

---

# TECHNISCHE RISIKOANALYSE IN DER PRODUKTENTWICKLUNG MIT DER FMEA

Vom Kundenwunsch zum fehlerfreien Produkt  
Management Circle Kompakt-Seminar

---



## **Dr.-Ing. Alexander Schloske**

Abteilungsleiter Produkt- und Qualitätsmanagement

---

Telefon: +49(0)711/9 70-1890

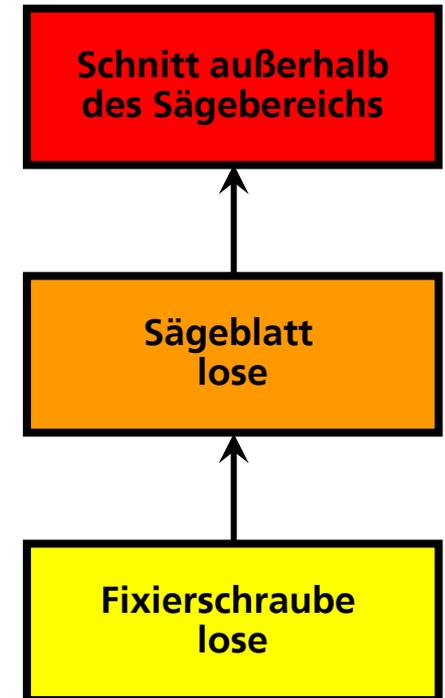
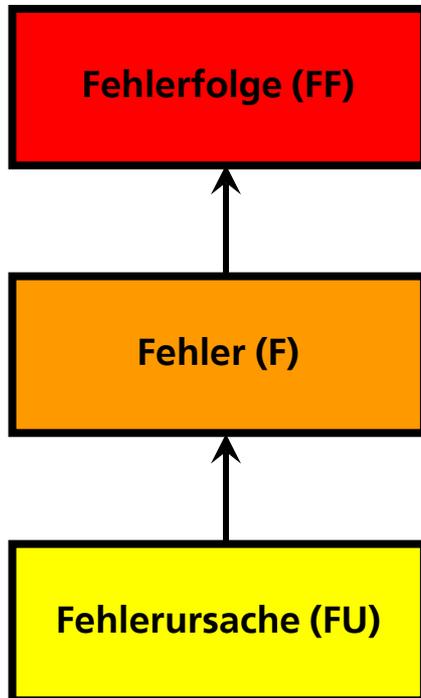
Fax: +49(0)711/9 70-1002

E-Mail: [alexander.schloske@ipa.fraunhofer.de](mailto:alexander.schloske@ipa.fraunhofer.de)

Internet: [www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

# Einführung

## FMEA analysiert und bewertet Fehlerfolge- Fehler-Fehlerursache-Kombinationen



„Ah, hier - ich habe vergessen die Schraube anzuziehen!“

Quelle: Sonntag aktuell (2002)

# Einführung

## Ziele der FMEA-Arten

Primäres Ziel der FMEA ist es, sicherzustellen, dass

- Keine fehlerhaften Systeme (Sicherheit) konzipiert werden
  - System-FMEA
- Keine fehlerhaften Produkte (Zuverlässigkeit) entwickelt werden
  - Produkt-FMEA
- Keine fehlerhaften Produkte produziert werden
  - Prozess-FMEA

---

# VORTRAGSINHALTE

---

- Entwicklung der FMEA
- Stand der Technik
- Erfolgskriterien
- Tipps und Tricks zur effizienten und effektiven Risikoanalyse
- Aufwand, Nutzen und Zitate
- Praxisbeispiele
- Entwicklungstendenzen

---

# VORTRAGSGLIEDERUNG

---

## ENTWICKLUNG DER FMEA

# Entwicklung der FMEA

## Geschichte der FMEA



- **1949** MIL-P-1629 – Procedures for FMECA
- **1963** NASA, Apollo-Projekte
- **1965** Luft- und Raumfahrt
- **1975** Kerntechnik
- **1977** Vorstellung Automobilindustrie, SAE Kongress
- **1980** Normung in Deutschland (DIN 25448)
- **1986** Einsatz in der Automobilindustrie (i.a. Zulieferer)
- **1990** Einsatz in den verschiedensten Bereichen
- **1996** Weiterentwicklung zur System-FMEA, VDA 4.2
- **1998** Verstärkter Einsatz in der Automobilindustrie
- **2006** Überarbeitung VDA 4 Kap. 3 (2006)
- **2006** Aktualisierung Normung (DIN EN 60812)

---

# VORTRAGSGLIEDERUNG

---

## STAND DER TECHNIK

# Stand der Technik

## Anwendung der FMEA in den Unternehmen

Anteil der Unternehmen, die die Methode **manchmal** für folgende Aktivitäten einsetzen

	Benchmarking	Conjoint Analyse	<b>FMEA</b>	Funktionsanalyse	Focus Groups	Grundregeln d. Gestaltung	Kernkompetenz-Analyse	Kreativitäts-Techniken	Zufriedenheits-Analyse	Lead User Analyse	Marktpotential-Analyse	Morph. Methoden	Nutzwert-Analyse	Panelforschung	Portfolio-Analyse	Positionierungs-Analyse	Product Reverse Engineering	QFD	Qual. Kundenbefragungen	Quant. Kundenbefragungen	Shadowing	Testmärkte	Target Costing	Trendforschung	Widerspruchsr. Lösungsf.
Suchfeldanalyse	24	4	11	11	20	6	19	43	17	13	19	7	9	7	24	15	7	9	17	9	2	6	7	24	4
Ideengenerierung/-bewertung	37	4	13	15	37	6	17	54	22	17	22	15	15	7	30	17	13	15	30	22	2	6	15	19	7
Marktanalyse	50	7	6	6	26	4	15	17	50	17	52	6	9	13	52	31	9	6	52	37	2	7	17	30	2
Ermittl. v. Kundenanforderungen	33	17	9	15	48	7	9	22	54	17	28	13	13	7	19	13	11	15	54	35	2	6	15	22	4
Wirtschaftlichkeitsanalyse	35	2	7	7	17	4	7	13	9	4	20	4	26	4	19	17	15	9	7	7	2	4	37	11	2
<b>Konzeptentwicklung</b>	48	11	43	28	43	17	17	54	28	11	17	28	24	6	22	19	19	30	17	11	2	7	39	13	7
<b>Prototypenentwicklung</b>	30	2	35	24	24	11	7	26	11	4	7	6	13	4	7	4	13	13	11	9	2	6	24	6	6
<b>Produktentwicklung</b>	30	4	57	35	26	31	11	33	22	7	15	17	11	6	13	7	22	33	17	9	2	6	39	9	4
<b>Fertigungsplanung</b>	22	4	35	11	19	6	13	15	9	4	9	7	11	6	6	2	13	11	7	7	2	6	24	6	4
<b>Produkttest</b>	24	4	20	22	20	9	7	9	15	4	7	4	6	4	6	2	6	9	19	15	4	13	7	4	4
Markteinführung	24	2	9	6	26	4	7	22	24	9	26	4	7	9	20	24	7	6	19	11	4	7	7	6	4

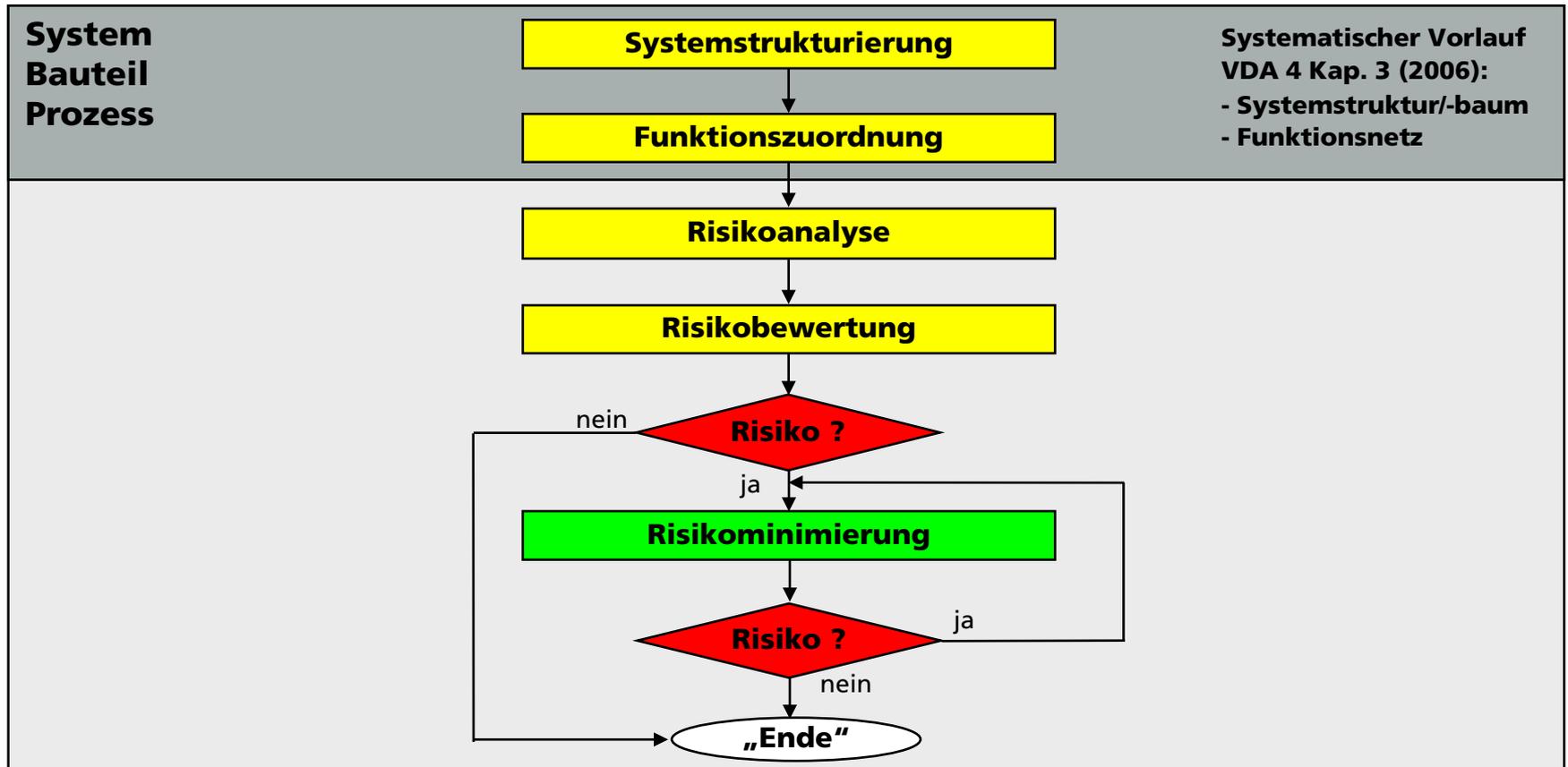
<b>Zeichenerklärung:</b>		20% bis unter 50%	
		bis unter 20%	
		mehr als 50%	

Quelle: Spath et al (2001)



# Stand der Technik

## Systematische Vorgehensweise



# Stand der Technik

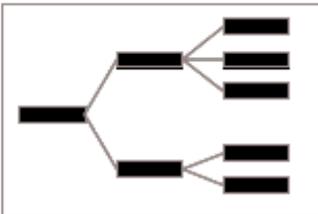
## Vorgehensweise nach VDA 4 Kapitel 3 (2006)

### Systemanalyse

### Risikoanalyse und Maßnahmen

#### 1. Schritt

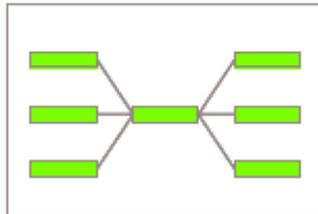
##### Strukturanalyse



- Beteiligte Elemente erfassen u. strukturieren
- Systemstruktur erstellen

#### 2. Schritt

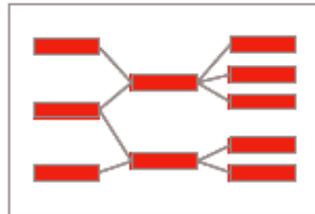
##### Funktionsanalyse



- Funktionen den Strukturelementen zuordnen
- Funktionen verknüpfen

#### 3. Schritt

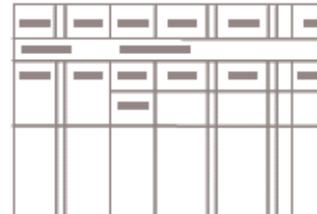
##### Fehleranalyse



- Fehlfunktionen den Funktionen zuordnen
- Fehlfunktionen verknüpfen

#### 4. Schritt

##### Maßnahmenanalyse und Risikobewertung



- Aktuelle Vermeidungs-/ Entdeckungsmaßnahmen dokumentieren
- Aktuellen Stand bewerten

#### 5. Schritt

##### Optimierung



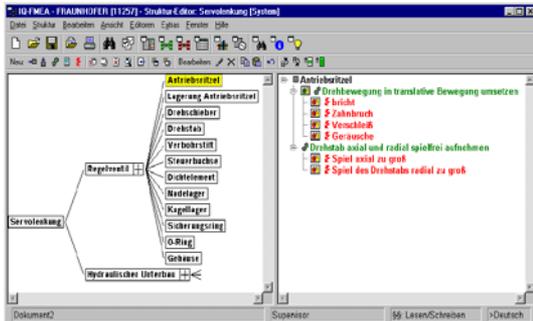
- Risiko mit weiteren Maßnahmen mindern
- Geänderten Stand bewerten

Quelle: VDA 4 Kapitel 3 (2006)

# Stand der Technik

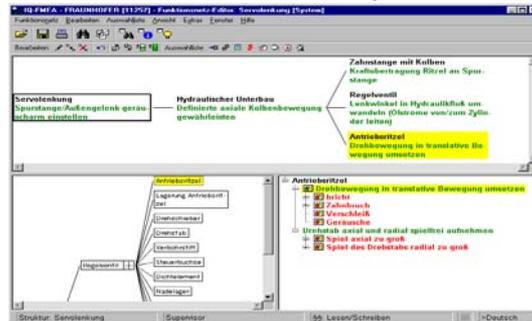
## Vorgehensweise nach VDA 4 Kapitel 3 (2006) mit IQ-FMEA der APIS Informationstechnologien GmbH

### Strukturanalyse Funktionszuordnung Fehlerzuordnung

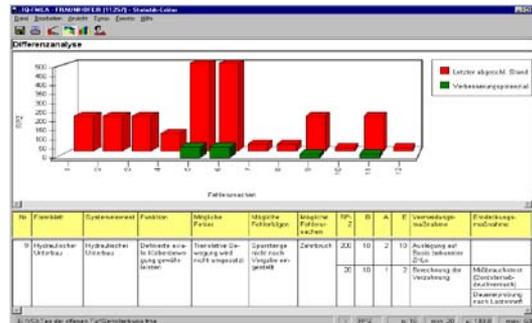


### Maßnahmenanalyse und Risikobewertung

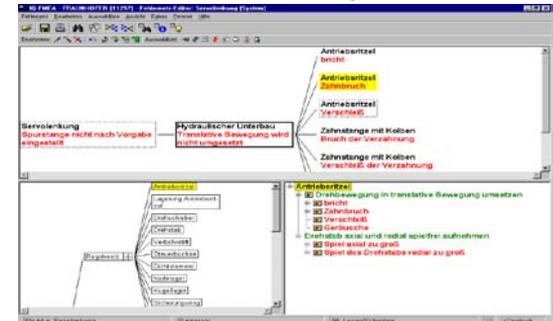
### Funktionsanalyse



### Optimierung



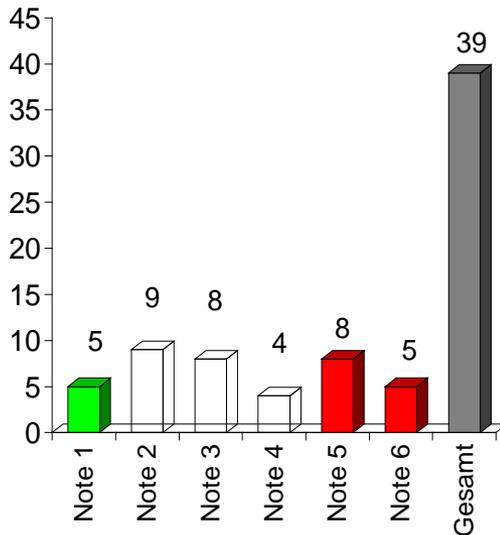
### Fehleranalyse



### Maßnahmencontrolling

# Stand der Technik

## Teilweise schlechte Noten für FMEAs von Systemlieferanten (n=39) eines namhaften OEMs



Note 1: erfüllen die Erwartungen

Note 2: sind noch akzeptabel

Note 3-6: ab hier kein Nutzwert

### Kriterien (Auszug):

- Verständnis des FMEA-Prozesses
- VDA-Konformität
- Struktur, Funktionen, Fehlfunktionen
- Formblatt (VDA 96, QS 9000, eigene, ...)
- Trennung zw. Vermeidung u. Entdeckung
- Teamzusammensetzung
- Verantwortlichkeiten, Termine
- Bezug zu Entwicklungsprozess und Produkt
- Präzision der Bezeichnung und Bewertung
- Wirksamkeitsüberprüfung

Quelle: in Anlehnung an EDAG (2010)

---

# VORTRAGSGLIEDERUNG

---

## KRITERIEN FÜR EINE ERFOLGREICHE FMEA

# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

## Sinnvolle Auswahl der Untersuchungsobjekte (z.B. mittels Risikofilter)

Microsoft Excel - Risikofilter

U6 = Bemerkungen

1 Kunde/Projekt:		VIII. APIS-Anwendertreffen														
2 Station:		Demo														
3 Team:		FhG-IPA														
4 Bereich:		Produktmanagement							Datum:			24.09.2002		Blatt:	1	
5		Personengefährdung bei Konstruktion nach dem Stand der Technik?			Fehler durch Mensch möglich?	Kein bewährtes/bekanntes System?	Problembaugruppe?			Analyse					Bemerkungen	
6 Funktion		gering	mittel	hoch			Wartung	Zuverlässigkeit	Ergonomie	Schnittstellenproblematik absehbar?	Gesamt	Einzelkriterien	Gefahrenanalyse unabdingbar	FMEA unabdingbar	Konstruktion Stand der Technik	
7	Funktion 1		x		x	x	x			x	5	5	S	F	ja	
8	Funktion 2	x			x	x		x		x	5	5		F	ja	
9	Funktion 3										0	0			ja	
10	Funktion 4										0	0			ja	
11	Funktion 5	x			x	x		x		x	5	5		F !!!	nein	
12	Funktion 6				x						1	1			ja	
13	Funktion 7		x			x		x			3	3	S !!!		nein	
14	Funktion 8			x	x	x		x	x	x	6	5	S !!!	F !!!	nein	
15	Funktion 9							x			1	1			ja	
16	Funktion 10					x					1	1			ja	

# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

## Klare Abgrenzung der FMEA-Arten

### Produkt-FMEA

#### „System-FMEA“

- Ziel: Aufdeckung von Entwicklungsrisiken (Fehler im Systemkonzept)
- Analyse und Bewertung des Systems hinsichtlich
  - Systemfunktionen
  - Schnittstellen(funktionen)
  - Systemfehlfunktionen
  - Systemeinflüsse
  - Umwelteinflüsse
- Keine Betrachtung von Fehlern in der Bauteilauslegung und / oder in der Fertigung bzw. Montage

### Produkt-FMEA

#### „Konstruktions-FMEA“

- Ziel: Aufdeckung von Entwicklungsrisiken (Fehler in der Systemauslegung)
- Analyse und Bewertung des Bauteils hinsichtlich
  - Bauteilfunktionen
  - Bauteilversagen
  - Bauteileigenschaften, wie Material und Geometrie
- Keine Betrachtung von Fehlern in der Fertigung bzw. Montage

### Prozess-FMEA

#### „Prozess-FMEA“

- Ziel: Aufdeckung von Produktionsrisiken (Fehler in der Prozessauslegung)
- Analyse und Bewertung des Prozesses hinsichtlich
  - Prozessfunktionen
  - Prozessfehlern
  - Prozesseinflüssen (5 M's)

# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

## Kreative Arbeit in moderierten interdisziplinären Teams

- Moderation durch
  - interner Methodenexperte
  - externer Methodenexperte
- Stammteam (abhängig von FMEA-Art)
  - Entwicklung / Konstruktion
  - Versuch
  - Fertigungsplanung / Fertigung
  - Kundendienst / Service
  - Qualitätssicherung
  - weitere Experten (ggf. nur zeitweise)
- Wissensvermittlung aus früheren Projekten (z.B. Projektleitung, Service)
- Visualisierung und Dokumentation mit PC, FMEA-Software und Beamer

**Teamgröße sollte 8 Personen nicht übersteigen!**



### Moderator:

- stellt Methodenkenntnis
- fragt zielorientiert
- strukturiert Wissen
- dokumentiert Ergebnisse

### FMEA-Team:

- liefert Fachkenntnisse
- besitzt Kenntnisse über das Untersuchungsobjekt
- ggf. Einbindung von Werkern bei Prozess-FMEAs

# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

## Präzise Bezeichnung der Funktionen und Fehlfunktionen

### **Funktion:**

**Durchmesser 20 H7  
herstellen**

### **Fehlfunktionen:**

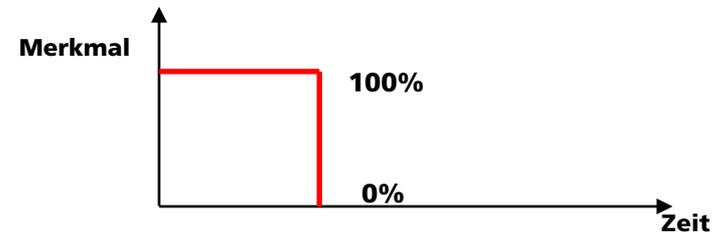
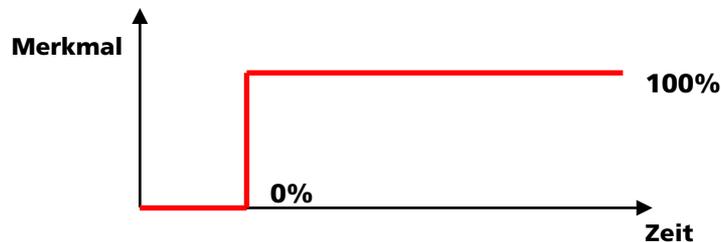
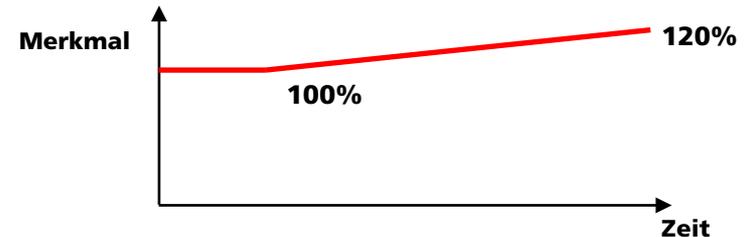
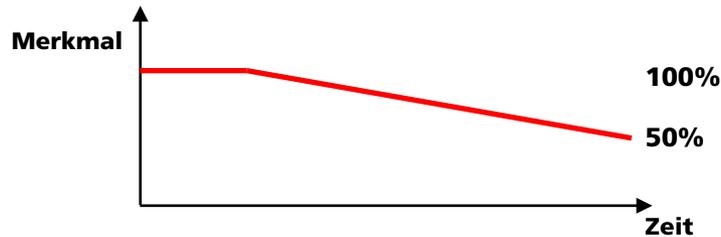
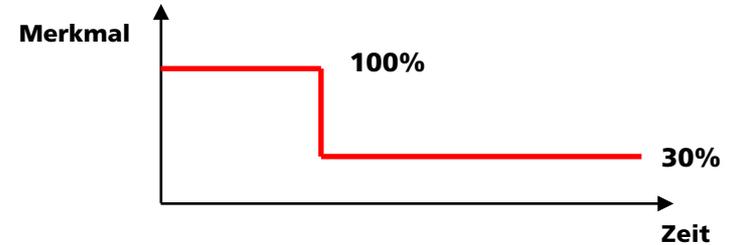
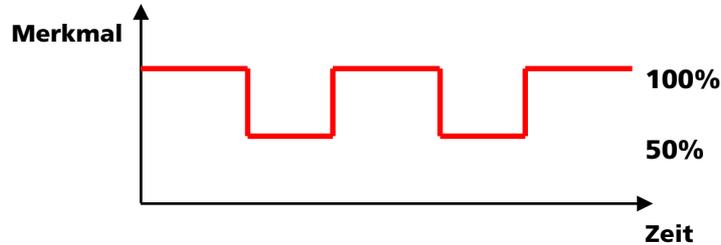
**Durchmesser zu groß  
Durchmesser zu klein  
Durchmesser oval  
Rattermarken**

~~**Durchmesser n.i.O.**~~

- Funktionen sollten immer mit einem Substantiv und einem Verb beschrieben werden
- Fehlfunktionen ergeben sich als Nichterfüllung oder teilweise Erfüllung einer Funktion
- Je genauer eine Funktion spezifiziert ist, um so leichter lassen sich, die zugehörigen Fehlfunktionen, Fehlerfolgen und Fehlerursachen ermitteln
- Globale Fehlfunktionen, wie z.B. Durchmesser n.i.O., oder Durchmesser fehlerhaft führen zu wenig aussagekräftigen Ergebnissen (-> schwammige nichtssagende FMEA)

# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

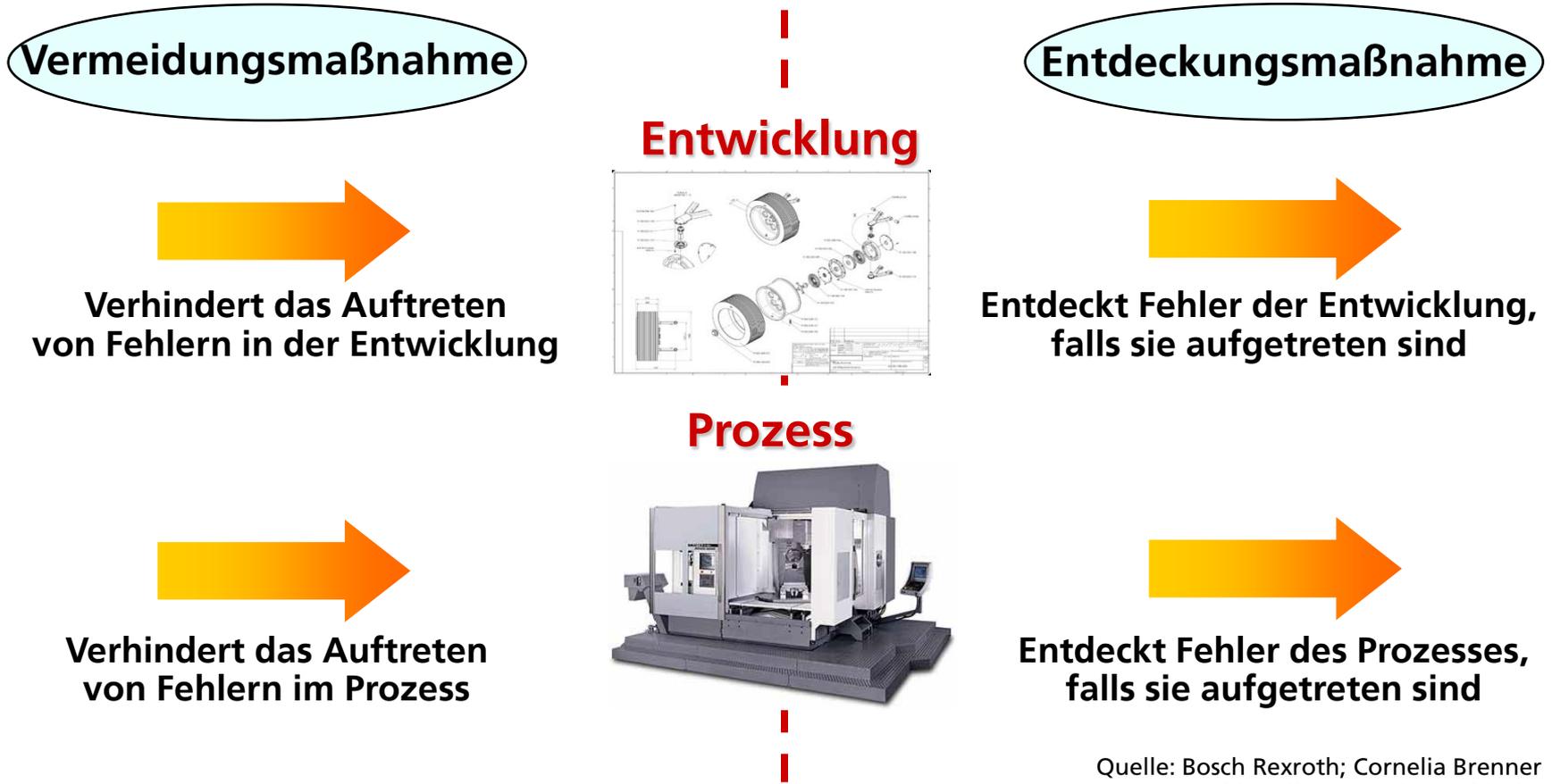
## Präzise Bezeichnung der Fehlermodi



Quelle: in Anlehnung an von Regius (2008)

# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

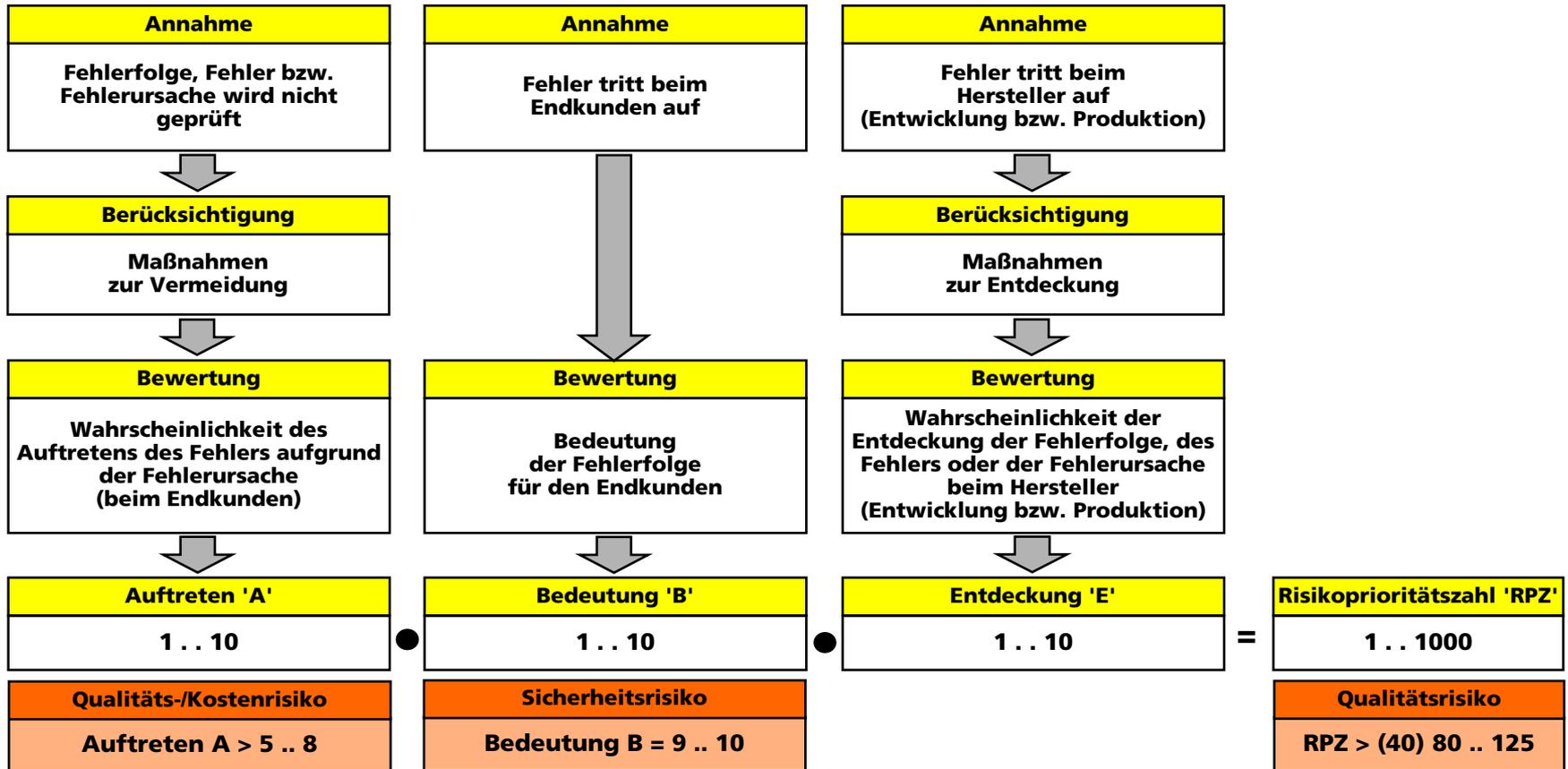
## Trennung zwischen Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen



Quelle: Bosch Rexroth; Cornelia Brenner  
Bildquelle: [www.dsz-gmbh.de/](http://www.dsz-gmbh.de/)

# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

## Präzise (und ehrliche) Risikobewertung



# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

## Einbindung des Endkunden bei der Bewertung



- Bewertung der „Top“-Fehlerfolge immer mit Bezug auf den Endkunden (Annahme, dass die Fehlerfolge beim Endkunden auftritt)
- Risikobewertung mit A und E zeigt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens beim Endkunden

### **Anti-Submarining-Keil im PU-Schaum**

Beispiel (Prozess-FMEA):

Fehlen des Keils führt dazu, dass der Benutzer beim Crash unter dem Gurt „durchtaucht“ -> B = 9..10.

Eine Bewertung des fehlenden Keils als Ausschuss führt zur „Verharmlosung“ des Risikos -> B = 4..5.

# Bewertung der Entdeckungswahrscheinlichkeit

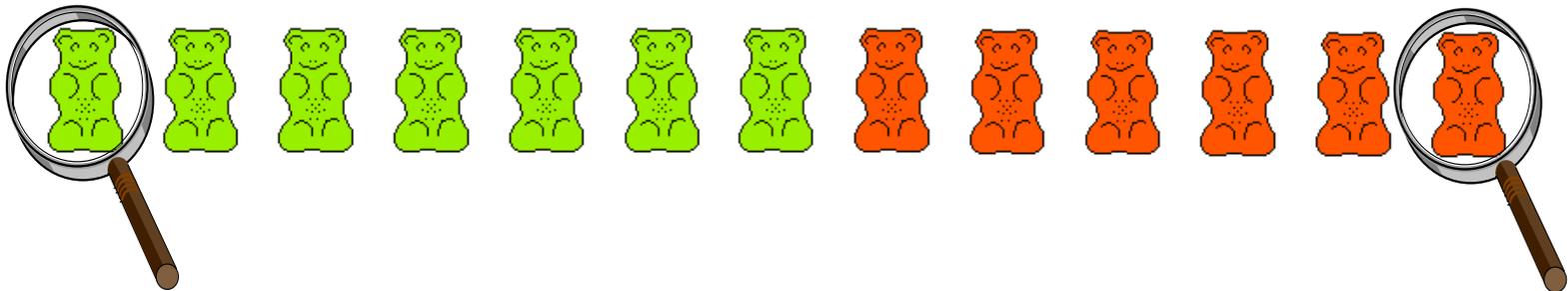
**Die Entdeckungswahrscheinlichkeit beschreibt die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der Fehlerursache, der Fehlerart oder der Fehlerfolge innerhalb des Verantwortungsbereiches des produzierenden Unternehmens noch bevor dadurch Schäden verursacht werden können. Dabei reicht es nicht aus, den Fehler nur zu entdecken - vielmehr müssen auch die entsprechenden Reaktionsmaßnahmen erfolgen (können).**

- Fehlerursache
  - systematisch
  - zufällig
- Prüffart
  - Stichprobenprüfung
  - 100%-Prüfung
- Prüfprozess bezogen auf Fehlerursache
  - Sicher / unsicher
- Reaktionsmöglichkeiten
  - Aussonderung
  - Rücksortierung

# Beispiele

## Systematischer Fehler (z.B. fehlende Bohrung aufgrund von Bohrerbruch)

- Prüffart:
  - Erst- und Letztstückprüfung
  - Keine Rücksortierung
  - Hohe Prüfgüte
- Entdeckungswahrscheinlichkeit  $E = 10$



Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

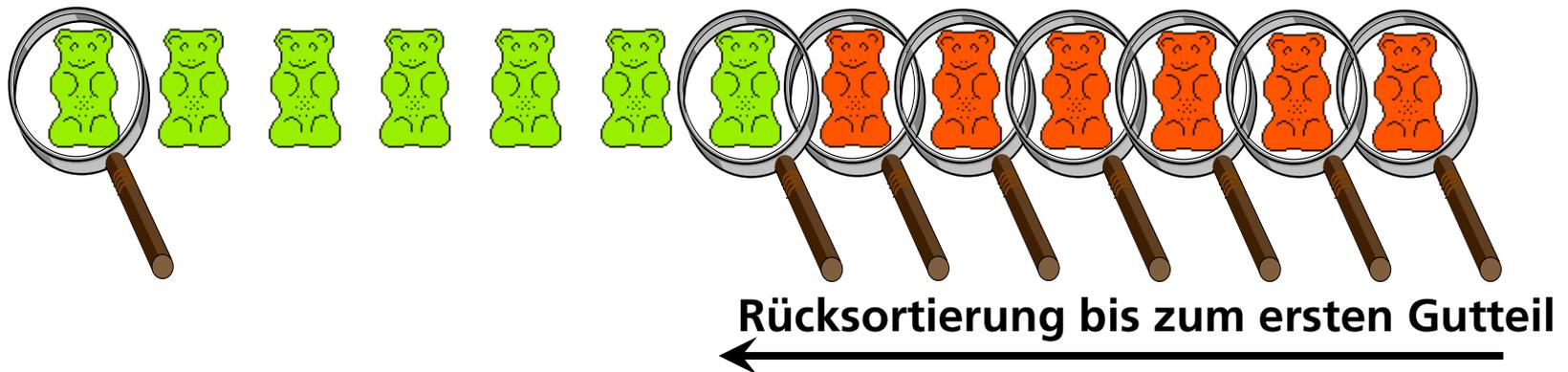
# Beispiele

## Systematischer Fehler (z.B. fehlende Bohrung aufgrund von Bohrerbruch)

### ■ Prüffart:

- Erst- und Letztstückprüfung
- Rücksortierung und Aussonderung bis zum letzten Gutteil
- Hohe Prüfgüte

### ■ Entdeckungswahrscheinlichkeit $E = 1$

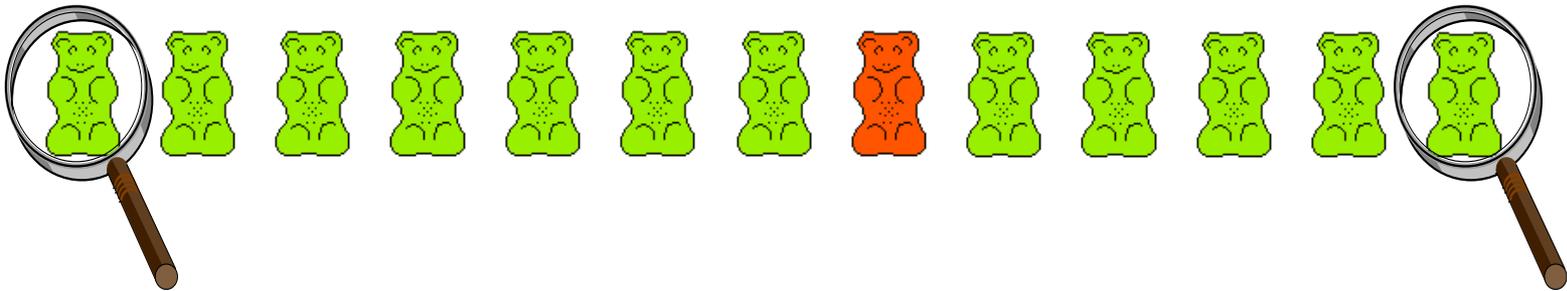


Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

# Beispiele

## Zufälliger Fehler (z.B. manueller Arbeitsgang nicht ausgeführt - O-Ring nicht gefügt)

- Prüffart:
  - Erst- und Letztstückprüfung
  - Keine Rücksortierung
  - Hohe Prüfgüte
- Entdeckungswahrscheinlichkeit  $E = 10$



Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

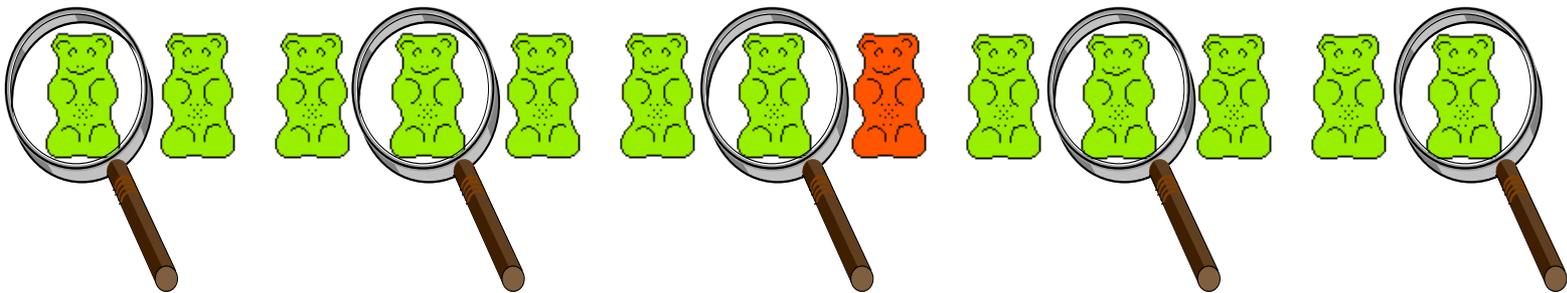
# Beispiele

## Zufälliger Fehler (z.B. manueller Arbeitsgang nicht ausgeführt - O-Ring nicht gefügt)

### ■ Prüffart:

- Stichprobenprüfung
- Keine Rücksortierung
- Hohe Prüfgüte

### ■ Entdeckungswahrscheinlichkeit $E = 8 \dots 10$ (abhängig von Prüfintervall)

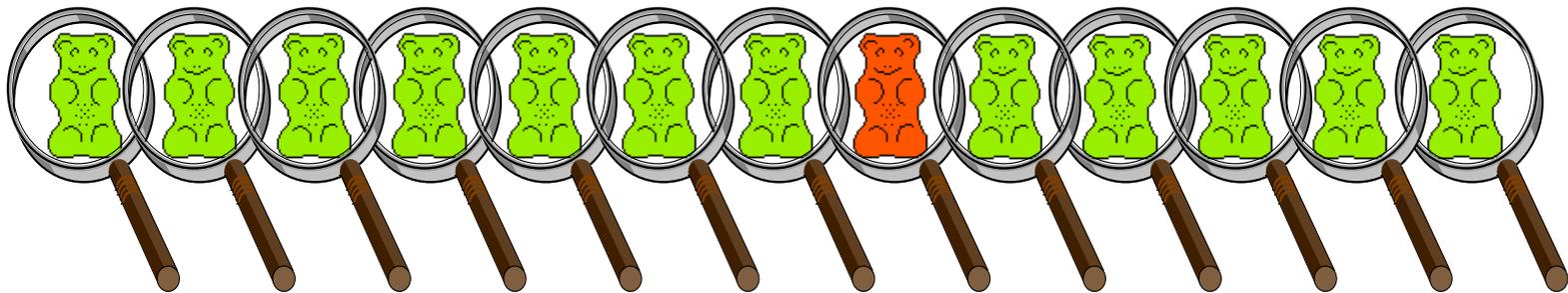


Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

# Beispiele

## Zufälliger Fehler (z.B. manueller Arbeitsgang nicht ausgeführt - O-Ring nicht gefügt)

- Prüffart:
  - 100%-Prüfung
  - Aussonderung
  - Hohe Prüfgüte
- Entdeckungswahrscheinlichkeit  $E = 1$

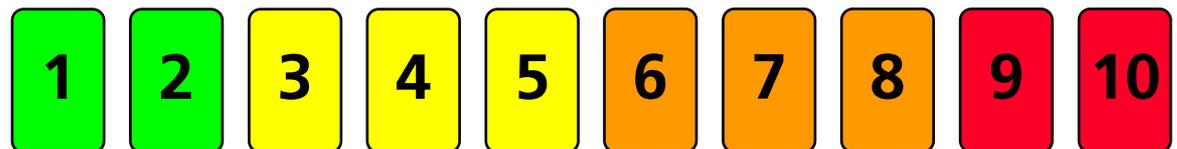


Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

# Objektivierung von Risikobewertungen

**Tipp / Trick:**  
Durch Bewertungstafelchen lässt sich eine Objektivierung der Risikobewertung erreichen.

- Einbeziehung aller Teammitglieder in den Bewertungsprozess
- Abschwächung dominanter Teammitglieder
- Aufzeigen unterschiedlicher Bewertungen
- Diskussion der extremen Bewertungen und Bewertungsgrundlagen mit anschließender erneuter Bewertung



# Bewertung von Sichtprüfungen

## Fehlfunktion „fehlerhaft lackierter Kotflügel montiert“



Bildquelle: <http://www.mercedes-benz.de/>

# Sichtprüfung

## „fehlerhaft lackierter Kotflügel montiert“ im Kontext

- Zufälliger Fehler (wenige Fahrzeug)
- Leicht erkennbares Fehlermerkmal
- 100%-Sichtprüfung

- Zufälliger Fehler (wenige Fahrzeug)
- Schwer erkennbares Fehlermerkmal
- 100%-Sichtprüfung



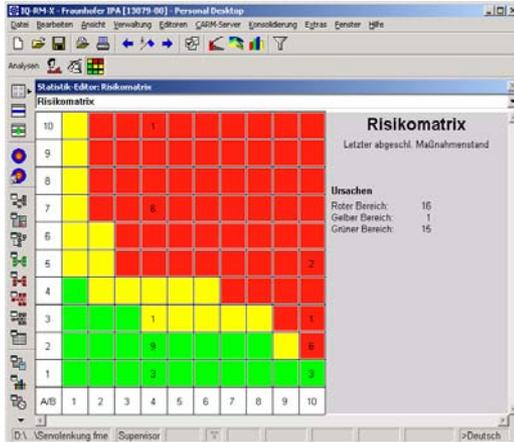
**E = 1 .. 3**



**E = 8 .. 10**

# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

## Ermittlung kritischer Komponenten (Risikoauswertung)

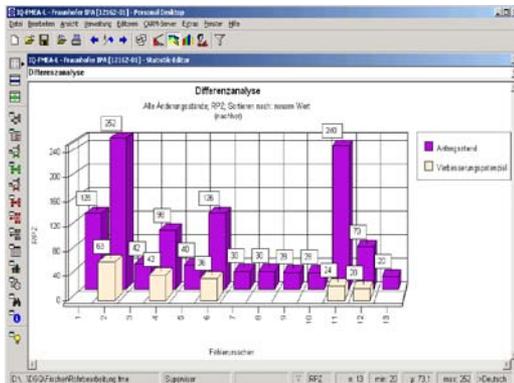


### Produkt-FMEA

- Risikomatrix über  $B * A$

### Prozess-FMEA:

- Häufigkeitsanalyse nach  $A * E$
- Paretoanalyse nach RPZ
- Risikomatrix über  $B$  und  $A * E$
- Risikomatrix für  $A * E$



# Kriterien für eine erfolgreiche FMEA

## Dokumentation des Entwicklungsfortschrittes im FMEA-Formblatt nach VDA 4 Kapitel 3 (2006)

		<b>F M E A</b> System						Nummer: Seite:		
Typ/Modell/Fertigung/Charge:			Sach-Nummer: Maßnahmenstand:		Verantwortlich: Firma:		Erstellt:			
FMEA/Systemelement:			Sach-Nummer: Maßnahmenstand:		Verantwortlich: Firma:		Erstellt: Verändert:			
Mögliche Fehlerfolgen	B	K	Mögliche Fehler	Mögliche Fehlerursachen	Vermeidungsmaßnahmen	A	Entdeckungsmaßnahmen	E	RPZ	V/T
Systemelement Fehlerfolge	B		Systemelement Fehlerart	Systemelement Fehlerursache	Derzeitige vermeidende Maßnahmen	A	Derzeitige entdeckende Maßnahmen	E	RPZ	Verantwortlich Termin / Status
					Zukünftige bzw. empfohlene vermeidende Maßnahmen	A	Zukünftige bzw. empfohlene entdeckende Maßnahmen	E	RPZ	Verantwortlich Termin / Status
										
					Zukünftige bzw. empfohlene vermeidende Maßnahmen	A	Zukünftige bzw. empfohlene entdeckende Maßnahmen	E	RPZ	Verantwortlich Termin / Status

---

# VORTRAGSGLIEDERUNG

---

## AUFWAND, NUTZEN UND ZITATE

# Aufwand, Nutzen und Zitate

## Richtwerte zum Aufwand für FMEA-Erstellung und FMEA-Pflege



Bildquelle: <http://gymnasienac.files.wordpress.com/2009/10/kalender>.

System-FMEAs:

- 3-12 Tage (je nach Komplexität)

Produkt-FMEAs:

- 3-8 Tage (je nach Komplexität)

Prozess-FMEAs:

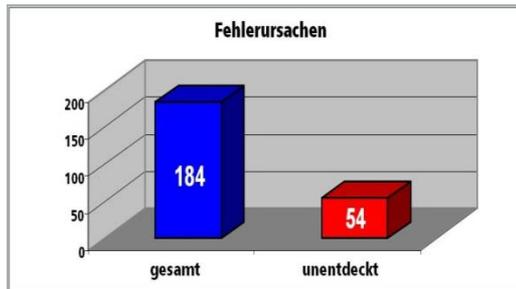
- 0,25-0,5 Tage (je Prozessschritt und Komplexität)

Typischer Ablauf eines FMEA-Projektes:

- Meetings zur FMEA-Erstellung alle 1-2 Wochen
- 2-3 Reviews (ca. 0,5 Tage) zur Maßnahmenbewertung

# Aufwand, Nutzen und Zitate

## Zahlen zum Nutzen der FMEA



### Quellen Literatur (Kamiske 2001):

- Reduzierung der Kundenreklamationen um **15%**
- Reduzierung der Änderungen vor SOP um **22%**
- Reduzierung der Fehlerkosten um **21%**
- Reduzierung der Anlaufkosten um **19%**
- Reduzierung der Entwicklungszeit um **5% - 30%**

### Quellen Fraunhofer IPA (1992 und 2000):

- Erhöhung der Produktionsausbeute um bis zu **25%**
- Ca. **30%** der Fehlerursachen waren zum Beginn der FMEA noch nicht bekannt und wären durch die geplanten Testverfahren nicht gefunden worden

# Aufwand, Nutzen und Zitate

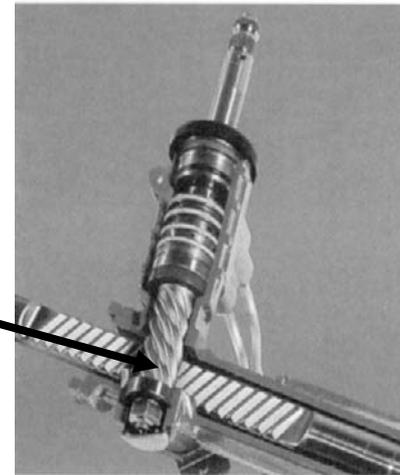
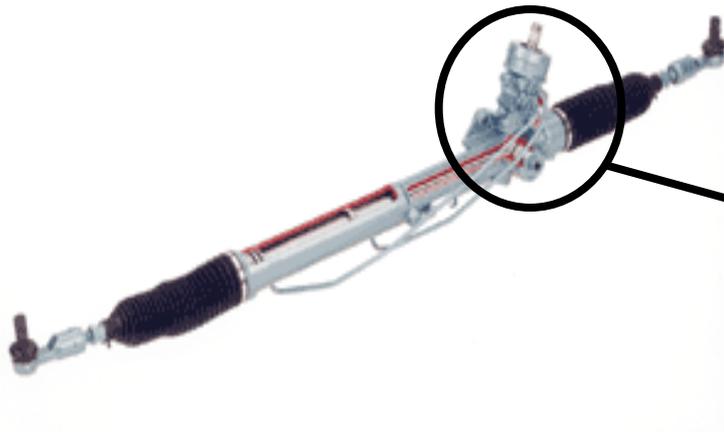
## Zitate zur FMEA

- „Jetzt verstehe ich endlich mein Produkt.“  
(Zitat eines Projektleiters am Ende einer FMEA)
- „Ich gehe gerne in FMEA-Sitzungen. Da kann ich endlich mal systematisch und in Ruhe über mein Produkt nachdenken.“  
(Zitat eines Entwicklers)
- „Nur mit einem einzigen durch FMEA vermiedenen Fehler, der zu einer Rückrufaktion geführt hätte, wird die FMEA-Anwendung bereits wirtschaftlich.“  
(Zitat eines Mitarbeiters aus dem Bereich Qualitätsstrategie)

---

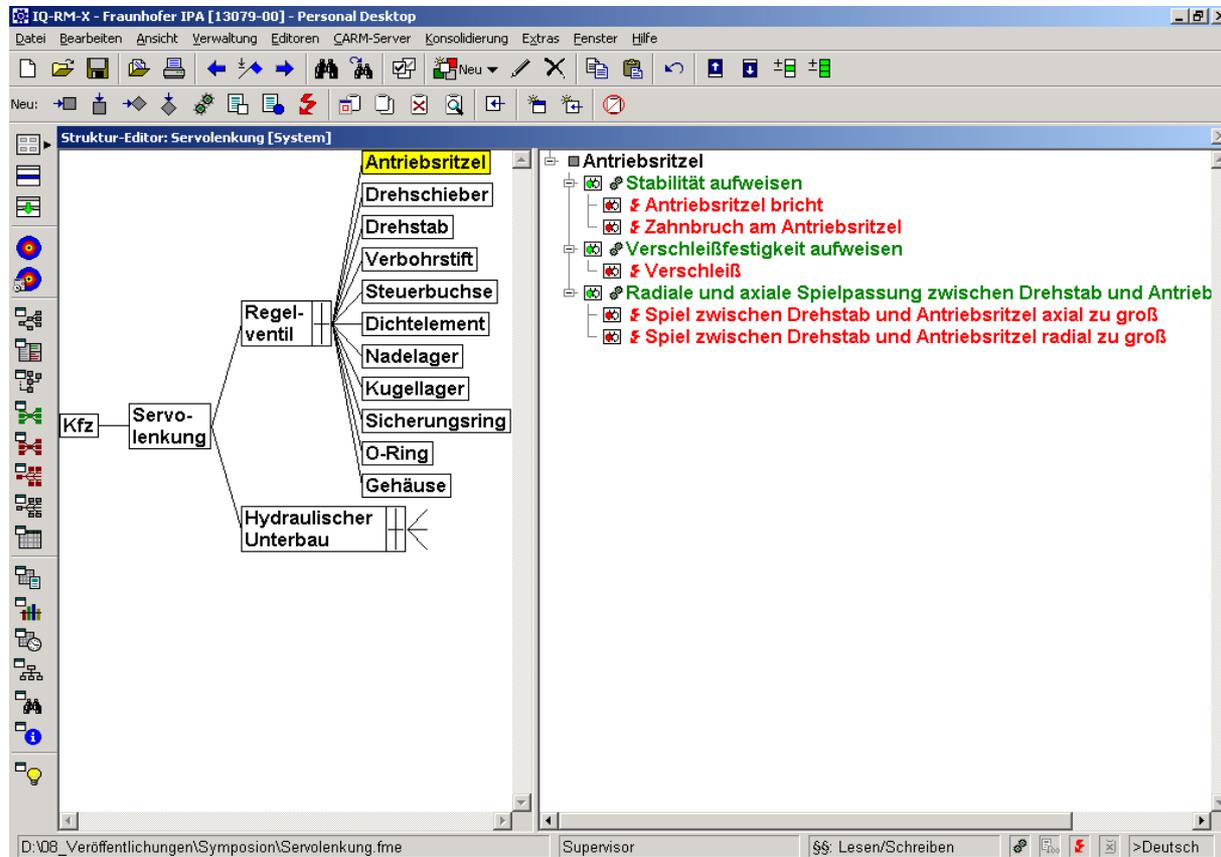
# BEISPIELHAFT FMEA-ANWENDUNG FÜR EINE SERVOLENKUNG

---

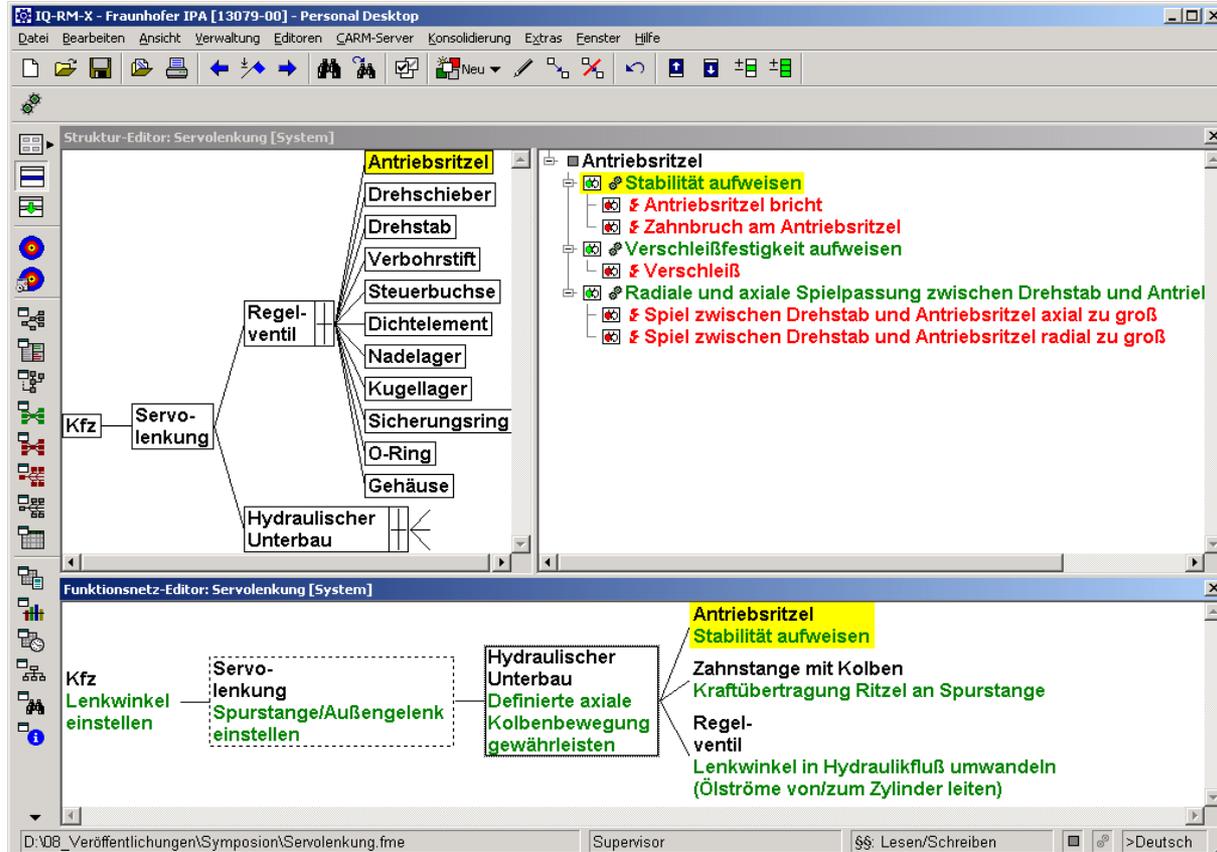


# Beispiel

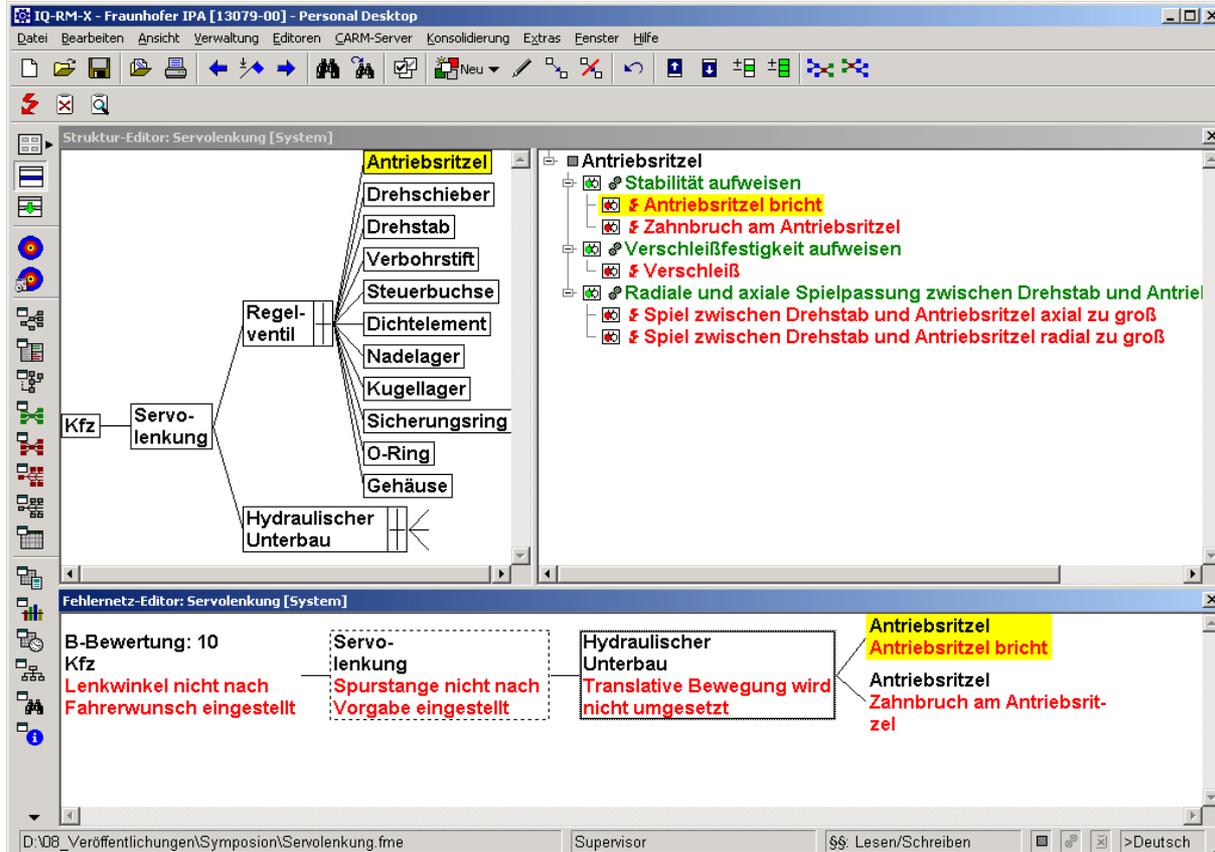
## Systemstruktur, Funktionen und Fehlfunktionen



# Beispiel Funktionsnetz

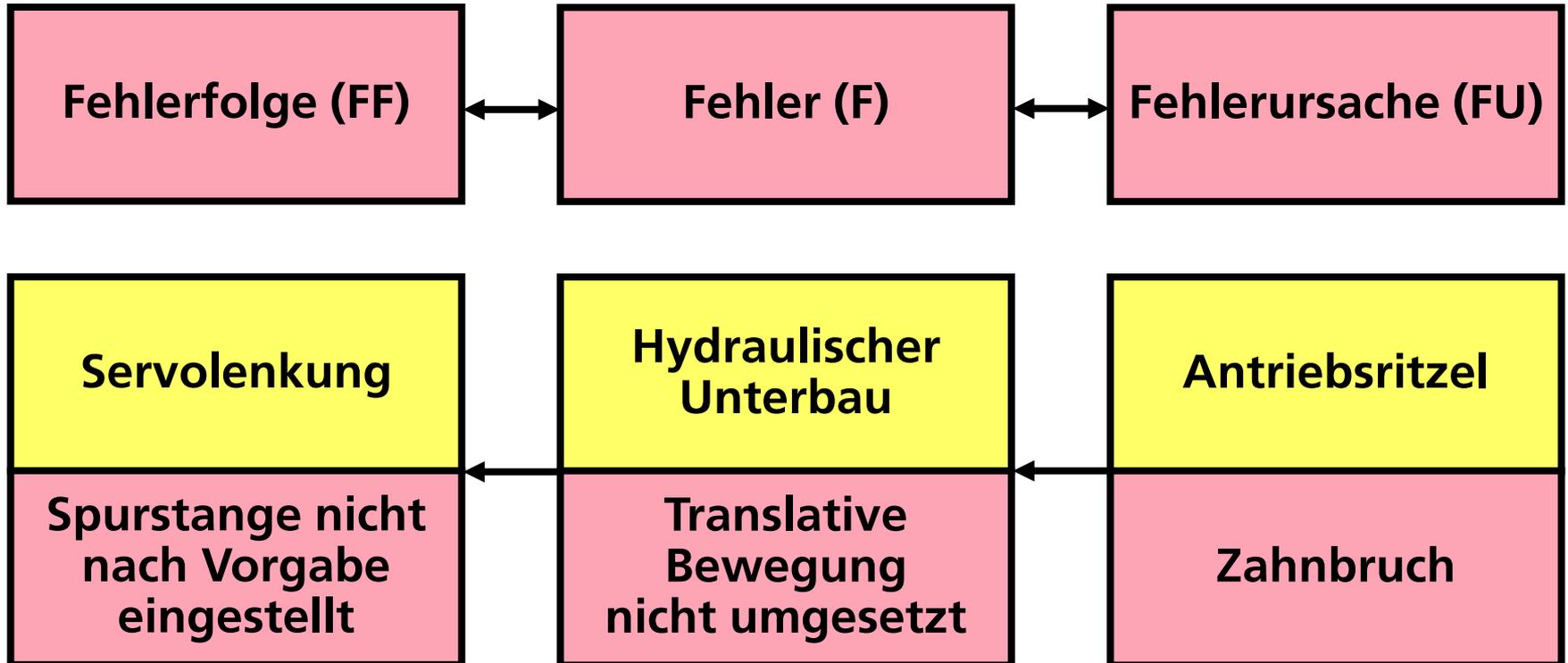


# Beispiel Fehlernetz



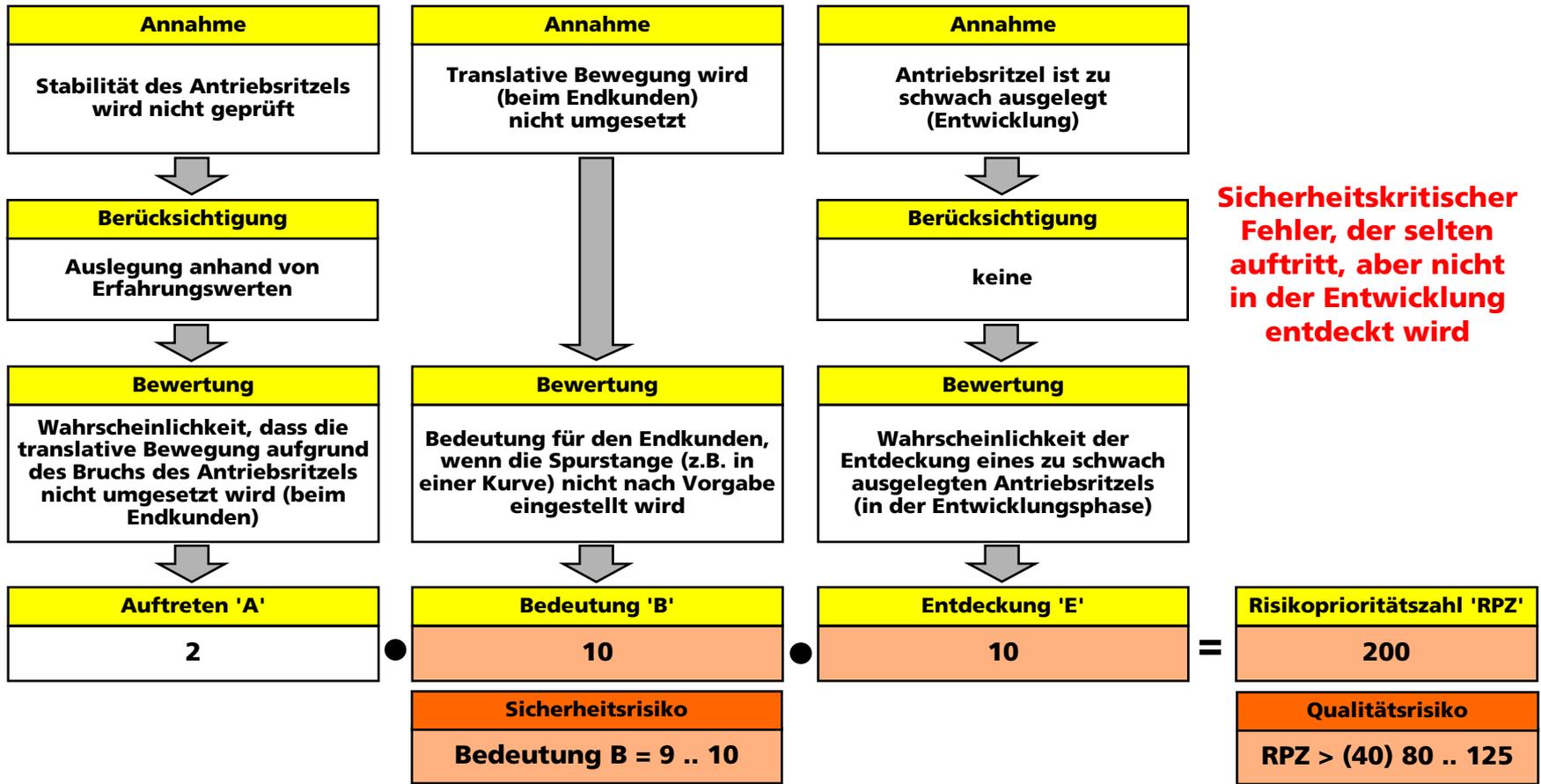
# Beispiel

## Fehlerfolge-Fehler-Fehlerursachen-Kombination



# Beispiel

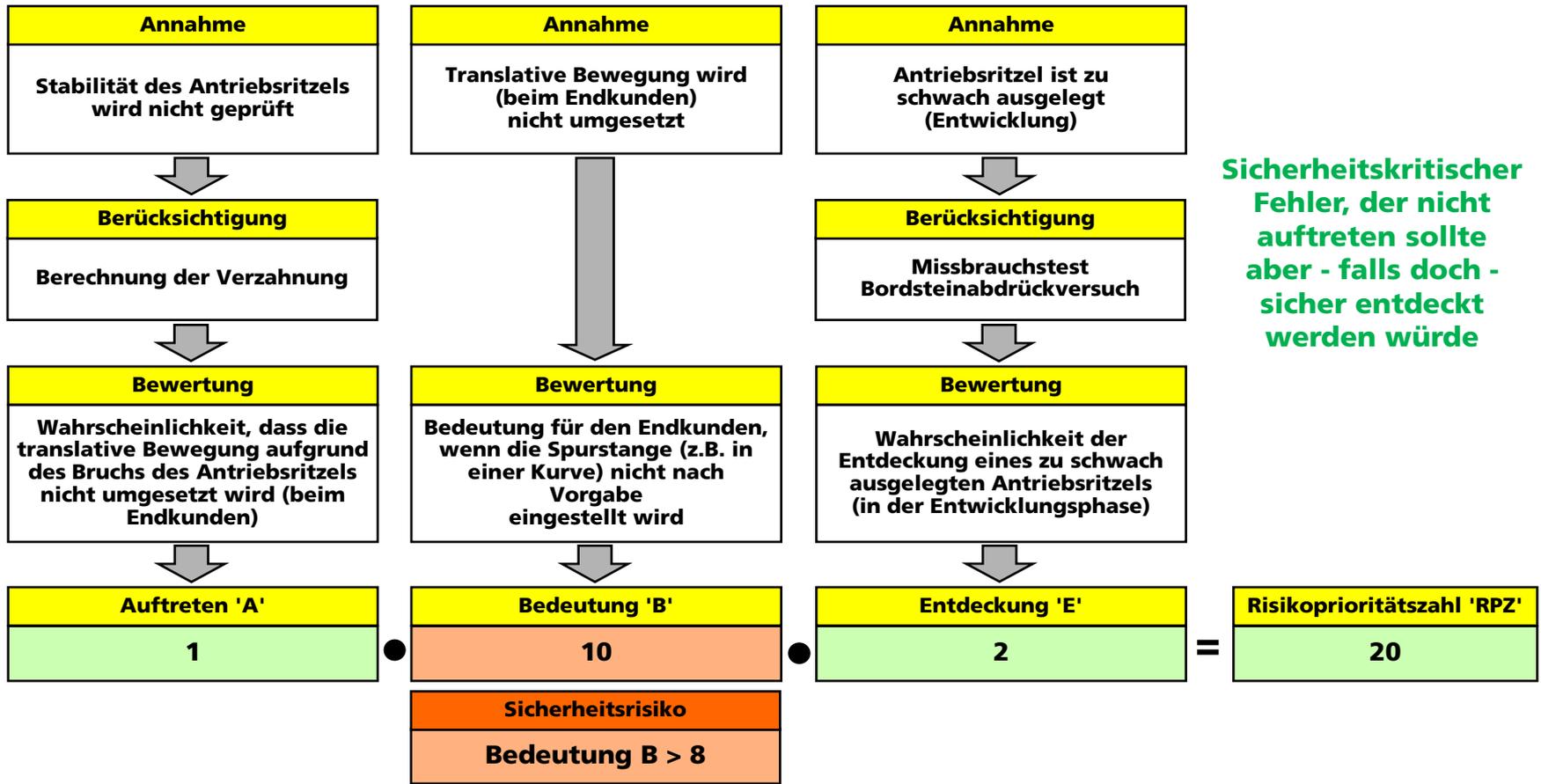
## Risikobewertung „Anfangsstand“



Sicherheitskritischer Fehler, der selten auftritt, aber nicht in der Entwicklung entdeckt wird

# Beispiel

## Risikobewertung „verbessertes Stand“



# Beispiel

## Risikobewertung und Risikominimierung im FMEA-Formblatt

IQ-RM-X - Fraunhofer IPA [13079-00] - Personal Desktop

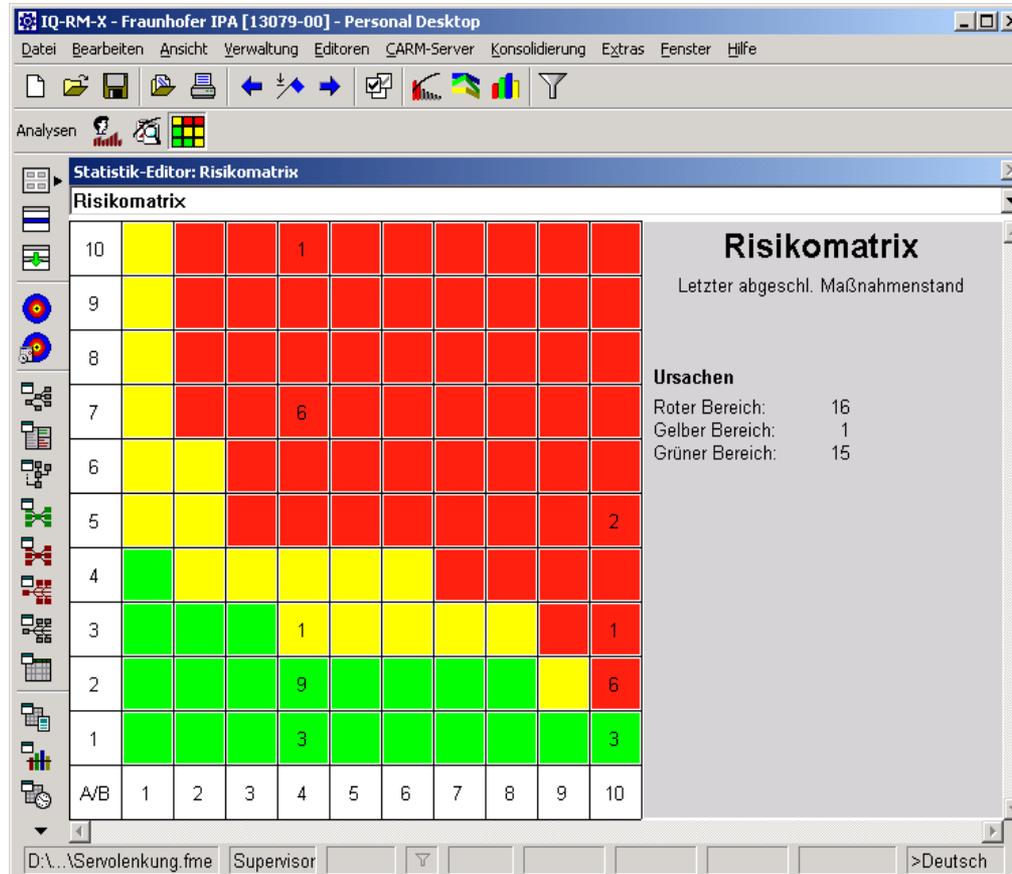
Datei Bearbeiten Ansicht Verwaltung Editoren CARM-Server Konsolidierung Extras Fenster Hilfe

Formblatt-Editor VDA 96: Hydraulischer Unterbau (Servolenkung [System])

Fehlerfolge	B	Fehlerart	Fehlerursache	Vermeidungsmaßnahme	A	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	V/T
Funktion: [Hydraulischer Unterbau] Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleisten									
[Servolenkung] Spurstange nicht nach Vorgabe eingestellt		[Hydraulischer Unterbau] Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Antriebsritzel] Antriebsritzel bricht	Maßnahmenstand - Anfang: 18.02.2009 Auslegung auf Basis bekannter Zahnstangenhydrauliklenkungen	3		10	300	Schloske, Alexander, 210 18.02.2009 abgeschlossen
>> [Kfz] Lenkwinkel nicht nach Fahrerwunsch eingestellt	10			Maßnahmenstand: 18.02.2009 Berechnung der Verzahnung Schloske, Alexander, 210 02.03.2009 in Bearbeitung	1	Mißbrauchstest (Bordsteinabdruckversuch) Mannuß, Oliver, 213 30.04.2009 in Bearbeitung		2 (20)	Mannuß, Oliver, 213, Schloske, Alexander, 210 02.03.2009 - 16.10.2009 in Bearbeitung
				Dauererprobung gemäß Lastenheft des Kunden Mannuß, Oliver, 213 16.10.2009 in Bearbeitung					

D:\08\_Veröffentlichungen\Symposion\Servolenkung.fme | Supervisor | §§: Lesen/Schreiben | >Deutsch

# Beispiel Risikomatrix



# Beispiel

## Maßnahmenverfolgung

IQ-FMEA - FRAUNHOFER [11257] - Terminverfolgung: Struktur: Servolenkung

Terminverfolgung: Terminverfolgung: Terminverfolgung

Bearbeiten:

Struktur	Systemelement	Funktion	Fehlerart	Mögliche Fehlerursachen	Mögliche Fehlerfolgen	Vermeidungsmaßnahme	Entdeckungsmaßnahme	Zustand	Datum	Verantwortlich	RPZ	E	A	B	B x A	
Terminverfolgung										Seite:						
										Erstellt:		29.05.01				
Servolenkung	Hydraulischer Unterbau	Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleisten	Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Antriebsritzel] bricht	[Servolenkung] (10) Spurstange nicht nach Vorgabe eingestellt	Berechnung der Verzahnung		in Bearbeitung	01.10.01	Schloske, 210	(20)	2	1	10	10	
Servolenkung	Hydraulischer Unterbau	Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleisten	Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Antriebsritzel] bricht	[Servolenkung] (10) Spurstange nicht nach Vorgabe eingestellt	Auslegung auf Basis bekannter ZHLs.		abgeschlossen	01.04.02	Schloske, 210	200	10	2	10	20	
Servolenkung	Hydraulischer Unterbau	Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleisten	Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Antriebsritzel] bricht	[Servolenkung] (10) Spurstange nicht nach Vorgabe eingestellt		Mißbrauchstest (Bordsteinabdruckversuch)	in Bearbeitung	01.10.01	Kühne, 213	(20)	2	1	10	10	
Servolenkung	Hydraulischer Unterbau	Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleisten	Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Antriebsritzel] bricht	[Servolenkung] (10) Spurstange nicht nach Vorgabe eingestellt		Dauererprobung nach Lastenheft	in Bearbeitung	01.10.01	Kühne, 213	(20)	2	1	10	10	

HU      Sortiert nach: Verantwortlich      4      Struktur: Servolenkung      >Deutsch

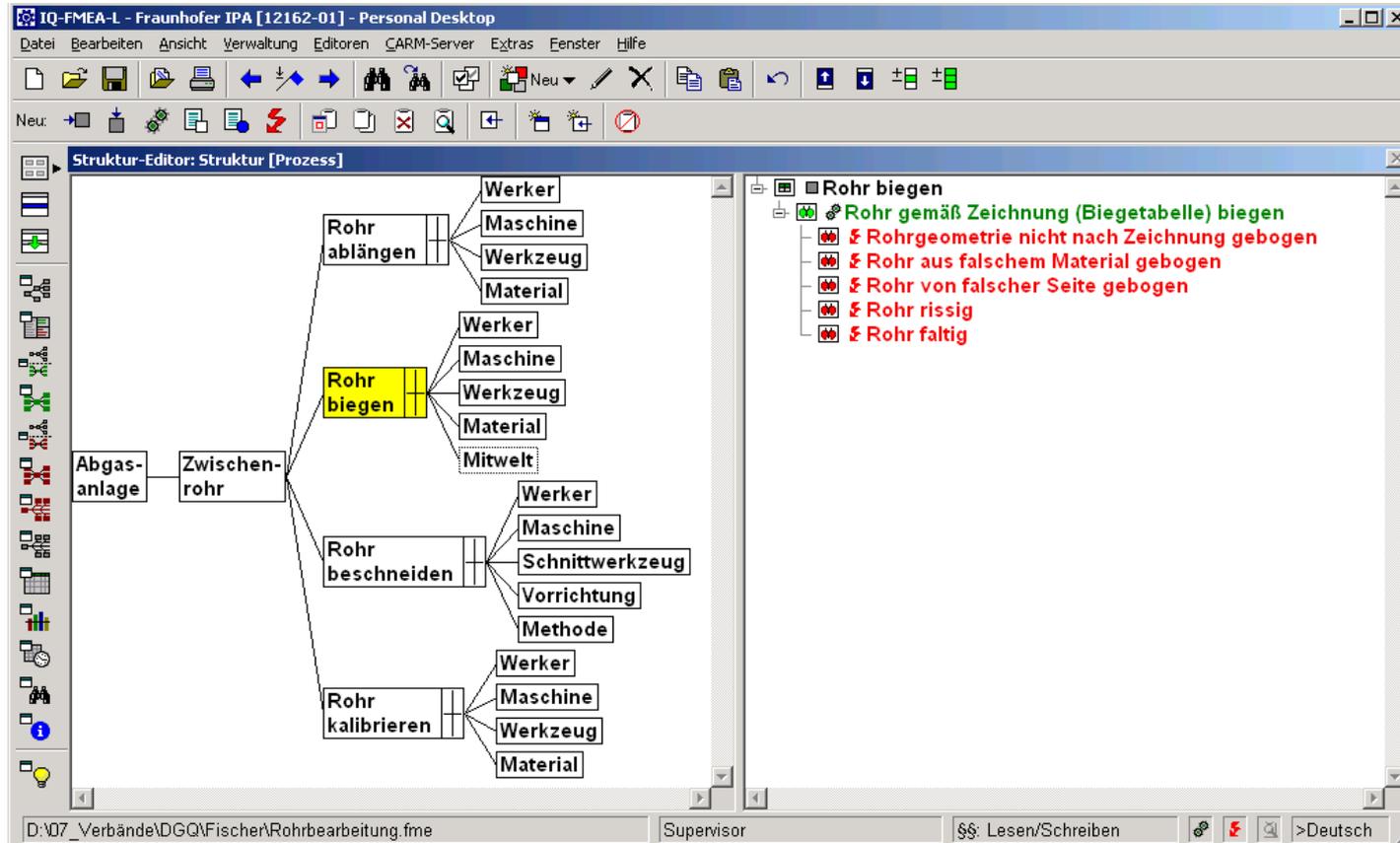
---

# BEISPIELHAFTE FMEA-ANWENDUNG FÜR EINE ROHRBEARBEITUNG

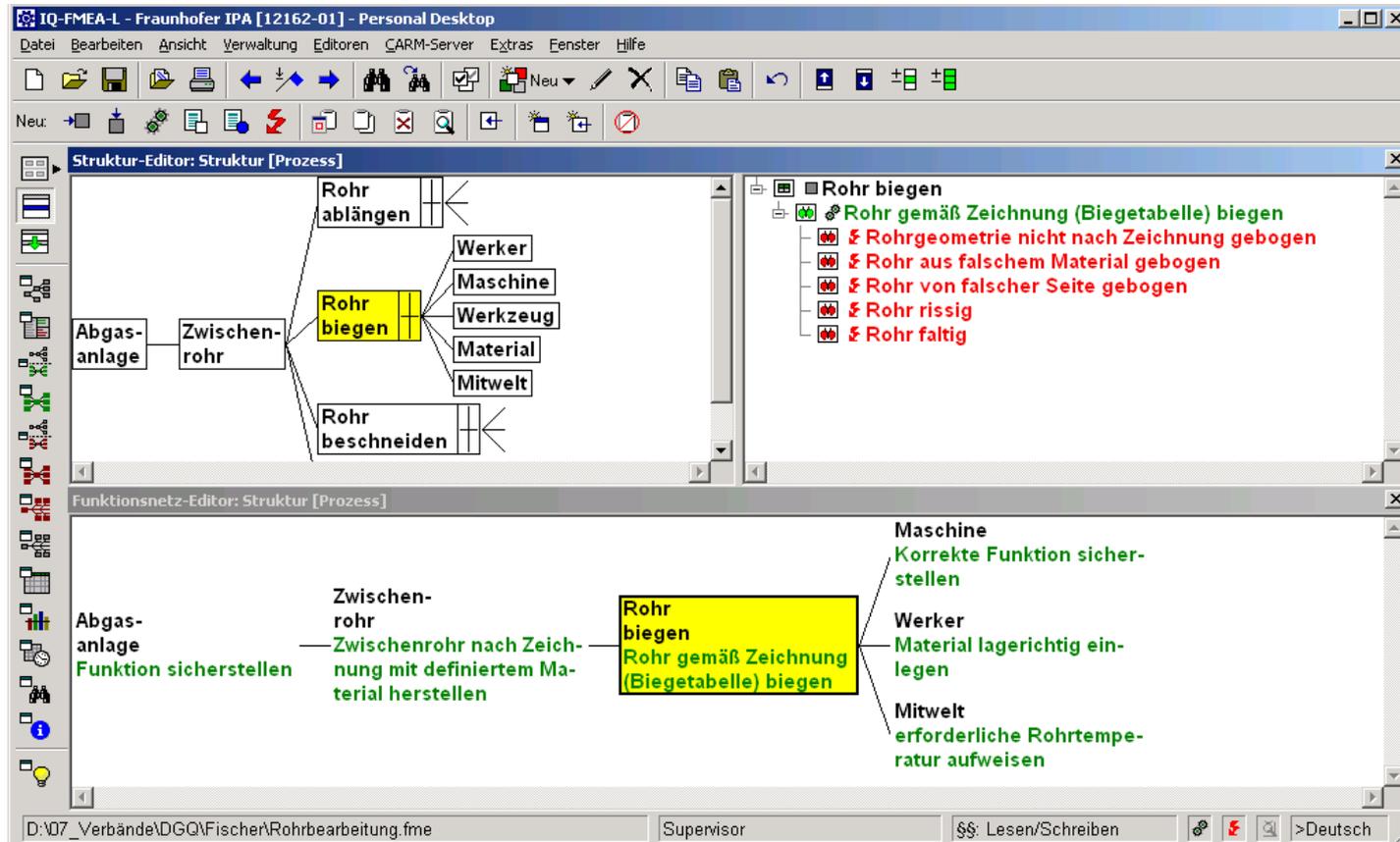
---

# Beispiel

## Systemstruktur, Funktionen und Fehlfunktionen



# Beispiel Funktionsnetz



# Beispiel Fehlernetz

IQ-FMEA-L - Fraunhofer IPA [12162-01] - Personal Desktop

Datei Bearbeiten Ansicht Verwaltung Editoren CARM-Server Extras Fenster Hilfe

Struktur-Editor: Struktur [Prozess]

Abgas-anlage → Zwischen-rohr → Rohr ablängen, Rohr biegen, Rohr beschneiden

Rohr biegen → Werker, Maschine, Werkzeug, Material, Miwelt

Fehlernetz-Editor: Struktur [Prozess]

B-Bewertung: 9  
 ■ Abgas-anlage  
 ⚠ Gasaustritt

B-Bewertung: 6  
 ■ Abgas-anlage  
 ⚠ Akustik zu laut

■ Zwischen-rohr  
 ⚠ Zwischenrohr nicht dicht

■ Rohr biegen  
 ⚠ Rohr rissig

■ Werker  
 ⚠ Material falsch eingelegt (Schweißnahtposition)

■ Maschine  
 ⚠ Booster defekt

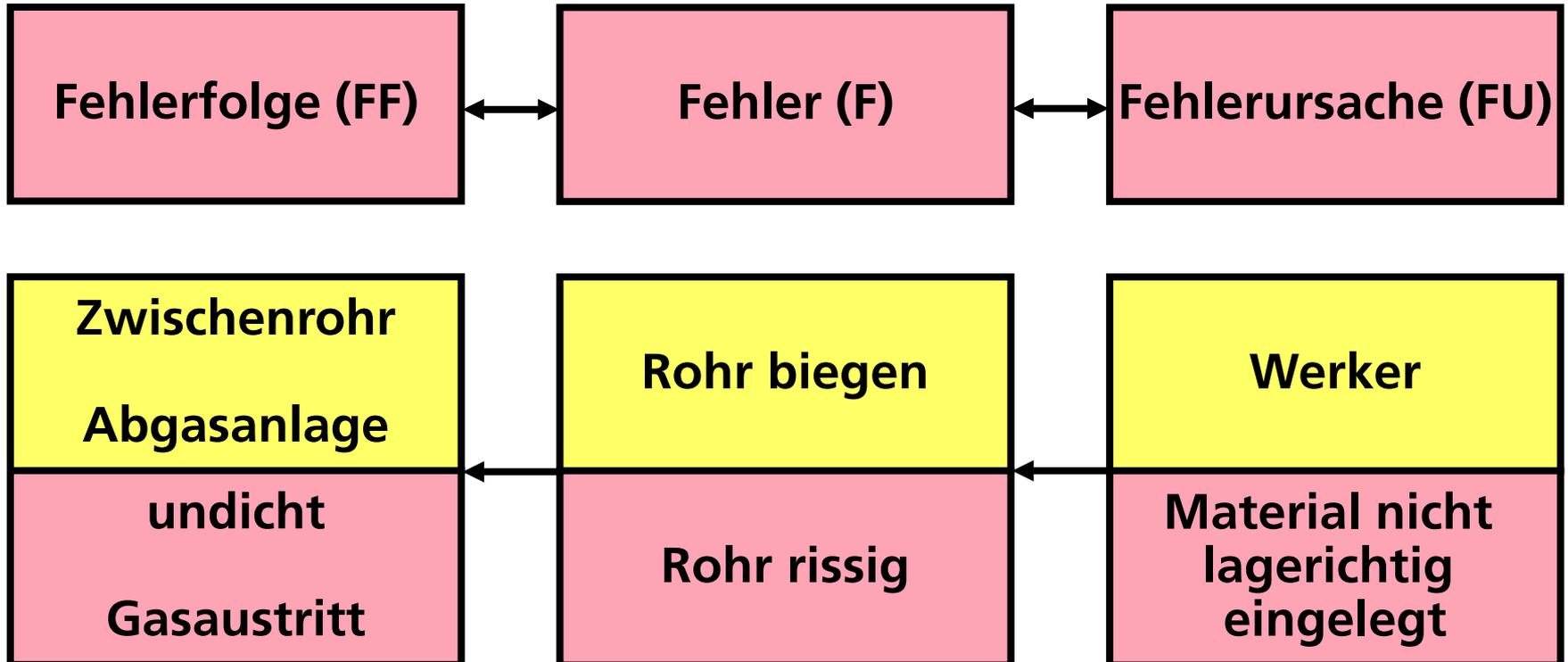
■ Miwelt  
 ⚠ Rohrtemperatur zu gering

**Fehlerfolgen      Fehler      Fehlerursachen**

D:\07\_Verbindungen\FischerRohrbearbeitung.fme    Supervisor    §§: Lesen/Schreiben    >Deutsch

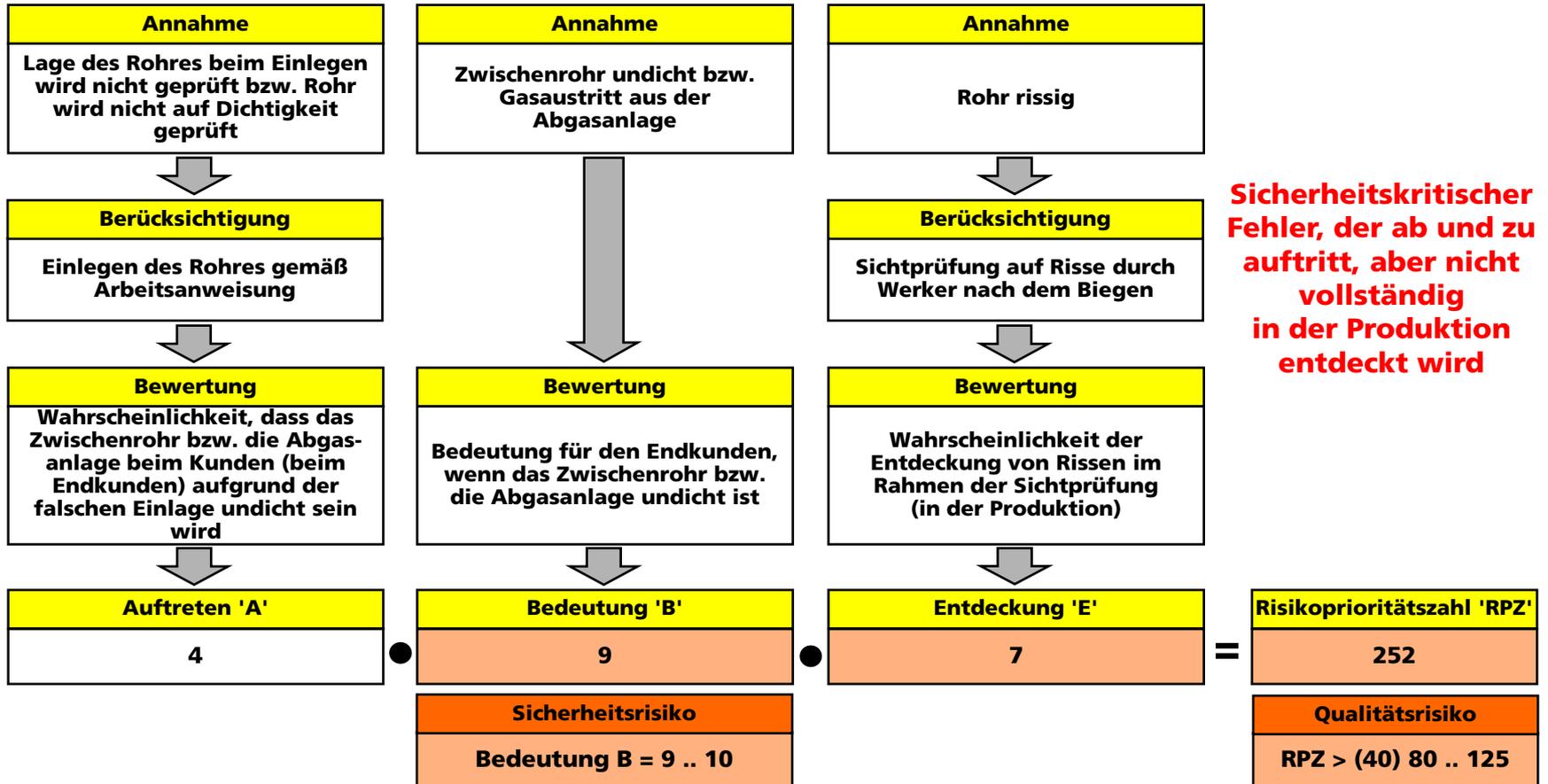
# Beispiel

## Fehlerfolge-Fehler-Fehlerursachen-Kombination



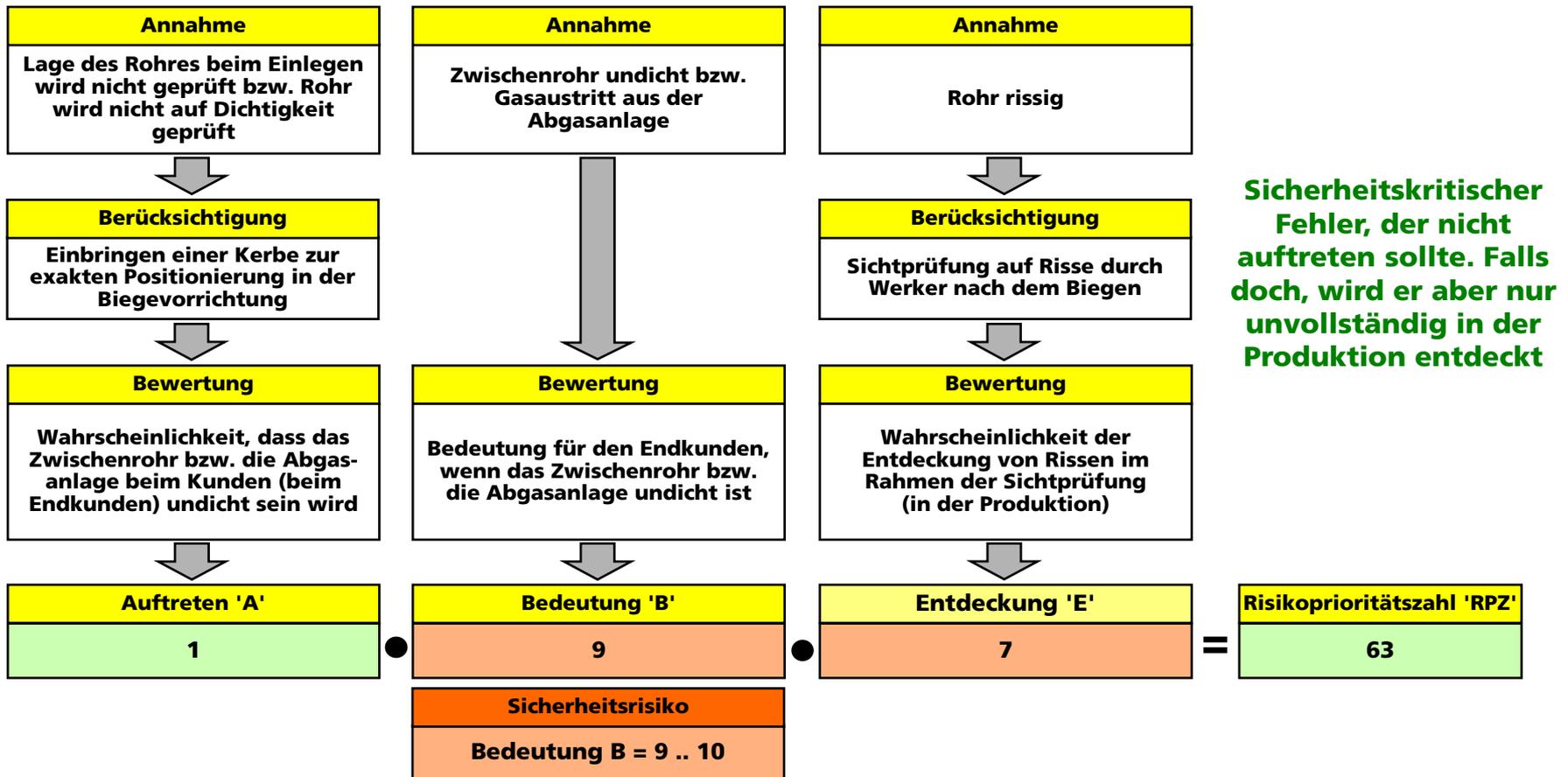
# Beispiel

## Risikobewertung „Anfangsstand“



# Beispiel

## Risikobewertung „verbessertes Stand“



# Beispiel

## Risikobewertung und Risikominimierung im FMEA-Formblatt

IQ-FMEA-L - Fraunhofer IPA [12162-01] - Personal Desktop

Datei Bearbeiten Ansicht Verwaltung Editoren CARM-Server Extras Fenster Hilfe

Neu: [Icons]

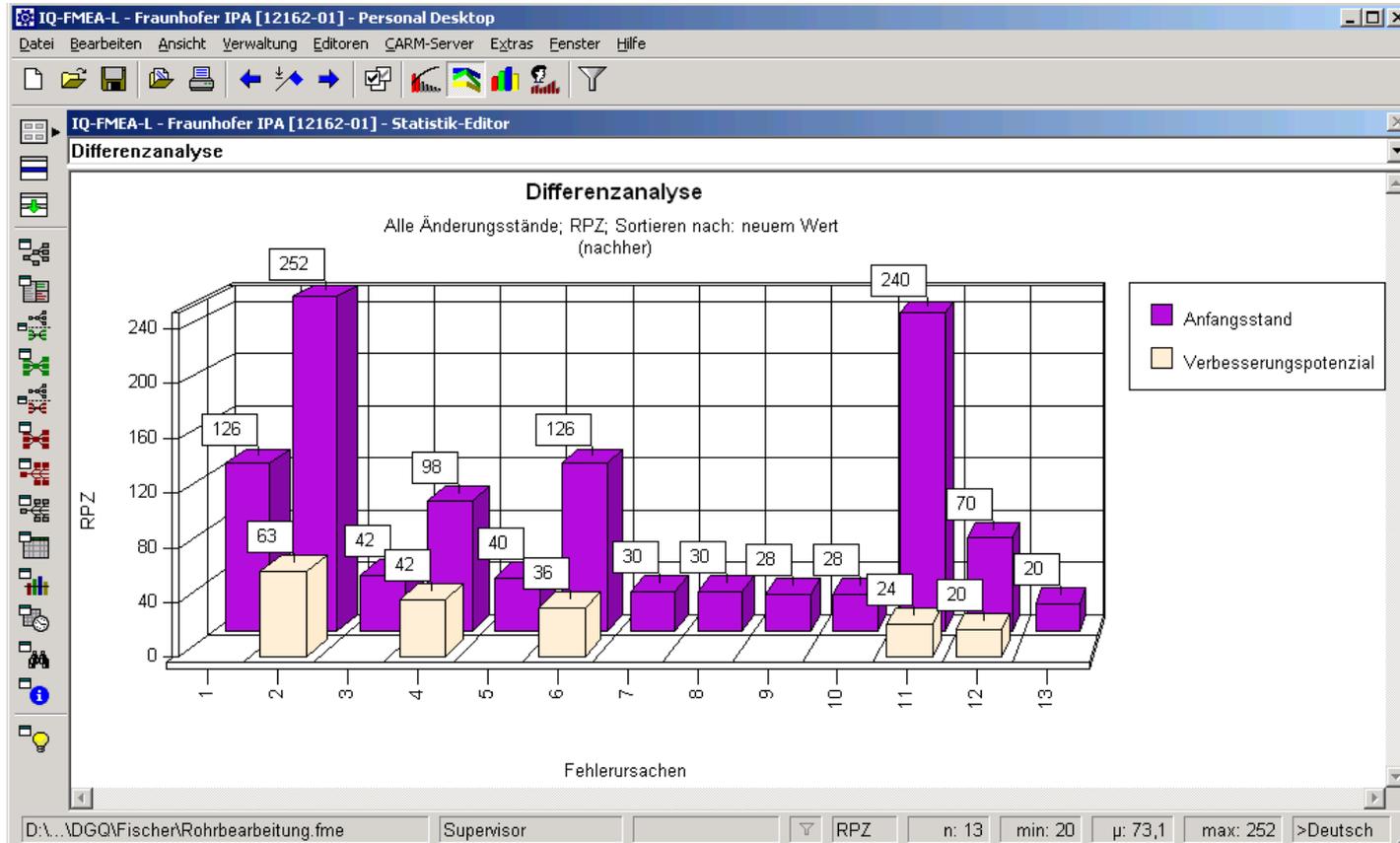
Formblatt-Editor VDA 96: Rohr biegen (Struktur [Prozess])

Fehlerfolge	B	Fehlerart	Fehlerursache	Vermeidungs- maßnahme	A	Entdeckungs- maßnahme	E	RPZ	V/T
>> « 0/1 » [Abgas- anlage] Gasaustritt	9	[Rohr biegen] Rohr rissig	« 1/0 » [Werker] Material falsch eingelegt (Schweißnaht- position)	Maßnahmenstand - Anfang: 18.02.2008 Position der Schweiß- naht in Arbeitspapie- ren definiert	4	Sichtprüfung auf Ris- se durch Werker nach dem Biegen	7	252	
>> « 0/1 » [Abgas- anlage] Akustik zu laut	6			Maßnahmenstand: 18.02.2008 Einbringung einer Kerbe nach dem Ab- längen zur exakten Positionierung in der Biegevorrichtung	1		7	(63)	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung 29.02.2008 in Bearbeitung
			« 2/0 »! [Maschine] Booster defekt	Maßnahmenstand - Anfang: 18.02.2008 Erststückprüfung auf Risse	2	Sichtprüfung auf Ris- se durch Werker nach dem Biegen	7	126	
				Maßnahmenstand: 17.02.2008 Letztstückprüfung auf Risse	2		2	(36)	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung 29.02.2008 in Bearbeitung

D:\07\_Verbände\DGQ\Fischer\Rohrbearbeitung.fme Supervisor §§: Lesen/Schreiben >Deutsch

# Beispiel

## Differenzanalyse nach RPZ (vorher / nachher)



---

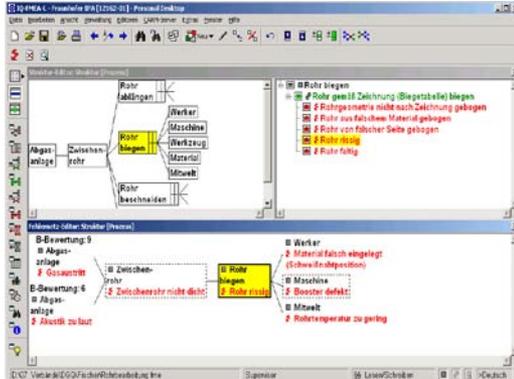
# VORTRAGSGLIEDERUNG

---

## ENTWICKLUNGSTENDENZEN DER FMEA

# Entwicklungstendenzen

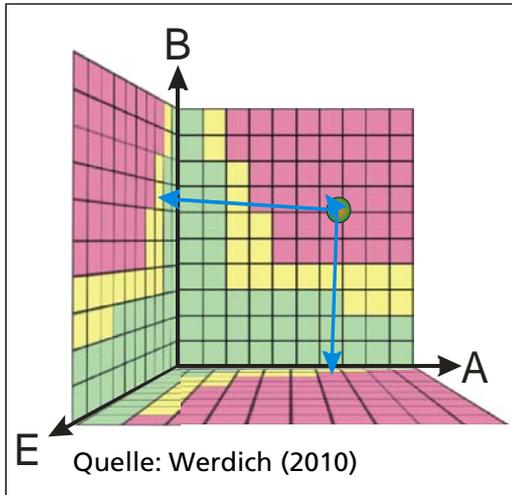
## Methodische Weiterentwicklung und neue Einsatzbereiche der FMEA



- Methodische Weiterentwicklung
  - Verstärktes Arbeiten in Strukturen u. Netzen
  - Abkehr vom Formblatt

# Entwicklungstendenzen

## Methodische Weiterentwicklung und neue Einsatzbereiche der FMEA



- Methodische Weiterentwicklung
  - Verstärktes Arbeiten in Strukturen u. Netzen
  - Abkehr vom Formblatt
  - Abkehr von der RPZ („3D-Ampelfaktor“)

# Entwicklungstendenzen

## Methodische Weiterentwicklung und neue Einsatzbereiche der FMEA

Fraunhofer IPA Institut Produktionstechnik und Automatisierung  (exemplarische Werte)		Prozessschritt 1	Prozessschritt 2	Prozessschritt 3	Prozessschritt 4	Prüfschritt 1 (Lecktest)	Prozessschritt 5	Prozessschritt 6	Prüfschritt 2 (Kalttest)
Teil	Fehler	S1	S1	S2	S2	T1	S3	S3	T2
Teil 1	vergessen	4				1	1		
Teil 1	vertauscht	PY							
Teil 2	verdreht		7		10				
Teil 3	beschädigt			7					6
Teil 3	vertauscht			7					
Teil 4	doppelt montiert				PY				
Teil 5	falsche Montage						6	1	

### ■ Methodische Weiterentwicklung

- Verstärktes Arbeiten in Strukturen u. Netzen
- Abkehr vom Formblatt
- Abkehr von der RPZ
- Zunehmende monetäre Bewertung



# Entwicklungstendenzen

## Methodische Weiterentwicklung und neue Einsatzbereiche der FMEA



Bildquelle: Opel (2010)

- Methodische Weiterentwicklung
  - Verstärktes Arbeiten in Strukturen u. Netzen
  - Abkehr vom Formblatt
  - Abkehr von der RPZ
  - Zunehmende monetäre Bewertung
- Neue Einsatzbereiche
  - Sicherstellung der „Funktionalen Sicherheit“ nach IEC 61508 und ISO CD 26262

# Entwicklungstendenzen

## Methodische Weiterentwicklung und neue Einsatzbereiche der FMEA



- Methodische Weiterentwicklung
  - Verstärktes Arbeiten in Strukturen u. Netzen
  - Abkehr vom Formblatt
  - Abkehr von der RPZ
  - Zunehmende monetäre Bewertung
- Neue Einsatzbereiche
  - Sicherstellung der „Funktionalen Sicherheit“ nach IEC 61508 und ISO CD 26262
  - Unterstützung der Diagnose mittels Sprachverarbeitung auf Basis von FMEA-Analysen



**No risk – no fun**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**



Bildquelle: <http://www.extr3m3.de/>