PROZESS-FMEA UND CONTROL-PLAN (CP)

Vertiefungsseminar, Stuttgarter Produktionsakademie, 04. März 2015, Stuttgart



Dr.-Ing. Alexander Schloske

Senior Expert Quality Management

Leiter Stuttgarter Produktionsakademie

Telefon: +49(0)711/9 70-1890
Fax: +49(0)711/9 70-1854
E-Mail: alexander.schloske@ipa.fraunhofer.de
Internet: www.ipa.fraunhofer.de
www.stuttgarter-produktionsakademie.de

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

PROZESS-FMEA UND CONTROL-PLAN (CP)

Vertiefungsseminar, Stuttgarter Produktionsakademie, 04. März 2015, Stuttgart



Dipl.-Ing. Oliver Mannuß

Gruppenleiter Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmanagement

Abteilung Nachhaltige Produktion und Qualität

Telefon: +49(0)711/9 70-1834
Fax: +49(0)711/9 70-1002
E-Mail: oliver.mannuss@ipa.fraunhofer.de
Internet: www.ipa.fraunhofer.de

© Fraunhofer IPA

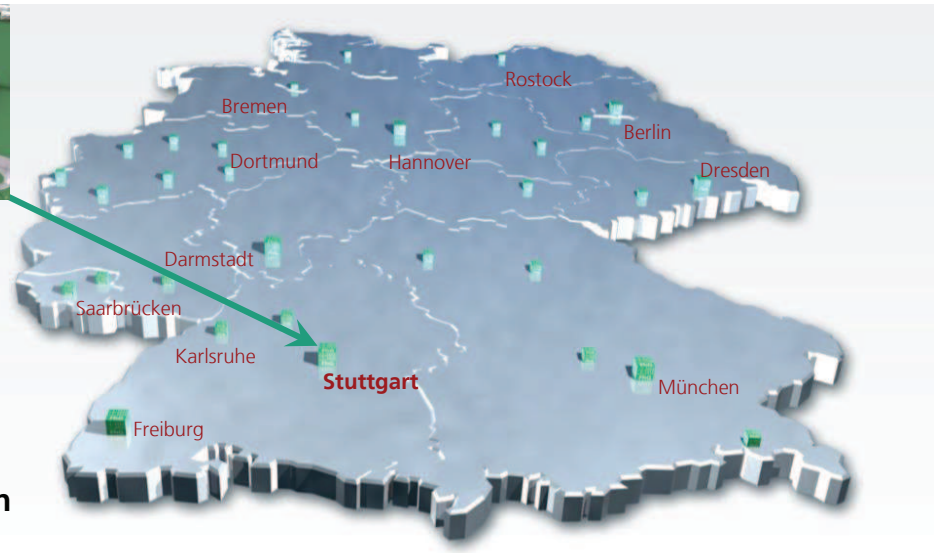
Fraunhofer IPA

Vorstellung
Die Fraunhofer-Gesellschaft



Fraunhofer IPA (2013):

- **Betriebshaushalt 58,4 Mio. €**
- **435 Mitarbeiter**
- **330 Studentische Hilfskräfte**



67 Institute an rund 40 Standorten

23.000 Mitarbeiter

2,0 Mrd. € Budget

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Vorstellung
Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Institutsleitung: Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

Arbeitsgebiete Geschäftsfelder	Produktionsorganisation				Oberflächentechnologie		Automatisierung							Prozesstechnologie		
	Nachhaltige Produktion und Qualität	Fabrikplanung und Produktionsoptimierung	Auftragsmanagement und Wertschöpfungsnetze	Regenerative Produktion	Beschichtungssystem- und Lackiertechnik	Galvanotechnik	Steuerungs- und Antriebstechnik	Roboter- und Assistenzsysteme	Biomechatronische Systeme	Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik	Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie	Reinst- und Mikroproduktion	Bild- und Signalverarbeitung	Funktionale Materialien	Generative Fertigung	Leichtbautechnologien
Automotive																
Maschinen- und Anlagenbau																
Elektronik und Mikrosystemtechnik																
Energiewirtschaft																
Medizin- und Biotechnik																

Stuttgarter Produktionsakademie

Kompetenzzentrum digITools für die Produktion

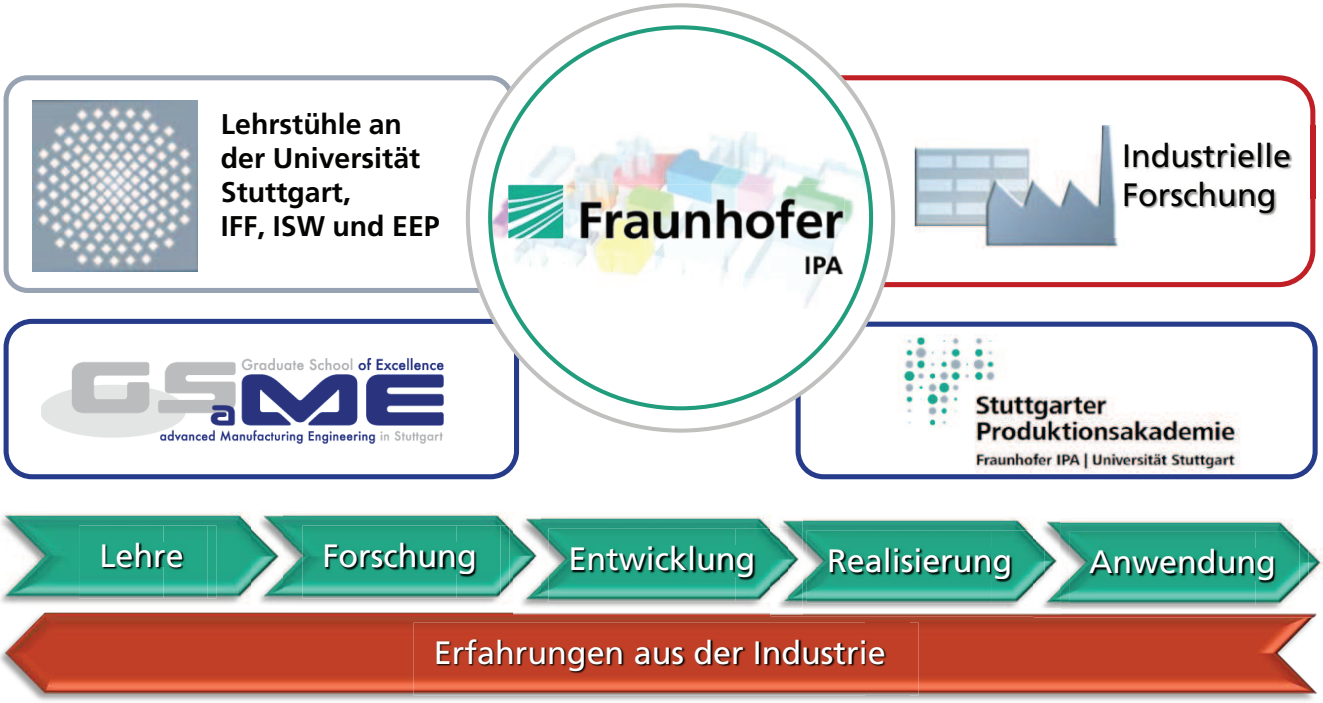
Projektgruppe Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB, Mannheim	Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik AGP, Rostock	Projektgruppe Regenerative Produktion, Bayreuth	Projektgruppe Produktionsmanagement und Informatik PMI, Budapest	Office for Process Engineering of Functional Materials and Robotics OPER, Osaka	Fraunhofer Austria Research GmbH, Wien

Weitere Standorte

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Vernetzung von Wissenschaft und Praxis
Fraunhofer IPA als Basis für den Wissenstransfer



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Wissens- und Technologietransfer in die Industrie
Fraunhoferweit, auf Institutsebene (IPA) und im universitären Umfeld des Fraunhofer IPA

Fraunhoferweite Aktivitäten

Fraunhofer

Wissenschaftliche Mitarbeiter (Fraunhofer-Modell)
- Basisqualifizierung
- Projektarbeit und Forschungstätigkeit
- Promotion an der Uni
- Wissenstransfer durch Köpfe

Fraunhofer ACADEMY

Externe Weiterbildung für Fach- und Führungskräfte auf Basis der FhG-Tätigkeiten mit Unis und Hochschulen.
- Studiengänge
- Zertifikatskurse
- Seminare

Institutsspezifische Aktivitäten

FpF e.V.

Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung e.V.
Verbreitung von Ergebnissen (z.B. Vorträge) aus der wissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiet Produktionstechnik

Stuttgarter Produktionsakademie
Fraunhofer IPA | Universität Stuttgart

Stuttgarter Produktionsakademie gGmbH
Zielgruppenorientierte Weiterbildung auf dem Gebiet der Produktionstechnik mit hohem Praxisbezug (z.B. Lernfabrik)

Universitäre Aktivitäten

Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering in Stuttgart

Graduate School of advanced manufacturing Engineering
Promotion im dualen Ausbildungsprinzip auf den Gebieten Ingenieurwissenschaften, Betriebswirtschaft und Informatik.

Universität Stuttgart

MASTER: ONLINE-AKADEMIE

Uni-Institute IFF, ISW, EEP und Master: Online-Akademie
- Universitäre Ausbildung (Bachelor- u. Masterstudiengänge)
- Master-Online (Bauphysik, Gerontologie, Logistik)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Stuttgarter Produktionsakademie
Komplettanbieter 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.**
- **Dazu greifen wir auf erstklassige und praxiserfahrene Referenten des Fraunhofer-Netzwerks, der Universität Stuttgart sowie ausgewählter Kooperationspartner zurück.**
- **Beim Aufbau der technologischen Fähigkeiten orientieren wir uns am Prinzip »learning by doing« und setzen Labore ein bzw. üben das Erlernte anhand von Praxisbeispielen und Planspielen.**



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Stuttgarter Produktionsakademie
Aus- und Weiterbildungskonzept

- **Rollenspezifische Seminare**
  - Führungskräfte (kompakt)
  - Spezialisten (vertieft)
- **Technologiespezifische Seminare**
  - Technologien der industriellen Produktion
- **Seminare zu Querschnittsthemen**
  - Methoden-Know-How
  - Soft-Skills
  - Juristische Themen
- ca. 200 Seminare in 2015 geplant



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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)

© Fraunhofer IPA

Tätigkeitsfeld in der Produktentwicklung
Risikoanalysen mit Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)

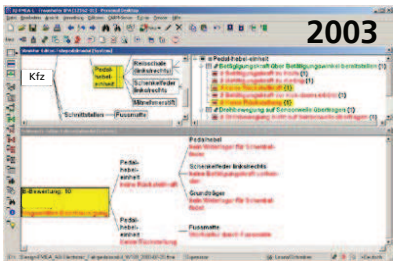
Aufgabenstellung:

- 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

© Fraunhofer IPA

Tätigkeitsfeld in der Prozessoptimierung

Risikoanalysen mit der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)

Aufgabenstellung:

- Absicherung von Herstellungs- und Montage-prozessen

Tätigkeiten des IPA:

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

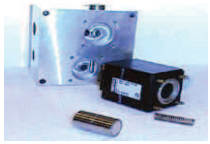
Nutzen für Kunden:

- 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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Vorstellung
Teilnehmer/innen

- Zur Person
  - Name
  - Funktion
  - Kenntnisse zu FMEA
  - Kenntnisse der FMEA-Software IQ-FMEA der APIS GmbH
- Zum Seminar
  - Erwartungen an das Seminar
  - Konkrete Fragen zur FMEA und zum Control-Plan
  - Konkrete Fragen zur FMEA-Software IQ-FMEA der APIS GmbH

© Fraunhofer IPA

AGENDA

- FMEA nach VDA
- Regeln zum Aufbau von Prozess-FMEAs
- Regeln zur korrekten Risikobewertung
- Regeln zur differenzierten Bewertung von Sichtprüfungen
- Umgang mit Besonderen Merkmalen
- Integrierte Erstellung von Prozess-FMEA und Control-Plan
- Systematische und zufällige Fehler
- Regeln zur Prüfplanung für eine Null-Fehler-Produktion
- Beispiele aus der industriellen Praxis
- Anwendung der IQ-FMEA der APIS GmbH
- Praktische Erstellung Prozess-FMEA und Control-Plan

© Fraunhofer IPA

GRUNDLAGEN ZUR FMEA

© 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

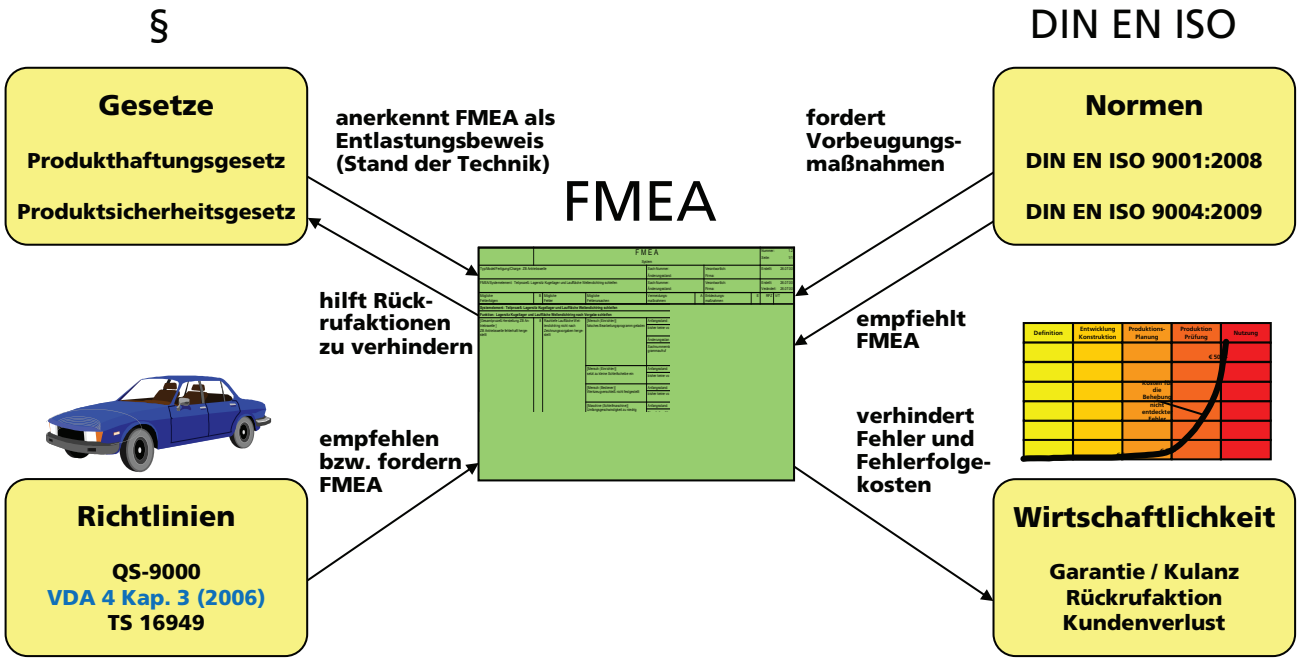
Grundlagen
Ziele der FMEA-Arten

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 / Design-FMEA
- Keine fehlerhaften Produkte produziert werden bzw. Produkte nicht fehlerhaft kommissioniert und/oder ausgeliefert werden
  - Prozess-FMEA / Logistik-FMEA

© Fraunhofer IPA

Grundlagen
Gründe für die FMEA-Anwendung

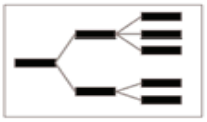
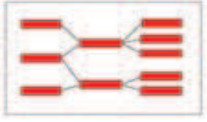
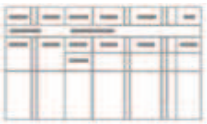
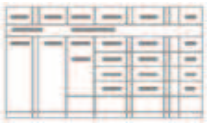


© Fraunhofer IPA

DEFINITIONEN UND ZIELSETZUNGEN

© Fraunhofer IPA

Definitionen und Zielsetzungen
Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) – Fokus Prozess-FMEA

1. 
2. 
3. 
4. 
5. 

Ziel:

- Systematische Ermittlung potentieller Prozessrisiken

Methode nach VDA 4 Kapitel 3 (2006):

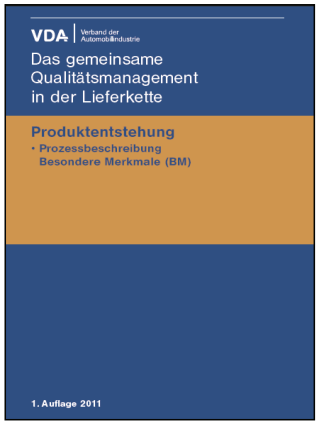
- Fünf Schritte nach VDA
  - 1: Strukturanalyse (Strukturbaum)
  - 2: Funktions-/Merkmalsanalyse (Funktions-/Merkmalsnetze)
  - 3: Fehleranalyse (Fehlernetze)
  - 4: Maßnahmenanalyse und Bewertung
  - 5: Optimierung (falls notwendig)

Nutzen / Anmerkung:

- Detaillierte Risikoübersicht über die Prozesse
- Maßnahmenplan für sichere Prozesse (Grundlage für den Produktionslenkungsplan)

© Fraunhofer IPA

Definitionen und Zielsetzungen
Besondere Merkmale (BM)



Ziel:

- Sicherstellung technisch relevanter Funktionalitäten eines Produktes

Methode:

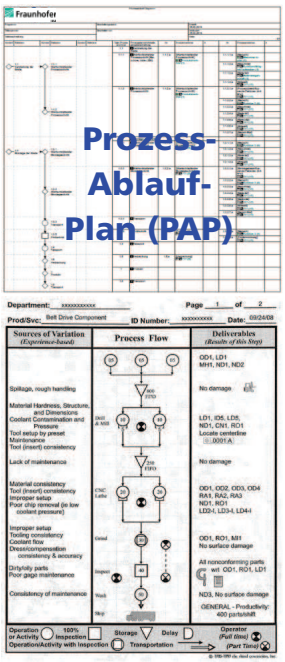
- Systematische Identifikation
  - BM S = Sicherheitsanforderungen
  - BM Z = Gesetzliche und behördliche Vorgaben
  - BM F = Funktionen und Forderungen
- Durchgängige Betrachtung von Produkt-FMEA über Prozess-FMEA bis hin zum Produktions-Lenkungs-Plan (PLP)

Nutzen / Anmerkung:

- Voraussetzung für effektive Prüfkonzepte

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Definitionen und Zielsetzungen
Prozess-Ablauf-Plan (PAP)



Ziel:

- Beschreibung des Prozessablaufes zur Herstellung von Produkten für die operative Ebene

Methode:

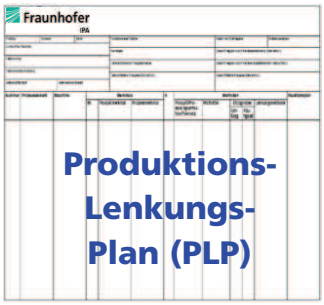
- Dokumentation von
  - Prozessschritten und Tätigkeiten
  - Input und Output von Prozessschritten
  - Produkt- und Prozessmerkmalen
  - Sollwerte und Toleranzen

Nutzen / Anmerkung:

- Nachvollziehbare Beschreibung des Prozessablaufs zur Herstellung von Produkten

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Definitionen und Zielsetzungen
Produktions-Lenkungs-Plan (PLP)



Ziel:

- Darstellung aller gelenkten Aktivitäten zur Herstellung von Produkten für die operative Ebene

Methode:

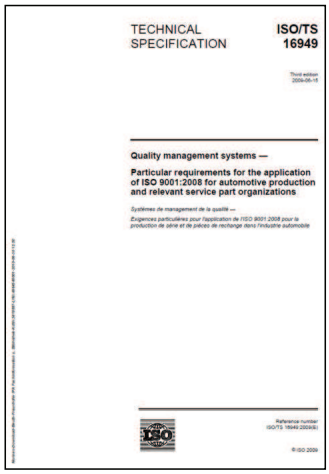
- Dokumentation von Maßnahmen zur
  - Vermeidung von Fehlern in der Produktion
  - Entdeckung von Fehlern in der Produktion
  - Reaktion auf Fehler in der Produktion

Nutzen / Anmerkung:

- Sicherstellung, dass keine fehlerhaften Produkte an den Kunden ausgeliefert werden

© Fraunhofer IPA

Definitionen und Zielsetzungen
TS 16949



- Beschreibung der speziellen Anforderungen an QM-Systeme in der Automobilindustrie auf Basis der ISO 9001:2008
- Kapitel 7.5.1.1 Control-Plan
  - Erstellung auf Basis von K-FMEA und P-FMEA
  - Beschreibung der Lenkung von Herstellungs-Prozessen
  - Berücksichtigung von Besonderen Merkmalen
  - Beschreibung von Reaktionsmaßnahmen bei Abweichungen vom geforderten Prozessergebnis
- Annex A.1: Phasen
  - Prototyp, Nullserie und Serienproduktion
- Annex A.2: Inhalte
  - Allgemeine Daten, Produktmerkmale mit Spezifikationen und Toleranzen, Prozessmerkmale und Produktionseinrichtungen, Prüfverfahren und Reaktionsmaßnahmen

© Fraunhofer IPA

Definitionen und Zielsetzungen
Leerformular Produktions-Lenkungs-Plan (PLP)

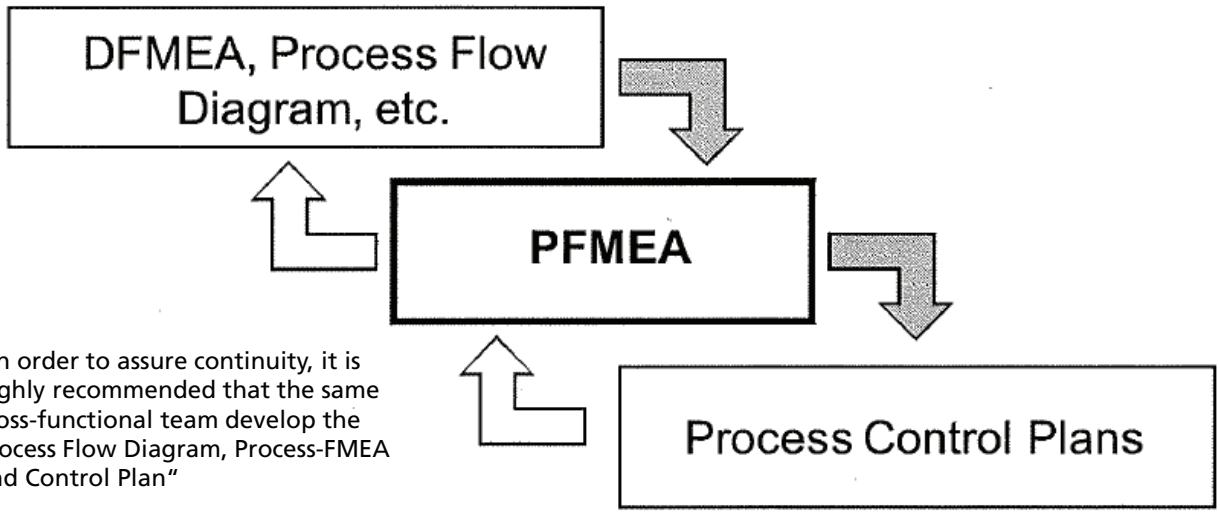
Fraunhofer IPA

Prototyp:	Vorserie:	Serie:	Kontaktperson/Telefon:	Erstellt:	Verändert:
Control-Plan Nummer:			Kernteam:	Datum/Freigabe durch Kundenentwicklung (falls erford.):	
Teilenummer:			Lieferant/Standort Freigabe/Datum:	Datum/Freigabe durch Kunden-Qualitätsbereich (falls erford.):	
Teilename/Beschreibung:			Datum/Weitere Freigabe (falls erford.):	Datum/Weitere Freigabe (falls erford.):	
Lieferant/Standort:	Lieferantenschlüssel:				

Teile-/ Prozessnummer	Prozesselement/Arbeitsgangsbeschreibung	Maschine	Merkmale			Klassifikation	Methoden				Reaktionsplan
			Nr.	Produktmerkmal	Prozessmerkmal		Spezifikation	Prüfmittel	Stichproben: Umfang	Stichproben: Häufigkeit	Lenkungsmethode

© Fraunhofer IPA

Definitionen und Zielsetzungen
Zusammenhang zwischen Konstruktions-FMEA, Prozess-Ablauf-Plan, Prozess-FMEA u. Produktions-Lenkungs-Plan



"In order to assure continuity, it is highly recommended that the same cross-functional team develop the Process Flow Diagram, Process-FMEA and Control Plan"

Zur Sicherstellung einer hohen Durchgängigkeit ist es dringend empfohlen, dass dasselbe interdisziplinäre Team sowohl den Prozess-Ablauf-Plan (PAP), die Prozess-FMEA als auch den Produktions-Lenkungs-Plan (PLP) erstellt.

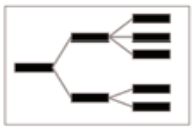
Quelle FMEA, 4th-Edition (06/2008)

© Fraunhofer IPA

FMEA NACH VDA

© Fraunhofer IPA

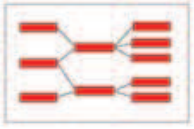
Vorgehensweise
Ablauf in der FMEA (in Anlehnung an VDA)



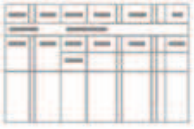
- System strukturieren
- Prozess strukturieren



- Funktionen und Merkmale zuordnen
- Funktions- und Merkmalsnetz bilden



- Fehlfunktionen und Fehlermerkmale ableiten
- Fehlernetz (Hypothesen) bilden



- Vermeidungsmaßnahmen definieren
- Fehlererkennung und Fehlerreaktion definieren



- Optimierung planen
- Wirksamkeit überprüfen

© Fraunhofer IPA

Vorgehensweise

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

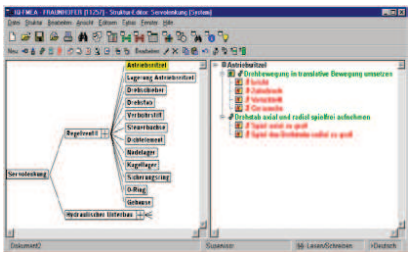
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

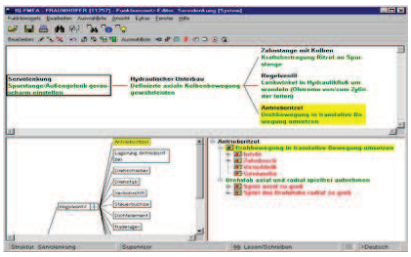
Vorgehensweise

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

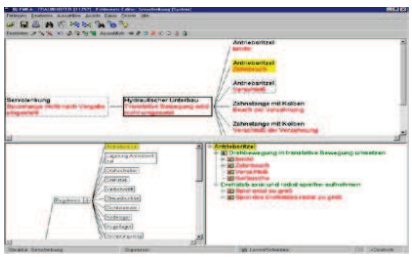
Strukturanalyse Funktionszuordnung Fehlerzuordnung



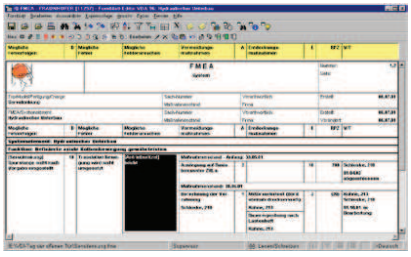
Funktionsanalyse



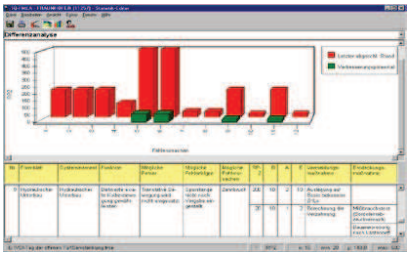
Fehleranalyse



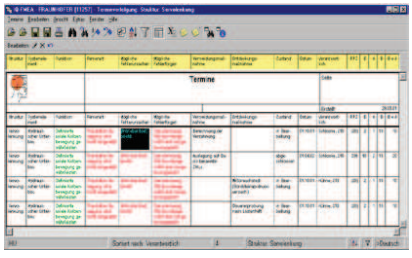
Maßnahmenanalyse



Risikobewertung+Optimierung



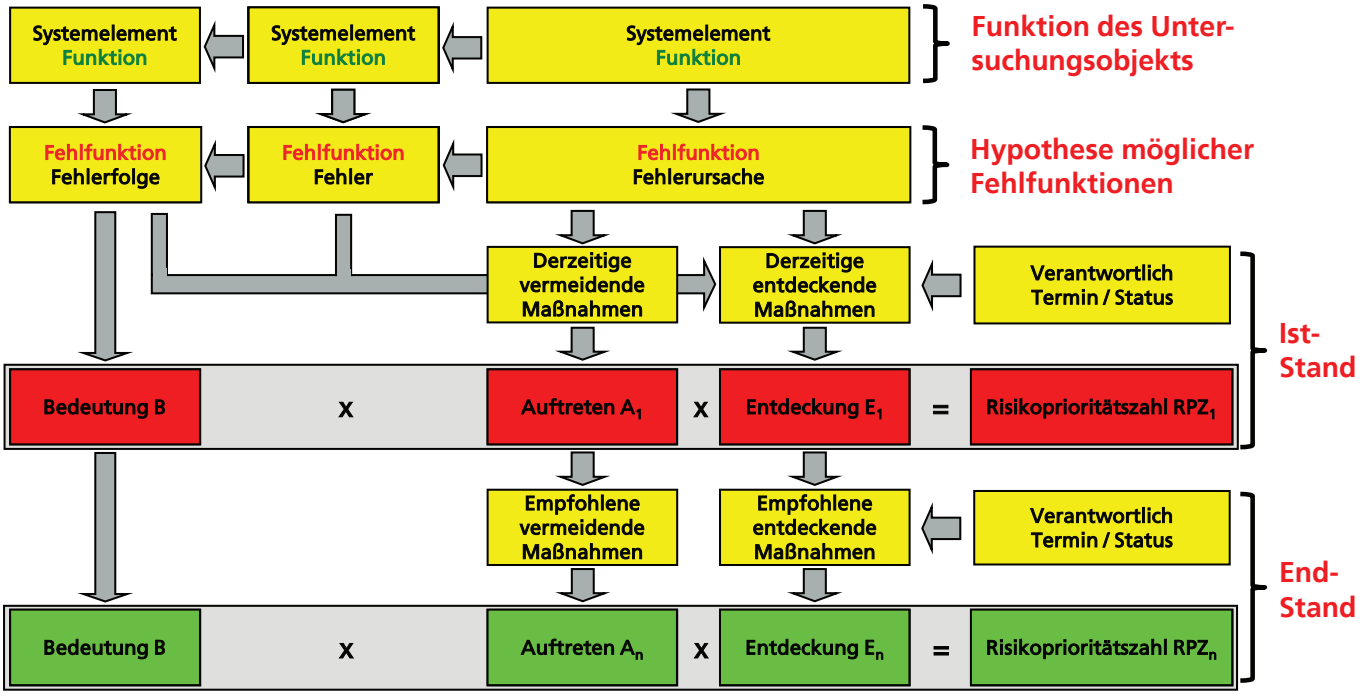
Maßnahmencontrolling



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Vorgehensweise
FMEA-Begriffe und Zusammenhänge



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Vorgehensweise
Kreative Arbeit in moderierten interdisziplinären Teams, Fokus Prozess-FMEA

- Moderation durch
  - interner Methodenexperte
  - externer Methodenexperte
- Stammteam
  - Entwicklung / Konstruktion
  - Fertigungsplanung / Fertigung
  - Prüfstandsbau
  - 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

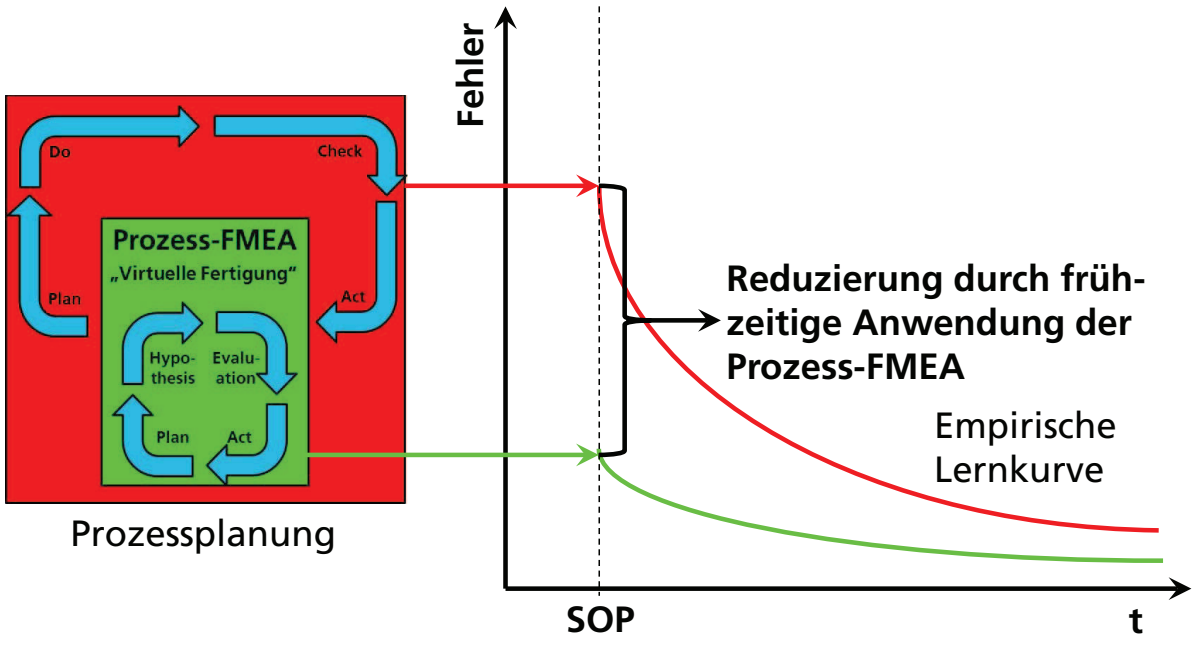
BESONDERHEITEN DER PROZESS-FMEA

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Zielsetzung der Prozess-FMEA

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

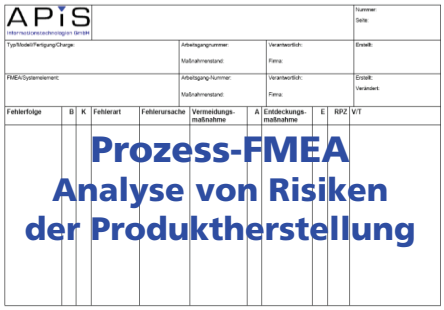


© Fraunhofer IPA

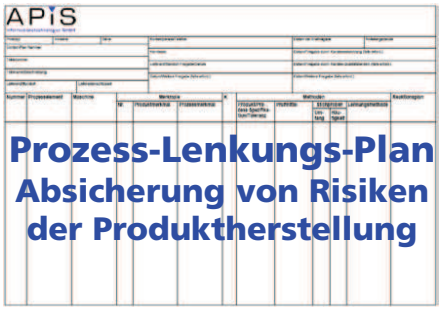
Fraunhofer IPA

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

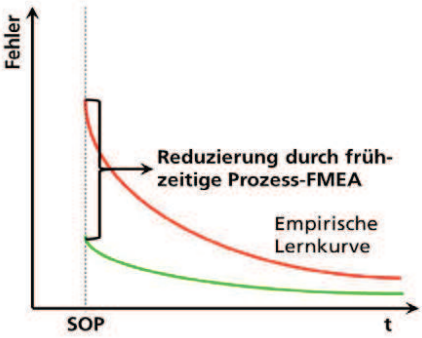
Ableitung des Prozess-Lenkungs-Plans (PLP) anhand der Prozess-FMEA



Wissensweitergabe







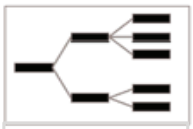


© Fraunhofer IPA

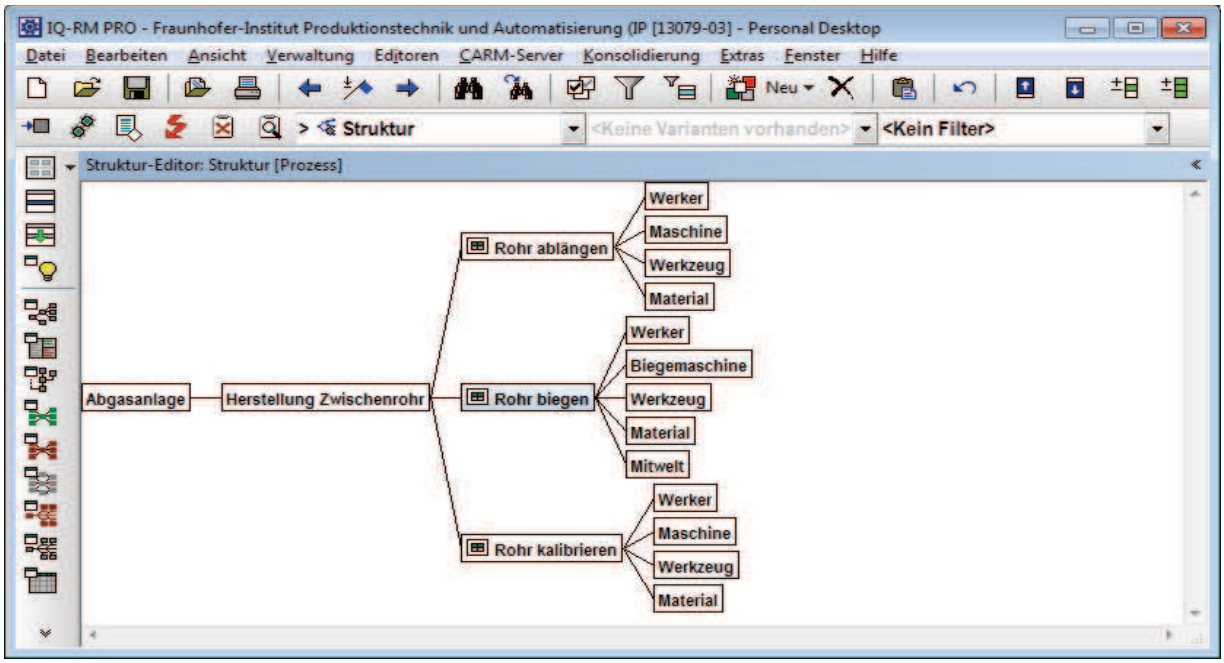
Fraunhofer IPA

Beispiel

Prozessstruktur



Strukturierung

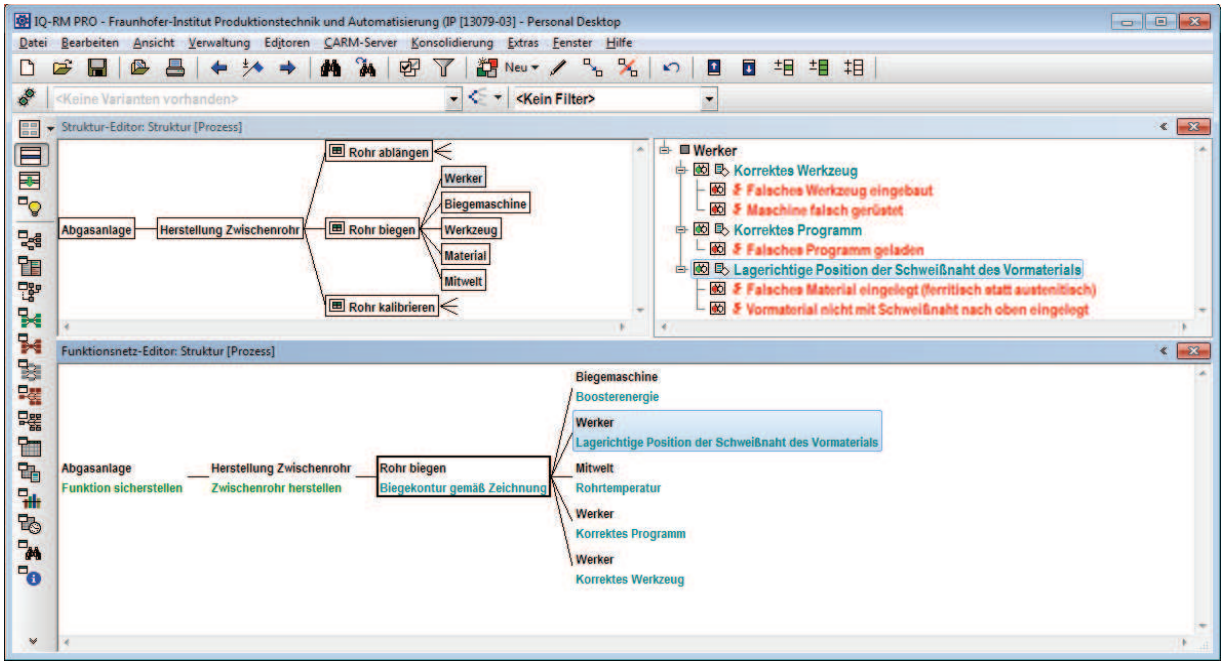


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

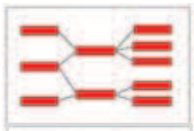
Beispiel
Funktionsnetz, Produktmerkmale und Prozessmerkmale

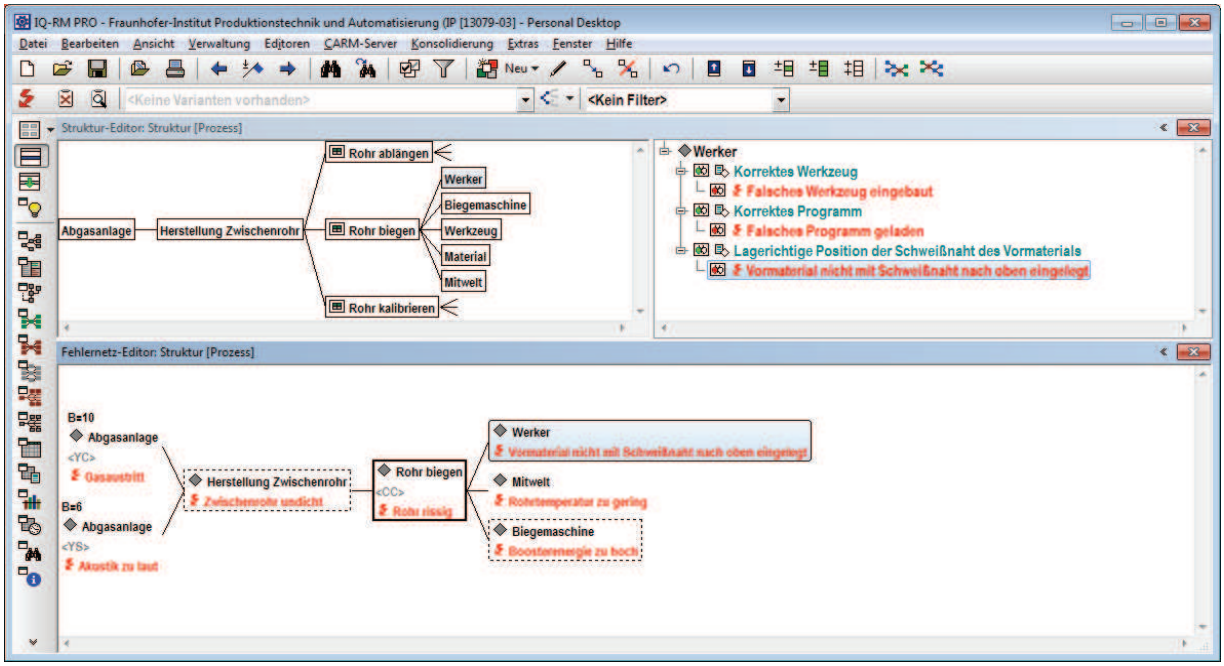

Funktionen / Merkmale



© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Beispiel
Fehlernetz, Fehlfunktionen und Fehlermerkmale

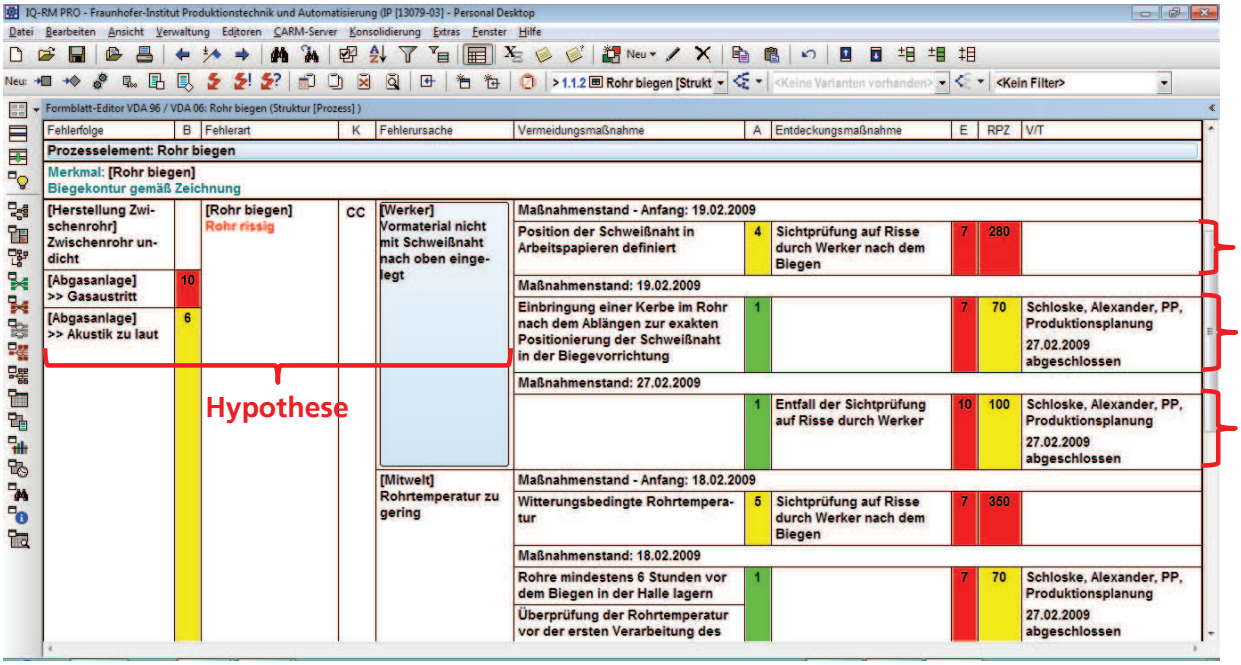

Risikoanalyse



© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

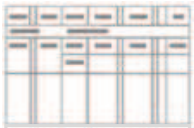
Beispiel
Risikobewertung und Risikominimierung im FMEA-Formblatt

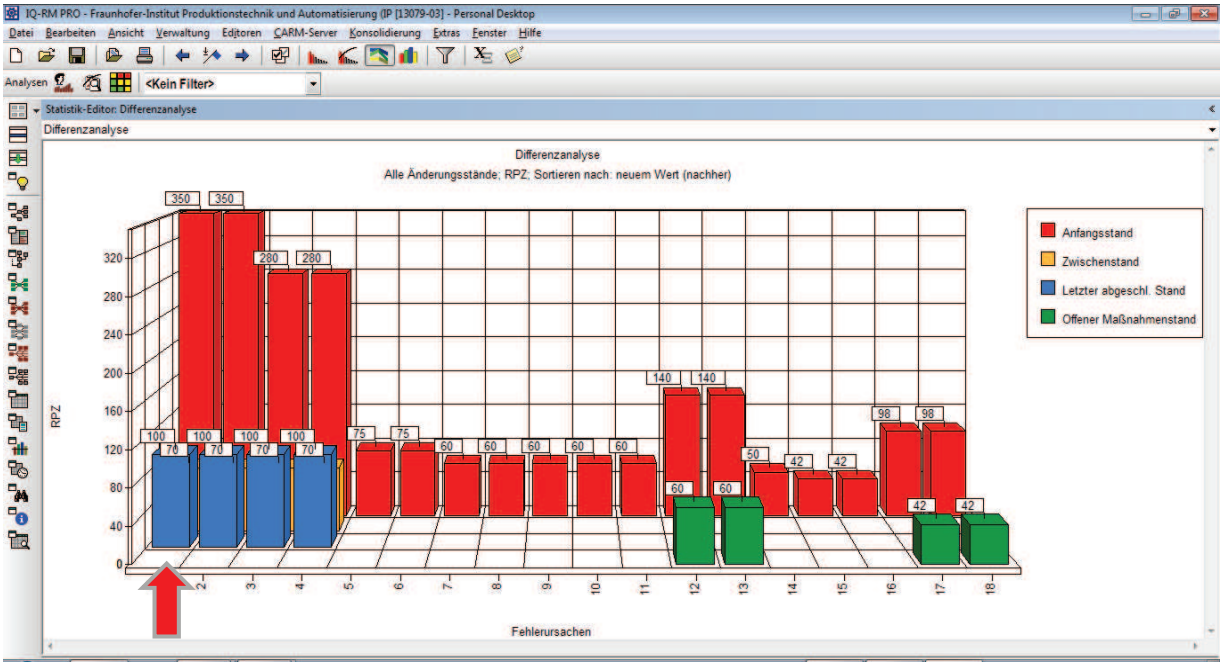

Maßnahmenanalyse



© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Beispiel
Differenzanalyse (vorher / nachher)


Risikobewertung

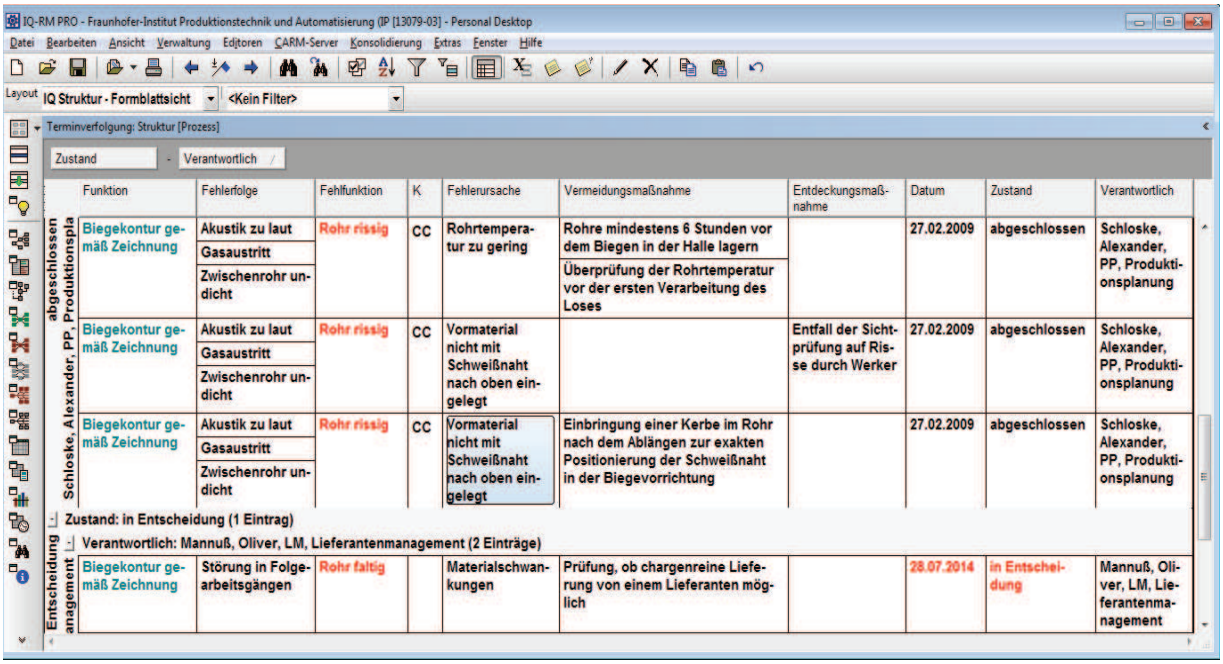


© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Beispiel
Maßnahmenverfolgung



Projektmanagement

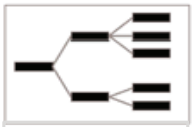


© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

REGELN ZUR STRUKTURIERUNG DER PROZESS-FMEA

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

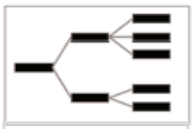
Strukturierung
Wie sieht eine geeignete Struktur für die Prozess-FMEA aus?


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

© Fraunhofer IPA

Strukturierung
Wie sieht eine geeignete Struktur für die Prozess-FMEA aus?


Strukturierung

Werkerselbstprüfungen:

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

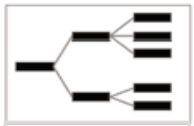
Prüfprozesse:

- 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

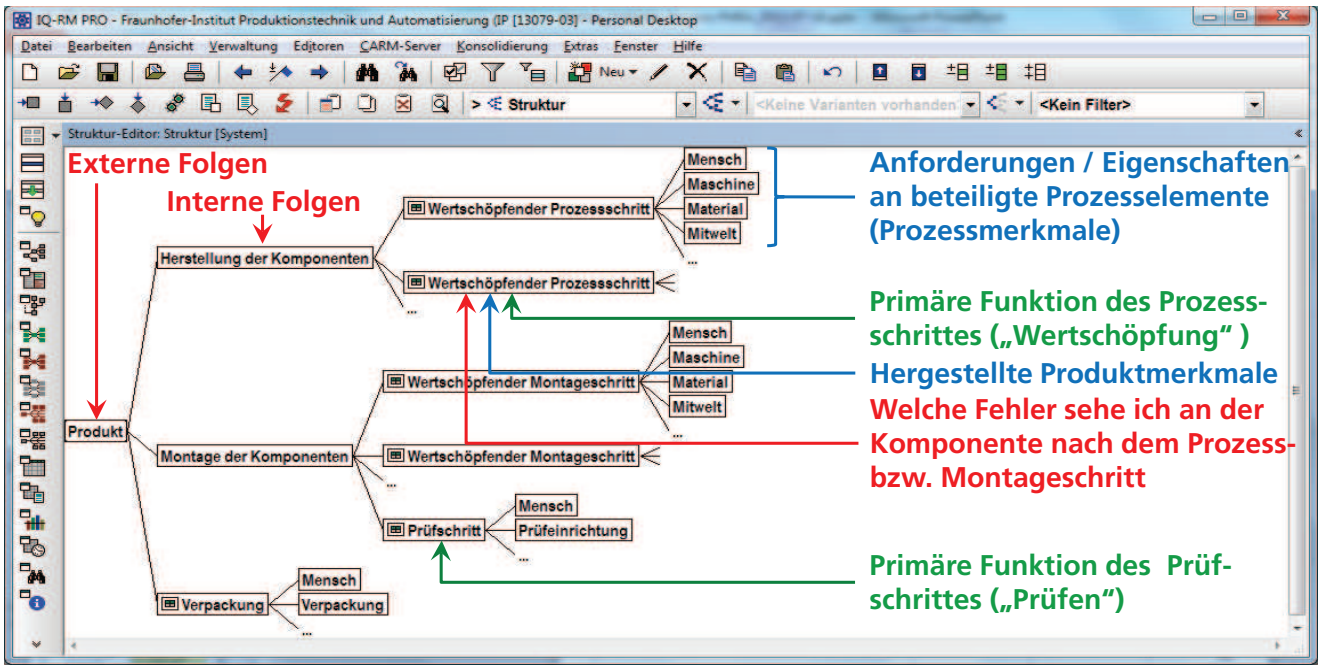
© Fraunhofer IPA

Strukturierung

Wie sieht eine geeignete Struktur für die Prozess-FMEA aus?


Strukturierung


Funktionen / Merkmale



© Fraunhofer IPA

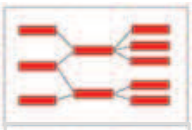
Fraunhofer IPA

REGELN ZUR RISIKOANALYSE IN DER PROZESS-FMEA

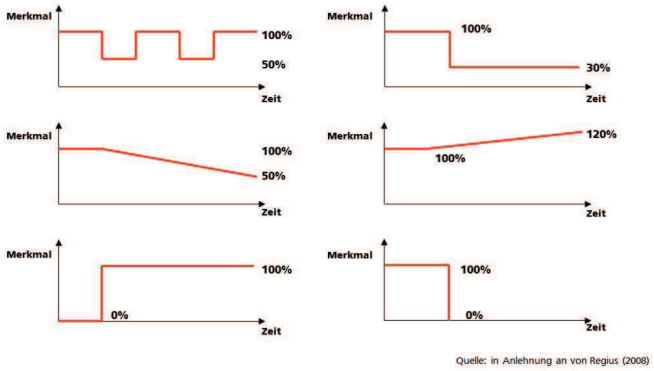
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Risikoanalyse
Wie bezeichne ich Risiken korrekt?


Risikoanalyse

- **Bezeichne Fehlfunktionen oder Fehlermerkmale präzise**
  - Globale Fehlfunktionen oder Fehlermerkmale wie „Durchmesser n.i.O.“ „Durchmesser fehlerhaft“ „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).



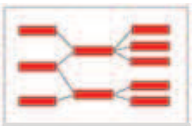
Quelle: in Anlehnung an von Regius (2008)

~~Durchmesser n.i.O.~~

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

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Risikoanalyse
Welche Risiken werden betrachtet?

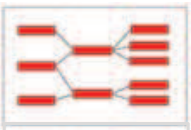

Risikoanalyse

- **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/

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Risikoanalyse
Welche Risiken werden betrachtet?


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

REGELN ZUR MAßNAHMEN-DEFINITION IN PROZESS-FMEA

© Fraunhofer IPA

Maßnahmendefinition

Trennung zwischen Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen


Maßnahmenanalyse

Vermeidungsmaßnahme

Prozess



Entdeckungsmaßnahme

Verhindert das Auftreten von Fehlern im Prozess

Arbeitspapiere, Zeichnungen, Vorrichtungen, Parameter, Prozessfähigkeitsanalysen

Entdeckt Fehler des Prozesses, falls sie aufgetreten sind

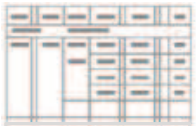
Stichprobenprüfung, 100%-Prüfung, SPC-Prüfung, Erst- und Letztstückprüfung

© Fraunhofer IPA

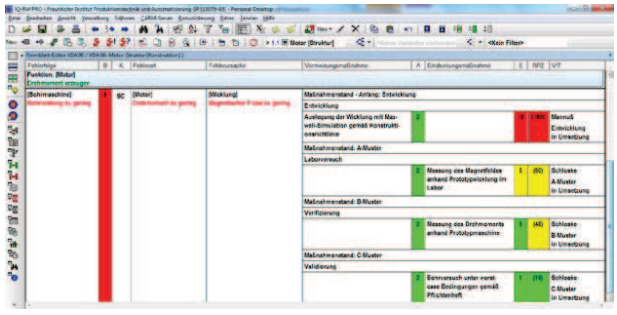
Fraunhofer IPA

Maßnahmendefinition

Was gilt es bei Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen zu beachten?


Maßnahmenanalyse

- **Es wird zuerst der Ist-Stand bewertet**
  - „man sollte“ oder „jemand müsste“ kommen nicht in den Ist-Stand.
- **Ein und dieselbe Maßnahme kann nur einmal verwendet werden**
  - Ein Maßnahme ist entweder vermeidend oder entdeckend.
- **Es werden nur gelenkte Maßnahmen betrachtet**
  - „wenn jemand an der Anlage vorbeiläuft und da hinschaut, müsste er das schon sehen“gilt nicht als gelenkte Entdeckungsmaßnahme.




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


http://www.sourcingmap.de

© Fraunhofer IPA

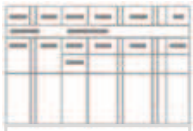
Fraunhofer IPA

REGELN ZUR RISIKOBEWERTUNG IN DER PROZESS-FMEA

© Fraunhofer IPA

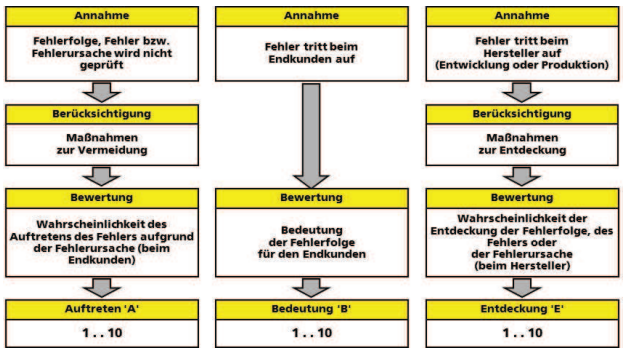
Fraunhofer IPA

Risikobewertung
Wie erfolgt eine korrekte Risikobewertung?



Risikobewertung

- **Alle drei Faktoren A, B und E unabhängig voneinander bewerten**
  - Falsch wäre die Aussage: „Der Fehler ist unbedeutend, da er nicht auftreten kann, weil wir ihn ja entdecken“ ☹.
- **Annahmen erleichtern die korrekte Risikobewertung**
  - A: Fehler wird nicht geprüft
  - B: Fehler tritt beim Kunden auf
  - E: Fehler ist aufgetreten
- **Bewertungstabellen mit Beispielen erleichtern die Risikobewertung**

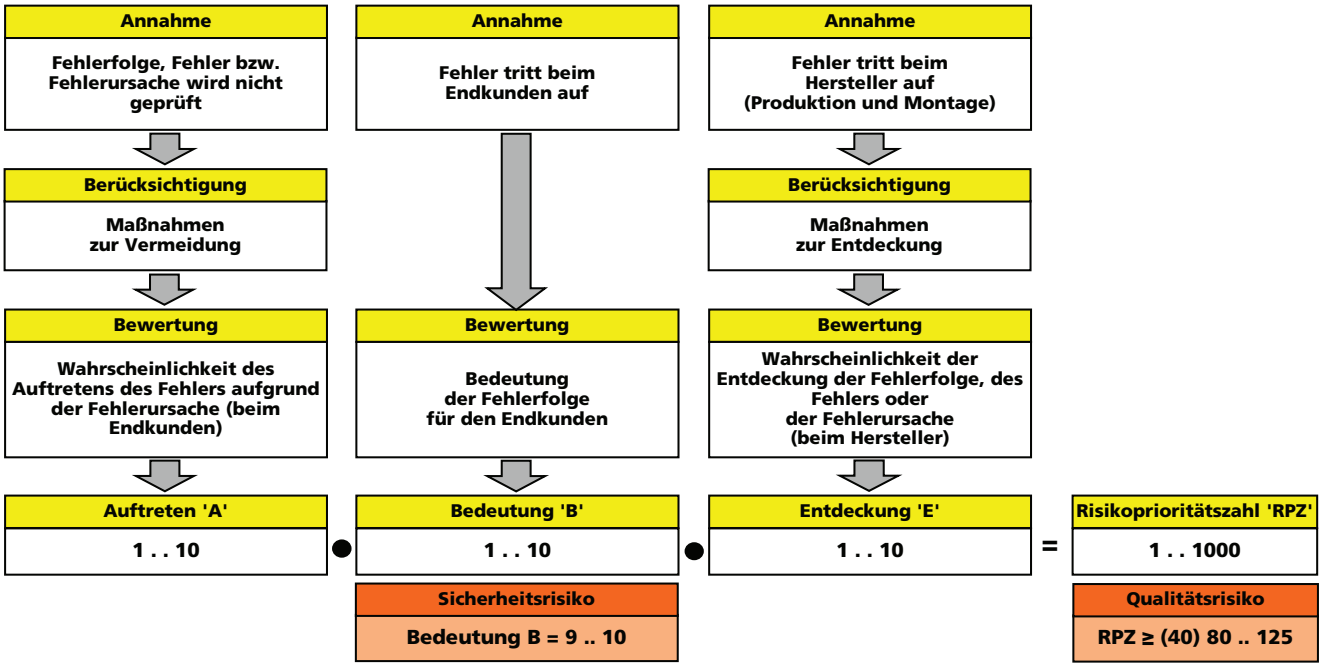


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Risikobewertung
Wie erfolgt eine korrekte Risikobewertung?


Risikobewertung



© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Risikobewertung
Warum es „Ausschuss“ und „Nacharbeit“ in der Prozess-FMEA nicht alleine geben darf


Risikobewertung

- **Bewertung der „Top”-Fehlerfolge muss immer mit Bezug auf den Endkunden erfolgen (die alten Tabellen nach VDA 4.2 waren präziser)**
  - Annahme: Folge tritt beim Endkunden auf
  - Risikobewertung: A und E zeigen die Wahrscheinlichkeit des Fehlers beim Endkunden
- Beispiel:
  - Eine Bewertung eines fehlenden Keils als “Ausschuss” führt zur Verharmlosung des Risikos -> **B = 5**
  - Ein Fehlen des Keils führt zu dem Risiko “Benutzer taucht bei einem Crash unter dem Gurt durch” -> **B = 10**

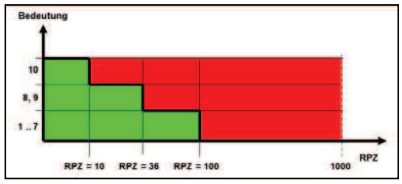

Anti-Submarining-Keil im PU-Schaum

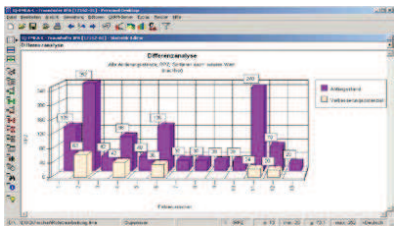
© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Risikobewertung
Ermittlung kritischer Prozesse









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

Risikobewertung
Die Einzelfaktoren A, B und E haben mehr Aussagekraft als die RPZ

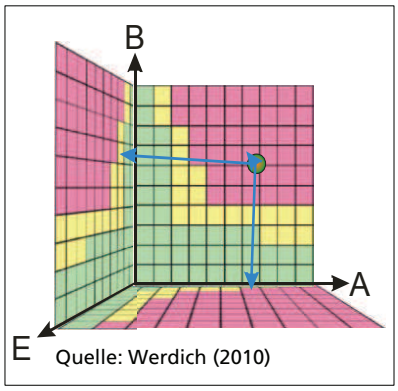


Ausgangszustand:

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

Optimierter Zustand:

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



Quelle: Werdich (2010)

© Fraunhofer IPA

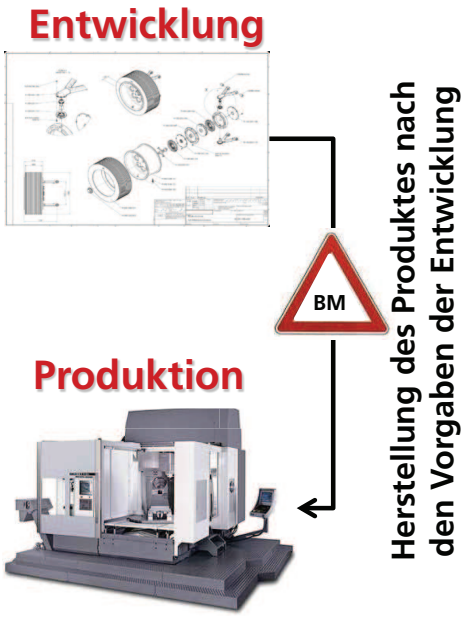
Fraunhofer IPA

BESONDERE MERKMALE

© Fraunhofer IPA

Sorgfaltspflicht im Produktentstehungsprozess (PEP)
Sicherstellung technisch relevanter Funktionalitäten

- Sorgfaltspflicht im Entwicklungsprozess
  - Auslegung, Berechnung und Erprobung
  - Verifizierung und Validierung
  - Umgang mit Fehlern im Betrieb
  - Dokumentation und Archivierung
- Sorgfaltspflicht im Produktionsprozess
  - Produktionsplanung und Herstellung **P**
  - Effektive Prüfplanung und Prüfung **L**
  - Umgang mit Fehlern in der Produktion **P**
  - Dokumentation und Archivierung

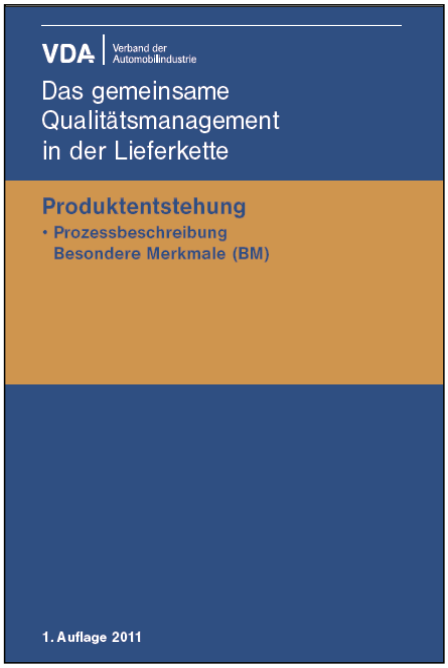


In Anlehnung an VDA-QMC (05/2011)

© Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale
Bezeichnung nach VDA (05/2011)

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



Quelle VDA-QMC (05/2011)

© Fraunhofer IPA

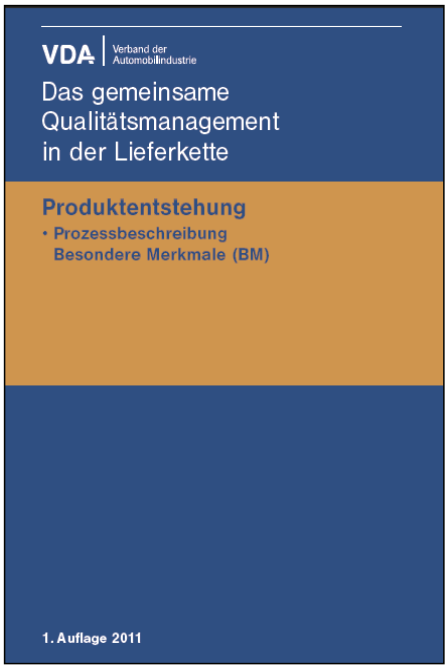
Fraunhofer IPA

Besondere 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**)



Quelle VDA-QMC (05/2011)

© 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

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

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	YC / CC	?
B = 5 .. 8	BM F	-	YS / SC	?

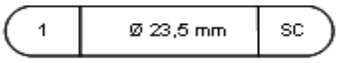
Tipp:
Bei eigenen Produkten, empfiehlt sich die Erstellung einer Übersetzungstabelle zur Vermeidung der Erstellung unterschiedlicher kundenspezifischer Produktzeichnungen.

© Fraunhofer IPA

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

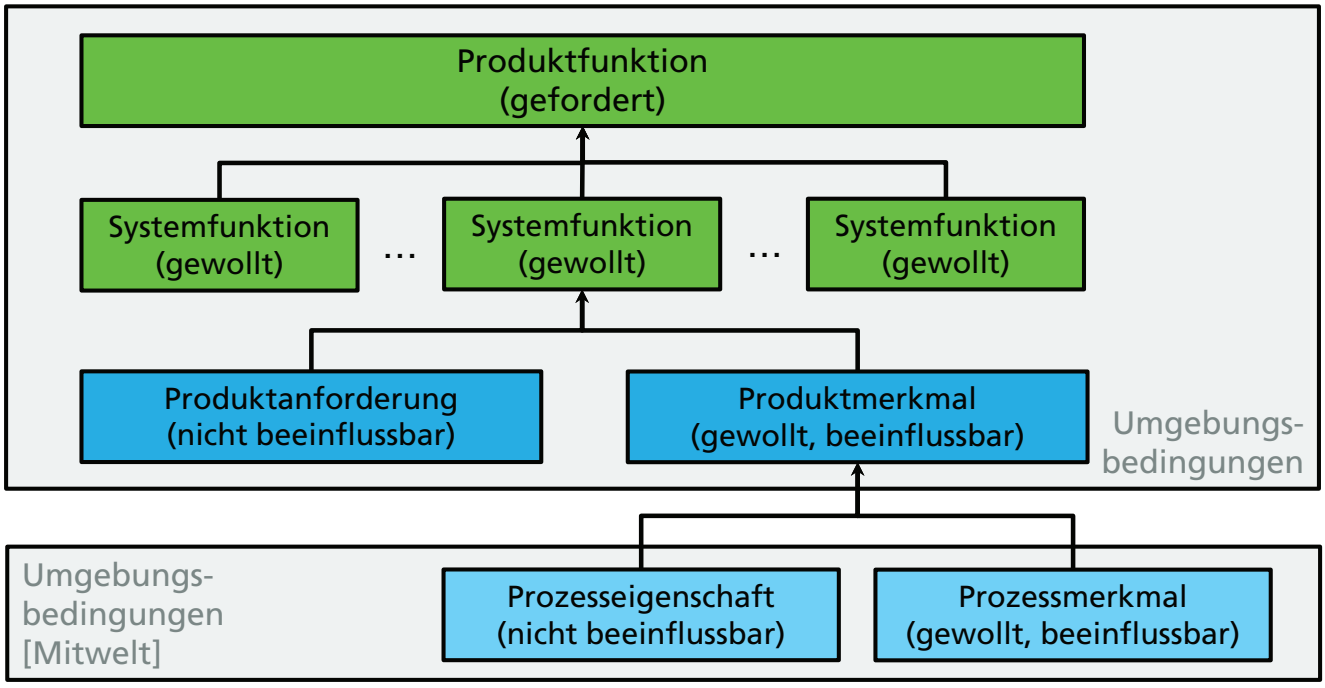
DURCHGÄNGIGE ANALYSE VON PRODUKTEN UND PROZESSEN

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Funktionen, Produkt- und Prozessmerkmale

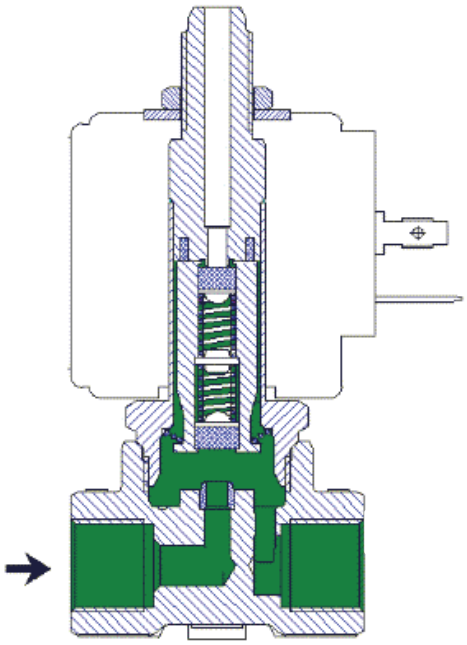
Zusammenhang zwischen Funktionen, Anforderungen und Merkmalen



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispielsystem Magnetventil
Funktionsprinzip

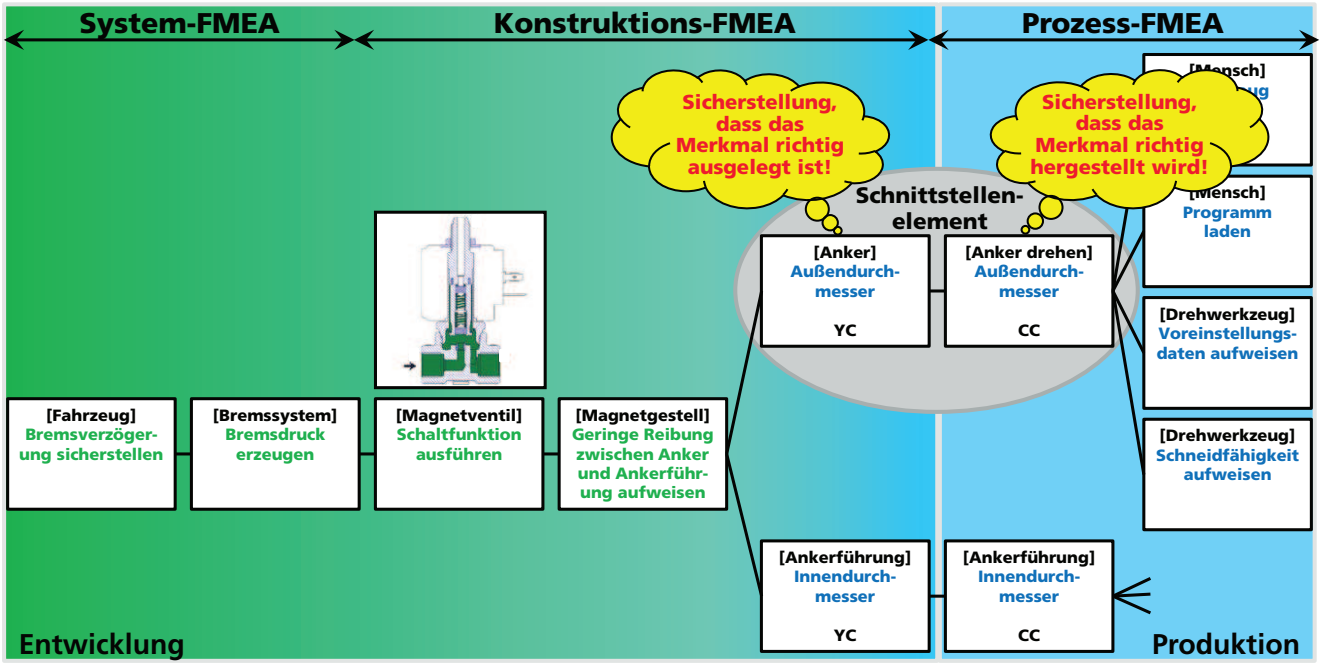


Bildquelle: http://www.magnetventile-shop.de

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Integration von Entwicklung und Produktion
Produktfunktionen werden durch Produktmerkmale realisiert

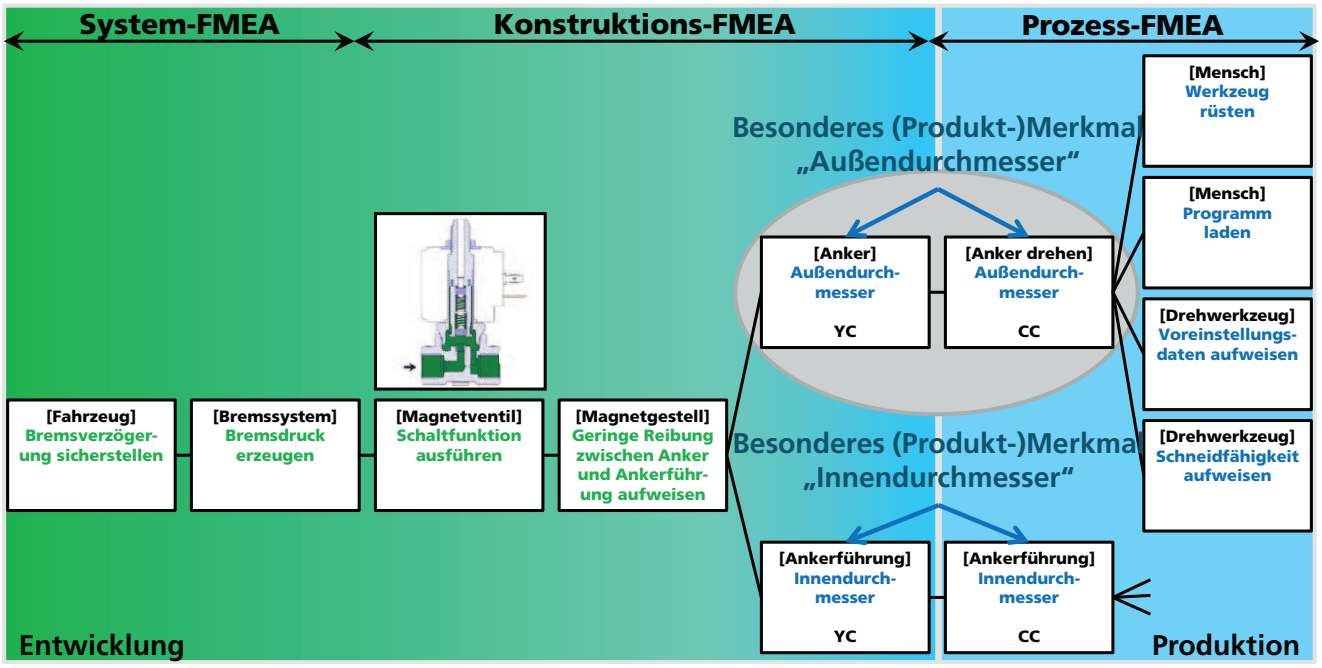


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Integration von Entwicklung und Produktion

Produktfunktionen werden durch Produktmerkmale realisiert

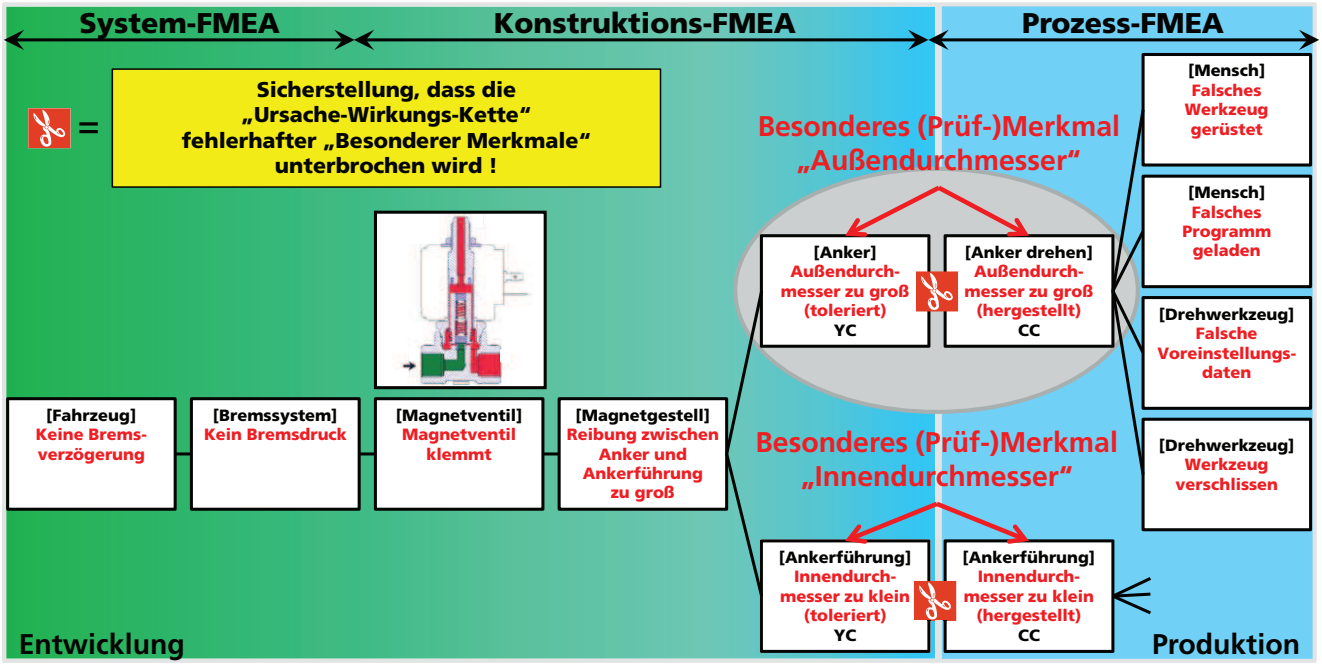


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Integration von Entwicklung und Produktion

Fehlerhafte Produktmerkmale führen zu Fehlfunktionen am Produkt



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

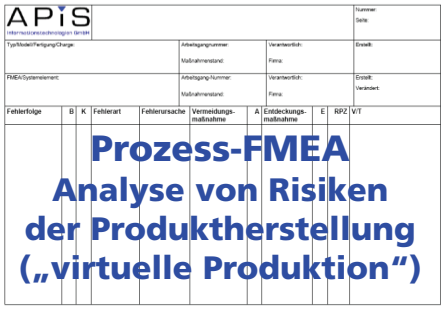
PROZESS-FMEA UND PROZESS-LENKUNGS-PLAN (PLP)

© Fraunhofer IPA

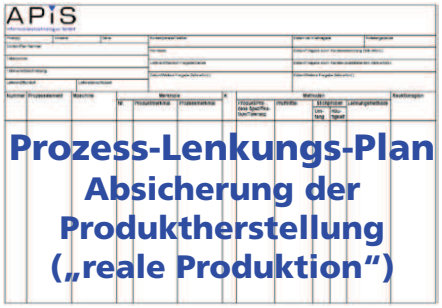
Fraunhofer IPA

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

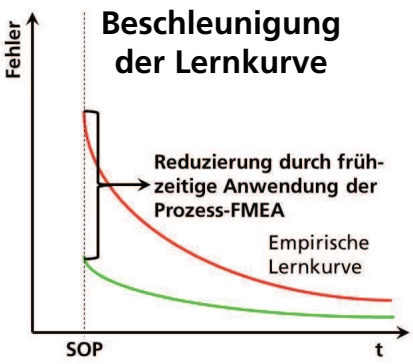
Ableitung des Prozess-Lenkungs-Plans (PLP) auf Basis der Ergebnisse aus der Prozess-FMEA



Wissensweitergabe
- Fehlervermeidung
- Fehlerentdeckung
- Fehlerreaktion





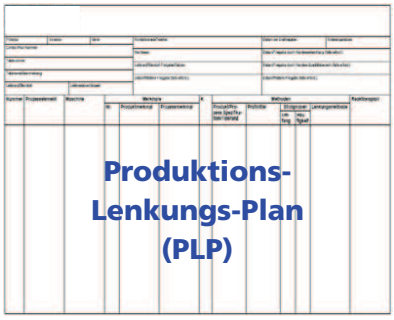




© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Methoden zur Erfüllung der Fabrikationspflicht
Produktions-Lenkungs-Plan (PLP) oder Control-Plan (CP)





Ziel:

- Beschreibung der Aktivitäten zur Herstellung von Produkten

Methode:

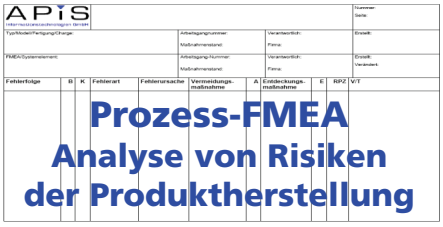
- Dokumentation von Maßnahmen zur
  - Vermeidung von Fehlern
  - Entdeckung von Fehlern
  - Reaktion auf Fehler

Nutzen / Anmerkung:

- Umfassende Beschreibung aller Aktivitäten (gelenkte Prozesse) zur Herstellung fehlerfreier Produkte

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

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

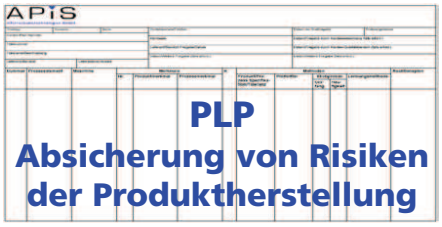
Produktmerkmale

Prozessmerkmale

Vermeidungsmaßnahmen

Entdeckungsmaßnahmen

Reaktionsmaßnahmen



Ergänzung um Maßnahmen zur Prüfung (Messmittel, Stichprobe)

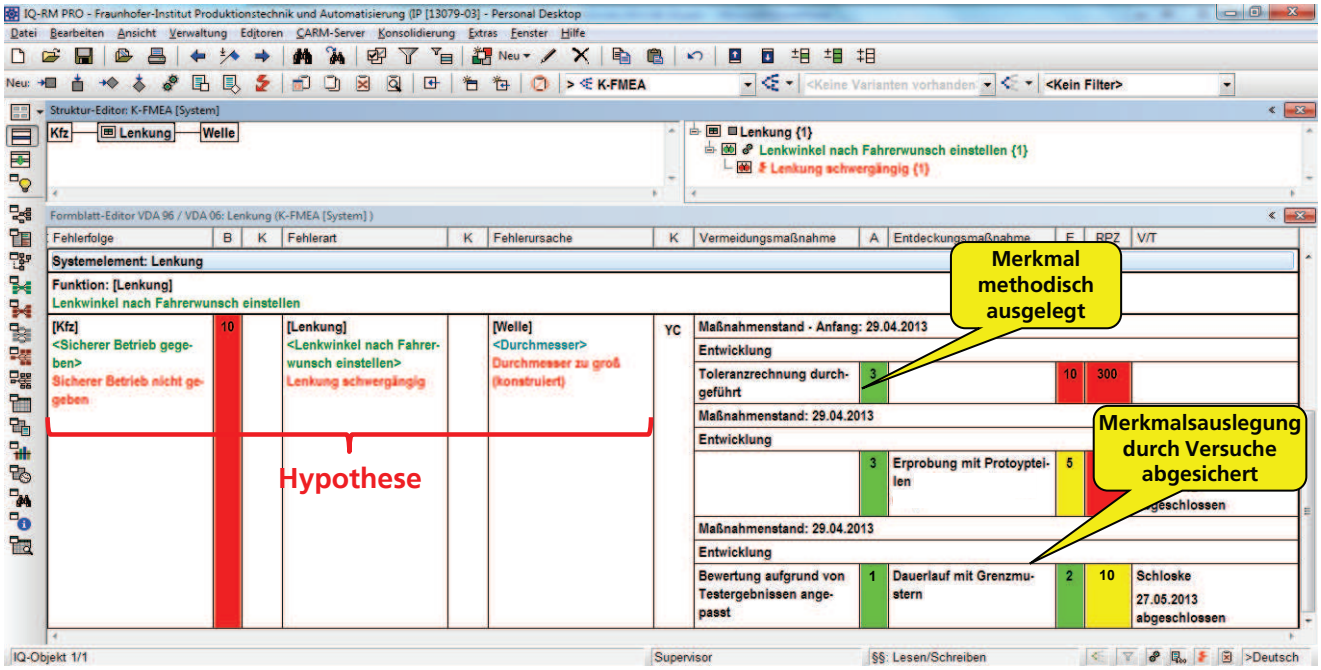
© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

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

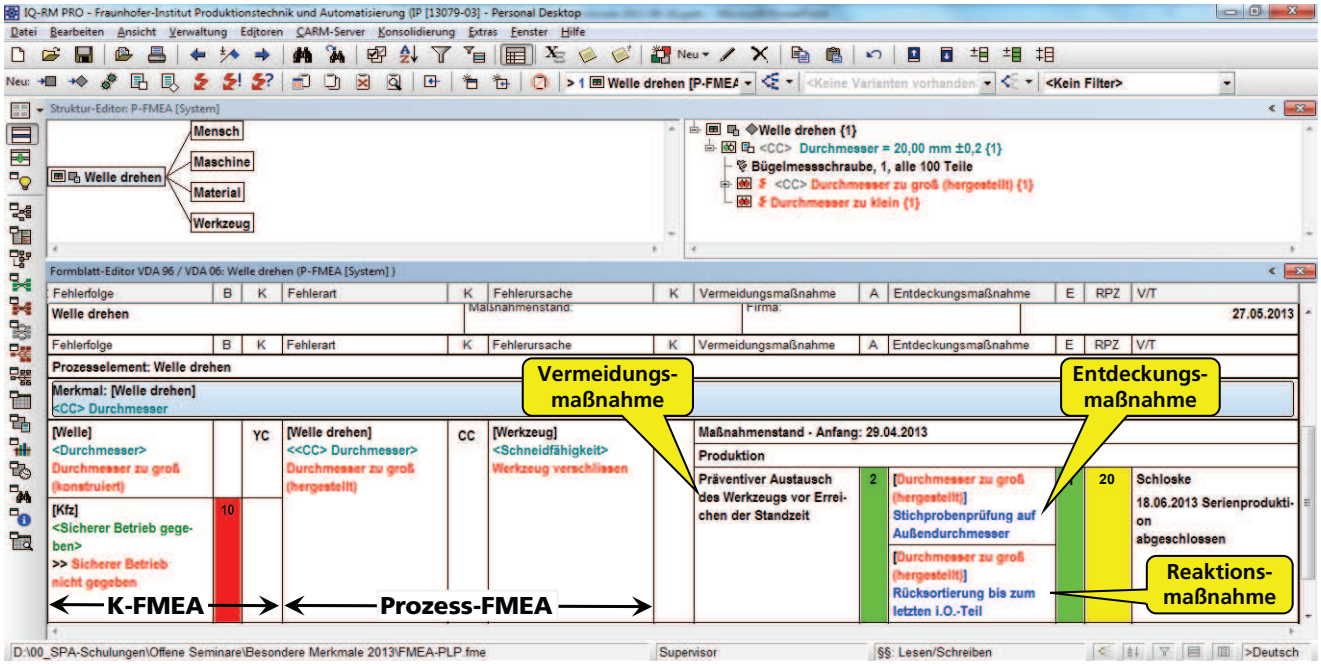
Koppelung von Produkt-FMEA und Prozess-FMEA
Produktmerkmale in der Prozess-FMEA



© Fraunhofer IPA

Koppelung von Produkt-FMEA und Prozess-FMEA

Produktmerkmale in der Prozess-FMEA

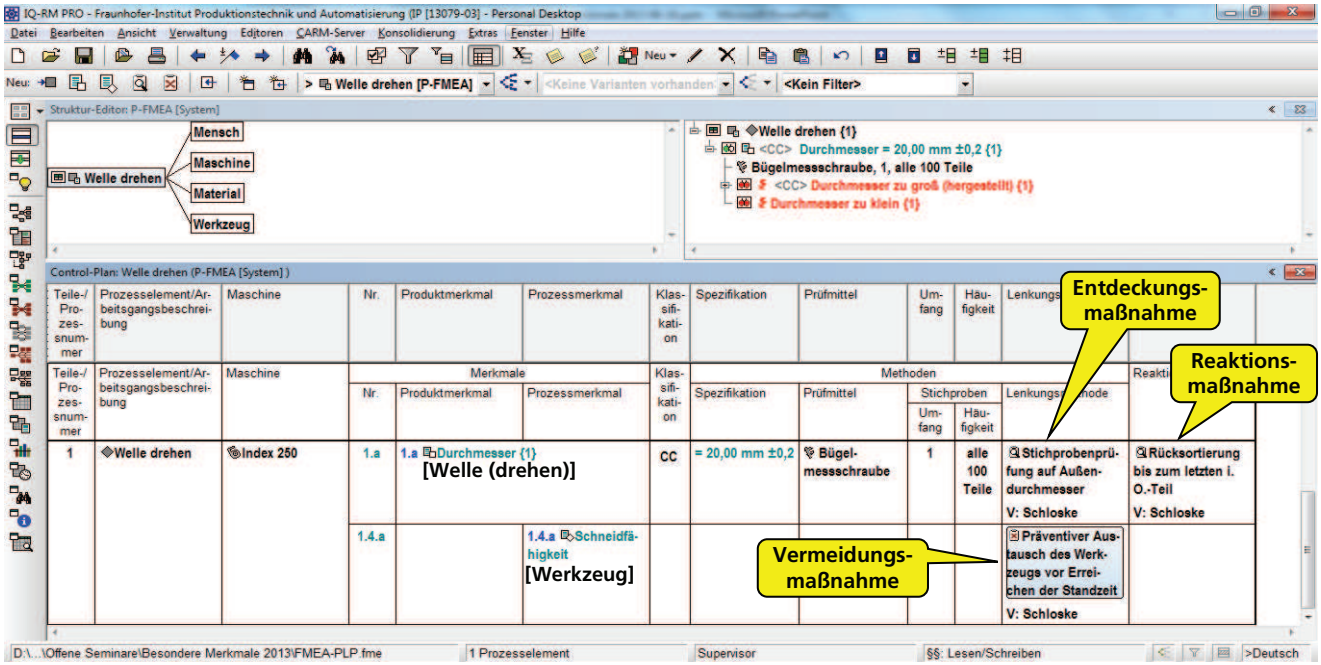


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Prozess-FMEA und PLP

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



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

PRÜFSTRATEGIEN IN DER PRODUKTION

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

STATISTISCHE PROZESS-REGELUNG (SPC)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

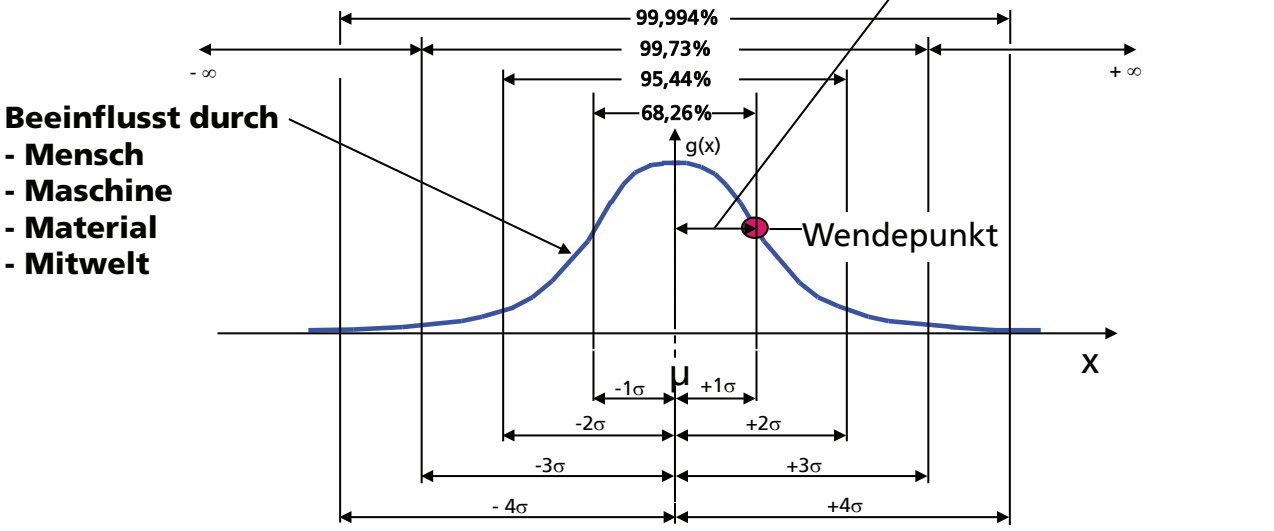
Statistische Grundlagen
Normalverteilung und Kennwerte

Mittelwert

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

Standardabweichung

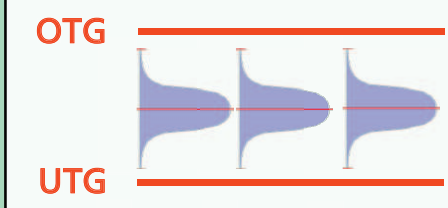
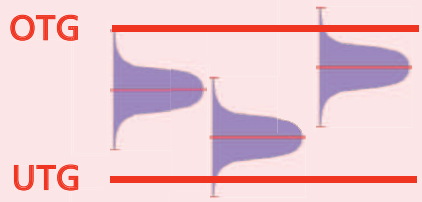
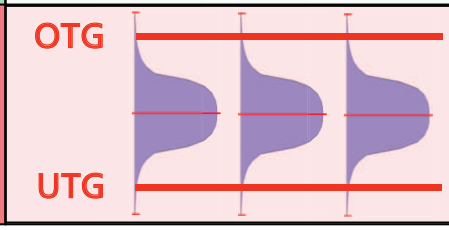
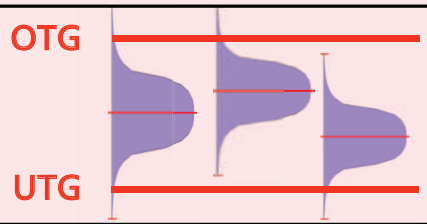
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu)^2}$$



Beeinflusst durch
- **Mensch**
- **Maschine**
- **Material**
- **Mitwelt**

© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

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 kann, die die Qualitäts-anforderungen erfüllen, d.h. der Prozess praktisch nahezu keinen Ausschuss bzw. Nacharbeit liefert.	**fähig**		
	nicht fähig		

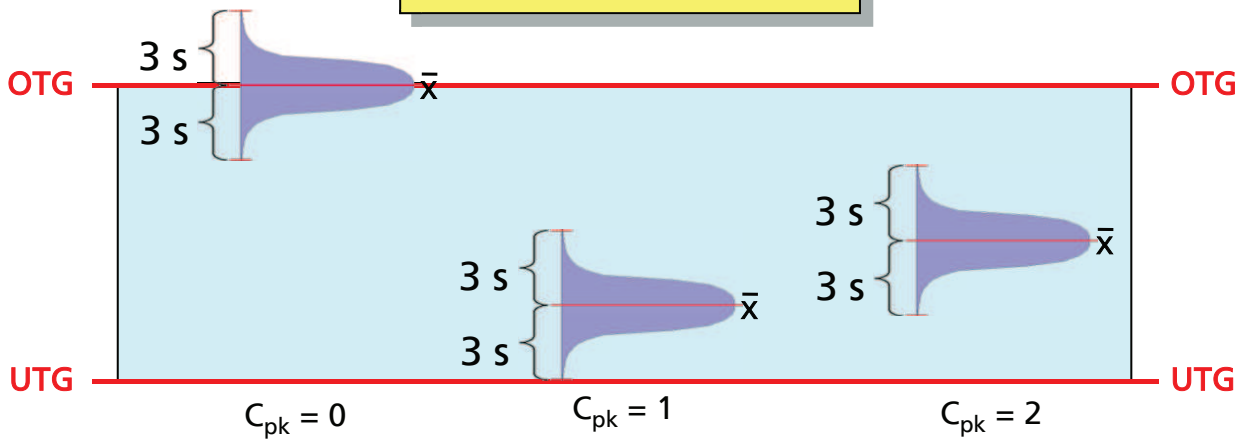
© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
Prozess(qualitäts)fähigkeitskennwert c_{pk}

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

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

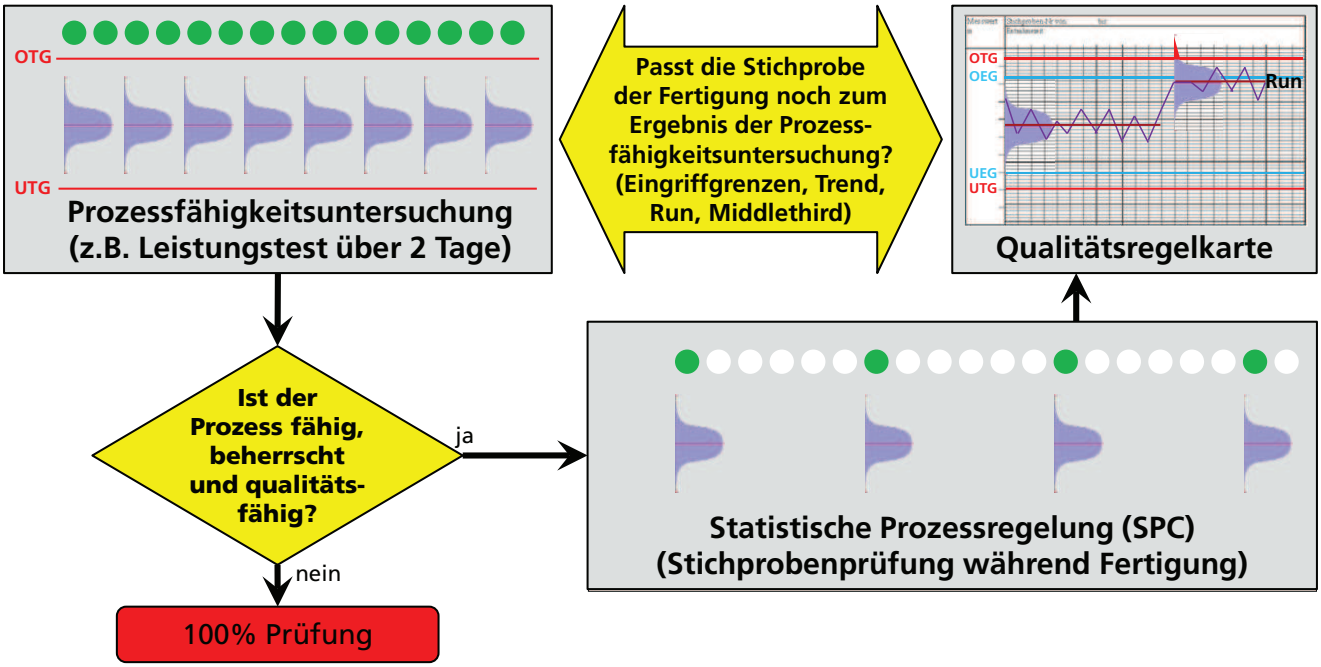
$$c_{pk} = \min(c_{p_o}, c_{p_u})$$



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

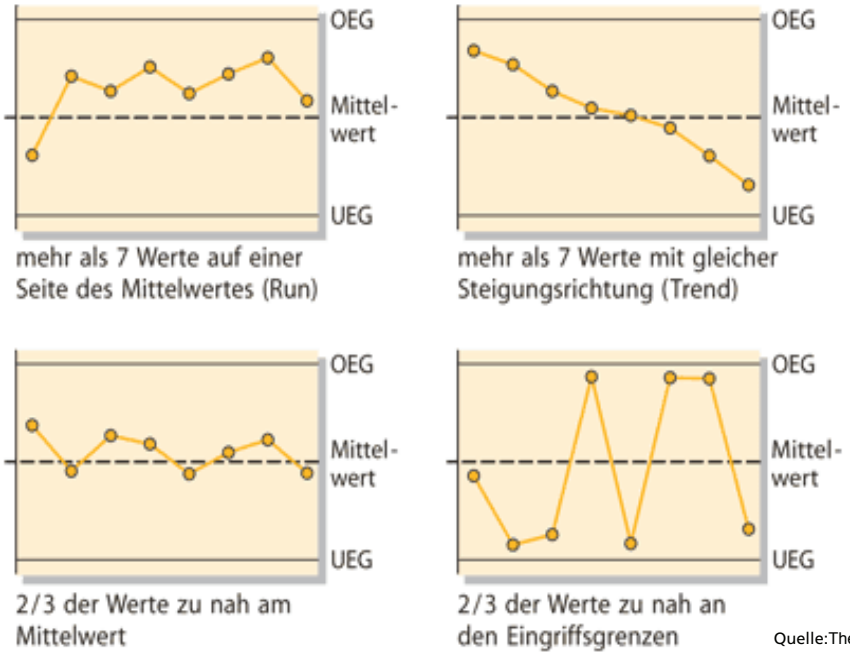
Prüfstrategien in der Produktion
Statistische Prozessregelung (SPC)



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
Regelkarte (Interpretation)



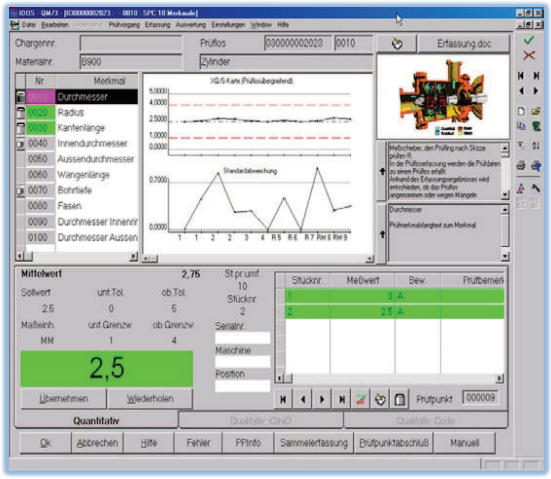
Quelle:Theden/Colsman Pocket Power

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
Voraussetzungen für die Anwendung der Statistischen Prozessregelung (SPC)

- 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: IDOS AG

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

EINE KLEINE BILDERGESCHICHTE ZUR (SPC)

© Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
Auf dem Weg zu SPC



© 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

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



© 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

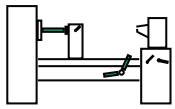
Fraunhofer IPA

Eine kleine Bildergeschichte zur SPC
SPC im Vergleich

Goldwing | **Welle drehen**

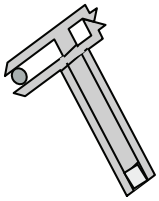


Fertigen mehrere Teile



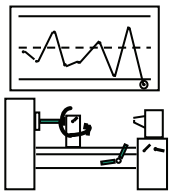


Prüfen einer Stichprobe





Regeln (falls notwendig)



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

LOSBEZOGENE PRÜFUNGEN UND STICHPROBENPRÜFUNGEN

© Fraunhofer IPA

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

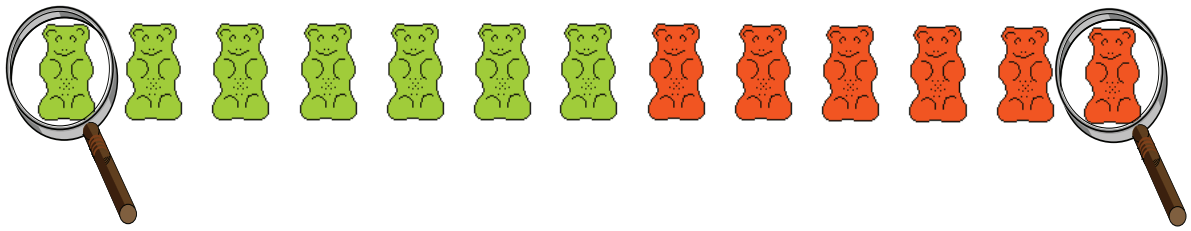
Die Entdeckungswahrscheinlichkeit beschreibt die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der Fehlerursache, der Fehlerart oder der Fehlerfolge innerhalb des Verantwortungsbereiches des produzierenden Unternehmens noch bevor dadurch Schäden verursacht werden können. Dabei reicht es nicht aus, den Fehler nur 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



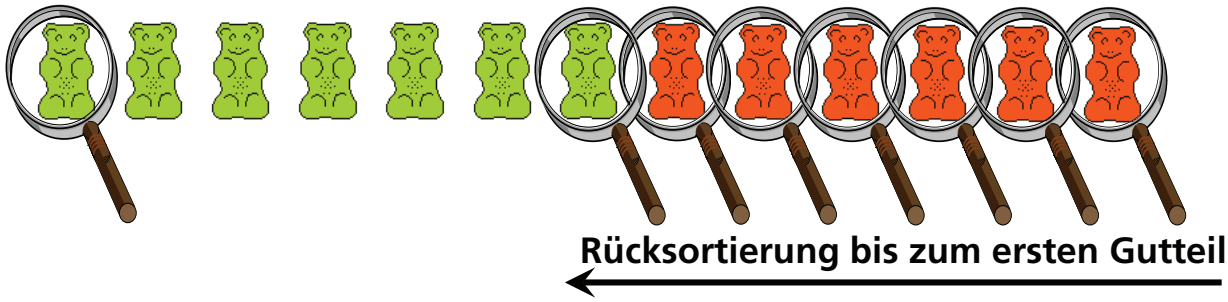
Bildquelle (Gummibär): http://www.hausmaus.de/gummibaer.html

© Fraunhofer IPA

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

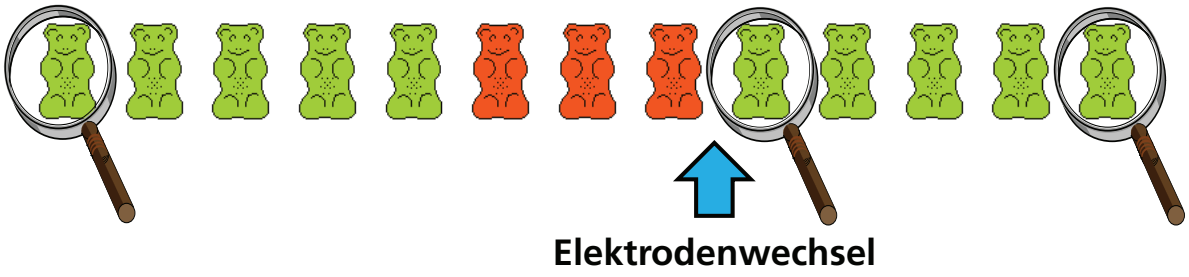
© Fraunhofer IPA

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

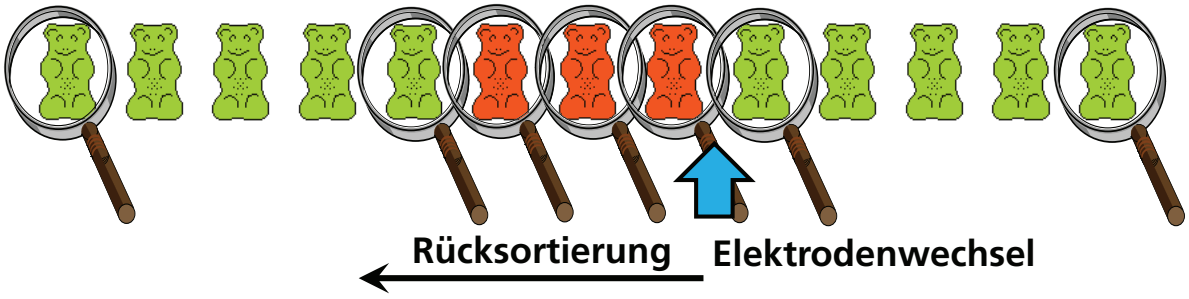
© Fraunhofer IPA

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

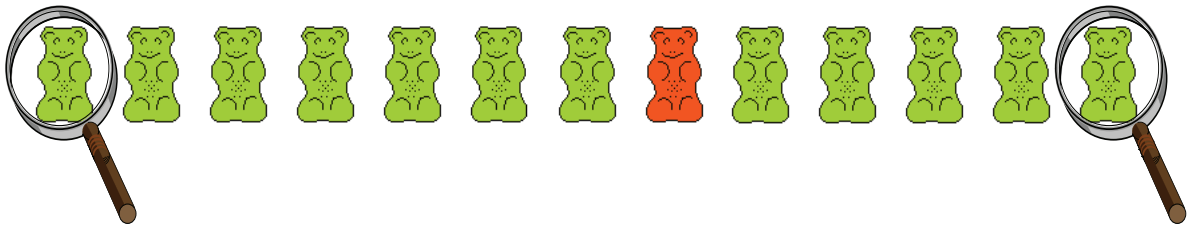
© Fraunhofer IPA

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

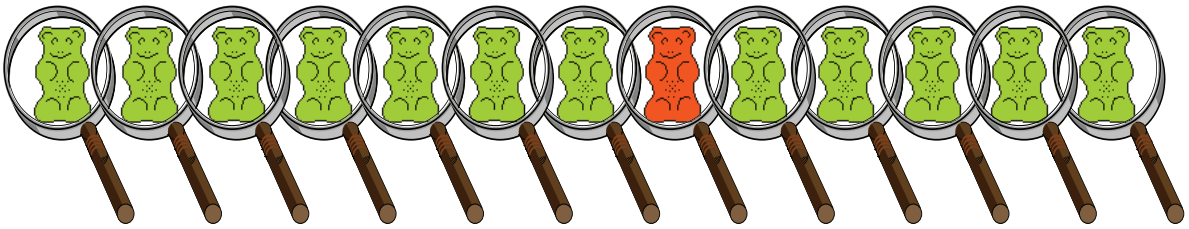
© Fraunhofer IPA

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

Fraunhofer IPA

REGELN ZUR BEWERTUNG VON SICHTPRÜFUNGEN

© Fraunhofer IPA

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	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)

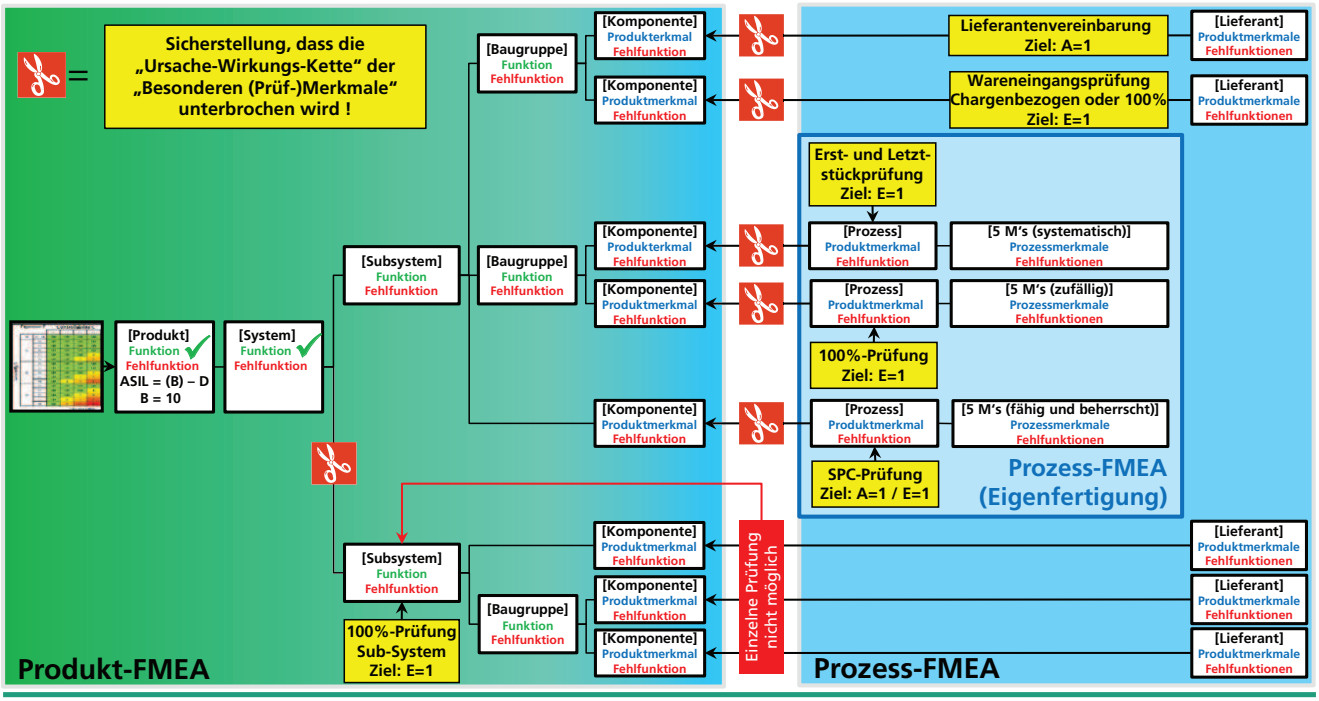
© Fraunhofer IPA

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

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



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

No risk – no fun



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA