KLARE REGELN – EFFIZIENTE UND EFFEKTIVE FMEA-ANWENDUNG

9. Osnabrücker FMEA-Forum, 18.-19.02.2014, Osnabrück

FMEA mit Effizienz und Effektivität entwickeln

Dr.-Ing. Alexander Schloske

Senior Expert Quality Management

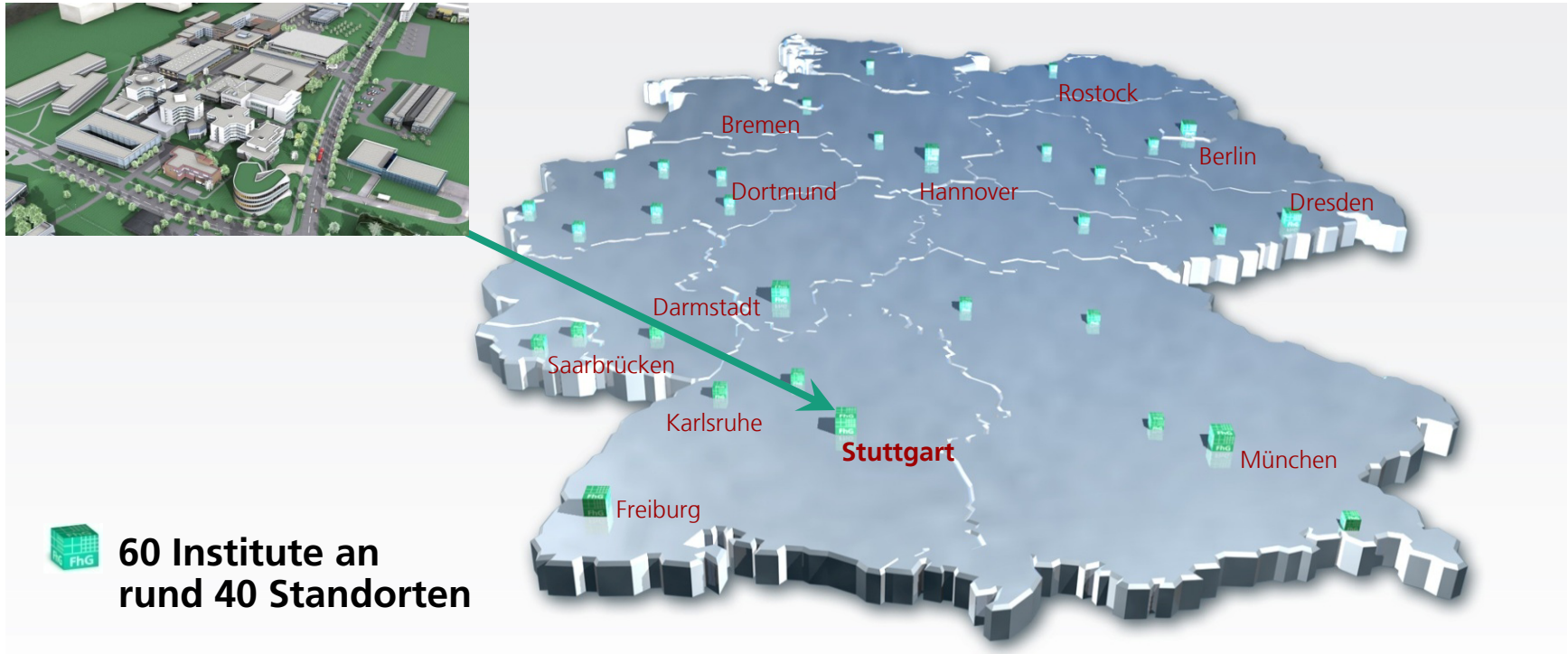
Leiter Stuttgarter Produktionsakademie

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

Fraunhofer IPA

Vorstellung
Die Fraunhofer-Gesellschaft



60 Institute an rund 40 Standorten

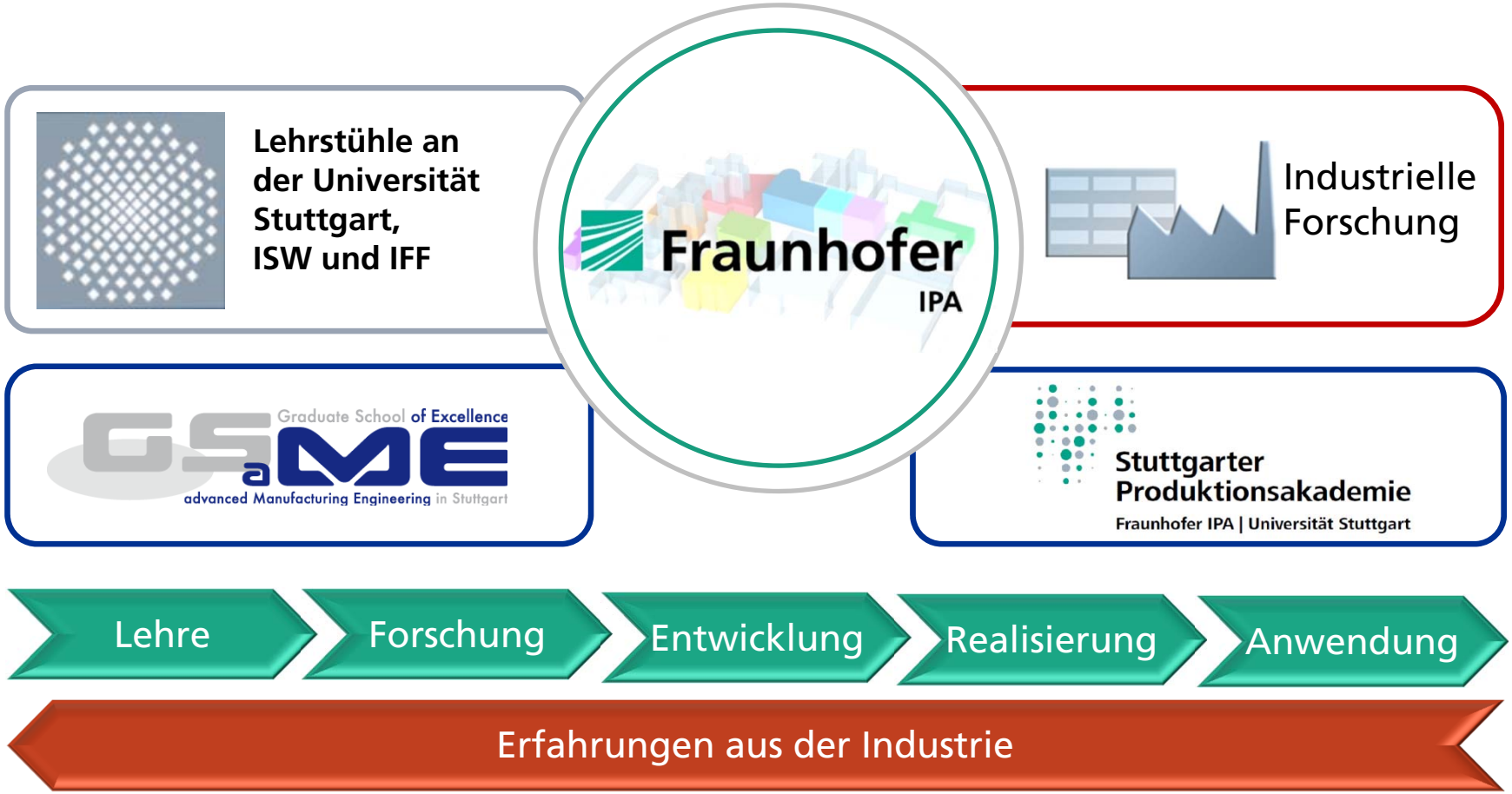
20.000 Mitarbeiter

2,0 Mrd. € Budget

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

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



© Fraunhofer

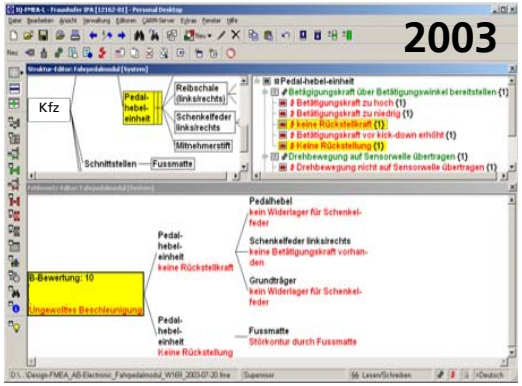
Stuttgarter Produktionsakademie
Weiterbildung für die „Industrielle Produktion“
www.stuttgarter-produktionsakademie.de

- **Die Stuttgarter Produktionsakademie gGmbH versteht sich als offene und nicht gewinn-orientierte Weiterbildungsplattform rund um das Thema der industriellen Produktion.**
- **Ziel der Stuttgarter Produktionsakademie ist es, zielgruppenorientierte Weiterbildungen für Unternehmen anzubieten.**
- **Dazu greifen wir auf Referenten des Fraun-hofer-Netzwerks, der Uni-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 Planspielen.**

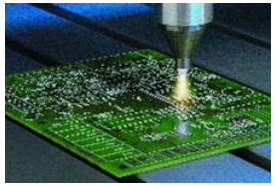
© Fraunhofer

Tätigkeitsfeld Fraunhofer IPA in der Produktentwicklung

25 Jahre Erfahrung in der Gestaltung sicherer Produkte und Prozesse mit FMEA und Funktionaler Sicherheit



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

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

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

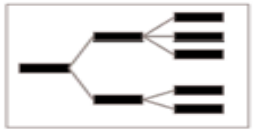
KLARE REGELN – EFFIZIENTE UND EFFEKTIVE FMEA-ANWENDUNG

© Fraunhofer

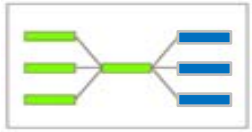
Fraunhofer IPA

Vorgehensweise zur Analyse
Ablauf in der FMEA (in Anlehnung an VDA)

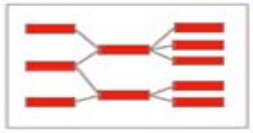
- Team und Termine festlegen
- Umfang und Fokus festlegen



- System strukturieren
- Prozess strukturieren



- Funktionen und Merkmale zuordnen
- Funktions-/Merkmalsnetz bilden



- Fehlfunktionen und Fehlermerkmale ableiten
- Fehlernetz (Hypothesen) bilden

- Vermeidungsmaßnahmen definieren
- Fehlererkennung und Fehlerreaktion definieren

- Optimierung planen
- Wirksamkeit überprüfen

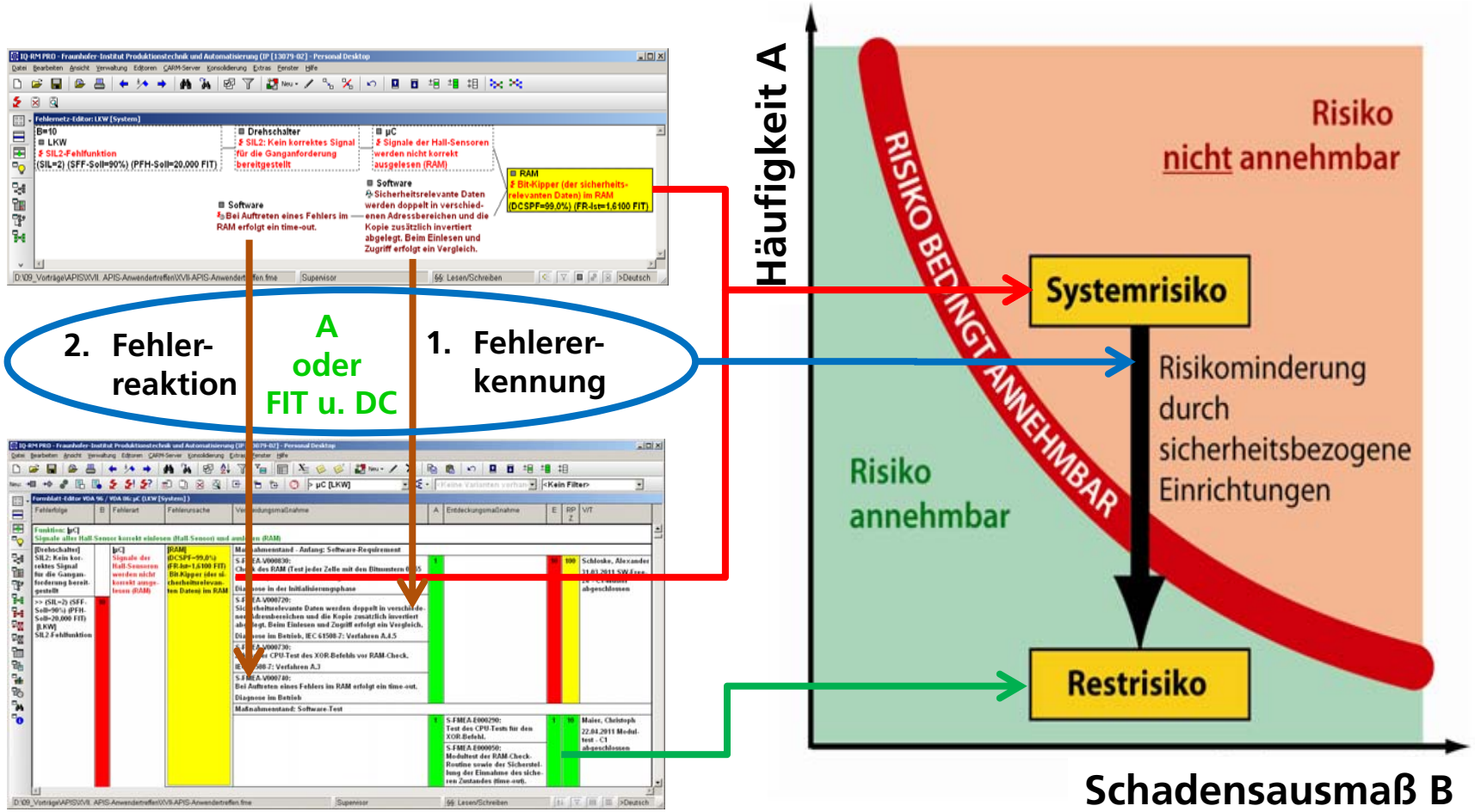
© Fraunhofer

FMEA-ARTEN

© Fraunhofer

Zielsetzung der System-FMEA

Absicherung der Produktnutzung gegen Fehlfunktionen im Betrieb mittels Fehlererkennung und Fehlerreaktion

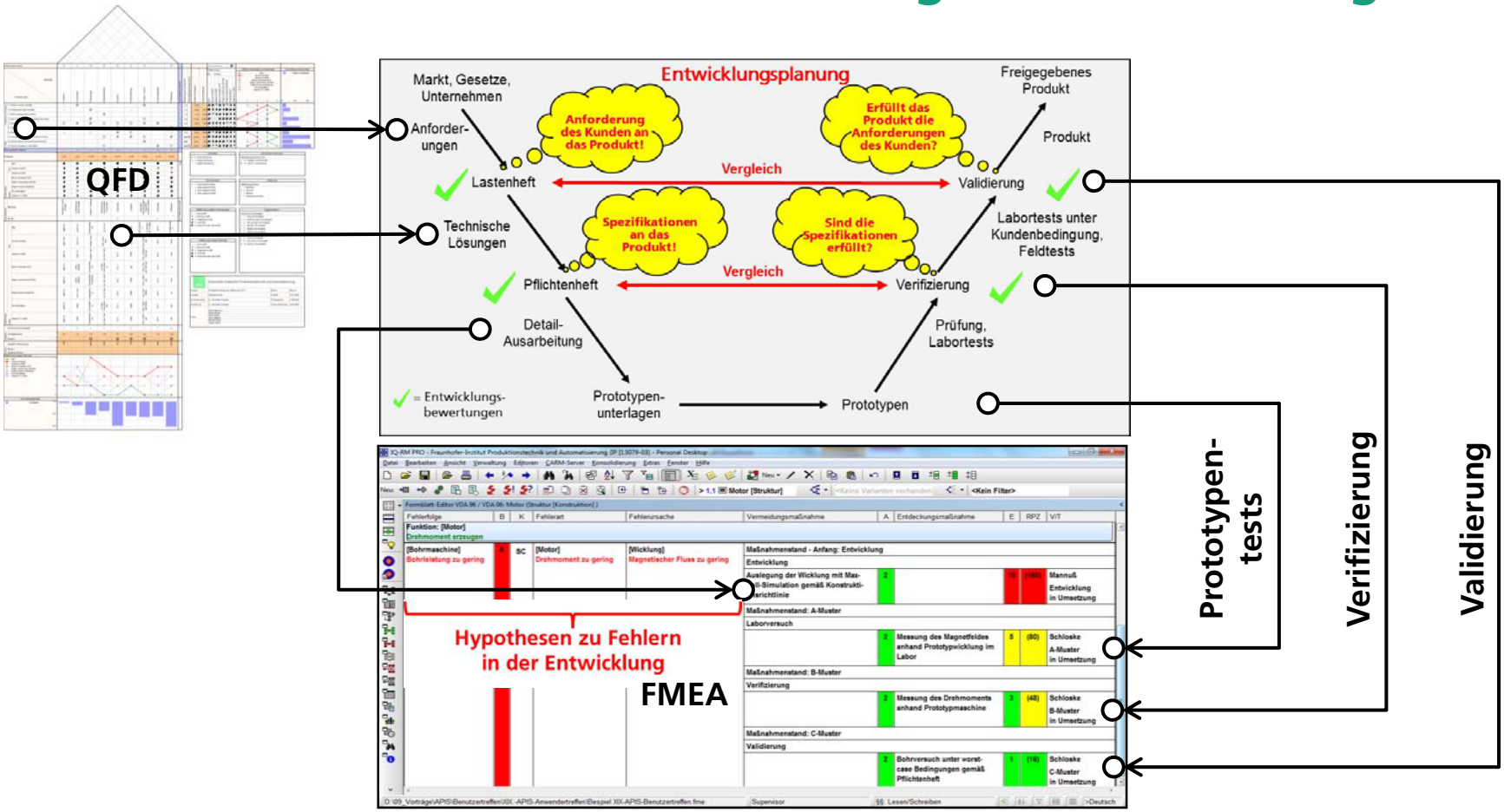


© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Zielsetzung der Konstruktions-FMEA

Absicherung der Produktentwicklung entlang des V-Modells durch Tests, Verifizierung und Validierung

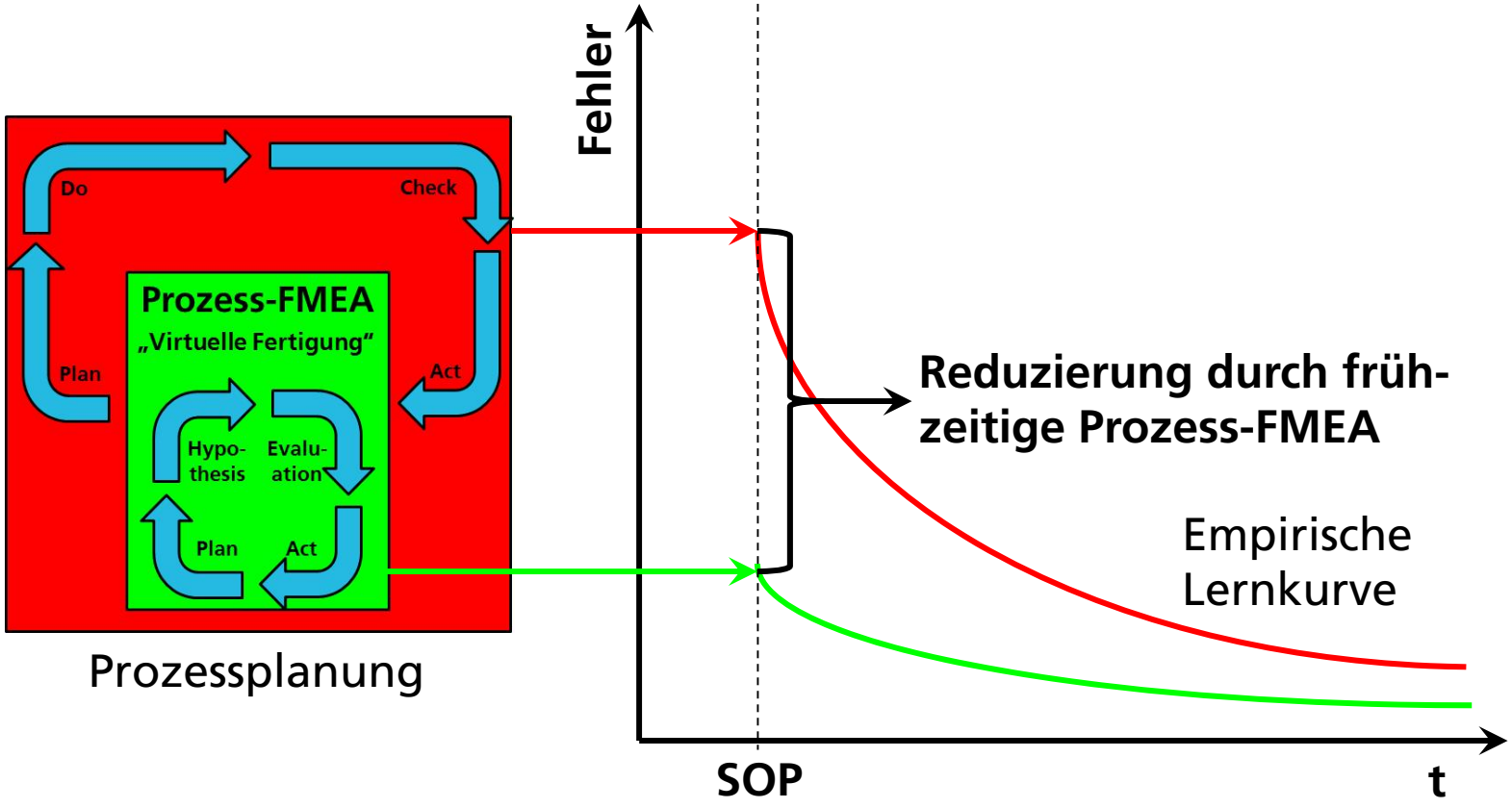


© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Zielsetzung der Prozess-FMEA

Absicherung der Produktherstellung und Beschleunigung der Lernkurve im Rahmen der Produktionsplanung



© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

ANWENDUNGSBEREICH UND FMEA-PLANUNG

© Fraunhofer

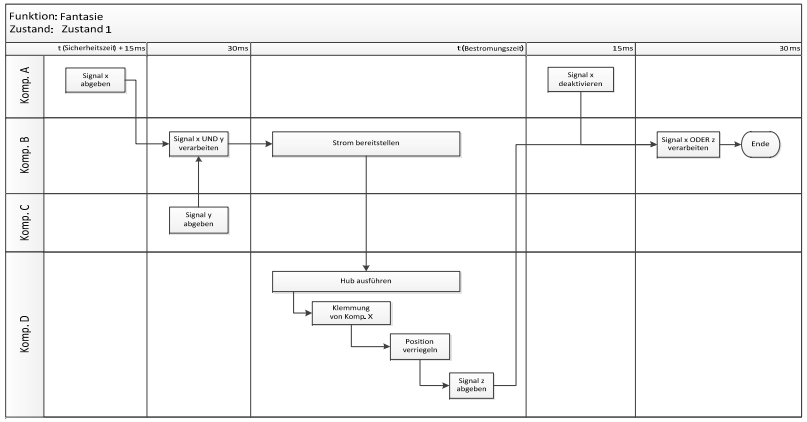
Fraunhofer IPA

Anwendungsbereich

Wann macht die FMEA-Anwendung Sinn und wann nicht?

Projektmanagement

- **FMEA ist ein Analysetool und kein Entwicklungstool**
  - Wenn noch kein klares Konzept feststeht, ergibt sich ein enormer Änderungsaufwand in der FMEA.
  - In diesem Falle ist zuerst ein Konzept zu erstellen, welches man dann analysieren kann.
- **FMEA eignet sich nur unzureichend für Konzeptentscheide**
  - Hier eignet sich beispielsweise eine Paarvergleichsmatrix mit Variantenvergleich.



Kriterium (unten) ist wichtiger = 2 gleich wichtig = 1 unwichtiger = 0 als Kriterium (rechts)	keine Späne im Hohlraum	keine Späne im Gewinde	kein Lack im Gewinde	einfache manuelle Montage und Demontage	einfache und schnelle Bearbeitung der Fläche	geringe Materialkosten	geringe Montage- und Demontagekosten	geringe Fertigungskosten	prozesssichere Fertigung			Summe	Normierung	Kit eindrücken	Kunststoffstopfen mit Gewinde und Innensechsk	Kunststoffstopfen ohne Gewinde	Stehbolzen (Drumrunfräsen)	Innensechskantschraube (versenkt)
keine Späne im Hohlraum		1	2	2	2	2	2	2	1			14	10,0	5	5	5	5	5
keine Späne im Gewinde	1		2	2	2	2	2	2	1			14	10,0	-3	5	2	5	3
kein Lack im Gewinde	0	0		2	2	2	2	2	1			11	7,9	-3	5	3	-5	5
einfache manuelle Montage und Demontage	0	0	0		1	1	2	2	0			6	4,3	-5	5	3	-2	5
einfache und schnelle Bearbeitung der Fläche	0	0	0	1		2	2	2	0			7	5,0	4	5	5	2	5
geringe Materialkosten	0	0	0	1	0		0	1	0			2	1,4	3	5	3	3	3
geringe Montage- und Demontagekosten	0	0	0	0	0	2		1	0			3	2,1	-3	5	2	4	5
geringe Fertigungskosten	0	0	0	0	0	1	1		0			2	1,4	3	5	5	1	2
prozesssichere Fertigung	1	1	1	2	2	2	2	2				13	9,3	-4	5	3	4	3
												0	0,0					
												0	0,0					
Erfüllungsgrad														-40	257,1	175	113,6	211,4
prozentualer Erfüllungsgrad														-16%	100%	68%	44%	82%

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Konzeptentscheid

Paarvergleichsmatrix mit Variantenvergleich

Projektmanagement

Kriterium (unten) ist wichtiger = 2 gleich wichtig = 1 unwichtiger = 0 als Kriterium (rechts)	keine Späne im Hohlraum	keine Späne im Gewinde	kein Lack im Gewinde	einfache manuelle Montage und Demontage	einfache und schnelle Bearbeitung der Fläche	geringe Materialkosten	geringe Montage- und Demontagekosten	geringe Fertigungskosten	prozesssichere Fertigung			Summe	Normierung	Kit eindrücken	Kunststoffstopfen mit Gewinde und Innensechsk	Kunststoffstopfen ohne Gewinde	Stehbolzen (Drumrumfräsen)	Innensechskantschraube (versenkt)
keine Späne im Hohlraum		1	2	2	2	2	2	2	1			14	10,0	5	5	5	5	5
keine Späne im Gewinde	1		2	2	2	2	2	2	1			14	10,0	-3	5	2	5	3
kein Lack im Gewinde	0	0		2	2	2	2	2	1			11	7,9	-3	5	3	-5	5
einfache manuelle Montage und Demontage	0	0	0		1	1	2	2	0			6	4,3	-5	5	3	-2	5
einfache und schnelle Bearbeitung der Fläche	0	0	0	1		2	2	2	0			7	5,0	4	5	5	2	5
geringe Materialkosten	0	0	0	1	0		0	1	0			2	1,4	3	5	3	3	3
geringe Montage- und Demontagekosten	0	0	0	0	0	2		1	0			3	2,1	-3	5	2	4	5
geringe Fertigungskosten	0	0	0	0	0	1	1		0			2	1,4	3	5	5	1	2
prozesssichere Fertigung	1	1	1	2	2	2	2	2				13	9,3	-4	5	3	4	3
												0	0,0					
												0	0,0					
Erfüllungsgrad														-40	257,1	175	113,6	211,4
prozentualer Erfüllungsgrad														-16%	100%	68%	44%	82%

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Anwendungsbereich
Wann macht die FMEA-Anwendung Sinn und wann nicht?

Projektmanagement

- **FMEA macht nur Sinn bei klar algorithmierbaren Zusammen-hängen**
  - Bei nicht algorithmierbaren Zusammenhängen können lediglich die Einflussfaktoren über die Fehlernetze in der FMEA ermittelt werden.
  - Die weitere Analyse kann dann über eine statistische Versuchsplanung erfolgen.

© Fraunhofer
Fraunhofer IPA

Anwendungsbereich
Was muss ich analysieren?

Projektmanagement

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

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

Bekannt? ✓

Bewährt? ✓

Vergleichbarer Einsatz? ✗

➔ Analyse notwendig!

© Fraunhofer
Fraunhofer IPA

Definition des Untersuchungsobjektes
Priorisierung mittels Risikofilter

Projektmanagement

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

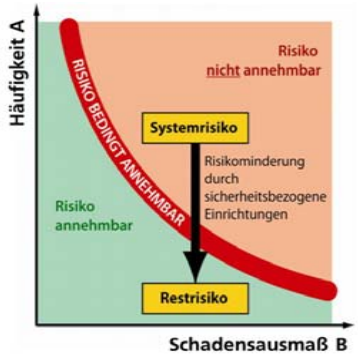
© Fraunhofer
Fraunhofer IPA

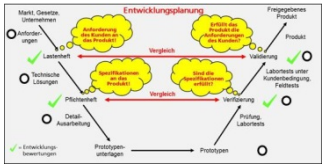
Anwendungsbereich

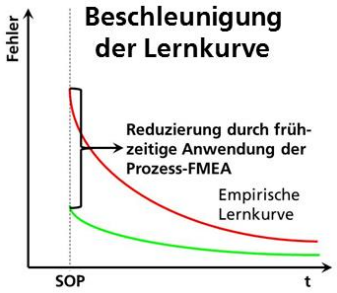
Wann ist der richtige Zeitpunkt für welche FMEA-Art?

Projektmanagement

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







© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Teamzusammensetzung

Eine Kaskadierung der Teamzusammensetzung führt zu mehr Effizienz und Akzeptanz

Projektmanagement

- **Kleine Teams sind effizienter und erhöhen die Akzeptanz**
  - Mitarbeiter deren Entwicklungsumfänge Schnittstellen haben werden zu kleinen und zeitlich kurzen Teamsitzungen eingeladen.
  - Moderator und Projektleiter sind bei allen Teamsitzungen anwesend, um eine Einheitlichkeit in der Risikobewertung zu gewährleisten und offene Punkte zwischen den Teams zu kommunizieren.

Termin	Raum	Start	Ende	Inhalte	Teilnehmer				
28.03.2006	E 1.04	11:00	14:30	ZB Rückwandtür, Decklack, Nahtabdichtung, Stopfen Lackablaufdecher	Fr. Maier	Hr. Rommel	Hr. Schloske	Hr. Schmidt / Hr. Nitsche	Hr. Berger
		14:30	16:30	Innenteil, ZB Vst Scharnier, Vst Anschlagpuffer, Vst Wischermotor, Vst Schloß, Scharnier, Dichtung Scharnier, ZB Beplankung	Fr. Maier	Hr. Rommel	Hr. Schloske	Hr. Schmidt / Hr. Nitsche	
04.04.2006	A 5.25	09:00	09:30	ZB Wischer	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Krüger		
		09:30	10:15	Spoiler, Spritzdüse	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Krüger	Hr. Lehmann	
		10:15	14:30	Verbindungsteile, ZB Verkleidung Fensterrahmen, ZB Verkleidung RIVT, ZB Verkleidung Zuziehgriff, Anschlag RWT	Hr. Henke	Hr. Mannuß		Hr. Lehmann	
		14:30	16:00	Antennensystem	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Thieme		
11.04.2006	E 4.03	11:00	13:15	ZB Schloß, Antrieb, Schließbügel, ZB Entrigelungsgriff	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schloske	Hr. Smith	
		13:15	13:30	ZB Abdeckung Loch Antrieb Abdeckung Scharniertopf	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schloske	Hr. Jones	
		13:30	14:00	ZB Antrieb	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Brenner	Hr. Jones	
		14:00	14:15	Warnsummer	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Rainer		
		14:15	14:45	Schalter ARWT	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schmid		
		14:45	15:00	Leitungssatz	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Hermann		
		15:00	15:15	Blechkantenhalter, Verschlußbügel	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Bugu	erledigt	
		15:45	16:00	Stern	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Kempf		
25.04.2006	E 1.04	11:00	12:00	ZB Zusatzbremsleuchte, Kennzeichenbeleuchtung, -Paket, Spreitzmuttern	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Kunz		
		12:45	13:30	ZB Gasfeder, Sensorleiste	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schneider		
		13:30	13:45	ZB Abdichtung	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schulz	erledigt am 04.04.06	
		13:45	14:30	ZB Rückwandscheibe	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Müller		

© Fraunhofer
Fraunhofer IPA

Teamzusammensetzung
Kaskadierung von Teamzusammensetzungen

Projektmanagement

Termin	Raum	Start	Ende	Inhalte	Teilnehmer				
28.03.2006	E 1.04	11:00	14:30	ZB Rückwandtür, Decklack, Nahtabdichtung, Stopfen Lackablauflöcher	Fr. Maier	Hr. Rommel	Hr. Schloske	Hr. Schmidt / Hr. Nitsche	Hr. Berger
		14:30	16:30	Innenteil, ZB Vst Schanier, Vst Anschlagpuffer, Vst Wischermotor, Vst Schloß, Scharnier, Dichtung Scharnier, ZB Beplankung	Fr. Maier	Hr. Rommel	Hr. Schloske	Hr. Schmidt / Hr. Nitsche	
04.04.2006	A 5.25	09:00	09:30	ZB Wischer	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Krüger		
		09:30	10:15	Spoiler, Spritzdüse	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Krüger	Hr. Lehmann	
		10:15	14:30	Verbindungsteile, ZB Verkleidung Fensterrahmen, ZB Verkleidung RWT, ZB Verkleidung Zuziehgriff, Anschlag RWT	Hr. Henke	Hr. Mannuß		Hr. Lehmann	
		14:30	15:00	Antennensystem	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Thieme		
11.04.2006	E 4.03	11:00	13:15	ZB Schloß, Antrieb, Schließbügel, ZB Entrigelungsgriff	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schloske	Hr. Smith	
		13:15	13:30	ZB Abdeckung Loch Antrieb Abdeckung Scharniertopf	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schloske	Hr. Jones	
		13:30	14:00	ZB Antrieb	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Brenner	Hr. Jones	
		14:00	14:15	Warnsummer	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Rainer		
		14:15	14:45	Schalter ARWT	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schmid		
		14:45	15:00	Leitungssatz	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Hermann		
		15:00	15:45	Rückfahrkamera, Verschlußkappe	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Ergin	fehlt	
		15:45	16:00	Stern	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Kempf		
25.04.2006	E 1.04	11:00	12:00	ZB Zusatzbremsleuchte, Kennzeichenbeleuchtung, -Paket, Spreitzmuttern	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Kunz		
		12:45	13:30	ZB Gasfeder, Sensorleiste	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schneider		
		13:30	13:45	ZB Abdichtung	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Schulz	erledigt am 04.04.06	
		13:45	14:30	ZB Rückwandscheibe	Hr. Henke	Hr. Mannuß	Hr. Müller		

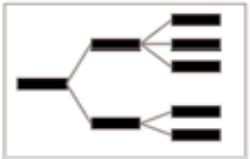
© Fraunhofer
Fraunhofer IPA

STRUKTURIERUNG

© Fraunhofer

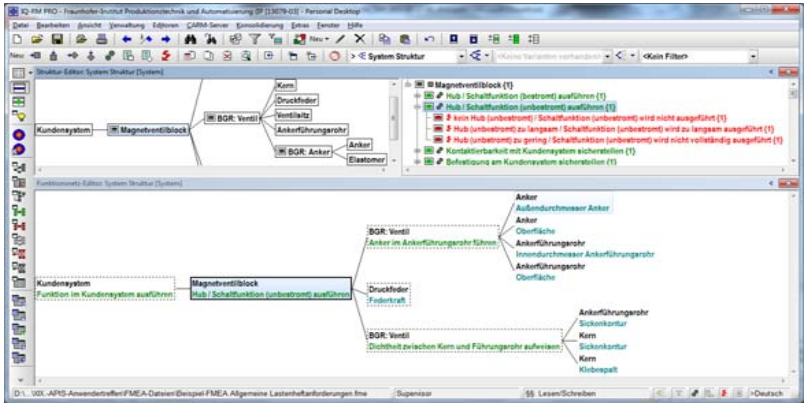
Strukturierung in der Konstruktions-FMEA

Wie tief muss ich mein Produkt strukturieren?



Strukturierung

- Im Wurzelelement steht immer der Kunde bzw. das Kundenprodukt.
- In der zweiten Ebene steht das zu betrachtende Produkt.
- Das Produkt wird solange weiter strukturiert, bis man auf der Ebene von Bauteilen ankommt.
- Eine Ebene Material und Geometrie existiert nicht (Material und Geometrie sind Produktmerkmale).
- Normteile / Zukaufteile werden nicht weiter betrachtet (nur ihre Funktion, auf der darüber liegenden Ebene).



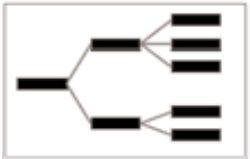
Sobald man sich gedanklich in der Entwicklungsabteilung eines anderen Unternehmens bewegt ist man falsch!

© Fraunhofer

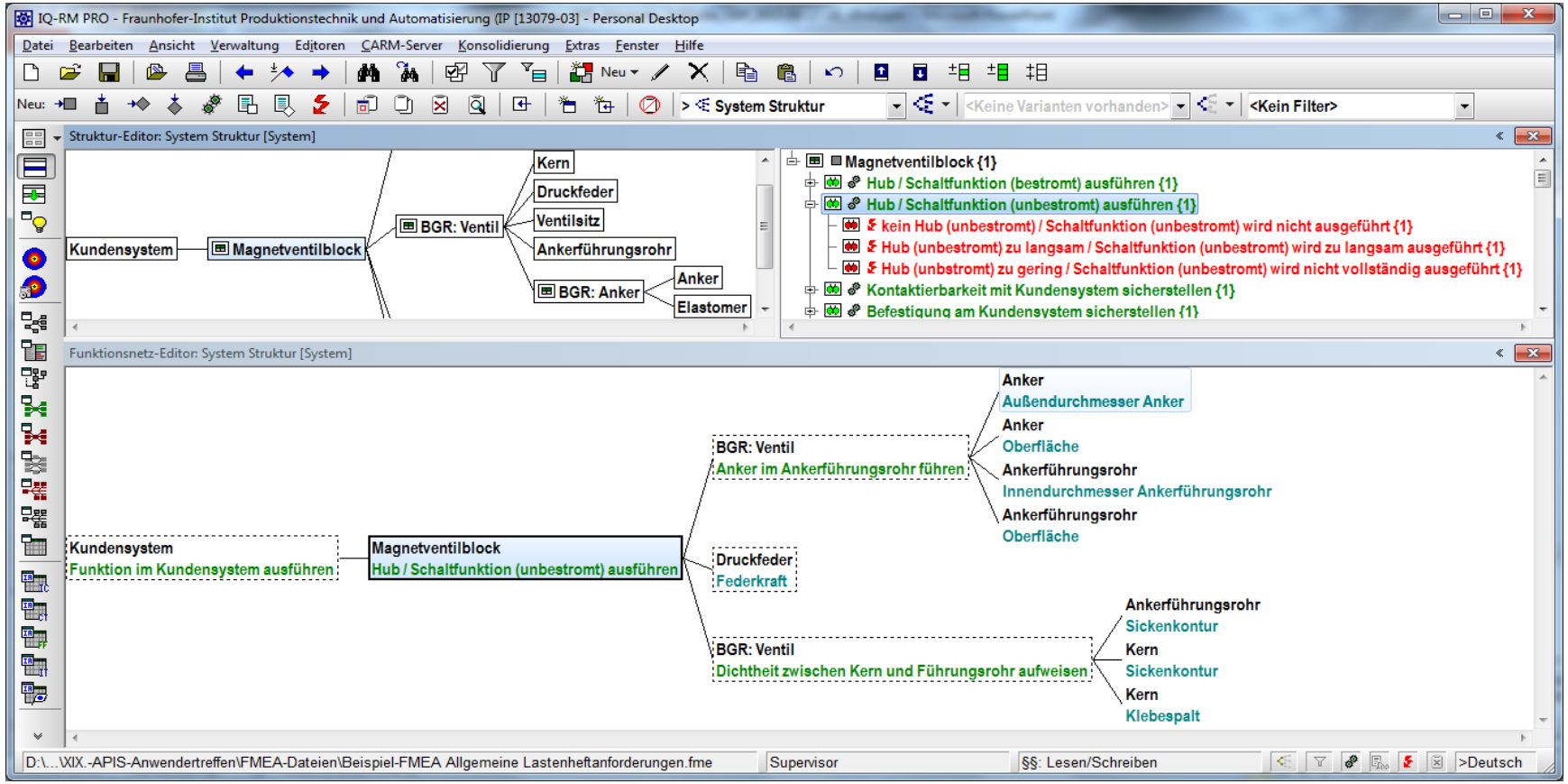
Fraunhofer IPA

Strukturierung in der Konstruktions-FMEA

Produktstrukturierung



Strukturierung

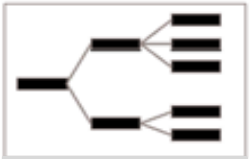


© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

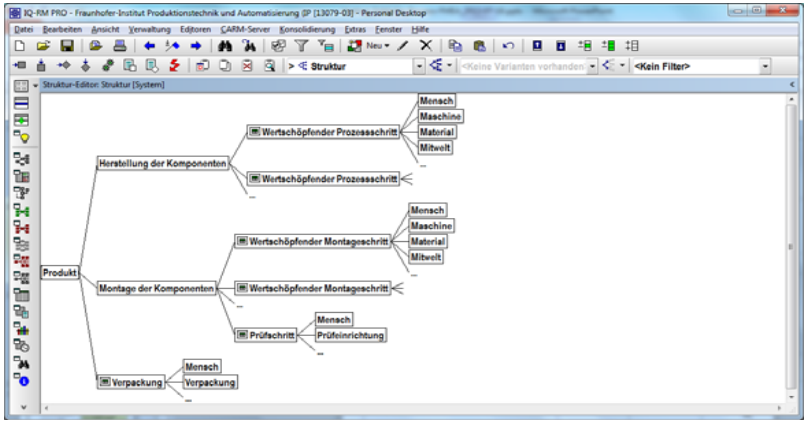
Strukturierung in der in der Prozess-FMEA

Wie tief muss ich meinen Prozess strukturieren?



Strukturierung

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

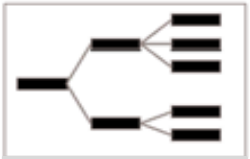


© Fraunhofer

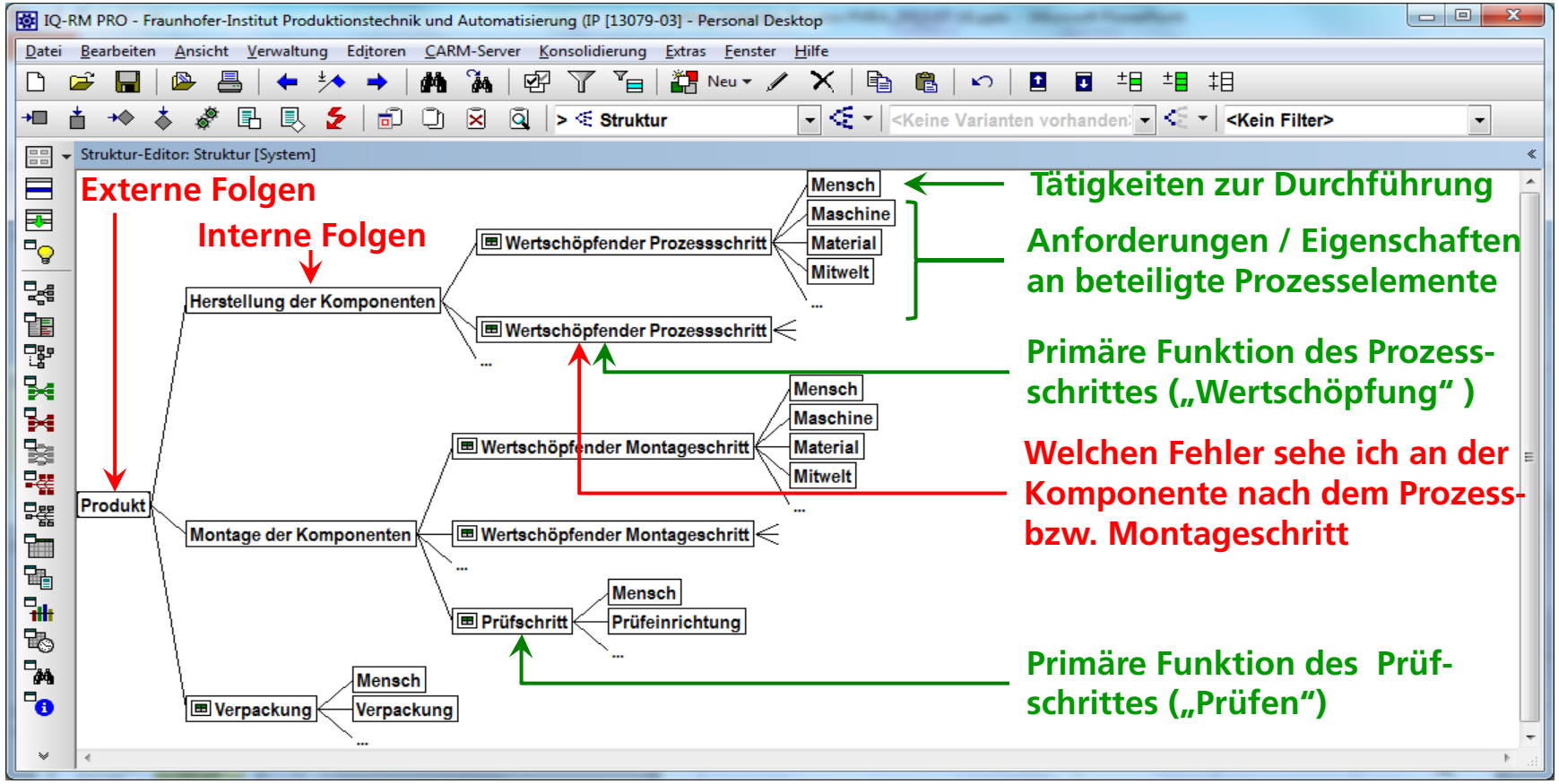
Fraunhofer IPA

Strukturierung in der in der Prozess-FMEA

Prozessstrukturierung



Strukturierung



© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

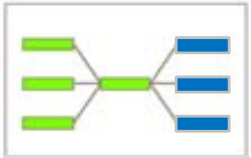
FUNKTIONEN, PRODUKT- UND PROZESSMERKMALE

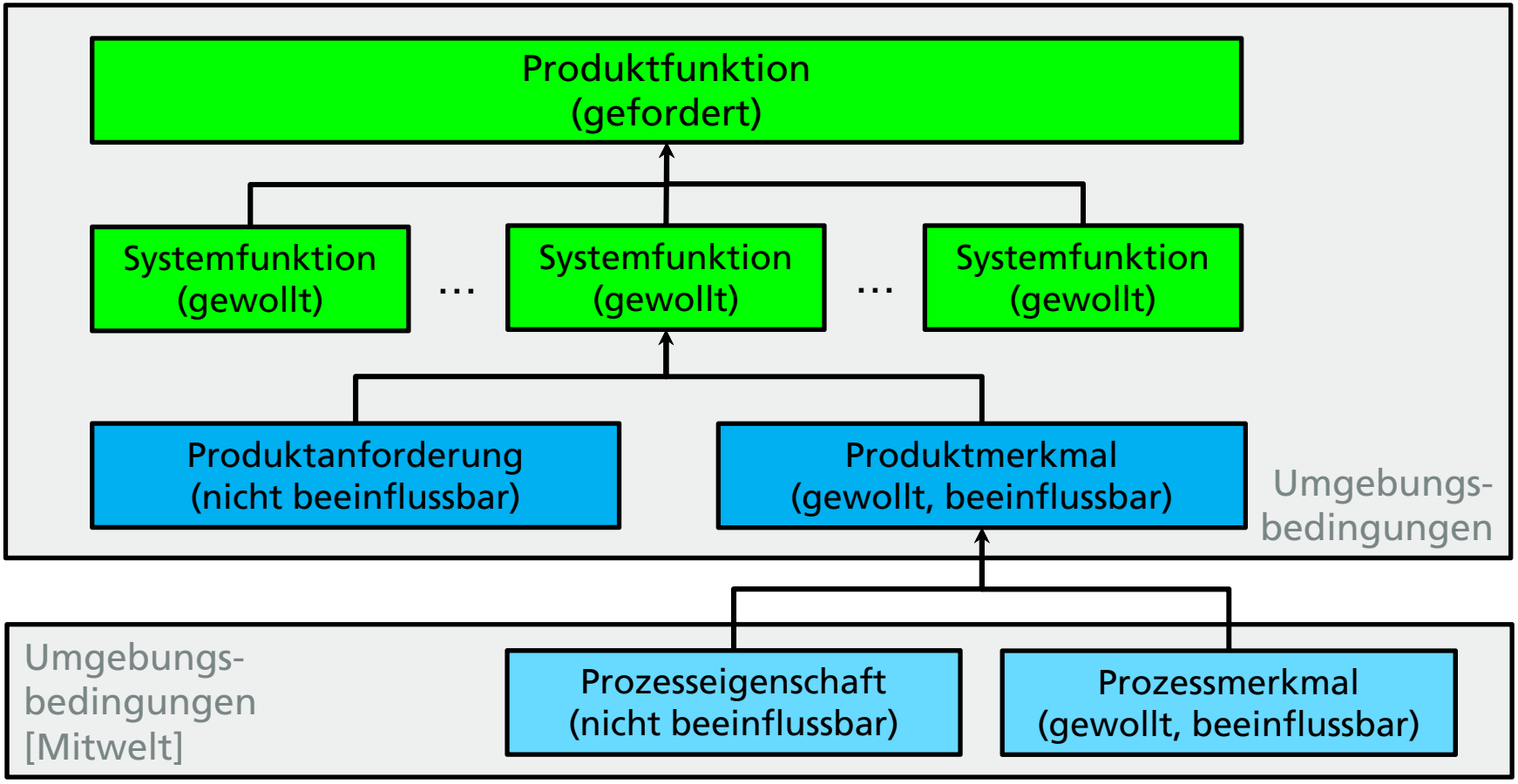
© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Funktionen, Produkt- und Prozessmerkmale

Zusammenhang zwischen Funktionen, Anforderungen und Merkmalen



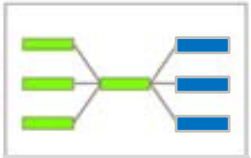


© Fraunhofer

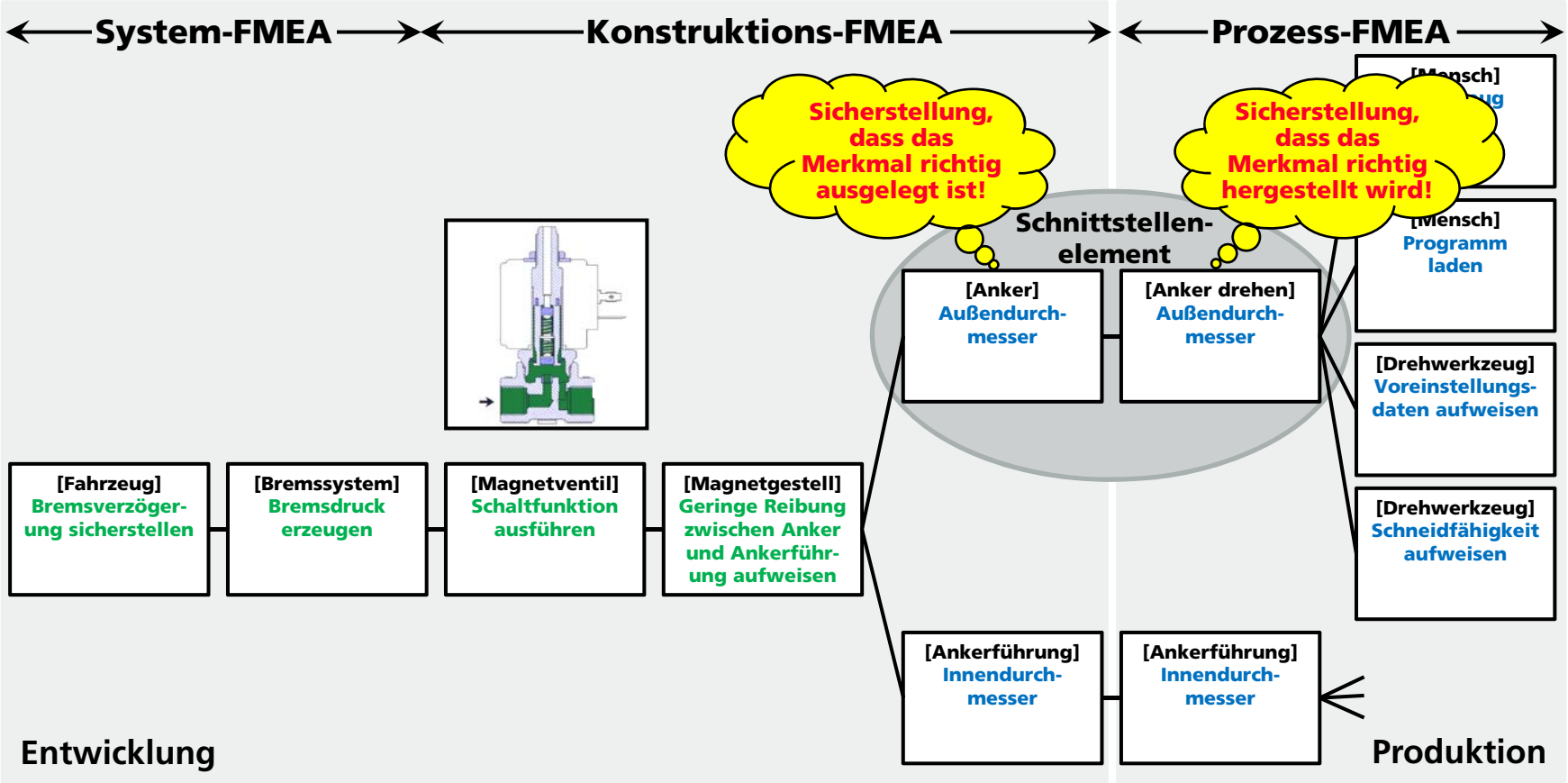
Fraunhofer IPA

Funktionen, Produkt- und Prozessmerkmale

Zusammenhang zwischen Funktionen und Merkmalen über die FMEA-Arten hinweg



Funktionen / Merkmale

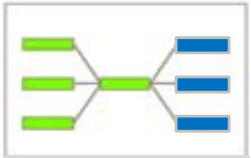


© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Funktions- und Produktmerkmalsdarstellung

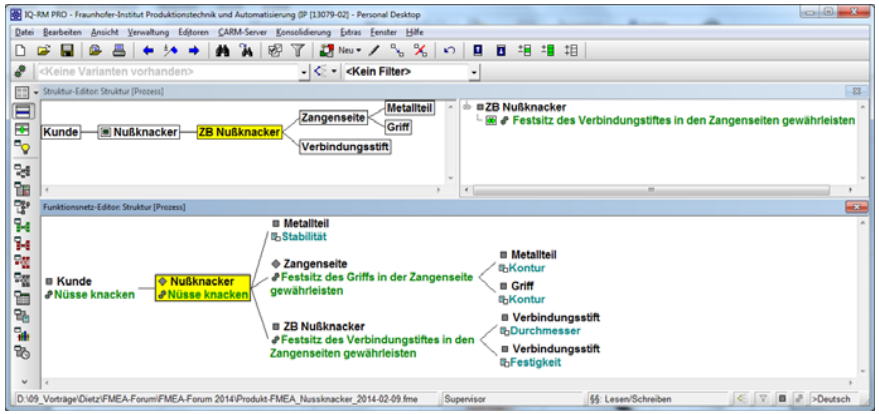
Funktions- und Produktmerkmalsdarstellung in der Konstruktions-FMEA



Funktionen / Merkmale

- Funktionen bestehen nur auf Produkt- und Baugruppenebene.
- Auf der Produktebene stehen nur Funktionen des Produktes.
- Produktmerkmale können auf Baugruppen- und Bauteilebene bestehen (Bauteile besitzen nur Produktmerkmale).
- Gegebenenfalls Erstellung künstlicher Systemelemente (z.B. ZB=Zusammenbau oder BGR=Baugruppe).

Bildquelle: http://cf.prod.hlpstr.de

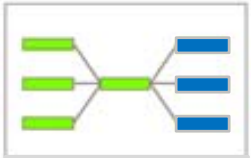


© Fraunhofer

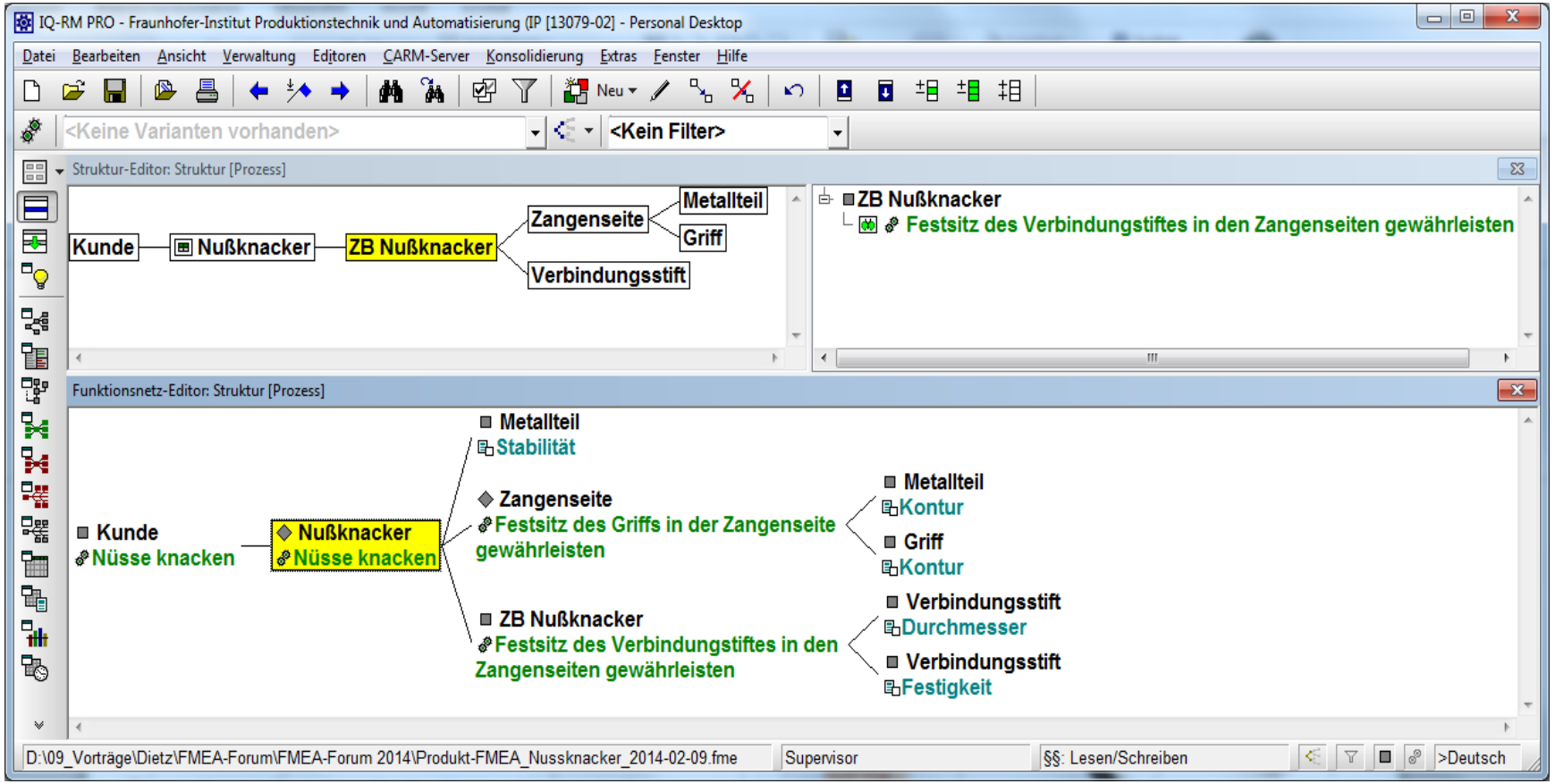
Fraunhofer IPA

Beispiel Nussknacker

Funktions- und Produktmerkmalsdarstellung in der Konstruktions-FMEA



Funktionen / Merkmale

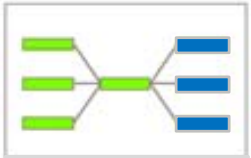


© Fraunhofer

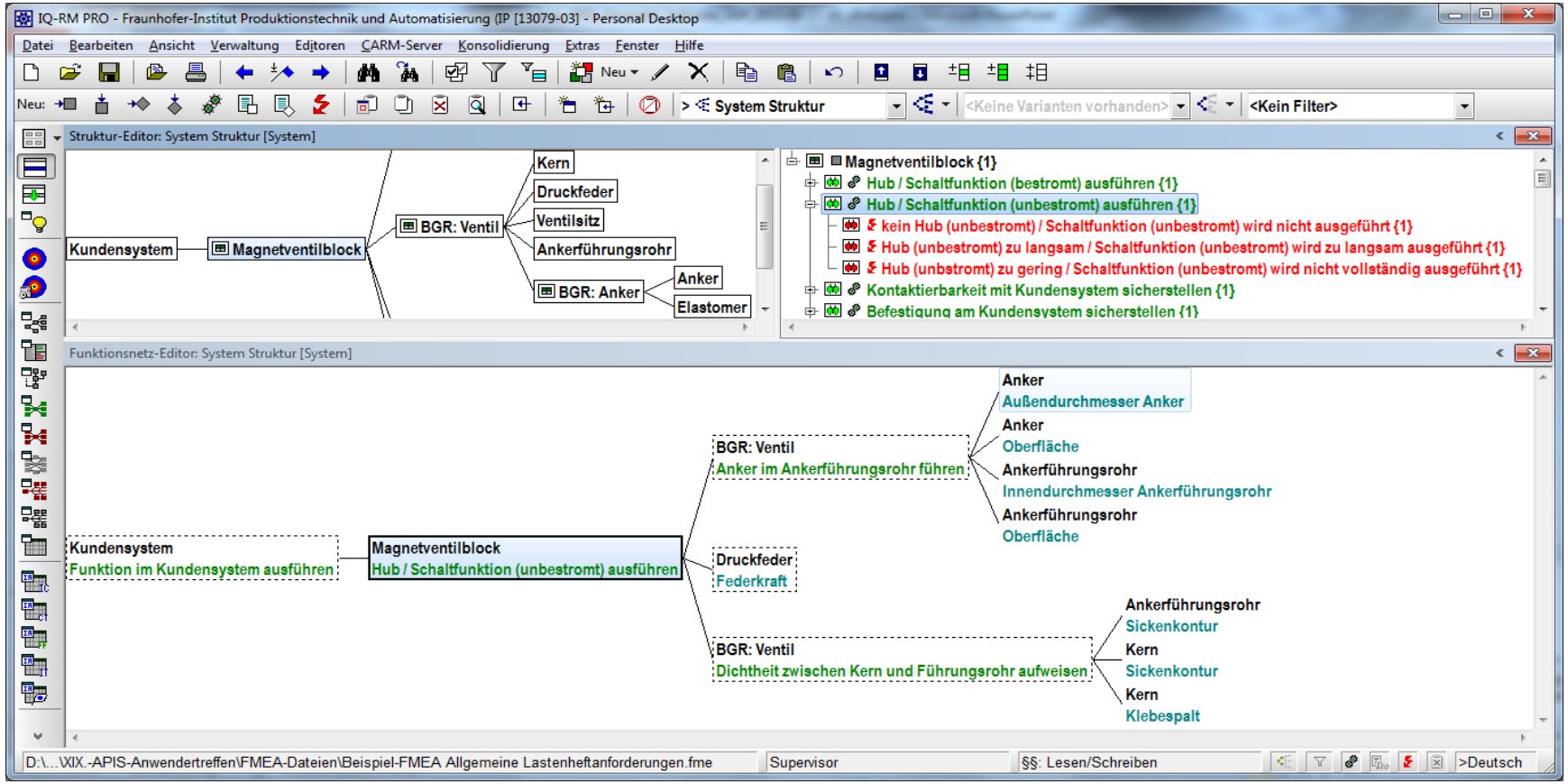
Fraunhofer IPA

Beispielsystem Magnetventil

Funktions- und Produktmerkmalsdarstellung in der Konstruktions-FMEA



Funktionen / Merkmale



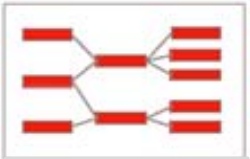
© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

RISIKOANALYSE

© Fraunhofer

Risikoanalyse
Welche Risiken werden betrachtet?



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

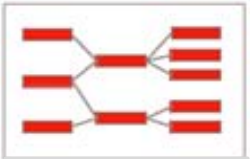
Bildquelle: www.motherjones.com/

	höherliegende Ebene			**Untersuchungsobjekt**			tieferliegende Ebene		
FMEA-Art	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal
System-FMEA	•			•			•		
Konstruktions-FMEA	•			•				•	
Prozess-FMEA	•			o	•				•

© Fraunhofer
Fraunhofer IPA

Risikoanalyse

Fehlfunktionen und Fehlermerkmalen auf Basis von Funktionen, Produkt- und Prozessmerkmalen

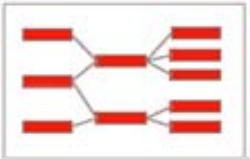


	höherliegende Ebene			**Untersuchungsobjekt**			tieferliegende Ebene		
FMEA-Art	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal	Funktion	Produktmerkmal	Prozessmerkmal
System-FMEA	●			●			●		
Konstruktions-FMEA	●			●				●	
Prozess-FMEA	●			○	●				●

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Risikoanalyse
Welche Risiken werden betrachtet?

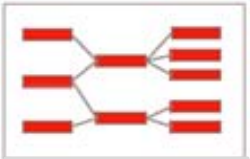

Risikoanalyse

- **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.

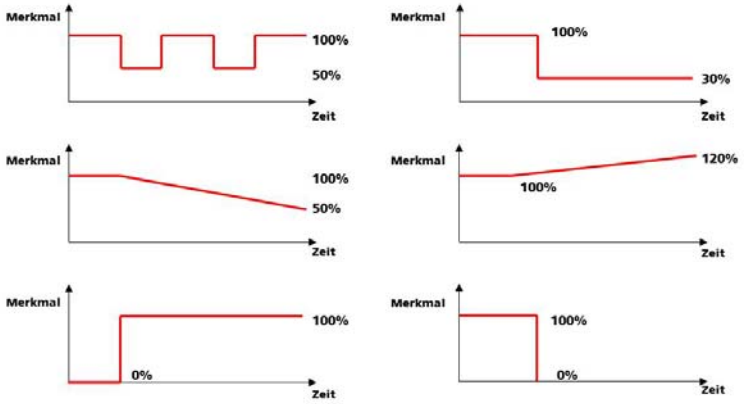
Bildquelle: http://www.silber.de/forum/

© Fraunhofer
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)

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

© Fraunhofer
Fraunhofer IPA

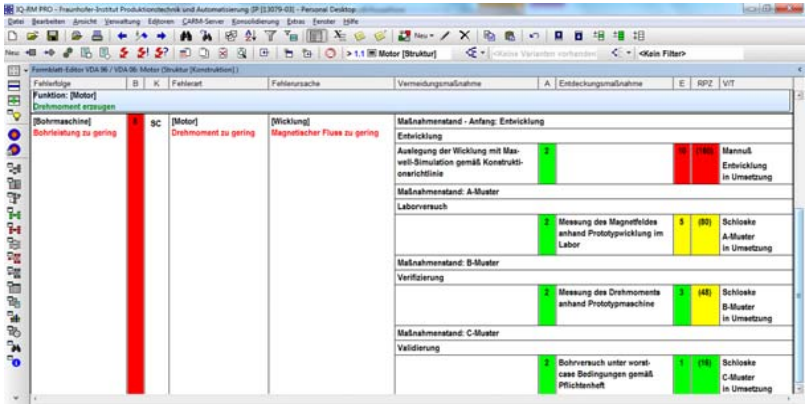
MAßNAHMENDEFINITION

© Fraunhofer

Maßnahmendefinition

Was gilt es bei Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen zu beachten?

Maßnahmenanalyse



- **Es wird zuerst der Ist-Zustand bewertet**
  - Aussagen wie „man sollte“, „jemand müsste“ oder „es wäre nicht schlecht, wenn …“ werden nicht im Anfangsstand diskutiert.
- **Für Verbesserungsmaßnahmen sind die Maßnahmenstände da**
  - Konstruktions-FMEA:
    Darstellung der chronologischen Produktentwicklung.
  - Prozess-FMEA:
    Darstellung der geplanten Verbesserungsmaßnahmen.

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Maßnahmendefinition

Chronologische Darstellung des Entwicklungsablaufes

Maßnahmenanalyse

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

Datei Bearbeiten Ansicht Verwaltung Editoren CARM-Server Konsolidierung Extras Fenster Hilfe

Neu: > 1.1 Motor [Struktur] <Keine Varianten vorhanden> <Kein Filter>

Formblatt-Editor VDA 96 / VDA 06: Motor (Struktur [Konstruktion])

Fehlerfolge	B	K	Fehlerart	Fehlerursache	Vermeidungsmaßnahme	A	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	V/T
Funktion: [Motor] Drehmoment erzeugen										
[Bohrmaschine] Bohrleistung zu gering	8	SC	[Motor] Drehmoment zu gering	[Wicklung] Magnetischer Fluss zu gering	Maßnahmenstand - Anfang: Entwicklung					
					Entwicklung					
					Auslegung der Wicklung mit Max-well-Simulation gemäß Konstrukti-onsrichtlinie	2		10	(160)	Mannuß Entwicklung in Umsetzung
					Maßnahmenstand: A-Muster					
					Laborversuch					
						2	Messung des Magnetfeldes anhand Prototypwicklung im Labor	5	(80)	Schloske A-Muster in Umsetzung
					Maßnahmenstand: B-Muster					
					Verifizierung					
						2	Messung des Drehmoments anhand Prototypmaschine	3	(48)	Schloske B-Muster in Umsetzung
					Maßnahmenstand: C-Muster					
					Validierung					
						2	Bohrversuch unter worst-case Bedingungen gemäß Pflichtenheft	1	(16)	Schloske C-Muster in Umsetzung

© Fraunhofer

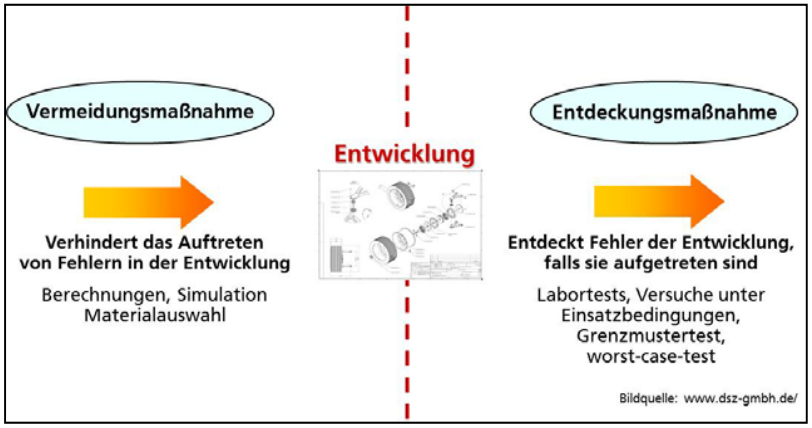
Fraunhofer IPA

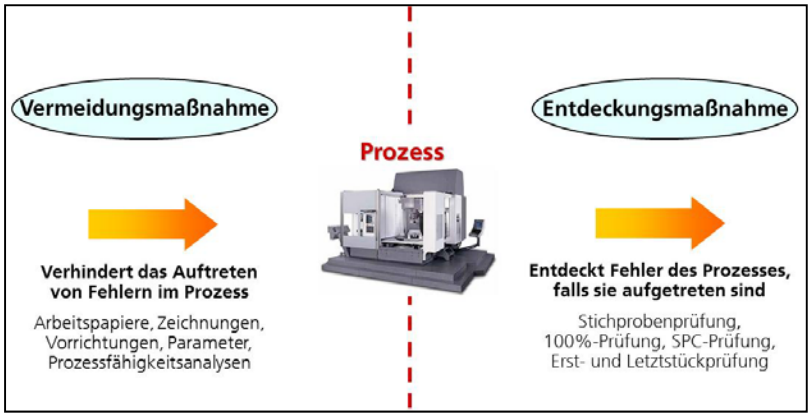
Maßnahmendefinition

Was gilt es bei Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen zu beachten?

Maßnahmenanalyse

- **Ein und dieselbe Maßnahme kann nur einmal verwendet werden**
  - Ein Maßnahme kann nur entweder als vermeidend oder als entdeckend gewertet werden.
- Beispiel
  - Eine Temperaturregelung ist eine Vermeidungsmaßnahme und kann nicht zusätzlich eine Entdeckungsmaßnahme sein.
  - Eine separate Temperaturüberwachung mit Warnmeldung ist eine Entdeckungsmaßnahme (sofern jemand darauf reagiert).





© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Maßnahmendefinition

Was gilt es bei Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen zu beachten?

Maßnahmenanalyse

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

http://www.sourcingmap.de

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

© Fraunhofer

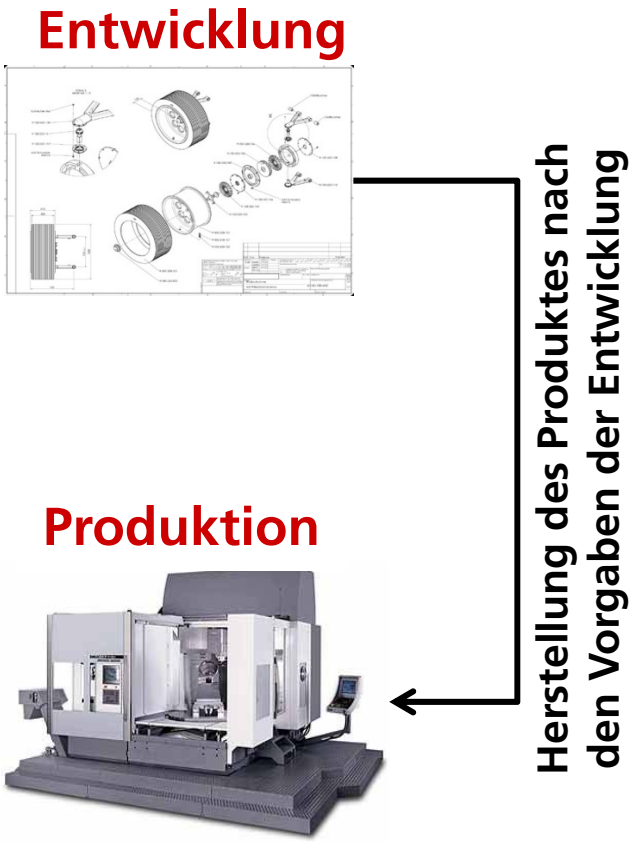
Fraunhofer IPA

Maßnahmendefinition

Was gilt es bei Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen zu beachten?

Maßnahmenanalyse

- **In der Konstruktions-FMEA sind keine Entdeckungsmaßnahmen aus der Fertigung erlaubt**
  - Einen zu klein dimensionierten Durchmesser wird die Fertigung nicht entdecken, da sie nur überprüfen kann, ob der Durchmesser dem Maß auf der Zeichnung entspricht.
  - Nur konstruktiv nicht beherrschbare Zusammenhänge (z.B. Paarung enger Toleranzen) können über 100% Prüfungen in der Fertigung abgesichert werden.



© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

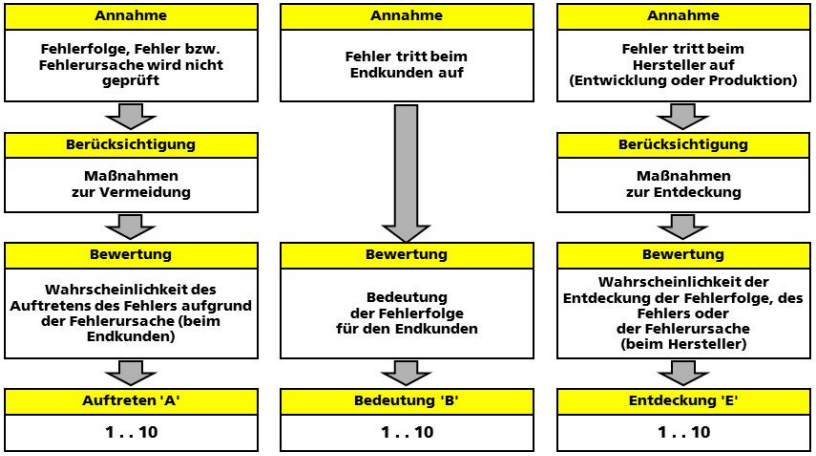
RISIKOBEWERTUNG

© Fraunhofer

Risikobewertung
Wie erfolgt eine korrekte Risikobewertung?

Risikobewertung

- **Alle drei Faktoren B, A und E müssen unabhängig von den anderen bewertet werden**
  - Falsch wäre die Aussage: „Der Fehler ist unbedeutend, da er nicht auftreten kann, weil wir ihn entdecken“ ☹.
- **Annahmen erleichtern die korrekte Risikobewertung**
  - A: Fehler wird nicht geprüft
  - B: Fehler tritt beim Kunden auf
  - E: Fehler ist aufgetreten



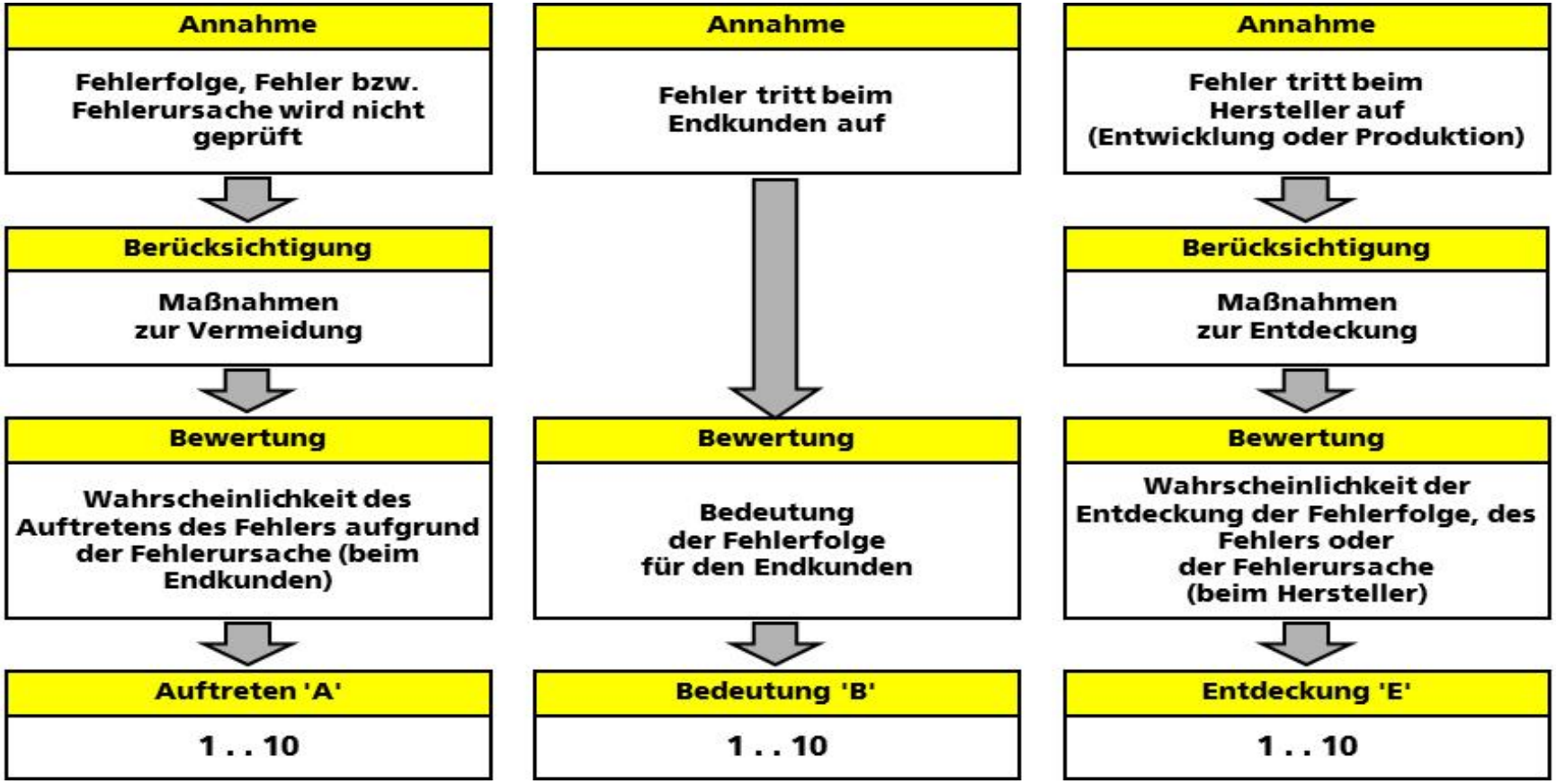
© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Risikobewertung

Annahmen für eine korrekte Risikobewertung

Risikobewertung



© Fraunhofer

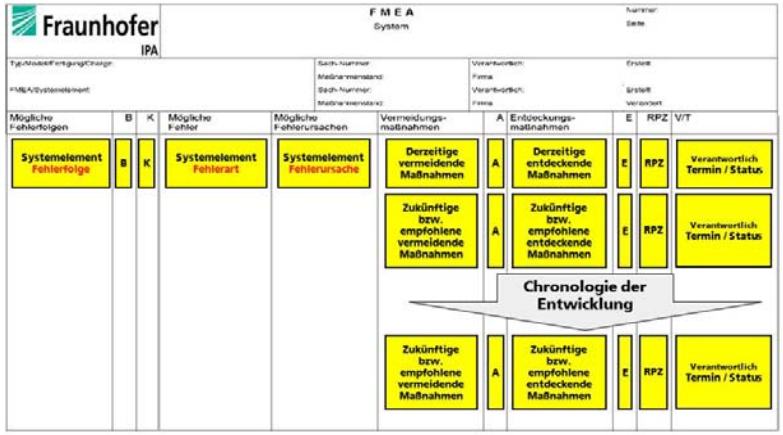
Fraunhofer IPA

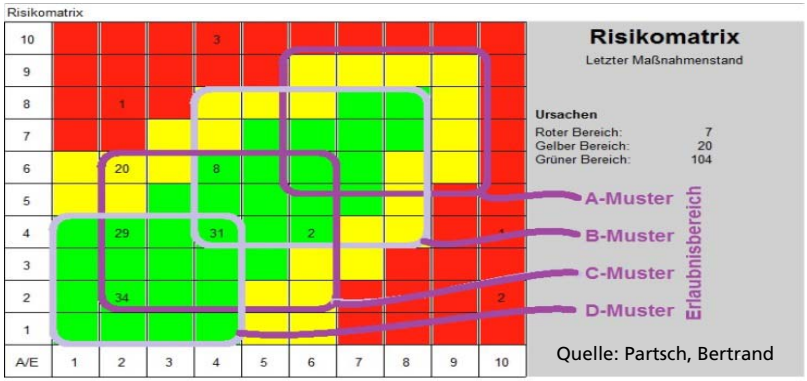
Risikobewertung

Warum ich nicht alle Maßnahmen in eine Zelle schreiben sollte

Maßnahmenanalyse

- **In frühen Phasen sind höhere Risiken erlaubt**
  - Bis zum SOP müssen alle relevanten Risiken beherrscht sein.
  - Wichtig ist es, früh zu wissen, ob man das Risiko im Griff hat.
  - Risiken, die erst spät entdeckt werden, gefährden den SOP.
- **Maßnahmen chronologisch in Maßnahmenständen aufführen**





© Fraunhofer

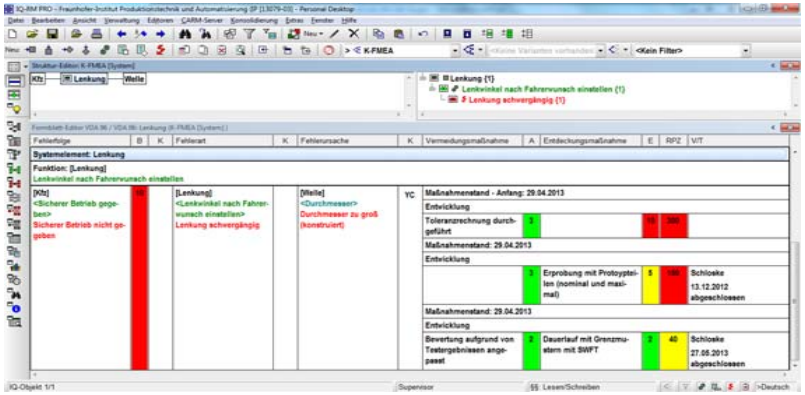
Fraunhofer IPA

Risikobewertung in der Konstruktions-FMEA

Valide Versuchsergebnisse erlauben die Reduzierung der Auftretenswahrscheinlichkeit

Risikobewertung

- **Entdeckungsmaßnahmen in der Konstruktions-FMEA (mit hoher Aussagekraft) sichern die Auftretenswahrscheinlichkeit ab**
  - Positiv durchgeführte Versuche erlauben eine Reduzierung der Auftretenswahrscheinlichkeit.
  - Negativ durchgeführte Versuche erfordern eine Erhöhung der Auftretenswahrscheinlichkeit.
- **Grund für Änderung der Bewertung im Formblatt dokumentieren:** „Auftreten aufgrund von Versuchsergebnissen angepasst“



© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Risikobewertung in der Konstruktions-FMEA

Reduzierung der Auftretenswahrscheinlichkeit durch Versuchsergebnisse

Risikobewertung

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

Datei Bearbeiten Ansicht Verwaltung Editoren CARM-Server Konsolidierung Extras Fenster Hilfe

Struktur-Editor: K-FMEA [System]

Kfz — Lenkung — Welle

Lenkung {1}
- Lenkwinkel nach Fahrerwunsch einstellen {1}
- Lenkung schwergängig {1}

Formblatt-Editor VDA 96 / VDA 06: Lenkung (K-FMEA [System])

Fehlerfolge	B	K	Fehlerart	K	Fehlerursache	K	Vermeidungsmaßnahme	A	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	V/T
Systemelement: Lenkung												
Funktion: [Lenkung] Lenkwinkel nach Fahrerwunsch einstellen												
[Kfz] <Sicherer Betrieb gegeben> Sicherer Betrieb nicht gegeben	10		[Lenkung] <Lenkwinkel nach Fahrerwunsch einstellen> Lenkung schwergängig		[Welle] <Durchmesser> Durchmesser zu groß (konstruiert)	YC	Maßnahmenstand - Anfang: 29.04.2013					
							Entwicklung					
							Toleranzrechnung durchgeführt	3		10	300	
							Maßnahmenstand: 29.04.2013					
							Entwicklung					
								3	Erprobung mit Protoypteilen (nominal und maximal)	5	150	Schloske 13.12.2012 abgeschlossen
							Maßnahmenstand: 29.04.2013					
							Entwicklung					
							Bewertung aufgrund von Testergebnissen angepasst	2	Dauerlauf mit Grenzmustern mit SWFT	2	40	Schloske 27.05.2013 abgeschlossen

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

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Risikobewertung in der Konstruktions-FMEA

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

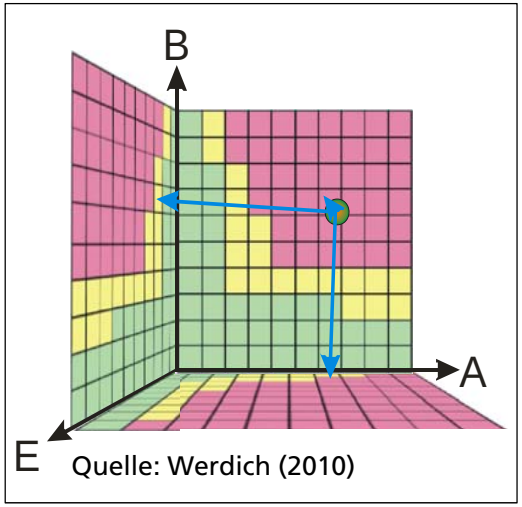
Risikobewertung

Ausgangszustand:

- **A = 9**
- **B = 10**
- **E = 1 (z.B. Crash-Test zum Entwicklungsende)**
- **RPZ = 90 (Projektverzug, hohe Änderungskosten)**

Optimierter Zustand:

- **A = 3 (z.B. Auslegung mittels FEM)**
- **B = 10**
- **E = 3 (z.B. Crashtest mit Prototyp in früher Phase)**
- **RPZ = 90 (ausreichende Reaktionsmöglichkeiten)**



Der Ampelfaktor bietet mehr Aussagekraft als die Risikoprioritätszahl

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Risikobewertung in der Prozess-FMEA

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

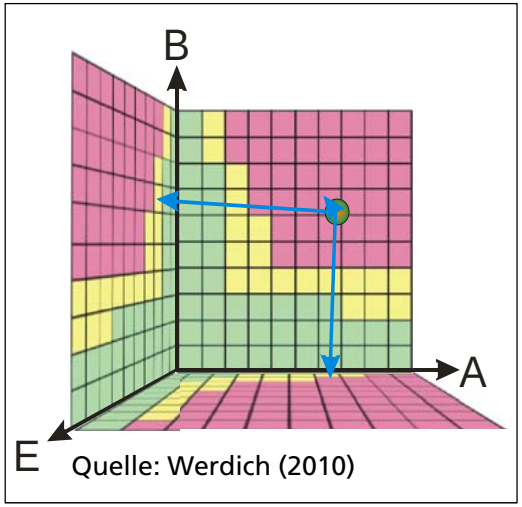
Risikobewertung

Ausgangszustand:

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

Optimierter Zustand:

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



Quelle: Werdich (2010)

Der Ampelfaktor bietet mehr Aussagekraft als die Risikoprioritätszahl

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Fehlerfolgenbewertung in der Prozess-FMEA

Warum es „Ausschuss“ und „Nacharbeit“ nicht ohne Fehlerfolge für den Kunden geben darf

- **Bewertung der „Top“-Fehlerfolge muss immer mit Bezug auf den Endkunden erfolgen**
  - Annahme: Fehlerfolge tritt aufgrund des Fehlers beim Endkunden auf
  - Risikobewertung: A und E zeigen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens beim Endkunden
- Beispiel:
  - Eine Bewertung des fehlenden Keils als Ausschuss führt zur “Verharmlosung” des Risikos -> B = 5.
  - Fehlen des Keils führt dazu, dass der Benutzer beim Crash unter dem Gurt “durchtaucht” -> B = 10

Anti-Submarining-Keil im PU-Schaum

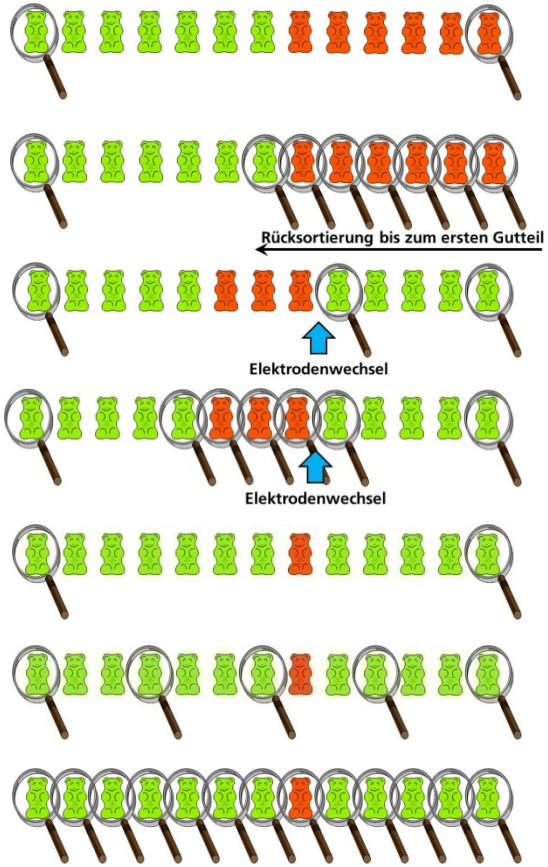
© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Risikobewertung in der Prozess-FMEA

Systematische und zufällige Fehler in der Produktion

- **Die Planung der geeigneten Prüfmaßnahme in der Prozess-FMEA erfolgt auf Basis der Fehlerursache (Unterscheidung zwischen Fehlern mit systematischen oder zufälligen Fehlerursachen)**
  - Erststückprüfung zur Prozessfreigabe und nach Prozessveränderungen (z.B. Rüsten, Schichtbeginn, Chargenwechsel, Bandstillstand, …).
  - Systematische Fehler lassen sich durch Erststückprüfung, Stichprobenprüfung und Letztstückprüfung mit der Möglichkeit der 100%-Rücksortierung im Fehlerfalle sicher auffinden.
  - Zufällige Fehler lassen sich nur durch eine 100%-Prüfungen auffinden.



© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

PRÄSENTATION VON FMEAS GEGENÜBER KUNDEN

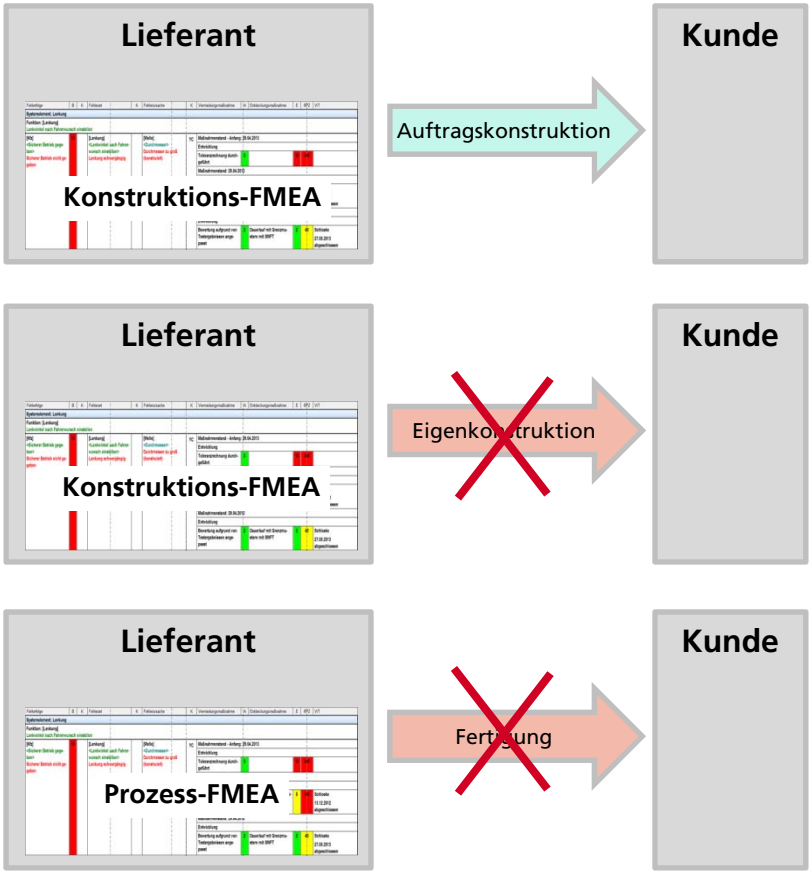
© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Weitergabe von FMEAs
Präsentation von FMEAs

Projektmanagement

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

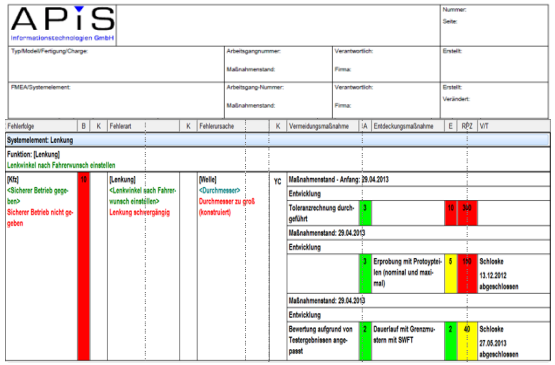


© Fraunhofer
Fraunhofer IPA

Präsentation von FMEAs
Präsentation im Formblatt oder in der FMEA-Software?

Projektmanagement

- **Präsentation auf Papier bzw. im Formblatt**
  - Sinnvoll, wenn man dem Gegenüber nicht all zu viel Einblicke geben möchte.
  - Geeignet bei lückenhafter FMEA.



- **Präsentation in der FMEA-Software**
  - Sinnvoll, wenn man offen auf den Kunden eingehen kann und möchte.
  - FMEA muss vollständig und top-gepflegt sein.
  - Generell sollte nur vom „eigenen Rechner“ aus präsentiert werden.

© Fraunhofer
Fraunhofer IPA

LEBENDES DOKUMENT

© Fraunhofer

FMEA als lebendes Dokument

Wie lange lebt eine FMEA und wann wird sie aktualisiert?

Optimierung

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

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

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

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

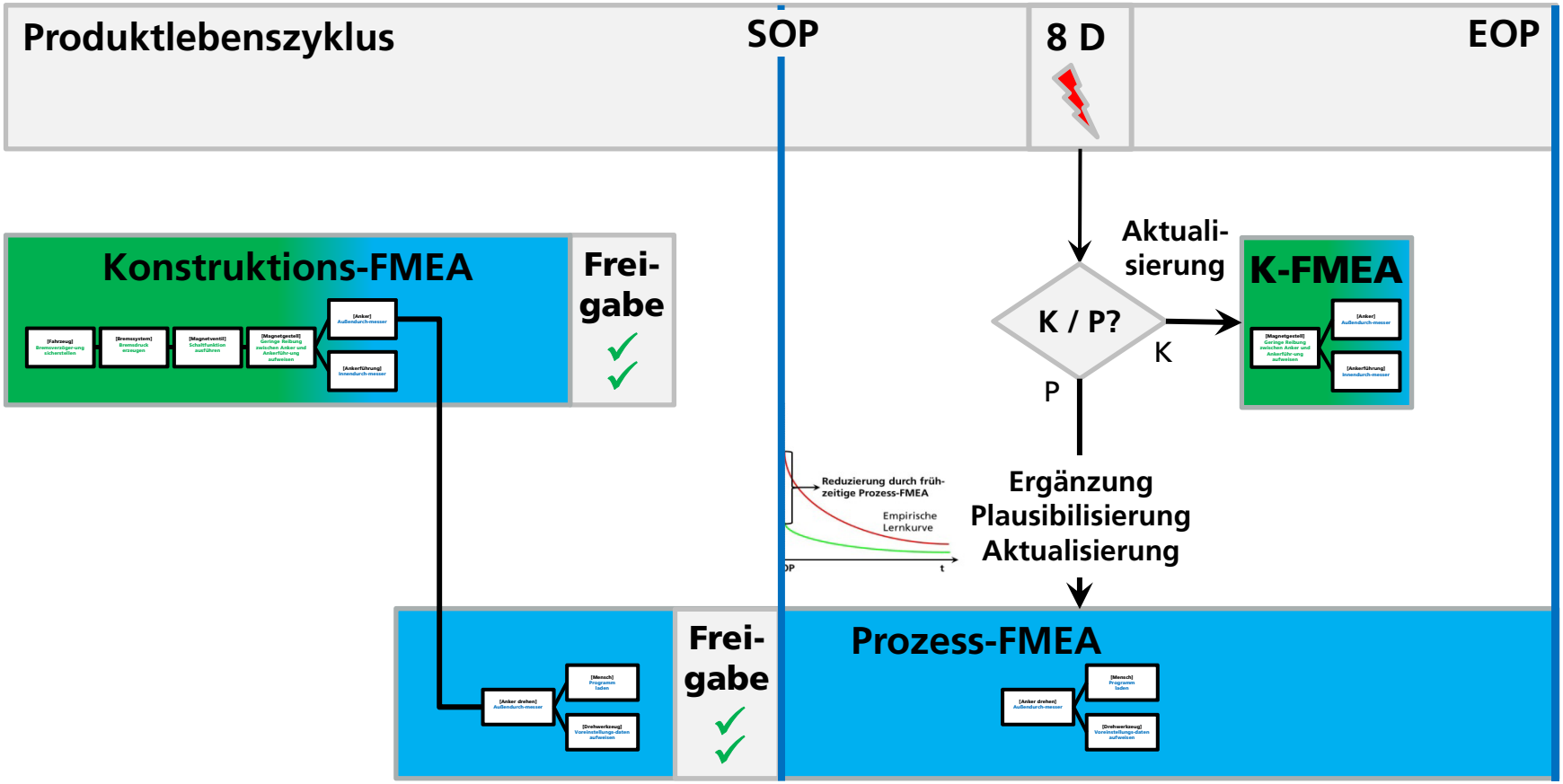
© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

FMEA als lebendes Dokument

Aktualisierung der FMEA über den Produktlebenszyklus

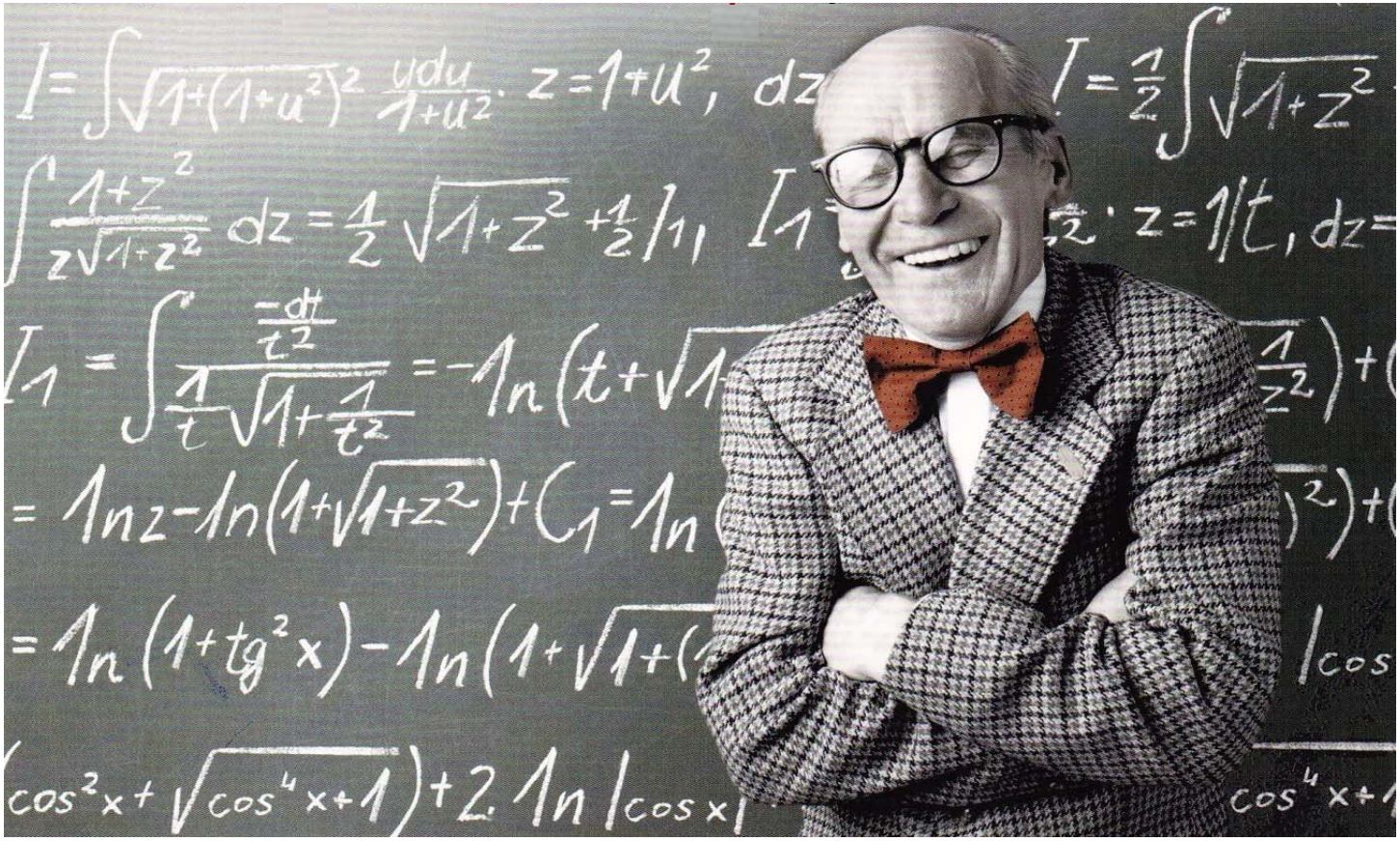
Optimierung



© Fraunhofer

Fraunhofer IPA

Ich hoffe, ich konnte Ihnen ein paar meiner Lieblings-Regeln zur FMEA vermitteln. Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



Bildquelle: Undercover Postcards

© Fraunhofer

Fraunhofer IPA