

Zuverlässigkeitsbewertung einer Getriebesteuerungs- Software durch Auswertung der Betriebserfahrung

Sven Söhnlein¹, Francesca Saglietti¹, Franz Bitzer², Siegfried Baryschew¹

¹Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Software Engineering (Informatik 11)



²ZF Friedrichshafen AG

Gliederung

- ◆ Motivation
- ◆ Grundlagen des statistischen Testens
- ◆ Leitlinie zur Analyse und Auswertung statistisch relevanter operationaler Daten
- ◆ Praktische Anwendung anhand einer Getriebesteuerungs-Software
- ◆ Kombination von Zuverlässigkeitsaussagen für komponentenbasierte Systeme
- ◆ Fazit

Motivation

Einsatz von Softwaresystemen in sicherheitskritischen Anwendungsbereichen

- ◆ Rigoroser Nachweis hoher Zuverlässigkeit angebracht und oft auch vorgeschrieben
 - z.B. durch Einhaltung generischer Sicherheitsstandards (IEC 61508), bzw.
 - domänenspezifischer Vorgaben (ISO 26262 *Draft* für die Automobilindustrie)

- ◆ Wiederverwendung von Software-Komponenten:
 - Ökonomische Vorteile
 - Bisherige fehlerfreie Funktionsweise während einer Test- oder Betriebsphase deutet auf ein zuverlässiges Produkt hin

Notwendigkeit fundierter Methoden zur quantitativen Zuverlässigkeitsbewertung anhand der gewonnenen Betriebserfahrung

Motivation

Statistische Stichprobentheorie

- ◆ Ansatz für die quantitative Zuverlässigkeitsbewertung von Softwaresystemen
- ◆ Anwendung der Technik erlaubt Zuverlässigkeitsaussagen zu gegebenen Aussagesicherheiten zu machen

Kritik: Hoher Aufwand (bezieht sich vor allem auf neue Systeme für die noch keine Betriebserfahrung vorliegt)

→ Auswertung bereits gewonnener Betriebserfahrung mit Komponenten kann zu einer deutlichen Ersparnis führen

Grundlagen des statistischen Testens

Zuverlässigkeitsbewertung mittels statistischer Stichprobentheorie:

- ◆ Beobachtung von n korrekt ausgeführten Test- bzw. Betriebsfällen
- ◆ Bestimmung einer oberen Schranke p^* für die Versagenswahrscheinlichkeit p zu gegebener Aussagesicherheit β :

$$P(p \leq p^*) = \beta$$

Grundlagen des statistischen Testens

Grundannahme: Invariante Versagenswahrscheinlichkeit p über dem gesamten Eingaberaum.

Voraussetzungen für die Stichprobe

- ◆ Unabhängige Auswahl der Testfälle
- ◆ Unabhängige Ausführung der Testfälle
- ◆ Betriebstreue
- ◆ Versagensfreie Test- bzw. Betriebserfahrung
(Prinzipiell auch anwendbar für eine geringe Anzahl an Versagen auf Kosten der nachweisbaren Zuverlässigkeitskenngrößen)

Grundlagen des statistischen Testens

- ◆ Falls alle Voraussetzungen erfüllt sind lässt sich folgender Zusammenhang zwischen n , p^* und β herleiten:

$$(1 - p^*)^n = 1 - \beta$$

- ◆ Damit lässt sich auch die Anzahl notwendiger Test- bzw. Betriebsfälle für $p^* \ll 1$ bestimmen:

$$n \cong \frac{\ln(1 - \beta)}{-p^*}$$

- ◆ Beispiele:

SIL (IEC 61508)	p^*	β	n
2	10^{-3}	0.99	4606
3	10^{-4}	0.99	46052
4	10^{-5}	0.99	460518

Leitlinie

- ◆ Anwendung der Theorie auf die mit Komponenten gewonnene Betriebserfahrung:
 - Analyse und Filterung der operationalen Daten im Hinblick auf die einzuhaltenden Voraussetzungen für die Anwendung der statistischen Stichprobentheorie

- ➔ Leitlinie zur Beschreibung der wesentlichen Schritte zur Extraktion, Auswertung und Ergänzung statistisch relevanter operationaler Daten
 - Gegliedert in 8 Einzelschritte

Leitlinie

1. Identifikation der zu bewertenden Systemkomponente:

- Abgrenzung der Komponente / Teilfunktionalität auf die sich die angestrebte Zuverlässigkeitsaussage beziehen soll.

2. Identifikation betrieblich unabhängiger Abläufe:

- Im Hinblick auf Voraussetzung 2 müssen „gedächtnislose“ Ausführungssequenzen bestimmt werden.

3. Definition der Struktur eines relevanten Ablaufs:

- Identifikation aller relevanten Eingabeparameter
- Ausgrenzung irrelevanter Eingabeparameter

Leitlinie

4. Bestimmung des Betriebsprofils:

- Bestimmung der Auftrittshäufigkeit einzelner funktionaler Anforderungen an die Software im Betrieb

5. Filterung der operationalen Daten:

- Extraktion einer unabhängigen Teilmenge aus den operationalen Daten durch Entfernung
 - nicht relevanter Abläufe
 - bzw. statistisch abhängiger Abläufe

6. Validierung der Daten:

- Sicherstellung des korrekten Verhaltens

Leitlinie

7. Zuverlässigkeitsbewertung:

- Bestimmung der Zuverlässigkeitsaussage gemäß vorherigem Abschnitt.
- Komponentenbasierte Systeme → später mehr dazu ...

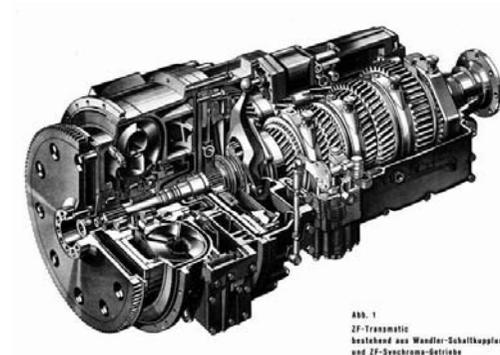
8. Ergänzung der Betriebserfahrung:

- Falls die extrahierte Betriebserfahrung nicht ausreicht, um eine vorgegebene Zuverlässigkeitskenngröße nachzuweisen:
 - Generierung zusätzlicher Testfälle
 - Diese müssen ebenfalls den genannten Voraussetzungen entsprechen
 - Komponentenbasierte Systeme: Optimierung notwendig → später mehr dazu ...

Praktische Anwendung

Getriebesteuerung

- ◆ Anwendung der Leitlinie anhand einer softwarebasierten Getriebesteuerung für Nutzfahrzeuge.
- ◆ Industrielles Forschungsprojekt in Kooperation mit dem Automobilzulieferer ZF Friedrichshafen AG



Praktische Anwendung

Allgemeines:

- ◆ Software steuert 12 Vorwärtsgänge und 2 Rückwärtsgänge.
- ◆ Auswahl erfolgt entweder manuell durch den Fahrer oder automatisch, durch eine Software-Komponente, der sog. „Fahrstrategie“.
- ◆ Neben Ist-Gang (IG) und Soll-Gang (SG) sind für die Funktionalität der Schaltung weitere Parameter ρ_i , wie beispielsweise die Geschwindigkeit und Gaspedalstellung relevant.
- ◆ Aufzeichnung eines großen Umfangs an Daten während vorausgegangener Testfahrten.
- ◆ Logging der Parameterwerte in Abhängigkeit von der Zeit.

Praktische Anwendung

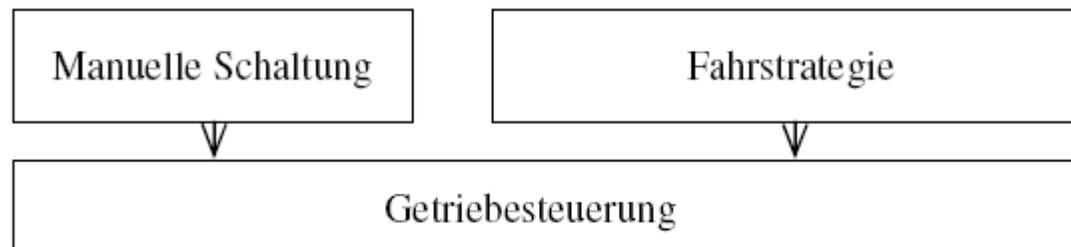
- ◆ Anonymisierung: Gänge werden durch Buchstaben (a, b, c, ..., m) und Parameter ρ_i durch Prozentangaben repräsentiert.
- ◆ Auszug aus den aufgezeichneten Daten:

Zeit	SG	Zeit	IG	Zeit	ρ_i
...
5.9	d	35.9	d	25.9	10.60 %
6.0	d	36.0	d	26.0	11.29 %
6.1	e	36.1	d	26.1	11.70 %
6.2	e	36.2	d	26.2	11.90 %
6.3	e	36.3	d	26.3	12.01 %
6.4	e	36.4	d	26.4	12.01 %
6.5	e	36.5	d	26.5	11.80 %
6.6	e	36.6	d	26.6	12.90 %
6.7	e	36.7	d	26.7	12.51 %
6.8	e	36.8	e	26.8	12.60 %
6.9	e	36.9	e	26.9	12.80 %
...

- ◆ Basierend auf diesen Daten wurde die Leitlinie wie folgt angewendet ...

Praktische Anwendung

1. Identifikation der zu bewertenden Systemkomponente:



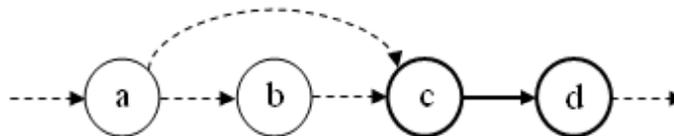
- Festlegung in Zusammenarbeit mit ZF:
 - Beschränkung auf reine Schaltfunktionalität (Getriebesteuerung).
 - Fahrstrategie ist nicht Gegenstand der Bewertung.
 - Eingrenzung auf diejenigen Parameter, die für die Schaltfunktionalität relevant sind.

Praktische Anwendung

2. Identifikation betrieblich unabhängiger Abläufe:

◆ Nach Absprache mit den Entwicklern:

- Notwendigkeit einer Initialisierungsphase in der bestimmte Hintergrundparameter kalibriert werden.
- Danach können die Schaltungen als „gedächtnislos“ betrachtet werden.
- Funktionalität der Schaltung von c nach d ist dann unabhängig davon, ob vorher Gang a oder b eingelegt war.



- **ACHTUNG:** Dies bezieht sich auf die unabhängige Ausführung und nicht auf die unabhängige Auswahl.

Praktische Anwendung

3. Definition der Struktur eines relevanten Ablaufs:

- Identifikation relevanter Betriebsfälle zu jedem Zeitpunkt an dem ein neuer Schaltbefehl gegeben wird.
- Darüber hinaus wurden insgesamt vier weitere Parameter ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 und ρ_4 identifiziert, welche für die Schaltfunktionalität relevant sind.

Praktische Anwendung

Zeit	SG	IG	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4
...
926.0	f	f	4.50 %	0.4 %	21.6 %	0 %
926.1	f	f	4.19 %	0.4 %	21.6 %	0 %
926.2	f	f	3.89 %	0.4 %	21.6 %	0 %
926.3	f	f	3.69 %	0.8 %	21.6 %	0 %
926.4	f	f	3.39 %	0.4 %	21.6 %	0 %
926.5	f	f	3.00 %	0.4 %	21.6 %	0 %
926.6	f	f	3.00 %	0.4 %	21.6 %	0 %
926.7	f	f	2.50 %	0.4 %	21.6 %	0 %
926.8	f	f	2.39 %	0.4 %	21.6 %	0 %
926.9	f	f	2.00 %	0.0 %	21.6 %	0 %
927.0	f	f	2.00 %	0.0 %	21.6 %	0 %
927.1	f	f	2.00 %	0.4 %	21.6 %	0 %
927.2	f	f	1.09 %	0.4 %	21.2 %	0 %
927.3	f	f	1.09 %	0.4 %	21.2 %	0 %
927.4	f	f	1.09 %	0.4 %	21.2 %	0 %
927.5	f	f	1.09 %	0.0 %	21.2 %	0 %
...

↓ **Filterung** ↓

Zeit	SG	IG	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4
...
5940,6	k	l	64,35 %	88,8 %	0,0 %	0 %
6012,3	l	j	57,55 %	0,4 %	0,0 %	0 %
6016,2	j	h	42,23 %	0,4 %	16,0 %	0 %
...

Beispiel:

Relevanter Betriebsfall zum Zeitpunkt 926.8, welcher zum Zeitpunkt 927.5 erfolgreich abgeschlossen wurde.

Auf Basis der definierten Struktur können die operationalen Daten gefiltert und alle Schaltbefehle mit den zugehörigen Parameterwerten extrahiert werden.

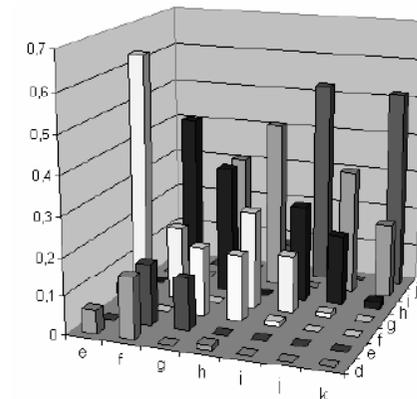
Praktische Anwendung

4. Bestimmung des Betriebsprofils:

■ In zwei Schritten:

1. Ermittlung der Auftretsfrequenzen einzelner Schaltkombinationen (IG, SG) im Betrieb.

	d	e	f	g	h	i	j	k	...
...
d	--	6.06 %	16.13 %	0.00 %	1.35 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	...
e	...	--	16.13 %	13.33 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	...
f	...	6.06 %	--	18.33 %	17.57 %	1.10 %	0.00 %	0.00 %	...
g	...	63.64 %	19.35 %	--	25.68 %	15.38 %	1.16 %	0.00 %	...
h	...	0.00 %	45.16 %	33.33 %	--	25.27 %	18.60 %	1.79 %	...
i	...	0.00 %	0.00 %	33.33 %	43.24 %	--	32.56 %	19.64 %	...
j	...	0.00 %	0.00 %	0.00 %	8.11 %	52.75 %	--	51.79 %	...
...	--	...



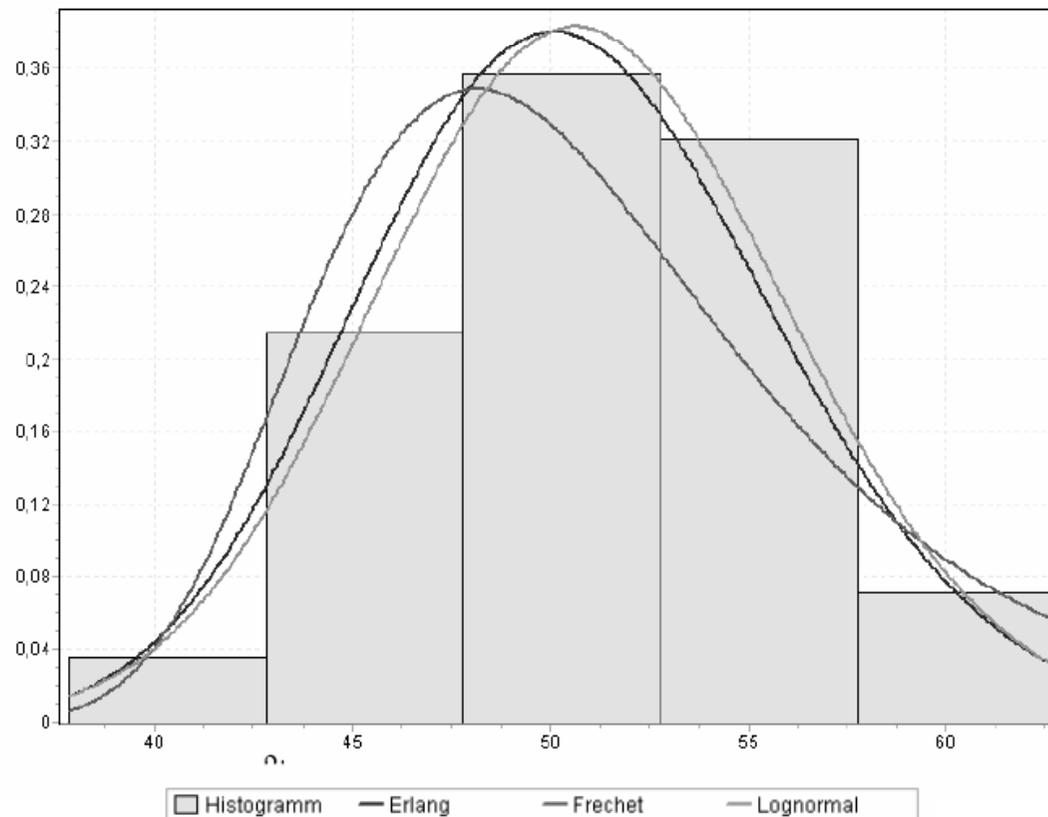
Praktische Anwendung

2. Ermittlung des Profils jedes Parameters ρ_i , $i \in \{1 \dots 4\}$ für jeden Schaltbefehl (IG, SG) mittels einer toolgestützten Anwendung von Verteilungsanpassungstechniken durch
 - Auswahl einer Verteilungsfamilie,
 - Parameterbestimmung,
 - „Goodness-of-fit“ Bewertung mittels
 - Kolmogorow-Smirnow Test
 - Anderson-Darling Test
 - χ^2 Test

Praktische Anwendung

Beispiel:

Density-Histogram-Overplot und “Goodness-of-fit”-Test für Parameter ρ_1 und $(IG,SG) = (k,j)$



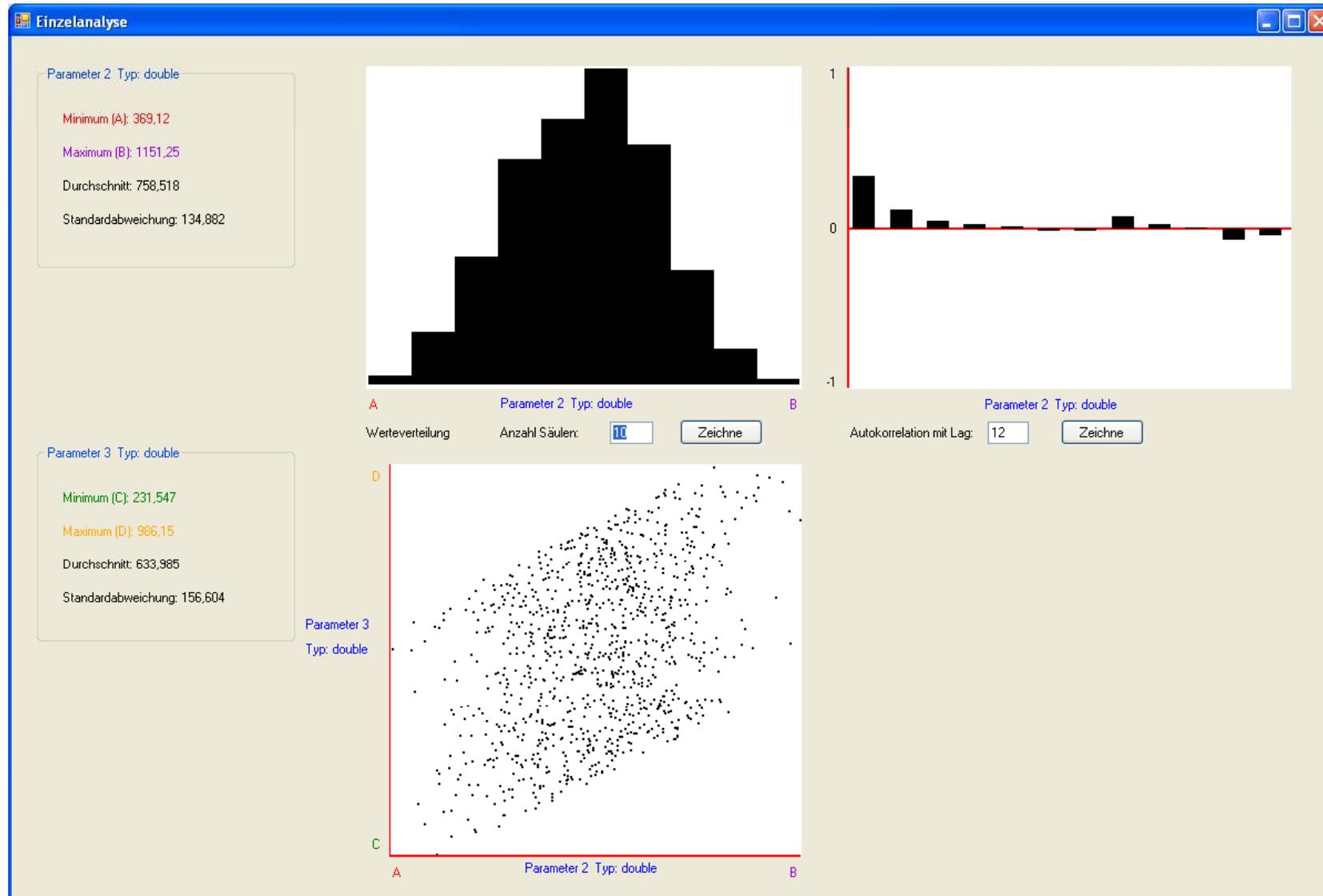
Verteilung: Fréchet					
Verteilungsparameter: $0.17241 \cdot 10^{-9}$; $0.90725 \cdot 10^{-9}$; $-0.90725 \cdot 10^{-9}$					
Kolmogorow-Smirnow Test					
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Kritischer Wert	0,1968	0,22497	0,24993	0,27942	0,29971
Ablehnen?	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Anderson-Darling Test					
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Kritischer Wert	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Ablehnen?	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
χ^2 Test					
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Kritischer Wert	3,2189	4,6052	5,9915	7,824	9,2103
Ablehnen?	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

Praktische Anwendung

5. Filterung der operationalen Daten:

- Entwicklung eines Verfahrens um operationale Daten im Hinblick auf zu Grunde liegende Korrelationen zu analysieren und eine weitestgehend unkorrelierte Teilmenge durch Anwendung heuristischer Optimierungsverfahren zu extrahieren.

Praktische Anwendung



Praktische Anwendung

The screenshot shows a software window titled 'Korrelationsanalyse' with a menu bar containing 'Datei' and 'Bearbeiten'. Below the menu bar are tabs for 'Autokorrelation', 'Lineare Korrelation', 'Spearman', 'Kendalls Tau', 'Cramers V', and 'Pearson'. The main area displays a table of correlation coefficients for two parameters across 10 lags. The values are color-coded: red for positive, orange for slightly positive, and green for negative.

	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5	Lag 6	Lag 7	Lag 8	Lag 9	Lag 10
Parameter 2 (double) (0)	0,336	0,121	0,047	0,03	0,015	-0,018	-0,014	0,08	0,031	0,01
Parameter 3 (double) (0)	0,035	-0,003	0,003	-0,053	0,055	0,012	0,01	0,001	0,046	-0,002

Below the table, there are two rows of empty input boxes for 'Parameter 2 (double) (0)' and 'Parameter 3 (double) (0)', each with 10 boxes corresponding to lags 1 through 10.

An 'Einstellungen' dialog box is open in the foreground. It contains the following fields and controls:

- Startpopulation:
- Durchläufe:
- Niedrige Korrelation:
- Große Restmenge:
- Buttons: Übernehmen, OK

Praktische Anwendung

6. Validierung der Daten:

- Die Validierung der Daten (also die Sicherstellung korrekt durchgeführter Schaltoperationen) wird durch ZF Friedrichshafen AG erfolgen.
- Basiert auf einer Reihe von Kriterien, wie beispielsweise der Einlegung eines Gangs innerhalb einer vorgegebenen Zeit.

7. Zuverlässigkeitsbewertung:

- Die Zuverlässigkeitsbewertung kann schließlich durch die in der Einführung beschriebene Theorie erfolgen.

Praktische Anwendung

8. Ergänzung der Betriebserfahrung:

- Falls die extrahierte Betriebserfahrung nicht ausreicht, um eine vorgegebene Zuverlässigkeitskenngröße nachzuweisen, können zusätzliche Testfälle auf Basis des erstellten Betriebsprofils automatisch generiert werden.

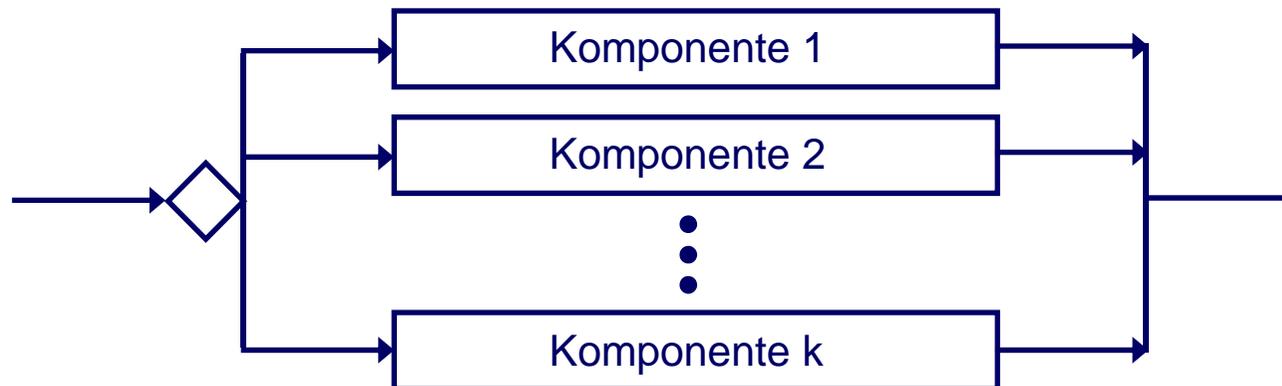
Praktische Anwendung

Komponentenbasierte Systeme:

- Kombination von Zuverlässigkeitsaussagen um zu einer Systembezogenen Gesamtaussage zu kommen.
- Optimierung des Nachtestens

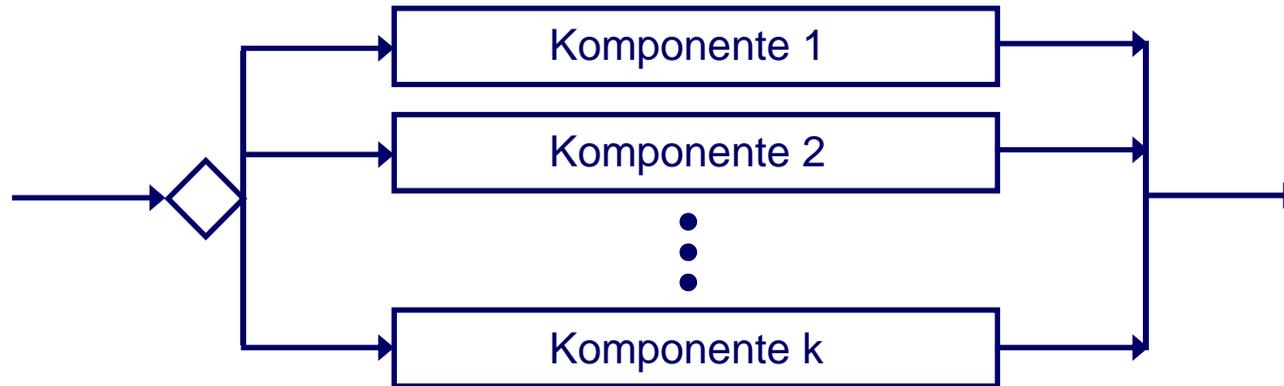
Komponentenbasierte Systeme

Beispiel: Softwaresystem, bestehend aus k funktional unabhängigen Komponenten, die alternativ zum Zuge kommen



- ◆ Für jede Komponente i ($i=1, \dots, k$) ist ein Umfang an n_i Test- bzw. Betriebsfällen beobachtet worden.
- ◆ Alle Voraussetzungen für die Anwendung der statistischen Stichprobentheorie sind erfüllt

Komponentenbasierte Systeme



- ◆ Für jede Komponente kann eine obere Schranke p_i^* für ihre Versagenswahrscheinlichkeit p_i ($0 < p_i < 1$) mit Aussagesicherheit β_i bestimmt werden:

$$P(p_i \leq p_i^*) = \beta_i$$

- ◆ Falls jede Komponente im Betrieb mit Wahrscheinlichkeit γ_i zum Zuge kommt ($\sum \gamma_i = 1$), ergibt sich die Versagenswahrscheinlichkeit des Gesamtsystems durch:

$$p = \sum_{i=1}^k \gamma_i p_i$$

Konservativer Ansatz

Bisheriger konservativer Ansatz zur Bestimmung der oberen Schranke p^* für das Gesamtsystem:

$$p = \sum_{i=1}^k \gamma_i p_i \leq \sum_{i=1}^k \gamma_i p_i^* = p_{\text{kons}}^*$$

Die zugehörige Aussagesicherheit β wird hierbei durch β_{kons} folgendermaßen abgeschätzt:

$$\beta_{\text{kons}} := \min_i \beta_i < \beta \quad \text{für } i \geq 2$$

Nachteile dieses Ansatzes:

- ◆ Verlust an Aussagenschärfe
- ◆ Verlust an Genauigkeit bei der Zuverlässigkeitsbewertung
- ◆ Unnötig hoher Aufwand für die erforderliche Test- bzw. Betriebserfahrung

Genauere Berechnung

Hypo-Exponentialverteilung

für den Zusammenhang zwischen n_i , p^* und β auf Systemebene:

$$\beta = P\left(\sum_{i=1}^k \gamma_i p_i \leq p^*\right) = 1 - \sum_{i=1}^k A_i \cdot \exp\left(-\frac{n_i}{\gamma_i} \cdot p^*\right) \quad \text{mit} \quad A_i = \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k \frac{\frac{n_j}{\gamma_j}}{\frac{n_j}{\gamma_j} - \frac{n_i}{\gamma_i}}$$

◆ Vorteile durch die genaue Berechnung: siehe Beispiele

(Details in Söhnlein S., Saglietti F.: "Nachweis hoher Softwarezuverlässigkeit auf der Basis von Test- und Betriebserfahrung mit wiederverwendbaren Komponenten", Proc. Sicherheit 2008 Lecture Notes in Informatics, Gesellschaft für Informatik (GI) e. V., 2008)

Andere Architekturen

- ◆ Lösungen auch für andere Systemarchitekturen möglich, z.B.
 - Seriensysteme
 - Kombinationen aus parallelen und seriellen Strukturen

- ◆ Auch der Fall des Auftretens einer geringen Anzahl an Versagen ist für oben genannte Architekturen möglich
 - Lösungen sehr komplex

Sensitivitätsanalyse

- ◆ Sensitivitätsanalyse auf Basis der angegebenen Gleichung für den Zusammenhang zwischen p^* , β und n_1, \dots, n_k auf Systemebene.

- ◆ Auswertung der partiellen Ableitungen

$$\frac{\partial p^*}{\partial n_i} \quad i \in \{1, \dots, k\} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\partial \beta}{\partial n_i} \quad i \in \{1, \dots, k\}$$

für die aktuell vorliegenden Testfallanzahlen

- ➔ Ermittlung derjenigen Komponenten, für die sich zusätzlicher Testaufwand am meisten lohnt.

- ◆ Minimierung des zusätzlichen Testaufwands:
 - Numerische Optimierung durch Anwendung des Gradientenverfahrens

Beispiele

Vergleich nachweisbarer Zuverlässigkeitskenngrößen und Aussagesicherheiten

- ◆ Zwei Komponenten mit $n_1=20000$ und $n_2=50000$

$p^*=0.0001$	β_{kons}	β	Abweichung
$\gamma_1=0.75, \gamma_2=0.25$	0.864	0.919	5.99 %
$\gamma_1=0.5, \gamma_2=0.5$	0.864	0.969	10.82 %
$\gamma_1=0.25, \gamma_2=0.75$	0.864	0.994	13.02 %

$\beta=0.99$	p^*_{kons}	p^*	Abweichung
$\gamma_1=0.75, \gamma_2=0.25$	0.0001957	0.0001780	9.92 %
$\gamma_1=0.5, \gamma_2=0.5$	0.0001611	0.0001278	26.03 %
$\gamma_1=0.25, \gamma_2=0.75$	0.0001266	0.0000917	38.05 %

Beispiele

Vergleich des erforderlichen Umfangs an Test- bzw. Betriebsfällen

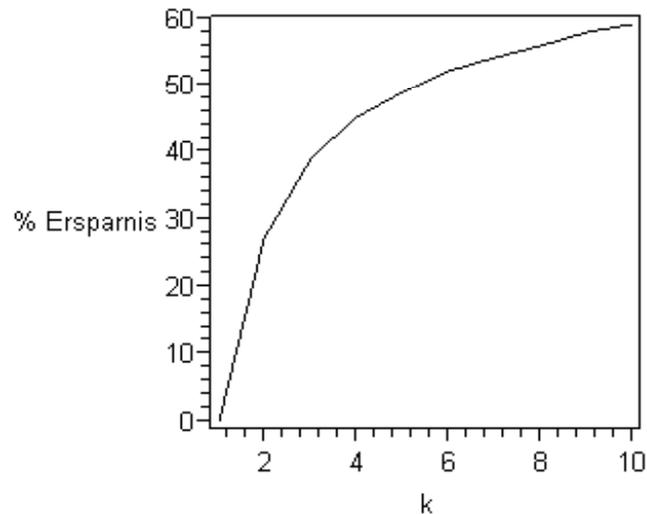
- ◆ Bestimmung der notwendigen Anzahl an Test- bzw. Betriebsfällen für ein System mit 2, 3 und 5 gleichmäßig beanspruchten Komponenten ($\gamma_i = 1/k \forall i=1, \dots, k$) um $p^*=0.0001$ mit $\beta=0.99$ nachzuweisen.

	konservativ	genau	Ersparnis
n_1	46 052	33 194	---
n_2	46 052	33 195	---
Σ	92 104	66 389	27.92 %

	konservativ	genau	Ersparnis
n_1	46 052	28 023	---
n_2	46 052	28 024	---
n_3	46 052	28 025	---
Σ	138 156	84 072	39.15 %

Beispiele

	konservativ	genau	Ersparnis
n_1	46 052	23 213	---
n_2	46 052	23 214	---
n_3	46 052	23 215	---
n_4	46 052	23 216	---
n_5	46 052	23 217	---
Σ	230 260	116 075	49.59 %



◆ Erhebliche Ersparnis der notwendigen
Test- bzw. Betriebserfahrung

Beispiele

Optimierung des Nachtestens

- ◆ System bestehend aus zwei Komponenten
- ◆ Ziel ist der Nachweis von $p^*=0.0001$ zur Aussagesicherheit $\beta=0.99$
- ◆ Umfang an Betriebserfahrung pro Komponente:
 - $n_1=16000$
 - $n_2=42000$
- ◆ Betriebsprofil: $\gamma_1=0.25$, $\gamma_2=0.75$
- ◆ Momentan nachweisbare Kenngrößen

β	p^*
0.99	0.0001114443
0.982047991	0.0001

Beispiele

Optimierung des Nachttestens

◆ Naiver Ansatz:

Verteilung zusätzlicher Testfälle m_i , $i \in \{1,2\}$ gemäß der Häufigkeit der Auswahl der Komponenten im Betrieb ($m_i \approx \gamma_i \cdot \sum m_i$):

$n_1=16000$	$m_1=2094$	$n_1+m_1=18094$
$n_2=42000$	$m_2=12282$	$n_2+m_2=54282$
$n_1+n_2=58000$	$m_1+m_2=14376$	$\Sigma=72376$

◆ Optimale Verteilung (durch numerische Optimierung):

$n_1=16000$	$m_1=4331$	$n_1+m_1=20331$
$n_2=42000$	$m_2=1300$	$n_2+m_2=43300$
$n_1+n_2=58000$	$m_1+m_2=5631$	$\Sigma=63631$

Fazit

- ◆ Beschreibung einer allgemeinen Leitlinie zur Analyse, Extraktion, Auswertung und Ergänzung statistisch relevanter operationaler Daten.
- ◆ Praktische Anwendung anhand einer Getriebesteuerungssoftware im Rahmen eines Forschungsprojektes in Kooperation mit ZF Friedrichshafen AG.
- ◆ Genaue Methoden zur Kombination von Zuverlässigkeitsaussagen für komponentenbasierte Systeme.
 - Nachweis höherer Zuverlässigkeit zu gegebener Aussagesicherheit
 - Nachweis vorgegebener Zuverlässigkeitsaussagen mit erhöhter Aussagesicherheit
 - **Reduktion des bisher zum Nachweis erforderlichen Aufwands an Test- bzw. Betriebserfahrung**

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen?