

Martin Werdich

---

## 2.1 Generelles Vorgehen zur Erstellung der FMEA

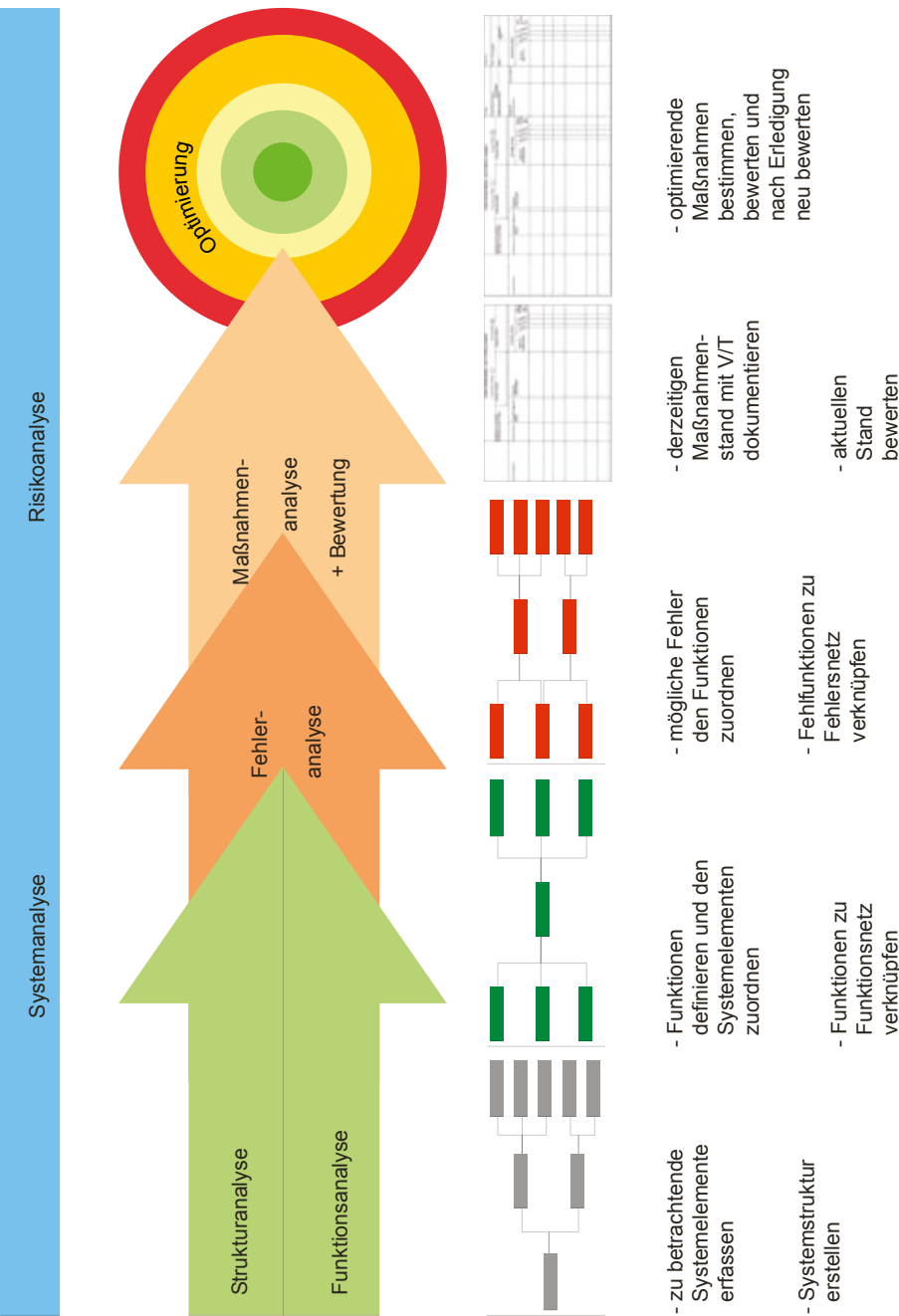
1. Datensammlung (Stücklisten, Lastenhefte, Vorschriften, Benchmarkergebnisse, Lessons Learned, QFD, ...)
2. Definition der FMEA-Umfänge und Betrachtungstiefe (z. B. mittels Blockdiagramm und Part-Function-Matrix)
3. Funktionsanalyse (+ Funktionen verknüpfen)
4. Strukturanalyse (beteiligte Elemente erfassen und strukturieren sowie Funktionen zuordnen)
5. Fehleranalyse (Fehlfunktionen zuordnen und verknüpfen)
6. Maßnahmenanalyse (dokumentieren und bewerten des aktuellen Standes)
7. Optimierung (mit weiteren Maßnahmen Risiko minimieren und geänderten Stand bewerten)

Schritt 3 (Funktionsanalyse) und 4 (Strukturanalyse) werden zulässigerweise oft in umgekehrter Reihenfolge, oder parallel abgearbeitet. Oft ist in der frühen Konzeptphase die Struktur noch nicht festgelegt. Die Funktionen sind aber schon klar und die FMEA kann mit eingeschränkter Struktur (evtl. mit Dummy Elementen) sehr schnell begonnen werden. Sollte aber keine Neuentwicklung, sondern z. B. eine Anpassung gefordert sein, ist es (meistens) einfacher, die Strukturanalyse vor der Funktionsanalyse zu machen.

Sehr gut, aktuell und praxisnah zeigt der DGQ Band die beschriebene „best practice“ Reihenfolge (Abb. 2.1).

---

M. Werdich (✉)  
Wangen im Allgäu  
E-Mail: martin.werdich@fmeaplus.de



Als Anmerkung sei hier noch erwähnt, dass es sich bewährt hat, zuerst die potentiell kritischen Bauteile und Funktionen sowie Fehlermöglichkeiten inklusive der Maßnahmen komplett zu betrachten und in einem zweiten Schritt die weniger potentiell kritischen Bauteile und Funktionen und Fehler abzarbeiten. Hierzu sei erwähnt, dass oft zuerst ermittelt werden muss, welche Versagensarten zu den kritischen Folgen führen können.

---

## 2.2 Vorbereitung

### 2.2.1 Handlungsbedarf ermitteln

Inhalt erstellt aus Arbeiten von Siegfried Loos

Meist wird zu Beginn der Handlungsbedarf, ob eine FMEA überhaupt benötigt wird, festgestellt. Zur Klärung werden folgende Kriterien als Beispiele herangezogen, die dann auch noch zur Definition des erforderlichen Umfangs benötigt werden:

- Neuentwicklung von Produkten
- Produktänderung
- Komplexe oder schwierige Herstellbarkeit
- Hohe Sicherheitsrelevanz
- Neue Einsatzbedingungen für bestehende Produkte
- Veränderte Einsatzbedingungen
- Hohe Garantie- und Kulanzkosten
- Prozessänderung
- Einsatz neuer Anlagen, Maschinen oder Werkzeuge
- Hoher Ausschussanteil bei ähnlichen Produkten
- Hohes Umwelt- oder Arbeitsrisiko
- Nicht ausreichende Prozessfähigkeit
- Eingeschränkte Prüfbarkeit
- Hohe Betriebskosten
- ...

### 2.2.2 Zieldefinition

Zunächst sollte mit dem beauftragenden Management eine klare Definition der FMEA-Umfänge vereinbart werden.

#### 1. Management

- Wer ist der Auftraggeber?
- Wie erfolgt die Abrechnung/Welche Kontierung?
- Festlegung des Berichtswesens: Wann muss wem was vorgelegt werden?

2. Analyseobjekt: Produkt- oder Prozess-FMEA?
3. Ziele der Analyse priorisieren (Beispiele)
  - Produktentwicklung
    - Kunde/Zertifizierer zufrieden stellen bzgl. FMEA
    - Funktionen/Merkmale prüfen, (Lastenheft verifizieren)
    - Entwicklung/Konzeption unterstützen
    - Auswirkungsminimierende Strategien im System betrachten/erarbeiten
    - Diagnosekonzepte/Reparaturkonzepte ausarbeiten
    - Schnittstellenabstimmung intern/extern
    - Analyse der Betriebsbedingungen
    - Analyse der Systemsicherheit
    - Analyse von Bauteilfehlerraten (Ausfallhäufigkeit)
    - Analyse des Systemumfeldes im operationellen Betrieb
    - Analyse der Herstellbarkeit von Produktmerkmalen
    - Wissensbasis aufbauen
    - Präventive Risikominimierung
    - Korrektive Risikominimierung
    - Nachweisdokumentation
    - Unterstützung der technischen Projektsteuerung
    - Systemoptimierung (Funktionen, Kosten, Kundenzufriedenheit, ...)
    - Besondere Merkmale erfassen und kennzeichnen.
    - ...
  - Prozessentwicklung
    - Kunde/Zertifizierer zufrieden stellen bzgl. FMEA
    - Merkmale sicherstellen (Fehler vermeiden)
    - Prüf-Abnahmekriterien festlegen (Schnittstellenabstimmung)
    - Prozesssicherheit gewährleisten
    - Umweltbelastung absichern
    - Arbeitsschutz absichern
    - Wissensbasis aufbauen
    - Zeiten einhalten/Liefertreue sicherstellen
    - Kosten einhalten/minimieren
    - Prozessoptimierung (Ablauf, Kosten, Kundenzufriedenheit, ...)
    - ...
4. Teammitglieder aussuchen und festlegen (Namen? Funktionen? Kontakt?)
5. Teammitglieder informieren, schulen und überzeugen (Termin?)
6. Moderator festlegen (Name?)
7. Sitzung vorbereiten
  - Termine
  - Einladung
  - Unterlagen zusammentragen (Wer? Was?)

8. Aufgaben erfassen und zuordnen (Fragen die vor der Erstellung einer Analyse geklärt werden müssen!) Beispiele:

- Wer ist Auftraggeber (PL/MO)
- Ziel der Analyse klären, transparent machen (PL/MO/TM)
- Analyseobjekt mit Betrachtungsgrenzen abstimmen (PL/MO/KU)
- Vorgehensweise (Werkzeug? Ort? Termine? Info-Austausch) (MO)
- Vorbereitung fachlicher Art (Zeichnungen, Pläne, vorhandene Analysen, ...) (MO/TM)
- Teammitglieder (Einverständnis der betreffenden Vorgesetzten einholen) (MO/PL)
- Einladung zur Sitzung (Raum mit Technik) (MO/PL)
- Moderation (MO)
- Protokoll schreiben (MO)
- Nachbereitung (MO)
- Vorbereitung (MO)
- Präsentationsunterlagen erstellen (MO)
- Ergebnisse und Entscheidungsvorlagen präsentieren (MO/PL/TM)
- Bewertungskataloge pflegen, aktualisieren (MO/TM)
- Archivierung, Aktualisierung, Bereitstellung der Analysen (MO/TM)
- Maßnahmenverfolgung (PL/TM)
- ...

Definition: Projektleiter (PL), Moderator (MO), Teammitglied (TM), Kunde (KD)

### 2.2.3 Definition des Umfanges und der Betrachtungstiefe

Diese Definition ist notwendig, um sich auf das Wesentliche zu konzentrieren, die FMEA sinnvoll, überschau- und planbar zu halten sowie spätere Diskussionen einzugrenzen. Das Ergebnis dieser Definition sollte immer zusammen mit der FMEA präsentiert werden.

Die Beschreibung des Umfanges kann sich auf die Systemelemente, Funktions- oder Fehlerebenen beziehen.

Was soll betrachtet werden? (Themenabgrenzung)

Kriterien hierzu sind beispielsweise:

- Herstellbarkeit
- Montierbarkeit
- Gesetzliche Vorgaben
- Umwelt-/Arbeitsrisiko
- Sicherheitsrelevanz
- Prüfbarkeit
- Garantie- und Kulanzkosten (GuK)
- Betriebskosten

- Komforteigenschaften
- Felderfahrungen, 8D Reporte, Lessons Learned
- Komplexität
- Neu- und Weiterentwicklung oder neue Einsatzbedingungen
- Wie gut ist das bestehende Anforderungsmanagement?

Hier eine Beispieldefinition eines mechatronischen Systems:

1. gesetzliche Materialanforderungen werden im Anforderungsmanagement betrachtet.
2. Umweltanforderungen werden in der FMEA nur dann behandelt, soweit diese IEC61508 relevant sind (z. B. Temperatureinflüsse auf Ausfallwahrscheinlichkeit der Elektronik).
3. Fehler außerhalb dieser Vorgabe werden vom Produktteam in der FMEA spezifiziert.

Ein weiteres Beispiel einer Definition:

In dieser FMEA werden nicht betrachtet:

1. Gesetzlich verbotene Materialien, da diese in der Anforderungsanalyse final betrachtet sind.

Ziel dieser FMEA ist:

1. Fokussierende Betrachtung der Hauptrisiken (s. Priorisierungsmatrix)
2. Funktionsanalyse aller Schnittstellen

Möglichkeit der Priorisierung

Beispiel der Priorisierung der Umfänge:

Diese Art der Priorisierung bewertet die Betrachtungsumfänge bezüglich zutreffender Kriterien. Die Kriterien stellen bekannte oder vermutete Risikofelder innerhalb des Produktentstehungsprozesses dar. Zur Durchführung der Priorisierung werden die Betrachtungsumfänge den Bewertungskriterien in einer Matrix gegenübergestellt und entsprechend der Relevanz bewertet.

Risikoeinstufung:

0. Risiko trifft nicht zu
1. Risiko trifft in geringem Maße zu
3. Risiko trifft zu
9. Risiko trifft in besonderem Maße zu

Die Summe aller Einzelbewertungen bestimmt die Priorität. Daraus kann ein entsprechender Handlungsbedarf abgeleitet werden (Abb. 2.2).

Zusammenspiel der FMEA-Betrachtungen (System, Design, Prozess)

Projekt Motor	Produktentwicklung			Prozess		Kundenrelevanz			$\Sigma$	Prio
	Neuheitsgrad	Komplexitätsgrad	Zeitfaktor	Herstellbarkeit	Montierbarkeit	Betriebskosten	Sicherheitsanforderung	Komfort		
Abgassystem	3	3	9	0	3	3	9	3	33	2
E-Gas-System	9	9	3	3	9	1	9	3	46	1
Kühlsystem	1	3	1	1	9	0	3	9	27	3
Kurbeltrieb	0	1	3	0	0	0	1	0	5	5
Ventiltrieb	3	9	3	3	1	0	1	1	21	4

Produktion E-Gas	Prozessentwicklung			Wirtschaftlichkeit		Kundenrelevanz			$\Sigma$	Prio
	Neuheitsgrad	Komplexitätsgrad	Zeitfaktor	Herstellbarkeit	Montierbarkeit	Betriebskosten	Sicherheitsanforderung	Komfort		
Fertigung Gehäuse	0	3	1	3	0	3	9	9	28	4
Fertigung Getriebe	9	3	3	9	9	3	9	9	54	1
Fertigung Kabelsatz	0	3	1	1	9	1	3	9	27	5
Vormontage Getriebe	1	3	3	3	9	3	9	9	40	2
Komplettmont. E-Gas	9	1	3	1	3	3	9	9	38	3

**Abb. 2.2** Beispiel Priorisierung der Umfänge. (Quelle VDA 4.3 2006)

1. Betrachten aller Ursachen (nicht nur direkte oder Grundursachen)
2. Produkt- und Prozess-FMEA sind im gleichen Projekt in separaten Strukturen mit strukturübergreifenden Netzen
3. Die Grundelemente in der Design-FMEA sind leer. Dafür werden die letzten Systemelemente auf der System-FMEA hergenommen. (Ziel ist: keine Doppelinformation)
4. Folgen im Prozess können sich in der Design- und/oder in der System-FMEA sowie in der Prozess-FMEA befinden.

Die Betrachtungstiefe sollte ebenfalls vor Beginn der FMEA vom Team festgelegt werden. Kriterien hierzu sind beispielsweise:

- Welche Informationen benötigt der folgende Entwicklungsschritt (z. B. die P-FMEA)?
- Was muss ich wissen, damit ich die Funktion beherrsche und das Bauteil funktioniert?
- Zeitpunkt der Erstellung (zu Beginn kenne ich noch nicht alle entscheidenden Parameter)
- System, Subsystem, Bauteil oder Merkmalsebene?

Konkret heißt das (laut VDA):

- Stellt sich während der Analyse eines Betrachtungsumfangs ein Risiko dar, das nicht akzeptabel bzw. nicht einzuschätzen ist, ist eine weitere Detaillierung erforderlich.
- Die Detaillierung wird beendet, wenn Fehler in diesem Detaillierungsgrad durch Maßnahmen ausreichend abgesichert sind.
- Bei bekannten und betriebsbewährten Betrachtungsumfängen ist oft ein geringerer Detaillierungsgrad erforderlich als bei neuen Umfängen.
- Die unterste Ebene der Betrachtung sind in der Produkt-FMEA die Merkmale der Komponenten, die Merkmalsebene.

- Die unterste Ebene der Betrachtung sind in der Prozess-FMEA die klassischen drei bis zehn „Ms“ (Mensch, Maschine, Material, Mitwelt, Methode, ...)

## 2.2.4 Blockdiagramm

Das Blockdiagramm verschafft dem Team Klarheit darüber, was in der FMEA betrachtet werden soll. Es stellt alle, an dem Produkt beteiligten Komponenten dar, ermittelt die internen und externen Schnittstellen und legt Betrachtungsgrenzen fest. Es ist nützlich und ratsam, während der ersten Teamsitzung gemeinsam ein solches Blockdiagramm zu erstellen, damit alle wissen, über was in dieser FMEA genau geredet wird. Der Zeitaufwand eines Blockdiagramms ist minimal (ca. 15 min) und relativ zu den zeitlichen Einsparungen, die in Folge von Missverständnissen über den Umfang eingespart werden, zu sehen.

### Vorgehen:

1. In der Mitte steht das zu betrachtende Produkt.
2. Dann werden alle Schnittstellen und Einfluss nehmende Größen zu diesem Produkt gesucht. Wichtig ist, dass der aktuelle Wissensstand dargestellt ist.
3. Als nächstes gilt es herauszufinden, wie die Schnittstellen genau aussehen. Hier ist Querdenken angesagt. Dinge wie z. B. Umgebungstemperaturen (z. B. ein heißer Abgaskrümmer läuft in der Nähe oder bei einem Crash kommen scharfe Kanten an eine Treibstoffleitung) sollten hier aufgenommen werden. Häufig kommt es vor, dass Infos fehlen und der Designer sich diese noch besorgen muss.
4. Als letztes wird noch die Analysegrenze festgelegt. Diese zeigt den Inhalt meiner FMEA (Liegt dies in der Verantwortlichkeit des Designers? Wer hat Designhoheit?) (Abb. 2.3, 2.4).

Komplexes Blockdiagramm, in dem die zu betrachtenden Baugruppen in der Mitte sichtbar sind. Dieses Blockdiagramm wird meist in der Elektronik verwendet, ist aber durchaus in anderen Bereichen wie Software, Mechanik oder Sozial- und Finanzsystemen zu finden (Abb. 2.5).

Eine Mischung und der Umfang der Blockdiagramme ist jederzeit möglich, sollte aber unter Berücksichtigung der Übersichtlichkeit aller erstellt werden.

## 2.2.5 Part-Function-Matrix

Dieses nützliche Werkzeug hilft – ähnlich wie das Blockdiagramm – für Schnittstellen, vor Beginn der FMEA eine „managementtaugliche“ Übersicht für alle Projektbeteiligten zu schaffen.

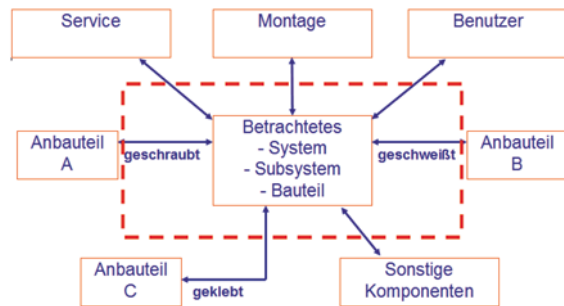
Es handelt sich um eine kleine Tabelle, die auf einen Blick die Risiken der Entwicklung aufzeigt. Sie hilft, die Inhalte und die Betrachtungstiefen der FMEA zu definieren.

Die P-F-Matrix ist im Allgemeinen in ein bis zwei Stunden erstellt und ausgefüllt.

Unter den vielen möglichen weiteren Variationen sind hier ein paar Beispiele aufgeführt:



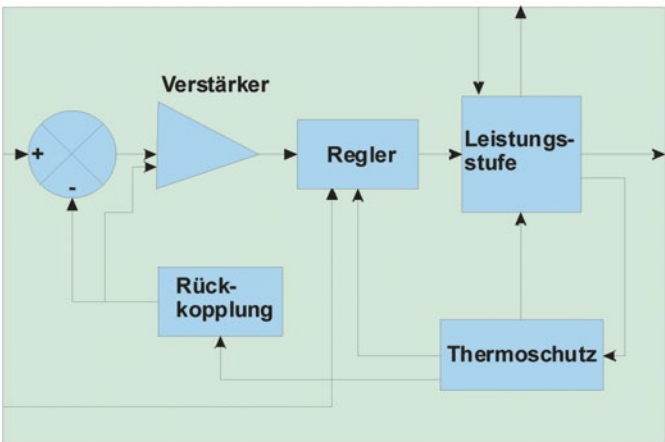
**Abb. 2.3** Einfaches Blockdiagramm. (Quelle Stefan Dapper)



**Abb. 2.4** In einer Tabellenkalkulation standardisiertes Blockdiagramm

- Weniger detailliert nur mit „X“
- Detaillierter z. B. mit monetären Einflüssen
- Farbgebung Ampel nur in einer Spalte (bessere Visualisierung)
- Weniger oder mehr Funktions- oder Bauteilebenen

Abb. 2.5 Blockdiagramm  
Elektronik/Software



<div>Wie?</div>		<div>Warum?</div>		<div>Sofortige Betrachtung (kritisch) Entwicklungsbedarf (Pro 2) Themen im Griff (Serie ok.)</div>							
				Baugruppe 2							
Hauptfunktion (übergeordnet)	Unterfunktion	Elementarfunktion oder Merkmal	Bauteil 1	Bauteil 2.1	Bauteil 2.2	Bauteil 2.3	Bauteil 2.4	Bauteil 3	Bauteil 4		
Hauptfunktion 1	Unterfunktion 1.1	Elementarfunktion 1.1.1		1	2	1			1		
		Elementarfunktion 1.1.2		1		2		1	1		
		Elementarfunktion 1.1.3		1	1	1		1	1		
		Elementarfunktion 1.1.4	1								
	Unterfunktion 1.2	Elementarfunktion 1.2.1	1					1			
		Elementarfunktion 1.2.2	1					1			
		Elementarfunktion 1.2.3	1					1			
	Unterfunktion 1.3	Elementarfunktion 1.3.1	2		2			2	1		
		Elementarfunktion 1.3.2	2		2			2	1		
Hauptfunktion 2	Unterfunktion 2.1		1	1	1	1		1	1		
		Elementarfunktion 2.2.1	1	1	1	1		2	1		

Abb. 2.6 Beispiel für eine P-F-Matrix

Mit dieser Vorarbeit wurde auch eine kleine Systemelement- und Funktionsanalyse gemacht, mit der jetzt sehr gut in die FMEA eingestiegen werden kann (Abb. 2.6).

Empfehlung:

In der folgenden FMEA sollten nun zuerst die kritischen (rot) Funktionen betrachtet und komplett mit Maßnahmen versehen werden, bevor die gelben oder die grünen behandelt werden.

FMEA - Einführung und Moderation

Durch systematische Entwicklung zur übersichtlichen  
Risikominimierung (inkl. Methoden im Umfeld)

Werdich, M. (Hrsg.)

2012, XXI, 265 S. 109 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-8348-1787-7