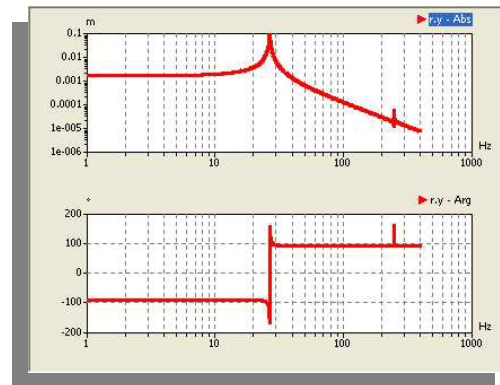
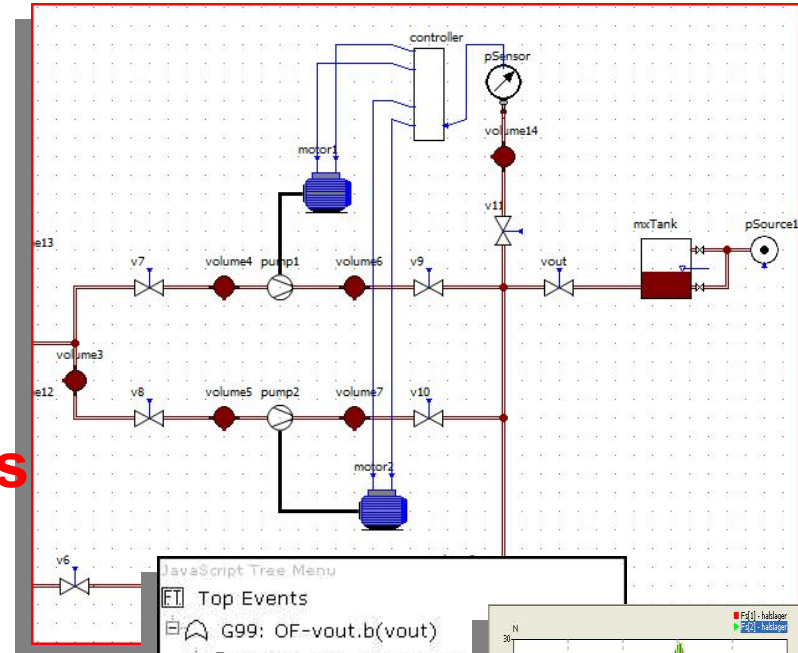


The Ninth BieleSchweig Workshop

Transient Analysis, Linear Analysis and Reliability Analysis

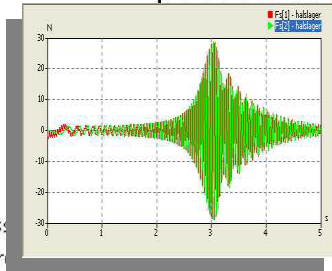
Based on One System Model

Andreas Uhlig
ITI GmbH Dresden



JavaScript Tree Menu

- ET Top Events
 - G99: OF-vout.b(vout)
 - G100: Sub-Expression
 - G101: v10.b
 - G108: v11.b
 - G109: v6.b
 - G110: v9.b
 - G111: Sub-Expression
 - G112: Sub-Expression
 - G113: OF-pump1.a(pump1)
 - G114: OE-pump1.pw(pump1)
 - G115: Sub-Expression
 - G116: Sub-Expression
 - G117: Sub-Expression
 - E74: blocked(vout)
 - E76: stuckClosed(vout)
 - E78: inadvClosed(vout)



- Vorstellung ITI
- SimulationX – Tool für Modellierung und Simulation
 - Anwendungsgebiete, Kurzdemonstration,
 - Modellierungsprinzip, Analysearten
- Verbindung mit Zuverlässigkeitsanalysen
 - Motivation, Ziele
 - Konzept, Methode und Tool
- Optimierung von Zuverlässigkeit
 - GUI
 - Replaceable Type
 - Database Link
- Zusammenfassung

Firma ITI Dresden



ITI Gesellschaft für
ingenieurtechnische
Informationsverarbeitung
mbH

Webergasse 1
01067 Dresden

Gegründet 1990
30 Mitarbeiter

www.iti.de
www.simulationx.com



Angebot für Virtual Engineering



ITI Software

- SimulationX
- ITI-Vis3D
- ITI-Ord
- EdgeDesigner
- Code-Export, HiL
- Optimierung

ITI Engineering

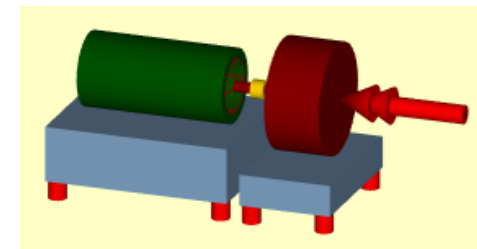
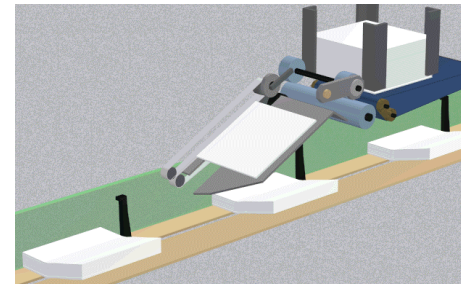
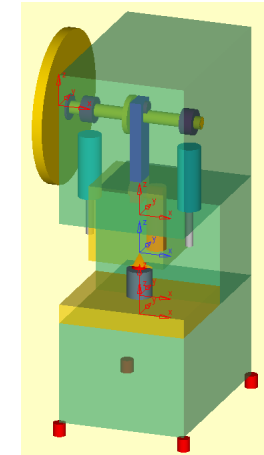
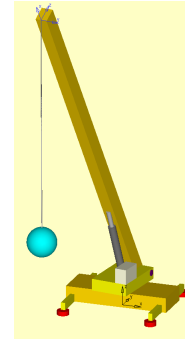
- Consulting
- Modellierungs-
unterstützung
- Applikations-Projekte
- Training

ITI Customizing

- Anpassungen
- CAE-Integration
- Auslegungstools
- Datenbank-Link
- Kopplungen
- CAD-Import
- FMEA-Synthese

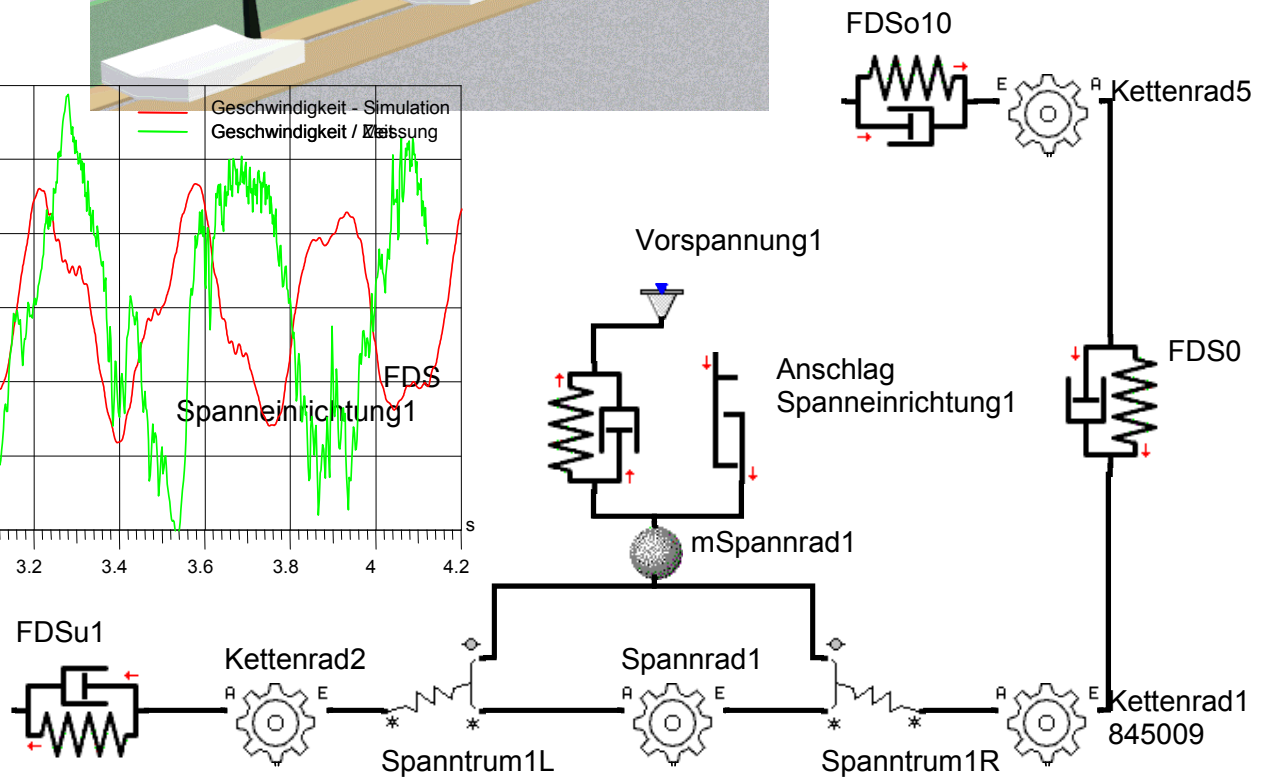
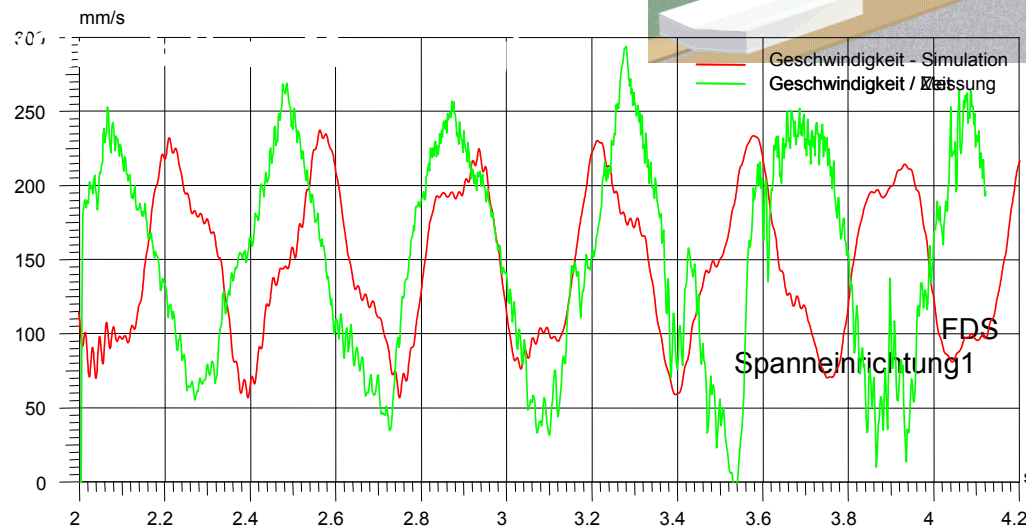
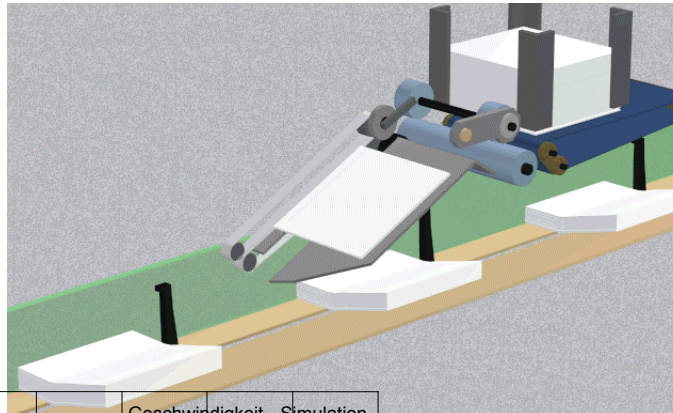
Anwendungen

- Kfz-Antrieb
- Getriebe, Motoren, Kupplungen
- Getriebekomponenten
- Zyklische Maschinenantriebe
- Auslegung Kran
- Sammelkettenantrieb
- Geregelter elektromechanischer Antrieb
- Verbrennungsmotorischer Kompressorantrieb
- Flügelzellenpumpen



- Anwendungsumfeld ist gekennzeichnet durch
 - Wachsende **Komplexität** des Gesamtsystems
 - (Beispiel Mechatronik) **Wechselwirkungen** zwischen Mechanik und Regelungstechnik mit teilweise vielfältigen Nichtlinearitäten
 - Unerwünschte Effekte wie Schwingungen, **Instabilitäten**, Geräusche, erhöhter Verschleiß oder Ungenauigkeiten können auftreten
- Einsatzzweck
 - Analyse und Optimierung von technischen Komponenten und **heterogenen** Systemen,
 - unter Berücksichtigung **dynamischer**, nichtlinearer und instationärer Vorgänge
- Nutzen
 - Frühe zielsichere Abstimmung der Komponenten und Teilsysteme durch Simulation

Anwendungsbeispiel: Sammelkettenantrieb



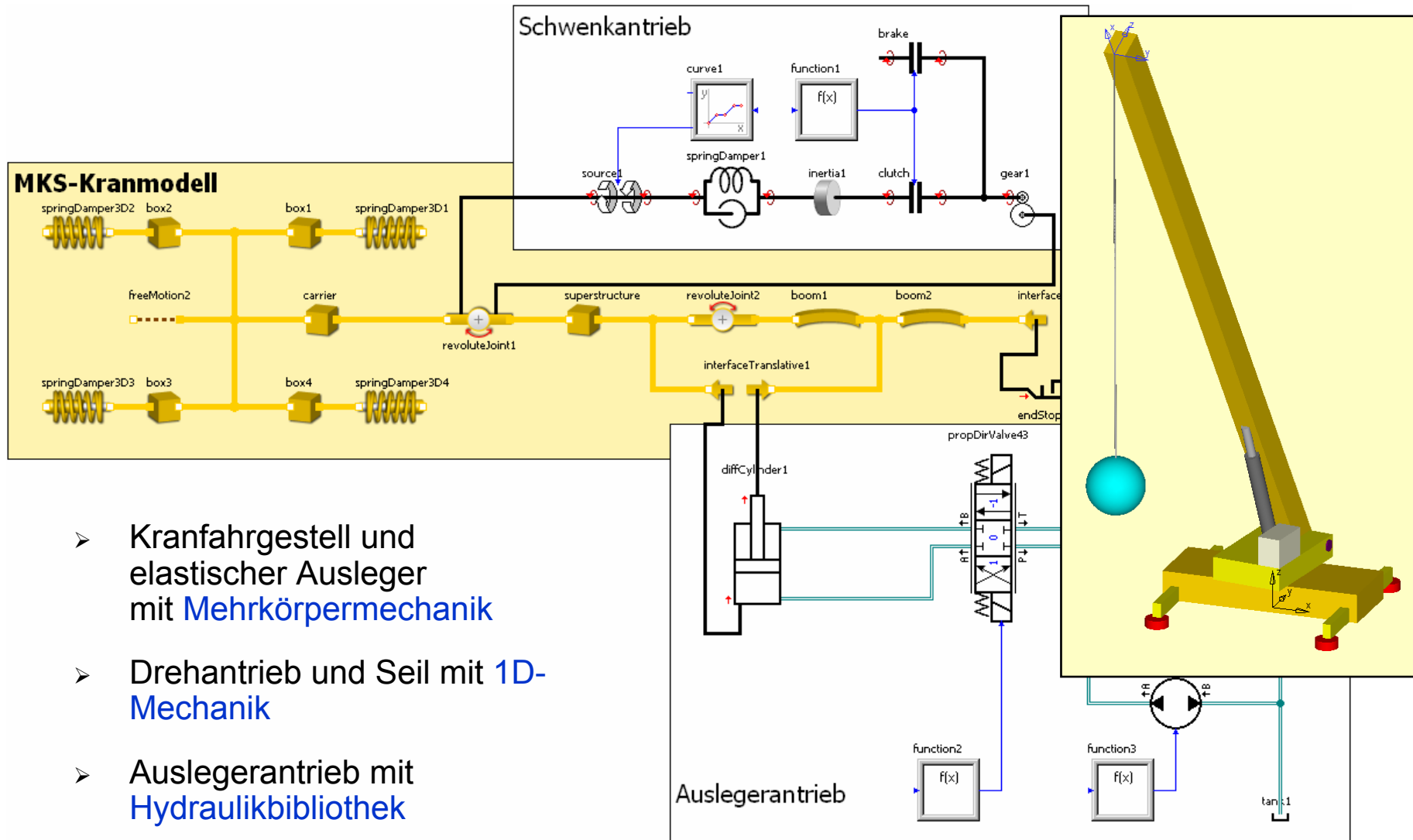
Anwendungsbeispiel: Sammelkettenantrieb

- Aufgabe:
produktschonender Transport von Papierstapeln
bei Zusammentragmaschinen (schwingungs-, ruckfrei)

- Modell:
Berücksichtigung von Ungleichförmigkeiten beim Kettenlauf
(Polygoneffekt), Nichtlinearitäten bei Kettenentlastung,
Drehzahlregelung

- Änderungspotenziale:
 - Anzahl der Antriebe
 - Verteilung der Trägheiten und Steifigkeiten (Wellen)
 - Dimensionierung der Spanneinrichtungen
 - Einbau von Reibelementen

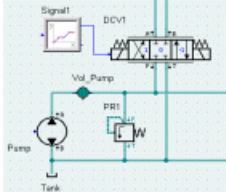
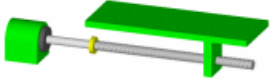

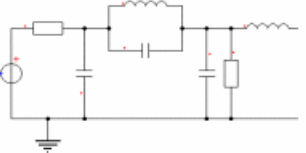
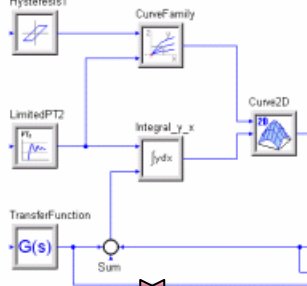
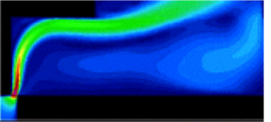
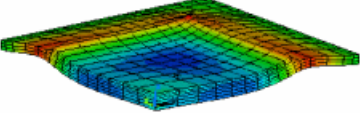
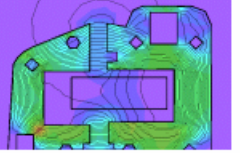

Anwendungsbeispiel: Auslegung Gesamtantrieb – Kran



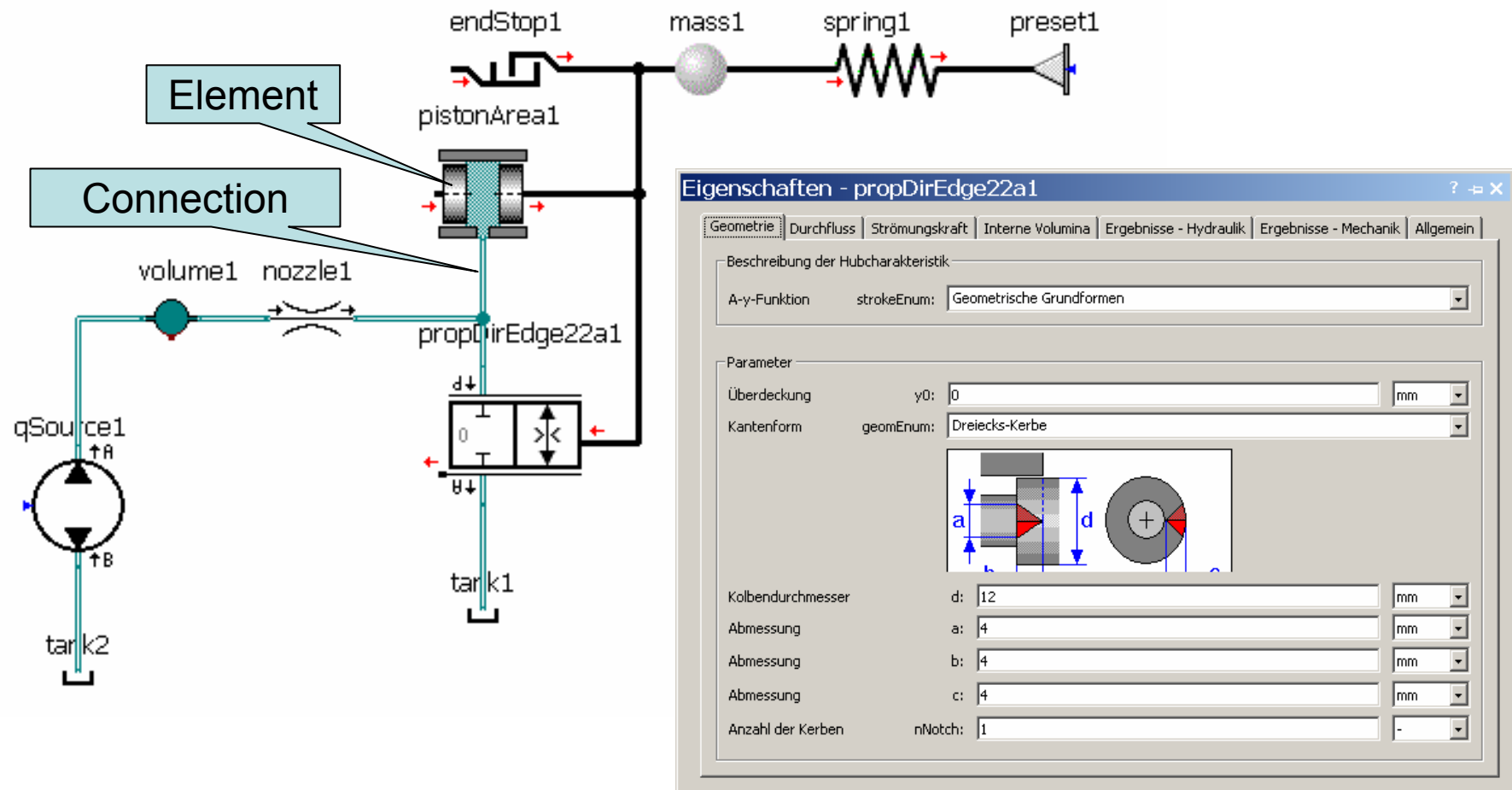
- Kranfahrgestell und elastischer Ausleger mit Mehrkörpermechanik
- Drehantrieb und Seil mit 1D-Mechanik
- Auslegerantrieb mit Hydraulikbibliothek

Computer Aided Engineering - CAE

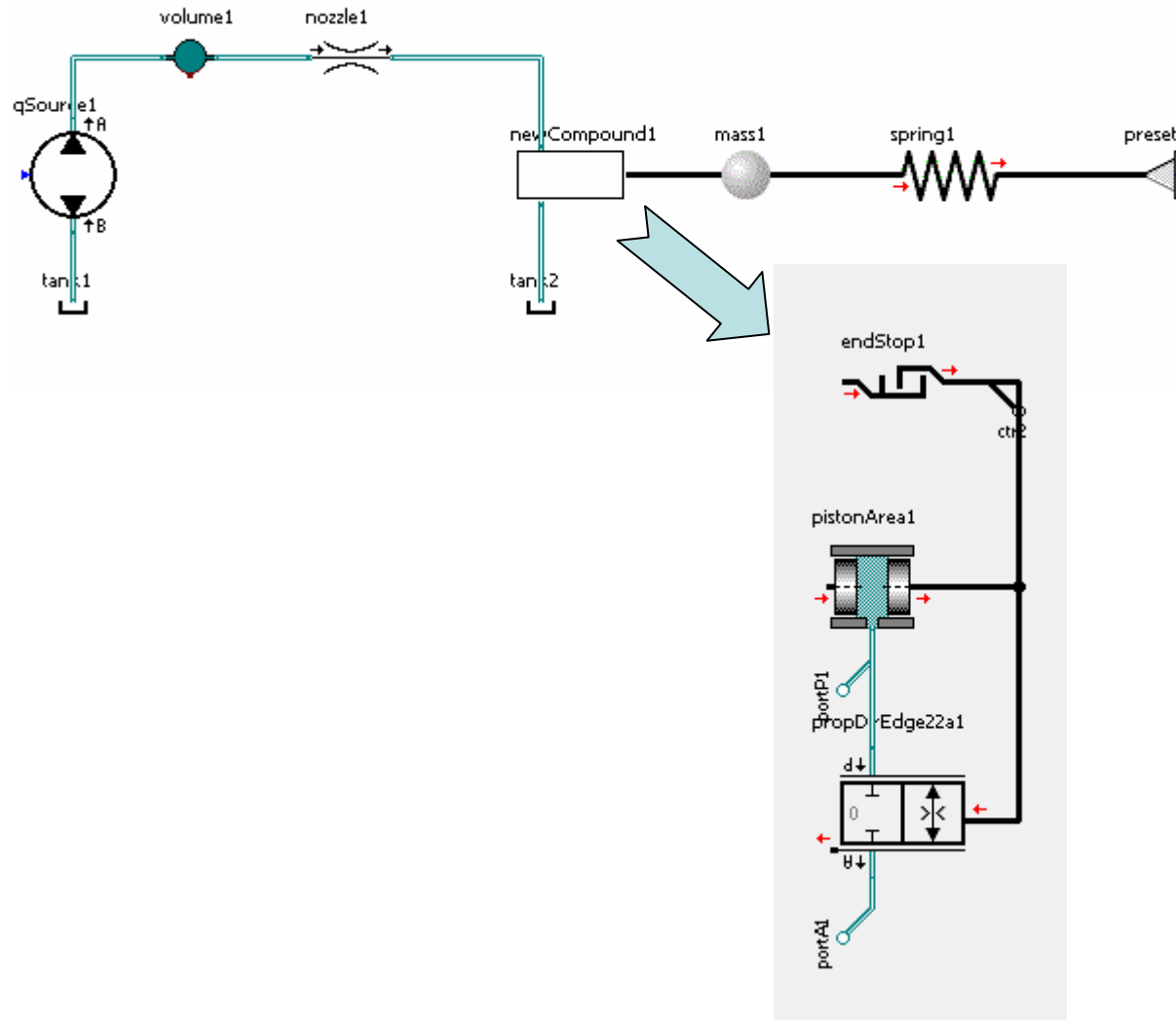
✓ ITI Bibliotheken
 ↑ ITI CAE Schnittstellen

Engineering Domain \ Modeling Level	Hydraulics & Pneumatics	Mechanics	Electronics & Magnetics	Controls
System / Circuit Level	<p>Hydraulic Simulators ✓</p>  <p>Analysis of pressure and flow in the hydraulic & pneumatic circuit</p>	<p>Mechanical Simulators ✓</p> <p>1D → Linear/Rotational Drives</p>  <p>3D → Multi-Body Simulators (Kinematics)</p> 	<p>Electronic Circuit Simulators ✓</p>  <p>Analysis of electrical voltage and current in the electronic / electrical circuit</p>	<p>Simulation of Continuous & Discrete Control Structures ✓</p> 
Component / Device Level	<p>CFD Programs</p>  <p>Analysis of the 3D flow field</p>	<p>FEM Programs</p>  <p>Analysis of the elastic behavior of structures</p>	<p>FEM Programs</p>  <p>Analysis of the electro-magnetic field</p>	<p>Hardware-in-the-loop Software-in-the-loop Real-time simulation</p> 

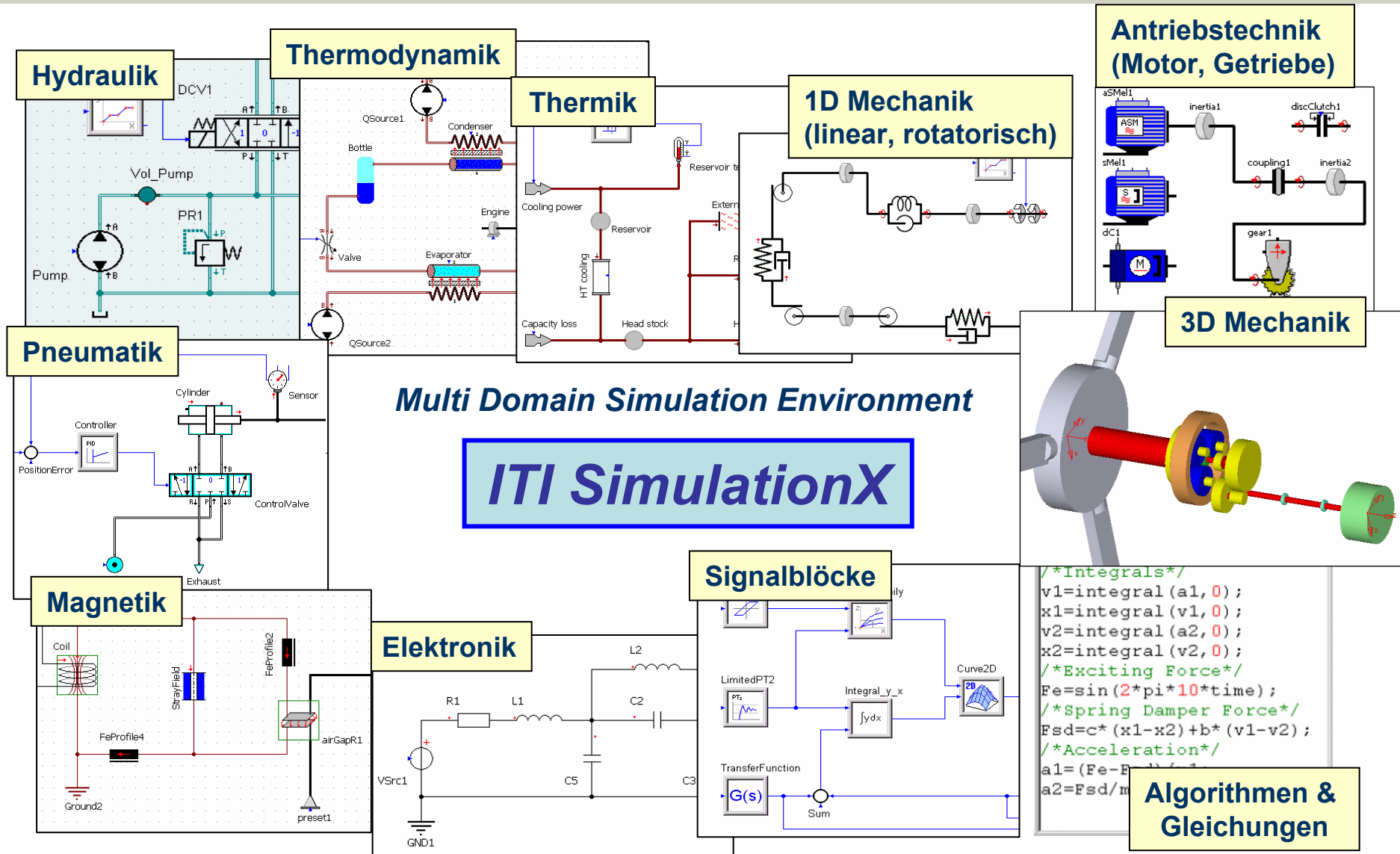
SimulationX - Model



SimulationX – Hierarchy



ITI SimulationX: Domänen



- **One model – multiple calculation methods:**
 - Transient Simulation
 - Steady-State Equilibrium
 - Linear System Analysis
 - Input Output Analysis
 - ...

- **Sample Model**
 - Centrifuge

Motivation: Unterstützung der Zuverlässigkeitsanalyse

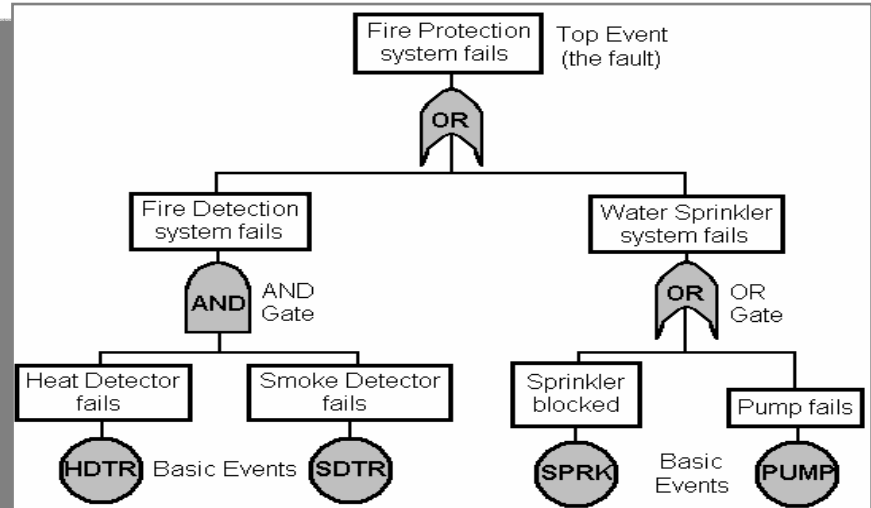


Fig 1. Example of a fault tree describing a Fire Protection System (from J.D.Andrews, www.faulttree.net)

FMEA System			Number:	1.1.4	
			Page:	1/3	
Item Code:	Responsible:	State:	Company:	Created:	06.02.2007
Item Code:	Responsible:	State:	Company:	Created:	05.03.2007
				Modified:	05.03.2007

Effects	S	C	Failure Modes	Causes	Preventive Action	F	Detection Action
System Element: Embarkation							
Function: Batch entering the boat guided by a crew member (clicker) (R/N)							
Injuries	2		19 Slip or fall of a pax	- stairs are too steep	Initial State: 05.03.2007		
					- install an handrail	3	- pay attention to the using of the handrail
			29 Delays				
Function: Crew member (clicker) at each entrance counts the people (R/N)							
			19 Slip or fall of a pax				
			29 Delays				
			28 Human error				
Function: Distribution of people into the boat with the help of signs and crew (R/N)							

- Verringerung der Komplexität: Zuverlässigkeitseigenschaften des Systems sollen aus den Eigenschaften der **Komponenten** abgeleitet werden.
- Verbesserung der **Transparenz**: Die Zuverlässigkeits-Analyse wird vereinfacht, indem
 - System-Fehlerbäume und
 - FMEA-Tabellen
- weitgehend **automatisch** aus dem Systemmodell erzeugt werden.
- Zuverlässigkeitsanalyse wird **in den Entwurfsprozess integriert** und kann in allen entscheidenden Phasen angewendet werden.
- Entwicklung einer Methode und eines Werkzeuges.

Prinzip: Modellbasierte Risikoanalyse

- Formale (Simulations-) Modelle bilden den Ausgangspunkt für den Bewertungsprozess.
- Derartige Modelle werden **ohnehin**, zum Beispiel mit SimulationX aufgestellt, da sie für die Simulation und Optimierung des physikalisch/funktionellen Verhaltens benötigt werden.
- Nun wird die Anwendung solcher Modelle weitergeführt
→ auf den Untersuchungsgegenstand Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse.
- Hierarchically Performed Hazard Origin and Propagation Studies
- Methode und Tool **HipHOPS**

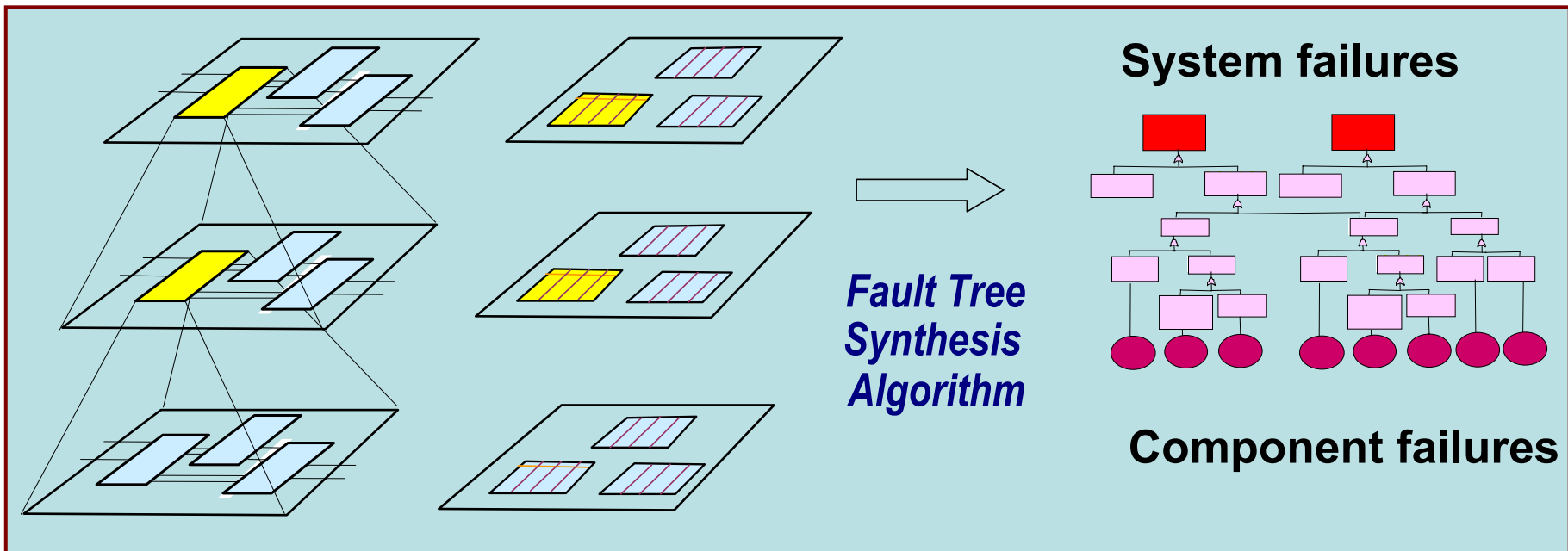
Synthese von System Fault Trees mit *HipHOPS*

System Modell + Fehler Annotationen = Globale Fehlerbetrachtung

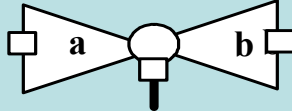
Komponenten, Stoff-Energie-, und Daten-Transaktionen

Logische Ausdrücke definieren lokales Fehlerverhalten

Automatisch generierte System- Fault Trees und FMEA Tabellen



Lokale Annotation der Fehlerdaten

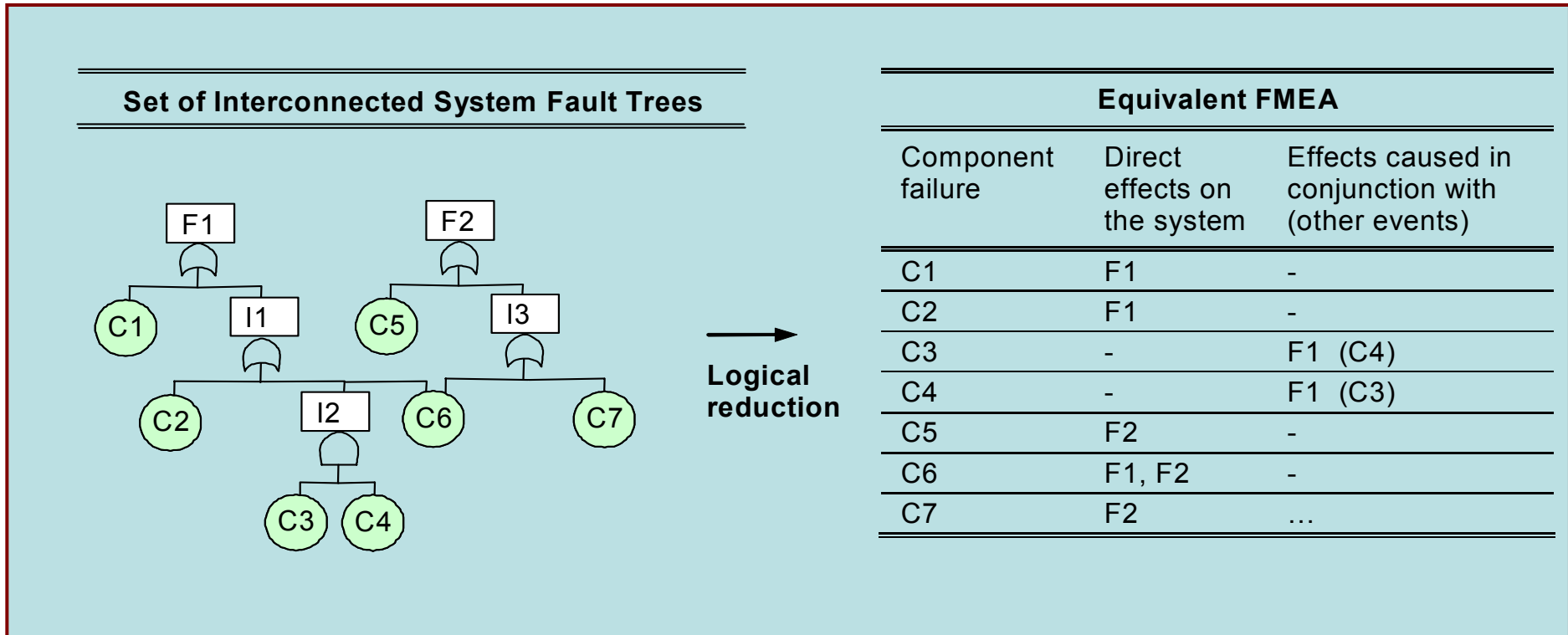


Valve Malfunctions **control**

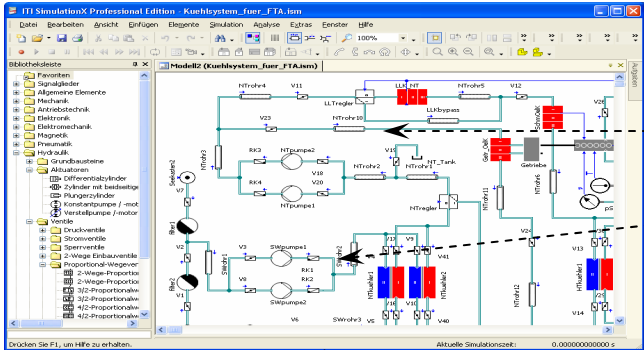
<i>Failure mode</i>	<i>Description</i>	<i>Failure rate</i>
Blocked	e.g. by debris	1e-6
partiallyBlocked	e.g. by debris	5e-5
stuckClosed	Mechanically stuck	1.5e-6
stuckOpen	Mechanically stuck	1.5e-5

Deviations of Flow at Valve Output		
<i>Output Deviation</i>	<i>Description</i>	<i>Causes</i>
Omission-b	Omission of flow	Blocked or stuckClosed or Omission-a or Low-control
Commission-b	Commission of flow	stuckOpen or Commission-a or Hi-control
Low-b	Low flow	partiallyBlocked or Low-a
Hi-b	Hi flow	Hi-a
Early-b	Early flow	Early-a or Early-control
Late-b	Late flow	Late-a or Late-control

Synthese von FMEA-Tabellen



Software-Umgebung



SafetyDesigner controller

Ausgangsabweichungen
Definieren Sie hier die Fortpflanzung der äusseren und lokalen Ereignisse durch dieses Element.

Allgemein
Bestiereignisse
Fehlerräten
Potenzielle externe Ereignisse (PCEE)
Ausgangsabweichungen

Klasse: OS
Port: y2on
Beschreibung: y1off and y2on signals & their Failures are synchronised
Logischer Ausdruck: (HV-) or (computerFailure)

Zurück Weiter Fertigstellen Abbrechen Hilfe

Model annotated with Failure Data exported in text file

Model Parser

Internal representation of annotated model

Fault tree synthesis algorithm

Logical reduction to minimal cut-sets

FMEA synthesis algorithm

Fault trees

Cut sets

Cut sets

FMEA

G99 Minimal Cut Sets - Microsoft Internet Explorer

hipHOPS | FMEA

Top Event (Effect): G99: OF-vout.b
System Unavailability: 0
Description: N/A
Number Of Cut Sets: 242

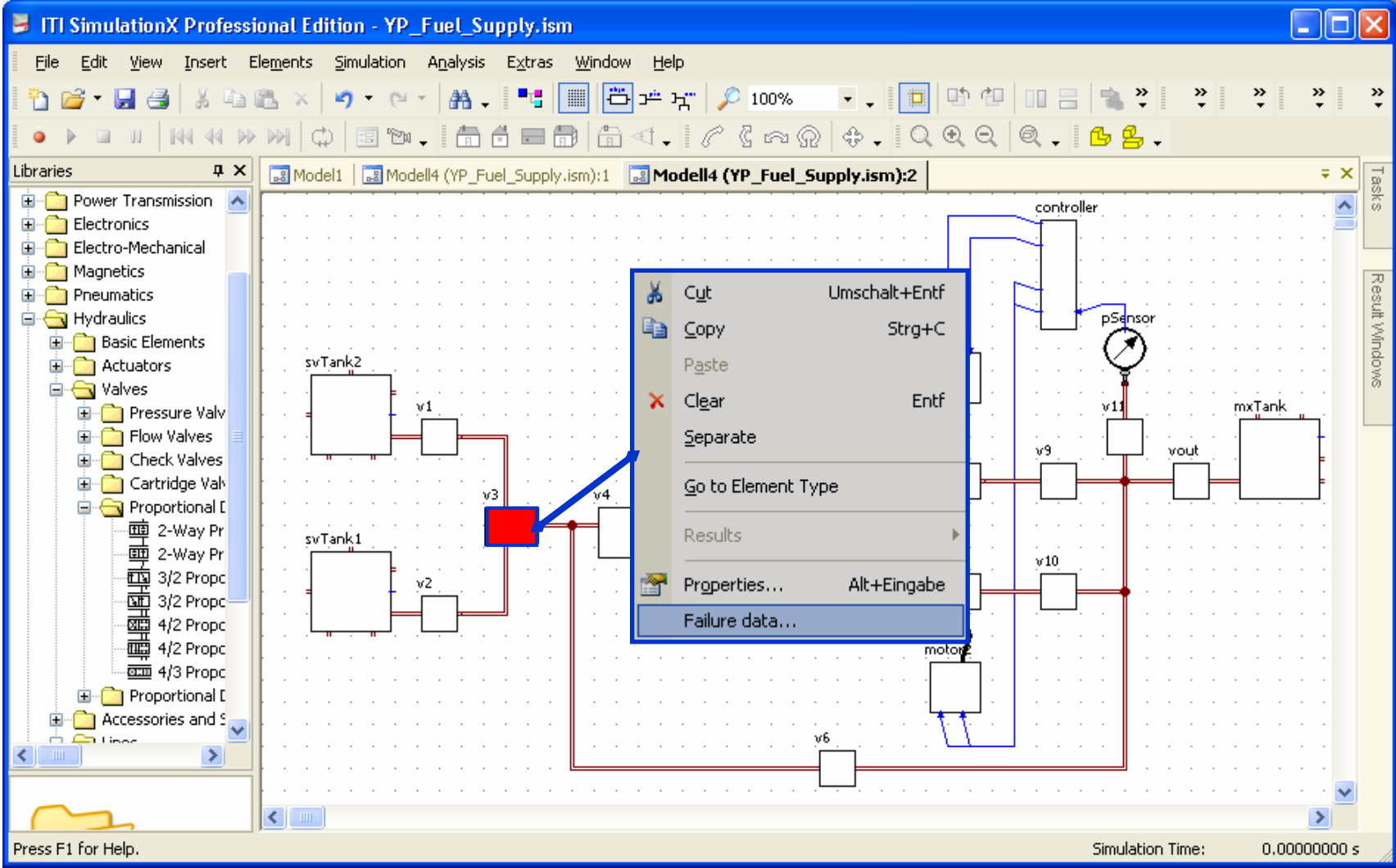
8 x Cut Sets of Order: 1	Unavailability
E54: blocked (v3)	0
E58: blocked (v4)	0
E74: blocked (vout)	0
E76: stuckClosed (vout)	0
E78: inadClosed (vout)	0
E91: blocked (v5)	0
E98: computerFailure (controller)	0

FMEA - Direct Effects - Microsoft Internet Explorer

hipHOPS | FMEA

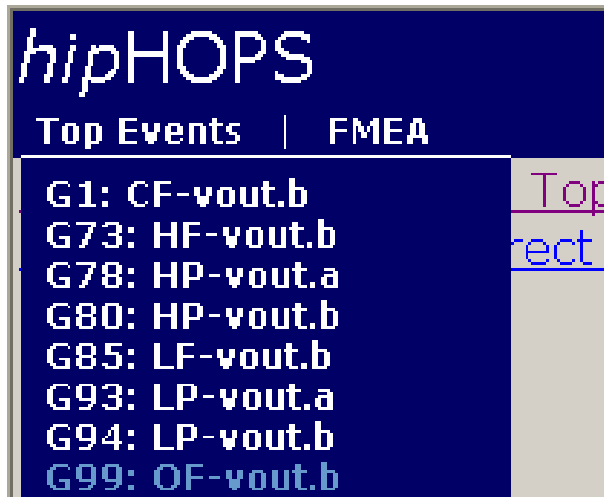
Component	Failure Mode	Description	Direct Effect
mxTank	E22: Leak	N/A	G93: LP-vout.a
v3	E54: blocked	N/A	G94: LP-vout.b G99: OF-vout.b
v4	E58: blocked	N/A	G94: LP-vout.b G99: OF-vout.b
vout	E77: stuckOpen E78: inadOpen E79: partiallyBlocked E75: blocked E76: stuckClosed E78: inadClosed	N/A N/A N/A N/A N/A N/A	G1: CF-vout.b G1: CF-vout.b G95: LP-vout.b G99: OF-vout.b G99: OF-vout.b G99: OF-vout.b

Demonstrationsmodell *Kraftstoffversorgung*



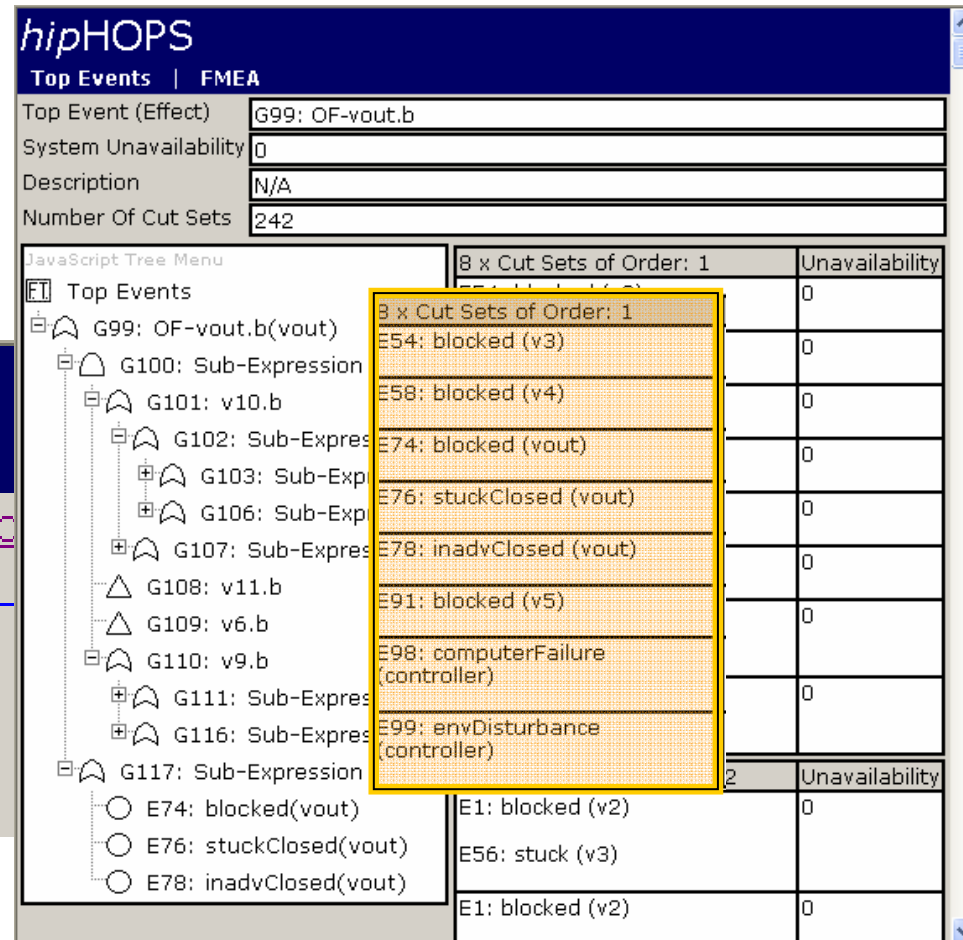
Anzeige der Analyse-Ergebnisse im Browser

- Top Event auswählen
- Fault Tree anzeigen
- FMEA anzeigen



hipHOPS
Top Events | FMEA

- G1: CF-vout.b
- G73: HF-vout.b
- G78: HP-vout.a
- G80: HP-vout.b
- G85: LF-vout.b
- G93: LP-vout.a
- G94: LP-vout.b
- G99: OF-vout.b



hipHOPS
Top Events | FMEA

Top Event (Effect) G99: OF-vout.b
System Unavailability 0
Description N/A
Number Of Cut Sets 242

JavaScript Tree Menu	8 x Cut Sets of Order: 1	Unavailability
Top Events		
G99: OF-vout.b(vout)		
G100: Sub-Expression		
G101: v10.b		
G102: Sub-Expression		
G103: Sub-Expression	E54: blocked (v3)	0
G106: Sub-Expression	E58: blocked (v4)	0
G107: Sub-Expression	E74: blocked (vout)	0
G108: v11.b	E76: stuckClosed (vout)	0
G109: v6.b	E78: inadvClosed (vout)	0
G110: v9.b	E91: blocked (v5)	0
G111: Sub-Expression	E98: computerFailure (controller)	0
G116: Sub-Expression	E99: envDisturbance (controller)	0
G117: Sub-Expression		2
E74: blocked(vout)	E1: blocked (v2)	0
E76: stuckClosed(vout)	E56: stuck (v3)	0
E78: inadvClosed(vout)	E1: blocked (v2)	0

Ergebnisse

hipHOP			
Top Events FMEA			
Component	Failure Mode	Description	Direct Effect
v2	E4: stuckOpen	N/A	G118: CF-v5.of
	E6: inadOpen		G118: CF-v5.of
	E2: partiallyBlocked	N/A	G149: LF-v5.of
Component	Failure Mode	Description	Direct Effect
filter1	E8: partiallyClogged	N/A	G149: LF-v5.of
Component	Failure Mode	Description	Direct Effect
filter2	E10: partiallyClogged	N/A	G149: LF-v5.of

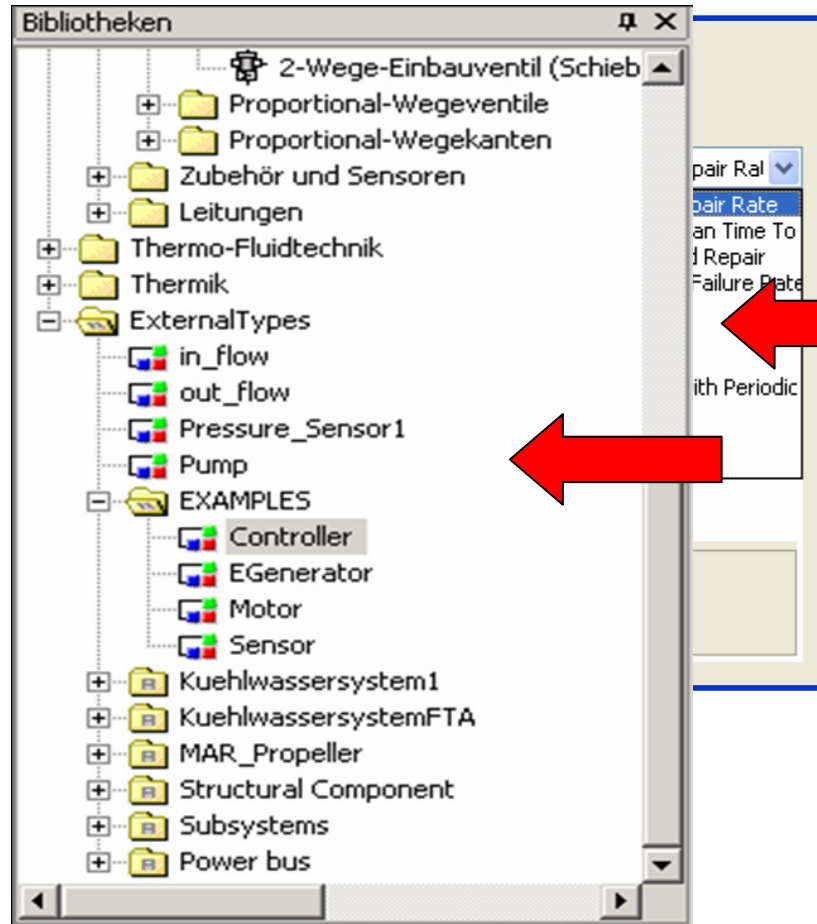
Komponenten, die *single point of failure* darstellen.

Breit wirkende Ursachen, sogenannte *Common Causes*.

Auch *Kombinationen* von Einzel-Fehlern können FMEA-Einträge liefern.

hipHOP					
Top Events FMEA					
Component	Components	Failure Mode	Description	Further Effect	Contributing Failure Modes
v3	v2	E1: blocked	N/A	G1: CF-wout h	E56: stuck leak E21: posBiased E56: stuck E22: leak E26: stuckOpen E56: stuck

Quantitative Risikoanalyse



- Die Eingabe von Werten für die quantitative Analysis ist möglich, aber nicht notwendig.
- Optionale Parameter und Fehlermodelle
- Anzeige der Unverfügbarkeitswerte
- Durch Verwendung von Bibliotheken mit Templates wird die Effizienz noch erhöht.

5 x Cut Sets of Order: 1	Unavailability
E0: electMagnInter (controller1)	0
E1: ShortCircuit (eGenerator1)	0.090634
E2: motorFailed (motor1)	0.5
E3: sensorBiased (sensor1)	0.432332
E4: controllerFailed (controller1)	0.432332

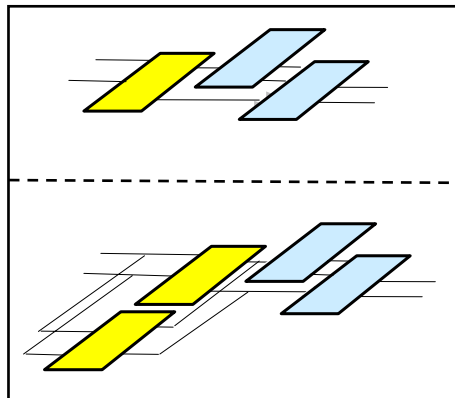
Optimierung von Zuverlässigkeit

- Was passiert, wenn die Zuverlässigkeitsanforderungen verfehlt werden?
 - verwende **zuverlässigere Komponenten**,
 - vergrößere die Wartungsfrequenz,
 - **repliziere** Komponenten – aber welche?
- Welche Variante verursacht dabei die **geringsten Kosten**?
- Überarbeitung der Konstruktion unter hohem Zeitdruck.
- Ohne spezielle Unterstützung muss man
 - sich auf seine Erfahrung verlassen und
 - sich auf einige **wenige Optionen** beschränken; diese sind dann kaum optimal.
- Hier liegt ein klassisches **Optimierungsproblem** mit gegenläufigen Zielfunktionen vor.

- Anwendung rechnergestützter **Optimierungsverfahren**.
- Genetische Algorithmen in Verbindung mit Fehlerbaumsynthese.
- Verbesserung eines Entwurfs, der ursprünglich nicht die verlangte Zuverlässigkeit hat:
 - **Ersetzung** ausgewählter Komponenten (durch zuverlässigere)
 - Einbau von **Replikaten** (Redundanzen)
- In den Fehlerbeschreibungen werden alternative **“Implementationen”** zur Auswahl gestellt.
- Vorgegebene Zuverlässigkeit erreichen bei **Minimierung** der Kosten!
- **Rückführung** des Z-optimalen Modells in die Systemmodellierung?
- Im Modell werden **“Replaceable Types”** und/oder **Datenbank-Tabellen** eingerichtet.

Optimierung im Toolverbund

SimulationX



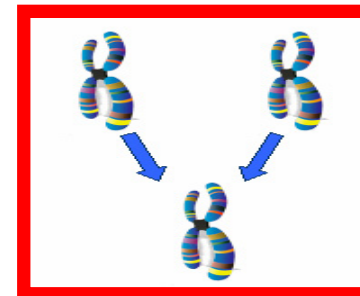
Initial functional model



Optimised model



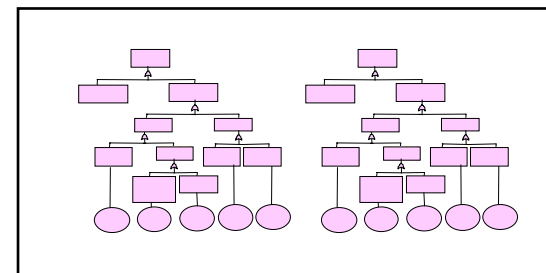
Optimisation tool



Fitness of
candidate
designs



Populations of
candidate designs
with replication
schemes



Fault tree synthesis tool


- Kürzere Produktlebenszyklen, Wettbewerbsdruck und wachsende Komplexität verlangen neues kostengünstiges Sicherheits-Engineering.
- Simulationsmodelle (SimulationX) dienen als Ausgangsbasis.
- Lokale Fehlerdaten werden an Komponenten annotiert.
- Fehlerpropagierung erfolgt ausschließlich über Schnittstellen (input/output).
- Parametrierte Komponenten können in Datenbank abgelegt und später wieder effizient verwendet werden.
- Mit HiP-HOPS wird die klassische Risiko-Analyse weitgehend automatisiert.

- Die Fehleranalyse bleibt konsistent zum Design. Damit werden kritische Funktionen identifiziert und deren Entwicklung wird gezielt beeinflusst.
- Die Verbindung mit Optimierungsmethoden bietet die analytische Grundlage für eine erfolgreiche Vermittlung zwischen Kosten und Langzeit-Zuverlässigkeit.
- Zur Zeit wird daran gearbeitet, die Optimierungsergebnisse konsistent in das physikalische Modell zurückzuführen.
- SimulationX stellt mit
 - Database Link und
 - Replaceable Types
- tragfähige Konzepte bereit.

Danke!

Rainer Hamann, Germanischer Lloyd AG, Hamburg;
Yiannis Papadopoulos, Martin Walker, University of Hull;
Bernd Lühmann, SAM Electronics GmbH, Hamburg;
Gerd Kurzbach, ITI GmbH, Dresden

S A F E D O R



Integrated Project 516278
in the sixth framework programme
of the European Commission