

# Grundseminar FMEA

Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse



# Vorstellung der Referenten



Ralf Baßler  
Geschäftsführer  
Schwerpunkt: FMEA  
+49 (0) 151 6480 3582  
ralf.bassler@clear-motive.de



Denis Jaschik  
M.Sc. Wirtschaftsmathematik  
Schwerpunkt: FMEA  
+49 (0) 151 6761 6428  
denis.jaschik@clear-motive.de

## **1. Einführung und Überblick**

- 1.1 Merkmale einer FMEA
- 1.2 Ziele der FMEA
- 1.3 Vergleich FMEA - früher vs. heute
- 1.4 Notwendigkeit und Voraussetzungen einer FMEA
- 1.5 FMEA-Arten
- 1.6 Anwendungsgebiete und Vorteile der FMEA

## **2. Die 6 Schritte einer FMEA (in Verbindung mit praktischen Übungen)**

- 2.1 Betrachtungsumfang
- 2.2 Strukturanalyse
- 2.3 Funktionsanalyse
- 2.4 Fehleranalyse
- 2.5 Risikobewertung
- 2.6 Optimierung

## **3. Zusammenfassung und Ausblick**

- 3.1 Zusammenfassung der Inhalte inkl. Feedbackrunde
- 3.2 Aufbauende Veranstaltungen

## Ablauf

- Vorstellung der Teilnehmer und Seminarerwartungen
- Grundlagen und Voraussetzungen der FMEA-Methode
- Erläuterung der FMEA-Schritte mit Übungen
- Vorstellung der Gruppenarbeiten und Feedback
- Seminarzusammenfassung und Ausblick

## • Ziel des Seminars

Sie können die FMEA-Methode erläutern und beispielhaft auf ein Projekt des eigenen Arbeitsbereiches systematisch übertragen. Sie kennen die Regeln für kreative und kooperative Gruppenarbeit und können diese anwenden.

Grundseminar FMEA

# 1. EINFÜHRUNG UND ÜBERBLICK

Einführung & Überblick

Die 6 Schritte einer FMEA

Zusammenfassung

# 1.1 Merkmale einer FMEA

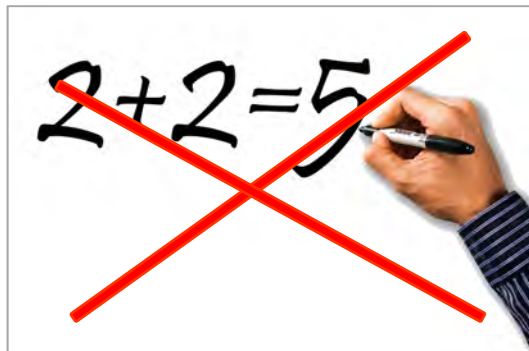
- Die **F**ehler- **M**öglichkeiten- und **E**influss- **A**nalyse (engl. *Failure Mode and Effects Analysis*)

ist ein Werkzeug,

um entwicklungs- und planungsbegleitend

frühzeitig mögliche Fehler zu erkennen

und deren Entstehung für Produkte und Prozesse zu vermeiden



Einführung & Überblick

Die 6 Schritte einer FMEA

Zusammenfassung

## 1.2 Ziele der FMEA

- Erkennen von funktionalen Zusammenhängen mit der Möglichkeit der Einflussnahme schon in der Konzept-Phase
- Frühzeitige Identifizierung und Lokalisieren von Fehlern an Produkten und in Prozessen
- Risiken erkennen und (Ursachen) vermeiden
- Dokumentation des Produktentwicklungs- bzw. Prozessplanungsstandes
- Fehler-/und Folgekosten vermeiden (Garantie- und Kulanzansprüche, Rückrufaktionen, Kundenverlust, etc.)
- Wissensbasis im Unternehmen schaffen



**Verbesserung von Produkten und Prozessen** durch die systematische Analyse von Funktion, Merkmale, Anforderungen, deren potenzieller Fehler, sowie Definieren von geeigneten Maßnahmen

## 1.3 Vergleich FMEA - früher vs. heute

### Entstehung und Entwicklung der FMEA

- 1949 Erstbeschreibung der Methode für das US Militär (MIL-P-1629)
- 1955 Verbreitung der "Analyse Potentieller Probleme (APP)" durch Kepner-Tregoe
- 1963 Entwicklung und Anwendung der FMEA durch die NASA für Apollo-Projekt
- 1965 FMEA-Anwendung für Raum- und Luftfahrttechnik
- 1971 FMEA-Ableitung für Lebensmittelindustrie
- 1975 FMEA-Anwendung in der Kerntechnik
- 1977 Beginn FMEA-Anwendung in der Automobilindustrie (FORD)
- 1980 breitere FMEA-Anwendung in USA, Japan und Europa
- 1990 weitere FMEA-Anwendung in der Medizin-, Nachrichten-, Hausgerätetechnik
- 1995 Beginn FMEA-Anwendung in der Softwareentwicklung
- 1996 Beschreibung einer verbesserten FMEA-Systematik durch den VDA (VDA-Band 4.2)
- 2002 Neuauflage QS9000 (3. Ausgabe)
- 2007 Neuauflage VDA V4.3 "Produkt FMEA und Prozess FMEA"
- 2018 Harmonisierung VDA und AIAG



# 1.3 Vergleich FMEA - früher vs. heute (Auszug)

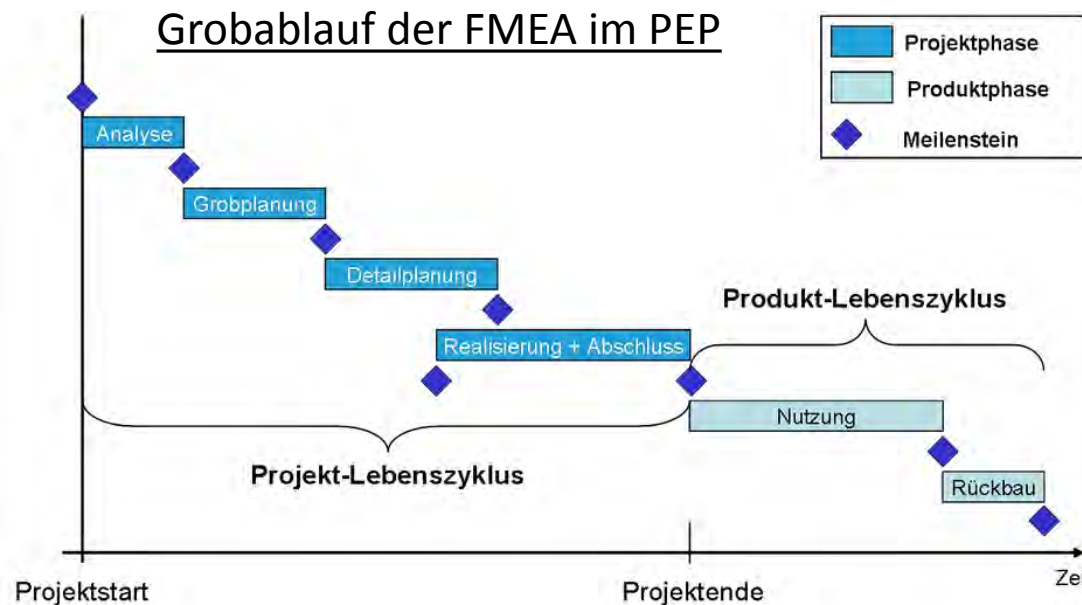


Früher	Heute
FMEA als nachträgliche Nachweis für den Kunden, dass richtig entwickelt wurde	FMEA entwicklungsbegleitend, idealerweise ab der Konzept-Phase (interner Nutzen)
Erstellung der FMEA nach Entwicklungsabschluss (Verantwortet durch die Qualitätssicherung)	Integration der FMEA in den Produktentstehungsprozess (PEP) (Verantwortet durch die Projektleitung)
Reine Fehleranalyse, keine Struktur- und Funktionsanalyse	6 Schritte der FMEA inklusive Struktur- und Funktionsanalyse
Eintragung der Fehler nur im Formblatt (z.B. Excel)	Funktions- und Fehlernetze (Wirkzusammenhänge)
Keine Tool Unterstützung (Übersichtlichkeit)	Vielfältige FMEA-Tools (teilweise mit CAQ-Anbindung, Mehrsprachigkeit, integriertem Fertigungsplan etc.)
Fokussierung des Risikos auf feste Risiko-Prioritäts-Zahl (RPZ)	Fokussierung des Risikos über Matrizen mit Priorisierung auf Prävention

# 1.3 Anwendung der FMEA heute

Eine FMEA wird kontinuierlich ab Beginn der Entwicklung (idealerweise ab der Konzept-Phase) über den gesamten Lebenszyklus des Produktes oder Prozesses angewendet, bei beispielweise

- Neuentwicklung von Produkten und Prozessen
- Änderungen am Produkt, Prozess, Einsatzbedingungen
- Neue Werks-, 0-km- und Feld-Erkenntnisse, 8D-Report
- Hohe Ausschussanteil bei ähnlichen Produkten



Angelehnt an:  
pmlevel.de

## 1.4 Notwendigkeit einer FMEA

- Innerhalb des VDA ist eine Risikoanalyse gefordert – hierbei hat sich die FMEA als geeignete Methode etabliert
- Aus rechtlicher Sicht sind drei Bereiche relevant:
  - 1. Vertragsrecht
    - vereinbarte Beschaffenheit (FMEA ist Vertragsgegenstand)
    - vertragliche Nebenverpflichtungen (Qualitätssicherung)
  - 2. Schutz von Gesundheit und Eigentum (Produkthaftung, „Stand der Technik“)
    - Nachweis der Sorgfaltspflicht
  - 3. Unfallverhütung (Strafrecht)
    - Absicherung bei Ermittlungsverfahren
- Weiterhin besteht die Notwendigkeit aus Forderung von QM-Standards innerhalb verschiedener QM-Systeme (ISO 9001, QS9000, ISO/TS 16949)



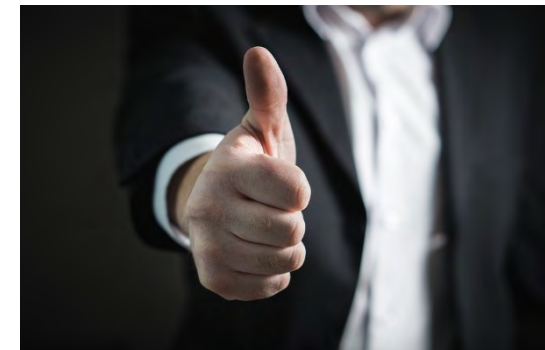
# 1.4 Formelle Anforderungen an eine FMEA



- **klar sein**
  - Unmissverständliche, technisch-präzise Formulierungen (müssen von einem Fachmann verstanden werden)
  - Vermeidung von dehnbaren oder emotional-besetzten Begriffen (z.B.: gefährlich, untragbar, etc.)
- **wahr sein**
  - Mögliche Fehler dürfen nicht verharmlost werden auch wenn diese im Einzelfall unangenehm sein können (Nachentwicklung, Lieferrückstand, etc.)
- **vollständig sein**
  - Mögliche Fehler dürfen nicht unterschlagen werden
  - Keine eingeschränkte Darstellung aus Sorge, zu viel Know-how preiszugeben
  - Firmeninterne Klärung hinsichtlich der Weitergabe der FMEA an den Kunden ist notwendig

## 1.4 Voraussetzungen für eine erfolgreiche FMEA

- Ziel und Betrachtungsumfang der FMEA klar definieren
- Entwicklungsbegleitende Durchführung zur Verwertung von Erkenntnissen
- FMEA-Ressourcen (Personal, Infrastruktur) im Projekt mit einplanen und zur Verfügung stellen
- Teamgröße und Teamzusammensetzung (Experten) und deren Teamfähigkeit, sowie Teilnahmebereitschaft ist entscheidend
- Kenntnis der FMEA-Methode



# 1.4 Team-Zusammensetzung und Aufgaben

- **Auftraggeber, z.B. Projektleiter**

- Entscheidungsgewalt und Verantwortlichkeit zur Durchführung
- Bereitstellen von Ressourcen
- Beschaffung der notwendigen Unterlagen und Infos
- Koordination und Organisation
- Ergebnisverantwortung



- **FMEA-Moderator**

- Mitwirkung bei der Teamzusammensetzung
- Mitwirkung bei der Erstellung des Grob-Terminplans
- Methodisch korrekte Durchführung der FMEA

- **Team-Mitglieder (Mitarbeiter aus bspw. Entwicklung, Fertigung, QM, Versuch)**

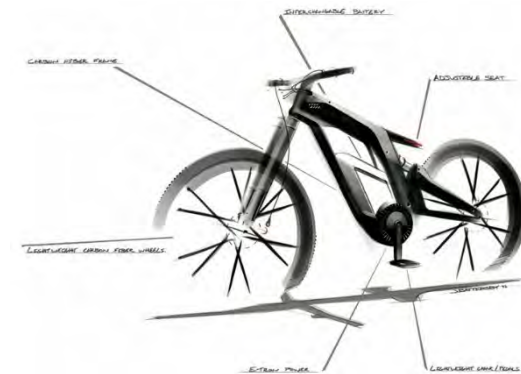
- Inhaltliche Verantwortung für die FMEA
- Einbringen von Erfahrungen und Einschätzungen
- Maßnahmenbearbeitung und -verfolgung

# 1.5 Unterschiedliche Arten von FMEA's

Grundsätzliche Unterscheidung zwischen der Betrachtung von Produktfunktionen und Prozessabläufen (VDA):

## 1. Produkt-FMEA

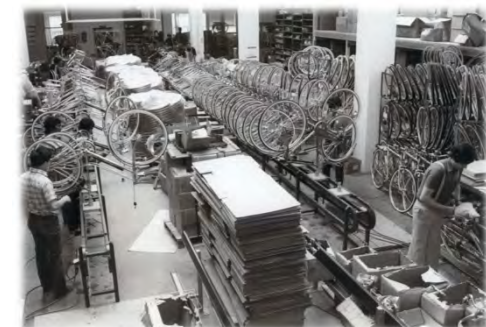
- Analyse der Funktionen von Produkten und Systemen bis hin zur Auslegung der Eigenschaften/Merkmale
- System, Subsystem und Bauteilbetrachtung in einer FMEA möglich
- Betrachtung möglicher Abweichungen und Definition von Maßnahmen zur Sicherstellung der Forderungen



Quelle: audi.de

## 2. Prozess-FMEA

- Analyse aller Abläufe zur Herstellung/Planung von Produkten und Systemen bis hin zu Anforderungen an die Prozesseinflussfaktoren
- Betrachtung möglicher Abweichungen und Definition von Maßnahmen zur Sicherstellung der Abläufe und Produktmerkmale



Quelle: plus-lifestyle.de

## 1.5 Unterschiedliche Arten von FMEA's

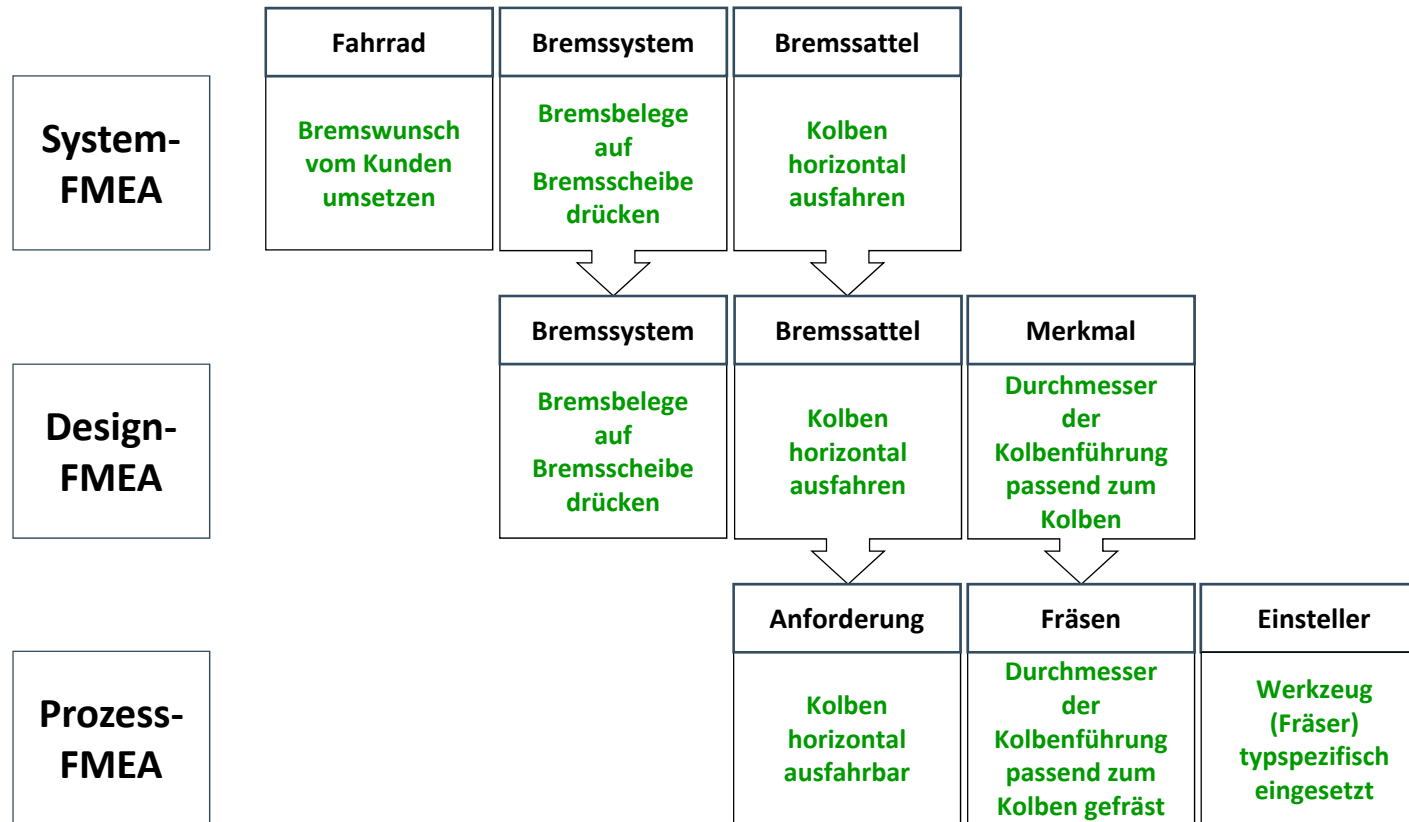
- Eine FMEA kann auch für nicht technische Systeme angewendet werden
- Es existieren unzählige FMEA-Bezeichnungen (abhängig vom Anwendungsfall und Betrachtungsumfang)

Beispiele:

- Software-FMEA
- Logistik-FMEA
- Schnittstellen-FMEA
- System-FMEA
- Prozess-FMEA für Fertigungsabläufe
- Prozess-FMEA für Montageabläufe
- ...



# 1.5 Zusammenhang der FMEA-Arten (Funktionen)



Quelle: audi.de

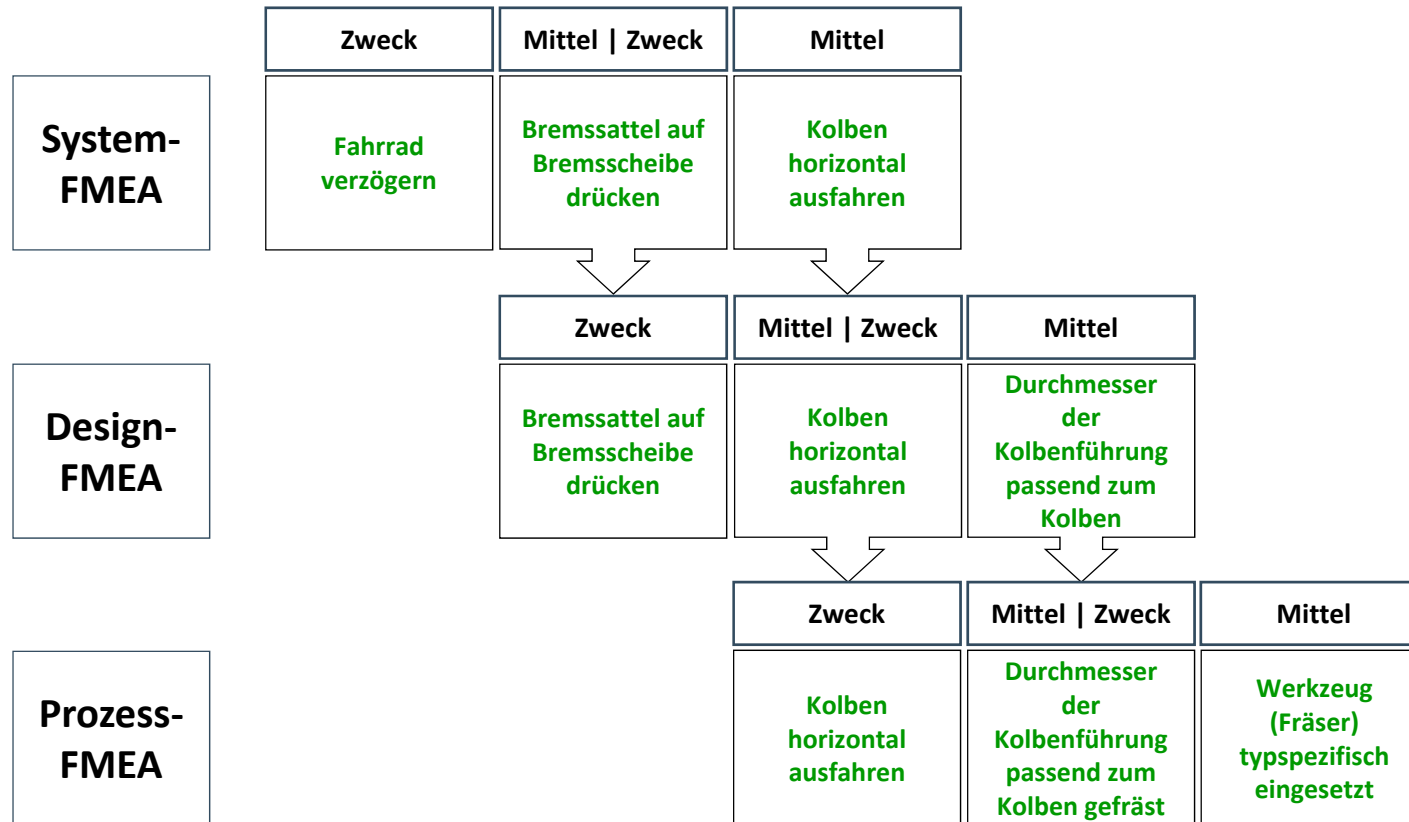


Quelle: sram.com



Quelle: plus-lifestyle.de

# 1.5 Zusammenhang der FMEA-Arten (Funktionen)



Quelle: audi.de

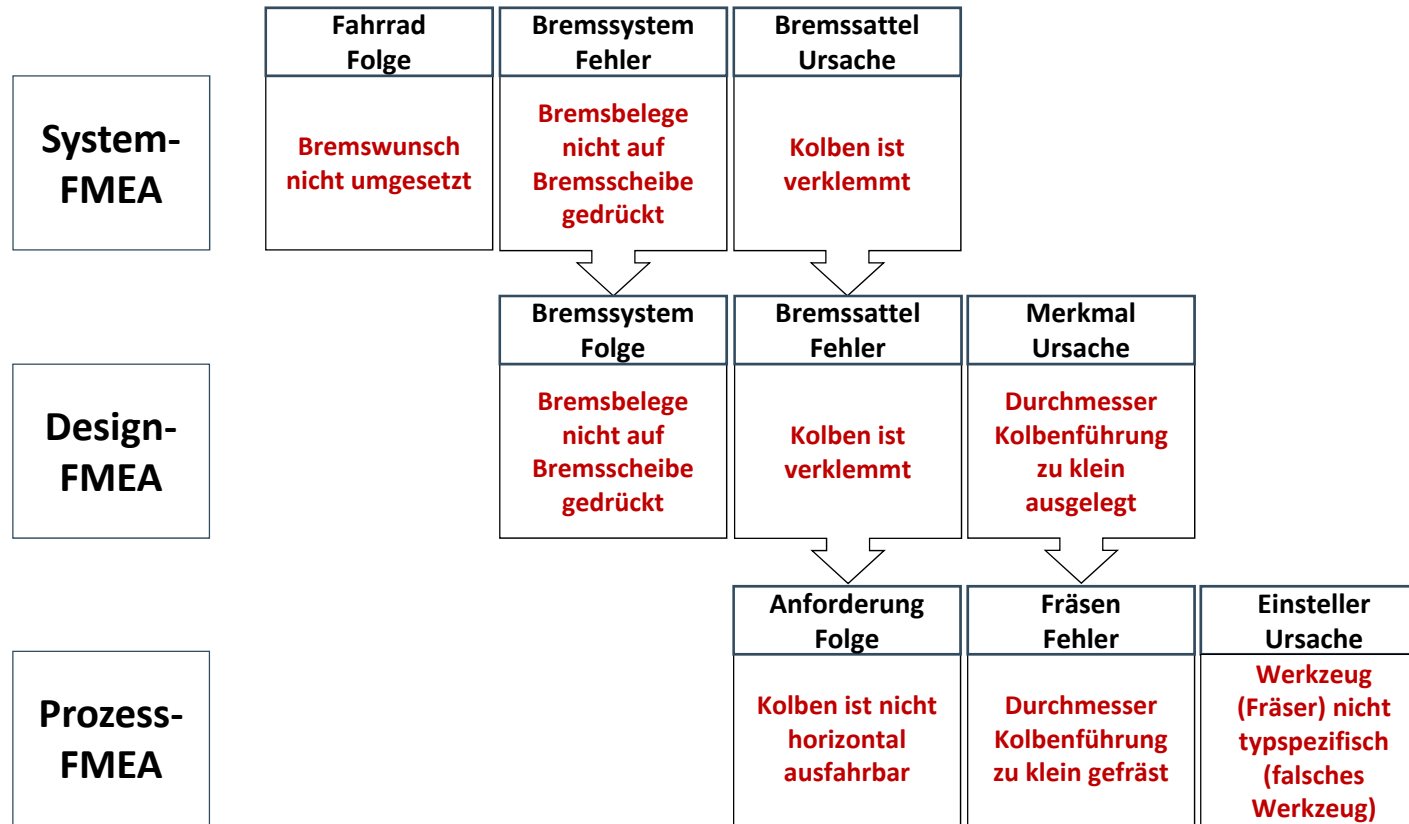


Quelle: sram.com



Quelle: plus-lifestyle.de

# 1.5 Zusammenhang der FMEA-Arten (**Fehler**)



Quelle: audi.de

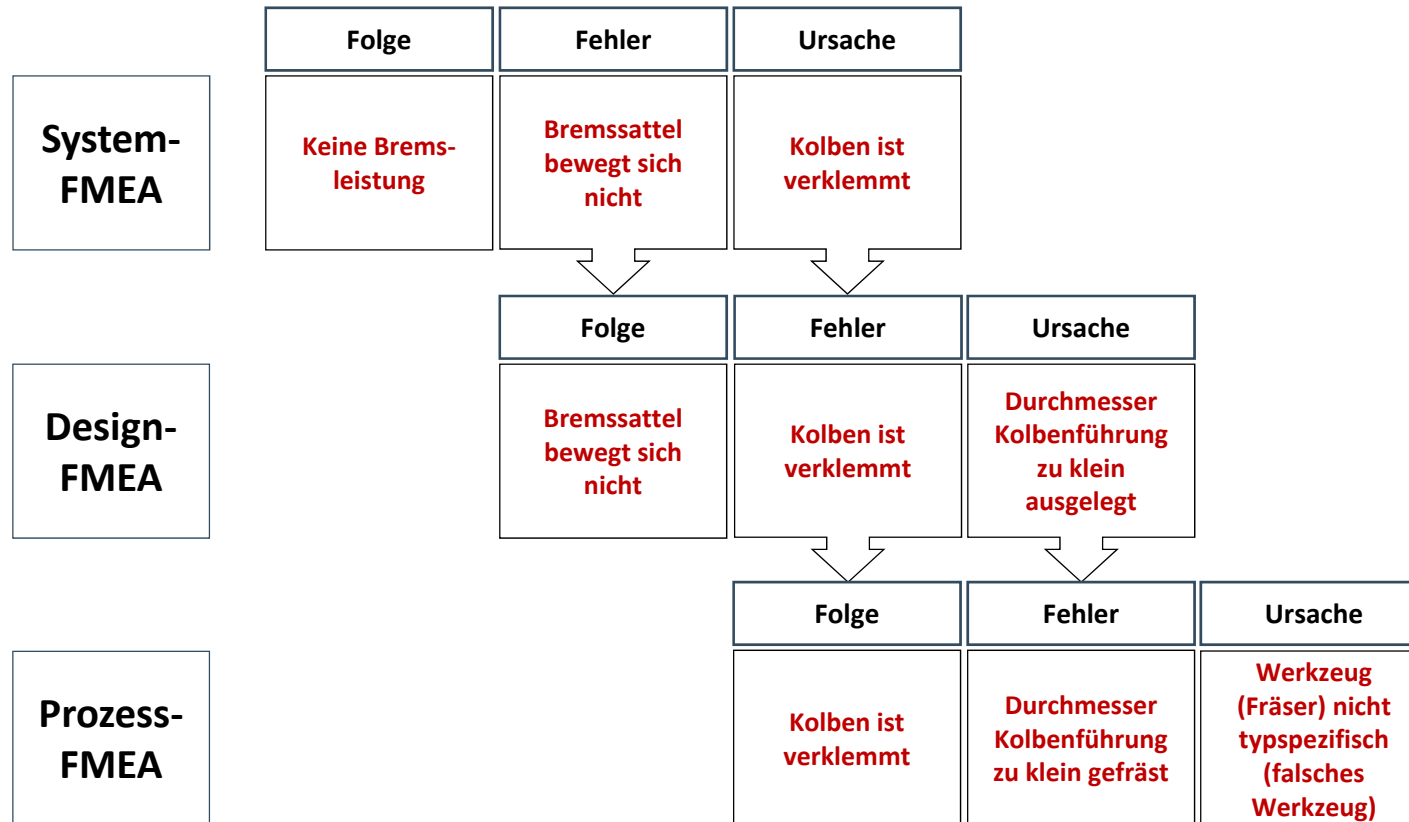


Quelle: sram.com



Quelle: plus-lifestyle.de

# 1.5 Zusammenhang der FMEA-Arten (**Fehler**)



Quelle: audi.de



Quelle: sram.com



Quelle: plus-lifestyle.de

## 1.6 Mögliche Anwendungsgebiete der FMEA

- Automotive
- Luft- und Raumfahrt
- Medizintechnik
- Versorger
- Brandschutz
- Nahrungsmittel etc.



### Exotisches Beispiel:

Darstellung der Fähigkeit von Tier 2 zu Tier 1 durch Visualisierung der Unternehmensstruktur und benötigter Optimierungen

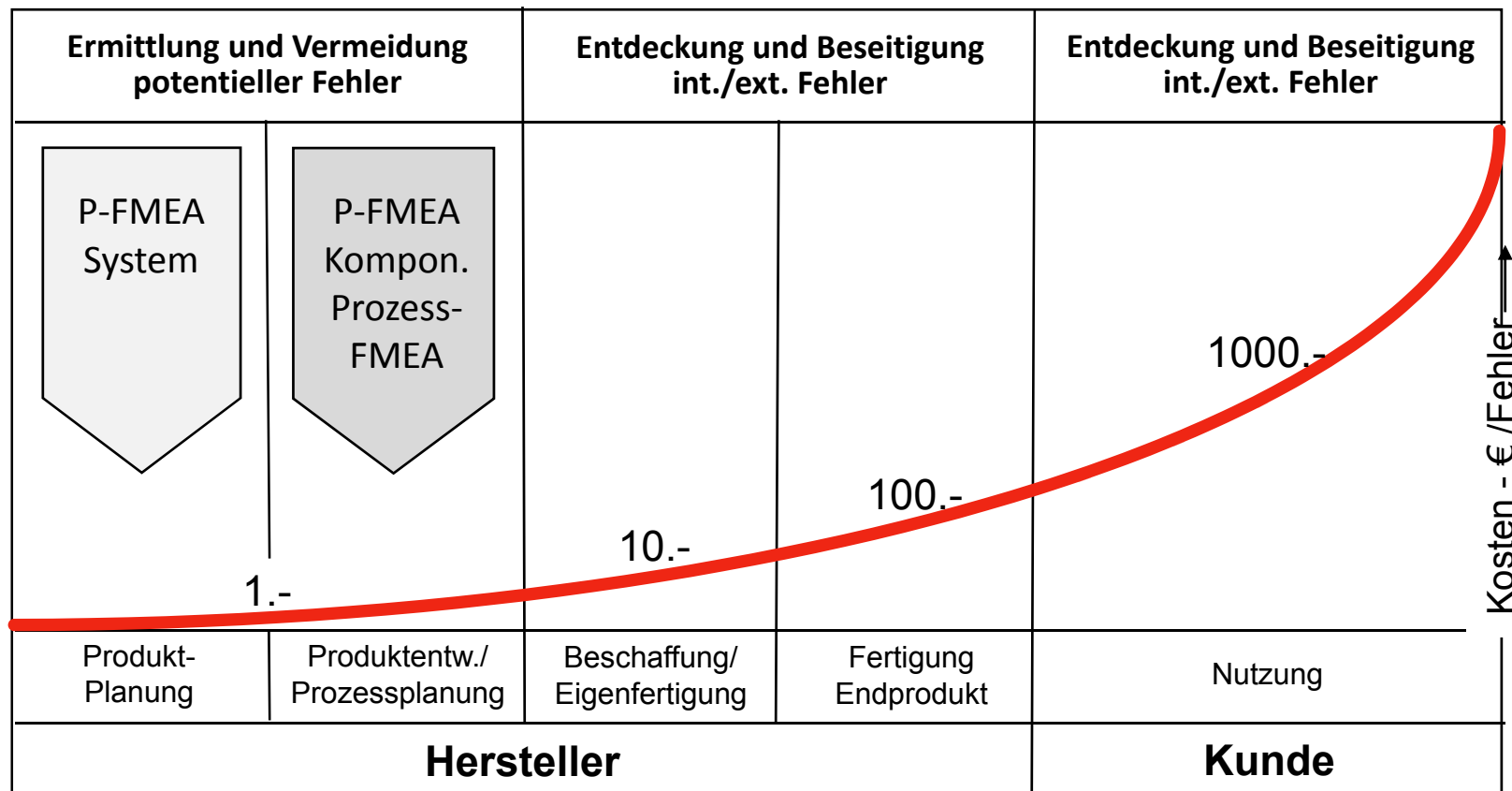
## 1.6 Vorteile der FMEA

- Systematische Vorgehensweise
  - Unterstützt die Komplexität
  - Übersicht und Struktur
- Interdisziplinäre und kreative Zusammenarbeit
  - Wirkzusammenhänge auch aus „verschiedenen Perspektiven“
  - Firmen-/abteilungsübergreifendes Produkt-/Prozess-Verständnis
- Präventive Wirkung
  - Vorzeitiges Erkennen und Vermeiden von Risikoquellen
- Analyse aus zwei Richtungen
  - Top-Down für Funktionen (Konzeptentscheidung möglich)
  - Bottom-Up für Fehler (Review möglich)

# 1.6 Kostenwirksamkeit bei Anwendung der Methode



- „Mehrwert trotz Aufwand“
- Fehler-/und Folgekosten durch frühzeitige Fehlererkennung vermeiden



Grundseminar FMEA

## 2. DIE 6 SCHRITTE EINER FMEA

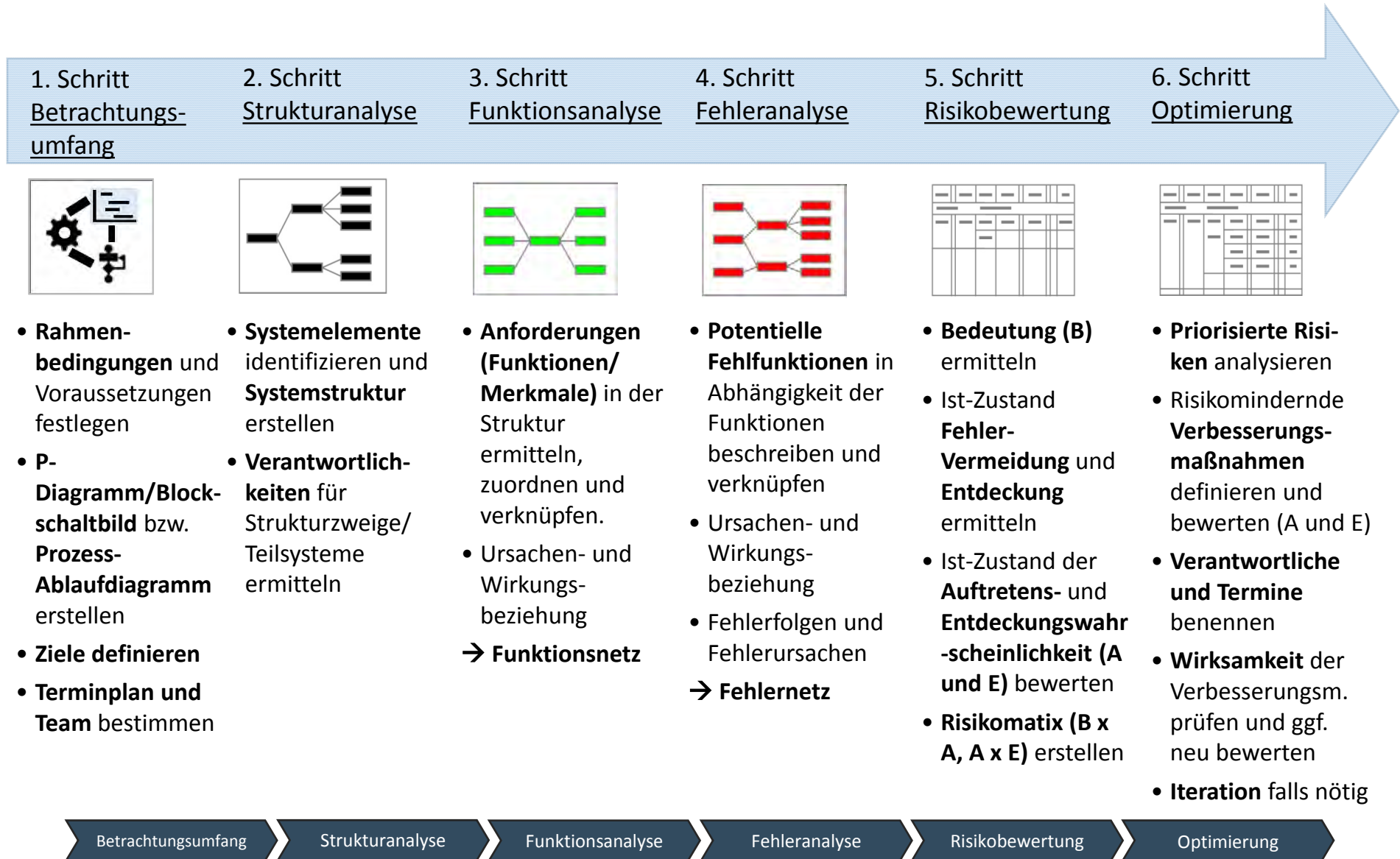
Einführung & Überblick

Die 6 Schritte einer FMEA

Zusammenfassung



# 2. Die 6 Schritte zur Erstellung einer FMEA (VDA)



6 Schritte der FMEA

# SCHRITT 1: BETRACHTUNGSUMFANG

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

- **Ziel von Schritt 1:**  
Randbedingungen und Voraussetzungen zur effizienten Durchführung der FMEA festlegen



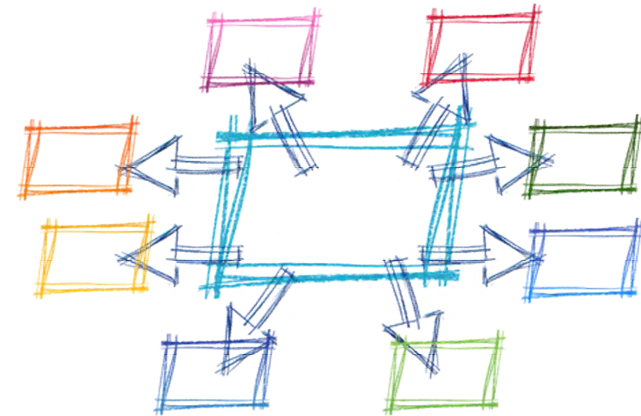
- **Input:** ↓
  - Erwartung, interne und gesetzliche Vorgaben, Kundenvorgaben
  - Unterstützende Arbeitsunterlagen (siehe nachfolgende Folie)
  - Ggf. bereits vorhandene FMEA's
- **Output:** → ]
  - Umfang und Betrachtungstiefe der Komponenten, Funktionen, Prozesse bzw. Änderungen (unter Beachtung der Schnittstellen zu anderen Systemen)
  - Systemverständnis, Rahmenbedingungen, Blockschaltbild/P-Diagramm etc.
  - Projektplan: Zeitrahmen, Ziele, Terminplan, Team inkl. Verantwortlichkeiten

# Schritt 1: Unterstützende Arbeitsunterlagen

- Projekt-Terminplan
- Spezifikationen mit ausreichender Detaillierung
  - Lastenheft und Zeichnungen
  - Systembeschreibungen
  - Einsatzbedingungen
  - Kunden- und Lieferantenvereinbarungen
  - ...
- Stücklisten, Fertigungspläne, Montage- und Prüfpläne
- Ergebnisse aus vorausgegangenen Analysen
  - Fehlerlisten
  - Ausfallraten von Vergleichserzeugnissen
  - FMEA's
  - ...
- Gesetzliche Vorschriften, Normen, Sicherheitsvorschriften
- Spezifische FMEA-Bewertungstabellen

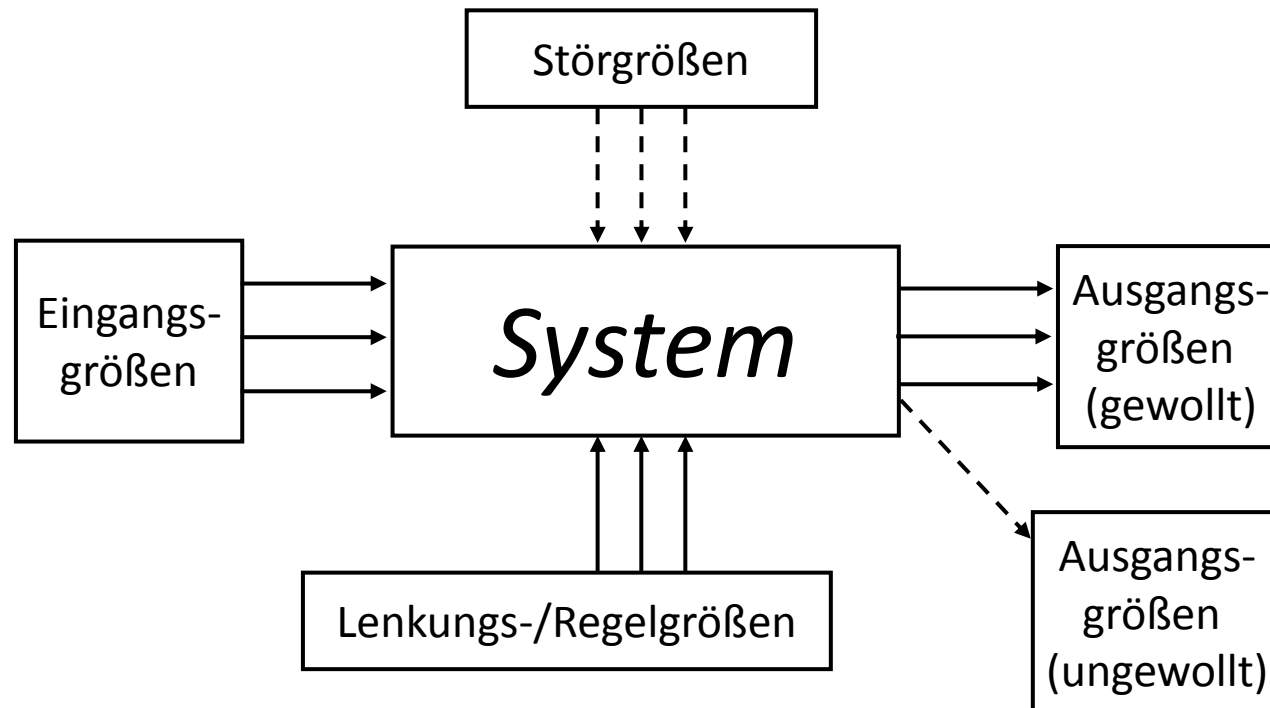
# Schritt 1: Organisatorische Aufgaben

- Umfang, Ziel und Art der FMEA festlegen (Produkt- / Prozess-FMEA)
- Zulieferer- sowie interne Schnittstellen definieren
- FMEA-Ressourcen (Personal & Infrastruktur) im Projekt planen
- Erforderliche Arbeitsunterlagen beschaffen
- Aufwand schätzen (einschließlich Vor- und Nacharbeit durch Moderator)
- zeitlichen Rahmen für die gesamte FMEA ermitteln, Grob-Terminplan erstellen und in Projektplan integrieren
- Dokumentationssystem und Umfang der Dokumentation festlegen
- Planung der ersten Teamsitzung für die Analysephase (inkl. Einladung)

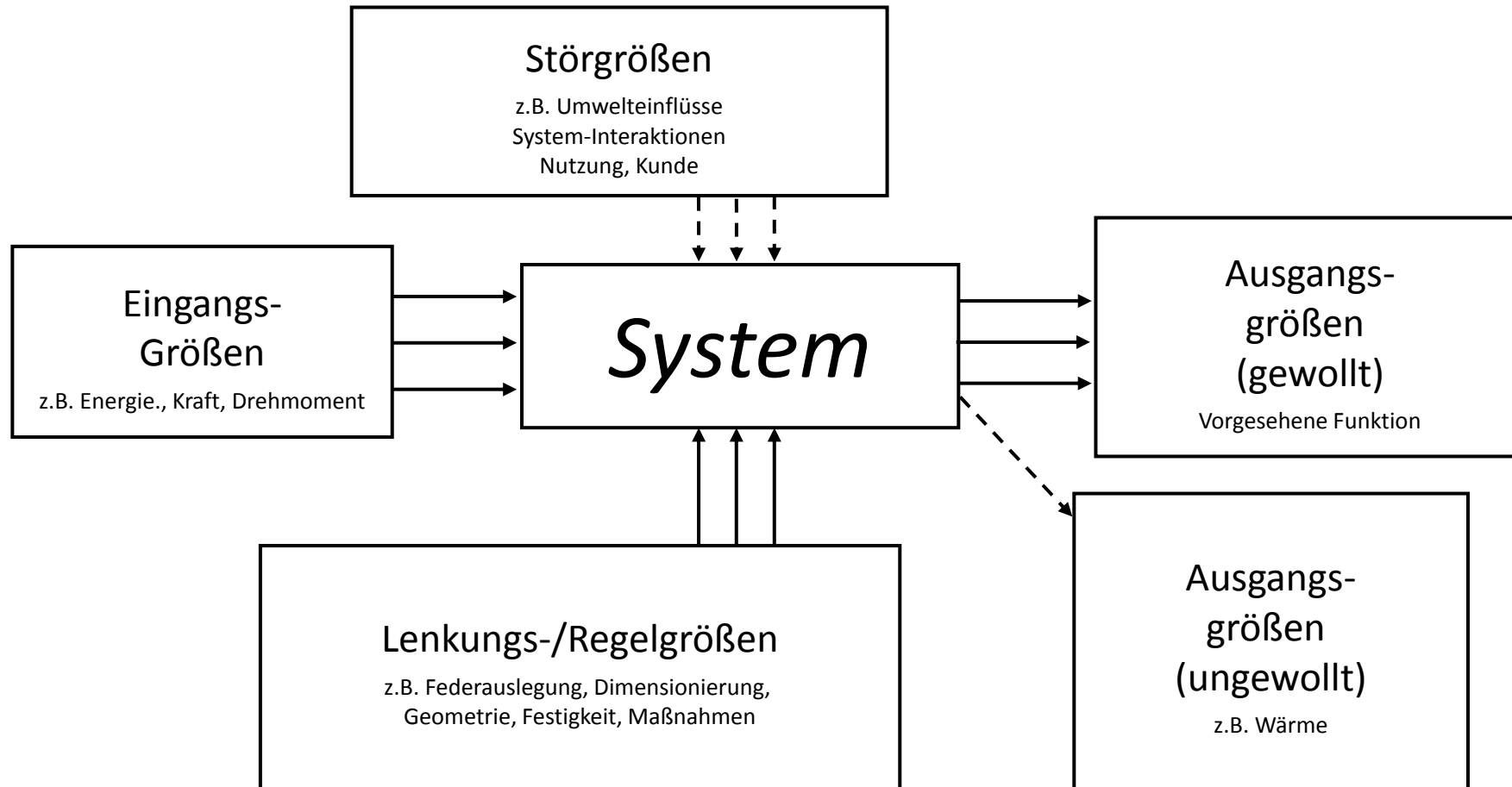


# Schritt 1: P-Diagramm/visuelle Darstellung

- Ein Parameter-Diagramm wird zur visuellen Darstellung des Zusammenhangs von Eingangsgrößen, Ausgangsgrößen (auch ungewollt) genutzt
- Zusätzliche Betrachtung der Stör- und Lenkungs-/Regelgrößen



# Schritt 1: P-Diagramm/visuelle Darstellung



## Aufgabenstellung

- Erstellen Sie ein P-Diagramm für das betrachtende Produkt bzw. den Prozess mit Eingangs- und Ausgangsgrößen
- Visualisieren Sie ebenfalls die Stör- und Regelgrößen (farblich unterscheiden)



6 Schritte der FMEA

# SCHRITT 2: STRUKTURANALYSE



- **Ziel des Schritts:**

- Übersicht des betrachteten Produkts/Prozesses (gemeinsames Verständnis erreichen)
- Wiederverwenden von Modulen
- Abgrenzung und Schnittstellenbeschreibung
- Verantwortungen festlegen (z.B. für technischen Inhalt einzelner Strukturzweige)
- Strukturaufbau des Produkts/Prozesses



- **Input:** ↓

- Output aus Schritt 1 (Betrachtungsumfang, Arbeitsunterlagen, Stückliste etc.)

- **Output:** →

- Hierarchischer Strukturaufbau des Produkts- bzw. Prozesses, optimaler Weise in einem Baumdiagramm

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

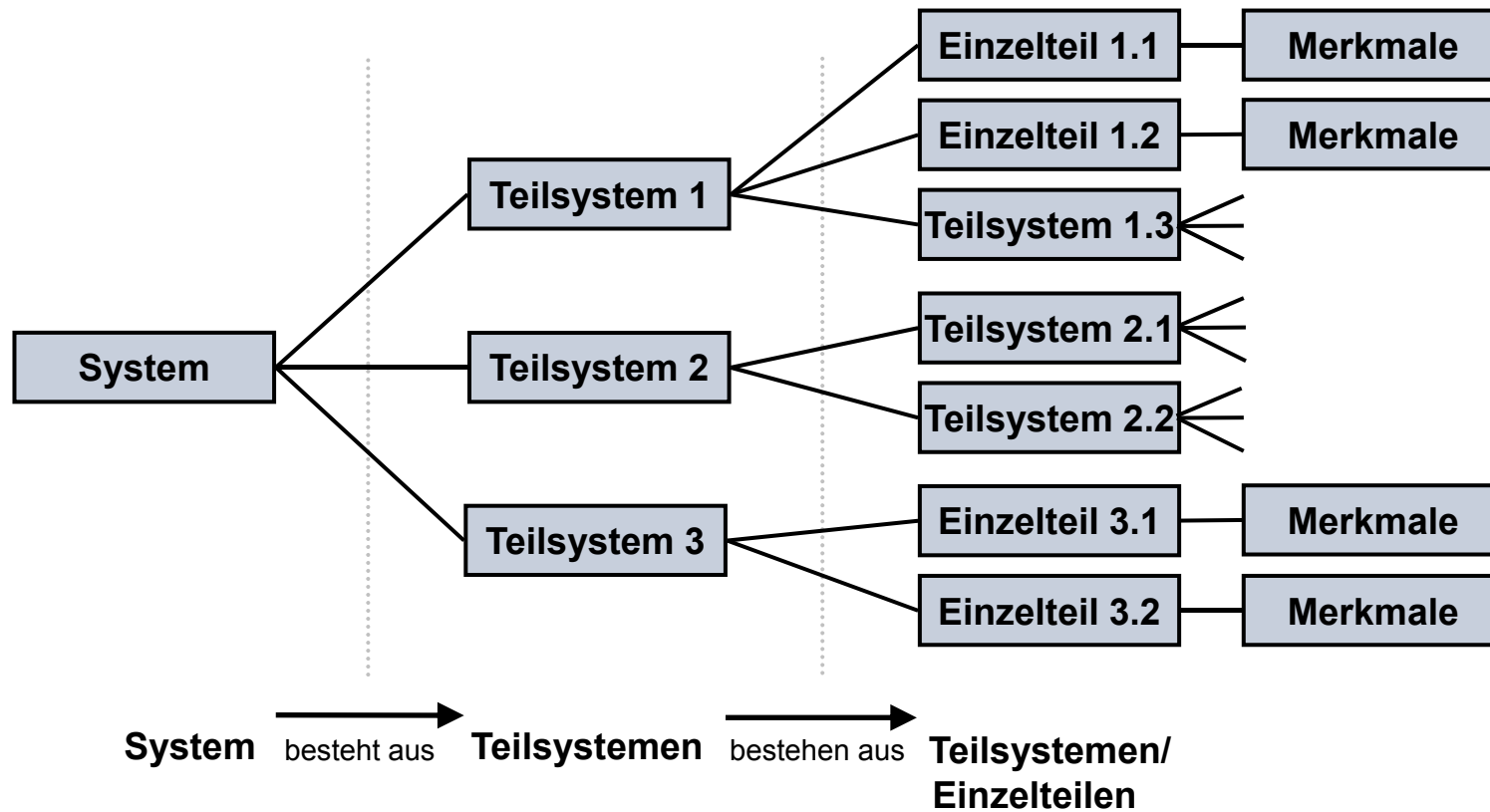
Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

# Schritt 2: Systemstruktur



Exemplarische Darstellung, nicht alle Systemelemente vorhanden



## Aufgabenstellung

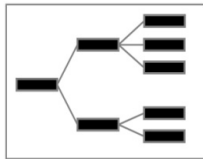
- Visualisieren Sie die Struktur des Produkts/Prozesses hierarchisch von links nach rechts
- Benennen Sie die Systemelemente/Prozessschritte
- Die Struktur soll aus mindestens drei Ebenen bestehen

# Schritt 2: Abschließende Fragen

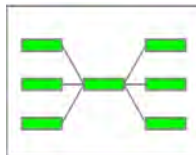
1. Schritt  
Betrachtungsumfang



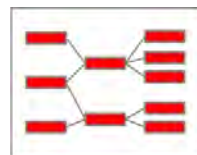
2. Schritt  
Strukturanalyse



3. Schritt  
Funktionsanalyse



4. Schritt  
Fehleranalyse



5. Schritt  
Risikobewertung



6. Schritt  
Optimierung



- Wie ist das Produkt/Prozess gegliedert?
- Sind alle Strukturelemente vollständig erfasst (keine Doppelungen)?
- Sind die Grenzen innerhalb der Struktur und zur Umgebung festgelegt?
- Sind die Strukturelemente, die Schnittstellen zum betrachteten Produkt haben, definiert?
- Ist der Betrachtungsumfang eindeutig nachvollziehbar abgebildet?
- Wurden die Verantwortlichkeiten für die Strukturelemente/-zweige definiert und abgestimmt?

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

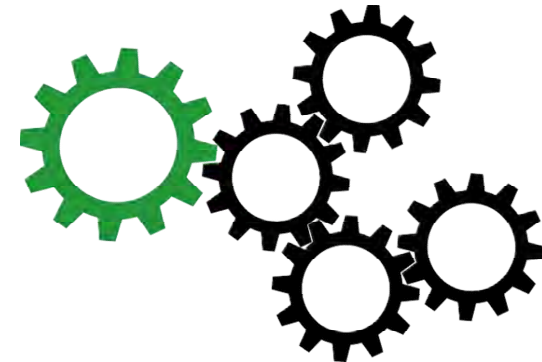
6 Schritte der FMEA

# SCHRITT 3: FUNKTIONSANALYSE



- **Ziel des Schritts:**

- Übersicht der Funktionalitäten des Produkts/Prozesses
- Funktionsdefinition für jedes Systemelement (TOP-DOWN)
- Verständnis der Anforderungen/Eigenschaften
- Wirkzusammenhänge abbilden



- **Input:** ↓

- Output aus Schritt 1 und 2 (hierarchischer Strukturaufbau, Arbeitsunterlagen etc.)

- **Output:** →

- Funktionen definiert, funktionale Zusammenhänge (inkl. Funktionsnetz) visualisieren

- **Gesetzliche Anforderungen**

- z.B. umweltgerechte Produktgestaltung, Recyclebarkeit, Sicherheit bei potenziellem Fehlverhalten des Bedieners, Nicht-Brennbarkeit, Einhaltung der zu benennenden Arbeits- und Umweltschutzvorschriften etc.

- **Anforderungen des Kunden** (unter anderem gemäß Lastenheft)

- z.B. Erfüllung der geforderten Qualität, Erfüllung der Funktionalitäten unter allen spezifizierten Umgebungsbedingungen etc.

- **Interne Anforderungen**

- z.B. Herstellbarkeit, Prüfbarkeit, Kompatibilität mit bestimmten anderen Erzeugnissen, Wiederverwendbarkeit, ...



- **Lösungsneutrale Beschreibung** des Zusammenhangs zwischen einer Eingangsgröße und der Ausgangsgröße des fokussierten System-/Prozesselements, mit dem Ziel eine Aufgabe zu erfüllen.
  - Beispiel Produkt: Elektrische Energie in geforderte mechanische Energie wandeln
  - Beispiel Prozess: Durchmesser der Kolbenführung passend zum Kolben gefräst
- **Ein- und Ausgangsgrößen:** Umsatz von Energie, Stoff, Signalen etc.
  - Energiearten: chemische, thermische, elektrische, mechanische, ...
  - Stoffveränderungen: mischen, beschichten, transportieren, trennen, ...
  - Signal- (Informations-) Verarbeitung: ausgeben, einlesen, weiterleiten, ...



**Funktionen/Anforderungen/Merkmale** möglichst mit konkreten Zahlen, Daten, Fakten beschreiben oder auf zugehörige Dokumente verweisen

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

Funktionsanalyse

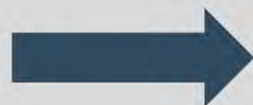
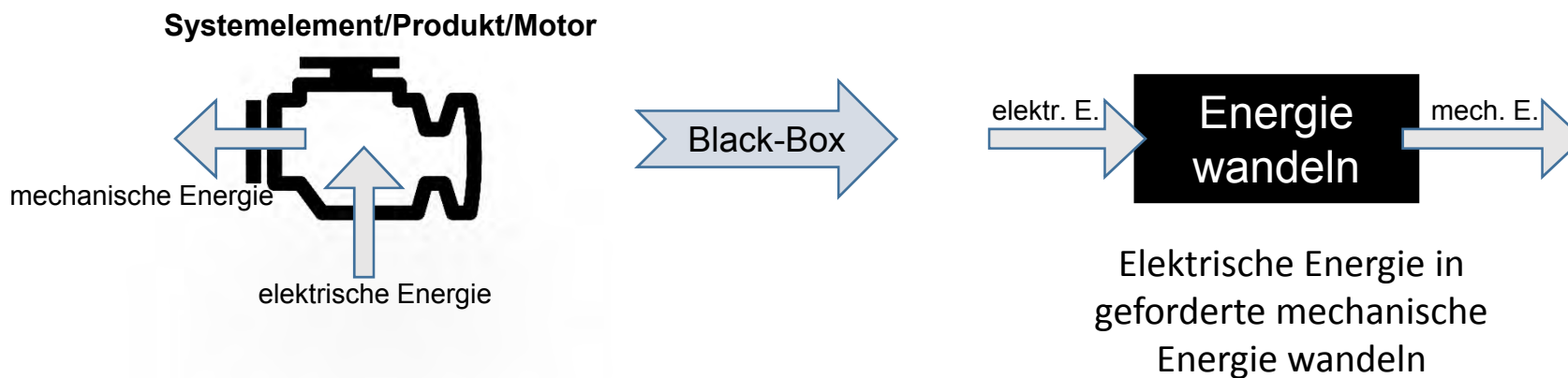
Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

# Schritt 3: Funktionen definieren

- Lösungsneutrale Beschreibung mithilfe des **Black-Box-Ansatzes**:
  - Das „Tun“ des Systemelements wird verbal beschrieben: nicht WIE, sondern WAS



**Black-Box-Ansatz: Lösungsneutrale Beschreibung der Funktionen**

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

Funktionsanalyse

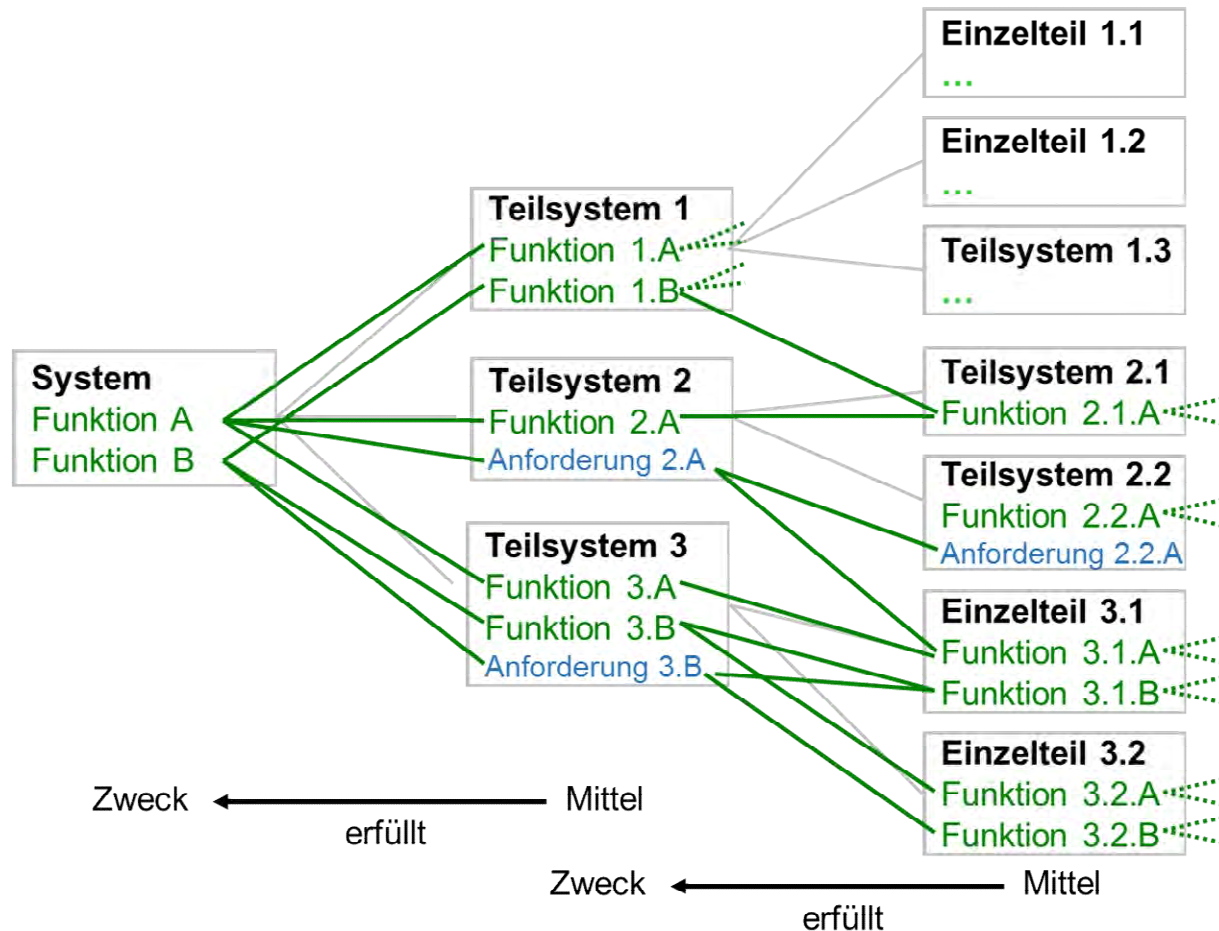
Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

- Zusammenwirken der Funktionen mehrerer Systemelemente darstellen
- Teilfunktionen, die in Summe eine Funktion beschreiben, werden in der zugeordneten Funktionsstruktur untereinander logisch verknüpft
- Nach dem Black-Box-Ansatz wird Top-Down verknüpft
- Die Detaillierung einer Funktionsstruktur nimmt von links nach rechts zu, wobei die rechte Funktion beschreibt, wie die vorhergehende Funktion erfüllt werden soll.
- Hilfreich für die logische Verknüpfung einer Funktionsstruktur sind somit die Fragen
  - „Wie?“ (von links nach rechts) und
  - „Warum?“ (von rechts nach links)
- Anforderungen werden auch im Funktionsnetz verknüpft (siehe grafische Darstellung)

# Schritt 3: Funktionsnetz – grafische Darstellung



Exemplarische Darstellung, nicht alle Funktionsnetze vorhanden

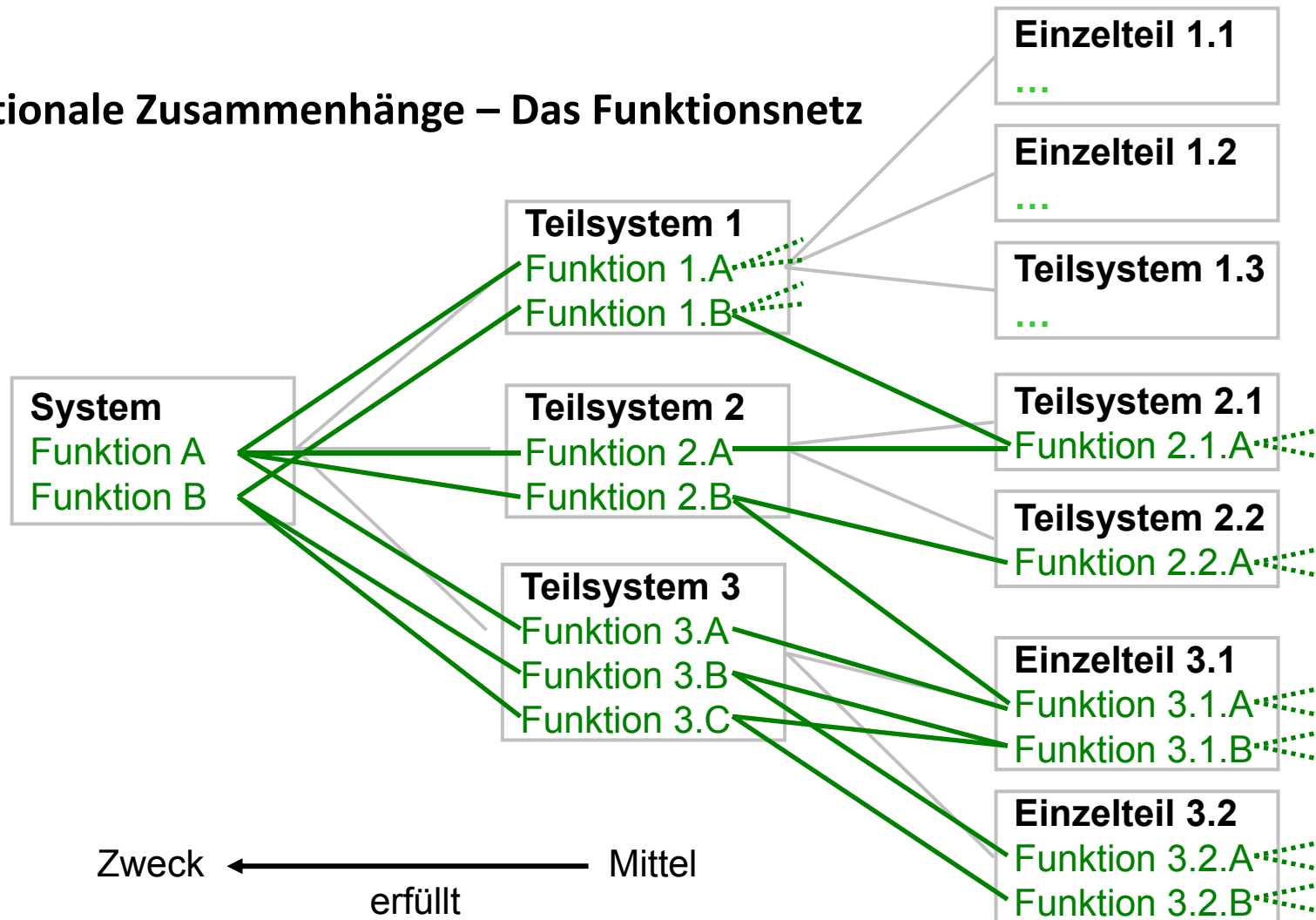


## Aufgabenstellung

- Definieren Sie zu jedem System-/Prozesselement aus Ihrer Strukturanalyse 2-3 Funktionen und Anforderungen und stellen Sie den funktionalen Zusammenhang dar (Funktionsnetz)
- Fangen Sie am Wurzelement an und arbeiten Sie sich nach dem Black-Box-Ansatz bis in die tiefste Ebene durch
- Auf unterster Ebene sollen ebenfalls Merkmale definiert werden

# Schritt 3: Funktionsanalyse

## Funktionale Zusammenhänge – Das Funktionsnetz



Zweck ← erfüllt Mittel

Zweck ← erfüllt Mittel

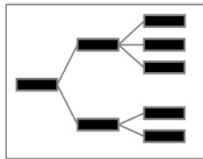


# Schritt 3: Abschließende Fragen

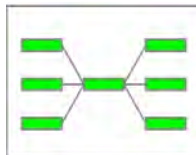
1. Schritt  
Betrachtungsumfang



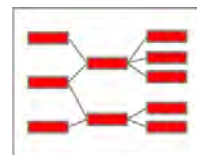
2. Schritt  
Strukturanalyse



3. Schritt  
Funktionsanalyse



4. Schritt  
Fehleranalyse



5. Schritt  
Risikobewertung



6. Schritt  
Optimierung



- Sind alle für den Betrachtungsumfang relevanten Anforderungen/Eigenschaften/Funktionen/Merkmale erfasst?
- Sind die Umgebungs-/ Betriebsbedingungen zu den Funktionen erfasst?
- Sind die Funktionen, Merkmale verifizierbar und validierbar beschrieben bzw. die benötigten Verweise vorhanden/hinterlegt?
- Sind die Funktionen in Teilfunktionen untergliedert, d.h. über alle Strukturebenen verknüpft?

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

6 Schritte der FMEA

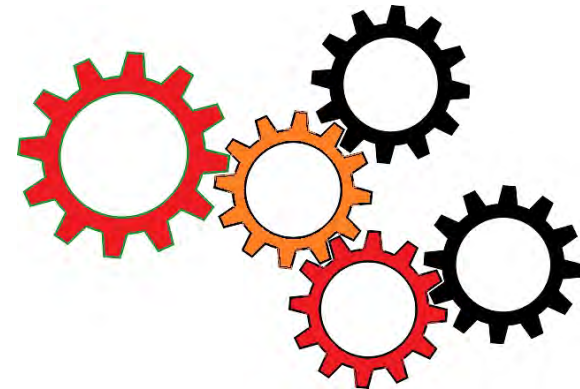
# SCHRITT 4: FEHLERANALYSE





- **Ziel des Schritts:**

- Übersicht der Fehlfunktionen des Produkts/Prozesses
- Fehlerdefinition für jede Funktion/Anforderung (BOTTOM-UP)
- Verständnis der Wirkzusammenhänge/Fehlerfolgen



- **Input:** ↓

- Output aus vorherigen Schritten (insbesondere Funktionen und Anforderungen mit zugehörigem Funktionsnetz, Fehler-Erfahrungen, Felddaten, Muster etc.)

- **Output:** → ]

- Fehler zu jeder Funktion/Anforderung definiert, Fehlerursachen, Fehlerfolgen (inkl. Fehlernetz)

## Schritt 4: Fehlfunktionen definieren

- Abweichung von einer geforderten Funktion: Art und Weise, in der eine Funktion/Anforderung oder ein Merkmal nicht erfüllt werden könnte
- Fehlfunktionen werden aus den jeweiligen Funktionen abgeleitet ggf. muss die Funktionsbeschreibung ergänzt/optimiert werden.

**Funktion:** Elektrische Energie in geforderte mechanische Energie wandeln

**Fehlfunktion:** Elektrische Energie wird nicht in mechanische Energie gewandelt

- Ausprägungsmöglichkeiten der Fehlfunktionen (Auszug):
  - **Keine** Funktion → Totalausfall
  - **quantitative** Abweichung → zu viel, zu wenig, ...
  - **temporäre** Abweichung → zu früh, zu spät, Aussetzer, intermittierend, ...
  - **Unbeabsichtigte** Funktion



**Fehlfunktionen** mit Ausprägungen präzise formulieren und auf jeweilige Funktion hinsichtlich des Outputs definieren

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

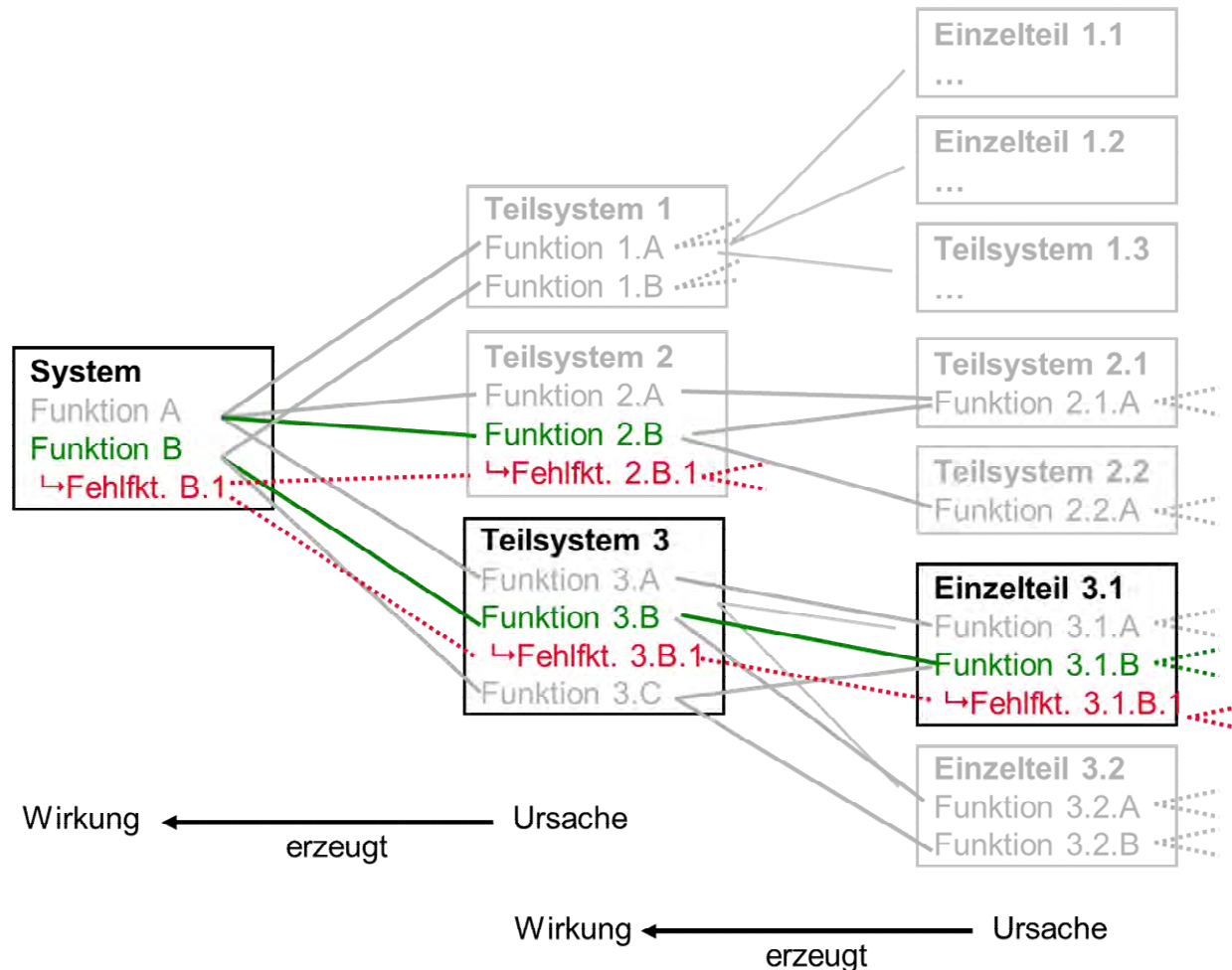
Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

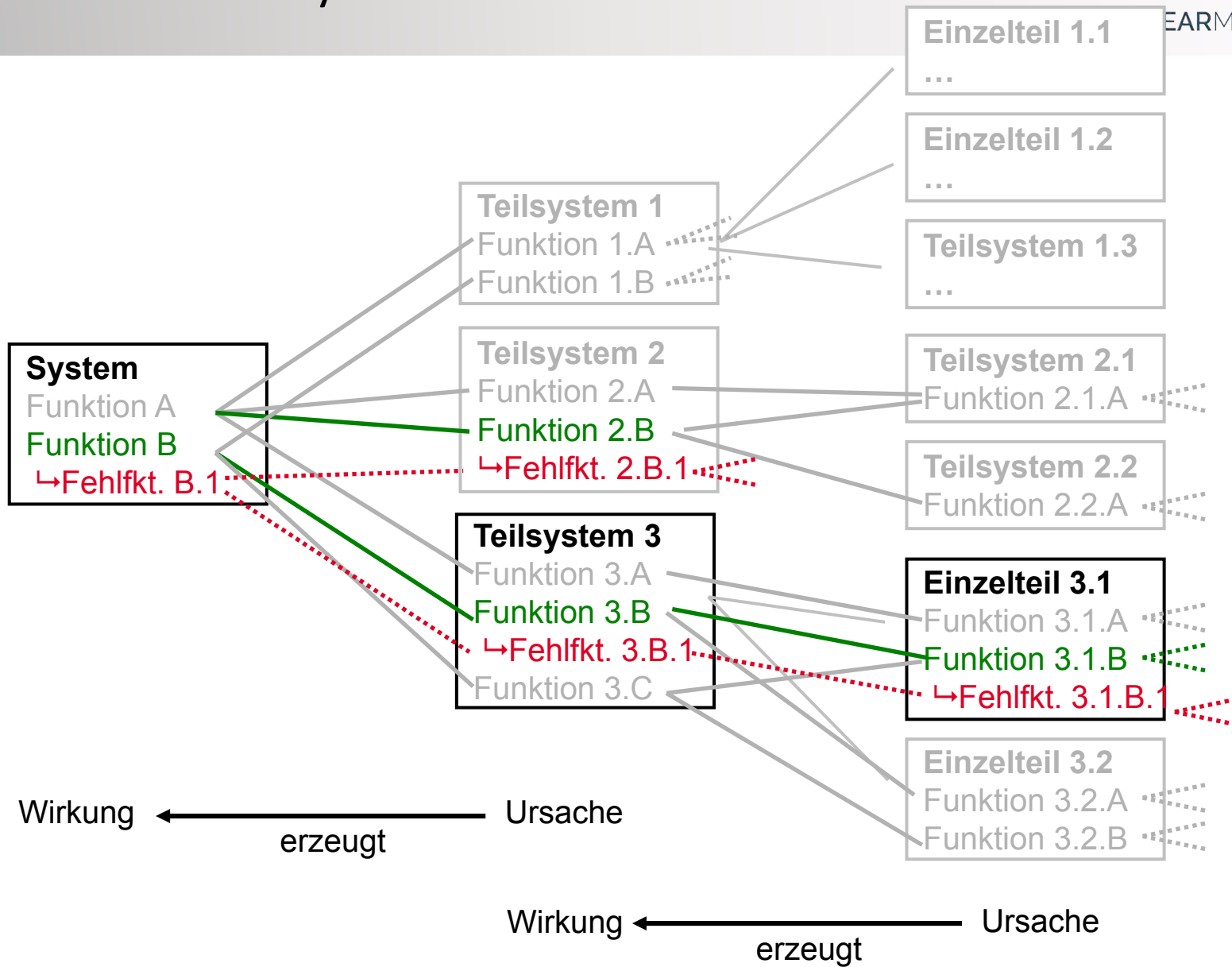
# Schritt 4: Fehlernetz - grafische Darstellung



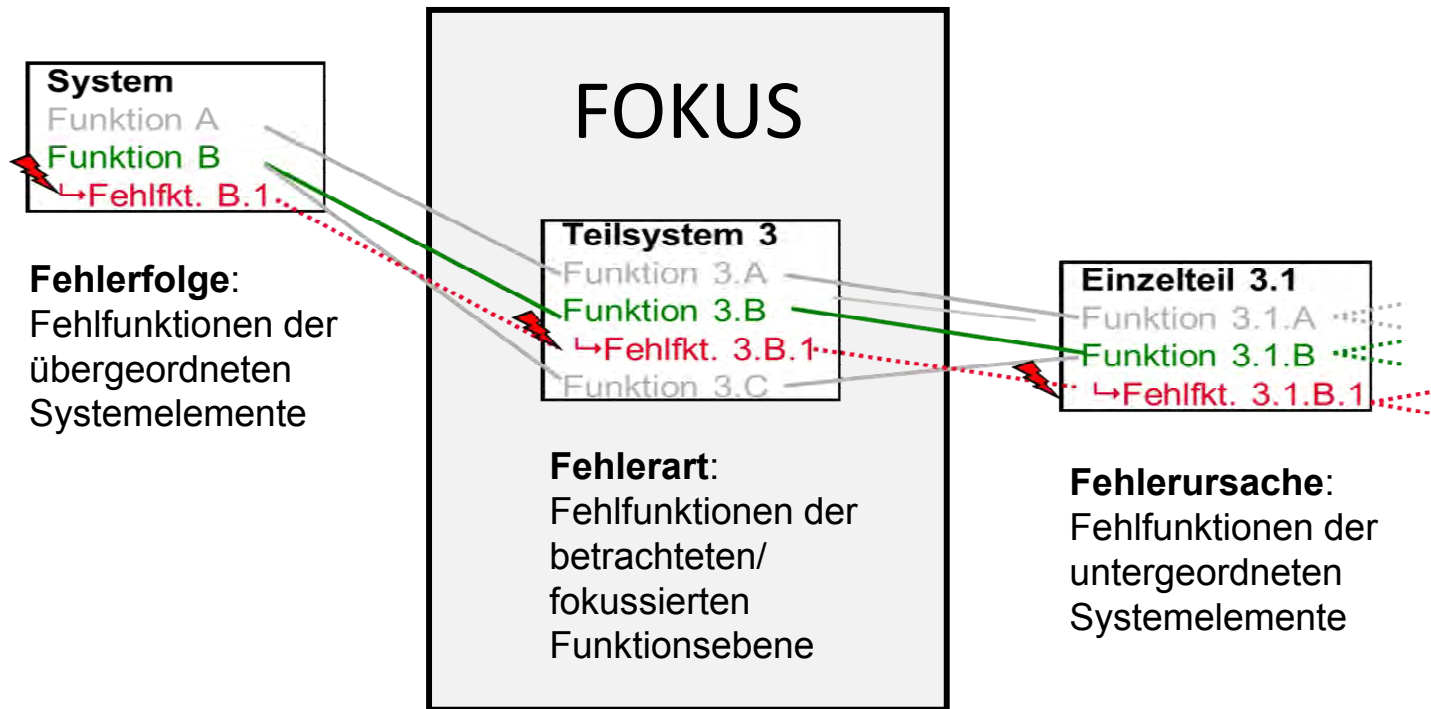
Exemplarische Darstellung, nicht alle Fehlernetze vorhanden



# Schritt 4: Fehleranalyse



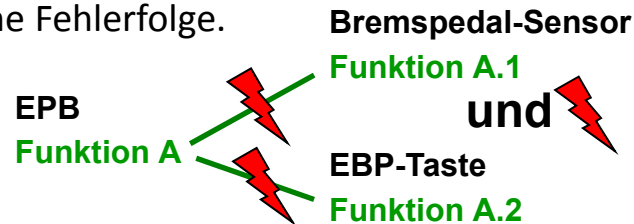
# Schritt 4: Fehlerfolge, Fehlerart und Fehlerursache



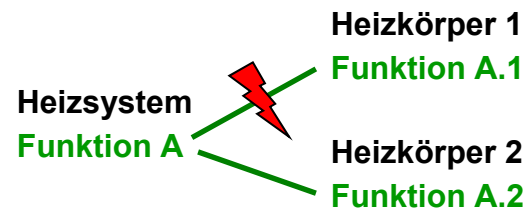
Bei Betrachtung einer Fehlfunktion als **Fehlerart** ergibt sich die **Fehlerfolge** aus dem **übergeordneten** Systemelement und die **Fehlerursache** aus dem **untergeordneten** Systemelement



- Es werden **keine Doppelfehler** (keine Kombination aus Fehlern) betrachtet
  - Beispiel: Elektronische Parkbremse (EPB)
    - Der Fehler „EPB fehlerhaft geöffnet“ tritt nur auf, wenn sowohl das Bremspedal fehlerhaft erkannt wird und die EPB-Taste fehlerhaft erkannt wird. Die Fehlerursachen von Bremspedal-Sensor und EPB-Taste alleine haben keine Fehlerfolge.



- Allgemein werden Eingänge in das fokussierte Systemelement/ bzw. den fokussierten Prozessschritt stets als „in Ordnung“ angesehen
  - Beispiel: Zwei aneinander geschaltete Heizkörper
    - Fällt der erste Heizkörper aus, so wird auch der Zweite nicht heizen. In der FMEA wird jedoch nur der Fehler des ersten Heizkörpers betrachtet, nicht aber zusätzlich das Nichtheizen des Zweiten (Folgefehler).



## Aufgabenstellung

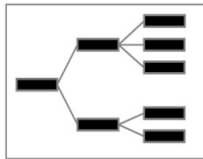
- Leiten Sie zu jeder/m Funktion/Anforderung/Merkmal aus Ihrer Funktionsanalyse 2-3 Fehlfunktionen und stellen Sie Fehlernetz dar
- Fangen Sie auf unterster Ebene an und arbeiten Sie sich bis zur höchsten Ebene (Wurzelement) durch

# Schritt 4: Abschließende Fragen

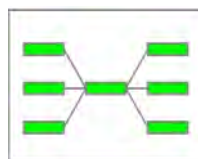
1. Schritt  
Betrachtungsumfang



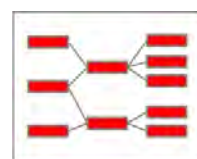
2. Schritt  
Strukturanalyse



3. Schritt  
Funktionsanalyse



4. Schritt  
Fehleranalyse



5. Schritt  
Risikobewertung



6. Schritt  
Optimierung



- Sind die Fehlfunktionen von den Funktionen abgeleitet?
- Sind die Fehlfunktionen vollständig (nicht nur Negation)?
- Sind die Fehlfunktionen aussagekräftig und nachvollziehbar beschrieben?
- Sind die Fehlfunktionen logisch miteinander verknüpft (ODER-Verknüpfung)?

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung



6 Schritte der FMEA

# SCHRITT 5: RISIKOBEWERTUNG



- **Ziel des Schritts:**

- Entwicklungsstand beschreiben und bewerten
- Maßnahmen und Wahrscheinlichkeiten
- Übersicht aller vorhandenen Risiken
- Ist-Zustandsbetrachtung



- **Input:** ↓

- Output aus vorherigen Schritten (insbesondere Fehlernetz, aktuelle Ergebnisse aus bisheriger Produkt-/Prozess-Entwicklung, Test- und Review-Ergebnisse, Berechnungen, Erprobungsplan, Prüfplan, Fähigkeitsnachweis etc.)

- **Output:** →

- Bewerteter Entwicklungsstand mit umgesetzten Maßnahmen, Ist-Zustand des Risikopotentials mit aktueller Fehlervermeidung/-entdeckung, Bewertung der Bedeutung der Fehlerfolgen (B), Auftretenswahrscheinlichkeit (A) und Entdeckungswahrscheinlichkeit (E) der Fehlerursachen

# Schritt 5: Bedeutung der Fehlerfolge (B-Bewertung)



- Die **Bewertungszahl B**

wird durch die Bedeutung einer Fehlerfolge auf oberster Ebene des Betrachtungsumfangs bzw. an der zum übergeordneten System definierten Schnittstelle festgelegt

- **Annahme:**

Fehlerart ist aufgetreten und wird **nicht** entdeckt (Maßnahmen werden **nicht** einbezogen)

- Abstimmung bzw. Abgleichung der

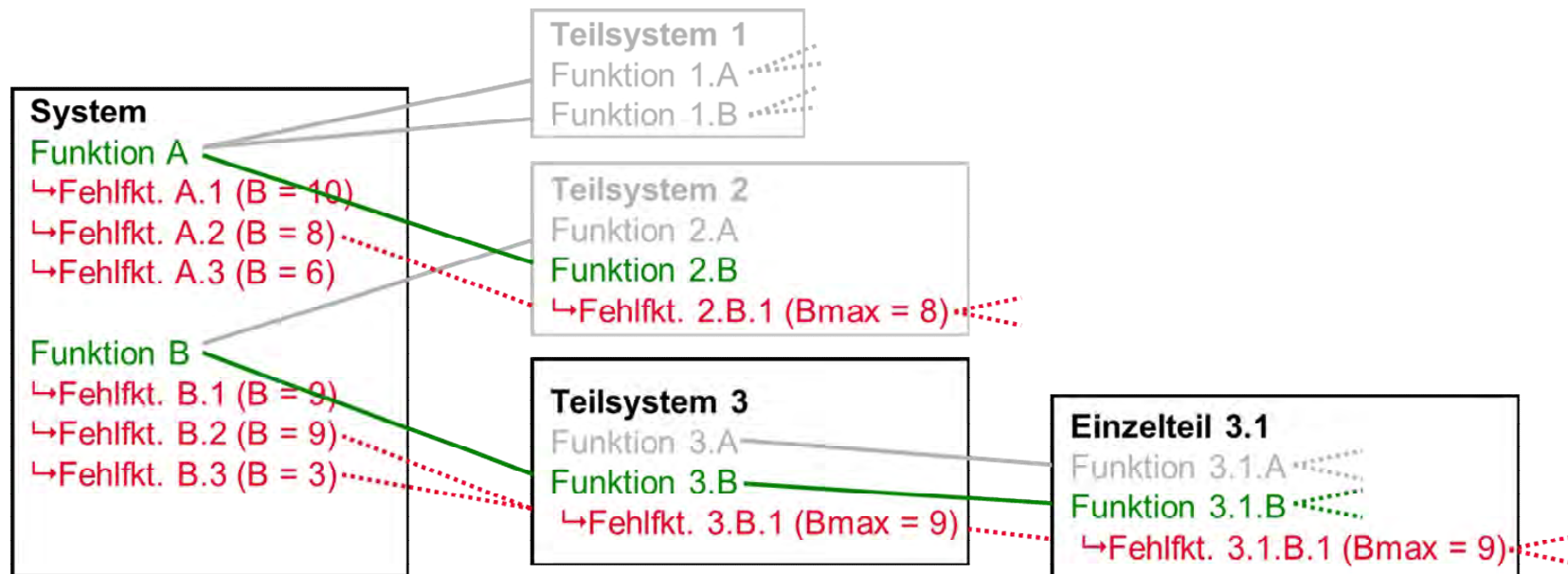
Beschreibungen und Bewertungen der Fehlerfolgen zwischen System-, Produkt- und Prozess-FMEA (Schnittstellenabstimmung)

- Hilfreich:

- Produkt- bzw. branchenspezifische B-Bewertungstabellen verwenden

# Schritt 5: Bedeutung der Fehlerfolge (B-Bewertung)

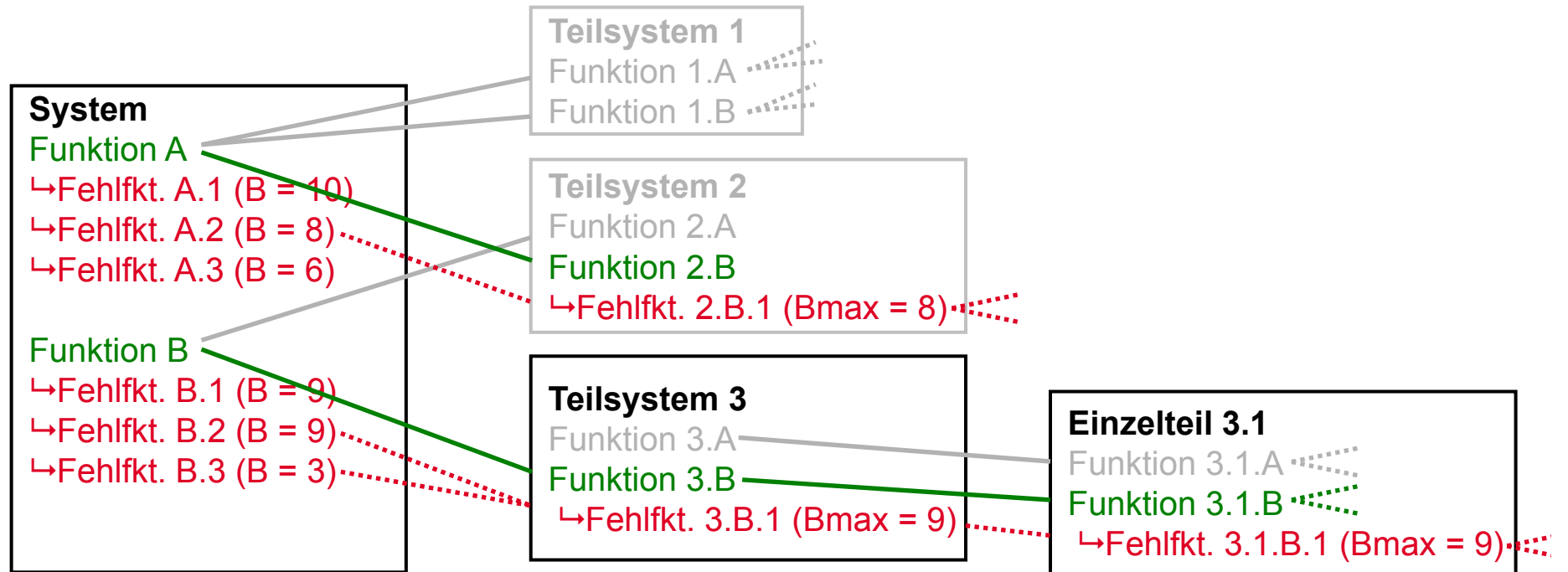
- Bewertungsmöglichkeiten:
  - **B=10** (Gefahr für Leib und Leben) bis **B=1** (Fehler nicht wahrnehmbar)



Exemplarische Darstellung, nicht alle Fehlernetze vorhanden



# Schritt 4: Fehleranalyse



# Schritt 5: Bedeutung der Fehlerfolge (B-Bewertung)



- Produkt- bzw. branchenspezifische B-Bewertungstabelle (Beispiel)

B	Allgemeine Bewertungskriterien Produkt für Bedeutung B	Anwendungsbezogene Bewertungskriterien können sein:
sehr hoch 10-9	Äußerst schwerwiegende Fehler, der die Sicherheit beeinträchtigt und/oder die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften verletzt. Existenzbedrohendes Firmenrisiko.	Sicherheit, Auswirkungen auf <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betreiber und Fahrzeuginsassen</li> <li>- andere Verkehrsteilnehmer/Personen/Servicepersonal</li> <li>- Gesundheit, Fahrerzeuginsassen und Andere.</li> <li>- usw.</li> </ul>
hoch 8-7	Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs stark eingeschränkt bzw. Ausfall von Funktionen, die zum Fahrbetrieb notwendig sind. Sofortiger Werkstattaufenthalt zwingend erforderlich	Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, Auswirkungen auf <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umwelt</li> <li>- Abgas</li> <li>- Zulassung</li> <li>- Produkthaftung</li> <li>- Gewährleistung und Kulanz</li> <li>- usw.</li> </ul>
mäßig 6-5-4	Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs eingeschränkt, sofortiger Werkstattaufenthalt nicht erforderlich. Ausfall wichtiger Bedien- und Komfortsysteme.	Funktionalität <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liegenbleiber</li> <li>- Reduzierung der Fahrleistung</li> <li>- Bedienungseinschränkung</li> <li>- Geräusch</li> <li>- usw.</li> </ul>
gering 3-2	Geringe Funktionsbeeinträchtigung des Fahrzeugs, Funktionseinschränkung wichtiger Bedien- und Komfortsysteme.	Kosten durch <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reparatur</li> <li>- erhöhte Betriebskosten</li> <li>- Recycling</li> <li>- Rückrufaktion</li> <li>- usw.</li> </ul>
sehr gering 1	Sehr geringe Funktionsbeeinträchtigung, nur vom Fachpersonal erkennbar.	Firmenrisiko <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imageverlust</li> <li>- Kosten</li> <li>- usw.</li> </ul> <p>Die Bewertungen der Fehlerfolgen müssen gemeinsam zwischen Hersteller und Kunden (nächster Abnehmer) abgestimmt werden. Wenn die Fehlerfolgen nicht bekannt sind, ist die Bedeutung mit B = 10 zu bewerten.</p>

\*Quelle: VDA Band 4 (Stand 2006)



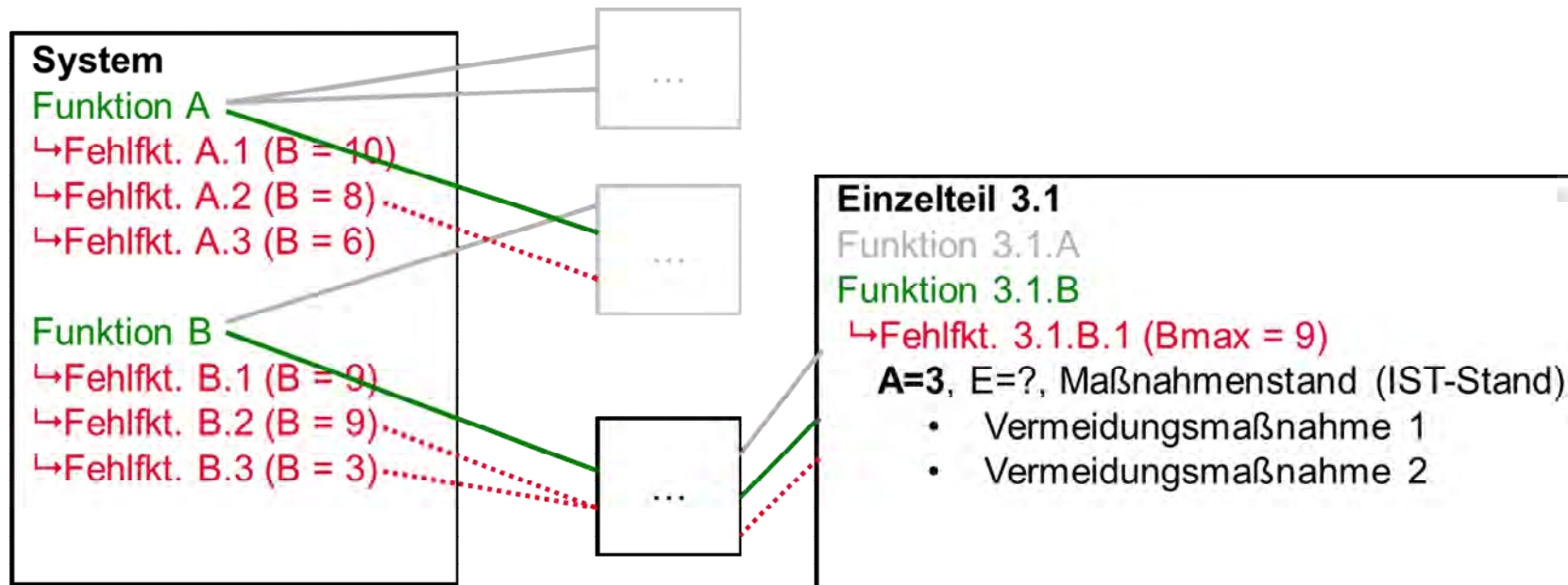
- alle Präventivmaßnahmen, die in der Produktentwicklung/Prozessauslegung ergriffen wurden, um die Fehlerursachen zu vermeiden oder deren Auftretenswahrscheinlichkeit zu reduzieren
- Aufteilbar in Maßnahmengruppen wie bspw. Entwicklungsphasen: Designphase und Realisierungsphase
- Eindeutige und nachvollziehbare Beschreibung mit eventuellen Verweisen auf weitere Dokumente wie bspw. Richtlinien, Zeichnungen, Spezifikationen etc. (Durchgängigkeit der Dokumente sicherstellen)
- Beispiele zu Vermeidungsmaßnahmen:
  - Schraubenauslegung nach DIN-Norm
  - Entwicklung nach ISO26262
  - Festigkeitsberechnung inkl. Finite Element Methode
  - Standardisierte Leitung (Meterware) nach LV212
  - Poka-Yoke (Prozess)

- Die **Bewertungszahl A**  
ist die Wahrscheinlichkeit, mit der die Fehlerursache auftreten wird (ohne Berücksichtigung der Entdeckung)
- **Zeitraahmen:**  
Produktlebensdauer bei Produkten  
Zeitliche Aspekte wie bspw. Standzeit von Werkzeugen bei Prozessen
- Die Bewertungszahl **A** ist eher als **relative Einschätzung** statt als absolute Maßzahl zu sehen und wird jeder Fehlerursache vergeben
- Bei der Bewertung wird die **Wirksamkeit der eingeführten Maßnahme zur Vermeidung** der Fehlerursache **berücksichtigt**



# Schritt 5: Auftretenswahrscheinlichkeit (A-Bewertung)

- Bewertungsmöglichkeiten:
  - **A=10** (sehr hohe Wahrscheinlichkeit) bis **A=1** (unwahrscheinlich)
  - Ist **keine Vermeidungsmaßnahme** zum Fehler beschrieben oder die Wirksamkeit nicht bekannt, ist mit **A=10** zu bewerten



Exemplarische Darstellung

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

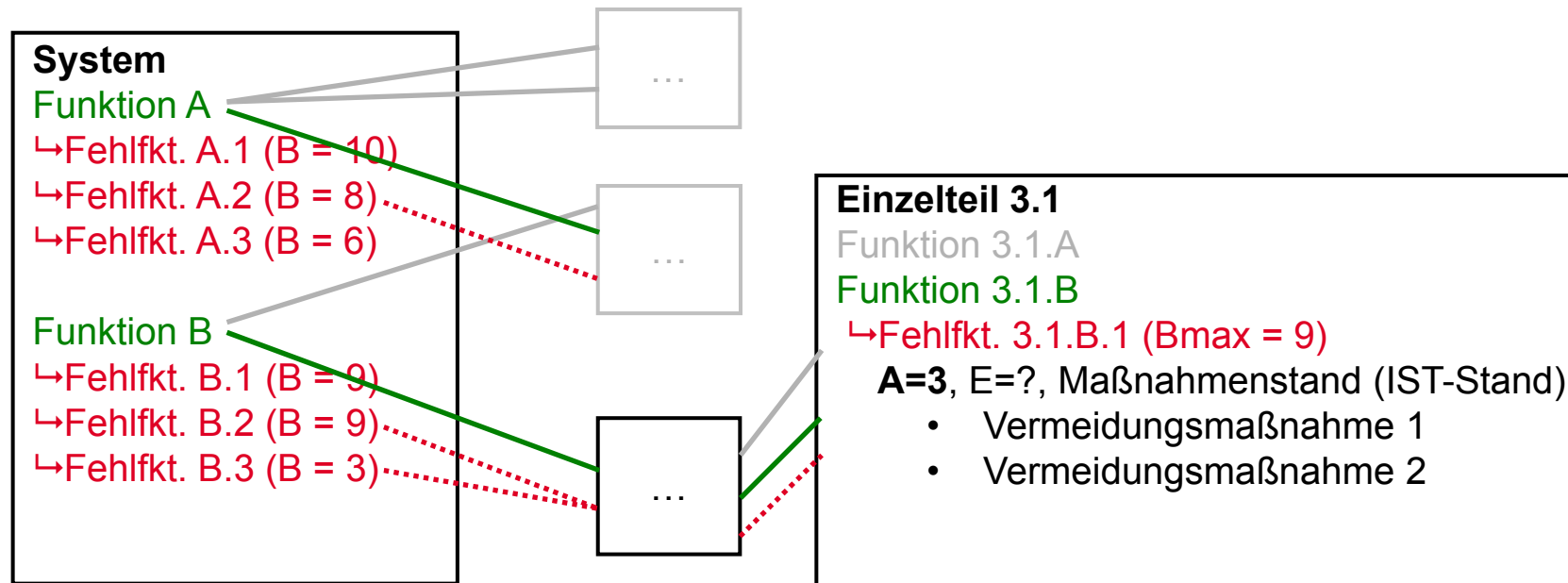
Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

# Schritt 5: Auftretenswahrscheinlichkeit (A-Bewertung)



# Schritt 5: Auftretenswahrscheinlichkeit (A-Bewertung)



- Produkt- bzw. branchenspezifische A-Bewertungstabelle (Beispiel):

Allgemeine Bewertungskriterien	ppm*	Cpk***	Bewertung
<b>Sehr hoch.</b> Es ist nahezu sicher, dass die Fehlerursache sehr häufig auftritt	100.000	-.**	10
	50.000	-.**	9
<b>Hoch.</b> Die Fehlerursache tritt wiederholt auf. Problematisches, unausgereiftes System. Ungenauer Prozess.	20.000	-.**	8
	10.000	-.**	7
<b>Mäßig.</b> Die Fehlerursache tritt gelegentlich auf. Im Reifegrad fortgeschrittenes System. Mit Prozessen vgl., die gelegentlich, jedoch nicht in einem wesentlichen Umfang Fehler aufweisen.	5.000	0,94	6
	1.000	1,10	5
	500	1,17	4
<b>Gering.</b> Das Auftreten der Fehlerursache ist gering. Bewährte Systemauslegung, bewährter Prozess.	67	1,33	3
	6,7	1,50	2
<b>Unwahrscheinlich.</b> Das Auftreten der Fehlerursache ist unwahrscheinlich	<0,67	>1,67	1

\*pro LD (LD = Lebensdauer des Erzeugnisses) \*\*Angabe nicht sinnvoll \*\*\*nur bei Prozess-FMEA

Hinweis: es besteht kein direkter Zusammenhang zwischen **ppm** (parts per million) und **Cpk** (Kennzahlen zur statistischen Bewertung eines Prozesses)



# Schritt 5: Auftretenswahrscheinlichkeit (A-Bewertung)



- Produkt- bzw. branchenspezifische A-Bewertungstabelle\* (Beispiel):

A	Produktauslegung	Anwendungsbezogene Bewertungskriterien können sein:
sehr hoch 10 - 9	Neuentwicklung von Systemen/Komponenten ohne Erfahrung bzw. unter ungeklärten Einsatzbedingungen. Bekanntes System mit Problemen	<p>A beschreibt die Einschätzung/Bestätigung der <b>Auftretenswahrscheinlichkeit</b> der Fehlerursache während der Lebensdauer <b>unter Berücksichtigung</b> der zugehörigen <b>Vermeidungsmaßnahmen</b>.</p> <p><u>Einschätzung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bei der präventiven Erstellung der FMEA wird vor Durchführung der Entdeckungsmaßnahmen der nach dem aktuellen Kenntnisstand erwartete A-Wert eingeschätzt</li> <li>Die Bewertungszahl ist stets als <b>relative Einschätzung</b> statt als absolute Maßzahl nach dem <b>aktuellen Kenntnisstand</b> zu verstehen</li> <li>Zur Einschätzung der Bewertungszahlen können z.B. Expertenwissen, Datenhandbücher, Gewährleistungsdatenbanken oder andere Erfahrungen aus dem Feld von vergleichbaren Produkten herangezogen werden. Eine <b>Bestätigung oder Korrektur</b> der Einschätzungen kann nach Durchführung der Maßnahmen und deren Wirksamkeitskontrolle und dem Vorliegen neuer Daten erfolgen</li> </ul> <p><u>Bestätigung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nach Einsatz der Entdeckungsmaßnahme während der Entwicklung und Nachweis der Wirksamkeit der Vermeidungsmaßnahme wird die <b>A-Bewertung</b> entsprechend dem Ergebnis der Entdeckungsmaßnahme <b>bestätigt oder korrigiert</b>.</li> </ul> <p>Relevante Ergebnisse auf dem Feld sollten in die Bewertung von A mit einbezogen werde. Ein direkter Bezug von A-Werten zu Einheiten, z.B. fit, ppm kann nur mit relevanten Ergebnissen hergestellt werden. Für bestimmte Anwendungsfälle kann eine nachvollziehbare Zuordnung der A-Werte zu Fehlerraten (z.B. ppm-Werten) sinnvoll sein.</p>
hoch 8 - 7	Neuentwicklung von Systemen/Komponenten unter Einsatz neuer Technologien bzw. Einsatz bisher problematischer Technologien. Bekanntes System mit Problemen	
mäßig 6 - 5 - 4	Neuentwicklung von Systemen/Komponenten mit Erfahrung bzw. Detailänderungen früherer Entwicklungen unter vergleichbaren Einsatzbedingungen. Bewährtes System/Komponenten mit langjähriger, schadensfreier Serienerfahrung unter geänderten Einsatzbedingungen.	
gering 3 - 2	Neuentwicklung von Systemen/Komponenten mit positiv abgeschlossenen Nachweisverfahren. Detailänderung an bewährten Systemen/Komponenten mit langjähriger, schadensfreier Serienerfahrung unter vergleichbaren Einsatzbedingungen.	
sehr gering 1	Neuentwicklung bzw. bewährtes System/Komponenten mit Erfahrung unter vergleichbaren (Unterscheidung zu 2-3 erforderlich!) Einsatzbedingungen mit positiv abgeschlossenem Nachweisverfahren. Bewährtes System/Komponenten mit langjähriger, schadensfreier Serienerfahrung unter vergleichbaren Einsatzbedingungen	

\*Quelle: VDA Band 4 (Stand 2006), angepasste Darstellung



## Schritt 5: Entdeckungsmaßnahmen

- Maßnahmen, die mögliche Fehler unter spezifizierten Bedingungen entdecken bzw. die Wirksamkeit der Vermeidungsmaßnahmen bestätigen (Annahme: Fehler tritt auf)
- Aufteilbar in Maßnahmengruppen wie bspw. Entwicklungsphasen: Designphase und Realisierungsphase
- Eindeutige und nachvollziehbare Beschreibung mit eventuellen Verweisen auf weitere Dokumente wie bspw. Test-Dokumentationen, Laborversuche mit nachfolgenden Analysen (Durchgängigkeit der Dokumente sicherstellen)
- Beispiele zu Entdeckungsmaßnahmen:
  - Erprobungen und Versuche mit Messrädern inklusive Analyse
  - HIL (Hardware in the Loop) -Tests
  - Projektspezifische chemische Beständigkeit nach Kunden-Norm XY
  - Projektspezifischer Fahrzeugdauerlauf
  - Überwachung Produkt-/ Prozessparameter

- Die **Bewertungszahl E**

ist die Wahrscheinlichkeit, mit der die Fehlerursache oder die Fehlerart durch die beschriebenen Entdeckungsmaßnahmen vor Übergabe an den Kunden entdeckt wird (bezogen auf das Serienprodukt)

- **Zeitraumen:**

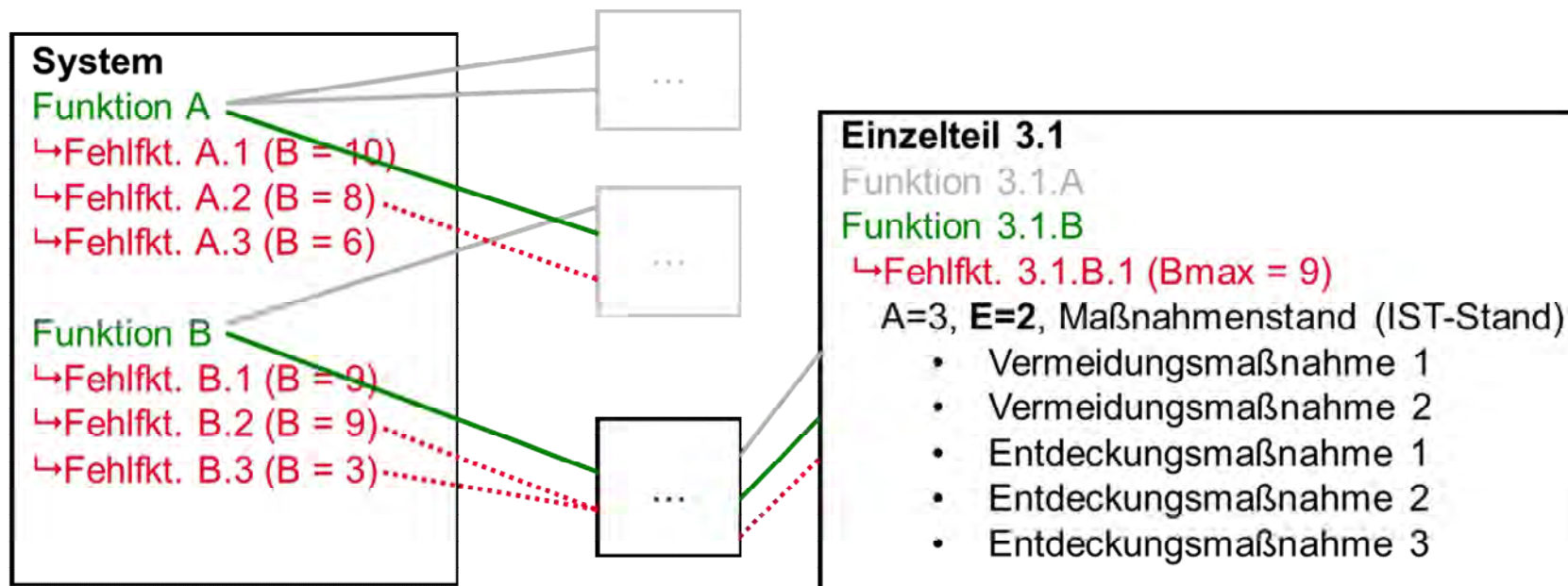
Produktlebensdauer bei Produkten

Zeitliche Aspekte wie bspw. Standzeit von Werkzeugen bei Prozessen

- Die Bewertungszahl **E** ist eher als **relative Einschätzung** statt als absolute Maßzahl zu sehen und wird jeder Fehlerursache vergeben

- Bei der Bewertung wird die **Wirksamkeit der eingeführten Maßnahmen** zur **Entdeckung** der Fehlerart und/oder Fehlerfolge **berücksichtigt**

- Bewertungsmöglichkeiten:
  - **E=10** (keine Entdeckbarkeit) bis **E=1** (sehr hohe Entdeckbarkeit)
  - Ist **keine Entdeckungsmaßnahme** zum Fehler beschrieben oder die Wirksamkeit nicht bekannt, ist mit **E=10** zu bewerten



Exemplarische Darstellung

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

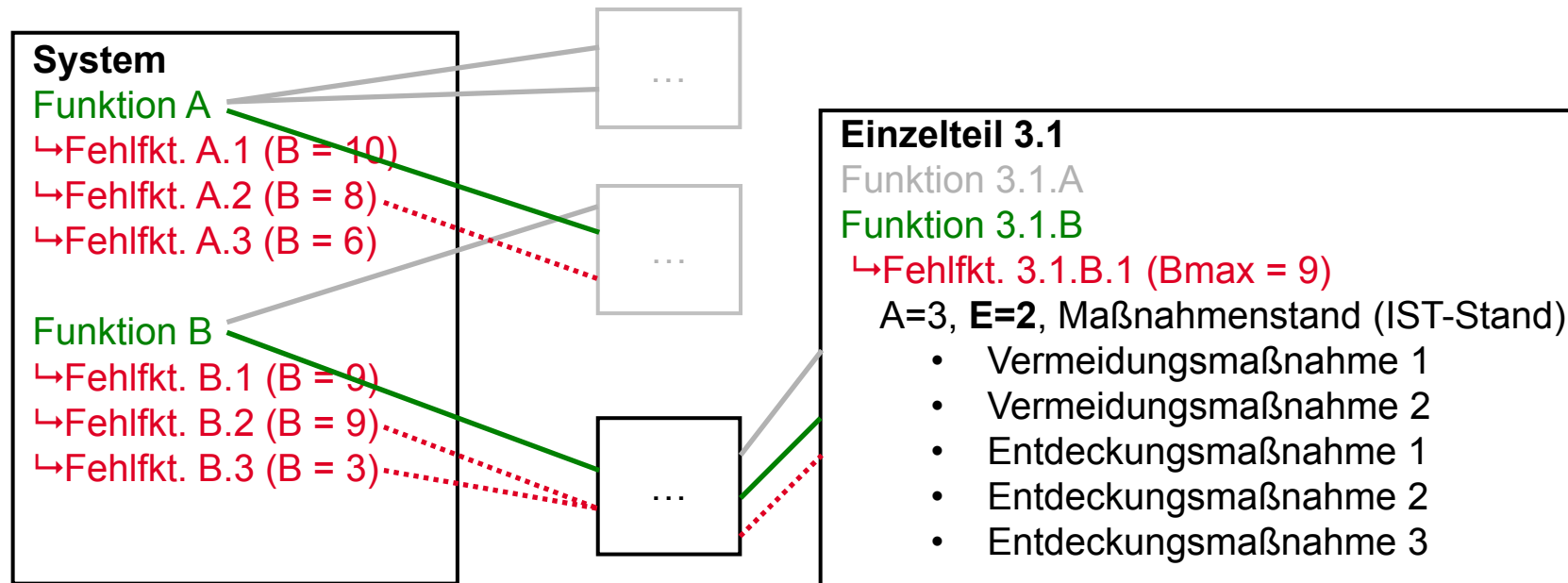
Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

# Schritt 5: Entdeckungswahrscheinlichkeit





# Schritt 5: Entdeckungswahrscheinlichkeit (E-Bewertung)



- Produkt- bzw. branchenspezifische E-Bewertungstabelle (Beispiel):

Allgemeine Bewertungskriterien (Produkt)	Allgemeine Bewertungskriterien (Prozess)	Sicherheit der Prüfverfahren (Prozess)	Bewertung
<b>Unwahrscheinlich.</b> Es ist unmöglich oder unwahrscheinlich, dass eine Fehlerart/-ursache durch Prüf- und Untersuchungsmaßnahmen in der Entwicklungsphase entdeckt wird.	<b>Unwahrscheinlich.</b> Der Fehler wird oder kann nicht entdeckt werden.	-	10
<b>Sehr gering.</b> Die Wahrscheinlichkeit ist sehr gering, dass die Fehlerart/-ursache durch Prüf- und Untersuchungsmaßnahmen in der Entwicklungsphase entdeckt wird.	<b>Sehr gering.</b> Die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Fehlers ist sehr gering.	90%	9 8 (7, Prozess)
<b>Gering.</b> Die Wahrscheinlichkeit ist gering, dass die Fehlerart/-ursache durch Prüf- und Untersuchungsmaßnahmen in der Entwicklungsphase entdeckt wird.	<b>Gering.</b> Die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Fehlers ist gering.	98%	(7, Produkt) 6
<b>Mäßig.</b> Die Wahrscheinlichkeit ist mäßig, dass die Fehlerart/-ursache durch Prüf- und Untersuchungsmaßnahmen in der Entwicklungsphase entdeckt wird.	<b>Mäßig.</b> Die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Fehlers ist mäßig.	99,70%	5 (4, Produkt)
<b>Hoch.</b> Die Wahrscheinlichkeit ist hoch, dass die Fehlerart/-ursache durch Prüf- und Untersuchungsmaßnahmen in der Entwicklungsphase entdeckt wird.	<b>Hoch.</b> Die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Fehlers ist hoch.	99,90%	(4, Prozess) 3 2
<b>Sehr hoch.</b> Es ist sicher, dass ein Auslegungsfehler durch Prüf- und Untersuchungsmaßnahmen in der Entwicklungsphase entdeckt wird.	<b>Sehr hoch.</b> Die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Fehlers ist sicher.	99,99%	1



# Schritt 5: Entdeckungswahrscheinlichkeit (E-Bewertung)



- Produkt- bzw. branchenspezifische E-Bewertungstabelle\* (Beispiel):

E	Entdeckung zur Absicherung der Produktauslegung	Anwendungsbezogene Bewertungskriterien können sein:
sehr gering 10 - 9	Sehr geringe Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlfunktion, da kein Nachweisverfahren bekannt bzw. kein Nachweisverfahren festgelegt ist.	<p>Mit der Entdeckungswahrscheinlichkeit wird die <b>Wirksamkeit der Entdeckungsmaßnahme</b> bewertet.</p> <p><u>Ziele der entwicklungsbegleitenden Entdeckungsmaßnahmen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Als Nachweisverfahren für <b>korrekte technische Auslegung</b> des Produktes</li> <li>• Zur <b>Bestätigung der Korrektur</b> der anfangs eingeschätzten <b>Auftretenswahrscheinlichkeit</b></li> </ul> <p><u>Zu Berücksichtigen sind unter Anderem:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baumusterstände/Grenzmuster</li> <li>• Stückzahl Erprobungsträger</li> <li>• Serien-/Laborerprobung</li> <li>• Randbedingungen</li> <li>• Prüfparameter (Lastkollektiv)</li> <li>• Prüfeinrichtung</li> <li>• Erfahrungen mit der Entdeckungsmaßnahme</li> <li>• Analysen, Reviews, Simulationen usw.</li> </ul> <p>Zur Beurteilung der Entdeckungswahrscheinlichkeit muss die <b>Wirksamkeit</b> der Entdeckungsmaßnahme <b>nachgewiesen</b> sein. Nach Durchführung der Entdeckungsmaßnahme wird die anfänglich eingeschätzte <b>E-Bewertung</b> entsprechend dem Ergebnis der E-Maßnahme <b>bestätigt oder korrigiert</b>. Durch die E-Maßnahme wird die Eigenschaft eines Produktes nicht verändert, sondern ausschließlich durch eingeleitete Maßnahmen, z.B. durch aus den E-Maßnahmen abgeleitete Verbesserungen. Die <b>Ergebnisse von wirksamen E-Maßnahmen</b> sind zur <b>Korrektur oder Bestätigung der A-Bewertung</b> nutzbar.</p>
gering 8 - 7	Geringe Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlfunktion, da Nachweisverfahren unsicher bzw. keine Erfahrung mit dem festgelegten Nachweisverfahren.	
mäßig 6 - 5 - 4	Mäßige Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlfunktion. Bewährtes Nachweisverfahren aus vergleichbaren Produkten unter neuen Einsatz-/Randbedingungen	
hoch 3 - 2	Hohe Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlfunktion durch bewährtes Nachweisverfahren. Die Wirksamkeit der Entdeckungsmaßnahme wurde für dieses Produkt nachgewiesen.	
sehr hoch 1	Sehr hohe Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlfunktion durch bewährtes Nachweisverfahren an Vorgängergeneration. Die Wirksamkeit der Entdeckungsmaßnahme wurde für dieses Produkt nachgewiesen.	

\*Quelle: VDA Band 4 (Stand 2006), angepasste Darstellung

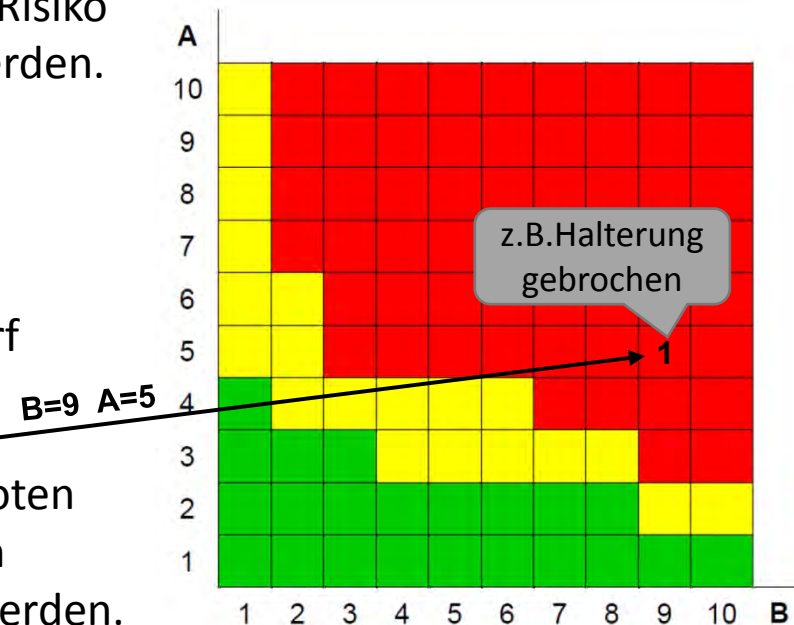


# Schritt 5: Sonderfall Feldbetrachtung/Kundenbetrieb

- Besonderheit bei einer FMEA mit elektronischen Komponenten (wie bspw. Steuergeräte):
  - Verschiedene Maßnahmenstände für die Entwicklungsphase und Kundenbetrieb/Feld möglich
- Maßnahmestand [In der Entwicklung]: Fehlervermeidung, Fehlerentdeckung
  - Fehlervermeidung
    - A-Bewertung: Wie wahrscheinlich ist das Auftreten der Fehlerursache?
  - Fehlerentdeckung
    - E-Bewertung: Wie gut kann die Fehlerursache/-folge in der Entwicklung entdeckt werden?
- Maßnahmestand [Im Kundenbetrieb]: Fehlerbehebung
  - Maßnahmengruppe: Fehlererkennung
    - A-Bewertung: Wie gut ist die Fehlererkennung im Kundenbetrieb? (z.B. Diagnoseentdeckungsgrad)
    - E-Bewertung: Wie gut überprüft man, dass die Fehlererkennung greift (in der Entwicklung)?
  - Maßnahmengruppe: Fehlerreaktion
    - A-Bewertung: Wie gut ist die Fehlerreaktion im Kundenbetrieb?
    - E-Bewertung: Wie gut überprüft man, dass die Fehlerreaktion greift (in der Entwicklung)?

# Schritt 5: (B\*A)-Risikomatrix und Risikograph

- Einstufung des Risikos und Aufzeigen der Bewertungen
- **Roter Bereich**: es besteht Handlungsbedarf, das Risiko muss durch geeignete Maßnahmen reduziert werden.
- **Gelber Bereich**: es besteht kein zwingender Handlungsbedarf, das Risiko sollte jedoch durch geeignete Maßnahmen reduziert werden
- **Grüner Bereich**: es besteht kein Handlungsbedarf
- **Risikograph**: Befindet sich ein **Risiko/Fehler** im roten oder gelben Bereich der B\*A - Risikomatrix, kann zusätzlich die A\*E - Risikomatrix hinzugezogen werden. Befindet sich dieses betrachtete Risiko/dieser betrachtete Fehler in der A\*E - Risikomatrix im grünen Bereich, kann der gelbe oder rote Bereich der B\*A - Risikomatrix akzeptiert werden.



## Aufgabenstellung

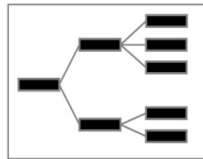
- Bewerten Sie die Bedeutung (B) des Fehlers im Wurzelement mittels einer Bewertungstabelle.
- Definieren Sie den Ist-Stand der Maßnahmen mit Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen an der Fehlerursache (unterste Ebene).
- Bewerten Sie die Auftretenswahrscheinlichkeit (A) des Fehlers unter Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahmen (IST-Stand).
- Bewerten Sie die Entdeckungswahrscheinlichkeit (E) des Fehlers/der Fehlerfolge unter Berücksichtigung der Entdeckungsmaßnahmen (IST-Stand).

# Schritt 5: Abschließende Fragen

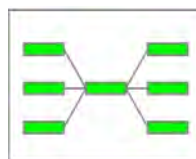
1. Schritt  
Betrachtungsumfang



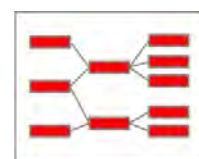
2. Schritt  
Strukturanalyse



3. Schritt  
Funktionsanalyse



4. Schritt  
Fehleranalyse



5. Schritt  
Risikobewertung



6. Schritt  
Optimierung



- Was wurde bereits gegen den Fehler unternommen?
- Sind die Maßnahmen eindeutig und nachvollziehbar formuliert?
- Wurden die Bewertungsmaßstäbe durchgängig angewandt?
- Wie groß ist das aktuelle Risiko (B\*A-Risikomatrix)?
- Welche Erkenntnisse aus dem Fehlernetz sind für weitere Anwendungen (Diagnose, Wartungspläne, Prüfpläne, Varianten) verwendbar?

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

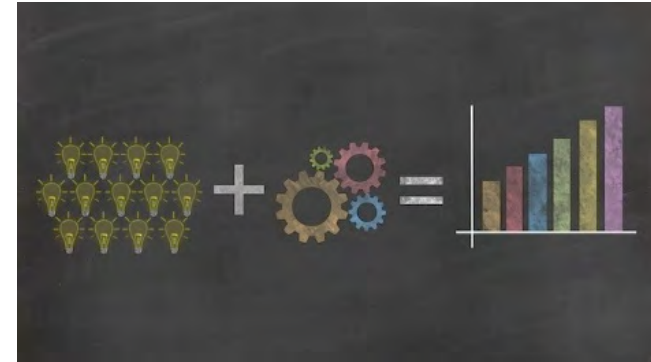
6 Schritte der FMEA

# SCHRITT 6: OPTIMIERUNG



- **Ziel des Schritts:**

- Maßnahmen mit Verantwortlichem und Termin festlegen
- Maßnahmen bewerten und umsetzen
- Wirksamkeit prüfen
- Bewertung und Dokumentation aktualisieren
- akzeptablen Stand erreichen, ggf. Iteration



- **Input:** ↓

- Output aus vorherigen Schritten (insbesondere Bewerteter Entwicklungsstand, Maßnahmen und Wahrscheinlichkeiten, Übersicht aller vorhandenen Risiken)

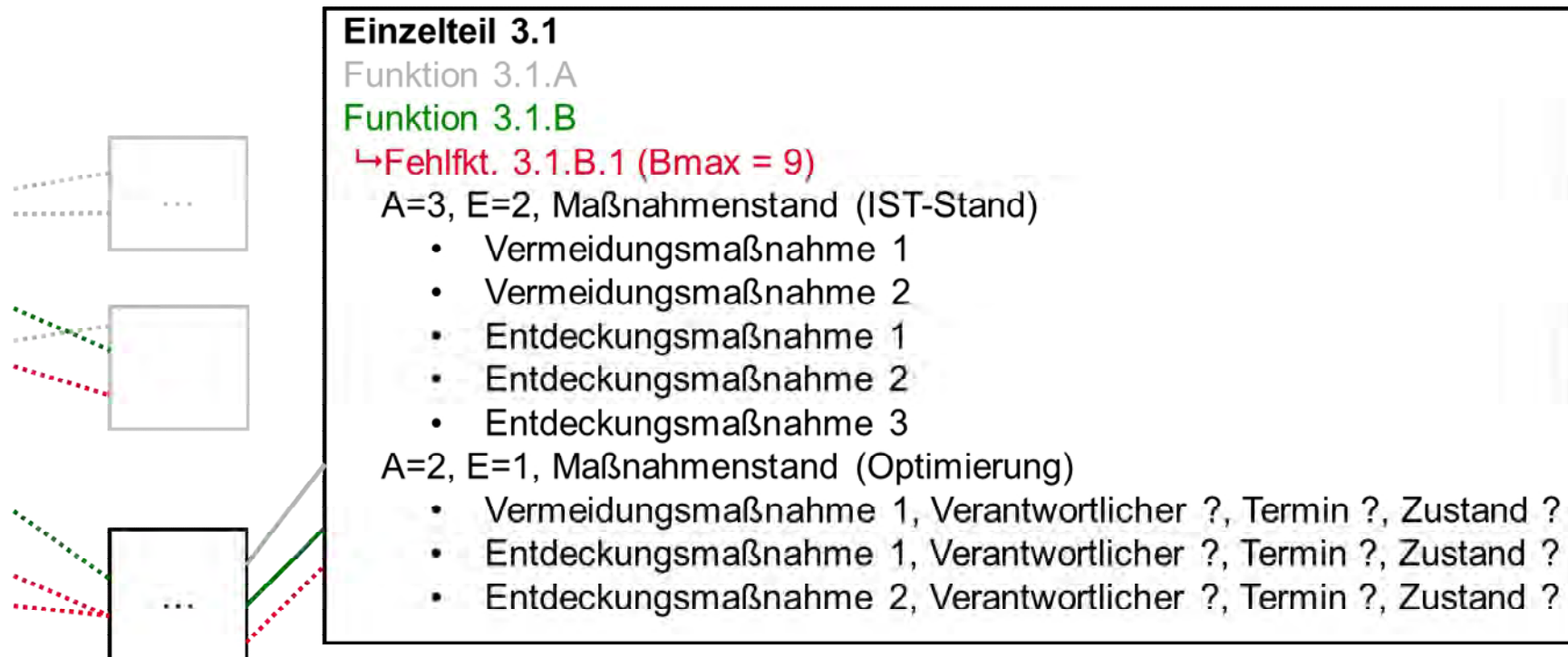
- **Output:** →

- geplante Maßnahmen zur Verbesserung des Produktes/Prozesses (zur Optimierung der FMEA, Risikominimierung) mit Verantwortlichem und Termin



# Schritt 6: Optimierungsmaßnahmen definieren

- Verbesserungsmaßnahmen in neuem Maßnahmenstand mit Verantwortlichkeit, Termin und Zustand (z.B. in Entscheidung, Umgesetzt, Verworfen) einfügen
- A- und E-Bewertung (nach Verbesserungsmaßnahmen) einschätzen



Exemplarische Darstellung

Betrachtungsumfang

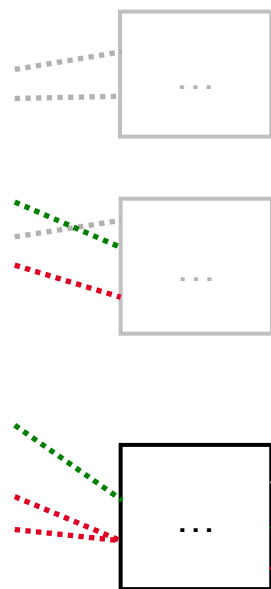
Strukturanalyse

Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung



## Einzelteil 3.1

Funktion 3.1.A

Funktion 3.1.B

↳ Fehlfkt. 3.1.B.1 (Bmax = 9)

A=3, E=2, Maßnahmenstand (IST-Stand)

- Vermeidungsmaßnahme 1
- Vermeidungsmaßnahme 2
- Entdeckungsmaßnahme 1
- Entdeckungsmaßnahme 2
- Entdeckungsmaßnahme 3

A=2, E=1, Maßnahmenstand (Optimierung)

- Vermeidungsmaßnahme 1, Verantwortlicher ?, Termin ?, Zustand ?
- Entdeckungsmaßnahme 1, Verantwortlicher ?, Termin ?, Zustand ?
- Entdeckungsmaßnahme 2, Verantwortlicher ?, Termin ?, Zustand ?

## Schritt 6: Hinweise zur Optimierung

- Iterativer Entwicklungsprozess (PDCA) zur Verbesserung des Produkts/Prozesses durch gezielte Aktionen zur Senkung der A- und E-Bewertungen mit anschließender Wirksamkeitsprüfung und erneuter Entscheidung über die Zielerreichung
- Die Vermeidung der Fehlerursache und/oder die Begrenzung der Fehlerfolge haben Vorrang vor der Fehlerentdeckung (Qualität erzeugen und nicht herausprüfen)
- Fehlerentdeckung an der Fehlerquelle (Entstehungsort) ist anzustreben



**Fehlerfreie** Produkte entwickeln und herstellen  
**Fehlerfreie** Prozesse entwickeln und umsetzen

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

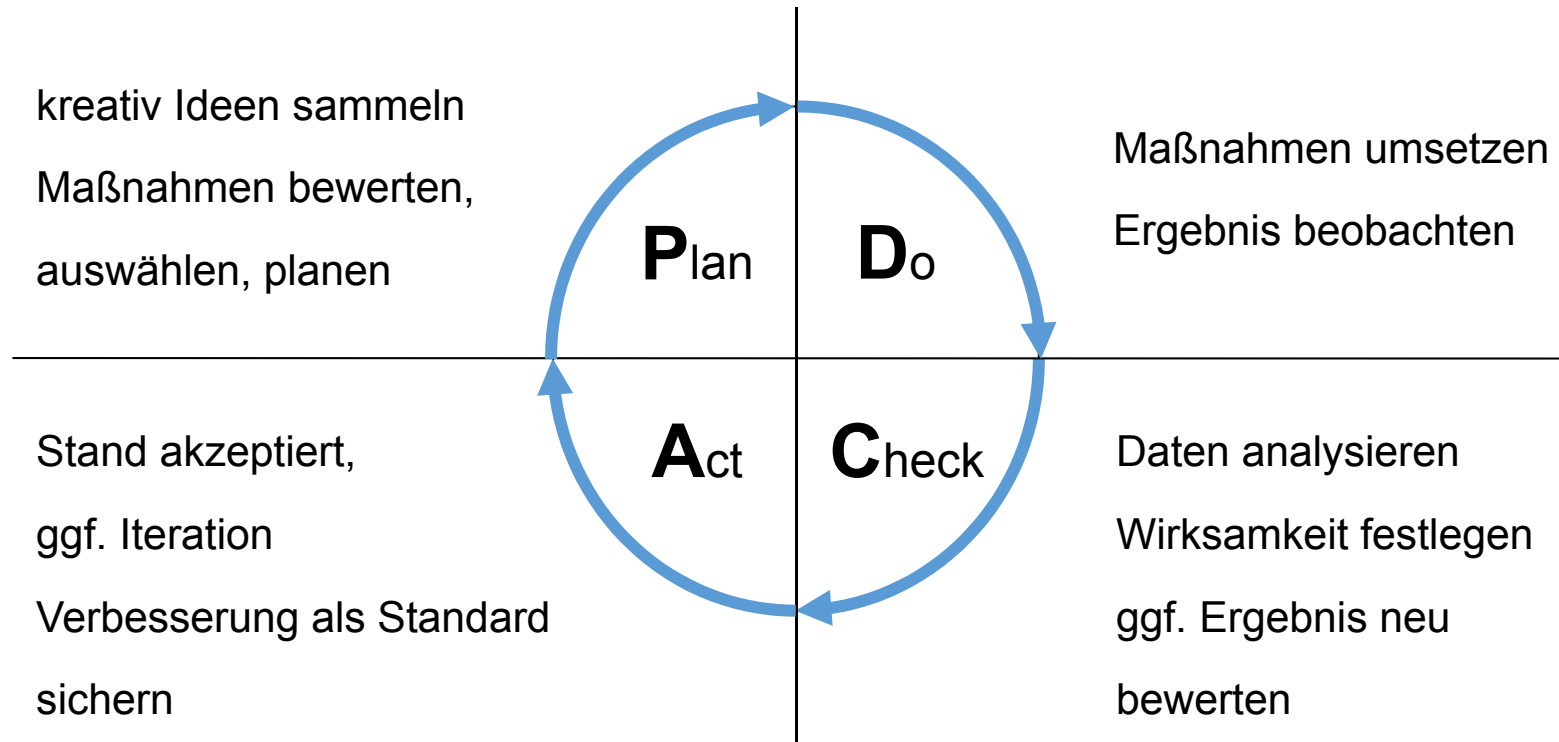
Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

# Schritt 6: Iterativer Entwicklungsprozess (PDCA)



## Schritt 6: Abschluss der FMEA

- Nach „komplett“ erstellter FMEA kann
  - die Zusammenfassung in Form eines Deckblatts inklusive Versionierung erstellt werden
  - die Zustimmung durch Unterschriftendurchlauf eingeholt werden
  - ggf. die Abstimmung mit dem Lieferanten/Kunden vorbereitet werden
  - Statistik-Auswertungen wie bspw. Pareto-, oder Häufigkeitsanalyse , Risikomatrix etc. erstellt werden
- Weshalb „komplett“?
  - Eine FMEA ist nie vollständig abgeschlossen
  - Sie lebt während des gesamten Produktlebenszyklus
  - Bei Produkt-/Prozess-Änderungen oder Iterationen (Rückmeldungen/Reklamationen) wird sie aktualisiert

## Aufgabenstellung

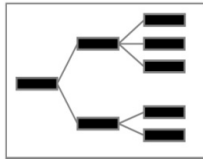
- Definieren Sie geplante Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen zur Optimierung der Auftretens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit.
- Definieren Sie zu jeder Verbesserungsmaßnahme einen Verantwortlichen und einen Termin (Projekt-Terminplan berücksichtigen)
- Bewerten Sie die Auftretenswahrscheinlichkeit (A) des Fehlers unter Berücksichtigung der neuen Vermeidungsmaßnahmen (zukünftiger Stand).
- Bewerten Sie die Entdeckungswahrscheinlichkeit (E) des Fehlers/der Fehlerfolge unter Berücksichtigung der neuen Entdeckungsmaßnahmen (zukünftiger Stand).

# Schritt 6: Abschließende Fragen

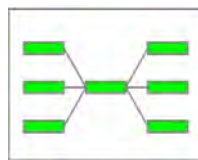
1. Schritt  
Betrachtungsumfang



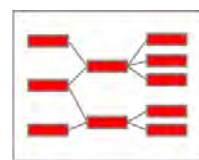
2. Schritt  
Strukturanalyse



3. Schritt  
Funktionsanalyse



4. Schritt  
Fehleranalyse



5. Schritt  
Risikobewertung



6. Schritt  
Optimierung



- Wodurch kann das Risiko weiter reduziert werden?
- Wurden bei unzureichendem Ergebnis neue Maßnahmen beschlossen?
- Wurde die Maßnahmen rechtzeitig umgesetzt (innerhalb des Projekt-Terminplans)?
- Wurde die Wirksamkeit überprüft und dokumentiert?
- Sind zu allen Verbesserungsmaßnahmen Verantwortliche und Termine benannt?
- Wurde die Risikobewertung nach Umsetzung aktualisiert und können die Maßnahmen rechtzeitig umgesetzt werden?
- Wie groß ist das Risiko nach Abschluss aller Maßnahmen (B\*A-Risikomatrix)?
- Wurden die FMEA-Ergebnisse dokumentiert (Versionierung inkl. zugehöriger Dokumente)?

Betrachtungsumfang

Strukturanalyse

Funktionsanalyse

Fehleranalyse

Risikobewertung

Optimierung

Grundseminar FMEA

# 3. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Einführung & Überblick

Die 6 Schritte einer FMEA

Zusammenfassung



## 3.1 Zusammenfassung des Seminarinhalts

Was sind für Sie die wichtigsten Punkte aus dem Seminar?

Einführung & Überblick

Die 6 Schritte einer FMEA

Zusammenfassung

## 3.2 Aufbauende Veranstaltungen

- APIS IQ-Software Praxis-Seminar

**Ziel**

Sie erlernen die grundlegenden Funktionen der IQ-Software von APIS zur Erstellung und Dokumentation einer FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse).

- FMEA-Moderatorensseminar

**Ziel**

Sie können das systematische Vorgehen und die Phasen bei Planung und Durchführung von FMEA-Projekten erläutern. Sie können FMEA-Teams moderieren und kennen Methoden zur Steuerung und Straffung von Gruppengesprächen sowie Frage- und Kommunikationstechniken. Sie wenden Entscheidungskriterien für Lösungen und die Auswahl von Vorschlägen an.

- ▶ **Funktionale Sicherheit**
- ▶ **FMEA**
- ▶ **FMEDA**
- ▶ **FTA**
- ▶ **Fahrzeugmesstechnik, Fahrzeugerprobung**
- ▶ **Projektleitung**
- ▶ **Qualitätsmanagement**

## 3.2 Zusammenspiel von FTA, FMEDA und FMEA

- **FMEA**

- Erkennen der Einfachfehler
- Priorisieren der Topfehler mittels Risikomatrix

- **FMEDA**

- Weiterführung der FMEA um quantitative Ausfallraten

- **FTA**

- Erkennen von Mehrfachfehlern
- Nur ausgewählte Top-Fehler aus der FMEA sollten mit der FTA betrachtet werden da sehr hohe Ereigniskombinationen möglich sind (hoher Zeit- und Kostenaufwand)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



- Der Inhalt orientiert sich an der Ausführung des VDA's Band 4 – QM in der Automobilindustrie – Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz – Produkt- und Prozess-FMEA
- Bilder für den gesamten Vortrag (falls nicht anders deklariert):  
<https://pixabay.com/de/>