



7.6 Design-FMEA

Bei den bisherigen Schritten der Vorausplanung war es einfach, Parallelen zwischen kleinen und großen Gewerben, zwischen Einzelstücken und Großserienprodukten zu finden und an Beispielen zu erläutern. Bei der Design-FMEA ebenso wie später bei der Prozess-FMEA wird deren Einsatz in der Vorausplanung umso wahrscheinlicher je größer ein Projekt ist. Während der Schreiner auch für einen größeren Auftrag oder für ein sehr aufwändiges Stück keine FMEA macht, ebenso wenig wie der Architekt für das konventionell konstruierte Mehrfamilienhaus, so wird ein Architektenbüro für einen Wolkenkratzer oder das Spezialunternehmen für das Kraftwerksprojekt sehr wohl diese Methode einsetzen, um systematisch die Risiken abzuprüfen oder weil der Auftraggeber dies ausdrücklich fordert.

Gefordert sind FMEAs als systematischer Ansatz in den Industriebereichen Automobilbau, Medizintechnik, Energietechnik, Luft- und Raumfahrt. In zahlreichen Projekten des Anlagenbaus und der Konsum- und Investitionsgüterindustrie hat sich das Verfahren etabliert, auch ohne Normen- oder Kundenforderung.

7.6

D-FMEA

7.6.1 FMEA von Anfang an

Was ist eine FMEA?

Das Kürzel FMEA ist zufällig in Englisch und Deutsch gleich und bedeutet

Fehler – **M**öglichkeiten – **E**influss – **A**nalyse
und auf englisch

Failure **M**ode and **E**ffect **A**nalysis.

In zahlreichen amerikanischen Quellen wird auch von FMECA – Failure Mode, Effect *and* Criticality Analysis gesprochen.

7.6.1.1 Idee und Historie der FMEA

Die ersten FMEAs wurden Ende der 1940er Jahre von amerikanischen Militärs durchgeführt. Während des Kampfeinsatzes war immer wieder Material ausgefallen, hatte Soldaten und den Erfolg militärischer Operation gefährdet. Das amerikanische Verteidigungsministerium war sehr daran interessiert, die Ursachen der Ausfälle zu ermitteln und natürlich auch zu klären, was man machen musste, um diese Ausfälle zu reduzieren [US DoD 1949].

Der wohl bekannteste Einsatz der Methode erfolgte Anfang der 1960er Jahre durch die NASA. Was könnte schief gehen, wenn wir versuchen,

Menschen in den Weltraum und wieder zurück zu bringen? Was müssen wir vorbereiten, um es doch zu schaffen?

Weniger spektakulär, aber nicht minder wichtig war der Einsatz der Methode beim Bau von Kraftwerken, speziell Kernkraftwerken.

Ab Ende der 1960er Jahre nahm die Methode auch Einzug in die Automobilindustrie.

Heute ist die FMEA in zahlreichen Industrien durch Normen geforderter Standard. Einzelne Unternehmen haben sie in das Zentrum der Entwicklung gerückt, andere haben aus einer systematischen Betrachtung aller Aspekte eine Fokussierung auf Änderungen gemacht, z.B. [Toyota].

Für die Betrachtungen in unserem Zusammenhang stellt die FMEA eine der zentralen Methoden der Vorausplanung dar. Aufbauend auf deren Grundidee soll die Methode so vorgestellt werden, dass sie auch unter Zeitdruck zum Nutzen des Projektes durchgeführt werden kann. Dabei ist aber von Beginn an festzuhalten, dass das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand nur dann größer 1 wird, wenn die Methode **während** der Entwicklung eines Produktes, einer Anlage und eines Prozesses eingesetzt wird, nicht danach.

7.6

D-FMEA

Was ist die Idee der FMEA ?

Zu einem klar umrissenen Gegenstand oder Vorgang soll systematisch untersucht werden, welche Fehler bei diesem Gegenstand oder Vorgang auftreten könnten (Konjunktiv !) und wie man das Risiko, das sich beim Auftreten solcher Fehler ergeben würde, reduzieren kann.

Diese Aufgabenstellung beinhaltet eine Reihe von Annahmen und Startanforderungen, die wir zum Verständnis der Idee und zur Vorbereitung der **Risikoanalyse** vorab klären müssen.

7.6.1.2 Konkret Was oder Wie

Nach diesen grundlegenden Ideen und der historischen Entwicklung der FMEA müssen wir uns um organisatorische Fragen kümmern.

Mit der Methode der FMEA kann sowohl die Entwicklung eines Gegenstandes als auch die Entwicklung eines Vorgangs, eines Prozesses analysiert und bewertet werden. Allerdings sind die umgebenden Randbedingungen unterschiedlich. Daher wird zwischen einer Design-FMEA und einer Prozess-FMEA unterschieden. Wir wollen bei der Entwicklung eines Gegenstandes noch eine weitere Unterscheidung machen: Wenn wir einen Gegenstand betrachten, der vielfach hergestellt werden soll, dann sprechen wir in den folgenden Abschnitten von der Design-FMEA. Wenn der Gegenstand der Entwicklung das Werkzeug oder die Anlage zur Herstellung eines Gegenstands ist, dann wird dies vielfach ein Einzelstück in Sonderan-



Vorausplanung

fertigung sein. Sowohl die Anforderungen an diese Art von Produkt als auch die beteiligten Entwickler unterscheiden sich deutlich. Das Verfahren in der FMEA ist identisch, aber aufgrund der anderen Rahmenbedingungen werden wir die Entwicklung solcher „Produkte“ im Abschnitt 7.8 Anlagen- und Werkzeug-Entwicklung separat betrachten und auch mit anderen Kriterien bewerten.

Eine FMEA muss einen möglichst konkreten Gegenstand oder einen konkreten Vorgang betrachten. Je unspezifischer der Gegenstand oder der Vorgang ist, umso weniger kann die Analyse zu passgenauen Maßnahmen als Handlungsanweisung führen. Daher sollte eine Design-FMEA erst begonnen werden, wenn eine Konzeptentscheidung getroffen worden ist und wenn eine konkrete Beschreibung des Gegenstandes, z.B. in Form einer ersten bemaßten Zeichnung – einschließlich Toleranzen – zur Verfügung steht.

Der Gegenstand oder das Verfahren muss noch nicht realisiert worden sein, um mit der FMEA zu beginnen, aber der Vergleich mehrerer Alternativen mit dieser Methode ist weder das Ziel noch eine effiziente Nutzung der Methode, auch wenn dies grundsätzlich möglich ist.¹⁰⁹

Wenn eine Risiko-Erstbewertung Design (siehe Abschnitt 7.3) durchgeführt wurde, dann ist dies in der Regel auch der Startschuß für die Design FMEA.

Eine Konzeptentscheidung sollte gefallen sein und für das Konzept sollte eine detaillierte Beschreibung der Lösung vorliegen. Dies soll nicht in der Richtung missverstanden werden, dass die FMEA erst begonnen werden soll, wenn alle Details feststehen – ganz im Gegenteil. Es muss ein **Planungsstand** vorliegen, **über den es zu beraten lohnt**. Wenn alle Entscheidungen in der Sache gefallen sind, dann ist es Zeit, auch die **FMEA zu beenden**.

Leider wird in einer Vielzahl von praktischen Anwendungen genau diese Randbedingung missachtet. Die FMEA wird erst begonnen, wenn alles fertig entwickelt ist¹¹⁰. Zu diesem Zeitpunkt kann im Projekt nur noch eine Bestä-

7.6

D-FMEA

¹⁰⁹ Die Risiko-Erstbewertung Design aus Abschnitt 7.3 ist einerseits schon ein Teil von Design-FMEA, andererseits durchaus geeignet, mehrfach für unterschiedliche Varianten angewendet zu werden, um mit dem Ergebnis eine Variantenentscheidung zu unterstützen.

¹¹⁰ Einige Entwickler haben bisher noch keine positiven Erfahrungen mit FMEA gemacht. Das war immer nur langweilig und formal und in Hinblick auf den Stapel der Aufgaben auf dem Schreibtisch nicht hilfreich. Es gibt aber auch Menschen, die befürchten, dass das FMEA-Team ihre Arbeit nur kritisieren und schlecht machen will. Ohne kritische Sicht auf die eigenen Ergebnisse kann es schwer werden. Aber auch hier hilft nur, positive Erfahrungen zu schaffen.

tigung der durchgeführten Arbeit erreicht werden. Für Änderungen ist es in aller Regel zu spät. Allerdings wird dann auch die Akzeptanz der Methode FMEA stark verringert, da ja aus der aufwändigen Betrachtung kein Mehrwert für das Projekt und für die Mitwirkenden entsteht. Die FMEA wird in diesem Fall nur als ineffiziente Dokumentationshilfe für eine formal geforderte FMEA eingesetzt.

Schade für die Arbeitszeit.

7.6.1.3 Umfang und Zuständigkeit (Scope)

Die Entwicklung eines Gegenstandes und eines Vorgangs finden in einem Team mit einer begrenzten Zuständigkeit statt. Wo fängt die Zuständigkeit an, wo hört sie auf? Im Gesamtpaket der Entwicklung wird es in aller Regel Aufteilungen von Aufgaben, das heißt Schnittstellen geben. Neben einer konkreten Beschreibung des Gegenstandes oder Vorgangs ist daher eine Klarstellung geboten, wer wofür zuständig ist. Wer entwickelt was? Wer muss wem welche Informationen und Dienstleistungen erbringen? Speziell an den Schnittstellen zum Kunden und zu den Zulieferern, aber auch bei verteilten Aufgaben zwischen den Abteilungen eines Unternehmens ist es sehr wichtig, diese Zuständigkeiten zu klären und die Schnittstellen für beide Seiten klarzustellen.

Bei dieser Abgrenzung hilft es sehr, nicht nur über **WAS**, sondern explizit über das **WAS NICHT** nachzudenken und dies dann auch niederzuschreiben.

Die Design-FMEA beinhaltet sowohl den Zusammenbau für den Lieferumfang zum Kunden (ZN 145355) als auch die zu montierenden Baugruppen. Ausgenommen davon ist die Baugruppe xy, da sie in der Designverantwortung des Lieferanten AB liegt. Die Schnittstelle zur Baugruppe xy wird folgendermaßen betrachtet.....

Die Prozess-FMEA betrachtet die Just – in – Time – Montage des Zusammenbaus nach ZN 145355 einschließlich aller baugruppenspezifischen Wareneingangsprüfungen und einschließlich der abschließenden Funktionsüberprüfung des ZSB. Logistik-Abläufe werden betrachtet, soweit sie durch produktspezifisches Personal der Montagelinie ausgeführt werden. Nicht detailliert betrachtet werden die Logistikabläufe, die durch Personal der Abteilung Werkslogistik verantwortet werden. Ebenfalls nicht betrachtet werden Abläufe im Beschichtungszentrum des Werkes sowie in den Prüflaboren.

Die FMEA bezieht sich auf Zuständigkeiten des eigenen Teams.



Vorausplanung

7.6.1.4 Team, Zeit und Organisation

- Team ist die nächste Randbedingung für eine FMEA. Eine FMEA ist eine Teamarbeit. Wenn die Aufgabe gesamthaft durch eine einzelne Person bearbeitet wird, dann könnte die FMEA zwar mit einem systematischen Herangehen helfen, wesentliche Teile der Methode zielen jedoch darauf ab, ein Team bei seiner Zusammenarbeit zu unterstützen.
- Dabei ist neben dem Team noch die Zeit und der zeitliche Ablauf zwischen einem sinnvollen Beginn und einem sinnvollen Ende der FMEA eine kritische Größe.
Die FMEA benötigt – abhängig von der Intensität, in der sie betrieben wird – Zeit und Ressourcen. Um bis zum Zieltermin des Projektes erwartete Ergebnisse auch vorliegen zu haben, sollte unbedingt ein Zeitplan erstellt und verfolgt werden. Termine sollten so eingeladen werden, dass nur diejenigen Personen teilnehmen, die auch sicher benötigt werden. Längere Workshops benötigen Pausen. „Normale“ Termine sollten mindestens 1h Zeit haben, um nach dem Wiedereinstieg auch etwas behandeln zu können. Nach 2-2,5h ist meist die Luft raus und sie sollten zum Ende kommen.
- Räumlichkeiten und technische Ausstattung, die Auswahl der Themen und Teilnehmer, die methodische Vorbereitung und Nachbereitung von Team-Terminen tragen ebenfalls erheblich zu Erfolg oder Misserfolg mit bei. Es geht dabei vorrangig darum, dass überhaupt etwas stattfinden kann und darum, die Beteiligten zufrieden in den nachfolgenden Termin zu entlassen.

7.6

D-FMEA

Aufgrund ihrer Bedeutung für den Erfolg der Methode FMEA werden diese weichen Faktoren noch einmal ausführlich in Abschnitt 7.6.8 behandelt.

Zusammengefasst sind also folgende 4 Voraussetzungen beizustellen und aufzubereiten, bevor die FMEA selbst sinnvoll beginnen kann:

1. Unterscheidung zwischen Gegenstand (=Design) und Vorgang (=Prozess),
2. Sammlung der verfügbaren Informationen zum konkreten Gegenstand oder zum geplanten Vorgang, nicht von vagen Ideen und zahlreichen Varianten, zumindest Vorliegen eines Lastenheft des Kunden einschließlich dessen Bewertung von Fehlerfolgen oder eine internen Pflichtenheftes,
3. klare Festlegung der Zeitpunkte für einem sinnvollen Beginn und ein sinnvolles Ende der FMEA und
4. Klärung des FMEA-Teams.

7.6.2 Was wollen wir untersuchen ?

Die Beschreibung der Entwicklungsaufgabe und der Umfang der Betrachtung bestimmt wesentlich Umfang und Ablauf der FMEA-Analyse. Dieser Schritt wird im Englischen als **Scoping** bezeichnet.

Schon dieser erste Schritt kann nicht allein durchgeführt werden. Daher ist eine der ersten Aufgaben, das notwendige Team zusammen zu rufen. Mit diesem Startteam soll Klarheit über den Auftrag geschaffen werden.

Klarheit bedeutet, den Betrachtungsumfang zu kennen.

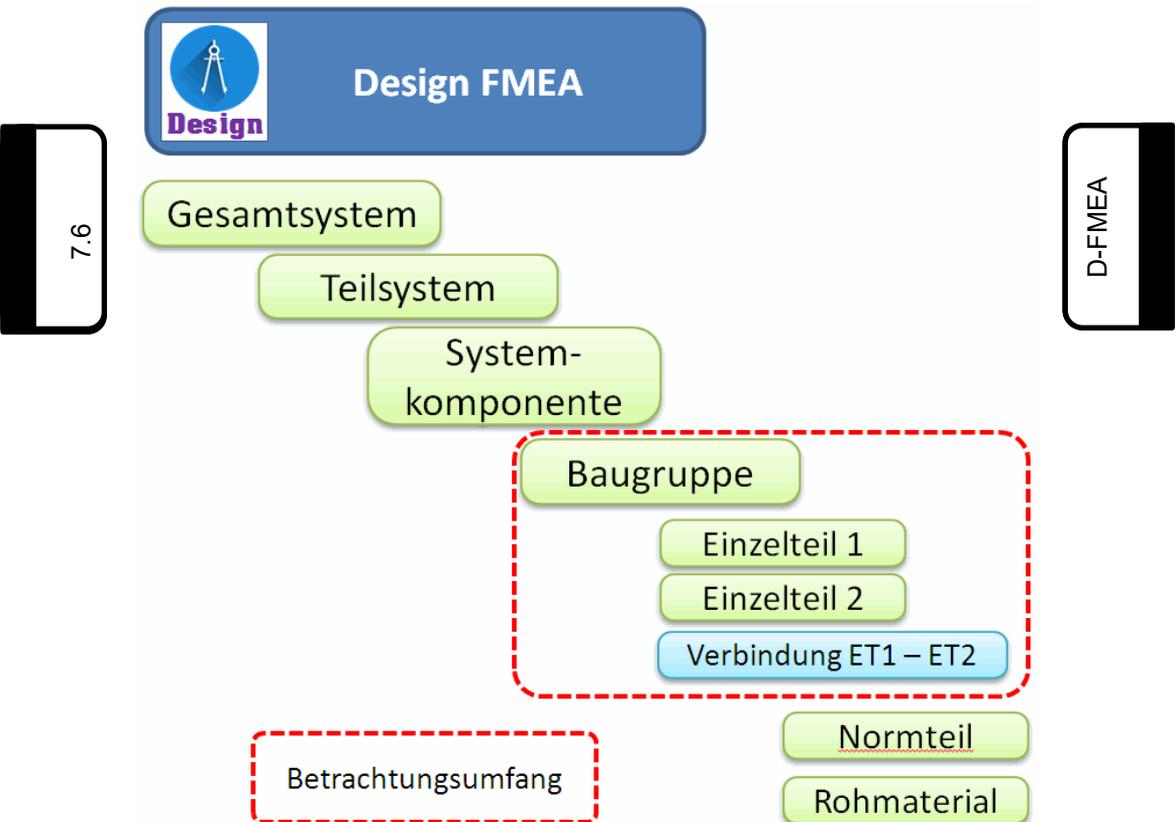


Abbildung 7-18 Systemebenen der Produktentwicklung
Der Rahmen des Betrachtungsumfangs ist beispielhaft um die Ebenen Baugruppe und Einzelteil gezogen. Verzweigungen im Baum sind nicht dargestellt.



Vorausplanung

Das Produkt ist nicht trivial. Es besteht aus mehreren Baugruppen, die von parallel arbeitenden Teams entwickelt werden. Ein Gesamtprojektleiter und je ein Vertreter aus den Baugruppen-Teams koordinieren die Entwicklung.

Die Design-FMEA gliedert sich – wie die Teams – in eine System FMEA des Gesamtprodukts, in der die einzelnen Baugruppen in ihrem Zusammenwirken und ihren Schnittstellen beschrieben und analysiert werden.

Jede Baugruppe muß eine eigene Design-FMEA für ihre Baugruppe erstellen. Einige Teams betrachten nur ihre interne Entwicklung, da alle Komponenten selbst entwickelt werden. Eine zweite Gruppe verwendet zugekaufte Standardkomponenten für ihre Baugruppen. Eine dritte Gruppe kommt damit nicht aus. Sie benötigen ebenfalls externe Lieferanten, allerdings müssen deren Komponenten spezifisch für die Baugruppe entwickelt werden.

7.6

Die Teamzusammenstellung und das Verständnis zum Auftrag können sich gegenseitig beeinflussen. Ein Kernteam sollte beginnen, die Erstanalyse durchzuführen und dann das Team nach Bedarf anpassen.

Die Abgrenzung der Teamaufgabe bezogen auf Inhalte und die Schnittstellen zwischen den parallel arbeitenden Teams, sowohl intern als auch extern zu Kunden und Lieferanten, sollte sorgfältig erfolgen.

Das ist trivial für die Betrachtung eines Bleistifts, das ist extrem wichtig für die Betrachtung von komplexen Entwicklungsgegenständen, wie wir sie bei allen Transportmitteln, bei (Groß-)Bauwerken, Medizintechnik, verfahrenstechnischen Anlagen oder IT-Komponenten vorfinden. Die Reihe solcher Beispiele ließe sich beliebig erweitern.

Im Scoping müssen die Umfänge und Schnittstellen für die weitere Betrachtung klar festgelegt werden, um später darüber entscheiden zu können: Wer ist wofür verantwortlich? Wo ist Mitwirkung notwendig? Wo muss Information fließen? Was muss geprüft und genehmigt werden?

Es schreit nach einer Schnittstellenvereinbarung!

Häufig wird dieser erste, wichtige Schritt mit Behauptungen wie „ wir kennen doch schon all das“ vom Tisch gewischt. Lassen sie sich nicht beirren. Die AHA-Erlebnisse kommen erst bei und nur mit der Analyse im Scoping.

Bei der Betrachtung des Designs ist ausserdem zu klären, ob nur das Produkt selbst entwickelt werden soll oder ob die notwendigen Fertigungsabläufe mit berücksichtigt werden sollen, ja müssen.

D-FMEA

In einigen Branchen, so z.B. der Automobiltechnik, ist das „Design for Manufacturing“ und das „Design for Assembly“ inzwischen eine Normforderung¹¹¹, ebenso wie die Herstellbarkeitsbewertung.

Design for Manufacturing bedeutet, dass das Produkt so gestaltet wird, dass es sich mit dem gewählten Herstellverfahren sicher und wirtschaftlich herstellen lässt.

Design for Assembly stellt vergleichbare Anforderungen an die Gestaltung des Produktes, um die Einzelkomponenten dann sicher und wirtschaftlich zu einem Gesamtprodukt zusammen montieren zu können. Wenn Aspekte des Recyclings mit im Anforderungskatalog des Produktes stehen, kann auch das Demontieren für Reparatur und die Stofftrennung für die Verwertung eingeschlossen sein.

7.6.3 Struktur des Betrachtungsumfangs im Design

In der FMEA-Lehre ist die **Strukturanalyse** der zweite Schritt.

Die Strukturanalyse soll uns Klarheit darüber bringen, wie unser Betrachtungsumfang strukturiert ist.

Zu diesem Abschnitt kann ich es mir leicht machen und einfach auf den Abschnitt 7.3.1 verweisen. Dort wurden alle notwendigen Details schon eingesammelt und in eine Struktur gebracht.

Wie bei der Risiko-Erstbewertung schon diskutiert, sollten im Design zum einen die benennbaren Baugruppen, Unterbaugruppen, Einzelteile und ggf. auch die Materialien, also alle **Elemente der Stückliste** aufgeführt sein.

Darüber hinaus empfehle ich dringend, die **Verbindungen** zwischen diesen Strukturelementen separat zu erfassen und mit der gleichen Ernsthaftigkeit zu betrachten.

¹¹¹ [IATF 16949 2016] Abschnitt 8.3.3.2 h zu Eingaben für die Produktionsprozessentwicklung