

3. Autorensystem für Anleitungen zur Fehlersuche und Reparatur im Kraftfahrzeug: Anforderungsanalyse und Spezifikation

Andreas Malik und Harald Weiler – Robert Bosch GmbH

Ulrich Heller, Jakob Mauss und Peter Struss – TU München, Institut für Informatik

3.1 Einführung

Bei komplexen Systemen, wie sie in wachsendem Maße in Kraftfahrzeugen eingebaut werden, sind Anleitungen zur Fehlersuche unerlässlich, um in der Werkstatt gezielt Diagnose und Reparatur durchführen zu können. Im folgenden Beitrag wird ein Überblick über die wesentlichen Anforderungen und Randbedingungen dieses Anwendungsfeldes für „intelligente Diagnose“, auf Grund der Erfahrungen bei der Firma Robert Bosch GmbH (abgekürzt in Bosch) gegeben und wichtige Eigenschaften für ein Redaktionssystem zur Erstellung solcher Anleitungen zur Fehlersuche in der Werkstatt spezifiziert.

3.2 Fehlersuche am Kfz in der Werkstatt

3.2.1 Ausrüstung von Werkstätten

Bosch produziert für Kraftfahrzeug-Werkstätten komplette Prüfausrüstungen. Sie werden vor allem an Bosch-Dienste, aber auch an freie Werkstattspartner vertrieben. Weltweit gibt es rund 10000 Bosch-Stützstellen, die sich jedoch in ihrem Ausrüstungsgrad deutlich unterscheiden. So besitzt nur knapp die Hälfte von ihnen die nötige Ausstattung für die kompetente Diagnose von Benzin-Einspritzsystemen.

Wichtige Werkzeuge sind mobile Diagnosetester (z.B. die Pocket-Tester vom Typ KTS 300) und Motortester (z.B. MOT 501). Sie werden in der Werkstatt an dafür vorgesehene Stecker des Fahrzeugs angeschlossen und ermöglichen dann die Messung von verschiedenen Signalen und Systemparametern. Mit ihrer Hilfe lassen sich Fahrzeugsysteme sowohl von Bosch als auch anderer Hersteller diagnostizieren.

Die speziellen Fahrzeugdaten, die solch ein Tester braucht, sind in der Werkstatt auf einem Rechner verfügbar. Für häufig vorkommende Fahrzeugtypen hält der Tester die Daten im Rahmen seiner Speichermöglichkeiten lokal, für andere Typen können sie vom PC über eine RS232-Schnittstelle auf den Tester geladen werden. Wenn Serviceabkommen abgeschlossen wurden, können die Daten regelmäßig aktualisiert werden. Dies geschieht heute über Austausch von CDs, in Zukunft durch direktes Abrufen über das Internet.

3.2.2 Fehlersuche in der Werkstatt

In der Werkstatt stehen zur Diagnose von Teilsystemen, z.B. eines Anti-Blockier-Systems ABS oder einer Elektronischen Diesel-Einspritzanlage EDC, eine fahrzeugspezifische Fehlersuchanleitung und in vielen Fällen auch eine ausführliche, vom Fahrzeug unabhängig formulierte Basisanleitung auf CD-ROM zur Verfügung. Eine solche Fehlersuchanleitung läßt sich grob in sechs verschiedene Bestandteile gliedern. Die folgenden Zahlenangaben beziehen sich zwar auf eine genauer analysierte FSA zu einer verteilerbasierten EDC, weichen allerdings bei ähnlichen Dokumenten nicht entscheidend davon ab.

- **Fehlercodetabelle:** 16 verschiedene Fehlercodes, die vom Steuergerät erzeugt werden, mit Verweisen auf 30 Prüfprogramme.
- **Fehlersuchplan:** ordnet jeder der 20 sog. Fahrerbeanstandungen eine sortierte Liste von 1 bis 20 Prüfprogrammen zu, die bei einer bestimmten Kundenbeanstandung abzuarbeiten sind.
- **Prüfprogramme Eigendiagnose:** 30 verschiedene Prüfprogramme, die aus der Fehlercodetabelle oder dem Fehlersuchplan heraus angesprungen werden. Diese Prüfprogramme zum ausgelesenen Fehlercode behandeln beinahe ausschließlich die elektrische Sensorik und Aktuatorik, da in der Regel nur diese vom Steuergerät überwacht werden kann und zum Setzen von Fehlercodes führt.
- **Fehlersuchprogramme:** 10 verschiedene Prüfprogramme, die teils elektrische Sensorik und Aktuatorik behandeln, teils aber auch pneumatische, mechanische und hydraulische Funktionsgruppen.

- **Prüfschritte:** 16 detaillierte Beschreibungen von komplexen Prüfschritten, zu deren Durchführung viel technisches Spezialwissen benötigt wird. Beispiele: Kraftstoffanlage entlüften, Filterbox erneuern oder Einspritzanlage auf Dichtheit prüfen.
- **Sonstiges:** Einleitende Funktionsbeschreibung des Gesamtsystems, Sollwerte, verfügbares Spezialwerkzeug, Sicherheitshinweise, Einbaulage der Komponenten, Bilder hierzu.

Von den 209 A4-Seiten der analysierten Basisanleitungen machen die Prüfprogramme und Fehlersuchprogramme 150 Seiten, also 75% aus. Diese Prüfprogramme beziehen sich wiederum ganz überwiegend – zu über 75% - auf die Diagnose der elektrischen Sensorik und Aktuatorik der Steuergeräte.

3.2.3 Aufbau einer Fehlersuchanleitung

Für die Strukturierung einer FSA hat sich folgende Kapiteleinteilung bewährt und wurde daher in die Arbeitsanweisung für die Autoren aufgenommen (die unterstrichenen Teile sind für die Diagnose essentiell und erfordern den größten Vorbereitungsanfang):

- Inhaltsverzeichnis,
- Besonderheiten,
- Aufbau/Handhabung,
- Sicherheitsmaßnahmen,
- Prüfvoraussetzungen,
- Fehlersuche nach Kundenbeanstandung (evtl. mit spezifischen Abschnitten),
- Fehlersuche ohne Kundenbeanstandung
- Eigendiagnose mit den Abschnitten
- Eigendiagnose- Beschreibung,
- Eigendiagnose- Tester anschliessen,
- Eigendiagnose- Blinkcodes (optional),
- Eigendiagnose- Identifikation,
- Eigendiagnose- Fehlercodes,
- Eigendiagnose- Fehlerspeicher löschen.
- Istwertetabelle (optional),
- z .B. Stellgliedtest-Auswahltabelle (optional).
- Istwerte,
- Komponenten / Funktionsprüfung,
- Sollwerte: Liste aller Sollwerte,
- Elektrischer Anschlußplan,
- Hydraulischer Anschlußplan (optional),
- Luft- und Kraftstoffleitungsplan (optional),
- Einbaulage der Komponenten.

3.3 Erstellungsprozeß einer Fehlersuchanleitung

3.3.1 Erstellung des Dokuments

In diesem Abschnitt wird das heutige Vorgehen (bei Bosch) bei der Erstellung von FSAs beschrieben. Folgende Schritte können unterschieden werden

- **Entwicklungsbeschluß:** Der zuständige Geschäftsbereich beschließt die Entwicklung einer FSA für ein Teilsystem. Da eine stärkere Nachfrage nach Serviceleistungen bei Bosch-Diensten erst nach Ablauf der Garantiezeit einsetzt, wurde bisher eine FSA zeitversetzt nach Serienanlauf entwickelt. Zunehmend werden FSAs vom Fahrzeughersteller zusammen mit dem zu entwickelnden Teilsystem in Auftrag gegeben, so daß beides zeitgleich entstehen muß.
- **Bauftragung eines Service-Mitarbeiters:** Ein Mitarbeiter wird mit der Anfertigung der FSA beauftragt; er ist gleichzeitig für die Erstellung der Prüfsoftware des Service-Testers verantwortlich. Der Mitarbeiter sollte

elektrotechnische, Kfz-technische oder maschinenbautechnische Kenntnisse besitzen und mit einer Version des Subsystems vertraut sein.

- **Informationen und Dokumente beschaffen:** Der Mitarbeiter stellt die benötigten Dokumente zusammen. Die wichtigsten sind hierbei:
 - Stromlaufplan
 - Fehlersuchplan (Tabelle der Kundenbeanstandungen und zugehörigen verdächtigen Funktionsgruppen) für ein ähnliches Teilsystem, falls vorhanden
 - Informationen über das neue Teilsystem, speziell die Änderungen gegenüber dem Vorgängersystem
 - System FMEA (Fehlermöglichkeits-und-Einfluß-Analyse) für das Teilsystem
- **Service-Tester Spezifikation:** Ungefähr die Hälfte der Arbeitszeit für eine FSA entfällt auf die Spezifikation der Software des Service-Testers, eines Geräts zum Auslesen und Löschen von Fehlercodes, zum Lesen von Sensorwerten und zur Stellgliedansteuerung. Dieser Aufwand wird hauptsächlich durch den Aufwand zur Recherche der nötigen Detailinformationen (Steuergerätesoftware, Registeradressen, Kommunikationsprotokolle, Fehlercodes usw.) verursacht.
- **Fehlersuchplan erstellen:** Der Mitarbeiter erstellt einen Fehlersuchplan für das neue Teilsystem. Die berücksichtigten Kundenbeanstandungen können oft vom Vorgängersystem übernommen werden, da sich die Funktionalität und damit die möglichen Beanstandungen nur selten ändern. Neuerungen werden nötigenfalls durch Ergänzungen von neuen Beanstandungen oder durch Differenzieren bekannter Beanstandungen berücksichtigt.
- **Fehlersuchplan priorisieren:** Der Mitarbeiter sortiert die möglichen Fehlerursachen einer Beanstandung so, daß sich in der Werkstatt eine günstige Prüfreihenfolge ergibt. Er benutzt dabei vor allem Wissen über die Zugänglichkeit der Bauteile am Fahrzeug. Das Priorisieren erfolgt meist direkt am Fahrzeug, um die Zugänglichkeit der Bauteile und günstige Reihenfolgen von Prüfschritten besser beurteilen zu können.
- **Prüfprogramme erstellen:** Für jede verdächtige Funktionsgruppe des Fehlersuchplans wird ein Prüfprogramm erstellt, das die Prüfung der Funktionsgruppe schrittweise beschreibt. Bei der Erstellung der Prüfprogramme wird die Vernetzung der Teilsysteme untereinander (z.B. Motor – Getriebe) oder einzelner Funktionsgruppen innerhalb eines Teilsystems aus Komplexitätsgründen nicht berücksichtigt. Die Teilsysteme und ihre Funktionsgruppen werden also geprüft, als seien sie voneinander isoliert. Der Mitarbeiter benutzt zur Anfertigung der Prüfprogramme:
 - Stromlaufplan
 - Setzbedingungen der Fehlercodes
 - Menge der denkbaren Tests für das Teilsystem und Wissen über vorhandene Prüfmittel.
- **CD Produktion:** Ein Spezialist organisiert die Bereitstellung der Dokumente auf CD.

Der Arbeitsaufwand bei der Erstellung einer FSA für ein neues Teilsystem (Teilsystem ohne vergleichbares Vorgängersystem), ohne CD Produktion aber einschließlich Spezifikation der Software für den Service-Tester, betrug bei der analysierten EDC etwa 40 Personentage. Bei einem modifizierten Teilsystem kann natürlich viel stärker auf bestehende FSAs zurückgegriffen werden.

3.3.2 Prüfprogramme für die Werkstattdiagnose

In diesem Abschnitt wird ein typisches Prüfprogramm beschrieben, das wieder der Anleitung zu der verteilerbasierten EDC entnommen ist.

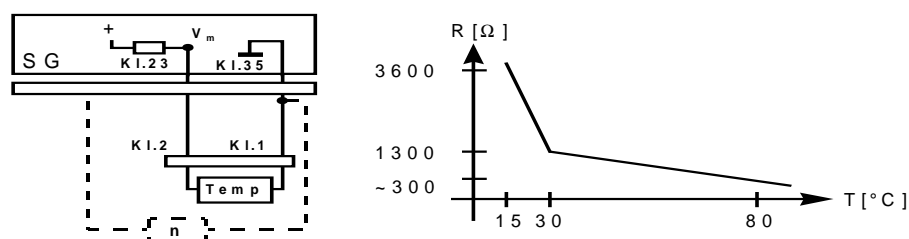


Abbildung 1: Funktionsgruppe Temperaturerfassung

Abbildung 1 zeigt einen Temperaturfühler, dessen temperaturabhängiger Widerstand (siehe Kennlinie) über zwei Leitungen des Kabelsatzes vom Steuergerät SG ermittelt wird. Die Spannung V_m an Klemme 23 wird vom Steuergerät überwacht. Bei zu hoher Spannung (also Unterbrechung oder Plusschluß) oder zu niedriger Spannung (also Masseschluß) wird im Steuergerät der Fehlercode 3 gesetzt. Der gestrichelt gezeichnete Drehzahlsensor n soll andeuten, daß die Masseversorgung des Temperaturfühlers auch von anderen Funktionsgruppen genutzt wird.

In Abbildung 2 ist der entsprechende Ausschnitt aus der Serviceanleitung abgebildet. Die Funktionsgruppe zur Temperaturerfassung mag als Beispiel zu einfach erscheinen, ist aber eher typisch. 75% der Prüfprogramme in den untersuchten FSAs für ABS, EDC und Motronic befassen sich mit der Diagnose von solch einfachen Schaltkreisen der Steuergerätesensorik und -aktuatorik.

3.3.3 Das Autorensystem

Eine FSA wird heute in vier Arbeitsschritten mit dem Autorensystem IMSIS angelegt, einem für Bosch entwickelten spezialisierten Textverarbeitungsprogramm, das von einem PC bedient wird und auf einen zentralen „Datenbank-Server“ zugreifen kann.

- Anlegen der Kapitelstruktur: Die standardisierte Kapitelstruktur für Fehlersuchanleitungen wird als Vorlage kopiert.
- Ausfüllen der Kapitelstruktur: Hier muß der Autor entscheiden, ob er ganze Kapitel aus alten FSAs übernimmt und anpaßt, oder ob er nur einzelne Textbausteine kopiert und anpaßt. In beiden Fällen gehen alle Variablenwerte beim Kopieren verloren, d.h. Sprung- und Textvariablen müssen von neuem mit Werten belegt werden.
- Verifikation: Das Autorensystem bietet verschiedene automatische und halbautomatische Prüfungen an, z.B. die Prüfung, ob alle im Text verwendeten Variablen mit Werten belegt sind, ob also z.B. alle Textsprünge ein gültiges Ziel haben oder die Prüfung, ob jede Textstelle von mindestens einem Kapitel aus erreichbar ist.
- Erstellen der Austausch-Dateien: Das Autorensystem erzeugt für jede FSA einen Satz von Dateien (siehe Abbildung 3), auf deren Grundlage eine CD-ROM produziert wird.

```

EIGENDIAGNOSE - FEHLERCODE 3

Temperaturfühler Kühlmittel

Fehleranzeigen:
* Masseschluß
* Unterbr./Plusschluß

Mögliche Fehlerursachen:
* Temperaturfühler (NTC) defekt
* Leitungsfehler

Temperaturfühler Kühlmittel
Widerstand des Temperaturfühlers Kühlmittel prüfen.
Messung am Steuergerätestecker zwischen den Klemmen 53 und 13.

18...22 Grad C =
2280...2720 Ohm [?] Ist: Ohm
48...52 Grad C =
750...900 Ohm [?] Ist: Ohm
78...82 Grad C =
290...353 Ohm [?] Ist: Ohm

Werden die Sollwerte nicht erreicht,
Messung am NTC wiederholen.

```

Abbildung 2: Prüfanleitung Temperaturfühler

Alternativ zu den ersten beiden Schritten kann auch eine komplette FSA als Vorlage kopiert werden, wobei alle Variablenwerte automatisch übernommen werden.

FSAs werden aus Textseiten zusammengesetzt, die einer Bildschirmseite entsprechen, d.h. jeder Satz gehört zu genau einem solchen „Text-Baustein,“. Das System verwaltet inzwischen weit über 100 000 Textseiten, die von jedem Autor zentral abgerufen werden können und wovon die meisten bereits in die benötigten Fremdsprachen übersetzt sind. Die Wiederverwendung der Textseiten in neuen FSAs spart also Übersetzungskosten. Jede Textseite kann nur über Schlüsselwörter gesucht werden, die in den ersten zwei der insgesamt 17 Textzeilen vorkommen. Es gibt also weder eine Volltextsuche, noch eine strukturierte Ablage der Textelemente, z.B. nach Texttyp (Prüfanweisung, Sicherheitshinweis, Reparaturanweisung, Funktionsbeschreibung usw.).

Leider verwendet in der Praxis jeder Autor meist nur die von ihm selbst angelegten Textseiten. Der Grund hierfür scheint einerseits die schwache Strukturierung der Datenbank zu sein, zum anderen arbeiten die Autoren in Teams zuständig für bestimmte Fahrzeugtypen zusammen, wobei die Fahrzeughersteller oft hauseigene Bezeichnungen verwenden, die dann oft von Bosch der Kohärenz wegen übernommen werden.

Das Redaktionssystem verwaltet für jede Fehlersuchanleitung eine Liste von Variablen, die vom Autor angelegt werden kann und in der er den Variablen Werte zuweist. Es werden zwei Arten von Variablen unterschieden

- Sprünge im Text: Es gibt interne (innerhalb der Fehlersuchanleitung) und externe Sprünge (in eine andere Fehlersuchanleitung).
- Textvariable: Hier können Platzhalter für Klemmen, Sollwerte, Bezeichner für Prüfkabel oder allgemein: unübersetzbare Textfragmente, definiert werden. Beispiele für Werte: "Kl. 17", "10 ... 30 Ohm". Solche Variablen werden vor allem verwendet, um Klemmen zu bezeichnen, was die Wiederverwendbarkeit der Textseiten erhöht.

Zeichnungen der Stromlaufpläne werden zur Zeit mit einem CAD-System neu erstellt, weil die entsprechenden Entwicklungsdaten entweder nicht zur Verfügung stehen oder inkompatibel sind. Aus Zeitgründen beschränkt man sich dabei auf einen einzigen Stromlaufplan, der alle Funktionsgruppen eines Teilsystems zugleich darstellt. Einbaulagen von Komponenten im Kfz werden nach Fotovorlagen gezeichnet und als Vektorgrafik benutzt.

Das Autorensystem bietet Konverter an, um FSAs, die als Word-Dokument vorliegen, in das Autorensystem zu importieren. Im Ausland werden Anleitungen für solche Fahrzeuge geschrieben, die in Deutschland nicht verfügbar sind. Diese Anleitungen werden in englischer Sprache als Word-Dokument geliefert, ins Deutsche übersetzt und mittels Konverter in das IMSIS-System übernommen. Dabei müssen Variablenwerte und Textsprünge von Hand zugewiesen werden. Ein Problem ist hierbei vor allem, den Bezug einer importierten Anleitung zu den erwähnten Textseiten herzustellen.

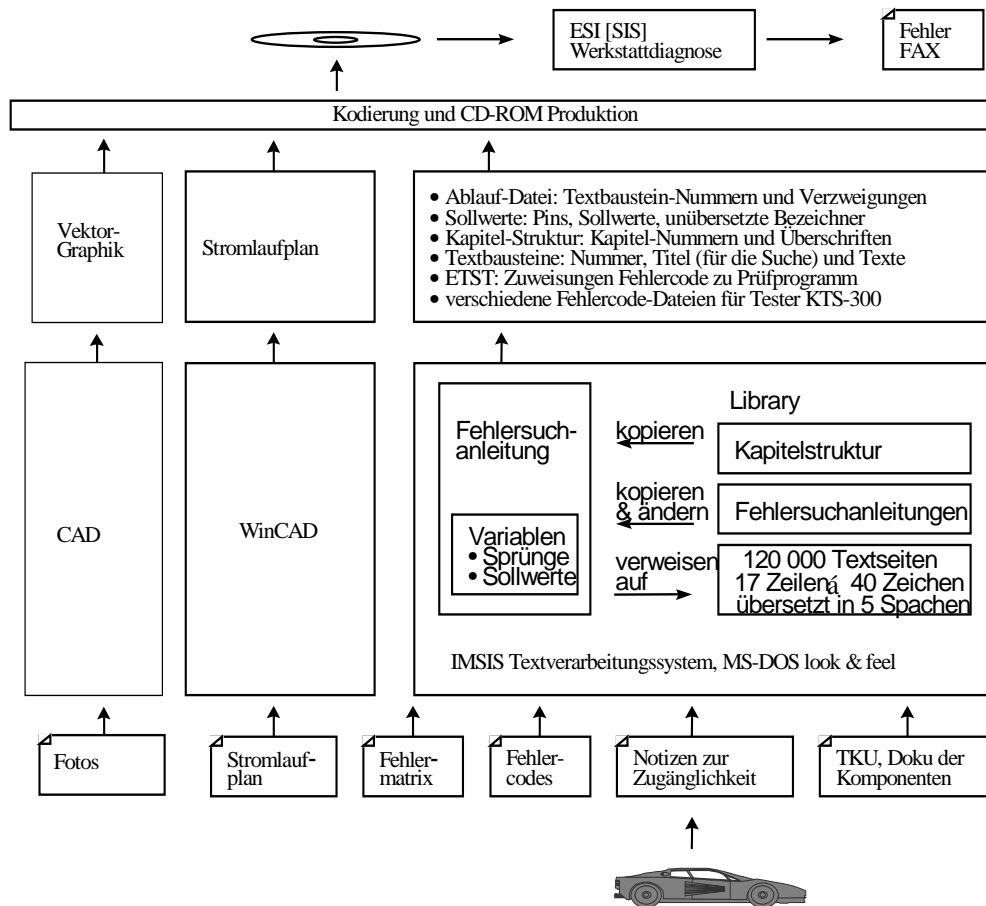


Abbildung 3: Produktion von Fehlersuchanleitungen mit dem Bosch Autorensystem

3.4 Anforderungen an ein Unterstützungs-Werkzeug

Aus der vorstehenden Analyse wurde klar, daß ein Redesign des bestehenden Autorensystems dringend erforderlich war und auch vom Geschäftsbereich gewünscht wurde. In diesem Abschnitt werden nun allgemeine Anforderungen an ein künftiges Werkzeug abgeleitet. Diese ergeben sich von verschiedenen Seiten:

- Forderungen aus Sicht des Bereichs nach Rationalisierung
- Forderungen aus Sicht der Autoren bzgl. Funktionalität und Bedienbarkeit
- Anforderungen aus der Analyse von Struktur und Inhalt der Fehlersuchanleitungen
- Allgemeine Anforderungen aus der Analyse der Arbeitsprozesse
- Anforderungen aus der bestehenden Softwareumgebung
- Anforderungen im Hinblick auf die Realisierung des Werkzeugs

3.4.1 Forderungen aus Sicht des Geschäftsbereichs KH

Die wichtigsten generellen Anforderungen an eine neue computergestützte Lösung sind:

- **Bearbeitungszeit verkürzen.** Das Werkzeug soll die Bearbeitungszeit für die Erstellung einer FSA spürbar verkürzen. Erreicht werden soll dies durch eine (evtl. teilweise) Automatisierung von abgrenzbaren, relativ aufwendigen wiederkehrenden Teilaufgaben.
- **Keine Umstellung des Arbeitsablaufs.** Zur Vermeidung von Umstellungskosten soll der bisherige Arbeitsablauf bei der Erstellung von FSAs erhalten bleiben. Das heißt, das Werkzeug soll den bisherigen Arbeitsablauf nicht ersetzen, sondern wirkungsvoll ergänzen.
- **Möglichst Verbesserung der Ergebnisse,** z.B. durch garantierte Vollständigkeit.

3.4.2 Forderungen aus Sicht der Autoren

Die Autoren von FSAs setzen bereits heute für ihre Arbeit diverse Software-Werkzeuge für die Text- und Bildverarbeitung ein. Jede Einführung eines neuen Werkzeugs bedeutet zusätzlichen Einarbeitungsaufwand und potentiell eine unerwünschte Umgewöhnung des Arbeitsablaufs. Hieraus ergeben sich folgende Forderungen:

- **Einfache Bedienung:** es sollen keine speziellen Sprachen zur Bedienung eingeführt werden. Die Konzepte und Objekte des Werkzeugs sollen sich in natürlicher Weise auf den gewohnten Arbeitsprozeß und seinen Gegenstand beziehen. Zusätzlicher Bedienungsaufwand ist nur in dem Maße vertretbar, wie er sich insgesamt in Zeitgewinn oder verbesserten Arbeitsergebnissen niederschlägt.
- **Mühevolle Übernahme** erzielter Arbeitsresultate in den bisherigen Arbeitsprozeß. Das Werkzeug muß eine Schnittstelle anbieten, die den Transfer der damit erzielten Arbeitsresultate in den bisherigen Arbeitsprozeß ermöglicht. Beispielsweise soll eine automatisch generierte FSA, zumindest in der Endversion des Werkzeugs, auch automatisch entweder in das existierende Autorensystem oder an nachgeschalteter Stelle in die Prozeßkette zur Erstellung der CD übernommen werden.
- **Mögliche Korrektur automatisch erzielter Resultate.** Es kann nicht davon ausgegangen werden, daß die automatisch erzeugten Ergebnisse alle relevanten Aspekte berücksichtigen und vom Autor ungeändert übernommen werden können. Das Werkzeug muß ihm nicht nur ermöglichen, entsprechende Änderungen vorzunehmen (etwa Abarbeitungsreihenfolge von Prüfprogrammen), sondern auch möglichst robust gegenüber solchen Änderungen sein (d.h. die geänderten Ergebnisse überprüfen und weiterverarbeiten können).

3.4.3 Analyse von Struktur und Inhalt der Fehlersuchanleitungen

Die Analyse der Fehlersuchanleitung für die verteilerbasierte EDC, aber auch weiterer Dokumente für ABS und Motronic haben gezeigt, daß 75% der Seiten einer solchen Anleitung aus Prüfprogrammen für Fehlercodes und aus Fehlersuchprogrammen für Fahrerbeanstandungen bestehen. Die restlichen 25% werden von einleitenden Funktionsbeschreibungen, Informationen über verfügbare Werkzeuge, die Einbaulage der Komponenten usw. gebildet. Die automatische Erstellung dieser 25% ist nach heutigem Stand der Technik nicht mit vertretbarem Aufwand möglich. Die Erstellung der Prüfprogramme für Fehlercodes und der Fehlersuchprogramme für Fahrerbeanstandungen kann dagegen wirkungsvoll durch automatische, modellbasierte Methoden unterstützt werden. 75% dieser Prüfprogramme beziehen sich auf die Elektrikdiagnose von Aktuatoren und Sensoren. Die übrigen 25% betreffen die Hydraulik-, Pneumatik- und Mechanik-Diagnose. Vor allem die modellbasierte Automatisierung der Prüfprogrammerzeugung für Elektrik und evtl. Hydraulik scheint mit Blick auf die heute verfügbaren Techniken kurzfristig erfolversprechend. Aus der Analyse der Fehlersuchanleitung ergeben sich zwei Forderungen:

- Konzentration auf Elektrikdiagnose in den ersten Entwicklungsstufen des Werkzeugs. Damit lassen sich 75% der Prüfprogramme mit relativ geringem Arbeitsaufwand mit bekannten Methoden aus einfachen Modellen automatisch erzeugen.
- Steuerbarer Detaillierungsgrad der Prüfanweisungen. Heutige Prüfprogramme sind oft kompakter formuliert als solche, die sich mit bekannten Methoden auf einfache Weise modellbasiert generieren lassen. Die Autoren von FSAs fassen oft mehrere Bauteile, die eine ähnliche Funktion erfüllen, zu einem Begriff zusammen (Beispiel: „Zuleitungen zum Sensor“, anstatt „Leitung Kl. 23 zu Kl. 2 und Leitung Kl. 35 zu Kl. 1“). Das geplante Werkzeug könnte diese Fähigkeit zum geschickten Zusammenfassen nachbilden und dem Benutzer auf einfache Weise eine Auswahl des Detaillierungsgrades und der Begriffe ermöglichen, mit denen ein automatisch erzeugter Prüfplan operiert.

3.4.4 Analyse des Arbeitsprozesses

Die gegenwärtige Prozeßkette zur Entwicklung von Fehlersuchanleitungen weist folgende Ansatzpunkte für eine Verbesserung durch wissensbasierte Methoden auf:

- Keine oder geringe Nebenläufigkeit: Eine Fehlersuchanleitung wird in der Regel von einem einzigen Autor erstellt.
- Keine durchgängige Verwendung elektronischer Dokumente: Maschinenlesbare Dokumente (etwa FMEA-Analysen, SGML-Lastenhefte, Stücklisten, Symptomdatenbank, CAD-Modelle usw.) gehen derzeit nicht in den Arbeitsprozeß ein.
- Übersetzungskosten: Ein wesentlicher Kostenfaktor bei der Erstellung von FSAs sind die Übersetzungskosten. Sie werden momentan durch die Wiederverwendung von übersetzten Textseiten minimiert. Jedes Werkzeug zur Unterstützung des Arbeitsprozesses muß hierzu eine mindestens ebenso ökonomische Lösung anbieten.

3.4.5 Vorhandene Softwareumgebung der Autoren

Aus der bei Bosch eingesetzten Werkzeugumgebung ergeben sich folgende Merkmale und Anforderungen:

- PC-gestütztes Arbeiten: Die Autoren verwenden heute den PC und Standardsoftware für Textverarbeitung, Tabellenkalkulation etc, auch für Aufgaben außerhalb der Autorentätigkeit.
- Hybride, lose gekoppelte Werkzeugumgebung: Die Autoren setzen für die Produktion von FSAs mehrere unabhängige Werkzeuge ein, z.B. das IMSIS Autorensystem zur Produktion der Texte und der Prüfablaufsteuerung, WinCAD zum Zeichnen der Stromlaufpläne und ein weiteres Werkzeug für die Produktion von Vektorgrafiken (extern), die zum Beispiel die Einbaulage von Komponenten illustrieren. Vektorgrafiken und Stromlaufpläne werden vom Autorensystem nicht angezeigt, sondern nur über einen Bezeichner referenziert.

3.5 Angestrebte Funktionalität und Bedienung

Ausgangspunkt für den Entwurf eines wissensbasierten Werkzeugs für die oben beschriebene Tätigkeit ist das gegenwärtige Vorgehen bei der Erstellung. Zu einer Menge von Symptomen (Fehlercodes, Kundenbeanstandungen) erzeugt oder adaptiert der Autor unter Verwendung von Text-Bausteinen die Fehlersuchanleitung als verzweigten Text mit Entscheidungspunkten und Sprungstellen. Anschließend wird daraus eine CD produziert. Das heutige Autorensystem unterstützt das Zusammenstellen von Textseiten und deren Anpassung durch Belegung der Variablen, die in den Textseiten enthaltenen sind, mit Textwerten (Klemmen, Sollwerte). Das hier skizzierte System soll folgende Arbeitsschritte besser unterstützen bzw. teilweise automatisieren:

- Manueller Aufbau von Fehlersuchanleitungen aus einer kompakten Menge vorgegebener atomarer, parametrierter und semantisch indizierter Textbausteine und wissensbasierte Adaption von Prüfplänen
- Modellbasierte Adaption von Prüfplänen
- Modellbasiertes Generieren von Prüfplänen

3.5.1 Modellbasierte Methoden

Die Diagnoseproblematik im Kfz-Sektor zeichnet sich durch folgende Punkte aus:

- Hohe Geschwindigkeit technologischer Neuerungen: Auf längere Sicht ist mit der Verwendung neuer Komponententypen oder neuartiger Realisierungen zu rechnen.
- Variantenvielfalt: zum gleichen Zeitpunkt gibt es eine Fülle von Modifikationen, hervorgerufen durch unterschiedliche Einbausituationen in unterschiedlichen Fahrzeugtypen.
- Wirtschaftlichkeit: Der Druck zur Kosteneinsparung zeigt sich z.B. im sehr begrenzten Steuergerätespeicherplatz, vor allem in der begrenzten Zahl zusätzlicher Sensoren.

Aus den einzelnen Aspekten ergeben sich folgende Forderungen:

- Das Wissen muß modular repräsentiert sein in der Form, daß es abgegrenzte Komponenten bzw. Gruppen von Komponenten gibt, die leicht gegeneinander ausgetauscht werden können.
- Allgemeines Wissen über Komponenten (z.B. Funktion eines Relais), das über den Einsatz in einem speziellen Gerät hinaus Gültigkeit besitzt, muß möglichst unabhängig von dem speziellen Wissen über strukturelle Eigenheiten des Geräts gehalten werden. Dies verringert in der Folge drastisch den Aufwand für die Anpassung an strukturelle Modifikationen, weil dazu nur noch die geänderte Zusammenstellung der Komponenten beschrieben werden muß.
- Das Wirtschaftlichkeitsargument impliziert die Forderung, daß die Diagnose möglichst spezifisch innerhalb des vorgegebenen Rahmens austauschbarer Teile sein muß, um nicht unnötig verdächtige Komponenten auszuwechseln. Ferner ist vor allem die Wiederverwendbarkeit in zweierlei Hinsicht anzustreben:
 - vorher getätigter Arbeitsaufwand (aus FMEA, Entwurf) sollte genutzt werden können
 - für die Modellierung notwendiger Aufwand sollte auch nutzbar sein für andere Zwecke (z.B. wiederum für FMEA, für Testgenerierung, zur Bestimmung optimaler Sensorplatzierung, etc.).

Die Diagnoseaufgabe bezieht sich auf ein real existierendes Subsystem und ist damit prinzipiell auch für Expertensysteme zugänglich, die sich auf eine Liste erfahrungsgestützter Symptom-Fehler-Assoziationen stützen. Dies würde voraussetzen, daß zunächst für ein neues Fahrzeug oder Subsystem praktische Erfahrungen gemacht werden müßten, bevor Computerunterstützung möglich wäre, was den angestrebten Zielen widerspricht. Ferner ist Abschätzung oder gar Garantie der Vollständigkeit dieses diagnostischen Wissens - unter Sicherheitsgesichts-

punkten geboten - prinzipiell unmöglich. Aus denselben Gründen stellt die Übernahme von Diagnosewissen über ähnliche Systeme keine Lösung dar.

Die Übertragbarkeit dieses Wissens auf ein neues System bloß empirisch zu ermitteln, würde wieder die Verfügbarkeit von Computerunterstützung verzögern und ist aus Sicherheitsgründen nicht ausreichend. Schließlich verhindert in der Praxis ein ökonomischer Gesichtspunkt assoziationsbasierte Lösungen: da diese Assoziationen jeweils an einen Kontext gebunden sind, sind darauf gegründete problem lösende System für jedes System gesondert zu erstellen - bei der Variantenvielfalt und der Geschwindigkeit technologischer Neuerung im Automobilssektor kein gangbarer Weg.

Es stellt sich also die Aufgabe, nicht einfach die angestrebten Resultate (Beziehungen zwischen Fehlern und ihren Auswirkungen) zu repräsentieren, sondern das ihnen zugrundeliegende Wissen über das jeweilige technische System. Dies muß in einer modularen Form geschehen, so daß aus den Elementen das erforderliche spezifische Wissen über Systemvarianten generierbar ist. Gerade in der Diagnose ist diese Form der Repräsentation durch die modulare Struktur des technischen Systems selbst gegeben: zum einen gruppiert sich Wissen über Ursachen von Fehlverhalten um die einzelnen Systemkomponenten, zum anderen zielt Diagnose auf Reparatur, Austausch, Kontrolle oder Kalibrierung dieser Komponenten.

Das Wissen über Komponenten, ihre möglichen Fehlverhalten und ihr Zusammenwirken in einer besonderen Struktur versetzt menschliche Experten in die Lage, auch neue, nicht erprobte Gerätevarianten zu analysieren und zu diagnostizieren. Sicherlich spielt Erfahrungswissen eine wichtige Rolle und kann auch neu gewonnen werden. Es schlägt sich nieder in einer lokalen Erweiterung oder Änderung eines Komponentenmodells (etwa durch ein neu auftretendes Fehlverhalten) oder in Kontrollwissen darüber, wie das Gerätemodell für eine effektive und effiziente Problemlösung ausgenutzt werden sollte.

Häufig sind qualitative Vergleiche auf (nicht notwendig spezifizierte) Soll- und Istwerte bezogen. „Zähnezahl zu groß“ beim Impulsrad führt zu „erhöhter Frequenz“ des Signals; diese Aussage ist aus der Kenntnis der prinzipiellen Wirkungsweise des Drehzahlgebers zu gewinnen, ist unabhängig vom Sollwert und trifft für eine unendliche Menge von abweichenden Istwerten zu. Z.T. vorhandene Spezifikationen von Parameterwerten (z.B. „Widerstand zwischen 800 und 1400 Ω “) dient oft eher dem Testschritt, ohne für die Ableitung korrekter Diagnosen essentiell zu sein. Die Auswirkung eines Kurzschlusses läßt sich ohne Kenntnis des genauen Werts der Widerstände ableiten. Dies ist typisch für die Diagnosesituation, die ja in der Regel durch eine qualitative Abweichung vom spezifizierten oder gewünschten Verhalten charakterisiert ist.

Da qualitative Modelle nur die wesentlichen Unterscheidungen und Zusammenhänge formulieren, charakterisieren sie ganze Klassen von Komponentenvarianten, die sich nur durch Parametervariationen unterscheiden. Die Elemente einer solchen Modellbibliothek sind also generisch und repräsentieren nicht Individuen, sondern Typen von Komponenten, was den Aufwand für die Erstellung der Bibliotheken drastisch reduziert oder überhaupt erst handhabbar macht. Auch zeitliche Aspekte des Verhaltens werden fast ausschließlich qualitativ charakterisiert und damit viele konkrete zeitliche Verläufe zusammengefaßt, z.B. wird das Auftreten fehlerhafter Signale nach „regelmäßig“, „sporadisch“ und „dauerhaft“ unterschieden oder lediglich auf die intermittierenden Varianten der konstanten Fehlerursachen und -arten eingegangen.

3.5.2 Wissensbasierte Adaption von Prüfplänen

Dies legt als 1. Stufe einer Rechnerunterstützung das modellbasierte Anpassen einer Fehlersuchanleitung (Vorlage) an eine neue Situation in folgender Weise nahe:

- Die Fehlersuchanleitung besteht aus hierarchisch gruppierten parametrisierten Textbausteinen aus einer Bibliothek. Jeder Textbaustein ist dabei in Bezug auf seinen Inhalt und seine Rolle innerhalb der Fehlersuchanleitung (z.B. "Messung", "Sicherheitshinweis", "Reparatur", „Klemme“ usw.) klassifiziert. Auf dieser Grundlage wird ein bestimmtes Objekt, etwa eine bestimmte Klemme, einmal und von seinen zumeist mehrfachen Erscheinungsformen in der Fehlersuchanleitung getrennt repräsentiert. Ferner erleichtert diese Typisierung die Suche..
- Suchen einer geeigneten Vorlage: Für eine gegebene Funktionsgruppenbezeichnung (z.B. "Temperaturerfassung") werden alle bekannten Prüfpläne (Schaltplanausschnitt) angezeigt. Der Autor wählt dann die Vorlage, die seiner Einschätzung nach der zu bearbeitenden Funktionsgruppe am nächsten kommt.
- Adaptieren: Der Autor ändert die Sollwerte, Bezeichner für Klemmen und Bauteile an beliebiger Stelle im Text oder dessen strukturierter Darstellung. Diese Änderungen wirken sich sofort auf alle Erscheinungsformen dieses Objekts im zugehörigen Prüfplan aus.

- Automatisches Konvertieren des Prüfplans in eine Repräsentation, die mit dem Standard J2008 kompatibel ist, wird auf der Grundlage der semantischen Annotation möglich, ebenso die automatische Konvertierung in HTML.

Abbildung 4 zeigt die Architektur der Stufe 1 im Überblick.

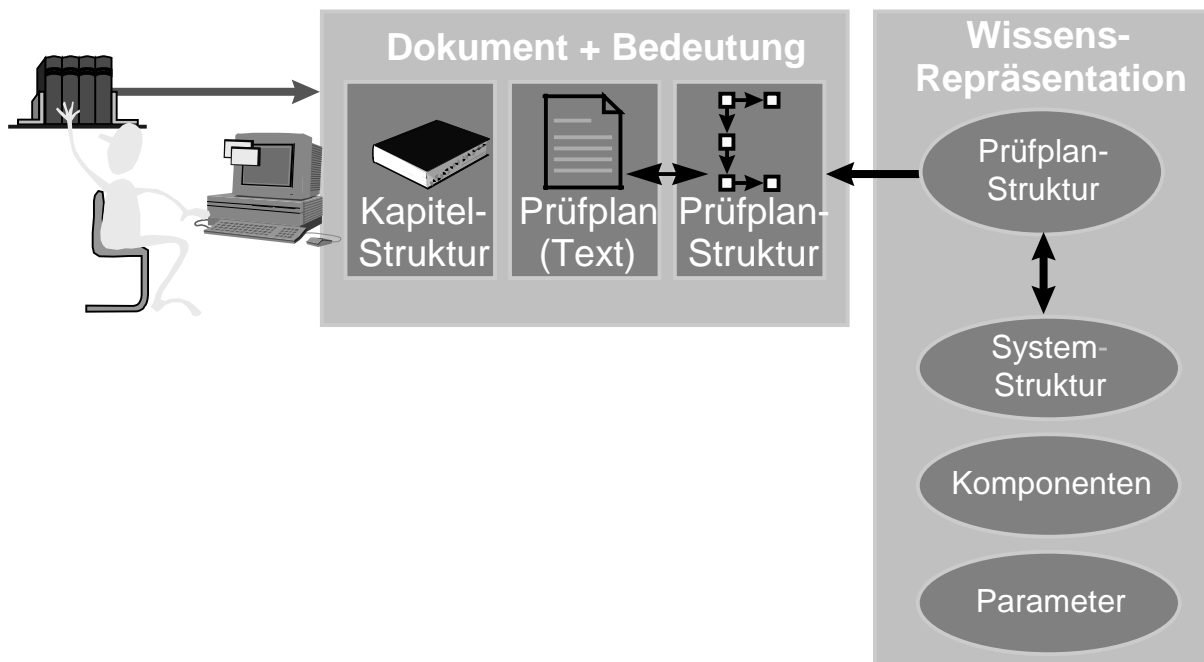


Abbildung 4: Stufe 1 - Wissensbasierte Adaption von Prüfplänen

Hinter dem Konzept des wissensbasierten Adaptierens von Prüfplänen stehen folgende Überlegungen:

- Angesichts vieler verschiedener Fahrzeuge ist das manuelle Anpassen von Prüfplänen eine häufig wiederkehrende Aufgabe, Teilautomatisierung hier bringt durch den Multiplikationseffekt einen relativ hohen Gewinn
- Adaptieren auf Funktionsgruppenebene sichert einen hohen Wiederverwendungsgrad von Prüfplänen

3.5.3 Modellbasierte Adaption von Prüfplänen

In dieser Stufe wird der Zusammenhang der in der Fehlersuchanleitung repräsentierten Objekte mit den Komponenten der Funktionsgruppe und deren Eigenschaften und Beziehungen, d.h. einem Systemmodell, hergestellt und ausgenutzt. Wie in Abbildung 5, dargestellt, werden Struktur, Komponenten und deren Daten repräsentiert und mit der Wissensrepräsentationsebene der Fehlersuchanleitung verknüpft. Diese Information kann über eine hierarchische Darstellung des Systems, Datenblätter der Komponenten und als graphische Strukturbeschreibung visualisiert und manipuliert werden. Damit kann die Adaption von Fehlersuchanleitungen auch auf dieser Ebene vorgenommen werden, mit direkter Auswirkung auf die textuelle Darstellung der Fehlersuchanleitung. Als Schritte sind durchzuführen:

- Schaltbild zur Fehlersuchanleitung zeichnen. Dazu stehen ein komfortabler Editor und vordefinierte Symbole zur Verfügung.
- Parameter der Textbausteine mit dem Schaltbild verknüpfen. Mit der Maus werden Klemmen, Sollwerte und Bauteilbezeichner aus dem Schaltplan über die Textbausteine gezogen und dadurch deren Parameterwerte festgelegt.
- Änderungen am Schaltbild wirken sich automatisch auf den Text aus und umgekehrt, d.h. Bild und Text sind konsistent.
- Zeichnungen der Funktionsgruppen sind als zusätzliche Dokumentation im SIS verwendbar

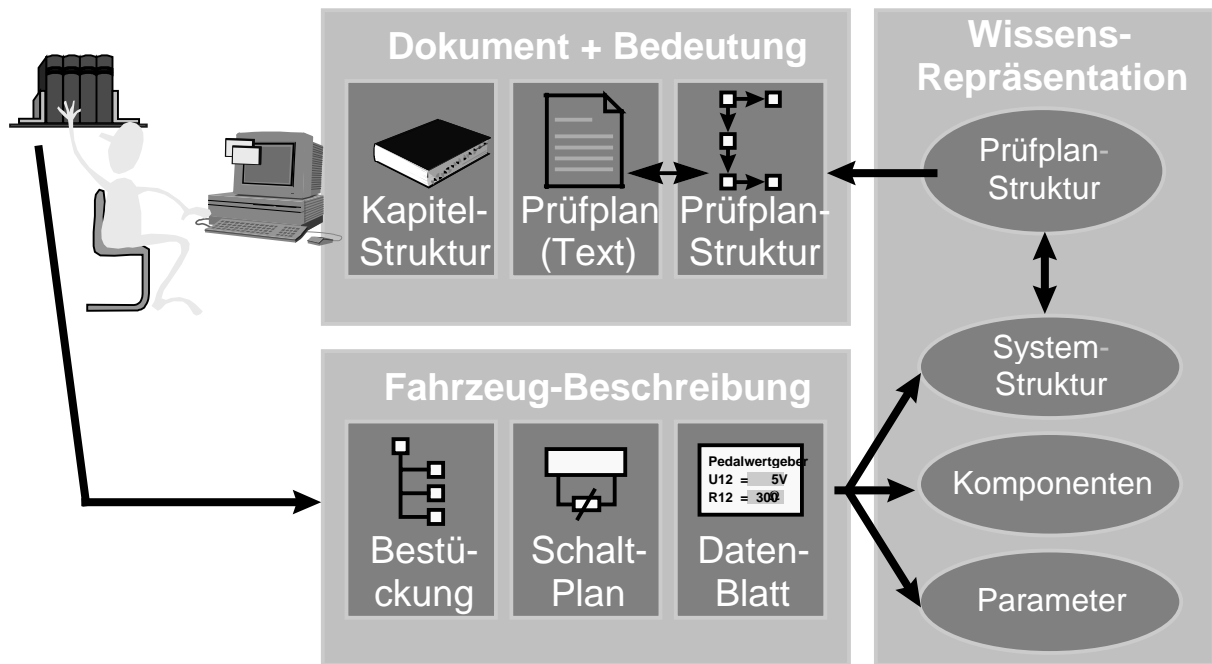


Abbildung 5: Stufe 2 - Modellbasierte Adaption von Prüfplänen

3.5.4 Modellbasiertes Generieren von Prüfplänen

Dies zielt darauf ab, das Erstellen einer Fehlersuchanleitung modellbasiert zu unterstützen, wobei die Initiative gegenüber Stufe 2 (vgl. Abbildung 6) jetzt vom Autor zum System wechselt: Das Werkzeug generiert selbständig einen Prüfplan. Es liefert einen plausiblen Vorschlag, der vom Autor akzeptiert oder geändert werden kann.

Diesem Konzept liegen folgende Überlegungen und Beobachtungen zugrunde:

- Der Autor erstellt den Prüfplan durch Zeichnen und Kommentieren eines Schaltplans
- Kommentare liefern die Diagnose-relevante Zusatzinformation, die nicht im Schaltplan enthalten ist, z.B.
 - Relevante Fehler: Kontaktfehler und Kurzschlüsse nicht im Prüfplan berücksichtigen
 - Meßbarkeit: An Stecker 1 und 2 sind beliebige U- und R-Messungen möglich
 - Zugänglichkeit: Stecker 1 ist leichter zugänglich als Stecker 2
- Diese Eingaben reichen, um für sehr viele Funktionsgruppen einen brauchbaren Prüfplan automatisch zu generieren. Die theoretischen und technischen Grundlagen für die automatische Prüfplangenerierung werden in [Struss et al. 00] in diesem Band diskutiert.
- Der generierte Prüfplan kann vom Autor bei Bedarf überarbeitet werden.

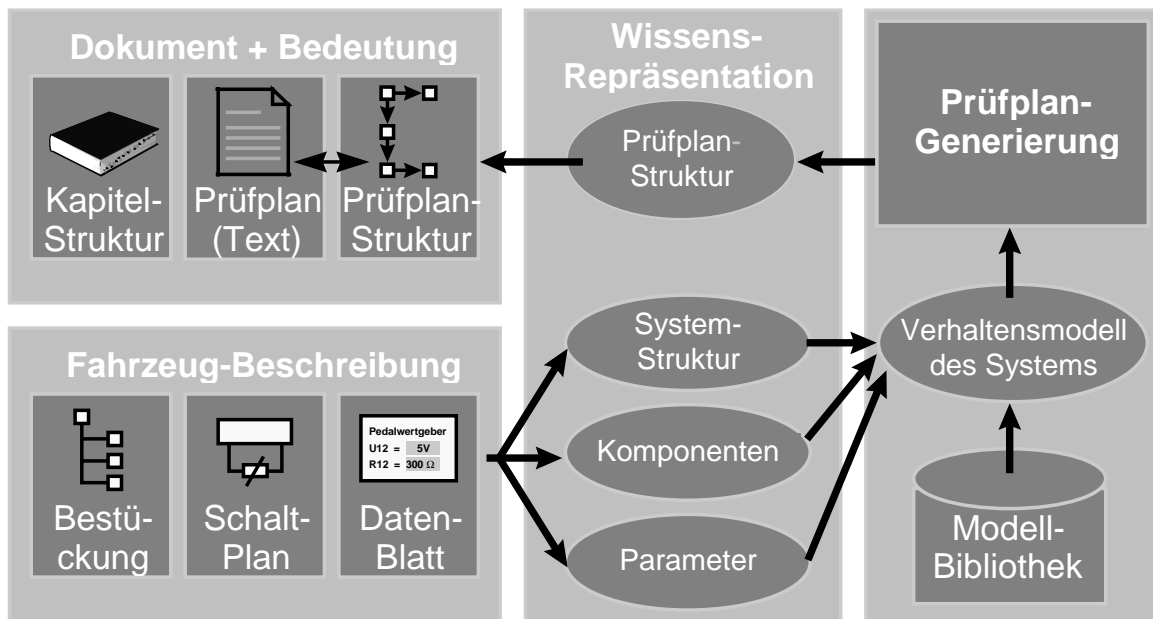


Abbildung 6: Stufe 3 - Modellbasiertes Generieren von Prüfplänen

3.6 Feinspezifikation eines geeigneten Basis-Autorensystems

In diesem Kapitel wird die Spezifikation des *Basis-Autorensystems* angegeben, auf dem die oben genannten Stufen aufbauen sollten, das aber bereits eine deutliche Verbesserung des heutigen Systems bietet.

3.6.1 Aufbau der Spezifikation

Die Spezifikation besteht aus folgenden Abschnitten:

- Das Fachkonzept „Komponenten“ setzt die im Rahmen einer FSA behandelten Bauteile, Funktionsgruppen, Systeme und andere relevante Fahrzeugbestandteile aus der fachlichen Sicht des Autors in Beziehung zueinander. Den Überblick über das Fachkonzept liefert ein Analyse-Klassendiagramm, das in UML-Notation („Static structure diagram“) präsentiert wird.
- Das Fachkonzept „Struktur der FSA“ stellt die Beziehung der im Rahmen einer FSA vorkommenden Elemente und vorgegebenen Gliederungen eines solchen Dokuments dar. Einen Überblick über das Fachkonzept liefert wiederum ein Analyse-Klassendiagramm.
- Der Funktionsumfang des geplanten Systems wird in Form von Anwendungsfällen beschrieben. Die Anwendungsfälle des Basisprogramms werden im „use case,“ Kapitel zunächst einzelnen Benutzergruppen zugeordnet und gegenseitig in Beziehung gesetzt, um anschließend erläutert zu werden. Das Kapitel gibt Auskunft über alle Funktionen, die im Rahmen des Basisprogramms angeboten werden sollen und beschreibt, wie und unter welchen Randbedingungen die Funktionen ausgeführt werden.

3.6.2 Fachkonzept Komponenten

Folgendes Schaubild (Abbildung 7) zeigt die benötigten Objekte, wie sie von der FSA gefordert werden. Es wurde dabei explizit auf die genaue Anpassung an die Anforderungen der Dokumentenerstellung geachtet. Es liegt daher keine kompromißlose Abbildung der Verhältnisse der realen Systeme und Komponenten vor, sie wären an einigen Stellen zu weitreichend.

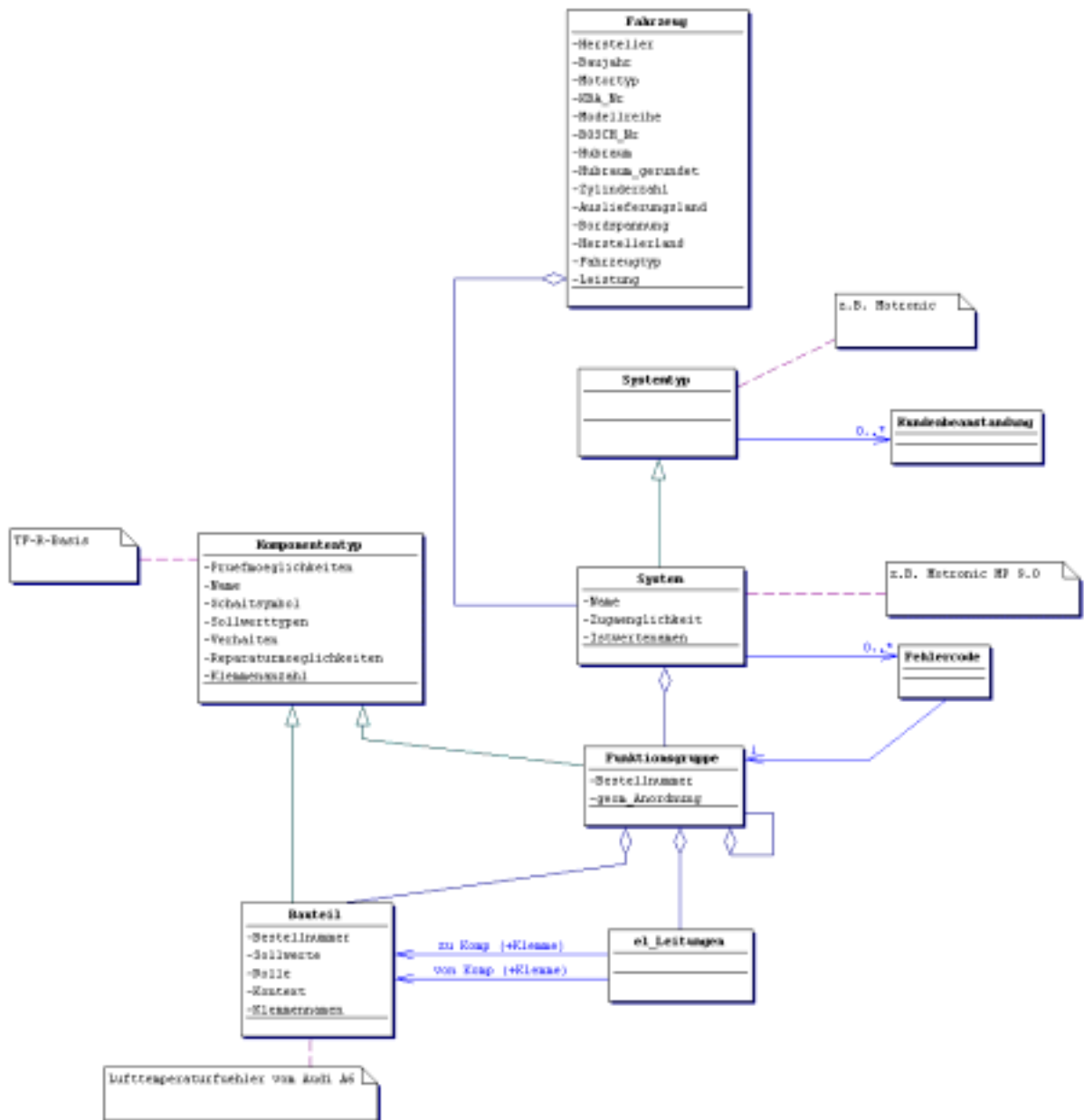


Abbildung 7: Fachkonzept Komponenten

Legende:

- Fahrzeug: Das Fahrzeug und seine Eigenschaften sind zentral für den technischen Hintergrund einer Fehler-suchanleitung. Das Fahrzeug bringt natürlich eine Vielzahl von Eigenschaften mit.
- Systemtyp: Der Systemtyp gibt wichtige Eigenschaften für seine Unterklasse, dem System vor.
- System: Das System ererbt Eigenschaften von seiner Oberklasse, dem Systemtyp. Diese werden durch weitere Eigenschaften ergänzt, die erst auf der konkreten Ebene des Systems verfügbar sind.
- Komponententyp: Komponententypen geben viele Eigenschaften für Bauteile bzw. Funktionsgruppen vor. Sie werden in einem ersten Schritt festgelegt und an jene vererbt.
- Funktionsgruppe: Ein System besteht aus Funktionsgruppen. Eine Funktionsgruppe selbst erhält viele Eigenschaften durch Vererbung aus dem Komponententyp.
- Bauteil: Ein Bauteil ist im Gegensatz zu den meisten obigen Objekten konkret und besitzt daher auch die Attribute „Bestellnummer“ und „Sollwerte“. Ein Bauteil erbt Eigenschaften vom Komponententyp.
- Elektrische Leitungen: Elektrische Leitungen spielen eine Sonderrolle, da sie nicht unter Bauteilen eingeordnet werden sollten, sie besitzen z.B. normalerweise keine Bestellnummern.

3.6.3 Fachkonzept Struktur Fehlersucheleitung

Dieses Fachkonzept beschreibt den Aufbau einer FSA. Die Zusammenhänge der Gliederungsobjekte werden in der folgenden Abbildung 8 dargestellt.

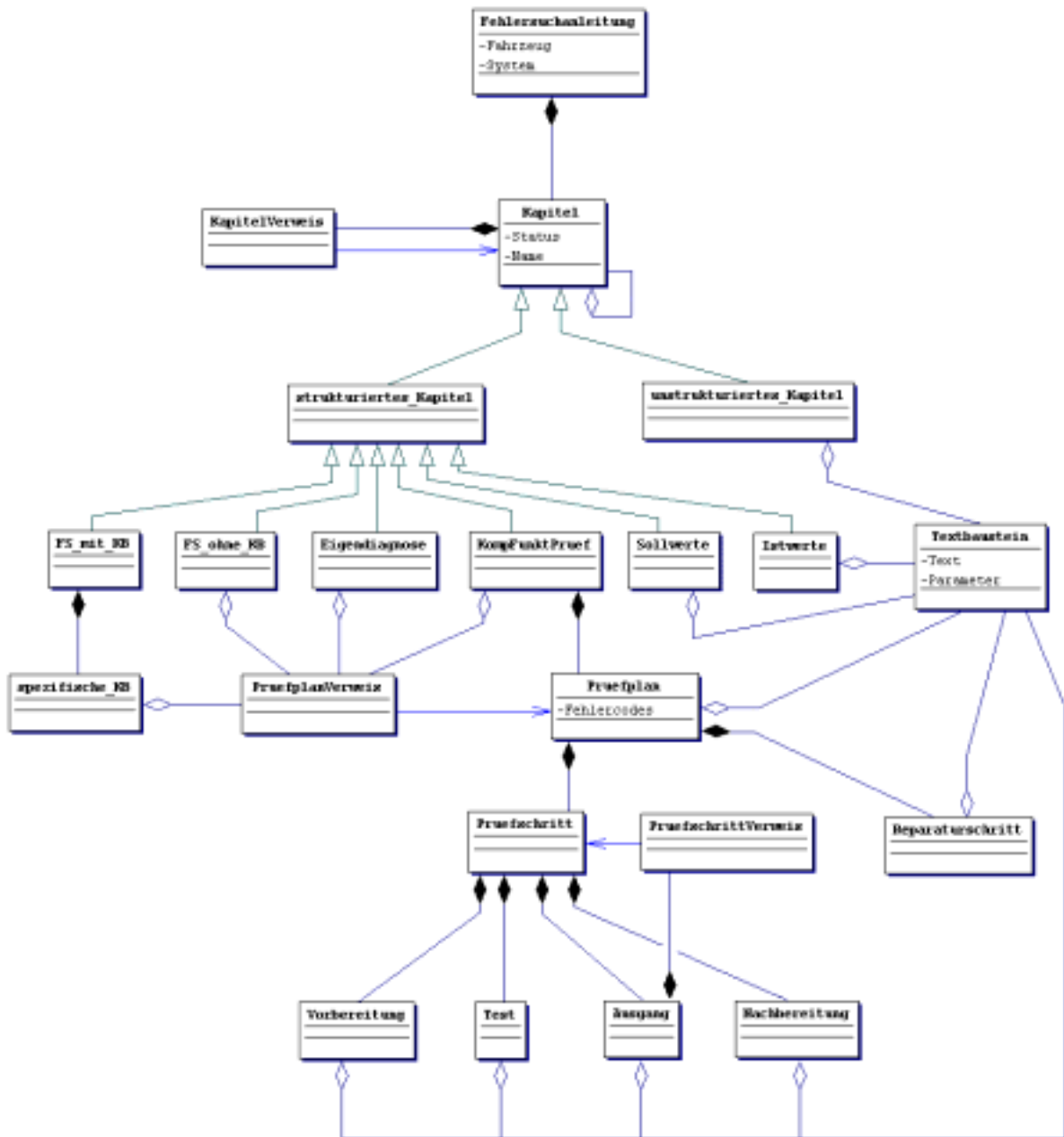


Abbildung 8: Fachkonzept Fehlersucheleitung

Legende:

- Fehlersucheleitung: Eine Fehlersucheleitung ist das oberste, hier betrachtete Objekt.
- Kapitel: Das Kapitel dient der Gliederung einer Fehlersucheleitung
- Kapitelverweis: Der Kapitelverweis dient dem Aufbau von Inhaltsverzeichnissen.
- Spezielle Kapitel: In einer Fehlersucheleitung ist eine Vielzahl von Kapiteln mit jeweils sehr charakteristischen Eigenschaften vorhanden. Dies wird in der hier gewählten Einteilung widergespiegelt: Sie werden eingeteilt in strukturierte Kapitel, deren Aufbau genau festgelegt ist, und unstrukturierte Kapitel, die vor allem unter Verwendung von Textbausteinen und Kommentaren gefüllt werden.
- Prüfplan: Der Prüfplan stellt eine Gliederungsebene zwischen Kapitel und Prüfschritt / Textbaustein dar.

- Prüfplanverweis: Prüfplanverweise werden in mehreren der strukturierten Kapitel verwendet. Sie werden dort zu Listen angeordnet.
- Prüfschritt: Ein Prüfschritt dient der weiteren Gliederung von Prüfplänen. Er wird durch einen inhaltlichen Zusammenhang und typisch aufzufindenden Teilaufgaben charakterisiert.
- Prüfschrittverweis: Prüfschrittverweise werden zur Beschreibung und Interpretation des Ausgangs eines Prüfschritts verwendet und können abhängig vom Ergebnis eines Tests zu weiteren Prüfplänen verweisen.
- Reparaturschritt: Neben Prüfschritten können in Prüfplänen auch Reparaturschritte auftreten, die auf geeignete Prüfschritte folgen (wenn eine Prüfung genügend Klarheit über einen Fehler erbringt). Ein Prüfschritt wird durch die Teilaufgaben Vorbereitung, Test, Ausgang, Nachbereitung charakterisiert.
- Textbaustein: Der Textbaustein ist das atomare Element in dieser Herangehensweise.

3.6.4 Benutzergruppen und „use cases“

Im folgenden werden die beteiligten Benutzergruppen „Administrator,“ und „Autor,“ kurz beschrieben. Außerdem werden die Aufgaben in „use case,“ Schaubildern in UML-Schreibweise dargestellt und die Beziehung der einzelnen Aufgaben zueinander deutlich gemacht. Die Anwendungsfälle werden durch Ellipsen dargestellt, in denen der Name des Anwendungsfalls platziert ist.

3.6.4.1 Administrator

Durch die Einführung des Benutzers „Administrator“ (vgl. Abbildung 9) soll deutlich werden, daß diese Trennung beim späteren operativen Einsatz eines Systems von Bedeutung sein wird. Änderungen von Daten, die dem Administrator unterliegen, führen nicht rückwirkend zu Änderungen in FSAs. Beispielsweise werden die Symptome bei Auswahl des Systems für eine Fehlersuchanleitung eingefroren.

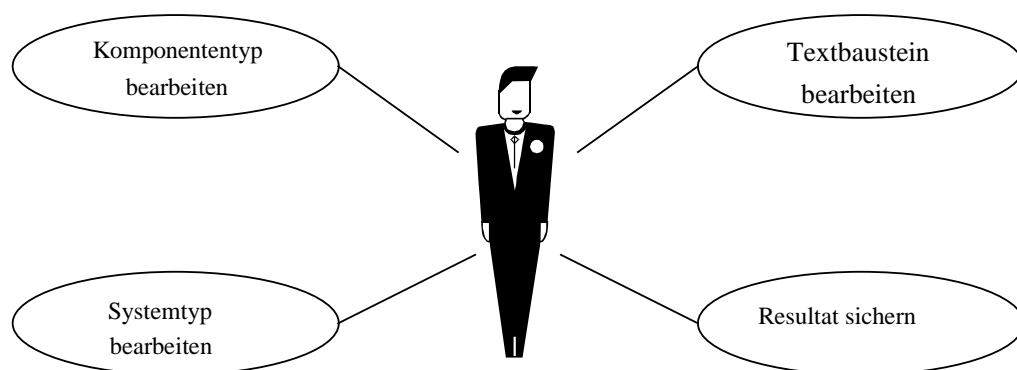


Abbildung 9: Aufgaben des Administrators

Die dem Administrator zugeordneten „use cases“ sind:

- Komponententyp bearbeiten
In diesem Anwendungsfall wird dargestellt, wie ein Komponententyp bearbeitet wird, was auch die Erzeugung und Löschung einschließt.
- Systemtyp bearbeiten
Dazu gehört die Eingabe von Symptomen, die charakteristisch für die jeweilige Art von Systemen sind.
- Textbaustein bearbeiten

Textbausteine stellen die Grundlage für die Erstellung einer FSA dar. Sie müssen durch einen Administrator bestätigt werden, damit in den vorhandenen Textbausteinen ein einheitlicher Stil sichtbar wird und die Gesamtzahl der vorhandenen Textbausteine möglichst klein bleibt.

3.6.4.2 Autor

Der Autor hat die Aufgabe, zu einem bestimmten System eine FSA zu erstellen (vgl. Abbildung 10). Da dies eine sehr komplexe Aufgabe ist, sind im Rahmen der Bearbeitung einer FSA eine große Anzahl von Anwendungsfällen vorhanden.

Die einzelnen „use cases“ für den Autor werden im folgenden beschrieben.

- FSA bearbeiten
Dies ist die zentrale Aufgabe, die der Autor ausführt und der sich eine Vielzahl der anderen Anwendungsfälle unterordnen. Ziel ist es, die FSA für ein System eines bestimmten Fahrzeugs zu erstellen, zu ändern oder zu löschen.
- FSA kopieren
Ein Autor kann eine komplette FSA kopieren, um sie mit einigen Änderungen an ein sehr ähnliches Fahrzeug anzupassen und mit einer anderen Nummer abzuspeichern.
- Kapitel bearbeiten
Die Reihenfolge der Kapitel ist vorgegeben (vgl. Abschnitt 3.3), hier werden vor allem die Kapitel mit freien Texten bearbeitet.
- Istwert-Kapitel bearbeiten
Für dieses Kapitel soll lediglich die Istwertetabelle aufgebaut werden. Die Anlage von einzelnen konkreten Istwerten, also die Sprungziele aus der Istwertetabelle, sowie die Anlage der konkreten Verweise in der Istwertetabelle, ist nicht Gegenstand dieser Spezifikation, da diese Funktionalität für das Basisprogramm nicht vorgesehen ist.
- Generierte Kapitel anzeigen
Kapitel, die generiert werden und nicht vom Autor erstellt werden müssen, können angezeigt werden. Für diesen „use case“ kommt im Basisprogramm nur das Sollwerte-Kapitel in Frage, das aus den Datenblättern generiert wird.
- Textbaustein wählen
Da die Anzahl der Textbausteine im Laufe der Zeit anwachsen kann, ist es nötig, dem Autor eine geeignete Möglichkeit an die Hand zu geben, in der Menge von Textbausteinen einen für den aktuell editierten Kontext geeigneten Textbaustein zu finden.
- Parameter belegen
Textbausteine dienen dazu, Text schneller und in einem einheitlichen Stil aufzubauen. Um sie an den jeweiligen Kontext anpassen zu können, werden Parameter verwendet. Dieser Anwendungsfall beschreibt alle Aktivitäten des Autors, um passende Textbausteine zu finden und Parameter gefundener oder vorhandener Textbausteine zu belegen.
- Sequenz von Verweisen bearbeiten
Für einige Kapitel wird eine Liste von Verweisen auf Prüfpläne benötigt. Dieser Anwendungsfall beschreibt, wie solch eine Liste aufgebaut werden kann. Folgende Kapitel fordern dieses Vorgehen:
 - Komponenten- / Funktionsprüfungstabelle.
 - Fehlersuche nach Kundenbeanstandung, insbesondere die Abschnitte, die spezifische Kundenbeanstandungen enthalten.
 - Fehlersuche ohne Kundenbeanstandung.
 - Eigendiagnose-Fehlercodes.

Es wird hier davon ausgegangen, daß keines dieser Kapitel vollständig automatisch generiert werden kann. Vielmehr muß der Autor in allen Fällen noch eingreifen, um eine geeignete Füllung der Kapitel zu gewährleisten. Der folgende Ablauf gilt für alle obigen Kapitel außer dem Kapitel „Fehlersuche nach Kundenbeanstandung“, das über einen alternativen Ablauf entsteht, der mit der Eingabe einer Fehlersuchmatrix beginnt.

- Komponente bearbeiten
„Komponente“ umfaßt in den hier dargestellten Anwendungsfällen sowohl „Bauteil“, als auch „Funktionsgruppe“ (siehe auch: Fachkonzept). Eine Komponente wird im Rahmen einer FSA durch ihren Namen identifiziert. Dieser Anwendungsfall beschreibt alle Manipulationen einer Komponente von ihrer Erzeugung bis zur Löschung.

- Komponente kopieren
Dieser Anwendungsfall beschreibt die Möglichkeit des Autors, aus einer vorhandenen FSA ein geeignetes Bauteil auszuwählen und als Kopie im Rahmen einer FSA zu verwenden. Funktionsgruppen können nicht kopiert werden.

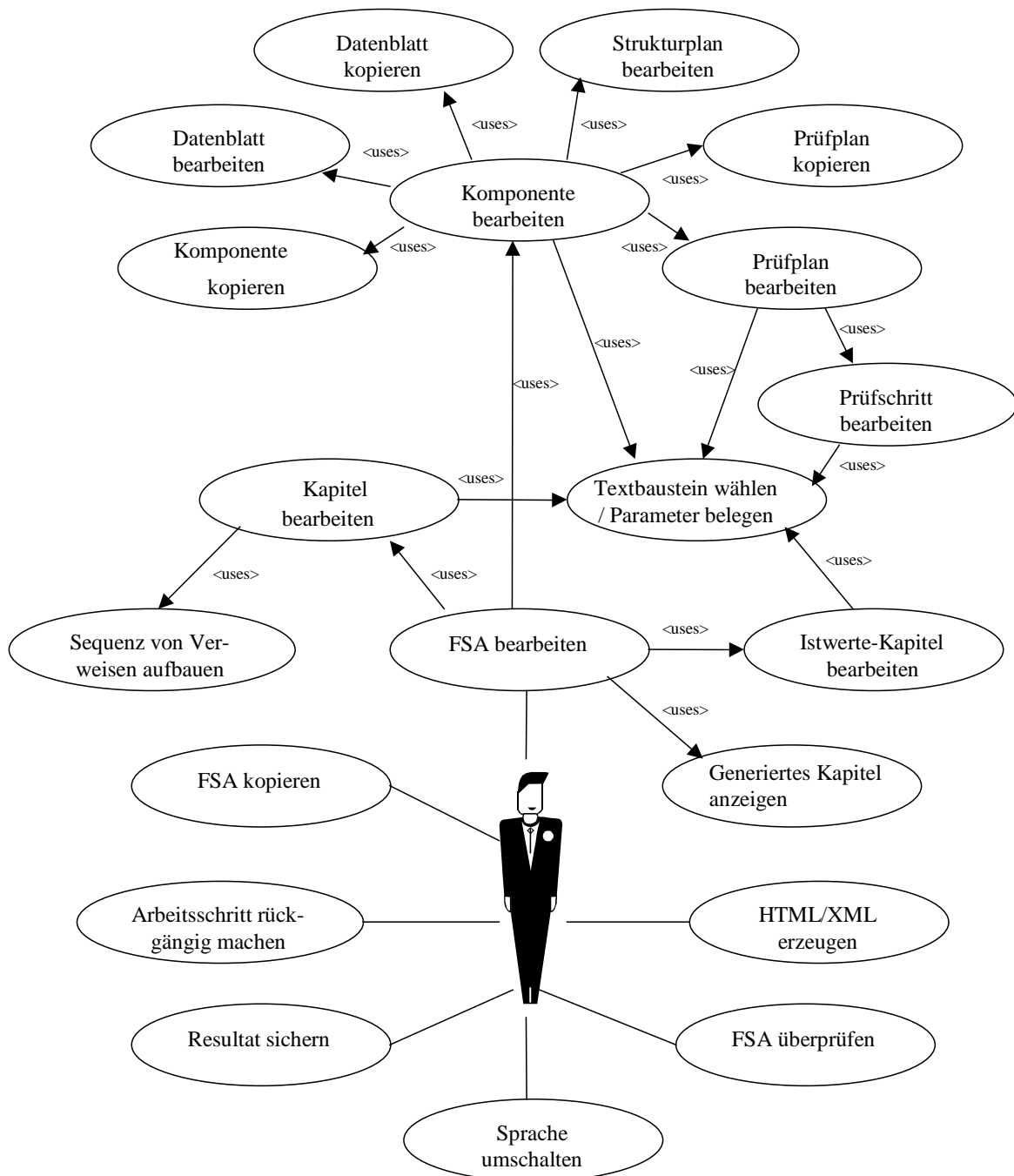


Abbildung 10: Aufgaben des Autors

- Datenblatt bearbeiten
Das Datenblatt enthält die Sollwerte einer Komponente, die sich aus ihrer Spezifikation ergeben. Bei Vorliegen dieser Daten in normierter elektronischer Form kann die Erstellung des Datenblatts automatisch ausgeführt werden, was jedoch nicht im Umfang des Basisprogramms enthalten ist. Ein Datenblatt enthält außerdem Informationen wie z.B. Bestellnummer, das Schaltsymbol eines Bauteils oder den Stromlaufplan einer Funktionsgruppe.
- Datenblatt kopieren

Dieser Anwendungsfall kopiert das bereits vorhandene Datenblatt einer Komponente und ermöglicht es, dieses Datenblatt für eine andere, der vorhandenen Komponente ähnlichen Komponente einzusetzen.

- **Strukturplan bearbeiten**
Der Strukturplan stellt den Aufbau einer Komponente dar. Für die Erstellung durch einen Grafik-Editor ist die Eingabe von Knoten, Kanten, Namen und Typen nötig. Ein Strukturplan kann sein: Stromlaufplan, hydraulischer Plan. Beim Stromlaufplan ist eine automatische Generierung aus der Stück- und Netzliste der Komponente vorstellbar.
- **Prüfplan bearbeiten**
Ein Prüfplan beschreibt das Vorgehen beim Prüfen einer Komponente auf Fehler. Der Prüfplan besteht in den meisten Fällen aus einer Sequenz von Prüfschritten, seltener aus baumförmig organisierten Prüfschritten. Der normale Ablauf stellt zunächst das Editieren eines aus einer Sequenz von Prüfschritten aufgebauten Prüfplans dar.
- **Prüfplan kopieren**
Dieser Anwendungsfall beschreibt eine Situation, in der eine Komponente einen ähnlichen Prüfplan benötigt, wie er schon bei einer beschriebenen Komponente vorhanden ist.
- **Prüfschritt bearbeiten**
Prüfschritte sind Aktionen, wie Vorbereitung, Test, Ausgang, Nachbereitung. Jeder dieser einzelnen Aufgaben läßt sich aus Textbausteinen zusammensetzen. Im Falle trivialer Aktivitäten („Motorhaube öffnen,„,...“) kann eine Aufgabe leer bleiben. Es muß mindestens eine Aufgabe vorhanden und mit Text gefüllt sein.
- **FSA überprüfen**
In einem solch umfangreichen Prozeß, wie ihn die Erstellung einer FSA darstellt, können Parameter aus verschiedenen Gründen unbelegt bleiben: Sie könnten z.B. noch nicht vorliegen, sie könnten jedoch auch unbelegt bleiben, da der Autor die Arbeit an dem Dokument nicht in einem Arbeitsgang ausführt. Dieser Anwendungsfall beschreibt die Möglichkeit des Autors, die Anleitung auf solche Lücken überprüfen zu lassen.
- **Resultat sichern**
Die Ergebnisse der verschiedenen Schritte müssen vom Autor zu durch ihn bestimmten Zeitpunkten gesichert werden können, z.B. durch das Ausführen von Operationen auf einer Datenbank.
- **Sprache der Fehlersuchanleitung umschalten**
Ein wichtiger Effekt, der durch den Einsatz von Textbausteinen erreicht werden soll, ist die Vereinfachung bei der Übersetzung einer FSA in andere Sprachen. Bei diesem „use case“ wird eine FSA in einer anderen Sprache dargestellt.
- **Arbeitsschritt rückgängig machen**
Der „Undo“ Anwendungsfall beschreibt die Aktionen, die stattfinden, um die letzten Arbeitsschritte zurückzunehmen.

3.7 Zusammenfassung und Ausblick

Der zentrale Kundendienst von Bosch versorgt die Bosch-Dienste weltweit und auch viele freie Werkstätten mit Anleitungen zur Fehlersuche und Reparatur von Subsystemen im Kraftfahrzeug. Diese sog. Fehlersuchanleitungen (FSA) werden heute mit einem einfachen Redaktionssystem erstellt. Wegen der großen Zahl solcher Dokumente für die verschiedenen Systeme und ihrer Ähnlichkeit untereinander ist eine Unterstützung der Erstellung bis hin zur teilautomatischen Erzeugung aus Modellen wirtschaftlich vielversprechend.

Im Rahmen des INDIA Projekts wurde der derzeitige Arbeitsprozeß bei der Entwicklung der FSAs analysiert mit dem Ziel, eine bessere Unterstützung durch moderne Informationstechnik und intelligente Diagnose zu erreichen. Neben funktionalen Anforderungen an ein neues, geeignetes Redaktionssystem ist dabei besonders die Kontinuität des Arbeitsprozesses zu gewährleisten, um die Akzeptanz bei den technischen Autoren zu sichern. Dazu bietet sich ein Vorgehen in mehreren, aufeinander aufbauenden Stufen der Rechnerunterstützung an. Basis ist die Einführung systemunabhängiger, elementarer, parametrierter Textbausteine, aus denen die Fehlersuchanleitungen mittels des Autorensystems zusammengebaut werden können.

Nach intensiven Versuchen mit einer prototypischen Implementierung für ein solches Redaktionssystem wurde im Projekt ein Basissystem spezifiziert, das in diesem Beitrag vorgestellt wird. Mit der Implementierung des

operativen Programms wird der Bosch-Geschäftsbereich später (nach dem Ende von INDIA) ein Software-Haus beauftragen. Für die weiteren Stufen der Rechnerunterstützung werden Konzepte zur Adaption von Prüfplänen, sowie zum interaktiven bzw. automatischen Erzeugen und Testen von Prüfplänen dargelegt. In den Konzepten wurde darauf geachtet, daß der Erstellungsaufwand reduziert, eine bessere Nachvollziehbarkeit der Prüfpläne und eine Darstellung der Dokumente in unterschiedlichen Ausgabemedien sichergestellt wird. Voraussetzung für den Einsatz der avisierten modellbasierten Methoden in der Praxis ist neben einem geeigneten Diagnosewerkzeug die Verfügbarkeit von Modellbibliotheken, die die in den Anwendungen auftretenden Komponenten und Aggregate abdecken. Zum Aufbau von Modellbibliotheken mit vertretbarem Aufwand muß u.a. die Austauschbarkeit von Modellen mit standardisierten Schnittstellen zwischen den Unternehmensbereichen, die für verschiedene Abschnitte im Produkt-Lebenszyklus zuständig sind, gesichert werden (von der Entwicklung zum Service).