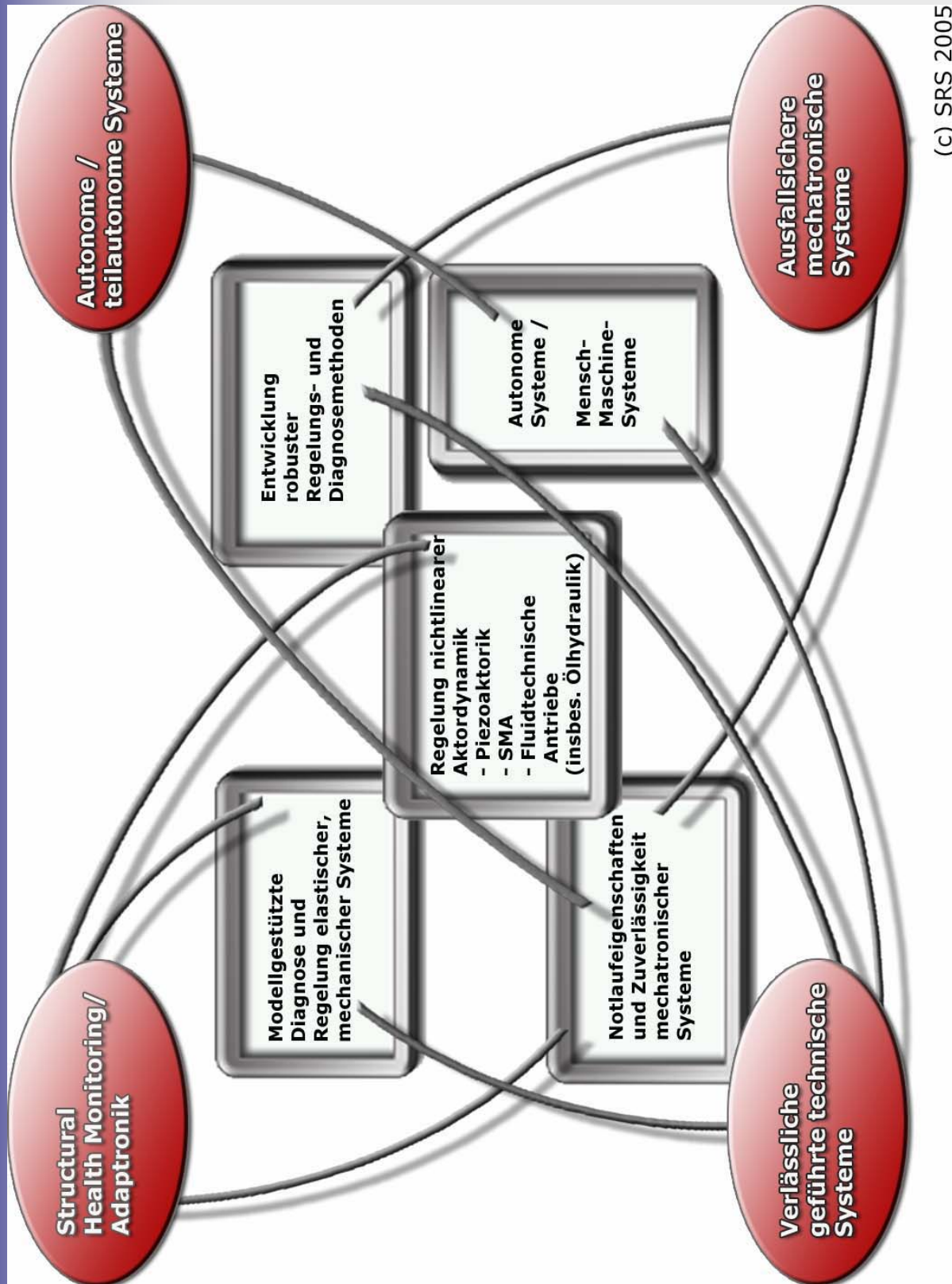


Integration von Methoden der Zuverlässigkeits- und Automatisierungstechnik zur Realisierung sicherer mechatronischer Systeme der Antriebstechnik

Dirk Söffker,
Lehrstuhl Steuerung, Regelung und Systemdynamik
Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Abt. Maschinenbau
Universität Duisburg-Essen, Duisburg
Email: soeffker@uni-due.de



(c) SRS 2005

Beispiel:

**Beobachtergestützte Schätzung
unbekannter Größen**



Beispiel:

**Stabilisierung eines
inversen, elastischen Pendels**



Beispiel:

**Überwachung hydraulischer
Aktoren (eines Fahrodynamikregelungssystems)**



Inhalt

- Problematik
- Klassischer Systementwurf
- Neuer vorgestellter Ansatz zum Systementwurf
- Safety and Reliability Control Engineering Concept (SRCE)
- Modulvalidierung
- Zusammenfassung und Ausblick

Details in:

Söffker, D.; Kashi, K.; Wolters, K.: Konzept zum Entwurf
ausfallsicherer mechatronischer Systeme.
atp 47, Heft 7, 2005.



Professur für Steuerung, Regelung und Systemdynamik (SRS)
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Söffker

Forschungsvorhaben Nr. 408 der FVA

Kennwort: Diagnoseverfahren und Notlaufkonzepte
 Arbeitskreis: Mechatronik

Abschlussbericht
 Laufzeit: 12 Monate

Bericht-Nr.: 408

UNIVERSITÄT
 D U I S B U R G
 E S S E N

Antreiben
 Steuern
 Bewegen

4	Recherche Teil 1: Strukturanalyse	13
4.1	Formblattanalyse	14
4.2	Fehlerbaumanalyse	19
4.3	Ereignisbaumanalyse	23
4.4	Importanzkenngrößen	26
5	Recherche Teil 2: Fehlerdiagnose	31
5.1	Signalbasierte Merkmalgewinnung	32
5.2	Modellbasierte Merkmalgewinnung	39
5.2.1	Paritätsraumverfahren	39
5.2.2	Parameterschätzung	41
5.2.3	Beobachter	46
5.3	Modellbasierte qualitative Merkmalgewinnung	54
5.4	Klassifiziermethoden	63
5.5	Fehleranalyse	70
6	Recherche Teil 3: Notlaufkonzepte	73
7	Bewertung	84
7.1	Strukturanalyse	84
7.2	Fehlerdiagnose	86



UNIVERSITÄT
 D U I S B U R G
 E S S E N

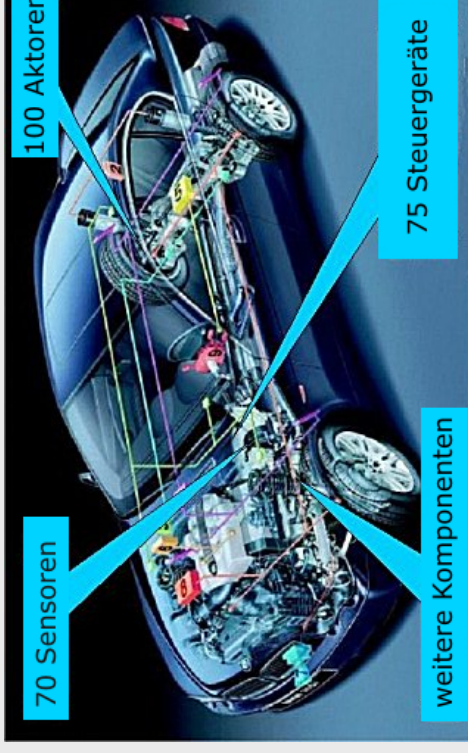
ASB Kongress 2006
 Antreiben - Steuern - Bewegen
 21./22. Februar 2006

Sichere mechatronische
 Systeme
 Dirk Söffker, U DuE

Problematik

- Erweiterung bewährter Technologien bzw. Schaffung neuer Technologien durch

- Sensorik
- Aktorik
- Mikroprozessoren
- weitere zusätzliche Komponenten



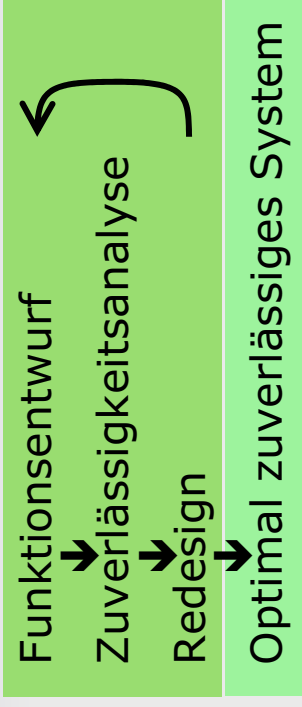
nach <http://www-me.fh-reutlingen.de/>

- Nachteil:

Hohe Komplexität
→ Hohe Fehleranfälligkeit
→ Geringe Systemzuverlässigkeit → Imageverlust, Folgekosten,
Personen- und Sachschäden

Klassischer Systementwurf

- Zuverlässigkeitsanalyse des Funktionsentwurfs

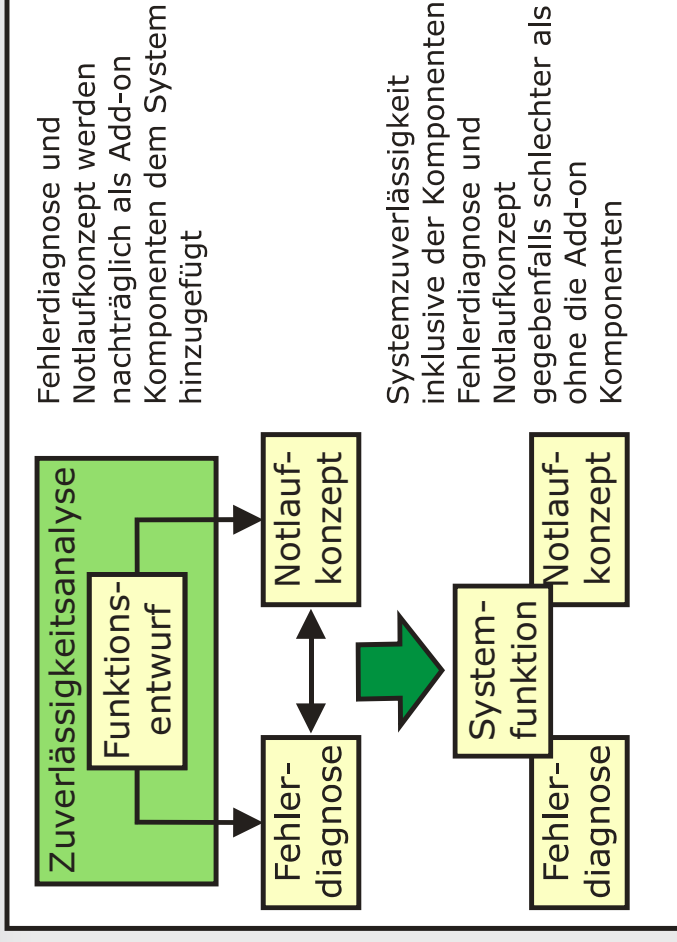


- Sind nicht alle Fehler durch Redesign vermeidbar → Zusatzmodule

- Fehlerdiagnose: signal- oder modellbasiert
- Notlaufkonzept: Redundanzen, Rekonfiguration

Nachteile:

- Eventuell schlechte strukturell/funktionelle Integration der Zusatzmodule
→ verringerte Systemzuverlässigkeit
- Keine Berücksichtigung der Nutzungsart auf die Systemzuverlässigkeit



Neu vorgestellter Ansatz

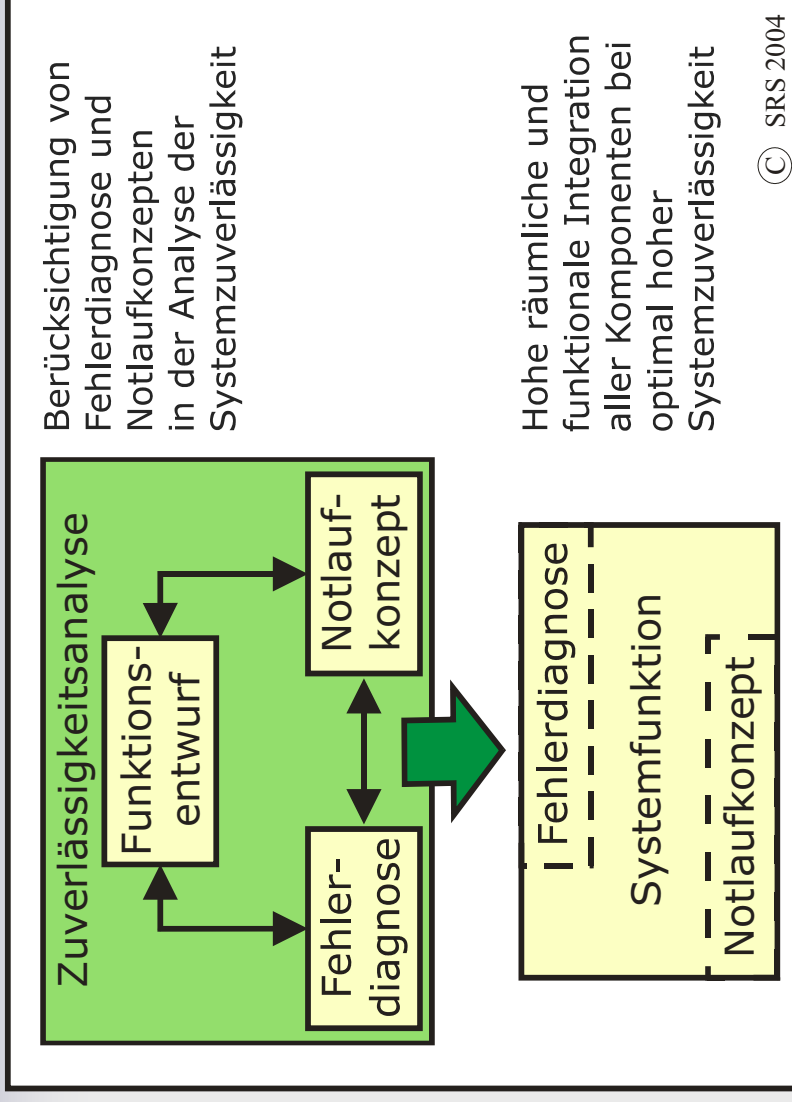
- Einbeziehung des Funktionsentwurfs **und** der Fehlerdiagnose **und** des Notlaufkonzept in die Zuverlässigkeitsanalyse

Vorteile:

- Optimal integrierte Komponenten
- Hohe System-zuverlässigkeit bei gleichzeitiger Erkennung von Fehlern sowie Gewährleistung einer Mindestfunktionalität

Nachteile:

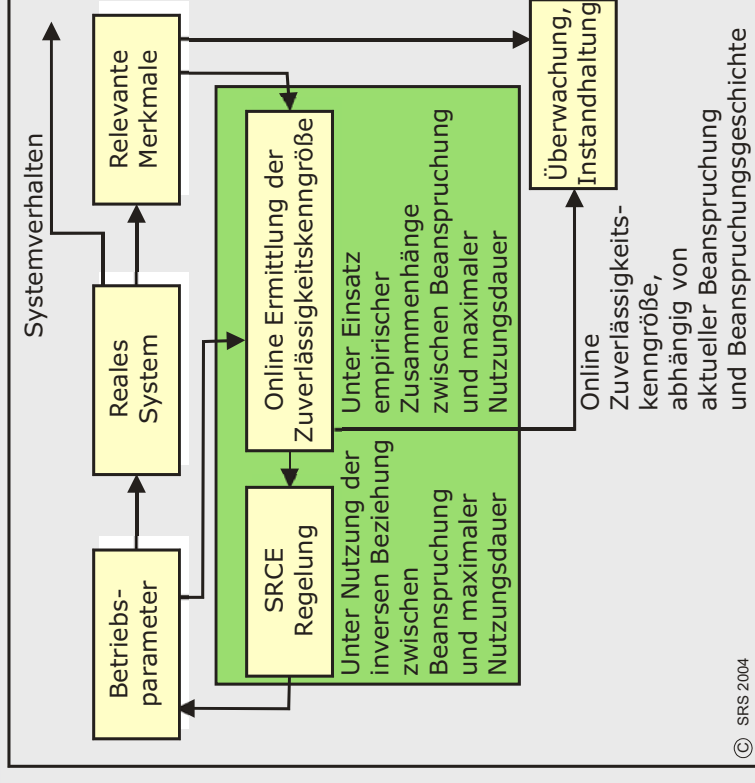
- Nutzungs- und alterungsbedingte Ausfälle (stochastische Ausfälle) werden nicht berücksichtigt



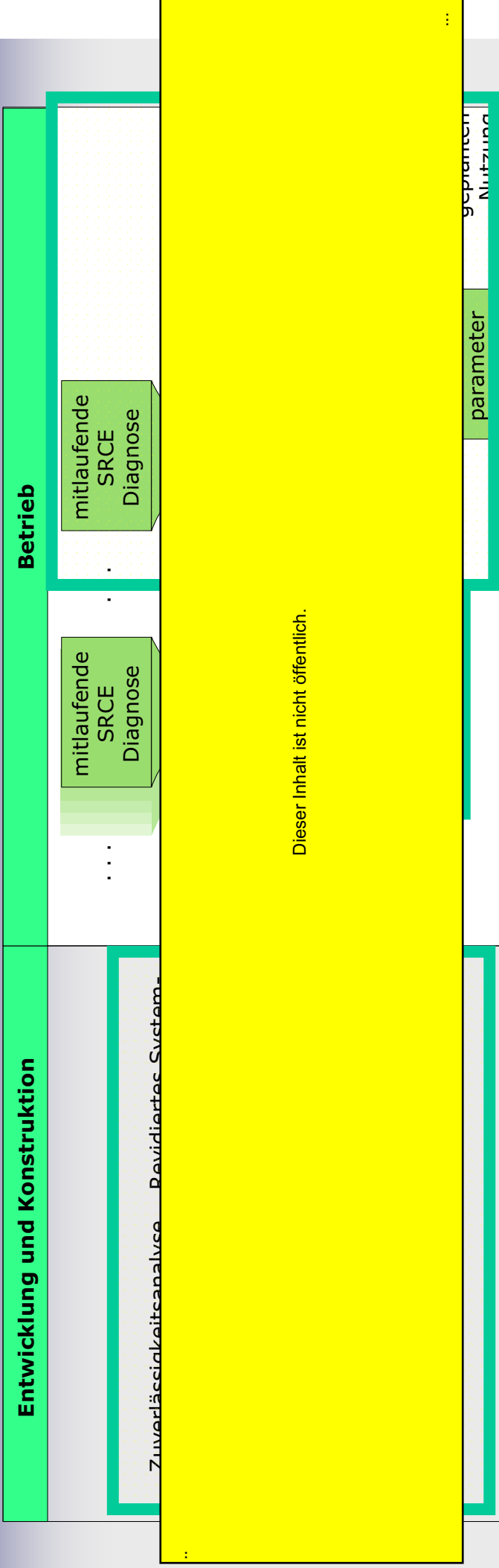
Safety and Reliability Control Engineering (SRCE) Konzept

[Söffker, Rakowsky 1997]

- Wahrscheinlichkeit des Ausfalls hängt ab von
 - Aktueller Beanspruchung
 - Lastgeschichte
- Beanspruchungsabhängige Zuverlässigkeit als Maß für die weitere Nutzbarkeit eines Systems/einer Komponente, (\neq Zuverlässigkeit nach Wöhler)
- Benötigte Informationen
 - Höhe der Beanspruchung
 - Zusammenhang zwischen Beanspruchung und maximaler Nutzungsdauer (Lebensdauerkennlinien)
 - Gültiges Schadenakkumulationsgesetz



Neuer, erweiterter Ansatz



- Optimale Systemzuverlässigkeit
- Robuste und fehlertolerante Fehlerdiagnose
- Gewährleistung einer Mindestfunktionalität durch Notlaufkonzept
- Ausfallzeitpunkt durch Materialermüdung, Verschleiß etc. regeln

Validierung 1

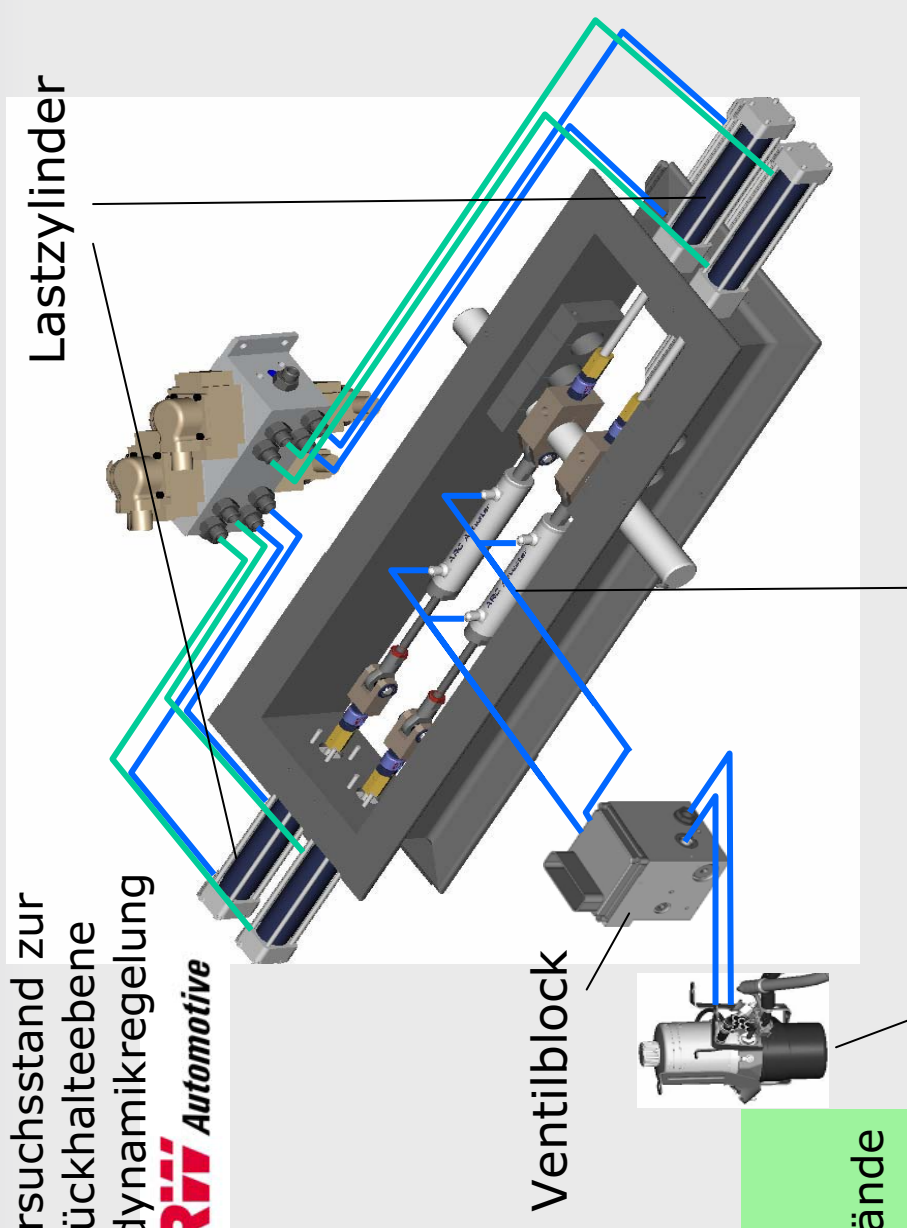
Virtuelle Sensorik zur Fehlerdiagnose (PI-Beobachter)

- Hardware-in-the-Loop Versuchsstand zur Entwicklung einer Fehlerrückhalteebene für eine System zur Fahrdynamikregelung des Industriepartners **TRW Automotive**

- Gemessene Größen:
 - Kammerdrücke
 - Ventilspannung
- Geschätzte Größe:
 - Kräfte
 - Zylinderposition

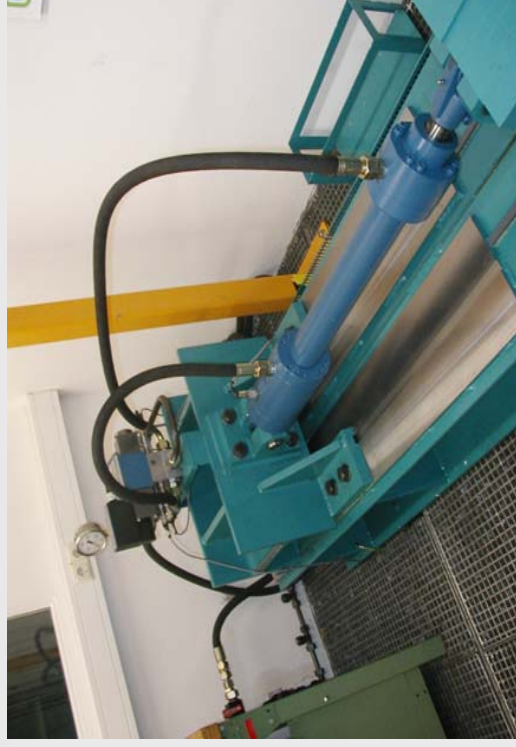
Vorteile:

- Kostengünstig
- Messung nicht messbarer Zustände
- Analytische Redundanz



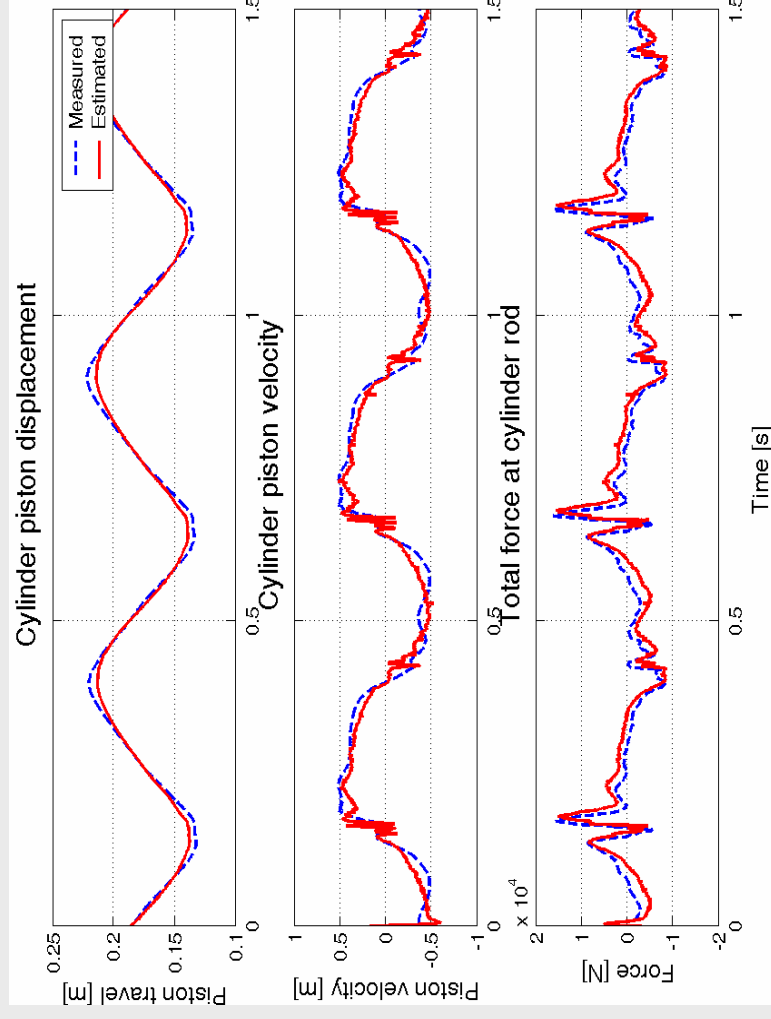
Validierung 1b

Virtuelle Sensorik zur Fehlerdiagnose (PI-Beobachter)
(Schätzung der Kolbenkräfte auf Basis der Druckmessungen)



- > Sensorsersatz
- > Analytische Redundanz

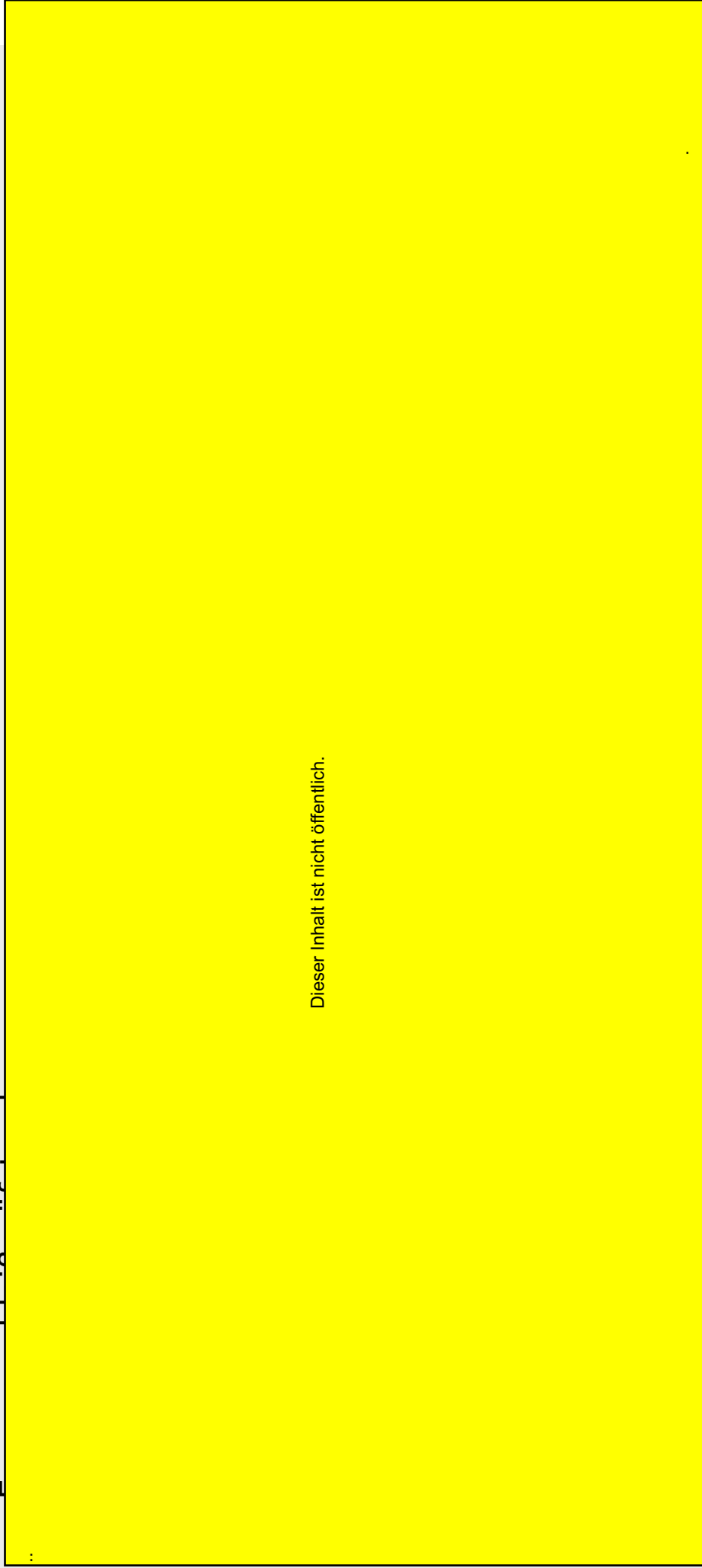
(Kashi, Söffker 2003 f.)



-16-

Validierung 2

Datenbasis zum SRCE Konzept



Dieser Inhalt ist nicht öffentlich.



Normalbetrieb

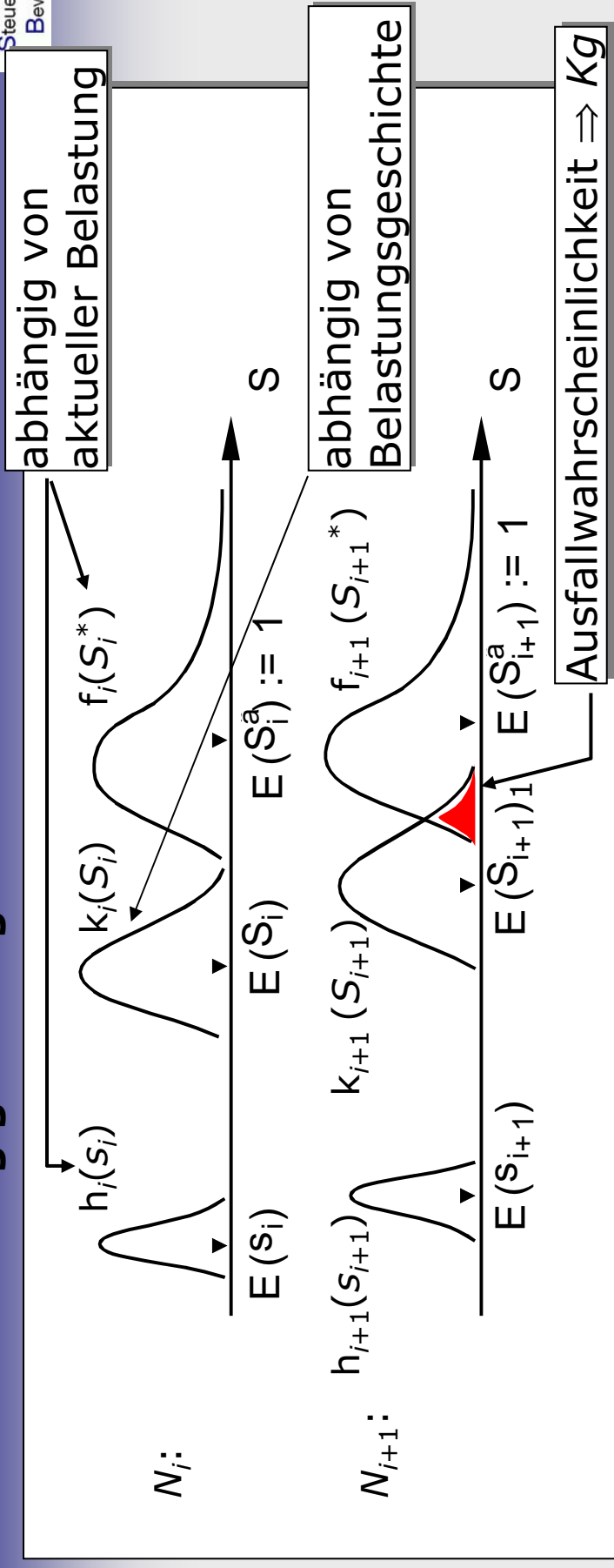


Dieser Inhalt ist nicht öffentlich.

-18-



Schadensabhängige Kenngröße



- $k(S)$ und $f(S^*)$ überschneiden sich ab einer bestimmten Nutzung N
- Überschneidungsbereich \Rightarrow Wahrscheinlichkeit, dass Schadensbetrag den maximalen Schaden überschreitet

$$P^{S_i^a < S_i} = \int_0^{S_i} k_i(S_i) f_i(S_i^a) dS_i$$

Wolters / Söffker 2004/2005

Zusammenfassung

- neu vorgestellter Ansatz zum Funktionsentwurf
 - Integration von Fehlerdiagnose und Notlaufkonzept in die Systemzuverlässigkeitsanalyse
 - Hohe Systemzuverlässigkeit
- Probabilistische Aussage über den Systemausfall
 - Möglichkeit zur Überwachung und Regelung der maximalen Nutzungsdauer
 - Ausnutzung der maximal möglichen/notwendigen Nutzungsdauer



„Ausfallfreie“ Nutzung des Systems

Ausblick

- Validierung des vorgestellten Ansatzes
 - weitere Konzeptmodule
 - Gesamtsystem