WAS MUSS ICH WIE PRÜFEN? PRÜFSTRATEGIEN ZUR NULL-FEHLER-PRODUKTION

Fachtagung Produktionsmesstechnik, Produktionsmesstechnik für die Praxis, Neue Wege gehen - Werte schaffen, 03. September 2013, Buchs (CH)

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
www.stuttgarter-produktionsakademie.de

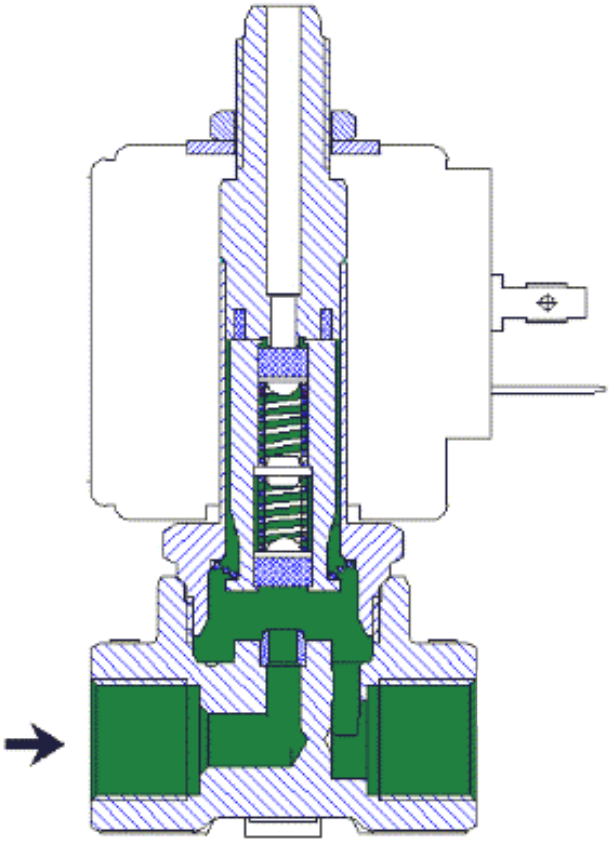
© Fraunhofer IPA

VORTRAGSINHALTE

- Integration von Entwicklung und Produktion bei der Prüfplanung
- FMEA als Methode zur Ermittlung relevanter Prüfmerkmale
- Prüfstrategien in der Produktion
- Nachvollziehbare Regeln und Vorgehensweisen zur effektiven Prüfplanung

© Fraunhofer IPA

Beispielsystem Magnetventil
Funktionsprinzip



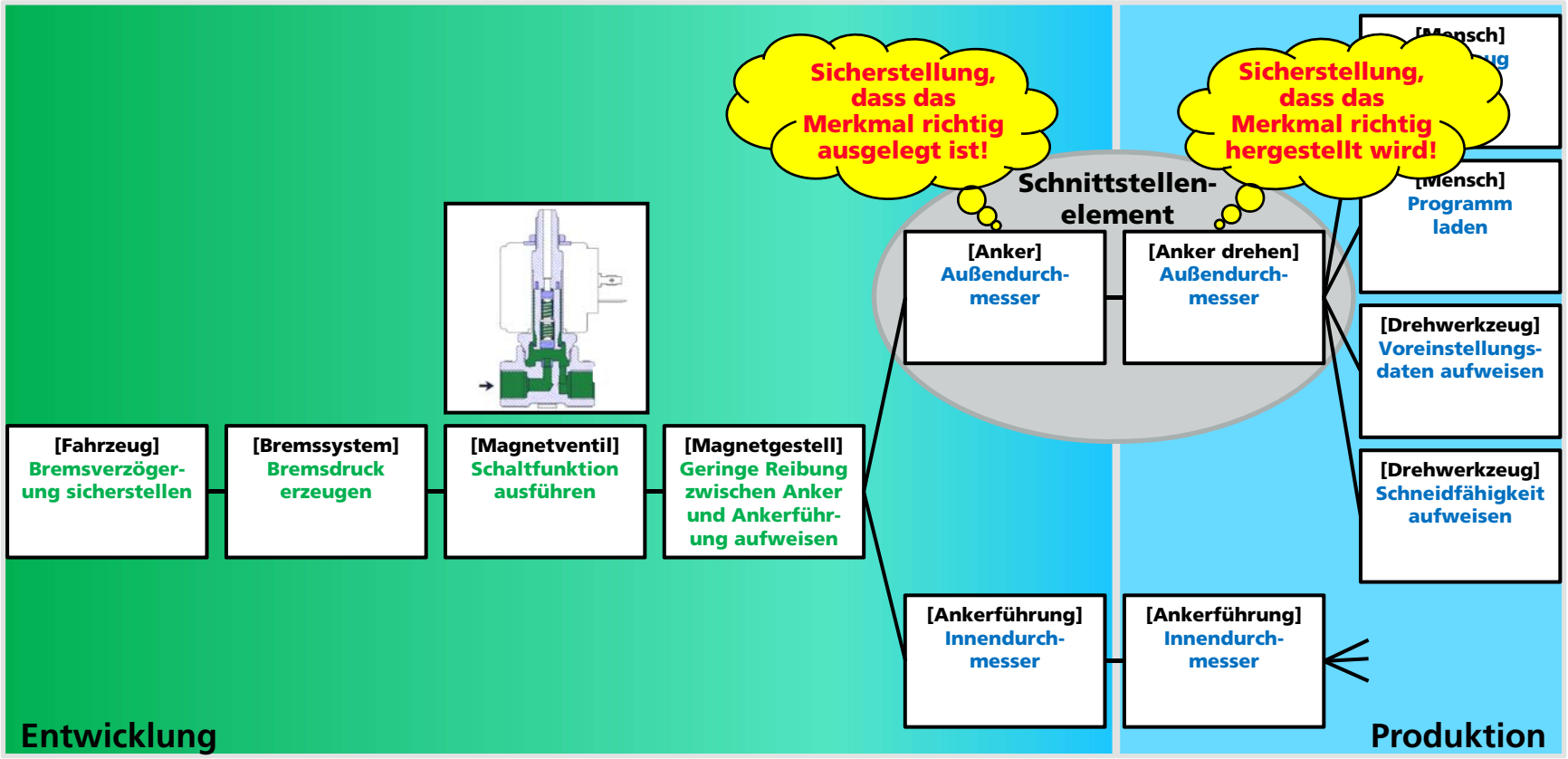
Bildquelle: http://www.magnetventile-shop.de

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Integration von Entwicklung und Produktion

Produktfunktionen werden durch Produktmerkmale realisiert

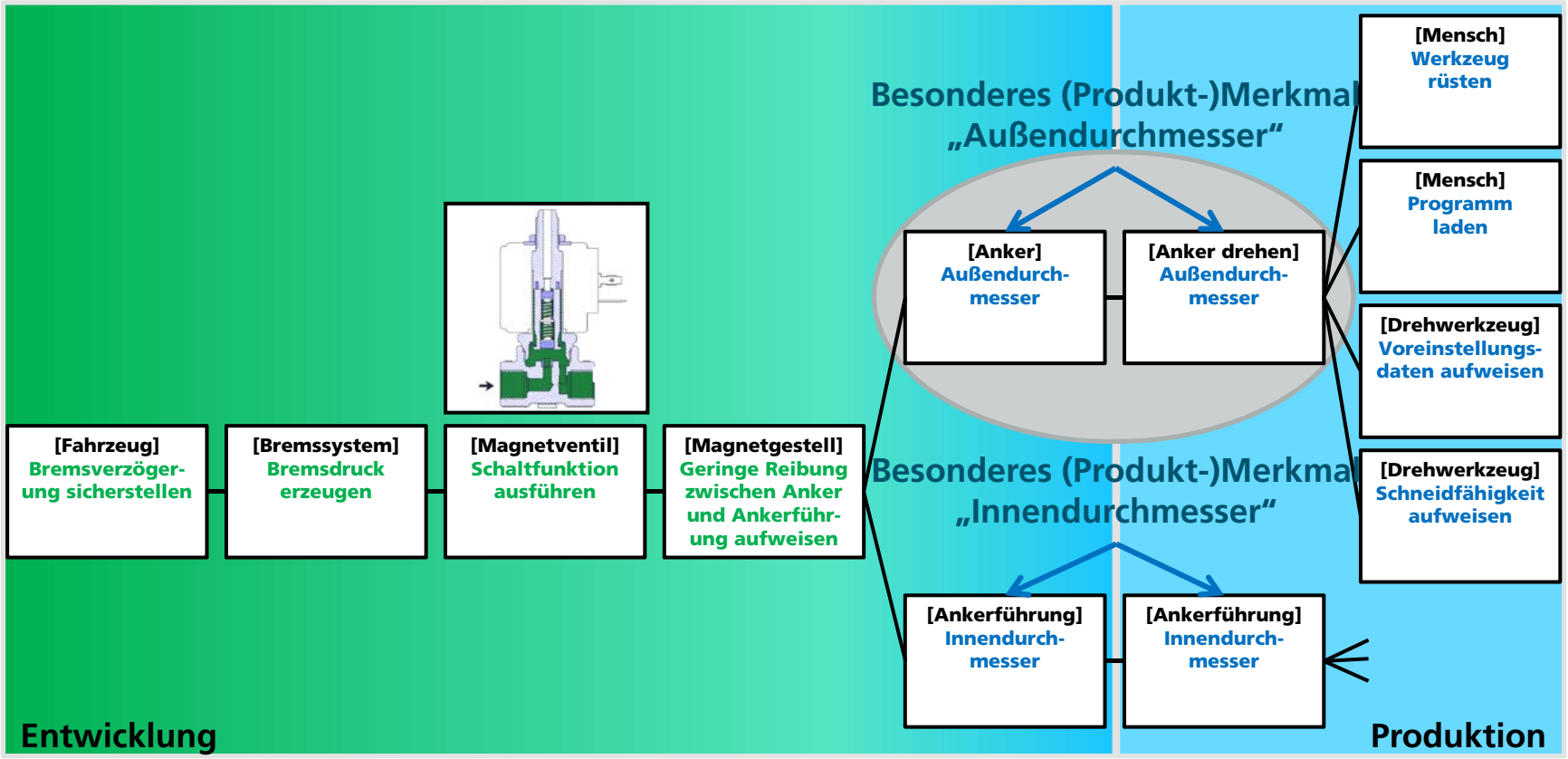


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Integration von Entwicklung und Produktion

Produktfunktionen werden durch Produktmerkmale realisiert

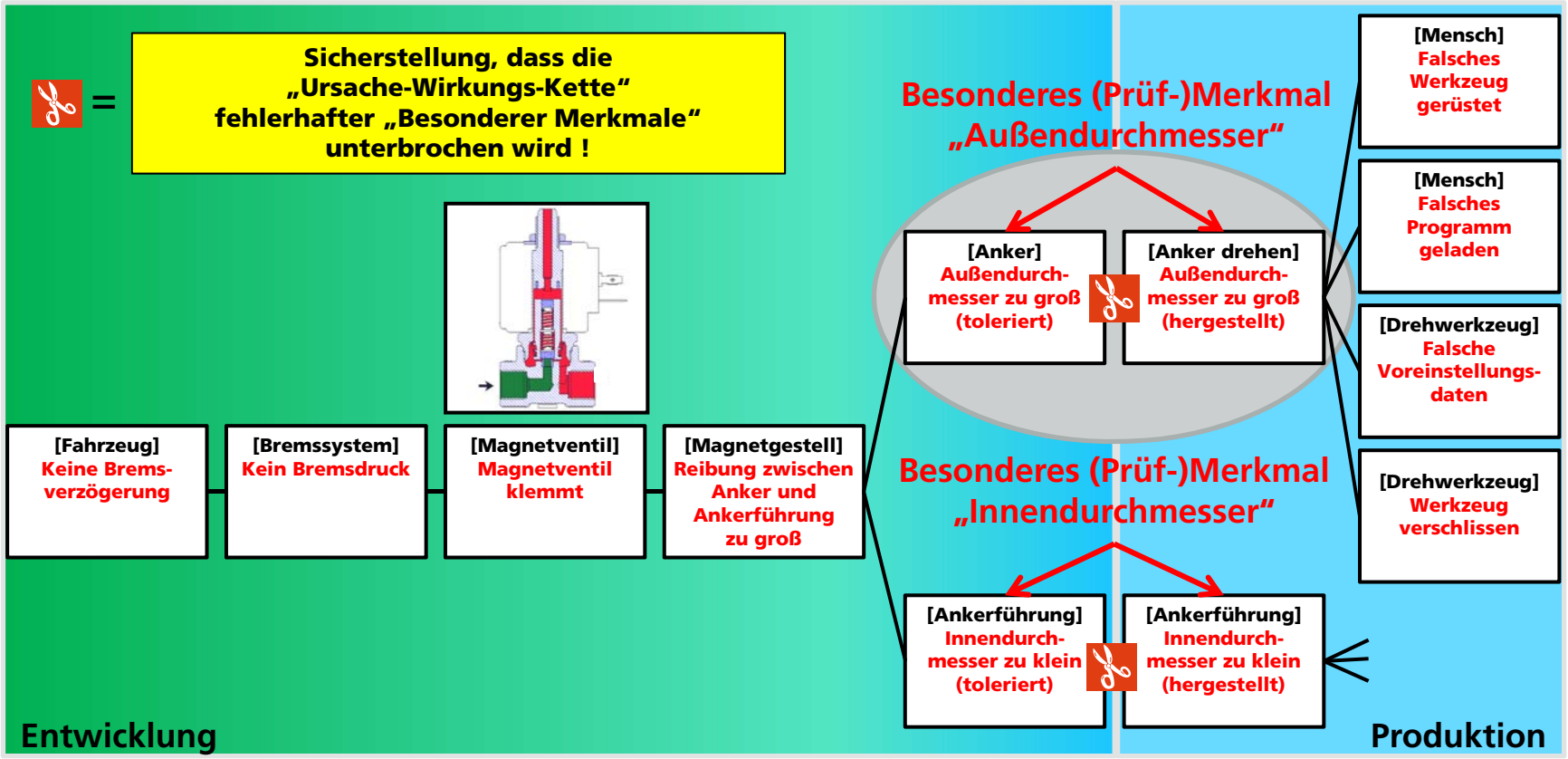


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Integration von Entwicklung und Produktion

Fehlerhafte Produktmerkmale führen zu Fehlfunktionen am Produkt



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

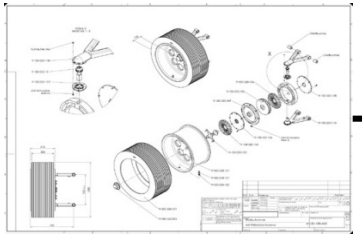
Besondere Merkmale

Sorgfaltspflicht im Produktentstehungsprozess (PEP) zur 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
  - Effektive Prüfplanung und Prüfung
  - Umgang mit Fehlern in der Produktion
  - Dokumentation und Archivierung

Entwicklung



Produktion

Herstellung des Produktes nach den Vorgaben der Entwicklung

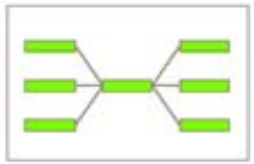
In Anlehnung an VDA-QMC (05/2011)

© Fraunhofer IPA

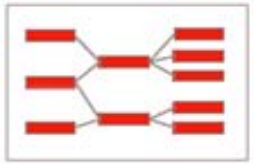
Fraunhofer IPA

Vorgehensweise zur Analyse Besonderer Merkmale
Risikoanalyse mit der FMEA (in Anlehnung an VDA)

- System strukturieren
- Prozess strukturieren



- Funktionen und Merkmale zuordnen
- Funktionsnetz bilden



- Fehlfunktionen ableiten
- Fehlernetz (Hypothesen) bilden

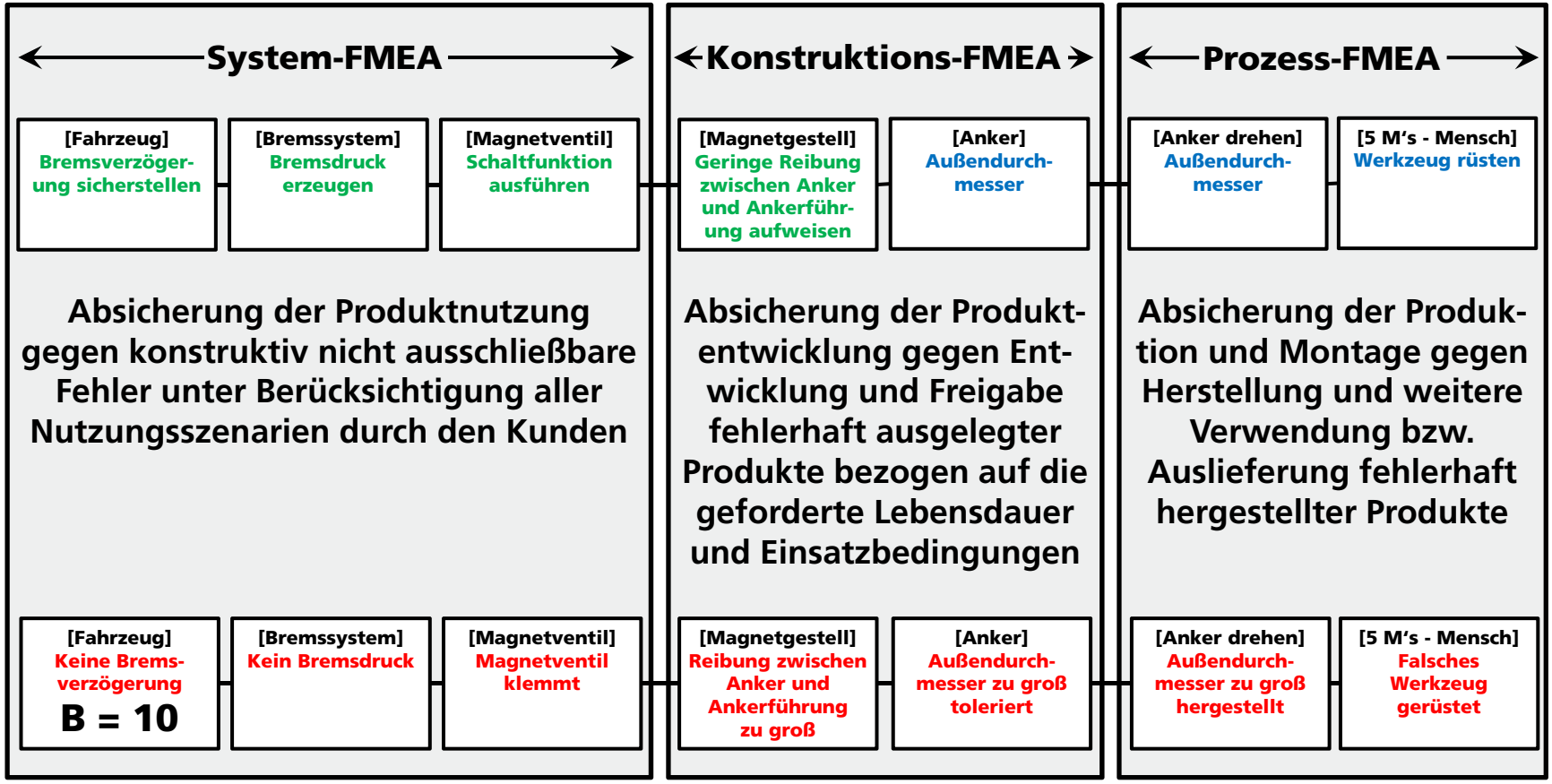
- Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen definieren
- Risiko bewerten (**B**edeutung, **A**uftreten und **E**ntdeckung)

- Optimierung planen (falls erforderlich)
- Wirksamkeit überprüfen

© Fraunhofer IPA

Systematische und durchgängige Analyse

Kopplung von System-FMEA, Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA über Funktionsnetze und Fehlernetze

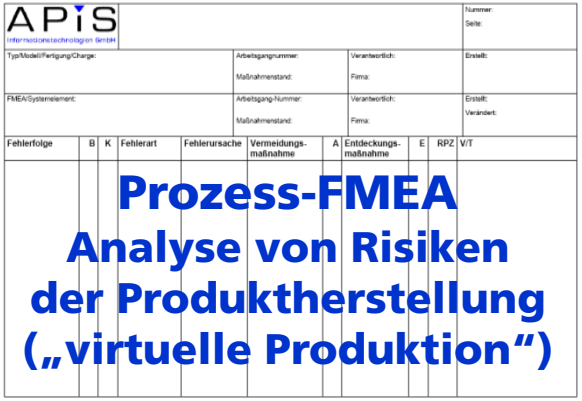


© Fraunhofer IPA

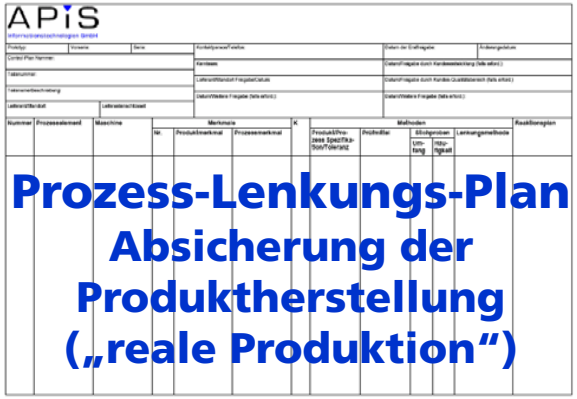
Fraunhofer IPA

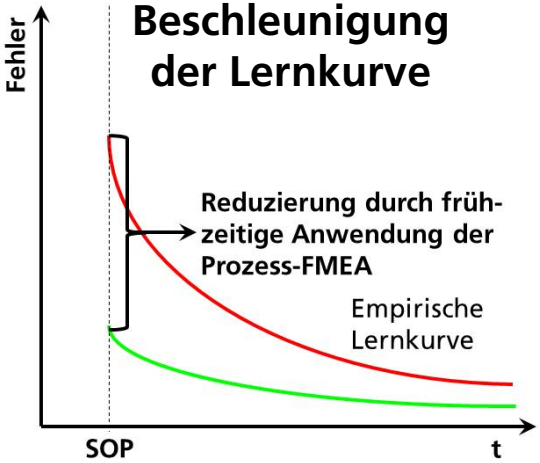
Prozess-FMEA und Prozess-Lenkungs-Plan (PLP)

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



Wissensweitergabe
- Fehlervermeidung
- Fehlerentdeckung
- Fehlerreaktion

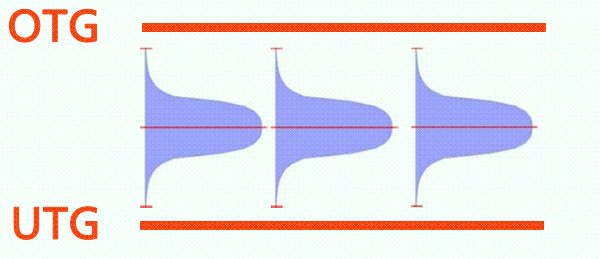
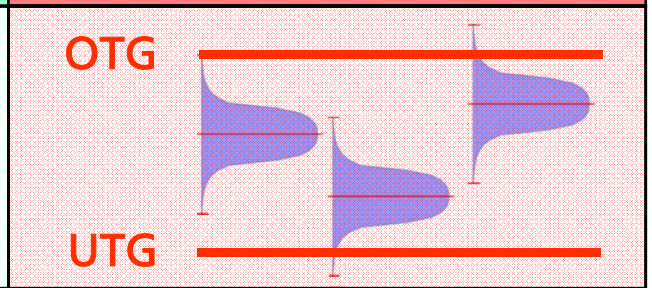
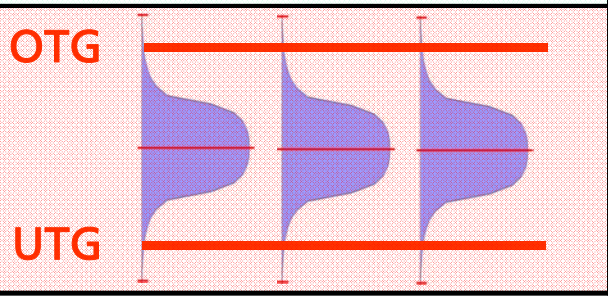
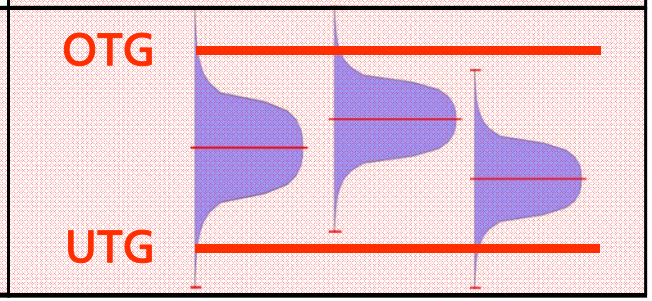




© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

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

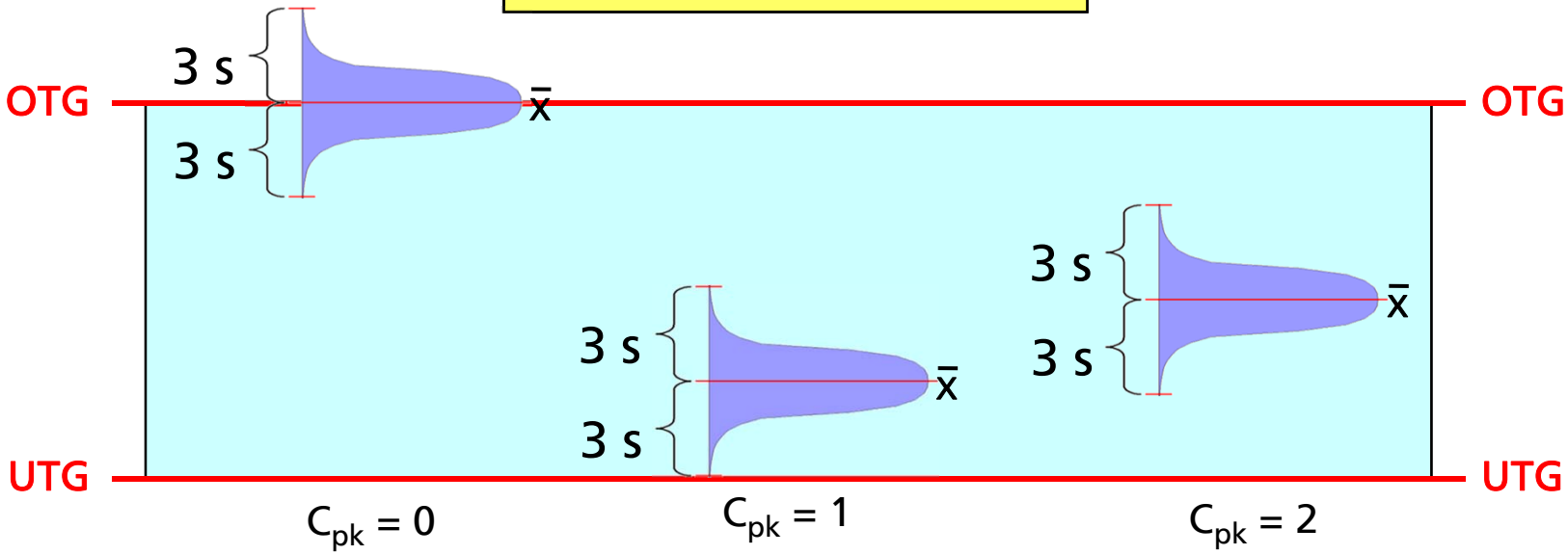
Prüfstrategien in der Produktion

Prozess(qualitäts)fähigkeitskennwert c_{pk}

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

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

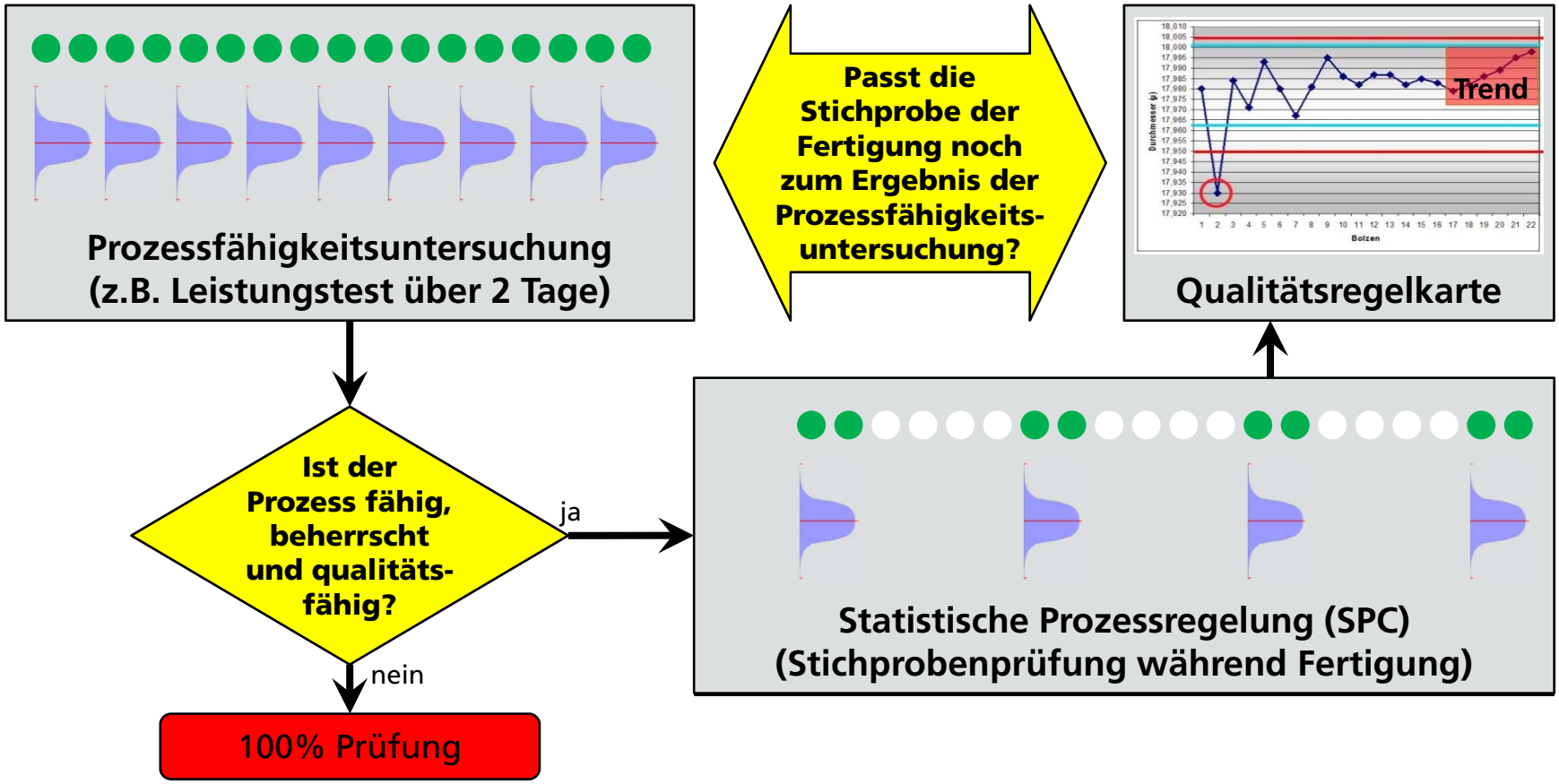
$$c_{pk} = \min(c_{p_o}, c_{p_u})$$



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion
Statistische Prozessregelung (SPC)



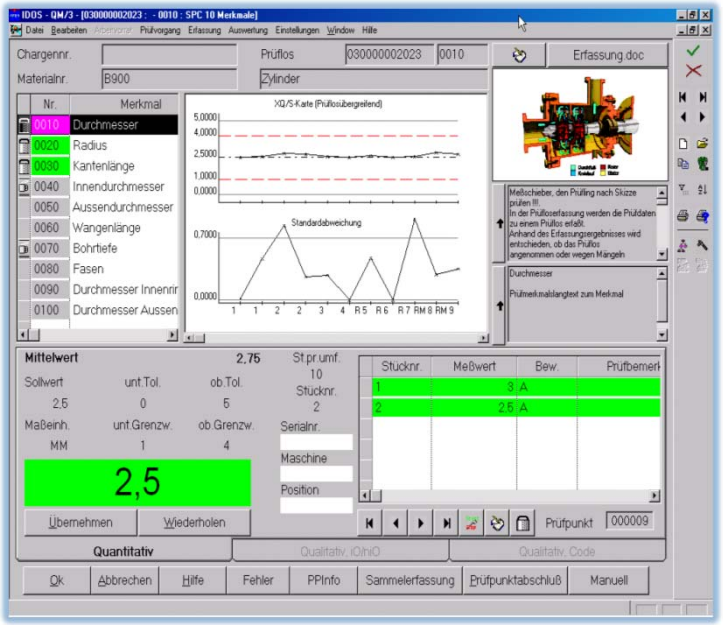
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion

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

Prüfstrategien in der Produktion
Systematische und zufällige Fehler

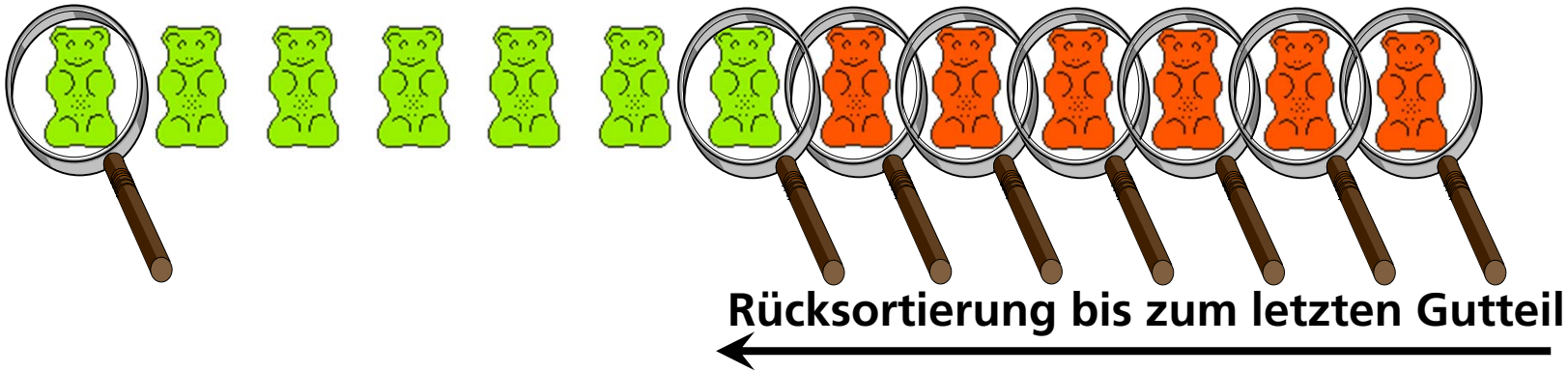
- **Systematische Fehler:**
  - Treten an allen Produkten ab einem bestimmten unerwünschten Ereignis gleichermaßen auf
  - Haben meist technische Ursachen (z.B. Bruch, Verschleiß) oder sind durch fehlerhaftes Rüsten (z.B. falsches Werkzeug) bedingt
  - **Beispiel: Fehlende Bohrung aufgrund von Bohrerbruch**

- **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

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

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



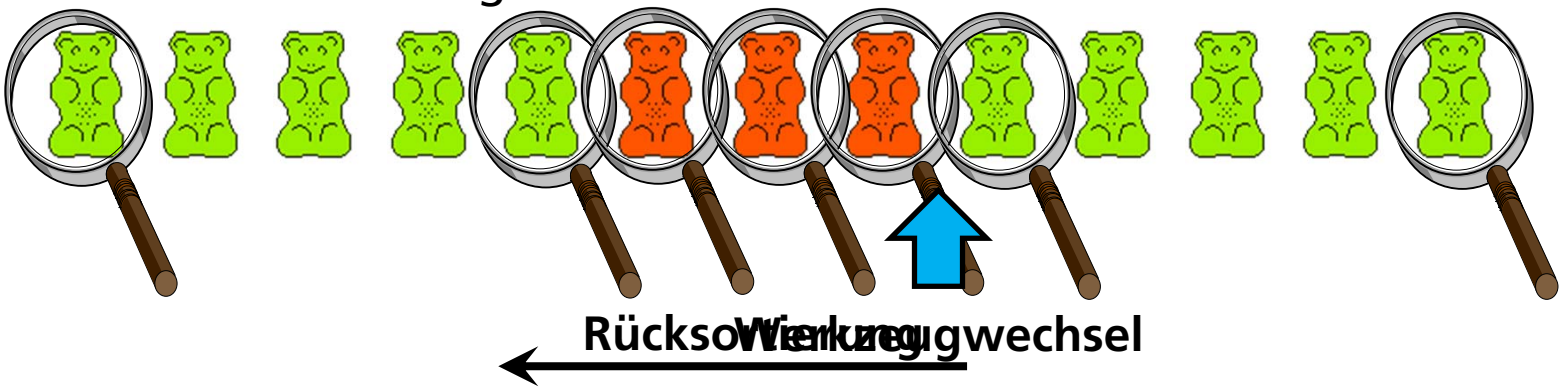
Bildquelle (Gummibär): http://www.hausmaus.de/gummibaer.html

© Fraunhofer IPA

Beispiele für Prüfstrategien

Systematischer Fehler (z.B. fehlerhafter Bohrungsdurchmesser aufgrund von Werkzeugverschleiß)

- Prüfart:
  - Erst- und Letztstückprüfung
  - Letztstückprüfung vor Werkzeugwechsel mit Rücksortierung
  - Erststückprüfung nach Werkzeugwechsel
  - Hohe Prüfgüte
- Sehr hohe Entdeckungswahrscheinlichkeit



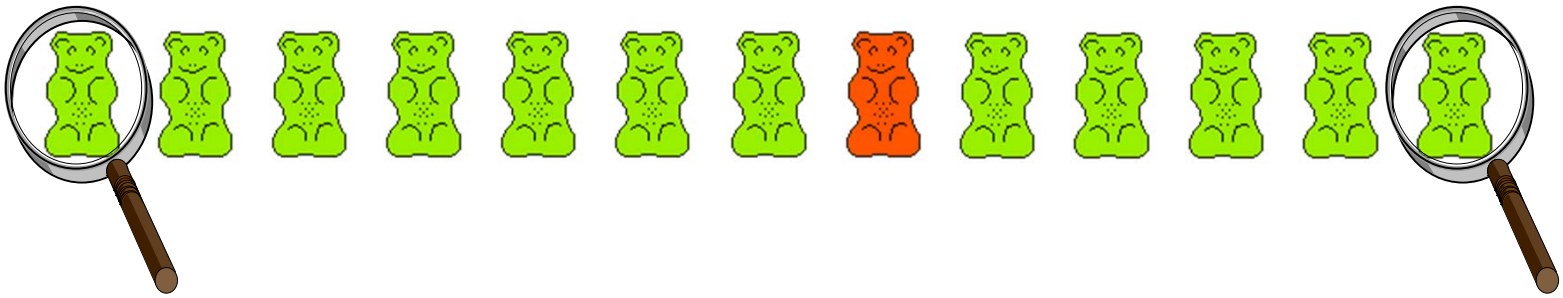
Bildquelle (Gummibär): http://www.hausmaus.de/gummibaer.html

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele für Prüfstrategien
Zufälliger Fehler (z.B. O-Ring nicht gefügt)

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



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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele für Prüfstrategien
Zufälliger Fehler (z.B. O-Ring nicht gefügt)

- Prüfart:
  - Stichprobenprüfung
  - Hohe Prüfgüte
- Sehr geringe Entdeckungswahrscheinlichkeit

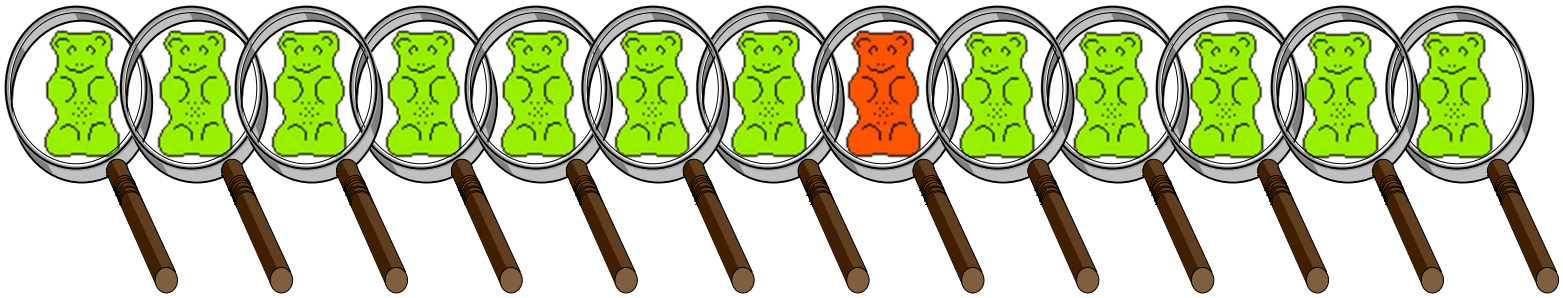
Bildquelle (Gummibär): http://www.hausmaus.de/gummibaer.html

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Beispiele für Prüfstrategien
Zufälliger Fehler (z.B. O-Ring nicht gefügt)

- Prüfart:
  - 100%-Prüfung
  - Aussonderung
  - Hohe Prüfgüte
- Sehr hohe Entdeckungswahrscheinlichkeit



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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Prüfstrategien in der Produktion

Zusammenfassung der Prüfstrategien für Besondere (Prüf-)Merkmale in der Produktion

- 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

Moderner Ansatz zur Identifikation Besonderer Merkmale

Risikograph zur ASIL-Klassifizierung nach ISO 26262 (Empfehlung für Besondere Merkmale ab ASIL = B)

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

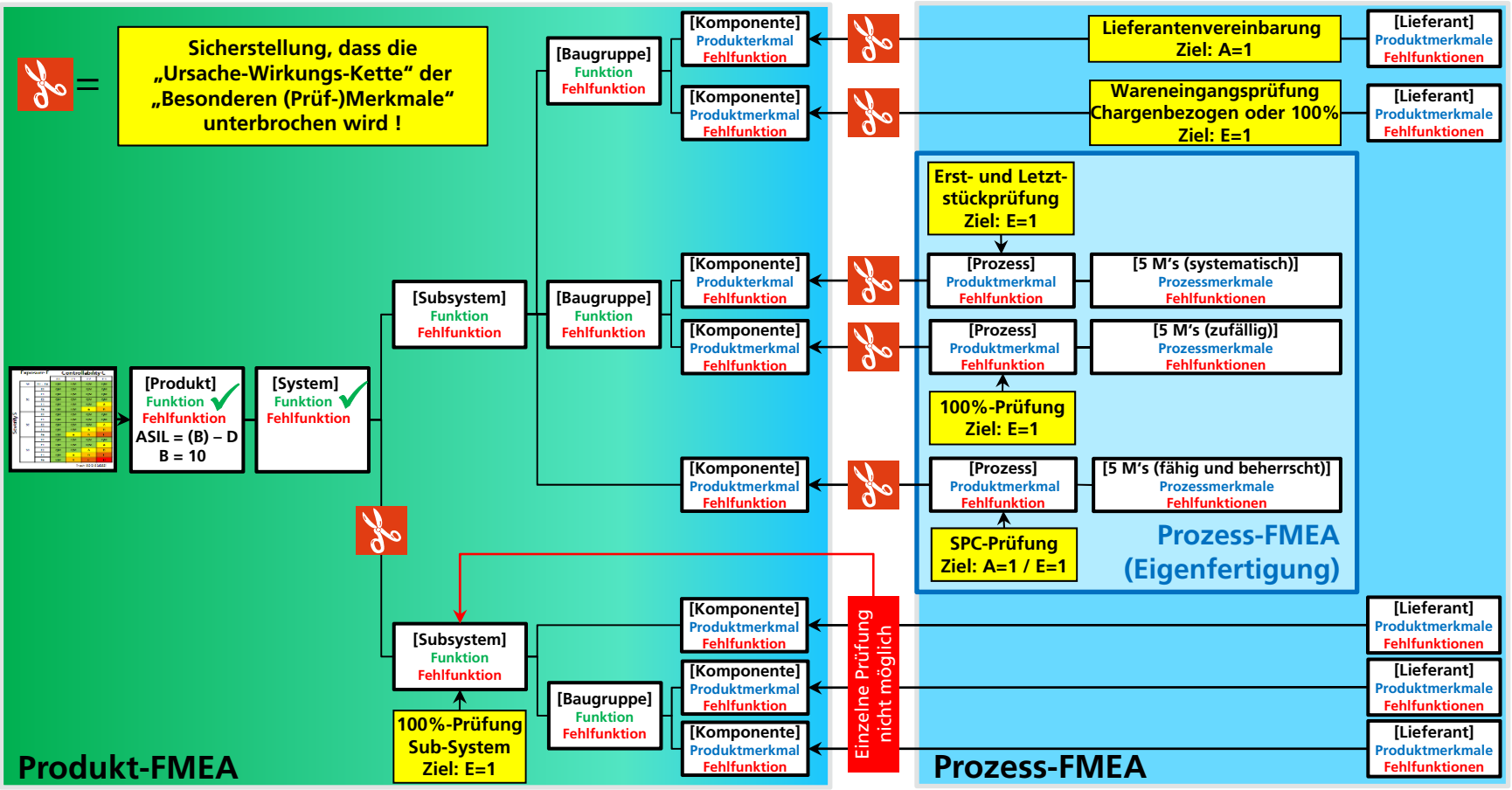
Besondere Merkmale unter der Zielsetzung „Null-Fehler-Produktion“ und wirtschaftlicher Gesichtspunkte

- Verbindung der Produkt-FMEA und der Prozess-FMEA über die Produktmerkmale zur Sicherstellung einer durchgängigen Analyse
- Definition Besonderer Merkmale mittels Risikograph nach ISO 26262
- Definition von Prüfstrategien in Abhängigkeit von
  - der Prozessfähigkeit (fähiger und beherrschter Prozess) oder
  - dem Fehlerbild (zufälliger oder systematischer Fehler) oder
  - der Kunden-Lieferanten-Beziehung
- Durchtrennung ( ) der Ursachen-Wirkungskette mittels effektiver Prüfmaßnahmen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte (Prüfkosten versus Ausschuss-/Nacharbeitskosten)
- Dokumentation der Lenkungsmethoden (Vermeidung und Entdeckung) und Reaktionsmethoden im Prozess-Lenkungs-Plan (PLP)

© Fraunhofer IPA

Prüfstrategien zur Null-Fehler-Produktion

Regeln zur Definition von Prüfmaßnahmen



© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA