BESONDERE MERKMALE - MODERN, NACHVOLLZIEHBAR, SYSTEMATISCH, DURCHGÄNGIG UND EFFEKTIV

8. Osnabrücker FMEA Forum, 05.-06.03.2013, Osnabrück

Dr.-Ing. Alexander Schloske

Senior Expert Quality Management

Leiter Stuttgarter Produktionsakademie

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

© Fraunhofer IPA

VORTRAGSINHALTE

- Definition, Bezeichnung und Zielsetzung von Besonderen Merkmalen
- Systematische Analyse und durchgängigen Betrachtung von Besonderen Merkmalen
- Weiterer Umgang mit Besonderen Merkmalen
- Prüfplanung und Prüfstrategien in Abhängigkeit vom Fehlerbild
- Denkmodell für eine wirtschaftliche Prüfstrategie

© Fraunhofer IPA

DEFINITION BESONDERER MERKMALE

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale
Definition nach TS 16949, VDA 4.3 und VDA 6.1

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

Alles klar

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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale

Irreführende Aussagen zu Besonderen Merkmalen ☹

- Jedes Produkt muss mindestens ein Besonderes Merkmale aufweisen
- Alle SPC-Merkmale sind Besondere Merkmale
- Alle Merkmale, die 100% geprüft werden sind Besondere Merkmale
- Alle Merkmale eines sicherheitsrelevanten Produktes oder Bauteils sind besondere Merkmale
- Alle Merkmale, die in der Konstruktions-FMEA mit A=1 bewertet wurden, brauchen nicht mehr als besondere Merkmale im Prozess betrachtet werden
- …

© Fraunhofer IPA

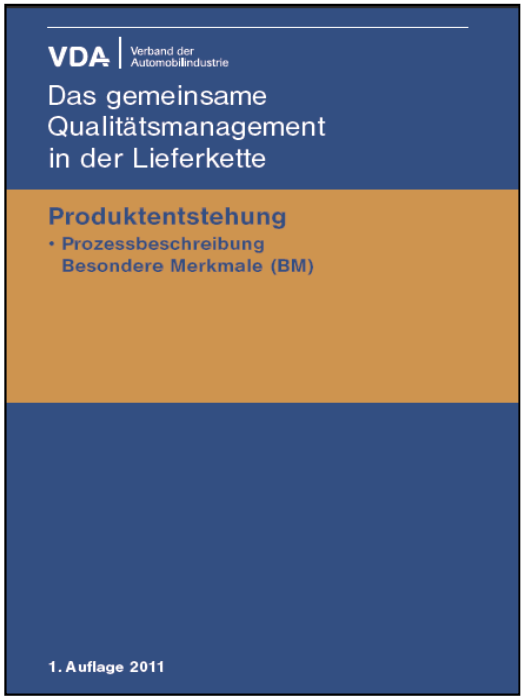
BEZEICHNUNG UND ZIELSETZUNG

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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)

© Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale

Zielsetzung der Besonderen Merkmale - Sorgfaltspflicht im Produktentstehungsprozess (PEP)

- Sicherstellung technisch relevanter Funktionalitäten durch Vermeidung von Produkten mit fehlerhaften Besonderen Merkmalen durch
  - Vermeidung von Fehlern im Betrieb durch Robustes Design (z.B. Überdimensionierung, Design of Experiments, Diagnose)
  - Vermeidung von Fehlern in Fertigung und/oder Montage (z.B. Poka-Yoke, fähige und beherrschte Prozesse)
  - Entdeckung von Fehlern in Fertigung und/oder Montage (z.B. 100%-Prüfung, SPC-Prüfung, Erst- und Letztstückprüfung)

- Voraussetzung
  - **Systematische Analyse** der Besonderen Merkmale
  - **Durchgängige Betrachtung** der Besonderen Merkmale

© Fraunhofer IPA

SYSTEMATISCHE ANALYSE UND DURCHGÄNGIGE BETRACHTUNG

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale

Systematische Analyse der Besonderen Merkmale mit Hilfe der FMEA nach VDA 4 Kapitel 3 (2006)

Die FMEA nach VDA 4 Kapitel 3 (2006) eignet sich hervorragend zur **systematischen Analyse** der Besonderen Merkmale:

- Konstruktions-FMEA
  - **Identifikation** der Besonderen Merkmale
  - **Funktionsgerechte Spezifikation** der Besonderen Merkmale
    Ziel: A=1, d.h. das Merkmal erfüllt unter den gegebenen Einsatzbedingungen die geforderte Funktion über die Lebensdauer

- Prozess-FMEA
  - **Spezifikationsgerechte Herstellung** der Besonderen Merkmale
    Ziel: A=1 und/oder E=1, d.h. das Merkmal wird mit großer Sicherheit mit der geforderten Spezifikation hergestellt bzw. Produkte, die der Spezifikation nicht entsprechen werden mit hoher Sicherheit entdeckt

© Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale

Durchgängige Betrachtung der Besonderen Merkmale mit Hilfe der FMEA nach VDA 4 Kapitel 3 (2006)

Die FMEA nach VDA 4 Kapitel 3 (2006) eignet sich hervorragend zur **durchgängigen Betrachtung** der Besonderen Merkmale:

- Funktions-Merkmals-Zusammenhänge (z.B. Funktionsnetze)
- Fehlerfolge-Fehlerart-Fehlerursachen-Zusammenhänge (z.B. Fehlernetze)

Moderne EDV-Tools bieten eine effektive und effiziente Unterstützung:

- FMEA-Systeme (z.B. IQ-FMEA der APIS Informationstechnologien GmbH)
- Integrierte CAQ-Systeme (z.B. BabtecCAQ R6, CAQ=QSYS der IBS AG)

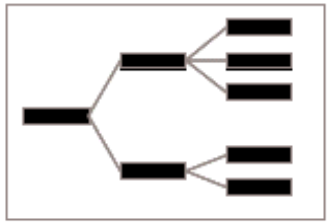
Eine FMEA-Erstellung mittels EXCEL bietet i.A. keine systematische und durchgängige Vorgehensweise für Besondere Merkmale

© Fraunhofer IPA

Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)
Vorgehensweise nach VDA 4 Kapitel 3 (2006)

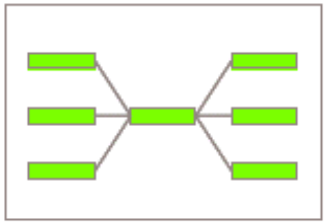
Systemanalyse | **Risikoanalyse und Maßnahmen**

1. Schritt
Strukturanalyse



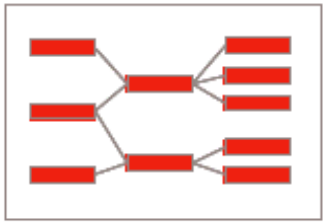
- Beteiligte Elemente erfassen u. strukturieren
- Systemstruktur erstellen

2. Schritt
Funktionsanalyse



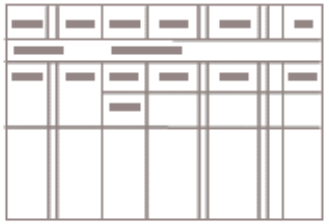
- Funktionen den Strukturelementen zuordnen
- Funktionen verknüpfen

3. Schritt
Fehleranalyse



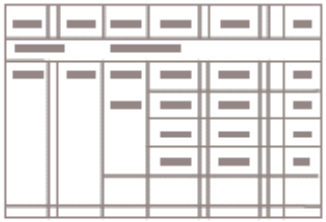
- Fehlfunktionen den Funktionen zuordnen
- Fehlfunktionen verknüpfen

4. Schritt
Maßnahmenanalyse



- Aktuelle Vermeidungs-/ Entdeckungs-maßnahmen dokumentieren
- Aktuellen Stand bewerten

5. Schritt
Optimierung



- Risiko mit weiteren Maßnahmen mindern
- Geänderten Stand bewerten

Quelle: VDA 4 Kapitel 3 (2006)

© Fraunhofer IPA

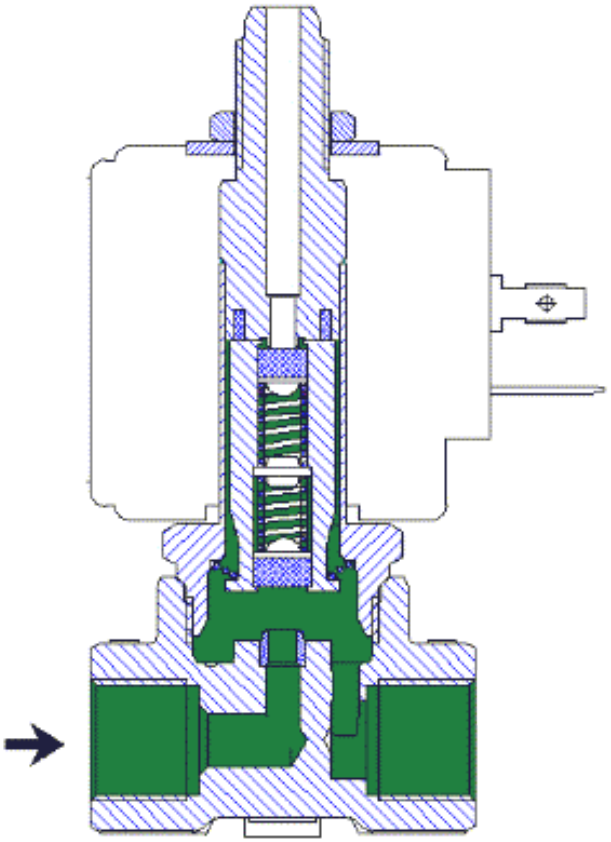
Fraunhofer IPA

BEISPIELSYSTEM MAGNETVENTIL

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispielsystem Magnetventil
Funktionsprinzip



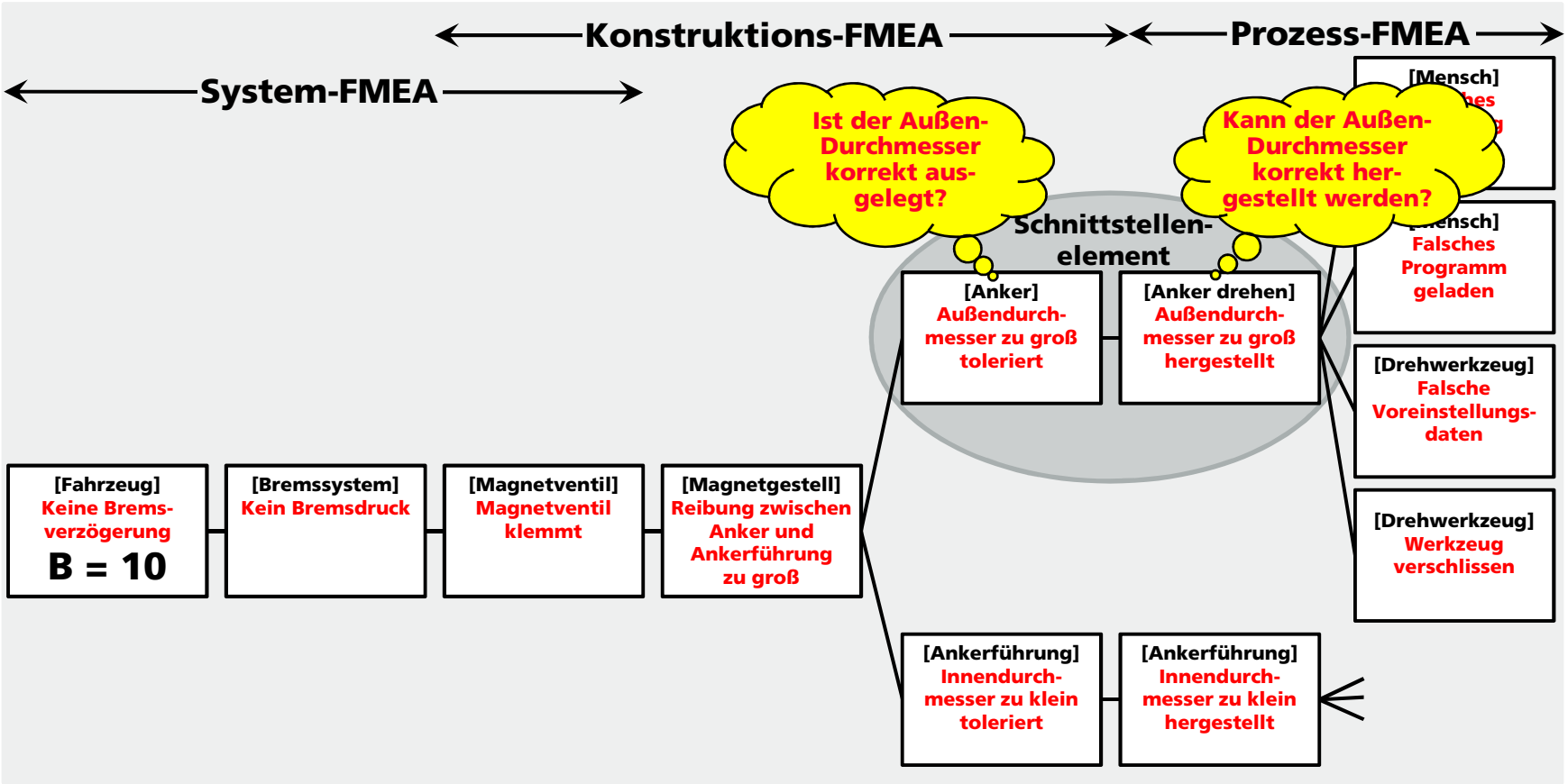
Bildquelle: http://www.magnetventile-shop.de

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA

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

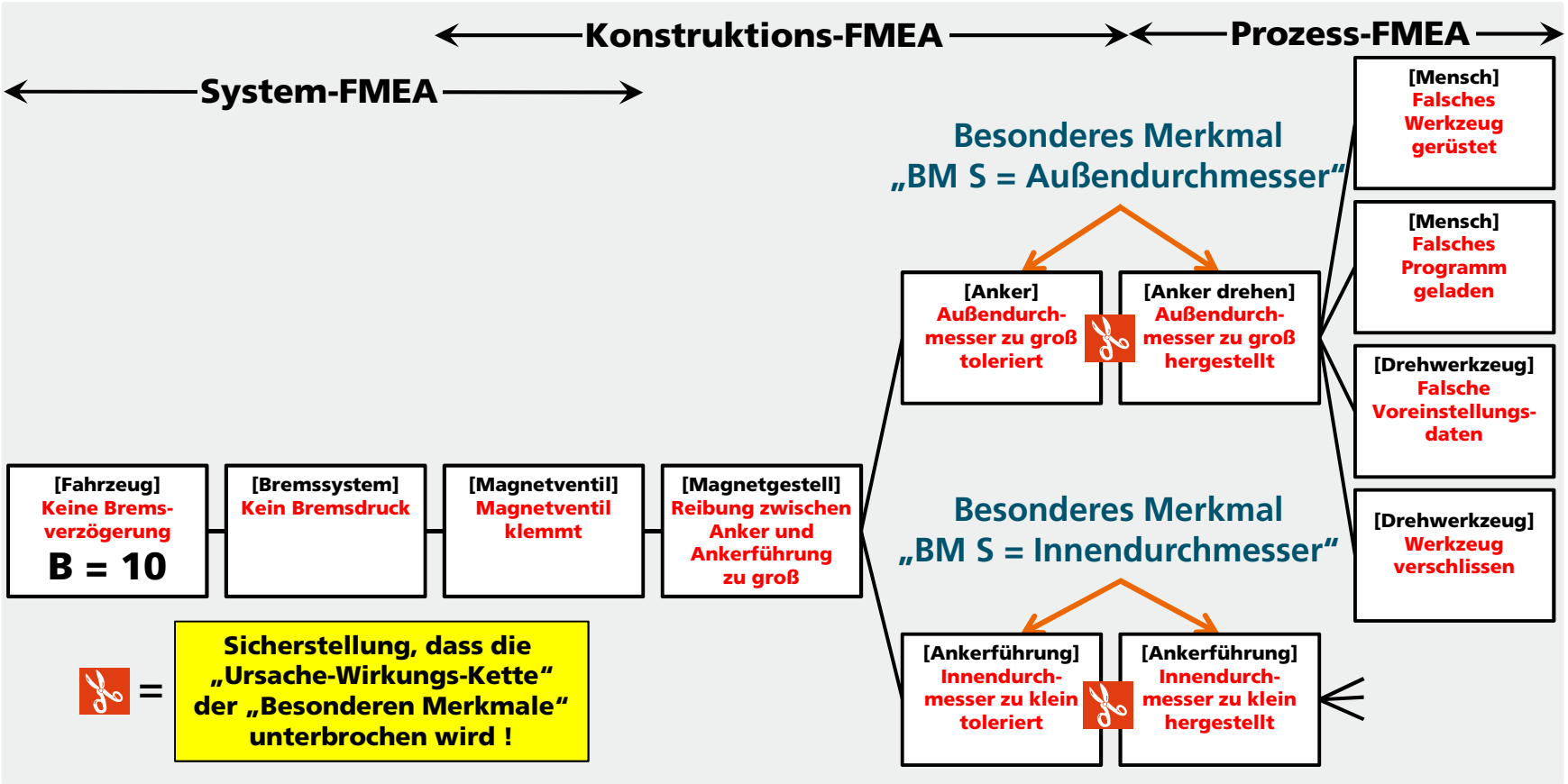


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA

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

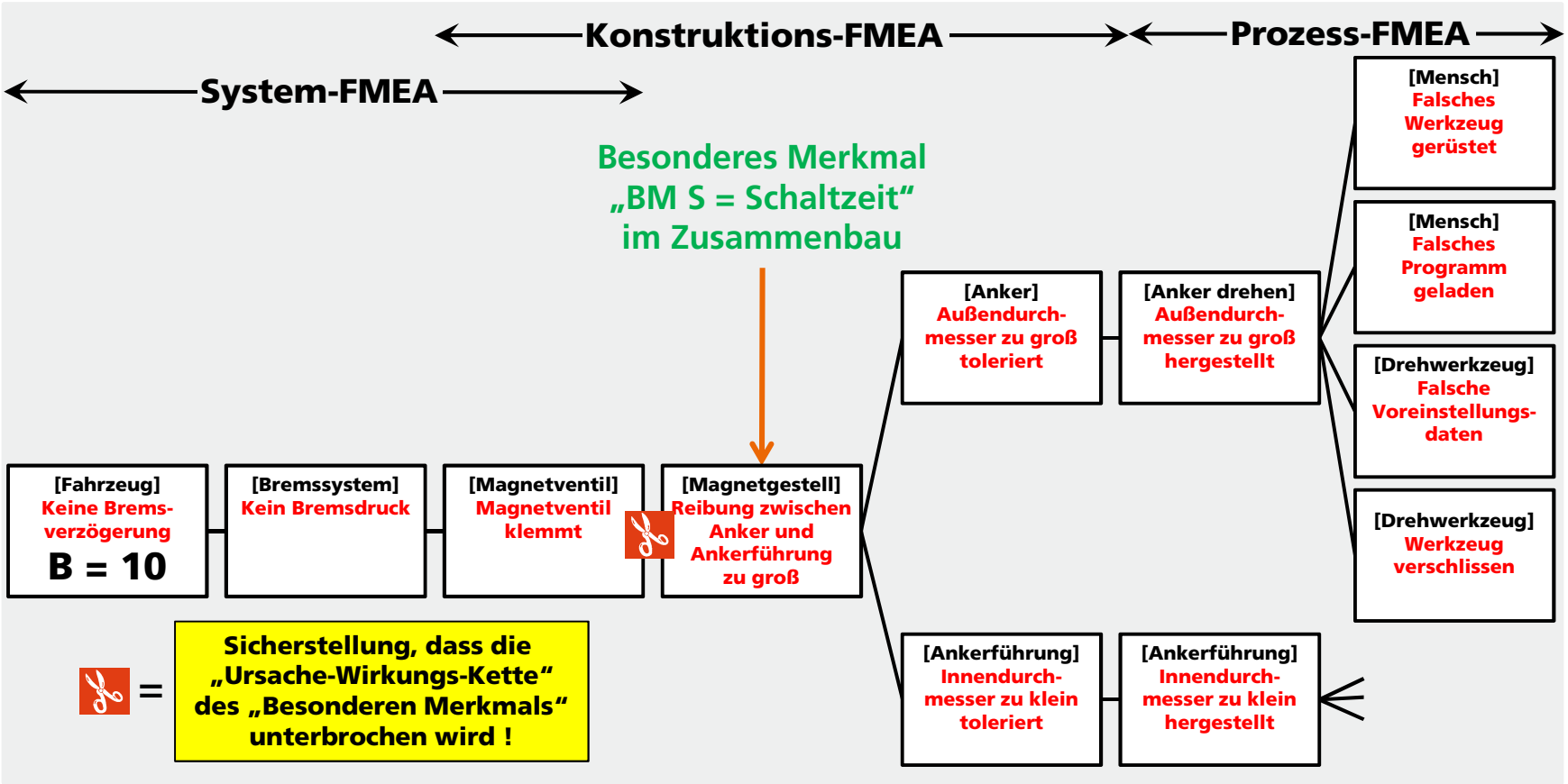


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA

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



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale

Systematische Analyse und Kennzeichnung Besonderer Merkmale über Funktionsnetz oder Fehlernetz

Funktionsnetz:

- Durchgängige Analyse von der System-/Konstruktions-FMEA über die Prozess-FMEA bis hin zum Produktionslenkungsplan und Prüfplan
- Kennzeichnung der Besonderen Merkmale auf Funktions-/Merkmalsebene
- keine explizite Verwendung der K-Spalte im FMEA-Formblatt

Fehlernetz:

- Durchgängige Analyse von der System-/Konstruktions-FMEA bis hin zur Prozess-FMEA (über Fehlfunktionen)
- Kennzeichnung der Besonderen Merkmale auf Fehlfunktionsebene in der K-Spalte im FMEA-Formblatt (… und nicht auf der Merkmalsebene)
- Übersetzung der Fehlfunktionen in Merkmale

© Fraunhofer IPA

DENKMODELL ZUR ANALYSE MECHTRONISCHER SYSTEME

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

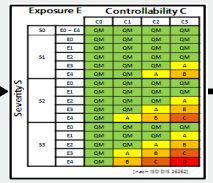
Denkmodell zur Analyse von Mechatronischen Systemen

Vorgehensweise zur Analyse und Absicherung funktional sicherer mechatronischer Systeme (E/E und Mechanik)

ELEKTR(ON)IK

Gefährdungs-analyse und Risiko-abschätzung

Risikograph



Elektrisches / Elektronisches System (E/E-System)

- Absicherung über ISO 26262 und System-FMEA
  -> Safety Requirement Specifications (SRS)
  -> Software-Algorithmen
- Absicherung von Verschleißteilen im Betrieb
  -> Safety Requirement Specifications (SRS)
  -> Software-Algorithmen

MECHANIK

B = 10 (BM S)

Mechanisches System

- Absicherung über Konstruktions-/Prozess-FMEA
  -> Besondere Merkmale
  -> Prüfplan (100%, Stichproben- und SPC-Prüfung)
- Identifikation von Verschleißteilen in der FMEA

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Analyse von Mechatronischen Systemen

Risikograph zur ASIL-Klassifizierung nach ISO 26262:2011 (warum nicht auch anwendbar für Besondere Merkmale?)

Exposure E Controllability C

Severity S

		C0	C1	C2	C3
S0	E0 – E4	QM	QM	QM	QM
S1	E0	QM	QM	QM	QM
	E1	QM	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	QM	A
	E4	QM	QM	A	B
S2	E0	QM	QM	QM	QM
	E1	QM	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM	A
	E3	QM	QM	A	B
	E4	QM	A	B	C
S3	E0	QM	QM	QM	QM
	E1	QM	QM	QM	A
	E2	QM	QM	A	B
	E3	QM	A	B	C
	E4	QM	B	C	D

[nach ISO 26262]

Schwere (Severity)

S0: **keine** Verletzungsgefahr

S1: **geringe** und **mäßige** Verletzungen

S2: **ernste** und **möglicherweise tödliche** Verletzungen

S3: **schwere** und **wahrscheinlich tödliche** Verletzungen

Häufigkeit des Ausgesetztseins (Exposure)

E1: **selten:** Situation tritt für die meisten Fahrer seltener als einmal pro Jahr auf

E2: **gelegentlich:** Situation tritt für die meisten Fahrer wenige Male pro Jahr auf

E3: **ziemlich oft:** Situation tritt für Durchschnittsfahrer einmal im Monat oder öfter auf

E4: **oft:** Situation die bei nahezu jeder Fahrt auftritt

Beherrschbarkeit (Controllability)

C1: **einfach beherrschbar:** mehr als 99% der Fahrer oder der anderen Verkehrsteilnehmer können den Schaden üblicherweise abwenden

C2: **durchschnittlich beherrschbar**: mehr als 90% der Fahrer oder der anderen Verkehrsteilnehmer können den Schaden üblicherweise abwenden

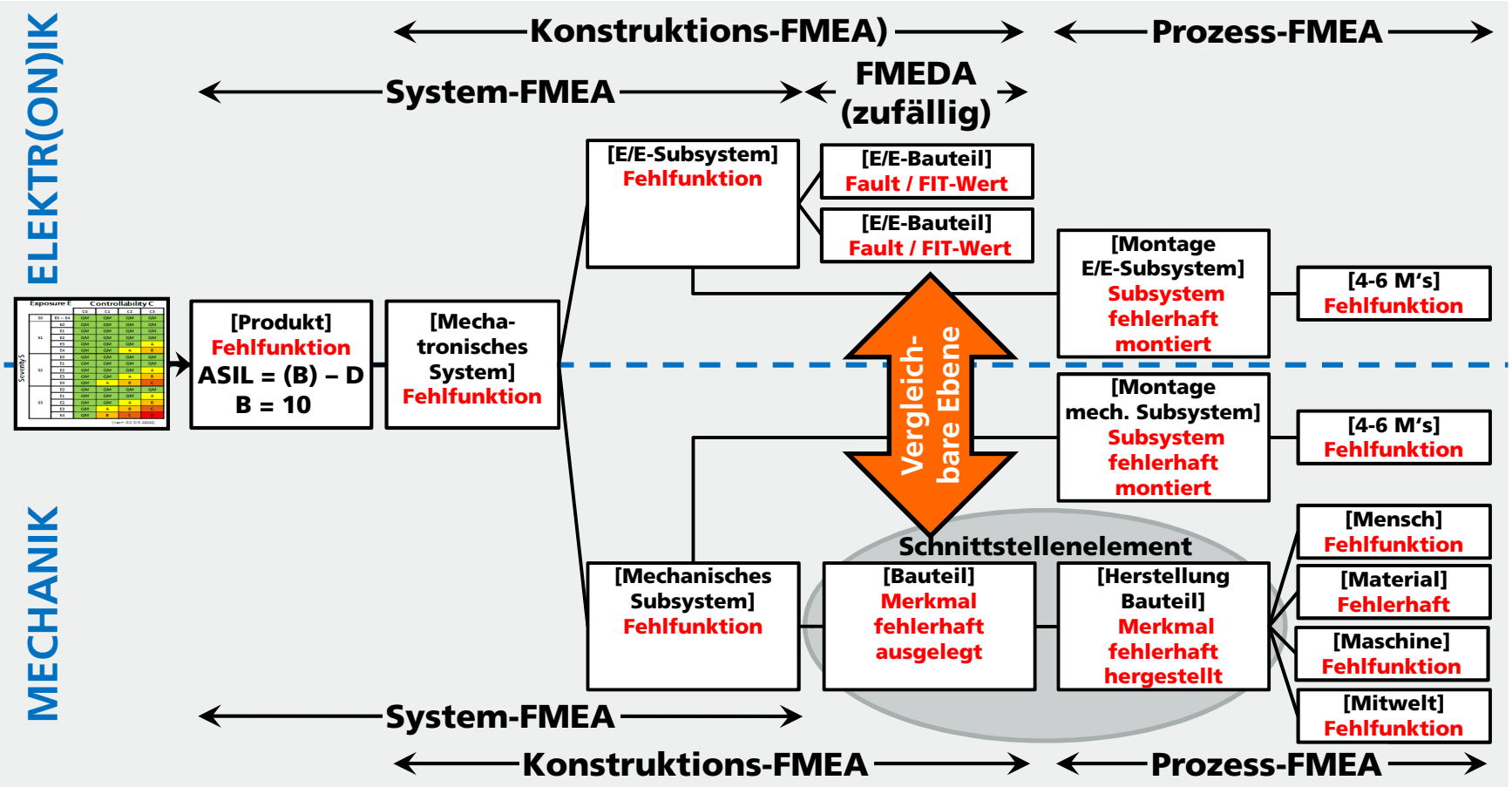
C3: **schwierig oder gar nicht beherrschbar**: weniger als 90% der Fahrer oder der anderen Verkehrsteilnehmer können den Schaden üblicherweise abwenden

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Denkmodell zur Analyse von Mechatronischen Systemen

Einordnung der verschiedenen FME(D)A-Arten und deren Zusammenhang über Risikograph und Fehlernetz



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

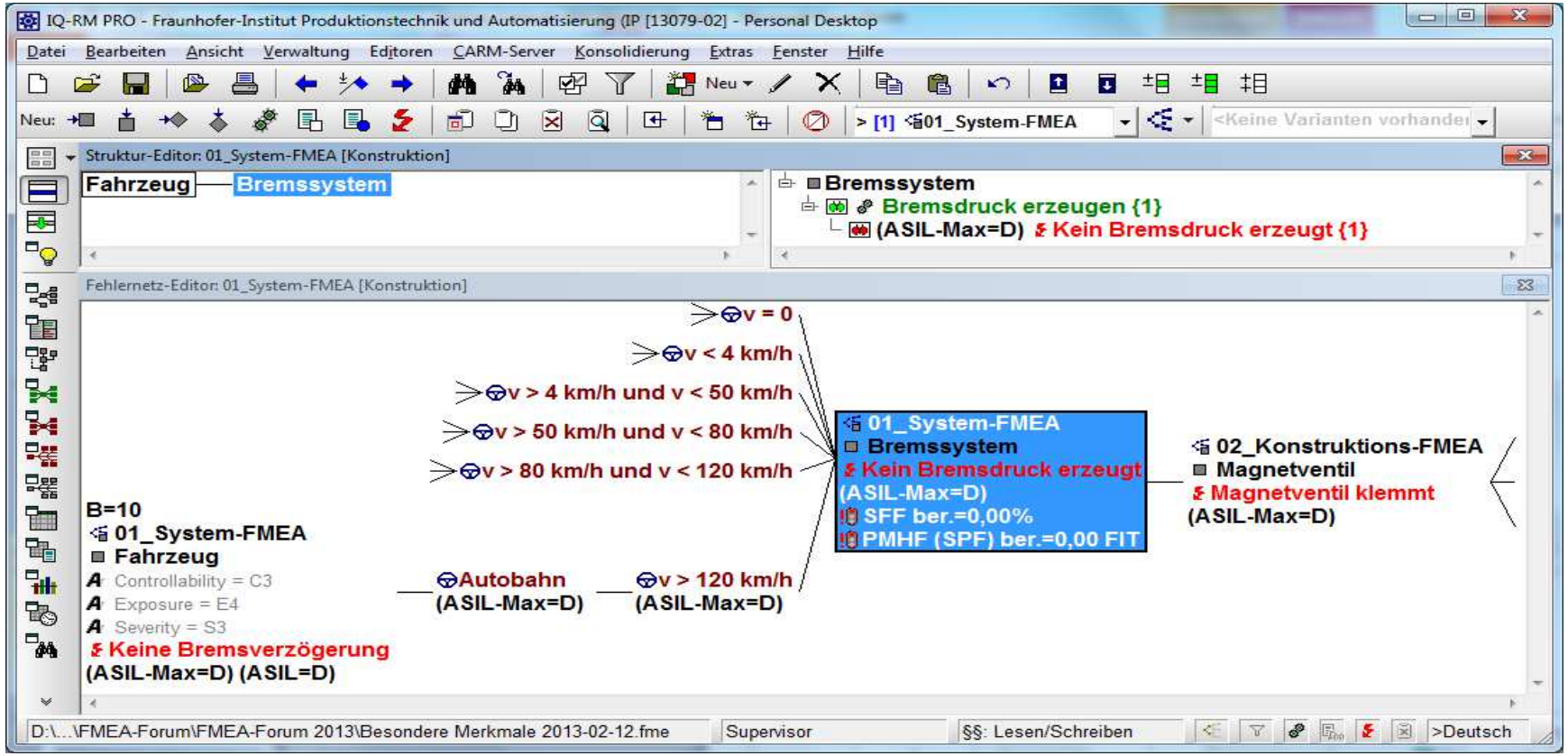
BEISPIELHAFTE ABBILDUNG IN DER IQ-FMEA DER APIS GMBH

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung

Gefährdungsanalyse in der System-FMEA mittels Betriebszuständen und benutzerdefinierten Attributen

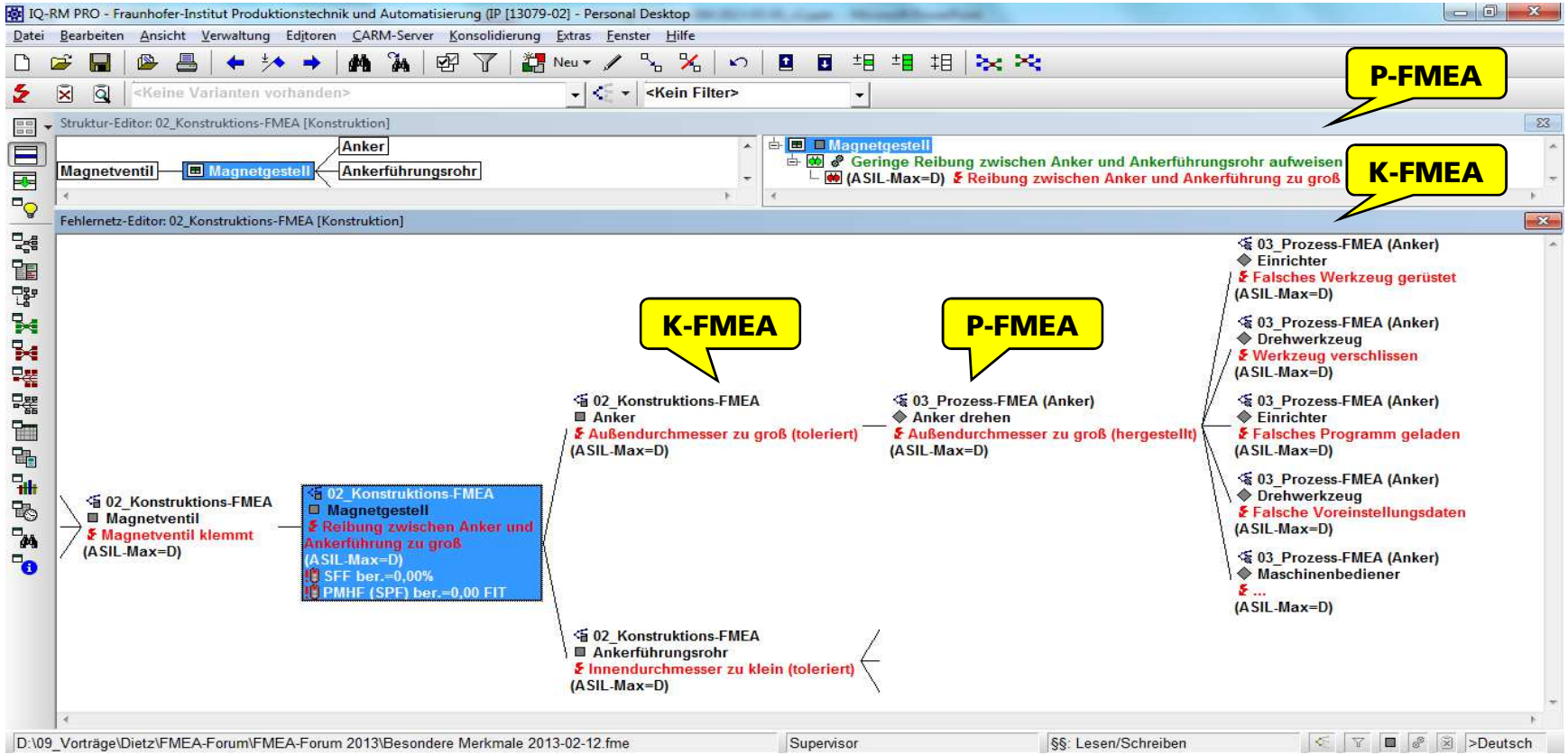


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA

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

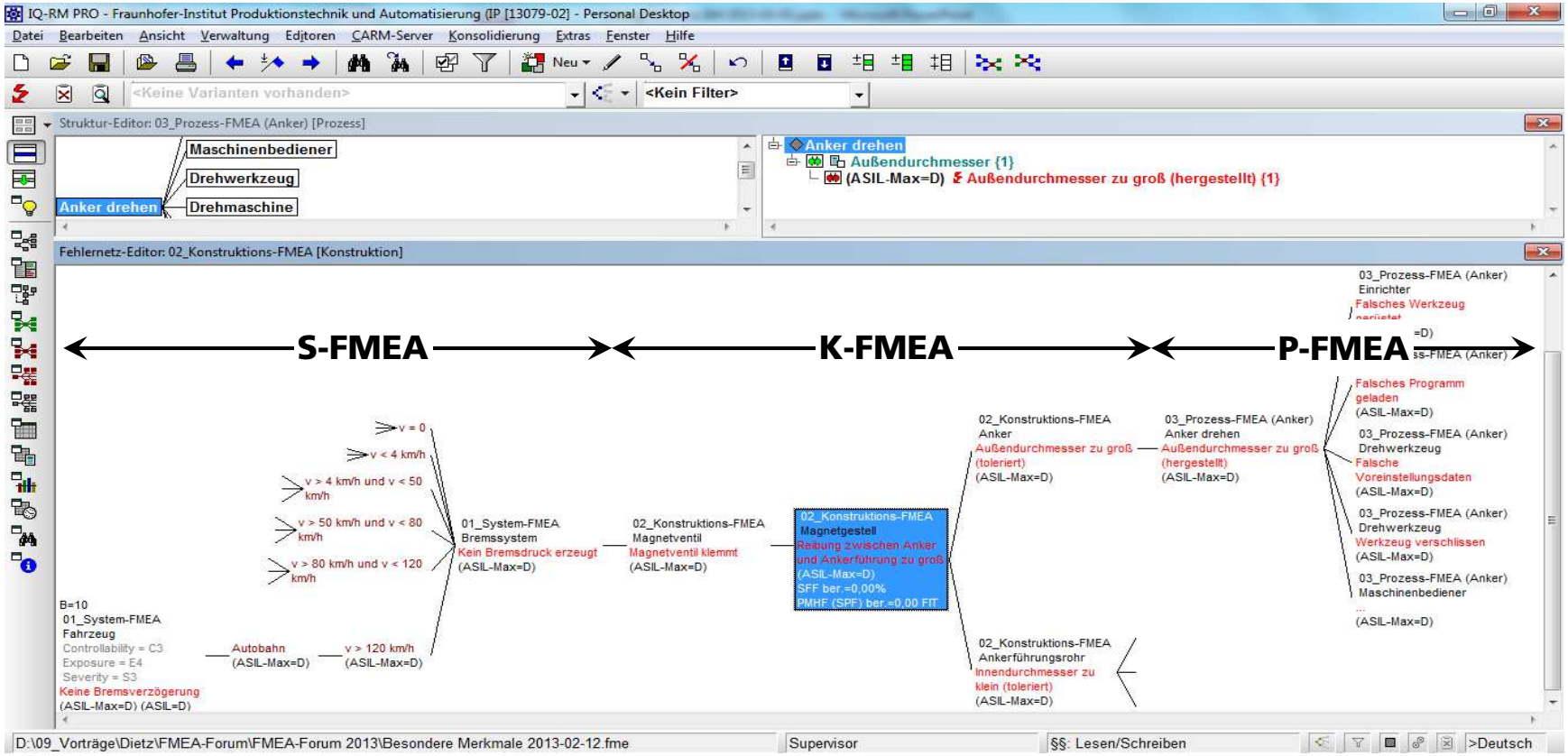


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA

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

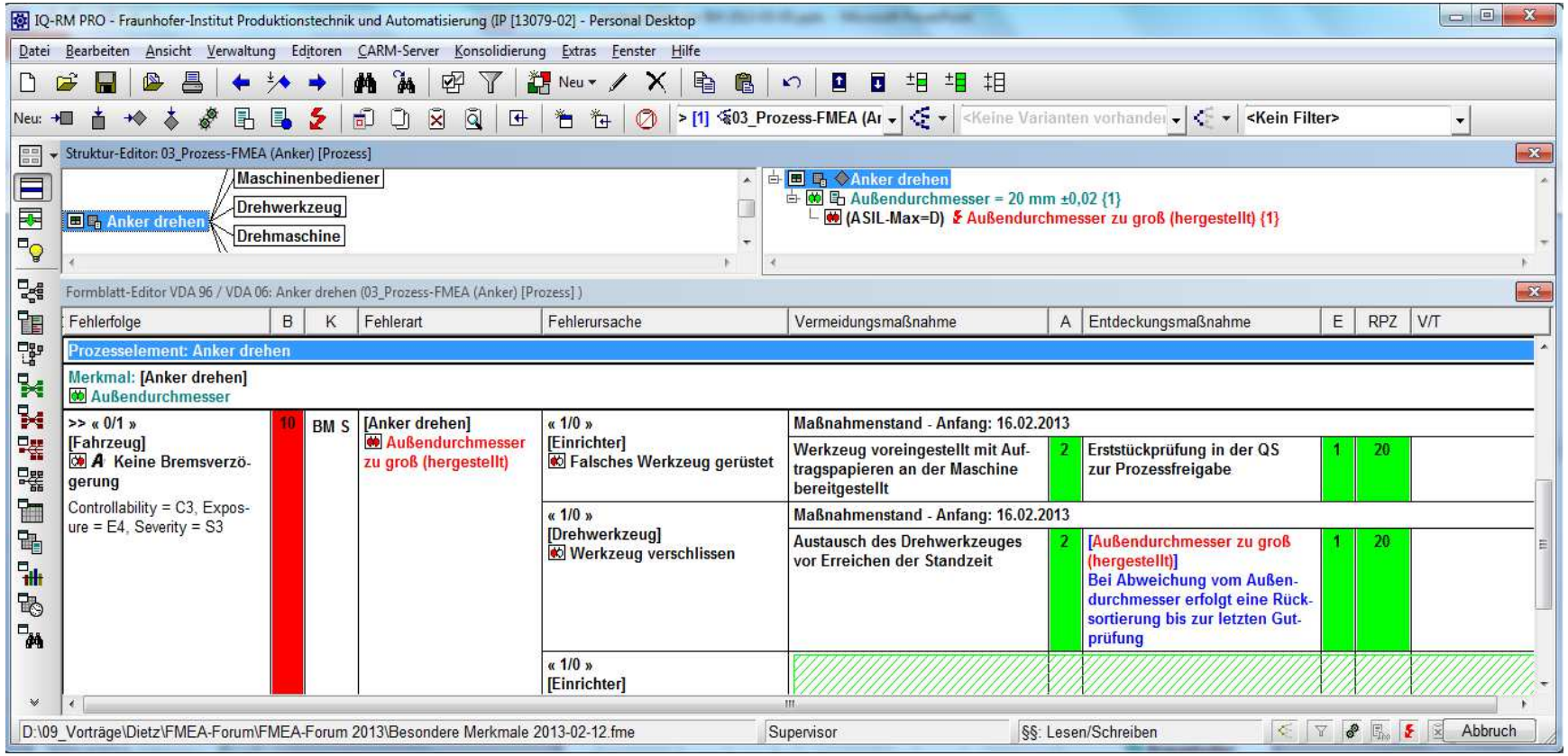


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Produkt-FMEA und Prozess-FMEA

Darstellung der Besonderen Merkmale in der Prozess-FMEA

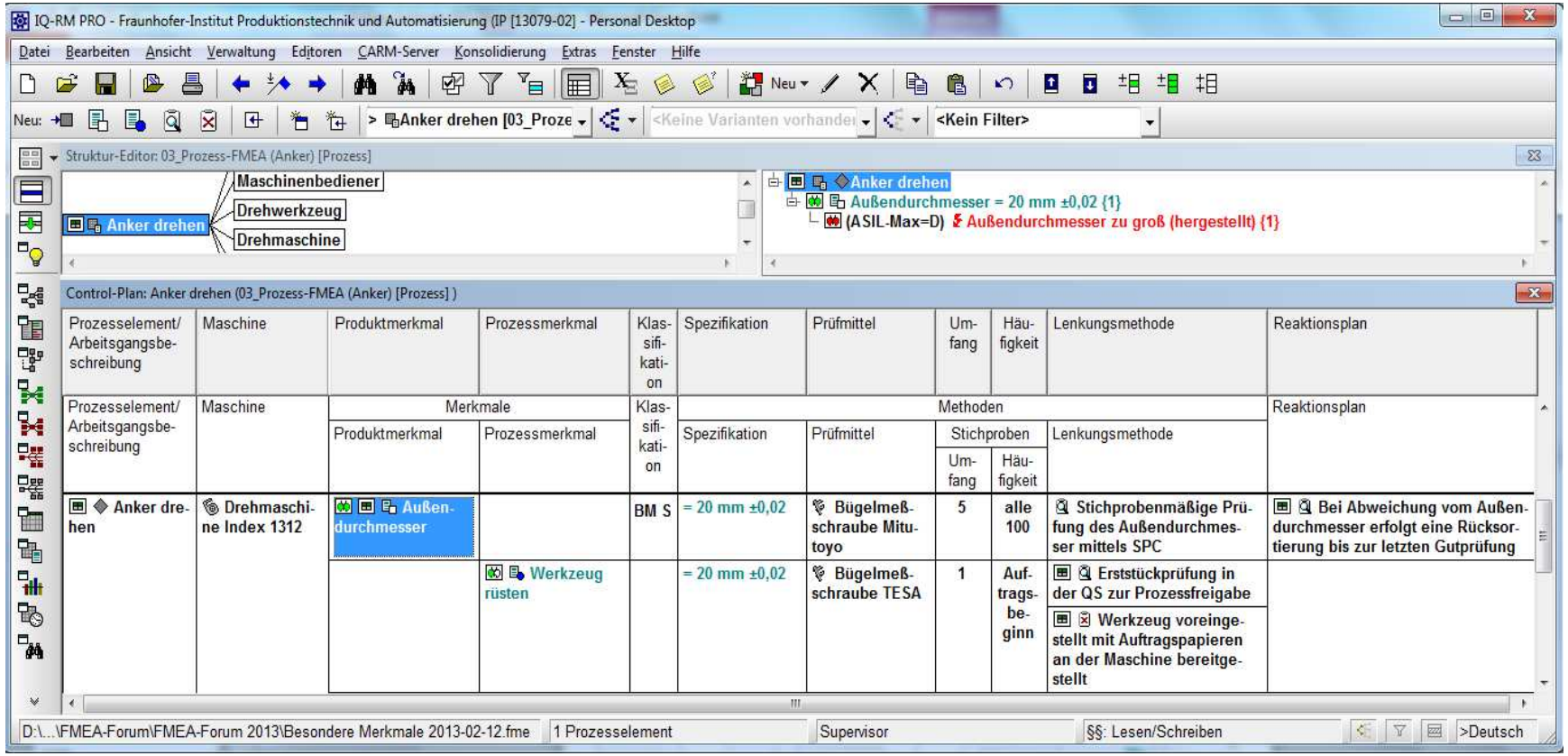


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Koppelung von Prozess-FMEA und Control-Plan

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



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

WEITERER UMGANG MIT BESONDEREN MERKMALEN

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale
Weiterer Umgang mit Besonderen Merkmalen

Entwicklung:

- Dokumentation in der Zeichnung, z.B.

- Schnittstellenfunktionen über Merkmale in Zusammenbauzeichnungen

Produktions- und Prüfplanung:

- Maschinen-, Prozess- und Prüfmittelfähigkeitsanalyse
- Aufnahme in Produktionslenkungsplan und Prüfplan

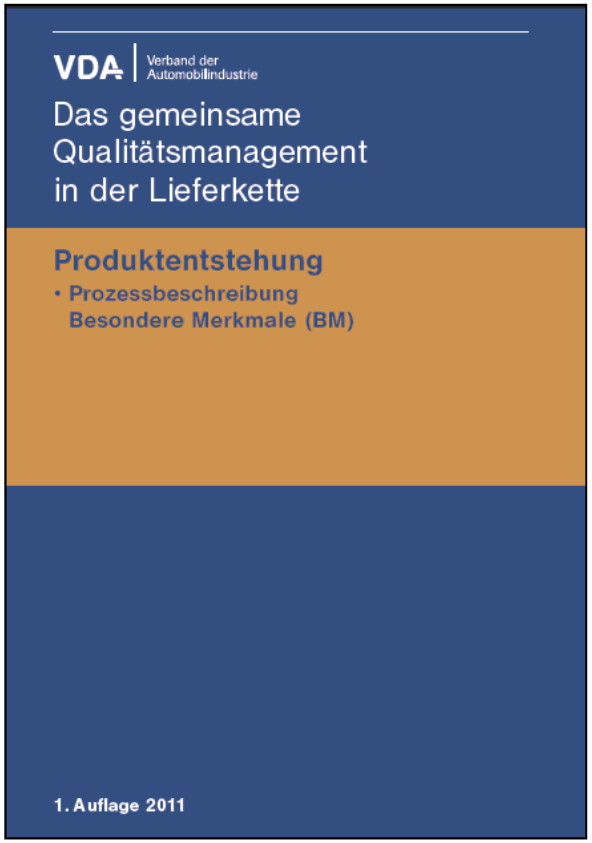
Produktion:

- Dokumentation, Aufbewahrung und Rückverfolgbarkeit der Ergebnisse (Vorgabedokumente und Qualitätsaufzeichnungen für BM S/Z = 15 Jahre)
- Kritische Betrachtung bei Sonderfreigaben

© Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale

Prüfstrategien für Besondere Merkmale in der Produktion



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

- Nachweis (Dokumentation) der Prozessfähigkeit und Prozessbeherrschung

  oder

- 100% (dokumentierte) Prüfung

Quelle VDA-QMC (05/2011)

© 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

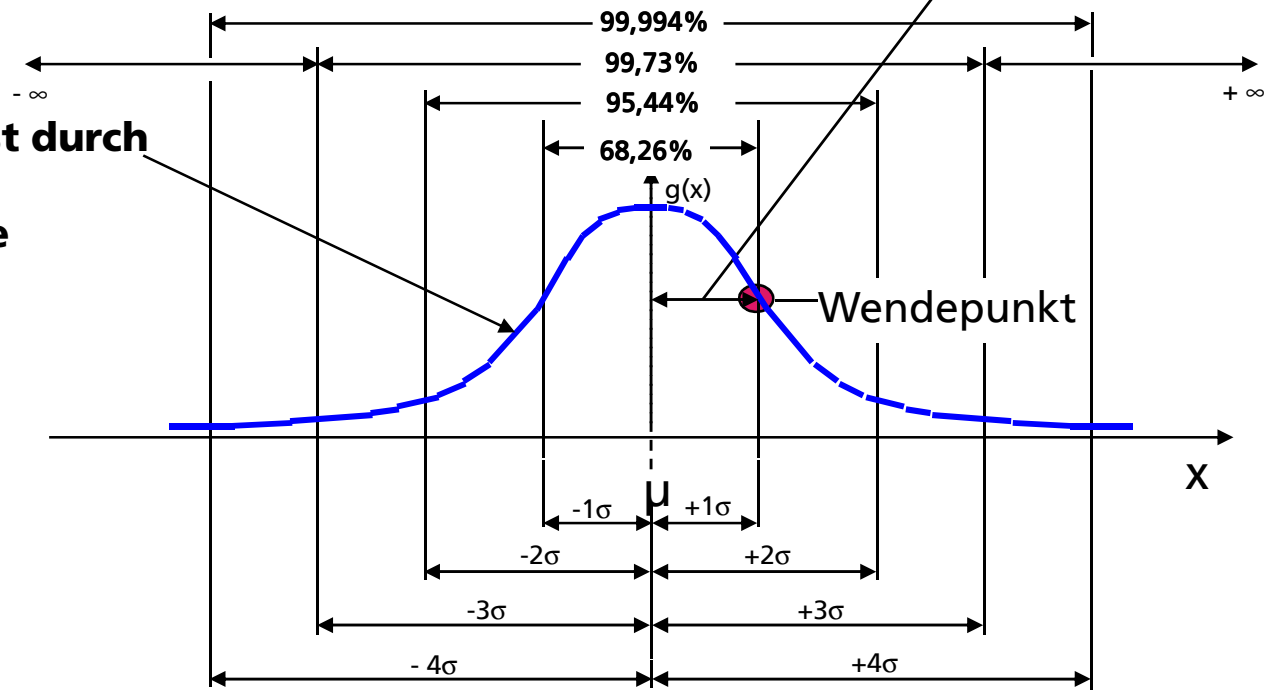
Mittelwert

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

Standardabweichung

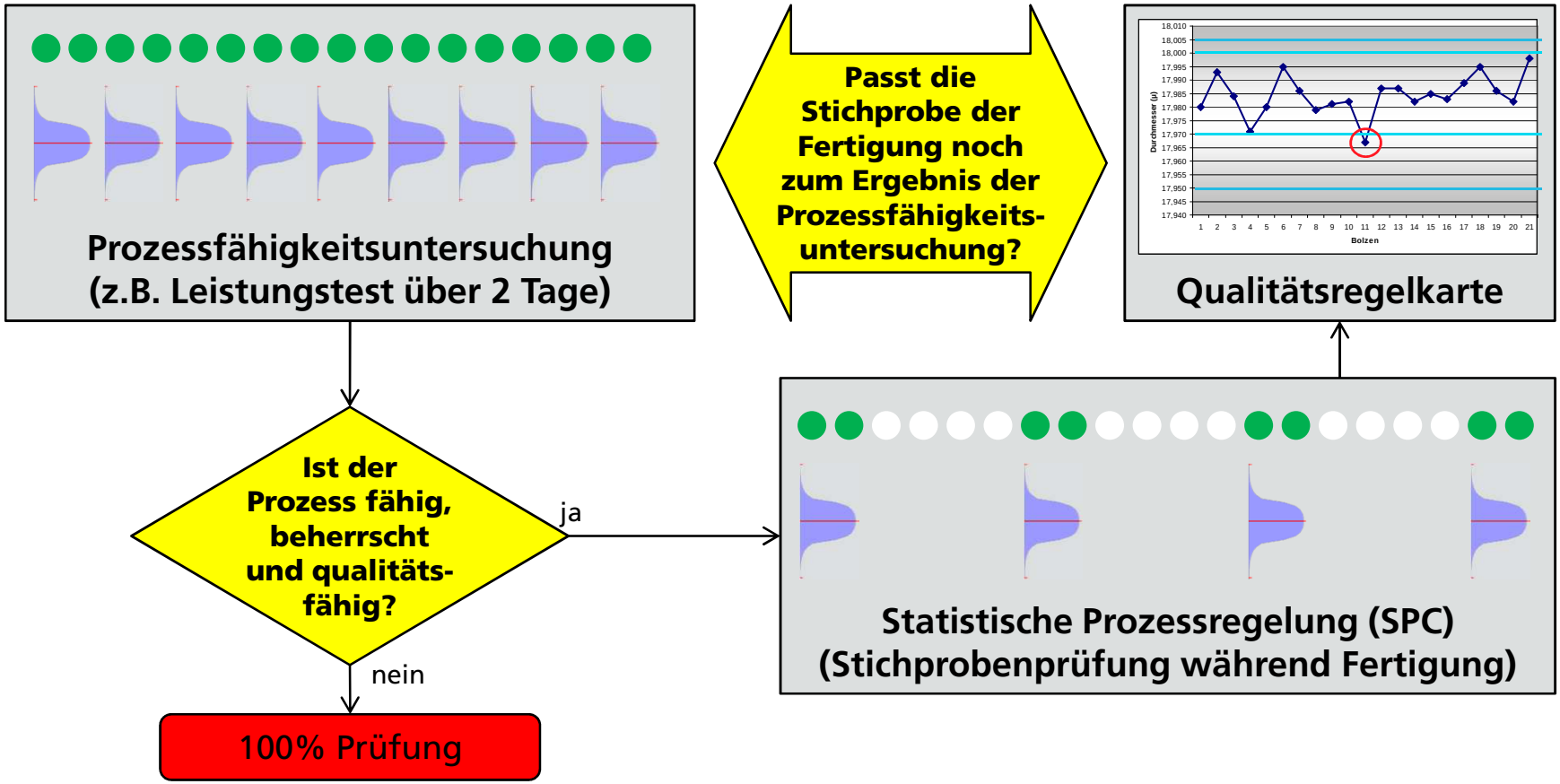
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\mu)^2}$$

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



© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

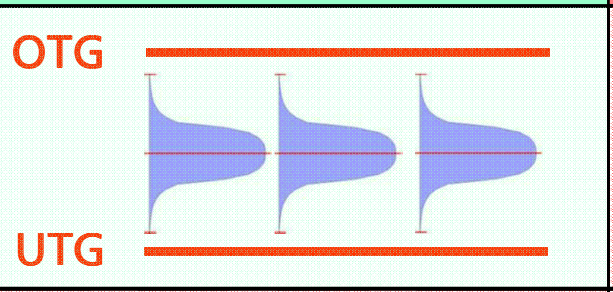
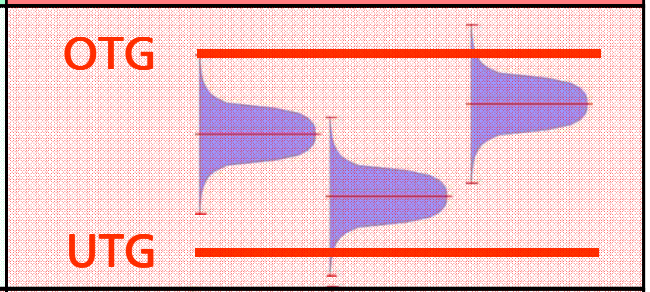
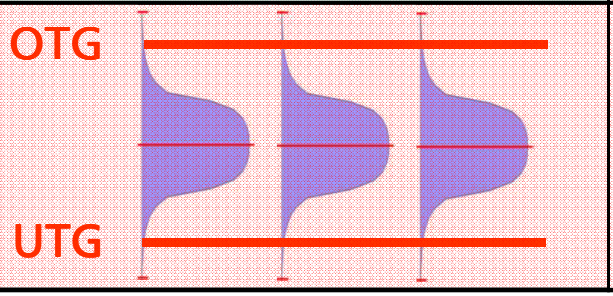
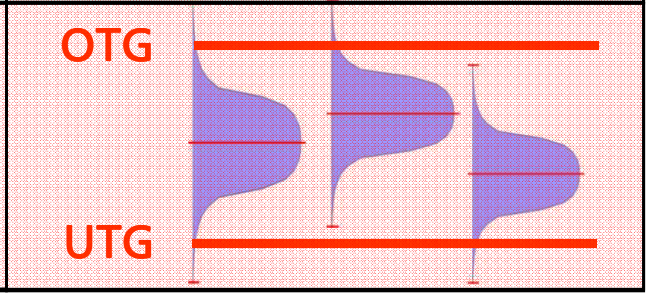
Prüfstrategien in der Produktion
Statistische Prozessregelung (SPC)



© 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 <u>kann</u>, die die Qualitäts-anforderungen erfüllen, d.h. der Prozess praktisch nahezu keinen Ausschuss bzw. Nacharbeit liefert.	fähig		
	nicht fähig		

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

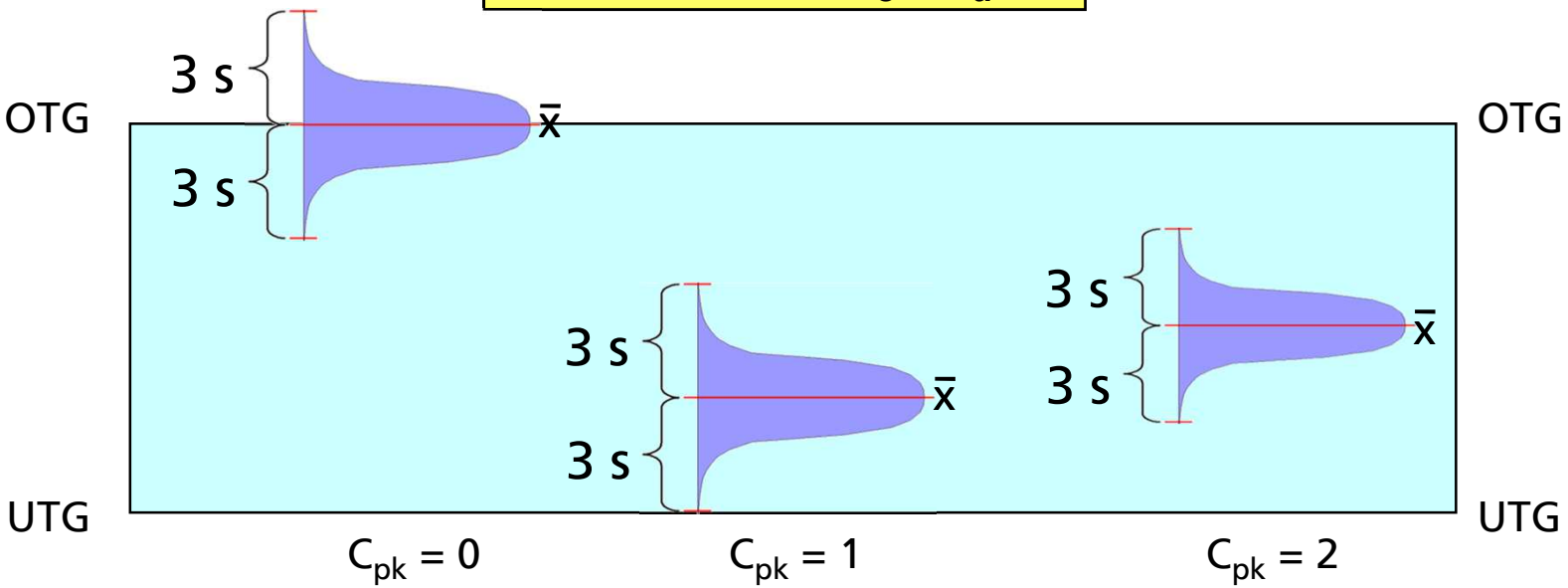
Prüfstrategien in der Produktion

Qualitätsfähigkeitskennwert c_{pk}

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

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

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

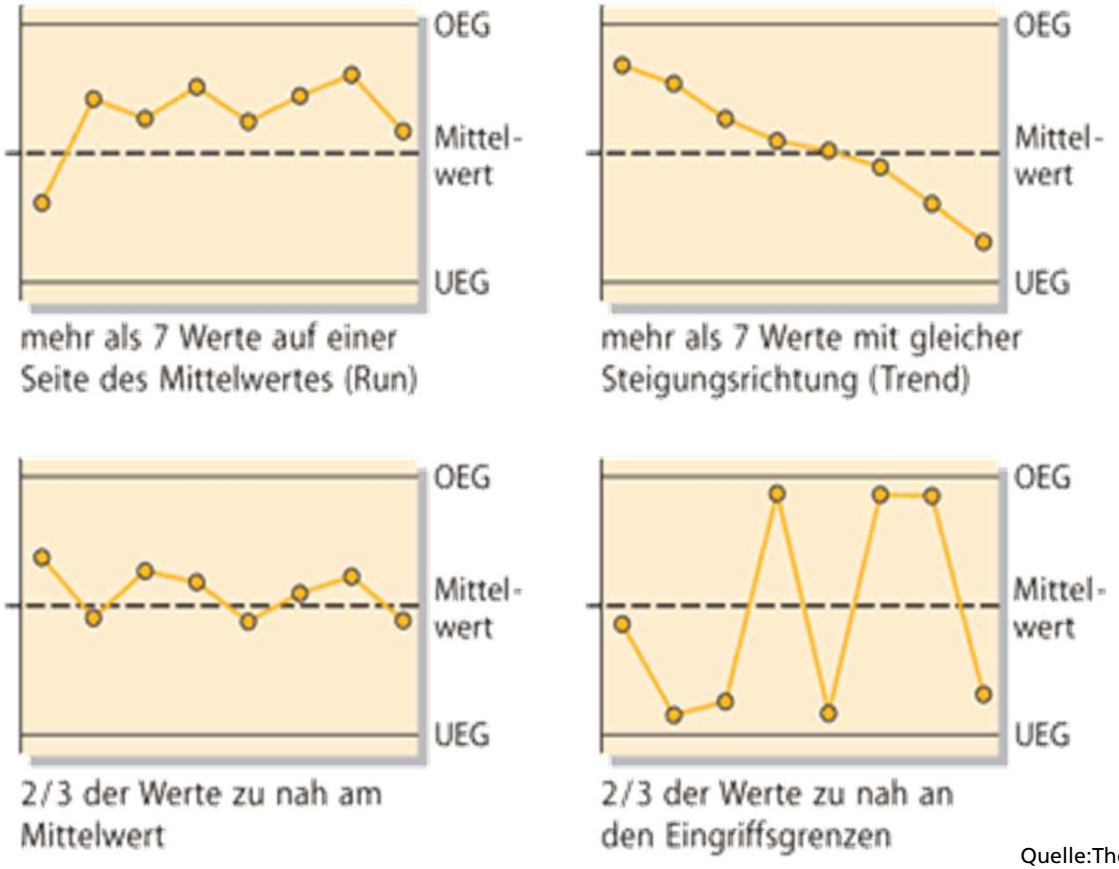


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion

Passt die Stichprobe noch zur Prozessfähigkeitsuntersuchung? – Ermittlung über Regelkarte (Interpretation)

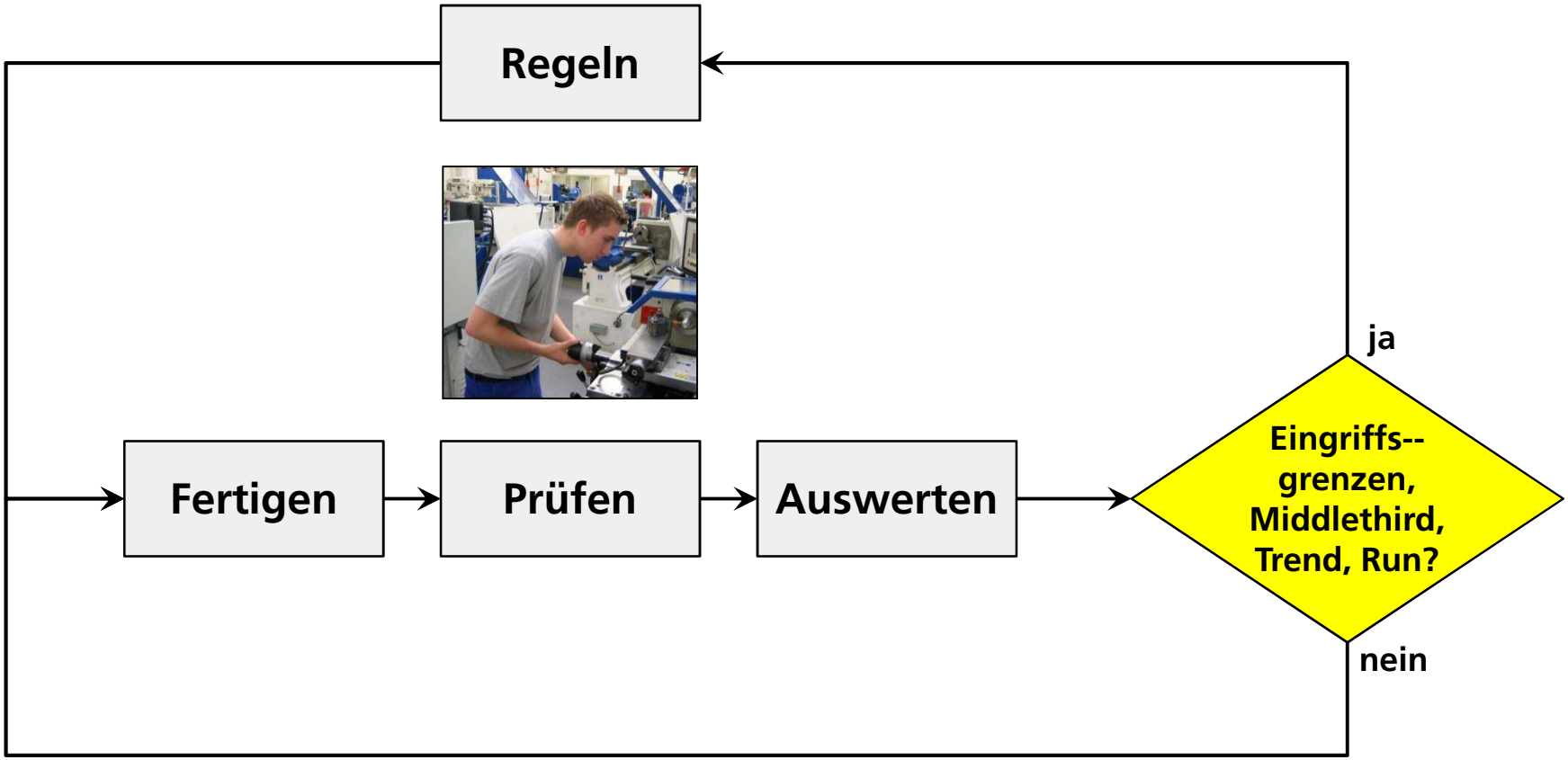


Quelle:Theden/Colsman Pocket Power

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
SPC – Regelkreis (Werkerselbstprüfung)



© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
Wann eignet sich die SPC Anwendung?

Folgende Voraussetzungen müssen für die Anwendung der Statistischen Prozessregelung (SPC) gegeben sein:

- Prozess ist fähig
- Prozess ist beherrscht
- Prozess ist qualitätsfähig
- Prozess ist regelbar
- Messmittel sind fähig
- Mitarbeiter sind geschult und motiviert
- Erforderliche Losgrößen sind gegeben

© Fraunhofer IPA

EINE KLEINE BILDERGESCHICHTE ZUR (SPC)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Auf dem Weg zu SPC

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

An die Leitplanke darf ich nicht kommen ...

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

... da gibt‘s Nacharbeit !

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Und was passiert da drüben … ?

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Heeeee, was macht die da während der Fahrt ?

250 m, 300 m, 450 m, 500 m

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Also immer schön nachregeln, bevor es kritisch wird !

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

SPC im Vergleich

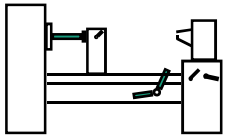
Goldwing

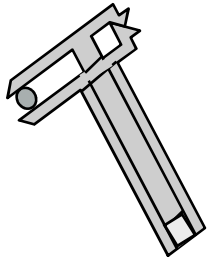
Fertigen mehrere Teile

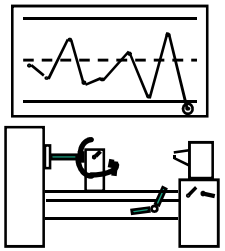
Prüfen einer Stichprobe

Regeln (falls notwendig)

Welle drehen







© 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

Bewertung der Entdeckungswahrscheinlichkeit
Systematische und zufällige Fehler in der Produktion

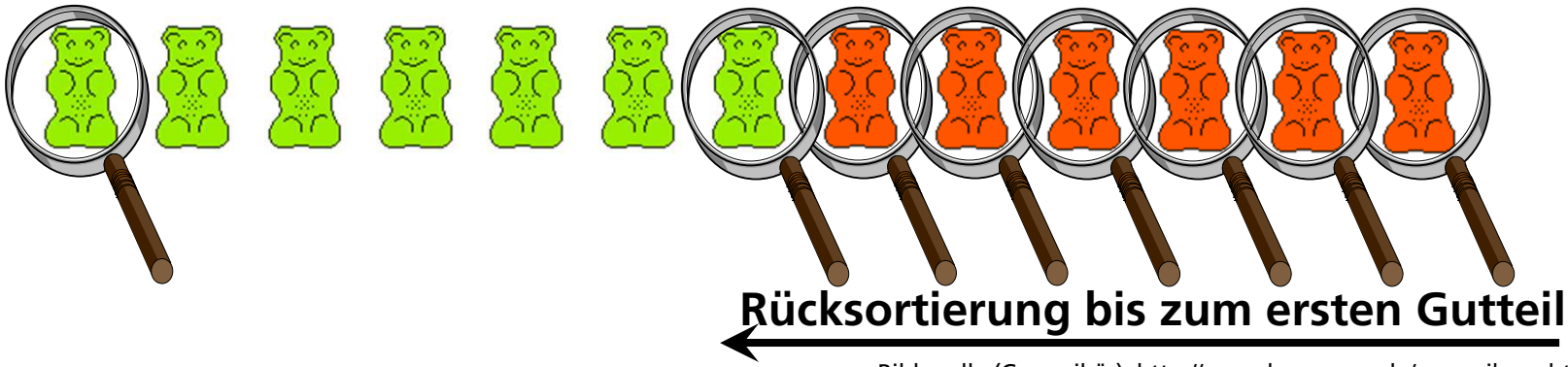
Die Entdeckungswahrscheinlichkeit beschreibt die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der Fehlerursache, der Fehlerart oder der Fehlerfolge innerhalb des Verantwortungsbereiches des produzierenden Unternehmens noch bevor dadurch Schäden verursacht werden können. Dabei reicht es nicht aus, den Fehler nur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

- Fehlerursache
  - systematisch
  - zufällig
- Prüfart
  - Erst- und/oder Letztstückprüfung
  - Stichprobenprüfung
  - 100%-Prüfung
- Prüfgüte / Prüfprozess
  - fähig / nicht fähig
- Reaktionsmöglichkeiten
  - Rücksortierung
  - Sperrung

© Fraunhofer IPA

Beispiele für Prüfverfahren
Systematischer Fehler

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



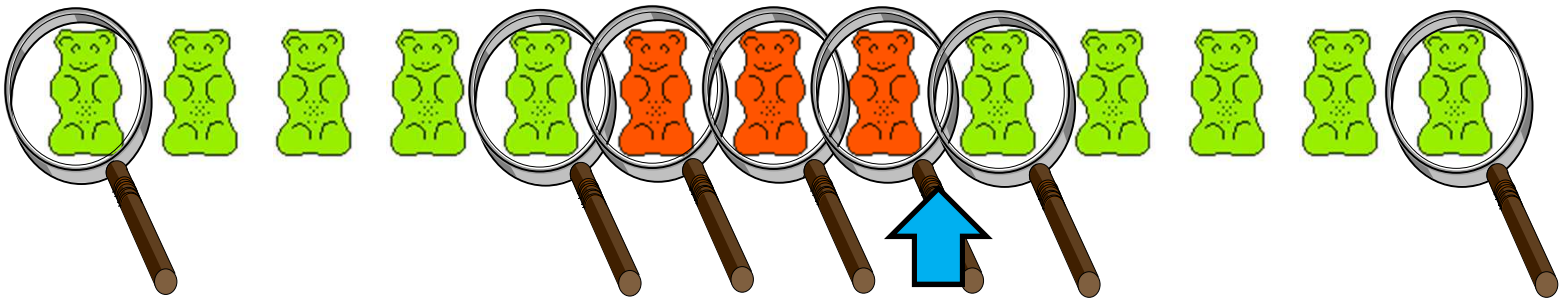
Bildquelle (Gummibär): http://www.hausmaus.de/gummibaer.html

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele zur Risikobewertung in der Prozess-FMEA
Systematischer Fehler (z.B. unzureichende Schweißung aufgrund von Elektrodenverschleiß)

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



Elektrodenwechsel

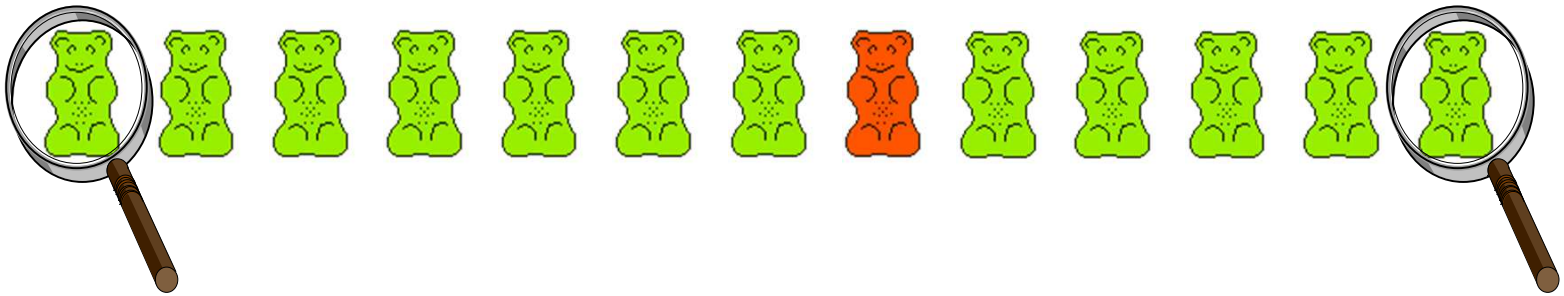
Bildquelle (Gummibär): http://www.hausmaus.de/gummibaer.html

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele für Prüfverfahren
Zufälliger Fehler

- Prüfart:
  - Erst- und Letztstückprüfung
  - Keine Rücksortierung
  - Hohe Prüfgüte



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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele für Prüfverfahren
Zufälliger Fehler

- Prüfart:
  - Stichprobenprüfung
  - Keine Rücksortierung
  - Hohe Prüfgüte

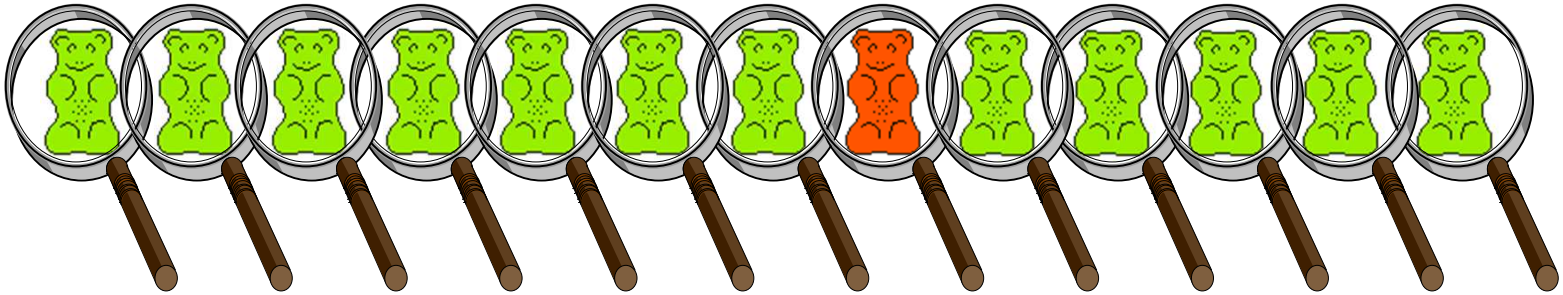
Bildquelle (Gummibär): http://www.hausmaus.de/gummibaer.html

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele für Prüfverfahren
Zufälliger Fehler

- Prüfart:
  - 100%-Prüfung
  - Aussonderung
  - Hohe Prüfgüte



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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
Zusammenfassende Darstellung der geeignetsten Entdeckungsmaßnahmen

- Systematische Fehler beim Rüsten
  - Erststückprüfung zur Prozessfreigabe

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

- Zufällige Fehler in der Produktion
  - 100% Prüfung

© Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion

Prüfstrategien für Besondere Merkmale in der Produktion

Bei „Besonderen Merkmalen“ müssen folgende Punkte erfüllt sein:

- Nachweis (Dokumentation) der Prozessfähigkeit und Prozessbeherrschung
  - Beurteilung der Prozessbeherrschung (z.B. 2 Tages-Produktion)
  - Analyse der Prozessfähigkeit (z.B. $c_p \geq 2{,}0$ und $c_{pk} \geq 1{,}66$)
  - 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
    (einzelne Komponenten und/oder Baugruppen)

© Fraunhofer IPA

DENKMODELL

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Denkmodell

Definition besonderer Merkmale unter der Zielsetzung „Null-Fehler“ und wirtschaftlicher Gesichtspunkte

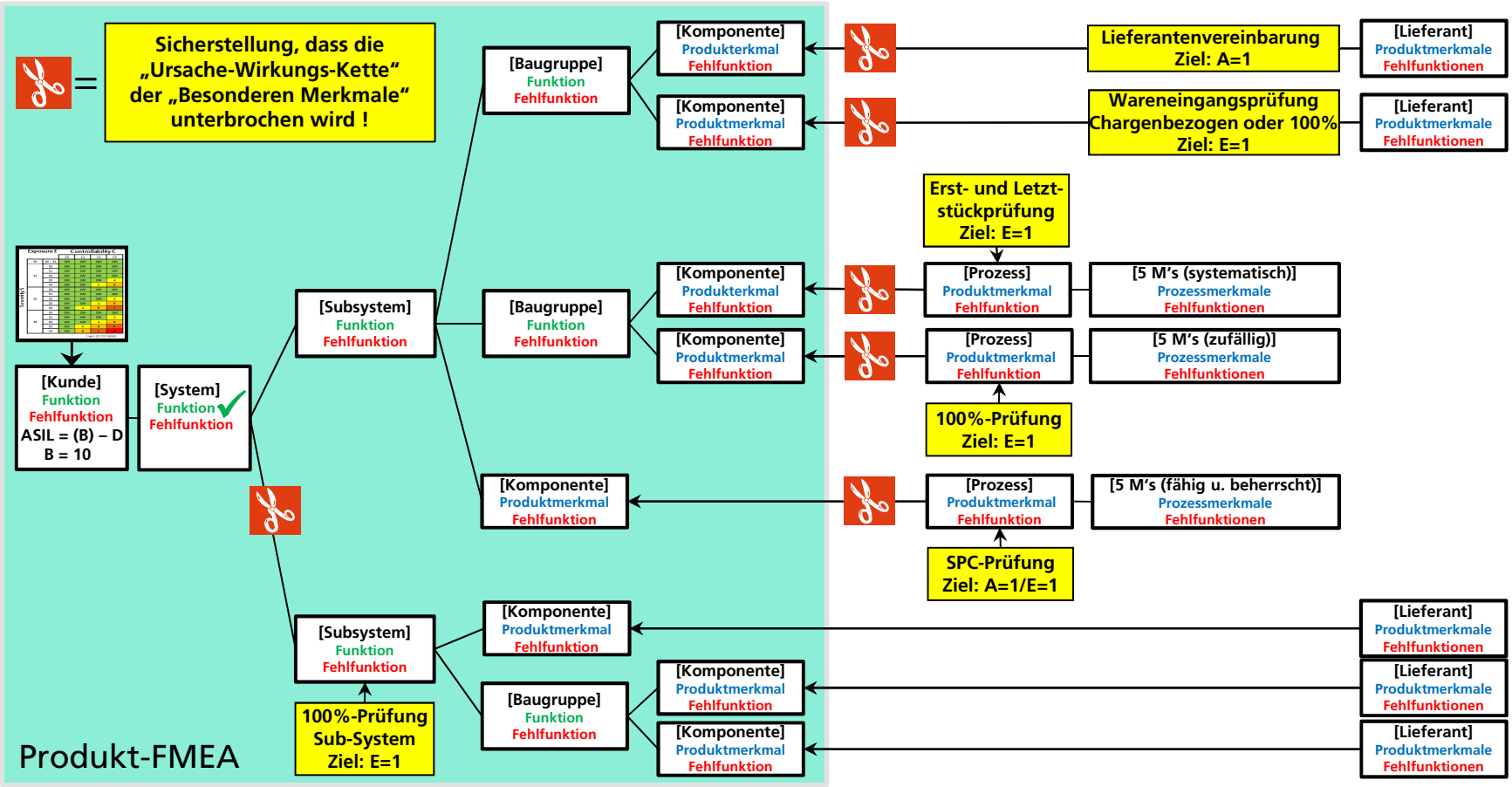
Denkmodell:

- 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)

© Fraunhofer IPA

Besondere Merkmale

Definition Besonderer Merkmale unter Berücksichtigung des Fehlergeschehens und wirtschaftlicher Aspekte



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

FAZIT

© Fraunhofer IPA

Fazit

Vorgehensweise zum Umgang mit Besonderen Merkmalen (Empfehlung des Fraunhofer IPA)

- Festlegung, ob besondere Merkmale zu analysieren sind, erfolgt anhand der Bedeutung (B = 10 -> BM S, B = 9 -> BM Z, B = 5 .. 8 -> BM F) oder als moderne Vorgehensweise über den Risikograph aus der ISO 26262 nach folgender Regel: Besondere Merkmale, wenn ASIL = (B) - D
- Durchgängige Behandlung über die FMEA-Arten hinweg in Funktions- oder Fehlernetzen (ausgehend von der Produkt-FMEA in der Entwicklung)
- Falls kein robustes Design existiert, ist das Merkmal als Besonderes Merkmal zu kennzeichnen
- Falls kein robuster (fähiger und beherrschter) Prozess mit SPC bzw. keine Poka-Yoke-Maßnahme für die Herstellung des Merkmals existieren bzw. möglich sind, ist das Merkmal in Abhängigkeit der potenziellen Fehler-ursachen über Stichprobenprüfung (systematische Fehler) oder über 100%-Prüfung (zufällige Fehler) abzusichern und über geeignete Reaktionsmaßnahmen im Produktionslenkungsplan abzusichern

© Fraunhofer IPA