

---

# FMEA UND BESONDERE MERKMALE

DGQ-Regionalkreis Ostwestfalen-Lippe, 30.03.2017, Bielefeld

---



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

Senior Expert Quality Management

Functional Safety Engineer ISO 26262

Abteilung Nachhaltige Produktion und Qualität

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

---

Telefon: +49 711 970-1890

Fax: +49 711 970-1002

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

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

# Vorstellung Die Fraunhofer-Gesellschaft



Fraunhofer IPA (2015):

- **Betriebshaushalt 64,2 Mio. €**
- **Wirtschaftserträge 20,4 Mio €**
- **506 Mitarbeiter**
- **453 Studentische Hilfskräfte**



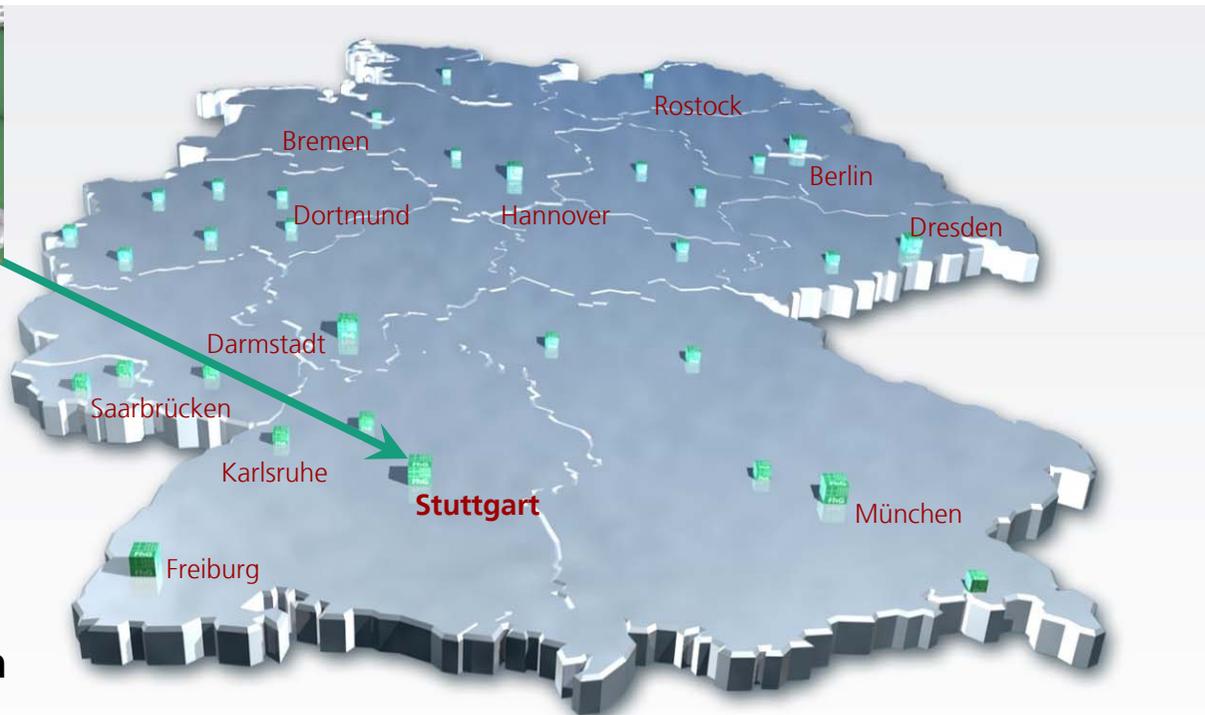
**66 Institute an  
rund 40 Standorten**



**24.000 Mitarbeiter**

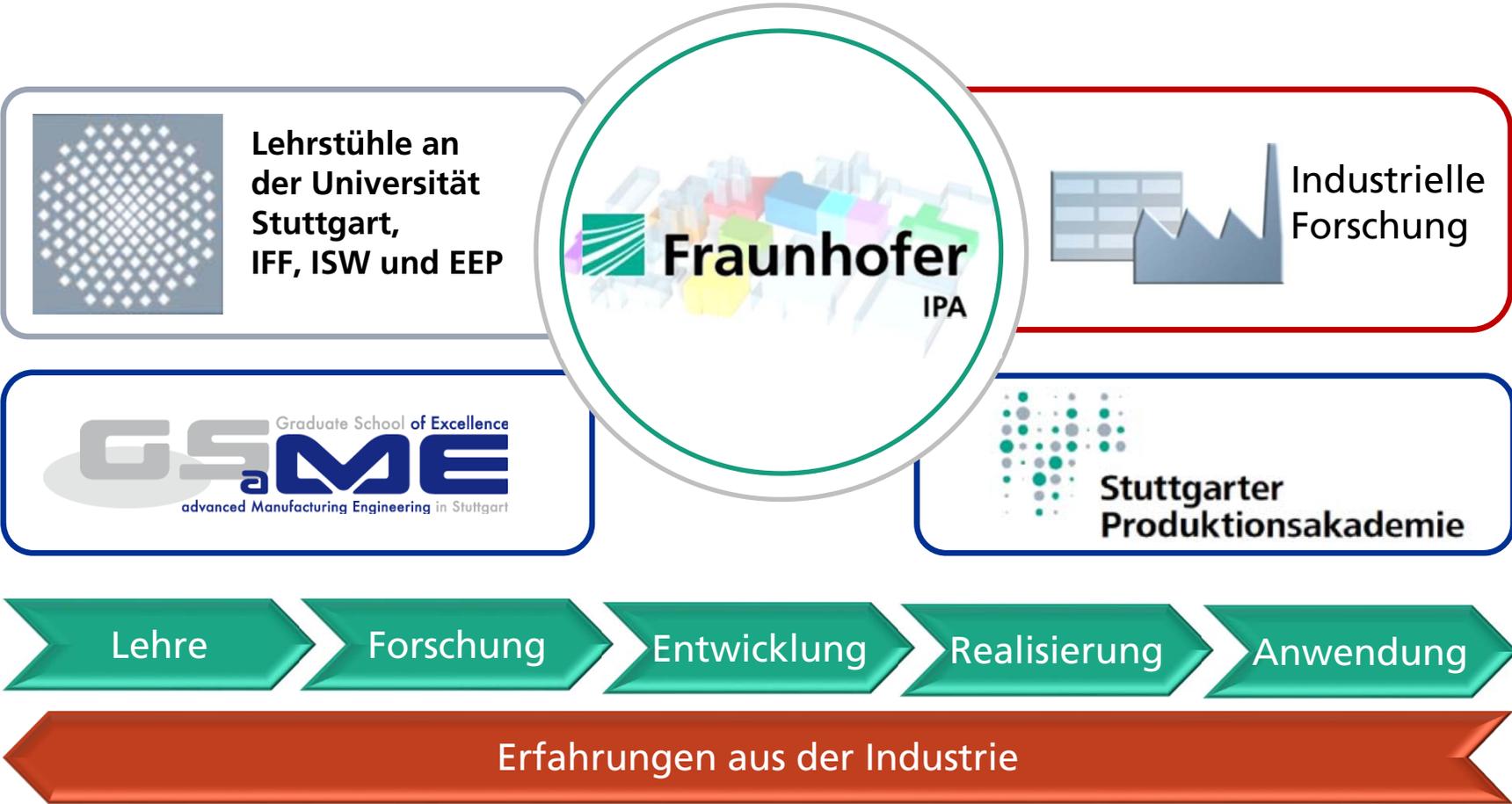


**2,0 Mrd. € Budget**



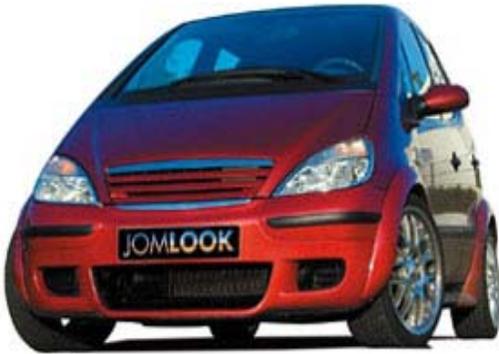
# Vernetzung von Wissenschaft und Praxis

## Fraunhofer IPA als Basis für den Wissenstransfer

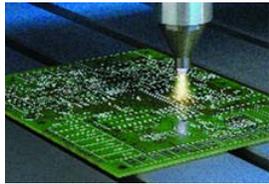


# Tätigkeitsfeld Alexander Schloske am IPA

## Gestaltung sicherer Produkte und Prozesse



www.wochenanzeiger-herford.de



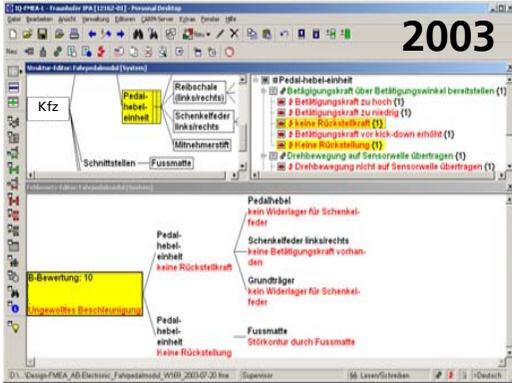
www.plasmatreat.de



www.wabco-auto.com



Bildquelle: Conti-teves



Bildquelle: Kalle-Nalo



www.merkur-online.de



www.nachrichten.at



www.auto-motor-und-sport.de



Bildquelle: www.automobilrevue.de/detroit2002.htm

---

# FMEA UND BESONDERE MERKMALE

DGQ-Regionalkreis Ostwestfalen-Lippe, 30.03.2017, Bielefeld

---

- FMEA – state of the art
  - Gründe für die FMEA-Anwendung
  - FMEA im Zusammenhang mit der neuen ISO 9001:2015
  - Systematische Vorgehensweise zur Erstellung
  - Denkmodelle zur Fokussierung
  - Vorgehensweisen zur objektiven Risikobewertung
- Besondere Merkmale und FMEA
  - Systematische Identifikation
  - Durchgängige Behandlung bis hin zum Produktions-Lenkungs-Plan
  - Prüfstrategien in der Produktion

# Grundlagen

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



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

Quelle: Sonntag aktuell (2002)

# Sorgfaltspflicht im Produktentstehungsprozess (PEP)

## Sicherstellung technisch relevanter Funktionalitäten

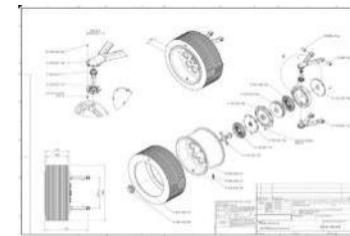
### ■ Sorgfaltspflicht im Entwicklungsprozess

- Auslegung und Berechnung
- Erprobung und Verifizierung **DVP&R**
- Umgang mit Fehlern im Betrieb
- Dokumentation und Archivierung

### ■ Sorgfaltspflicht im Produktionsprozess

- Produktionsplanung und Herstellung
- Effektive Prüfplanung und Prüfung **PLP**
- Umgang mit Fehlern in der Produktion
- Dokumentation und Archivierung

### Entwicklung Konstruktions-FMEA



### Produktion Prozess-FMEA

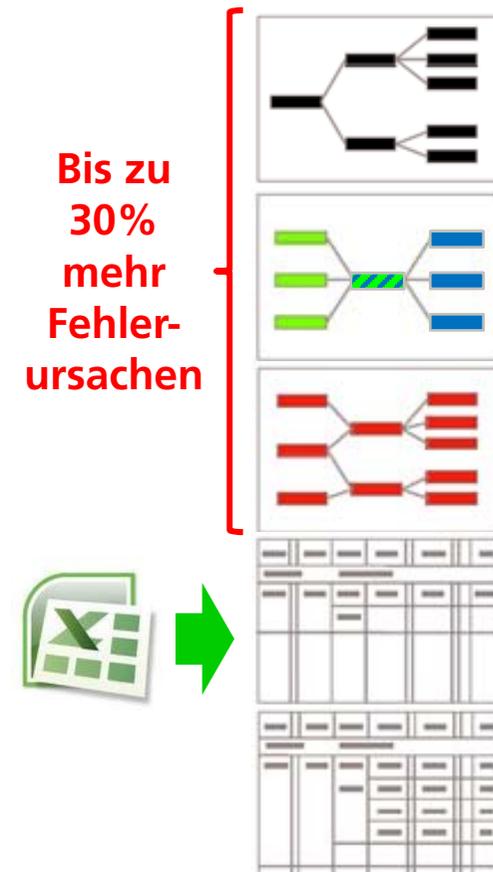


Herstellung des Produktes nach  
den Vorgaben der Entwicklung

# FMEA nach VDA

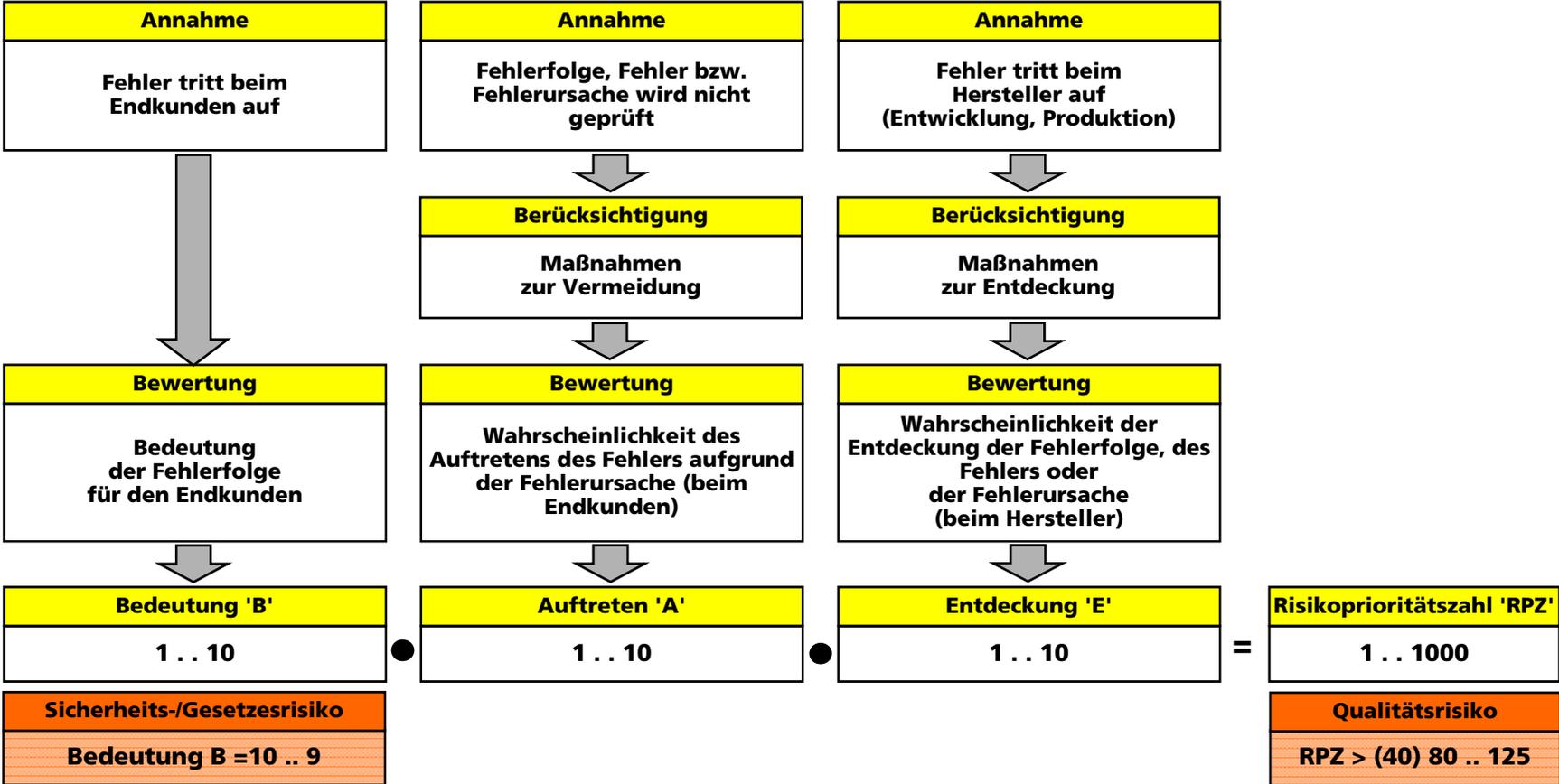
## Schritte zur FMEA-Erstellung (in Anlehnung an VDA)

- System strukturieren
- Produkt strukturieren
- Funktionen und Merkmale zuordnen
- Funktions-/Merkmalsnetz bilden
- Fehlfunktionen und Fehlermerkmale ableiten
- Fehlernetz (Hypothesen) bilden
- Vermeidungs-/Entdeckungsmaßnahmen definieren
- Fehlererkennung und Fehlerreaktion definieren
- Optimierung planen
- Wirksamkeit überprüfen



# Vorgehensweise zur FMEA-Erstellung

## Risikobewertung



# Vorgehensweise zur FMEA-Erstellung

## Dokumentation der Produktentstehung im FMEA-Formblatt nach VDA 4 Kapitel 3 (2006)

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
Hypothese						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
<b>Chronologie der Produktentstehung</b>											
						Zukünftige bzw. empfohlene vermeidende Maßnahmen	A	Zukünftige bzw. empfohlene entdeckende Maßnahmen	E	RPZ	Verantwortlich Termin / Status

Ist-  
Stand

Zwischen-  
Stand

End-  
Stand

# Vorgehensweise

## 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

# Vorgehensweise

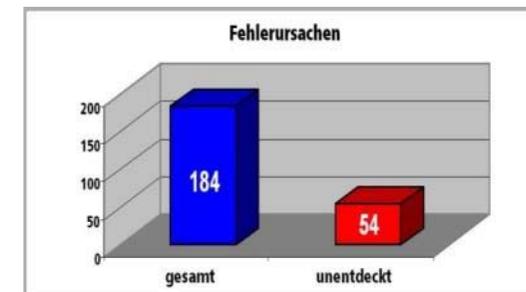
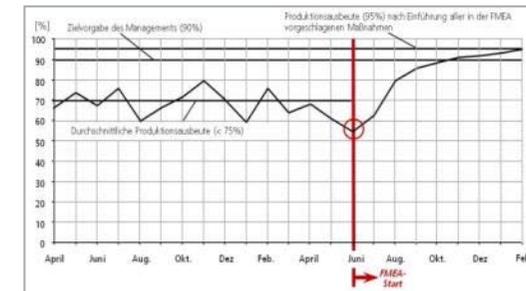
## Zahlen und Zitate zum Nutzen der FMEA

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

- Erhöhung der Produktionsausbeute um bis zu **25%**
- Entdeckung von bis ca. **30%** mehr an Fehlerursachen

### Zitate:

- „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)
- „Unsere Kunden sehen uns auf Basis der FMEA als kompetenten Gesprächspartner und erteilen uns seither mehr Aufträge“ (Zitat eines FMEA-Moderators)



„Mit nur einem durch FMEA vermiedenen Fehler, der zu einem Rückruf geführt hätte, wird die FMEA wirtschaftlich.“  
(Zitat eines Mitarbeiters aus dem Bereich Q-Strategie)

# Vorgehensweise

## Erfolgskritische Faktoren der FMEA

### ■ Die Teamzusammensetzung:

- Interdisziplinäre Zusammensetzung (max. 8 Personen)
- Gute Kenntnisse des Untersuchungsobjektes (z.B. Einbindung von Werkern bei der Prozess-FMEA)
- Einheitlicher Kenntnisstand bzgl. der FMEA-Methodik
- Erfahrener Moderator

### ■ Die Geschäftsleitung:

- Unterstützung der FMEA-Arbeit und der Verbesserungsmaßnahmen
- Ausstattung der Teilnehmer mit Kompetenzen

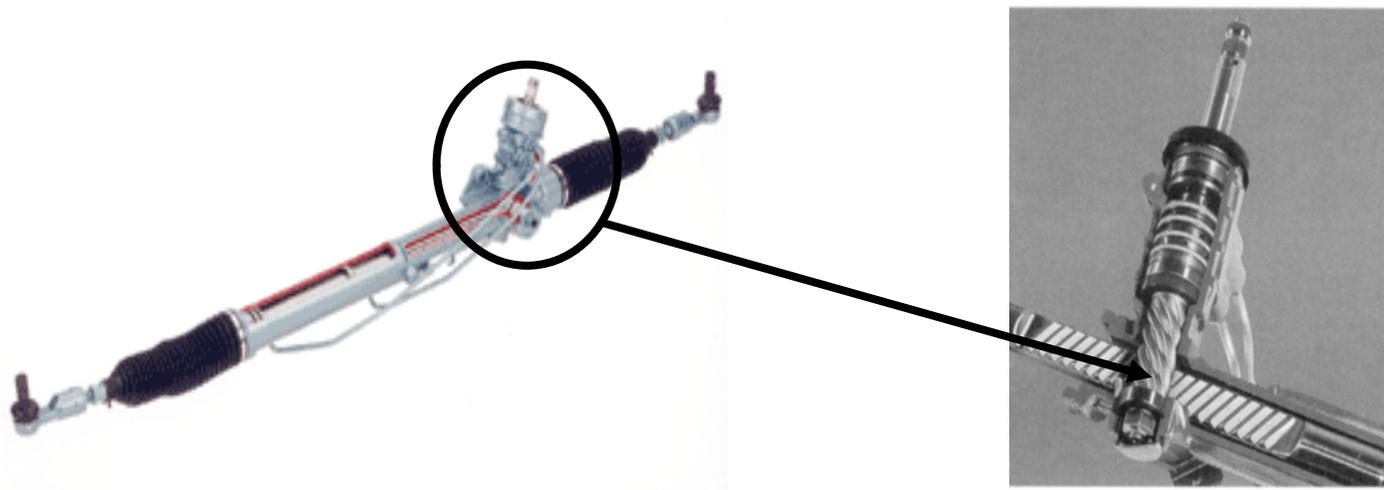
### ■ Die Raumausstattung:

- z.B. Metaplan, Flipchart, PC mit Beamer, Getränke

# BEISPIEL FÜR EINE KONSTRUKTIONSFMEA

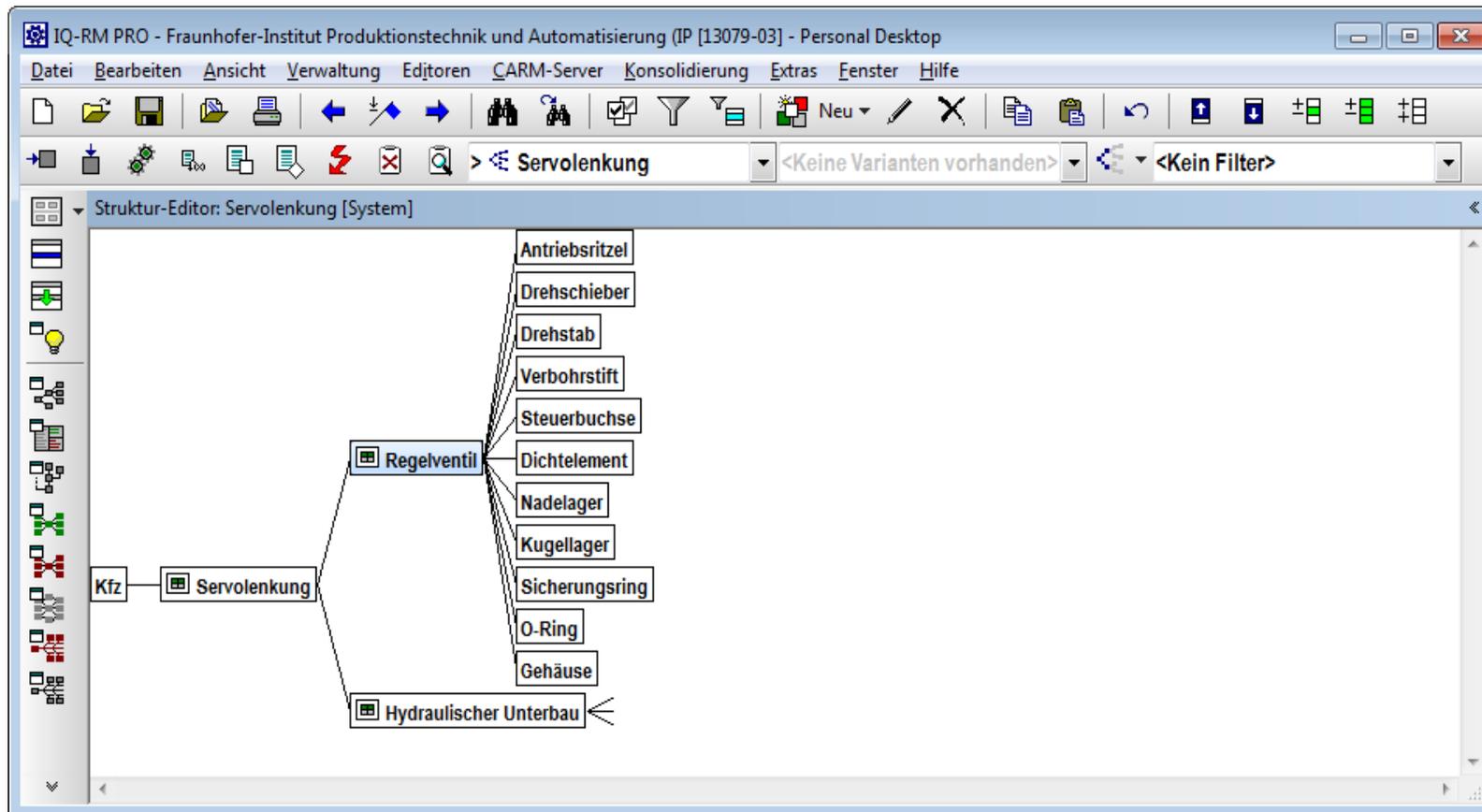
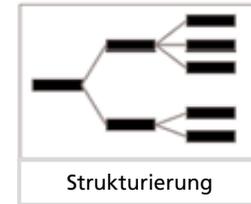
# Beispiel für eine Konstruktions-FMEA

## Servolenkung



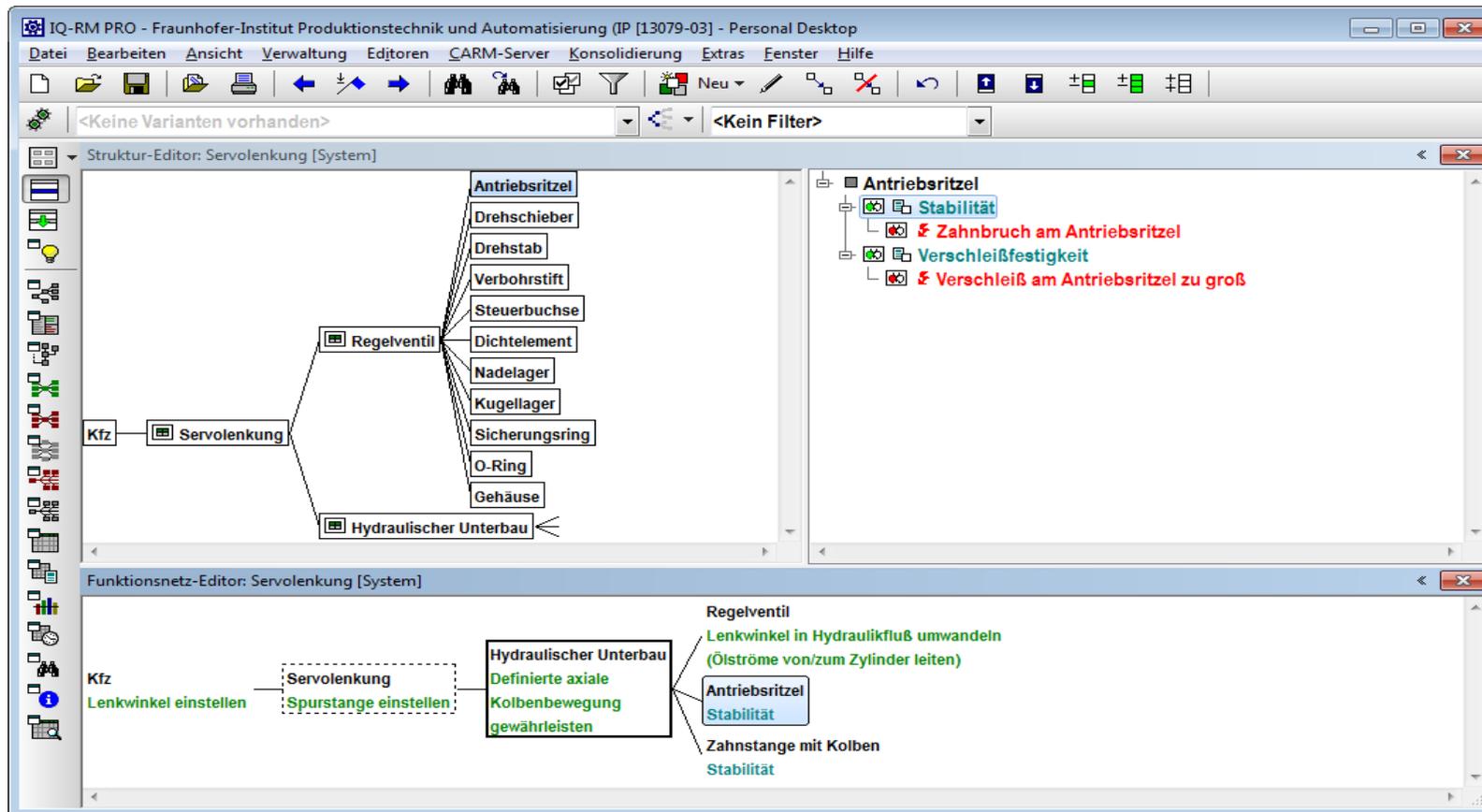
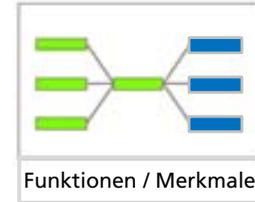
# Beispiel für eine Konstruktions-FMEA

## Systemstruktur



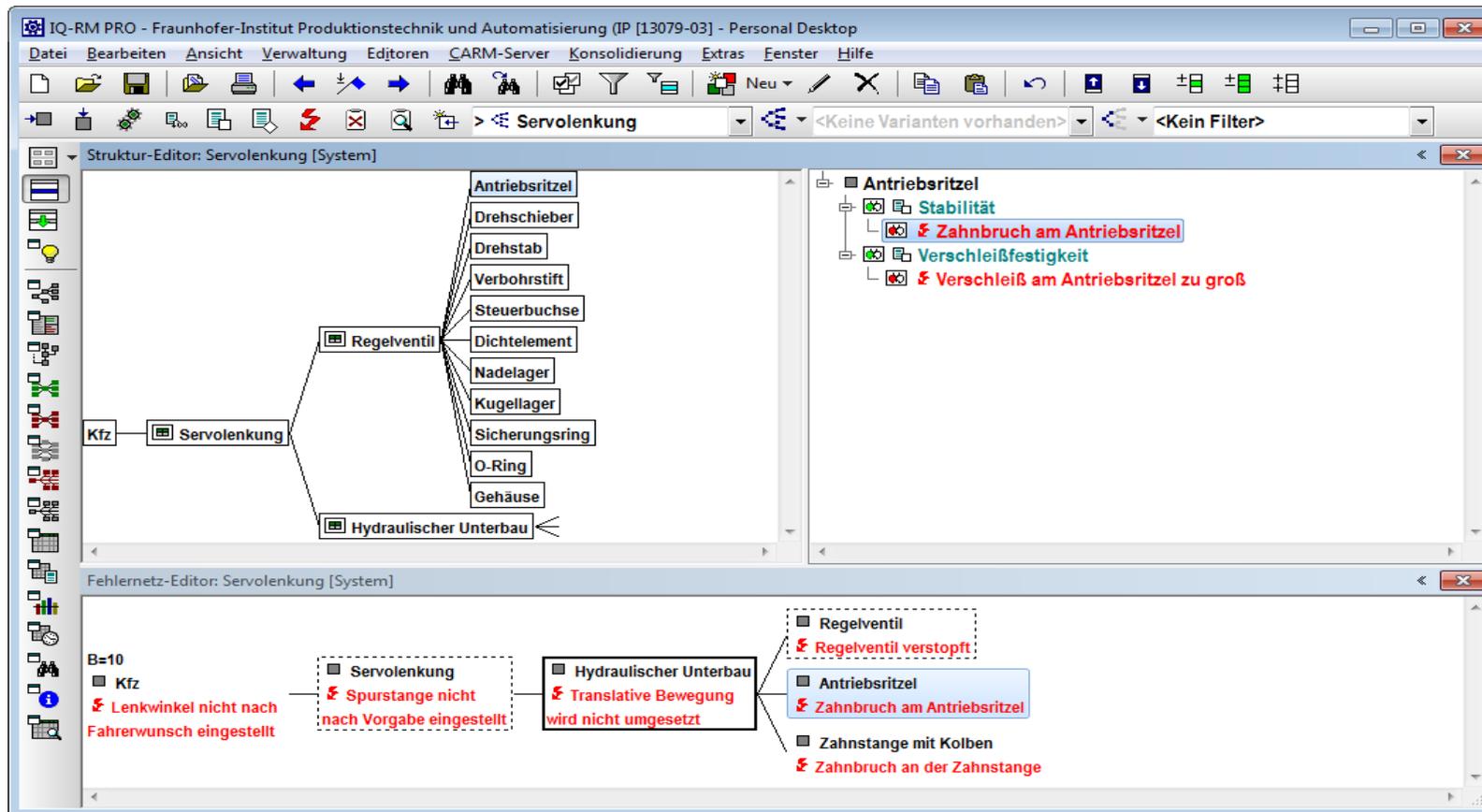
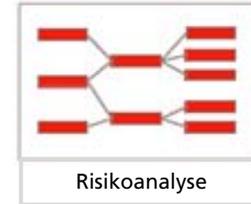
# Beispiel für eine Konstruktions-FMEA

## Funktionsnetz, Funktionen und Produktmerkmale



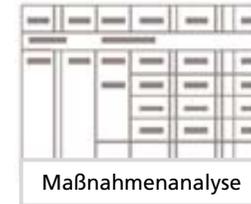
# Beispiel für eine Konstruktions-FMEA

## Fehlernetz, Fehlfunktionen und Fehlermerkmale



# Beispiel für eine Konstruktions-FMEA

## Maßnahmenanalyse, Risikobewertung und Risikominimierung im FMEA-Formblatt



Formblatt-Editor VDA 96 / VDA 06: Hydraulischer Unterbau (Servolenkung [System])

Systemelement: Hydraulischer Unterbau

Funktion: [Hydraulischer Unterbau]  
Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleisten

[Servolenkung] Spurstange nicht nach Vorgabe eingestellt	10	YC	[Hydraulischer Unterbau] Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Regelventil] Regelventil verstopft					
[Kfz] >> Lenkwinkel nicht nach Fahrerwunsch eingestellt				[Antriebsritzel] Zahnbruch am Antriebsritzel	Maßnahmenstand - Anfang: 30.05.2001				
					Auslegung der Verzahnung auf Basis bekannter ZHLs.	3	10	300	Schloske, Alexander, 210 21.06.2001 abgeschlossen
					Maßnahmenstand: 30.05.2001				
					Berechnung der Verzahnung Schloske, Alexander, 210 01.10.2001 (abgeschlossen)	1			
					Dauererprobung auf dem Fahrprüfstand gemäß Lastenheft des Kunden Mannuß, Oliver, 213 01.07.2002 (abgeschlossen)	2	20		Mannuß, Oliver, 213 ----- Schloske, Alexander, 210 01.10.2001 - 15.07.2002 abgeschlossen
					Mißbrauchstest (Bordsteinabdruckversuch) nach Dauerlaufversuch Mannuß, Oliver, 213 15.07.2002 (abgeschlossen)				
				[Zahnstange mit Kolben] Zahnbruch an der Zahnstange					

**Hypothese** (indicated by a red bracket across the middle rows)

**Ist-Stand** (indicated by a red bracket on the right for the first two rows)

**Opt. Stand** (indicated by a red bracket on the right for the last two rows)



# Beispiel für eine Konstruktions-FMEA Maßnahmenverfolgung



IQ-RM PRO - Fraunhofer-Institut Produktionstechnik und Automatisierung (IP [13079-03] - Personal Desktop)

Layout: IQ Struktur - Formblattsicht <Kein Filter>

Terminverfolgung: Servolenkung [System]

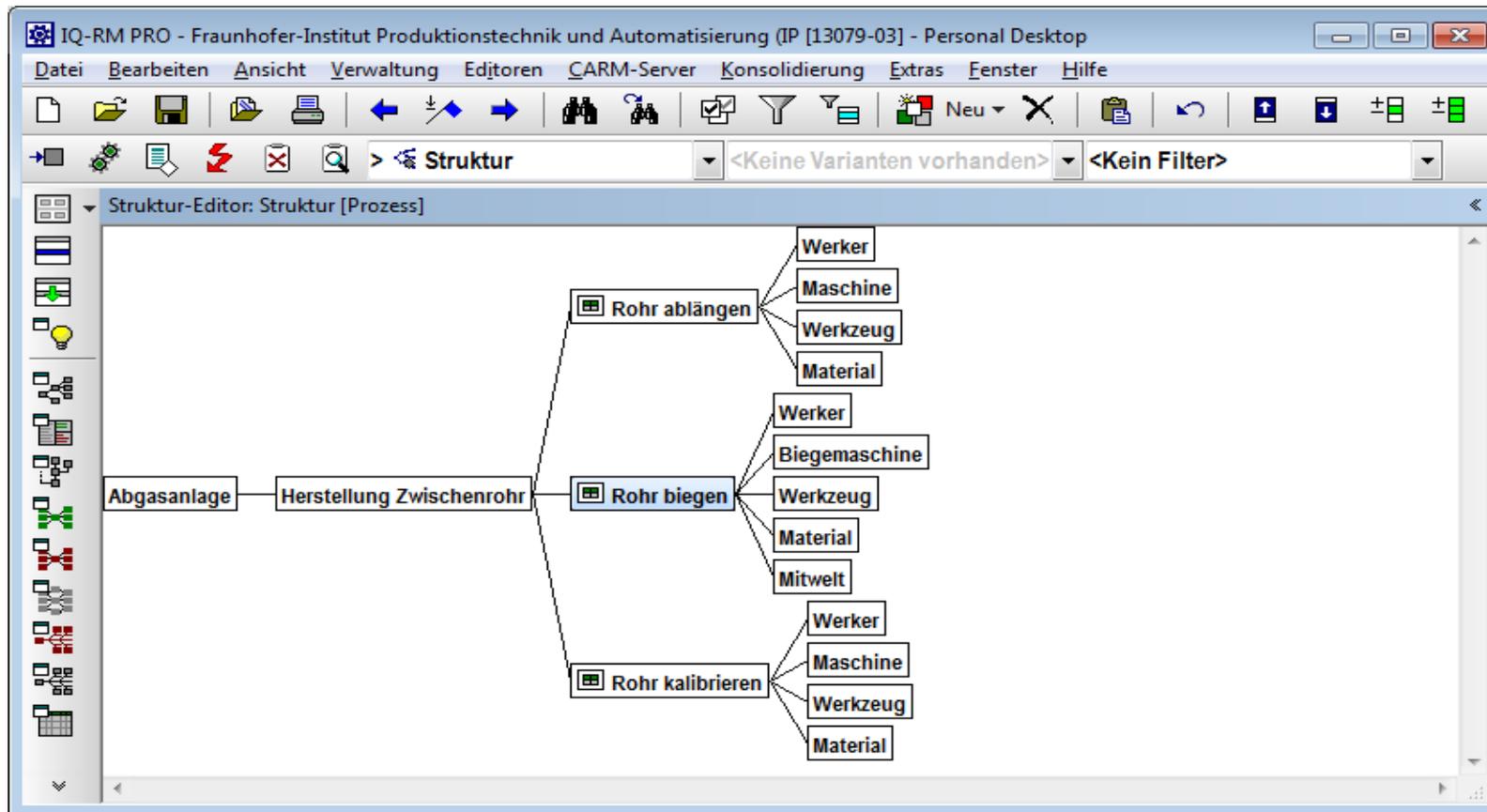
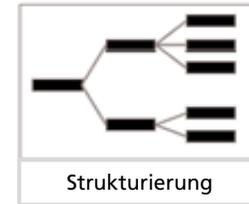
Zustand

Funktion	Fehlerfolge	K	Fehlfunktion	Fehlerursache	Vermeidungsmaßnahme	Entdeckungsmaßnahme	Datum	Zustand	Verantwortlich
<b>Zustand: abgeschlossen (8 Einträge)</b>									
Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleistet	[Kfz] Lenkwinkel nicht nach Fahrerwunsch eingestellt	YC	[Hydraulischer Unterbau] Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Antriebsritzel] Zahnbruch am Antriebsritzel		Dauererprobung auf dem Fahrprüfstand gemäß Lastenheft des Kunden	01.07.2002	abgeschlossen	Mannuß, Oliver, 213
Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleistet	[Kfz] Lenkwinkel nicht nach Fahrerwunsch eingestellt	YC	[Hydraulischer Unterbau] Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Antriebsritzel] Zahnbruch am Antriebsritzel		Mißbrauchstest (Bordsteinabdruckversuch) nach Dauerlaufversuch	15.07.2002	abgeschlossen	Mannuß, Oliver, 213
Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleistet	[Kfz] Lenkwinkel nicht nach Fahrerwunsch eingestellt	YC	[Hydraulischer Unterbau] Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Antriebsritzel] Zahnbruch am Antriebsritzel	Auslegung der Verzahnung auf Basis bekannter ZHLs.		21.06.2001	abgeschlossen	Schloske, Alexander, 210
Definierte axiale Kolbenbewegung gewährleistet	[Kfz] Lenkwinkel nicht nach Fahrerwunsch eingestellt	YC	[Hydraulischer Unterbau] Translative Bewegung wird nicht umgesetzt	[Antriebsritzel] Zahnbruch am Antriebsritzel	Berechnung der Verzahnung		01.10.2001	abgeschlossen	Schloske, Alexander, 210

# BEISPIEL FÜR EINE PROZESS-FMEA

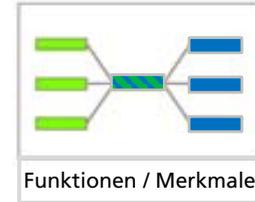
# Beispiel für eine Prozess-FMEA

## Prozessstruktur



# Beispiel für eine Prozess-FMEA

## Funktionsnetz, Produktmerkmale und Prozessmerkmale



IQ-RM PRO - Fraunhofer-Institut Produktionstechnik und Automatisierung (IP [13079-03] - Personal Desktop)

Struktur-Editor: Struktur [Prozess]

<Keine Varianten vorhanden> <Kein Filter>

Struktur-Editor: Struktur [Prozess]

```

    graph LR
      Abgasanlage --> Herstellung_Zwischenrohr[Herstellung Zwischenrohr]
      Herstellung_Zwischenrohr --> Rohr_ablaengen[Rohr ablängen]
      Herstellung_Zwischenrohr --> Rohr_biegen[Rohr biegen]
      Herstellung_Zwischenrohr --> Rohr_kalibrieren[Rohr kalibrieren]
      Rohr_biegen --> Werker
      Rohr_biegen --> Biegemaschine
      Rohr_biegen --> Werkzeug
      Rohr_biegen --> Material
      Rohr_biegen --> Mitwelt
  
```

Struktur-Editor: Struktur [Prozess]

- Werker
  - Korrektes Werkzeug
  - ⚠ Falsches Werkzeug eingebaut
  - ⚠ Maschine falsch gerüstet
  - Korrektes Programm
  - ⚠ Falsches Programm geladen
  - Lagerrichtige Position der Schweißnaht des Vormaterials
  - ⚠ Falsches Material eingelegt (ferritisch statt austenitisch)
  - ⚠ Vormaterial nicht mit Schweißnaht nach oben eingelegt

Funktionsnetz-Editor: Struktur [Prozess]

```

    graph LR
      Abgasanlage --> Herstellung_Zwischenrohr[Herstellung Zwischenrohr]
      Herstellung_Zwischenrohr --> Rohr_biegen[Rohr biegen]
      Rohr_biegen --> Biegemaschine
      Rohr_biegen --> Boosterenergie
      Rohr_biegen --> Werker
      Rohr_biegen --> Lagerrichtige_Position[Lagerrichtige Position der Schweißnaht des Vormaterials]
      Rohr_biegen --> Mitwelt
      Rohr_biegen --> Rohrtemperatur
      Rohr_biegen --> Werker
      Rohr_biegen --> Korrektes_Programm[Korrektes Programm]
      Rohr_biegen --> Werker
      Rohr_biegen --> Korrektes_Werkzeug[Korrektes Werkzeug]
  
```

Funktionsnetz-Editor: Struktur [Prozess]

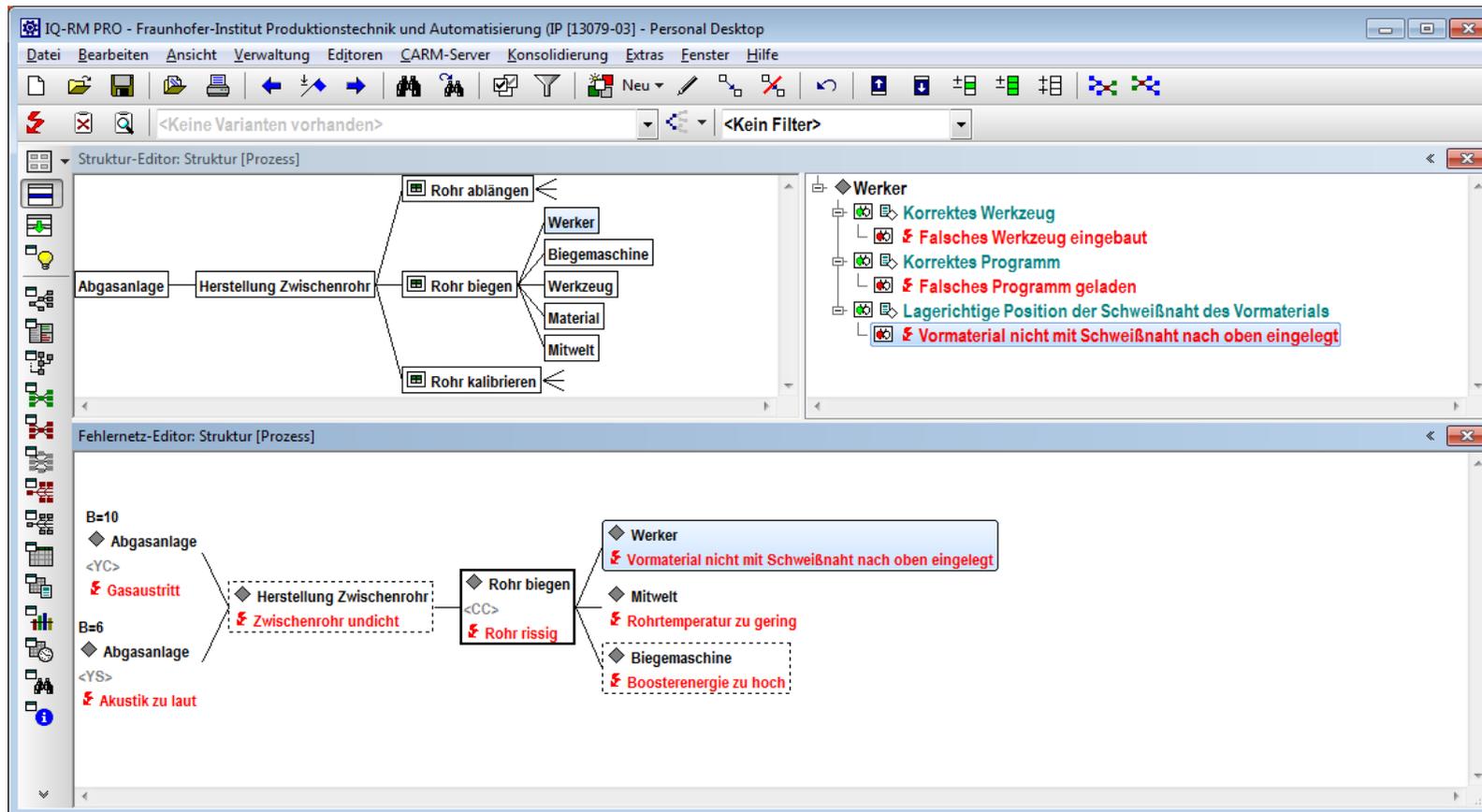
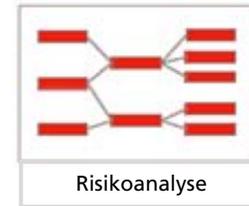
Abgasanlage: Funktion sicherstellen

Herstellung Zwischenrohr: Zwischenrohr herstellen

Rohr biegen: Biegekontur gemäß Zeichnung

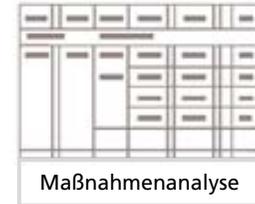
# Beispiel für eine Prozess-FMEA

## Fehlernetz, Fehlfunktionen und Fehlermerkmale



# Beispiel für eine Prozess-FMEA

## Risikobewertung und Risikominimierung im FMEA-Formblatt



Formblatt-Editor VDA 96 / VDA 06: Rohr biegen (Struktur [Prozess])

Fehlerfolge	B	Fehlerart	K	Fehlerursache	Vermeidungsmaßnahme	A	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	V/T
<b>Prozesselement: Rohr biegen</b>										
Merkmal: [Rohr biegen] Biegekantung gemäß Zeichnung										
[Herstellung Zwischenrohr] Zwischenrohr undicht		[Rohr biegen] Rohr rissig	CC	[Werker] Vormaterial nicht mit Schweißnaht nach oben eingelegt	Maßnahmenstand - Anfang: 19.02.2009	4	Sichtprüfung auf Risse durch Werker nach dem Biegen	7	280	
[Abgasanlage] >> Gasaustritt	10				Maßnahmenstand: 19.02.2009					
[Abgasanlage] >> Akustik zu laut	6				Einbringung einer Kerbe im Rohr nach dem Ablängen zur exakten Positionierung der Schweißnaht in der Biegevorrichtung	1		7	70	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung 27.02.2009 abgeschlossen
<b>Hypothese</b>										
					Maßnahmenstand: 27.02.2009	1	Entfall der Sichtprüfung auf Risse durch Werker	10	100	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung 27.02.2009 abgeschlossen
					Maßnahmenstand - Anfang: 18.02.2009					
				[Mittelw.] Rohrtemperatur zu gering	Witterungsbedingte Rohrtemperatur	5	Sichtprüfung auf Risse durch Werker nach dem Biegen	7	350	
					Maßnahmenstand: 18.02.2009					
					Rohre mindestens 6 Stunden vor dem Biegen in der Halle lagern	1		7	70	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung 27.02.2009 abgeschlossen
					Überprüfung der Rohrtemperatur vor der ersten Verarbeitung des					

Ist-  
Stand

Opt.  
Stand

Änd.  
Stand



# BESONDERE MERKMALE

## Besondere Merkmale

### Definition nach TS 16949, VDA 4.3 und VDA 6.1

Besondere Merkmale sind **Produktmerkmale** und/oder **Prozessmerkmale**, die Auswirkungen auf die **Funktionssicherheit** (Betriebs- und Gebrauchssicherheit), die **Einhaltung behördlicher Vorschriften**, die **Funktion**, die **Leistung**, die **Passform**, das **Erscheinungsbild** oder die weitere **Verarbeitung des Produktes** haben können. [vgl. TS 16949, VDA 4.3, VDA 6.1]

# Alles klar



Bildquelle: <http://stevenblack.files.wordpress.com>

# Besondere Merkmale

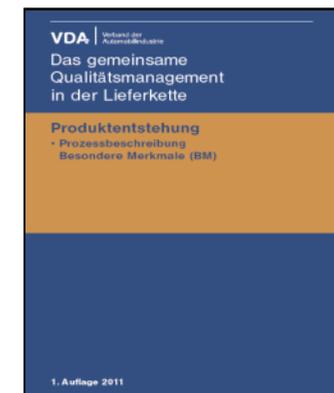
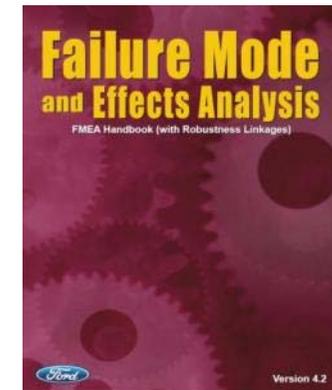
## Verwirrende Aussagen zu Besonderen Merkmalen

- Jedes Produkt muss mindestens ein *Besonderes Merkmal* aufweisen
- Alle SPC-Merkmale sind *Besondere Merkmale*
- Alle Merkmale, die 100% geprüft werden sind *Besondere Merkmale*
- Alle Merkmale eines sicherheitsrelevanten Produktes oder Bauteils sind *Besondere Merkmale*
- Jedes Merkmal, das bereits einmal reklamiert wurde, muss als *Besonderes Merkmal* deklariert werden
- Alle Merkmale, die in der Konstruktions-FMEA mit A=1 bewertet wurden, brauchen nicht mehr als *Besondere Merkmale* im Prozess betrachtet werden
- Eine Maschine muss besonders gekennzeichnet werden, wenn auf ihr ein *Besonderes Merkmal* produziert wird
- ...

# Besondere Merkmale

## Unterschiedliche Bezeichnungen

- Ford
  - YC = Yes - could be - Critical (Produkt-FMEA)
  - YS = Yes - could be - Special (Produkt-FMEA)
  - CC = Critical Characteristic (Prozess-FMEA)
  - SC = Special Characteristic (Prozess-FMEA)
- VDA (Produkt- und Prozess-FMEA)
  - BM S = Sicherheitsrelevanz
  - BM Z = Gesetzliche und behördliche Vorgaben
  - BM F = Funktionen und Forderungen
- Übersetzungstabellen stellen die Schnittstelle zwischen eigener und Kundenbezeichnung her



Quelle: Ford, VDA

# Denkmodell Besondere Merkmale

## Zusammenhang zwischen Funktionen und Merkmalen

Anforderung Stift: Schreiben

Funktion ZB Stift: Festsitz der Kappe auf dem Grundkörper sicherstellen



**Merkmal Kappe:**  
**Innendurchmesser**

**Merkmal Grundkörper:**  
**Außendurchmesser**

Bildquelle: [www.industrialpartners.eu/uploads/tx\\_iprojects/Neuland\\_02\\_RE.jpg](http://www.industrialpartners.eu/uploads/tx_iprojects/Neuland_02_RE.jpg)

# Aufgabenverteilung bei Besonderen Merkmalen

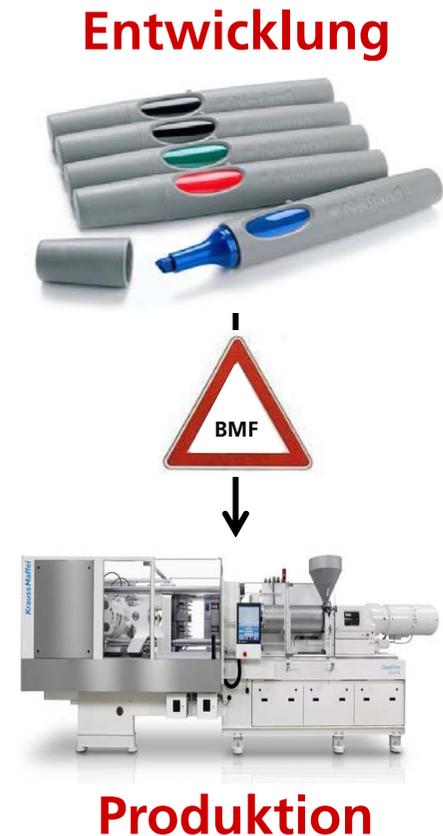
## Systematische Analyse und durchgängige Betrachtung der Besonderen Merkmale (Beispiel Stift)

### ■ Entwicklung

- Definition des Innendurchmessers der Kappe und des Außendurchmessers des Grundkörpers als BMF
- Toleranzanalyse für Kappe und Grundkörper
- Erstellung von Grenzmustern (Kappe mit minimalem Innendurchmesser und Grundkörper mit maximalem Außendurchmesser)
- Steckversuch mit 1000 Zyklen mit Grenzmuster und anschließender Beurteilung der Abzugskraft

### ■ Produktion

- Überwachung der Innen- und Außendurchmesser (werkzeuggebundener Prozess, alle Kavitäten)



# Klassifizierung von Merkmalen

## Unterscheidung zwischen Besonderen Merkmalen, Prüfmerkmalen und sonstigen Merkmalen

### Besondere Merkmale

Wichtige Merkmale aus Sicht des (End-)Produktes (Sicherheit, Gesetz, Funktion)

Überwachung und Dokumentation in der Produktion notwendig (Ziel: Null-Fehler)

Nachweisführung im Schadensfall gegenüber Externen notwendig  
BM S / BM Z = 15 Jahre  
BM F = 3 Jahre

Rückverfolgbarkeit notwendig

### Prüfmerkmale

Wichtige Merkmale aus Sicht des Unternehmens (z.B. zur Prozessführung)

Überwachung in Produktion sinnvoll, jedoch keine Dokumentation notwendig

Keine Nachweisführung gegenüber Externen notwendig

Keine Rückverfolgbarkeit notwendig

### Sonstige Merkmale

Auf Zeichnung spezifiziert, jedoch ohne nennenswerte Funktionsbeeinträchtigungen bei Abweichungen

Absicherung durch Erstbemusterung und regelmäßige Requalifikation

Keine Nachweisführung gegenüber Externen notwendig

Keine Rückverfolgbarkeit notwendig

# Besondere Merkmale

## Bezeichnung nach VDA und juristische Relevanz

### Besondere Merkmale

- **BM S = Sicherheitsrelevanz:**  
Produktsicherheit oder sicherheitsrelevante Folgen  
(Bedeutung B = 10 in der FMEA)
- **BM Z = Zertifizierungsrelevanz:**  
Gesetzliche Vorgaben zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens  
(Bedeutung B = 9 in der FMEA)
- **BM F = Funktionsrelevanz:**  
Funktionen und Forderungen  
(Bedeutung B = 5 .. 8 in der FMEA)

### Juristische Relevanz

- **Strafrecht:** Strafrechtliche Verantwortung von Mitarbeitern bei Verschulden
- **Öffentliches Recht:** Befugnisse von Überwachungsbehörden (Auflagen, Vermarktungsstopp, Warnung, Produktrückruf)
- **Zivilrecht:** Gewährleistung (Nachbesserung, Rücktritt, Minderung, Schadensersatz)

# Besondere Merkmale

## Besondere Merkmale und mögliche Fragenstellungen

### Besondere Merkmale

- Sicherheitsrelevanz:  
Produktsicherheit oder sicherheitsrelevante Folgen  
(Bedeutung B = 10 in der FMEA)
- Zertifizierungsrelevanz:  
Gesetzliche Vorgaben zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens  
(Bedeutung B = 9 in der FMEA)
- Funktionsrelevanz:  
Funktionen und Forderungen  
(Bedeutung B = 5 .. 8 in der FMEA)

### Fragenstellungen

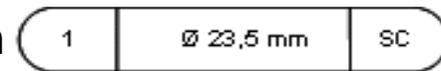
- Könnte uns ein Staatsanwalt bei Abweichungen von dem Merkmal wegen Verletzung von Leib und Leben anklagen?
- Könnte uns ein Bundesamt bei Abweichungen von dem Merkmal einen Vermarktungsstopp oder Produktrückruf anordnen?
- Könnten auf uns bei Abweichungen von dem Merkmal erhöhte Gewährleistungskosten zukommen?

## Besondere Merkmale

# Dokumentation und Archivierung von Besonderen Merkmalen zur Nachweispflicht im Schadensfall

### Entwicklung:

- Dokumentation in Risikoanalysen und Zeichnungen



### Produktions- und Prüfplanung:

- Dokumentation der Lenkungs-, Prüf- und Reaktionsmethoden in Produktionslenkungsplan (PLP) oder in Prüfplänen u. Arbeitsanweisungen

### Produktion:

- Dokumentation der Besonderen Merkmale (Messwerte)

### Archivierung:

- Dokumentation, Aufbewahrung und Rückverfolgbarkeit der Ergebnisse
  - Vorgabedokumente für BM S/Z = 15 Jahre nach End of Production (EoP)
  - Qualitätsaufzeichnungen für BM S/Z = 15 Jahre nach Produktion

# SYSTEMATISCHE ANALYSE UND DURCHGÄNGIGE BETRACHTUNG

# Besondere Merkmale

## Systematische Analyse und durchgängige Betrachtung der Besonderen Merkmale mit FMEA nach VDA 4 (2006)

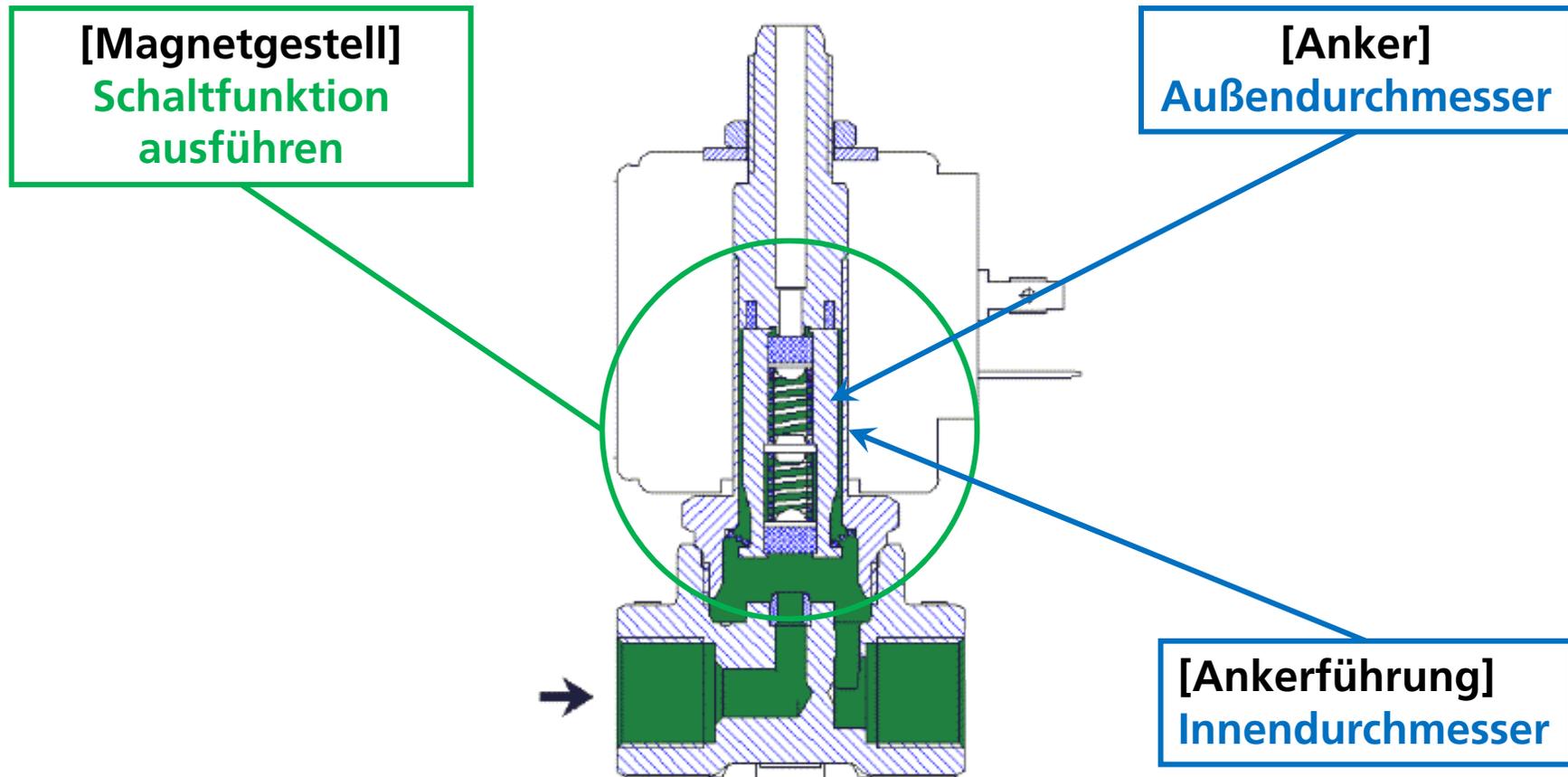
Die FMEA nach VDA 4 (2006) eignet sich hervorragend zur **systematischen Analyse** und **durchgängigen Betrachtung** der Besonderen Merkmale:

- Konstruktions-FMEA
  - Identifikation der Besonderen Merkmale
  - Funktionsgerechte Auslegung der Besonderen Merkmale (Ziel A=1)
- Prozess-FMEA
  - Beurteilung der Auftretenswahrscheinlichkeit in der Produktion
  - Planung von Maßnahmen zur sicheren Vermeidung und/oder Entdeckung in der Produktion (Ziel **grüner Bereich** in der A\*E-Matrix)

10	50000	50,0	500,0	500,0	1500,0	1500,0	1500,0	10000,0	10000,0	50000,0	50000,0
9	100000	10,0	100,0	100,0	300,0	300,0	300,0	2000,0	2000,0	10000,0	10000,0
8	30000	3,0	30,0	30,0	90,0	90,0	90,0	600,0	600,0	3000,0	3000,0
7	10000	1,0	10,0	10,0	30,0	30,0	30,0	200,0	200,0	1000,0	1000,0
6	5000	0,5	5,0	5,0	15,0	15,0	15,0	100,0	100,0	500,0	500,0
5	2000	0,2	2,0	2,0	6,0	6,0	6,0	40,0	40,0	200,0	200,0
4	500	0,0	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	10,0	10,0	50,0	50,0
3	100	0,0	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	2,0	2,0	10,0	10,0
2	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1,0	1,0
1	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
A/E		99,99%	99,90%	99,90%	99,70%	99,70%	99,70%	98,00%	98,00%	90,00%	90,00%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

# Beispielsystem Magnetventil

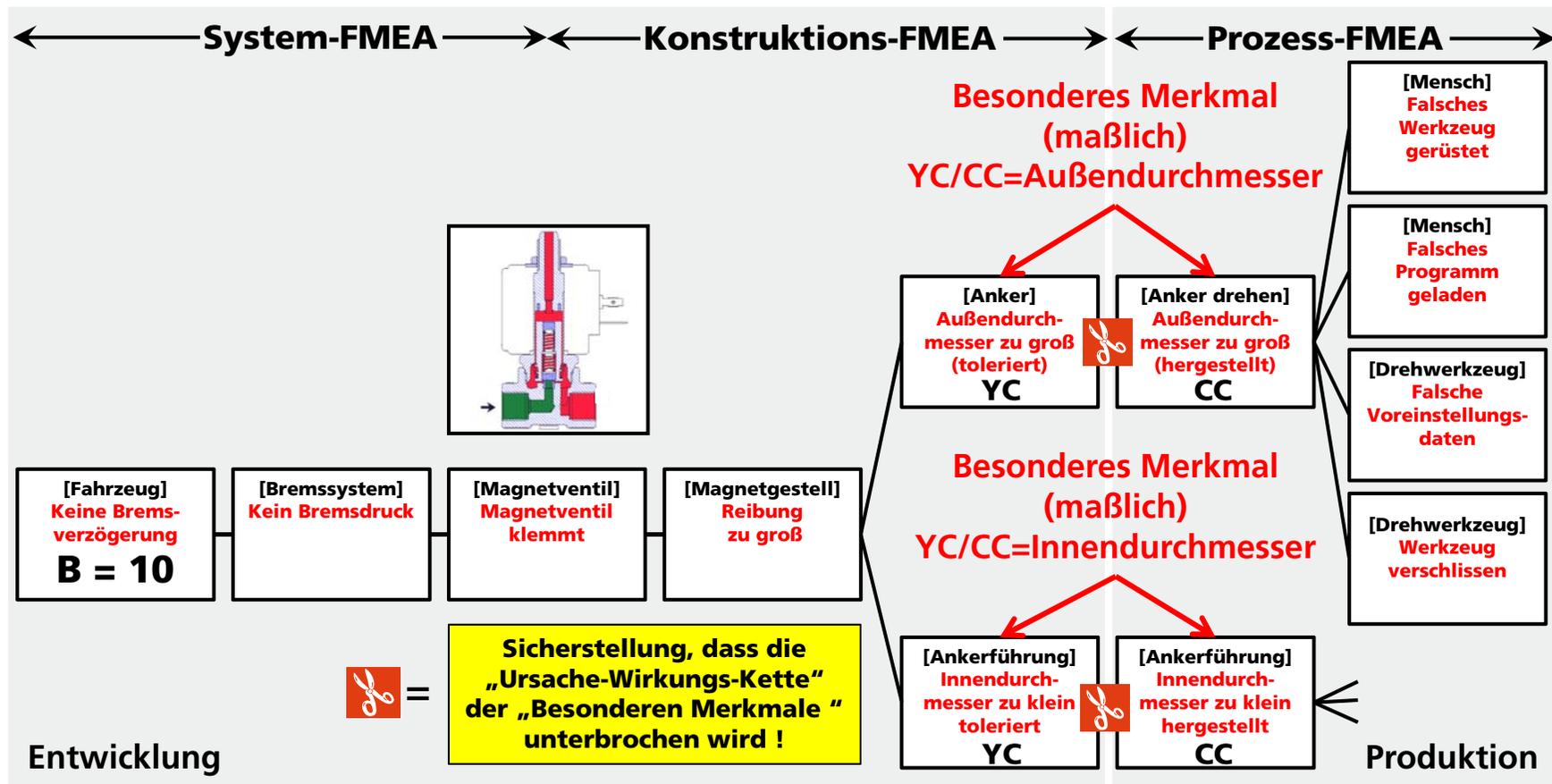
## Funktionsprinzip



Bildquelle: <http://www.magnetventile-shop.de>

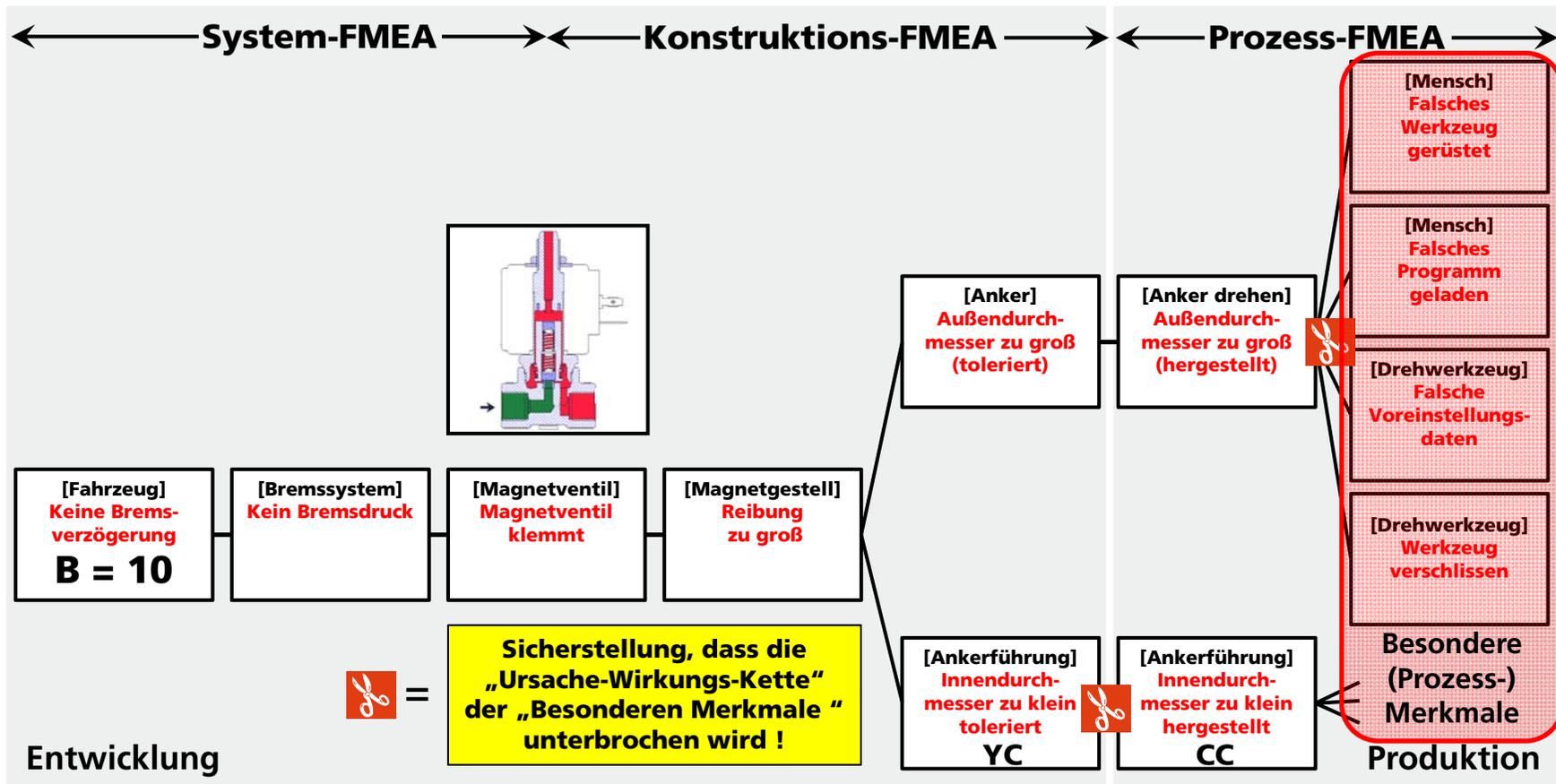
# Denkmodelle zur Definition von Besonderen Merkmalen

## Möglichkeit 1 zur Definition von Besonderen Merkmalen



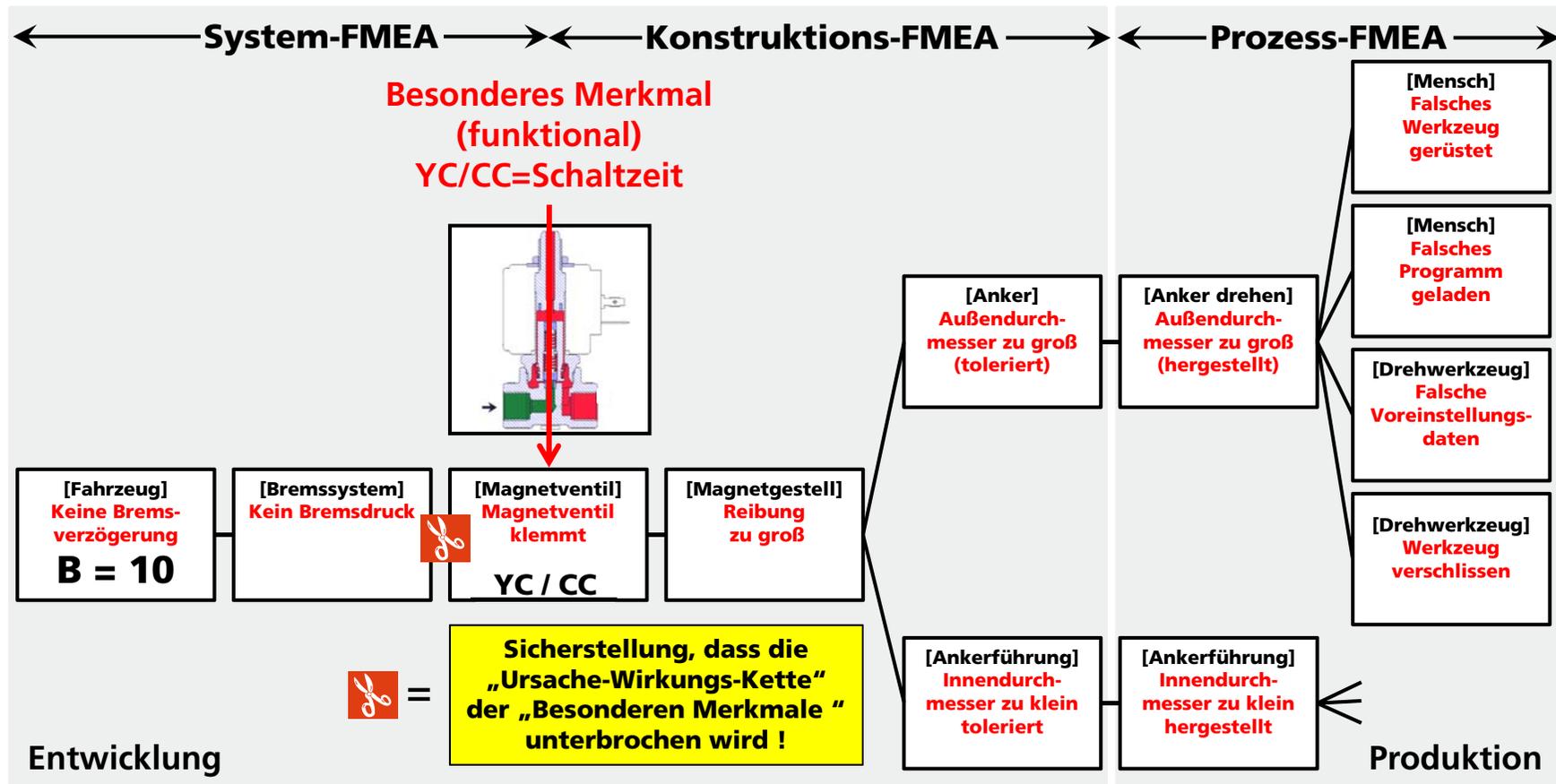
# Denkmodelle zur Definition von Besonderen Merkmalen

## Möglichkeit 2 zur Definition von Besonderen Merkmalen (nur sinnvoll, wenn Produktmerkmal nicht messbar!)



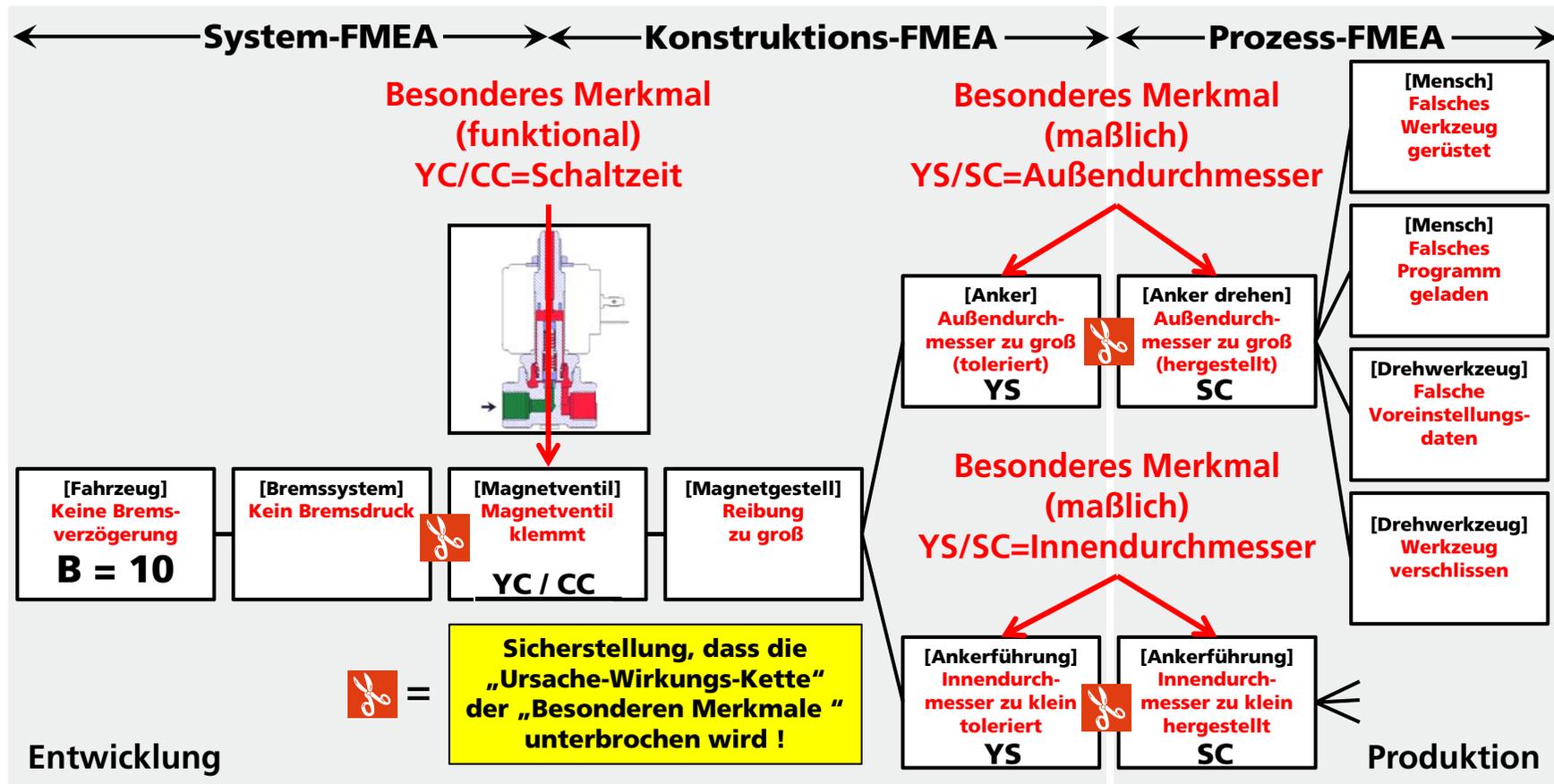
# Denkmodelle zur Definition von Besonderen Merkmalen

## Möglichkeit 3 zur Definition von Besonderen Merkmalen



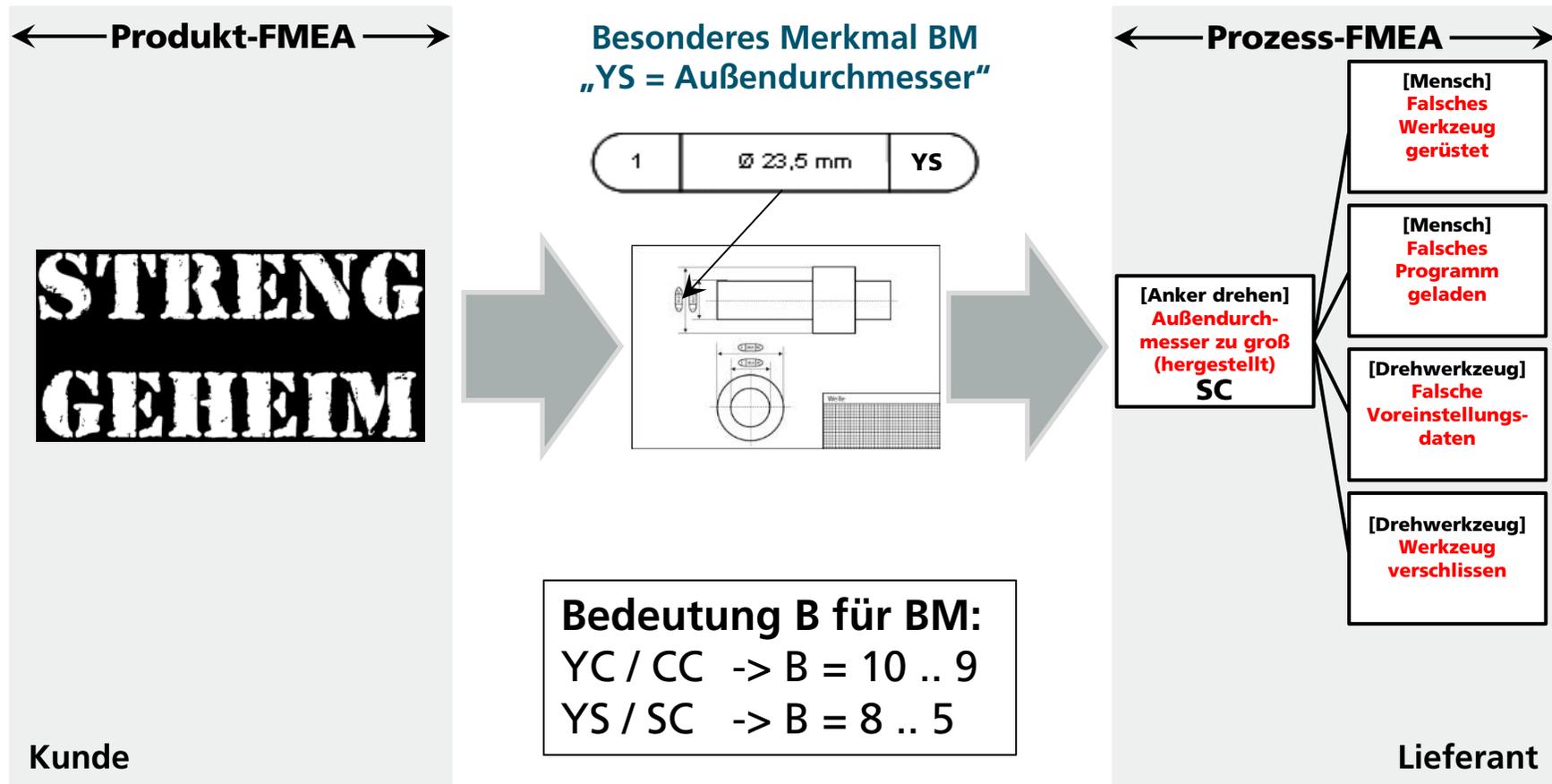
# Denkmodelle zur Definition von Besonderen Merkmalen

## Möglichkeit 4 zur Definition von Besonderen Merkmalen



# Denkmodelle zur Kunden-Lieferanten-Kommunikation

## Besondere Merkmale zur Kommunikation des Risikos zwischen Kunden und Lieferanten



# DURCHGÄNGIGE ANALYSE

## K-FMEA, P-FMEA, CONTROL-PLAN



# Koppelung von Produkt-FMEA und Prozess-FMEA

## Darstellung der Besonderen Merkmale in der Prozess-FMEA

IQ-RM PRO - Fraunhofer-Institut Produktionstechnik und Automatisierung (IP [13079-03] - Personal Desktop)

Struktur-Editor: P-FMEA [System]

Welle drehen {1}

- <CC> Durchmesser = 20,00 mm ±0,2 {1}
- Bügelmessschraube, 1, alle 100 Teile
  - & <CC> Durchmesser zu groß (hergestellt) {1}
  - & Durchmesser zu klein {1}

Formblatt-Editor VDA 96 / VDA 06: Welle drehen (P-FMEA [System])

Fehlerfolge	B	K	Fehlerart	K	Fehlerursache	K	Vermeidungsmaßnahme	A	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	V/T					
Welle drehen																	
Prozesselement: Welle drehen																	
Merkmal: [Welle drehen]																	
<CC> Durchmesser																	
[Welle] <Durchmesser> Durchmesser zu groß (konstruiert)		YC	[Welle drehen] <<CC> Durchmesser> Durchmesser zu groß (hergestellt)	CC	[Werkzeug] <Schneidfähigkeit> Werkzeug verschlissen	Maßnahmenstand - Anfang: 29.04.2013											
[Kfz] <Sicherer Betrieb gegeben> >> Sicherer Betrieb nicht gegeben	10					Produktion											
← K-FMEA →						← Prozess-FMEA →						2	[Durchmesser zu groß (hergestellt)] Stichprobenprüfung auf Außendurchmesser	1	20	Schloske 18.06.2013 Serienproduktion abgeschlossen	
												← K-FMEA →					
← K-FMEA →						← Prozess-FMEA →											

D:\00\_SPA-Schulungen\Offene Seminare\Besondere Merkmale 2013\FMEA-PLP.fme Supervisor §§: Lesen/Schreiben >Deutsch

# Koppelung von Prozess-FMEA und PLP

## Durchgängige Betrachtung der Produktmerkmale durch Anschluss der Prozess-FMEA an den PLP

IQ-RM PRO - Fraunhofer-Institut Produktionstechnik und Automatisierung (IP [13079-03]) - Personal Desktop

Struktur-Editor: P-FMEA [System]

Control-Plan: Welle drehen (P-FMEA [System])

Teile-/Prozessnummer: 1  
 Prozesselement/Arbeitsgangbeschreibung: Welle drehen  
 Maschine: Index 250

Merkmale:

- 1.a Durchmesser {1} [Welle (drehen)]
- 1.4.a Schneidfähigkeit [Werkzeug]

Spezifikation: = 20,00 mm ±0,2

Prüfmittel: Bügelmessschraube

Umfang: 1

Häufigkeit: alle 100 Teile

Lenkungsmaßnahmen:

- Stichprobenprüfung auf Außendurchmesser  
V: Schloske
- Präventiver Austausch des Werkzeugs vor Erreichen der Standzeit  
V: Schloske
- Rücksortierung bis zum letzten i. O.-Teil  
V: Schloske

Entdeckungsmaßnahme

Reaktionsmaßnahme

Vermeidungsmaßnahme

Teile-/Prozessnummer	Prozesselement/Arbeitsgangbeschreibung	Maschine	Nr.	Merkmale		Klassifikation	Methoden				Reaktion	
				Produktmerkmal	Prozessmerkmal		Spezifikation	Prüfmittel	Stichprobenumfang	Häufigkeit		Lenkungsmaßnahme
1	Welle drehen	Index 250	1.a	1.a	Durchmesser {1} [Welle (drehen)]	CC	= 20,00 mm ±0,2	Bügelmessschraube	1	alle 100 Teile	<input checked="" type="checkbox"/> Stichprobenprüfung auf Außendurchmesser V: Schloske	<input checked="" type="checkbox"/> Rücksortierung bis zum letzten i. O.-Teil V: Schloske
			1.4.a		1.4.a	Schneidfähigkeit [Werkzeug]						<input checked="" type="checkbox"/> Präventiver Austausch des Werkzeugs vor Erreichen der Standzeit V: Schloske

D:\...\Offene Seminare\Besondere Merkmale 2013\FMEA-PLP.fme | 1 Prozesselement | Supervisor | §§: Lesen/Schreiben | >Deutsch

# PRÜFSTRATEGIEN IN DER PRODUKTION

# Prüfstrategien in der Produktion

## Kriterien zur Auswahl der geeigneten Prüfstrategie für (besondere) Merkmale

- Mit welchem Fertigungsverfahren wird das (besondere) Merkmal gefertigt?
- Muss das (besondere) Merkmal auf Toleranzmitte gefertigt werden?
- Handelt es sich bei dem Fertigungsverfahren für das (besondere) Merkmal um einen werkzeuggebundenen Prozess?
- Welche Fehlerarten (systematisch / zufällig) können bei dem Fertigungsverfahren für das (besondere) Merkmal auftreten?



Beispiel  
Merkmal Innendurchmesser  
Fertigungsverfahren Stanzen

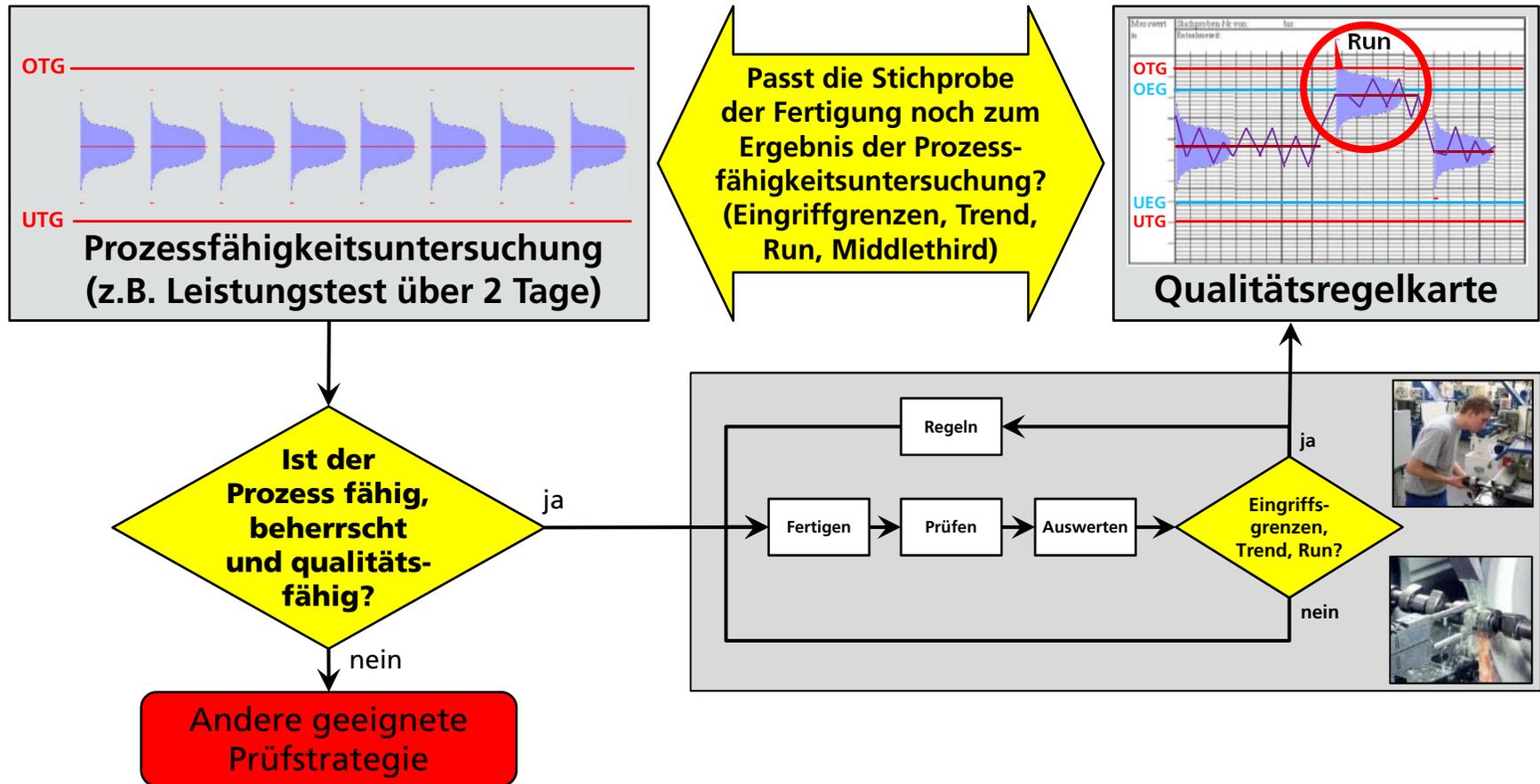
**Besondere Merkmale sind eine Aufforderung zum Dialog!**

# STATISTISCHE PROZESS- REGELUNG (SPC)

# Prüfstrategien in der Produktion

## Statistische Prozessregelung (SPC)

Strategie für  
Besondere  
Merkmale  
geeignet

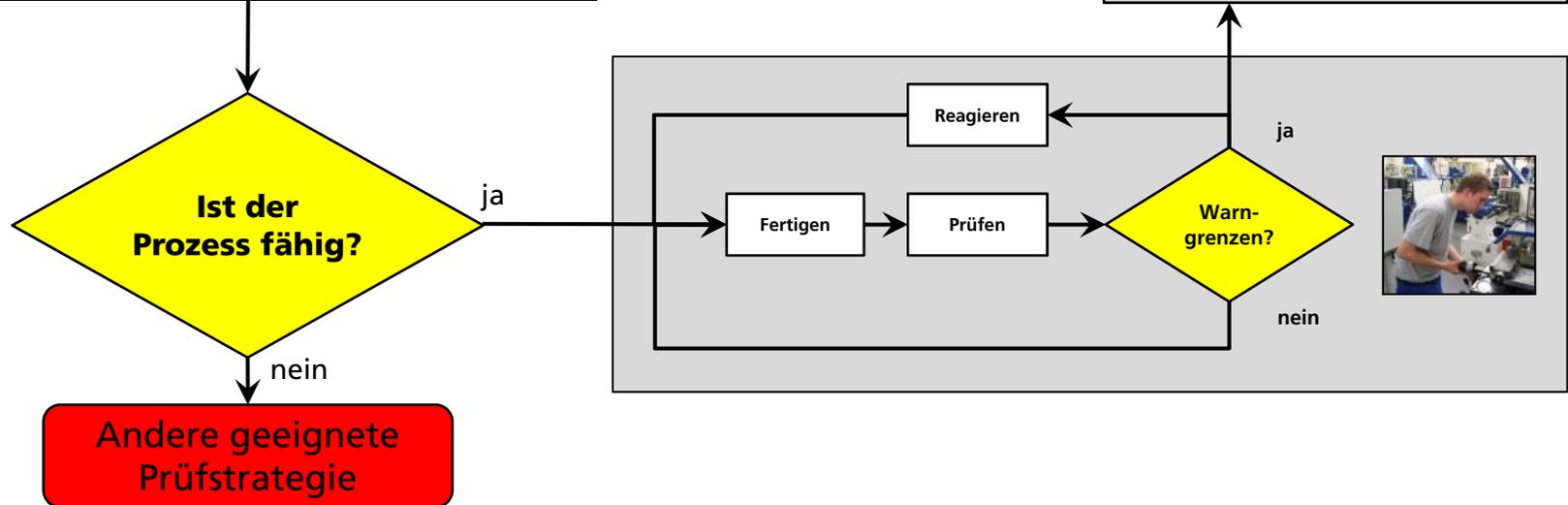
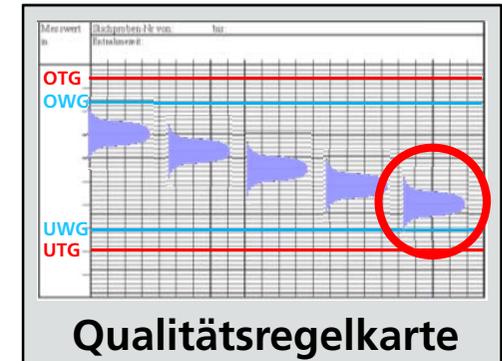


# PROZESSÜBERWACHUNG

# Prüfstrategien in der Produktion

## Prozessüberwachung (z.B. werkzeuggebundene Prozesse)

Strategie für  
Besondere  
Merkmale  
geeignet



# FERTIGUNGSBEGLEITENDE PRÜFUNGEN

# Prüfstrategien in der Produktion

## Klassifikation von Fehlern

### ■ Systematische Fehler:

- Treten an allen Produkten ab einem bestimmten unerwünschten Ereignis gleichermaßen auf
- Haben meist technische Ursachen (z.B. Bruch, Verschleiß) oder sind durch fehlerhaftes Rüsten (z.B. falsches Werkzeug) bedingt
- **Beispiel: Fehlende Bohrung aufgrund von Bohrerbruch**

### ■ Zufällige Fehler:

- Treten nur an einigen Produkten ohne Systematik auf
- Haben meist menschliche Ursachen (Arbeitsgang falsch ausgeführt)
- Treten meist bei manuellen Arbeitsgängen auf
- **Beispiel: O-Ring nicht gefügt**

# Beispiele

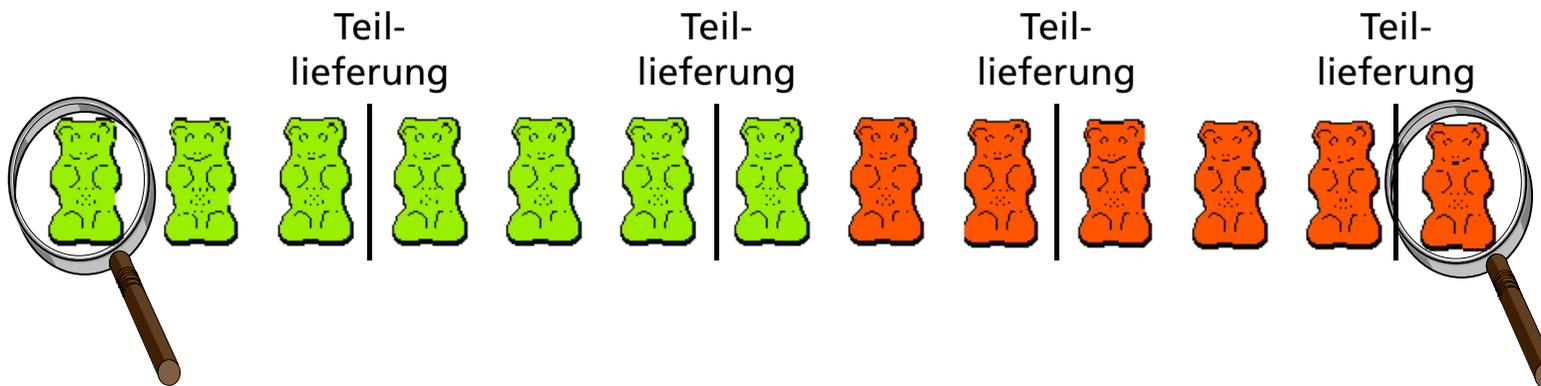
## Systematischer Fehler (z.B. fehlende Bohrung aufgrund von Bohrerbruch)

Strategie nicht für Besondere Merkmale geeignet

### ■ Prüffart:

- Erst- und Letztstückprüfung
- Keine Rücksortierung
- Für Prüfaufgabe geeignetes Prüfmittel

### ■ Keine Entdeckung



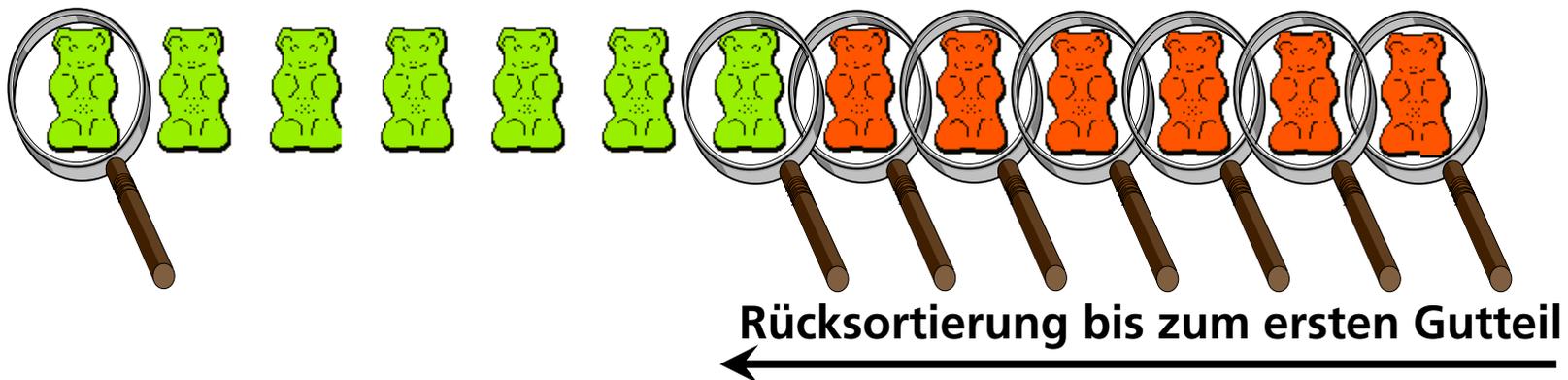
Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

# Beispiele

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

Strategie für  
Besondere  
Merkmale  
geeignet

- Prüffart:
  - Erst- und Letztstückprüfung
  - Rücksortierung und Aussonderung bis zum letzten Gutteil
  - Für Prüfaufgabe geeignetes Prüfmittel
- Sehr gute Entdeckung (bei sicherer Rücksortierung)



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

# Beispiele

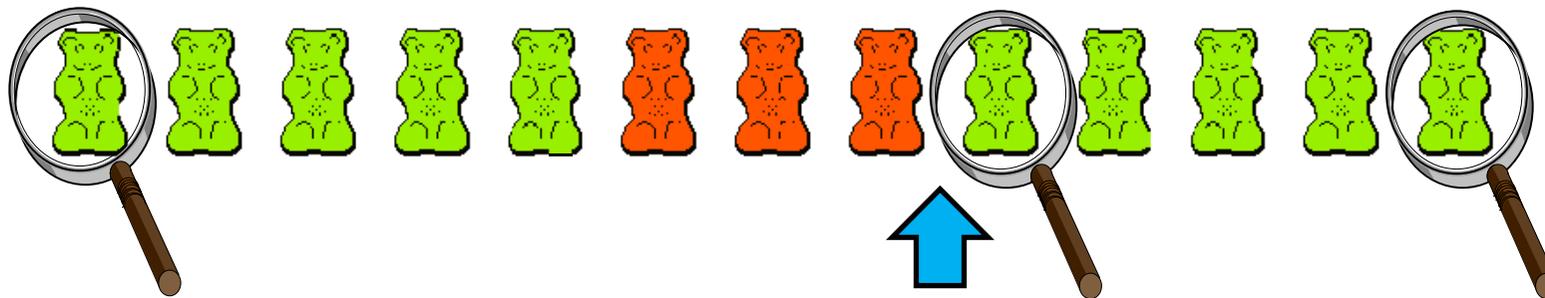
## Systematischer Fehler (z.B. Durchmesser aufgrund von Werkzeugverschleiß)

Strategie nicht  
für Besondere  
Merkmale  
geeignet

### ■ Prüffart:

- Erst- und Letztstückprüfung
- Erststückprüfung nach Elektrodenwechsel
- Für Prüfaufgabe geeignetes Prüfmittel

### ■ Keine Entdeckung



Werkzeugwechsel

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

# Beispiele

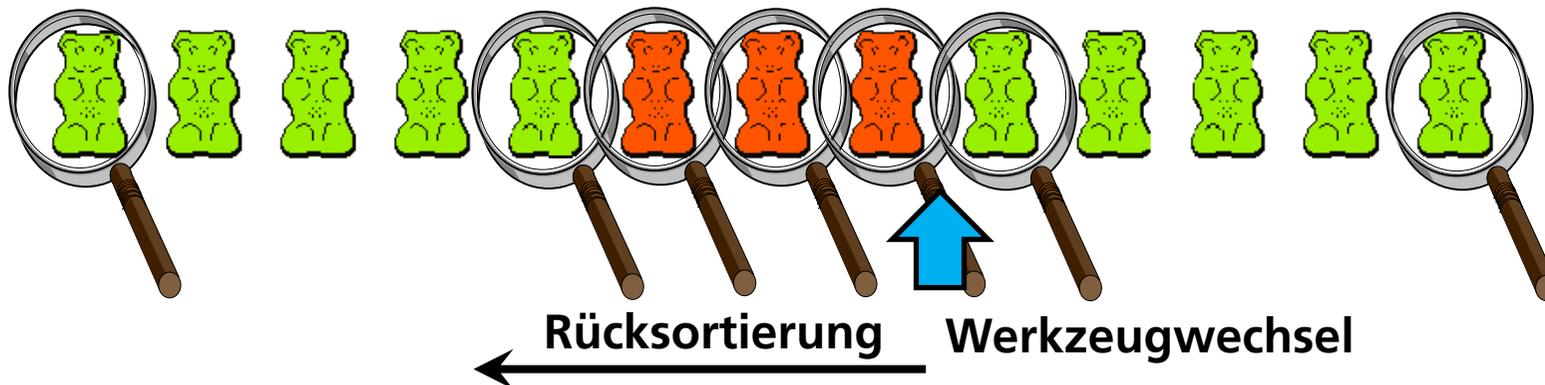
## Systematischer Fehler (z.B. Durchmesser aufgrund von Werkzeugverschleiß)

Strategie für  
Besondere  
Merkmale  
geeignet

### ■ Prüffart:

- Erst- und Letztstückprüfung
- Letztstückprüfung vor Werkzeugwechsel mit Rücksortierung
- Erststückprüfung nach Werkzeugwechsel
- Für Prüfaufgabe geeignetes Prüfmittel

### ■ Sehr gute Entdeckung



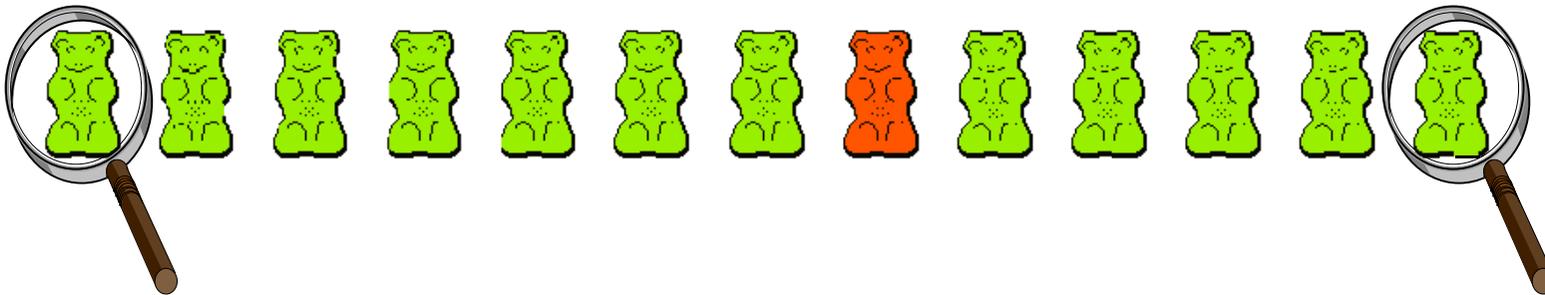
Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

# Beispiele

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

Strategie nicht  
für Besondere  
Merkmale  
geeignet

- Prüffart:
  - Erst- und Letztstückprüfung
  - Keine Rücksortierung
  - Für Prüfaufgabe geeignetes Prüfmittel
- Keine Entdeckung



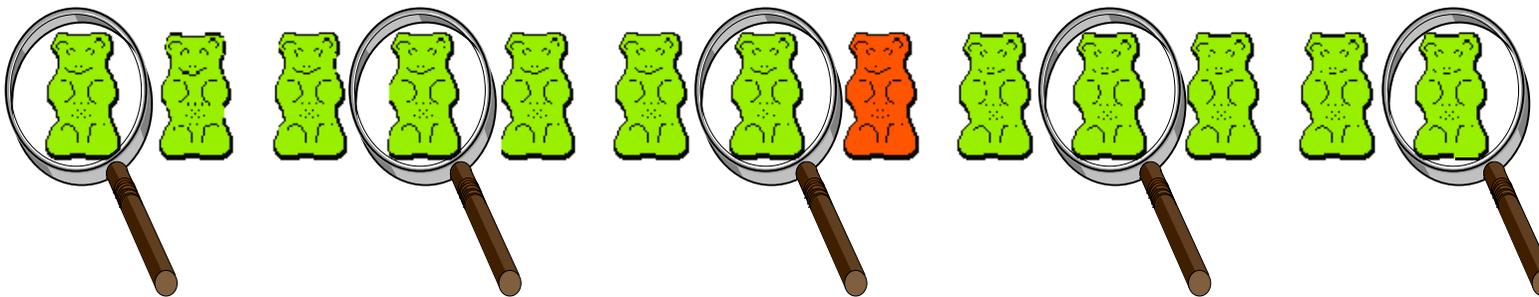
Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

# Beispiele

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

Strategie nicht  
für Besondere  
Merkmale  
geeignet

- Prüffart:
  - Stichprobenprüfung
  - Keine Rücksortierung
  - Für Prüfaufgabe geeignetes Prüfmittel
- Sehr schlechte Entdeckung (abhängig von Prüfintervall)



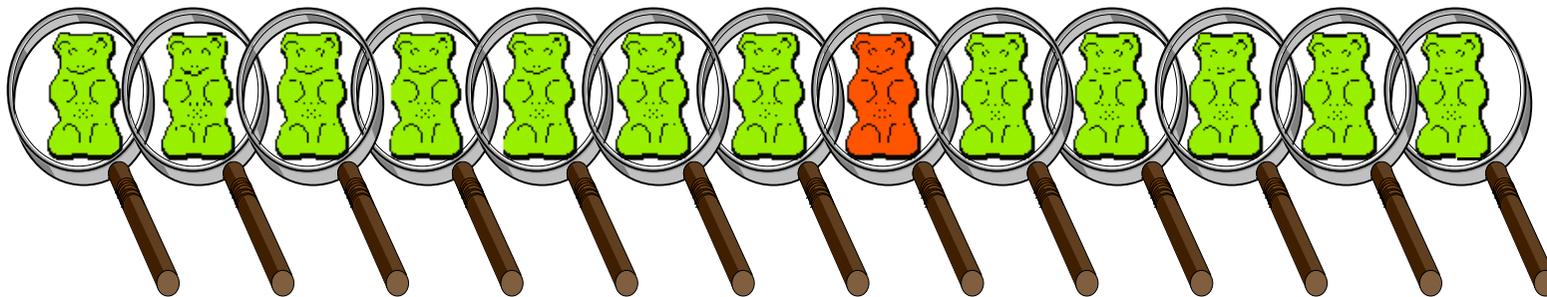
Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

# Beispiele

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

Strategie für  
Besondere  
Merkmale  
geeignet

- Prüffart:
  - 100%-Prüfung
  - Aussonderung
  - Für Prüfaufgabe geeignetes Prüfmittel
- Sehr gute Entdeckung



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

# DENKMODELL

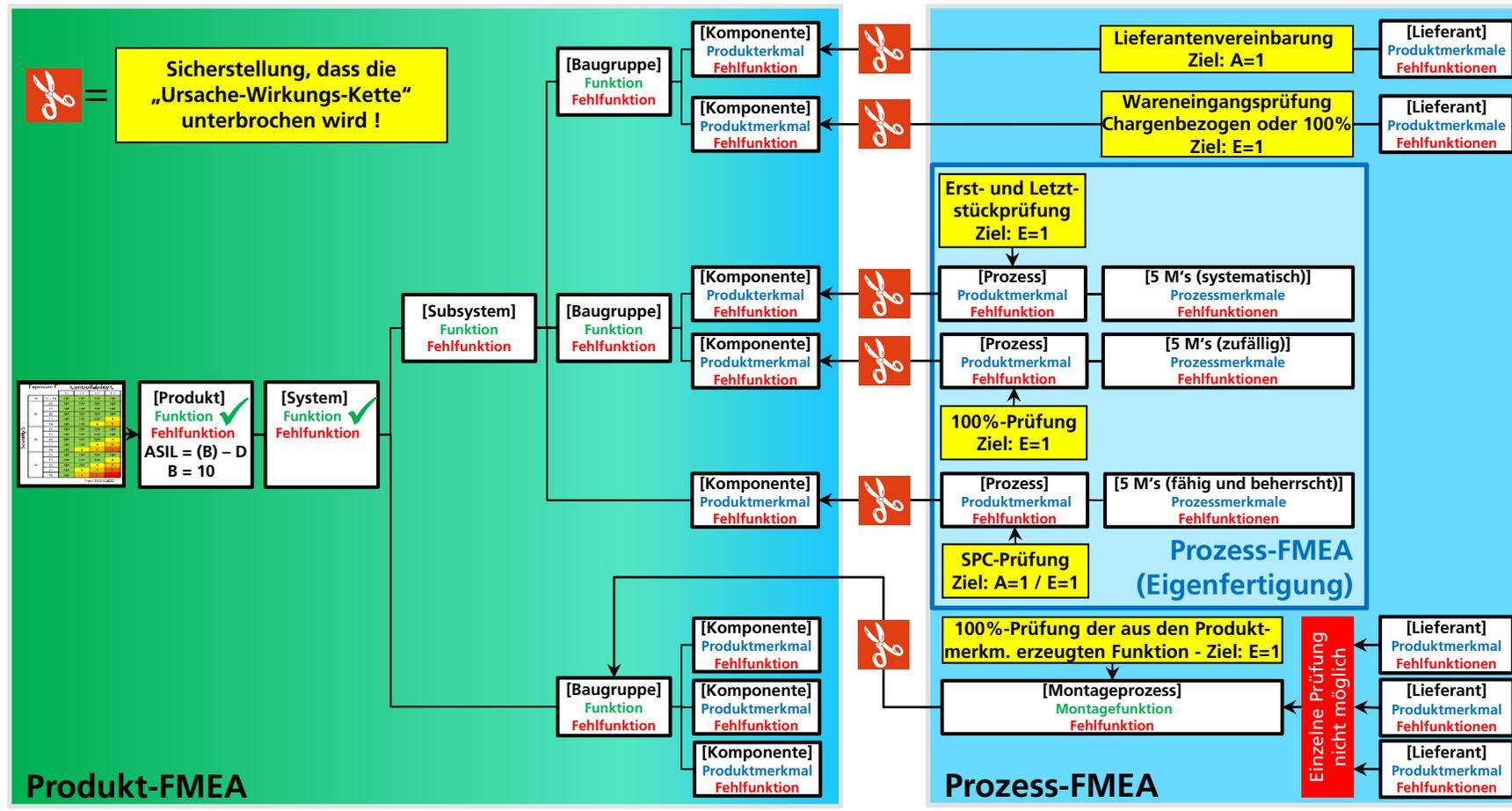
# Denkmodell

## Besondere Merkmale unter der Zielsetzung „Null-Fehler-Produktion“ und wirtschaftlicher Gesichtspunkte

- Verbindung der Produkt-FMEA und Prozess-FMEA über die (Besonderen) Produktmerkmale zur Sicherstellung einer durchgängigen Analyse
- Definition Besonderer Merkmale anhand der Bedeutung (B = 10 -> BM S, B = 9 -> BM Z, B = 5 .. 8 -> BM F)
- Definition von Prüfstrategien in Abhängigkeit von
  - fähigem und beherrschtem Prozess (Statistische Prozessregelung) oder
  - werkzeuggebundenem Prozess (Prozessüberwachung) oder
  - dem Fehlerbild (zufälliger oder systematischer Fehler) oder
  - der Kunden-Lieferanten-Beziehung
- Durchtrennung (  ) der Ursachen-Wirkungskette mittels effektiver Prüfmaßnahmen (Prüfkosten versus Ausschuss-/Nacharbeitskosten)
- Dokumentation der Lenkungsmethoden (Vermeidung und Entdeckung) und Reaktionsmethoden im Prozess-Lenkungs-Plan (PLP)

# Denkmodell

## Definition von Entdeckungsmaßnahmen zur Null-Fehler-Produktion unter Berücksichtigung des Fehleregeschehens



No risk – no fun

