Methoden zur Fehleranalyse und Regeln zur Prüfplanung

METHODEN ZUR FEHLERANALYSE UND REGELN ZUR PRÜFPLANUNG

Basis für eine nachhaltige Unternehmensstrategie, Vertiefungsseminar der Stuttgarter Produktionsakademie, 17. September 2014, Stuttgart



Dr.-Ing. Alexander Schloske

Senior Expert Quality Management

Leiter Stuttgarter Produktionsakademie

Telefon: +49(0)711/9 70-1890
Fax: +49(0)711/9 70-1002
E-Mail: alexander.schloske@ipa.fraunhofer.de
Internet: www.ipa.fraunhofer.de

© Fraunhofer IPA

Agenda

- Prozess-FMEA
- Regeln zum Aufbau der Prozess-FMEA
- Besondere Merkmale
- Durchgängige Kopplung von Prozess-FMEA und Produktions-Lenkungs-Plan (PLP)
- Denkmodell zur wirtschaftlichen Prüfplanung
- Klare und leicht nachvollziehbare Regeln zur Planung einer Null-Fehler-Produktion unter wirtschaftlichen Aspekten

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

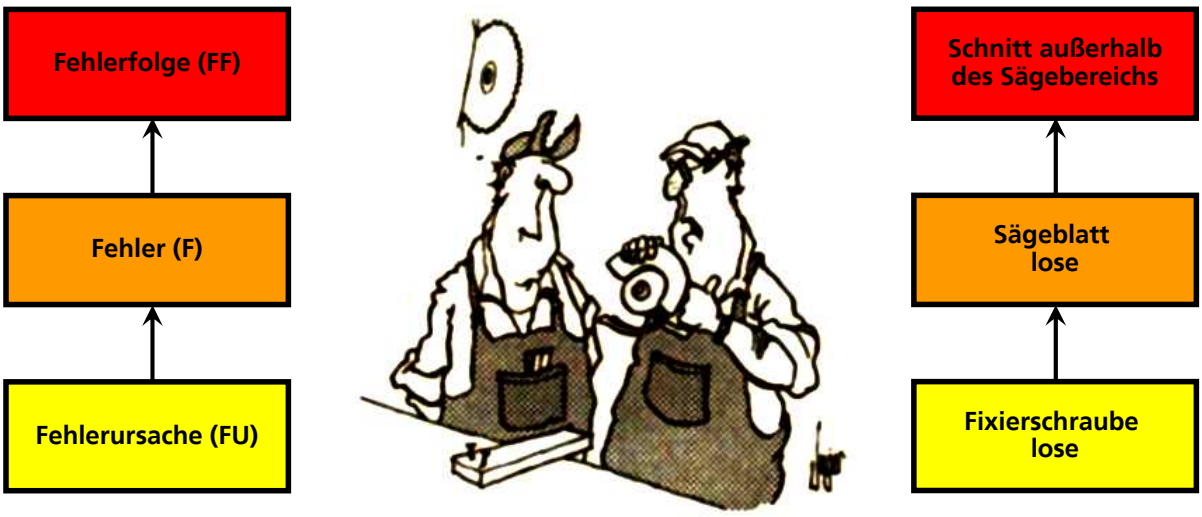
PROZESS-FMEA

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Grundlagen

FMEA analysiert und bewertet Fehlerfolge-Fehler-Fehlerursache-Kombinationen



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

Quelle: Sonntag aktuell (2002)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Grundlagen
Ziele der FMEA-Arten

Primäres Ziel der FMEA ist es, sicherzustellen, dass

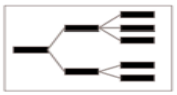
- Keine fehlerhaften Systeme (Betriebssicherheit) konzipiert werden
  - System-FMEA / Mechatronik-FMEA
- Keine fehlerhaften Produkte (Zuverlässigkeit) entwickelt werden
  - Produkt-FMEA / Konstruktions-FMEA
- Keine fehlerhaften Produkte produziert werden bzw. Produkte nicht fehlerhaft kommissioniert und/oder ausgeliefert werden
  - Prozess-FMEA / Logistik-FMEA

© Fraunhofer IPA

Vorgehensweise zur Analyse
5 + 1 Schritte zur FMEA-Erstellung (in Anlehnung an VDA)



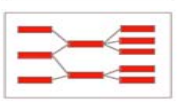
- Team und Termine festlegen
- Umfang und Fokus festlegen



- System strukturieren
- Prozess strukturieren



- Funktionen und Merkmale zuordnen
- Funktions-/Merkmalsnetz bilden



- Fehlfunktionen und Fehlermerkmale ableiten
- Fehlernetz (Hypothesen) bilden



- Vermeidungsmaßnahmen definieren
- Fehlererkennung und Fehlerreaktion definieren

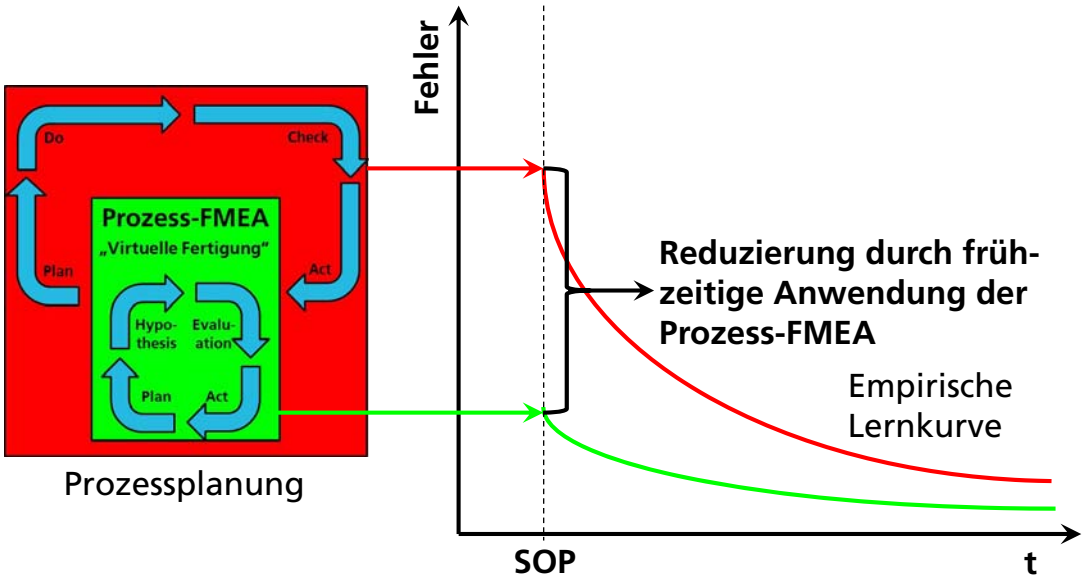


- Optimierung planen
- Wirksamkeit überprüfen

© Fraunhofer IPA

Anwendung der Prozess-FMEA

Beschleunigung der Lernkurve durch „virtuelle Fertigung“ im Rahmen der Produktionsplanung



© Fraunhofer IPA

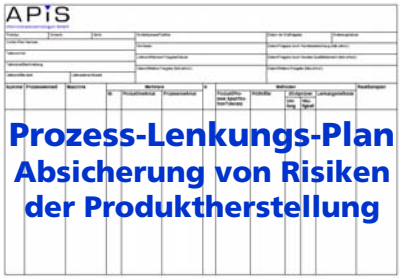
Fraunhofer IPA

Prozess-FMEA und Prozess-Lenkungs-Plan (PLP)

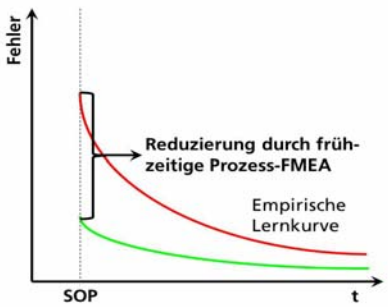
Ableitung des Prozess-Lenkungs-Plans (PLP) anhand der Prozess-FMEA



Wissensweitergabe









© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prozess-FMEA
Zielsetzung

- Zielsetzung: Überprüfung der Zuverlässigkeit der Produktion
- Fragestellungen
  - Warum und wie wahrscheinlich kann die Komponente beim Hersteller fehlerhaft produziert werden (Auftretenswahrscheinlichkeit)?
  - Wie und wie sicher wird die fehlerhaft produzierte Komponente noch innerhalb der Produktion entdeckt (Entdeckungswahrscheinlichkeit)?
- Maßnahmen
  - Definition von Maßnahmen zur Vermeidung und Entdeckung von Fehlern in der Produktion (Fertigung / Montage)
- Bewertung
  - Bewertung der Zuverlässigkeit der Fertigung/Montage
  - Bewertung des Durchschlupfs fehlerhafter Einheiten über A und E

© Fraunhofer IPA

Prozess-FMEA
Vorgehensweise

- Strukturierung:
  - Wertschöpfende Prozessschritte
- Analyse und Bewertung:
  - Prozessfunktionen, Produktmerkmale und Prozesseinflussfaktoren
- Maßnahmen:
  - Prozessabsicherung, wie z.B.
    - Arbeitsplan
    - Einstellanweisungen
    - Hilfsmittel und Vorrichtungen
  - Prüfungen, wie z.B.
    - Erst- und Letztstückprüfung
    - Stichprobenprüfung
    - 100%- Prüfung

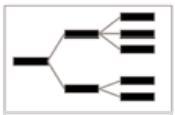
© Fraunhofer IPA

BEISPIEL
PROZESS-FMEA

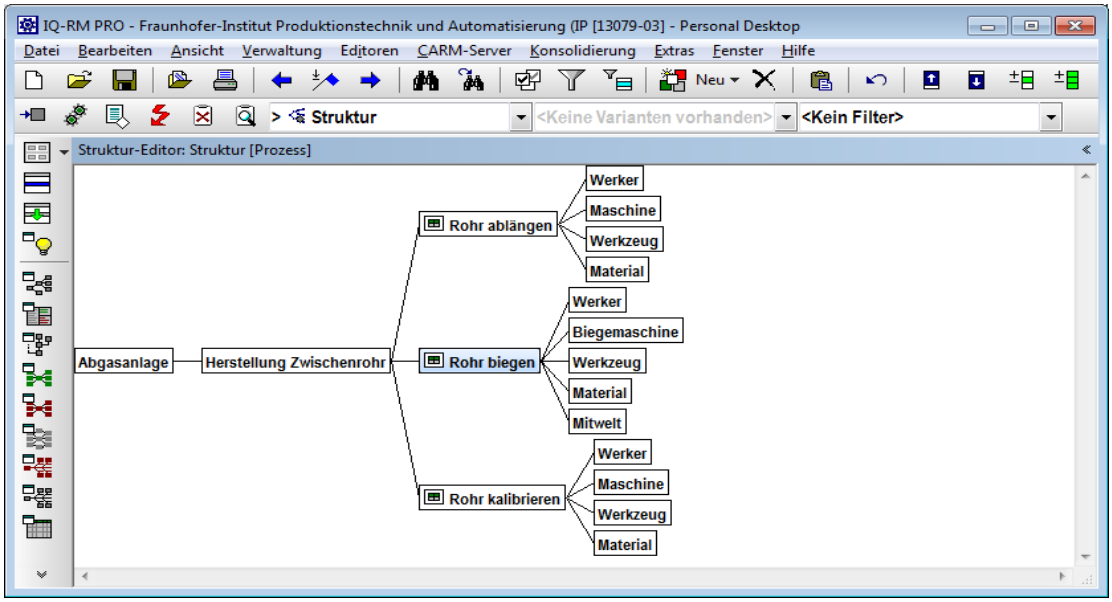
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiel
Prozessstruktur



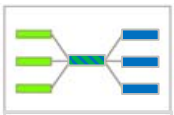
Strukturierung

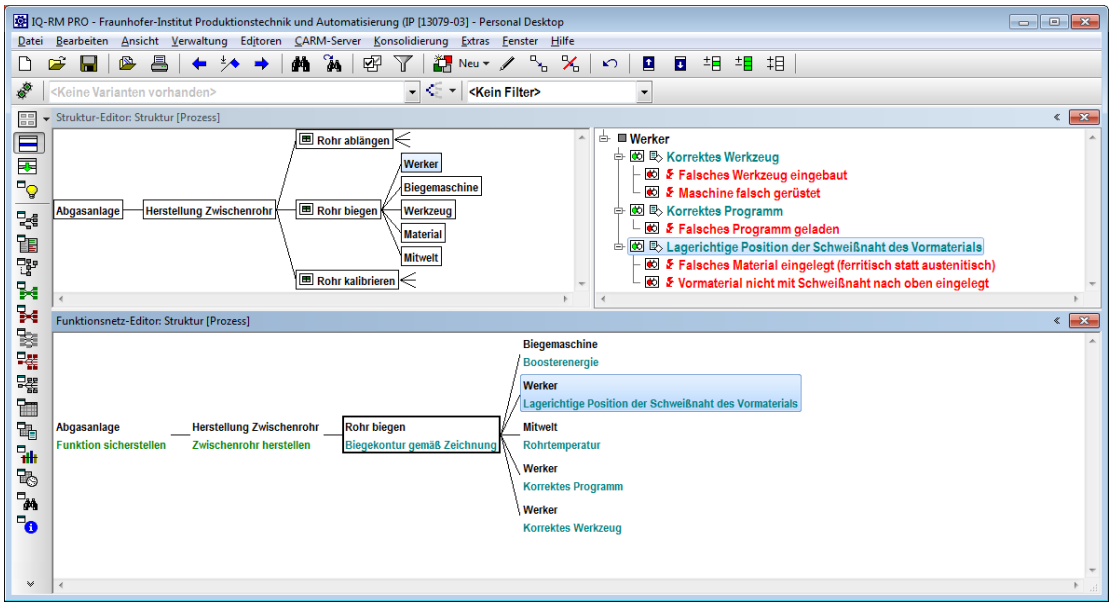


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiel
Funktionsnetz, Produktmerkmale und Prozessmerkmale

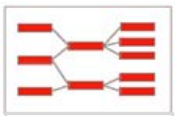


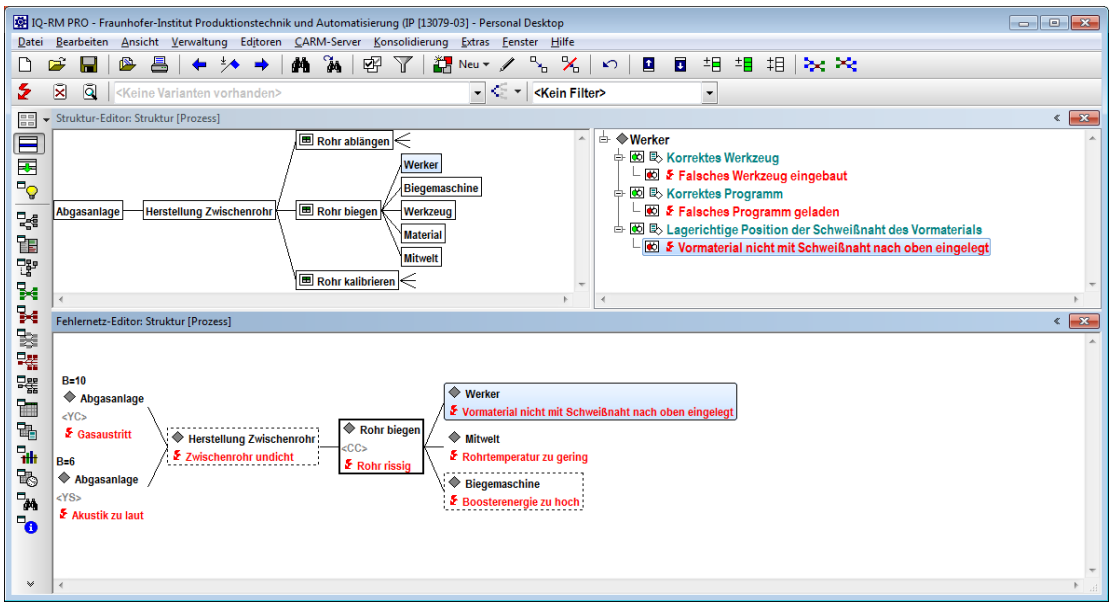


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiel
Fehlernetz, Fehlfunktionen und Fehlermerkmale



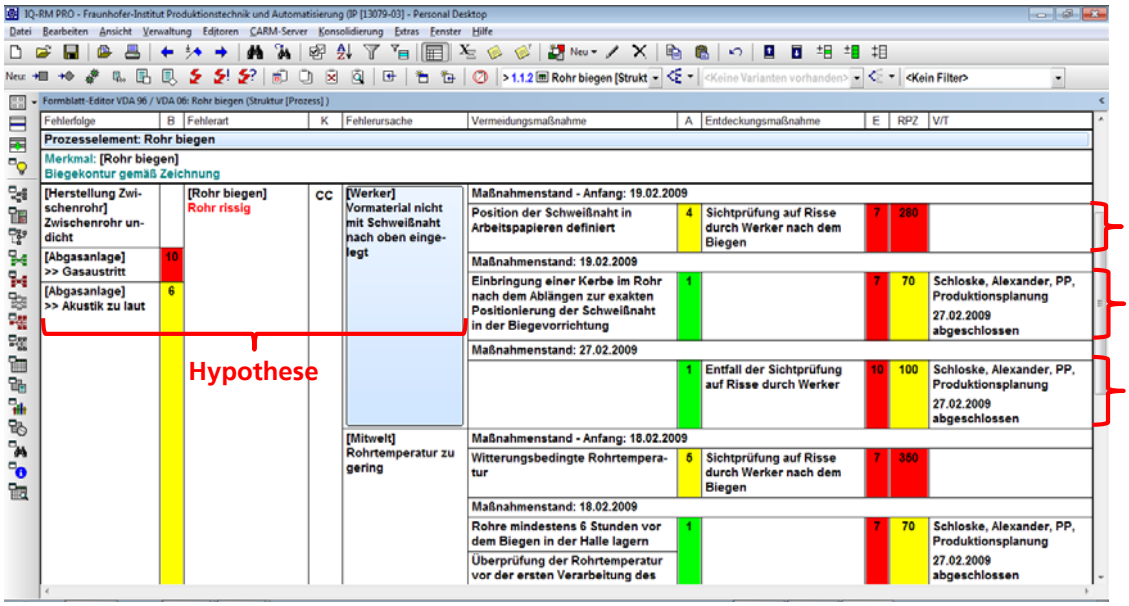


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiel
Risikobewertung und Risikominimierung im FMEA-Formblatt

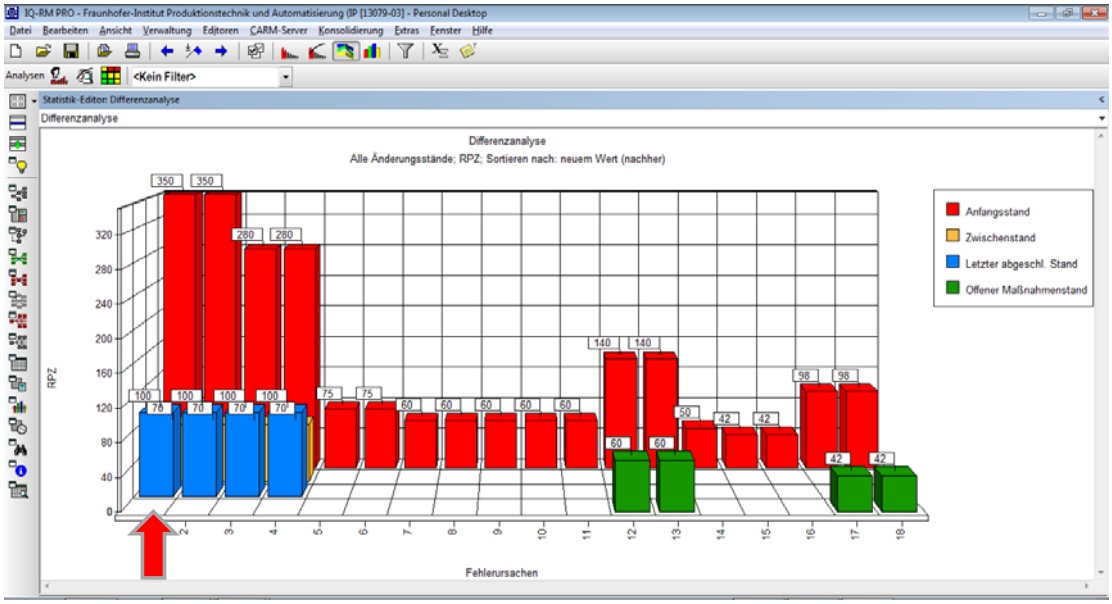

Maßnahmenanalyse



© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Beispiel
Differenzanalyse (vorher / nachher)


Risikobewertung

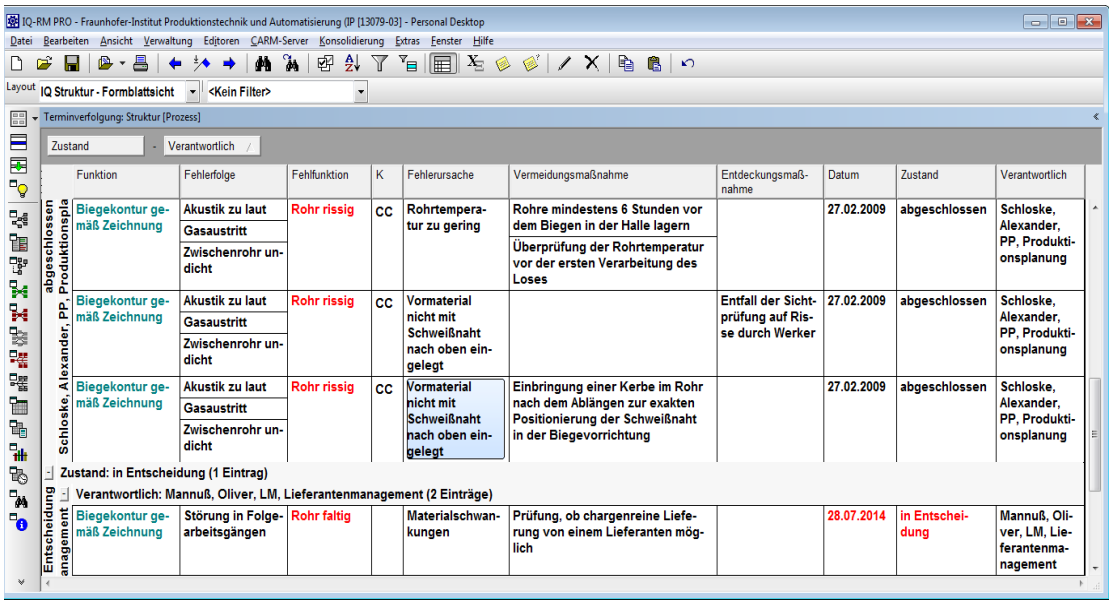


© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Beispiel
Maßnahmenverfolgung



Projektmanagement



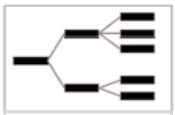
	Funktion	Fehlerfolge	Fehlfunktion	K	Fehlerursache	Vermeidungsmaßnahme	Entdeckungsmaß-nahme	Datum	Zustand	Verantwortlich
abgeschlossen, Schloske, Alexander, PP, Produktionspla	Biegekontur gemäß Zeichnung	Akustik zu laut Gasaustritt Zwischenrohr undicht	Rohr rissig	CC	Rohrtemperatur zu gering	Rohre mindestens 6 Stunden vor dem Biegen in der Halle lagern Überprüfung der Rohrtemperatur vor der ersten Verarbeitung des Loses		27.02.2009	abgeschlossen	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung
	Biegekontur gemäß Zeichnung	Akustik zu laut Gasaustritt Zwischenrohr undicht	Rohr rissig	CC	Vormaterial nicht mit Schweißnaht nach oben eingelegt		Entfall der Sichtprüfung auf Risse durch Werker	27.02.2009	abgeschlossen	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung
	Biegekontur gemäß Zeichnung	Akustik zu laut Gasaustritt Zwischenrohr undicht	Rohr rissig	CC	Vormaterial nicht mit Schweißnaht nach oben eingelegt	Einbringung einer Kerbe im Rohr nach dem Ablängen zur exakten Positionierung der Schweißnaht in der Biegevorrichtung		27.02.2009	abgeschlossen	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung
	Zustand: in Entscheidung (1 Eintrag)									
Entscheidung anagement	Verantwortlich: Mannuß, Oliver, LM, Lieferantenmanagement (2 Einträge)									
	Biegekontur gemäß Zeichnung	Störung in Folgearbeitsgängen	Rohr faltig		Materialschwankungen	Prüfung, ob chargenreine Lieferung von einem Lieferanten möglich		28.07.2014	in Entscheidung	Mannuß, Oliver, LM, Lieferantenmanagement

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

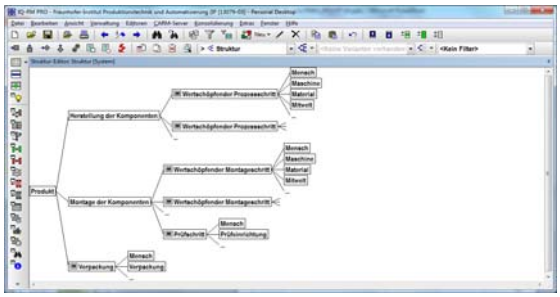
BESONDERHEITEN DER PROZESS-FMEA

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Prozessstrukturierung in der Prozess-FMEA


Strukturierung

- Im Wurzelelement steht das herzustellende Produkt.
- In der zweiten/dritten Ebene stehen die wertschöpfenden Prozess- bzw. Montageschritte und explizite Prüfprozessschritte.
- In der untersten Ebene stehen die 4-6 M's (Mensch, Mitwelt, Material, Maschine, Methode, Messmittel).
- Werkerselbstprüfungen werden nicht in der Struktur abgebildet.
- Komplexe Prüfprozesse (i.A. eigener Arbeitsplatz) werden in die Struktur aufgenommen.



Sobald man sich gedanklich in der Produktion eines Lieferanten bewegt, ist man falsch!

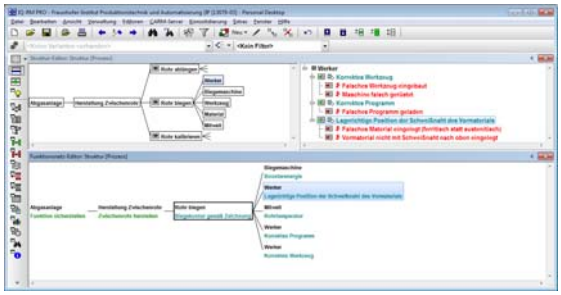
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Funktionen, Produkt- und Prozessmerkmale


Funktionen / Merkmale

- Auf der Ebene der wertschöpfenden Prozessschritte stehen die durch den Prozess erzeugten Produktmerkmale.
- Auf der untersten Ebene, der Ebene der 4-6 M's (Mensch, Maschine, Messmittel, Material, Mitwelt), stehen die zur Herstellung des Produktmerkmals benötigten Prozessmerkmale.
- Auf der Ebene der wertschöpfenden Montageprozesse stehen die durch den Montageprozess erzeugten Funktionen des Produktes.

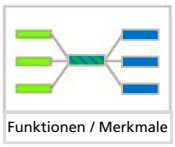


Sobald man sich gedanklich in der Produktion eines Lieferanten bewegt ist man falsch!

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

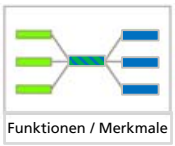
Funktionen, Produkt- und Prozessmerkmale
Was sind Funktionen, Anforderungen und Merkmale?

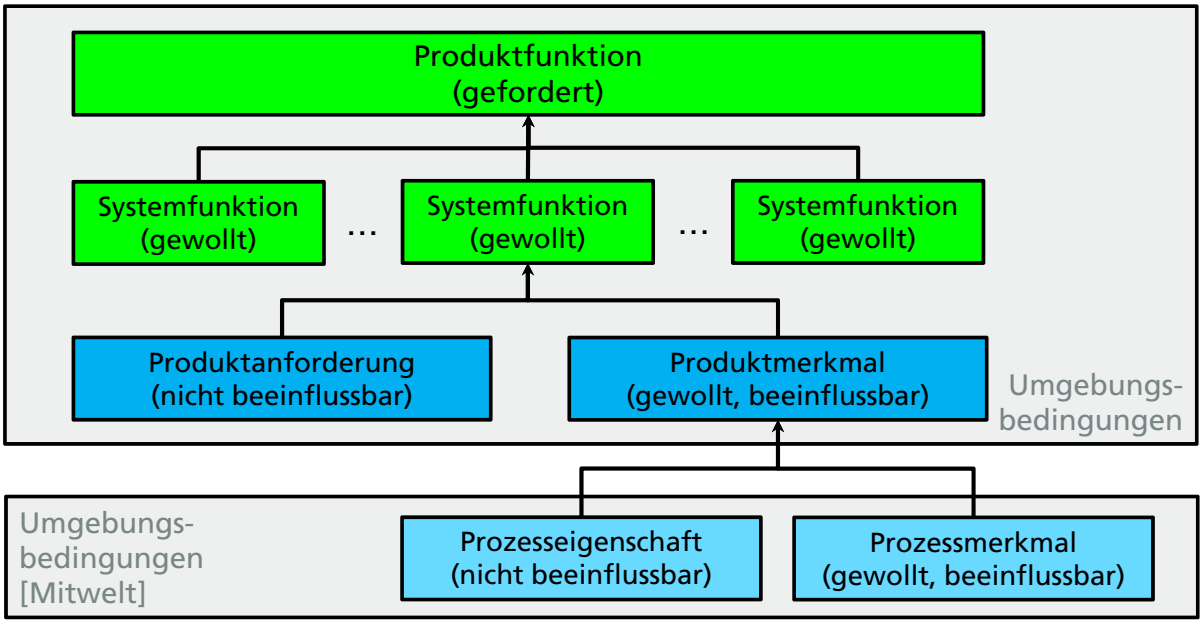


- **Funktionen** beschreiben (aufgabenbezogen) **„gewollte Zusammenhänge zwischen Komponenten eines Systems zur Erfüllung einer Aufgabe“**.
- **Produktanforderungen** beschreiben (eigenschaftsbezogen) **„nicht beeinflussbare Zusammenhänge zwischen Eigenschaften bei der Nutzung eines Produktes (z.B. Temperatur, Vibration) und der Funktion eines Systems“**
- **Produktmerkmale** beschreiben (merkmalsbezogen) **„beeinflussbare Produkteigenschaften zur Erfüllung einer Funktion eines Systems“**
- **Prozesseigenschaften** beschreiben (prozessbezogen) **„nicht beeinflussbare Zusammenhänge zwischen Eigenschaften bei der Durchführung eines Prozesses und der Funktion eines Prozesses“**
- **Prozessmerkmale** beschreiben (einflussbezogen) eine **„beeinflussbare Prozesseigenschaften zur Veränderung von Produktmerkmalen“**

© Fraunhofer IPA

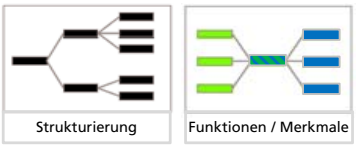
Funktionen, Produkt- und Prozessmerkmale
Zusammenhang zwischen Funktionen, Anforderungen und Merkmalen

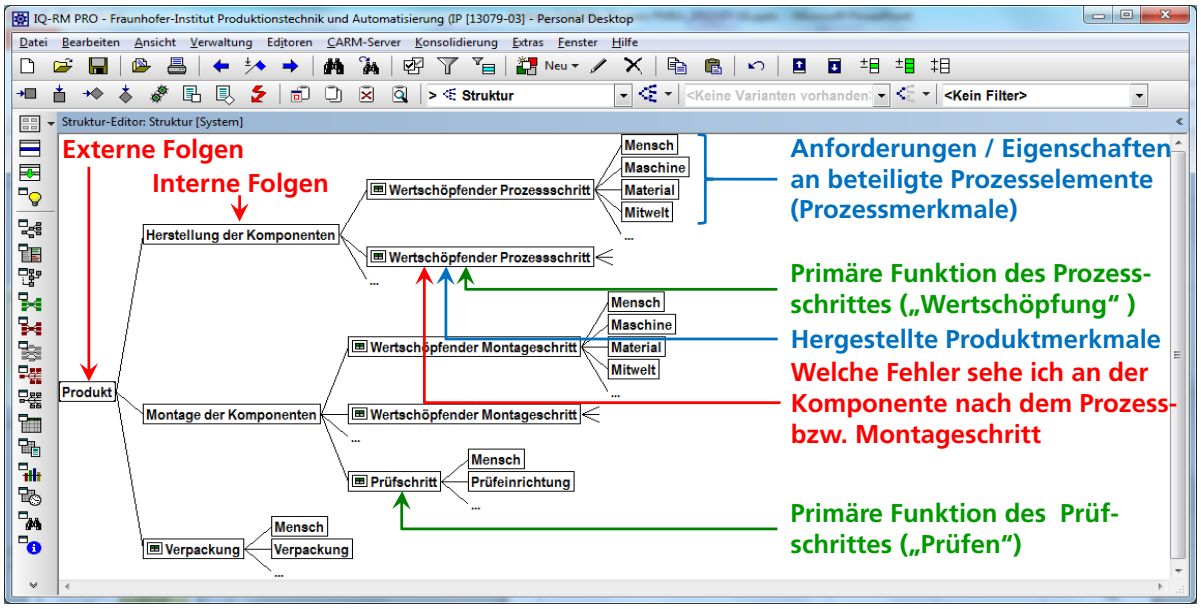




© Fraunhofer IPA

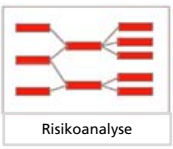
Besonderheiten der Prozess-FMEA
Prozessstrukturierung und Funktions-analyse, Produkt- und Prozessmerkmale



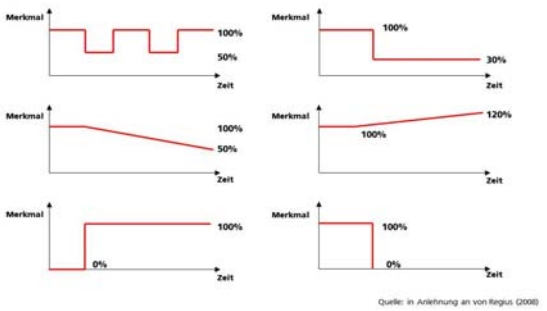


© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Risikoanalyse



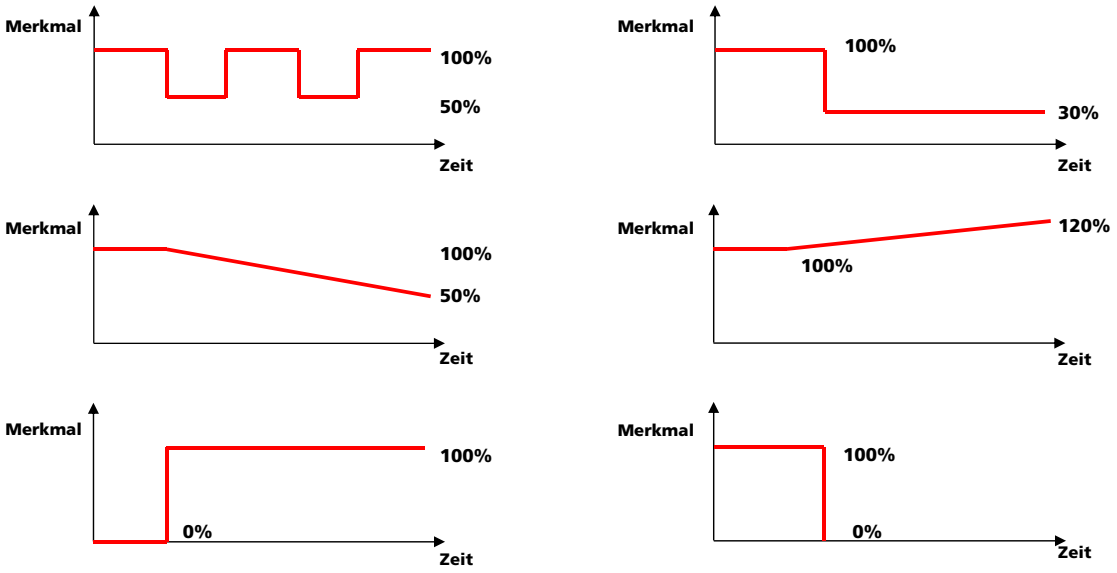
- **Bezeichne Fehlfunktionen oder Fehlermerkmale präzise**
  - Globale Fehlfunktionen oder globale Fehlermerkmale wie „Durchmesser nicht in Ordnung", „Durchmesser fehlerhaft" oder „Durchmesser defekt" gehören nicht in eine FMEA.
  - Globale Fehlfunktionen führen zu wenig aussagekräftigen Ergebnissen (schwammige Maßnahmen) und zu erhöhtem Diskussionsbedarf (jeder sieht etwas anderes in dem Begriff).



Dokumentation nach dem 2-3-4 Motto: „In zwei Jahren sollte es ein Dritter einem Vierten erklären können!"

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Fehlfunktionen
Präzise Bezeichnung der Fehlermodi

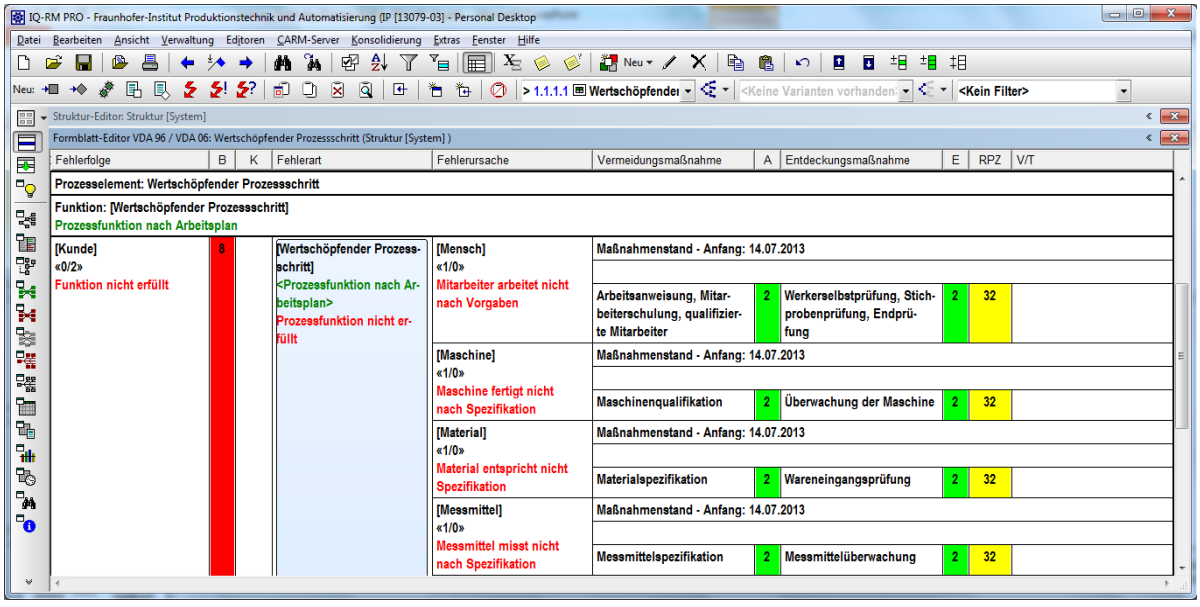


Quelle: in Anlehnung an von Regius (2008)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

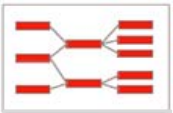
Prozess-FMEA
„Schlechter“ FMEA-Inhalt (kein Nutzen zur Prozessverbesserung ☹)



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Alle realistische Risiken betrachten



- **Unrealistische Risiken und Sabotage werden nicht betrachtet**
  - „Wenn aber ein Flugzeug auf das Hallendach stürzt …“
  - „Wenn aber der Mitarbeiter etwas mutwillig falsch macht …“
- **Realistische Risiken werden systematisch aus annehmbaren Nutzungsszenarien, geforderten Produktfunktionen, definierten Produkt- oder Prozessmerkmalen abgeleitet**


Bildquelle: www.motherjones.com/

	höherliegende Ebene			**Untersuchungsobjekt**			tieferliegende Ebene		
FMEA-Art	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal
System-FMEA	●			●			●		
Konstruktions-FMEA	●			●				●	
Prozess-FMEA	●			○	●				●

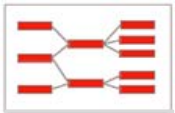
© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Funktionen, Produkt- und Prozessmerkmale
Zusammenhang zwischen Funktionen und Merkmalen in den FMEA-Arten

	höherliegende Ebene			**Untersuchungsobjekt**			tieferliegende Ebene		
FMEA-Art	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal
System-FMEA	●			●			●		
Konstruktions-FMEA	●			●				●	
Prozess-FMEA	●			○	●				●

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Alle wahrscheinlichen Risiken betrachten


Risikoanalyse

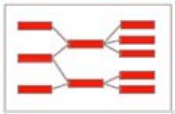
- **Auch unwahrscheinliche Risiken werden betrachtet**
  - „Das kommt so selten vor, das können wir weglassen."
- **Dokumentation (Nachweis) geht vor Diskussion**
  - Analyse und Bewertung des Ist-Zustandes.
  - Dokumentation geht im Allgemeinen schneller als die Diskussion darüber, ob man etwas weglässt.



Bildquelle: http://www.silber.de/forum/

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

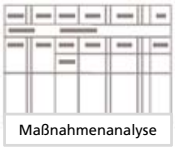
Besonderheiten der Prozess-FMEA
Risikoanalyse


Risikoanalyse

- **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**

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Maßnahmenanalyse (Trennung zwischen Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen)



Vermeidungsmaßnahme

Verhindert das Auftreten von Fehlern im Prozess

Arbeitspapiere, Zeichnungen, Vorrichtungen, Parameter, Prozessfähigkeitsanalysen

Prozess



Entdeckungsmaßnahme

Entdeckt Fehler des Prozesses, falls sie aufgetreten sind

Stichprobenprüfung, 100%-Prüfung, SPC-Prüfung, Erst- und Letztstückprüfung

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Maßnahmenanalyse



- **Es werden nur gelenkte Maßnahmen in der FMEA verwendet**
  - Aussagen wie „wenn jemand hinschaut, …“ oder „wenn jemand an der Anlage vorbeiläuft, müsste er das schon sehen“ gelten nicht als gelenkte Entdeckungsmaßnahmen.
- **Lediglich „offensichtliche“ Erkennungen werden berücksichtigt**
  - Beschreibung: „offensichtliche Erkennung in Folgearbeitsschritt“.



http://www.sourcingmap.de



Bildquelle: http://www.pom-consult.de/

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
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
- Prüfart
  - Erst- / Letztstückprüfung, Stichprobenprüfung
  - SPC-Prüfung
  - 100%-Prüfung
- Prüfprozess bezogen auf Fehlfunktion
  - Sicher / unsicher
- Reaktionsmöglichkeiten
  - Rücksortierung / Aussonderung

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Risikobewertung



Annahme	Annahme	Annahme
Fehlerfolge, Fehler bzw. Fehlerursache wird nicht geprüft	Fehler tritt beim Endkunden auf	Fehler tritt beim Hersteller auf (Produktion und Montage)
Berücksichtigung		**Berücksichtigung**
Maßnahmen zur Vermeidung		Maßnahmen zur Entdeckung
Bewertung	**Bewertung**	**Bewertung**
Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Fehlers aufgrund der Fehlerursache (beim Endkunden)	Bedeutung der Fehlerfolge für den Endkunden	Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der Fehlerfolge, des Fehlers oder der Fehlerursache (beim Hersteller)
Auftreten 'A'	**Bedeutung 'B'**	**Entdeckung 'E'**
1 . . 10	1 . . 10	1 . . 10
	Sicherheits-/Gesetzesrisiko	
	Bedeutung B = 9 .. 10	

● ● =

Risikoprioritätszahl 'RPZ'
1 . . 1000
Qualitätsrisiko
RPZ ≥ (40) 80 .. 125

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Bewertungstabellen (VDA 4.2 - 1996)


Risikobewertung

Bewertungszahl für die Bedeutung B	Bewertungszahl für die Auftretenswahrscheinlichkeit A	zugeordn. Fehlerant. in ppm	Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit E	Sicher-heit der Prüfverf.
Sehr hoch 10 Sicherheitsrisiko, Nichterfüllung 9 gesetzlicher Vorschriften, Liegenbleiber	**Sehr hoch** 10 Sehr häufiges Auftreten der Fehler- 9 ursache, unbrauchbarer, ungeeigneter Prozeß.	500.000 100.000	**Sehr gering** 10 Entdecken der aufgetretenen Fehle 9 ursache ist unwahrscheinlich, die Fehlerursache wird oder kann nicht geprüft werden.	90 %
Hoch 8 Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs stark 7 eingeschränkt, sofortiger Werkstatt-aufenthalt zwingend erforderlich.	**Hoch** 8 Fehlerursache tritt wiederholt auf, 7 ungenauer Prozess.	50.000 10.000	**Gering** 8 Entdecken der aufgetretenen Fehle 7 ursache ist weniger wahrscheinlich, wahrscheinlich nicht zu entdeckend Fehlerursache, unsichere Prüfungen	98 %
Mäßig 6 Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs 5 eingeschränkt, sofortiger Werkstatt- 4 aufenthalt nicht zwingend erforderlich, Funktionseinschränkung von wichtigen Bedien- und Komfortsystemen.	**Mäßig** 6 Gelegentlich auftretende Fehlerursache 5 weniger genauer Prozess. 4	5.000 1.000 500	**Mäßig** 6 Entdecken der aufgetretenen 5 Fehlerursache ist wahrscheinlich, 4 Prüfungen sind relativ sicher.	99,7 %
Gering 3 Geringe Funktionsbeeinträchtigung des 2 Fahrzeugs, Beseitigung beim nächsten planmäßigen Werkstattaufenthalt, Funktionseinschränkung von Bedien- und Komfortsystemen.	**Gering** 3 Auftreten der Fehlerursache ist gering, 2 genauer Prozess.	100 50	**Hoch** 3 Entdecken der aufgetretenen 2 Fehlerursache ist sehr wahrscheinlic Prüfungen sind sicher, z.B. mehrere voneinander unabhängige Prüfungen.	99,9 %
Sehr gering 1 Sehr geringe Funktionsbeeinträchtigun nur vom Fachpersonal erkennbar.	**Sehr gering** 1 Auftreten der Fehlerursache ist unwahrscheinlich.	1	**Sehr hoch** 1 Aufgetretene Fehlerursache wird sicher entdeckt.	99,99 %

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Einbindung des Endkunden bei der Risikobewertung


Risikobewertung

- Bewertung der „Top"-Fehlerfolge immer mit Bezug auf den Endkunden (z.B. über Besondere Merkmale)
- Annahme, dass die Fehlerfolge beim Endkunden auftritt
- Risikobewertung mit A und E zeigt die Wahr-scheinlichkeit des Auftretens beim Endkunden

Beispiel (Prozess-FMEA):

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

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



Anti-Submarining-Keil im PU-Schaum

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Beispiel zu „ehrlichen“ Risikobewertung bei der Prozess-FMEA



- Welche Prozesse werden zur Herstellung des Sitzes angewandt?
  z.B. Lehnenrahmen St50 / Ø 20 mm schweißen
- Welche Fehlfunktionen können auftreten?
  z.B. Lehnenrahmen aus Stangenmaterial mit zu kleinem Durchmesser hergestellt
- Welche Fehlerfolge kann dadurch auftreten
  z.B. Raum für Fahrer eingeschränkt (B=10)
- Bewertung der aktuellen Auslegung
  z.B. Material gemäß Stückliste (A=3)
  z.B. 100%-Maßprüfung mittels Lehre nach dem Schweißen durch den Werker (E=1)
- Welche Maßnahmen sollen ergriffen werden?
  z.B. keine



Betrachtungsgegenstand

Geplanter Herstellungs- und Montageprozess für den Sitz

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Beispiel zu „ehrlichen“ Risikobewertung bei der Prozess-FMEA



- Welche Prozesse werden zur Herstellung des Sitzes angewandt?
  z.B. Lehnenrahmen St50 / Ø 20 mm schweißen
- Welche Fehlfunktionen können auftreten?
  z.B. Lehnenrahmen aus falschem Material (beispielsweise St37 statt St50) hergestellt
- Welche Fehlerfolge kann dadurch auftreten
  z.B. Raum für Fahrer eingeschränkt (B=10)
- Bewertung der aktuellen Auslegung
  z.B. Material gemäß Stückliste (A=3)
  z.B. keine (E=10)
- Welche Maßnahmen sollen ergriffen werden?
  z.B. Sicherstellung der Verwendung des korrekten Materials (Zielwert: A=1)



Betrachtungsgegenstand

Geplanter Herstellungs- und Montageprozess für den Sitz

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Ermittlung kritischer Komponenten (Risikoauswertung)



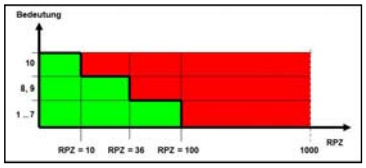
Beurteilung des Durchschlupfs im Prozess unter Berücksichtigung der potentiellen Auswirkungen auf den Kunden

- Risikomatrix über B und A * E



Beurteilung des Durchschlupfs im Prozess

- Risikomatrix für A * E
- Häufigkeitsanalyse nach A x E



Beurteilung der Prozessauslegung

- Paretoanalyse nach RPZ



© Fraunhofer IPA

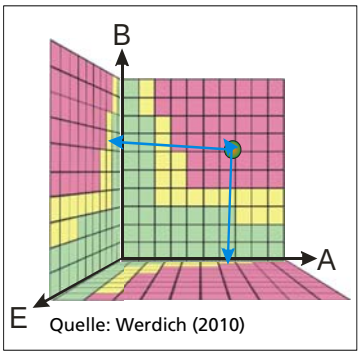
Fraunhofer IPA

Besonderheiten der Prozess-FMEA
Die Einzelfaktoren A, B und E haben mehr Aussagekraft als die RPZ



Ausgangszustand:

- **A = 7**
- **B = 8**
- **E = 1 (z.B. 100%-Prüfung auf speziellem Prüfstand)**
- **RPZ = 56 (hohe Fehler- u. Prüfkosten, hoher Ausschuß)**



Quelle: Werdich (2010)

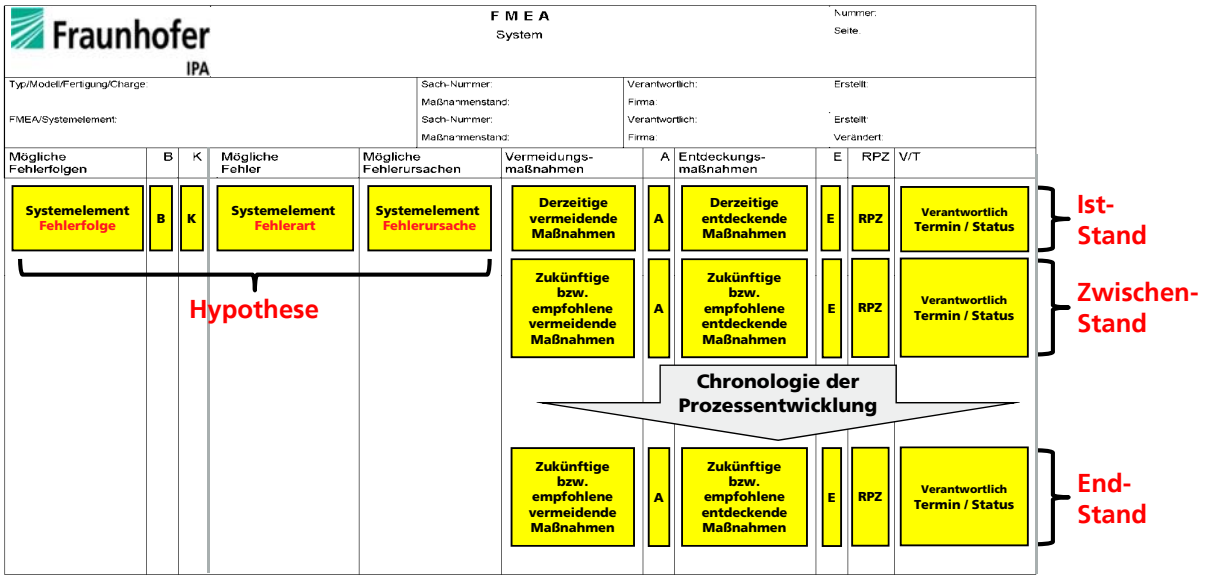
Optimierter Zustand:

- **A = 1 (z.B. Poka-Yoke)**
- **B = 8**
- **E = 10**
- **RPZ = 80 (sicherer Prozess, geringe Fehlerkosten)**

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prozess-FMEA
Dokumentation im FMEA-Formblatt nach VDA 4 (2006)



© Fraunhofer IPA

PROZESS-FMEA UND PROZESS-LENKUNGS-PLAN (PLP)

© Fraunhofer IPA

Kopplung von Prozess-FMEA und Prozess-Lenkungs-Plan

Durchgängige Betrachtung durch Anschluss der Prozess-FMEA an den Prozess-Lenkungs-Plan (PLP)



Analyse der Prozessschritte, Produkt- und Prozessmerkmale

Analyse und Bewertung der Prozessrisiken aufgrund der Prozesseinflüsse

Maßnahmendefinition zur
- **Vermeidung von Fehlern**
- **Entdeckung von Fehlern**
- **Reaktion auf Fehler**

in der Serienproduktion

Prozessschritte

Produktmerkmale

Prozessmerkmale

Vermeidungsmaßnahmen

Entdeckungsmaßnahmen

Reaktionsmaßnahmen



Ergänzung um Maßnahmen zur Prüfung (Messmittel, Stichprobe)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Kopplung von Prozess-FMEA und Prozess-Lenkungs-Plan

Nomenklatur und Verbindung in der IQ-FMEA

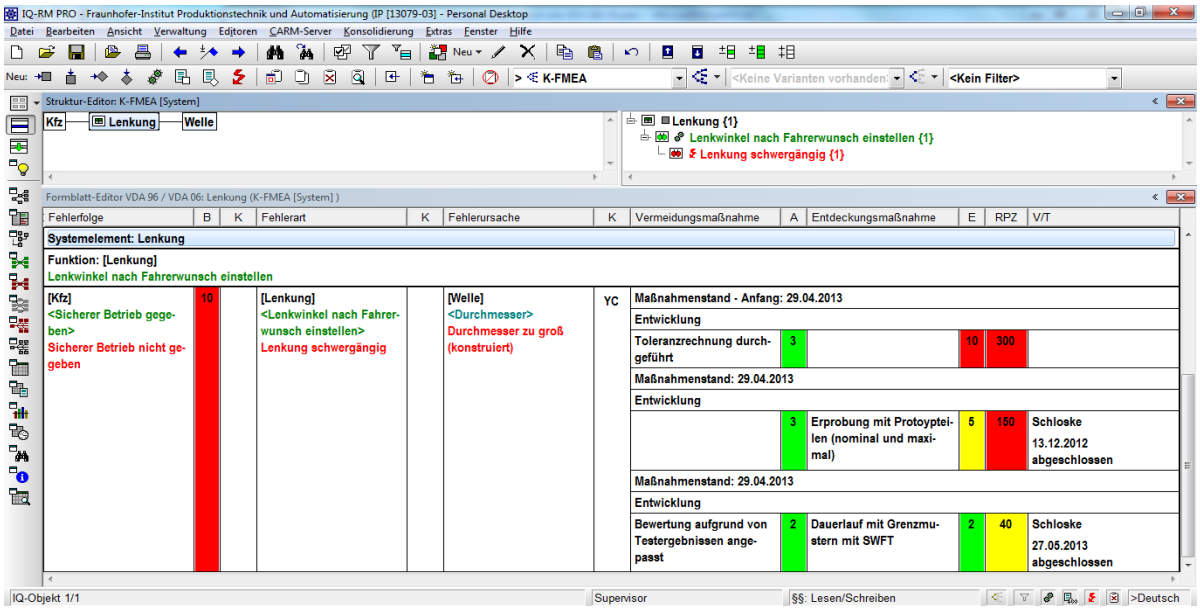
- Produktmerkmale = Durch den Prozess herzustellende Merkmale und/oder Eigenschaften am Produkt
- Prozessmerkmale = Einflussfaktoren auf die Produktmerkmale und/oder Eigenschaften der Prozesseinflussgrößen
- Lenkungsmethode = Vorgaben zur Sicherstellung des gewünschten Prozessergebnisses (vermeidend und entdeckend)
- Reaktionsplan = Vorgaben zum Umgang mit Abweichungen vom Prozessergebnis

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Produkt-FMEA und Prozess-FMEA

Darstellung der Besonderen Merkmale in der Produkt-FMEA

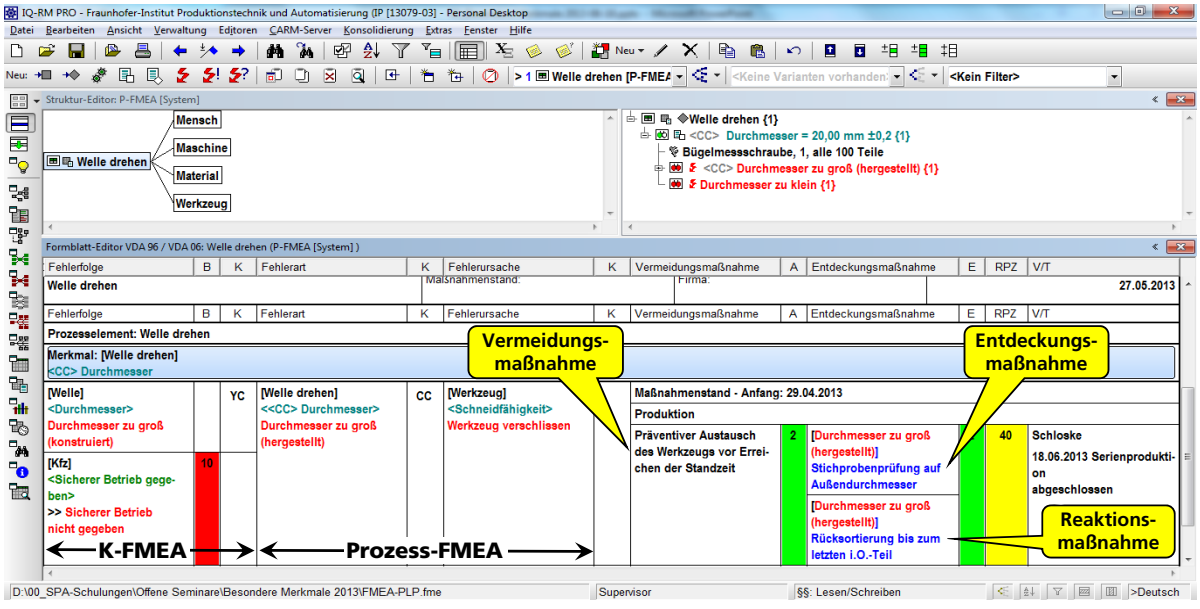


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Produkt-FMEA und Prozess-FMEA

Darstellung der Besonderen Merkmale in der Prozess-FMEA

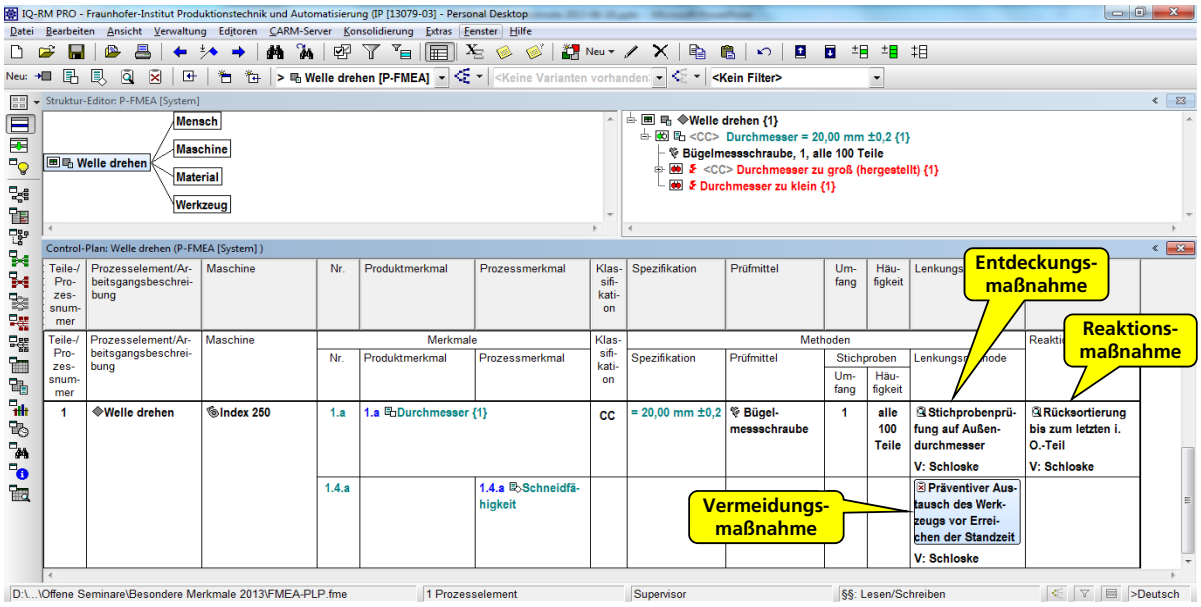


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Prozess-FMEA und PLP

Durchgängige Betrachtung der Besonderen Merkmale durch Anschluss der Prozess-FMEA an den PLP



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

ORGANISATION, AUFWAND UND NUTZEN DER FMEA

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

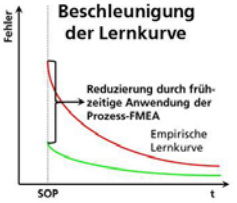
Organisation der FMEA
Der richtige Zeitpunkt für die FMEA



- **System-FMEA**
  - Konzeptphase
  - Funktionalität und Komponenten vorhanden
  - Sicherheitskonzept ist noch nicht definiert
- **Konstruktions-FMEA**
  - Entwicklungsphase
  - Detaillierung hat noch nicht begonnen
- **Prozess-FMEA**
  - Produktionsplanungsphase
  - Fertigungs- / Montageablauf ist definiert
  - Betriebsmittel sind noch nicht beschafft







© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Organisation der FMEA
Einschränkung des Untersuchungsraumes



- **Weniger ist mehr**
  - Anwendung von Risikofiltern erleichtert die Fokussierung auf relevante Umfänge.
  - Checkfragen bei Übernahmeteilen helfen zu beurteilen, ob eine erneute Analyse notwendig erscheint.
- **Vermerk** des Entscheidungsprozesses im FMEA-Strukturbaum.
- **Dokumentation** des Risikofilters auf dem Projektlaufwerk.

		Gefährdung				Neuigkeitsgrad			Erfahrung			Problembaugruppe					
		keine	gering	mittel	hoch	gering	mittel	hoch	gering	mittel	hoch	Ergonomie	Wartung	Zuverlässigkeit	Schnittstellen	FMEA empfehlenswert	FMEA !!! muss
Komponente1	Funktion1.1				x												JA !!!
	Funktion1.2			x					x								JA !!!
	Funktion1.3					x											
	Funktion1.4							x								JA !!!	
	Funktion1.5	x					x					x	x			JA !!!	
Komponente2	Funktion2.1	x						x				x					
	Funktion2.2	x				x					x						
	Funktion2.3	x				x					x						
Komponente3	Funktion3.1				x				x								JA !!!
	Funkiton3.2			x						x							JA !!!

Bekannt? ✓
Bewährt? ✓
Vergleichbarer Einsatz? ✗



➔ Analyse notwendig!

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Organisation der FMEA
Kreative Arbeit in moderierten interdisziplinären Teams



Projektmanagement

- 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

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Aufwand, Nutzen und Zitate
Richtwerte zum Aufwand für FMEA-Erstellung und FMEA-Pflege



Projektmanagement

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)



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

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

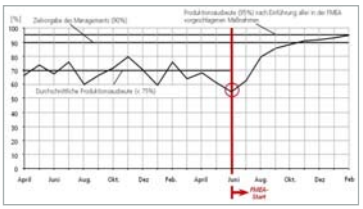
© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

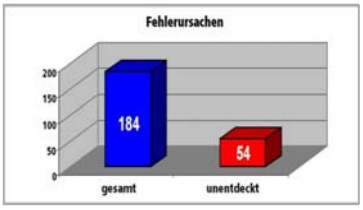
Aufwand, Nutzen und Zitate
Zahlen und Zitate zum Nutzen der FMEA



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)

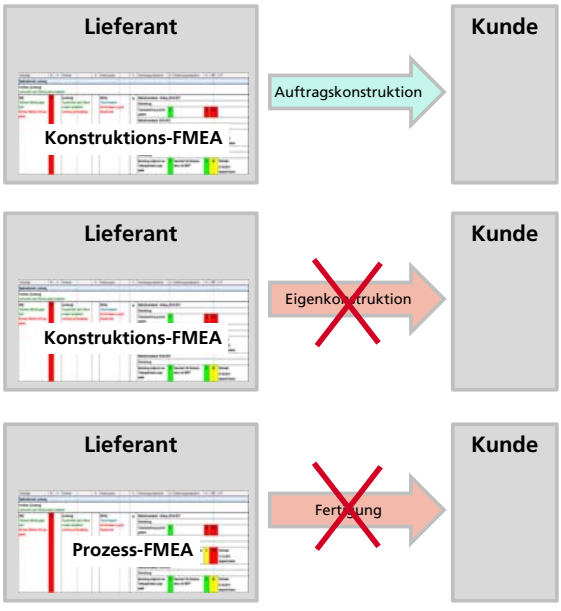
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Organisation der FMEA
Weitergabe und Präsentation von FMEAs



- **FMEAs werden nicht an Kunden weitergegeben (außer es wurde vertraglich vereinbart).**
  - FMEAs (insbesondere Prozess-FMEAs) enthalten firmenspezifisches Know-how.
  - Es ist gängige Praxis, die FMEAs beim Kunden zu präsentieren.
  - Bei der Präsentation von FMEAs kommt es nicht darauf an, alle Risiken zu zeigen, sondern das Vertrauen beim Gegenüber zu wecken, dass man den FMEA-Prozess beherrscht.



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Vorgehensweise
Wie lange lebt eine FMEA und wann wird sie aktualisiert?



Projektmanagement

- **Die Konstruktions-FMEA endet mit dem SOP**
  - Die Konstruktions-FMEA ist beendet, sobald alle entwicklungsseitigen Maßnahmen abgeschlossen sind.
  - Alle sicherheitsrelevanten Themen (eigene und die der Lieferanten) müssen den Zielwert A=1 aufweisen.
  - Beim Auftreten von konstruktionsbedingten Fehlern wird die Konstruktions-FMEA wieder aktiviert.


Bildquelle: http://autogramm.volkswagen.de/

- **Die Prozess-FMEA endet mit dem EOP**
  - Die Prozess-FMEA ist beendet, sobald die Produktion des Produktes beendet ist.
  - Beim Auftreten von prozessbedingten Fehlern erfolgt eine Plausibilisierung und gegebenenfalls eine Aktualisierung der Prozess-FMEA.

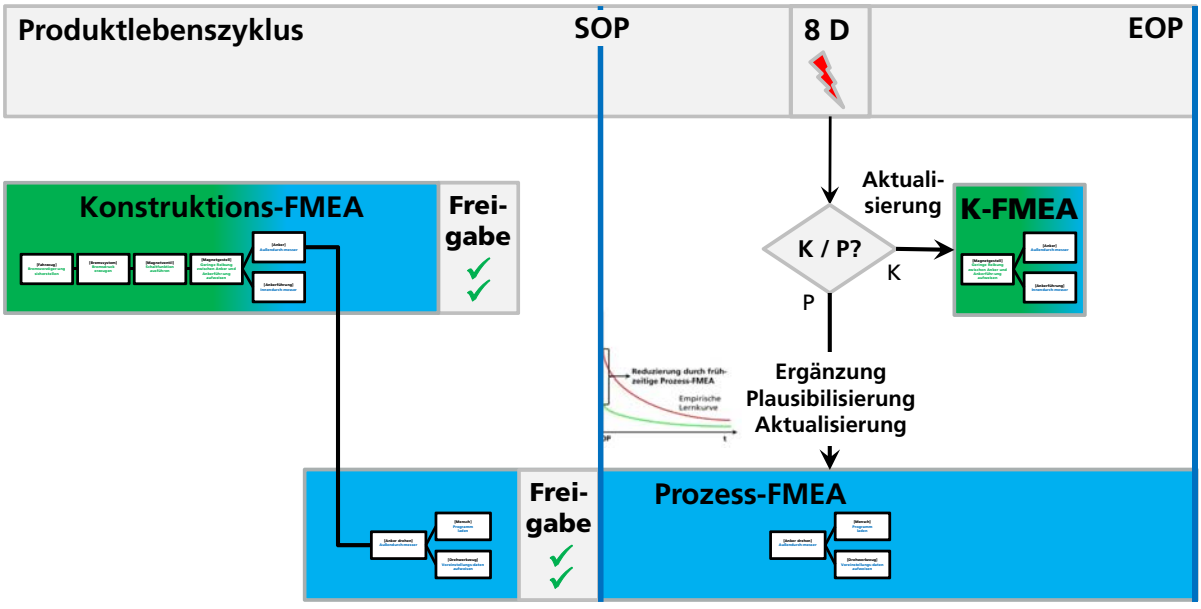

Bildquelle: http://www.rp-online.de/

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Organisation der FMEA
Aktualisierung der FMEA über den Produktlebenszyklus



Projektmanagement



© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

BESONDERE MERKMALE

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale

Definition und Zielsetzung Besonderer Merkmale nach VDA (05/2011)

Sicherstellung der technisch relevanter Funktionalitäten eines Produktes durch Vermeidung von Produkten mit fehlerhaften Besonderen Merkmalen:

- BM S = Sicherheitsanforderungen, Produktsicherheit und/oder sicherheitsrelevante Folgen, wie z.B. momentanem Verlust der Straßensicht, Ausfall der Bremsen, Ausfall der Lenkung, …
- BM Z = Gesetzliche und behördliche Vorgaben zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens
- BM F = Funktionen und Forderungen



Zielsetzung:
„Risikovermeidung“

Quelle VDA-QMC (05/2011)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Zielsetzung der Besonderen Merkmale
Sicherstellung technisch relevanter Funktionalitäten

- **Vermeidung** oder Abschwächung von Fehlerfolgen im Betrieb durch Robustes Konzept (z.B. fail-safe System)
- **Vermeidung** von Fehlern im Betrieb durch Robustes Design (z.B. Dimensionierung)
- **Vermeidung** von Fehlern in der Fertigung und der Montage (z.B. Poka-Yoke-Prozess, fähige und beherrschte Prozesse)

Nur, falls Fehlermeidungsstrategien als nicht ausreichend angesehen werden:

- **Entdeckung** von Fehlern in Fertigung und Montage (z.B. 100%-Prüfung, SPC-Prüfung, Erst- und Letztstückprüfung) (**operative Ebene der Besonderen Merkmale**)



© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale
Bezeichnung nach VDA und juristische Relevanz

Besondere Merkmale	Juristische Relevanz
BM S = Sicherheitsrelevanz: Produktsicherheit oder sicherheitsrelevante Folgen (Bedeutung B = 10 in der FMEA)	Strafrecht: Strafrechtliche Verantwortung von Mitarbeitern bei Verschulden
BM Z = Zertifizierungsrelevanz: Gesetzliche Vorgaben zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens (Bedeutung B = 9 in der FMEA)	Öffentliches Recht: Befugnisse von Überwachungsbehörden (Auflagen, Vermarktungsstopp, Warnung, Produktrückruf)
BM F = Funktionsrelevanz: Funktionen und Forderungen (Bedeutung B = 5 .. 8 in der FMEA)	Zivilrecht: Gewährleistung (Nachbesserung, Rücktritt, Minderung, Schadensersatz)

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

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)

Daimler AG (Produkt- und Prozess-FMEA)

- DS = Dokumentationspflicht Sicherheitsrelevanz
- DZ = Dokumentationspflicht Zertifizierungsrelevanz

… weitere firmenspezifische Kennzeichnungen

- Schild, Diamant, S/C, F/F, …

Quelle: Ford, Daimler AG

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale
Zusammenhang der Besonderen Merkmale mit der Bedeutung aus der FMEA

Bedeutung in der FMEA	VDA	Daimler	QS 9000	weitere
B = 10	BM S	DS	YC / CC	?
B = 9	BM Z	DZ	-	?
B = 5 .. 8	BM F	-	YS / SC	?

Tipp:
Bei eigenen Produkten, empfiehlt sich die Erstellung einer Übersetzungstabelle zur Vermeidung der Erstellung unterschiedlicher kundenspezifischer Produktzeichnungen.

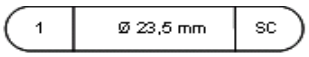
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale

Dokumentation und Archivierung von Besonderen Merkmalen zur Nachweispflicht im Schadensfalle

Entwicklung:

- Dokumentation in Risikoanalysen und Zeichnungen 

Produktions- und Prüfplanung:

- Dokumentation der Lenkungs-, Prüf- und Reaktionsmethoden in Produktionslenkungsplan, Prüfplan, Arbeitsanweisung

Produktion:

- Erfassung der Besonderen Merkmale (Beachtung bei Sonderfreigaben!)

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

© Fraunhofer IPA

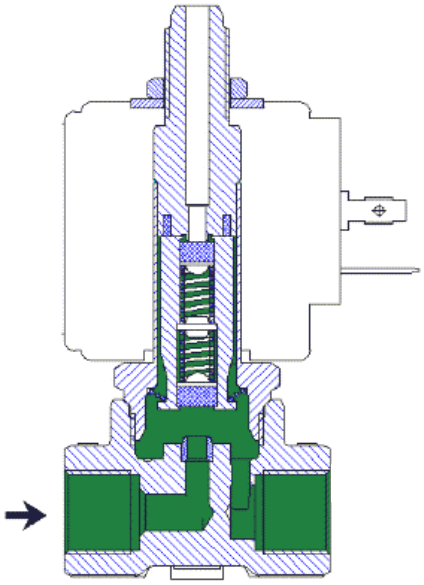
Fraunhofer IPA

BEISPIELSYSTEM MAGNETVENTIL

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispielsystem Magnetventil
Funktionsprinzip

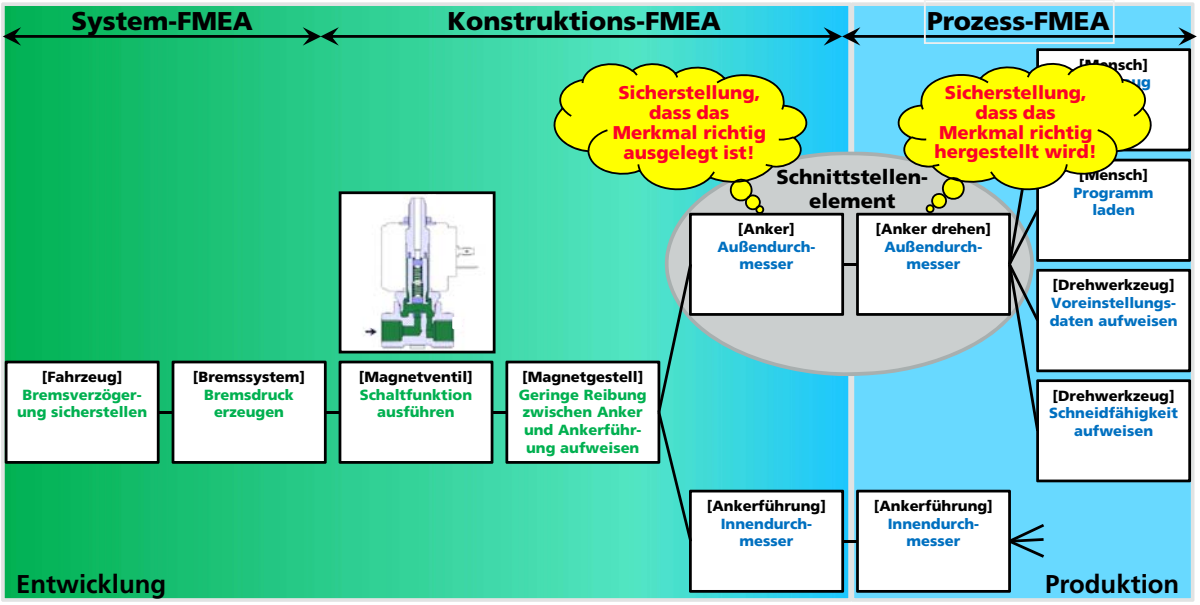


Bildquelle: http://www.magnetventile-shop.de

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

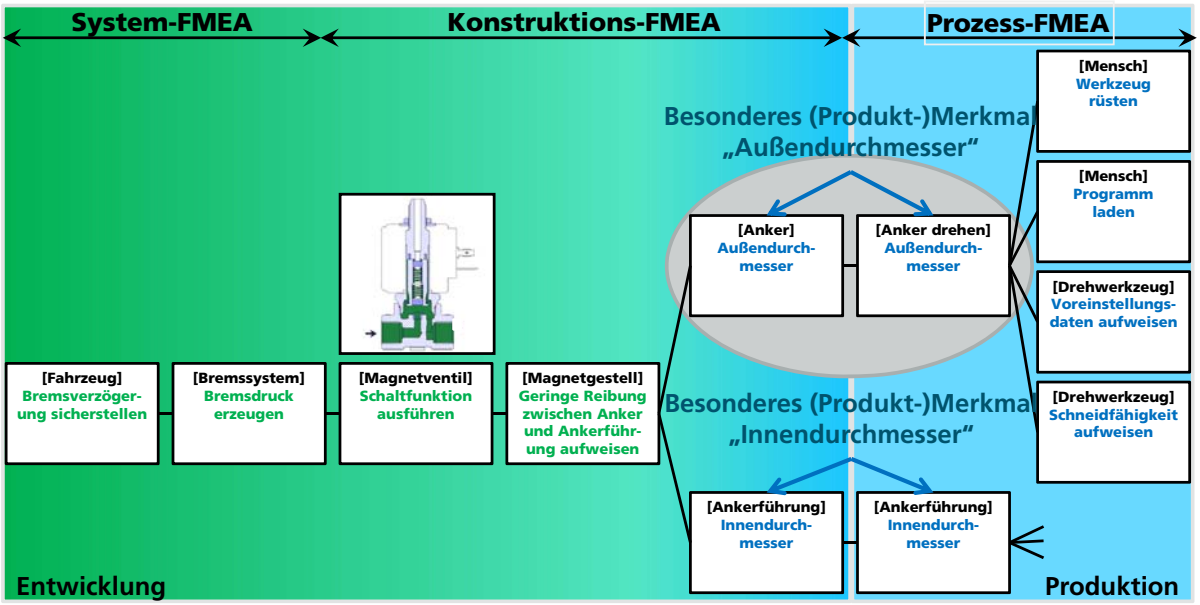
Integration von Entwicklung und Produktion
Produktfunktionen werden durch Produktmerkmale realisiert



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

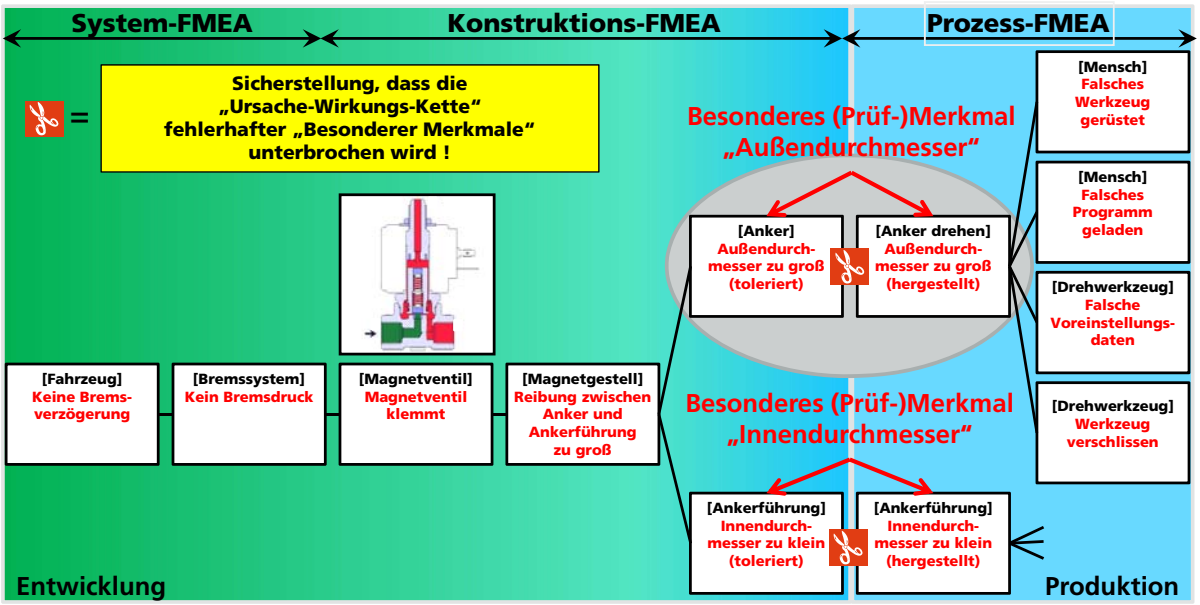
Integration von Entwicklung und Produktion
Produktfunktionen werden durch Produktmerkmale realisiert



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Integration von Entwicklung und Produktion
Fehlerhafte Produktmerkmale führen zu Fehlfunktionen am Produkt

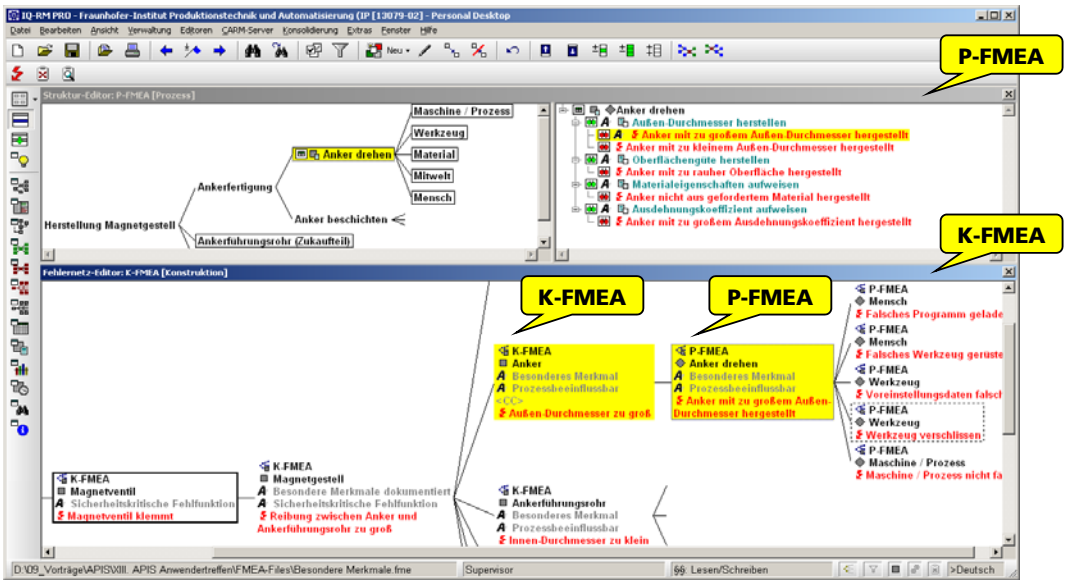


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA

Durchgängige Betrachtung durch Verknüpfung von Funktions- oder Fehlernetzen über die FMEA-Arten

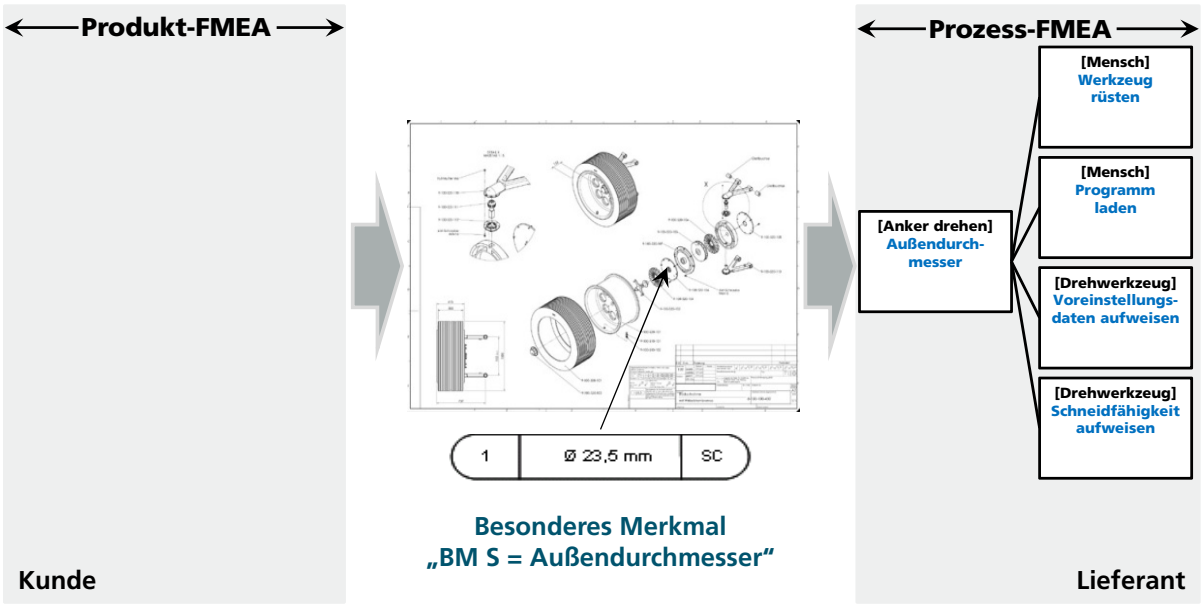


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale in Kunden-Lieferanten-Beziehung

Besondere Merkmale zur Kommunikation des Risikos von Produktmerkmalen zwischen Kunden und Lieferanten



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

PRÜFSTRATEGIEN IN DER PRODUKTION

© Fraunhofer IPA

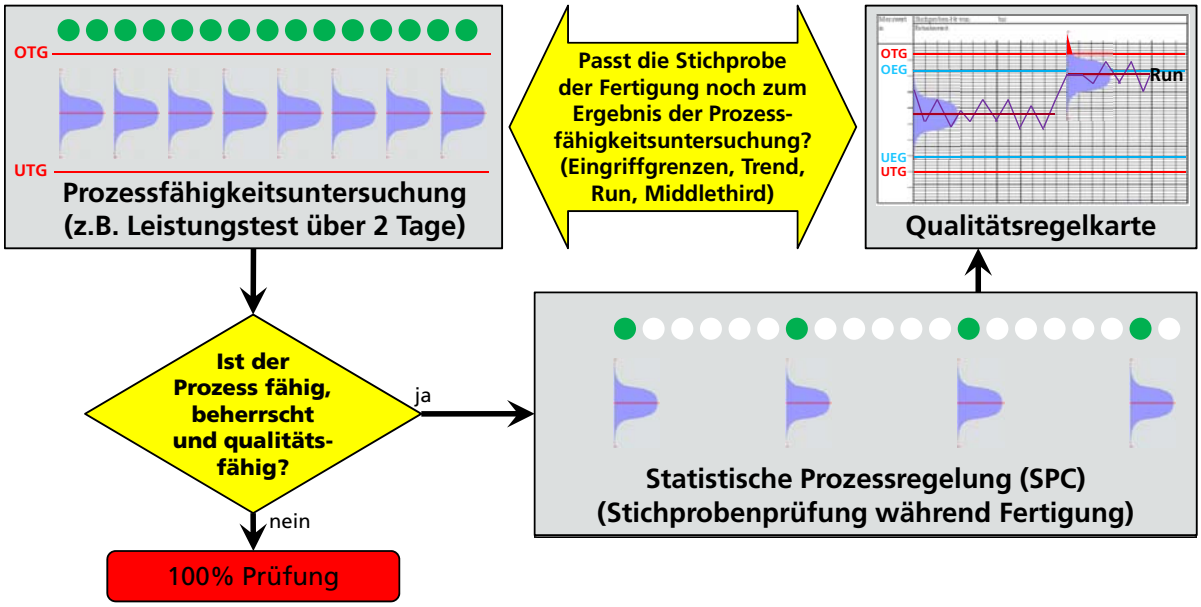
Fraunhofer IPA

STATISTISCHE PROZESS-REGELUNG (SPC)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
Statistische Prozessregelung (SPC)



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

EINE KLEINE BILDERGESCHICHTE ZUR (SPC)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
Auf dem Weg zu SPC



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
Die Aufgabe: „Mit 100 km/h auf dem Mittelstrich fahren“



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
An die Leitplanke darf ich nicht kommen ...



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
... da gibt‘s Nacharbeit !



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
Und was passiert da drüben ... ?



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
... da gibt‘s Ausschuss (Autsch) !



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
Mal schauen, wie gut ich über längere Zeit fahren kann ?



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
O.K., jetzt bin ich fähig und beherrsche den Prozess !



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
Wow ..., eine Tramperin - die nehme ich gerne mit !



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
Heeeee, was macht die da während der Fahrt ?



50 m, 100 m, 150 m, 200 m



Nachregeln (?!)



250 m, 300 m, 450 m, 500 m

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
Das geht, wenn Du fähig bist und den Prozess beherrschst !



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

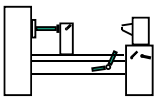
Statistische Prozessregelung (SPC)
SPC im Vergleich

Goldwing



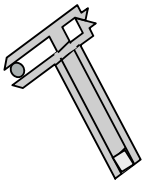
Fertigen mehrere Teile

Welle drehen



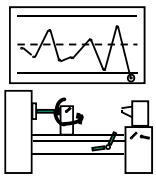


Prüfen einer Stichprobe





Regeln (falls notwendig)



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

LOSBEZOGENE PRÜFUNGEN UND STICHPROBENPRÜFUNGEN

© Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
Systematische und zufällige Fehler

- **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**

© Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
Bewertung der Entdeckungswahrscheinlichkeit in der Prozess-FMEA

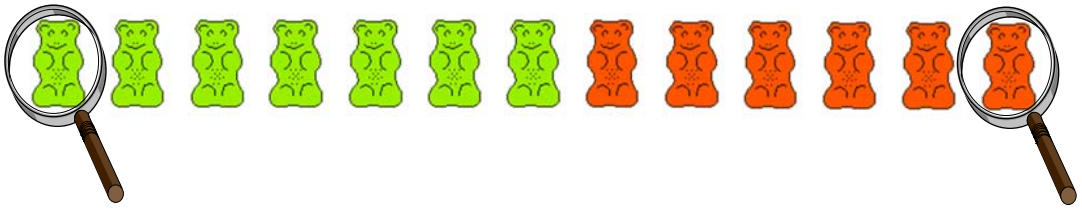
Die Entdeckungswahrscheinlichkeit beschreibt die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der Fehlerursache, der Fehlerart oder der Fehlerfolge innerhalb des Verantwortungsbereiches des produzierenden Unternehmens noch bevor dadurch Schäden verursacht werden können. Dabei reicht es nicht aus, den Fehler nur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

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

© Fraunhofer IPA

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

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

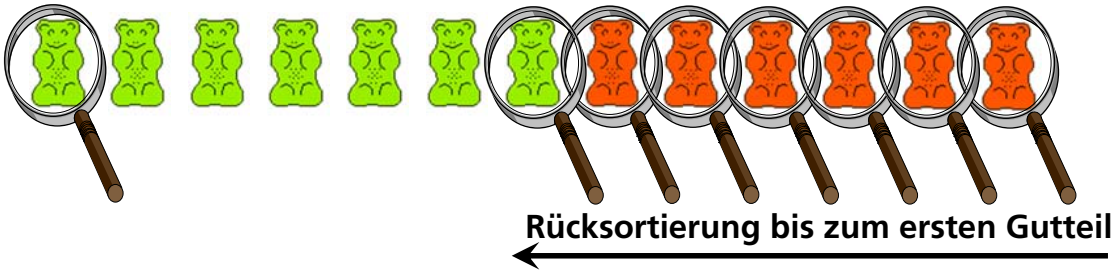


Bildquelle (Gummibär): http://www.hausmaus.de/gummibaer.html

© Fraunhofer IPA

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

- Prüfart:
  - Erst- und Letztstückprüfung
  - Rücksortierung und Aussonderung bis zum letzten Gutteil
  - Hohe Prüfgüte
- Entdeckungswahrscheinlichkeit E = 1



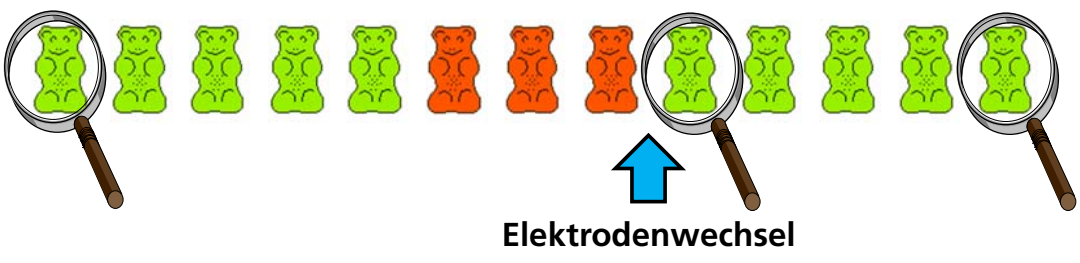
Bildquelle (Gummibär): http://www.hausmaus.de/gummibaer.html

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele
Systematischer Fehler (z.B. unzureichende Schweißung aufgrund von Elektrodenverschleiß)

- Prüfart:
  - Erst- und Letztstückprüfung
  - Erststückprüfung nach Elektrodenwechsel
  - Hohe Prüfgüte
- Entdeckungswahrscheinlichkeit E = 10



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

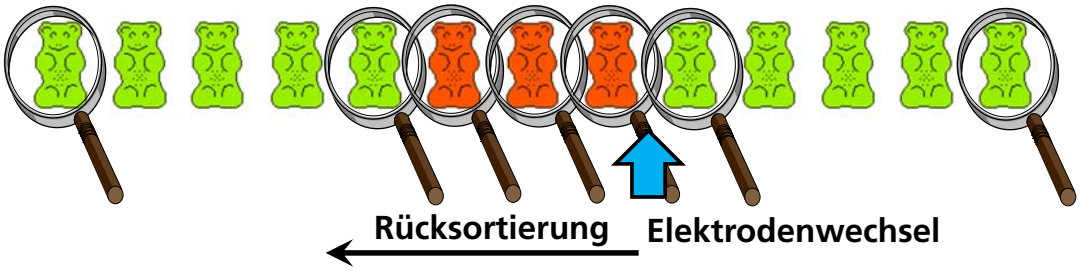
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele

Systematischer Fehler (z.B. unzureichende Schweißung aufgrund von Elektrodenverschleiß)

- Prüfart:
  - Erst- und Letztstückprüfung
  - Letztstückprüfung vor Elektrodenwechsel mit Rücksortierung
  - Erststückprüfung nach Elektrodenwechsel
  - Hohe Prüfgüte
- Entdeckungswahrscheinlichkeit E = 1



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

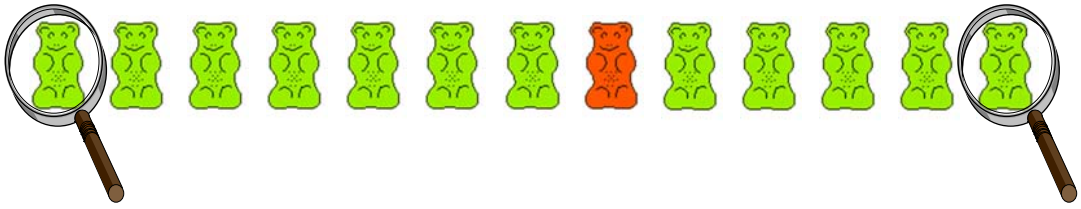
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele

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

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



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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele

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

- Prüfart:
  - Stichprobenprüfung
  - Keine Rücksortierung
  - Hohe Prüfgüte
- Entdeckungswahrscheinlichkeit E = 8 .. 10 (abhängig von Prüfintervall)



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

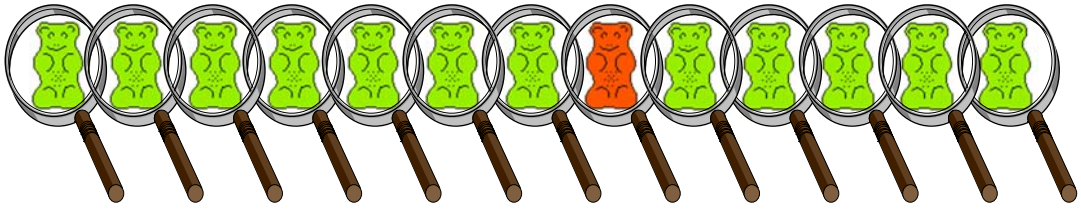
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele

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

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



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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion

Zusammenfassende Darstellung der geeignetsten Entdeckungsmaßnahmen in der Prozess-FMEA

- Erststückprüfung zur Prozessfreigabe und nach Prozessveränderungen (z.B. Rüsten, Schichtbeginn, Chargenwechsel, Bandstillstand, …)
- Nachweis (Dokumentation) der Prozessfähigkeit und Prozessbeherrschung
  - Analyse der Prozessfähigkeit (z.B. $c_p \geq 1{,}66$ .. 2,0 und $c_{pk} \geq 1{,}33$ .. 1,66)
  - Beurteilung der Prozessbeherrschung (z.B. 2 Tages-Produktion)
  - Statistische Prozessregelung (SPC) mit Qualitätsregelkarten

  oder
- 100% (dokumentierte) Prüfung
  - systematischer Fehler -> Stichprobe (z.B. Erst- und Letztstückprüfung mit 100%-Rücksortierung bei Fehlern)
  - zufälliger Fehler -> 100%-Prüfung (Komponenten oder Baugruppen)

© Fraunhofer IPA

REGELN ZUR BEWERTUNG VON SICHTPRÜFUNGEN

© Fraunhofer IPA

Bewertung von Sichtprüfungen
Fehlfunktion „fehlerhaft lackierter Kotflügel montiert“



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

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Bewertung von Sichtprüfungen
Korrekte Bewertung von Sichtprüfungen - Fehlfunktion „fehlerhaft lackierter Kotflügel montiert“ im Kontext

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



Sehr gute Entdeckung (E = 3)

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

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



Schlechte Entdeckung (E = 9)

Bildquelle: http://www.autobild.de/ir_img/62639396_8527efaf71.jpg

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Bewertung von Sichtprüfungen

Vorschlag zur Entdeckungswahrscheinlichkeit E von Sichtprüfungen

Bewertung Faktor E	Systematischer Fehler	Zufälliger Fehler
Stichprobenmäßige Sichtprüfung eines leicht erkennbaren Fehlermerkmales	Fehlende Bohrung aufgrund von Bohrerbruch	Manueller Stanzarbeits-gang nicht ausgeführt
Stichprobenmäßige Sichtprüfung eines schwer erkennbaren Fehlermerkmales	Zuwenig Vergussmasse an der Anlage eingestellt	Verunreinigungen (z.B. Zigarettenreste) in einer Sprudelflasche
100% Sichtprüfung eines leicht erkennbaren Fehlermerkmales	Falsch lackiertes Bauteil verbaut	Fehlender Öldeckel auf Motor
100% Sichtprüfung eines schwer erkennbaren Fehlermerkmales	Falsche Beize zur Lackierung von Holzzierteilen verwendet	Poren auf der Oberfläche einer Chromzierleiste

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Bewertung von Sichtprüfungen

Vorschlag zur Entdeckungswahrscheinlichkeit E von Sichtprüfungen

Bewertung Faktor E	Systematischer Fehler	Zufälliger Fehler
Stichprobenmäßige Sichtprüfung eines leicht erkennbaren Fehlermerkmales	E = 2 .. 3	E = 9 .. 10
Stichprobenmäßige Sichtprüfung eines schwer erkennbaren Fehlermerkmales	E = 4 .. 7	E = 10
100% Sichtprüfung eines leicht erkennbaren Fehlermerkmales	E = 1 .. 3	E = 3 .. 6
100% Sichtprüfung eines schwer erkennbaren Fehlermerkmales	E = 4 .. 6	E = 7 .. 10

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

REGELN ZUR PRÜFPLANUNG (DENKMODELL)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

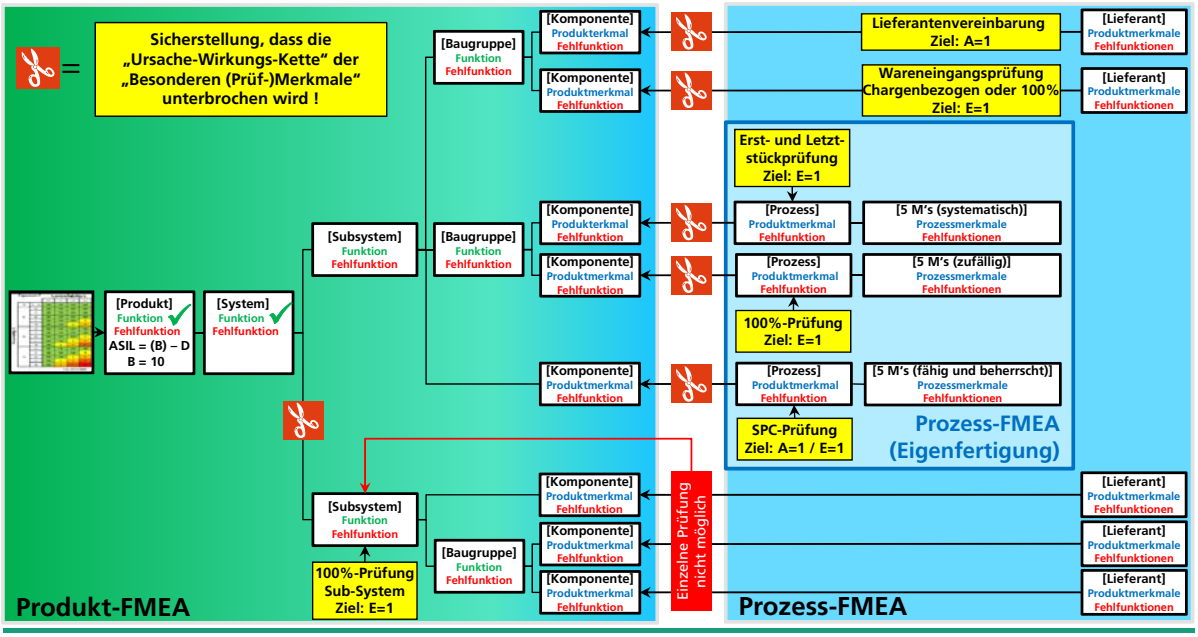
Regeln zur Prüfplanung
Denkmodell zur Prüfplanung unter Berücksichtigung des Fehlergeschehens

- Verbindung der Produkt-FMEA und der Prozess-FMEA über die Produktmerkmale zur Sicherstellung einer durchgängigen Bewertung Definition von Prüfstrategien in Abhängigkeit von
  - der Prozessfähigkeit (fähiger und beherrschter Prozess) oder
  - dem Fehlerbild (zufälliger oder systematischer Fehler)
  - der Kunden-Lieferanten-Beziehung
- Durchtrennung ( ) der Ursachen-Wirkungskette mittels effektiver Prüfmaßnahmen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte (Prüfkosten versus Ausschuss-/Nacharbeitskosten)
- Dokumentation der Lenkungs- und Reaktionsmethoden im Prozess-Lenkungs-Plan (PLP)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien zur Null-Fehler-Produktion
Regeln zur Definition von Prüfmaßnahmen



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

ZUSAMMENFASSUNG DER REGELN

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prozess-FMEA
Zusammenfassung der Regeln

- Strukturierung der FMEAs nach wertschöpfenden Prozessen
- Präzise Bezeichnung von Funktionen und Fehlfunktionen
- Hypothesen durchgängig mit Bezug zum Endkunden aufstellen
- Risiken systematisch und ehrlich bewerten
- Regeln zur Prüfplanung auf Basis des Fehlergeschehens berücksichtigen
- Prozess-Lenkungs-Plan (PLP) auf Basis der Prozess-FMEA erstellen

© Fraunhofer IPA