
LEICHT VERSTÄNDLICHE REGELN ZUM ARBEITEN MIT DER PROZESS-FMEA

Vortrag beim DGQ-Regionalkreises Oberschwaben-Bodensee,
18. Juli 2013, Friedrichshafen



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

Vorstellung

Die Fraunhofer-Gesellschaft



**60 Institute an
rund 40 Standorten**



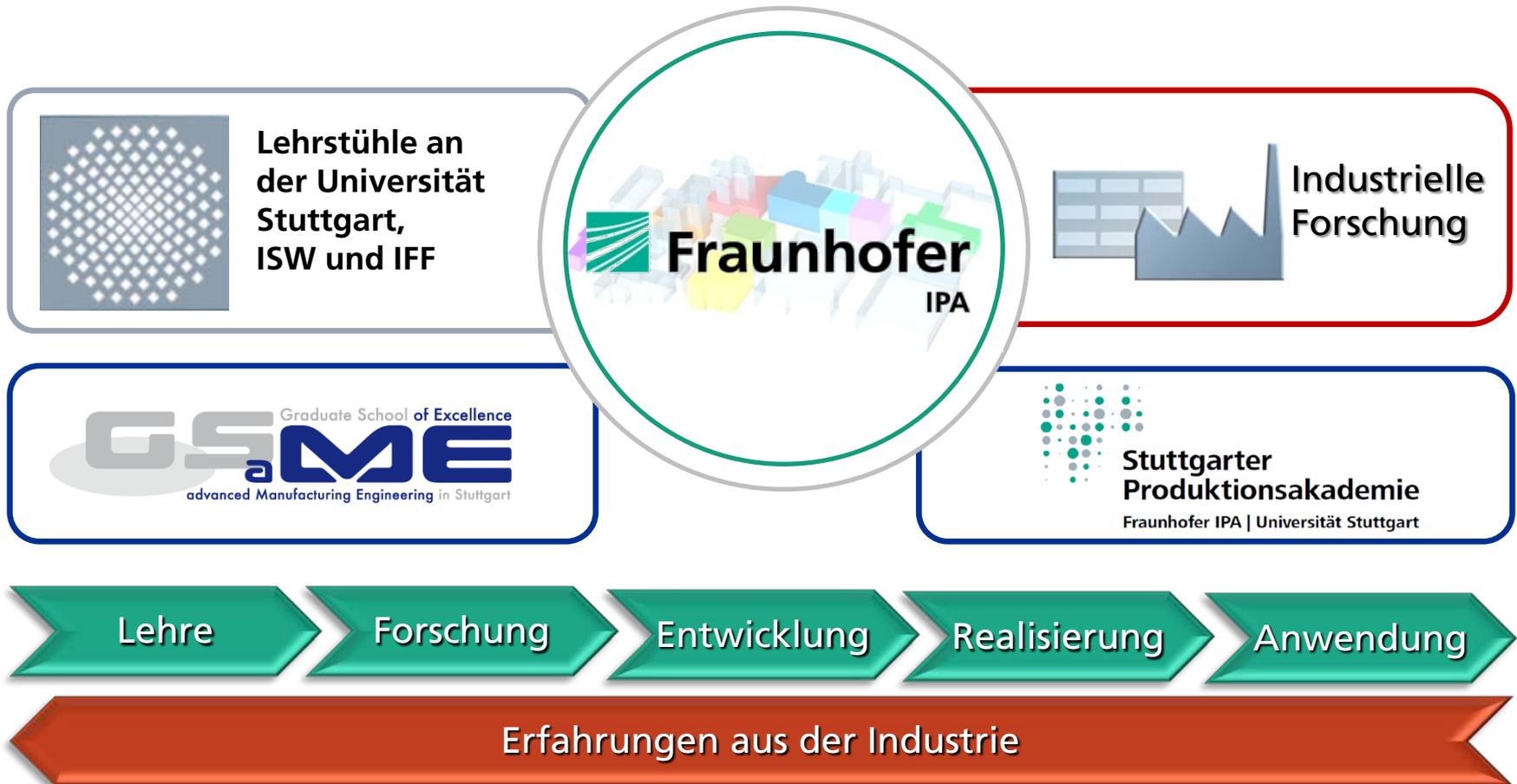
20.000 Mitarbeiter



2,0 Mrd. € Budget

Vernetzung von Wissenschaft und Praxis

Fraunhofer IPA als Basis für den Wissenstransfer



Vorstellung

FMEA am Fraunhofer IPA

- Erfahrung seit 1987
- Entwicklung des ersten grafischen wissensbasierten FMEA-Systems (1992)
- Mehr als 500 FMEA-Projekte in den verschiedensten Branchen
- Mehr als 400 FMEA-Reviews für führende Automobilhersteller
- Kontinuierliche Weiterentwicklung des Themas mit 7 Mitarbeitern
 - FMEA-Controlling für parallele und verteilte Produktentwicklungen
 - Konstruktions- und Verfügbarkeits-FMEA (KV-FMEA) für Anlagen
 - Fehler-Prozess-Matrix (FPM) für komplexe Montageprozesse
 - Mechatronik-FMEA und Funktionale Sicherheit
 - FMEA-Anwendung für Versorgungskassen im Rahmen der MARisk
- Komplettangebot für die Industrie (Schulung, Coaching, Moderation, ...)
- Seit 2003 FMEA-Trainer der Deutschen Gesellschaft für Qualität (DGQ)

Tätigkeitsfeld in der Produktentwicklung

Risikoanalysen mit Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)

Aufgabenstellung:

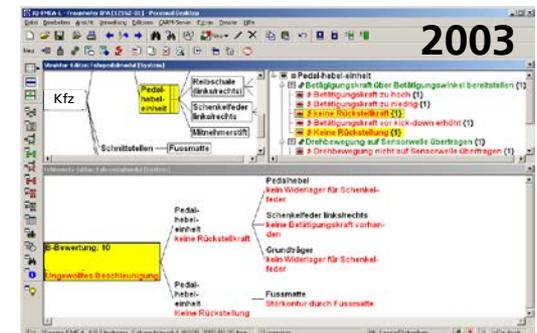
- Risikoabsicherung von Produkten

Tätigkeiten des IPA:

- Durchführung von Gefahren- und Risikoanalysen nach VDA 4 (2006) mit IQ-FMEA
- Definition von Verbesserungsmaßnahmen
- Erarbeitung von Testplänen und Testszenarien

Nutzen für Kunden:

- Sichere und zuverlässige Produkte



Tätigkeitsfeld in der Prozessoptimierung

Risikoanalysen mit der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)

Aufgabenstellung:

- Absicherung von Herstellungs- und Montageprozessen

Tätigkeiten des IPA:

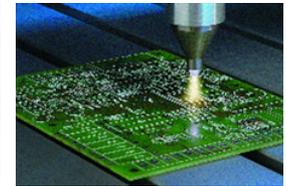
- Systematische Analyse und Bewertung der Einflussfaktoren (5 M's) auf die Prozessqualität
- Definition von Maßnahmen zur Optimierung

Nutzen für Kunden:

- Reduzierung von Nacharbeits- u. Ausschusskosten
- Reduzierung von Garantie- und Kulanzkosten



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

Tätigkeitsfeld in der Produktentwicklung

Absicherung mechatronischer Systeme hinsichtlich „Funktionaler Sicherheit“

Aufgabenstellung:

- Absicherung innovativer mechatronischer Systeme hinsichtlich „Funktionaler Sicherheit“ gemäß IEC 61508 und ISO 26262

Tätigkeiten des IPA:

- Durchführung von System-Risikoanalysen
- Definition von Software-Requirements
- Erarbeitung von Testplänen und Testszenarien

Nutzen für Kunden:

- Funktional sichere mechatronische Systeme



Bildquelle:
http://www.autobild.de/artikel/opel-meriva-2010-_1030625.html

Tätigkeitsfeld in der Prozessoptimierung

Sprachverarbeitung im industriellen Umfeld (Beispiel Integration von FMEA in Diagnose/Service)

Aufgabenstellung:

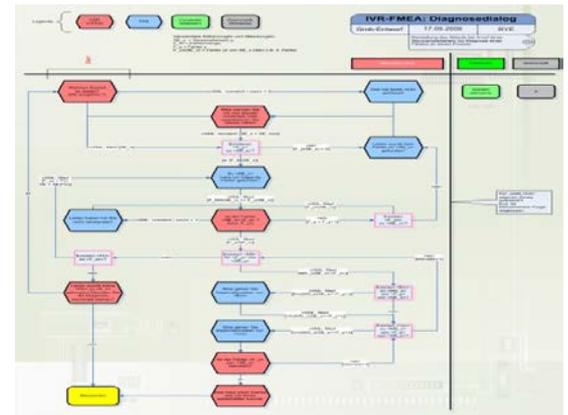
- Optimierung der Diagnose und des Service

Tätigkeiten des IPA:

- Plattformneutrale VOICE-API zur Kopplung von Sprachverarbeitung an bestehende EDV-Systeme
 - Erweiterung der FMEA (Diagnose/Service)
 - Ausgabe geeigneter Diagnose- und Servicemaßnahmen in Abhängigkeit vom Fehlerbild

Nutzen für Kunden:

- Hands-free / Konzentration auf die Aufgabe



Wissens- und Technologietransfer in die Industrie

Drei Säulen des Transfers



Wissenschaftliche Mitarbeiter (Fraunhofer-Modell)

- Basis-Ausbildung
- Projektarbeit und Forschungstätigkeit
- Promotion an der Uni
- Wissenstransfer in die Industrie durch Köpfe

FpF e.V.

Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung e.V. (FpF)

Verbreitung von Ergebnissen
(Veröffentlichungen und
Vorträge) aus der wissen-
schaftlichen Forschung auf
dem Gebiet der Produktions-
technik



Stuttgarter Produktions- akademie gGmbH

Zielgruppenorientierte
Aus- und Weiterbildung
auf dem Gebiet der
Produktionstechnik mit
hohem Praxisbezug
(z.B. Lernfabrik, Labore)

Mit dem Aufbau der Stuttgarter Produktionsakademie kommen die Fraunhofer-Institute und die Universitäts-Institute ihrer gesellschaftlichen Verpflichtung zum Wissens- und Technologietransfer in Form von qualifizierter beruflicher Aus- und Weiterbildung nach.

Zielsetzung der Stuttgarter Produktionsakademie

Komplettanbieter für Aus- und Weiterbildung zum Thema „Industrielle Produktion“



- Die Stuttgarter Produktionsakademie gGmbH versteht sich als offene und nicht gewinnorientierte Aus- und Weiterbildungsplattform rund um das Thema der industriellen Produktion.
- Ziel der Stuttgarter Produktionsakademie ist es maßgeschneiderte und zielgruppenorientierte Aus- und Weiterbildungen für alle Hierarchieebenen in den Unternehmen anzubieten.

Fachliches Leistungsspektrum

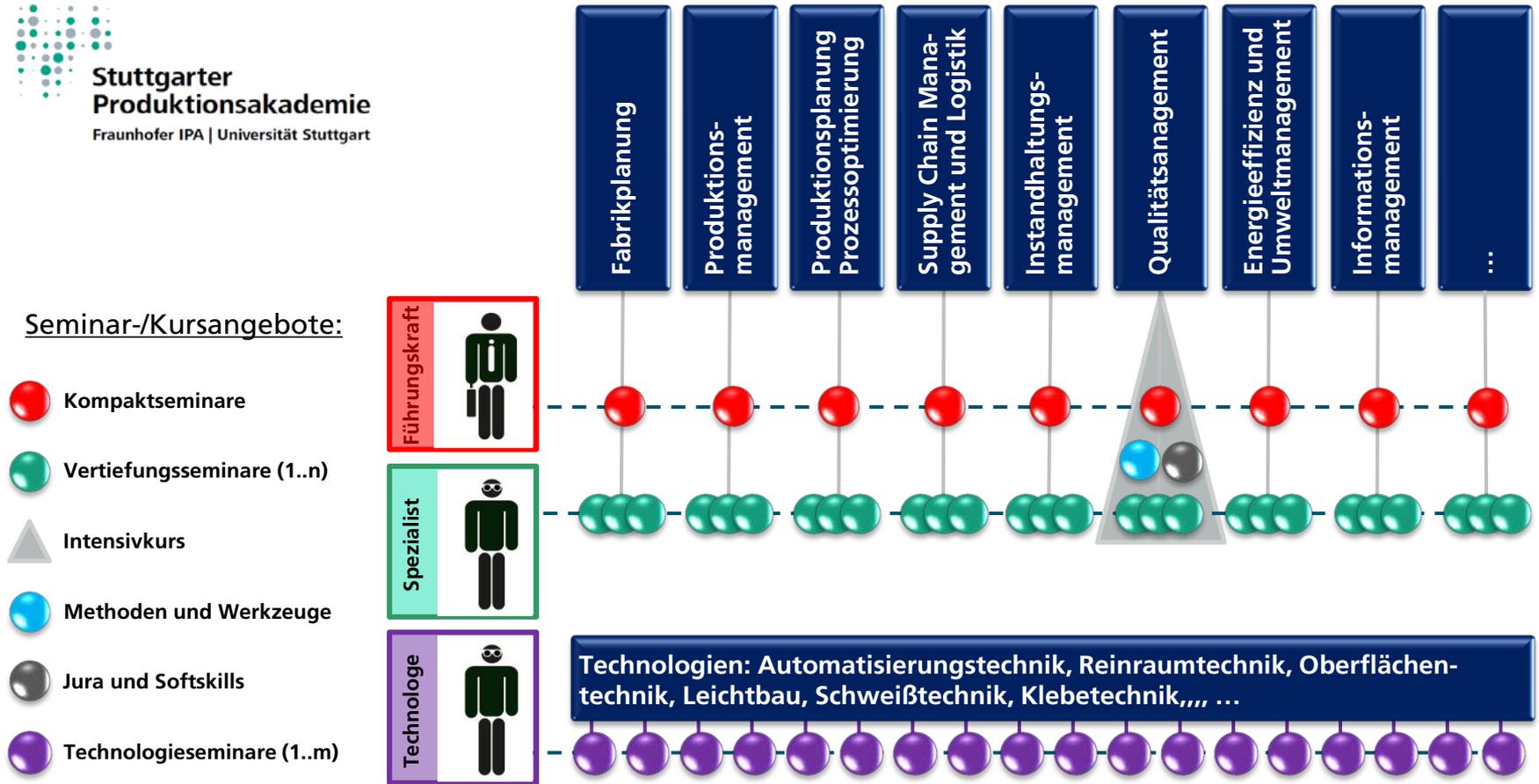
Rollen- und technologieorientierte Aus- und Weiterbildungskonzepte

- **Rollenspezifische Seminare**
 - Führungskräfte (kompakt)
 - Spezialisten (vertieft)
- **Technologiespezifische Seminare**
 - Technologien der industriellen Produktion
- **Seminare zu Querschnittsthemen**
 - Methoden-Know-How
 - Soft-Skills
 - Juristische Themen
- ca. 140 Seminare in 2013 geplant



Fachliches Leistungsspektrum

Rollen- und technologieorientierte Aus- und Weiterbildungskonzepte



AGENDA

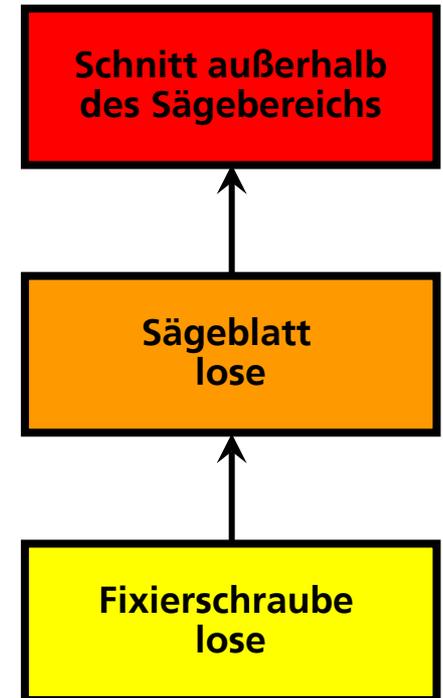
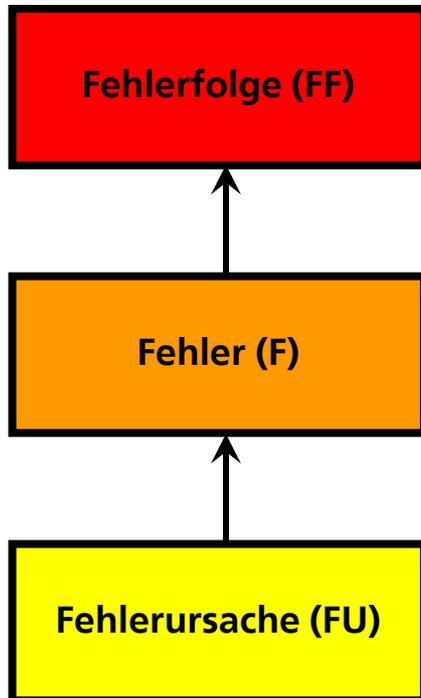
Agenda

Leicht verständliche Regeln zum Arbeiten mit der Prozess-FMEA

- FMEA-Anwendung nach VDA 4 (2006)
- Regeln zur Erstellung von Prozess-FMEAs u. Prozess-Lenkungs-Plänen (PLP)
- Regeln zur korrekten Risikobewertung
- Regeln zur Bewertung von Sichtprüfungen
- Regeln zur Definition von Prüfstrategien in Abhängigkeit vom Fehlerbild
- Regeln zum Umgang mit Besonderen Merkmalen
- Regeln zur Prüfplanung (Denkmodell)

Grundlagen

FMEA analysiert und bewertet Fehlerfolge- Fehler-Fehlerursache-Kombinationen



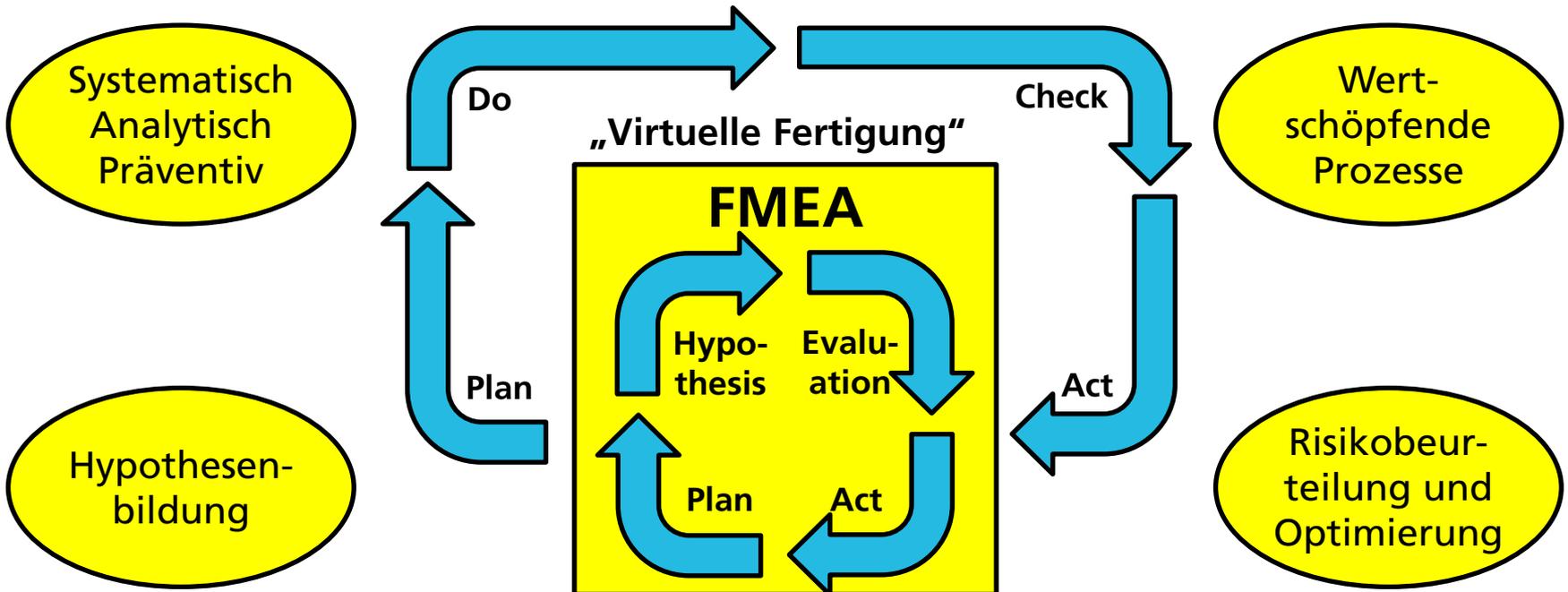
„Ah, hier - ich habe vergessen die Schraube anzuziehen!“

Quelle: Sonntag aktuell (2002)

Grundlagen

Ziel und methodische Grundsätze der Prozess-FMEA

Primäres Ziel der Prozess-FMEA ist es, sicherzustellen, dass keine fehlerhaften Produkte produziert und/oder ausgeliefert werden.



Grundlagen

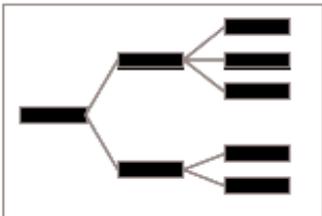
Vorgehensweise nach VDA 4 (2006)

Systemanalyse

Risikoanalyse und Maßnahmen

1. Schritt

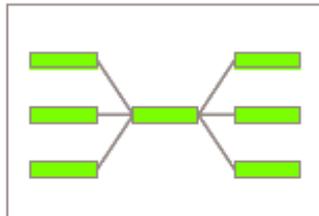
Strukturanalyse



- Beteiligte Elemente erfassen u. strukturieren
- Systemstruktur erstellen

2. Schritt

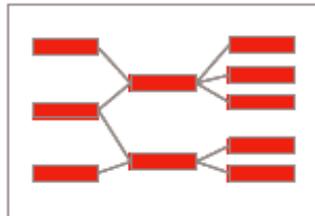
Funktionsanalyse



- Funktionen den Strukturelementen zuordnen
- Funktionen verknüpfen

3. Schritt

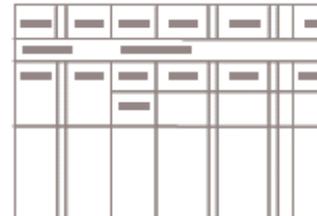
Fehleranalyse



- Fehlfunktionen den Funktionen zuordnen
- Fehlfunktionen verknüpfen

4. Schritt

Maßnahmenanalyse



- Aktuelle Vermeidungs-/ Entdeckungsmaßnahmen dokumentieren
- Aktuellen Stand bewerten

5. Schritt

Optimierung

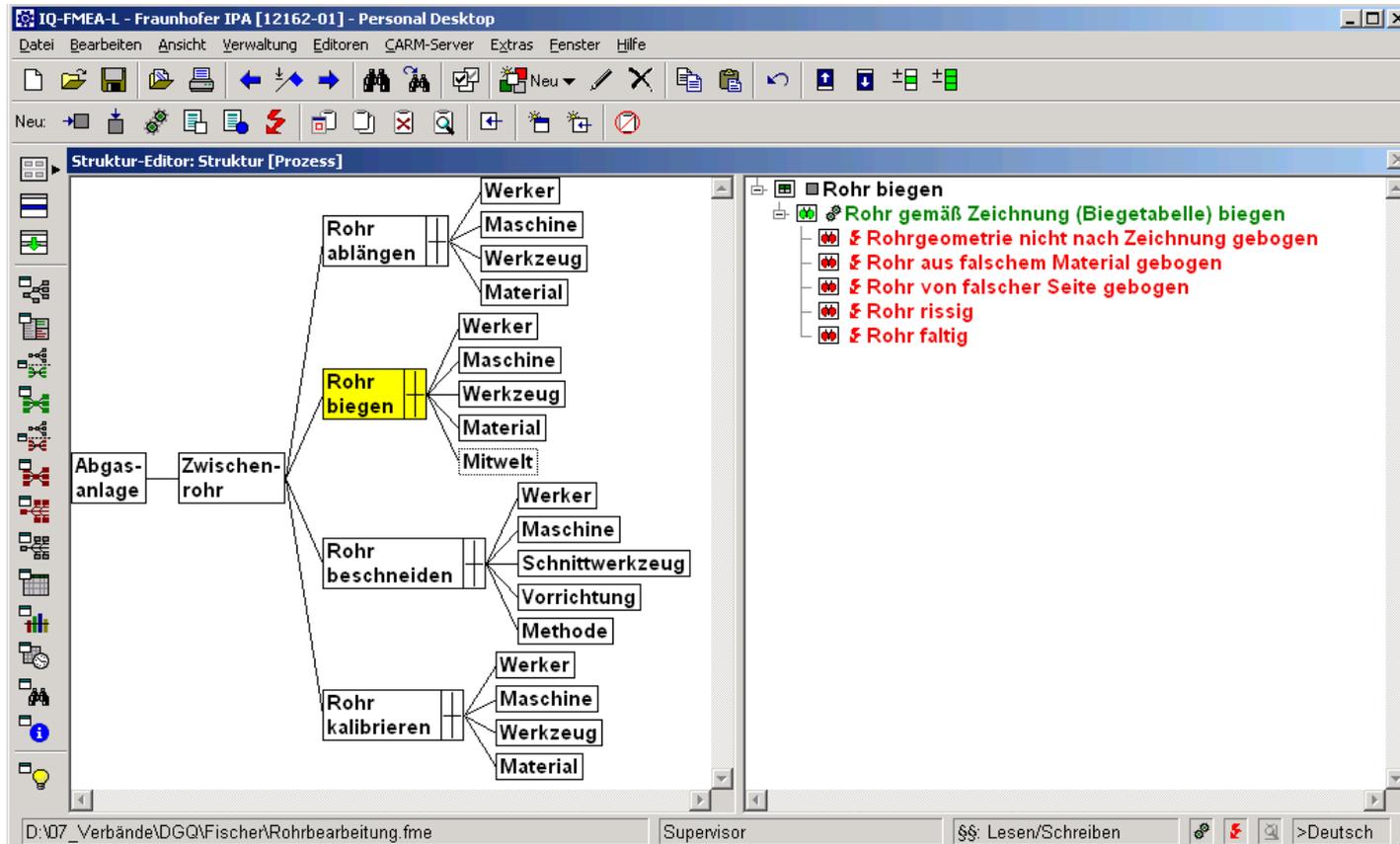


- Risiko mit weiteren Maßnahmen mindern
- Geänderten Stand bewerten

Quelle: VDA 4 (2006)

Grundlagen

Beispiel: Systemstruktur, Funktionen und Fehlfunktionen



Grundlagen

Beispiel: Fehlernetz

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

Datei Bearbeiten Ansicht Verwaltung Editoren CARM-Server Extras Fenster Hilfe

Struktur-Editor: Struktur [Prozess]

Struktur-Editor: Struktur [Prozess]

- Rohr gemäß Zeichnung (Biegetabelle) biegen
 - ☹ Rohrgeometrie nicht nach Zeichnung gebogen
 - ☹ Rohr aus falschem Material gebogen
 - ☹ Rohr von falscher Seite gebogen
 - ☹ Rohr rissig
 - ☹ Rohr faltig

Fehlernetz-Editor: Struktur [Prozess]

B-Bewertung: 9

- Abgas-anlage
 - ☹ Gasaustritt

B-Bewertung: 6

- Abgas-anlage
 - ☹ Akustik zu laut

Fehlerfolgen

- Zwischen-rohr
 - ☹ Zwischenrohr nicht dicht

Fehler

- Rohr biegen
 - ☹ Rohr rissig

Fehlerursachen

- Werker
 - ☹ Material falsch eingelegt (Schweißnahtposition)
- Maschine
 - ☹ Booster defekt
- Mitwelt
 - ☹ Rohrtemperatur zu gering

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

Grundlagen

Beispiel: Risikobewertung und Risikominimierung im FMEA-Formblatt

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

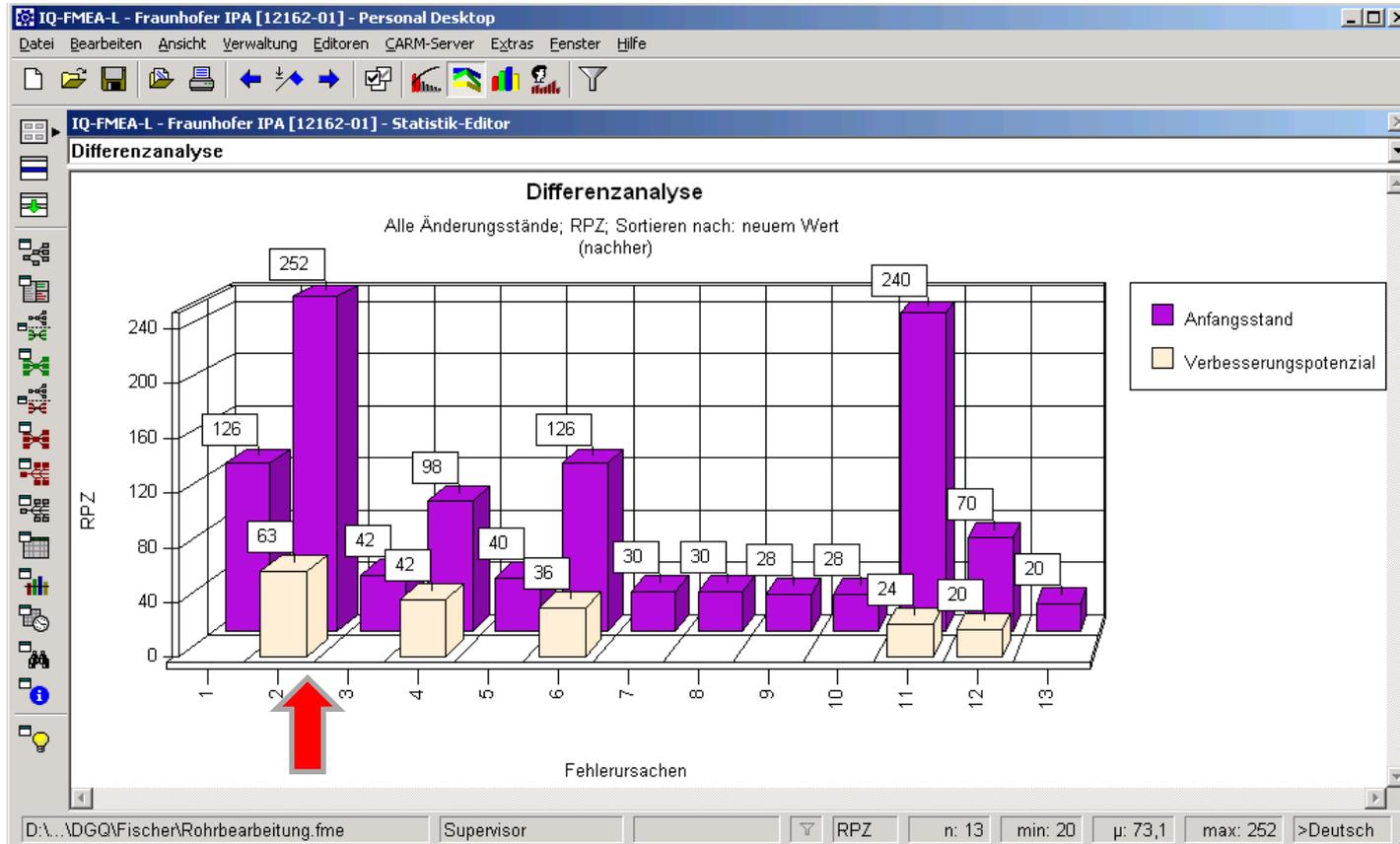
Fehlerfolge	B	Fehlerart	Fehlerursache	Vermeidungsmaßnahme	A	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	V/T
>> « 0/1 » [Abgasanlage] Gasaustritt	9	[Rohr biegen] Rohr rissig	« 1/0 » [Werker] Material falsch eingelegt (Schweißnahtposition)	Maßnahmenstand - Anfang: 18.02.2008 Position der Schweißnaht in Arbeitspapieren definiert	4	Sichtprüfung auf Risse durch Werker nach dem Biegen	7	252	
>> « 0/1 » [Abgasanlage] Akustik zu laut	6	Hypothese	« 2/0 »! [Maschine] Booster defekt	Maßnahmenstand: 18.02.2008 Einbringung einer Kerbe nach dem Ablängen zur exakten Positionierung in der Biegevorrichtung	1		7	(63)	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung 29.02.2008 in Bearbeitung
				Maßnahmenstand - Anfang: 18.02.2008 Erststückprüfung auf Risse	2	Sichtprüfung auf Risse durch Werker nach dem Biegen	7	126	
				Maßnahmenstand: 17.02.2008 Letztstückprüfung auf Risse	2		2	(36)	Schloske, Alexander, PP, Produktionsplanung 29.02.2008 in Bearbeitung

Ist-
Stand

Opt.
Stand

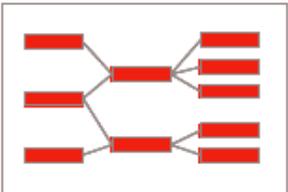
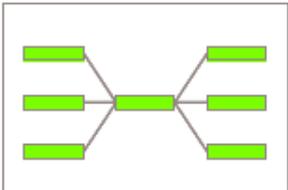
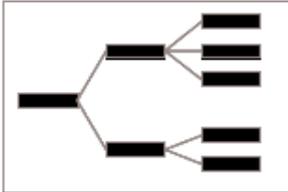
Grundlagen

Beispiel: Differenzanalyse (vorher / nachher)



Grundlagen

Vorteile der VDA-Vorgehensweise gegenüber alleiniger Erstellung im Formblatt (z.B. mit EXCEL)



Arbeiten gemäß VDA-Vorgehensweise:

- Generierung neuer Denkanstöße (bis zu **30% mehr** Fehlerursachen)
- Betrachtung bisher noch nicht aufgetretener Situationen
- Systematische und strukturierte Vorgehensweise

Arbeiten im Formblatt:

- Vorrangig Dokumentation von bereits vorhandenem Wissen
- Im Allgemeinen wenig neue Erkenntnisse

Grundlagen

Kreative Arbeit in moderierten interdisziplinären Teams

- Moderation durch
 - interner Methodenexperte
 - externer Methodenexperte
- Stammteam (abhängig von FMEA-Art)
 - Projektleiter
 - Entwicklung / Konstruktion (zeitweise)
 - Fertigungsplanung / Fertigung
 - Vorrichtungs- und Prüfmittelbau
 - Qualitätssicherung / Prüfplanung
 - weitere Experten (ggf. nur zeitweise)
- Visualisierung und Dokumentation mit PC, FMEA-Software und Beamer
- Zeitaufwand: ca. 0,25-0,5 Tage (je wertschöpfender Prozessschritt)

Teamgröße sollte 8 Personen nicht übersteigen!



Moderator:

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

FMEA-Team:

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

REGELN ZUR STRUKTURIERUNG DER PROZESS-FMEA

Prozess-FMEA

Strukturierung

- Strukturierung:
 - Wertschöpfende Prozessschritte und explizite Prüfprozessschritte
 - 4-6 M's (Mensch, Maschine, Material, Methode, Mitwelt, Messmittel)
 - Prozessschritte als Black-box betrachten (was ist die Funktion?)
 - Tätigkeiten und Anforderungen auf 4-6 M's verteilen
 - Wareneingang und Logistik in separater FMEA
- Analyse und Bewertung:
 - Prozessfunktionen, Einflussfaktoren auf den Prozess (4-6 M's)
- Maßnahmen:
 - Sicherstellung der Prozessfunktion
 - Entdeckung von Fehlern in der Fertigung und/oder Montage

Prozess-FMEA

Strukturierung

Werkerselbstprüfungen:

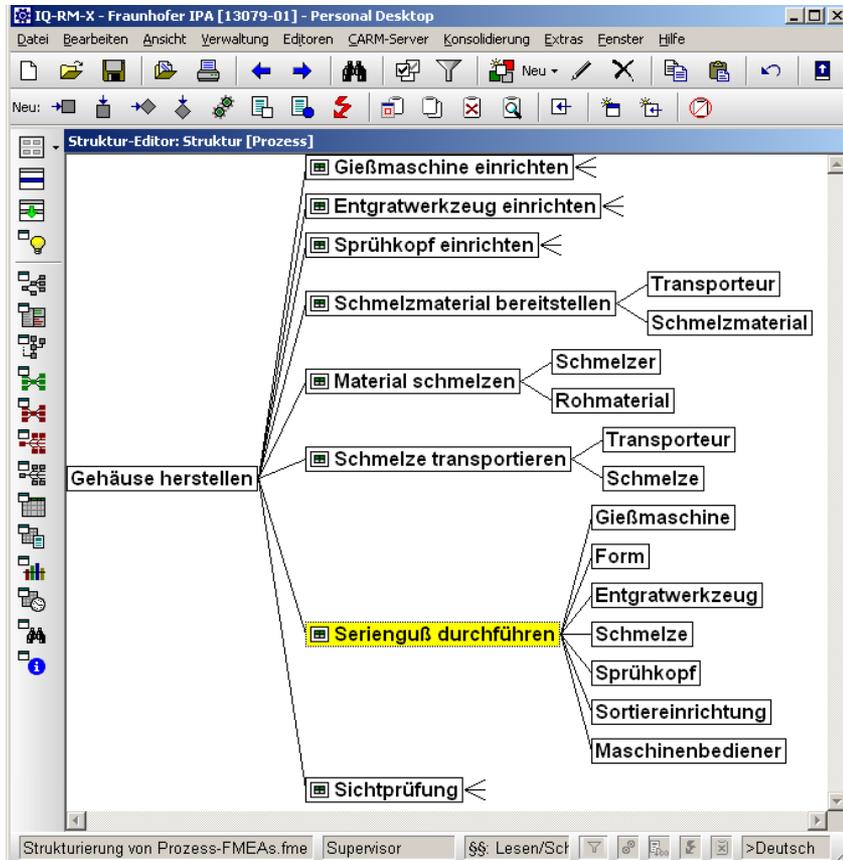
- Werkerselbstprüfungen werden nicht in der Struktur abgebildet
- Werkerselbstprüfungen werden lediglich in den Entdeckungsmaßnahmen im Formblatt berücksichtigt

Prüfprozesse:

- Komplexe Prüfprozesse (i.A. eigener Arbeitsplatz) werden in die Struktur aufgenommen
- Prüfprozesse werden nur dahingehend untersucht, ob sie korrekt durchgeführt werden (Funktionserfüllung, keine Beschädigung des Produkts)
- Funktion und Fähigkeit der Prüfprozesse werden in den Entdeckungsmaßnahmen berücksichtigt

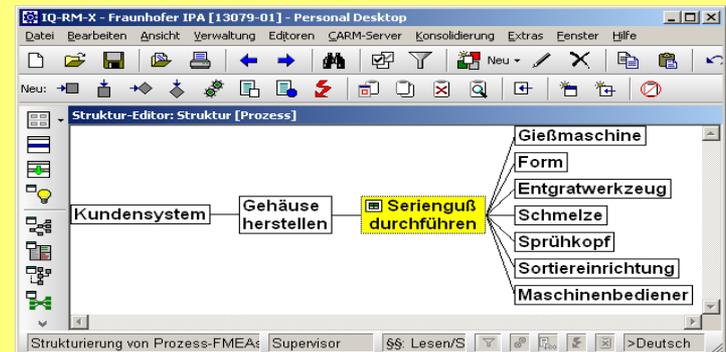
Prozess-FMEA

Strukturierung anhand wertschöpfender Prozesse (Beispiel)



Vorteile:

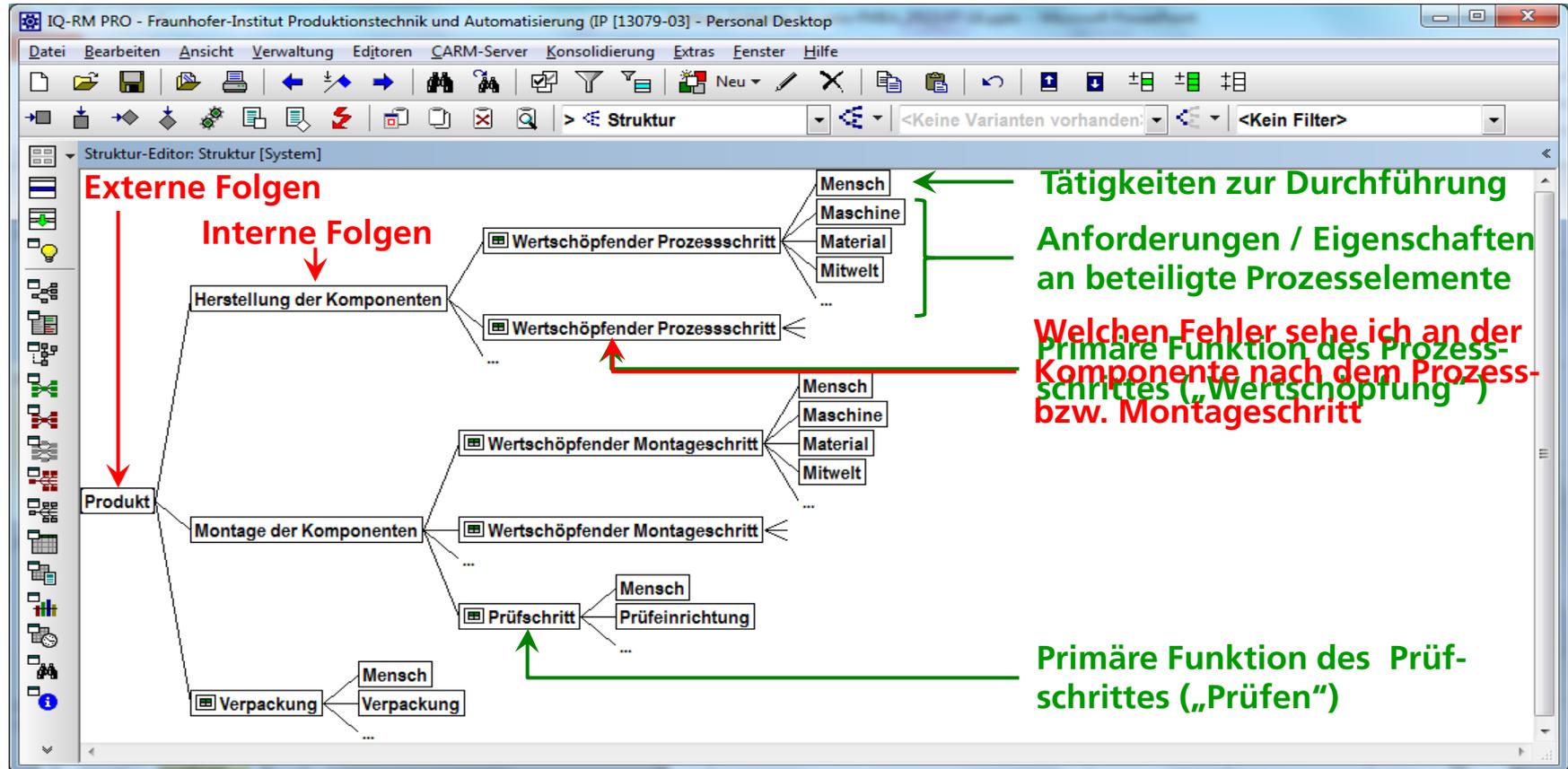
- FMEA-Aufwand um über 50% reduziert (bei gleich bleibendem Informationsgehalt)
- Kein Durchschleifen von Fehlern über die Prozessschritte
- Keine Trivialitäten in der FMEA (z.B. Werkerfehler, Mitarbeiterschulung)
- Höhere Akzeptanz der FMEA



Einfache Struktur mit gleichem Inhalt

Prozess-FMEA

Strukturierung



Prozess-FMEA

Präzise Bezeichnung von Fehlfunktionen

Funktion:

Durchmesser drehen

Fehlfunktionen:

Durchmesser zu groß

Durchmesser zu klein

Rattermarken

Oberfläche beschädigt

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

- Fehlfunktionen ergeben sich als Nichterfüllung oder teilweise Erfüllung einer Funktion bzw. Anforderung/Eigenschaft
- Globale Fehlfunktionen, wie z.B. Durchmesser n.i.O., oder Durchmesser fehlerhaft führen zu wenig aussagekräftigen Ergebnissen
 - Schwammige nichtssagende FMEA
 - Hoher Diskussionsaufwand

Prozess-FMEA

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

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

Struktur-Editor: Struktur [System]

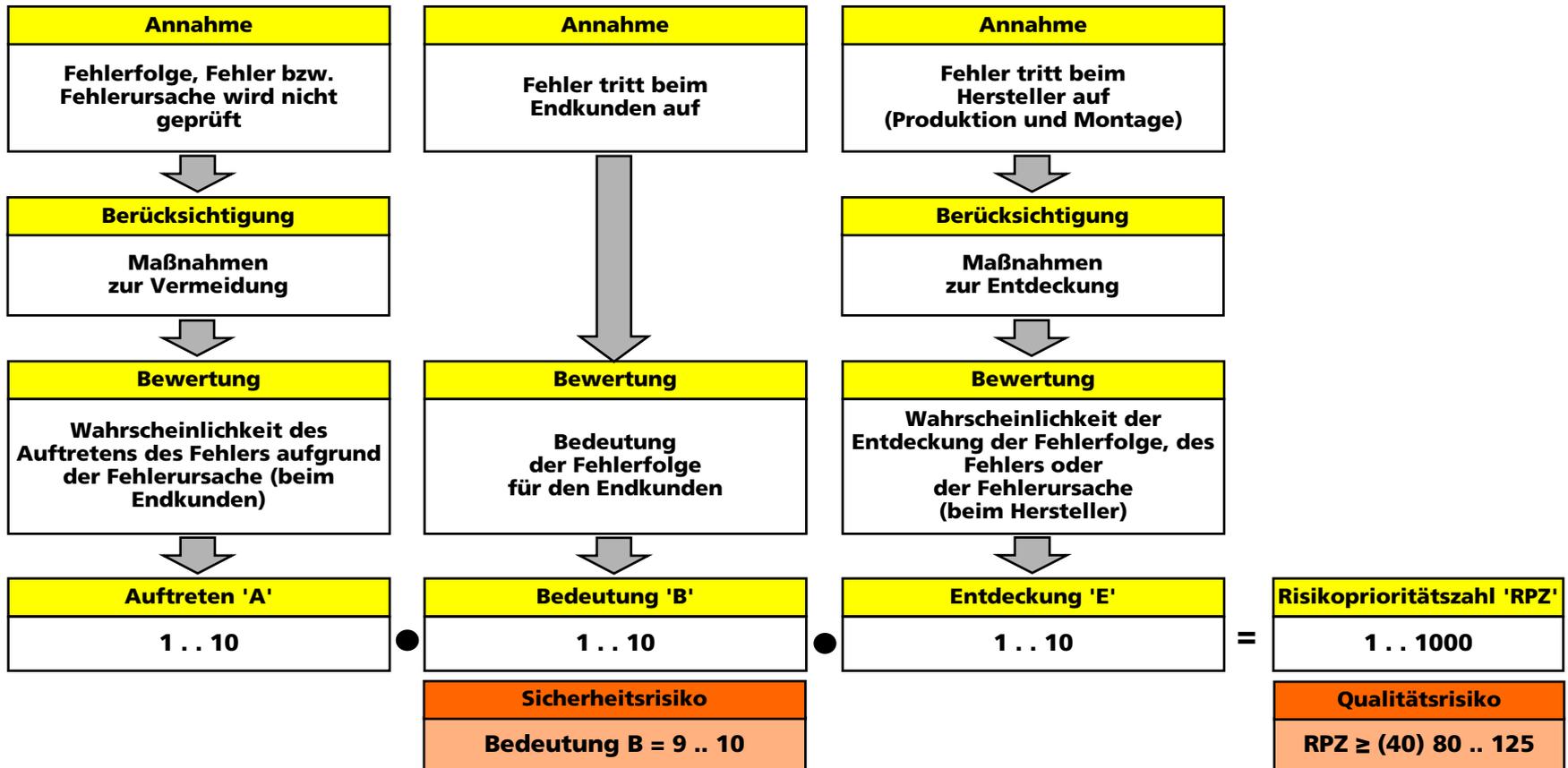
Formblatt-Editor VDA 96 / VDA 06: Wertschöpfender Prozessschritt (Struktur [System])

Fehlerfolge	B	K	Fehlerart	Fehlerursache	Vermeidungsmaßnahme	A	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	V/T
Prozesselement: Wertschöpfender Prozessschritt										
Funktion: [Wertschöpfender Prozessschritt]										
Prozessfunktion nach Arbeitsplan										
[Kunde] «0/2» Funktion nicht erfüllt	8		[Wertschöpfender Prozessschritt] <Prozessfunktion nach Arbeitsplan> Prozessfunktion nicht erfüllt	[Mensch] «1/0» Mitarbeiter arbeitet nicht nach Vorgaben	Maßnahmenstand - Anfang: 14.07.2013					
					Arbeitsanweisung, Mitarbeiterschulung, qualifizierte Mitarbeiter	2	Werker selbstprüfung, Stichprobenprüfung, Endprüfung	2	32	
				[Maschine] «1/0» Maschine fertigt nicht nach Spezifikation	Maßnahmenstand - Anfang: 14.07.2013					
					Maschinenqualifikation	2	Überwachung der Maschine	2	32	
				[Material] «1/0» Material entspricht nicht Spezifikation	Maßnahmenstand - Anfang: 14.07.2013					
					Materialspezifikation	2	Wareneingangsprüfung	2	32	
				[Messmittel] «1/0» Messmittel misst nicht nach Spezifikation	Maßnahmenstand - Anfang: 14.07.2013					
					Messmittelspezifikation	2	Messmittelüberwachung	2	32	

REGELN ZUR RISIKOBEWERTUNG IN DER PROZESS-FMEA

Prozess-FMEA

Risikobewertung



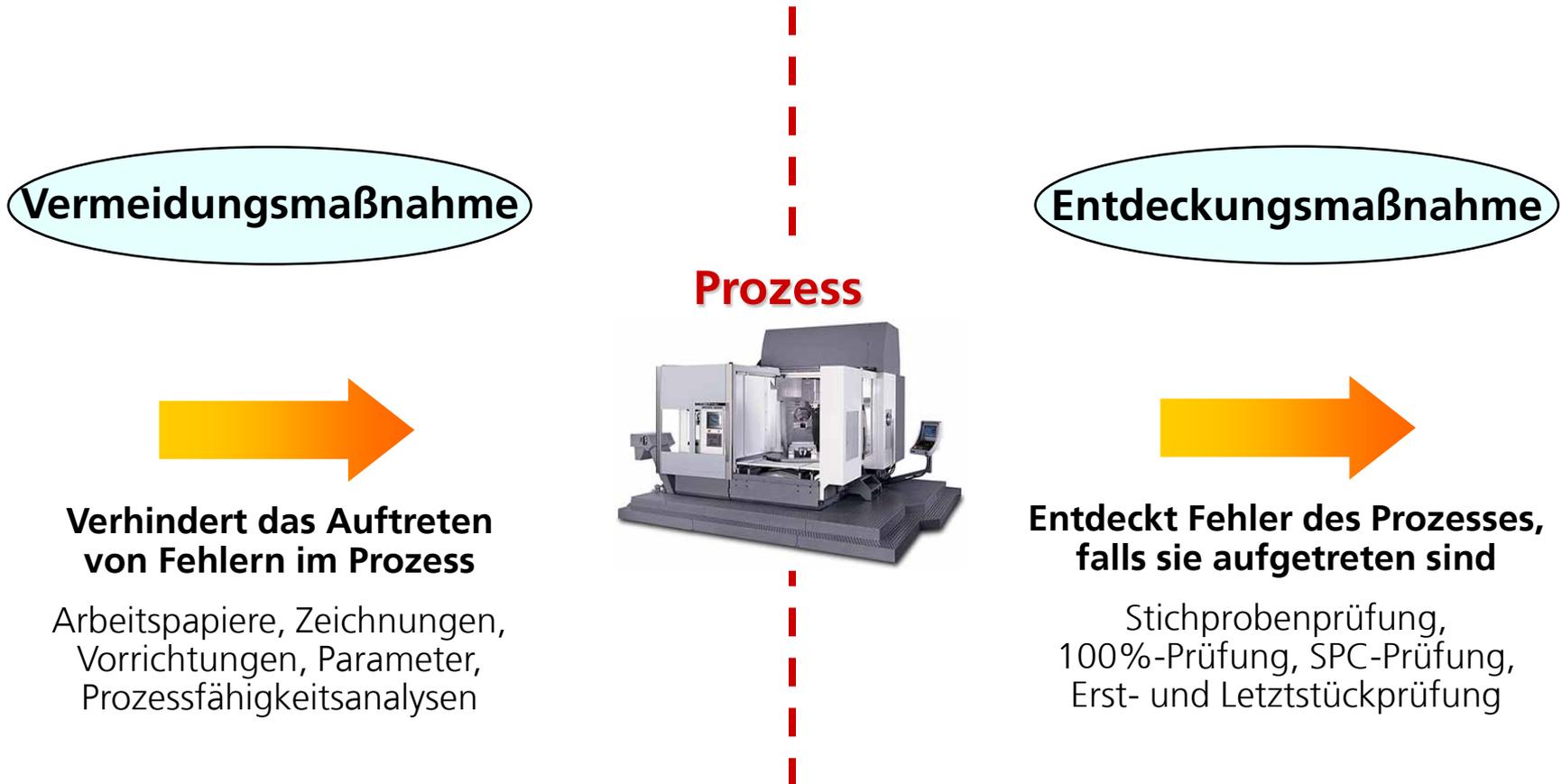
Prozess-FMEA

Bewertungstabellen Prozess-FMEA (VDA 4.2 - 1996)

Bewertungszahl für die Bedeutung B	Bewertungszahl für die Auftretenswahrscheinlichkeit A	zugeordn. Fehlerant. in ppm	Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit E	Sicherheit der Prüfverf.
Sehr hoch 10 Sicherheitsrisiko, Nichterfüllung gesetzlicher Vorschriften, Liegenbleiben	Sehr hoch 10 Sehr häufiges Auftreten der Fehlerursache, unbrauchbarer, ungeeigneter Prozeß.	500.000 100.000	Sehr gering 10 Entdecken der aufgetretenen Fehlerursache ist unwahrscheinlich, die Fehlerursache wird oder kann nicht geprüft werden.	90 %
Hoch 8 Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs stark eingeschränkt, sofortiger Werkstattaufenthalt zwingend erforderlich.	Hoch 8 Fehlerursache tritt wiederholt auf, ungenauer Prozess.	50.000 10.000	Gering 8 Entdecken der aufgetretenen Fehlerursache ist weniger wahrscheinlich, wahrscheinlich nicht zu entdeckend 7 Fehlerursache, unsichere Prüfungen	98 %
Mäßig 6 Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs eingeschränkt, sofortiger Werkstattaufenthalt 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 Fehlerursache ist wahrscheinlich, Prüfungen sind relativ sicher.	99,7 %
Gering 3 Geringe Funktionsbeeinträchtigung des 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 Fehlerursache ist sehr wahrscheinlich, Prüfungen sind sicher, z.B. mehrere voneinander unabhängige Prüfungen.	99,9 %
Sehr gering 1 Sehr geringe Funktionsbeeinträchtigung nur vom Fachpersonal erkennbar.	Sehr gering 1 Auftreten der Fehlerursache ist unwahrscheinlich.	1	Sehr hoch 1 Aufgetretene Fehlerursache wird sicher entdeckt.	99,99 %

Prozess-FMEA

Trennung zwischen Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen



Prozess-FMEA

Einbindung des Endkunden bei der Risikobewertung



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

- 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 Wahrscheinlichkeit 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

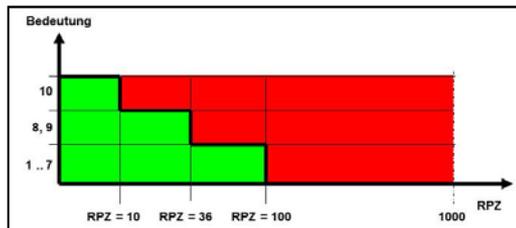
Prozess-FMEA

Ermittlung kritischer Komponenten (Risikoauswertung)



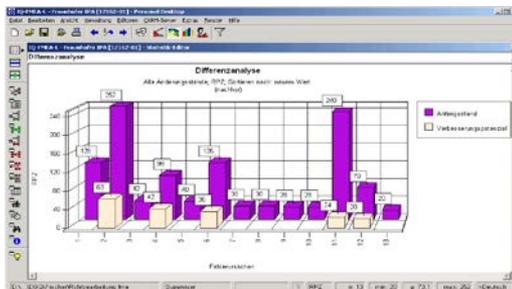
Beurteilung des Durchschlupfs im Prozess unter Berücksichtigung der potentiellen Auswirkungen auf den Kunden

- Risikomatrix über B und $A * E$



Beurteilung des Durchschlupfs im Prozess

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

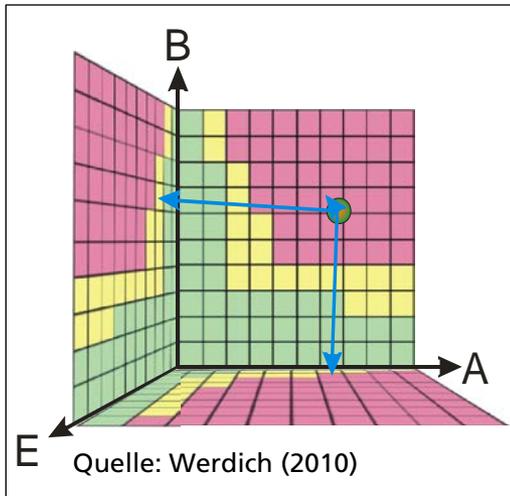


Beurteilung der Prozessauslegung

- Paretoanalyse nach RPZ

Prozess-FMEA

Die Einzelfaktoren A, B und E und der „3D-Ampelfaktor“ 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)

Optimierter Zustand:

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

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

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

Kopplung von Prozess-FMEA und Prozess-Lenkungs-Plan

Inhalte Prozess-FMEA

IQ-RM PRO - Fraunhofer-Institut Produktionstechnik und Automatisierung (IP [13079-02] - Personal Desktop)

Struktur-Editor: P-FMEA [System]

Welle drehen

- Mensch
- Maschine
- Material
- Werkzeug

Welle drehen

- Durchmesser = 20,00 mm ±0,2 {1}
- ⊗ Durchmesser zu groß (hergestellt) {1}
- ⊗ Durchmesser zu klein {1}

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

Fehlerfolge	B	K	Fehlerart	Fehlerursache	Vermeidungsmaßnahme	A	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	V/T
FMEA/Systemelement: Welle drehen										
Sachnummer:				Verantwortlich:		Erstellt:		29.04.2013		
Maßnahmenstand:				Firma:		Verändert:		29.04.2013		
Fehlerfolge	B	K	Fehlerart	Fehlerursache	Vermeidungsmaßnahme	A	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	V/T
Prozesselement: Welle drehen										
Merkmal: [Welle drehen]										
<input checked="" type="checkbox"/> Durchmesser										
>> [Kfz] <Sicherer Betrieb geben> Sicherer Betrieb nicht gegeben	10		[Welle drehen] Durchmesser zu groß (hergestellt)	[Werkzeug] <Schneidfähigkeit> Werkzeug verschlissen	Maßnahmenstand - Anfang: 29.04.2013 Präventiver Austausch des Werkzeugs vor Erreichen der Standzeit	2	[Durchmesser zu groß (hergestellt)] Stichprobenprüfung auf Außendurchmesser [Durchmesser zu groß (hergestellt)] Rücksortierung bis zum letzten i.O.-Teil	2	40	

C:\Users\labs\Desktop\FMEA-PLP.fme Supervisor §§: Lesen/Schreiben >Deutsch

Kopplung von Prozess-FMEA und Prozess-Lenkungs-Plan

Inhalte Prozess-Lenkungs-Plan (PLP)

IQ-RM PRO - Fraunhofer-Institut Produktionstechnik und Automatisierung (IP [13079-02] - Personal Desktop)

Struktur-Editor: P-FMEA [System]

Welle drehen

- Mensch
- Maschine
- Material
- Werkzeug

Welle drehen

- Durchmesser = 20,00 mm ±0,2 {1}
- ⊗ Durchmesser zu groß (hergestellt) {1}
- ⊗ Durchmesser zu klein {1}

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

Prozesselement/ Arbeitsgangs- beschreibung	Maschine	Produktmerkmal	Prozessmerkmal	Kla ssifi- kati- on	Spezifikation	Prüfmittel	Um- fang	Häufigkeit	Lenkungsmethode	Reaktionsplan
Teilename/Beschreibung: Welle drehen		Lieferant/Standort Freigabe/Datum:			Datum/Freigabe durch Kunden-Qualitätsbereich (falls erford.):					
Lieferant/Standort:		Lieferantenschlüssel:			Datum/Weitere Freigabe (falls erford.):			Datum/Weitere Freigabe (falls erford.):		
Prozesselement/ Arbeitsgangs- beschreibung	Maschine	Merkmale		Kla ssifi- kati- on	Spezifikation	Prüfmittel	Methoden		Lenkungsmethode	Reaktionsplan
		Produktmerkmal	Prozessmerkmal				Um- fang	Häufigkeit		
Welle drehen	Index 250	Durchmesser		CC	= 20,00 mm ±0,2	Bügel- messschraube	1	alle 100 Teile	<input checked="" type="checkbox"/> Stichprobenprüfung auf Außendurchmesser <input checked="" type="checkbox"/> Präventiver Austausch des Werkzeugs vor Erreichen der Standzeit	<input checked="" type="checkbox"/> Rücksortierung bis zum letzten i.O.-Teil
			Schneidfähigkeit							

IQ-Objekt 1/1 | 1 Prozesselement | Supervisor | §§: Lesen/Schreiben | < > Deutsch

ZIELSETZUNG

BESONDERE MERKMALE

Besondere Merkmale

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



Zielsetzung:
„Risikovermeidung“

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

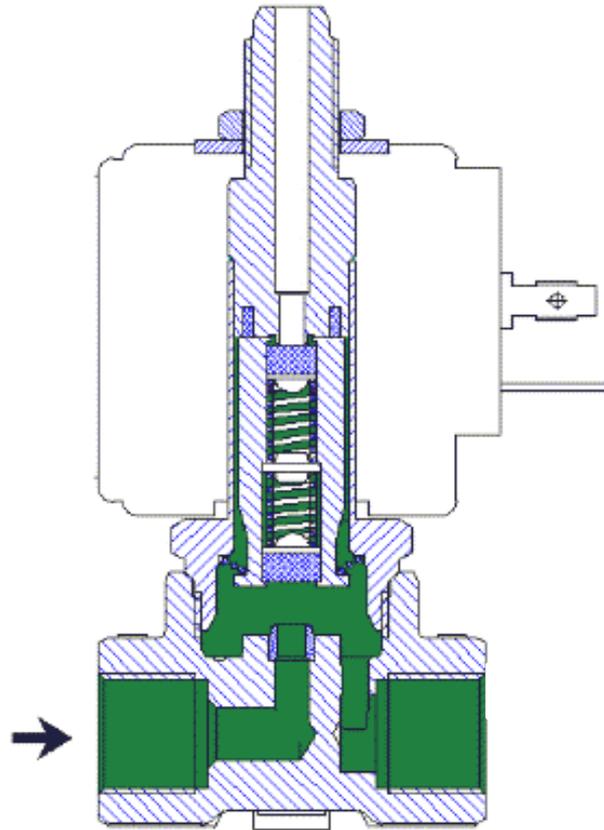
Primärer Fokus: mechanische Systeme

Quelle VDA-QMC (05/2011)

BEISPIELSYSTEM MAGNETVENTIL

Beispielsystem Magnetventil

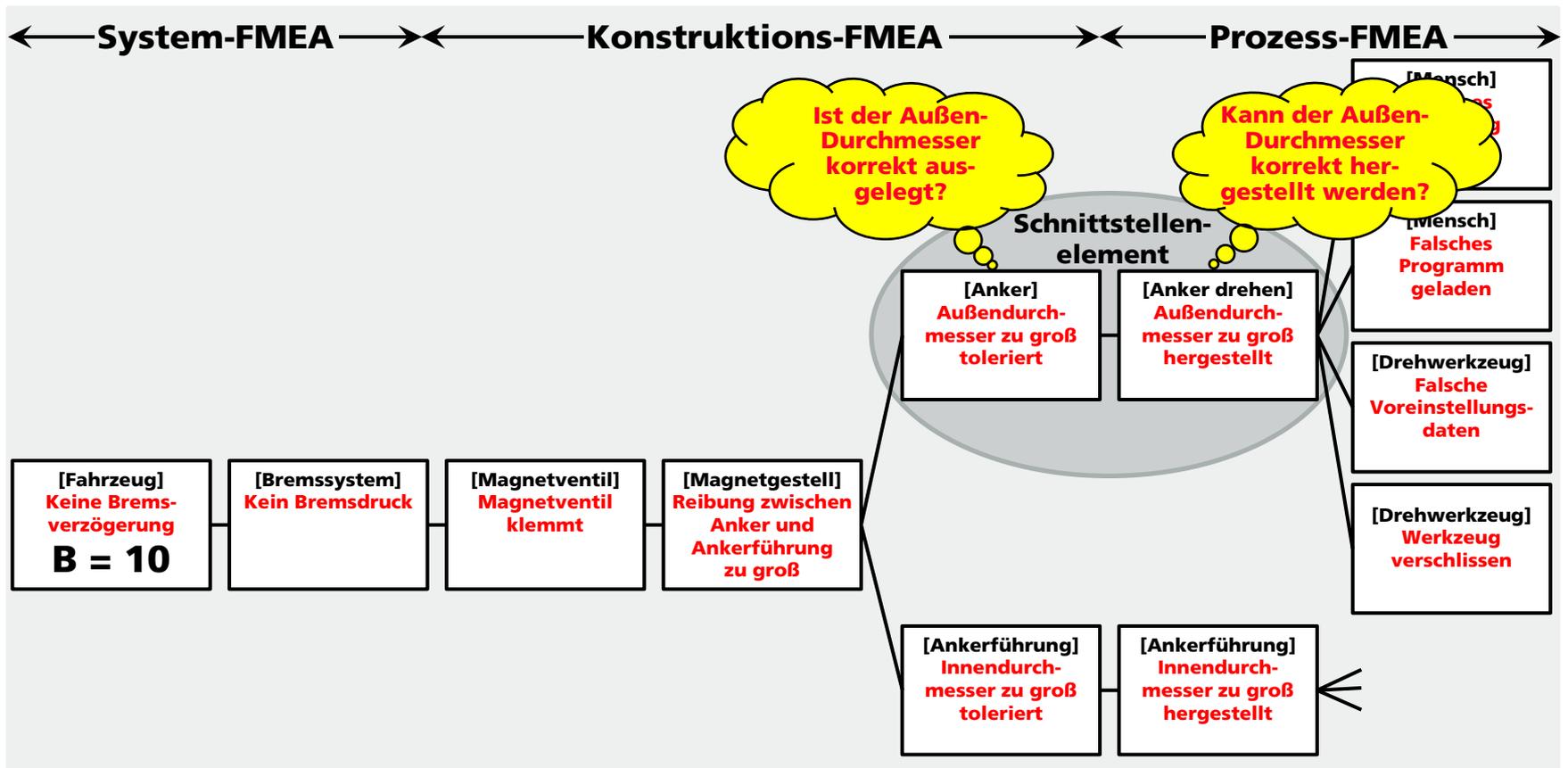
Funktionsprinzip



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

Koppelung von Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA

Systematische Ermittlung und durchgängige Betrachtung mittels Fehlernetz über die FMEA-Arten hinweg



Koppelung von Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA

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

Struktur-Editor: P-FMEA [Prozess]

- Herstellung Magnetgestell
 - Ankerfertigung
 - Anker drehen
 - Maschine / Prozess
 - Werkzeug
 - Material
 - Mitwelt
 - Mensch
 - Anker beschichten
 - Ankerführungsrohr (Zukaufteil)

Fehlernetz-Editor: K-FMEA [Konstruktion]

- K-FMEA
 - Magnetgestell
 - Sicherheitskritische Fehlfunktion
 - Magnetventil klemmt
 - Anker
 - Besonderes Merkmal
 - Prozessbeeinflussbar
 - Außen-Durchmesser zu groß
 - Ankerführungsrohr
 - Besonderes Merkmal
 - Prozessbeeinflussbar
 - Innen-Durchmesser zu klein

P-FMEA Details:

- Anker drehen
 - Außen-Durchmesser herstellen
 - Anker mit zu großem Außen-Durchmesser hergestellt
 - Anker mit zu kleinem Außen-Durchmesser hergestellt
 - Oberflächengüte herstellen
 - Anker mit zu rauher Oberfläche hergestellt
 - Materialeigenschaften aufweisen
 - Anker nicht aus gefordertem Material hergestellt
 - Ausdehnungskoeffizient aufweisen
 - Anker mit zu großem Ausdehnungskoeffizient hergestellt

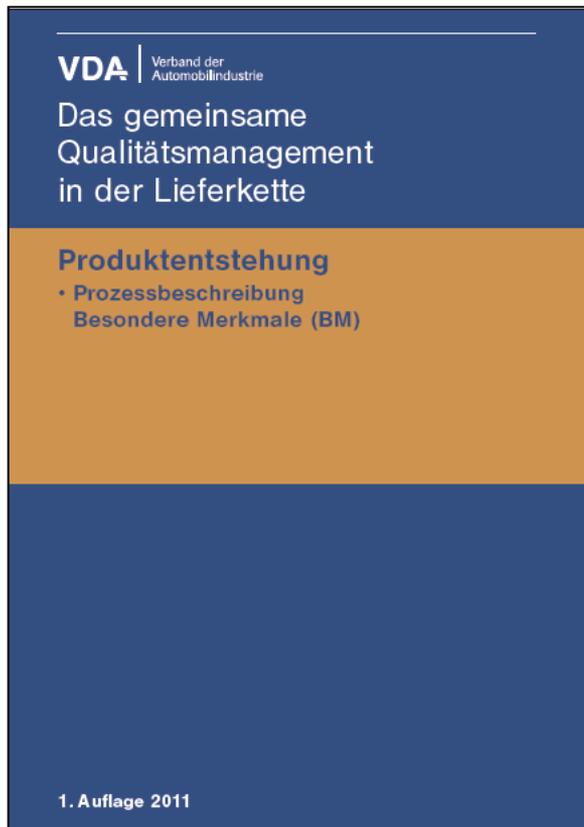
K-FMEA Details:

- Magnetventil
 - Sicherheitskritische Fehlfunktion
 - Magnetventil klemmt

PRÜFSTRATEGIEN IN DER PRODUKTION

Besondere Merkmale

Prüfstrategien für Besondere Merkmale in der Produktion (Definition gemäß VDA)



Bei „Besonderen Merkmalen“ müssen folgende Punkte erfüllt sein (VDA):

- Nachweis (Dokumentation) der Prozessfähigkeit und Prozessbeherrschung
oder
- 100% (dokumentierte) Prüfung

Quelle VDA-QMC (05/2011)

51

STATISTISCHE PROZESS- REGELUNG (SPC)

Statistische Grundlagen

Normalverteilung und Kennwerte

Mittelwert

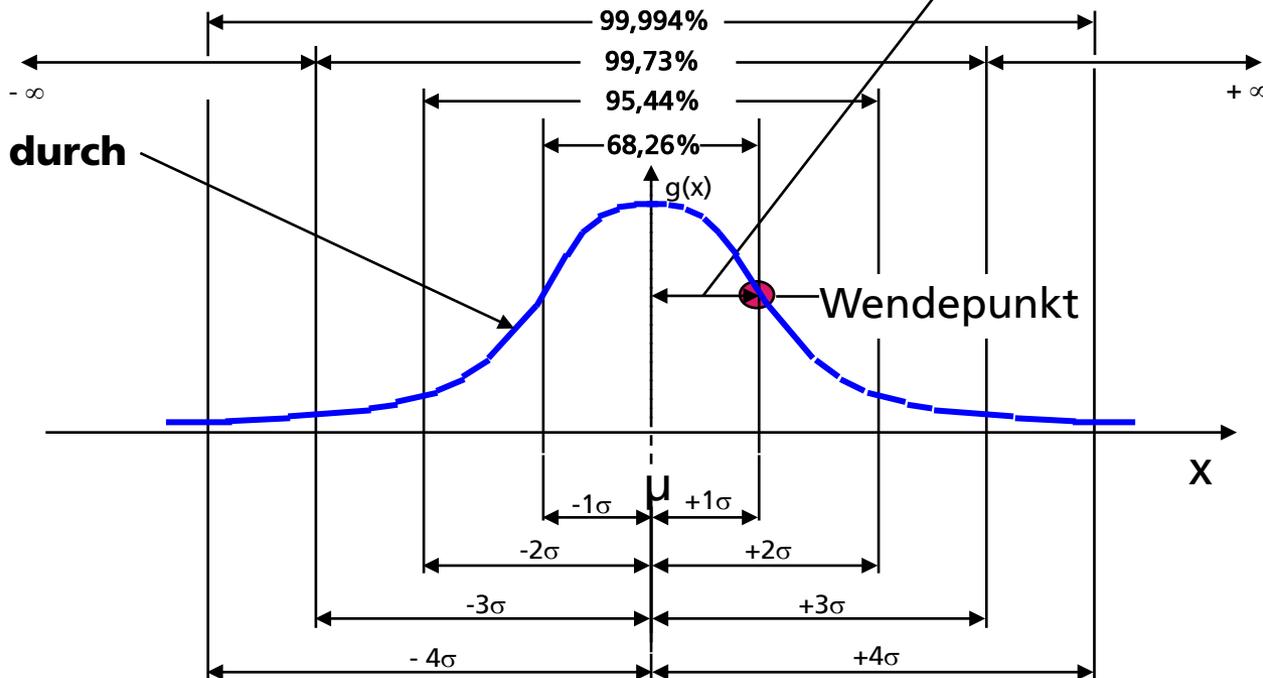
$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Standardabweichung

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$$

Beeinflusst durch

- Mensch
- Maschine
- Material
- Mitwelt



Prüfstrategien in der Produktion

Prozessfähigkeit und Prozessbeherrschung

Prozessfähigkeit und Prozessbeherrschung		Ein Prozess gilt als beherrscht, wenn sich die (Parameter der) Verteilung der Merkmale des Prozesses praktisch nicht bzw. nur in bekannten Grenzen ändern.	
		beherrscht	nicht beherrscht
Ein Prozess gilt als fähig, wenn er Einheiten liefern <u>kann</u> , die die Qualitätsanforderungen erfüllen, d.h. der Prozess praktisch nahezu keinen Ausschuss bzw. Nacharbeit liefert.	fähig	<p>OTG</p> <p>UTG</p>	<p>OTG</p> <p>UTG</p>
	nicht fähig	<p>OTG</p> <p>UTG</p>	<p>OTG</p> <p>UTG</p>

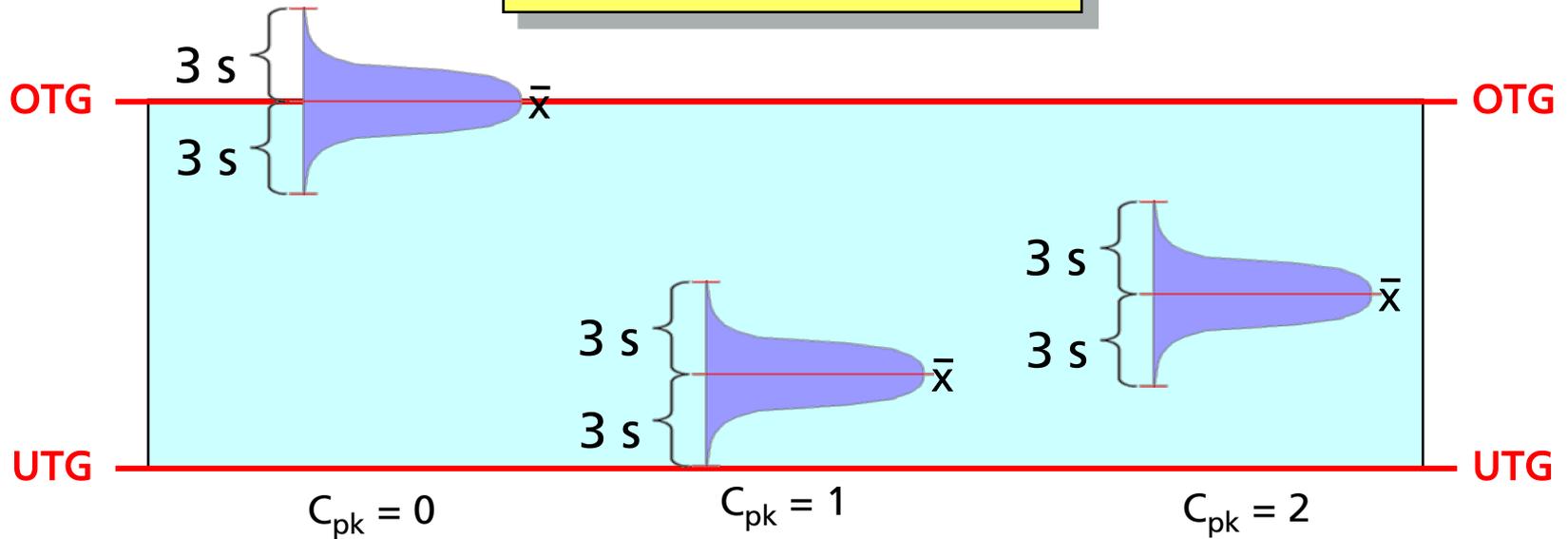
Prüfstrategien in der Produktion

Prozessfähigkeitskennwert c_{pk}

$$c_{po} = \frac{OTG - \bar{X}}{3s}$$

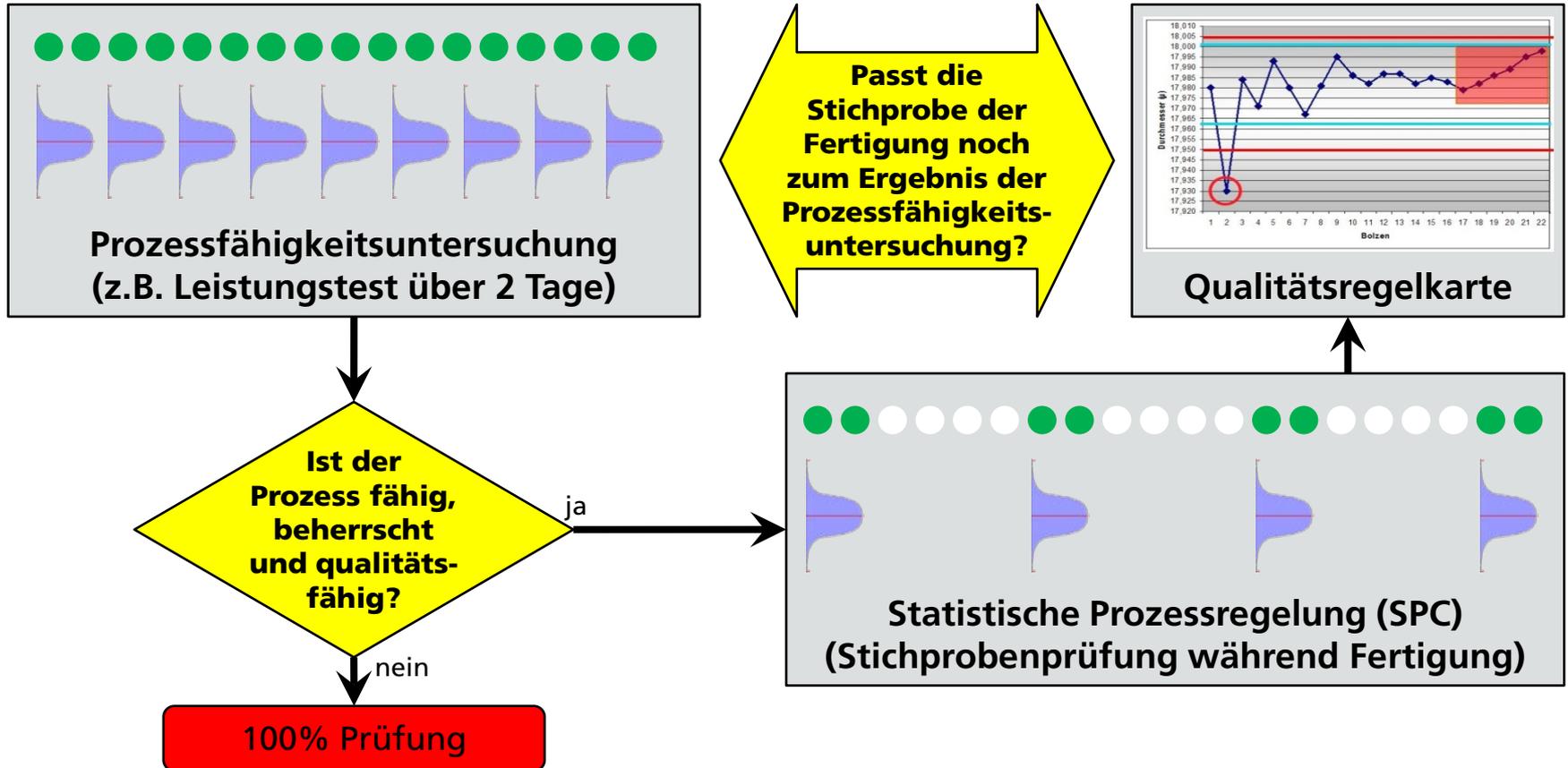
$$c_{pu} = \frac{\bar{X} - UTG}{3s}$$

$$c_{pk} = \min(c_{po}, c_{pu})$$



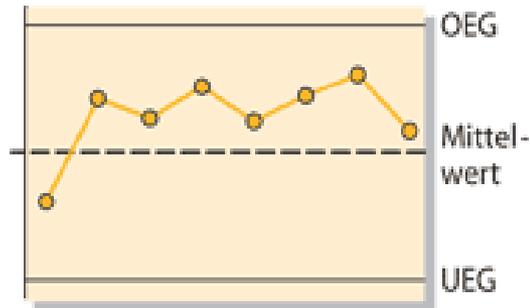
Prüfstrategien in der Produktion

Statistische Prozessregelung (SPC)

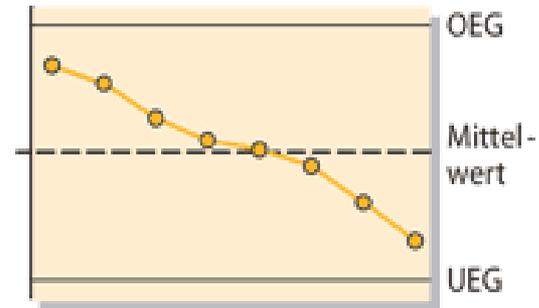


Prüfstrategien in der Produktion

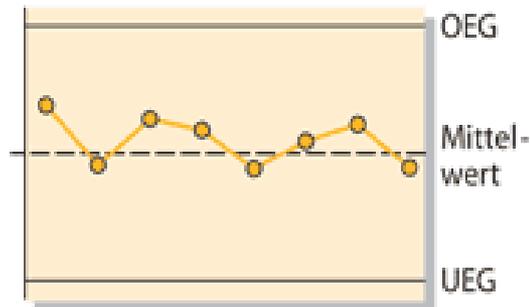
Regelkarte (Interpretation)



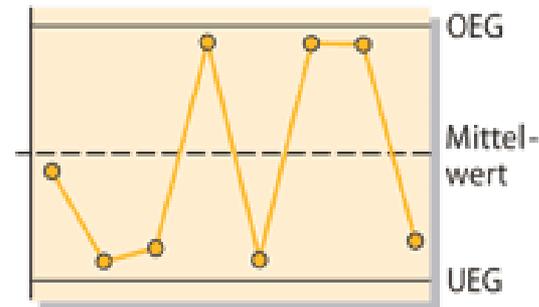
mehr als 7 Werte auf einer Seite des Mittelwertes (Run)



mehr als 7 Werte mit gleicher Steigungsrichtung (Trend)



2/3 der Werte zu nah am Mittelwert

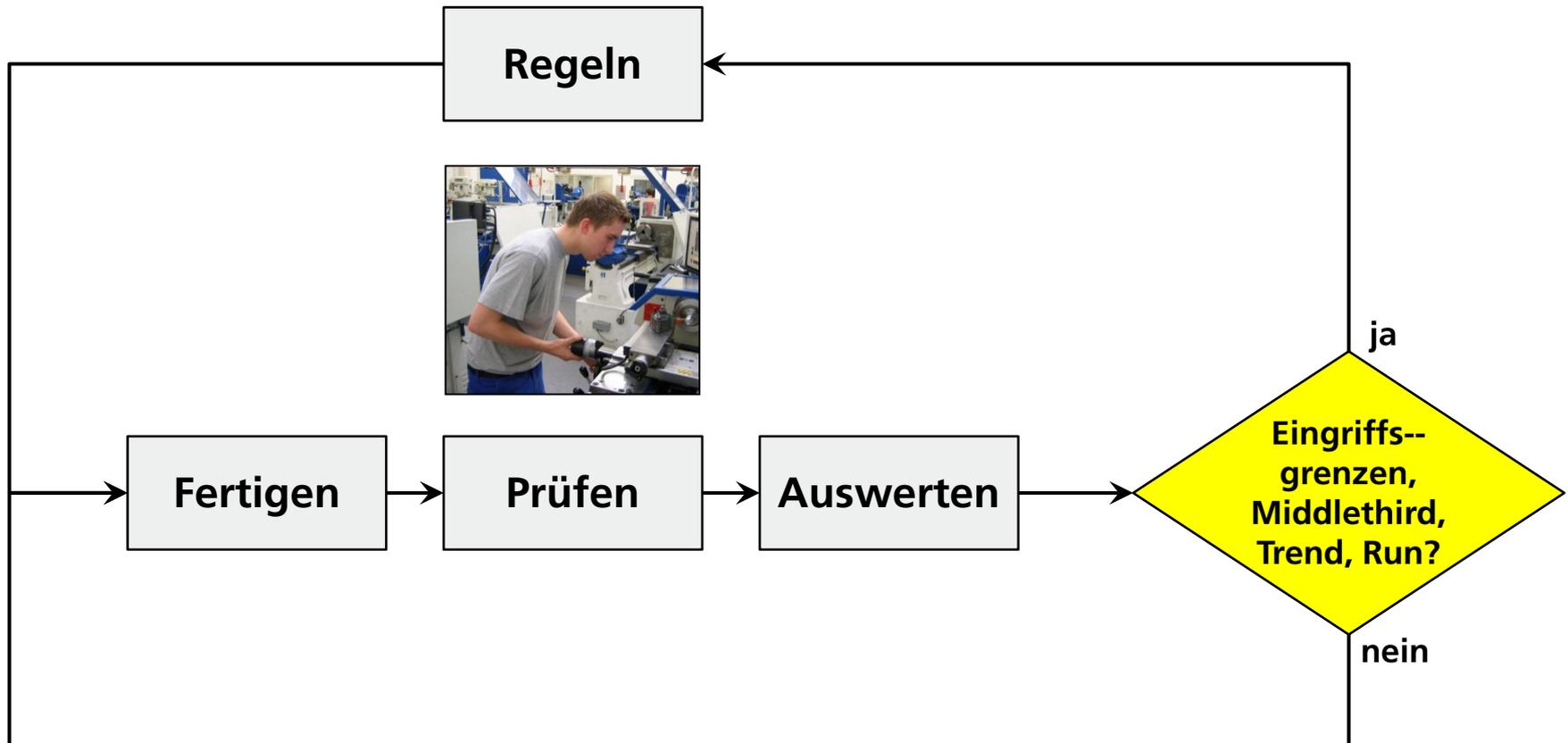


2/3 der Werte zu nah an den Eingriffsgrenzen

Quelle: Theden/Colsman Pocket Power

Prüfstrategien in der Produktion

SPC – Regelkreis (Werker selbstprüfung)

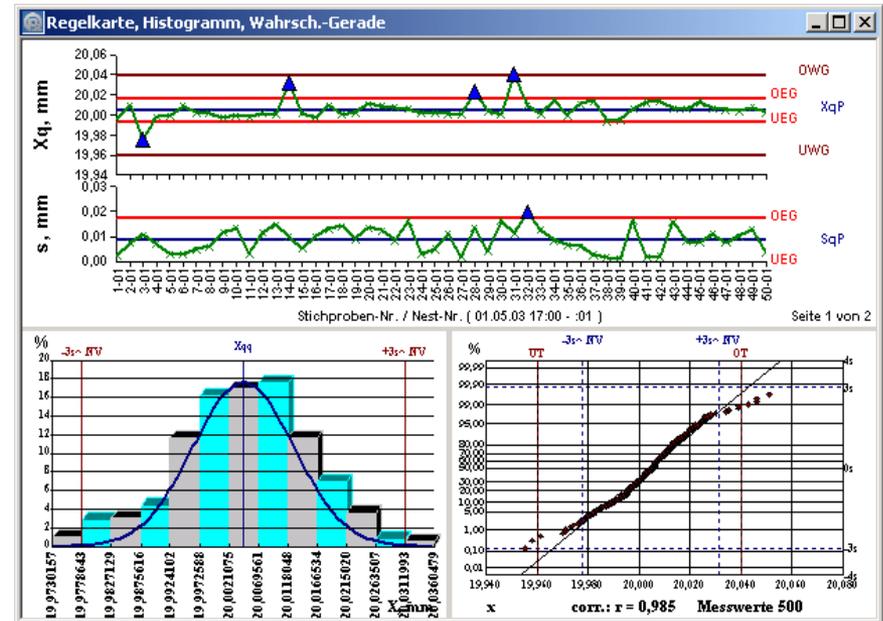


Prüfstrategien in der Produktion

Wann eignet sich die SPC Anwendung?

Folgende Punkte sind für SPC-Anwendung Voraussetzung:

- Prozess ist fähig
- Prozess ist beherrscht
- Prozess ist qualitätsfähig
- Prozess ist regelbar
- Messmittel sind fähig
- Mitarbeiter sind geschult
- Erforderliche Losgrößen sind gegeben
- Systeme zur Prüfdatenerfassung und Prüfdatenauswertung sind vorhanden



Quelle: IBS

EINE KLEINE BILDERGESCHICHTE ZUR (SPC)

Auf dem Weg zu SPC



Die Aufgabe: „Mit 100 km/h auf dem Mittelstrich fahren“



An die Leitplanke darf ich nicht kommen ...



... da gibt's Nacharbeit !



Und was passiert da drüben ... ?



... da gibt's Ausschuss (Autsch) !



Mal schauen, wie gut ich über längere Zeit fahren kann ?



O.K., jetzt bin ich fähig und beherrsche den Prozess !



Wow ..., eine Tramperin - die nehme ich gerne mit !



Heeeee, was macht die da während der Fahrt ?



250 m, 300 m, 450 m, 500 m

Das geht, wenn Du fähig bist und den Prozess beherrschst !



Also immer schön nachregeln, bevor es kritisch wird !



SPC im Vergleich

Goldwing

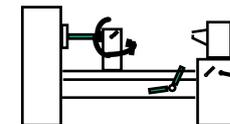
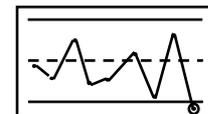
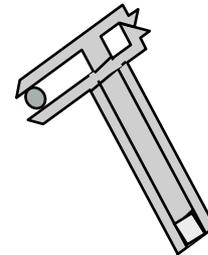
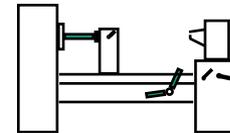


Fertigen mehrere Teile

Prüfen einer Stichprobe

Regeln (falls notwendig)

Welle drehen



LOSBEZOGENE PRÜFUNGEN UND STICHPROBENPRÜFUNGEN

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**

Prüfstrategien in der Produktion

Bewertung der Entdeckungswahrscheinlichkeit in der Prozess-FMEA

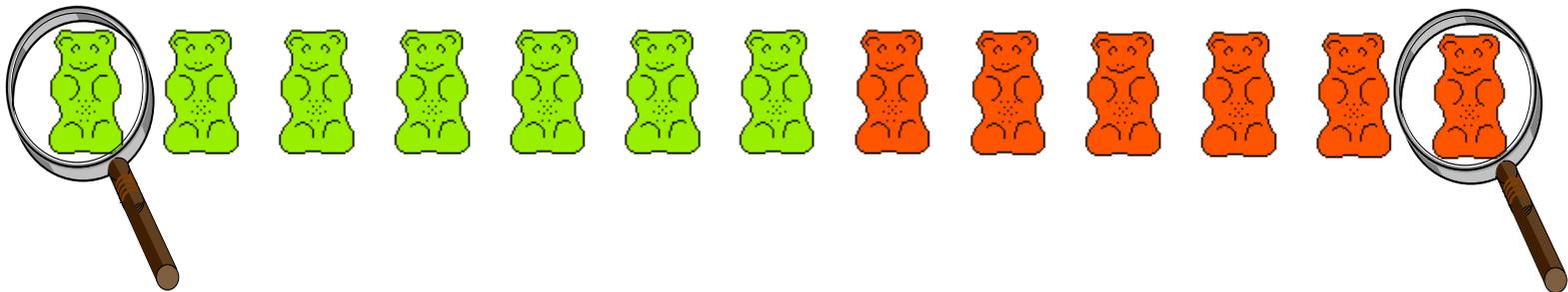
Die Entdeckungswahrscheinlichkeit beschreibt die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der Fehlerursache, der Fehlerart oder der Fehlerfolge innerhalb des Verantwortungsbereiches des produzierenden Unternehmens noch bevor dadurch Schäden verursacht werden können. Dabei reicht es nicht aus, den Fehler nur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

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

Beispiele

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

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



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

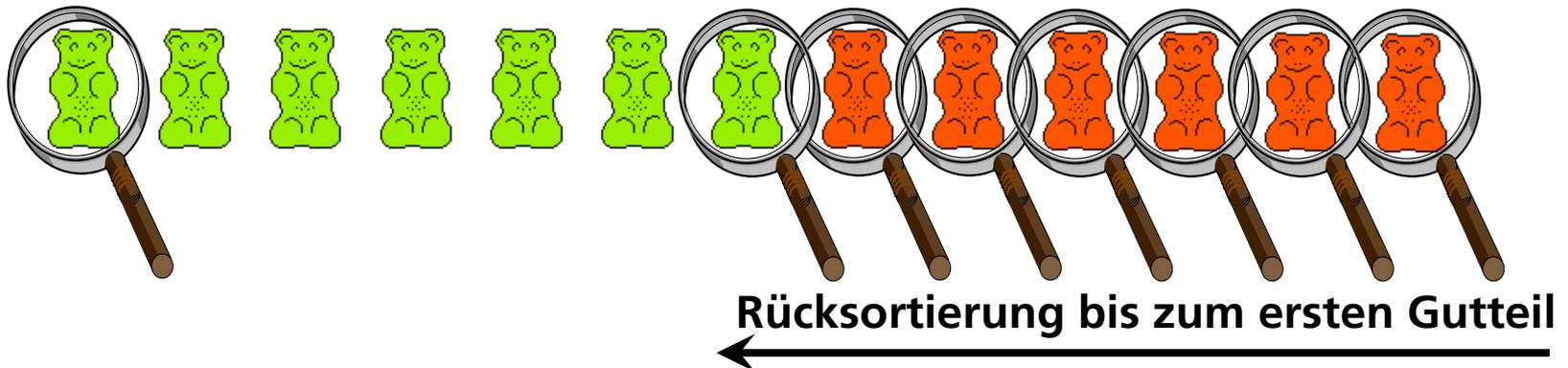
Beispiele

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

■ Prüffart:

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

■ Entdeckungswahrscheinlichkeit $E = 1$



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

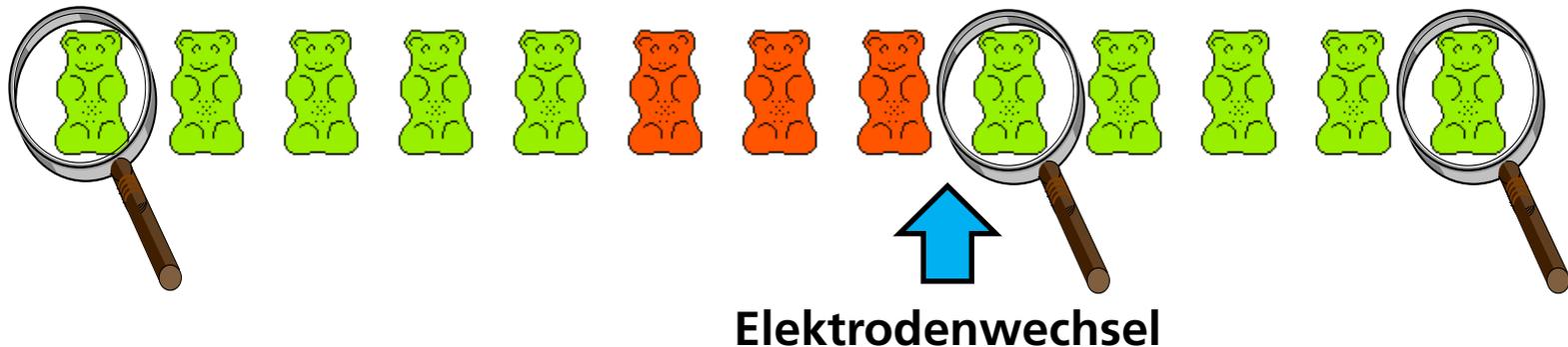
Beispiele

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

■ Prüffart:

- Erst- und Letztstückprüfung
- Erststückprüfung nach Elektrodenwechsel
- Hohe Prüfgüte

■ Entdeckungswahrscheinlichkeit $E = 10$



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

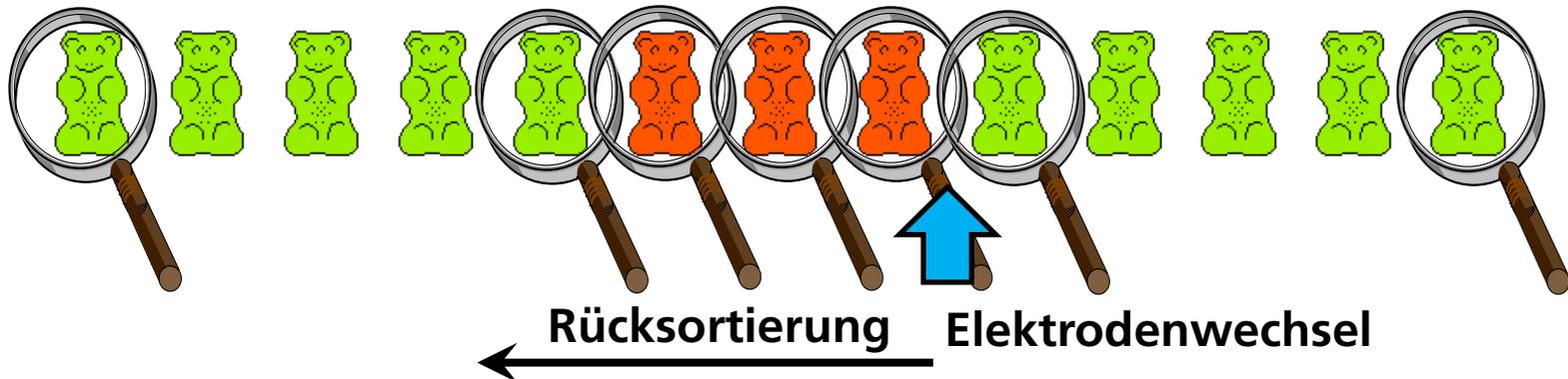
Beispiele

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

■ Prüffart:

- Erst- und Letztstückprüfung
- Letztstückprüfung vor Elektrodenwechsel mit Rücksortierung
- Erststückprüfung nach Elektrodenwechsel
- Hohe Prüfgüte

■ Entdeckungswahrscheinlichkeit $E = 1$

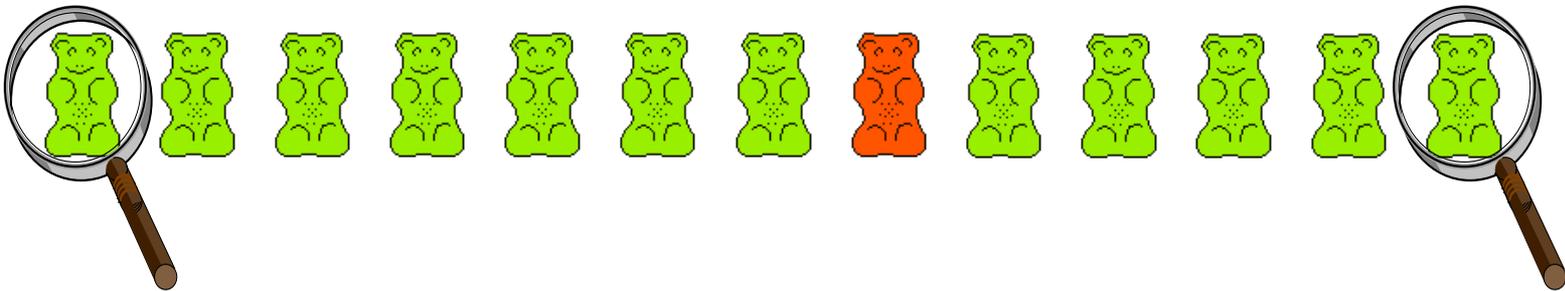


Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

Beispiele

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

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



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

Beispiele

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

■ Prüffart:

- Stichprobenprüfung
- Keine Rücksortierung
- Hohe Prüfgüte

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

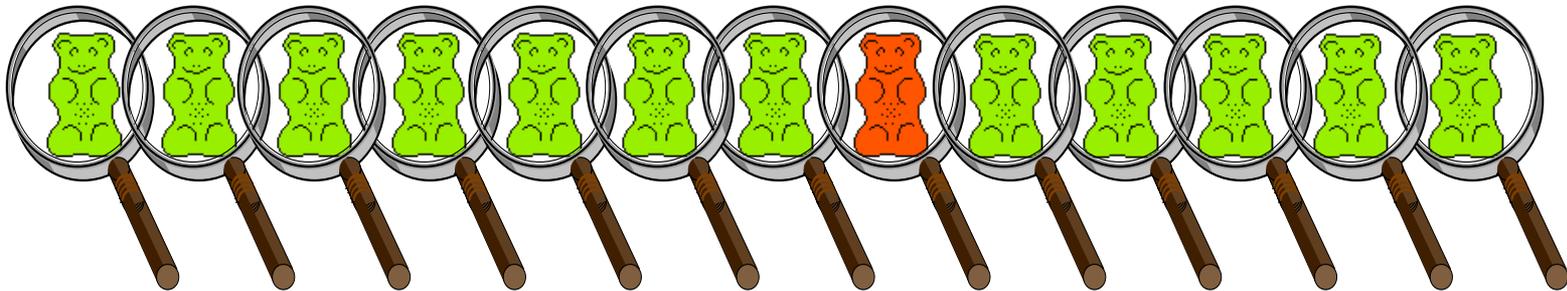


Bildquelle (Gummibär): <http://www.hausmaus.de/gummibaer.html>

Beispiele

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

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



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

Prüfstrategien in der Produktion

Zusammenfassende Darstellung der geeignetsten Entdeckungsmaßnahmen in der Prozess-FMEA

- Systematische Fehler beim Rüsten
 - Erststückprüfung zur Prozessfreigabe

- Systematische Fehler in der Produktion
 - Erststückprüfung zur Prozessfreigabe
 - Stichprobenprüfung
 - Letztstückprüfung zur Auftragsfreigabe

- Zufällige Fehler in der Produktion
 - 100% Prüfung

Prüfstrategien in der Produktion

Prüfstrategien für Besondere Merkmale in der Produktion (Redefinition gemäß Fraunhofer-IPA)

Bei „Besonderen Merkmalen“ müssen folgende Punkte erfüllt sein:

- Nachweis (Dokumentation) der Prozessfähigkeit und Prozessbeherrschung
 - Analyse der Prozessfähigkeit (z.B. $c_p \geq 2,0$ und $c_{pk} \geq 1,66$)
 - Beurteilung der Prozessbeherrschung (z.B. 2 Tages-Produktion)
 - Statistische Prozessregelung (SPC) mit Qualitätsregelkartenoder
- 100% (dokumentierte) Prüfung
 - systematischer Fehler -> Stichprobe (z.B. Erst- und Letztstückprüfung mit 100% Rücksortierung bei Fehlern)
 - zufälliger Fehler -> 100%-Prüfung (einzelne Komponenten und/oder Baugruppen)

REGELN ZUR BEWERTUNG VON SICHTPRÜFUNGEN

Bewertung von Sichtprüfungen

Fehlfunktion „fehlerhaft lackierter Kotflügel montiert“



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

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)

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



Schlechte Entdeckung (E = 9)

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

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

Bewertung von Sichtprüfungen

Vorschlag zur Entdeckungswahrscheinlichkeit E von Sichtprüfungen

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

Bewertung von Sichtprüfungen

Vorschlag zur Entdeckungswahrscheinlichkeit E von Sichtprüfungen

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

REGELN ZUR PRÜFPLANUNG (DENKMODELL)

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 bzw. Berücksichtigung „Besonderer Merkmale“
- 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)

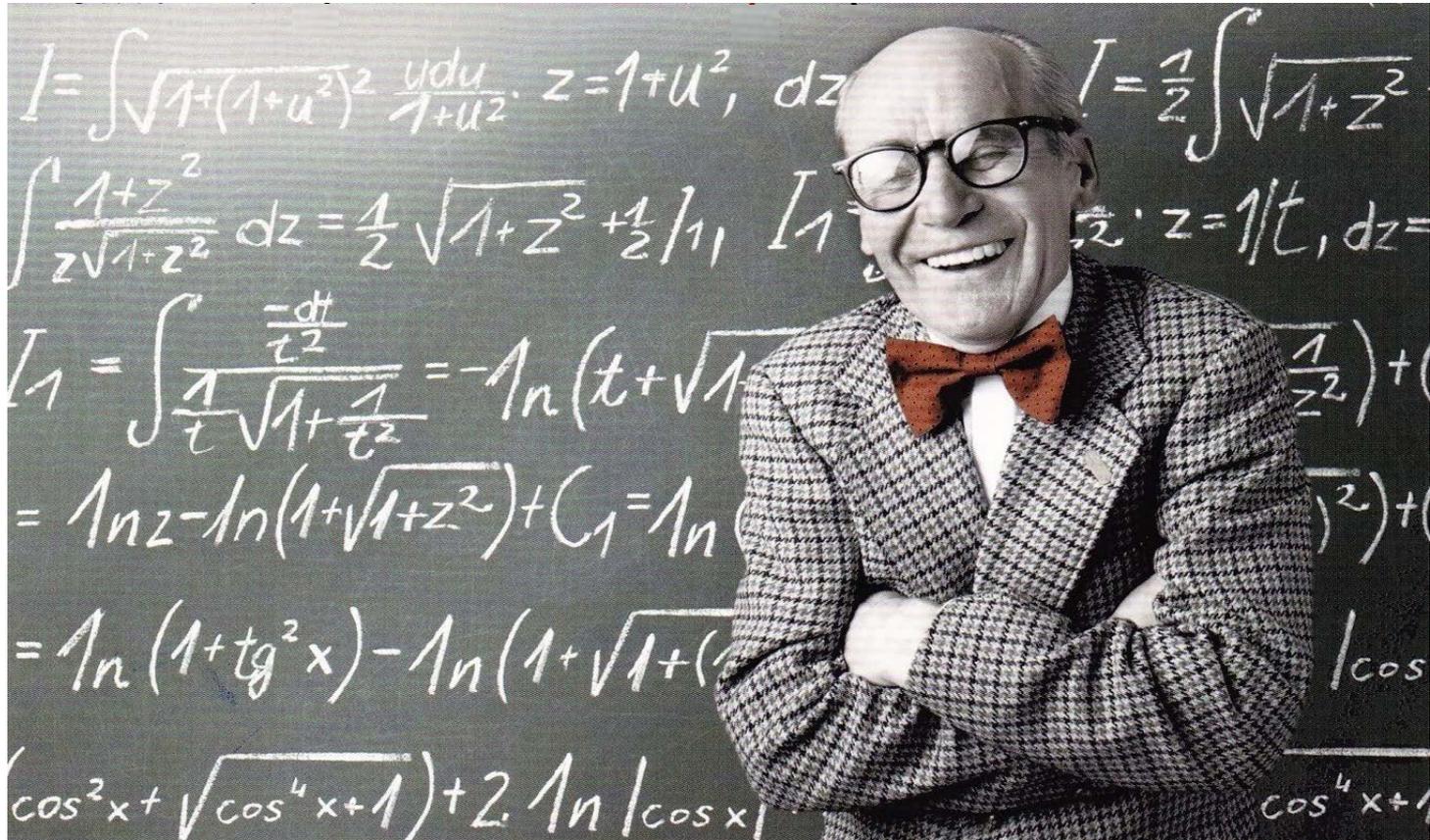
ZUSAMMENFASSUNG DER REGELN

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

**Ich hoffe, ich konnte Ihnen einige Regeln und Hilfestellungen zur „Prozess-FMEA“ vermitteln.
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**



Bildquelle: Undercover Postcards