

STARKES STUDIUM.
PRIMA ZUKUNFT.



Sicherheitstechnik, 5. Vorlesung (Safety Technology)

Campus Heilbronn

Campus Künzelsau

Reinhold-Würth-Hochschule

Campus Schwäbisch Hall

Fred Härtelt, Heilbronn

Beispiel (2011): AKW Unfall in Fukushima

VIER JAHRE FUKUSHIMA

Katastrophe ohne Ende

Vor vier Jahren bebte in Japan die Erde. Der Unfall in der Atomkraftanlage Fukushima Daiichi veränderte das asiatische Land - und das 9.000 Kilometer entfernte Deutschland. Überstanden ist das Unglück noch immer nicht.

- ▶ Erdbeben führt zu einem Verlust der Anbindung an das öffentliche Stromnetz
- ▶ Kettenreaktion durch Schnellabschaltung gestoppt
- ▶ Tsunami führt zu einem Abschalten der Notstromversorgung in den Blöcken 1-4
- ▶ Dadurch keine Kühlung der Brennelemente mehr möglich, ebenso Ausfall des Nebenkühlwassersystems



Quellen: www.handelsblatt.de, www.bfs.de

Sicherheitstechnik: zeitlicher Überblick

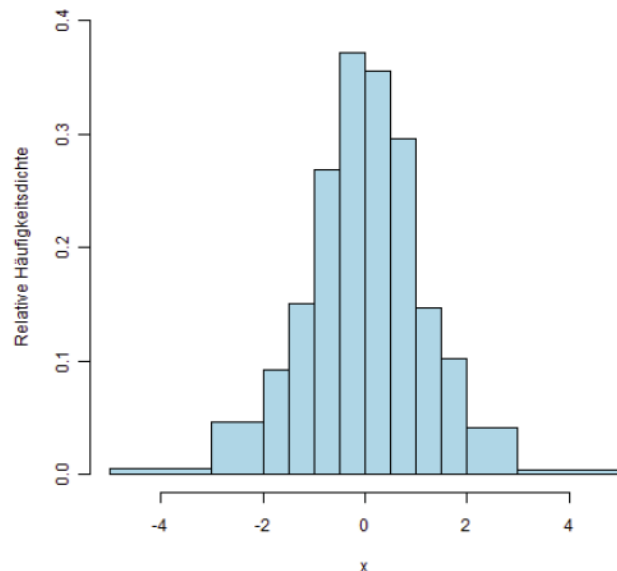
- ▶ 1. V: Definition Sicherheit, Normen und Vorschriften (14.03.2022)
- ▶ 2. V: Festlegung von Grenzen und Gefährdungen (21.03.2022)
- ▶ 3. V: Risikobeurteilung, -minimierung, Risikograph (28.03.2022)
- ▶ 4. V: Verteilungsfunktion, Ausfallraten, Fehlerbeherrschung (04.04.2022)
- ▶ **5. V: Fehlervermeidung, Fehlerentdeckung, FMEA (11.04.2022)**
- ▶ Keine Vorlesung am 18.04.2022 (Ostermontag)
- ▶ Keine Vorlesung am 25.04.2022
- ▶ 6. V: Redundanz, Strukturierungsmaßnahmen, FTA (02.05.2022)
- ▶ 7. V: Berechnung von Ausfallraten, FMEDA, Aufgabenstellung Belegarbeit, **Einteilung der Gruppen** (09.05.2022)
- ▶ 8. V: Prozess vs. Technik, Besonderheiten HW/SW, Zuverlässigkeit SW Entwicklungsprozess, Bsp. Belegarbeit, **Beginn der Gruppenarbeit** (16.05.2022)
- ▶ Rückfragen bezüglich Gruppenarbeit am 23.05., 30.05. und 13.06.2022 (WebEx)
- ▶ Abgabetermin der Gruppenarbeiten: **20.06.2022** (vor Beginn der Präsentationen)
- ▶ Präsentationstermine der Gruppen: **20.06.2022** (vorläufiger Stand)

Sicherheitstechnik: Wiederholung

► Verteilungsfunktion

Normalverteilung als eine beispielhafte
Verteilungs-funktion

(weitere: Hypergeometrische Verteilung,
Binominalverteilung, Poissonverteilung, ...)



$$p(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Sicherheitstechnik: Wiederholung

► Fehlerrate & Fehlerbeherrschung:



Table 3.4 Indicative values for failure modes of electronic components (%)

Component	Shorts	Opens	Drift	Functional
Digital bipolar ICs	50* ^Δ	30*	—	20
Digital MOS ICs	20 ^Δ	60*	—	20
Linear ICs	—	25 ⁺	—	75 ⁺⁺
Bipolar transistors	85	15	—	—
Field effect transistors (FET)	80	15	5	—
Diodes (Si) general purpose Zener	80	20	—	—
	70	20	10	—
Thyristors	20	20	50	10 [◇]
Optoelectronic devices	10	50	40	—
Resistors, fixed (film)	—	40	60	—
Resistors, variable (Cermet)	—	70	20	10 [#]
Capacitors foil ceramic Ta (solid) Al (wet)	15	80	5	—
	70	10	20	—
	80	15	5	—
	30	30	40	—
Coils	20	70	5	5
Relays	20	—	—	80 [†]
Quartz crystals	—	80	20	—

* input and output half each; ^Δ short to V_{CC} or to GND half each; ⁺ no output;
⁺⁺ improper output; [◇] fail to off; [#] localized wearout; [†] fail to trip / spurious trip $\approx 3/2$

Sicherheitstechnik: Wiederholung

► Gefahren und Risikoanalyse



		C1	C2	C3
S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	ASIL A
	E4	QM	ASIL A	ASIL B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	ASIL A
	E3	QM	ASIL A	ASIL B
	E4	ASIL A	ASIL B	ASIL C
S3	E1	QM	QM	ASIL A
	E2	QM	ASIL A	ASIL B
	E3	ASIL A	ASIL B	ASIL C
	E4	ASIL B	ASIL C	ASIL D

S: Estimation of potential severity

Class	S0	S1	S2	S3
Description	No injuries	Light and moderate injuries	Severe and life threatening injuries (survival probable)	Life threatening injuries (survival uncertain), fatal injuries

E: Estimation of probability of exposure in driving and operating situation

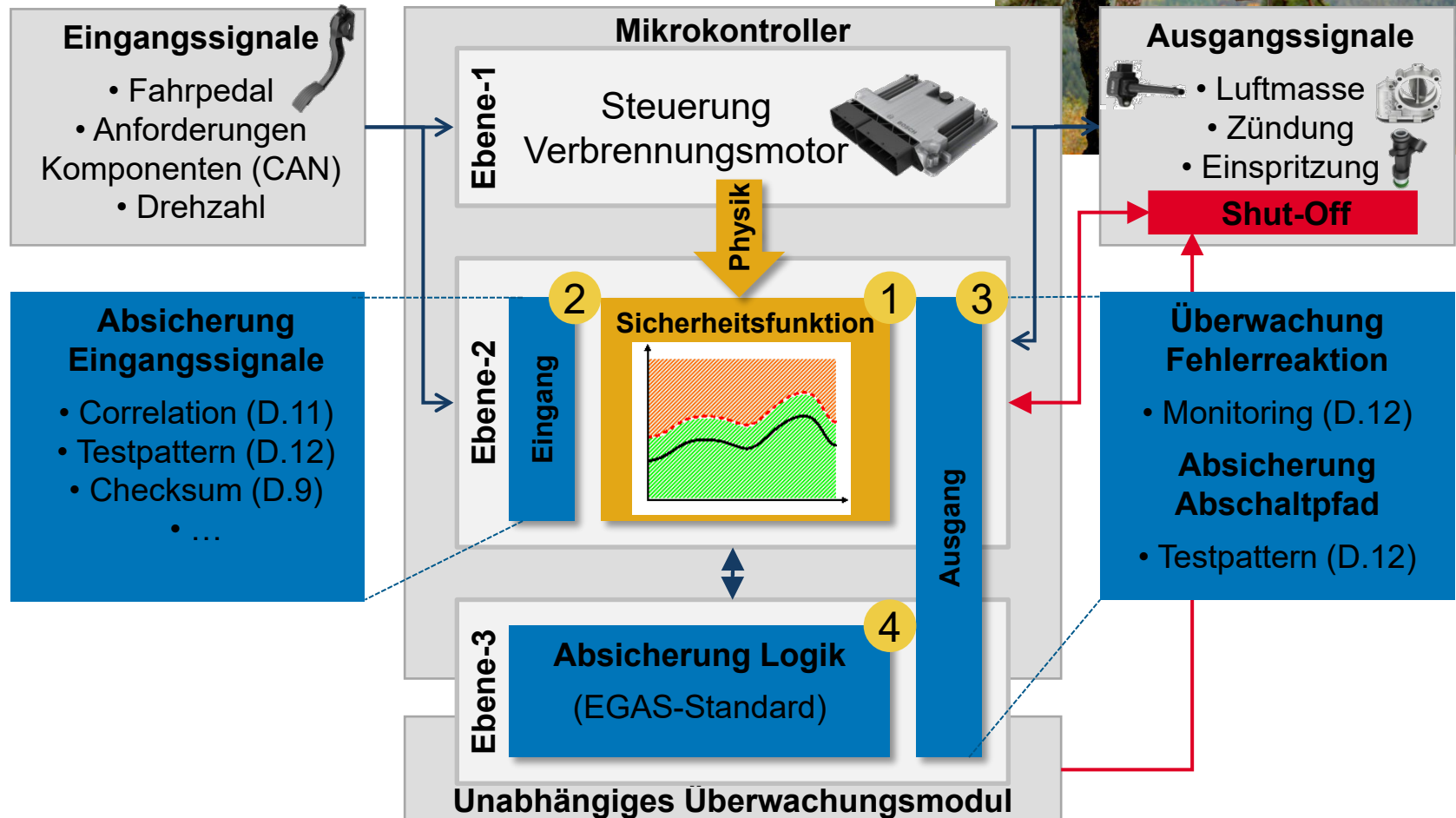
Class	E1	E2	E3	E4
Description	Very low probability	Low probability	Medium probability	High probability

C: Estimation of controllability

Class	C0	C1	C2	C3
Description	Controllable in general	Simply controllable	Normally controllable	Difficult to control or uncontrollable

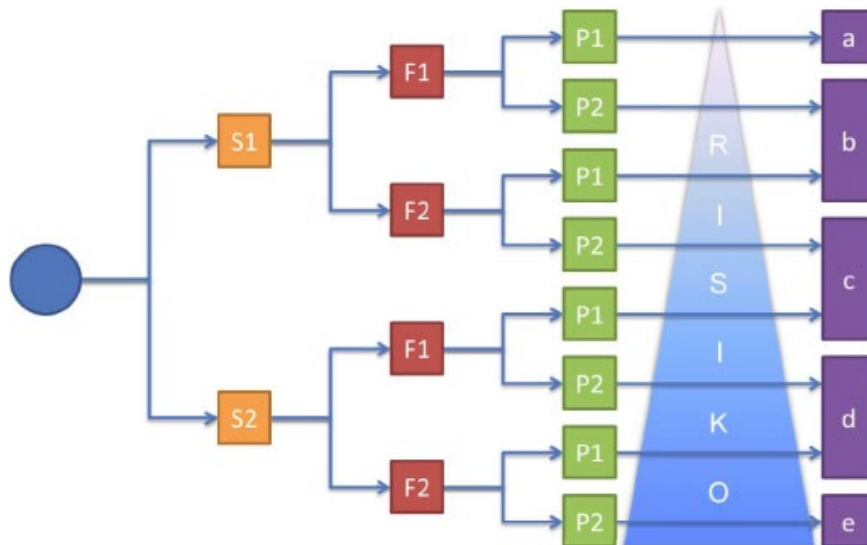
Sicherheitstechnik: Wiederholung

► Sicherheitskonzept



Beispiel

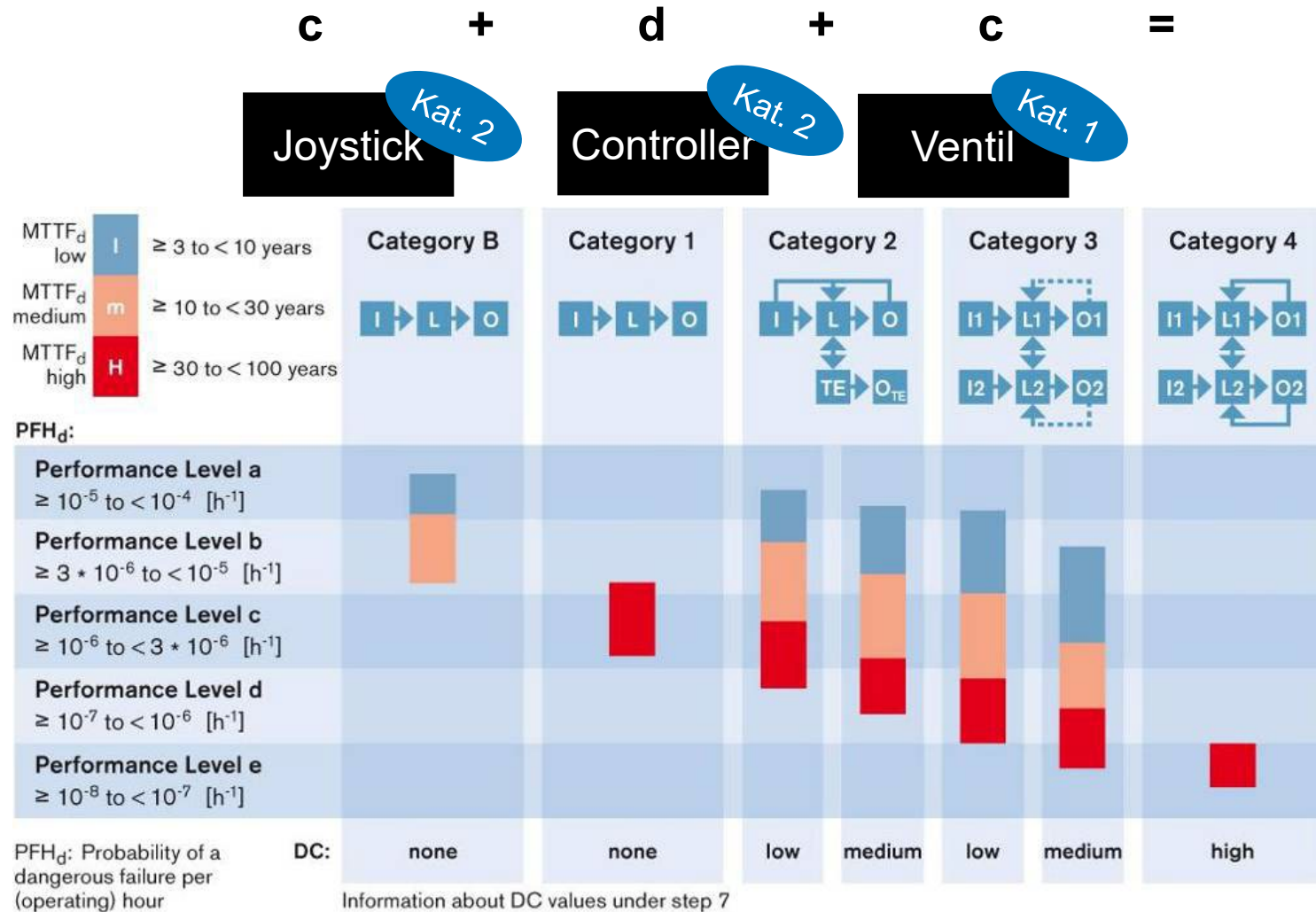
Prevent unexpected start-up of the telescopic movement



Measure	SIL	PL _r
e.g. safety function (SF)	3	e
e.g. safety function (SF)	2	d
e.g. safety function (SF)	1	c
Other measure or SF	-	b
Other measure or SF	-	a

Quelle: Nach [4]

Beispiel



Beispiel



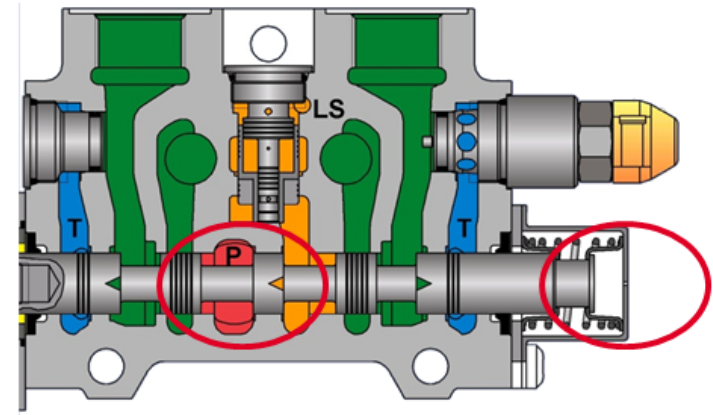
1. Risikobeurteilung und –minderung
2. Identifikation der Sicherheitsfunktionen
3. Bestimmen des PL_r
4. Auswahl der Systemarchitektur
5. Modellieren des Systems als Blockdiagramm
6. Fehler und Diagnose
7. Bestimmen des PL
8. **Bewerten der Robustheit der Steuerung - Fehlervermeidung**
9. **Software-Anforderungen**
10. **Verifizieren und Validieren**

Quelle: Nach [4]

Beispiel

8. Bewerten der Systemrobustheit

- **Komponentenhersteller**
 - Bestätigen der für seine Komponente zutreffenden Sicherheitsprinzipien
 - Spezifizieren der Einsatzgrenzen und -voraussetzungen
- **Maschinenhersteller:** Anwenden der zutreffenden Sicherheitsprinzipien auf Maschinenebene
- **Betreiber:** Beachten der Vorgaben der Betriebsanleitung
- **Common Cause Fehlerbewertung:**
Nur anwendbar für Kategorie 2 bis 4
- **Weitere Maßnahmen gegen systematische Fehler**



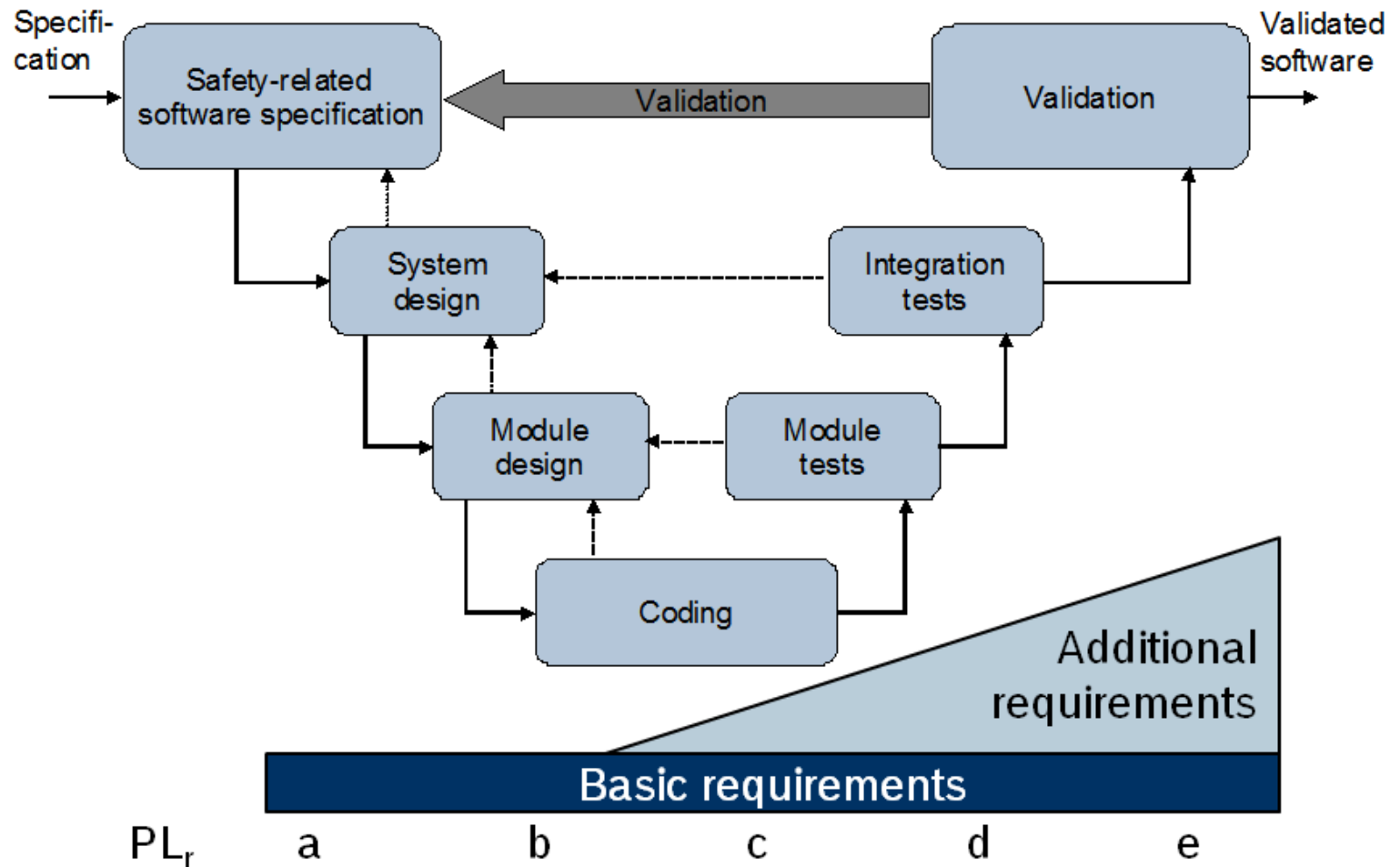
Beispiel:

Grundlegendes Sicherheitsprinzip: Energietrennung

Bewährtes Sicherheitsprinzip: Gesicherte Position

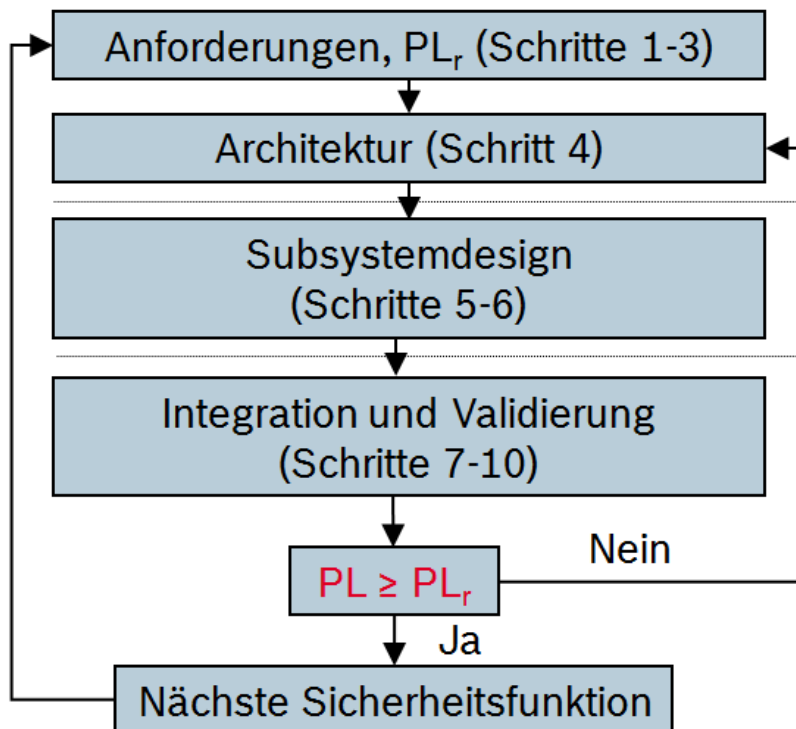
Beispiel

9. Software-Anforderungen



Beispiel

10. Verifikation und Validierung



Beispielhafte Verifikation

- Risikobeurteilung
 - Maschinen-Sicherheitskonzept
 - SISTEMA-Modell
-
- Komponenten-Sicherheitskonzept
 - Bestätigung MTTF_d, Maßnahmen für DC
-
- Bestätigung der qualitativen Anforderungen
 - Software-Analysen & -Test
 - Systemtest

Fehlervermeidung

- ▶ Fehlervermeidung erfolgt durch die Reduzierung von (Rest)-Fehlerraten
- ▶ Verschiedenste Analyseverfahren (FMEA, FTA, FMEDA) werden angewandt
- ▶ Standardisierte Prozesse können zur Fehlervermeidung beitragen
- ▶ Eine 100%ige Fehlervermeidung ist nicht zu erreichen, jedoch kann die Fehlereintrittswahrscheinlichkeit reduziert werden!

Fehlerentdeckung

- ▶ Fehler können durch verschiedene Analyseverfahren entdeckt werden
- ▶ Gewisse Standardisierte Methoden oder Verfahren gewähren eine höhere Sicherheit zur Fehlerentdeckung
- ▶ Ziel ist es mit geeigneten Verfahren die Auftretenswahrscheinlichkeit zu reduzieren

Sicherheitstechnik

Inhalte

- ▶ Definition Sicherheit
- ▶ Aktuelle Normen und Vorschriften
- ▶ Methoden und Verfahren
 - ▶ Risikobeurteilung und –minderung, Risikograph
 - ▶ Verteilungsfunktionen, Ausfallraten, Fehlerbeherrschung und Vermeidung, Fehlerentdeckung, Redundanz
 - ▶ Strukturierungsmaßnahmen, FMEA, FTA, FMEDA u.a.
 - ▶ Unterscheidung Prozess vs. Technik
- ▶ Besonderheiten hinsichtlich Hardware und Software (Zuverlässigkeit SW Entwicklungsprozess)

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

► Was ist eine FMEA?

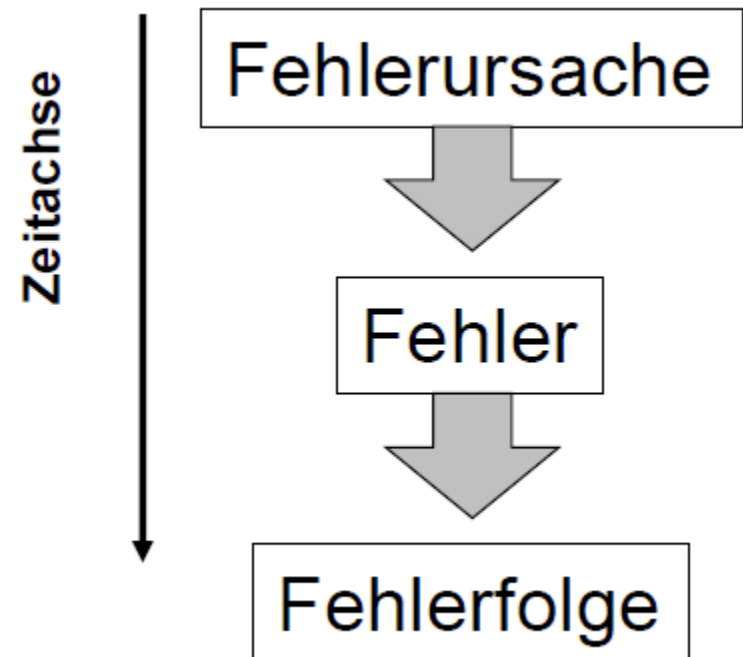
- Systematische Methode, um Risiken durch Einzelfehler zu analysieren
- Gewichtung der Risiken um Schwerpunkte zu erkennen
- Bewertung von Auftretens- und Eintrittswahrscheinlichkeiten von potentiellen Fehlern
- Durchführung im Team
- Verschiedene Arten von FMEAs (Produkt-FMEA, Prozess-FMEA, Design-FMEA, System-FMEA, Hardware-FMEA, Software-FMEA...)
- Bestandteil des Qualitätsmanagementsystems (Standard in der Branche, siehe z.B. VDA 6.1, QS-9000, ISO/TS 16949)

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analys

► Ziele:

- Präventives Erkennen der Zusammenhänge von potentiellen Fehlern, Ursachen und Folgen
- Priorisierung der Ursachen-Wirkungsketten bezüglich ihrem Risiko
- Präventive Einleitung von Abstellmaßnahmen für Ursachen-Wirkungsketten mit hohen Risiken



Quelle:

http://www.umsetzer.com/fileadmin/eigene_Dateien/PDF/Themen/131203_FMEA_tqu_die_Umsetzer.pdf

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

► Konkrete Ziele:

- Steigerung der Zuverlässigkeit von Produkten und Prozessen
- Auffinden von Schwachstellen am Produkt / Prozess
- Minimierung von Risiken durch das „Know-how“ aller Fachleute
- störungsarme Serienanläufe
- Reduzierung von Garantiekosten
- Transparenz erhöhen
- bessere Produkte und Dienstleistungen
- wirtschaftliche Fertigung
- Steigerung der innerbetrieblichen Kommunikation
- Wissensaustausch

Quelle:

http://www.umsetzer.com/fileadmin/eigene_Dateien/PDF/Themen/131203_FMEA_tqu_die_Umsetzer.pdf

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

- ▶ **System-FMEA:** Risikomanagement für komplexe Systeme und das Zusammenspiel der einzelnen Subsysteme untereinander, d.h. wichtige funktionale Zusammenhänge der System-elemente müssen aufgezeigt werden. Einsatzgebiet sind die Produkt- und Prozess-entwicklung.
- ▶ **Produkt-FMEA (auch Konstruktions -, Design- oder Entwicklungs-FMEA):** Risikomanagement für ganze Produkte bzw. einzelne Baugruppen / Komponenten eines Produkts
- ▶ **Prozess-FMEA:** Risikomanagement für Produktions- und Montageprozesse, Logistik oder für Geschäftsprozesse im allgemeinen. Die Systemelemente Mensch, Maschine, Material und Mittel bieten Ansatzpunkte für mögliche Fehler.

Quelle:

http://www.umsetzer.com/fileadmin/eigene_Dateien/PDF/Themen/131203_FMEA_tqu_die_Umsetzer.pdf

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

► Beispiel: Unterschiede FMEA

	System-FMEA Aufzug	Konstr.-FMEA Dichtungsring	Prozess-FMEA Loch bohren
Funktionen / Q-Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Last heben / senken (500 kg) • Last halten (2000 kg) • Kabine positionieren (+/- 1 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • innen / aussen abdichten (Spez.) • beständig gegen Säure und Lauge (Spez.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Durchmesser bohren (5 h 7) • Tiefe bohren (9 +/- 0.1 mm) • Oberfläche gestalten (RZ 0.5)

Quelle:

http://www.umsetzer.com/fileadmin/eigene_Dateien/PDF/Themen/131203_FMEA_tqu_die_Umsetzer.pdf

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

► Bewertung:

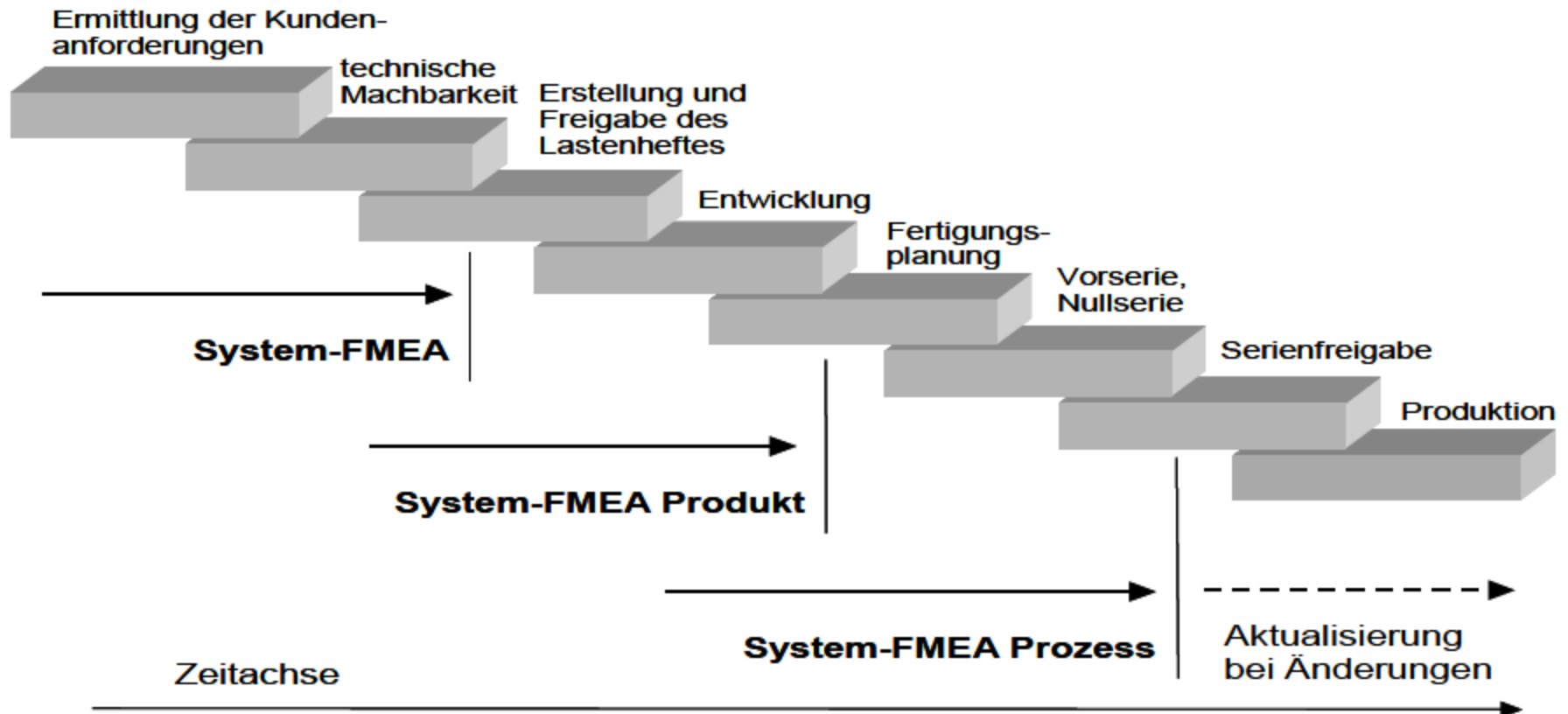
- B: Bedeutung der Fehlerfolgen aus Kundensicht
- A: Auftretenswahrscheinlichkeit eines Fehlers mit einer bestimmten Fehlerursache
- E: Entdeckungswahrscheinlichkeit eines Fehlers mit einer bestimmten Ursache
- Bewertungskatalog: 1-10
- Risikoprioritätszahl (RPZ) = $B \times A \times E$
- Abstellmaßnahmen sind bei hohen RPZ durchzuführen (früherer Wert: 100) z.B. durch eine Vermeidung oder Entdeckung von Fehlern

Quelle:

http://www.umsetzer.com/fileadmin/eigene_Dateien/PDF/Themen/131203_FMEA_tqu_die_Umsetzer.pdf

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen



Quelle:

http://www.umsetzer.com/fileadmin/eigene_Dateien/PDF/Themen/131203_FMEA_tqu_die_Umsetzer.pdf

FMEA

Fehler- Möglichkeits- und Einfluss- Analyse

Element	Ursache-Wirkungs-Analyse			derzeitiger Zustand				Veränderung		geänderter Zustand					
Funktionen / Q-Merkmale	potentielle Fehler	potentielle Folgen	potentielle Ursachen	Verhütung Prüfung	Auftreten	Bedeutung	Entdeckung	Risiko	Empfohlene Maßnahme	Verantwortung Termine, Ziele	getroffene Maßnahmen	Auftreten	Bedeutung	Entdeckung	Risiko neu
Funktion	Fehler 1	Folge 1	Ursache 1	V: P:	↑		↑								
			Ursache 2	V: → P: →	●		●								
		Folge 2	Ursache 1	V: P:											
			Ursache 2	V: P:											
	Fehler 2	Folge 1	Ursache 1	V: P:											
			Ursache 2	V: P:											
		Folge 2	Ursache 1	V: P:											
			Ursache 2	V: P:											

Quelle:

http://www.umsetzer.com/fileadmin/eigene_Dateien/PDF/Themen/131203_FMEA_tqu_die_Umsetzer.pdf

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

Bedeutung (B)

Bedeutung (Auswirkung auf den Kunden)	Bewertung
Es ist unwahrscheinlich, dass der Fehler irgendeine wahrnehmbare Auswirkung auf das Verhalten des Produkts oder Systems haben könnte. Der Kunde wird den Fehler wahrscheinlich nicht bemerken.	1
Der Fehler ist unbedeutend und der Kunde wird nur geringfügig belästigt. Der Kunde wird wahrscheinlich nur eine geringfügige Beeinträchtigung des Systems bemerken.	2–3
Mittelschwerer Fehler, der Unzufriedenheit bei einigen Kunden auslöst. Der Kunde wird die Beeinträchtigung bemerken und dadurch belästigt sein.	4–6
Schwerer Fehler, der den Kunden verärgert. Sicherheitsaspekte oder gesetzliche Überschreitungen sind aber nicht betroffen.	7–8
Äußerst schwerer Fehler, der zum „Liegenbleiben“ führt oder möglicherweise die Sicherheit und/oder die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften beeinträchtigt.	9–10

Quelle: QZ-online.de

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

Auftretens-
wahrscheinlichkeit (A)

Wahrscheinlichkeit des Auftretens	Häufigkeit	Bewertung
Es ist unwahrscheinlich, dass ein Fehler auftritt.	→ 0	1
sehr gering: die Konstruktion entspricht generell früheren Entwürfen, für die verhältnismäßig geringe Fehlerzahlen gemeldet wurden.	1/20.000	2
	1/10.000	3
gering: die Konstruktion entspricht generell früheren Entwürfen, bei denen gelegentlich, aber nicht in größerem Maße, Fehler auftraten.	1/2.000	4
	1/1.000	5
	1/200	6
mäßig: die Konstruktion entspricht generell Entwürfen, die in der Vergangenheit immer wieder Schwierigkeiten verursachten.	1/100	7
	1/20	8
hoch: Es ist nahezu sicher, dass Fehler in größerem Umfang auftreten werden.	1/10	9
	1/2	10

Quelle: QZ-online.de

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

Entdeckungswahrscheinlichkeit (E)

Wahrscheinlichkeit der Entdeckung	Bewertung
Hoch (größer 99,99 %); funktioneller Fehler, der nahezu sicher bei den nächsten Arbeitsgängen bemerkt wird.	1
Mittel (größer 99,7 %); offensichtlicher Fehler, der z. B. 100 % automatisch geprüft wird und den Kunden wahrscheinlich nicht erreichen wird.	2 bis 5
Gering (größer 98 %); leicht zu erkennender Fehler, der z. B. mit einer 100 % Funktionsprüfung kontrolliert wird.	6 bis 8
Sehr gering (mindestens 90 %); nicht leicht zu erkennendes Fehlermerkmal, das 100 % visuell oder manuell geprüft wird.	9
Unwahrscheinlich; verdeckter Fehler, der in der Fertigung oder Montage nicht erkannt wird, da das Merkmal nicht geprüft wird bzw. werden kann.	10

Quelle: QZ-online.de

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

RPZ	Fehlerrisiko	Handlungsbedarf	Maßnahmen
$100 \leq \text{RPZ} \leq 1.000$	hoch	dringender Handlungsbedarf	müssen formuliert und umgesetzt werden
$50 \leq \text{RPZ} \leq 100$	mittel	Handlungsbedarf	sollten formuliert und umgesetzt werden
$2 \leq \text{RPZ} \leq 50$	akzeptabel	kein zwingender Handlungsbedarf	können formuliert und umgesetzt werden
$\text{RPZ} = 1$	keines	kein Handlungsbedarf	keine

Quelle:
 Organisationshandbuch
 BUND

FMEA

Fehler- Möglichkeiten- und Einfluss- Analysen

1. Schritt Systemelemente und Systemstruktur definieren



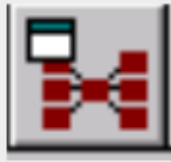
- **Blockschaltbild** bzw. Prozessflussdiagramm erstellen
- **Systemelemente** identifizieren und **Systemstruktur** erstellen
- **Verantwortlichkeiten** festlegen

2. Schritt Funktionen und Funktionsstrukturen festlegen



- **Funktionen/ Merkmale** in die Struktur eintragen (z.B. BT-FU-Matrix)
- Funktionen verknüpfen => Funktionsnetz

3. Schritt Fehleranalyse durchführen



- **Potentielle Fehlerarten** beschreiben
- **Fehlerfolgen und Fehlerursachen** ermitteln
- Fehlfunktionen verknüpfen => Fehlernetz

4. Schritt Risikobewertung vornehmen



- Im FMEA-Formblatt
- **Bedeutung der Fehlerfolge (B)** ermitteln
 - Ist-Zustand der **Auftretenswahrscheinlichkeit (A)** und **Entdeckungswahrscheinlichkeit (E)** bewerten
 - **Risikoprioritätszahl (RPZ = B x A x E)** berechnen

5. Schritt Optimierung einleiten und umsetzen



- Im FMEA-Formblatt
- **Rangfolge der Risiken bilden und Risiken analysieren**
 - **Verbesserungsmaßnahmen mit Bewertung festlegen**
 - **Verantwortliche und Termine benennen**
 - **Verbesserungsmaßnahmen einführen**

Quelle: VDA 4.2

FMEA

Fehler- Möglichkeits- und Einfluss- Analyse

Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse				Teil-Benennung Fahrzeugsür, Fahrerseite				Teil-Nummer 95DJ-2345-4AA							
System-FMEA <input type="checkbox"/> Konstruktions-FMEA <input checked="" type="checkbox"/> Prozess-FMEA <input type="checkbox"/>				Modell / System / Fertigung Auto 2000 - XYZ				Datum 23.01.95							
Bestätigung durch betroffene Abteilung und/oder Lieferant		Name / Abteilung / Lieferant Firma S. Friedrich & Co.		Name / Abteilung / Lieferant D. Meyer, Labor 46		Erstellt durch (Name / Abt.) A. Schmidt, Konstruktion 234-fg		Überarbeitet Datum 05.08.95							
System-/ Konstruktions- komponente, Prozessablauf	Mögliche Fehler			Derzeitiger Zustand				empfohlene Abstellmaß- nahmen	Verant- wortlich- keit	Verbesserter Zustand					
	Art	Folgen	Ursachen	Kontroll- maßnahmen	Auftreten	Bedeutung	RPZ			Kontroll- maßnahmen	Auftreten	Bedeutung	RPZ		
Fahrzeugsür Ein- und Aus- stieg für Fahr- zeug schützt Fahrer gegen Wetter- einfluss, Geräü- sche und seit- lichen Aufprall dient als Be- festigung für Türbeschlag- teile	Korrosion im unteren Teil des Tür- außenblechs (innen)	Verkürzte Lebens- dauer der Tür führt zu schlechtem Aussehen durch Rost Wasser- eintritt	Nicht aus- reichend dicke Wachs- schicht spezifiziert Nicht geeig- nete Wachs- art spezifi- ziert Wachs er- reicht nicht die vorge- sehene Stelle	Fahrzeug- Dauerhaltbar- keitsprüfung T-118 T-109 T-301	4	7	7	196	zusätzlicher verschärfter Korrosionstest	A. Schmidt Abt. Konst. 234-fg	Testergebnisse (Test Nr. 1358) bestätigen bis- herige Wachs- dicke	2	7	2	28
				physikalischer und chemischer Labortest Bericht Nr. 23G	2	7	2	28	keine	—	—				
				Untersuchung an der Konstruktion	8	7	6	336	Prozess des Wachsein- bringens mit Prozess-FMEA untersuchen	FMEA-Team Leitung: Fertigung	Prozess-FMEA durchgeführt (Blatt Nr. 23 Pr)	3	7	2	42

Quelle: QZ-online.de

FMEA: Vorteile und Nachteile

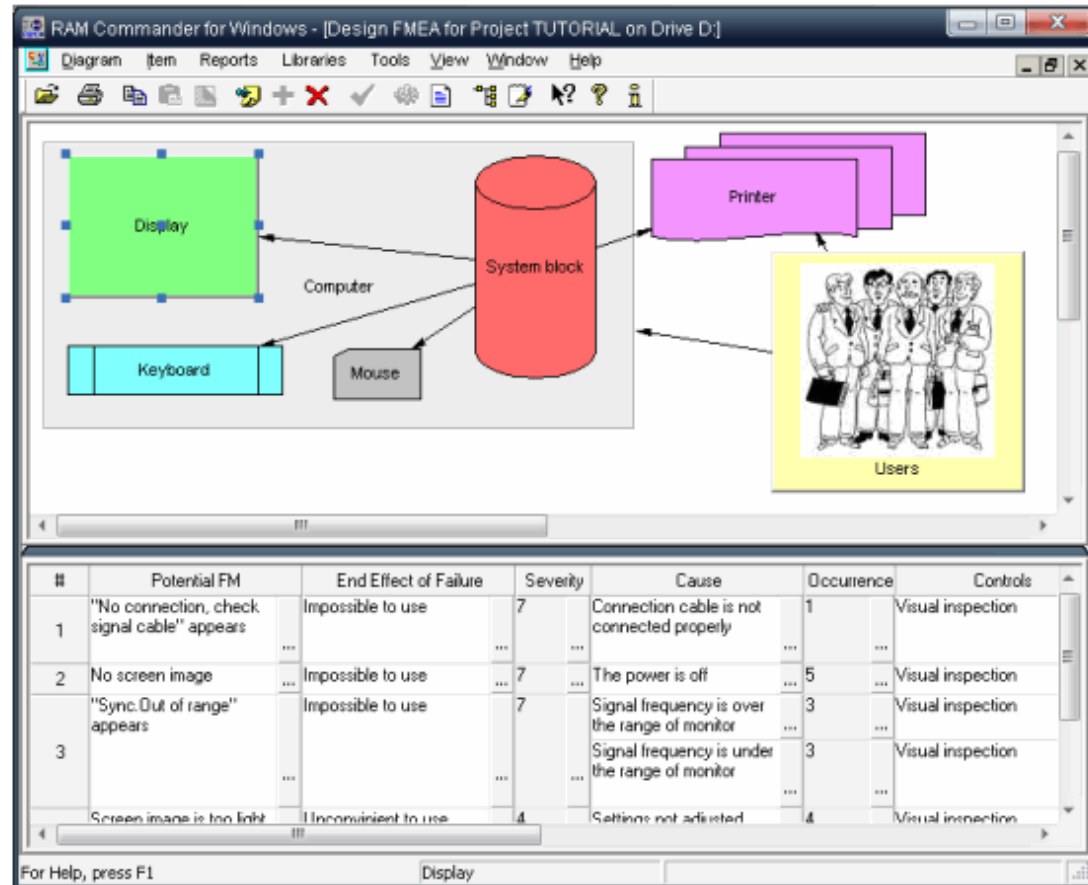
► Vorteile:

- Vermeiden von Fehlern führt zu Kundenzufriedenheit
- Qualitätsbewusstsein wird gestärkt
- Mögliche Fehler, Ursachen und Abstellmaßnahmen werden dokumentiert und können bei anderen Verfahren (Risikomaßnahmen, ...) ebenfalls Anwendung finden

► Nachteile:

- Erheblicher Aufwand durch detaillierte Analyse

FMEA: Tools verschiedene (Excel, firmenbasierte Lösungen, ...)



Main window of the RAM Commander Process & Design FMEA

Quelle: QZ-online.de

Sicherheitstechnik: Übung 6

Element	Ursache-Wirkungs-Analyse			derzeitiger Zustand				Veränderung		geänderter Zustand					
Funktionen / Q-Merkmale	potentielle Fehler	potentielle Folgen	potentielle Ursachen	Verhütung Prüfung	Auftreten	Bedeutung	Entdeckung	Risiko	Empfohlene Maßnahme	Verantwortung Termine, Ziele	getroffene Maßnahmen	Auftreten	Bedeutung	Entdeckung	Risiko neu
Funktion	Fehler 1	Folge 1	Ursache 1	V: P:		↑	↑								
			Ursache 2	V: → P: →	○	○									
		Folge 2	Ursache 1	V: P:											
			Ursache 2	V: P:											
	Fehler 2	Folge 1	Ursache 1	V: P:											
			Ursache 2	V: P:											
		Folge 2	Ursache 1	V: P:											
			Ursache 2	V: P:											

Sicherheitstechnik: Lösung Übung 6



Fehler-Art	Fehler-auswirkung	Fehler-ursache	Kontroll-maßnahme	A	B	E	RPZ	Empfohlene Maßnahme	Getroffene Maßnahme	A	B	E	RPZ
Gehäuse defekt	Lampe leuchtet nicht	Mechanische Einwirkung Feuchtigkeit	Inspektion	3	8	10	240	Gehäuse austauschen	Neues Dicht-system, neuer Lieferant	3	8	1	24

Sicherheitstechnik: Lösung Übung 6



Fehler-Art	Fehler-auswirkung	Fehler-ursache	Kontroll-maßnahme	A	B	E	RPZ	Empfohlene Maßnahme	Getroffene Maßnahme	A	B	E	RPZ
Reflektor reflektiert nicht	Schwaches Licht	Korrosion infolge Feuchtigkeit	Inspektion	5	8	10	400	Lampe austauschen	Neues Dicht-system, neuer Lieferant	2	8	1	16

Sicherheitstechnik: Lösung Übung 6



Fehler-Art	Fehler-auswirkung	Fehler-ursache	Kontroll-maßnahme	A	B	E	RPZ	Empfohlene Maßnahme	Getroffene Maßnahme	A	B	E	RPZ
Glühlampe leuchtet nicht	Kein Licht	Lampe defekt	Inspektion	5	10	1	50	Glühlampe wechseln	neuer Lieferant	3	10	1	30