

Modellbasierende Fehlerdiagnose für Automobile und Flugzeuge

Tobias Brandenburger

Proseminar Künstliche Intelligenz

Gliederung:

- 1.Motivation
- 2.Begriff: Fehleranalyse
- 3.Qualitative Modelle
- 4.KI-Methoden
- 5.Beispiele
- 6.Weitere Forschungen

Motivation:

- Ziel: Sicherheit
- Gesucht: Verhalten bei technischen Fehlern

Aber:

- Komplexität der Fahr-/Flugzeuge
- Variation bei Automobilen

→ Automatisierung erwünscht

Begriff: Fehleranalyse – Übersicht:

- Bestandteile der Fehleranalyse
- FMEA-Bericht
- Entwicklungsprozess

Bestandteile der Fehleranalyse:

- Design-Fehler des elektrischen / elektronischen Systems
- Diagnosefähigkeits-Analyse
- Fehlerunterscheidbarkeit und Klassifizierung
- FMEA (Failure modes and effects analysis; Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse)

Analyse der Fehlermodi Effekte

Systembeschreibung: Fahrwerk beim Flugzeug

Operationsmodus: Flug

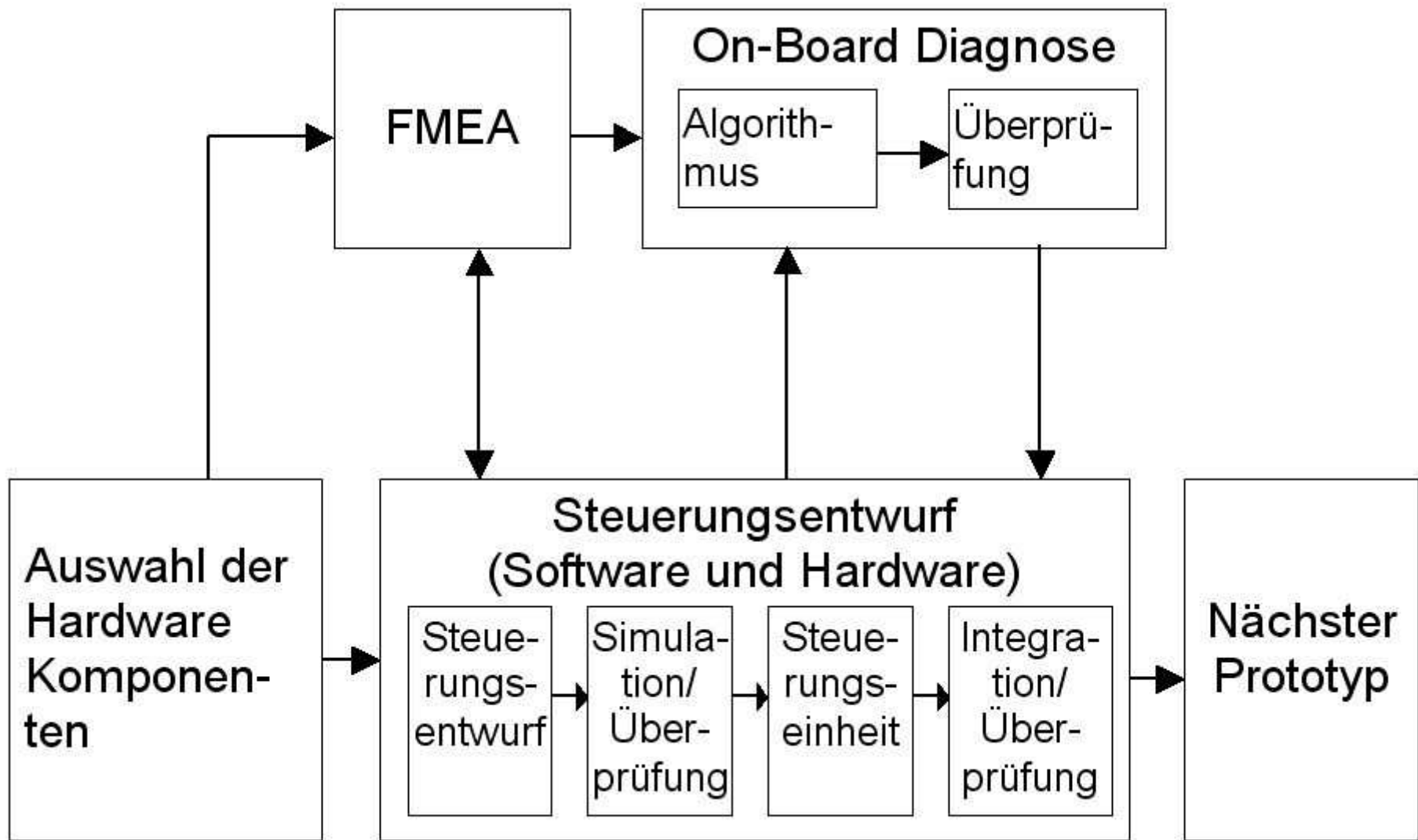
Komponente			Fehlermodus		Effekte			Fehler		Kompen- sations- mög- lichkei- ten	Anmer- kun- gen
ID	Be- schrei- bung	Funk- tion	ID	Name	lokal	regio- nal	Sys- tem	Grad	Nach- weis		
1.1. 1	Haupt- pum- pe	...	1	Arbeitet nicht	keiner	keiner	keiner	4	Mel- dung an Pilot	Keine	
			2	Arbeitet zur fal- schen Zeit	Hydrauli- scher Druck am hydrauli- schen Generator	Hydrau- lischer Druck am Servom otor	Ausfah- ren des Fahr- werks	1	Mel- dung an Pilot	Keine	
1.1. 2	Rück- fluss- sper- re	...	1	Festge- klemmt (geschlos- sen)	Kein Fluss	Keiner	Keiner	4	Mel- dung an Pilot	Keine	
			2	Festge- klemmt (offen)	Zuviel Fluss	keiner	keiner	4	Kein Nach- weis	Keine	

Der FMEA-Bericht

- Fehlerbeschreibung
- Auswirkungen auf
 - die Komponente
 - das Subsystem
 - das Gesamtsystem

➔ Manuelles Erstellen schwierig

➔ muss nach jedem Prototyp-Entwurf neu angefertigt werden



Begriff: Fehleranalyse – Zusammenfassung:

- Welche Fehler können auftreten?
- Simulation jedes möglichen Fehlerzustandes
- Untersuchung der Auswirkungen auf das System
- Erstellung des FMEA-Berichts

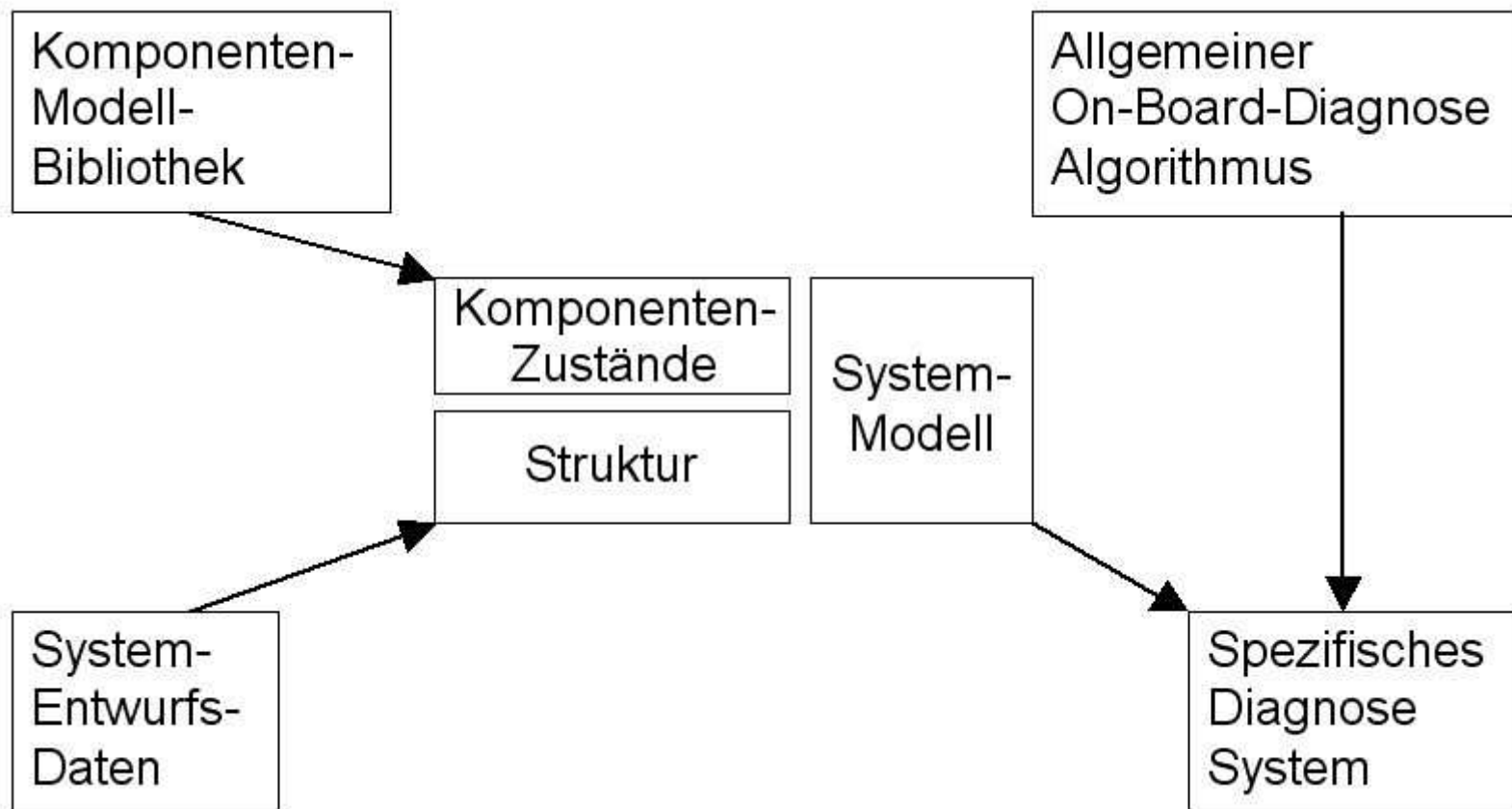
Qualitative Modelle – Übersicht:

- Komponentenmodelle
- Systemmodell
- Vergleich numerische Modelle
- Vorteile
- Nachteile

Komponentenmodelle:

- sind qualitative Modelle
- enthalten Funktionsweise,
- Verhalten bei Fehlern und
- Schnittstelle

Modelle + strukturelle Beschreibung des Systems
⇒ Systemmodell



Numerische Modelle

- werden noch häufig von Ingenieuren benutzt
- können in den frühen Entwurfsphasen nicht erstellt werden
- zu speziell
- präzise Werte oft nicht möglich

Unterschied qualitative Modelle:

- können beliebig abstrahiert werden
- ohne mathematische Modelle
- bessere (Re-)Präsentation für den Benutzer (Ingenieur)

Vorteile:

- gute Verfügbarkeit
- leicht änderbar
- wiederverwendbar

→ Kostensenkung

→ Kürzere Entwicklungszeit

- getrennte Entwicklung des Diagnose-Algorithmus
- es werden keine Daten eines physikalischen Prototyps benötigt

Nachteile:

- automatische Transformation von numerischen zu qualitativen Modellen bisher noch nicht möglich
- Anforderungen von Automobil- und Flugzeug-Industrie leicht unterschiedlich

Qualitative Modelle – Zusammenfassung:

- Komponentenmodelle speichern Komponenten
- Systemmodell wird aus Komponenten zusammengesetzt
- wiederverwendbar
- flexibler als numerische Modelle
- automatische Umwandlung noch nicht möglich

KI-Methoden – Übersicht:

- Intelligentes Schlussfolgern beim FMEA
- kurzes Beispiel
- On-Board Diagnose Algorithmus

Intelligentes Schlussfolgern

- für die Anfertigung des FMEA-Berichts notwendig
- Basiert auf dem Systemmodell
- von Zuständen aller Komponenten automatisch Ableitung der Systemzustand

- Unterschied im Verhalten → FMEA-Bericht
- Schwere des Fehlers richtet sich nach den Folgen für das Gesamtsystem

- Schlussfolgerungen am Modell, nicht durch Regeln

Analyse der Fehlermodi Effekte

Systembeschreibung: Fahrwerk beim Flugzeug

Operationsmodus: Flug

Komponente			Fehlermodus		Effekte			Fehler		Kompen- sations- mög- lichkei- ten	Anmer- kun- gen
ID	Be- schrei- bung	Funk- tion	ID	Name	lokal	regio- nal	Sys- tem	Grad	Nach- weis		
1.1. 1	Haupt- pum- pe	...	1	Arbeitet nicht	keiner	keiner	keiner	4	Mel- dung an Pilot	Keine	
			2	Arbeitet zur fal- schen Zeit	Hydrauli- scher Druck am hydrauli- schen Generator	Hydrau- lischer Druck am Servo- motor	Ausfah- ren des Fahr- werks	1	Mel- dung an Pilot	Keine	
1.1. 2	Rück- fluss- sper- re	...	1	Festge- klemmt (geschlos- sen)	Kein Fluss	Keiner	Keiner	4	Mel- dung an Pilot	Keine	
			2	Festge- klemmt (offen)	Zuviel Fluss	keiner	keiner	4	Kein Nach- weis	Keine	

On-Board Diagnose Algorithmus

- identifiziert den Fehler und
- reagiert darauf

- Auswertung der Fehlerhypothesen in der Werkstatt

Schwierigkeit:

- nur wenige und ungenaue Sensoren

Vorgehensweise:

- vergleicht Sensordaten
- mit Zuständen aus FMEA Bericht
- Rückschluss auf den Fehler
- (im Zweifelsfall über Schnittmengenbildung)

KI-Methoden – Zusammenfassung:

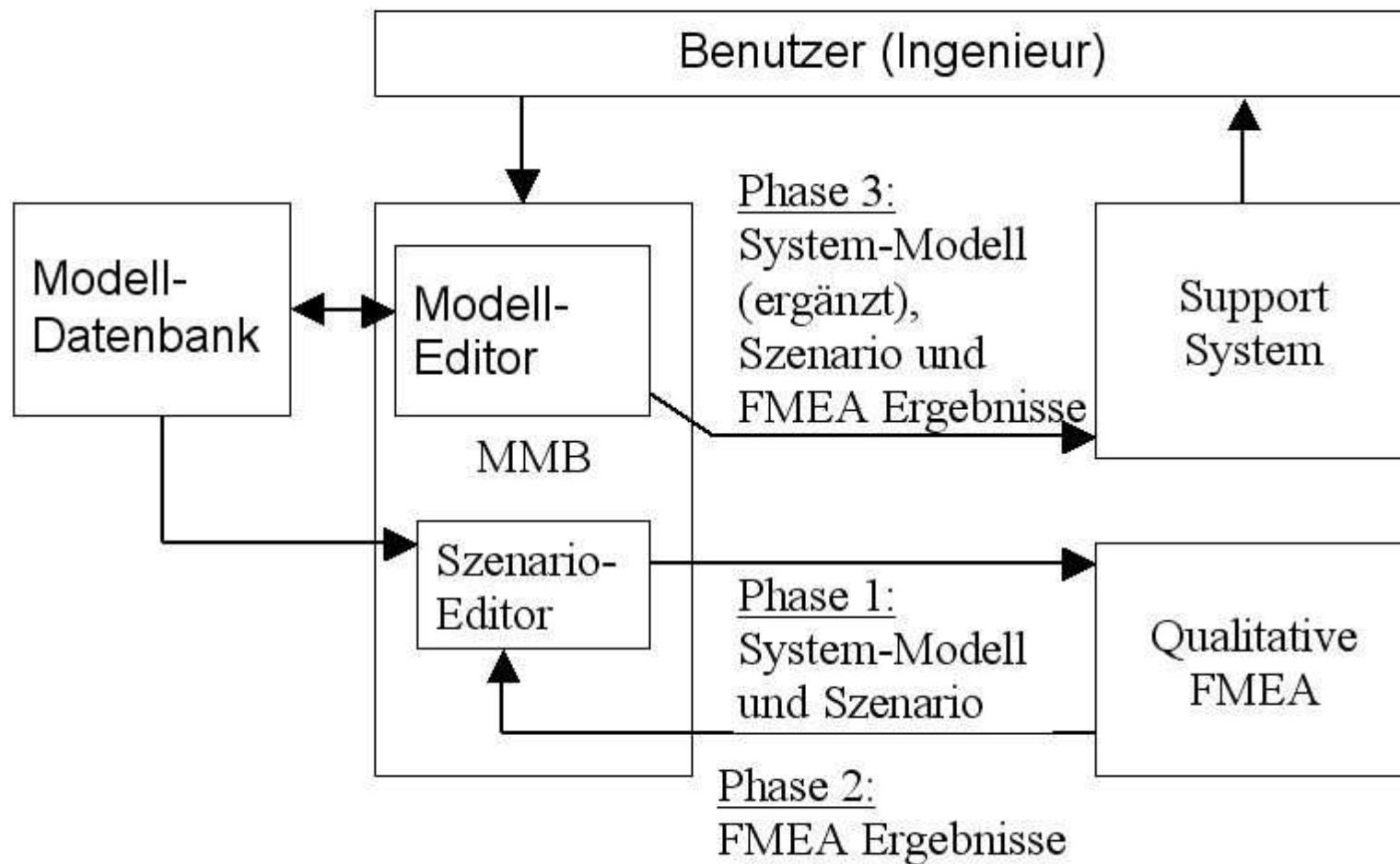
- Intelligentes Schlussfolgern am Modell
- ergibt FMEA Bericht
- der vom On-Board Diagnose Algorithmus benutzt wird
- um die technischen Fehler zu identifizieren

AUTAS

- FMECA (Failure Mode, Effects and Critically Analysis) für Flugzeuge
- modellbasierend, komponentenorientiert, qualitative Schlussfolgerungen
- verschiedene Szenarios

Außerdem werden benutzt:

- SIMFIA (Boolesche Ausdrücke)
- AutoSteve (Schaltkreise)

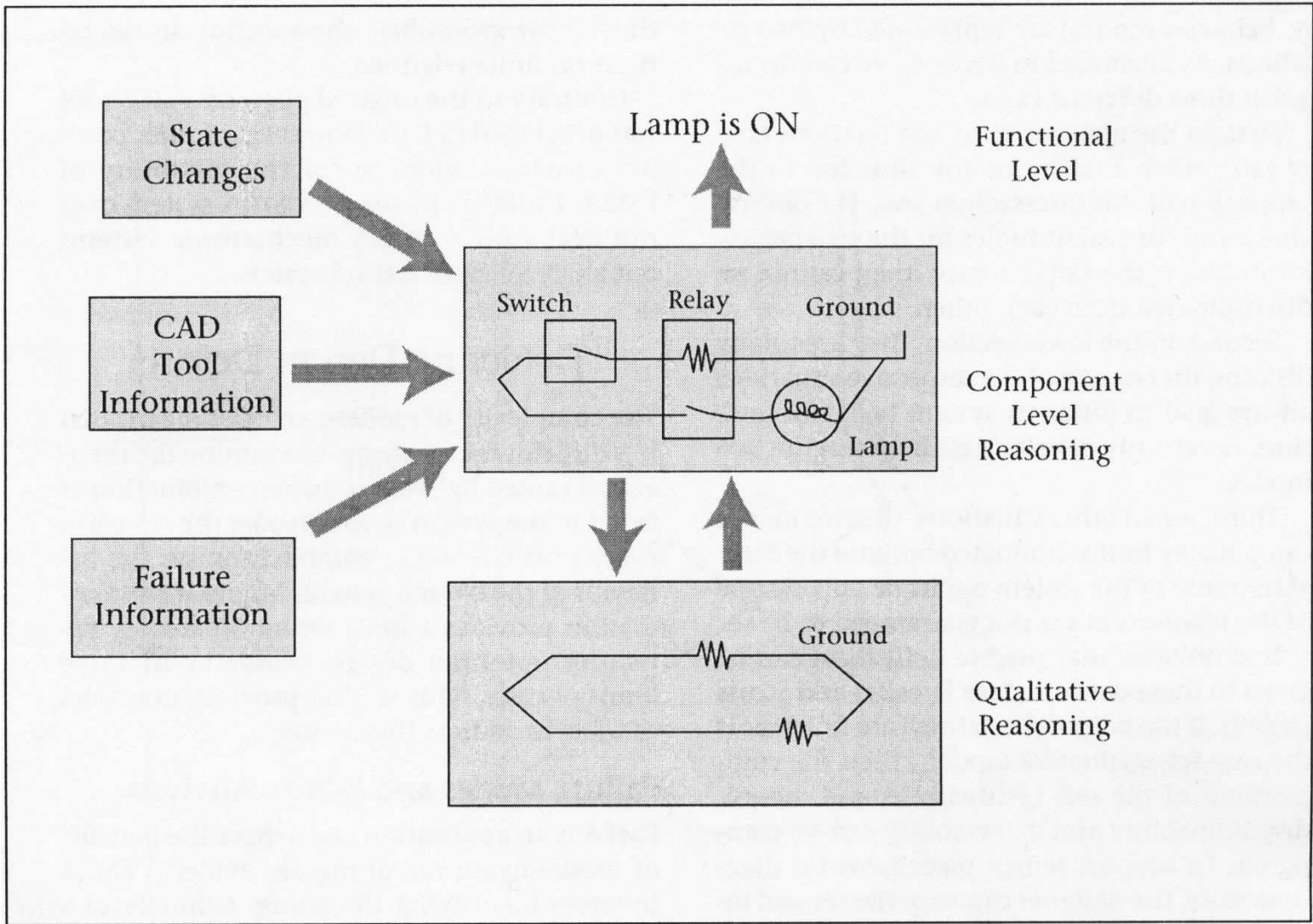


AutoSteve:

- FMEA für elektrische Systeme

3 Ebenen:

- funktionale Ebene
- Komponenten- Ebene
- qualitative Schlussfolgerungs-Ebene



FMEA-Bericht:

- Vergleiche von IST- und SOLL-Zuständen
- jeweils Simulation

→ Unterschiede im qualitativen Bereich

Haupteinsatzgebiet:

- Analyse von Schleichpfaden in einem Stromkreis

Vorteile:

- besseres Feedback über das System-Verhalten für Ingenieure
- FMEA Ergebnisse sind konsistent
- mögliche Probleme werden früher erkannt
- virtuelle Prototypen reduzieren die Zahl der physikalischen Prototypen

Nachteil:

- nur für elektrische Systeme

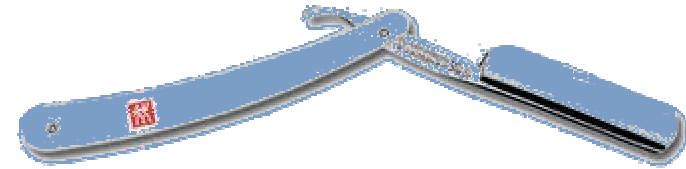
VMBD (Vehicle Model-Based Diagnosis)

- FMEA in der Automobil-Industrie
- dynamischen Zustandsbeschreibung
- durch qualitative Vektoren.

Beispiel: Turbo-Kontroll-Subsystem eines Dieselmotors:

- 29 Komponenten
- 200 Randbedingungen
- 600 Variablen
- über 3000 Fehlervorhersagen

RAZ'R OCC'M



- On-Board Diagnose
- Umwandlung der mathematischen Modelle (MATLAB/SIMULINK) in eine qualitative Form
- modellbasierend
- konsistentbasierend

- Abstraktion der Eingangssignale
- statt 1000 numerischer nur 12 qualitative Vektoren
 - ➔ Berechnungen in Echtzeit

Zusammenfassung

FMEA:

Fehlerverhalten



FMEA Bericht



On-Board Algorithmus:

Fehleridentifikation



Gegenmaßnahmen

Weitere Forschungen:

- effizientes Erstellen von (Komponenten-)Modell-Bibliotheken
- Ersetzen oder Umformen der vorhandenen numerischen bzw. Black-Box-Modelle
- genauere Analysen der Abläufe, Ausbildung und Fähigkeiten der Ingenieure