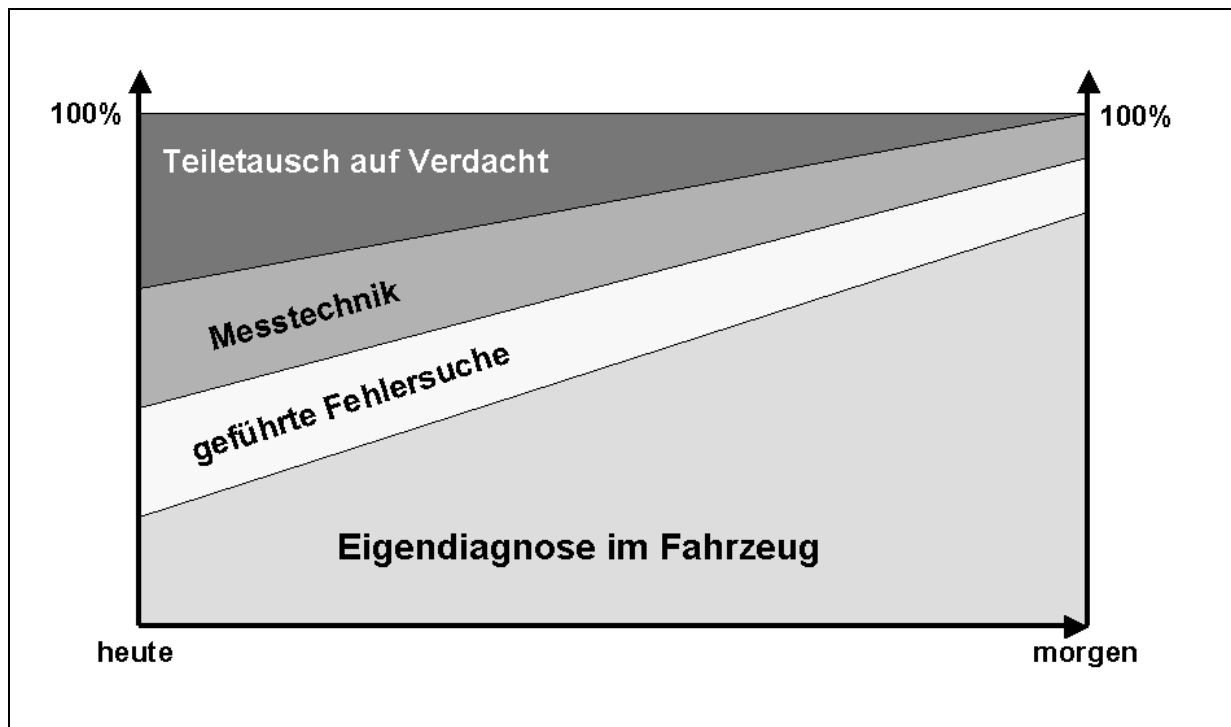


Abbildung 3.13: Heutige und zukünftige prozentuale Verteilung der Methoden zur Fehlererkennung im Bereich Kfz-Elektronik (Quelle Volkswagen)

## 3.7 Elektronik-Strategie

### 3.7.1 Grundlagen und Hintergründe

Um in Zukunft die Serienabsicherung und Innovationsführerschaft auf dem Sektor der Kfz-Elektronik zu gewährleisten, brauchen die OEMs tragfähige, zielführende Strategien, optimale Prozesse, die zugehörigen Tools und vor allem Mitarbeiter mit dem erforderlichen Know-How [schleu 99]. Dieser These aus dem Jahre 1999 tragen die Automobilunternehmen in den letzten Jahren durch die Initiierung von Elektronik-Strategie-Programmen Rechnung. Jede der OEM-spezifischen Strategien folgt in ihrem Grundsatz einem Ziel: "Hineinverlagerung" von mehr Elektronik-Kompetenz in das Unternehmen [neu 03] [mich 04].

Die in den Kapiteln 3.2 bis 3.6 beschriebenen Sachverhalte, die den Handlungsbedarf in Bezug auf eine zukunftsweisende strategische Ausrichtung hin zur Elektronik-Kompetenz verdeutlichen und deren Umsetzung, haben in den Organisationsstrukturen der OEMs vor allem zu zwei grundlegenden Veränderungen geführt:

- Einbettung der für den Bereich Kfz-Elektronik und Software notwendigen Prozesse in die bisherigen Kerngeschäftsprozesse,
- Gründung von Tochterfirmen auf den Gebieten Informationstechnik und Elektronik.

### 3.7.2 Produktentstehungsprozess Elektrik/Elektronik Umfänge (E-PEP)

Die Herausforderung für die Automobilhersteller besteht in der Integration der für den Bereich Kfz-Elektronik und Software notwendigen Prozesse in die jeweils bestehenden Kerngeschäftsprozesse (Abbildung 3.14).

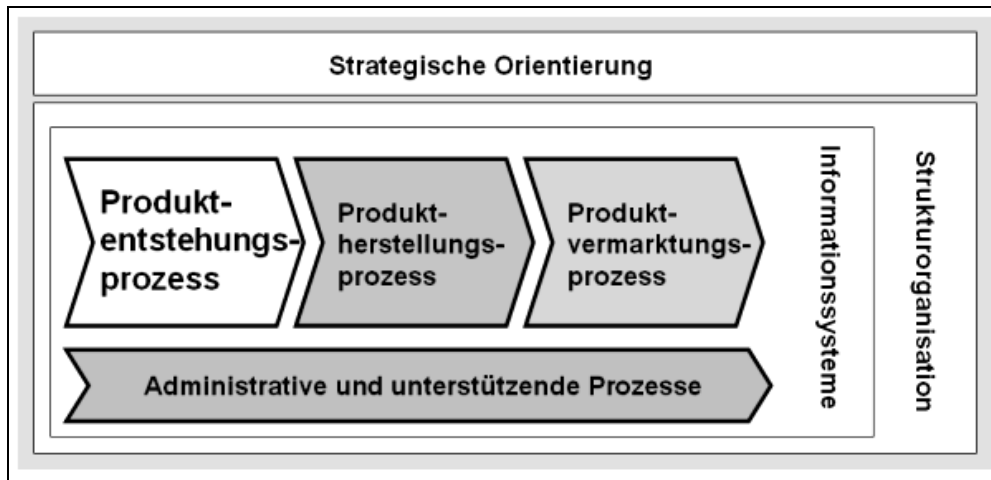


Abbildung 3.14: Kerngeschäftsprozesse (Quelle Volkswagen)

Insbesondere die Abbildung der Funktions- und Variantenvielfalt softwarebasierter Fahrzeugkomponenten stellt hier die Herausforderung dar, da die Geschäftsprozesse der Automobilhersteller an die Erfordernisse des Maschinenbaus angelehnt sind [mich 04].

Das Hauptaugenmerk der vorliegenden Arbeit liegt auf dem Produktentstehungsprozess (PEP), also auf dem Zeitraum vom Produktplanungsstart (PPS) bis zur Markteinführung (ME) [pep 03].

Bei dem betrachteten OEM kommt zur Erfüllung der Anforderungen als ablauforganisatorischer Leitfaden der sogenannte Elektrik-/Elektronik-Produktentstehungsprozess, kurz E-PEP, zum Einsatz. Ziel bei der Erarbeitung des E-PEP ist es, alle Abläufe, Vorgehensweisen und Verantwortlichkeiten zu standardisieren und in den E-PEP zu integrieren, die notwendig sind, die Funktionalität, aber auch die Prüfbarkeit und Diagnosefähigkeit der vernetzten elektronischen und softwarebasierten Systeme zum Produktionsstart sicherzustellen.

Da bei allen Aktivitäten, sowohl auf mechanischer als auch auf elektronischer Seite, der Start der Serienproduktion den finalen Endpunkt der Entwicklungsprozesse darstellt, orientieren sich die Meilensteine und Prozesse im Rahmen der Elektronik- und Software-Entwicklung an den Hauptmeilensteinen und Basisabläufen des bestehenden Produktentstehungsprozesses.

### 3.7.3 Gründung von Tochterfirmen

Neben den bisher beschriebenen internen Aktivitäten haben nahezu alle OEMs in den letzten Jahren eigene Tochterfirmen auf den Gebieten der Elektrik/Elektronik- und speziell dem Gebiet der Softwareentwicklung gegründet [saad 03] [wei 02] [klei 04] [neu 03], oder haben bereits bestehende Firmen entsprechend ausgebaut [mich 04]. Beispiele hierfür sind:

AUDI	Audi Electronics Venture GmbH
BMW	BMW Car IT
Porsche	Porsche Engineering Group
Skoda	e4t
Volkswagen	Carneq GmbH

### 3.8 OEM übergreifende Aktivitäten

Die europäischen Automobilhersteller haben erkannt, dass die bisherigen und die zukünftigen Herausforderungen im Bereich Elektronik und Software ohne gemeinsame Vorgehensweisen und Standards, nicht beherrschbar sein werden [mich 04] [ran 03].

Bereits heute haben die Steuergeräte der verschiedenen OEMs viele Gemeinsamkeiten, im Bereich Diagnose z. B. Key Word Protokoll 2000, in der Vernetzung die Busstandards CAN oder MOST, sind aber untereinander nicht austauschbar, weil wenige aber entscheidende Elemente doch unterschiedlich sind.

Zur Differenzierung vor Kunde sind wahrnehmbare Merkmale wie Benutzeroberflächen oder Motor- und Fahrwerksstrategien, ausschlaggebend [mich 04], nicht aber im Hintergrund, durch den Kunden nicht wahrnehmbare Systemeigenschaften oder Standards im Rahmen der Software-Entwicklung. Diese nicht-differenzierenden Basiselemente führen zu keinem Wettbewerbsvorteil, verursachen aber erheblichen Entwicklungsaufwand [mich 04].

In der Folge haben sich in den letzten Jahren herstellerübergreifende Initiativen und Entwicklungspartnerschaften gebildet [ran 04] [his] [wag 03] [aut] [stef 04], von denen die wichtigsten in Tabelle 3.1 kurz dargestellt werden.

Projekt	Bedeutung der Abkürzung	Zielsetzung
AUTOSAR	AUTomotive Open Systems Architecture	Kernziel ist die Standardisierung der Software-Architektur im Automobil; Kernelemente sind spezifizierte und standardisierte Schnittstellen, eine hardwareunabhängige Software-Schicht und eine Echtzeit-Umgebung als Kommunikationszentrum über das alle Software-Komponenten eines steuergerätes Informationen austauschen.
HIS	Hersteller Initiative Software	Erarbeitung von Standards in den nicht wettbewerbsrelevanten Bereichen bei Software-Entwicklung, Software-Test, Simulation und Reifegradermittlung; Reduzierung der Variantenvielfalt und verstärkter Re-Use
ASAM	Association for Standardisation of Automation and Measurings Systems	Standardisierung von Schnittstellen und Datenformaten für die Messtechnik und die Kalibrierung
MSR	Manufacturer Supplier Relationship	Verbesserung der Zusammenarbeit von OEM und Zulieferer; Vereinheitlichung beim Austausch von Modellen; einheitliche Dokumentation und Prozesssynchronisation soll erreicht werden
OSEK/VDX	Offene Systeme und deren Schnittstellen für die Elektronik im Kraftfahrzeug/ Vehicle Distributed eXecutive	Definition eines standardisierten Betriebssystems zur Verbesserung der Testbarkeit, Validierung und Wiederverwendbarkeit von Software

Tabelle 3.1: Herstellerübergreifende Entwicklungspartnerschaften und Initiativen im Bereich Kfz-Elektronik (Quelle [fen 04])

## 4 Der Versuchsbau im Produktentstehungsprozess

### 4.1 Grundlagen

Der Produktentstehungsprozess eines neuen Fahrzeugprojektes ist zwischen dem Planungsstart zur Durchführung des Projektes, und der letztendlichen Serienfertigung des fertig entwickelten Produktes durch drei aufeinander folgende Phasen gekennzeichnet (Abbildung 4.1).

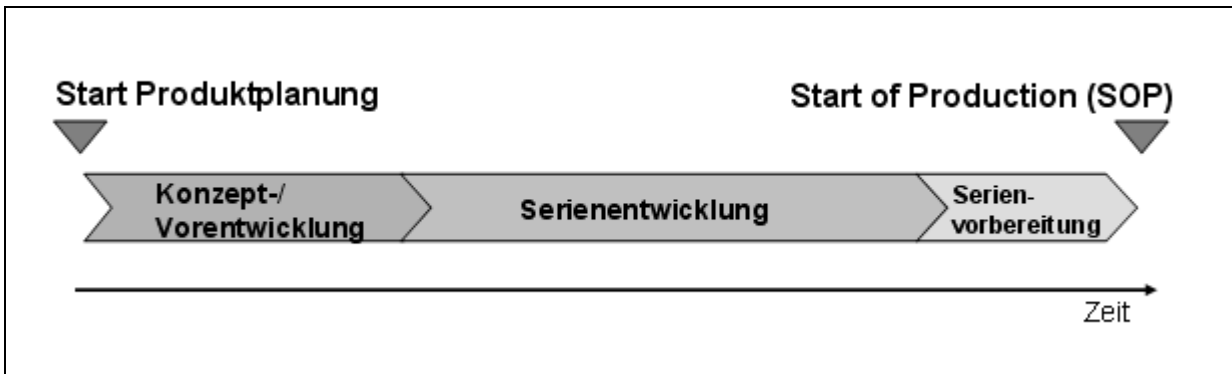


Abbildung 4.1: Phasen der Produktentstehung

Die aus der Konzept- und Vorentwicklungsphase hervorgegangenen Ergebnisse werden in der darauf folgenden Phase, der Entwicklungsphase, bis zur Serienreife weiterentwickelt und zum Gesamtfahrzeug integriert.

Ist die Entwicklung des Gesamtfahrzeugs abgeschlossen, so ist es die Aufgabe der Vorserie, alle für die Serienfertigung notwendigen Freigaben zu erteilen und die Serienfertigung im bauenden Werk vorzubereiten. Bereits in der Konzeptphase, jedoch verstärkt von der Entwicklungsphase bis hin zur Vorserie, müssen Zwischenergebnisse im Entwicklungsprozess unter Zuhilfenahme entsprechender Aufbauten verifiziert werden. Dies erfordert die Integration der einzelnen Konstruktionsleistungen in fahr- und erprobungsfähigen Versuchsträgern. Zuständig für die Bereitstellung der während der Produktentstehung benötigten Fahrzeuge ist der Versuchsbau.

Während diese Kernaufgabe, des vielfach auch als Prototypenbau bezeichneten Bereiches, herstellerübergreifend nahezu identisch ist, ist die organisatorische Einbindung in den Produktentstehungsprozess unterschiedlich geregelt.

### 4.2 Einbindung in die Organisationsstruktur

Wie Recherchen im Rahmen dieser Arbeit gezeigt haben, ist der Bereich Versuchsbau abhängig vom jeweiligen Produktentstehungsprozess der OEMs unterschiedlich in die Organisationsstrukturen des Unternehmens eingebunden.

In einigen Fällen ist der Versuchsbau direkt in den Bereich Forschung und Entwicklung integriert. Der Entwickler eines Systems bzw. einer Komponente ist in diesem Fall durch den gesamten Versuchsbauprozess hindurch für sein Bauteil verantwortlich. Er hält den Kontakt zum Lieferanten, beschafft die Teile und stellt sie termin- und statusgerecht für den jeweiligen Versuchsträger bereit. Notwendige Prüf- und Analyseaufgaben und der damit zusammenhängende Problembearbeitungs-

prozess werden ebenfalls durch die Entwicklungsabteilungen selbst durchgeführt. Der Versuchsbau übernimmt in diesem Fall nur die Rolle des Dienstleisters für die Fahrzeugmontage.

Bei anderen Herstellern ist der Bereich Produktion für den Bau von Versuchsträgern verantwortlich. Hier liegt der Fokus darauf, die Prozesse bereits im Versuchsbau möglichst seriennah zu gestalten, um frühestmöglich zu stabilen Produktionsprozessen zu gelangen.

Eine dritte Organisationsstruktur liegt bei dem im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Versuchsbau vor. Ebenfalls, wie im ersten Beispiel, organisatorisch in den Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung integriert, unterscheidet er sich jedoch aufgrund seiner Aufgaben und Zuständigkeiten in hohem Maße von der zuerst genannten Struktur. Sowohl der Beschaffungs- und Teilebereitstellungsprozess als auch die Gestaltung und Durchführung der Montage- und Prüfprozesse sowie die Problembearbeitung und die Übergabe der Versuchsträger an die Kunden liegen hier in der Verantwortung des Versuchsträgerbaus und der zugehörigen Qualitätssicherungsabteilung. Entsprechend findet man fast alle Geschäftsprozesse des betrachteten OEM wieder, jedoch in der Dimension eines größeren mittelständischen Unternehmens [got 04]. Bildlich gesprochen stellt der Versuchsbau daher eine Art „Fabrik in der Fabrik“ dar.

Während für die Absicherung der Serien- bzw. Produktionsprozesse in einigen OEMs ebenfalls der Versuchsbau verantwortlich ist, endet die Verantwortung des betrachteten Versuchsbaus mit Beginn der Vorserie. Offene Probleme und sonstige für den weiteren Prozess notwendige Daten werden in einem geregelten Übergabeprozess an die nachfolgenden Bereiche übergeben.

Angelehnt an die Modellpalette beim betrachteten OEM folgt die interne Organisation des Versuchsbaus der Untergliederung in die verschiedenen Fahrzeugklassen. Die Verantwortung für die Bereiche Aggregate, Rohbau sind fahrzeugklassen- bzw. projektübergreifend organisiert (Abbildung 4.2).

Die Zuständigkeiten im Bereich Elektrik/Elektronik liegen in Teilen dezentral bei den jeweiligen projektverantwortlichen Organisationseinheiten, bestimmte Umfänge werden jedoch auch in diesem Bereich projektübergreifend verantwortet (siehe Kapitel 5).

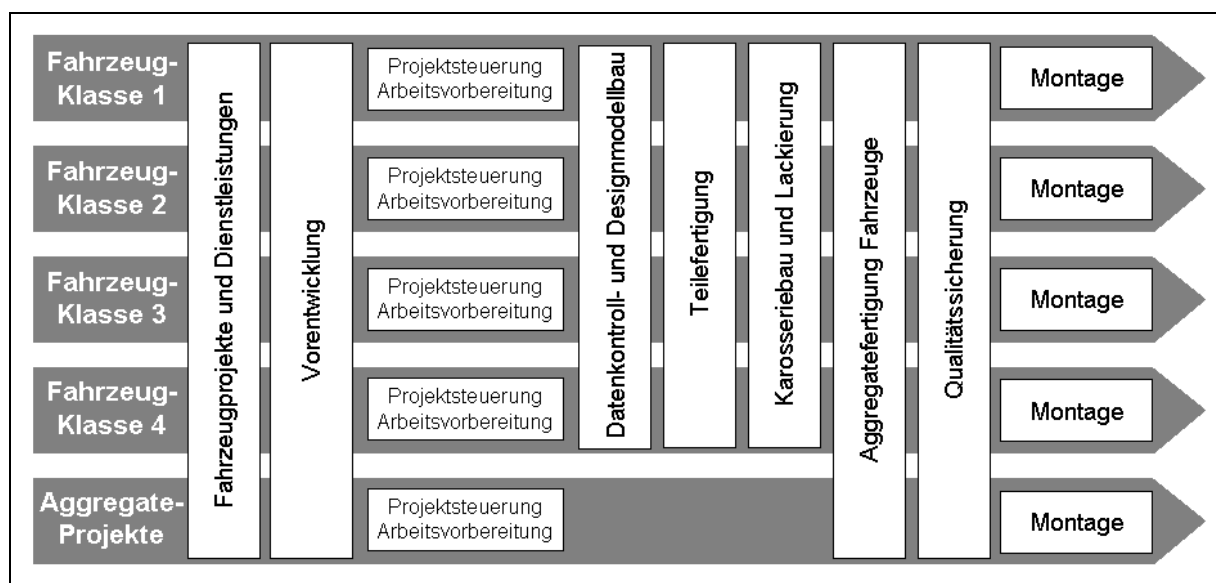


Abbildung 4.2: Organisationsstruktur des Versuchsbaus



### 4.3 Kernaufgaben

Unabhängig von der organisatorischen Einbindung in die Organisationsstrukturen stellt sich das Aufgabenspektrum im Bereich Versuchsbau bei allen Automobilherstellern in seinen Grundzügen gleich dar.

Die Kernaufgabe des Versuchsbaus ist es, die Entwicklungsstände zukünftiger Produkte in „Hardware“ darzustellen und in enger Zusammenarbeit mit Entwicklung, Produktion und Lieferanten die Machbarkeit der Serienfertigung frühzeitig zu beurteilen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zielgerichtet dokumentiert und kommuniziert, um den Produktenstehungsprozess aktiv zu unterstützen [vw 04/1].

Die Fahrzeugpalette, die sich hinter dem Begriff „Hardware“ verbirgt, umfasst im Einzelnen folgende Produkte:

- Konzeptfahrzeuge
- Komponententräger
- Aggregateträger
- Crashfahrzeuge
- Prototypen
- Modellpflegefahrzeuge

### 4.4 Qualitätsmanagement im Versuchsbau

#### 4.4.1 Grundlagen

Der Begriff „Qualitätsmanagement“ ist nach DIN EN ISO 9000:2000 definiert als „aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation bzgl. Qualität“. Die Tätigkeiten bzw. Aufgaben zum Leiten und Lenken umfassen dabei die Festlegung der Qualitätspolitik und der Qualitätsziele, die Qualitätsplanung, die Qualitätslenkung, die Qualitätssicherung und die Qualitätsverbesserung [DIN EN ISO 9000:2000]. Die Wahrnehmung dieser Aufgaben kann entweder durch die für die jeweiligen Prozesse verantwortlichen Organisationseinheiten selbst oder durch separate Organisationseinheiten, das sogenannte Qualitätswesen erfolgen.

Während im Bereich der Serienfertigung die Existenz eines Qualitätswesens der Regelfall ist, stellt sich die Situation im Bereich Versuchsbau in der Automobilindustrie unterschiedlich dar.

In einigen Automobilunternehmen werden die im Rahmen des Qualitätsmanagements anfallenden Aufgaben durch den Versuchsbau und seine Mitarbeiter selbst wahrgenommen. Bei dem im Rahmen dieser Arbeit betrachteten OEM erfolgt dies durch eine eigenständige Qualitätssicherungsabteilung. Die Qualitätssicherung Versuchsbau ist organisatorisch der Konzern-Qualitätssicherung angegliedert, ist jedoch fester, integraler Bestandteil des Versuchsbaus. Die entsprechende innere Organisationsstruktur sowie die Kernaufgaben dieser Abteilung werden im Folgenden erläutert.

#### 4.4.2 Innere Organisationsstruktur

Die Organisationsstruktur der Qualitätssicherung des Versuchsbaus folgt in ihrem Aufbau den in Kapitel 4.2 dargestellten Strukturen des Versuchsbaus. Neben entsprechenden Organisationseinheiten für die verschiedenen Fahrzeugprojekte existieren auch hier zur Wahrnehmung der Qualitätssi-

cherungsaufgaben separate Organisationseinheiten für die Bereiche Rohbau, Aggregate sowie eine, deren Zuständigkeit im Bereich geometrische Vermessung von Komponenten und Karossen liegt (Abbildung 4.3). Um den ständig steigenden Anforderungen in Bezug auf Elektronik und Software im Fahrzeug und damit auch in Versuchsträgern, gerecht zu werden, wurde im Jahre 2001 eine entsprechende Organisationseinheit innerhalb der Qualitätssicherung Versuchsbau geschaffen.

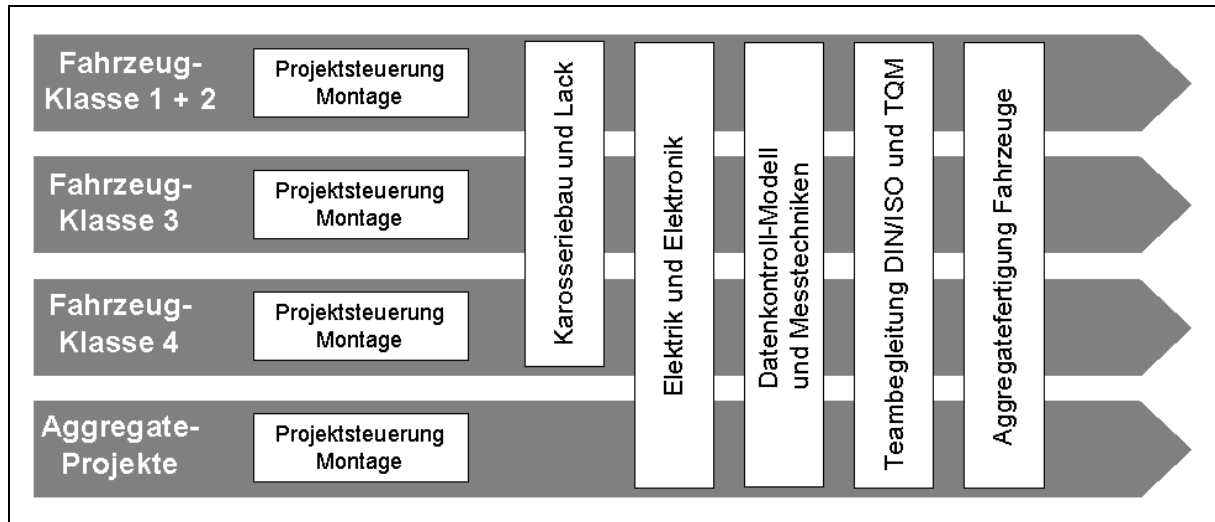


Abbildung 4.3: Organisationsstruktur der Qualitätssicherung Versuchsbau

### 4.4.3 Kernaufgaben

Die Rolle der Qualitätssicherungsabteilung des Versuchsbaus lässt sich bildhaft durch die Rolle des Liberos in einer Fußballmannschaft darstellen.

Während der Libero - definiert als „Spieler ohne direkten Gegenspieler, der die Abwehr leitet und je nach Situation im Angriff oder in der Abwehr spielt“ - dafür sorgt, dass es der gegnerischen Mannschaft bis Spielende nicht gelingt, Tore zu schießen, so ist es das Ziel der Qualitätssicherung des Versuchsbaus, durch Koordination einer Abwehrkette aus Entwicklung, Produktion, Kundendienst, Versuchsbau und weiteren Qualitätssicherungsabteilungen dafür zu sorgen, dass 100 Prozent der Fehler und Probleme in einem Fahrzeugprojekt bis zur Vorserie erkannt und abgestellt werden. Die verhinderten Tore im Fußball entsprechen im Falle der Qualitätssicherungsarbeit im Versuchsbau demnach den frühzeitig erkannten und abgestellten Fehlern.

Diese Rolle in der Produktentstehung erfordert von der Qualitätssicherung im Versuchsbau die Erfüllung der folgenden Kernaufgaben:

- Steuerung der Fertigungsqualität im Versuchsbau
- Mitarbeit bei der Prozessgestaltung (Zielsetzung, Optimierung, Auditierung)
- Problemmanagement im Versuchsbau für die Produktreife (Problemaufnahme, Verfolgung der Abstellmaßnahmen)
- Lieferantenbetreuung für Prototypenteile (beurteilen, abnehmen und sperren)
- Konzernfunktion über alle Konzernmarken für den Bereich Versuchsbau

Explizit wird an dieser Stelle auf zwei Prozesse der Qualitätssicherung des Versuchsbaus eingegangen, welche eine besondere Bedeutung für die im weiteren Verlauf dieser Arbeit vorgeschlagene

Vorgehensweise haben: Der Reifegradfahrzeug-Prozess (Abbildung 4.4) sowie die sogenannte „Zählpunkt-8 Abnahme“.

### Reifegradfahrzeuge

Ziel der Fertigung von Reifegradfahrzeugen ist die gemeinsame Beurteilung der Produktreife mit Entwicklung, Planung, Lieferant und der Qualitätssicherung.

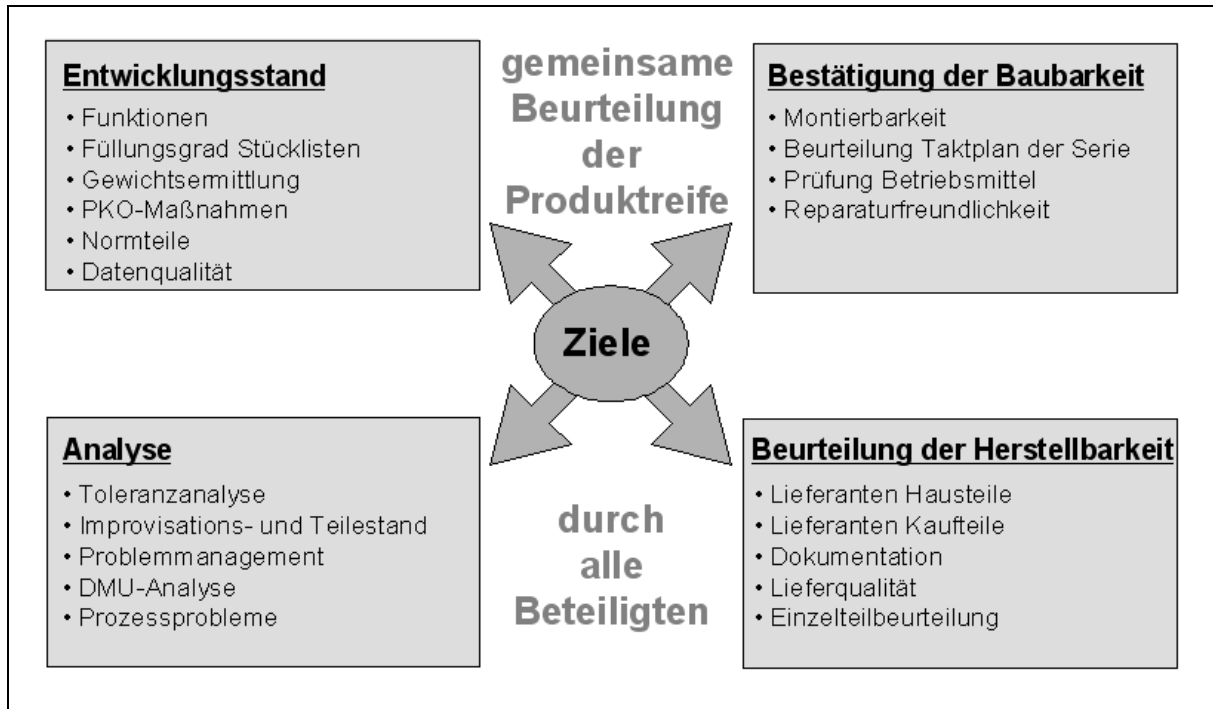


Abbildung 4.4: Der Reifegradfahrzeug-Prozess der Qualitätssicherung Versuchsbau

Reifegradfahrzeuge werden in der Regel zwei Mal pro Projekt aufgebaut, durch die Qualitätssicherung finanziert und finden *ausschließlich* zur Erfüllung des oben genannten Ziels Anwendung. Ein weiterer Einsatz, beispielsweise im Rahmen der Dauererprobung oder als Crashfahrzeug, ist nicht geplant. Aus dieser Tatsache heraus - diese Fahrzeuge sind weder termin- noch kundengebunden – ergeben sich entscheidende Vorteile gegenüber dem „normalen“ Prototypenbau, wie beispielsweise:

- Möglichkeiten zur umfassenden Dokumentationsprüfung
- Möglichkeiten zur intensiven, präzisen Problemanalyse mit allen Beteiligten
- Aufbau unter „Serienbedingungen“ möglich (Fertigung nach Taktplan, Verwendung von geplanten Serienbetriebsmitteln wie Einfahrvorrichtungen etc.)
- verlässlicher Hardware-Anlaufpunkt für alle Beteiligten der Produktentstehung

### *Zählpunkt-8 Abnahme*

Ein Zählpunkt ist aus Sicht der Fertigung eine festgelegte Stufe im Fertigungsfluss zur Erfassung erreichter Zusammenbaustufen. Der gesamte Fertigungsprozess ist hierzu in acht Zählpunkte eingeteilt, wobei der achte die Bedeutung „Fahrzeug fertig“ hat [vw].

Analog zur Serienfertigung, bei der am sogenannten Zählpunkt-8 die Übergabe der Verantwortung für das fertige Fahrzeug von der Produktion an Vertrieb erfolgt [vw], handelt es sich bei der „Zählpunkt-8 Abnahme“ im Versuchsbau um die Überprüfung des Versuchsträgers vor Übergabe an den jeweiligen Kunden des Versuchsbaus, der das Fahrzeug zu Erprobungszwecken nutzt.

Im Rahmen der Zählpunkt-8 Abnahme werden die Versuchsträger durch die Qualitätssicherung des Versuchsbaus im Hinblick auf folgende Schwerpunkte überprüft:

- Sicherstellung, dass keine sicherheitsrelevanten Mängel vorliegen
- Sicherstellung der Erprobungsfähigkeit

Die Zählpunkt-8 Abnahme kann daher von ihren Inhalten prinzipiell mit der in der Straßenverkehrsordnung verankerten Hauptuntersuchung für Kraftfahrzeuge verglichen werden.

## **5 Anforderungen der Kfz-Elektronik an die Prozesse und Strukturen im Versuchsbau**

Wie aus den bisherigen Darstellungen ersichtlich, hat der immer weiter steigende Einsatz von Elektronik und Software im Automobil von der Konzepterstellung bis zum Kundendienst große Auswirkungen auf die gesamte Wertschöpfungskette eines Fahrzeugprojektes. Ein entscheidendes Glied in dieser Kette stellt, wie in Kapitel 4 beschrieben, der Versuchsbau dar.

Das Know-How zur Durchführung der entsprechenden Aufgaben und die notwendigen Prozesse in Bezug auf den klassischen, maschinenbauorientierten Bau von Versuchsträgern sind über Jahrzehnte auf Seiten der Automobilhersteller kontinuierlich zu hoher Reife gebracht worden.

Anders stellt sich die Situation bei der Automobil-Elektronik dar. Im Gegensatz zum klassischen Fahrzeugbau, der Kernkompetenz eines jeden Automobilherstellers, sieht sich auch der Versuchsbau erst seit einigen wenigen Jahren mit rapider steigender Komplexität von Elektroniksystemen und häufigen Änderungen von Konstruktions- und Softwareständen während der Entwicklungsphase konfrontiert. Im Bereich Entwicklung sind, sowohl auf Seiten der Automobilhersteller als auch auf Seiten der Zulieferer heutzutage kaum noch neu entwickelte Komponenten und Systeme ohne elektronische Steuerung und Regelung vorstellbar, was weitreichende Auswirkungen auch auf die zukünftigen Arbeitsweisen der Versuchsbauten hat und auch weiterhin haben wird.

Während die Entwicklungsabteilungen und -lieferanten die Funktionalität ihrer Komponenten und Systeme zu Beginn eines Projektes im Verbund nahezu ausschließlich mit Hilfe von Simulationsumgebungen oder statischen Laboraufbauten wie Referenzkarossen oder HIL-Aufbauten (Hardware-in-the-Loop) überprüfen, wird mit zunehmender Produktreife die Überprüfung im realen Fahrzeugverbund notwendig. Diese Integration der vernetzten Elektronik mit der Sensorik, Aktorik und den mechanischen Komponenten erfolgt in den durch den Versuchsbau gefertigten Fahrzeugen. Die Verantwortlichen im Versuchsbau standen und stehen daher immer noch vor der Aufgabe, bestehende Prozesse zu optimieren oder neue so zu definieren, dass auch in Zukunft bei ständig steigender Komplexität der elektronischen Systeme im Fahrzeug die Wahrnehmung der Kernaufgabe, das Bereitstellen von fahr- und erprobungsfähigen Versuchsträgern, zur vollen Zufriedenheit der Kunden sichergestellt werden kann.

Der Begriff „Kunde“ oder „Versuchsbaukunde“ bezeichnet in diesem Zusammenhang den direkten Kunden des Versuchsbaus, also den Abnehmer und Nutzer der Versuchsträger oder den Adressaten sonstiger im Rahmen der Versuchsbauarbeit gewonnener Erkenntnisse wie beispielsweise konstruktiver Probleme.

Das vorliegende Kapitel verfolgt das Ziel, die Anforderungen des in Kapitel 3 beschriebenen Einsatzes von Elektronik und Software im Kraftfahrzeug an die Prozesse und Strukturen des Versuchsbaus (vgl. Kapitel 4) aufzuzeigen. Hierbei wird die Unterteilung in die folgenden Bereiche vorgenommen:

- Anforderungen an versuchsbauinterne Strukturen und Prozesse
- Anforderungen an den Versuchsbau durch versuchsbauexterne Unternehmensbereiche

## 5.1 Anforderungen an versuchsbauinterne Strukturen und Prozesse

### 5.1.1 Umdenken auf Führungsebene

Der Übergang zu immer mehr Elektronik und Software im Automobil erfordert in erster Linie ein Umdenken in der Führungsebene des Versuchsbaus.

Die Führung hat die Aufgabe, den Mitarbeitern sämtliche Voraussetzungen zu schaffen, die für die Erfüllung ihrer Arbeitsaufgaben notwendig sind. [kam 00]. Zwingend erforderlich zur Erfüllung dieser Aufgabe ist das Verständnis und das Bewusstsein um die Komplexität und die Zusammenhänge des neuen Themengebietes „Kfz-Elektronik“. Genau dies stellt die Führungskräfte im Versuchsbau vor besondere Herausforderungen.

Während der Übergang von der Mechanik hin zur Elektronik und Mechatronik auf technischer Seite heutzutage bereits vollzogen ist, stellt sich die Situation im Bereich Personal, sowohl auf Mitarbeiter- als auch speziell auf Führungsebene anders dar.

Zwar hat die oberste Führung der Unternehmen erkannt, dass auf die neuen Anforderungen personell reagiert werden muss und hat daher in den letzten Jahren in allen betroffenen Unternehmensbereichen entsprechende Fachleute aus den Bereichen Elektro- und Informationstechnik eingestellt [neu 03]. Die Führungsebenen selbst, auch die des Versuchsbaus, sind jedoch größtenteils mit Personen besetzt, die eine Ausbildung im Fachgebiet Maschinenbau absolviert haben. Lediglich die Abteilungen/Unterabteilungen oder Teams, die direkt für den Bereich Elektrik/Elektronik zuständig sind werden in der Regel von Personen geführt, die eine entsprechende Fachausbildung haben. Verdeutlicht wird diese Problematik anhand des Anteils von Führungskräften mit elektrotechnischer Ausbildung im Versuchsbau des betrachteten Unternehmens. Dieser beträgt *lediglich 6 Prozent*, entsprechend kommen 94 Prozent aus elektrik- und elektronikfremden Fachbereichen.

Trotz der durch den Ausbildungs- und Berufsweg in den meisten Fällen nur sporadisch vorhandenen Kenntnisse im Bereich der Elektrik/Elektronik und vor allem Software müssen alle Führungskräfte im Versuchsbau notwendige Entscheidungen treffen, um die Qualität der Versuchsträger für alle Module, vom Rohbau bis zur Vernetzung der elektronischen Systeme sicherzustellen.

Um im Sinne eines umfassenden Qualitätsmanagements die Vorbild-Funktion erfüllen zu können, erfordert die derzeitige Situation die Offenheit der Führungskraft gegenüber den neuen Technologien, die Bereitschaft, die eigenen Schwächen in Bezug auf die Fachkompetenz zu akzeptieren sowie ein sehr hohes Maß an Vertrauen gegenüber den ihr unterstellten Fachkräften.

### 5.1.2 Erweiterte, spezielle Prüfumfänge

Mit Einzug der elektronischen und softwarebestimmten Systeme in Fahrzeugen muss im Bereich Prüfung und Analyse im Versuchsbau umgedacht werden. Entsprechende Strategien sind zu entwickeln und umzusetzen.

Der Schwerpunkt der Prüftätigkeiten für die Verantwortlichen in der Fahrzeugmontage liegt bei elektronischen Systemen im Fahrzeug, analog zur Mechanik, auf der Überprüfung der korrekten Montage aller Komponenten und Systeme. Diese, auch als Überprüfung der Wertschöpfung des Versuchsbaus bezeichnete Aufgabe, umfasst dabei drei Teilaufgaben:

- Überprüfung der korrekten Teilebereitstellung (ist das, was zur Montage angeliefert wurde auch das, was der Kunde bestellt hat)

- Überprüfung der korrekten Montage aller Systeme und Komponenten
- im Rahmen Abnahmeprüfungen vor Übergabe des Versuchsträgers an den Kunden, Umfänge zur Sicherstellung der Erprobungsfähigkeit und, unabhängig vom Erprobungsschwerpunkt, die Sicherstellung aller sicherheitsrelevanten Funktionen (vgl. Kapitel 4.4.3).

Die zur Ableistung dieser Teilaufgaben notwendigen Arbeitumfänge unterscheiden sich im Bereich der vernetzten elektronischen Systeme deutlich von denen im mechanischen Bereich.

Während die Überprüfung der korrekten Teilebereitstellung zu Montagebeginn bei mechanischen Umfängen über die visuelle Kontrolle der Komponente und der Begleitpapiere (Lieferschein, Teileanhänger, etc.) möglich ist, müssen bei softwarebasierten Systemen zur eindeutigen Identifikation des Bauzustandes zusätzlich Hard- und Softwarestand mit entsprechenden Instrumenten ausgelesen werden (vgl. Kapitel 3.3.3).

Aufgrund der ebenfalls in Kapitel drei erläuterten Problematik sich häufig ändernder Konstruktionsstände erfordert die Kfz-Elektronik jedoch nicht nur vor, sondern auch während und nach Ende der Montage eines Versuchsträgers eine genaue Überprüfung des Bauzustandes in Bezug auf HW- und SW-Stände. Hat sich der Bauzustand im Laufe des Prozesses verändert, so ist eine erneute Überprüfung der Funktionalität der verbauten Systeme notwendig.

Um die wertschöpfende Leistung des Versuchsbaus bzgl. der korrekten Montage sicherstellen zu können, ist die Durchführung von Funktionsprüfungen unabdingbar. Denn nur über die Funktionalität lässt sich feststellen, ob im fertigen Fahrzeug alle Steckverbindungen korrekt gesteckt und alle Komponenten korrekt miteinander verbunden sind. Die bisherigen, aus dem klassischen Fahrzeugbau bekannten optischen und akustischen Prüfungen, reichen nicht mehr aus. Ein Beispiel hierfür ist das Überprüfen der Bremse. Ein Beschleunigen und anschließendes Prüfen, ob beim Treten der Bremse das Fahrzeug auch wirklich stehen bleibt und das Bremspedal bei einem ABS-Eingriff wirklich „rubbelt“, reichen hierbei nicht mehr aus. Um den korrekten Bremseingriff überprüfen zu können, müssen diverse Systemzustände überprüft werden, was nur durch den Einsatz elektronischer Prüfsysteme sichergestellt werden kann [weh 03].

Weiterhin müssen zur Sicherstellung der Funktionalität Wegfahrsperrern angelern und Steuergeräte dem gewünschten Funktionsumfang entsprechend codiert und parametrisiert werden. Bedingt durch termingebundene Montageabläufe und feste Terminalschienen bei der Erprobung, sind Funktionsprüfungen im Versuchsbau nur auf einer relativ niedrigen technischen Ebene und in begrenztem zeitlichen Umfang möglich. Der Fokus liegt hierbei auf der Überprüfung der wertschöpfenden Tätigkeiten des Versuchsbaus. Da der Versuchsbau - analog der Produktion in der späteren Serienfertigung - ausschließlich für die korrekte Montage aller Komponenten und Systeme verantwortlich ist, werden die Prüfungen diesem Schwerpunkt entsprechend durchgeführt. So reicht es aus Sicht der Verantwortlichen im Versuchsbau zum Beispiel aus, die Überprüfung der elektrischen Fensterheber auf die Grundfunktion hoch/runter und einen funktionierenden Einklemmschutz zu überprüfen. Die intensive Überprüfung der Funktionalität in Bezug auf das Vorhandensein aller Funktionsvarianten, zum Beispiel automatisches schließen des Fensters bei Verriegelung des Fahrzeugs, oder die Einhaltung aller Toleranzen und Schwellwerte, wie beispielsweise die Minimalkraft zum Auslösen des Einklemmschutzes, ist Aufgabe der Versuchsbaukunden und der Entwicklungsabteilungen im Rahmen der Absicherungs- und Akzeptanztests wie beispielweise Fahrzeug-Intensiv-Tests (FIT) oder Dauerläuferprobung (vgl. Kapitel 3.4). Es gilt, Vorgehensweisen zu entwickeln, die sowohl den zeitlichen Vorgaben des Versuchsbaus, als auch den Anforderungen der Versuchsbaukunden in gleicher Weise gerecht werden. Prüfergebnisse müssen schnell erzielt aber auch aus technischer Sicht ausreichend, belastbar und aussagekräftig sein.

Dennoch sind diese Vorgänge aufgrund der in Kapitel 3.2 beschriebenen Komplexität zum Teil mit erhöhten Zeitaufwänden verbunden. Diese müssen im Vorfeld bei der Versuchsträgerplanung von allen Beteiligten gemeinsam eingeplant werden. Geschieht dies nicht, so kommt es zu nicht kommunizierten Verzögerungen im Montageablauf und damit als Folge zu einer verspäteten Abgabe des Versuchsträgers an den Kunden. Dies hat negative Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit, führt zu Unverständnis auf Seiten der betroffenen Führungskräfte und Mitarbeiter des Versuchsbaus und ist daher auf jeden Fall durch den Einsatz präventiver Maßnahmen zu vermeiden.

Bedingt durch die in Kapitel 4 beschriebenen unterschiedlichen organisatorischen Strukturen des Versuchsbaus in den OEMs stellen sich auch die Prüfstrategien für die elektronischen Umfänge im Versuchsbau differenziert dar. Während bei produktions-/serienorientierten Versuchsbauten bereits zum frühen Zeitpunkt Serienprüftechnik zum Einsatz kommt, werden zu Prüf- und Analysezwecken bei dem im Rahmen dieser Arbeit betrachteten OEM versuchsbau- und entwicklungsspezifische Prüf- und Analysesysteme eingesetzt.

Abbildung 5.1 zeigt die derzeitige zeitliche Abfolge der elektrisch/elektronik-spezifischen Prüfungen im Montageprozess des betrachteten Versuchsbaus, deren theoretische Abläufe im Folgenden näher erläutert werden.



Abbildung 5.1: Überprüfung elektronischer Systeme im Versuchsbau

### **Prüfungen vor Fahrzeugmontage**

Um durch falsche oder defekt verbaute Komponenten verursachte Kosten für Nacharbeiten am Ende der Montage zu minimieren, werden alle elektrischen und elektronischen Komponenten, also Sensoren, Aktoren, Leitungsstränge und Steuergeräte, vor Beginn der Fahrzeugmontage einer Reihe von Prüfungen unterzogen. Dies sind im einzelnen:

- Überprüfung der korrekten Teileanlieferung in Bezug auf Teilenummer, Hard- und Softwarestand jeder einzelnen Komponente anhand von SOLL-Teilelisten und Verbauvorschriften



- Automatische Überprüfung der Leitungsstränge durch computergesteuerte PIN-zu-PIN-Prüfung
- Inbetriebnahme des gesamten Elektrik-/Elektronik-Umfangs (E-Umfangs) auf einem Prüftisch und Durchführung im Rahmen des Aufbaus möglicher Funktionsprüfungen (z. B. Überprüfung der Scheinwerfer und SBBR<sup>1</sup>-Leuchten)

Die Ergebnisse der einzelnen Prüfschritte werden in einem fahrzeugspezifischen Protokoll dokumentiert, welches im allgemeinen Dokumentationssystem des Versuchsbaus dem entsprechenden Fahrzeug zugeordnet wird.

### **Montagebegleitende Prüfungen**

Nach Beendigung der Prüfungen vor Beginn der Montage werden die gesamten E-Umfänge eines Fahrzeugs an den entsprechenden Aufbauort im Montagebereich gebracht. Im Rahmen der Fahrzeugmontage werden die Komponenten und Systeme Schritt für Schritt zusammen mit den mechanischen Komponenten verbaut und wenn möglich, in Betrieb genommen.

Durchgeführte Improvisationsmaßnahmen, z. B. geänderte Leitungslängen und Verlegewege von Leitungen oder abweichend vom SOLL-Stand verbaute Umfänge werden zusammen mit den Ergebnissen durchgeführter Funktionsprüfungen in einer im Fahrzeug mitgeführten Wagenbegleitkarte dokumentiert.

### **Inbetriebnahmeprüfung des Versuchsbaus**

Ist das Fahrzeug komplett montiert, erfolgt die Elektrik/Elektronik-Inbetriebnahme des Gesamtfahrzeugs durch sogenannte Inbetriebnahme-Teams. Die Inbetriebnahme umfasst im Einzelnen folgende Schritte:

- Erfassung des aktuellen Bauzustandes in Bezug auf Hard- und Softwarestände
- fahrzeugspezifische Codierung und Parametrierung
- Auslesen der Fehlerspeichereinträge in den Steuergeräten
- Überprüfung der Bus-Kommunikation und bestimmter Messwertblöcke
- Statische Überprüfung von Montageumfängen
- Dynamische Überprüfung der Grundfunktionalität aller verbauten Systeme im Rahmen einer Probefahrt

Die Ergebnisse der Prüfungen werden in einem fahrzeugspezifischen Protokoll dokumentiert, welches auf einem lokalen Datenserver archiviert wird. Bei der Inbetriebnahme-Prüfung auftretende Probleme werden an die Montage zurückgemeldet und dort im Rahmen von Nacharbeit abgestellt.

### **Elektronikspezifische Umfänge im Rahmen der ZP8-Prüfung**

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme erfolgt die Übergabe des Versuchsträgers an die Qualitätssicherung des Versuchsbaus, welche zur Freigabe des Fahrzeugs für den Versuchsbaukunden analog zur Serienfertigung eine Zählpunkt-8 Prüfung durchführt (vgl. Kapitel 4.4.3). Während diese Prüfung in der Serienfertigung ausschließlich auf der Überprüfung der Eigendiagnosefunktionalität elektronischer Systeme basiert – intensivere Überprüfungen erfolgen nur im Rahmen von Stichproben-Prüfungen oder im Fehlerfall -, umfassen die elektronikspezifischen Umfänge einer Zählpunkt-8-Prüfung im Versuchsbau folgende Umfänge:

- die Erfassung des aktuellen Bauzustandes in Bezug auf Hard- und Softwarestände

---

<sup>1</sup> Schlusslicht **B**remslicht **B**linklicht **R**ückfahrlicht

- das Auslesen der Fehlerspeichereinträge in den Steuergeräten
- die Statische Überprüfung von Montageumfängen
- die Dynamische Überprüfung der Grundfunktionalität aller verbauten Systeme im Rahmen einer Probefahrt (Schwerpunkt: sicherheits- und erprobungsrelevante Systeme)

Diese Umfänge werden nicht separat durch die Mitarbeiter aus dem Bereich Elektrik/Elektronik, sondern durch die Mitarbeiter der projektspezifischen Organisationseinheiten durchgeführt, die für die Durchführung der gesamten Zählpunkt 8-Prüfung zuständig sind.

Im direkten Vergleich zur Inbetriebnahme wird deutlich, dass die Prüfumfänge beider Prozessschritte nahezu identische Inhalte haben. Der Grund hierfür liegt in der derzeitigen Subjektivität der durchgeführten Funktionsprüfungen. Der Prüfer überprüft die einzelnen Fahrzeugfunktionen aus seiner Erfahrung heraus, d. h. es existieren im Versuchsbau keine definierten, mit der Entwicklung und dem Kunden abgestimmten Prüfanweisungen für elektronische und softwarebasierte Funktionsumfänge.

Der Prüfer der Qualitätssicherung hat demnach keine Sicherheit, ob die vor ihm durchgeführte Prüfung erfolgreich war oder nicht, er ist auf die Aussage des Inbetriebnahmeprüfers angewiesen. Zieht man den Vergleich mit der in der Straßenverkehrsordnung verankerten Hauptuntersuchung heran (vgl. Kapitel 4.4.3), so wird die Notwendigkeit redundanter Prüfungen deutlich. Auch der TÜV überprüft beispielsweise die Bremsen auch in dem Fall, dass die Bremsanlage kurz zuvor durch eine Fachwerkstatt überprüft und Instand gesetzt wurde. Abhilfe, und damit die Reduktion vorhandener Doppelarbeit, kann in diesem Fall nur durch automatisierte Prüfungen erfolgen, die durch detailliert vorgegebene Prüfanweisungen und die Auswertung entsprechend im Fahrbetrieb aufgezeichneter Kommunikationsdaten des vernetzten Systems zu objektiven Ergebnissen führen [weh 03] (vgl. Kapitel 6.4.5).

### **5.1.3 versuchsbauinterne Dokumentation von Versuchsträgern**

Jeder Mitarbeiter eines Prozessschrittes im Versuchsbau ist interner Kunde seiner Prozessvorgänger und benötigt Informationen aus den vorhergehenden Prozessschritten [fre 89] [jur 91]. So benötigt beispielsweise der Mitarbeiter der Montage Informationen über die von ihm zu verbauenden Teile. Im weiteren Prozessverlauf müssen auch die Mitarbeiter, die vor Übergabe an den Kunden eine versuchsbauinterne Zählpunkt-8 Abnahme durchführen, wissen, welchen Bauzustand das Fahrzeug hat. Nur die Kenntnis darüber, was für ein Fahrzeug in welchem Zustand er vor sich hat, versetzt den Prüfer in die Lage, objektiv und vor allem effektiv prüfen zu können.

Die geschilderten Forderungen an versuchsbauinterne Dokumentation sind nicht spezifisch für den Bereich Elektronik im Fahrzeug. Auch in allen anderen Bereichen müssen Arbeits- und Prüfergebnisse dokumentiert werden.

Jedoch gerade im sensiblen Bereich der komplexen Kfz-Elektronik ist die Dokumentation elementar wichtig, da viele Informationen nur durch Sichtung entsprechender fahrzeugspezifischer Dokumente eingeholt werden können. Beispielhaft ist an dieser Stelle ein Eintrag im Fehlerspeicher eines Steuergerätes angeführt. Tritt dieser Fehlerspeichereintrag bei der Abnahmeprüfung durch die Qualitätssicherung auf, so muss diesem Fehler im Rahmen des Problembearbeitungsprozesses nachgegangen werden. Trat der Fehler bereits während der Inbetriebnahme auf, kann jedoch durch die Mitarbeiter der Montage des Versuchsbaus nicht behoben werden, so sollte dies durch entsprechende Eintragungen im Prüfbericht dokumentiert werden (z. B. Abweicherlaubnis der Entwicklung). Der Prüfer der Qualitätssicherung als interner Kunde des Inbetriebnehmers, kann in diesem Fall die

notwendigen Informationen aus dem Prüfbericht entnehmen. Unnötige Doppelarbeit durch zweifache Problemanalyse kann so vermieden werden.

Wird es Gewohnheit, dafür zu sorgen, dass jeder seinen „Kunden“ zufrieden stellt, dann ist ein großer Teil der Suboptimierungen verschwunden, die Betriebsabläufe sind klar und die Fehler- bzw. Nacharbeitsrate in allen Bereichen ist drastisch gesunken [zin 89].

### **5.1.4 Disziplin bei der Teilebereitstellung**

Eine weitere Anforderung, die den gesamten Versuchsbau-Prozess betrifft, jedoch gerade im Bereich Elektrik/Elektronik ein unvorhersehbar großes Fehler- und Problempotential darstellt, ist der Grad der Disziplin bei der Teilebereitstellung durch die entsprechenden Mitarbeiter des Versuchsbaus und der Entwicklung.

Aufgrund der hohen Komplexität und dem ständig steigenden Vernetzungsgrad elektronischer Systeme werden neue Softwarestände im Rahmen des Versions- und Konfigurationsmanagement überprüft und erst bei bestandener Prüfung für den Verbau und die Nutzung in Versuchsträgern in Form von Verbauvorschriften freigegeben (vgl. Kapitel 3.3.3). Die Einhaltung dieser Verbauvorschrift im Rahmen der Bestellung und Bereitstellung von Komponenten ist zwingend notwendig, da im Gegensatz zu mechanischen Umfängen fehlerhafte oder geänderte Softwarestände in Steuergeräten nicht durch Montage- und Bauraumprobleme auffällig werden, sondern erst bei Inbetriebnahme des Systems zu Problemen führen.

Die Bereitstellung von Steuergeräten, die Softwarestände enthalten, die nicht durch die Verbauvorschrift freigegeben sind kann zu einem kompletten Systemausfall und damit zu einer Verzögerung im Montageablauf führen. Dies gilt in gleichem Masse für den nachträglichen, nicht dokumentierten Tausch von Softwareständen oder ganzen Steuergeräten im Verlauf der Fahrzeugmontage. Wird der Fehler erst im Rahmen der Inbetriebnahme festgestellt, kann dies zur Folge haben, dass das gesamte Fahrzeug auseinandergebaut werden muss, da viele der Steuergeräte aufgrund ihres Verbaues im komplettierten Fahrzeug nicht mehr zugänglich sind, beispielsweise durch Verbau unter dem Dachhimmel oder hinter der Schalttafel. In der Folge entstehen erhebliche Nacharbeitskosten zu Lasten des Versuchsbaus und der entsprechende Versuchsträger kann für die Erprobung nicht freigegeben werden.

Müssen oder sollen Komponenten während des Montageprozesses gegen neuere Stände ersetzt werden, so muss dies an alle Beteiligten kommuniziert werden. Alle offiziellen Logistikwege sind einzuhalten und die Änderung muss entsprechend freigegeben und dokumentiert werden.

### **5.1.5 Mitarbeiter-Qualifikation**

Die ständig fortschreitenden Entwicklungen in der Automobilindustrie erfordern gleichermaßen eine ständig fortschreitende Weiterbildung der Mitarbeiter. Dies gilt nicht nur für den Bereich Elektrik/Elektronik und Software. Auch in anderen Bereichen - zum Beispiel neue Verbindungstechniken im Rohbau oder virtuelle Entwicklungstechniken - ist Bedarf zu erkennen. Insbesondere jedoch der schnelllebige Bereich der elektronik- und softwarebestimmten Systeme und das im Gegensatz zum exponentiellen Anstieg der Elektronik im Fahrzeug bis dato eher geringe Know-How der Mitarbeiter, zeigen primären Handlungsbedarf.

Bestätigt wird diese These durch die Ergebnisse einer Mitarbeiterbefragung der mit elektronischen und softwarebasierten Systemen konfrontierten Montagemitarbeiter und Prüfer der Qualitätssiche-

rungsabteilung im betrachteten Versuchsbau. Abbildung 5.2 macht deutlich, dass gerade im Bereich elektronischer Fahrzeugsysteme ein großer Weiterbildungsbedarf besteht.

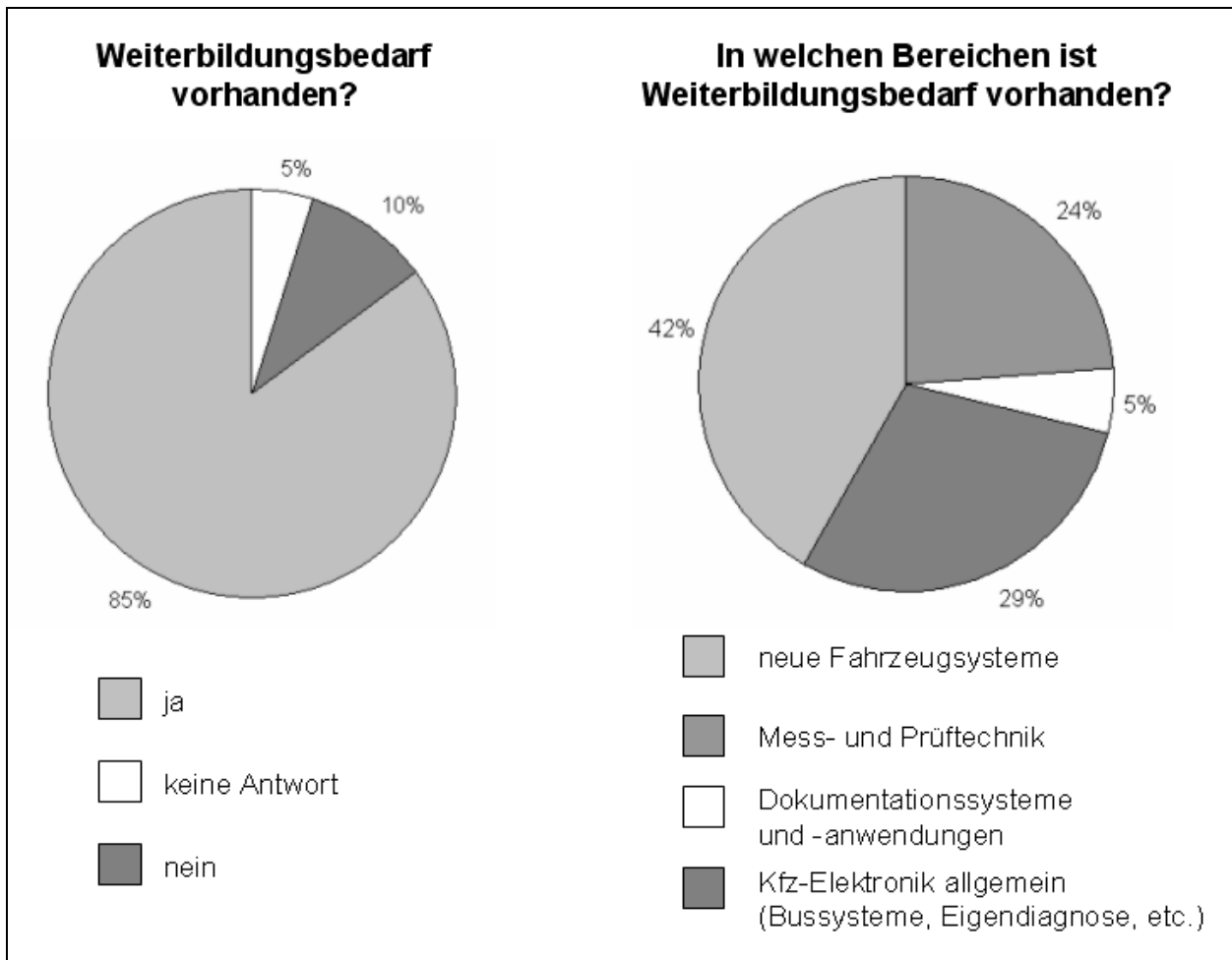


Abbildung 5.2: prozentuale Aufteilung in Bezug auf Qualifikationsbedarf im Bereich elektronischer Systeme

Um diesen Weiterbildungsbedarf decken zu können, müssen neben externen Weiterbildungsmaßnahmen für den Versuchsbau Konzepte und Strategien entwickelt werden, wie durch interne Kapazitäten kostengünstige, aber dennoch qualitativ hochwertige Weiterbildung ermöglicht werden kann.

Auch für die Führungskräfte des Versuchsbaus mit maschinenbautechnischem Hintergrund stellt die Wahrnehmung von Weiterbildungsmaßnahmen eine Möglichkeit dar, Ängste und Skepsis gegenüber Elektronik und Software und den damit verbundenen Herausforderungen abzubauen. Erste Schritte in diese Richtung könnten beispielsweise Teilnahmen an Fahrzeug-Intensiv-Tests (vgl. Kapitel 3.4.4) oder an Erprobungsfahrten der Elektronik-Entwicklung sein.

## **5.2 Anforderungen an den Versuchsbau durch versuchsbauexterne Unternehmensbereiche**

### **5.2.1 Erweiterte Anforderungen der Versuchsbaukunden**

Bedingt durch die ständig steigende Komplexität und die häufige Änderung der Konstruktionsstände im Entwicklungsprozess der Elektronik- und Softwareumfänge haben sich die Anforderungen der Versuchsbaukunden an ihren „Zulieferer“ deutlich verändert bzw. erweitert.

Im Rahmen der Nutzung von Versuchsträgern, beispielsweise im Dauerlauf auftretende Probleme müssen schnell und vor allem zielgerichtet analysiert werden. Dies erfordert, neben klaren Vorgaben von Seiten der Konstruktion und Entwicklung, vor allem auch die detaillierte Darstellung aller im Versuchsbau durchgeführten Tätigkeiten, die Einfluss auf die Elektrik und Elektronik haben. Inhalte sind unter anderem die bei Abgabe an den Kunden aktuelle Konfiguration des Fahrzeugs in Bezug auf Hard- und Softwarestände, die Dokumentation aller durchgeführten Improvisationen sowie eine Information darüber, wie die verbauten Systeme durch den Versuchsbau geprüft wurden. Der Kunde muss entscheiden können, ob es sich bei einem Problem beispielsweise um den Ausfall einer Improvisationsmaßnahme oder aber um ein konstruktives Problem handelt, welches in den Problembearbeitungsprozess eingesteuert werden muss.

Befragungen der Kunden des Versuchsbaus im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelten im Einzelnen folgende Anforderungen:

#### **Abgestimmte Umfänge bei Funktionsprüfungen**

Eine der Hauptforderungen ist ein zwischen Kunde und Versuchsbau gemeinsam abgestimmter Umfang von Funktionsprüfungen, die vom Versuchsbau vor Übergabe an den Kunden durchgeführt werden. Ziel dieser Abstimmung ist die Vermeidung von Doppelarbeit bei Funktionsprüfungen im Versuchsbau und beim Kunden.

Ähnlich der Situation beim Übergang von der Inbetriebnahme zum Zählpunkt-8 (vgl. Kapitel 5.1.2) stehen auch dem Versuchsbaukunden nur eingeschränkte Möglichkeiten zu Verfügung, den durch den Versuchsbau abgeleiteten Prüfumfang nachvollziehen zu können. Dies veranlasst ihn nach Übernahme des Fahrzeugs derzeit zu eigenständigen Überprüfungen.

Ein weiterer Vorteil einer gemeinsamen Abstimmung besteht darin, die Zuständigkeiten beider Bereiche klar herauszustellen. Die Prüfungen müssen so gestaltet sein, dass der Versuchsbau seine Wertschöpfung sicherstellen kann und der Kunde des Versuchsbaus gesicherte Ergebnisse über den Zustand des Fahrzeugs bekommt, auf denen er im Rahmen seiner Erprobungen aufsetzen kann.

#### **Detaillierte Dokumentation von Improvisationen und Änderungen**

Die Anforderungen des Kunden an die Dokumentation im Bereich Improvisationen und Änderungen umfassen folgende Punkte:

- erprobungs- und sicherheitsrelevante Improvisationen *müssen* generell vom Konstrukteur freigegeben und durch den Versuchsbau dokumentiert werden
- sonstige Improvisationen, die *nicht* dem Konstruktionsstand entsprechen (z. B. Leitungsverlängerungen durch vom aktuellen Konstruktionsstand abweichendem Bauraum, improvisierte Stecker etc.) *müssen* dokumentiert werden

- sonstige Improvisationen, die zu 100 Prozent dem Konstruktionsstand entsprechen (Nutzung gleiche Materialien, Werkzeuge, etc.), z. B. nachziehen von Leitungen, die vom Lieferanten vergessen wurden, *müssen nicht* dokumentiert werden

### **Dokumentation nicht abgestellter Probleme**

Sind Improvisationen nicht möglich, müssen nicht realisierbare Ausstattungsmerkmale oder Funktionen mit den entsprechenden Ursachen dokumentiert werden. Entsprechendes gilt für nicht abstellbare Fehlerspeichereinträge.

Sicherheitsrelevante Probleme (z. B. deaktivierte Airbags) müssen mit einer entsprechenden schriftlichen Abweicherlaubnis, die eine Unbedenklichkeitserklärung darstellt, des Konstrukteurs belegt sein (Anhang A).

Kann eine Fehlerursache durch den Versuchsbau nicht lokalisiert werden und der Fehler ist nicht sicherheitsrelevant - z. B. nicht funktionierende Fensterheber - so muss die korrekte Montage sichergestellt und dokumentiert sein, z. B. Fensterheber ohne Funktion, jedoch Verkabelung und Montage aller beteiligten Komponenten nach Konstruktionsstand und Verbauvorschrift.

### **Aktuelle Bauzustandsdokumentation in Bezug auf HW, SW, Sensorik, Aktorik, Leitungsstränge**

Während im Laufe der Fahrzeugmontage an mehreren Stellen der Vergleich der SOLL-Stände mit tatsächlich vorhandenen/verbauten Steuergeräten erfolgt, ist für den Kunden nur der SOLL/IST-Vergleich bei Fahrzeugübergabe von Interesse. Als SOLL-Zustand für den automatischen SOLL/IST-Vergleich bzgl. Hardware, Software und Teilenummer bei Steuergeräten ist die aktuelle, fahrzeugspezifische Verbauvorschrift (VBV) zu verwenden. Neben Steuergeräten ist auch die Dokumentation aller weiteren verbauten Komponenten, wie Leitungsstränge, Sensorik, Aktorik entsprechend ihrem SOLL-Zustand zu dokumentieren. Ist kein aussagekräftiger SOLL-Zustand vorhanden, so ist im Minimalfall die Dokumentation des IST-Zustandes zu gewährleisten.

### **Zum Zeitpunkt der Versuchsträgerübergabe aktuelle Fahrzeugbeschreibung**

Im Rahmen der Versuchsträgerplanung werden durch die Versuchs- und Entwicklungsabteilungen Versuchsträger für die verschiedenen Erprobungsschwerpunkte in Auftrag gegeben. Die individuelle Ausstattung der Versuchsträger wird anhand von PR-Nummern beschrieben. PR-Nummern beschreiben die (PRimären) Eigenschaften bzw. Ausstattungsmerkmale von Fahrzeugen. Als Eigenschaft ist hier ein für den Kunden wählbares alternatives Merkmal innerhalb einer PR-Familie und einer Fahrzeugklasse definiert [vw]. PR-Nummern sind fahrzeugklassenübergreifend definiert, Abbildung 5.3 zeigt den Ausschnitt einer PR-Nummernbeschreibung eines Versuchsträgers.

4F2	Zentralverriegelung "Keyless-Entry" mit Funkfernbedienung	TKV
4GH	Frontscheibe,Wärmeschutzverglasung mit Colorstreifen	WSS
4KC	Scheiben seitlich und hinten in Wärmeschutzverglasung	SSH
4L6	Sicherheitsinnenspiegel automatisch abblendbar	IRS
4LC	Bedienelement für Radio und Telefon	BED
4R4	Fensterheber mit Komfortschaltung und Abschaltsicherung, elektrisch ...	FEH
4SR	Make-up-Spiegel links,beleuchtet	MSL
4TR	Make-up-Spiegel rechts, beleuchtet	MSR
4UE	Airbag für Fahrer und Beifahrer	AIB
4X3	Seitenairbag vorn, mit Kopfairbag	SAB
4ZE	Zierleisten schwarz	ZIE
5C0	Ohne besondere Karosseriemaßnahmen	KSA
5D1	Trägerfrequenz 433,92 MHz	TRF
5K0	Ohne Lackkonservierung	LAC
5MA	Dekor-Einlagen	EIH
5RQ	Außenspiegel rechts, konvex	ASR
5SL	Außenspiegel links, asphärisch	ASL
6A0	Ohne Feuerlöscher	FEU
6E3	Mittelarmlehne vorn	MAS
6M0	Ohne Gepäck-Spinne/Netz/Tasche	GPS
6P1	Kennzeichenträger hinten (ECE)	KZH
6Q1	Schalthebelknopf/-Griff in Kunststoff	SAG

Abbildung 5.3: Ausschnitt einer PR-Nummernbeschreibung (Quelle Volkswagen)

Aufgrund unterschiedlicher Umstände wie beispielsweise Lieferengpässen auf Seiten der Zulieferer oder bestellten Umfängen, die aufgrund des mangelnden Entwicklungsstandes eines Systems oder einer Komponente noch nicht umgesetzt werden können, kann es im Versuchsbauprozess zu Abweichungen bei der Ausstattung der übergebenen Versuchsträger zum Status der Bestellung kommen.

Auch kann es, gerade bei den durch kurze Entwicklungszyklen geprägten elektronischen und softwarebasierten Umfängen – Änderungen fließen hier zum Teil innerhalb weniger Tage oder sogar Stunden ein – im umgekehrten Fall vorkommen, dass aufgrund des Aufbauzeitraums eines Versuchsträgers von mehreren Wochen, im Verlaufe dieser Zeit bereits wesentlich aktuellere Systeme und Komponenten zur Verfügung stehen.

Da der Einsatz bzw. die Verteilung der Versuchsträger für die jeweiligen Erprobungszwecke anhand der durch die PR-Nummern beschriebenen Fahrzeugkonfiguration erfolgt, ist der Versuchsbaukunde auf eine aktuelle Produktbeschreibung angewiesen.

Sollten Änderungen an der bestellten PR-Nummernbeschreibung aus den o. g. Gründen notwendig oder möglich sein, so müssen diese Änderungen kommuniziert und an entsprechender Stelle dokumentiert werden.

Diese Maßnahme ist nicht nur für den Kunden des Versuchsbaus notwendig, auch den einzelnen am Versuchsbau-Prozess beteiligten Mitarbeitern müssen die jeweiligen Ausstattungsmerkmale bekannt sein, um beispielsweise Prüfungen entsprechend durchführen zu können (vgl. Kapitel 5.1.3).

**Fazit:**

**Die Erfüllung der dargestellten Kundenanforderungen erfordert von allen Mitarbeitern des Versuchsbaus den Willen zu einem Paradigmenwechsel. Weg von der Sichtweise, die detaillierte Dokumentation des Fahrzeugzustands sei eine notwendige Pflicht und bewirke nur eine Verzögerung der Montageprozesse, hin zu kundenorientiertem, nachhaltigem Denken und Handeln.**

### 5.2.2 Produktions- und Kundendienstorientierung im Versuchsbau

Neben den direkten Versuchsbaukunden, also den Abnehmern der im Versuchsbau produzierten Versuchsträgern und den Entwicklungsabteilungen, stellen die Bereiche Produktion und Kundendienst gerade im Bereich Elektronik und Software für den Versuchsbau eine Kundengruppe dar, die mit steigendem Einsatz und steigender Komplexität von Elektronik im Automobil immer mehr an Bedeutung gewinnt (vgl. Kapitel 3.6).

Es gilt, diese Bereiche und ihre Anforderungen frühestmöglich in den Produktentstehungsprozess, und damit auch in den Versuchsbauprozess, mit einzubinden. Hintergrund der frühzeitigen Integration der genannten Unternehmensbereiche ist die notwendige, parallele Entwicklung des Fahrzeugs auf der einen und der entsprechenden Prüftechnik und Prüfmethode für die spätere Serienfertigung und den Einsatz in den Kundendienstwerkstätten auf der anderen Seite (Abbildung 5.4).

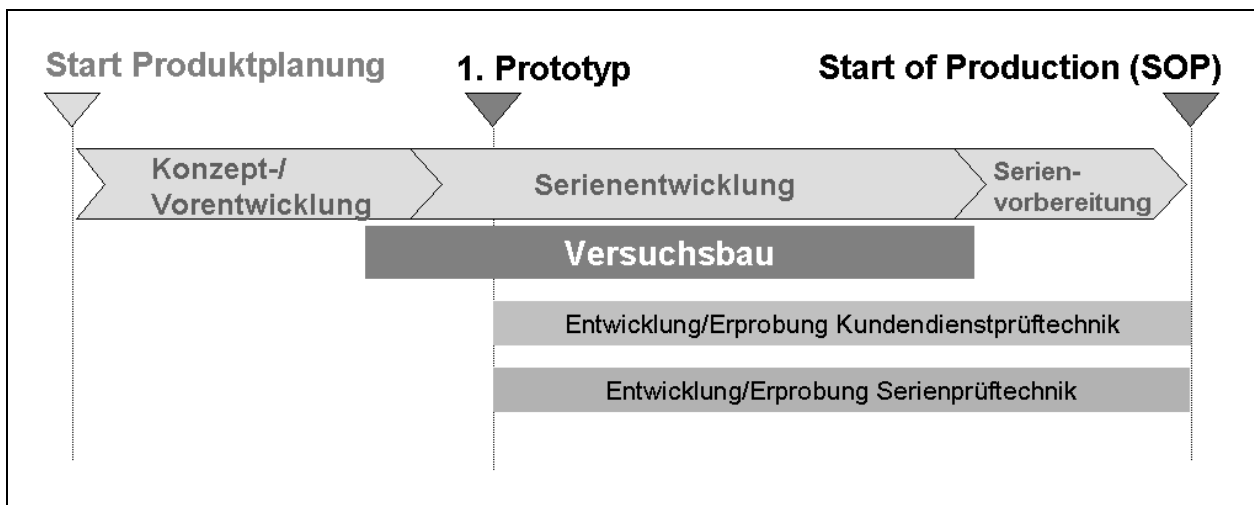


Abbildung 5.4: Parallele Entwicklung von Fahrzeug, Serien- und Kundendienstprüftechnik

Da die Prozesse und Prüfsysteme der Produktion und des Kundendienstes größtenteils auf dem Gesamtfahrzeug, also auf dem Vorhandensein aller elektronischen Systeme und Funktionen im Fahrzeug aufsetzen, bietet gerade eine Integration in den Bereich Versuchsbau ein hohes Nutzungspotenzial.

Sowohl durch Nutzung von Versuchsträgern, vor allem aber durch Integration der Prüftechnik und Prüfmethode in die Prozesse des Versuchsbaus können Kundendienst und Produktion die Entwicklungsstände ihrer Prüf- und Analysesysteme bereits sehr früh im Prozess absichern. Da für einen solchen Einsatz ein bestimmter Reifegrad der Funktionen und der entsprechenden Eigendiagnose in den Steuergeräten vorausgesetzt wird, ist zu Beginn eines Projektes mit allen Beteiligten abzuklären, ab welchem Zeitpunkt und in welchem Rahmen im Versuchsbauprozess die Nutzung der Produktions- und Kundendienstprüftechnik sinnvoll ist.

Neben dem Reifegrad der Funktionen und der Eigendiagnosefähigkeit (vgl. Kapitel 3.6) sind serienähnliche Montage-Prozesse Voraussetzung für einen frühzeitigen Einsatz von Serien- und Kundendienstprüftechnik im Versuchsbau. Während die Sicherstellung der Diagnosefähigkeit von Steuergeräten und die Bereitstellung entsprechender Prüftechnik nicht durch den Versuchsbau abgeleistet werden kann – dies ist die Aufgabe der Entwicklungsabteilungen – so liegt es jedoch in seiner Zuständigkeit, durch die Schaffung seriennaher oder zumindest serienähnlicher Montageprozesse seine bisherige Wertschöpfung zur Schaffung qualitativ hochwertiger Endprodukte weiter zu erhö-



hen. Dieses Vorgehen wird bei einigen Herstellern bereits praktiziert, bei anderen stecken Produktions- und Kundendienstorientierung noch in der Anfangsphase [schu 01] [kut 04].

Nur durch konsequente Einbindung der nachgeschalteten Unternehmensbereiche in die Abläufe des Versuchsbaus kann jedoch sichergestellt werden, dass zum Produktionsstart auch die Prüftechnik der Produktion und des Kundendienstes für die hochkomplexen elektronischen Systeme einen entsprechenden Reifegrad hat. Dieser wiederum ist Voraussetzung für qualitativ hochwertige Produkte und Dienstleistungen, denn nur mit entsprechend reifer Prüftechnik kann die Überprüfung der Montageleistung auf Seiten der Produktion und auf Seiten des Kundendienstes eine effiziente Problembearbeitung bereits zu Verkaufsstart gesichert werden. Beide Aspekte tragen daher in hohem Masse zur Zufriedenheit der Endkunden und damit zum Unternehmenserfolg bei.

### 5.2.3 Lieferantenbetreuung für Elektronik-Umfänge im Versuchsbau

Bei der Darstellung von Anforderungen, die sich durch die Kfz-Elektronik an die Prozesse und Strukturen des Versuchsbaus ergeben, muss, aufgrund der in Kapitel 3.5 geschilderten Thematik – 100 Prozent der Elektronik-Umfänge kommen von Zulieferern - auch die Kernaufgabe der Lieferantenbetreuung für Prototypenteile im Bereich elektronischer und softwarebasierter Systeme näher betrachtet werden. Bestehende, auf mechanische Komponenten ausgerichtete, Prozesse müssen analysiert und den speziellen Anforderungen entsprechend optimiert bzw. angepasst werden. Für den Bereich Kfz-Elektronik spezifische Prozesse müssen initiiert werden.

Neben der Tatsache, dass alle Umfänge im Bereich Elektronik von externen Zulieferern entwickelt und bereitgestellt werden, ist bei der Betreuung der Lieferanten im Prototypenbau zu beachten, dass der Großteil der Lieferanten, die Versuchsteile entwickeln und liefern, gleichzeitig auch als spätere Serienlieferant nominiert sind (Abbildung 5.5).

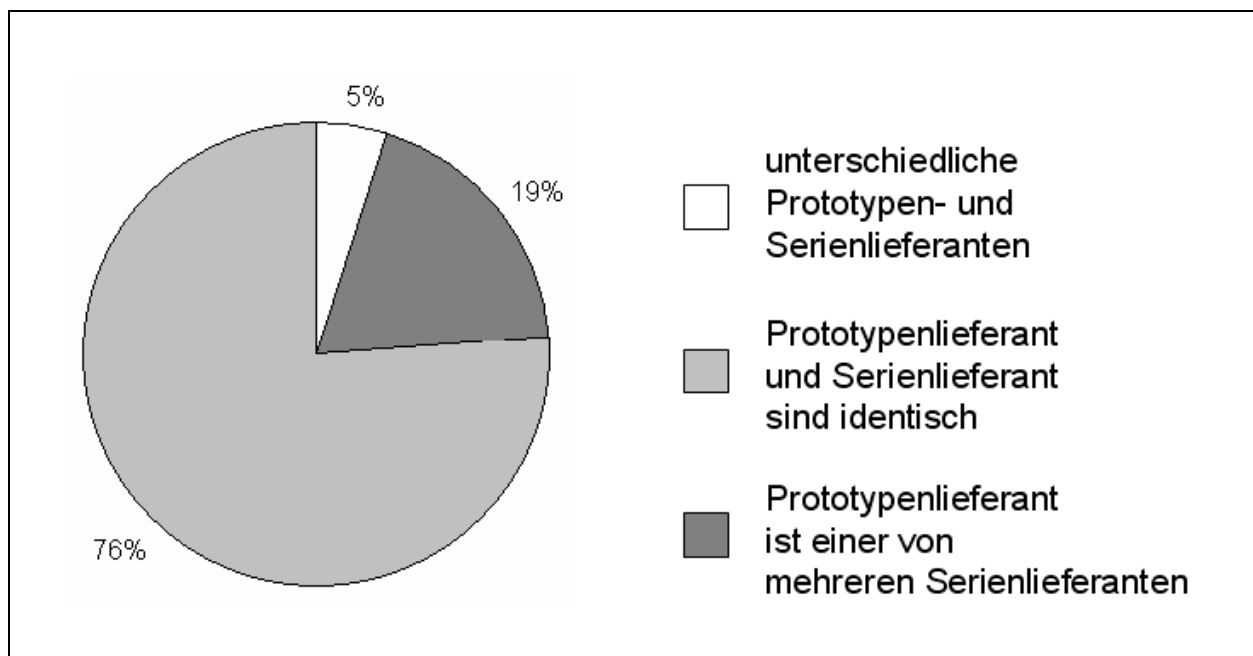


Abbildung 5.5: Prozentuale Verteilung von Prototypen- und Serienlieferanten eines Fahrzeugprojektes (Quelle [poh 04])

Dies erfordert von den Verantwortlichen der Qualitätssicherung des Versuchsbaus einen Blick über den Tellerrand des eigenen Bereiches hinaus. Es ist zu klären ob, und wenn ja inwieweit, andere Qualitätssicherungsabteilungen diese Lieferanten bereits zeitgleich im Rahmen der Kaufteile-Lieferantenqualifizierung für die Serie oder der Software-Qualitätssicherung betreuen. Abbildung 5.6 zeigt beispielhaft einen Überblick über die Aktivitäten der genannten drei Bereiche im betrachteten Unternehmen.

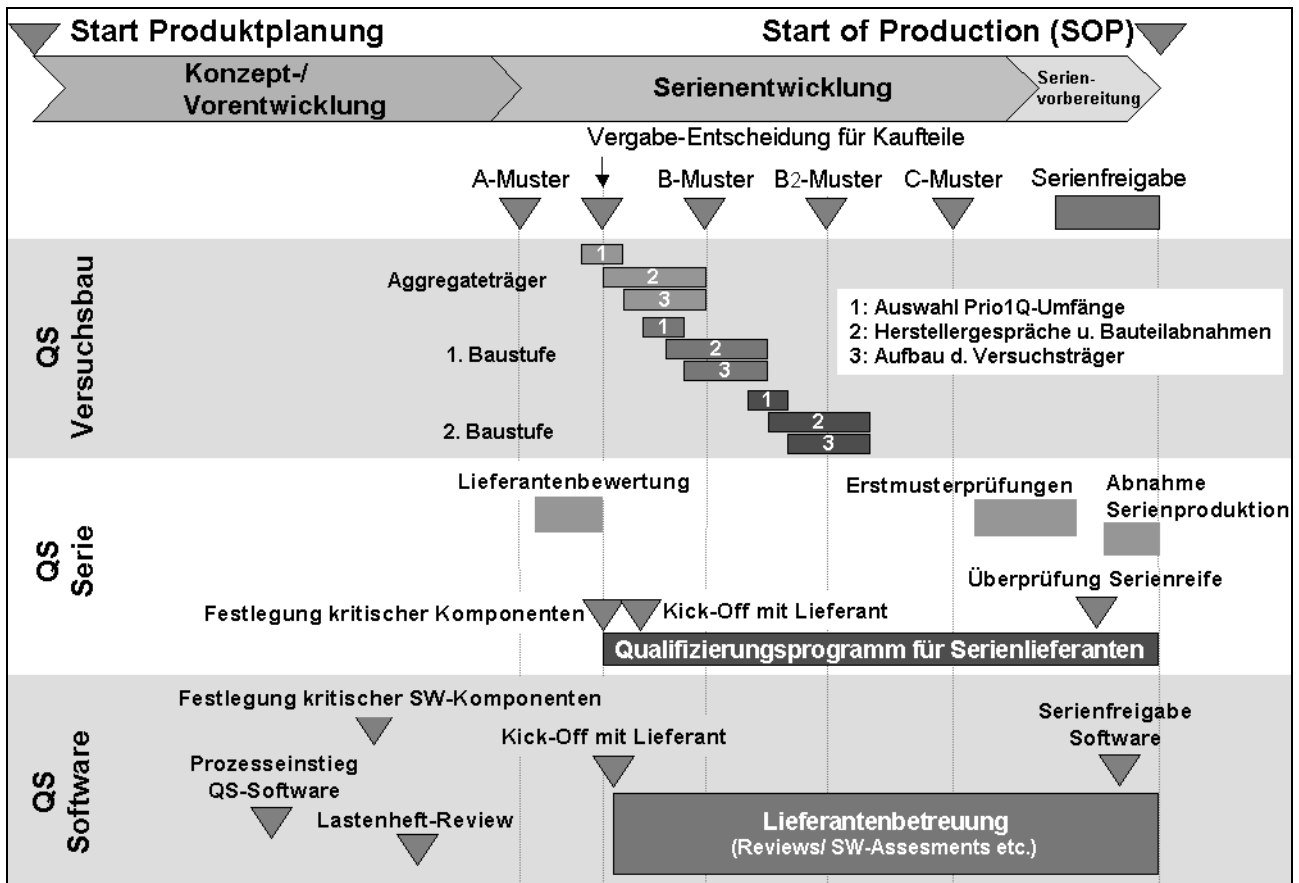


Abbildung 5.6: Aktivitäten der Bereiche Versuchsbau, Serien- und Softwarequalitätssicherung im Rahmen der Lieferantenbetreuung für elektronische Systeme

Bei genauer Betrachtung von Abbildung 5.6 wird ersichtlich, dass sich die Programme zur Lieferantenbetreuung aller dargestellten Bereiche an den Strukturen und Meilensteinen des übergeordneten Produktentstehungsprozesses orientieren, jedoch voneinander unabhängig sind.

Besonders deutlich wird dieser Sachverhalt, betrachtet man die Bestimmung und Priorisierung von kritischen Komponenten und Systemen (vgl. Abbildung 5.6). Während der Bereich Software-Qualitätssicherung diese Umfänge bereits während der Konzeptphase bestimmt, so erfolgt die teilspezifische Priorisierung im Bereich der Serien-Qualitätssicherung erst zur Mitte der Serienentwicklung, die Bestimmung der Prio1-Teile im Rahmen der Betreuung von Prototypenteilen erfolgt einmal pro Baustufe. Weitere Unterschiede in den Vorgehensweisen und damit Potenziale zur Verbesserung sind unter anderem:

- unterschiedliche Anforderungen an die Teiledokumentation
- unterschiedliche Programme zur Lieferantenqualifizierung
- unterschiedliche Vorgehensweisen und Richtlinien für Bauteilabnahmen

- untereinander nicht abgestimmte Zeitpunkte zur Durchführung von Lieferantenbesuchen

Werden die genannten oder andere Abweichungen festgestellt, so müssen Vorgehensweisen entwickelt werden, wie durch gemeinsam gestaltete und aufeinander abgestimmte Prozesse die Bedürfnisse und Vorgaben aller am Prozess „Lieferantenbetreuung“ beteiligten Organisationseinheiten erfüllt werden können. Bei konsequenter Umsetzung aufeinander abgestimmter Prozesse und Vorgehensweisen bei der Betreuung von Lieferanten von der Entwicklungsphase bis zur Serie lassen sich folgende Vorteile erzielen:

- Gemeinsames Auftreten beim Zulieferer als Unternehmen, nicht als Abteilung/Bereich
- Abgestimmte, einheitliche Forderungen an den Zulieferer
- Reduzierte Arbeitsumfänge auf allen Seiten → „Arbeitsteilung“
- Kosteneinsparungen, z.B. im Bereich Dienstreisen (Vermeidung doppelte Lieferantenbesuche etc.)
- Verbesserung der Kommunikation zwischen den beteiligten Bereichen
- Probleme aus dem Feld/der Serie fließen rechtzeitig im Folgeprojekt bereits zu Projektbeginn ein
- Know-How-Transfer auf beiden Seiten  
z.B.: Qualitätssicherung-Versuchsbau lernt aus Serie, die Serienqualitätssicherung bekommt frühzeitig Informationen zum kommenden Projekt
- Lieferanten werden von Projektbeginn an konsequent auf die spätere Serie vorbereitet

## 6 Qualitätsmanagement im Bereich Elektronik im Versuchsbau

### 6.1 Einführung

Wie durch die Darstellungen des vergangenen Kapitels verdeutlicht wurde, erfordert der zunehmende Einsatz von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug auch in einigen Bereichen des Versuchsbaus Vorgehensweisen, die von denen des klassischen, maschinenbauorientierten Fahrzeugbaus abweichen.

Im folgenden Kapitel, dem Kern der vorliegenden Arbeit, wird nun eine mögliche Methode aufgezeigt, wie diese Vorgehensweisen unter den Gesichtspunkten des umfassenden Qualitätsmanagements unterstützt werden können, um die Qualität elektronischer und softwarebasierter Systeme bereits frühzeitig im Produktentstehungsprozess sicherzustellen.

Das aus sieben Elementen bestehende Gesamtkonzept (Abbildung 6.1), orientiert sich an den Kriterien des Modells für Business Excellence der EFQM (vgl. Kapitel 2), und leistet im Sinne der Definition des Qualitätsmanagements nach DIN EN ISO 9000:2000 [DIN 00] Beiträge zu den Bereichen Qualitätslenkung, Qualitätssicherung und Qualitätsverbesserung.

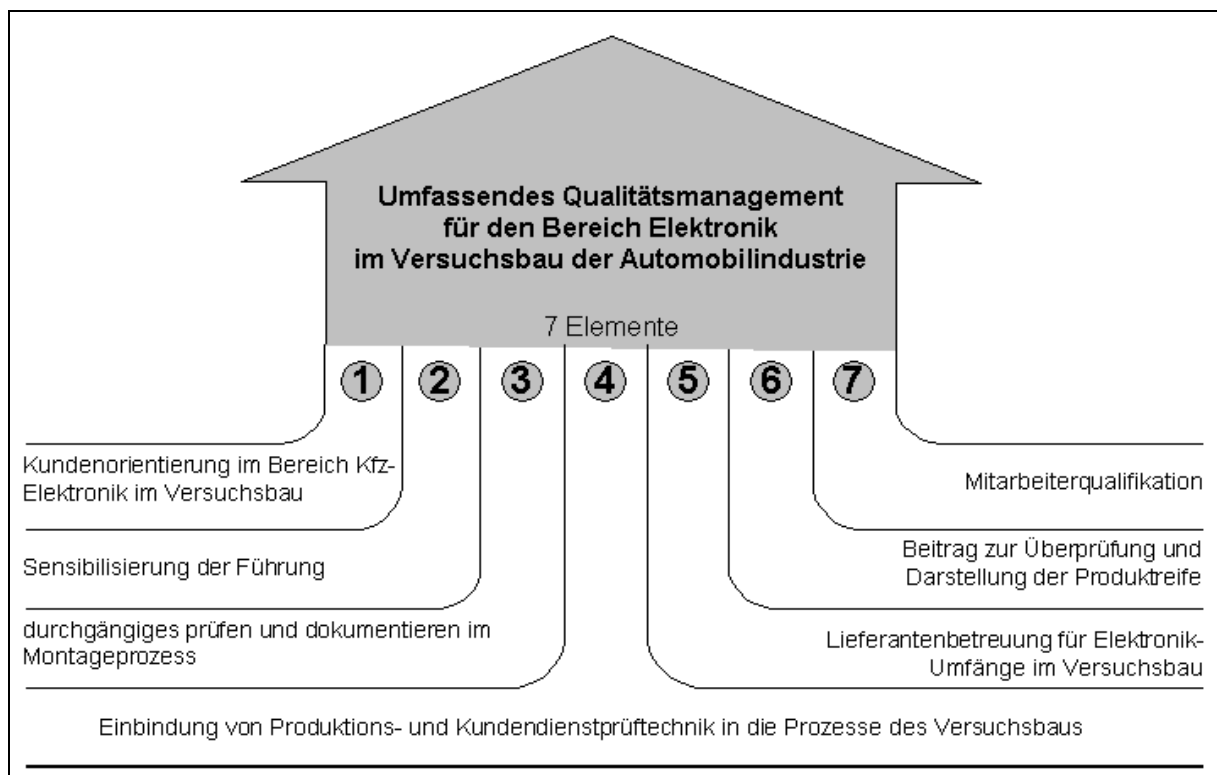


Abbildung 6.1: Elemente für das EFQM-orientierte Qualitätsmanagement im Bereich Elektronik im Versuchsbau der Automobilindustrie.

Es wird jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die nachfolgend dargestellte Methode nicht als Vorgehensweise zur generellen Einführung von umfassendem Qualitätsmanagement im Versuchsbau der Automobilindustrie auf Basis des EFQM-Modells zu verstehen ist. Vielmehr wird mit den folgenden Ausführungen das Ziel verfolgt, Möglichkeiten aufzuzeigen, den durch die Unternehmensführung bereits eingeschlagenen Weg hin zur Business Excellence im gesamten Unter-

nehmen für den Bereich Elektrik/Elektronik im Versuchsbau effektiv zu unterstützen. Hierzu können die vorgeschlagenen Elemente einzeln umgesetzt werden, jedoch erst im Verbund wird sich ein effektiver Nutzen einstellen, da eine enge Verzahnung der Elemente untereinander gegeben ist.

## 6.2 Kundenorientierung im Bereich Kfz-Elektronik im Versuchsbau

Zufriedene Kunden sind das vorrangige Ziel eines Total-Quality-Managements. Kundenorientierung steht somit auch bei der Betrachtung des Bereiches Elektrik/Elektronik im Versuchsbau der Automobilindustrie im Fokus.

Um Kundenorientierung konsequent umsetzen zu können, ist es von großer Bedeutung herauszufinden, was der Kunde will, und dann dafür zu sorgen, dass er dies auch bekommt [cro 94]. Notwendige Voraussetzung zur Ermittlung von Kundenanforderungen ist im ersten Schritt die Bestimmung bzw. Ermittlung der jeweiligen Kunden. Hierbei wird zwischen internen und externen Kunden unterschieden.

Nachfolgend werden die im weiteren Verlauf dieser Arbeit vorgeschlagenen Elemente für ein EFQM-orientiertes Qualitätsmanagement den jeweiligen, für den Bereich Elektrik/Elektronik relevanten internen und externen Kunden des Versuchsbaus zugewiesen. Die Darstellung der Kundenanforderungen selbst und die daraus resultierenden Ansätze zur Umsetzung erfolgt in den Kapiteln, in denen die jeweiligen Elemente beschrieben werden.

### 6.2.1 Interne Kunden

*Interne Kunden* haben mit dem Produkt in ihrer Eigenschaft als Mitarbeiter des herstellenden Unternehmens zu tun. Jeder Mitarbeiter ist demnach interner Kunde des im Herstellungsprozess vor ihm liegenden Mitarbeiters und zugleich Anbieter seines Arbeitsergebnisses an den nachfolgenden Mitarbeiter [kam 03]. Abbildung 6.2 zeigt die internen Kundenbeziehungen in Bezug zu den Prozessschritten im Montageprozess des betrachteten Versuchsbaus.

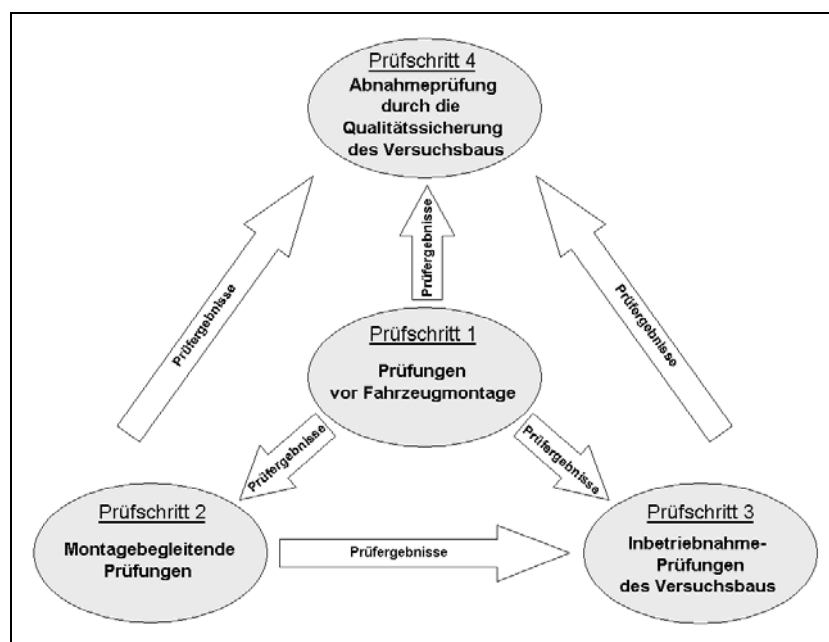


Abbildung 6.2: interne Kundenbeziehungen im Montageprozess

Neben den internen Kundenbeziehungen im Montageprozess existieren innerhalb der Qualitätssicherungsabteilung des Versuchsbaus noch weitere interne Kunden, die im Rahmen der Konzepterstellung betrachtet werden müssen. Dies sind zum einen die Mitarbeiter der projektspezifischen Organisationseinheiten (vgl. Kapitel 4) - hierbei insbesondere die Mitarbeiter in deren Aufgabenbereich die Durchführung der Zählpunkt 8-Prüfungen liegen - sowie die Führungskräfte der Abteilung [cro 94].

Tabelle 6.2 zeigt, welches Element des erstellten Konzeptes einen direkten oder indirekten Beitrag zur Zufriedenheit welcher der internen Kundengruppen leistet.

	Sensibilisierung der Führung	durchgängiges Prüfen und Dokumentieren im Montageprozess	Einbindung von Produktions- und Kundendienst- prüftechnik in die Prozesse des Versuchsbaus	Lieferantenbetreuung für Elektronik-Umfänge im Versuchsbau	Beitrag zur Überprüfung und Darstellung der Produktreife	Mitarbeiterqualifikation
Mitarbeiter der Prüfungen vor Fahrzeugmontage	O	X		O		X
Mitarbeiter der Montage	O	X		O		X
Mitarbeiter der Inbetriebnahmeteams	O	X		O		X
Mitarbeiter in deren Aufgabenbereich die Durchführung der Zählpunkt 8-Prüfungen liegen	O	X		O		X
Führungskräfte der Abteilung	X	O			X	X

Tabelle 6.2: direkte (X) und indirekte (O) Beiträge der Elemente zur Zufriedenheit der versuchsbau-internen Kunden

### 6.2.2 Externe Kunden

*Externe Kunden* haben etwas mit dem Produkt zu tun, gehören aber nicht dem herstellenden Unternehmen an [kam 03].

Wird der Versuchsbau aufgrund seiner Strukturen als „Fabrik in der Fabrik“ (vgl. Kapitel 4.2) betrachtet, also als nahezu eigenständiges „Unternehmen“ mit entsprechenden Zulieferern auf der einen und Kunden auf der anderen Seite, so muss berücksichtigt werden, dass in diesem Fall zwei unterschiedliche Gruppen von *externen Kunden* existieren.

Zum einen sind die Käufer des späteren Endproduktes im Feld und zum anderen die eigentlichen Kunden des Versuchsbaus als externe Kunden zu berücksichtigen. Zur Vereinfachung wird im Folgenden für die erstgenannte Gruppe der Begriff „Endkunde“ benutzt. Die zweite Gruppe wird entsprechend mit den Begriffen „Versuchsbaukunde“ oder „Kunde des Versuchsbaus“ bezeichnet.

Weitere versuchsbauexterne Kunden stellen die Bereiche Produktion und Kundendienst sowie die jeweilige Projektleitung dar.

Tabelle 6.3, welches Element des erstellten Konzeptes einen direkten oder indirekten Beitrag zur Zufriedenheit der externen Kunden leistet.

	Sensibilisierung der Führung	durchgängiges Prüfen und Dokumentieren im Montageprozess	Einbindung von Produktions- und Kundendienstprüftechnik in die Pro-	Lieferantenbetreuung für Elektronik-Umfänge im Versuchsbau	Beitrag zur Überprüfung und Darstellung der Produktreife	Mitarbeiterqualifikation
Endkunde	O	O	O	O	O	O
Kunde der Fahrzeugerprobung	O	X				O
Produktion und Kundendienst	O	X	X	O		
Projektleitung					X	

Tabelle 6.3: direkte (X) und indirekte (O) Beiträge der Elemente zur Zufriedenheit der versuchsbauexternen Kunden

### 6.3 Sensibilisierung der Führung

Ein entscheidender Faktor auf dem Weg eines Unternehmens zu Business Excellence ist die Entschlossenheit der Führungsebene, ihre Überzeugung und Verpflichtung zu TQM über die Mitarbeiter, Ressourcen und Prozesse in Unternehmenserfolg zu überführen [hert 02].

Bei diesem TOP-DOWN-Ansatz steht gerade die Vorbildfunktion einer Führungskraft, also das Vorleben der Philosophie der ständigen Verbesserung gegenüber seinen Mitarbeitern im Vordergrund. Betrachtet man im Gegenzug hierzu die in Kapitel 5.1.1 dargestellte Problematik im Bereich Elektronik und Software - Führungsebenen sind heutzutage in der Automobilindustrie immer noch sehr vom klassischen Automobilbau, also maschinenbauorientiert, dominiert – so wird deutlich, dass hier ein anderer Weg eingeschlagen werden muss.

Das Wissen um die Notwendigkeit neuer Vorgehensweisen für den Bereich Elektronik und Software ist, wie in Kapitel 5.1.1 beschrieben, auf Arbeitsebene vorhanden. Die Überzeugung muss hier also nicht wie im Regelfall TOP DOWN sondern in vielen Fällen BOTTOM UP passieren (Abbildung 6.3).

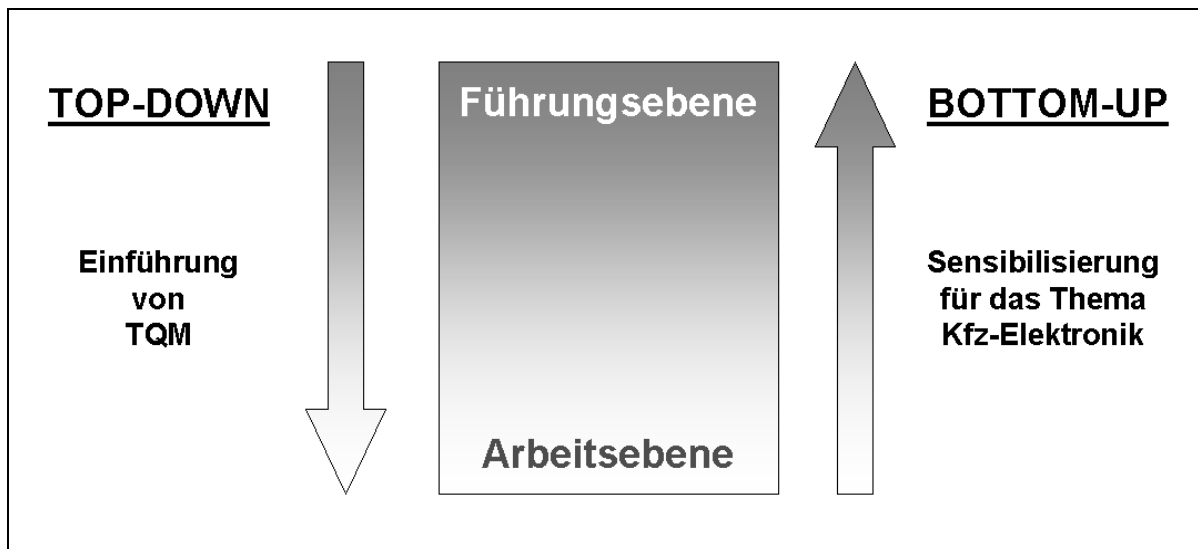


Abbildung 6.3: BOTTOM UP statt TOP DOWN → die Strategie im Bereich Elektronik und Software

Der fachkompetente Mitarbeiter muss daher einen Weg finden, seiner maschinenbauorientierten Führung die hochkomplexen Hintergründe der Elektronik und Software und ihrer Wirkprinzipien in einer verständlichen, einfachen Art und Weise darzustellen, und sie so für die Thematik zu sensibilisieren.

Die größte Schwierigkeit bei der Umsetzung eines solchen Vorhabens liegt in der Tatsache, dass, bildlich gesprochen „Strom nicht gesehen werden kann“. Nur die Auswirkungen der Ströme bzw. des Datenverkehrs auf Bussystemen oder leitungslosen Übertragungsstrecken sind optisch und haptisch erfassbar. Die Türen gehen bei Betätigung der Fernbedienung auf, die Innenraumtemperatur wird automatisch auf dem eingestellten Wert gehalten usw.. Während ein Maschinenbauer gewohnt ist, die Auswirkungen von mechanischen oder hydraulischen Funktionen von der Entstehung bis zur Wirkung nachvollziehen zu können - man denke hier beispielsweise an die Kraftübertragung in einem Getriebe über Zahnräder, die Funktionsweise eines Verbrennungsmotors oder die klassische Kurbel zum Herunterdrehen des Seitenfensters - so kann ein Bit mit dem bloßen Auge nicht auf seinem Weg von der Datenquelle über den Datenbus bis zu seinem Ziel verfolgt werden.

Der Schlüssel liegt hierbei darin, dass die Führungskräfte, die ausbildungsbedingt einen maschinenbauorientierten Hintergrund haben, die Vorgänge begreifen müssen, die bei elektronischen Funktionen ablaufen. Genau dieses „Begreifen“ ist im vorliegenden Fall im eigentlichen Sinne des Wortes gemeint. Überzeugung und Sensibilisierung durch praktische Darstellung, also eine Art „learning by doing“ oder in diesem Fall „understanding by doing“ für Führungskräfte stellt eine Möglichkeit dar, Präsentationen und Ergebnisdarstellungen und Entscheidungsvorlagen für Führungskräfte derart aufzubereiten, dass diese in die Lage versetzt werden, eine entsprechende Entscheidung treffen zu können. Dies gilt sowohl für die Darstellung positiver als auch für die Darstellung negativer Arbeitsergebnisse wie beispielsweise aufgetretene Funktionsprobleme, deren notwendige Abstellmaßnahmen eine Entscheidung des Managements benötigen.

Ist auf die oben beschriebene Art und Weise eine Vertrauensbasis zwischen Führungskräften und Mitarbeitern aufgebaut, so sollte durch die Führung die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, Entscheidungen im Bereich Elektronik im möglichen Rahmen durch die fachkompetenten Mitarbeiter selbst treffen zu lassen. Die Verlagerung der Entscheidungskompetenz an die entsprechende



Ebene der Fachkompetenz führt nach Frehr bei erfolgreicher Einführung zu folgenden Ergebnissen [fre 94]:

- die Entscheidungsfristen werden halbiert
- die Zahl der nachträglich zu korrigierenden Entscheidungen nimmt signifikant ab
- Führungskräfte werden zeitlich deutlich entlastet
- die Motivation der Mitarbeiter steigt erkennbar an

## 6.4 Durchgängiges Prüfen und Dokumentieren im Montageprozess

### 6.4.1 Aufgaben und Ziele

Wie in Kapitel 3.4 und Kapitel 5.1.2 dargestellt, erfordert der zunehmende Einsatz elektronischer und softwarebasierter Systeme sowohl im Entwicklungsprozess als auch im Versuchsbau erweiterte, auf die speziellen Anforderungen zugeschnittene Prüfmethoden.

Ziel dieses Kapitels ist es, eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie im Montageprozess des Versuchsbaus die Qualität des Moduls Elektrik/Elektronik und damit die Erprobungsfähigkeit auf diesem Gebiet und die Zufriedenheit der Versuchsbaukunden sichergestellt werden kann.

Die durch hohe Komplexität und sich z. T. kurzfristig ändernde Konstruktionsstände bedingte Notwendigkeit mehrerer Prüfschritte im Montageprozess in Verbindung mit der in Kapitel 4.2 beschriebenen Organisationsstruktur des Versuchsbaus – verschiedenen Fahrzeugklassen entsprechende Montage-Organisationseinheiten - erfordern vor allem *einheitliche Vorgehensweisen* in allen OE's im gesamten Prozess.

Die Schwerpunkte in diesem Bereich liegen in der Nutzung

- einheitlicher Prüf- und Analysemethoden
- einheitlicher Prüf- und Analysetechnik
- einheitlicher Dokumentationsmethoden
- eines einheitlichen Dokumentationssystems

Nur durch einheitliche, übergreifende Vorgehensweisen kann gewährleistet werden, dass Ergebnisse für alle Beteiligten, sowohl versuchbauintern als auch für die Kunden des Versuchsbaus, effektiv einsetz- und nutzbar und die Prozesse beherrschbar sind. Einheitliche Vorgehensweisen tragen somit direkt zur Kundenzufriedenheit, Produktqualität und zur Verbesserung der Kommunikation aller Beteiligten untereinander bei. Auswirkungen einheitlicher Vorgehensweisen äußern sich im Versuchsbauprozess unter anderem durch

- die Reduktion von Prüf- und Analysezeiten
- die Verringerung redundanter Datenhaltung
- die Reduktion von Kosten für Schulungsmaßnahmen
- die Vergleichbarkeit von Ergebnissen
- die Möglichkeit, bei Engpässen oder unterschiedlichen Auslastungen in den einzelnen Montagen einen Kapazitätsausgleich durch Austauschbarkeit von Ressourcen in Bezug auf Personal und Prüftechnik zu schaffen.

In Anlehnung an das Befähiger-Kriterium *Prozesse* im EFQM-Modell ist in die Überlegungen zu neuen Prüfstrategien im Versuchsbau das Kriterium der Prozessorientierung mit einzubeziehen. Es gilt, die Prüfungen nicht ausschließlich zur Kontrolle des fertigen Produktes am Ende der Prozesskette durchzuführen – dies gilt seit jeher als *das* qualitätssichernde Verfahren - sondern vielmehr durch die Prüfungen eine messende Steuerung während des Montageprozesses zur Beherrschung der einzelnen Prozessschritte zu gewährleisten [fre 94]. Auf diese Weise werden Qualitätsregelkreise verkleinert (Abbildung 6.4), Reaktionszeiten verkürzt und so die Fehlerkumulation begrenzt [schu 02].

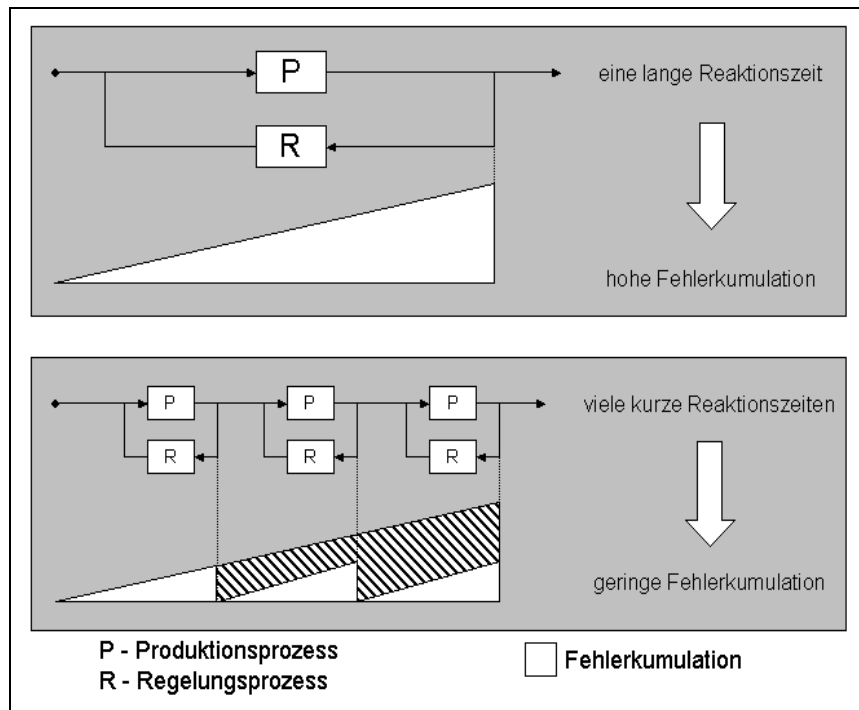


Abbildung 6.4: Fehlerkumulation in Abhängigkeit von der Reaktionszeit (Quelle [schu02])

Dieses Konzept des integrierten Q-Managements, in dem jeder Prozessinhaber die Verantwortung für seine Aufgaben übernimmt, hat neben der nachhaltigen Verbesserung der Produkt- und Prozessqualität weiterhin Einfluss auf den Abbau bisher durch die Abtrennung der Prüftätigkeit vom Inhalt eines Produktionsschrittes vorherrschender Denkweisen, wie beispielsweise:

- Die Fertigung verlässt sich auf die nachfolgende Prüfung durch das Qualitätswesen
- Als verantwortlich für die Qualität wird in erster Linie das Qualitätswesen angesehen
- Zwischen Qualitätswesen und den anderen Bereichen entsteht oft eine Kläger-Angeklagten-Mentalität [her 03].

Im weiteren Verlaufe werden die zur Einführung einer durchgängigen, prozessorientierten Vorgehensweise bei der Prüfung elektronischer und softwarebasierter Systeme detailliert anhand eines konkreten Fallbeispiels dargestellt. Basierend auf der IST-Situation bei dem betrachteten Hersteller (Abbildung 6.5) wird ein SOLL-Konzept für einen durchgängigen Prüfprozess (Abbildung 6.6) hergeleitet.

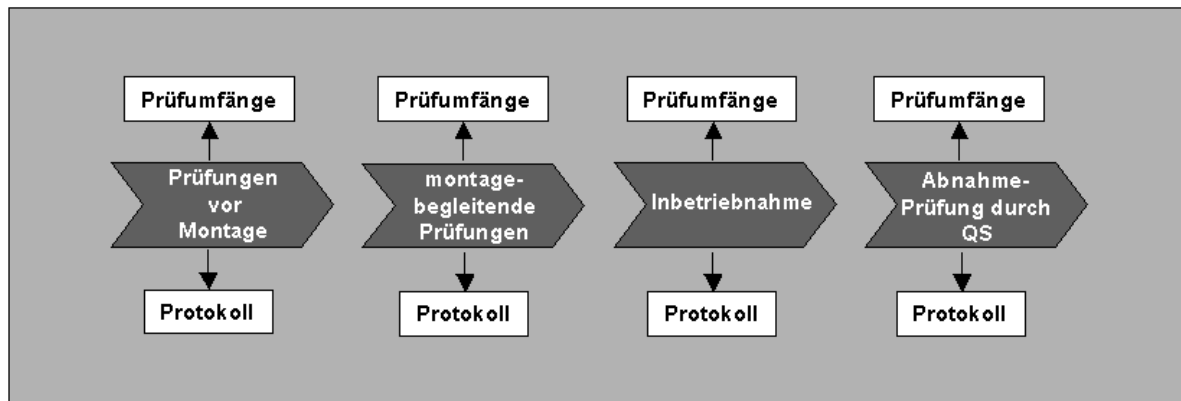


Abbildung 6.5: IST-Zustand der Elektronik-Prüfungen in der Versuchsbau-Montage

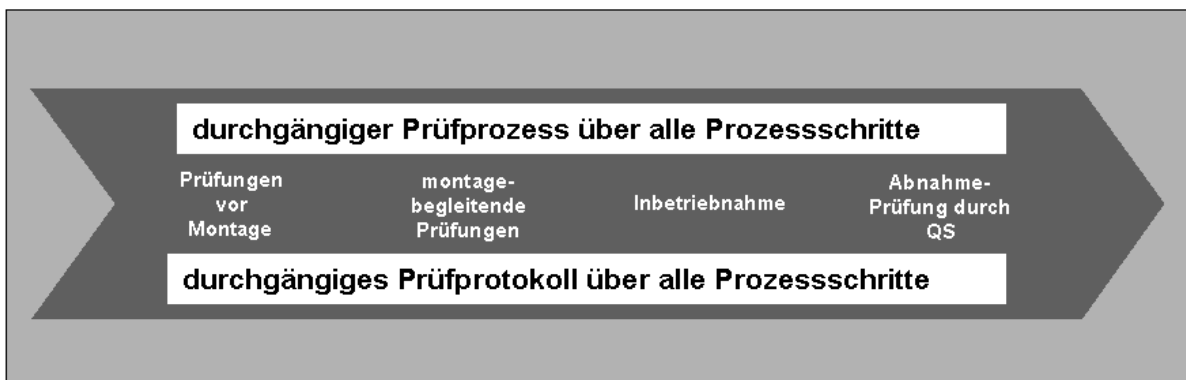


Abbildung 6.6: SOLL-Zustand der Elektronik-Prüfungen in der Versuchsbau-Montage

#### 6.4.2 Vorgehen nach der R.A.D.A.R-Methode

Zur Optimierung der bestehenden Prozessabläufe (siehe Kapitel 5.1.2) ist im Vorfeld eine entsprechende Methodik festzulegen, die ein strukturiertes Vorgehen ermöglicht. Im Rahmen dieser Arbeit wird die in Kapitel 2.5 beschriebene R.A.D.A.R-Methode des EFQM-Modells genutzt (siehe Abbildung 2.4).

Zur Durchführung der im Rahmen der R.A.D.A.R-Methode anfallenden Aufgaben wird im ersten Schritt ein Kernteam gegründet (Abbildung 6.7). Bei der Zusammensetzung sollte auf drei Dinge geachtet werden.

1. Es ist ein Prozessverantwortlicher zu bestimmen und in das Team zu integrieren. Dieser ist innerhalb des Projektes und des Kernteams für die Koordination aller Aufgaben zuständig und dient nach außen als „offizieller“ Sprecher des Kernteams. Alle Fäden, beispielsweise Fragen und Anregungen, die von außen an Mitglieder des Kernteams gerichtet werden, laufen bei ihm zusammen.
2. Neben dem Prozessverantwortlichen ist ein Mitarbeiter aus *jedem* der in Abbildung 6.6 dargestellten Prozessschritte in dieses Team zu integrieren, um zu gewährleisten, dass die Interessen jeder betroffenen Gruppe gewahrt werden.
3. Alle Kernteammitglieder sind innerhalb des Teams gleichberechtigt und in gleichem Masse verantwortlich. Die gemeinsame Verantwortung hilft, eine gute Kommunikation, Zusam-

menarbeit und Beteiligung aller zu erreichen, was letztlich auch dem Nachweis der Prozessfähigkeit zugute kommt [jur 91].

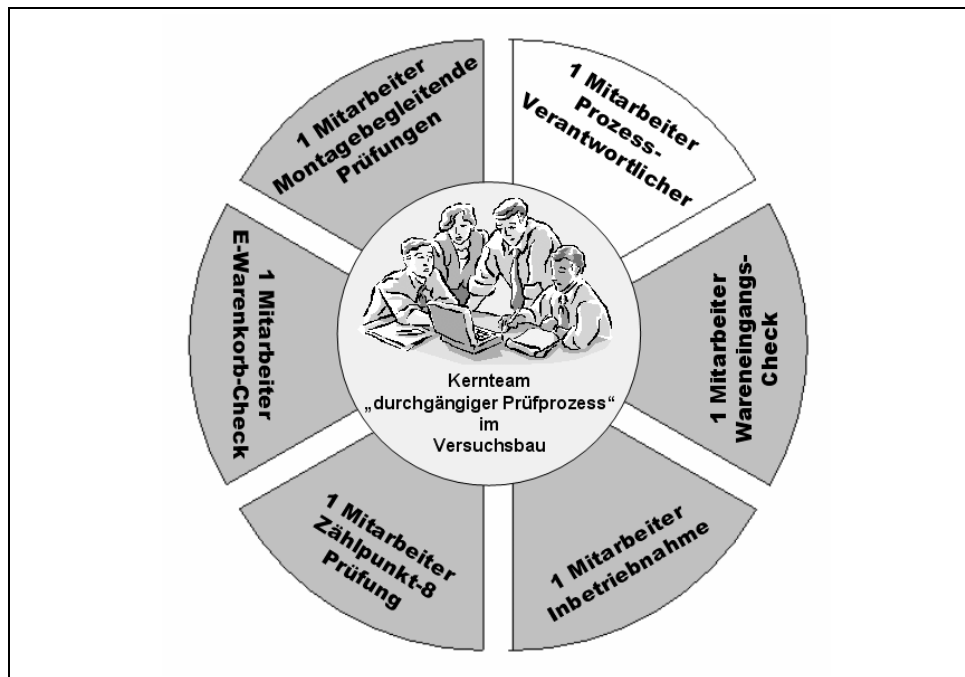


Abbildung 6.7: Kernteam „durchgängiger Prüfprozess“

### Results (Ergebnisse)

Sind die organisatorischen Voraussetzungen durch die Bildung des Kernteams geschaffen, so müssen, als Grundlage für die weitere Arbeit, sowohl die Ergebnisse, die mit dem durchgängigen Prüfprozess erreicht werden sollen, als auch die Anforderungen die an den Prüfprozess gestellt werden, identifiziert werden. Hierzu sind sowohl die am Prozess beteiligten Führungskräfte und Mitarbeiter des Versuchsbaus als auch die Kunden des Versuchsbaus in die Recherchen mit einzubeziehen. Ein mögliches Vorgehen wird in Kapitel 6.4.3 „Ermittlung des IST-Zustandes im Versuchsbau“ dargestellt.

### Approach (Vorgehen)

Sind alle Ergebnisse und Anforderungen identifiziert, so sind durch das Kernteam im nächsten Schritt fundierte Vorgehensweisen zu erarbeiten, die notwendig sind, die Anforderungen umsetzen und die Ergebnisse erzielen zu können.

Die hierzu vorgeschlagenen Arbeitspakete sind im Einzelnen:

- die durchgängige Dokumentation von Prüf- und Arbeitsergebnissen
- die Erstellung eines durchgängigen Prüfplans
- die Reduktion von Prüfumfängen bei Fahrzeugabnahmen durch das Qualitätswesen
- das Steuern durch spezifische Kennzahlen
- die Darstellung der Prüfergebnisse

Diese Arbeitspakete werden in den Kapiteln 6.4.4 bis 6.4.7 inhaltlich erläutert.

Die erarbeiteten Vorgehensweisen sind dabei mit *allen* am Prozess beteiligten Führungskräften *und* Mitarbeitern abzustimmen. Vor allem die Einbindung der direkt im Prozess betroffenen Mitarbeiter (Prüfer, Monteure) und der Versuchsbaukunden stellt ein wichtiges Informationspotential dar.

Die letztendliche Entscheidung über das weitere Vorgehen fällt weiterhin das Kernteam. Die Rolle der restlichen Mitarbeiter besteht lediglich darin, Informationen und, wenn nötig, rechtzeitige Warnungen zu geben: „Wenn der Prüfprozess auf diese Weise festgelegt wird, sind in meinem Bereich die folgenden Konsequenzen zu erwarten ...“ [jur 91]. Die entsprechenden Hinweise und Warnungen sind vom Kernteam ernst zu nehmen und in die geplanten Vorgehensweisen einzuarbeiten, da nur auf diese Art und Weise – jeder Mitarbeiter fühlt sich ernstgenommen, da er die Möglichkeit bekommt sich aktiv einzubringen – eine hohe Akzeptanz des zu erarbeitenden Konzeptes erreicht werden kann. Diese Akzeptanz und die Identifikation mit den Vorgehensweisen ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Einführung und Umsetzung (vgl. Kapitel 2.3.2).

### **Deployment (Umsetzung) und Assessment and Review (Bewertung und Überprüfung)**

Sind alle Vorgehensweisen in der Theorie ausgearbeitet, so erfolgt die systematische Umsetzung in der Praxis. Die daraus resultierenden Ergebnisse sind entsprechend zu bewerten und in neue Optimierungsansätze zu überführen. Die im Rahmen dieser Arbeit vorgeschlagenen Schritte zur Umsetzung eines durchgängigen Prüfprozesses im Versuchsbau werden in den Kapiteln 6.4.8 und 6.4.9. beschrieben.

#### **6.4.3 Ermittlung des IST-Zustandes im Versuchsbau**

Zur Ermittlung des IST-Zustandes in Bezug auf Anforderungen und Ergebnisse werden im Rahmen dieser Arbeit differenzierte Vorgehensweisen für die Führungskräfte- und Kundenebene auf der einen sowie die Mitarbeiterebene auf der anderen Seite vorgeschlagen.

Während im Rahmen von Einzelinterviews mit den Führungskräften die Schwerpunkte

- Bereitstellung notwendiger Ressourcen (beispielsweise Budget für notwendige Fremdvergaben und mögliche Qualifikationsmaßnahmen, Invest für Prüftechnik und die Bereitstellung von Dokumentationssystemen)
- Wünsche an zu erreichende Ergebnisse (Messgrößen, Einsparungen etc.)

sowie mit dem Kunden seine Wünsche an zu erzeugende Ergebnisse wie

- den Dokumentationsumfang
- das Dokumentationssystem
- die Prüfumfänge

zu erarbeiten sind (vgl. Kapitel 5.2.1), so wird für die Mitarbeiterebene die Methodik der Mitarbeiterbefragung durch Nutzung eines spezifischen Fragebogens eingesetzt. Bei der Entwicklung des Fragebogens im Kernteam muss darauf geachtet werden, dass die Fragen einfach, verständlich und eindeutig formuliert und die Reihenfolge der Fragen so gewählt wird, dass die Befragten motiviert werden zu antworten [pep 95]. Der Gesamtaufbau des Fragebogens, ein vollständiger Fragebogen ist in Anhang B zu finden, sollte dabei in die folgenden Phasen eingeteilt werden:

**I) Hintergrundinformationen (Einleitung)**

- Projektbeschreibung
- Projektziele
- angestrebte Verbesserungen
- Hinweise zur Bearbeitung des Fragebogens
- Ansprechpartner

**II) Allgemeine Fragen zum Prüfschritt**

- Welcher Prozessschritt?
- Welches Prüfobjekt?
- Welche Prüfumfänge?
- Welche Prüf-/Messtechnik wird verwendet?

**III) Die Eingangsinformationen**

- Welche Informationen sind vorhanden/ werden benötigt?
- Welche Ansprechpartner sind vorhanden/ werden benötigt?
- Welche Systeme werden genutzt/ werden benötigt (Zugriffe etc.)?

**IV) Die Prüfergebnisse**

- Werden Prüfergebnisse gegen Manipulation gesichert?
- Werden Ergebnisse dokumentiert?
- Wenn ja wie und wo (Systeme, Archive)?
- Welche Systeme werden benötigt (Zugriffe etc.)?

**V) Abweichungen (Ausstattung, Fehler/Probleme)**

- Werden Abweichungen dokumentiert?
- Wenn ja wie und wo (Systeme, Archive)?
- Werden Abweichungen behoben und wird dies dokumentiert?
- Welche Systeme werden genutzt/ werden benötigt (Zugriffe etc.)?

**VI) Organisatorische Fragen**

- Prüfzeiten?
- Wie viele Prüfungen pro Woche?
- Wie viel Personal steht zur Verfügung?
- Welche fachliche Qualifikation haben die Mitarbeiter?
- Reicht diese Qualifikation aus oder ist Weiterbildungsbedarf zu erkennen?
- Wenn ja, in welchen Bereichen?

Aufgrund der internen Struktur des im Fokus der Untersuchung stehenden Versuchsbaus - projekt-spezifische Abteilungsstrukturen sowohl im Bereich Montage als auch im Bereich Qualitätssicherung – ergibt sich die in Abbildung 6.8 verallgemeinerte Darstellung des durch die Mitarbeiterbefragung abzudeckenden Personenkreises.

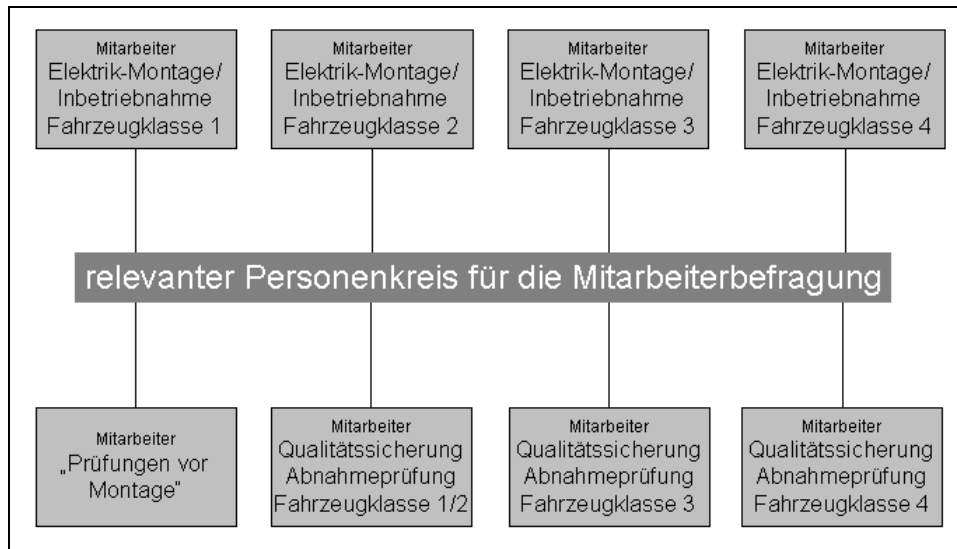


Abbildung 6.8: Relevanter Personenkreis der Mitarbeiterbefragung

Die Fragebögen sollten den entsprechenden Mitarbeitern im Vorfeld zur Verfügung gestellt werden. Bei der eigentlichen Befragung ist die Anwesenheit eines Kernteammitglieds zu empfehlen, um eventuelle Unklarheiten direkt klären und somit unscharfe Ergebnisse vermeiden zu können. Nach Rücklauf aller Fragebögen sind diese auszuwerten und die Ergebnisse entsprechend zu kategorisieren und der Häufigkeit der Antworten entsprechend zu priorisieren. Abbildung 6.9 zeigt die Ergebnisse der im Rahmen der Arbeit mit Hilfe des Fragebogens durchgeführten Mitarbeiterbefragung.

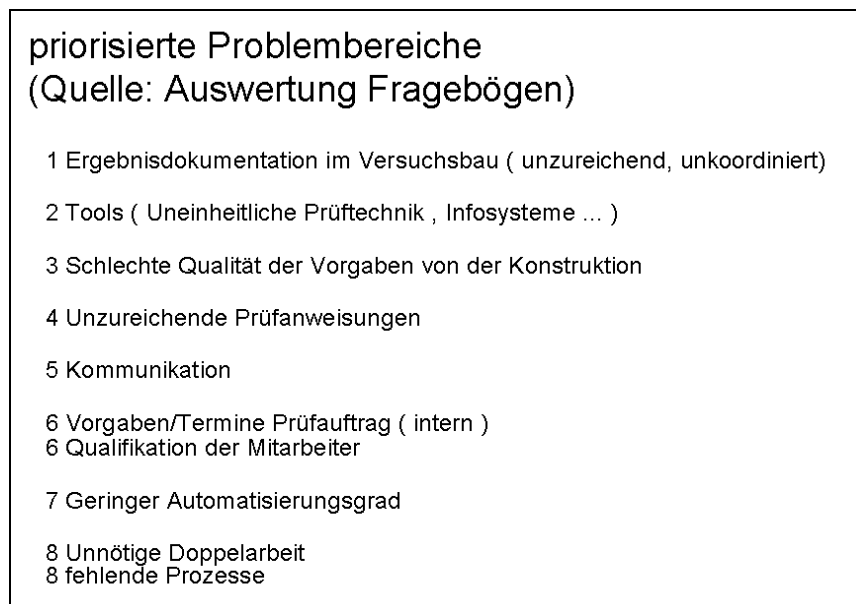


Abbildung 6.9: Ergebnisse der Mitarbeiterbefragung

## 6.4.4 Der durchgängige Prüfplan

Auf Basis der Ergebnisse aus der IST-Stand-Aufnahme in Verbindung mit allgemeinen Anforderungen an Prüfungen elektronischer und softwarebasierter Systeme (vgl. Kapitel 3.4 und 5.1.2) wird durch das Kernteam ein detaillierter Prüfplan erstellt. In diesem sind für jeden Prozessschritt (siehe Abbildung 6.6) analog zu mechanischen Umfängen

- Aktivitäten
- Methoden und Prozesse
- Prüfkriterien
- zu verwendende Mess- und Prüfmittel
- Kriterien für Ergebnisbewertung (Vorgaben der Technischen Entwicklung, Kundenwünsche etc.) sowie
- Prüf-Ende-Kriterien

zu definieren [VDA 13].

Der Fokus bei der Erstellung des Prüfplans liegt hier auf Durchgängigkeit über alle Prozessschritte. Es ist darauf zu achten, dass alle geforderten Umfänge, wie beispielsweise die Bauzustandserfassung in Bezug auf Hard- und Software und die durchzuführenden Funktionsprüfungen, derart auf die einzelnen Prozessschritte aufzuteilen sind, dass Prozessuntersuchungen und Prozesssteuerungen sowie die Selbstprüfung statt Kontrolle gewährleistet sind, jedoch die doppelte oder sogar mehrfache Prüfung eines Systems wenn möglich unterbunden wird.

Großes Potenzial zur Verringerung von Doppelarbeit zeigt sich - bedingt durch die Subjektivität der Prüfungen (vgl. Kapitel 5.1.2) - in den Bereichen Inbetriebnahme und Zählpunkt 8-Prüfung. Eine detaillierte Beschreibung, wie diese Doppelarbeit reduziert werden kann, wird separat in Kapitel 6.4.5 gegeben, an dieser Stelle wird diese Thematik daher nicht weiter vertieft.

### *Funktionsprüfungen*

Neben der Bauzustandserfassung in Bezug auf Hard- und Software, welche im Rahmen eines SOLL/IST-Vergleichs zur Verbauvorschrift (vgl. Kapitel 3.3.3) erfolgen kann, bildet vor allem die Überprüfung der Funktionalität der einzelnen elektronischen Systeme einen weiteren Kern im Rahmen der Überprüfungen im Versuchsbauprozess.

Um, wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben, aus technischer Sicht belastbare und aussagekräftige Prüfergebnisse erzielen zu können, wird im Rahmen der Prüfungen im Versuchsbau die Nutzung des in Kapitel 3.4.4 beschriebenen Prüfkataloges der technischen Entwicklung vorgeschlagen. In Zusammenarbeit mit dem Kunden ist aus diesem Katalog ein Extrakt herauszuarbeiten, der zum einen die Prüfungen enthält, die der Kunde bei Übergabe des Versuchsträgers erwartet und zum zweiten die Wertschöpfung des Versuchsbaus sicherstellt. Hierbei handelt es sich um einen fahrzeugspezifischen Prüfumfang, der anhand der Fahrzeugausstattung - diese ist durch die PR-Nummern eindeutig beschrieben (vgl. Kapitel 5.2.1) - automatisch aus dem Prüfkatalog extrahiert wird.

Die so definierten Prüfumfänge bilden, sofern möglich, die Grundlage aller Funktionsprüfungen im gesamten Prozess. Sollten bestimmte Umfänge beispielsweise im Rahmen der vor Montage stattfindenden Prüfungen auf dem Prüftisch nicht auf die definierte Art und Weise prüfbar sein, da die Prüfanweisung das komplettierte Fahrzeug voraussetzt, so muss auf anderem Weg die Funktion überprüft werden. Ein solches Vorgehen sollte sich jedoch auf ein absolut notwendiges Minimum beschränken. Generell ist die definierte Prüfvorschrift einzuhalten, d. h. die Funktion des Blinkers ist vor der Montage genauso zu überprüfen, wie bei der Abnahme durch die Qualitätssicherung am Ende der Prozesskette. Nur durch gleiche, und damit reproduzierbare Prüfungen kann eine eindeutige Bestimmung der Fehlerursache gewährleistet werden und der Prozessnachfolger kann sich auf die Ergebnisse seines Prozessvorgängers verlassen. Die folgenden Nachteile könnten somit vermieden werden:



- das Prüfen von Funktionen im Fahrzeug aus Erfahrung heraus, subjektiv ohne aussagekräftige Prüfanweisung
- nicht reproduzierbare Prüfungen und von der technischen Entwicklung nicht anerkannte Ergebnisse
- fehlende Sicherheit für den Prüfer, ob die von ihm durchgeführte Prüfung erfolgreich war
- keine gesicherte Dokumentation über die Funktionsfähigkeit der elektronischen Systeme bei Abgabe an den Kunden im Schadens-/Problemfall vor Kunde.

Alle für die Prüfungen relevanten Informationen und Anleitungen werden in der Folge in das Gesamtprüfprotokoll integriert (vgl. Kapitel 6.4.7).

#### 6.4.5 Reduktion von Prüfumfängen bei Fahrzeugabnahmen durch das Qualitätswesen

Wie in Kapitel 5.1.2 erläutert, erfordern die derzeitigen Prüfmethode im Versuchsbau des betrachteten Herstellers bei der Inbetriebnahme des Fahrzeugs und den Elektrik/Elektronik-Umfängen im Rahmen der Zählpunkt-8-Prüfung die Durchführung gleicher Prüfumfänge (Abbildung 6.10).

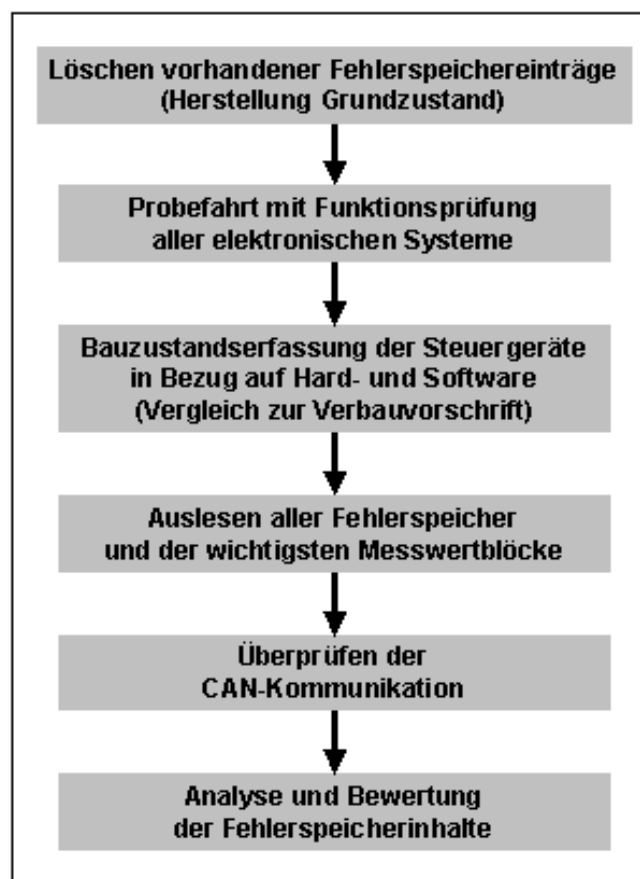


Abbildung 6.10: Prüfumfänge Inbetriebnahme und E-Check im Zählpunkt-8

Im Sinne eines prozessorientierten Vorgehens muss jedoch nach einer Möglichkeit gesucht werden, diese Doppelarbeit zu vermeiden. Ein Ansatz hierzu, die Rückführung der bisher durch das Qualitätswesen durchgeführten Aufgaben in die Zuständigkeit des Versuchsbau. Herrmann beschreibt dies allgemein als „Reintegration von Aufgaben in die Primärfunktionen“, wodurch kleinere Regel-

kreise entstehen, was zu einer verbesserten Qualität und Effizienz führt [her 00]. Dieser Ansatz wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels dargestellt.

Um eine Reintegration bei elektronischen und softwarebasierten Systemen nutzbringend einführen zu können, ist zu beachten, dass bestimmte Funktionen nur durch Auswertung entsprechend im Fahrbetrieb aufgezeichneter Kommunikationsdaten des vernetzten Systems (vgl. Kapitel 5.1.2) überprüft werden können. Nur, wenn dem Prüfer der Qualitätssicherung anhand der ihm übergebenen Prüfdokumentation die Möglichkeit gegeben wird, eindeutig und unmissverständlich entscheiden zu können, ob die Prüfungen durch den Versuchsbau erfolgreich durchgeführt wurden, ist eine Reintegration möglich.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde, basierend auf dem Ansatz, dass elektronische Funktionen „ihre Spuren“ in Form von spezifischen Signalen auf dem Daten-Bus hinterlassen, eine Möglichkeit aufgezeigt, wie elektronische Systeme/Funktionen im Rahmen von Abnahmefahrten geprüft werden können. Das erarbeitete Vorgehen wird in ihren Grundzügen beispielhaft anhand des Systems Bremse mit Schwerpunkt auf der Funktionalität der ABS-Funktion erläutert.

Im ersten Schritt sind die für die Sicherstellung der Funktionalität notwendigen Signale zu bestimmen. Aufbauend auf diesen Informationen besteht die weitere Aufgabe darin, eine entsprechende Prüfanweisung für die Überprüfung des entsprechenden Systems zu erstellen, hierbei sollte auf vorhandene Prüfanweisungen, beispielsweise den bereits an mehreren Stellen angeführten Prüfkatalog, zurückgegriffen werden. Aus dieser Prüfanweisung ergeben sich wiederum relevante Signale, die zusätzlich zu den für die Funktion notwendigen überprüft werden müssen. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass die notwendigen Rahmenbedingungen während der Prüfung durch den Prüfer eingehalten werden. Die für die Prüfung des Systems Bremse mit Schwerpunkt ABS-Eingriff notwendigen Signale sind im Einzelnen [weh 03]:

- Signal „ABS-Bremung“, um den Eingriff des ABS-Steuergerätes zu überprüfen
- Signal „Lampe ABS“, da bei einem Fehler im System die ABS-Lampe im Kombiinstrument aufleuchten muss
- Signale „Bremslicht links defekt“, „Bremslicht rechts defekt“, „Bremslicht Mitte defekt“, um die Funktion der Bremsleuchten zu überprüfen
- Signale „Radgeschw. VL“, „Radgeschw. HL“, „Radgeschw. VR“, „Radgeschw. HR“, da während einer Vollbremsung mit ABS-Eingriff kein Rad blockieren darf
- Signal „Geschwindigkeit“, da für einen reproduzierbaren Prüfablauf eine definierte Geschwindigkeit vor der Vollbremsung erforderlich ist
- Signal „Bremslichtschalter“, um zu überprüfen, ob die Bremse durch den Prüfer betätigt wurde
- Signal „Lenkwinkel“ um zu überprüfen, ob durch den Prüfer ein ausreichender Lenkradeinschlag erfolgt ist (bei einer ABS unterstützten Vollbremsung muss das Fahrzeug lenkbar bleiben)

Während der Prüfung wird der Prüfer über ein entsprechendes Prüfsystem Schritt für Schritt durch die Prüfung geführt und bekommt den momentanen Status des Systems visualisiert. Die im Vorfeld definierte Signale auf dem Datenbus, im vorliegenden Fall CAN-Botschaften, werden mit Hilfe von Geräten zur Datenauszeichnung, so genannten Daten-Loggern, in Echtzeit mitgeschnitten und archiviert. Nach Beendigung der Fahrt werden die aufgezeichneten Daten innerhalb des Prüfsystems automatisch ausgewertet mit einer vorgegebenen SOLL-Liste verglichen, die alle notwendigen Botschaften enthält, die gesendet/empfangen werden müssen, um die jeweilige Funktion sicherzustellen.

Kann eine bestimmte Botschaft in der aufgezeichneten Datei nicht lokalisiert werden, so wird der Prüfer aufgefordert, die entsprechende Prüfung zu wiederholen. Abbildung 6.11 zeigt den konzeptionellen Prüfablauf anhand eines Flussdiagramms. Abbildung 6.12 zeigt das Ergebnis einer erfolgreichen Prüfung, ein kompletter Prüfablauf ist in Anhang C zu finden.

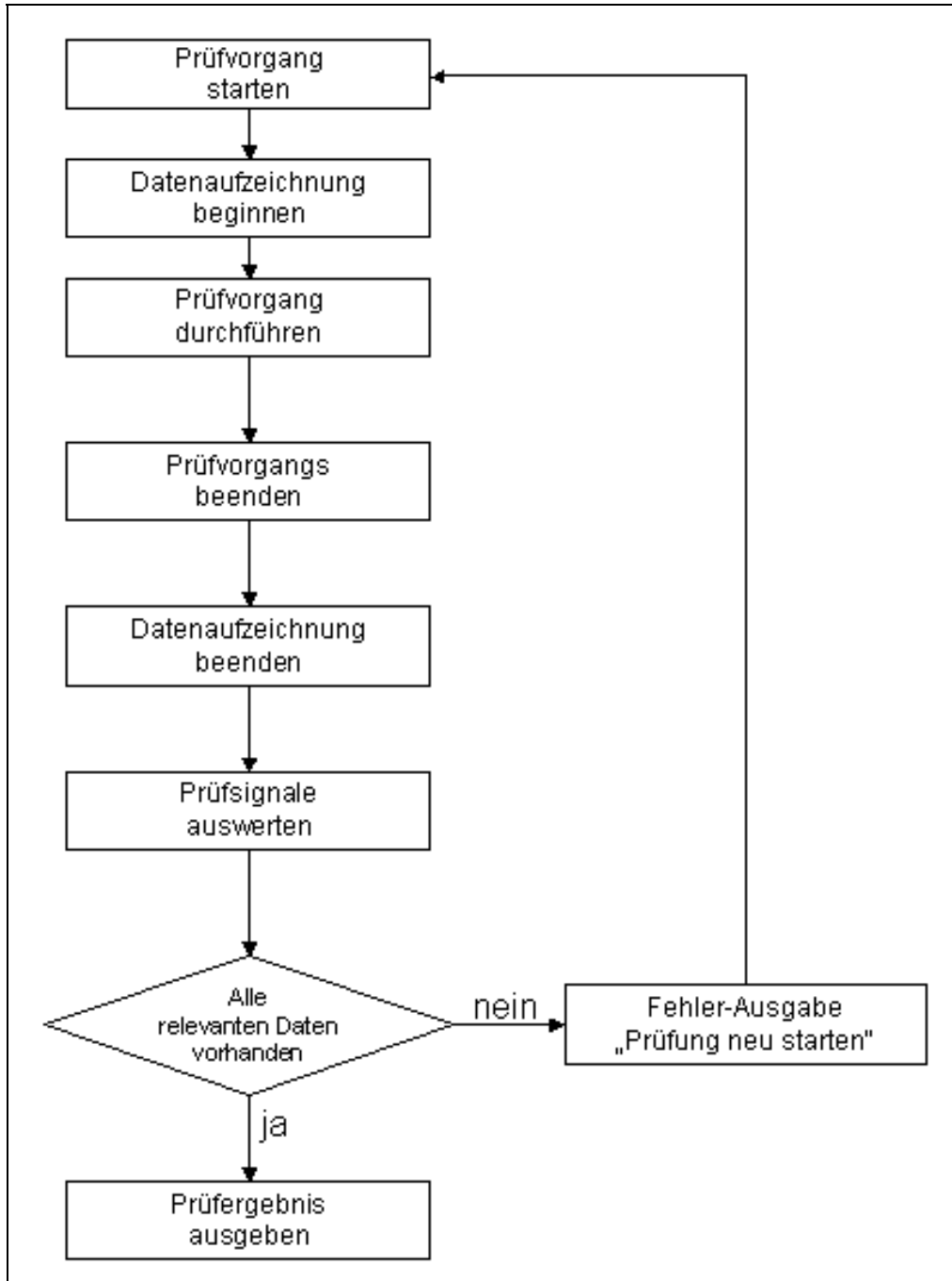


Abbildung 6.11: Der konzeptionelle Prüfablauf

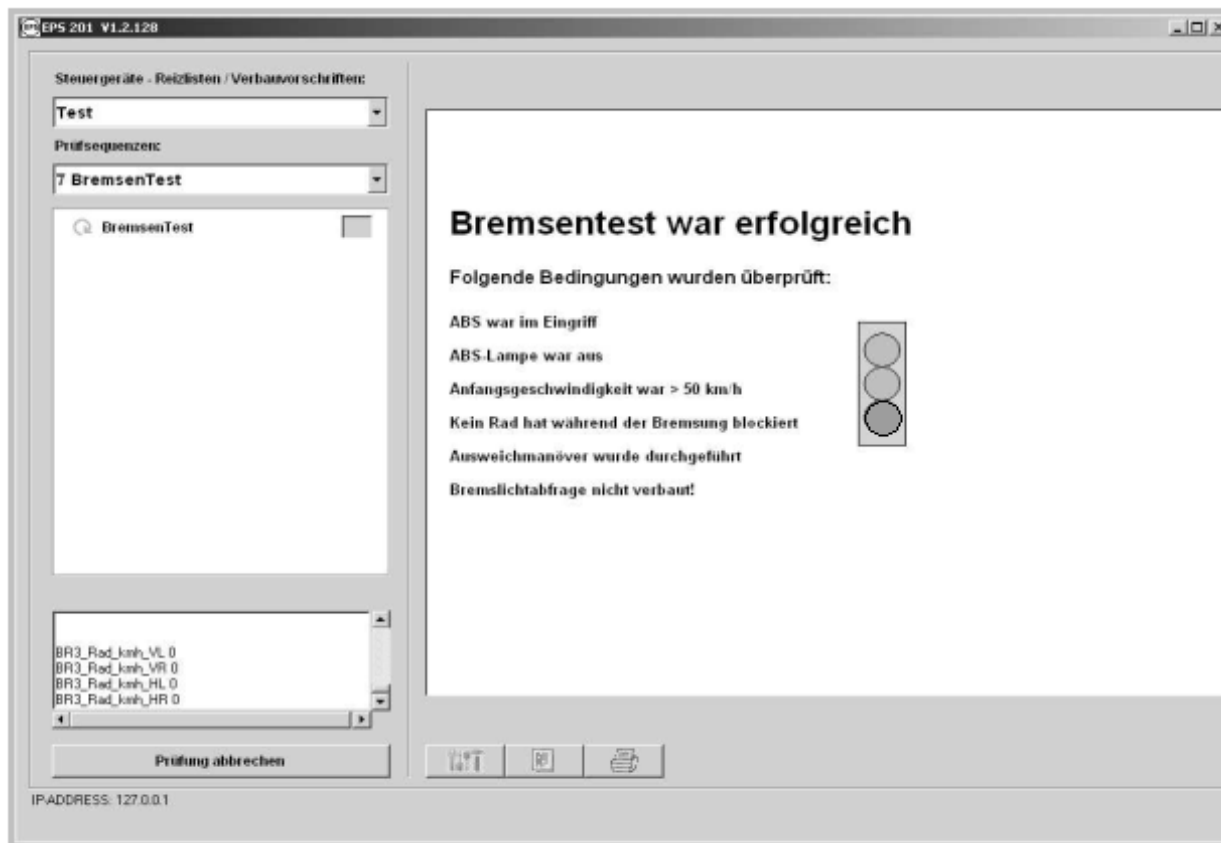


Abbildung 6.12: Ergebnis einer erfolgreichen Prüfung der ABS-/Bremsfunktion

Durch Einsatz der am Beispiel des Systems Bremse/ABS beschriebenen Prüfmethodik, einer dynamischen Prüfung bei Abnahmefahrten, ist es möglich, alle notwendigen Funktionsprüfungen bereits im Rahmen der Fahrzeuginbetriebnahme des Versuchsbaus durchzuführen.

Die Aufgabe des Qualitätswesens liegt in diesem Fall nur noch in der Überprüfung des Bauzustandes in Bezug auf Hard- und Software. Stimmen diese Daten mit denen der Inbetriebnahme überein, wurden alle notwendigen Funktionsprüfungen entsprechend den Vorgaben durchgeführt, automatisch protokolliert und ausgewertet, so kann der Versuchsträger ohne erneute Prüfung an den Kunden übergeben werden.

#### 6.4.6 Steuern durch spezifische Messgrößen

Prozessmanagement, ist darauf ausgerichtet, Prozesse zu gestalten und dafür zu sorgen, dass diese beherrscht werden [her 03/2]. Da Beherrschung die Steuerbarkeit und dies wiederum Messbarkeit voraussetzt [fre 94], muss es ein Ziel im Rahmen der Betrachtung des Bereiches Elektronik und Software im Versuchsbau sein, für diese Anforderungen spezifische Messgrößen, in gleicher Bedeutung auch Kennzahlen genannt [zin 89], zu formulieren.

Hierbei steht nicht die Einführung eines gesamten Kennzahlensystems im Fokus. Vielmehr werden Messgrößen vorgeschlagen, die in bestehende Kennzahlen-/Messgrößensysteme integriert werden können. Messgrößen, die im Bereich Mechanik analog zu finden sind, werden hier nicht explizit behandelt, sondern vorausgesetzt, wie beispielsweise:

- der Qualitätsstatus einer Komponente

- die Qualität der Teile-Dokumentation durch den Zulieferer
- Direktäufnerquoten (Versuchsträger passiert ohne Beanstandungen die Abnahme durch die Qualitätssicherung)
- Anzahl der Problemlätter im Projekt
- Durchlaufzeiten
- Zeit und Kosten für Nacharbeit

Für den Bereich Elektrik/Elektronik kann, analog zur Mechanik, im Rahmen einer Messgrößen-Erstellung in die folgenden zwei Hauptgruppen unterschieden werden:

- Beitrag zur Steuerung der Produktreife
- Steuerung/Beurteilung der Versuchsbauprozesse.

Während der Beitrag zur Steuerung der Produktreife von Elektrik/Elektronik-Komponenten in Kapitel 6.5 detailliert behandelt wird, werden im weiteren Verlauf dieses Kapitels spezifische Messgrößen zur Beurteilung der Versuchsbauprozesse vorgestellt.

Adressaten der durch die Anwendung der Messgrößen im Gesamtprozess erzeugten Ergebnisse sind einerseits versuchsbauinterne Prozessbeteiligte, zum anderen aber auch die entsprechenden Entwicklungsabteilungen. Diese stehen zum Versuchsbau nicht nur in einem Kundenverhältnis – sie sind Empfänger der Produkte der Versuchsbaus – sondern in gleicher Art und Weise auch in einem Lieferantenverhältnis, da sie direkt oder indirekt über den Zulieferer, die entsprechenden Entwicklungsstände beisteuern (Abbildung 6.13).

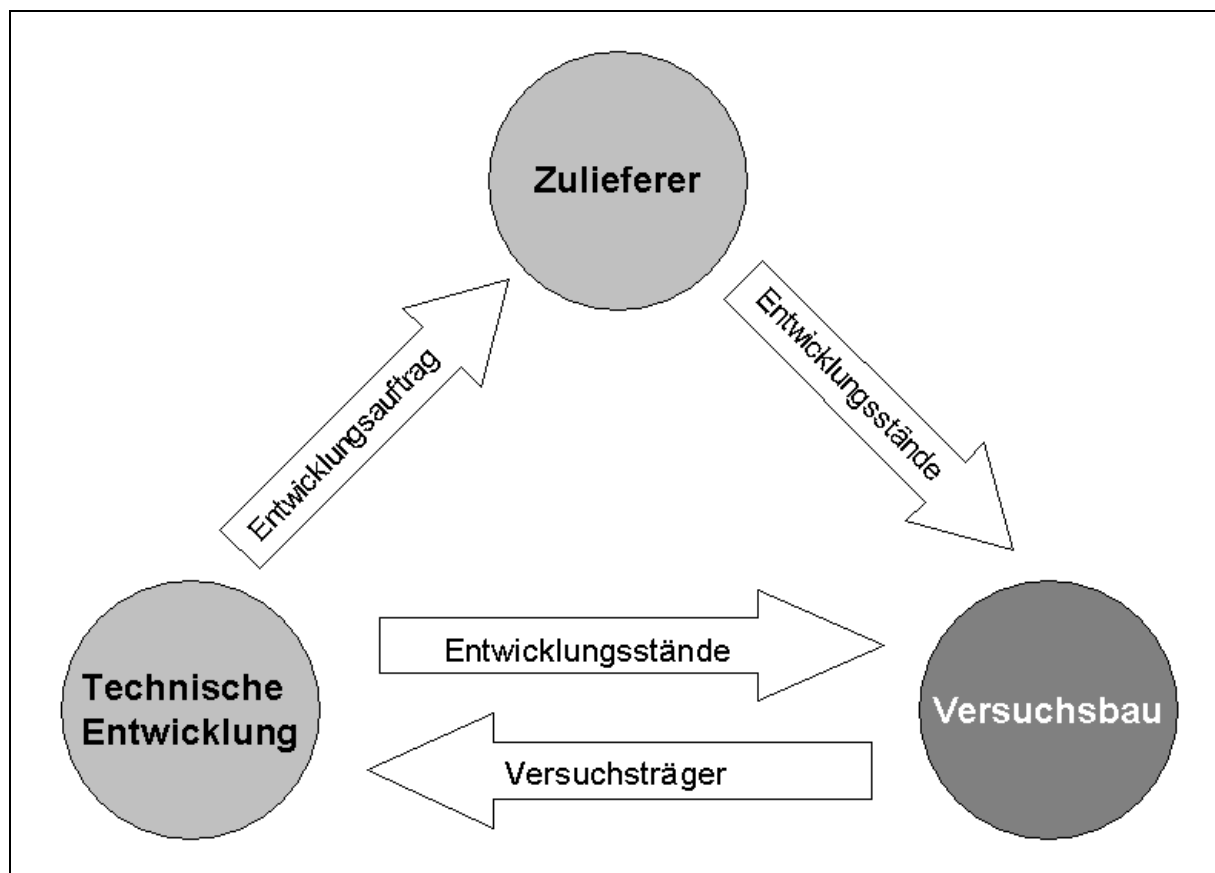


Abbildung 6.13: Die technische Entwicklung als Kunde und Lieferant des Versuchsbaus

Welche Faktoren der Messgrößen an den Versuchsbau selbst und welche an die Entwicklungsabteilungen kommuniziert werden müssen, wird daher separat erläutert.

#### **D) SOLL/IST-Vergleich der Steuergeräte zur Verbauvorschrift**

Wie bereits an einigen Stellen erwähnt, stellt die Übereinstimmung der IST-Stände zu den freigegebenen SOLL-Ständen der Verbauvorschrift in Bezug auf Hard- und Software eine absolute Notwendigkeit zur Sicherstellung der Erprobungsfähigkeit eines Versuchsträgers dar.

Ziel ist es, diesen Vergleich mit Hilfe entsprechender Prüfsysteme automatisiert zu erstellen und entsprechend auszuwerten. Bei der Auswertung ist neben einer Überprüfung der Übereinstimmung im n.i.O-Fall weiterhin das Vorhandensein einer entsprechenden Abweicherlaubnis durch die Entwicklung zu überprüfen (Abbildung 6.14).

Liegt keine Abweicherlaubnis vor, so ist zu analysieren, ob der Grund für die Abweichung versuchsbauintern, z. B.

- falsche Bestellung durch die Arbeitvorbereitung
- falsche Teilebereitstellung durch das Lager

oder im Bereich Entwicklung, z. B.

- falsche Steuergerätebedatung
- „Hosentaschen-Teil“ (am gesamten Logistik-Prozess vorbei direkt ans Fahrzeug bereit gestellte Umfänge)

zu suchen ist. In beiden Fällen muss das Ergebnis an die entsprechenden Stellen kommuniziert werden, damit Abstellmaßnahmen bzw. Korrekturen eingeleitet werden können.

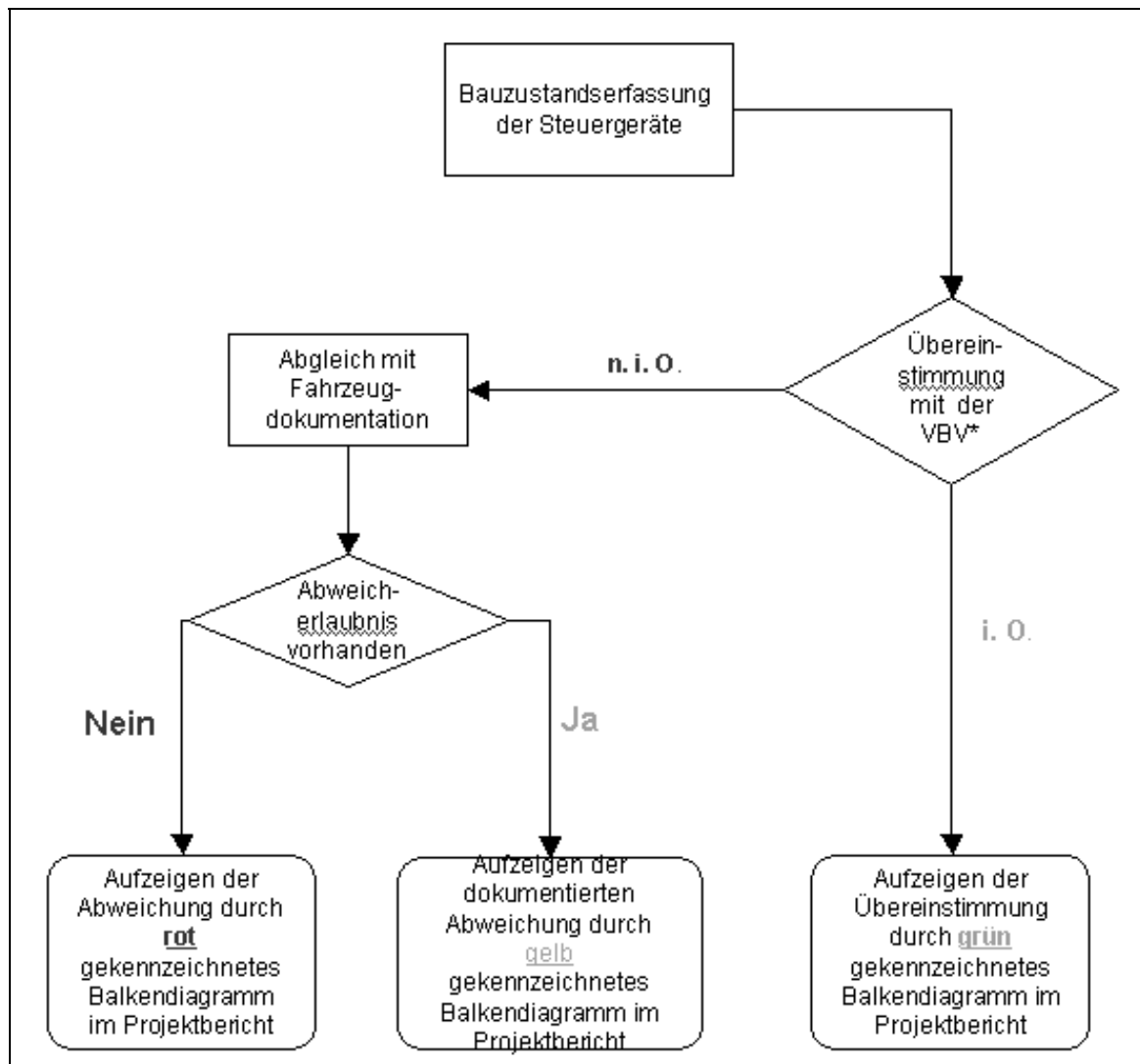


Abbildung 6.14: Flussdiagramm zum Ablauf und Bewertung des SOLL/IST-Vergleiches

Als grafische Form zur Darstellung der Ergebnisse wird das Balken- auch Säulendiagramm gewählt [kam 03] [pfe 01]. In ihm werden die Ergebnisse fahrzeugspezifisch dargestellt. Hierzu werden auf der Abszisse die Fahrzeuge und auf der Ordinate die zugehörigen prozentualen Ergebnisse in Bezug auf die Gesamtzahl der Steuergeräte im Fahrzeug dargestellt (Abbildung 6.15).

Weiterhin wird im Rahmen einer Zielverfolgung in Bezug auf diese Messgröße der prozentuale Gesamterfüllungsgrad herangezogen. Hierbei bildet sich der jeweilige Gesamtwert aus der Summe der fahrzeugspezifischen Einzelwerte. Der Erfüllungsgrad, welcher durch den Versuchsbau zu erreichen ist, muss hierzu im Vorfeld gemeinsam zwischen der Qualitätssicherung des Versuchsbaus und den Montage-Organisationseinheiten festgelegt werden. Der jeweilige Zielerreichungsgrad wird zusammen mit der Nennung des für die Zielerreichung verantwortlichen Mitarbeiters – in der Regel die entsprechende Führungskraft der OE - durch eine dem Status entsprechende Ampel dargestellt. Im Beispiel in Abbildung 6.15 beträgt der Erfüllungsgrad, ab dem eine grüne Ampel vergeben wird 90 Prozent, eine gelbe Ampel wird zwischen 75 und 90 Prozent vergeben, alle Werte unter 75 Prozent bekommen den Status rot.

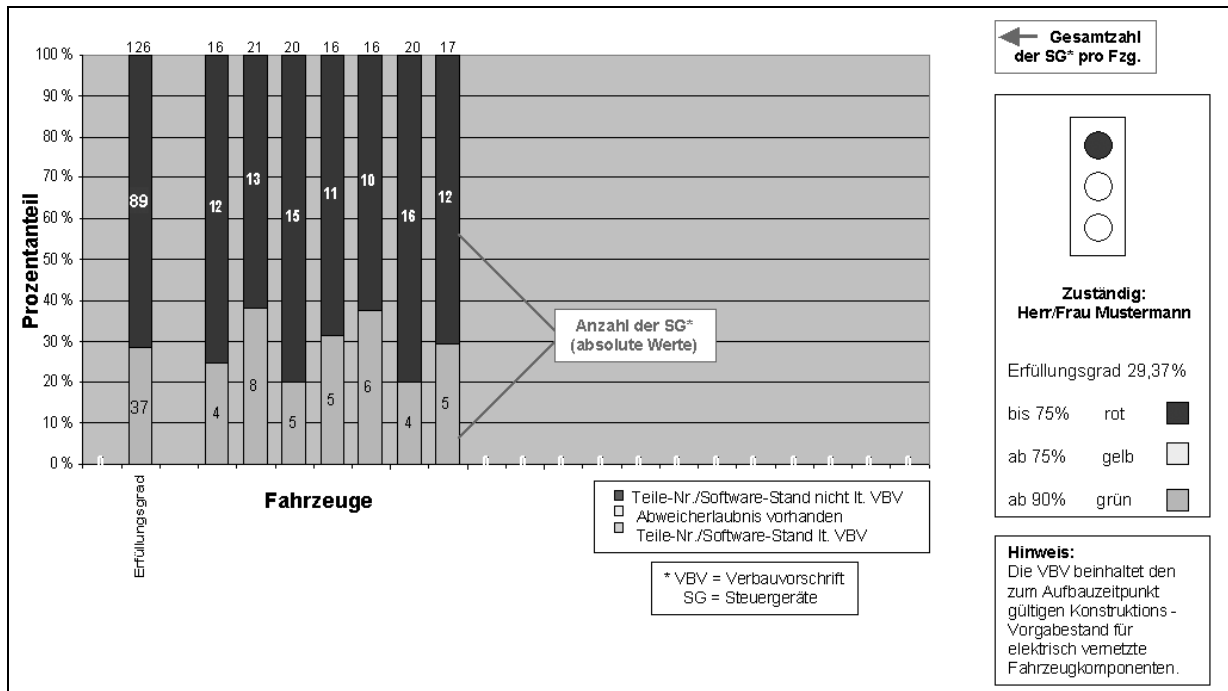


Abbildung 6.15: Grafische Darstellung der Ergebnisse des SOLL/IST-Vergleichs (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht)

## II) Anzahl dokumentierter Fehlerspeichereinträge bei Übergabe zum Zählpunkt 8

Eine weitere wichtige, elektronikspezifische Größe stellt die Anzahl dokumentierter Fehlerspeicher bei Übergabe zum Zählpunkt 8 dar. Einträge in den Fehlerspeichern der Steuergeräte deuten auf Systemprobleme hin, die in Zusammenhang mit dem entsprechenden Steuergerät stehen (Abbildung 6.16).

**15 - Airbag**  
 8Z0959655H  
 Airbag Front+Kopf 0005  
 Codierung 302  
 Betriebsnummer 24724

1 Fehler erkannt

00588 033  
 Zünder für Airbag (Fahrerseite)-N95  
 Widerstandswert zu klein  
 sporadisch

**08 - Klima-/Heizungselektronik**  
 8Z0820043E  
 A2-KLIMAVOLLAUTOMAT 0514

1 Fehler erkannt

00727 030  
 Potentiometer im Stellmotor  
 für Defrostklappe-G135  
 Unterbrechung/Kurzschluss nach Plus

Abbildung 6.16: Beispiele für Fehlerspeichereinträge im Airbagsteuergerät und Klima-/Heizungselektronik

Diese Probleme müssen nicht zwingend eine Beeinträchtigung der Erprobungsfähigkeit zur Folge haben. Als Beispiel sind an dieser Stelle abgeschaltete Fond-Airbags genannt. Soll mit dem Versuchsträger das Fahrwerk und der Motor erprobt werden, so sind funktionierende Airbags für Fondpassagiere nur von sekundärer Bedeutung.



Dennoch ist der Prüfer der Qualitätssicherung dazu aufgefordert, bei vorhandenen Fehlerspeichereinträgen den Versuchsträger nicht zur Erprobung freizugeben. Der Grund für den Fehlerspeichereintrag muss zunächst analysiert werden.

Es ist daher leicht einzusehen, dass vorhandene Einträge durch den Versuchsbau dokumentiert sein müssen. Auch hier gilt das Prinzip, dass zu jedem Fehlerspeichereintrag eine entsprechende Abweicherlaubnis seitens der technischen Entwicklung vorliegen muss.

Mit Hilfe der entsprechenden Messgröße wird also die Disziplin der Inbetriebnahme-Teams aufgezeigt, die Versuchsträger in erprobungsfähigem Zustand an die Qualitätssicherung zu übergeben. Daher kann, sofern sich die Ergebnisse über der Zeit deutlich und stabil verbessern, der Prozess also durch den Versuchsbau beherrscht wird, diese Messgröße entfallen bzw. auf die Methode der stichpunktartigen Überprüfung reduziert werden, denn viel prüfen bedeutet wenig Prozessbeherrschung [fre 94]. Wird der Prozess beherrscht, so werden die Prüfkosten und die Durchlaufzeiten der Versuchsträger im Montageprozess verringert.

Auch in diesem Fall wird zur Darstellung ein Balkendiagramm verwendet. Analog zur letzten Messgröße wird auch hier der Gesamterfüllungsgrad zur Zielverfolgung herangezogen (Abbildung 6.17). Während auf der Abszisse wiederum die Fahrzeuge und auf der Ordinate die prozentuale Verteilung dargestellt wird, ist die Bezugsgröße in diesem Fall die Gesamtanzahl von Fehlerspeichereinträgen pro Versuchsträger.

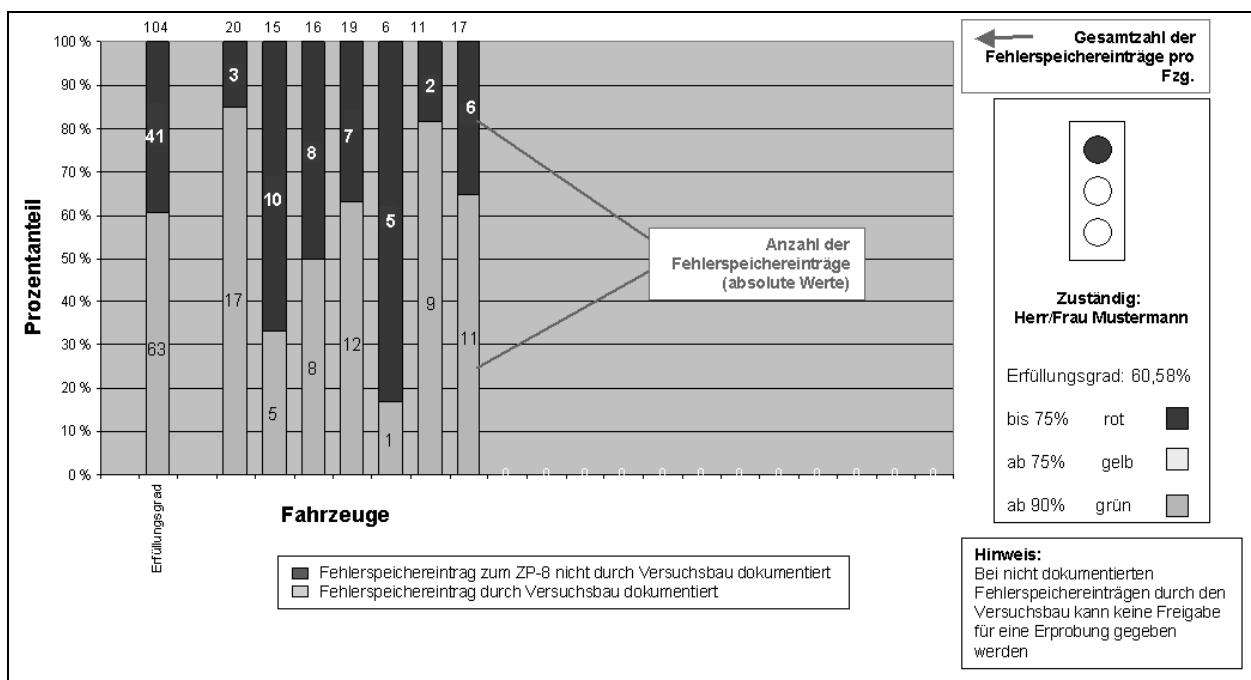


Abbildung 6.17: Grafische Darstellung der Ergebnisse „dokumentierte Fehlerspeichereinträge“ (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht)

### III) I.O.-Erfüllungsgrad der durchgeführten Funktionsprüfungen

Als dritte und letzte Messgröße für den Bereich der elektronischen Systeme in Versuchsträgern wird die Ermittlung des i.O.-Erfüllungsgrades der durchgeführten Funktionsprüfungen vorgeschlagen (Abbildung 6.18).

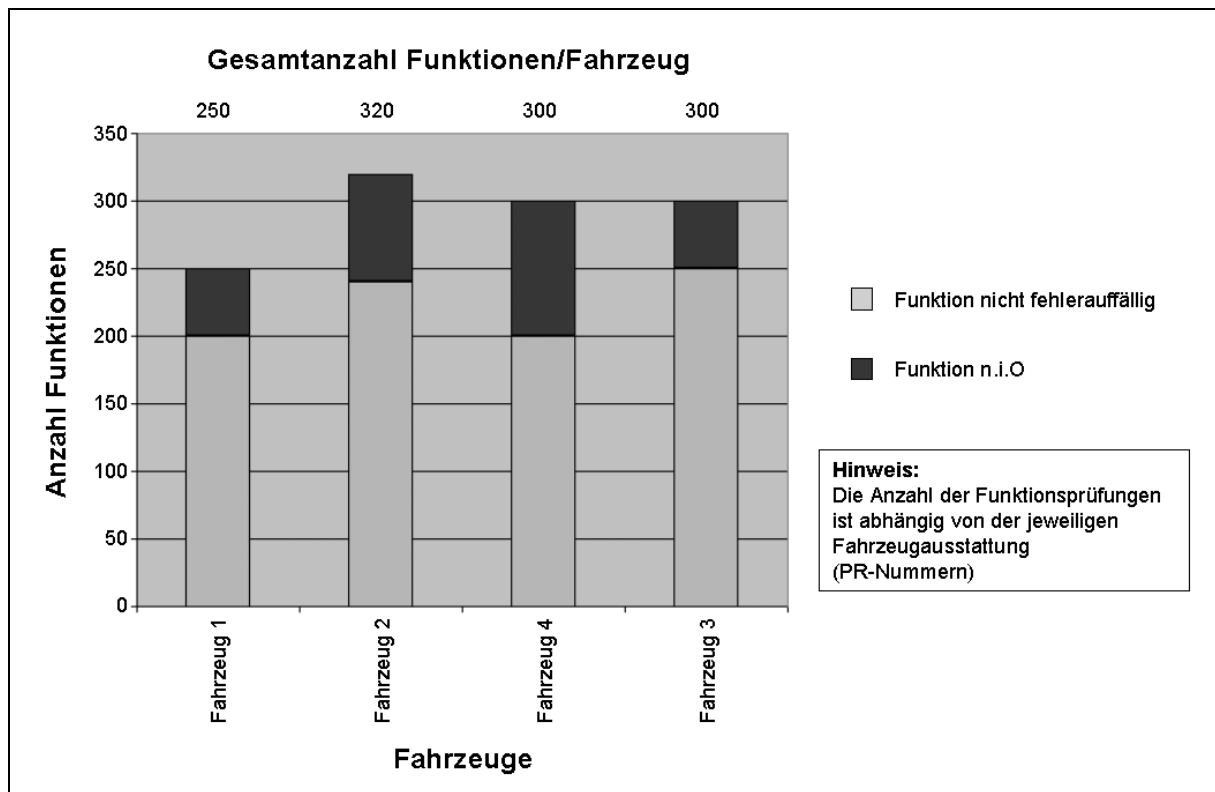


Abbildung 6.18: Erfüllungsgrad Funktionsprüfungen im Versuchsbauprozess (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht)

Die Grundlagen zur Erhebung dieser Messgröße sind durch die mit dem Kunden abgestimmten Funktionsprüfungen (vgl. Kapitel 6.4.4) gelegt. Die automatische Auswertung ist durch die Dokumentation der Prüfergebnisse im durchgängigen Prüfprotokoll gegeben (vgl. Kapitel 6.4.7).

Wird durch diese Messgröße im ersten Augenblick eher die Messung der Produkt- als der Prozessqualität verbunden, so wird bei genauerer Betrachtung deutlich, dass beide Aspekte durch eine Einführung dieser Messgröße abgedeckt werden.

Klarheit schafft die Betrachtung der möglichen Ergebnisse. Wird eine Funktion als n.i.O. erkannt, so können hierfür generell zwei Ursachen vorliegen:

- ein konstruktiv bedingtes Problem oder
- ein Montageproblem, beispielsweise eine nicht korrekt gesteckte Steckverbindung.

Im ersten Fall des konstruktiven Problems liegt demnach eine Bewertung der Produktqualität vor. Verantwortlich ist die technische Entwicklung, das Problem wird in den Problembearbeitungsprozess eingesteuert.

Im zweiten Fall kann das Ergebnis zur Verbesserung der Prozessqualität dienen, da Funktionsprüfungen an verschiedenen Stellen im Prozess durchgeführt werden und so bei einem Problem *direkt* reagiert werden kann (vgl. Abbildung 6.4, „verkleinerte Regelkreise“). Das Problem kann vor Übergabe an den nächsten Prozessschritt behoben werden, wodurch erhöhte Zeiten und Kosten für Nacharbeit in den folgenden Prozessschritten vermieden werden.

Weiterhin besteht die Möglichkeit einer Langzeitauswertung der Ergebnisse über mehrere Fahrzeuge. Tritt beispielsweise im Rahmen der Montage an jedem Versuchsträger an der gleichen Stelle das

gleiche Problem auf, so ist diese ein eindeutiges Indiz für eine vorhandene Prozessschwäche. Es können Abstellmaßnahmen eingeleitet werden. Im umgekehrten Fall gilt auch hier der Grundsatz „weniger ist mehr“. Stellt sich bei bestimmten Funktionen ein stabiler i.O.-Status im Rahmen der Prüfung heraus, der Prozess/die Funktion wird also beherrscht, sollte auch hier der Prüfumfang um diese Funktionsprüfung reduziert werden, Stichproben reichen aus.

#### **6.4.7 Durchgängige Dokumentation von Prüf- und Arbeitsergebnissen**

Dokumentation stellt eine strukturierte Art der Kommunikation zwischen allen Beteiligten dar und nur, wenn alle Beteiligten in der Produktentstehung miteinander kommunizieren, werden es die Steuergeräte im Fahrzeug später auch tun [schleu 99].

Um diese Kommunikation im Sinne einer kundenorientierten Handlungsweise zu vereinfachen, stellt der Einsatz von komplexen elektronischen Systemen im Automobil neben durchgängigen, aufeinander abgestimmten Prüfumfängen im gesamten Versuchsbauprozess in gleicher Weise hohe Anforderungen an eine entsprechend durchgängige Dokumentation der Ergebnisse.

Jeder Prozessnachfolger benötigt für seine Arbeit Informationen aus vorangegangenen Prozessschritten (vgl. Kapitel 6.2.1 und 6.4.1). Im umgekehrten Fall kann sich jedes einzelne Mitglied der Prozesskette nur dann verbessern, wenn es zu den von ihm erzeugten Ergebnissen ein Feedback seines Prozessnachfolgers bekommt. Mit der Einführung einer durchgängigen, mit allen Prozesspartnern abgestimmten Art der Dokumentation für den Bereich Elektrik/Elektronik über alle Prozessschritte des Versuchsbaus soll dieser Forderung entsprochen werden.

Der Inhalt der durchgängigen Dokumentation muss alle Informationen enthalten, die von den einzelnen Prozessteilnehmern für die Wahrnehmung ihrer Tätigkeiten und die Ablage der von ihnen erzeugten Ergebnisse notwendig sind. Daher sind sowohl die Anforderungen der Mitarbeiter als auch die der Führungskräfte und Versuchsbaukunden – hierbei handelt es sich hauptsächlich um die Ergebnisse - bei der Bestimmung zu berücksichtigen. Die notwendigen Informationen hierzu können extrahiert werden aus:

- den bisherigen, für jeden Prozessschritt spezifischen Dokumenten
- den Ergebnissen der Mitarbeiterbefragung (Fragebögen)
- den Ergebnissen der Führungskräfte- und Kundeninterviews

Redundant auftretende Informationen, wie beispielsweise allgemeine Fahrzeugdaten (Fahrzeugnummer, PR-Nummernbeschreibung, etc.) sind im durchgängigen Protokoll nur einmalig aufzuführen.

Weiterhin ist bei der Wahl eines gemeinsamen *Dokumentationssystems* darauf zu achten, dass der Zugriff auf dieses System für alle Beteiligten gewährleistet sein muss. Dies impliziert gleichzeitig die Einführung eines entsprechenden Rechtekonzeptes für den Zugriff auf die Daten. So sollte beispielsweise die Änderung einmal abgelegter Datensätze nur durch denjenigen erfolgen dürfen, der diese eingestellt hat. Der Kunde erhält nur Zugriff auf die von ihm geforderten Daten, welche Probleme der Versuchsbau im Rahmen der Montage des Versuchsträgers gehabt hat, ist für den Kunden nicht relevant und sollte daher für diesen nicht zugänglich sein.

Abbildung 6.19 zeigt das Inhaltsverzeichnis des im Rahmen dieser Arbeit erstellten durchgängigen Prüfprotokolls. Dieses enthält neben den Inhalten in Bezug auf die Prüfumfänge (vgl. Kapitel 6.4.4) weiterhin die Themen „Allgemeine Fahrzeugdaten“, „Dokumentation von Improvisationen und

Änderungen“ sowie Informationen über die „fahrzeugspezifischen Kodierungen“ (vgl. Kapitel 5.1.2).

<b>Prüfbericht Elektrik / Elektronik</b>	
<b>Fahrzeug Nr.: XYZ-1234 5678</b>	
<b>Tabellen Nr.</b>	<b>Inhalt</b>
1	Inhaltsverzeichnis
2	<u>allgemeine Fahrzeugdaten</u>
3	<u>PR-Nummern-Beschreibung</u>
4	<u>offene Probleme / Bemerkungen</u>
5	<u>Teilleiste (Leitungssätze, Anbauteile)</u>
6	<u>SOLL/IST-Vergleich Steuergeräte</u>
7	<u>Umbauten und Improvisationen</u>
8	<u>Funktionsprüfungen</u>
9	Kodierungen <u>9.1 Kodierungen vor Montage</u> <u>9.2 Kodierungen Montage</u> <u>9.3 Kodierungen Dynamische Inbetriebnahme</u>
10	Fehlerspeichereinträge <u>10.1 Fehlerspeicher vor Montage</u> <u>10.2 Fehlerspeicher Dynamische Inbetriebnahme</u> <u>10.3 Fehlerspeicher ZP8</u>
11	<u>Zeiterfassung</u>

Abbildung 6.19: Inhaltsverzeichnis des durchgängigen Prüfprotokolls der Elektrik/Elektronik-Umfänge im Versuchsbau

Da die speziellen Strukturen einer durchgängigen Dokumentation in hohem Masse von den System- und Organisationsstrukturen eines jeweiligen Herstellers abhängig sind, und damit keine generelle Vorgehensweise dargestellt werden kann, wird im Rahmen dieser Arbeit dieser Bereich nicht weiter vertieft.

Jedes Unternehmen muss für sich selbst entscheiden, welches Dateiformat, welches Dokumentationsystem für die beschriebenen Zwecke am sinnvollsten erscheint, die vorgestellten Inhalte jedoch haben im Bereich elektronischer Systeme im Versuchsbau der Automobilindustrie allgemeinen Charakter und können daher übernommen werden.

#### **6.4.8 Durchführung von Pilotversuchen**

Zum Nachweis der Prozessfähigkeit der beschriebenen Vorgehensweisen zum durchgängigen Prüfen und Dokumentieren von elektronischen und softwarebasierten Funktionen und Systemen im Versuchsbau erscheint die Durchführung von Pilotversuchen sinnvoll. Juran definiert diese als „Zwischenstufe zwischen Planungs- und Realisierungsphase eines Projektes, um zu genaueren Erkenntnissen über die zu erwartenden Prozessfähigkeiten zu gelangen“ [jur 91].

Von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Durchführung der Pilotversuche – ihre Ergebnisse entscheiden darüber, ob das Konzept in vollem Umfang realisiert werden kann oder nicht – ist die präzise Definition aller Fragen, auf die die Pilotversuche eine Antwort geben sollen [jur 91]. Dies bedeutet konkret, dass vor dem ersten Pilotversuch die Schritte, die in Kapitel 6.4.2 unter den Punkten „Results“ und „Approach“ aufgeführt und in den Kapiteln 6.4.3 bis 6.4.7 im Detail erläutert wurden, einmal komplett durchlaufen und entsprechende Ergebnisse und Vorgehensweisen in der Theorie festgelegt wurden.

Liegen diese Vorgaben und Anforderungen vor, so können die Pilotversuche geplant werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass, abhängig von der Organisationsstruktur des jeweiligen Herstellers, alle versuchsträgerproduzierenden Organisationseinheiten und innerhalb dieser, jeder einzelne Prozessschritt in die Pilotversuche integriert wird. Die Pilotversuche sind durch das Kernteam zu koordinieren und zu begleiten.

Zusätzlich sollte, da Piloten in allen versuchsträgerproduzierenden Organisationseinheiten durchgeführt werden müssen, das Kernteam jedoch nur mit *einem* Mitarbeiter jedes Prozessschrittes besetzt ist (vgl. Kapitel 6.4.2), aus jeder Organisationseinheit ein Mitarbeiter mit der Begleitung des jeweiligen Piloten in seiner OE betraut werden. Hierdurch entstehen kürzere Informationswege, da das Kernteam auf der einen Seite in jeder Organisationseinheit einen konkreten Ansprechpartner hat und auf der anderen Seite die Mitarbeiter der Organisationseinheit Fragen und Anregungen an einen Kollegen aus ihrem direkten Umfeld richten können. Dieser Mitarbeiter bildet also die Schnittstelle zwischen dem Kernteam und der operativen Organisationseinheit und nimmt die Rolle eines „temporären Kernteammitgliedes“ wahr (Abbildung 6.20).

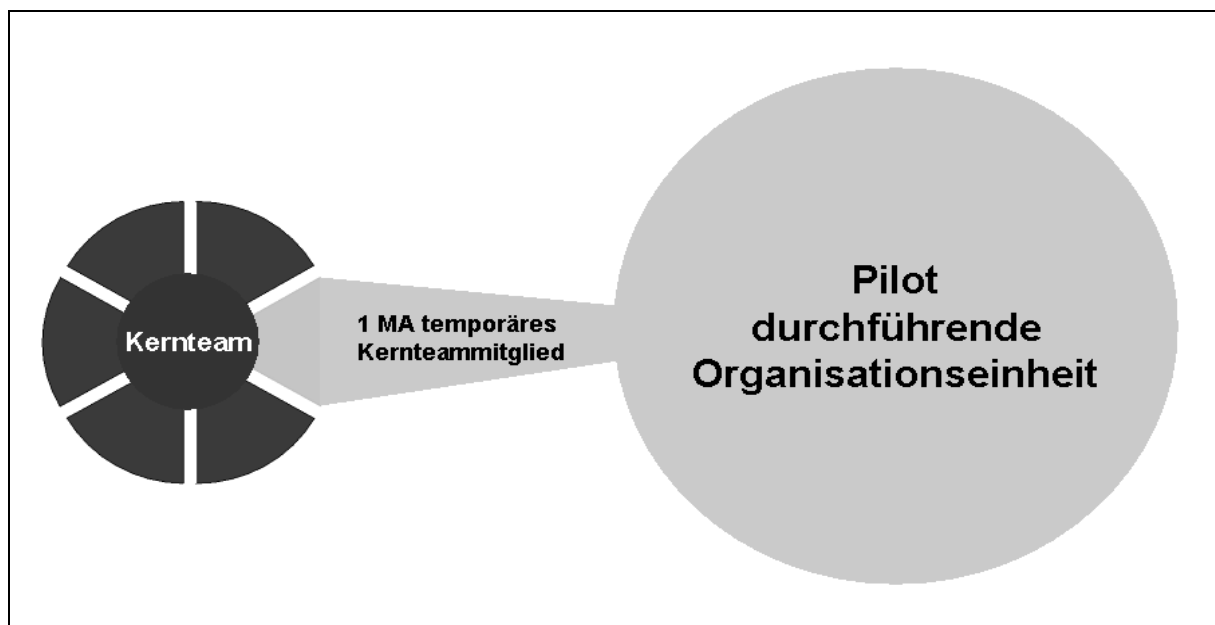


Abbildung 6.20: spezieller Mitarbeiter als Schnittstelle zwischen Kernteam und Organisationseinheit

Liegen die Ergebnisse aus dem ersten Pilotversuch vor, so sind diese vom Kernteam auszuwerten und basierend auf den Ergebnissen Vorgehensweisen zur Optimierung zu erstellen. Die Ergebnisse der Auswertung sowie die entwickelten Optimierungsansätze sind in der Folge an alle am Pilotversuch beteiligten Personen zu kommunizieren. Sollten von dieser Seite Anregungen zur Verbesse-

zung/Änderung der geplanten Vorgehensweisen geäußert werden, so sind diese nach Möglichkeit umzusetzen.

Das beschriebene Vorgehen zur Durchführung von Pilotversuchen ist im Sinne der R.A.D.A.R-Methodik so oft zu durchlaufen, bis das Konzept einen Reifegrad erreicht hat, der die endgültige, für alle Organisationseinheiten verbindliche, Einführung im Versuchsbau erlaubt.

Im Sinne der im TQM verankerten ständigen Verbesserung dürfen die Beendigung der Pilotphase und die endgültige Einführung jedoch nicht dazu führen, dass dem Prozess keine Beachtung mehr geschenkt wird. Auch nach endgültiger Integration in die Prozesse des Versuchsbaus muss darauf geachtet werden, dass auf neue Begebenheiten, wie beispielsweise neue Technologien oder geänderte Organisationsstrukturen, entsprechend reagiert und die Vorgehensweisen angepasst werden.

### **6.4.9 Die Stufen zur konzernweiten Gültigkeit**

Die bisherigen Darstellungen haben nur isoliert den eigentlichen Versuchsbau eines einzelnen Herstellers berücksichtigt. Im Sinne einer umfassenden Vorgehensweise sind jedoch weitere Faktoren zu betrachten. Hierbei handelt es sich um die Transformation der geschilderten Methodik auf

- die versuchsbauexternen, jedoch konzerninternen Aufbauorte von Versuchsträgern (z. B. Pilothallen der Werke)
- die versuchsbauexternen Aufbauorte von Versuchsträgern (Fremdfirmen)
- die Versuchsbauten vorhandener weiterer Konzernmarken

sowie die Integration sonstiger Prozessbeteiligter wie Zulieferer, Fachbereiche der technischen Entwicklung, Produktion und Kundendienst.

Zur Umsetzung der sich hierdurch ergebenden Aufgaben mit dem Ziel konzernerweitlicher, durchgängiger Prozesse und Berichtswesen zu etablieren, wird ein entsprechender Stufenplan vorgeschlagen (Abbildung 6.21).



Abbildung 6.21: Stufenplan zur konzernweiten Umsetzung

Während die zur *Umsetzung* der ersten Stufe in den vorangegangenen Kapiteln detailliert dargestellt wurden, beschränkt sich die Darstellung der weiteren Stufen aus den bereits in Kapitel 6.4.7 dargelegten Gründen – herstellereigenspezifische System- und Organisationsstrukturen - auf die generelle Motivation zur Einführung der Stufe sowie der damit verbundenen Ziele.

#### *Ausweitung auf externe Versuchsträgeraufbauorte*

Reichen die Kapazitäten des jeweiligen Versuchsbaus selbst nicht aus, die benötigte Anzahl an Versuchsträgern herzustellen, so müssen Teilumfänge fremdvergeben werden. Der Versuchsbau vergibt Aufträge zum Bau von Versuchsträgern an Fremd-/Partnerfirmen sowie die Pilothonnen der Werke, in deren Verantwortung die spätere Serienproduktion des Fahrzeugprojektes liegt. Um bei diesen Fahrzeugen für den Kunden in Bezug auf den eigentlichen Versuchsträger sowie auf die Dokumentation ein gleiches Qualitätsniveau zu erreichen und einheitliche Bewertungskriterien bei der Bestimmung der Versuchsträgerqualität zu schaffen, ist es notwendig, die für den Versuchsbau geltenden Prozesse und Vorgehensweisen auf die externen Organisationseinheiten zu übertragen.

#### *Integration sonstiger Prozessbeteiligter*

Ist die Transformation auf externe Versuchsträgeraufbauorte abgeschlossen, werden also die für den Bau von Versuchsträgern im Bereich Elektronik notwendigen Prozesse beherrscht, so ist der Fokus im darauf folgenden Schritt auf die Integration sonstiger Prozessbeteiligter wie Zulieferer, Fachbereiche der technischen Entwicklung, Produktion und Kundendienst zu setzen. Hierbei steht die Beantwortung der folgenden beiden Fragen im Vordergrund:

1. Werden auf Seiten der Zulieferer und/oder der technischen Entwicklung bereits Prüfumfänge durchgeführt, die eine Reduktion der Umfänge und damit eine Reduktion der Kosten und der Durchlaufzeit im Versuchsbau ermöglichen?

2. Besteht die Möglichkeit, bereits im Versuchsbau Prüfmittel und Prüfmethoden aus Produktion und Kundendienst einzusetzen um diese frühzeitig im Produktenstehungsprozess abzusichern?

*Transformation auf die Versuchsbauten weiterer Konzernmarken*

Sind unter dem Dach eines Mutterkonzerns mehrere eigenständige Konzernmarken vereinigt, so existiert in jedem dieser autarken Konzerntöchter ein Versuchsbau mit eigenen Strukturen und Prozessen.

Im Gegensatz zu diesen unterschiedlichen Versuchsbauten steht die Nutzung gleicher Technologien sowie die Gleichteilestrategie in der Automobilindustrie. Die Gleichteile- bzw. Wiederverwendungsstrategie basiert auf der Verwendung bewährter Teile und der Übernahme von Teilen aus anderen Modellen, um daraus ein neues Modell zu machen [cla 92]. Tabelle 6.4 verdeutlicht diesen Sachverhalt am Beispiel des Volkswagen Konzerns, bei dem die Vereinheitlichung von Bauteilen über die Markengrenzen konsequent verfolgt wird [schu 02].

Segment	Plattform	Volkswagen	Audi	Seat	Skoda	Bentley
Kleinwagen	A00/A0	Lupo Polo		Arosa Cordoba Ibiza	Fabia	
Kompakt- und Mittelklasse	A	Golf Bora New Beetle	A3 TT Coupé TT Roadster	Toledo Leon	Octavia	
Mittel- und Obere Mittelklasse	B/C	Passat	A4 A6		Superb	
Oberklasse	D	Phaeton	A8			Name noch nicht vergeben

Tabelle 6.4: Produktplattformen im Volkswagen-Konzern (Quelle [schu 02])

Um den Auswirkungen der Gleichteilestrategie in Bezug auf elektronische und softwarebestimmte Systeme und Komponenten gerecht zu werden und die Vergleich- und Austauschbarkeit von Ergebnissen sicherstellen zu können, sollten auf Konzernebene gleiche Prozesse und Vorgehensweisen herbeigeführt werden.

## 6.5 Beitrag zur Überprüfung und Darstellung der Produktreife

Im Produktentstehungsprozess als einem der Hauptprozesse innerhalb eines Unternehmens hat die Produktreife als ein herausragendes Ergebnis dieses Prozesses hohe Bedeutung [zim 02].

Neben der Reife des Produktes stellt für den Bereich der elektronischen und softwarebasierten Systeme die Reife der entsprechenden Prüf- und Analysekonzepte eine gleichgewichtige Rolle dar. Vor allem die Bereiche Produktion und Kundendienst sind auf einen hohen Reifegrad zum Start der Serienfertigung angewiesen (vgl. Kapitel 3.6).



Aufgrund seines Zuständigkeitsbereiches in der Produktentstehung ist es daher die Aufgabe des Qualitätswesens im Versuchsbau, zu den in seinen Zuständigkeitsbereich fallenden Meilensteinen einen Beitrag zur Überprüfung der Reife des Produktes sowie der Reife der Prüf- und Analysekonzepte zu leisten und die Ergebnisse an die Verantwortlichen zu kommunizieren (Abbildung 6.22).

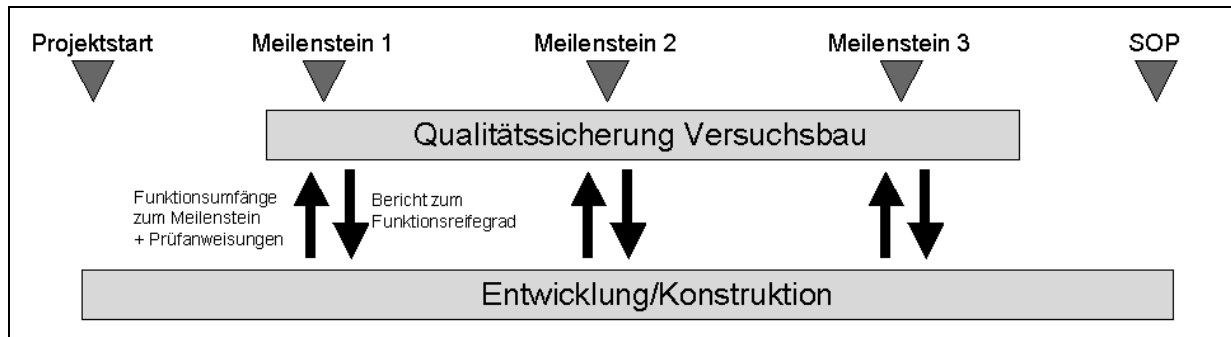


Abbildung 6.22: Bestimmung des Funktionsreifegrades durch die Qualitätssicherung des Versuchsbaus

Der Zugriff auf die ersten Fahrzeuge eines neuen Projektes vom 1. Prototypen bis hin zu Vorserienfahrzeugen ermöglicht es der Qualitätssicherung des Versuchsbaus ab einem sehr frühen Zeitpunkt im Projekt die Funktionalität aller elektronischen Funktionen im realen Fahrbetrieb aus Kundensicht zu beurteilen.

Es wird daher vorgeschlagen, den Schwerpunkt des Beitrags zur Darstellung der Produktreife auf die Darstellung des Funktionsreifegrades und des Reifegrades der entsprechenden, zur Prüfung der jeweiligen Funktion notwendigen Methodik aus Kundensicht zu legen.

Der Begriff „aus Kundensicht“ bezeichnet in diesem Fall die Überprüfung einer Fahrzeugfunktion in einer Art und Weise, in der sie der spätere Endkunde im normalen Fahrbetrieb erwartungsgemäß ebenfalls „durchführen“ wird. Beispielhaft wird hier die Überprüfung der Beleuchtung genannt, die im Rahmen des in der Folge beschriebenen Vorgehens zur Überprüfungen des Funktionsreifegrades durch Ein-, Aus- und Umschalten der verschiedensten Schalter/Beleuchtungsquellen in Verbindung mit einer visuellen Kontrolle durch den Prüfer erfolgt. Auf Messeinrichtungen, die beispielweise zur Messung der Beleuchtungsstärke in Bezug auf einzuhaltende Toleranzen notwendig sind, sollte verzichtet werden. Nur in Fällen, in denen eine Beurteilung durch optische oder haptische Wahrnehmungen nicht möglich ist, ist entsprechende Mess- und Prüftechnik einzusetzen (vgl. Kapitel 6.4.5). Tiefergehende Prüfungen der Produktreife sowie technische Freigaben obliegen den verantwortlichen Fachbereichen der technischen Entwicklung.

Neben einer Überprüfung der generellen Funktionalität impliziert diese kundenorientierte Art der Prüfung zusätzlich eine konzeptionelle Beurteilung elektronischer Systeme. Denn nur Funktionen, die dem Kunden auch einen effektiven Nutzen bringen und ihn aufgrund ihrer Logik oder Komplexität nicht verwirren oder sogar überfordern, werden von ihm auch akzeptiert und genutzt. Beispielhaft sei hier die „Anti-Wummer“-Funktion in Automobilen eines Herstellers von Oberklassefahrzeugen angeführt. Die Anti-Wummerfunktion bewirkte, dass das Schiebedach gerade soweit auf fuhr, das ein während des Öffnens bei schneller Fahrt entstehendes Geräusch, das sogenannte Wummern, unterblieb. Bei dieser generell zur Erhöhung des Fahrkomforts gedachten Funktion vermuteten viele Fahrer jedoch einen Defekt im Schließ-/ bzw. Öffnungsmechanismus des Schiebedaches und steuerten die nächste Werkstatt an [fis 04].

Somit trägt eine auf diese Art und Weise durchgeführte Überprüfung der Funktionalität nachhaltig zur Zufriedenheit des späteren Endkunden bei, in dem Funktions- *und* Konzeptschwächen frühzeitig aufgedeckt und an die Verantwortlichen der Technischen Entwicklung kommuniziert werden können. Im Folgenden wird die bisher in ihren Grundzügen beschriebene Vorgehensweise detaillierter erläutert.

Die theoretische Grundlage zur Umsetzung bilden einzelne Bausteine der Methode des sogenannten „Design-Review“. Unter einem Design-Review – die Review-Technik entstand in den 60er Jahre im militärischen Bereich und in der Raumfahrt – wird nach DIN EN ISO 8402 die dokumentierte, umfassende und systematische Untersuchung eines Objektes zur Beurteilung seiner Fähigkeit verstanden, die gestellten Qualitätsanforderungen zu erfüllen. Ein Untersuchungsobjekt kann dabei eine Entwicklung, Berechnung, Konstruktion oder Konzeption bzw. deren Ergebnis sein. [ISO 95]. Zu diesem Zweck werden am Ende von Bearbeitungsphasen bzw. an definierten Meilensteinen die jeweils vorliegenden Entwicklungsergebnisse kritisch auf Einhaltung der gestellten Forderungen sowie auf Fehler untersucht [pfe 01].

Unterschiede des im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen Vorgehens zur prinzipiellen Vorgehensweise eines Design-Reviews bestehen darin, das im Rahmen von Design-Reviews

- in der Regel ein Team aus Vertretern verschiedener Fachbereiche - beispielsweise Entwicklung/Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Einkauf, Fertigung/Produktion, Marketing, Kundendienst und Qualitätswesen - eingesetzt wird [kam 03], während im vorliegenden Fall nur die Mitarbeiter des Qualitätswesens des Versuchsbaus beteiligt sind. Lediglich die zur Prüfung notwendigen Unterlagen/Vorgaben sind durch die Entwicklung beizusteuern.
- durch das Team neben der Darstellung von Ergebnissen der Prüfung weiterhin Vorschläge für geeignete Maßnahmen zur Korrektur aufgedeckter Abweichungen erfolgen, während das hier dargestellte Vorgehen nur die Überprüfung, die Dokumentation der Ergebnisse und deren Kommunikation an die Verantwortlichen der Technischen Entwicklung vorsieht.

Beiden Methoden gleich ist die Überprüfung von festgelegten Produktspezifikationen anhand spezifizierter Checklisten zu festgelegten Meilensteinen in verschiedenen Stadien der Produktentwicklung. Dabei ist die Qualitätsbewertung durch die Qualitätssicherung des Versuchsbaus, analog zum Design-Review, nicht als Infragestellung der Kompetenz der Verantwortlichen, sondern als gemeinsam vorgenommene Hilfestellung zur Gewährleistung der Zielerreichung zu sehen [kam 03].

### 6.5.1 Festlegung von Qualitäts-Toren im Produktentstehungsprozess

Die Darstellung des Funktionsreifegrades und des Reifegrades der entsprechenden Prüfmethodik erfordert, wie bereits dargestellt, in einem ersten Schritt die Identifikation von definierten Punkten in der Produktentstehung, an denen die Überprüfung durchgeführt werden soll.

Hierzu ist für den Bereich Kfz-Elektronik der Elektrik/Elektronik-PEP (vgl. Kapitel 3.7.2) einer entsprechenden Analyse zu unterziehen.

Sind im E-PEP entsprechende Messpunkte lokalisiert – die „Nutzung“ bereits bestehender Meilensteine stellt hier eine sinnvolle Lösung dar - so sind durch das Qualitätsmanagement an diesen Stellen sogenannte Qualitäts-Tore, engl. Quality-Gates zu definieren. Diese Qualitäts-Tore, in [kam 03] definiert als „kritische Stellen eines Entwicklungsprozesses, an denen beurteilt wird, ob der angestrebte Entwicklungsstand erreicht ist“, sind als Forderung des Qualitätswesens ebenfalls im E-PEP zu verankern um einen bindenden Charakter für alle Prozessbeteiligten zu gewährleisten.

Mögliche Qualitäts-Tore im E-PEP des untersuchten Unternehmens stellen folgende, für die Steuergeräte-Entwicklung relevante, Meilensteine dar:

- A-Muster
- B-Muster
- B2-Muster
- Launchfreigabe
- C-Muster

Abbildung 6.23 zeigt anschaulich, wie die entsprechenden Qualitäts-Tore in den E-PEP eingebettet sind. Aus Gründen der Geheimhaltung wird auf eine detaillierte Definition der einzelnen Begriffe sowie auf Angaben zu Zeiträumen im E-PEP verzichtet. Das Verständnis der generellen Vorgehensweise wird hierdurch jedoch nicht beeinträchtigt.

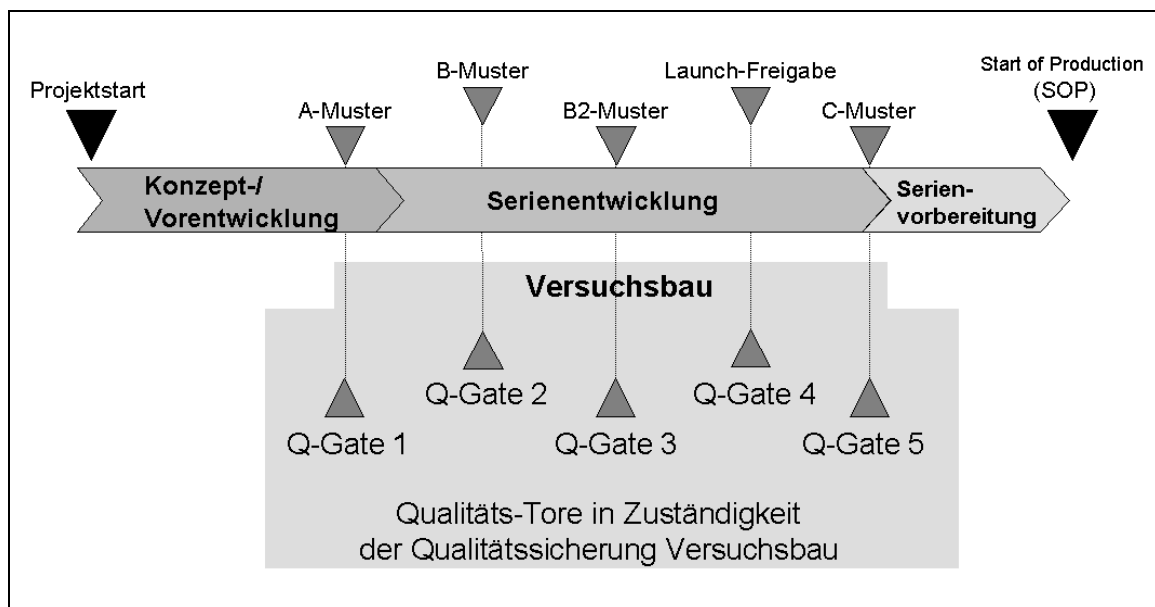


Abbildung 6.23: Qualitäts-Tore zur Funktionsreifegradbestimmung im E-PEP

### 6.5.2 Festlegung der Prüfumfänge zur Funktionsreifeermittlung

Sind Qualitäts-Tore im Produktentstehungsprozess definiert, so besteht die nachfolgende Aufgabe darin, die zu diesen Meilensteinen definierten Entwicklungsziele in Bezug auf den Funktionsumfang zu bestimmen. Die hierzu erforderlichen Zielvereinbarungen müssen zwischen der Qualitätssicherung des Versuchsbaus und den Funktionsverantwortlichen - in der Regel der Konstrukteur des die Funktion enthaltenden Steuergerätes - rechtzeitig vor Beginn eines jeden Prozessabschnittes abgestimmt werden.

Im Rahmen der Zielvereinbarungen sind durch die Qualitätssicherung neben der Beschreibung des zum Zeitpunkt des Quality-Gates geplanten Funktionsumfangs weiterhin ein oder mehrere auf die Funktion abgestimmte Testfälle einzufordern. Ein Testfall beschreibt nach [vda 03] die Kombination von (erforderlichen) Eingaben, Bedingungen und Ausgaben. Im vorliegenden Fall handelt es sich hierbei um die durch den Prüfer durchzuführenden Aktionen (Eingaben), der im Vorfeld her-

beizuführende Systemzustand des Fahrzeugs (Bedingungen) sowie die vom geprüften System erwarteten Reaktionen (Ausgaben).

Als geeignete Medien zur Umsetzung dieser Anforderungen haben sich die Nutzung bereits in der Technischen Entwicklung vorhandener Funktionslisten für den Funktionsumfang (Abbildung 6.24) sowie die Nutzung des Funktionsprüfungskataloges der Technischen Entwicklung, Abbildung 6.25 zeigt einen Ausschnitt, herauskristallisiert.

Stand: ##### Version: ##### Autor: Hm		Dokument J:\02_Software\01_Dokumente\Funktionen.xls																					
Termin																							
Gliederungsnummer	Funktionen	SW-Spezifikation	Anderung	LAH-Kapitel	23.05.2003	26.06.2003	21.07.2003	18.08.2003	22.09.2003	16.10.2003	03.11.2003	24.11.2003	08.12.2003	05.01.2004	31.03.2004	26.04.2004	Implementierungsreihenfolge	Komplexität					
					Soll in Musterstand A-Muster	A1-Muster	A2-Muster	A3-Muster	A4-Muster	Soll in Musterstand B-Muster	B1-Muster	B2-Muster	B3-Muster	Soll in Musterstand C-Muster	C1-Muster	C2-Muster	Soll in der 0-Serie erste Auflage	Soll in der 0-Serie zweite Auflage	Version 2	Ist-Stand 22.05.03			
1	Aussenlicht				71	5															51		
1.1	Klemme_15 Plausibilisierung				X					X				X			O				X	1	hoch
1.2	LDS_Plausibilisierung				X					X				X			O				X	1	mittel
1.3	Lichtdrehschalter (Zeitverzögerung)				X					X				X			O				X	1	mittel
1.4	Parklicht					0				X				X			O				X	2	mittel
1.5	Standlicht				X					X				X			O				X	2	mittel
1.6	Abblendlicht					0				X				X			O				X	2	mittel
1.7	Fernlicht Lichtlupe					0				X				X			O				X	2	mittel
1.8	Nebelscheinwerfer					0				X				X			O				X	2	mittel
1.9	Nebelschlussleuchte					0				X				X			O				X	2	mittel
1.10	Rückfahrleuchten									X				X			O				X	2	mittel
1.11	Coming Home / Leaving Home									X				X			O				X	3	hoch
1.11.1	LDS_Plausibilisierungsspeicher									X				X			O				X	3	mittel
1.11.2	LDS_Signalplausibilisierung									X				X			O				X	3	mittel
1.11.3	Coming Home / Leaving Home									X				X			O				X	3	hoch
1.12	Tagesfahrlicht									X				X			O				X	3	mittel
1.13	Blinker / Warnlicht				X					X				X			O				X	1	mittel
1.13.1	Blinkerhebelplausibilisierung und Blinkerpriorisierung				X					X				X			O				X	1	hoch
1.13.1.1	Warnblinkertasterfunktion				X					X				X			O				X	1	gering
1.13.1.2	Blinkerhebel_Plausibilisierung				X					X				X			O				X	1	gering
1.13.1.3	ZV_Blinken_Plausibilisierung				X					X				X			O				X	1	gering
1.13.1.4	Blinkerpriorisierung				X					X				X			O				X	1	hoch

Abbildung 6.24: Ausschnitt einer Funktionsliste

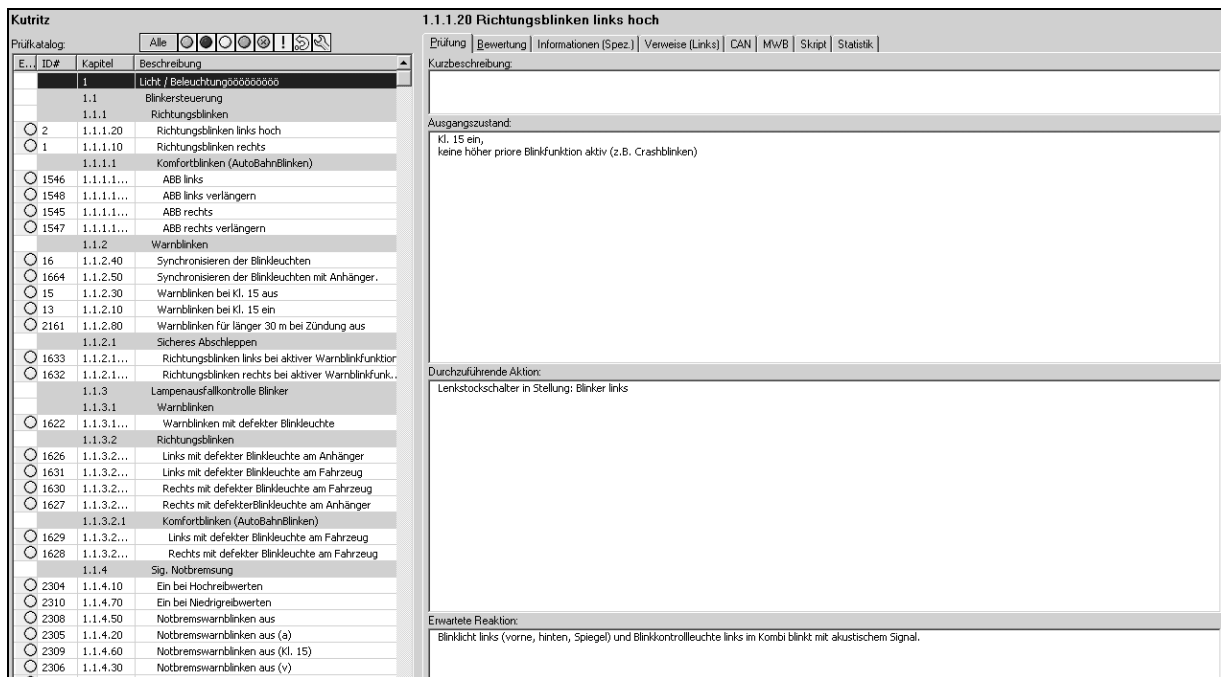


Abbildung 6.25: Ausschnitt aus dem Prüfkatalog der technischen Entwicklung (Quelle Volkswagen)

Aus diesen beiden Medien werden meilensteinspezifische Checklisten erzeugt, welche den zum Zeitpunkt des Quality-Gates aktuellen Funktionsumfang und die den Funktionen entsprechenden Testfälle enthält. Mit Hilfe dieser Checklisten kann das Untersuchungsobjekt vollständig analysiert und geprüft werden.

Das Ergebnis dieser Prüfungen (IST-Stand) wird durch das Prüfteam oder den jeweiligen Einzelprüfer in dafür vorgesehenen Bereichen der Checkliste dokumentiert. Die erzeugten Prüfergebnisse werden im Anschluss mit den festgelegten Anforderungen und Spezifikationen (SOLL-Stand) verglichen und bewertet. Eine mögliche Art der Bewertung und Darstellung wird im Detail in Kapitel 6.5.4 beschrieben.

### 6.5.3 Prüfobjekte mit aktuellem Entwicklungsstand durch Zusammenarbeit mit der Technischen Entwicklung

Die Überprüfung des Funktionsreifegrades an vereinbarten Qualitäts-Tore erfordert neben klaren Vorgaben in Bezug auf Funktionsumfang und Testfälle weiterhin die Existenz von Versuchsträgern, die den Zeitpunkten der Qualitäts-Tore entsprechende aktuelle Entwicklungsstände aufweisen. Die Änderungshäufigkeit von Entwicklungsständen im Bereich elektronischer Systeme (vgl. Kapitel 3.3.2) stellt auch in diesem Fall eine große Herausforderung dar.

In der Folge wird eine Methode aufgezeigt, welche der Qualitätssicherung den Zugriff auf aktuelle Versuchsträger ermöglicht. Dieses Vorgehen basiert auf zwei, im Versuchsbau und der Technischen Entwicklung, bereits gegebenen Voraussetzungen:

1. Für die in Kapitel 4.4.3 vorgestellten Reifegradfahrzeuge der Qualitätssicherung existieren nach Beendigung der Reifegraduntersuchungen keine weiteren Kunden. Die Fahrzeuge können demnach einer neuen definierten Nutzung zugeführt werden.

- Die Technische Entwicklung, hier speziell der Bereich Elektrik/Elektronik-Entwicklung, unterhält einen eigens für die Erprobung elektronischer Systeme wöchentlich aktualisierten Fahrzeug-Pool, den so genannten E-Trägerpool.

Aufbauend auf diesen Voraussetzungen wird eine Integration der Reifegradfahrzeuge in den E-Trägerpool der Technischen Entwicklung vorgeschlagen (Abbildung 6.26).

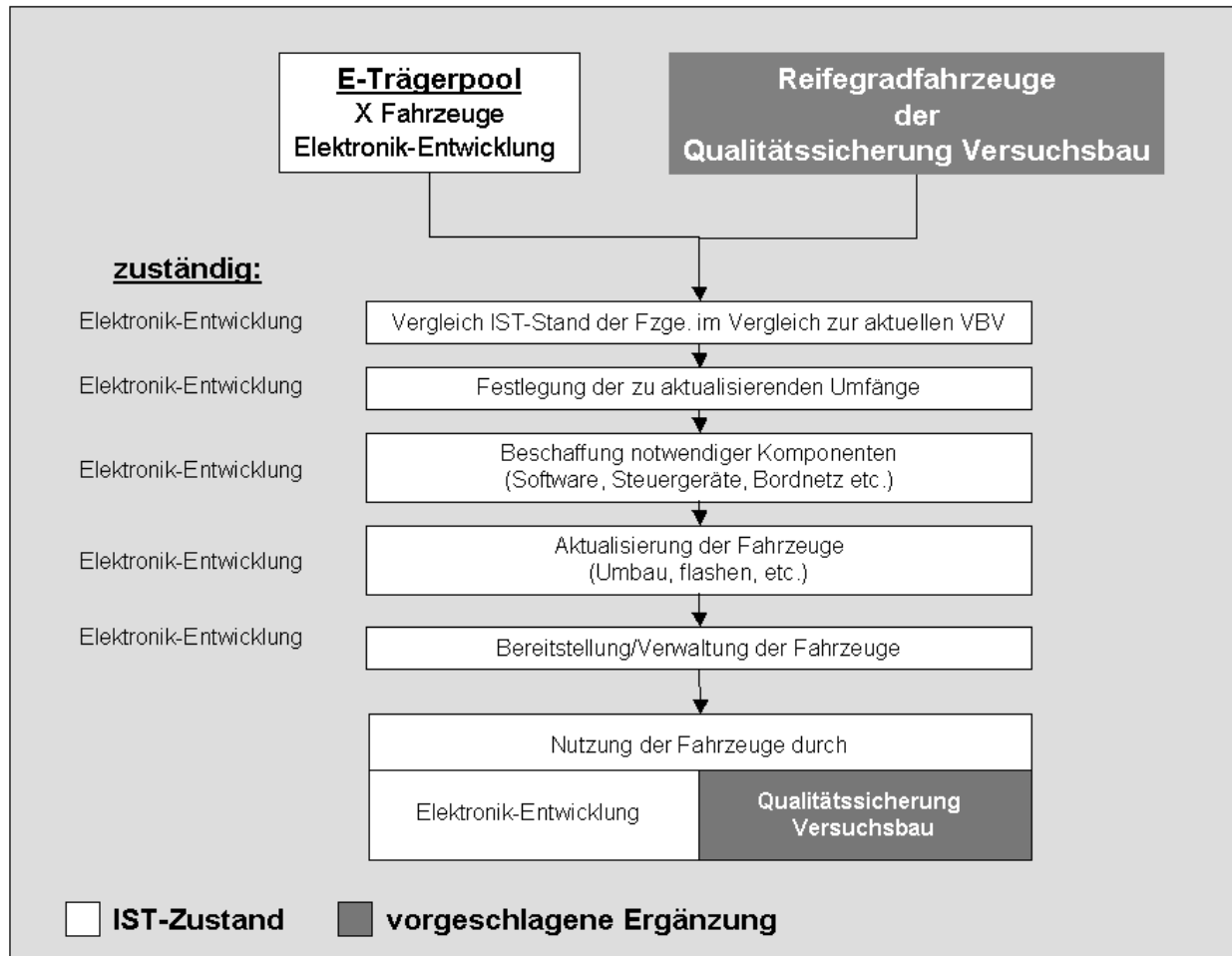


Abbildung 6.26: Vorgehensweise bei der Integration der Reifegradfahrzeuge in den E-Trägerpool der Elektronik-Entwicklung

In gemeinsamen Absprachen mit den für die E-Träger verantwortlichen Mitarbeitern der Elektronik-Entwicklung wurde die folgende 3-phasige Vorgehensweise festgelegt.

*Phase 1:*

Zukünftig werden die Mitarbeiter der Elektronik-Entwicklung bereits bei der Planung eines Reifegradfahrzeuges in die Prozesse mit eingebunden. Gemeinsam werden die Elektrik- und Elektronik-Umfänge für das Fahrzeug festgelegt. Diese bietet zwei Vorteile:

- Die Technische Entwicklung kann ihre Wünsche in Bezug auf die Ausstattung und die Motorisierung in die Planung mit einbringen. Hierdurch wird verhindert, dass das Reifegradfahrzeug äquivalent zu einem bereits bestehenden Fahrzeug im Pool aufgebaut wird. Somit wird eine breitere Streuung der Ausstattungsvarianten für die Erprobung gesichert.

2. Die Qualitätssicherung des Versuchsbaus erhält direkt von den Verantwortlichen der Technischen Entwicklung eine Aussage darüber, ob die geplanten Umfänge zum Aufbauzeitpunkt technisch umsetzbar sind. Dies verringert Kosten für Nacharbeiten und Nachbestellungen von Teilen zur Improvisation konstruktiv nicht umsetzbarer Umfänge.

*Phase 2:*

Während der Aufbauphase des Reifegradfahrzeugs bis zur Integration in den E-Trägerpool wird der Bauzustand in Bezug auf die elektronischen Umfänge wöchentlich gemeinsam durch Technische Entwicklung und Qualitätssicherung überprüft.

Bei Abweichungen erfolgt, analog zur Planung, eine Einschätzung der Umsetzbarkeit durch die Entwicklungsverantwortlichen. Ist eine Aktualisierung möglich, so werden alle notwendigen Aufgaben wie Teilebeschaffung und –bereitstellung sowie die Montagetätigkeiten durch die Qualitätssicherung koordiniert und umgesetzt.

*Phase 3:*

Nach erfolgter Integration des Reifegradfahrzeugs in den E-Trägerpool gehen alle operativen Aufgaben in den Zuständigkeitsbereich der Technischen Entwicklung über. Die hierfür anfallenden Kosten in Bezug auf notwendige Invest- sowie Budget-Umfänge werden im Gegenzug durch die Qualitätssicherung übernommen.

Die dargestellte Vorgehensweise bietet für beide Seiten folgende Vorteile:

- Die Qualitätssicherung erhält zu jeder Zeit Zugriff auf elektronisch aktuelle Versuchsträger in jedem Projekt. Somit ist eine effektive Überprüfung der Funktionsreife an den festgelegten Qualitäts-Toren gewährleistet.
- Die Elektronik-Entwicklung erhält kostenlos bis zu 2 weitere Versuchsträger pro Projekt, und damit zwei weitere Ausstattungsvarianten, zur Erprobung der elektronischen und softwarebasierten Systeme.
- Durch direkten Kontakt zwischen beiden Bereichen wird die Kommunikation untereinander wesentlich verbessert („direkter Draht“).
- Die Abarbeitung von Problemen kann durch die Qualitätssicherung schneller und effektiver vollzogen werden (Probleme an „normalen“ Versuchsträgern können direkt am aktuellsten Entwicklungsstand überprüft/verifiziert werden).
- Die aktive Beteiligung am Entwicklungsprozess fördert die Akzeptanz der Qualitätssicherung im Bereich Technische Entwicklung („die Entwicklung hat einen spürbaren Nutzen durch die Qualitätssicherung“).

#### 6.5.4 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse

Den Abschluss des Kapitels über die Funktionsreifegraddarstellung durch die Qualitätssicherung des Versuchsbau bildet die Vorstellung einer Möglichkeit zur Darstellung der Ergebnisse sowie der Bewertung bzw. Priorisierung von aufgedeckten Problemen.

##### *Darstellung der Ergebnisse*

Die Ergebnisse der Prüfung müssen durch die Qualitätssicherung des Versuchsbaus in der Art aufbereitet werden, dass

- dem Management ein aussagekräftiger, objektiver Überblick über den Funktionsreifegrad zum jeweiligen Qualitäts-Tor und
- den Funktionsverantwortlichen eine aussagekräftige detaillierte Darstellung über den Status jeder einzelnen Funktion

gegeben werden kann. Dies erfordert die Darstellung der Ergebnisse in mehreren Detailstufen. Während für das Management in den meisten Fällen nur der Gesamtstatus des Projektes und weniger der Status einer einzelnen Funktion von Interesse ist, so ist der jeweilige Funktionsverantwortliche, vor allem im Problemfall, auf detaillierte Aussagen zur Funktion, den entsprechenden Randbedingungen sowie den durchgeführten Prüfschritten angewiesen. Diese Informationen werden benötigt, um sie in die notwendigen Abstellmaßnahmen mit einfließen lassen zu können.

Zur Erfüllung dieser Anforderungen wird eine Darstellungsweise in drei Detailstufen vorgeschlagen (Abbildung 6.27). Diese orientiert sich an den einzelnen, den entsprechenden Systemen im Fahrzeug zugeordneten, Kapiteln des Prüfkataloges.

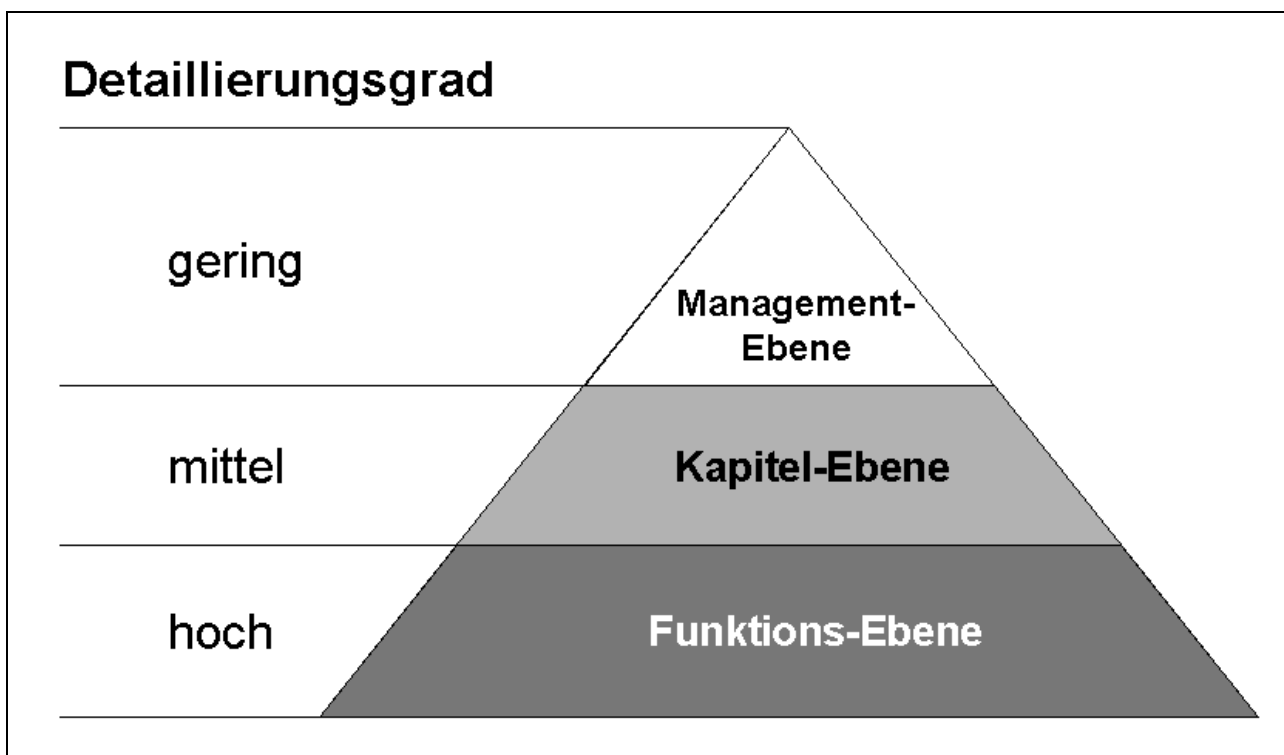


Abbildung 6.27: 3 Detaillierungsgrade zur Darstellung des Funktionsreifegrades aus Kundensicht



Auf der obersten Ebene, diese sei hier mit dem Begriff „Management-Ebene“ bezeichnet, werden die zu einem Meilenstein/Qualitäts-Tor durchgeführten Prüfungen in ihrer Gesamtheit nach folgenden Kriterien bewertet in einem Balkendiagramm dargestellt (Abbildung 6.28):

- Funktion fehlerhaft oder zum Zeitpunkt der Prüfung konstruktiv noch nicht umgesetzt ( es liegt eine Terminüberschreitung zum vereinbarten SOLL-Termins vor).
- Funktion nach SOLL-Vorgabe (Funktionsliste) umgesetzt jedoch aufgrund fehlender Testfälle nicht bewertbar.
- Funktion im Test fehlerunauffällig (eine Bewertung „Funktion i.O.“ kann aufgrund der geringen Prüftiefe nicht erfolgen, dies kann nur im Rahmen einer Freigabe geschehen).

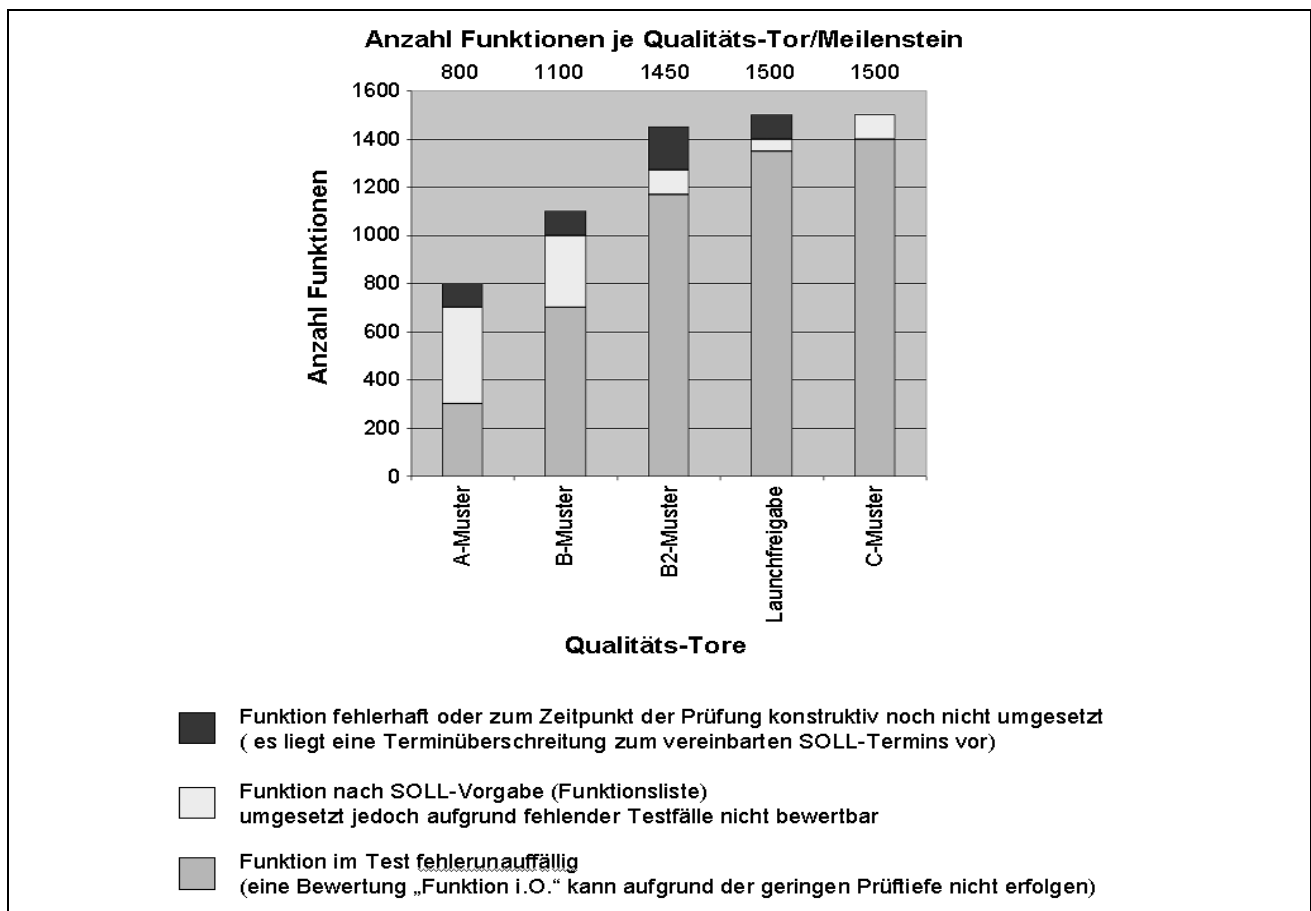


Abbildung 6.28: Management-Ebene der Funktionsreifegraddarstellung (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht)

Die zweite Detailstufe stellt das Ergebnis der Management-Ebene pro Qualitätstor in Bezug auf die einzelnen Kapitel des Prüfkataloges dar (Abbildung 6.29). Diese zweite Ebene kann das Management zu tiefergehenden Betrachtung nutzen, den Funktionsverantwortlichen bietet sie eine Möglichkeit der Orientierung, in welchem Bereich Handlungsbedarf besteht.

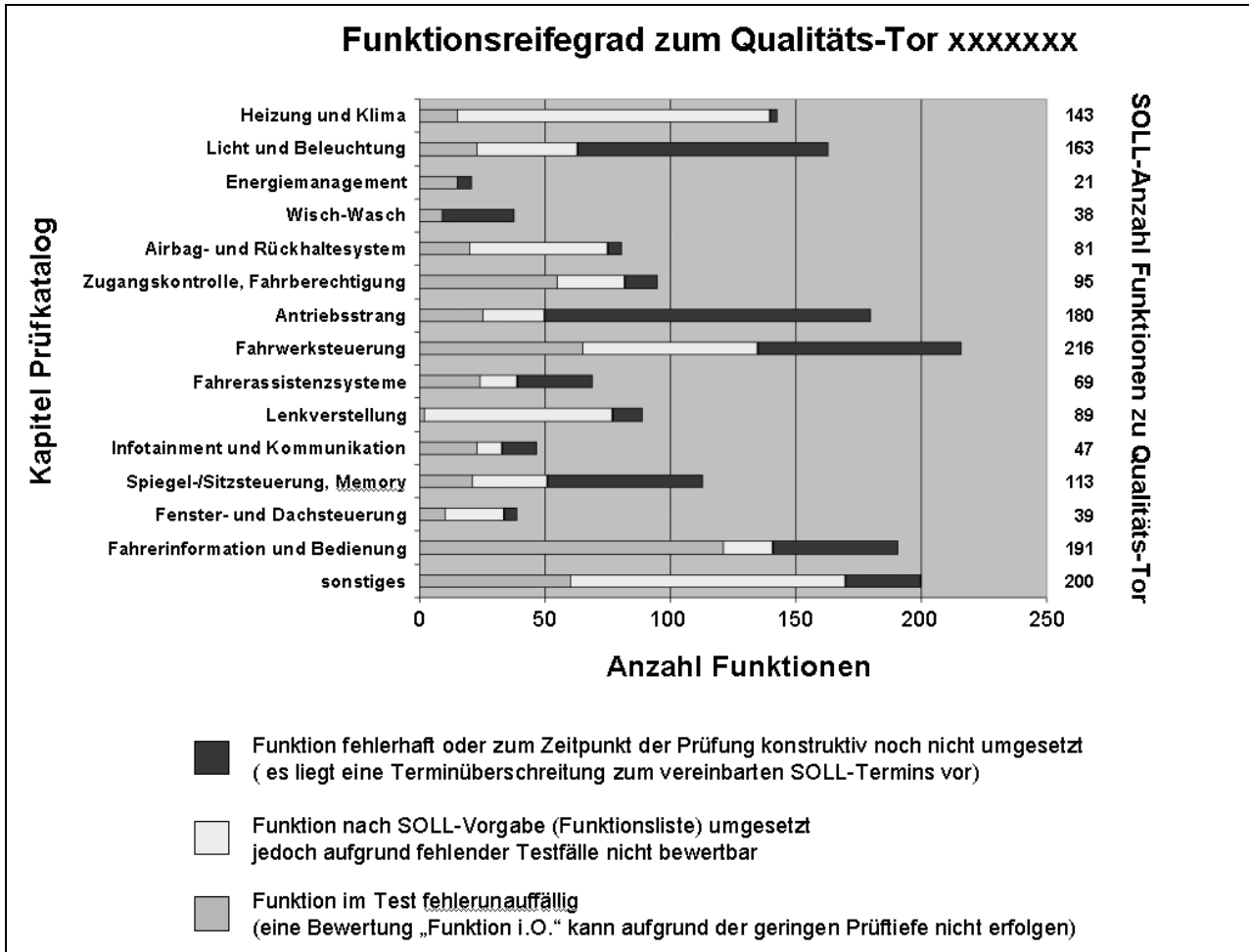


Abbildung 6.29: 2. Detaillierungsgrad der Funktionsreifegraddarstellung auf Systemebene (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht)

In der letzten Stufe erfolgt die Darstellung der Ergebnisse auf der Ebene einzelner Funktionen. Da die Prüfergebnisse jeder einzelnen Funktion bereits in Abhängigkeit der einzelnen Kapitel des Prüfkataloges in den Checklisten dokumentiert werden, ist eine separate Darstellung nicht erforderlich. Vielmehr kann diese bereits vorhandene Dokumentation genutzt werden, um den Funktionsreifeegrad, sowie Randbedingungen und Prüfschritte nachzuvollziehen (Abbildung 6.30).

Funktionsreifeegrad			
Prüfkatalog: <input type="button" value="Alle"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>			
E...	ID#	Kapitel	Beschreibung
		<b>1</b>	<b>Licht / Beleuchtung</b>
		1.1	Blinkersteuerung
		1.1.1	Richtungsblinken
<input type="radio"/>	1	1.1.1.10	Richtungsblinken rechts
<input type="radio"/>	2	1.1.1.20	Richtungsblinken links
		1.1.1.1	Komfortblinken (AutoBahnBlinken)
<input type="radio"/>	1545	1.1.1.1...	ABB rechts
<input checked="" type="radio"/>	1546	1.1.1.1...	ABB links
<input type="radio"/>	1547	1.1.1.1...	ABB rechts verlängern
<input type="radio"/>	1548	1.1.1.1...	ABB links verlängern
		1.1.2	Warnblinken
		1.1.2.1	Sicheres Abschleppen
<input checked="" type="radio"/>	1632	1.1.2.1...	Richtungsblinken rechts bei aktiver Warnblinkfunkt.
<input type="radio"/>	1633	1.1.2.1...	Richtungsblinken links bei aktiver Warnblinkfunktio
<input type="radio"/>	16	1.1.2.1...	Synchronisieren der Blinkleuchten
<input type="radio"/>	1664	1.1.2.1...	Synchronisieren der Blinkleuchten mit Anhänger.
<input type="radio"/>	15	1.1.2.1...	Warnblinken bei Kl. 15 aus
<input type="radio"/>	13	1.1.2.1...	Warnblinken bei Kl. 15 ein
<input type="radio"/>	2161	1.1.2.1...	Warnblinken für länger 30 m bei Zündung aus
		1.1.3	Lampenausfallkontrolle Blinker
		1.1.3.1	Warnblinken
<input type="radio"/>	1622	1.1.3.1...	Warnblinken mit defekter Blinkleuchte
		1.1.3.2	Richtungsblinken
		1.1.3.2.1	Komfortblinken (AutoBahnBlinken)
<input type="radio"/>	1628	1.1.3.2...	Rechts mit defekter Blinkleuchte am Fahrzeug
<input type="radio"/>	1629	1.1.3.2...	Links mit defekter Blinkleuchte am Fahrzeug
<input checked="" type="radio"/>	1626	1.1.3.2...	Links mit defekter Blinkleuchte am Anhänger
<input type="radio"/>	1627	1.1.3.2...	Rechts mit defekterBlinkleuchte am Anhänger
<input type="radio"/>	1630	1.1.3.2...	Rechts mit defekter Blinkleuchte am Fahrzeug
<input type="radio"/>	1631	1.1.3.2...	Links mit defekter Blinkleuchte am Fahrzeug

Abbildung 6.30: Ausschnitt einer Checkliste zur Darstellung des Funktionsreifegrades

### Priorisierung von aufgedeckten Problemen

Neben der Darstellung der Ergebnisse ist eine Priorisierung der aufgedeckten Probleme durchzuführen. Diese dient der Festlegung einer Reihenfolge, in der die vorliegenden Probleme abgestellt werden.

Um das Risiko zu minimieren, dass gerade vor Kunde – hier ist der Endkunde gemeint – relevante Funktionen zum Serienstart nicht oder nur unzureichend umgesetzt sind und/oder entsprechende Prüfmethode fehlen, sollte bei der Priorisierung der im Rahmen der Funktionsreifegradermittlung aufgedeckten Probleme ein starker Endkundenbezug gewährleistet werden. Merkmale endkundenrelevanter Funktionen sind beispielsweise optische/haptische Anmutung, Komforteinschränkungen, Sicherheitsrelevanz und das damit verbundene Thema Produkthaftung. Die genannten Faktoren – abgesehen von Sicherheitsrelevanz und Produkthaftung, diese haben immer eine hohe Priorität – sind im zweiten Schritt auf das erwartete Verkaufsvolumen zu beziehen. Handelt es sich um eine Funktion, die in jedem Fahrzeug integriert wird, so ist der Abstellung eine höhere Priorität zu vergeben, als einer Funktion, die nur für einige wenige Kunden von Interesse ist.

Zur Berücksichtigung dieser Anforderung wird zur Priorisierung die gleiche Methode vorgeschlagen, mit deren Hilfe nach Produktionsstart im Rahmen des Feldfehlerabstellprozesses (FAP) auftretende Probleme bewertet werden. Diese Methode, am Beispiel der Priorisierung von Problemen mit Hilfe der so genannten Qualitäts-Prioritäts-Zahl (QPZ), wird im weiteren Verlauf näher erläutert.

Das Bewertungsschema der QPZ setzt sich aus vier Hauptfaktoren zusammen, welche sich aus jeweiligen Einzelgrößen zusammensetzen (Abbildung 6.31).

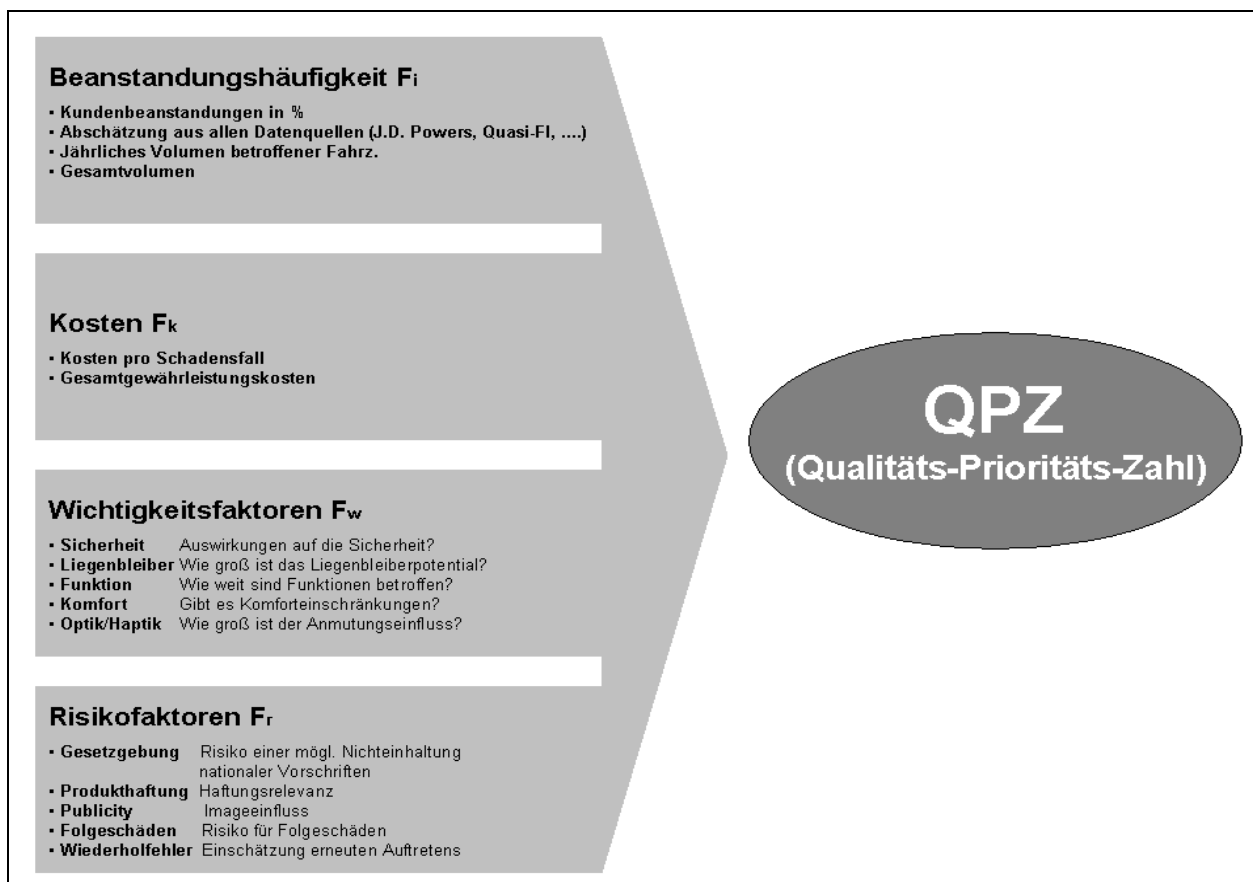


Abbildung 6.31: Die Hauptfaktoren und die darunter liegenden Einzelgrößen der QPZ (Quelle [schu 02])

Diese Faktoren werden anhand der in Abbildung 6.32 dargestellten Rechenformel in die eigentliche QPZ überführt.

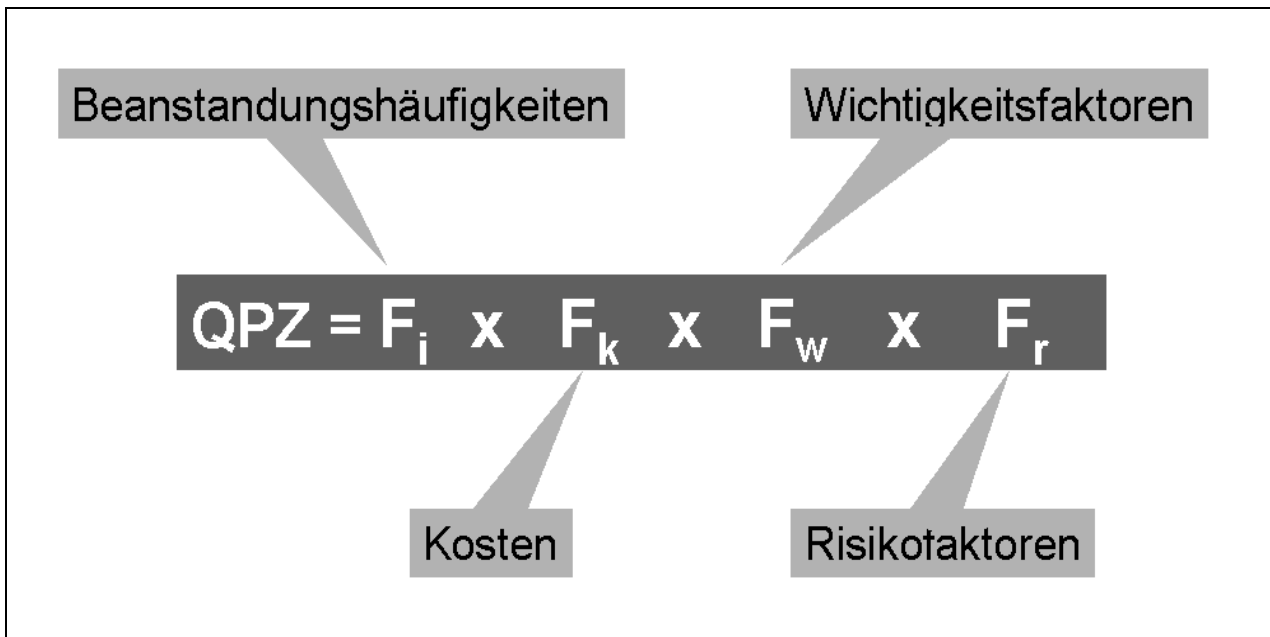


Abbildung 6.32: Berechnungsformel der Qualitäts-Prioritäts-Zahl (QPZ)

Hierbei ist zu beachten, dass bei Ermittlung des Wichtigkeits- sowie des Risikofaktors die einzelnen Untergrößen nicht zu gleichen Teilen sondern - dies soll die absteigende Anordnung verdeutlichen - einer Gewichtung unterliegen. So haben beispielsweise die Größen Sicherheit, Liegenbleiber bzw. Gesetzgebung und Produkthaftung einen deutlich größeren Einfluss bei der Faktorberechnung als die Größen Komfort und Optik [schu 02].

Die Bewertung von Problemen unter Verwendung der QPZ wird durch ein eigens hierfür gegründetes Team durchgeführt, welches sich aus Fachleuten der Bereiche Entwicklung, Qualitätssicherung Versuchsbau, Qualitätssicherung der Serie, Kundendienst und Produktion zusammensetzt.

Der Unterschied einer Bewertung eines Feldproblems in der Serie im Vergleich zu einem im Rahmen der Funktionsreifegradbestimmung aufgetretenen Problems im Produktentstehungsprozess liegt darin, dass für das Feldproblem alle zur Berechnung der QPZ notwendigen Daten vorliegen. Dies gilt vor allem für die Faktoren Beanstandungshäufigkeit und Kosten. Diese können nach Produktionsstart durch Analyse der Felddaten sehr genau erhoben werden, während dies in der Produktentstehung noch nicht möglich ist.

Um dennoch eine realitätsnahe Bewertung auch in der Produktenstehung zu gewährleisten, sollten zur Ermittlung dieser Daten sowohl die für das betroffene Projekt vorgelegten Verkaufsprognosen des Vertriebs (z. B. geplantes Gesamtvolumen, jährliches Volumen durch die Funktion betroffener Fahrzeuge) als auch Prognosen seitens des Kundendienstes (z. B. Kosten pro Schadensfall) herangezogen werden.

Konsequent angewendet ermöglicht diese Methode bereits sehr früh in der Produktentstehung einen Beitrag zur Prävention vor Kunde relevanter Fehler [schu 02].

## 6.6 Lieferantenbetreuung für E-Umfänge im Versuchsbau

Wie in Kapitel 5.2.3 dargestellt, erfordert der hohe Anteil von Prototypenteil-Lieferanten, welche gleichzeitig zum späteren Lieferanten der Serienteile nominiert werden (vgl. Abbildung 5.5), vor allem im Bereich Elektronik und softwarebasierten Systemen spezifische, mit allen an der Lieferantenbetreuung beteiligten Bereichen abgestimmte Methoden und Vorgehensweisen.

Durch seine Aufgabe im Rahmen der Produktentstehung kommt dem Versuchsbau auf dem Gebiet der Lieferantenbetreuung eine entscheidende Rolle zu. Bedingt durch die vorhandene Prozessstruktur von der Beschaffung über die Montage bis hin zur Fahrzeugabnahmeprüfung vor Übergabe an den Kunden des Versuchsbaus durchlaufen Prototypenteile nahezu den gleichen Prozess wie in der späteren Serienfertigung. Somit erhält der Versuchsbau bereits frühzeitig einen umfassenden Einblick in die Qualität der Arbeitsabläufe und Prozesse auf Seiten der Lieferanten sowie die Qualität der von ihnen gelieferten Produkte. Dieses Potential kann genutzt werden, um die späteren Serienlieferanten bereits entwicklungsprozessbegleitend auf die Vorgehensweisen des späteren Serieneinsatzes vorzubereiten. Neben einer Vorbereitung auf die Serienproduktion müssen auch die speziellen Anforderungen an Prototypenteile, hier sei beispielsweise die Notwendigkeit einer im Vergleich zur Serie detaillierteren Teiledokumentation genannt, in einem solchen Vorgehen Berücksichtigung finden. Weiterhin ist im speziellen Gebiet der Kfz-Elektronik darauf zu achten, dass sich die Methoden bzw. eine gemeinsame Methode zur Lieferantenbetreuung, an den spezifischen Meilensteinen und Prozessen orientiert, welche im Rahmen des Elektrik/Elektronik-PEP (vgl. Kapitel 3.7.2) definiert sind.

Unterscheidet sich der Prototypenteilelieferant vom späteren Serienlieferanten, so besteht die Aufgabe der Qualitätssicherung im Versuchsbau einerseits darin, die Umsetzung der Anforderungen an Prototypenteile zu überprüfen und sicherzustellen. Weiterhin müssen bereits in diesem Stadium der Produktentstehung auch an einen reinen Entwicklungslieferanten die gleichen Anforderungen gestellt werden, wie an einen potentiellen Serienlieferanten. Nur so kann gewährleistet werden, dass die Leistungen des Entwicklungslieferanten später durch den Serienlieferanten genutzt werden können. Vor allem im Bereich softwarebasierter Systeme stellt dies hohe Anforderungen an die Softwarequalität (vgl. Kapitel 3.3.4).

Aufbauend auf den in Kapitel 5.2.3 geschilderten Vorgehensweisen der drei Bereiche Qualitätssicherung-Versuchsbau, Serien- und Software-Qualitätssicherung, wird im Folgenden eine Möglichkeit zur gemeinsamen Lieferantenbetreuung aufgezeigt. Der Fokus liegt hierbei im Bereich Lieferantenbetreuung für Prototypenteile und umfasst die im weiteren Verlauf dieses Kapitels im Detail erläuterten Themen:

- Auswahl kritischer Teileumfänge
- Anforderungen an die Teiledokumentation
- Anforderungen im Rahmen von Teileabnahmen
- Lieferantenbesuche

### *Auswahl kritischer Teileumfänge:*

Im Rahmen des derzeitigen Ablaufes der Lieferantenbetreuung im Versuchsbau werden in der Vorbereitungsphase eines neuen Projektes Komponenten oder Systeme bestimmt, die aus Kunden-, Qualitätsaspekten oder Prozessgesichtspunkten durch die Mitarbeiter der Qualitätssicherung des Versuchsbaus als kritisch eingestuft werden. Diese werden mit dem Begriff Prio1Q-Teile bezeichnet und in der Versuchsbauphase im Gegensatz zu den übrigen, „unkritischen“ Umfängen einer besonderen Beobachtung durch die Qualitätssicherung unterzogen. Bereits in diesem ersten Schritt

ist eine gemeinsame Bestimmung der als kritisch einzustufenden Umfänge sinnvoll. Wurden bisher nur versuchsbauinterne Informationen und Erfahrungen für die Auswahl von Prio1Q-Teilen genutzt, so kann die im Folgenden dargestellte Methode eingesetzt werden, um zusätzlich die Anforderungen der weiteren Qualitätsabteilungen, wie beispielsweise der Qualitätssicherung Kaufteile, mit einzubeziehen.

Den Kern der Methode bildet ein aus 4 aufeinander aufbauenden Blöcken bestehender Fragenkatalog, welcher durch die schrittweise Verfeinerung der Kriterien eine definierte, reproduzierbare Priorisierung bzw. Auswahl kritischer Komponenten ermöglicht [poh 04]. Aufgrund seiner Inhalte – die Fragen vereinen die derzeitigen Anforderungen der Serie *und* die des Versuchsbaus – können sowohl Prio1Q-Teile als auch die Komponenten bestimmt werden, die ein Qualifizierungs-Programm für Serienlieferanten erfordern. Der gesamte Fragenkatalog inklusive Erläuterungen zu den einzelnen Fragen ist in Anhang D zu finden. Abbildung 6.33 zeigt den Ablauf der Prio1Q-Teilebestimmung bei schrittweiser Beantwortung der einzelnen Fragen bzw. Frageblöcke.

Auf den entsprechenden Ablauf zur Entscheidung, ob für den Lieferanten der untersuchten Komponente ein Qualifizierungsprogramm für Serienlieferanten durchgeführt wird, wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen. Ein entsprechendes Ablaufdiagramm ist der Vollständigkeit halber in Anhang D zu finden.

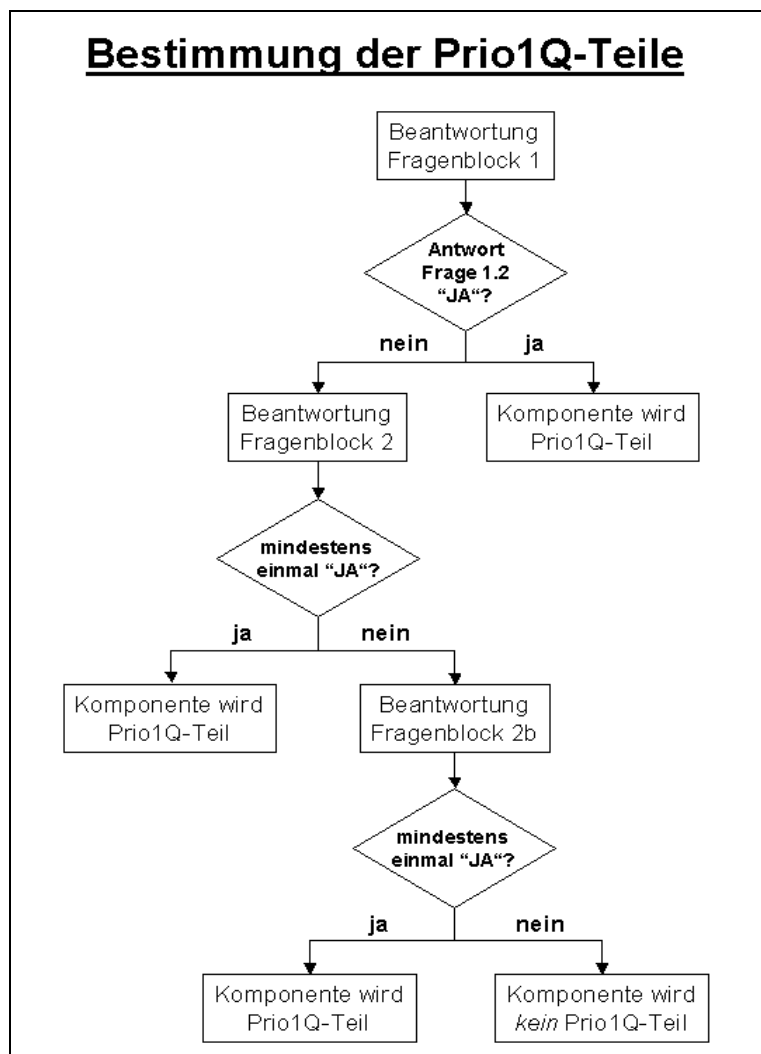


Abbildung 6.33 Bestimmung von Prio1Q-Teilen (Quelle [poh 04])

### Anforderungen an die Teiledokumentation

Sowohl für den Fahrzeughersteller, vor allem aber für den Zulieferer, stellt die Eindeutigkeit der geforderten Dokumentationsumfänge eine Erleichterung der Arbeitsabläufe dar. Liegen unterschiedliche Anforderungen seitens Versuchsbau und Serienfertigung vor, so erfordert dies vom Zulieferer am Übergang zwischen Prototypen- und Serienfertigung eine Umstellung seiner Dokumentationsweisen. Die bereits über den gesamten Zeitraum der Versuchsträgerphase zu entsprechender Reife gebrachte Teiledokumentation wird gegen eine neue ersetzt, welche nicht mehr in notwendiger Art und Weise „erprobt“ werden kann. Unterschiedliche Vorgehensweisen können daher, je nach Fokus des Zulieferers, zu mangelnder Dokumentation im Versuchsbau- oder im Serienprozess führen. Ziel sollte es daher sein, die Forderungen an die Dokumentation so zu formulieren, dass der Dokumentationsumfang für Serienteile eine Untermenge der bereits im Versuchsbau erforderlichen Informationen zu elektronischen Systemen darstellt. Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Während Informationen über den aktuellen Funktionsumfang – welche der geplanten Funktionen sind zum Lieferzeitpunkt bereits umgesetzt, welche noch nicht - eines elektronischen Systems in der Entwicklungsphase zu Prüf- und Erprobungszwecken zwingend erforderlich sind, so stellen diese Informationen im späteren Serienprozess keine Notwendigkeit dar, da in diesem Fall von 100%iger Funktionalität ausgegangen werden muss.

Anders verhält sich die Situation im Bereich Steuergeräte-Bedatung (Abbildung 6.34), also des Formates bzw. der Darstellungsart von Soft- und Hardwareständen sowie Teilenummern sowohl auf dem Label (äußere Bedatung) als auch in den entsprechenden elektronischen Speichern des Steuergerätes (innere Bedatung). Diese Informationen kennzeichnen den entsprechenden Bauzustand eines Fahrzeugs in Bezug auf seine elektronischen Systeme und sind daher sowohl für den Versuchsbau, für die Serienfertigung sowie im Problemfall auch für den Kundendienst zwingend erforderlich.

**Bei der Bedatung von elektronischen Steuergeräten in Bezug auf HW- und SW-Stände gelten ab dem A-Muster folgende Vorgaben:**

**allgemeines:**

- zulässige Zeichen für die Bedatung von HW- und SW-Ständen sind die Ziffern 0...9
- die Länge für die Bezeichnung von SW-Ständen beträgt maximal 4 Zeichen.
- die Länge für die Bezeichnung von HW-Ständen beträgt maximal 3 Zeichen.
- innere u. äußere Steuergeräte-Bedatung bzgl. HW-, SW-Stand muss identisch sein

**innere Bedatung**

- SW-Versionen werden in der Steuergeräte-Identifikation (SG-Ident) dokumentiert
- HW-Versionen werden in der erweiterten Steuergeräte-Identifikation (ESG-Ident) dokumentiert

**äußere Bedatung**

- Zur deutlichen Unterscheidung auf dem **Label** wird dem eigentlichen  
→ **Hardware**-Index      die Buchstaben-Trennzeichen-Kombination **HW :**  
→ **Software**-Index      die Buchstaben-Trennzeichen-Kombination **SW :**  
vorangestellt
- Der zweite Buchstabe „**W**“ und das Trennzeichen „:“ der zusätzlichen Kennzeichnung dürfen bei Platzmangel auf dem Label entfallen

Abbildung 6.34 Vorgaben der Steuergeräte-Bedatung für Soft- und Hardware-Stände (Beispiel)

Im Falle dieser beiden Beispiele muss demnach ein gemeinsam mit allen beteiligten Bereichen abgestimmter Anforderungskatalog sowohl detaillierte Informationen über den Funktionsumfang zum Lieferzeitpunkt (bis SOP), als auch durchgängige, einheitliche Vorgaben zur Steuergeräte-Bedatung



enthalten. Diese Anforderungen sind in der Folge durch die entsprechend zuständigen Qualitätssicherungsabteilungen auf ihre Umsetzung hin zu überprüfen.

### *Anforderungen im Rahmen von Teileabnahmen*

Ähnlich wie bei der Dokumentation müssen auch die im Rahmen von Teileabnahmen geltenden Anforderungen wie beispielsweise Verfahrensanweisungen, Prüfumfänge und –anweisungen bereichsübergreifend abgestimmt und einheitlich formuliert sein. Auch hier ist es notwendig, den Lieferanten bereits frühzeitig mit den späteren Serienanforderungen zu konfrontieren, um die vor Produktionsstart notwendigen Freigabe-Prüfungen sorgfältig vorbereiten und zu Produktionsstart eine möglichst hohe Reife der Produkte erreichen zu können. Das Temperaturverhalten und die damit verbundenen Prüfungen eines Systems bei Kälte und Hitze sollten beispielsweise bereits frühzeitig nach Serienvorgaben durchgeführt werden, damit zum Zeitpunkt der eigentlichen Freigabe-Prüfung keine Probleme auftreten. Probleme kurz vor Beginn der Serienfertigung ziehen in der Regel kosten- (vgl. Kapitel 1.1) und vor allem zeitintensive Maßnahmen nach sich. Während finanzielle Mittel in der Regel bereitgestellt werden können, ist die notwendige Zeit für solche Maßnahmen jedoch kurz vor Produktionsstart nicht mehr gegeben, das Produkt würde somit vor Kunde zu Ende erprobt, die Gefahr von Rückrufaktionen und erhöhten Feldfehlerraten steigt an.

Der Unterschied zum Vorgehen beim Thema Teiledokumentation besteht darin, dass für eine aussagekräftige, „vorgezogene“ Freigabeprüfung ein dem späteren Serienstand entsprechender Reifegrad des zu analysierenden Systems vorliegen muss. Dies ist in der Regel erst im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium gegeben. Die Dokumentation hingegen muss bereits zu Beginn der Entwicklung klar definiert und die Umsetzung konsequent eingehalten und überprüft werden (siehe Abschnitt *„Anforderungen an die Teiledokumentation“*). Daher ist es sinnvoll, den Zeitpunkt für vorgezogene Freigabe/Abnahme-Prüfungen im Entwicklungsprozess entsprechend dem im E-PEP verankerten Meilenstein der Elektrik/Elektronik-Entwicklung zu bestimmen, an dem diese Voraussetzung gegeben ist. Auf eine genauere Beschreibung von Anforderungen wird an dieser Stelle verzichtet, da diese herstellerepezifisch sind und daher keine generelle Vorgehensweise dargestellt werden kann.

### *Lieferantenbesuche*

Ein gemeinsames, über die verschiedenen Organisationseinheiten der Qualitätssicherung abgestimmtes, Vorgehen zur Lieferantenbetreuung erfordert neben gleichen Prozessen auch ein gemeinsames Auftreten dem Zulieferer gegenüber. Nur so erhalten die gemeinsamen Forderungen die notwendige Akzeptanz auf Seiten der Zulieferer und das Risiko unterschiedlicher Prioritäten und Absprachen zwischen Zulieferer und Organisationseinheiten des OEM wird minimiert. Die Erfahrungen im Rahmen dieser Arbeit haben gezeigt, dass gerade die Forderungen des Versuchsbaus aufgrund von Forderungen anderer, für die spätere Serienfertigung zuständigen Qualitätssicherungsabteilungen, weniger Beachtung finden als dies erforderlich ist. Ein gemeinsames Auftreten des OEM hat auch für den Zulieferer Vorteile. Er bekommt direkt zu Beginn des Projektes einen Überblick über die Zuständigkeiten der gesamten Prozesskette und hat direkt Kontakt zu allen Ansprechpartnern des OEM. Es wird daher vorgeschlagen, Termine und Inhalte für Lieferantenbesuche vor Projektbeginn mit allen Beteiligten gemeinsam zu planen und die geplanten Besuche zu den festgelegten Zeitpunkten gemeinsam durchzuführen.

Sind zu allen oben genannten Themen übereinstimmend entsprechende Vorgehensweisen, Termine, Meilensteine sowie Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten erarbeitet und festgelegt worden, so sollten diese in Form eines für den Bereich „Lieferantenbetreuung“ geltenden Qualitätsmanage-

mentplanes sowie weiteren, mitgeltenden Verfahrens- Prüf- und Arbeitsanweisungen fixiert werden. Um hierbei dem Prinzip der ständigen Verbesserung (vgl. Kapitel 2) gerecht zu werden, müssen sowohl der Qualitätsmanagement-Plan als auch die mitgeltenden Unterlagen neuartigen Erkenntnissen entsprechend ständig aktualisiert, angepasst und, wenn notwendig, erweitert werden. Ebenfalls sollten die festgelegten Umfänge in den für die Entwicklung elektronischer und softwarebasierter Systeme gültigen PEP integriert werden, um auch im gesamten Prozess der Produktentstehung die erforderliche Gültigkeit zu erlangen.

In Bezug zu Abbildung 5.6 stellt Abbildung 6.35 eine mögliche, auf den oberen Ausführungen basierende, Struktur eines gemeinsamen Vorgehens für die Lieferantenbetreuung im Zeitraum des Versuchsbaus dar. Durch die Umsetzung der beschriebenen Vorgehensweisen können die bereits in Kapitel 5.2.3 aufgezeigten Vorteile erreicht, und damit ein bereichsübergreifender Schritt in Richtung Excellence getan werden.

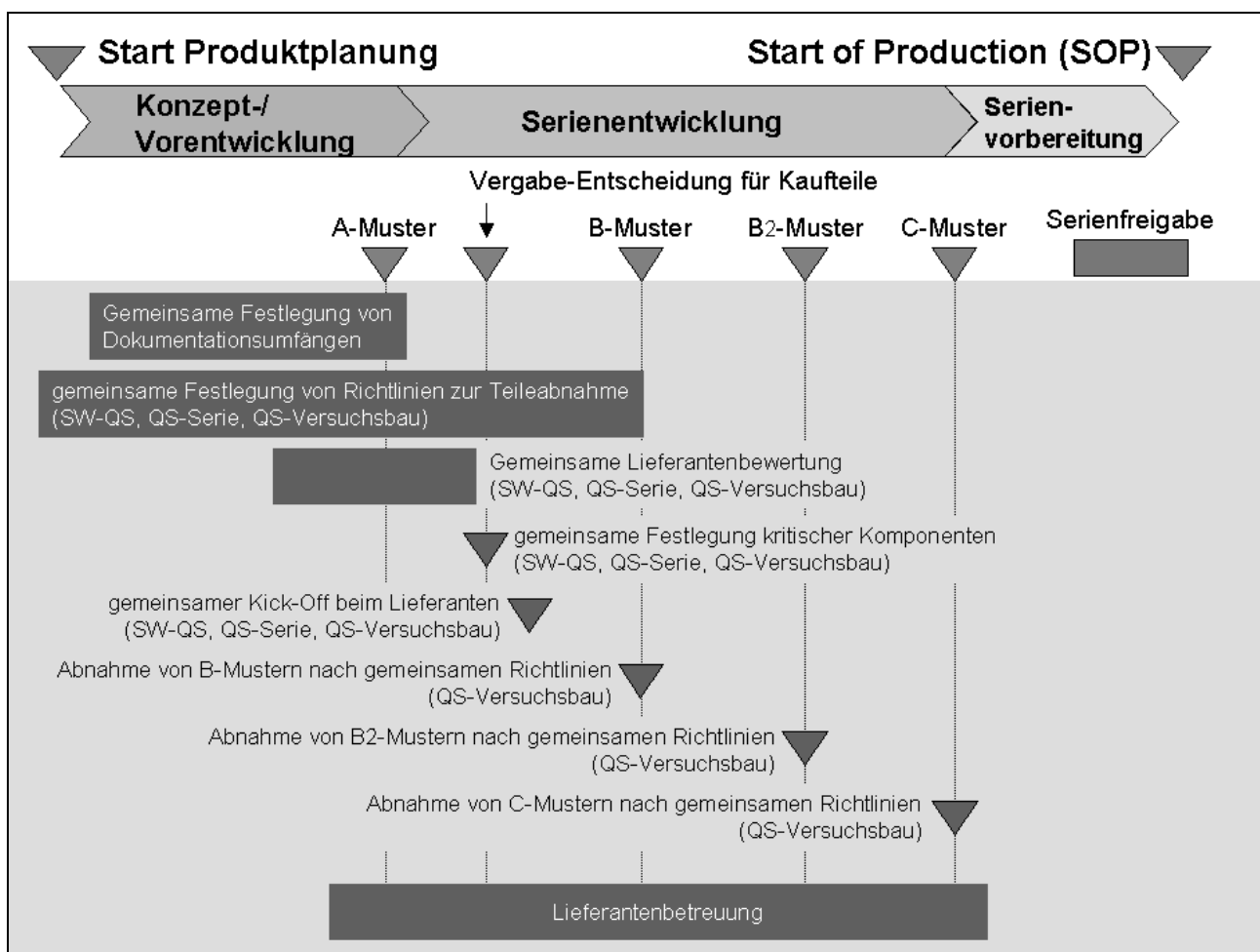


Abbildung 6.35 gemeinsame Lieferantenbetreuung im Versuchsbau

## **6.7 Einbindung von Produktions- und Kundendienstprüftechnik in die Prozesse des Versuchsbaus**

Im Streben nach Excellence führt nur die Betrachtung des gesamten Netzwerks und die Berücksichtigung der Interessen aller Beteiligten zum Erfolg [har 02]. Daher müssen auch im Versuchsbau neben den internen ebenfalls die externen Prozessschnittstellen, sowie die Systemgrenzen eindeutig definiert [VDA, Prozessorientierung] und die enge Verzahnung aller Geschäftsbereiche sichergestellt werden [zim 02].

Bei Betrachtung der Strukturen im Bereich Produktentstehung wird deutlich, dass der Versuchsbau, aufgrund seiner „strategischen Lage“ im Produktentstehungsprozess, die ideale Plattform darstellt, um die Bereiche Forschung und Entwicklung auf der einen und die Produktion und den Kundendienst auf der anderen Seite bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt zusammenzuführen. Der Versuchsbau stellt bildlich gesprochen eine Art Brücke zwischen diesen Bereichen dar, die ein großes Potential zur Förderung der Kommunikation zwischen Entwicklung, Produktion und Kundendienst bietet.

Einen Schwerpunkt der Zusammenarbeit und Kommunikation der genannten Bereiche stellen die in Kapitel 5.2.2 erläuterten Anforderungen in Bezug auf die frühzeitige, parallele Entwicklung von Fahrzeug und Serien- sowie Kundendienstprüftechnik dar. Um den Reifegrad der Prüftechnik und der dazugehörigen Prüfmethode entsprechend ihres Entwicklungsfortschrittes beurteilen zu können müssen diese unter Serienbedingungen und an fahrfähigen Versuchsträgern erprobt werden. Im Idealfall stehen zu diesem Zweck für die Belange der Produktion bereits im Versuchsbau seriennahe Montageabläufe zur Verfügung (vgl. Kapitel 5.2.2), auftretende Funktionsprobleme werden, wenn möglich, mit bereits vorhandener Prüftechnik des Kundendienstes analysiert. Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben – Ziel sollte es sein, diese herbeizuführen -, so müssen durch den Versuchsbau entsprechende Alternativen angeboten werden, die eine frühzeitige Erprobung der entsprechenden Prüftechniken und Prüfmethode ermöglichen.

Eine Möglichkeit stellt die Nutzung der Reifegradfahrzeuge (vgl. Kapitel 4.4.3) durch die entsprechenden Bereiche dar. Durch die Integration der Reifegradfahrzeuge in den E-Träger-Pool und den hierdurch möglichen Zugriff auf wochenaktuelle Versuchsträger (vgl. Kapitel 6.5.3) wird der Versuchsbau in die Lage versetzt, den Bereichen Kundendienst und Produktion Fahrzeuge mit aktuellen Bauzuständen zur frühzeitigen, intensiven Erprobung der entsprechenden Prüftechnik zur Verfügung zu stellen. Schon während der Montage eines Reifegradfahrzeugs – diese erfolgt entsprechend dem Taktplan der späteren Serie – können erste Überprüfungen erfolgen, ob die durch die Produktion geplanten Prüfumfänge zu den jeweiligen Zeitpunkten im Montageablauf umsetzbar sind. Bei Abweichungen kann direkt reagiert und, wenn notwendig, zusammen mit den Entwicklungsabteilungen vor Ort eine Lösung erarbeitet werden. Ist das Fahrzeug fertig montiert besteht für den Kundendienst die Möglichkeit, seine Prüfmethode und Prüftechnik zu erproben.

Neben elektronisch aktuellen Versuchsträgern als Voraussetzung für die Erprobung und den Einsatz von Serienprüftechnik stellt die frühzeitige Existenz der entsprechenden Prüfprogramme für die Serienprüfsysteme eine weitere Herausforderung dar. Als eine Möglichkeit, wie dieser Herausforderung begegnet werden kann, wird im folgenden Abschnitt die Integration von E-Meisterböcken in die Prozesse des Versuchsbaus thematisiert.

### 6.7.1 Integration der E-Meisterböcke in den Versuchsbau

Zur Erstellung und Verifikation der notwendigen Prüfprogramme für Serienprüfsysteme sowie im Rahmen der Feldfehleranalyse und Mitarbeiterschulung werden im Bereich Produktion mit Beginn der Vorserie sogenannte „E-Meisterböcke“ betrieben (Abbildung 6.36). Der Begriff des E-Meisterbockes leitet sich dabei von dem aus dem Bereich Mechanik stammenden Meisterbock ab. Im klassischen Meisterbock werden werkzeugfallende Blechteile in einer Messaufnahme zueinander gefügt und anhand dieses Aufbaus die Konstruktions- und Fertigungsqualität der Teile in ihrem Zusammenwirken geprüft. Die Aufnahme findet hierbei nach dem Referenzpunktsystem statt. Somit können SOLL-IST-Abweichungen festgestellt werden.

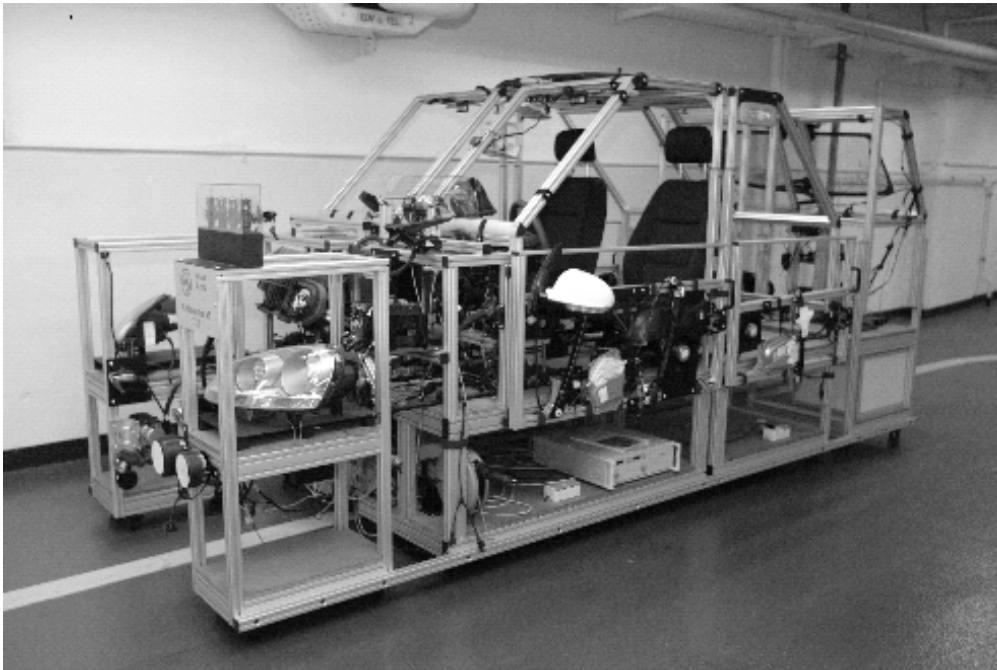


Abbildung 6.36: Der E-Meisterbock (Quelle Volkswagen)

Betrachtet man im Vergleich zu den hier dargestellten E-Meisterböcken die in Kapitel 3.4.3 erläuterte „Referenzkarossen“ der Technischen Entwicklung, so wird deutlich, dass der Aufbau beider Systeme als nahezu gleich zu betrachten ist. Beide bestehen aus einem kompletten Bordnetz mit Steuergeräten und der zugehörigen Sensorik und Aktorik, sowie notwendiger Peripherie zur Simulation von Signalen, die vom Fahrzeug selbst nur im regulären Fahrbetrieb erzeugt werden (Motortemperatur etc.).

Im Gegensatz zur nahezu identischen Ausstattung beider Aufbauten, sind jedoch deutliche Unterschiede sowohl in der Nutzung - die unterschiedlichen Nutzungsbereiche beider Aufbauten zeigt Abbildung 6.37 – als auch im Trägerkonzept zu erkennen.

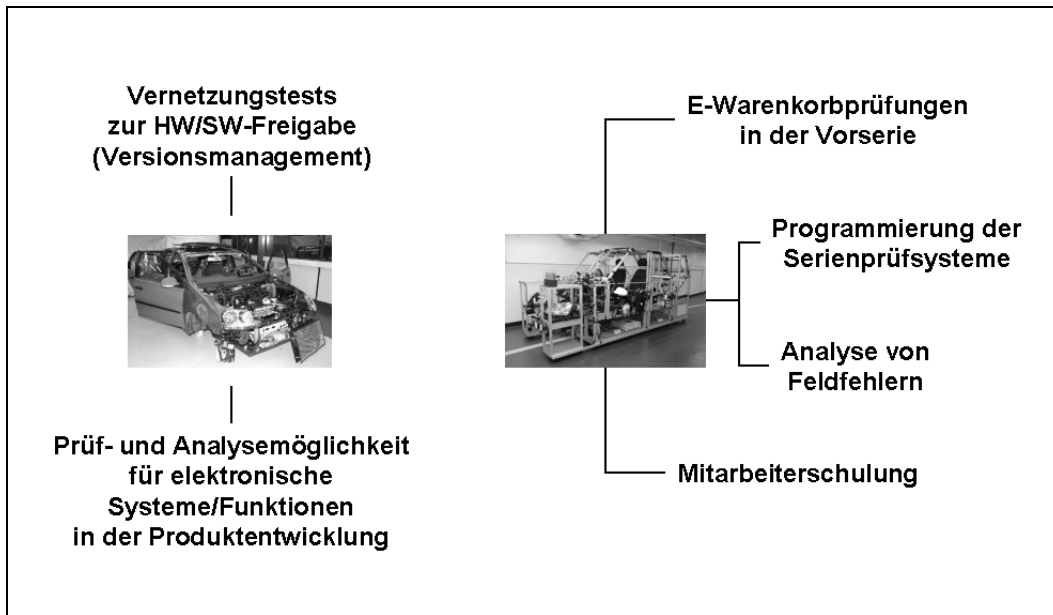


Abbildung 6.37: Nutzung von Referenzkarossen und E-Meisterbock (Quelle [web 04])

Während bei Referenzkarossen eine dem Projekt entsprechende Rohkarosse genutzt wird (vgl. Abbildung 3.12), kommt für den E-Meisterbock ein Aluminium-Rahmenprofil zum Einsatz (vgl. Abbildung 6.36). Die Vor- und Nachteile beider Konzepte zeigt Tabelle 6.6.

Referenzkarossen	E-Meisterböcke
<b>Vorteile</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• original Massekonzept</li> <li>• projektspezifische Einbauproben möglich</li> <li>• projektspezifische Funktionsprüfungen möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geringerer Anschaffungspreis</li> <li>• alle Komponenten leicht zugänglich</li> <li>• wiederverwendbar für Folgeprojekt oder anderes Projekt</li> </ul>
<b>Nachteile</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• höherer Anschaffungspreis, da Prototypenkarossen</li> <li>• nicht wiederverwendbar, da projektspezifisch</li> <li>• Komponenten zum Teil nur schwer zugänglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• simuliertes Massekonzept</li> <li>• projektspezifische Einbauproben nicht möglich</li> <li>• projektspezifische Funktionsprüfungen nur bedingt möglich</li> </ul>

Tabelle 6.6.: Vor- und Nachteile der Aufbaukonzepte von Referenzkarosse und E-Meisterbock (Quelle [web 04])

Die geschilderten Begebenheiten lassen im ersten Schluss die Vermutung zu, dass ein gemeinsamer Aufbau ausreichend ist, da die Referenzkarosse in der Hauptsache Bestandteil des Produktentstehungsprozesses, der E-Meisterbock hingegen erst ab der Vorserie zum Einsatz kommt (Abbildung 6.38).

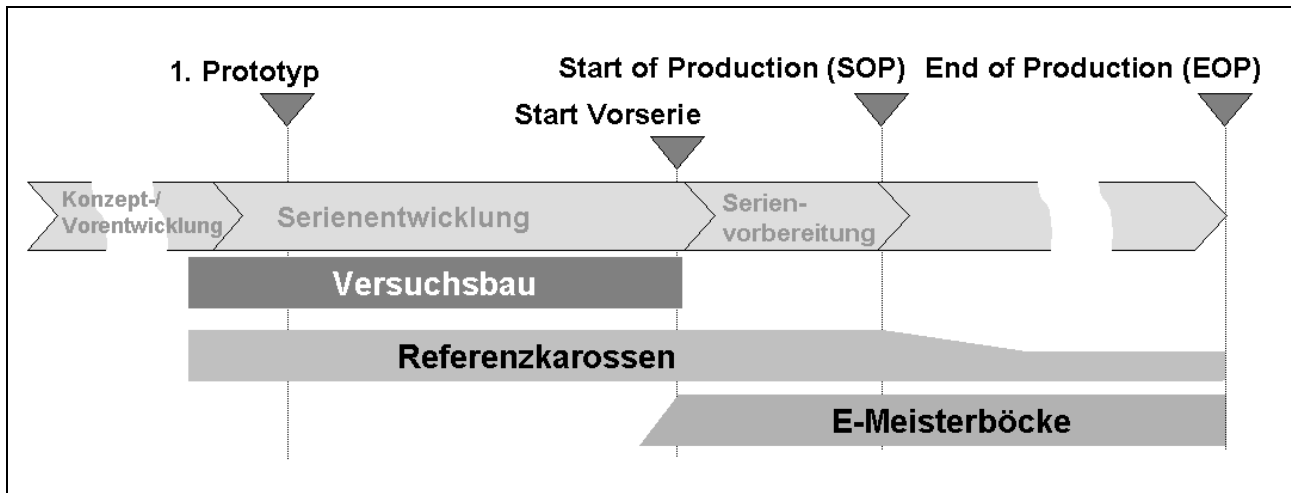


Abbildung 6.38: Referenzkarosse und E-Meisterbock im Produktentstehungsprozess

Bei genauerer Betrachtung wird jedoch deutlich, dass der Einsatz *beider* Aufbauten für die Sicherstellung der Qualität elektronischer und softwarebestimmter Systeme notwendig ist. Der Grund hierfür liegt in der starken Auslastung beider Aufbauten im Zeitraum von Beginn der Vorserie bis zum Produktionsstart.

Erst mit zunehmendem Serieneinsatz des Fahrzeuges nimmt die Auslastung an den Referenzkarossen aufgrund des stabileren Versionsmanagement in Form längerer Änderungsintervalle im Bereich der SW- und HW-Änderungen ab. Im Gegensatz hierzu erfährt der E-Meisterbock durch seine Nutzung im Rahmen der Feldfehler-Analyse, Mitarbeiter-Schulung etc. eine auch weiterhin konstante Auslastung.

Aufgrund der beschriebenen Auslastungsproblematik beider Aufbauten sowie den in Kapitel 5.2.2 dargestellten Anforderungen – frühzeitige Absicherung der Serienprüftechnik – wird im Rahmen dieser Arbeit vorgeschlagen, ab einem zu definierenden Zeitpunkt projektspezifische Referenzkarossen sowie E-Meisterböcke frühzeitig parallel im Versuchsbau aufzubauen (Abbildung 6.39). Folgende Punkte sollten hierbei Beachtung finden:

1. Da für die Erstellung der Serienprüftechnik-Programme die Existenz der Eigendiagnosefunktionalität der Steuergeräte von entscheidender Bedeutung ist, ist der Aufbauzeitpunkt des E-Meisterbockes projektabhängig so zu wählen, das diese Voraussetzung erfüllt ist.
2. Die Kosten für die Aufbauten werden, wie bisher, durch die jeweiligen Bereiche (Referenzkarosse → Entwicklung, E-Meisterbock → Produktion) übernommen.
3. Aufgrund des durch die Referenzkarossen bereits vorhanden Know-Hows werden die zentralen, organisatorischen Aufgaben in Bezug auf Teilebeschaffung, Pflege, Aktualisierung und Koordination sowohl für die Referenzkarossen als auch für die E-Meisterböcke während der gesamten Entwicklungsphase dem Versuchsbau zu übertragen.
4. Referenzkarossen und E-Meisterböcke werden für die Dauer der Entwicklungsphase an einem gemeinsamen Standort betrieben, der für alle Beteiligten zugänglich ist.
5. Nach Ablauf der Prototypenphase verbleibt die Referenzkarosse wie bisher in der Entwicklung, der E-Meisterbock wird mit Beginn der Vorserie dem entsprechend produzierenden

Werk zum weiteren Gebrauch zur Verfügung gestellt. Das Werk übernimmt ab diesem Zeitpunkt ebenfalls alle zur Teilebeschaffung, Pflege und Koordination notwendigen Aufgaben.

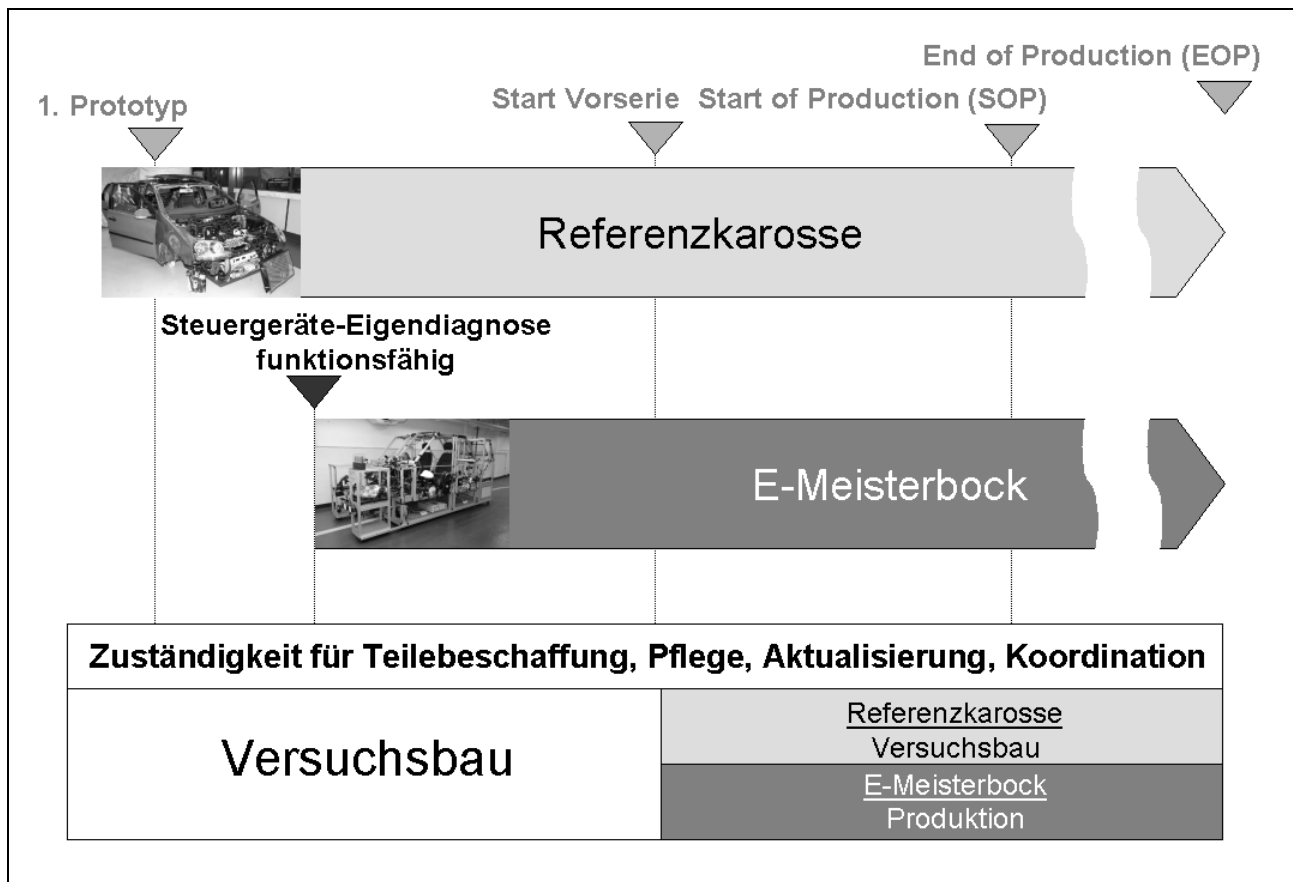


Abbildung 6.39: Paralleler Aufbau von Referenzkarossen und E-Meisterböcken im Versuchsbau

Ein solches Vorgehen zeigt für beide Seiten, sowohl für die Technische Entwicklung als auch für den Bereich Produktion folgende Vorteile:

- Frühzeitig im Produktentstehungsprozess können zukünftig zwei verschiedene Ausstattungsvarianten (z. B. Diesel und Benziner / Highline- und Lowline-Ausstattung) sowohl durch die Entwicklungs- als auch durch die Produktionsabteilungen genutzt werden.
- Die derzeit hohe Auslastung der Referenzkarossen wird reduziert.
- Die Kommunikation beider Bereiche wird durch gemeinsame Nutzung der Aufbauten verbessert.
- Aufgrund des Vorlaufes (siehe Abbildung 6.39) und der wöchentlichen Aktualität der Referenzkarossen können durch Folgenutzung von „alten“ Bauständen aus den Referenzkarossen im E-Meisterbock Beschaffungskosten eingespart werden.
- Aufgrund des durch die Referenzkarossen bereits vorhanden Know-Hows bei der Beschaffung der notwendigen Komponenten ( Kontakt zum Konstrukteur, Kenntnis der aktuellen Verbauvorschrift, Kontakte zu den Zulieferern etc.) im Versuchsbau werden Logistik-Prozesse vereinfacht und somit im Bereich Produktion Kosten eingespart.
- Aufgrund einer verlängerten Entwicklungs- und Absicherungsphase können die für die Serienprüfanlagen notwendigen Basisprogramme frühzeitig im Produktentstehungsprozess zur notwendigen Reife gebracht werden.

- In Verbindung mit der Einbindung von Mitarbeitern aus dem produzierenden Werk in die Prozesse des Versuchsbau – ein solches Vorgehen wird in Kapitel 6.8.2 detailliert beschrieben - stellt die Integration der E-Meisterböcke in den Versuchsbauprozess für die produzierenden Werke eine effektive Art und Weise der präventiven Mitarbeiterqualifikation dar.

## 6.8 Mitarbeiterqualifikation

Die Erkenntnis, dass die Wertschöpfung im Unternehmen – hier in Bezug auf den Versuchsbau in der Automobilindustrie – zwar durch den Einsatz technischer Hilfsmittel unterstützt, aber letztendlich von Menschen erbracht und gesteuert wird [kam 03], macht deutlich, dass die Kompetenz der Mitarbeiter eine entscheidende Rolle bei der Einführung und Umsetzung eines umfassenden Qualitätsmanagements spielt [pfe 01].

Diese Kompetenz kann durch unterschiedliche Qualifizierungsmaßnahmen erreicht und verbessert werden [pfe 01], wobei unter Qualifizierung der Prozess verstanden wird, in dem die Fähigkeiten und Kenntnisse zur Erfüllung einer bestimmten Rolle/Aufgabe entwickelt werden [vda 03].

Ziel der Ausführungen dieses Kapitels ist es, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie der Aufbau von Kompetenz durch versuchsbauintern organisierte Qualifizierungsmaßnahmen für Mitarbeiter der Qualitätssicherung Versuchsbau sowie Mitarbeiter der bauenden Werke unterstützt werden kann.

### 6.8.1 Qualifikation interner Mitarbeiter

Wie bereits in Kapitel 5.1.5 erläutert, existiert im Versuchsbau, aufgrund der immer zahlreicher komplexer werdenden Systeme im Bereich Elektronik, erhöhter Qualifikationsbedarf auf Seiten der Mitarbeiter. In diesem Kapitel sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie im Bereich Qualitätssicherung Versuchsbau die Mitarbeiter, die im Rahmen ihrer Tätigkeiten mit elektronischen Systemen konfrontiert werden, durch interne, kostengünstige Maßnahmen für die Erfüllung ihrer Aufgaben qualifiziert werden können.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass im weiteren Verlauf der Ausführungen nur die Mitarbeiter betrachtet werden, die keine Mitarbeiter der elektrisch- und elektronikspezifischen Organisationseinheit innerhalb der Qualitätssicherung des Versuchsbau sind. Die Kompetenz dieser Fachkräfte im Umgang mit elektrischen und elektronischen Funktionen im Fahrzeug kann, aufgrund der entsprechenden fachlichen Ausbildung, durch die folgenden internen Maßnahmen nicht gefördert werden und wird gleichermaßen als gegeben vorausgesetzt.

Im ersten Schritt ist festzulegen, welche Mitarbeiter für den Umgang mit elektronischen Systemen im Fahrzeug qualifiziert werden müssen. Dabei dienen die folgenden vier Gruppen als Orientierungshilfe:

- Qualitätsprüfer der Montage-Organisationseinheiten
- Sachbearbeiter der Montage- Organisationseinheiten
- Führungskräfte der Montage- Organisationseinheiten
- sonstige Mitarbeiter der Qualitätssicherung Versuchsbau

Die zu entwickelnden Qualifizierungsmaßnahmen sind auf die jeweilige Stellung der Mitarbeiter fachlich und hierarchisch abzustimmen [pfe 01].



*Schulung Grundlagen der Kfz-Elektrik/Elektronik*

Um bei Mitarbeitern, die keine entsprechende Ausbildung durchlaufen haben, ein Grundverständnis für elektrische und elektronische Systeme im Kraftfahrzeug aufzubauen, wird vorgeschlagen, für diese Mitarbeitern in einem ersten Schritt eine Schulung in den Grundlagen der Elektrotechnik durchzuführen.

Die Inhalte einer solchen Maßnahme müssen für Fachfremde entsprechend einfach verständlich aufgebaut sein. Die Planung und Erstellung der notwendigen Schulungsunterlagen sowie die Durchführung der eigentlichen Qualifizierungsmaßnahme kann hierbei, aufgrund der Ausbildung, durch die Fachkräfte der Qualitätssicherung selbst erfolgen. Mögliche Inhalte stellt Abbildung 6.40 dar.

<p><u>Inhalt:</u></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einleitung</li><li>2. Sicherheitsregeln</li><li>3. Elektrische Stromkreise</li><li>4. Elektrische Größen</li><li>5. Ohmsches Gesetz</li><li>6. Schaltzeichen</li><li>7. Leitungsfarben</li><li>8. Sicherungen</li><li>9. Klemmenbezeichnungen</li> <li>10. Elektronische Bauteile</li><li>11. Digitale Datenübertragung</li><li>12. Bus-Systeme</li> <li>13. Mess- und Prüftechnik</li> <li>14. Entwicklungen in der Kfz-Elektronik</li> <li>15. weiterführende Literatur</li></ol>
--

Abbildung 6.40: mögliche Inhalte einer Schulung „Grundlagen der Elektrotechnik“

Neben theoretischen Ausführungen sollte ein solches Schulungskonzept weiterhin einen praktischen Anteil enthalten, in dessen Rahmen die Teilnehmer den Umgang mit der im Versuchsbau für elektronische Systeme eingesetzten Mess- und Prüftechnik kennenlernen.

Dies kann beispielsweise durch Einsatz der Prüftechnik an mit Fehlern präparierten Fahrzeugen geschehen, eine Möglichkeit hierfür stellt die Nutzung der Reifegradfahrzeuge dar.

*Teilnahme am Fahrzeug-Intensivtest*

Aufbauend auf diesen Grundlagen wird im nächsten Schritt eine „learning-by-doing-Phase“ vorgeschlagen. Hierbei werden die zu qualifizierenden Mitarbeiter ihrem zugeordneten Fahrzeug-Projekt entsprechend direkt an Versuchsträgern im Umgang mit den elektronischen Systemen geschult.

Ein geeignetes Medium stellt der bereits beschriebene Fahrzeug-Intensiv-Test (FIT) dar, an dem die Mitarbeiter der elektrisch- und elektronikspezifischen Organisationseinheit regelmäßig teilnehmen. Zusätzlich zur Teilnahme dieser Mitarbeiter sind die zu schulenden Mitarbeiter in die Aktivitäten zum FIT mit einzubinden. Es empfiehlt sich hierbei, Teams aus Fachkräften und fachfremden Mitarbeitern zu bilden, wobei der Anteil der fachfremden Mitarbeiter nicht mehr als doppelt so hoch

sein sollte, um eine effektive Betreuung während des FIT zu gewährleisten. Während des FIT sollten sowohl der praktische Einsatz der entsprechenden Mess- und Prüftechnik als auch die Prüfung von Fahrzeugfunktionen unter Zuhilfenahme des Prüfkataloges der Entwicklung durchgeführt werden. Beides stellt beispielsweise eine grundlegende Voraussetzungen zur Erfüllung der Aufgaben im Rahmen der Zählpunkt-8-Umfänge dar und ist daher primär zur Qualifizierung der Qualitätsprüfer der Montage-Organisationseinheiten einzusetzen.

Die Teilnahme der sonstigen oben genannten Gruppen dient vor allem der Aufgabe, diesen Mitarbeitern durch praxisbezogene Beispiele die hohe Komplexität der elektronischen Systeme und damit die Notwendigkeit entsprechender Maßnahmen wie beispielsweise erhöhte Prüfzeiten und -umfänge im Montageprozess zu verdeutlichen, um so die Akzeptanz hierfür zu steigern.

*Integration in die Funktionsreifegradbestimmung*

Die dritte Maßnahme zur Qualifizierung stellt die konsequente Weiterführung der zweiten dar. Nachdem die zu schulenden Mitarbeiter durch Teilnahme an den Fahrzeug-Intensiv-Tests unter fachkundiger Anleitung den Umgang mit der Mess- und Prüftechnik und den Umgang mit dem Prüfkatalog erlernt haben, können die entsprechenden Mitarbeiter als Unterstützung zur Überprüfung des Funktionsreifegrades eingesetzt werden.

Da die Testfälle des Prüfkataloges alle notwendigen Aktivitäten, Bedingungen und Reaktionen detailliert beschreiben (vgl. Kapitel 3.4.4), können die Prüfungen durch die Mitarbeiter allein, ohne Unterstützung der Fachkräfte, durchgeführt werden. Neben einem Schulungseffekt - alle betroffenen Mitarbeiter werden in regelmäßigen Abständen mit den neuesten Entwicklungsständen konfrontiert und somit auf dem Stand der Technik gehalten - ermöglicht diese Vorgehensweise aufgrund der größeren Personalkapazität eine breitere Streuung an geprüften Fahrzeugen im Rahmen der Funktionsreifegradbestimmung, was wiederum zur Festigung der Ergebnisse beiträgt.

Sollte entsprechender Bedarf erkennbar sein, so können, unabhängig von den Prüfungen an den Qualitäts-Toren, auch zwischen diesen Meilensteinen Fahrzeuge aus dem in Kapitel 6.5.3 beschriebenen E-Trägerpool zu Schulungszwecken genutzt werden.

Die Qualifikationsmatrix [pfe 01] in Tabelle 6.7 stellt ein Hilfsmittel dar, um zu verdeutlichen, welche der Gruppen an welcher der beschriebenen Qualifizierungsmaßnahmen notwendigerweise (X) oder optional/auf freiwilliger Basis (O) teilnehmen sollte.

	<b>Schulung Grundlagen der Kfz-Elektrik/Elektronik</b>	<b>Teilnahme am Fahrzeug-Intensivtest</b>	<b>Integration in die Funktionsreifegradbestimmung</b>
<b>Prüfer der Montage Organisationseinheiten</b>	X	X	X
<b>Sachbearbeiter der Montage Organisationseinheiten</b>	O	X	O
<b>Führungskräfte der Montage Organisationseinheiten</b>		O	
<b>sonstige Mitarbeiter</b>	O	O	O

Tabelle 6.7: Qualifikationsmatrix für Mitarbeiter in der Qualitätssicherung Versuchsbau

### 6.8.2 Integration von Mitarbeitern aus Produktion und Kundendienst

Als Beitrag zur Sicherstellung der Qualität gefertigter Einheiten in den produzierenden Werken wurde in Kapitel 6.7 der frühzeitige Einsatz von Serien- und Kundendienstprüftechnik sowie ein Vorziehen der E-Meisterböcke in die Prozesse des Versuchsbaus vorgeschlagen und eine mögliche Methode dargestellt, wie eine solches Vorgehen umgesetzt werden kann.

Von gleichermaßen entscheidender Bedeutung ist, neben einem hohen Reifegrad der Prüftechnik, die Qualifikation der Mitarbeiter in Produktion und Kundendienst in Bezug auf die elektronischen und softwarebasierten Systeme in einem neuen Fahrzeugprojekt. Denn nur, wenn der Mitarbeiter „seine“ Systeme kennt, ist er in der Lage, die Möglichkeiten, die sich ihm durch Prüf- und Analysetechnik bieten, effektiv nutzen zu können.

Demnach erfordert auch dies präventive Maßnahmen seitens der beteiligten Unternehmensbereiche, um das notwendige Know-how in den fertigen Werken und den Institutionen des Kundendienstes zu Produktionsstart sicherzustellen.

Eine Möglichkeit, die im Folgenden näher erläutert wird, stellt die frühzeitige Integration von Mitarbeitern aus Produktion und Kundendienst in die Prozesse des Versuchsbaus, hier speziell in die Prozesse der Qualitätssicherung, dar. Diese Vorgehensweise bringt – die folgende Aufzählung erhebt nicht den Anspruch der Vollständigkeit – für die genannten Bereiche folgende Vorteile mit sich:

- Aufbau von fachlichem Know-How in Bezug auf die elektronischen und softwarebasierten Systeme des kommenden Fahrzeugprojektes frühzeitig in der Produktentstehung
- Aufbau von Know-How im Umgang mit der entsprechenden Serien- und Kundendienstprüftechnik bei neuartigen Systemen und Komponenten
- Aufbau von Kontakten zu den entsprechenden Fachbereichen der technischen Entwicklung (nutzbringend im Fall von Problemen in der späteren Serie)
- Überprüfung geplanter Serien- und Kundendienstprozesse (z. B. Taktpläne, Fehlersuche) bereits an Prototypen (z. B. Reifegradfahrzeuge, FIT-Fahrzeuge, E-Träger)
- Know-How im Umgang mit notwendigen EDV-Systemen (z. B. SuSI)
- Aufgrund der Gleichheit von Prototypen- und Serienlieferanten im Bereich Elektronik (vgl. Kapitel 5.2.3) frühzeitiger Kontakt zu Lieferanten

Neben dem Nutzen auf Seiten der Produktion und des Kundendienstes birgt ein solches Vorgehen bei entsprechendem, sorgfältig geplantem Einsatz der Mitarbeiter auch für das Qualitätswesen im Versuchsbau ein großes Unterstützungspotential. Beispielhaft werden hier genannt:

- der Transfer von fachlichem Know-How aus dem Vorgängerprojekt in das Folgeprojekt (z. B. aus dem Vorgängerprojekt bekannte Probleme, Kenntnis über Serienabläufe etc.)
- die zeitliche Entlastung der Mitarbeiter durch Vergabe von Aufgabenpaketen an „externe“ Mitarbeiter und damit Schaffung freier Kapazitäten
- die Verbesserung der Kommunikation zum später produzierenden Standort durch den Aufbau von persönlichen Kontakten
- die fachliche Unterstützung bei der Nutzung von Serien- und Kundendienstprüftechnik

Die geschilderte Integration muss frühzeitig im Produktentstehungsprozess – im Rahmen dieser Arbeit wird hierzu der Meilenstein des Projektentscheides (PE) vorgeschlagen - von allen erforderlichen Bereichen gemeinsam geplant werden. Ist eine Vorgehensweise mit allen Beteiligten abgestimmt, genehmigt und hat sich diese im Rahmen von Pilotprojekten als praktikabel erwiesen, so ist

sie, analog zu den in Kapitel 6.5.1 vorgeschlagenen Qualitäts-Toren, entsprechend in den E-PEP zu verankern (Abbildung 6.41). Nur so – es existiert eine allgemeingültige Richtlinie – ist gewährleistet, dass auch in Folgeprojekten der Prozess angestoßen und gelebt wird.

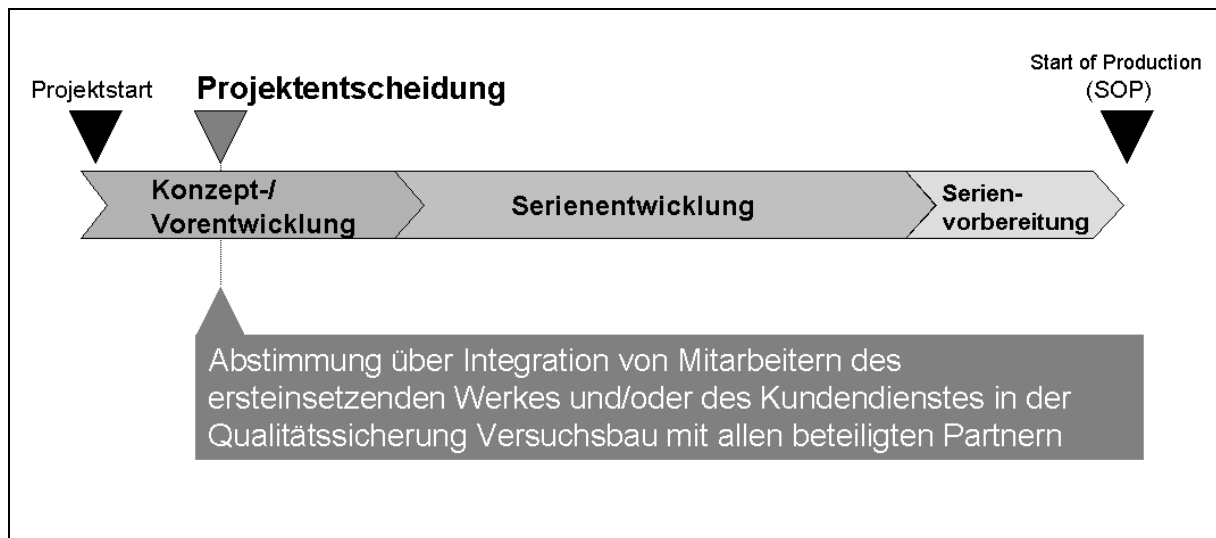


Abbildung 6.41: Verankerung der „Integration von Mitarbeitern aus Kundendienst und Produktion“ in den E-PEP

Welche Bereiche zur Abstimmung im Vorfeld erforderlich sind hängt davon ab, welches Ziel mit der Integration verfolgt wird. Soll im Aufgabenfeld der Montage und/oder Problembearbeitung Know-how aufgebaut werden, so sollten beispielsweise Monteure, Mitarbeiter der Nacharbeit, Prüfer der Qualitätssicherung oder Mitarbeiter aus Kundendienstwerkstätten gewählt werden. Liegt der Schwerpunkt eher auf dem Bereich der Logistik oder Prozesssteuerung, so sind Mitarbeiter aus diesen Bereichen in die entsprechenden Bereiche des Qualitätswesens des Versuchsbaus zu integrieren. Erfahrungen im Rahmen dieser Arbeit haben gezeigt, dass eine Mischung aus beiden eine für alle Beteiligten sinnvolle Lösung darstellt. So wird gewährleistet, dass das gesamte Spektrum abgedeckt und die Kommunikation auf allen Ebenen und in allen Bereichen gleichermaßen gefördert wird.

Bei der Bestimmung der Anzahl zu verpflichtender Mitarbeiter und der Zeiträume, für die diese zu verpflichten sind, ist darauf zu achten, dass den folgenden Punkten in ausreichendem Maße Rechnung getragen wird:

- den im Rahmen des Einsatzes geplanten Tätigkeiten
- der Größe des Projektes und dem hierdurch bedingten Arbeitsaufkommen in Bezug auf die Betreuung von Prototypen etc.
- den Umfängen neuartiger Elektronik-Umfänge und entsprechender Prüftechnik im Projekt

Ein weiterer Aspekt, den es bei der Planung zu berücksichtigen gilt, ist das Thema Einarbeitungszeit. Jeder der externen Mitarbeiter benötigt zu Beginn seiner Tätigkeiten in der Qualitätssicherung des Versuchsbaus eine den genannten Punkten entsprechende Einarbeitungsphase. Dies bindet Kapazitäten auf beiden Seiten – der externe Mitarbeiter ist nicht einsatzfähig, der Mitarbeiter der Qualitätssicherung des Versuchsbaus durch erhöhten Betreuungsaufwand in seiner Arbeit eingeschränkt – und wirkt sich negativ auf die Effektivität des Einsatzes externer Mitarbeiter aus. Ziel muss es daher sein, die Mitarbeiter so früh und so lange wie möglich in die Prozesse des Versuchsbaus zu integrieren. Kurzzeitige Einsätze von wenigen Monaten oder sogar nur Wochen erheben zwar den

Anschein, man könne hierdurch viele Mitarbeiter des Werkes qualifizieren, in Wirklichkeit jedoch stellt sich für beide Seiten kein effektiver Nutzen ein. Im Gegensatz hierzu kann ein über den gesamten Projekteinsatz im Versuchsbau integrierter Mitarbeiter ein hohes Know-How in Bezug auf das neue Projekt aufbauen und nach seiner Rückkehr in seinem Werk als Multiplikator dienen.

Aufgaben, die durch zusätzliche Mitarbeiter aus Produktion und Kundendienst wahrgenommen werden können, umfassen unter anderem:

- die Bestimmung des Funktionsreifegrades des Projektes durch operative Durchführung der in Kapitel 6.5 vorgeschlagenen Prüfungen
- die Betreuung der Reifegradfahrzeuge aus Sicht Elektrik und Elektronik
- die Unterstützung im Rahmen der Problembearbeitung bei Problemaufnahme und Maßnahmenverfolgung
- die Teilnahme an regelmäßigen Abstimmgespräche mit den Fachbereichen der technischen Entwicklung (z. B. SET-Runden etc.)
- die Teilnahme an Aktivitäten im Rahmen der Lieferantenbetreuung (Lieferantengespräche etc.).

Die Übernahme der durch den Einsatz von Produktions- und/oder Kundendienstmitarbeitern entstehenden Kosten ist aufgrund des beiderseitigen Nutzens sowohl durch die Qualitätssicherung des Versuchsbaus als auch durch die das Personal entsendende Stelle zu tragen.

Hierzu wird folgende Aufteilung der Kosten vorgeschlagen:

### *Personalstellender Bereich (Produktion/Kundendienst)*

Das Werk bzw. die Institution, welche die ihre Mitarbeiter für den festgelegten Zeitraum freistellt, trägt die Personalkosten für diese Mitarbeiter sowie eventuell auftretende Kosten für Unterbringung und Lohn-/ Gehaltsmehrkosten, sofern diese durch Auslandsaufenthalte etc. erforderlich werden.

### *Qualitätssicherung Versuchsbau*

Die Qualitätssicherung des Versuchsbaus trägt die Budget- und Investkosten, die im eigenen Bereich durch die Einbindung von Kundendienst- und Produktionsmitarbeitern entstehen. Dies umfasst unter anderem die Kosten für:

- die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes (PC, Arbeitsmittel etc.)
- die Einarbeitung der externen Mitarbeiter in die Arbeitsabläufe und notwendigen Systeme und Prüftechniken
- präventive Maßnahmen wie die Beschaffung von Zugangsberechtigungen
- notwendige Maßnahmen zur Steuerung der externen Mitarbeiter.

Im Rahmen der Finanzplanung im Vorfeld eines Projektes ist darauf zu achten, dass die durch das Qualitätswesen des Versuchsbaus zu investierenden Finanzmittel sich kostenneutral zur entsprechenden Entlastung der eigenen Ressourcen verhalten.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die Automobilbranche steht vor einer der größten Herausforderungen in ihrer Geschichte. Die Beherrschung der ständig wachsenden Komplexität elektronischer und softwarebasierter Systeme und deren immer weiter steigende Vernetzung untereinander ist für Fahrzeughersteller und Zulieferer durch den gleichzeitig steigendem Wettbewerbs- und Innovationsdruck zum entscheidenden Erfolgs- und Imagefaktor geworden. Um bereits frühzeitig in der Phase der Produktentstehung die Qualität der komplexen Elektronik-Systeme sicherstellen zu können, muss auf Seiten der Automobilhersteller entsprechend reagiert werden. Die Einführung entsprechender Elektronik-Strategien, die Bemühungen im Rahmen der Softwarequalitätssicherung sowie die Gründung von fachspezifischen Tochterfirmen sind Beispiele für konkrete Schritte in diese Richtung. Diese Vorgehensweisen in Verbindung mit der bei nahezu allen Automobilherstellern verfolgten Orientierung hin zum Total-Quality-Management im gesamten Unternehmen soll auch in Zukunft qualitativ hochwertige, an den Wünschen und Anforderungen ihrer Kunden orientierte, elektronische Systeme im Kraftfahrzeug sicherstellen.

Eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung dieses Vorhabens spielt der Versuchsbau, da er als Bindeglied zwischen den Fachbereichen der Technischen Entwicklung, der Produktion und dem Kundendienst eine der wichtigsten Kommunikationsplattformen in der Produktentstehung darstellt. Im Versuchsbau erfolgt erstmalig die vernetzte Zusammenführung der Einzelsysteme und Einzel-funktionen zum Gesamtsystem Fahrzeug. Dies gilt vor allem für den Bereich der Mechatronik, also der Zusammenführung mechanischer und elektronischer Komponenten. Im Versuchsbau entstehen die Fahrzeuge, die der Technischen Entwicklung zur Erprobung und Absicherung ihrer Systeme sowie des Gesamtfahrzeugs und für Produktion und Kundendienst zur frühzeitigen Erprobung der notwendigen Prüf- und Analysemöglichkeiten dienen.

Die vorliegende Arbeit zeigt eine Möglichkeit auf, wie im Sinne des umfassenden Qualitätsmanagements die Prozesse und Vorgehensweisen im Versuchsbau der Automobilindustrie für den Bereich der elektronischen und softwarebasierten Systeme unterstützt werden können. Hierbei wurde das Ziel verfolgt, keine rein theoretische Methode aufzuzeigen, die sich jenseits der Praxis bewegt. Alle Ideen und Anregungen basieren daher auf praktischen Erfahrungen die in enger Zusammenarbeit mit einem europäischen Automobilhersteller sowie durch den Erfahrungsaustausch mit anderen Herstellern hervorgegangen sind.

Die trotz der Praxisnähe notwendige theoretische Grundlage dieser Arbeit bildet das Modell für Business-Excellence der EFQM, ein international anerkanntes Modell zur Einführung von umfassendem Qualitätsmanagement in Unternehmen, welches im ersten Teil der vorliegenden Arbeit in seinen Grundzügen erläutert wird. Im Anschluss an die theoretischen Grundlagen erfolgt eine Beschreibung der Situation, der sich die Hersteller von Automobilen in der heutigen Zeit im Bereich Kfz-Elektronik und vernetzter, softwarebasierter Fahrzeugsysteme gegenüber gestellt sehen. Dies umfasst im ersten Schritt eine Darstellung der Anforderungen und der derzeitigen Vorgehensweisen auf Seiten der Hersteller. Daran schließt sich eine kritische Auseinandersetzung in Bezug auf Schwierigkeiten und Risiken sowie die Darstellung der Notwendigkeit spezifischer Prozesse und Strukturen an. Neben der, bis zu diesem Zeitpunkt allgemeinen, Betrachtung der Schwierigkeiten und Anforderungen, denen sich die Automobilindustrie im Bereich der Elektronik gegenüber gestellt sieht, beschäftigt sich der Kern dieser Arbeit mit der Darstellung einer Methode für den speziellen Bereich des Versuchsbaus, die sich aus den folgenden sieben Elementen zusammensetzt:

- Kundenorientierung im Bereich Kfz-Elektronik im Versuchsbau
- Sensibilisierung der Führung

- durchgängiges Prüfen und Dokumentieren im Montageprozess
- Beitrag zur Überprüfung und Darstellung der Produktreife
- Lieferantenbetreuung für Elektronik-Umfänge im Versuchsbau
- Einbindung von Produktions- und Kundendienstprüftechnik in die Prozesse des Versuchsbaus
- Mitarbeiterqualifikation

Durch konsequente Umsetzung der vorgestellten Methodik kann für den Bereich Kfz-Elektronik eine Annäherung vom bisherigen Qualitätsmanagement an die übergeordnete Strategie des Total-Quality-Management erreicht werden.

Der in dieser Arbeit verfolgte Ansatz spiegelt jedoch nur den heutigen Stand der Technik wider. Im Sinne des im umfassenden Qualitätsmanagement verankerten Grundsatzes der ständigen Verbesserung muss darauf geachtet werden, dass die entstandene Methodik an zukünftige Herausforderungen entsprechend angepasst wird, um auch in Zukunft effektiven Nutzen zu gewährleisten. Mögliche Herausforderungen stellen hier beispielsweise auf technischer Seite die Einführung von X-by-wire-Systemen oder der vermehrte Einsatz leitungsloser Verbindungstechnik sowie auf organisatorischer Seite die Umstrukturierung derzeit bestehender Organisations- und Projektstrukturen dar.

In diesem Zusammenhang muss auch die Weiterentwicklung von der bisher vorherrschenden *fahrzeugklassenspezifischen* Plattformstrategie hin zur Modulstrategie betrachtet werden. Diese Strategie, mit dem Ziel durch die konzernweite, *fahrzeugklassenübergreifende* Verwendung von Modulen deutliche Kostensenkungen zu erzielen, setzt in Zukunft auch im Bereich Elektronik ein hohes Maß an Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten voraus.

Ein weiteres Themengebiet, welches in Ansätzen bereits heute bearbeitet wird, dem jedoch vor allem in naher Zukunft durch ständig weiter wachsende Funktionsumfänge eine immer höhere Aufmerksamkeit zukommen wird, ist die Notwendigkeit von Konzepten für kundenorientierte Überprüfungen elektronischer Funktionen durchgängig von der Entwicklung bis zum Kundendienst. Ziel muss es sein, sowohl dem Prüfer im Versuchsbau, aber auch dem zuständigen Mitarbeiter in der Produktion sowie den Kundendienstmitarbeitern das notwendige Rüstzeug bereitzustellen, alle elektronischen Funktionen eines Fahrzeugs effektiv und mit einfachen Mitteln auf ihre einwandfreie Funktionalität überprüfen oder im Problemfall analysieren zu können. Dem Mitarbeiter des Versuchsbaus muss beispielsweise die Möglichkeit gegeben werden, den Funktionsreifegrad der elektronischen Systeme überprüfen zu können. Die Mitarbeiter der Kundendienstwerkstätten müssen in die Lage versetzt werden, Systeme auf ihre Funktionalität überprüfen, sowie vorliegende Fehler eindeutig lokalisieren zu können, ohne dabei auf die heutzutage übliche und für den Kunden kostspielige Praxis der Fehlereingrenzung durch Komponententausch zurückgreifen zu müssen.

Untrennbar mit den bereits genannten Themen „Modulstrategie“ und „durchgängige Prüfkonzepte“ ist ein Themenfeld verbunden, welchem eine immer größere Bedeutung zukommen wird, das Thema Wissens- und Informationsmanagement. Wettbewerbsfähigkeit und Erfolg hängen bereits heute, aber vor allem in Zukunft, nicht mehr nur von einer optimalen Kombination materieller Produktionsfaktoren wie beispielsweise Kapital, Maschinen, Rohstoffe und Arbeit ab, sondern resultieren immer mehr aus einer optimalen Nutzung der Ressourcen Informationen und Wissen. Nur durch konsequente Bereitstellung aller notwendigen Informationen und Erfahrungen für alle an der Produktentstehung *und* Produktinstandhaltung beteiligten Mitarbeiter *aller* Konzernmarken kann auf Dauer die Qualität elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen sichergestellt werden. Die Einführung bereichsübergreifender, konzernweiter Informations- und Wissensportale stellt daher, vor allem für den hochkomplexen Bereich der Kfz-Elektronik, eine Notwendigkeit aber auch Chance für die Optimierung von Unternehmen und Wertschöpfungsketten dar.

## 8 Abkürzungsverzeichnis

ABS	<b>Anti Blockier System</b>
ACC	<b>Adaptive Cruise Control</b>
ADAC	<b>Allgemeiner Deutscher Automobil Club</b>
ADR	<b>Automatische Distanzregelung</b>
ÄKO	<b>Änderungskosten Optimierung</b>
CAN	<b>Controller Area Network</b>
CNC	<b>Computersized Numerical Control</b>
DIN	<b>Deutsche Industrie-Norm(ung)</b>
DMU	<b>Digital Mock-Up</b>
EDV	<b>Elektronische Datenverarbeitung</b>
EFQM	<b>European Foundation of Quality Management</b>
EN	<b>Europäische Norm</b>
E-PEP	<b>Elektronik-Produktentstehungsprozess</b>
ESP	<b>Elektronisches Stabilitätsprogramm</b>
FIT	<b>Fahrzeug-Intensiv-Test</b>
HIL	<b>Hardware in the Loop</b>
HL	<b>hinten links</b>
HR	<b>hinten rechts</b>
HW	<b>Hardware</b>
ISO	<b>International Standardisation Organization</b>
KFZ	<b>Kraftfahrzeug</b>
LIN	<b>Local Interconnect Network</b>
ME	<b>Markteinführung</b>
MOST	<b>Media Oriented Systems Transport</b>
OEM	<b>Original Equipment Manufacturer</b>
PC	<b>Personal Computer</b>
PDCA	<b>Plan Do Check Analyse</b>
PEP	<b>Produktentstehungsprozess</b>
PPS	<b>Produktplanungsstart</b>
PR-Nummer	<b>PRimär-Nummer</b>
QM	<b>Qualitätsmanagement</b>
QMC	<b>Qualitäts-Management-Center (des VDA)</b>
QPZ	<b>Qualitäts-Prioritäts-Zahl</b>
QS	<b>Qualitätssicherung</b>
SBBR-Leuchte	<b>Schluss-Brems-Blink-Rück-Leuchte</b>
SET	<b>Simultaneous-Engineering-Team</b>
SG	<b>Steuergerät</b>
SMLS	<b>Schalter-Modul Lenksäule</b>
SOP	<b>Start of Production</b>
SPICE	<b>Software Process Improvement and Capability dEtermination</b>
SuSI	<b>Software- und Steuergeräteinformation</b>
SW	<b>Software</b>
TQM	<b>Total Quality Management</b>
TÜV	<b>Technischer-Überwachungs-Verein</b>
VBV	<b>Verbauvorschrift</b>
VDA	<b>Verband der Automobilindustrie</b>
VL	<b>vorne links</b>
VR	<b>vorne rechts</b>
ZP	<b>Zählpunkt</b>



## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Steuergerätezuwachs vom Golf I bis zum Phaeton (Quelle Volkswagen).....	1
Abbildung 1.2: ADAC-Pannenstatistik 2003 (Quelle ADAC).....	2
Abbildung 1.3: Zehnerregel der Fehlerkosten (Quelle [pfe 01]) .....	3
Abbildung 2.1: Gründungsmitglieder der EFQM (Quelle EFQM) .....	6
Abbildung 2.2: Die Grundkonzepte des EFQM-Modells (Quelle EFQM).....	7
Abbildung 2.3: Das Excellence Modell der EFQM (Quelle EFQM) .....	8
Abbildung 2.4: Das Prinzip der R.A.D.A.R.-Logik (Quelle EFQM) .....	15
Abbildung 2.5: Anforderungen an das neue Qualitätsmanagementsystem (Quelle VDA) .....	16
Abbildung 2.6: Aufbau Automotive Excellence (Quelle [egg 02]).....	16
Abbildung 3.1: Konventionelle, autarke Steuergerätekommunikation (Quelle [bosch 02]) .....	19
Abbildung 3.2: Beispiele elektronischer Systeme des Fahrwerks (Quelle [schäu 03]) .....	20
Abbildung 3.3: Das Bus-Prinzip am Beispiel CAN (Quelle [vw 186]).....	21
Abbildung 3.4: Steuergerätekomplexität (Quelle [gre 03]) .....	21
Abbildung 3.5: Vernetzte Elektronik im Volkswagen Golf des Baujahres 2004 (Quelle Volkswagen).....	22
Abbildung 3.6: Richtungsblinken gestern und heute (Quelle Audi).....	23
Abbildung 3.7: Das V-Modell (Quelle [bal 98]).....	24
Abbildung 3.8: Teileaufkleber Steuergerät (Quelle Volkswagen).....	27
Abbildung 3.9: Die Verbauvorschrift (Prinzipdarstellung) führt alle Versionen mit Status und weiteren Informationen auf (Quelle [hei 03]) .....	28
Abbildung 3.10: SPICE-Modell (Quelle [bal 98] [ditt 04]).....	29
Abbildung 3.11: Phasen der Systemintegration (Quelle [lan 04]) .....	30
Abbildung 3.12: Referenzkarosse (Quelle Volkswagen).....	31
Abbildung 3.13: Heutige und zukünftige prozentuale Verteilung der Methoden zur Fehlererkennung im Bereich Kfz-Elektronik (Quelle Volkswagen).....	34
Abbildung 3.14: Kerngeschäftsprozesse (Quelle Volkswagen) .....	35
Abbildung 4.1: Phasen der Produktentstehung .....	37
Abbildung 4.2: Organisationsstruktur des Versuchsbaus .....	38
Abbildung 4.3: Organisationsstruktur der Qualitätssicherung Versuchsbau .....	40
Abbildung 4.4: Der Reifegradfahrzeug-Prozess der Qualitätssicherung Versuchsbau .....	41
Abbildung 5.1: Überprüfung elektronischer Systeme im Versuchsbau.....	46
Abbildung 5.2: prozentuale Aufteilung in Bezug auf Qualifikationsbedarf im Bereich elektronischer Systeme .....	50
Abbildung 5.3: Ausschnitt einer PR-Nummernbeschreibung (Quelle Volkswagen) .....	53
Abbildung 5.4: Parallele Entwicklung von Fahrzeug, Serien- und Kundendienstprüftechnik.....	54

Abbildung 5.5: Prozentuale Verteilung von Prototypen- und Serienlieferanten eines Fahrzeugprojektes .....	55
Abbildung 5.6: Aktivitäten der Bereiche Versuchsbau, Serien- und Softwarequalitätssicherung im Rahmen der Lieferantenbetreuung für elektronische Systeme.....	56
Abbildung 6.1: Elemente für das EFQM-orientierte Qualitätsmanagement im Bereich Elektronik im Versuchsbau der Automobilindustrie.....	58
Abbildung 6.2: interne Kundenbeziehungen im Montageprozess.....	59
Abbildung 6.3: BOTTOM UP statt TOP DOWN → die Strategie im Bereich Elektronik und Software.....	62
Abbildung 6.4: Fehlerkumulation in Abhängigkeit von der Reaktionszeit (Quelle [schu02]).....	64
Abbildung 6.5: IST-Zustand der Elektronik-Prüfungen in der Versuchsbau-Montage.....	65
Abbildung 6.6: SOLL-Zustand der Elektronik-Prüfungen in der Versuchsbau-Montage.....	65
Abbildung 6.7: Kernteam „durchgängiger Prüfprozess“ .....	66
Abbildung 6.8: Relevanter Personenkreis der Mitarbeiterbefragung .....	69
Abbildung 6.9: Ergebnisse der Mitarbeiterbefragung.....	69
Abbildung 6.10: Prüfumfänge Inbetriebnahme und E-Check im Zählpunkt-8 .....	71
Abbildung 6.11: Der konzeptionelle Prüfablauf .....	73
Abbildung 6.12: Ergebnis einer erfolgreichen Prüfung der ABS-/Bremsfunktion.....	74
Abbildung 6.13: Die technische Entwicklung als Kunde und Lieferant des Versuchsbaus .....	75
Abbildung 6.14: Flussdiagramm zum Ablauf und Bewertung des SOLL/IST-Vergleiches .....	77
Abbildung 6.15: Grafische Darstellung der Ergebnisse des SOLL/IST-Vergleichs (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht).....	78
Abbildung 6.16: Beispiele für Fehlerspeichereinträge im Airbagsteuergerät und Klima-/Heizungselektronik.....	78
Abbildung 6.17: Grafische Darstellung der Ergebnisse „dokumentierte Fehlerspeichereinträge“ (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht).....	79
Abbildung 6.18: Erfüllungsgrad Funktionsprüfungen im Versuchsbauprozess (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht).....	80
Abbildung 6.19: Inhaltsverzeichnis des durchgängigen Prüfprotokolls der Elektrik/Elektronik-Umfänge im Versuchsbau .....	82
Abbildung 6.20: spezieller Mitarbeiter als Schnittstelle zwischen Kernteam und Organisationseinheit .....	83
Abbildung 6.21: Stufenplan zur konzernweiten Umsetzung .....	85
Abbildung 6.22: Bestimmung des Funktionsreifegrades durch die Qualitätssicherung des Versuchsbaus .....	87
Abbildung 6.23: Qualitäts-Tore zur Funktionsreifegradbestimmung im E-PEP .....	89
Abbildung 6.24: Ausschnitt einer Funktionsliste.....	90
Abbildung 6.25: Ausschnitt aus dem Prüfkatalog der technischen Entwicklung (Quelle Volkswagen) .....	91

Abbildung 6.26: Vorgehensweise bei der Integration der Reifegradfahrzeuge in den E-Trägerpool der Elektronik-Entwicklung.....	92
Abbildung 6.27: 3 Detaillierungsgrade zur Darstellung des Funktionsreifegrades aus Kundensicht.....	94
Abbildung 6.28: Management-Ebene der Funktionsreifegraddarstellung (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht).....	95
Abbildung 6.29: 2. Detaillierungsgrad der Funktionsreifegraddarstellung auf Systemebene (Werte aus Geheimhaltungsgründen verfälscht) .....	96
Abbildung 6.30: Ausschnitt einer Checkliste zur Darstellung des Funktionsreifegrades.....	97
Abbildung 6.31: Die Hauptfaktoren und die darunter liegenden Einzelgrößen der QPZ (Quelle [schu 02]) .....	98
Abbildung 6.32: Berechnungsformel der Qualitäts-Prioritäts-Zahl (QPZ) .....	99
Abbildung 6.33 Bestimmung von Prio1Q-Teilen (Quelle [poh 04]) .....	101
Abbildung 6.34 Vorgaben der Steuergeräte-Bedatung für Soft- und Hardware-Stände (Beispiel) .....	102
Abbildung 6.35 gemeinsame Lieferantenbetreuung im Versuchsbau .....	104
Abbildung 6.36: Der E-Meisterbock (Quelle Volkswagen) .....	106
Abbildung 6.37: Nutzung von Referenzkarossen und E-Meisterbock (Quelle [web 04]).....	107
Abbildung 6.38: Referenzkarosse und E-Meisterbock im Produktentstehungsprozess .....	108
Abbildung 6.39: Paralleler Aufbau von Referenzkarossen und E-Meisterböcken im Versuchsbau .....	109
Abbildung 6.40: mögliche Inhalte einer Schulung „Grundlagen der Elektrotechnik“ .....	111
Abbildung 6.41: Verankerung der „Integration von Mitarbeitern aus Kundendienst und Produktion“ in den E-PEP.....	114

# 10 Anhang

## 10.1 Anhang A: Abweicherlaubnis (Quelle Volkswagen)

<b>Abweicherlaubnis</b>		Projekt:	Fachgr.:	SET	Lfd.Nr.
Gültig für: <input type="checkbox"/> Prototypen <input type="checkbox"/> PVS <input type="checkbox"/> OS/Serie					
<b>Genehmigt/Abgestimmt am:</b>					
<input type="checkbox"/> ÄKO vorhanden Nr.:		<input type="checkbox"/> ÄKO nicht erforderlich	<input type="checkbox"/> ÄKO muß erstellt werden		
<b>Bezeichnung</b> (lt. Stückliste)					
<b>Teil-Nr.</b> (gegenwärtig in Stückliste)					
<b>Problem</b>					
<b>Lösung</b> (Verbau abweichend von Stücklisten- bzw. Freigabenstand)					
<b>Teilversorgung</b> (wie gesichert; Lieferant; Zuständigkeit)					
Gültigkeitszeitraum von - bis: Fahrgestellnummer von - bis:					
<b>Mitbetroffene Umfänge, Fachgruppen, SETs:</b>					
<b>Bemerkungen</b>					
<b>Anlagen (Bilder, Skizzen, Zeichnungen):</b>					
<b>Zuständiger Konstrukteur</b>	OE		Tel.		
<b>Antragsteller</b>	OE		Tel.		
<b>Wolfsburg, den</b>					
_____	_____		_____		
Unterschrift Fachabteilungsleiter	Unterschrift SET-Sprecher		Unterschrift Fachgruppen-Sprecher		
_____	_____		_____		
Unterschrift Projektleitung					

## 10.2 Anhang B: Fragebogen zur IST-Standaufnahme im Versuchsbau

### 1. durch wen erfolgte die Beantwortung der Fragen?

Name (optional): \_\_\_\_\_

Tätigkeit: \_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

### 2. Für welchen Prüfschritt werden die folgenden Fragen beantwortet?

Anmerkung: \_\_\_\_\_

## **Das Prüfobjekt**

### 3. Was wird geprüft? (Mehrere Antworten sind möglich.)

- a) fahrfähiger Versuchsträger
- b) Komponente
- c) Einzelsystem
- d) Gesamter E-Warenkorb
- e)

\_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

### 4. Wie wird geprüft? (Mehrere Antworten sind möglich.)

- a) Prüftisch
- b) Standprüfung
- c) Fahrprüfung
- d) Simulation
- e)

\_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**5. Wird die Prüfung anhand definierter Prüfungsumfänge (Prüfkatalog) durchgeführt?**

- a) Ja
- b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**6. Wie läuft die Prüfung ab?**

- a) Alle Arbeitsschritte werden manuell durchgeführt
- b) Einzelne Prüfschritte laufen automatisiert ab
- c) Der gesamte Ablauf ist automatisiert

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**7. Welche Prüfschritte sind automatisiert und wie sind diese Schritte automatisiert?**

Automatisierter Prüfschritt	Automatisierung

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**8. Wie wird entschieden, ob sich das Prüfobjekt fehlerfrei oder fehlerhaft verhält?**

- a) Erfahrung des Prüfers
- b) Vorgaben in einer Prüfanweisung
- c) Automatisierte Auswertung durch ein Prüf- oder Diagnosesystem
- d) \_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**9. Welche Umfänge werden geprüft?**

- a) Für den Kunden sichtbare Funktionen (z. B. Beleuchtung)
- b) Bus-Verkehr
- c) Ruhestrom
- d) Fahrzeugeigendiagnosefunktion
- e) Fehlerspeicher
- f) Messwertblöcke auslesen
- g) SOLL/IST-Vergleich gegen VBV
- h) \_\_\_\_\_
- i) \_\_\_\_\_
- j) \_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**10. Welche Prüfsysteme / -methoden werden eingesetzt?  
(Mehrere Antworten sind möglich.)**

- a) VAS-Tester
- b) EPS 201
- c) CANoe
- d) Multimeter
- e) Sichtprüfung
- f)

\_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**11. Werden sicherheitsrelevante Systeme gesondert geprüft?**

- a) Ja
- b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**12. Falls ja, wie werden sicherheitsrelevante System gesondert geprüft?  
(z.B. spezielle Prüfvorschriften)**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**13. Wird mit Hinblick auf den Erprobungsschwerpunkt des Versuchsträgers geprüft?**

- a) Ja
- b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**14. Wenn ja, woher bekomme ich die Informationen über den Erprobungsschwerpunkt?**

Bezeichnung der Informationsquelle	Aktualität	Zuverlässigkeit

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**15. Welche unterschiedliche Erprobungsschwerpunkte gibt es und wo liegen die Unterschiede in der Prüfung?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**Die Eingangsinformationen**

**16. Bekommen sie einen Auftrag zur Durchführung der jeweiligen Prüfaufgaben?**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**17. Wenn ja, welche Form hat der Prüfauftrag?**

- a) mündlich  
 b) Papier  
 c) elektronisch  
 d) \_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**18. Welche Dokumentation / Vorgaben stehen zur Prüfung zur Verfügung?**

	Vorhanden	Aktuell	Unter Versionskontrolle	Wie hoch ist die Änderungshäufigkeit [Änderungen / Monat]	Detaillierungsgrad [1- zu gering; 2- ausreichend]	Ist der Inhalt verständlich	Welche Quelle
Prüfauftrag							
Prüfkatalog / Prüfanweisungen							
Lastenhefte							
Systembeschreibung							
Funktionsbeschreibung der Komponente							
Funktionsbeschreibung der Vernetzung							
Nicht behobene, bekannte Fehler / Funktionseinschränkungen (z.B. Diagnoseprotokolle)							
Dokumentation bereits behobener Fehler							
Dokumentation bereits erfolgter Improvisationen							
Berichte vorgehender Prüfungen							

Anmerkung: \_\_\_\_\_



19. Welche (noch) nicht vorhandenen / weiteren Informationen werden zusätzlich aus vorherigen Prozessschritten für die jeweilige Prüfung benötigt?

Anmerkung: \_\_\_\_\_

20. Welche Kontakte / Ansprechpartner sind vorhanden? (Fachbereiche, Zulieferer, ...)

Kontaktbezeichnung	Nutzen			Bemerkung
	Hoch	Mittel	Gering	

Anmerkung: \_\_\_\_\_

21. Welche weiteren Kontakte / Ansprechpartner wären nützlich?

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**22. Welche elektronischen Systeme nutzen Sie als Informationsquelle für Ihre Tätigkeit?  
(Datenbanken, Archive, Laufwerke, ...)**

Bezeichnung	Nutzen			Bemerkung
	Hoch	Mittel	Gering	

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**23. Welche weiteren Informationssysteme wären sinnvoll?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**24. Wird die PR-Nummernbeschreibung aus BaaN genutzt**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**25. Falls nein, welche PR-Nummernbeschreibung wird genutzt?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

## **Die Prüfergebnisse**

**26. Wird das Prüfobjekt nach der Prüfung als geprüft markiert?  
(Beispiele: Aufkleber, Q-Aufkleber, Magnetmarker, ...)**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**27. Wird sichergestellt, das das Prüfobjekt nach der Prüfung bis zum nächsten Arbeitsschritt nicht manipuliert werden kann?  
(Beispiele: Abgeschlossener Warenkorb, manipulationssichere Markierung, ...)**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**28. Wenn ja, wie wird das Prüfobjekt nach der Prüfung gegen Manipulation gesichert?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**29. Werden die Prüfergebnisse dokumentiert?**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**30. Falls ja, wie werden Prüfergebnisse dokumentiert?  
Mehrere Antworten sind möglich.**

- a) Fehlerspeicherausdruck  
b) Kommentierter Fehlerspeicherausdruck  
c) Checkliste (Häkchenliste)  
d) Eigener Prüfbericht  
e)

\_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**31. In welchem Dokumentationssystem werden die Prüfergebnisse / -berichte abgelegt?**

- a) VDS Win  
b) Abteilungslaufwerk  
c) BaaN  
d) Wagenbegleitmappe  
e)

\_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**32. Wie werden die Prüfergebnisse nach der Prüfung gegen Manipulation gesichert?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**33. Werden die Prüfergebnisse an die nachfolgenden Bereiche weitergeleitet?**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**34. Falls ja, wie werden die Prüfergebnisse weitergeleitet?**

- a) Übergabe des Prüfberichtes in elektronischer Form (z. B. Excel)
- b) Übergabe des Prüfberichtes in Papierform
- c) in den unter Frage 31 genannten Dokumentationssystemen
- d)

\_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**Abweichungen**

**35. Werden Abweichungen der von Ihnen benutzten PR-Nummernbeschreibung dokumentiert?**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**36. Wenn ja, wo werden diese Abweichungen dokumentiert?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**37. Werden erkannte Fehler/Probleme dokumentiert?**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**38. Falls nein, warum erfolgt die Dokumentation nicht / wer führt die Dokumentation statt dessen durch?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**39. Falls Ja, wo wird das Fehler/Problem dokumentiert?**

- a) VDS Win
- b) Abteilungslaufwerk
- c) Prüfbericht
- d) Warenbegleitmappe
- e) \_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**40. Werden erkannte Fehler/Probleme analysiert?**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**41. Falls nein, warum erfolgt die Analyse nicht / wer führt die Analyse statt dessen durch?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**42. Falls Ja, wo wird die Fehler-/Problemanalyse dokumentiert?**

- a) VDS Win
- b) Abteilungslaufwerk
- c) Prüfbericht
- d) Warenbegleitmappe
- e) \_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**43. Werden erkannte Fehler/Probleme abgestellt?**

- a) Ja      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**44. Falls nein, warum werden die Fehler/Probleme nicht abgestellt / wer stellt die Fehler/Probleme statt dessen ab?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**45. Falls Ja, wird die Fehler-/Problemanstellung dokumentiert?**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**46. Falls nein, warum wird die Fehler-/Problemanstellung nicht dokumentiert / wer dokumentiert die Fehler-/Problemanstellung statt dessen?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**47. Falls Ja, wo wird die Fehler-/Problemanstellung dokumentiert?**

- a) VDS Win
- b) Abteilungslaufwerk
- c) Prüfbericht
- d) Warenbegleitmappe

Anmerkung: \_\_\_\_\_

### **Organisatorische Fragen**

**48. Wie viel Prüfzeit wird pro Prüfung benötigt?**

- a) bis 1 Stunde
- b) 1 - 3 Stunden
- c) mehr

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**49. Wie viele Prüfungen werden pro Woche durchgeführt?**

- a) 1 - 5 pro Woche
- b) 6 - 10 pro Woche
- c) mehr

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**50. Wie viel Personal steht insgesamt für ihren Bereich zur Verfügung?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**51. Wie viele Personen führen die jeweilige Prüfung durch?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**52. Welche fachliche Qualifikation hat der Prüfer / haben die Prüfer?**

- a) Techniker
- b) Handwerker
- c) Ingenieur
- d)

\_\_\_\_\_

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**53. Welche speziellen fachlichen Qualifikationen sind für Ihre Prüftätigkeiten notwendig?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**54. Ist ein Weiterbildungsbedarf zu erkennen?**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**55. Falls Ja, wo ist ein Weiterbildungsbedarf zu erkennen?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**56. Was erwarten Sie von einem ‚Durchgängigen Prüfprozess‘?  
(Wünsche und Anregungen?)**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

**57. Sind die Fragen nach Ihrer Meinung ausreichend und zielführend?**

- a) Ja                      b) Nein

Anmerkung: \_\_\_\_\_

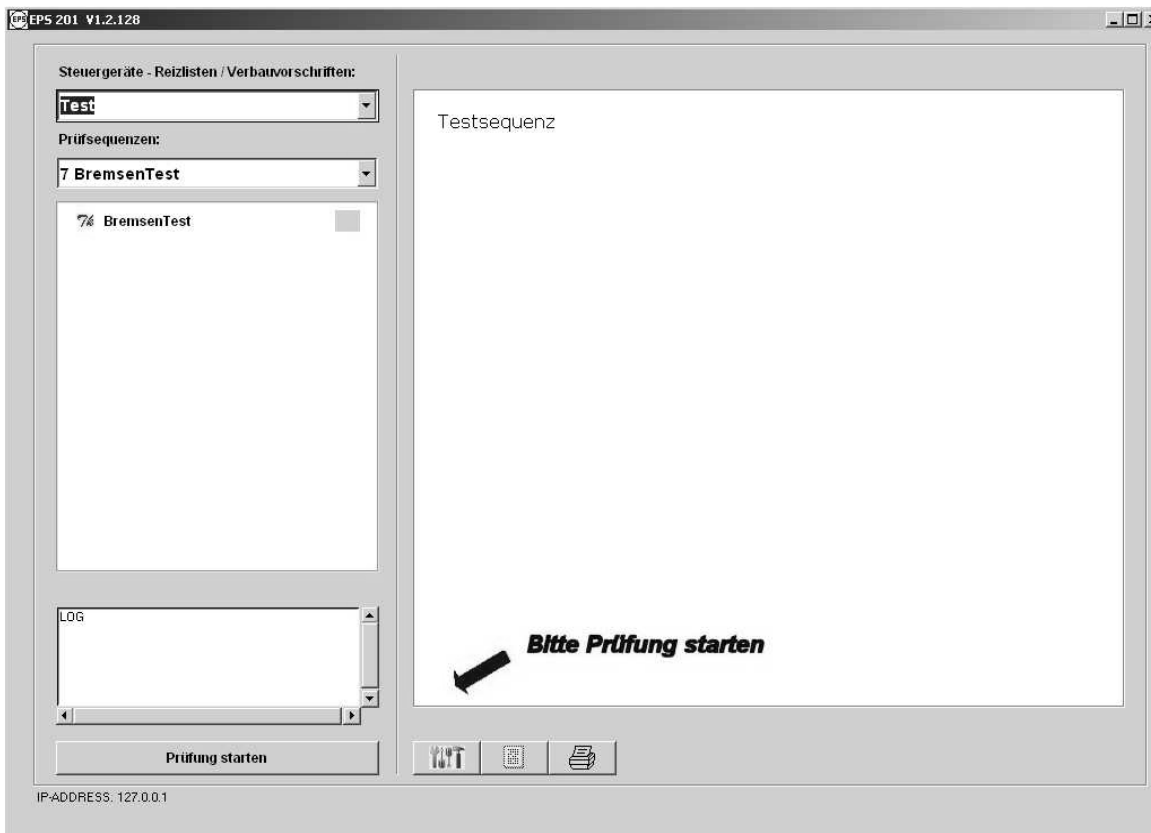
**58. Falls nein, wo sind Verbesserungen notwendig?**

Anmerkung: \_\_\_\_\_

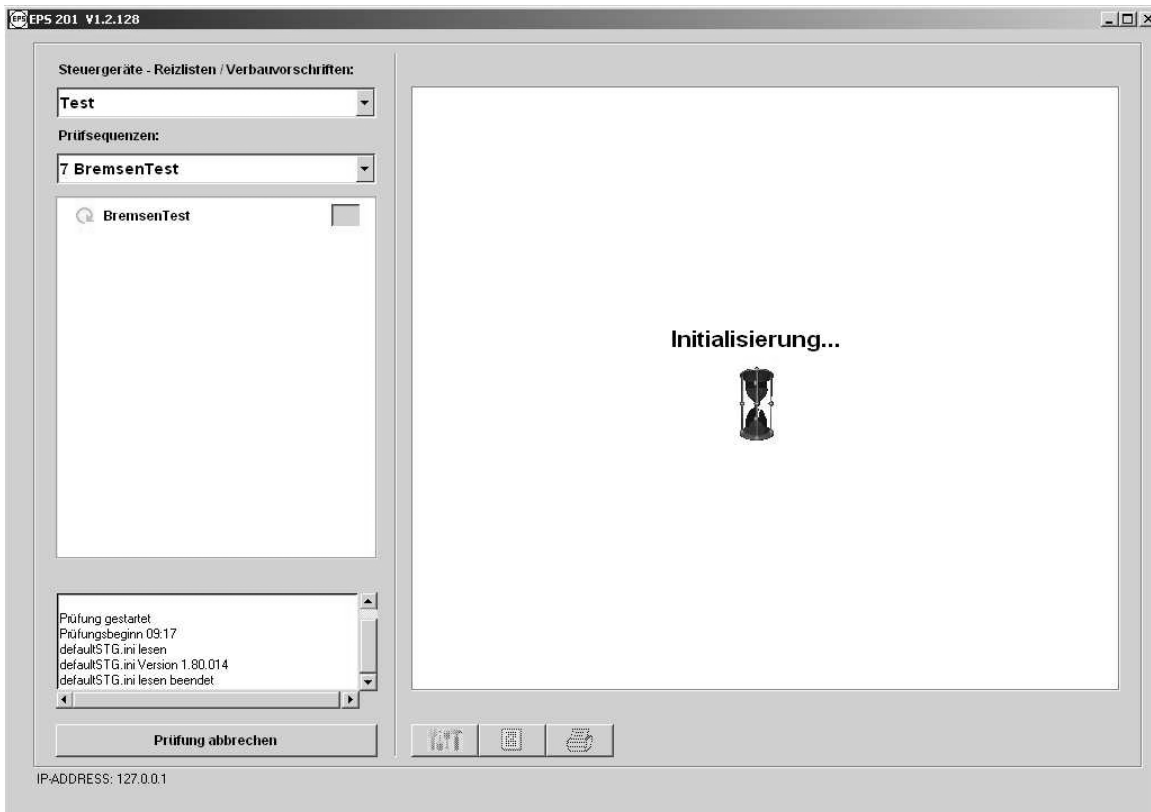


### 10.3 Anhang C: Ablauf Bremsenprüfung (Quelle [weh 03])

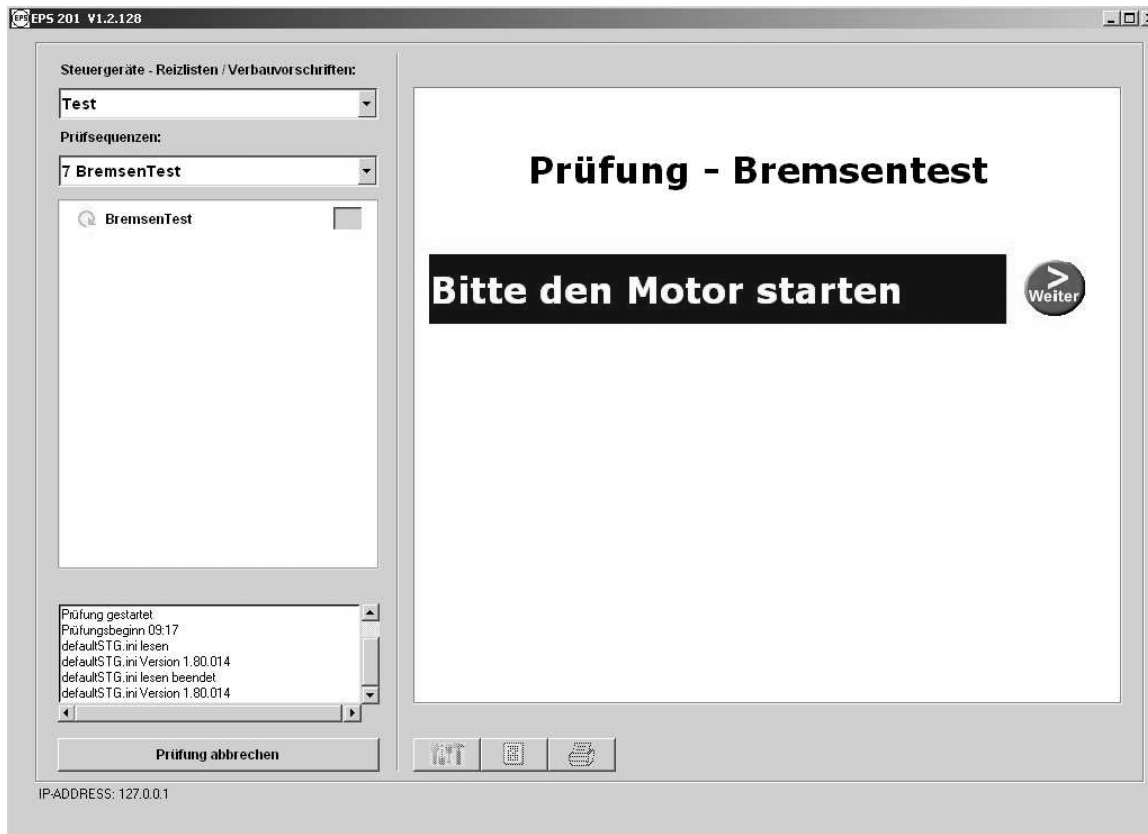
#### Prüfschritt 1: Prüfung starten



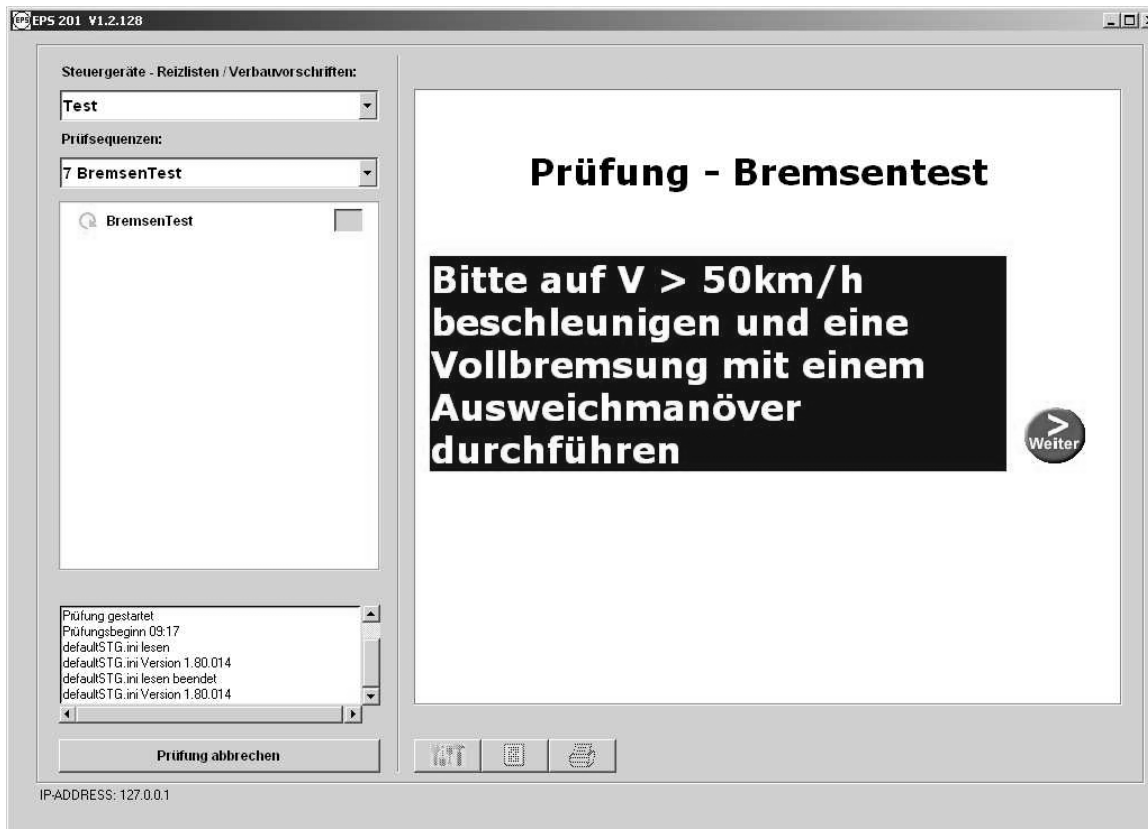
#### Prüfschritt 2: Initialisierung



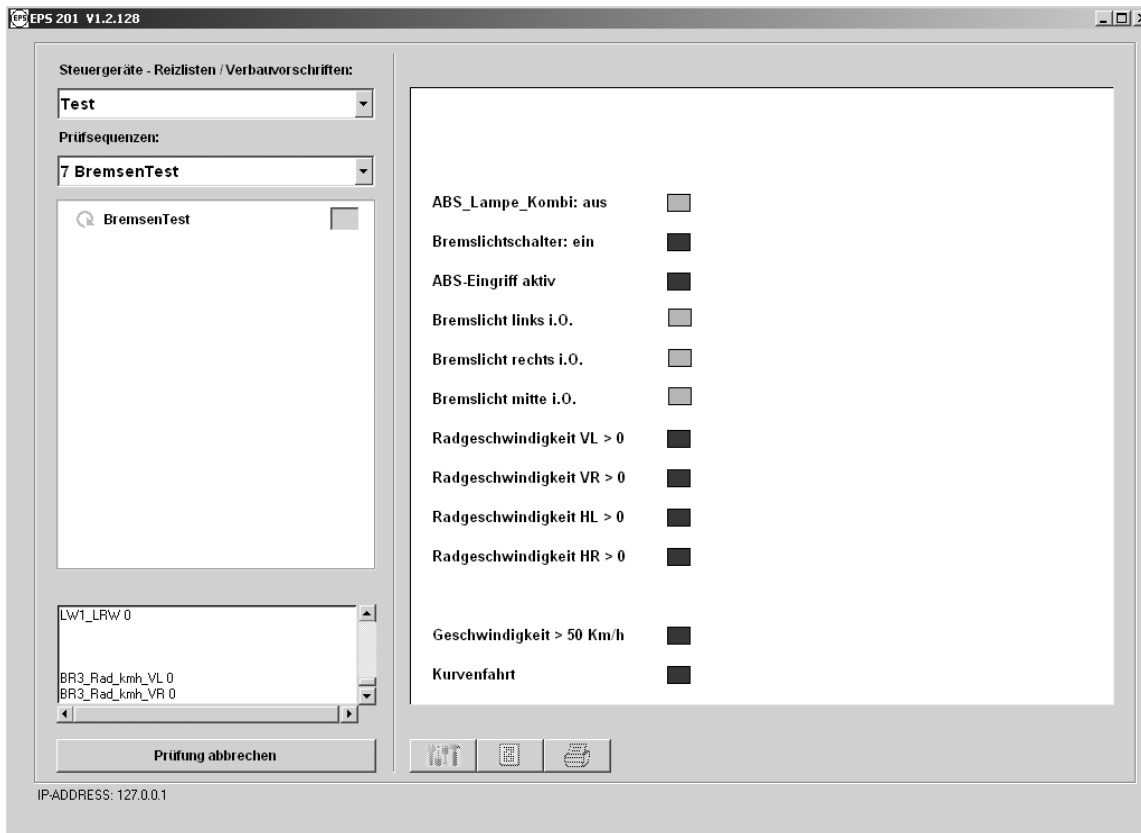
Prüfschritt 3: Motor starten



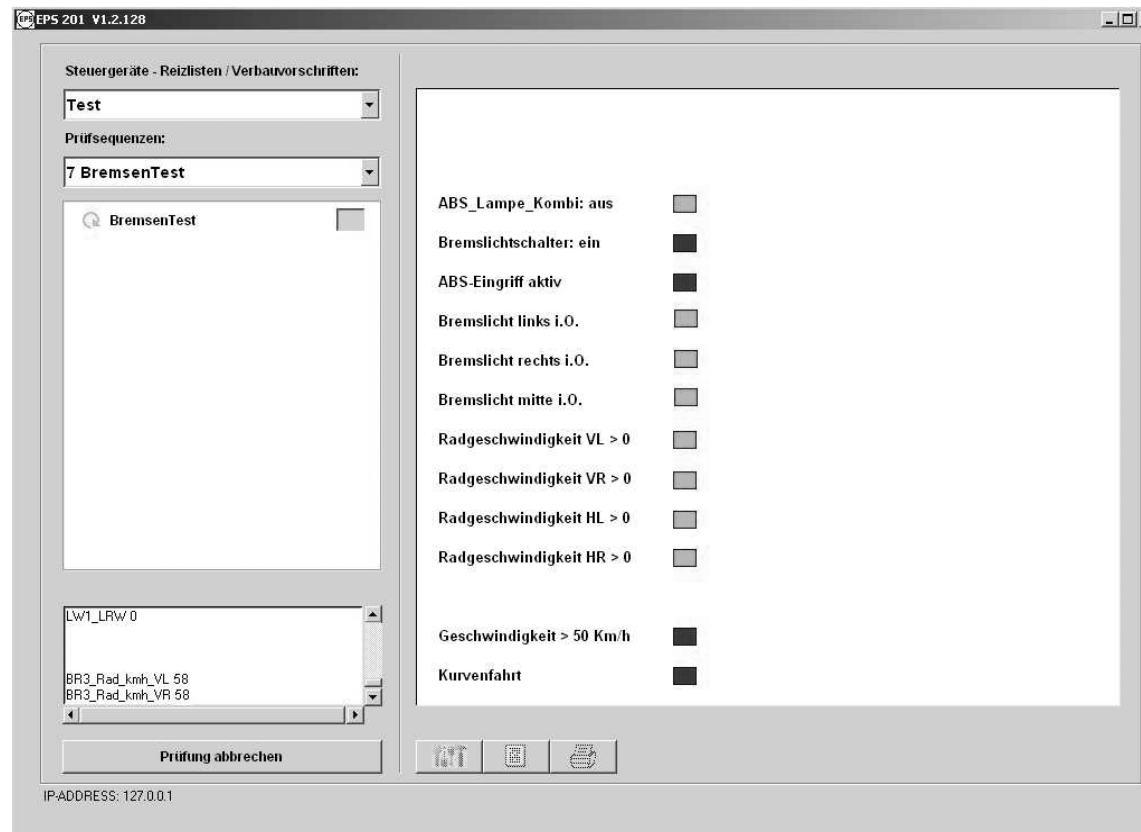
Prüfschritt 4: „Prüfanweisung“



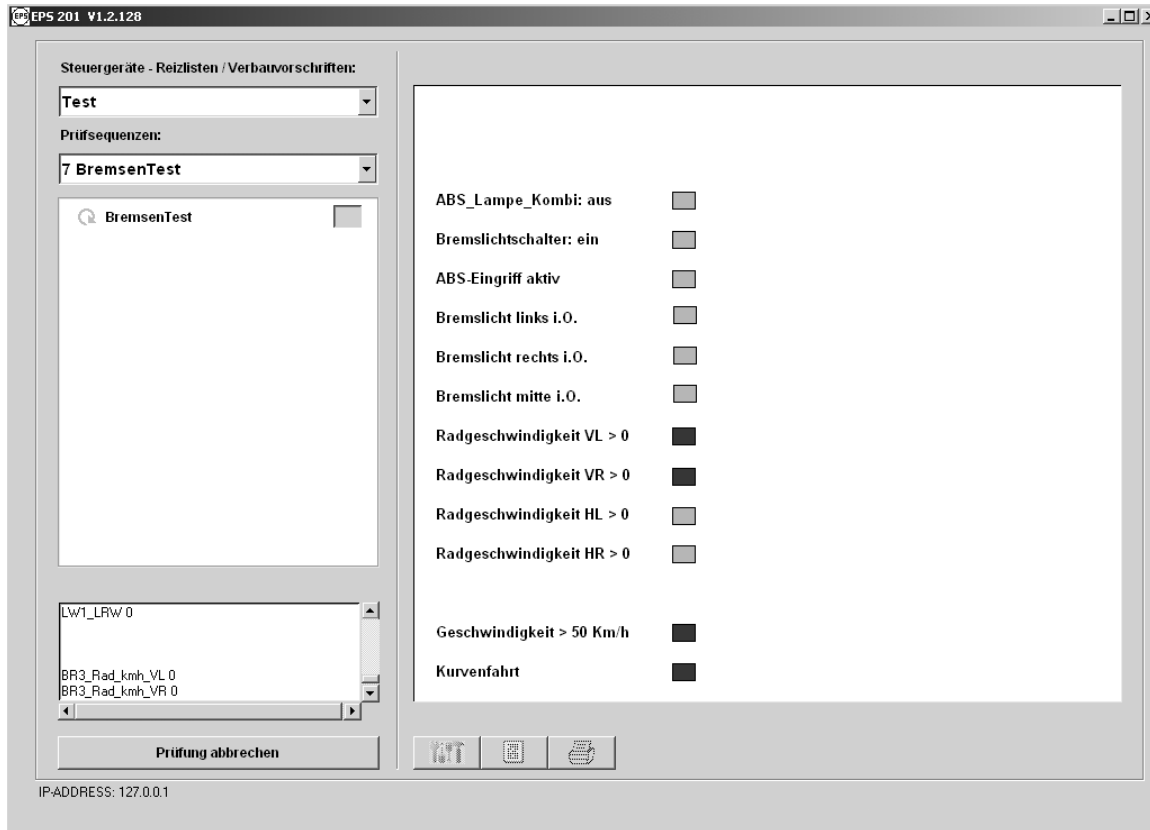
Prüfschritt 5: Beginn „Durchführung der Prüfung“



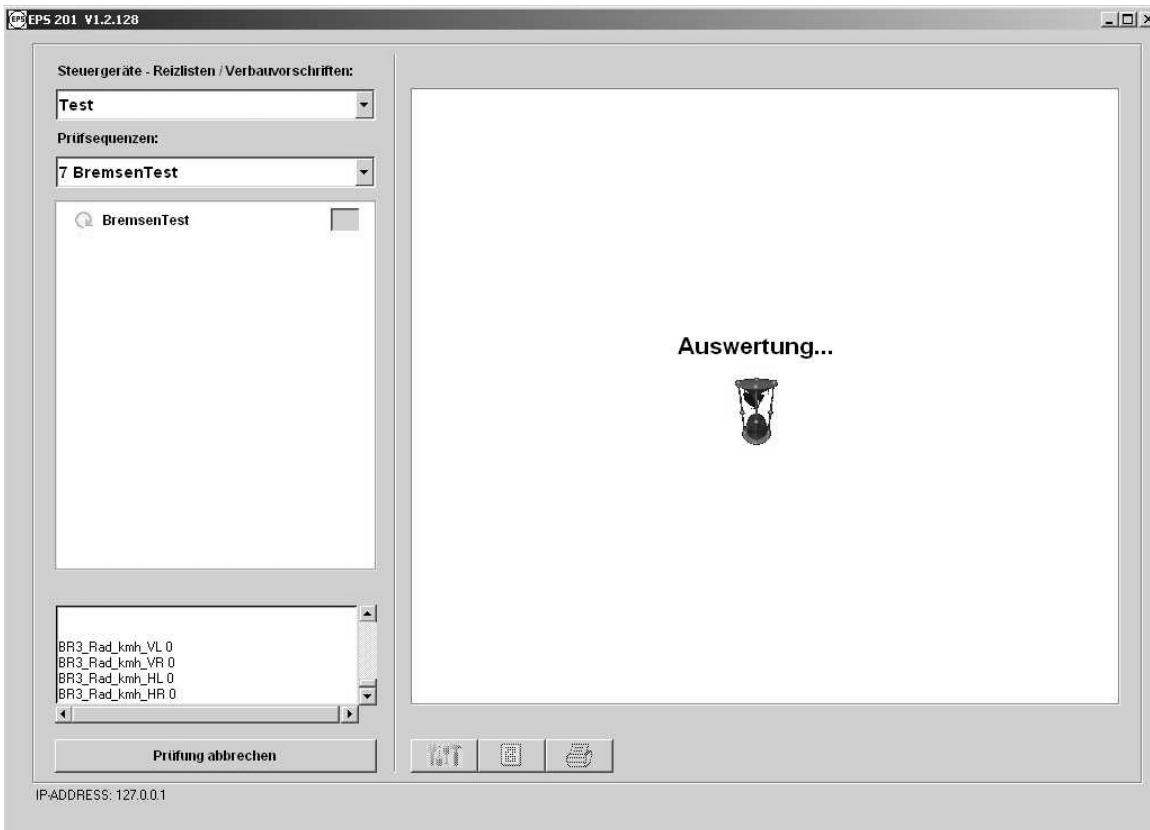
Prüfschritt 6: Beschleunigung



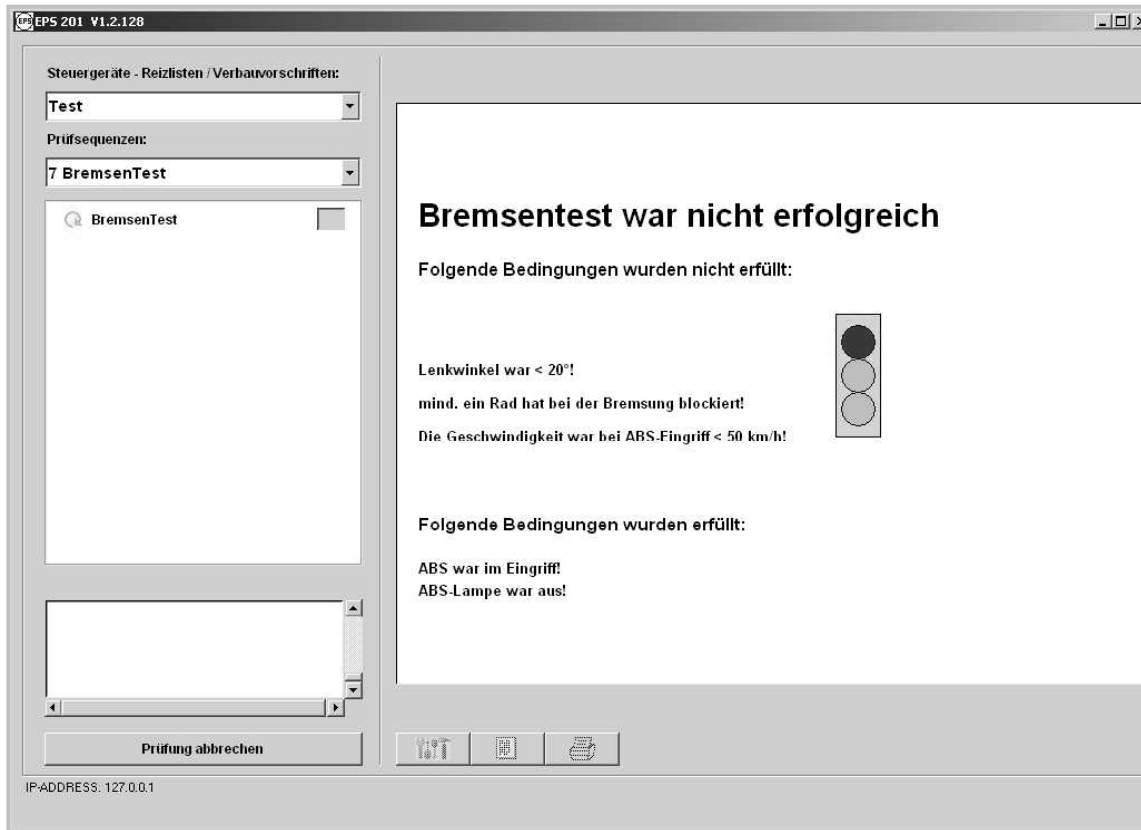
### Prüfschritt 7: ABS-Eingriff



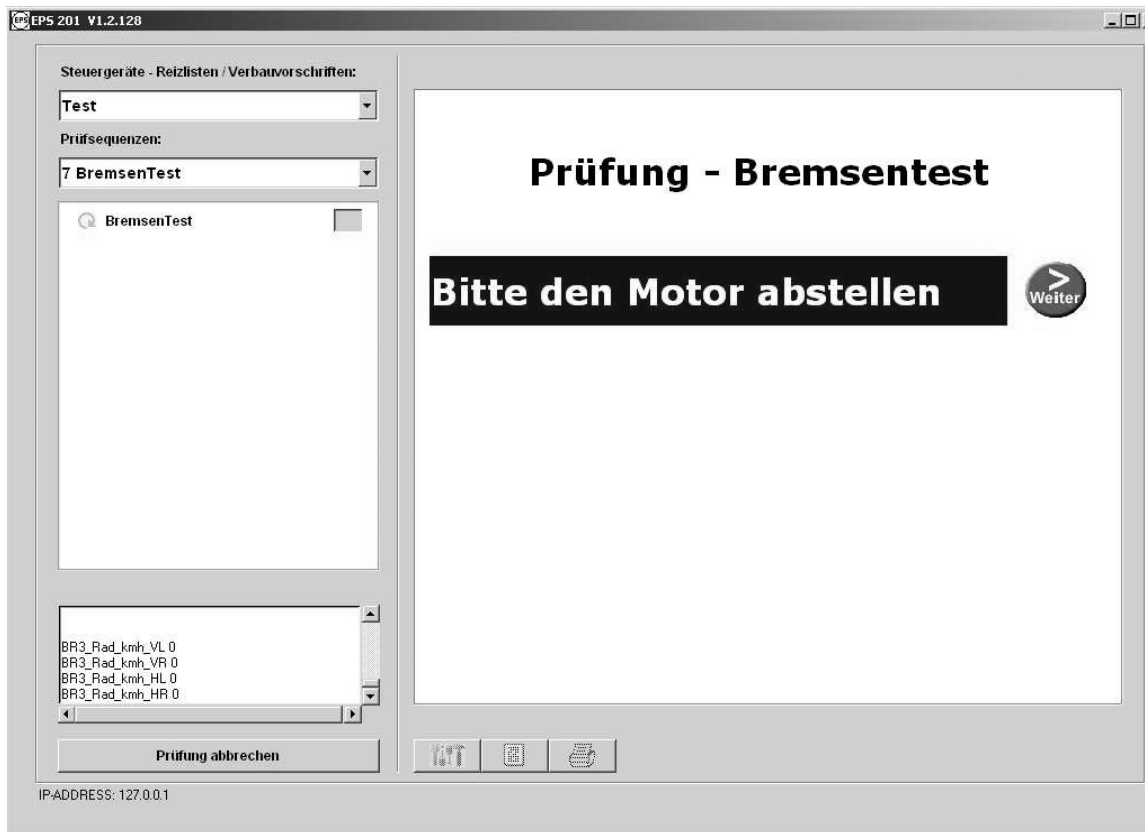
### Prüfschritt 8: automatische Auswertung



Prüfschritt 9: Anzeige Prüfergebnis → Prüfung n.i.O.



Prüfschritt 10: Ende der Prüfung



## 10.4 Anhang D: Fragebogen zur Bestimmung von Schwerpunktteilen (Quelle [poh 04])

<b>Fragenblock 1</b>	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>
1.1 Handelt es sich um ein Neuteil oder eine neuartige Konstruktion (ausgenommen Normteile)?		
1.2 Liefert der Lieferant erstmalig Teile an den Automobilhersteller?		
<p><b>Wird mindestens eine Frage mit JA beantwortet, findet ein Qualifizierungs-Programm für Serienlieferanten statt .</b>  <b>Zur Ermittlung der teilespezifischen Prioritätsstufe des Programms weiter mit Fragenblock 2.</b>  <b>Werden beide Fragen mit NEIN beantwortet, wird kein Qualifizierungs-Programm für Serienlieferanten durchgeführt.</b>  <b>Wird Frage 1.2 mit JA beantwortet, so wird die Komponente zum Prio1Q-Teil</b>  <b>Wird Frage 1.2 mit NEIN beantwortet, dann zur Bestimmung ob Prio1Q-Teil weiter mit Fragenblock 2</b></p>		

<b>Fragenblock 2</b>	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>
2.1 Liefert der Lieferant erstmalig Teile von dieser Fertigungsstätte?		
2.2 Handelt es sich um einen komplexen Zusammenbau?		
2.3 Handelt es sich um eine neuartige Konstruktion?		
2.4 Werden neue Fertigungstechnologien eingesetzt (wenig oder keine Erfahrung seitens Lieferant und/oder Abnehmer)?		
2.5 Führte die Fertigungsstätte bereits früher zu Hallenstörfällen mit TOP-Q-Aktivitäten?		
2.6 Führten entsprechende/ähnliche Teile bereits früher zu Hallenstörfällen mit TOP-Q-Aktivitäten?		
2.7 Führte die Fertigungsstätte bereits früher zu Feldreklamationen (Infos aus System zur Feldfehlerverfolgung, Schadensfallprognosen, Liegenbleiber, etc.)?		
2.8 Führten entsprechende/ähnliche Teile bereits früher zu Feldreklamationen (Info aus System zur Feldfehlerverfolgung, Schadensfallprognosen, Liegenbleiber ,etc.)?		
2.9 Hatte der Lieferant in der Vergangenheit Probleme damit eine 2-Tages-Produktion selbst durchzuführen oder wich die Bewertung wesentlich von der des Abnehmers ab?		
2.10 Haben entsprechende Teile in der Vergangenheit zu größeren Problemen beim Anlauf geführt (Erfahrung des Teile-Verantwortlichen Mitarbeiters der Qualitätssicherung)		
<p><b>Wird keine Frage mit JA beantwortet, wird ein Qualifizierungsprogramm für Serienlieferanten der Stufe 3 durchgeführt.</b>  <b>In diesem Fall für die Bestimmung ob Prio1Q-Teil weiter mit Fragenblock 2b.</b>  <b>Wird mindestens eine Frage mit JA beantwortet, wird wenigstens ein Qualifizierungsprogramm der Stufe 2 durchgeführt und das Teil wird Prio1Q-Teil.</b></p>		

<b>Fragenblock 2b</b>	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>
2b.1 Liefert der Lieferant erstmalig Prototypenteile an den Versuchsbau?		
2b.2 Hatte der Lieferant in der Vergangenheit Probleme die Anforderungen für die Lieferung von Prototypenteilen zu erfüllen?		
2b.3 Sind durch die Fertigungstechnologie, Lieferantenkombination oder Entwicklungskompetenz Probleme bei der anforderungsgerechten Lieferung von Prototypenteilen zu erwarten?		
<b>Wird mindestens eine Frage mit JA beantwortet, so ist das Teil ein Prio1Q-Teil.</b>		

<b>Fragenblock 3</b>	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>
3.1 Handelt es sich um ein Modul ohne Teile.Nr./einen Just-In-Time-Umfang?		
3.2 Führten entsprechende/ähnliche Teile bereits früher zu mehrmaligen Sortieraktionen?		
3.3 Führte die Fertigungsstätte bereits früher zu mehrmaligen Sortieraktionen?		
3.4 Führten entsprechende/ähnliche Teile z.B. zu einer überproportional hohen Anzahl von Hallenstörfällen (0-Km-Bearstandungen)?		
3.5 Führten entsprechende/ähnliche Teile bereits früher zu schweren Feldreklamationen/Überschreitung von Schadensfallprognosen (Liegenbleiber/ Funktionsausfälle)?		
3.6 Führte die Fertigungsstätte bereits früher zu schweren Feldreklamationen/Überschreitung von Schadensfallprognosen (Liegenbleiber/ Funktionsausfälle)?		
3.7 Sind durch die Fertigungstechnologie, Lieferantenkombination oder Entwicklungskompetenz Q-Probleme im Anlauf zu erwarten?		
<b>Wird im Block 3 mindestens eine Frage mit JA beantwortet, wird ein Qualifizierungsprogramm der Stufe 1 durchgeführt. Wird keine Frage mit JA beantwortet, wird ein Qualifizierungsprogramm der Stufe 2 durchgeführt</b>		

## **Erläuterungen zu den Fragen:**

### **Frage 1.1:**

Ein Neuteil ist immer daran zu erkennen, dass es eine neue, bisher nicht vergebene Teilenummer besitzt. Hat sich nur der Index der Teilenummer geändert, handelt es sich um eine Modifikation, nicht um ein Neuteil.

Neuartige Konstruktionen sind nicht mit Neuteilen gleichzusetzen. Beispiel:

Baut der Hersteller erstmalig Nebelscheinwerfer in seine Fahrzeuge ein, so ist der Scheinwerfer für den Hersteller ein Neuteil und gleichzeitig eine neuartige Konstruktion.

Kamen bereits Nebelscheinwerfer nach dem Reflektionsprinzip zum Einsatz und werden nun gegen Scheinwerfer mit dem Projektion-Prinzip ersetzt, so handelt es sich nicht um ein Neuteil, jedoch um eine neuartige Konstruktion

Das Qualifizierungsprogramm für Serienlieferanten wird bei neuen Projekten bei allen neuen sowie neuartigen Teilen (ausgenommen sind Normteile) durchgeführt, sowie bei allen neuen Lieferanten für bestehende Projekte (Frage 1.2).

### **Frage 1.2:**

Ist dem Bauteilverantwortlichen der Lieferant nicht bekannt, bzw. weiß er nicht ob dieser jemals an den Volkswagen-Konzern geliefert hat, erkundigt er sich diesbezüglich bei der Beschaffung.

Die Art der gelieferten Teile bzw. die Fertigungsstätte in der sie produziert wurden hat für diese Frage keine Bedeutung.

### **Frage 2.5/2.6/3.4:**

Hallenstörfälle sind Probleme während der Fertigung, die eine Problemverfolgung durch die Qualitätssicherung nach sich ziehen. Der Verursacher (Lieferant, OEM, nicht feststellbarer Dritter) muss zum Zeitpunkt des Störfalls noch nicht ermittelt sein.

### **Frage 3.1:**

Die Frage zielt auf die Komplexität des Liefergegenstandes ab. Ein Modul besteht in der Regel aus mehreren verschiedenen Teilen, wird individuell für ein Fahrzeug aufgebaut und ist in verschiedenen Varianten erhältlich (z.B. Modul „Sitz“ → Farbe, Stoff, Sitzheizung, Memory-Fkt., etc. ). Ein Modul hat nie eine Teilenummer sondern nur eine Lieferabrufnummer (LAW), auch Millionennummer genannt, welche auf eine bestimmte Stückliste hinweist. Ein Modul ist also immer ein Hinweis für hohe Komplexität. Durch seine Individualität ist ein Modul zudem nur bedingt austauschbar, was einen besonderen Qualitätsanspruch mit sich bringt. Ein Just-In-Time-Umfang ist wiederum ein Hinweis auf ein Modul und begründet durch seinen definierten Bedarfszeitpunkt zusätzlich hohe Qualitätsforderungen.

### **Frage 3.2/3.3:**

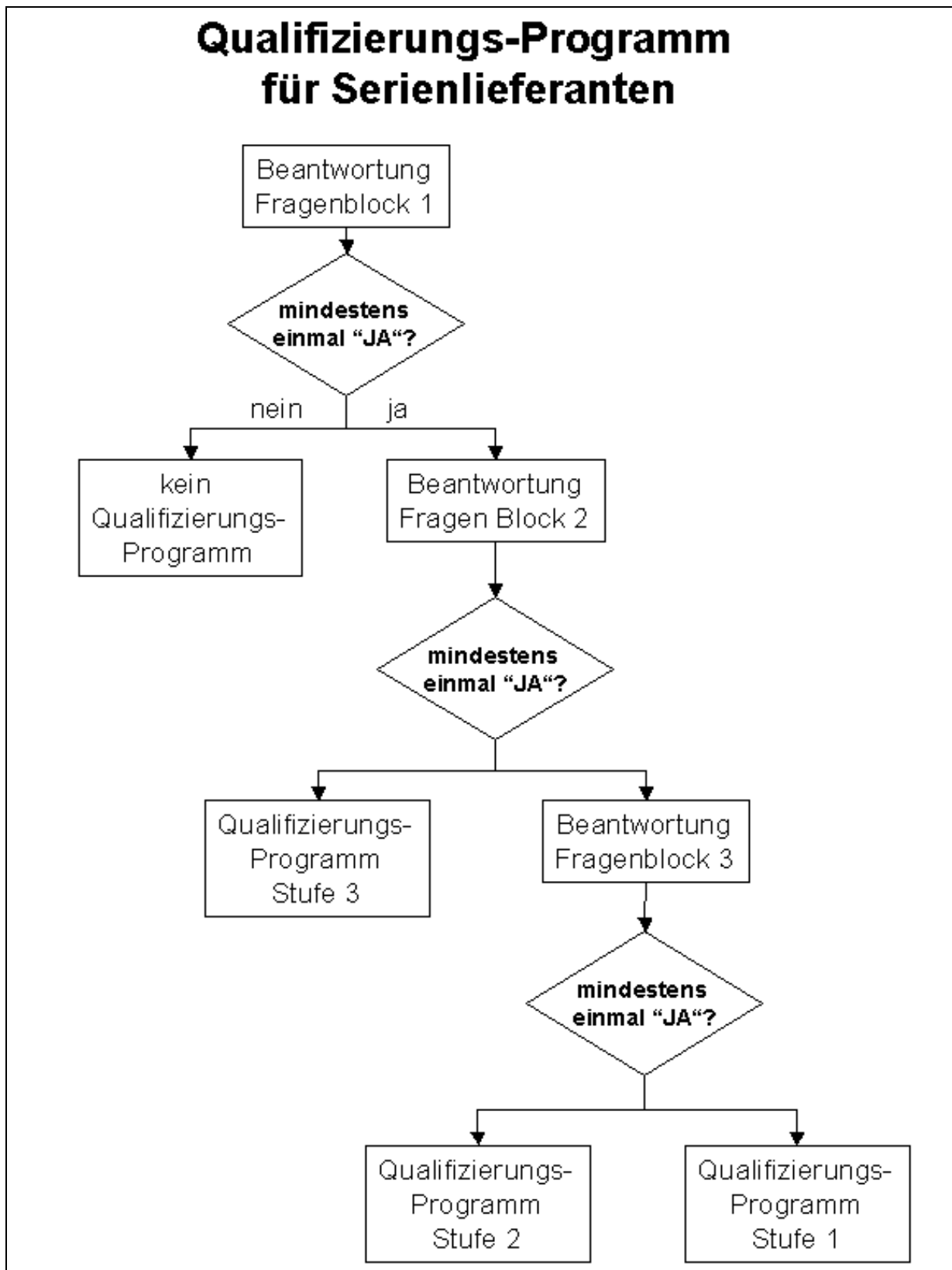
Sortieraktionen werden vom Lieferanten durchgeführt wenn nachgewiesen wurde, dass dieser die Verantwortung für einen Hallenstörfall trägt. Der Lieferant muss dafür sorgen, dass alle fehlerhaften Teile beim Automobilhersteller und in dessen Lager aussortiert werden, bzw. glaubhaft belegen, dass es sich bei dem entstandenen Störfall um einen Einzelfall handelt (z.B. durch einen Werkzeugfehler war nur eine bestimmte Charge an Teilen fehlerhaft, die Ursache ist aber inzwischen abgestellt)

### **Frage 3.4:**

„Schwere Feldreklamationen“, - die Beurteilung „schwer“ wurde bewusst offen gelassen um möglichst den gesamten Konzern und all seine Bedürfnisse zu erfassen. Die Entscheidung über die Schwere der Probleme bleibt dem Bauteilverantwortlichen überlassen. So ist zum Beispiel ein einzelner Schadensfall bei einem Bentley als schwerer einzustufen als ein Schadensfall bei einem Golf.



Ablaufdiagramm zur Bestimmung von Komponenten bei denen mit dem Lieferanten ein Qualifizierungsprogramm für Serienlieferanten durchgeführt wird:



## 11 Literaturverzeichnis

- [aleaf 04] Vielschichtige Angelegenheiten  
Abdul Aleaf  
in "Elektronik Automotive", Ausgabe 1/2004
- [aut] [www.autosar.de](http://www.autosar.de)  
Internetseite der AUTOSAR
- [bal 98] Lehrbuch der Softwaretechnik  
Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut Balzert  
Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin, 1998
- [beil 03] Systemarchitektur für zukünftige Assistenzsysteme in Automobilen  
Dr. Falk Beil, Volkswagen AG  
Präsentationsunterlagen zur Tagung „Elektronik im Automobil“, München  
2003
- [berg] [www.bergner.biz](http://www.bergner.biz)  
„Qualitätsmanagement und Excellenceansätze in der Automobilindustrie“  
Präsentationsunterlagen
- [Bosch 02] Autoelektrik/Autoelektronik, Systeme und Komponenten  
Robert Bosch GmbH  
Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, 2002
- [cla 92] Automobilentwicklung mit System, Strategie, Organisation und Management  
in Europa, Japan und USA  
K. B. Clark, T. Fujimoto  
Campus Verlag Frankfurt/New York, 1992
- [cro 94] Qualität 2000 – kundennah, teamorientiert, umfassend  
„Completeness“ in deutscher Ausgabe  
Philip B. Crosby  
Carl Hanser Verlag München Wien, 1994
- [dais 03] in [schäuffele 03]
- [dem 86] Out of the crisis  
W. E. Deming  
Massachusetts Institute of Technology Press, 1986
- [DIN 99] Technische Spezifikation ISO/TS 16949, DIN-Fachbericht 78  
Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin 1999
- [ditt 04] Entwicklungsbegleitende SW-Qualitätssicherung  
Lars Dittmann, Erik Foltin, Jörg Kessler  
Präsentationsunterlagen, Volkswagen AG, 2004
- [DQS 04] Internetseite der DQS GmbH

- [eck 02] Ein starkes Signal – Automobilindustrie setzt auf „Automotive Excellence“  
Gernot Eckel  
in „Management und Qualität“, Spezialausgabe 2002
- [efqm 00] Das EFQM-Modell für Excellence  
European Foundation for Quality Management (Hrsg.)  
Überarbeitete deutsche Ausgabe, März 2000
- [efqm 03] Excellence einführen  
European Foundation for Quality Management (Hrsg.)  
Deutsche Ausgabe, 2003
- [egg 02] Automotive Excellence  
Egger, Zink  
Präsentationunterlagen VDA-Workshop, Juli 2002
- [fen 04] Automotive Open System Architecture  
Helmut Fennel, Udo Judaschke, Oliver Weis  
in „Elektronik Automotive“, Ausgabe 3/2004
- [fer] 1 Jahrhundert der Automobiltechnik  
Olaf von Fersen
- [fet 04] Virtuelles Design von Kfz-Elektronik-Netzwerken  
Dr.-Ing. Joachim Fetzer  
in „Automotive Electronics“, Ausgabe März 2004
- [flieg 03] Elektronik-Strategie – Struktur und Projekte im Vertrieb Kundendienst  
Dietmar Fliegner, Volkswagen  
Präsentationsunterlagen „Information für das Personalwesen“, 2003
- [fre 89] Die Qualität des Unternehmens – eine neue Dimension der Qualität  
Hans-Ulrich Frehr  
in [zink 89], S. 126
- [fre 94] Total Quality Management – Unternehmensweite Qualitätsverbesserung  
Hans-Ulrich Frehr  
Carl Hanser Verlag München Wien, 1994
- [fis 04] Streikt die Elektronik, sind wir so hilflos wie ein Säugling. Doch Abhilfe naht  
in Form einer feinen, aber leisen Revolution  
Günther Fischer  
Tagesinformationsdienst CAR, Juli 2004
- [glau 99] Qualität Quo Vadis?  
Ernst C. Glauser  
The Swiss Deming Insitute, Mai 1999

- [got 04] VW-Versuchsbau – effiziente Fertigung von Prototypen  
Dr. Susanne Gottschalk, Volkswagen AG  
in „SSA for Automotive Informationstag“, Wolfsburg, Juni 2004  
[http://www.sigma-chemnitz.de/akt/1Einladung%20Automotive\\_Jun04.pdf?id=17980](http://www.sigma-chemnitz.de/akt/1Einladung%20Automotive_Jun04.pdf?id=17980)
- [grell 03] „Rad am Draht“ Innovationslawine in der Autotechnik  
Detlef Grell  
in „c't“, Ausgabe 14/2003
- [Hak 99] Qualitätsoffensive in der Automobilindustrie  
Dieter Hake, Heribert Steil, Michael Stowasser  
in „Qualität und Zuverlässigkeit“, Ausgabe 10/1999  
Carl Hanser Verlag, München
- [har 02] in „Sprint in die Zukunft“  
Fritz Hartig, BMW Group  
in „Qualität und Zuverlässigkeit“, Ausgabe 5/2002  
Carl Hanser Verlag, München
- [hei 03] Versionsmanagement für Transparenz und Prozesssicherheit in der Steuergeräte-Entwicklung  
Dr. Axel Heinrich, Dr. Kai Müller, Jens Fehrling, Volkswagen AG  
Vortrag zum VDI-Kongress „Elektronik im Kraftfahrzeug“  
Baden-Baden, September 2003
- [her 00] Zur Weiterentwicklung des Qualitätswesens  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann  
in „ZWF“ Carl Hanser Verlag München, 2000
- [her 02] Das 3. Paradigma  
Prof. Dr.-Ing Joachim Herrmann  
in „Qualität und Zuverlässigkeit“, Ausgabe 4/2002  
Carl Hanser Verlag, München
- [her 03] Techniken des Qualitätsmanagements  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann  
Skriptum zur Vorlesung, Berlin, Stand: April 2003
- [her 03/2] Führungsaufgaben im Qualitätsmanagement I  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann  
Skriptum zur Vorlesung, Berlin, Stand: Oktober 2003
- [hert 02] Hertel, QZ 05/02
- [hosp 04] Elektronische Schutzengel  
Dr. Werner Hosp  
in „Automotive – electronics + systems“, Ausgabe März/April 2004
- [hör 02] Trainingslager für Softwarequalität  
Dr. Klaus Hörmann, Q-labs  
in „Automobil-Elektronik“, Ausgabe Dezember 2002

- [ISO 95]           DIN EN ISO 8402, Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung, Begriffe  
International Organization for Standardization (ISO)  
Ausgabe August 1995
- [ISO 00]           DIN EN ISO 9000:2000  
Qualitätsmanagementsysteme, Grundlagen und Begriffe  
DIN – Deutsches Institut für Normung  
Beuth Verlag, Berlin 2000
- [jen 02]           Mechatronik prägt die zukünftige Kfz-Elektronik  
Dr.-Ing. Daniel J. Jendritza  
in „Auto und Elektronik“, Ausgabe 03/2002
- [jur 91]           Handbuch der Qualitätsplanung  
Josef M. Juran  
Verlag Moderne Industrie, 3. Auflage, Landsberg/Lech 1991
- [kam 00]           Der Weg zur Spitze  
Business Excellence durch Total Quality Management, Der Leitfaden  
Gerd F. Kamiske (Hrsg.)  
Carl Hanser Verlag München Wien, 2. Auflage, 2000
- [kam 03]           Qualitätsmanagement von A bis Z  
Gerd F. Kamiske, Jörg-Peter Brauer  
Carl Hanser Verlag München Wien, 2003
- [kir]               [www.deming.de](http://www.deming.de)  
Dr.-Ing. Henning Kirstein  
Private Internet-Seite zur Verbreitung des Deming-Gedankens in Deutschland
- [klei 04]           Elektronik als kritischer Erfolgsfaktor  
Dr. Andreas Kleineicken, Audi AG  
in „Automotive Electronics“, Ausgabe 1, 2004
- [kut 04]           Erfahrungsaustausch der Versuchsbauten BMW AG / Volkswagen AG zum  
Thema Qualitätssicherung Elektrik/Elektronik im Prototypenbau  
Thomas Kutritz, Volkswagen AG  
Zusammenfassung der Ergebnisse (Präsentationsunterlagen), März 2004
- [lan 04]           Gewährleistung einer hohen Zuverlässigkeit der Funktionen eines elektroni-  
schen Fahrzeugnetzwerks durch einen definierten Test- und Integrationspro-  
zess  
Klaus Lange, Jörk Kluge, Georg Oswald  
VDA, Technischer Kongress Rüsselsheim 2004
- [mas 94]           Handbuch Qualitätsmanagement  
Prof. Dr. Walter Masing (Hrsg.)  
Carl Hanser Verlag München Wien, 3. Auflage 1994

- [mich 04] Die Elektronik-Strategie von Porsche  
Uwe Michael, Porsche AG  
in „Elektronik Automotive“, Ausgabe 1/2004
- [mit 02] in „Sprint in die Zukunft“  
Bernd Mitschele, Porsche AG  
QZ 2002, Ausgabe 5, Carl Hanser Verlag, München 02
- [mue 03] Versions- und Fehlerdatenmanagement  
Dr. Kai Müller, Volkswagen AG  
Elektronik-Strategie-Bericht, Dezember 2003
- [näher 03] Pannen folgen keiner Regel: Qualität schon  
Dr. Ulrich Näher, McKinsey & Company  
in „Automobil-Elektronik“, Ausgabe Dezember 2003
- [neu 03] Elektrik-/Elektronik-Strategie wird neu ausgerichtet  
Wieder erstarkte Kernkompetenz im Volkswagen-Konzern  
Dr. Karl-Thomas Neumann  
in „Elektronik Automotive“, Ausgabe 3/2003
- [neum 03] Elektrik/Elektronik im neuen BMW 5er  
Kommunikationsstruktur und Bordnetz  
Richard Neumayer, Jana Franke-Wand, Harald Thierauf, Volker Nieten, Dr.  
Geza Nemeth, Dr. Josef Krammer, Oliver J. Brugger  
in „Der neue 5er“, Sonderausgabe ATZ/MTZ, 2003
- [old 04] [http://www.oldtimer.de/Archiv/Automobilgeschichte/a\\_geschich01.htm](http://www.oldtimer.de/Archiv/Automobilgeschichte/a_geschich01.htm)
- [pep 95] Käuferverhalten und Marktforschung, Eine praxisorientierte Einführung  
Werner Pepels  
Uni-TB. GmbH, Stuttgart 1995
- [pfe 01] Qualitätsmanagement – Strategien, Methoden, Techniken  
Tilo Pfeifer  
Carl Hanser Verlag München Wien, 2001
- [pisch 01] Qualität muss gelebt werden  
Bernd Pischetsrieder  
in „Automobil Produktion“ Spezial, Juli 2001
- [poh 04] Konzept zur Lieferantenbereuung für Elektronik-Umfänge durch die Quali-  
tätsicherung im Versuchsbau  
Carsten Pohl  
Diplomarbeit, BTU Cottbus & Volkswagen, 2004
- [ran 03] Autoindustrie etabliert offenen Standard  
Sabine Ranft  
in „Elektronik Automotive“, Ausgabe 5/2003

- [ran 04] AUTOSAR: Neue Mitglieder an Bord  
Sabine Ranft  
in „Elektronik Automotive“, Ausgabe 2/2004
- [reder 04] Audi-Elektronik-Center  
Elektronik-Kompetenz unter einem Dach  
Bernd Reder  
in „Elektronik Automotive“, Ausgabe 2/2004
- [saad 03] Software im Automobil  
Ausgangslage, Zielsetzung und Aufgabe der BMW Car IT  
Dr. Alexandre Saad, BMW AG  
in „Automotive Electronics“, Ausgabe 1/2003
- [sax 01] Vom Auto habilis zum Auto sapiens  
Herbert Sax, Wolfgang Heitzmann  
in „Elektronik Praxis“ Ausgabe 3/2001
- [schar 04] Herausforderungen für die Einführung neuer Elektronikarchitekturen im  
Fahrzeug  
Dr. Thomas Scharnhorst, Volkswagen AG  
Präsentation zum 2. ISST-Forum, 28.-29. April 2004
- [schäu 03] „Automotive Software Engineering“ – Grundlagen, Prozesse, Methoden und  
Werkzeuge  
J. Schäuuffele, T. Zurawka  
ATZ/MTZ-Fachbuch, Vieweg Verlag 2003
- [schl 02] Automotive Excellence heute  
Falko Schling, Volkswagen AG  
Präsentationsunterlagen Jahresversammlung VDA-QMC, Berlin 2002
- [schleu 99] Fortschritte in der Qualitätssicherung der Elektrik/Elektronik  
Dr. Willibert Schleuter, Walter Streit, Georg Sterler, AUDI AG  
in „Fortschritt und Zukunft in der Automobilelektronik“  
Stuttgart, November 1999
- [schroe 03] Achillesferse Bordelektronik  
Frank Schröder, Jörg Kessler, Renate Stücka  
in „Qualität und Zuverlässigkeit“, Ausgabe 4/2003
- [schu 01] EUCAR-Benchmarking, Prozesskette Prototypen  
Dr. A. Schultz, Volkswagen AG  
Zusammenfassung der Ergebnisse (Präsentationsunterlagen), Jan. 2001
- [schu 02] Fehlerbeseitigungsmanagement im Rahmen der Plattformstrategie am Bei-  
spiel der Automobilindustrie  
Daniel Schukraft  
Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin, 2002

- [schul 03] Requirement Engineering  
Effektives Verbesserungspotenzial bei der Entwicklung von Steuergeräten  
Axel Schultz, IAV GmbH Gifhorn  
in „Automotive Electronics“, Ausgabe 1/2003
- [sie 02] Benchmarking, Leitfaden für die Praxis  
Gunnar Siebert, Stefan Kempf  
Carl Hanser Verlag München Wien, 2002
- [stef 04] Standardisierter Diagnoseprozess nach ASAM  
Markus Steffelbauer  
in „Automotive Electronics“, Ausgabe März, 2004
- [sterl] Präventive Qualitätssicherung für die Kfz-Elektronik  
Georg Sterler, Uwe Girgsdies, Otto Giebler  
in „Elektronik Automotive“, Sonderausgabe Audi A8
- [stuecka] „Qualitätsmanagement und Qualitätsmessung bei der Entwicklung von  
Automotive Software“  
Renate Stücka  
Automotive Electronics, Datum ?
- [vda 12] Prozessorientierung, VDA Band 12  
Verband der Automobilindustrie e.V. (Hrsg.)  
Oberursel, 2002
- [vda 18] Vom Qualitätsmanagement zur Business Excellence in der deutschen Auto-  
mobilindustrie  
VDA Band 18  
Verband der Automobilindustrie e.V. (Hrsg.)
- [vda 13] Entwicklung softwarebestimmter Systeme  
Forderungen an Prozesse und Produkte  
Verband der Automobilindustrie e.V., 1. Auflage 2003
- [vos 02] Ähnliche Zielsetzung  
Voss/Stoschek  
in „Qualität und Zuverlässigkeit“, Ausgabe 10/2002
- [vw 186] Der CAN-Datenbus, Selbststudienprogramm 186  
Volkswagen AG (Hrsg.), 1997
- [vw 03] PEP-Handbuch, Handbuch für den Geschäftsprozess Produktenstehung  
Volkswagen, 2003
- [vw 04/1] Intranet-Auftritt der Volkswagen AG
- [vw 04/2] Internetseite der Volkswagen AG, Bereich Umwelt  
[www.volkswagen-umwelt.de](http://www.volkswagen-umwelt.de)



- [wag 03]            Hersteller Initiative Software  
Gerhard Wagner, Heinz Merkle, Dr. Jürgen Bortolazzi,  
Dr. Dieter Marx, Klaus Lange  
in „Automotive Electronics“ Ausgabe 1/2003
- [web 04]            Konzept zur Zusammenarbeit von Versuchsbau, Elektronik-Entwicklung und  
Produktion am Beispiel der Referenzkarossen und E-Meisterböcke  
Matthias Weber  
Diplomarbeit, FH Hannover & Volkswagen AG, 2004
- [weh 03]            Überprüfung sicherheitsrelevanter Funktionen im Rahmen von Abnahmefahr-  
ten  
Michael Wehlauer  
Diplomarbeit, FH Wolfenbüttel & Volkswagen AG, 2003
- [wei 94]            Symbiose statt Partnerschaft  
Dr. Alfons Weissbrich  
in „Automobil-Entwicklung“, 1994
- [wein 02]           Anforderungen und Chancen automobilgerechter Softwareentwicklung  
Dr. Ulrich Weinmann, BMW Car IT GmbH  
Präsentationsunterlagen, Juni 2002
- [wob 04]            Rot-Grün will Russfilter doch fördern  
Wolfsburger Nachrichten, 10.07.2004
- [wolf 04]            Zwanzig Meter rund ums Auto  
Stephan Wolfsried, DaimlerChrysler  
in „automotive electronics + systems“, Ausgabe 3-4/2004
- [zin 89]            Qualität als Managementaufgabe  
Klaus J. Zink (Hrsg.)  
Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech 1989
- [zin 95]            TQM als integratives Managementkonzept  
Klaus J. Zink  
Carl Hanser Verlag München Wien, 1995
- [zim 02]            Werner Zimmermann  
in „Sprint in die Zukunft – Experten diskutieren Automotive Excellence als  
Hoffnungsträger der deutschen Automobilindustrie  
in „Qualität und Zuverlässigkeit“, Ausgabe 5/2002