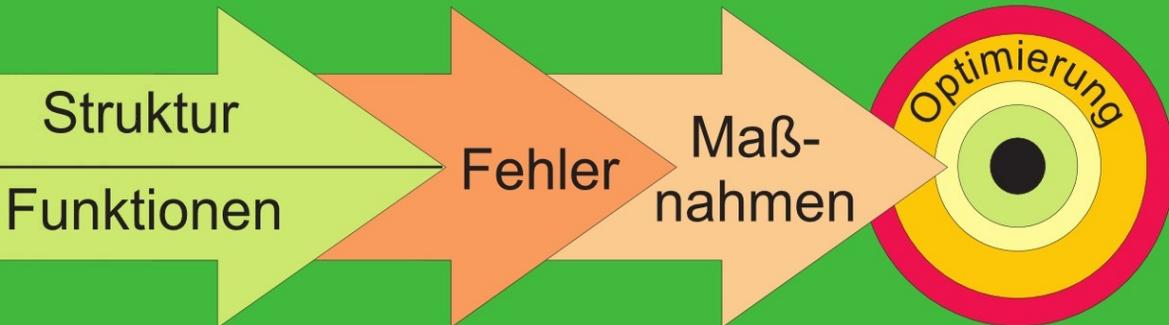


Martin Werdich (Hrsg.)

# FMEA – Einführung und Moderation

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

**PRAXIS**



Systemanalyse

Risikoanalyse

Martin Werdich (Hrsg.)

FMEA – Einführung und Moderation

Martin Werdich (Hrsg.)

# FMEA – Einführung und Moderation

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

Mit 109 Abbildungen

PRAXIS



**VIEWEG+**  
**TEUBNER**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Das in diesem Werk enthaltene Programm-Material ist mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgend-einer Art verbunden. Der Autor übernimmt infolgedessen keine Verantwortung und wird keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieses Programm-Materials oder Teilen davon entsteht.

Höchste inhaltliche und technische Qualität unserer Produkte ist unser Ziel. Bei der Produktion und Auslieferung unserer Bücher wollen wir die Umwelt schonen: Dieses Buch ist auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt. Die Einschweißfolie besteht aus Polyäthylen und damit aus organischen Grundstoffen, die weder bei der Herstellung noch bei der Verbrennung Schadstoffe freisetzen.

1. Auflage 2011

Alle Rechte vorbehalten

© Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011

Lektorat: Reinhard Dapper | Maren Mithöfer

Vieweg+Teubner Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

[www.viewegteubner.de](http://www.viewegteubner.de)



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Bild: Martin Werdich

Technische Redaktion: FROMM MediaDesign, Selters/Ts.

Druck und buchbinderische Verarbeitung: MercedesDruck, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-1433-3

# Vorwort

Dieses Buch wurde in den allgemeinverständlichen Worten derjenigen verfasst, die diese Methode hauptsächlich verwenden wollen, müssen und dürfen. Diese sind verantwortungsvolle Gestalter unserer Zukunft. Sie sind zuständig für Entwicklung oder Verbesserung von Systemen, Produkten oder Prozessen.

Dieses Buch hilft ihnen, die allgemeine Methodik FMEA sowie die angrenzenden Themen in der ganzen Vollkommenheit zu verstehen und anzuwenden. Es soll mit dem Vorurteil aufräumen, FMEA wäre „nur“ ein Qualitätstool, das von Qualitätsspezialisten durchgeführt wird. Vielmehr kann die FMEA unter anderem als universelle Risikoanalyse in jeder Branche als Werkzeug benutzt werden, um Produkte und Dienstleistungen nachhaltig zu verbessern sowie - bei richtiger Anwendung - Zeit, Geld und Kapazität zu sparen.

Dieses Buch orientiert sich soweit möglich an dem Stand der Technik und den aktuellen Schriften vom Bereich Automotive (VDA Band 4 Teil 3 Ausgabe 2006 (2010 wurde nichts geändert), AIAG 4th Ed. und ISO/TS 16949 sowie dem allgemeinen Bereich DGQ Band 13-11 2008, EN 60812 und der Medizintechnik DIN EN 60601-1.

## Dank

Folgenden Experten danke ich herzlich für ihre Mitwirkung. Sie haben es möglich gemacht, mit ihrem Erfahrungsschatz dieses Thema mit einer großen fachlichen Tiefe und aus vielen Winkeln zu beleuchten.

Dr.-Ing. Volker Ovi Bachmann - SPICE Spezialist

Ralf Baßler - FMEA und APIS IQ Spezialist

Stefan Dapper - FMEA und APIS IQ Spezialist

Dr. Otto Eberhardt - Spezialist Gefährdungsanalyse

Jürgen Eilers - Geschäftsführer APIS

Marcus Heine / Engineer Consulting / FuSi Spezialist

Edwin Herter - FMEA + Plato Spezialist

Siegfried Loos - FMEA und APIS IQ Spezialist, Mitautor DGQ und VDA

Andreas Reuter / Bosch - Rechtsanwalt und Produkthaftungsspezialist

Dr. Alexander Schloske / Fraunhofer Institut - FMEA Vordenker

Adam Schnellbach / Magna Powertrain – FuSi Vordenker

Paul Thieme / Fraunhofer Institut - Spezialist Prozessleistungsmessung

Karl-Heinz Wagner / agitat - Supervisor und Trainer

Copyright © 2010, Martin Werdich

Alle in diesem Buch enthaltenen Angaben sind ohne Gewähr und können ohne weitere Benachrichtigung geändert werden. Martin Werdich geht hiermit keinerlei Verpflichtung ein. Die in diesem Buch beschriebene Methodik wurde auf Grund von Erfahrung, Versuchen und ausführlichem Studium vorhandener Literatur erstellt.

Alle Rechte sind weltweit vorbehalten. Dieses Buch darf, auch auszugsweise, nicht ohne ausdrückliche schriftliche Erlaubnis von Martin Werdich vervielfältigt, weitergegeben, umgeschrieben, in einer Datenbank gespeichert oder in irgendeine Sprache übersetzt werden. Die Vervielfältigung ist weder elektronisch, noch mechanisch, magnetisch oder manuell erlaubt.

## **Einschränkung der Gewährleistung**

Martin Werdich übernimmt keine Gewähr für die Vollständigkeit und Richtigkeit des Inhalts und die Leistungen der erwähnten Software. Herausgeber und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Martin Werdich, Wangen im Allgäu 2010

(URL: [www.werdichengineering.de](http://www.werdichengineering.de))

# Inhalt

<b>1 Einführung in das Thema .....</b>	<b>1</b>
1.1 Vergleich Einsatz FMEA zu weiteren Entwicklungstools .....	2
1.2 Warum FMEA? .....	3
1.2.1 Normen (Übersicht) .....	4
1.2.2 Richtlinien .....	5
1.2.3 Wirtschaftlichkeit: Garantie / Kulanz, Rückrufaktion, Kundenverlust .....	5
1.2.4 Kundenforderung .....	5
1.2.5 Firmeninterne Forderungen .....	5
1.3 Geschichtliche Betrachtung .....	6
1.4 Wann beginnen wir mit der FMEA? .....	7
1.4.1 Präventive FMEA .....	7
1.4.2 Korrektive FMEA .....	7
1.4.3 Laufzeit der FMEA .....	7
1.5 Wer erstellt eine FMEA? .....	8
1.5.1 Team-Zusammensetzung - Aufgaben .....	8
1.5.2 Organisatorische Funktionen innerhalb des Teams .....	9
1.6 Arten und Bezeichnungen der FMEA .....	11
1.6.1 Produkt-FMEA .....	12
1.6.2 Prozess-FMEA .....	14
1.6.3 DRBFM: Design Review Based on Failure Mode .....	14
1.6.4 matrix-FMEA® .....	14
1.6.5 Die zeitliche Einordnung der FMEA-Arten .....	16
1.7 System-Theorie .....	16
1.7.1 Hardwareansatz .....	17
1.7.2 Funktionsansatz .....	17
<b>2 Methodik Grundlagen .....</b>	<b>19</b>
2.1 Generelles Vorgehen zur Erstellung der FMEA .....	19
2.2 Vorbereitung .....	20
2.2.1 Handlungsbedarf ermitteln .....	20
2.2.2 Zieldefinition .....	20
2.2.3 Definition des Umfangs und der Betrachtungstiefe .....	22
2.2.4 Blockdiagramm .....	24
2.2.5 Part-Function-Matrix .....	26
2.3 Funktionsanalyse Produkt-FMEA .....	27
2.3.1 Was sind Funktionen? .....	28
2.3.2 Wie finden Sie Funktionen? .....	29
2.3.3 Formblatt oder Struktur .....	30

2.4	Strukturanalyse.....	30
2.4.1	Strukturanalyse Produkt-FMEA .....	30
2.4.2	Strukturanalyse Prozess-FMEA.....	32
2.4.3	Wege zur geeigneten Systemstruktur (Empfehlung IPA).....	33
2.4.4	Tiefe der Systemstruktur (Empfehlung IPA).....	33
2.5	Fehleranalyse.....	34
2.5.1	Mögliche Folgen und deren Bedeutung.....	35
2.5.2	Mögliche Ursachen.....	38
2.6	Maßnahmenanalyse.....	41
2.6.1	Vermeidungsmaßnahmen (System, Detail, Prozess).....	42
2.6.2	Entdeckungsmaßnahmen (System, Detail, Prozess).....	43
2.6.3	Verantwortlicher, Termin und Status.....	43
2.6.5	Bewertung der Maßnahmen.....	44
2.6.6	Auswertungen, Statistiken und Analysen.....	55
2.7	Optimierung .....	61
2.8	Besondere Merkmale.....	62
2.8.1	Herkunft.....	62
2.8.2	Definition.....	62
2.8.3	Vorgaben für die Anwendung der besonderen Merkmale .....	64
2.8.4	Systematische Vorgehensweise zur Ermittlung der besonderen Merkmale .....	64
2.8.5	Prozess der besonderen Merkmale am Produktentstehungsprozess .....	65
2.8.6	Methoden zur Absicherung.....	68
2.8.7	Weiterer Umgang mit besonderen Merkmalen.....	68
2.8.8	Kritische Betrachtung von besonderen Merkmalen zur gängigen Praxis .....	70
2.8.9	Vorraussetzungen zum sinnvollen Umgang mit besonderen Merkmalen.....	70
<b>3</b>	<b>Moderationstechnik.....</b>	<b>71</b>
3.1	Aufgaben des Moderators .....	71
3.2	Lernen .....	72
3.3	Moderation .....	73
3.3.1	Die Vorbereitung.....	73
3.3.2	Die Durchführung.....	74
3.3.3	Der Abschluss.....	75
3.4	Konfliktmanagement.....	76
3.4.1	Konfliktvermeidung.....	77
3.4.2	Konfliktbearbeitung.....	80
3.5	Interkulturelle Moderation .....	84
3.6	Tipps & Tricks für die Moderation .....	87

---

<b>4 Nachhaltige Einführung im Betrieb.....</b>	<b>89</b>
4.1 Motivation der Einführung.....	89
4.2 Interner oder externer Moderator.....	90
4.3 Psychologie erfolgreicher FMEA-Einführung.....	91
4.4 Top down –Einführung.....	92
<b>5 Stolpersteine in der Praxis (oder: Wie bringe ich eine FMEA sicher zum Scheitern) ..</b>	<b>93</b>
5.1 Ablehnung durch Angst.....	93
5.2 Fehlende oder unzureichende Strukturanalyse.....	93
5.2.1 Tipps für eine gute Strukturanalyse.....	93
5.2.2 Aufbau der Strukturanalyse.....	93
5.3 Funktionen erfinden.....	94
5.3.1 Negative Fehler.....	94
5.3.2 Funktionen in der FMEA-Struktur.....	94
5.4 Lügen und betrügen in der Risikobewertung (Schwellenwert).....	95
5.5 Kulturloser Einsatz von Werkzeugen.....	96
5.6 Redundanzen von Tools.....	96
5.7 FMEA als Anforderungsmanagement.....	97
5.8 Die falschen Personen im Team.....	97
5.9 Methodische Diskussionen in der FMEA-Sitzung mit den Fachspezialisten.....	98
5.10 Risikobewertung mittels RPZ und Schwellwerten.....	99
5.11 „FMEA ist ein Qualitätstool“.....	99
5.12 „So nicht“-FMEA (typische Fehler-Beispiele).....	99
<b>6 Software.....</b>	<b>101</b>
6.1 Generelle Marktübersicht.....	101
6.2 Empfohlene Anforderungen an eine FMEA-Software.....	102
6.3 Marktüberblick.....	106
<b>7 Produkthaftung in Deutschland.....</b>	<b>109</b>
7.1 FMEA und Produkthaftung.....	109
7.2 Produkthaftung - was ist das?.....	109
7.2.1 Vertragsrecht - Gewährleistung.....	110
7.2.2 Deliktische Produkthaftung.....	110
7.2.3 Öffentliches Recht.....	111
7.2.4 Strafrecht.....	111
7.2.5 Internationale Produkthaftung.....	112

7.3 FMEA und Verkehrssicherungspflichten .....	113
7.3.1 Stand der Technik .....	114
7.3.2 Konstruktionspflichten .....	117
7.3.3 Fabrikationspflichten .....	118
7.3.4 Instruktionspflicht .....	119
7.3.5 Produktbeobachtungspflicht .....	120
7.4 FMEA - von der Idee bis zur Entsorgung .....	122
<b>8 Methoden und Begriffe im Umfeld (und deren Schnittstellen zur FMEA) .....</b>	<b>123</b>
8.1 Überblick .....	123
8.2 Risikomanagement – Einführung .....	127
8.2.1 Risikoeinschätzung (Wie unsicher ist sicher genug?) .....	128
8.2.2 Was ist ein Risiko? .....	131
8.2.3 Risikosteuerungsstrategien .....	132
8.2.4 Risikomanagement- Prozess: .....	133
8.2.5 Optimieren von Risikokosten .....	133
8.2.6 Risikomanagement und FMEA .....	134
8.3 Funktionale Sicherheit .....	134
8.3.1 Die Rolle der FMEA in der Funktionalen Sicherheit .....	135
8.3.2 Standards .....	135
8.3.3 Wichtige Begriffe und Definitionen in der FuSi .....	136
8.3.4 Der Sicherheitsintegritätslevel (SIL) nach IEC 61508 .....	138
8.3.5 Sicherheitskennwerte nach IEC 61508 .....	139
8.3.6 Anforderungen an Management während des Sicherheitslebenszyklus .....	140
8.3.7 Anforderungen an die Dokumentation während des Sicherheitslebenszyklus .....	141
8.4 FTA (Fault Tree Analysis) .....	141
8.4.1 Der Fehlerbaum .....	142
8.4.2 Qualitative Auswertung durch Untersuchung der Schnittmengen .....	144
8.4.3 Quantitative Auswertung .....	144
8.4.4 Vergleich FMEA - FTA .....	145
8.5 FMEDA .....	145
8.5.1 Entwicklung / Geschichte .....	145
8.5.2 Integration in das Funktionale Sicherheitsmanagement .....	146
8.5.3 Beschreibung der Methodik .....	146
8.5.4 Durchführung einer FMEDA .....	148
8.5.5 Weiterentwicklungen .....	150
8.6 8D Problemlösungsmethode .....	152
8.7 QFD (Quality Function Deployment) .....	153
8.7.1 Einführung: QFD Methode .....	153
8.7.2 Vorbereitung: Teamzusammensetzung und Schulung .....	154
8.7.3 Schritt 1: Ermittlung und Priorisierung der Kundenanforderungen .....	155
8.7.4 Schritt 2: Bewertung der Konkurrenzprodukte bzgl. der Kundenanforderungen .....	156

8.7.5	Schritt 3: Definition der Produktmerkmale .....	157
8.7.6	Schritt 4: Korrelation der Kundenanforderungen mit den Produktmerkmalen..	157
8.7.7	Schritt 5: Technischer Wettbewerbsvergleich bzgl. der Produktmerkmale .....	158
8.7.8	Schritt 6: Gegenseitige Beeinflussung der Produktmerkmale .....	158
8.8	SPICE.....	161
8.9	Die Fehler-Prozess Matrix .....	167
8.10	PE <sup>2</sup> Prozesseffizienz- und Effektivitätsmessung .....	171
8.10.1	PE <sup>2</sup> - Anwendung in der Praxis .....	171
8.10.2	Auswertung der Analyseergebnisse.....	173
<b>9</b>	<b>Tipps, Tricks und Tools .....</b>	<b>175</b>
9.1	Kommunikation FMEA-Anforderungsmanagement.....	175
9.2	FMEA und FTA in mechatronischen Systemen.....	175
9.3	Kraftfeldanalyse (Force Field Analysis) .....	176
9.4	Kriterienmethode.....	178
9.5	„kleine Risikoanalyse“ .....	180
9.6	Tracken der FMEA-Sitzungen .....	182
9.7	Neue Bereiche für die Anwendung der FMEA-Methodik .....	183
9.7.1	Risikoermittlung und Übersicht bei IT Projekten .....	183
9.7.2	Gefährdungsanalyse mit Hilfe der FMEA .....	184
9.7.3	Human-FMEA.....	185
9.7.4	Kurzbesuch bei den Geisteswissenschaften.....	186
9.7.5	Einbringen von Informationen von Unfallexperten.....	186
9.8	Brainstorming.....	187
9.9	Vorbereitung FMEA: Weitere Werkzeuge.....	189
9.9.1	Schnittstellenmatrix .....	189
9.9.2	P-Diagramm (Parameter-Diagramm) .....	190
<b>10</b>	<b>Vision .....</b>	<b>193</b>
10.1	Ein Funktions- und Fehlerbaum für alle.....	193
10.2	Einheitliche Bewertung des Auftretens und der Entdeckung der Ursachen (A, E, FIT, ... ).....	193
10.3	Ein FMEA-Softwaremodul integrierbar in MOORE, CAQ, WW, CAD, ... ..	193
10.4	Die FMEA-Methodik wird zur universell verwendbare Risikoanalyse .....	194
10.5	Erweiterung der dreidimensionalen Risikobewertung auf die jeweiligen Kosten .....	194
10.6	Erkenntnis für alle: Bewertungen sind nicht das Wichtigste.....	195

---

<b>Anhang .....</b>	<b>197</b>
A1 Abkürzungen und Erklärungen .....	197
A2 Quellen .....	199
A3 Lösungen .....	200
A4 FMEA-Betrachtungsarten - Tabellen .....	203
A5 Formblätter .....	208
A6 Tabellen .....	213
<b>Index .....</b>	<b>227</b>
<b>Autorenverzeichnis.....</b>	<b>231</b>

# 1 Einführung in das Thema

**FMEA:** Failure Mode and Effects Analysis

Fehler-Möglichkeiten und Einfluss Analyse

„Ausfallarten- und Auswirkungsanalyse“ (ISO61508 C1a)

„Fehler Machen Eigentlich Alle“ oder „Für mich eine Absicherung“

**Failure Mode:** Ausfall, Fehler, Fehlfunktion, Störung, Unterbrechung. Beste Übersetzung: „potenzieller Fehler“

**Effects:** Folge, Ergebnis, Wirkung. Plural bedeutet, dass mehrere Folgen möglich sind. Beste Übersetzung: „potenzielle Fehlerfolgen“

**Analysis:** Analyse, Auswertung, Darlegung, Gliederung, Untersuchung, Zerlegung. Ganzheitliche Untersuchung bei der das zu betrachtende Objekt soweit in seine Bestandteile zerlegt wird bis ein sicherer Zustand erreicht wird. Diese Ebene wird dann systematisch geordnet, untersucht und ausgewertet.

**Um was geht es hier?**

Die FMEA ist eine Methode, die einen Entwickler bzw. einen im Voraus planenden Menschen durch eine Analyse unterstützen kann. Die FMEA hilft, das Produkt bzw. die Aufgabe äußerst planbar, nachvollziehbar und zielorientiert umzusetzen. Das strukturierte Vorgehen unterstützt Problemlösungen und schafft somit neue Denkansätze (präventive Qualitätssicherungsmethodik und Risikoanalyse).

**Was ist an der FMEA anders als an der bisherigen Entwicklungsarbeit?**

Nichts, außer, dass der normale Denkprozess in strukturierter Form transparent dokumentiert wird und somit mithilft, dass mögliche Fehler früher gefunden werden können.

**Was kann ich mit der FMEA besser machen als mit dem bisherigen Entwicklungsvorgehen?**

- Der Entwicklungsprozess ist besser strukturiert.
- Durch die Erzeugung einer technischen Risikoanalyse werden Fehler, Folgen und Ursachen früher erkannt und Maßnahmen werden rechtzeitig ermittelt.
- Die FMEA ist eine Möglichkeit, nahe an die Vollständigkeit der Funktionen und Fehler zu kommen.
- Der gesamte Entwicklungsprozess wird dokumentiert und ist somit für Kunden, Vorgesetzte und Gutachter (z.B. bei einem Rechtsstreit) bewertbar und transparent.
- Firmenerfahrung, Know-how der Mitarbeiter und Lessons Learned werden rechtzeitig gesehen und können somit von Anfang an in die Entwicklung über die FMEA einfließen.
- Zeit und Kosten können eingespart werden, vorausgesetzt, dass die FMEA rechtzeitig begonnen und richtig durchgeführt wird.
- Eine Verbesserung der Qualität, Zuverlässigkeit und Sicherheit der betrachteten Produkte und Prozesse können erzielt werden.
- Die FMEA ist universell auch für nicht technische Systeme und Prozesse anwendbar (z.B. Human-FMEA)

## 1.1 Vergleich Einsatz FMEA zu weiteren Entwicklungstools

Wie stellt sich die Situation in Qualität und Kosten bezüglich Serienstart, Reklamation, 8D-Probleme und Qualitätskostenanteil in Ihrer Firma dar? Wie sind die Kosten bezüglich Bauteil, Ursachen, Kunden, Entwicklung, Testing und Produktion verteilt?

Die Antworten auf die Frage nach den Ursachen für den eventuellen hohen Kostenanteil sind häufig:

- Mangelnde Prävention während der Entwicklungsphase
- Keine konsequente Klärung der Kundenforderungen (Lastenheftabgleich, Vertragsprüfung, ...)
- Zu wenig / zu späte Informationen (evtl. aus Vertrieb, Service, Marketing, ...)
- Zu ungenaue Schnittstellenabstimmung (Blockdiagramm)
- Keine konsequente Know-how-Nutzung wegen fehlender Dokumentation (z.B. KO-Richtlinien, Lessons Learned, ...)
- „Rad wird immer wieder neu erfunden“
- Hohe Fluktuation bei Know-how-Trägern
- Mangelnde Kenntnisse oder Verfolgung der qualitätsbeeinflussenden Prozessparameter
- Ausprobieren statt Wissen
- Mangelnde Pflege der Erkenntnisse aus gelösten Problemen
- Mangelnde Kommunikation (CBU-übergreifend, CBU-Fertigungsplanung, Projektteam-Produktion)
- Mangelnder oder unsystematischer Rückfluss aus Produktion in Entwicklung
- Cost-Center-System (Kosten-Verursacher-Prinzip) wird nicht gelebt
- Zu wenig Konsequenzen für den Kostenverursacher (Vertrieb - Entwicklung - Produktion - Materialwirtschaft - Einkauf)

	QFD	FMEA	DOE	G8D	Lessons Learned	Management
Keine konsequente Klärung der Kundenforderungen	x	x				
Zu wenig / zu späte Informationen	x	x				
Zu ungenaue Schnittstellenabstimmung		x				
Keine konsequente Know-how-Nutzung		x		x	x	
Fehlende Dokumentation		x			x	
Rad wird immer wieder neu erfunden		x		x	x	
Hohe Fluktuation bei Know-How-Trägern		x			x	x
Ausprobieren statt Wissen		x	x	x		
Mangelnde Pflege der Erkenntnisse aus gelösten Problemen		x		x	x	
Mangelnder Rückfluss aus Produktion in Entwicklung		x		x		x
Zu wenig Konsequenzen für den Kostenverursacher						x

Abbildung 1.1: Einflussmöglichkeiten zur Kostenreduktion in der Entwicklung (links Kostenentstehung - rechts Kostenreduktions- Methoden). Ausführlichere Informationen zu diesen Entwicklungstools und weiteren Entwicklungsmethoden im Umfeld sind im Kapitel 8 (Methoden und Begriffe im Umfeld) zu finden.

## 1.2 Warum FMEA?

Es geht um verantwortungsvolles Handeln, etwas zu tun, bevor „das Kind in den Brunnen fällt“.

### Die FMEA kann:

- funktionelle Zusammenhänge und mögliche Fehler früh erkennen
- Fehler - und somit Kapazitätsspitzen vor oder beim Serienstart - vermeiden

### Anders ausgedrückt: Die FMEA ist:

- eine Risikoanalyse nach dem Stand der Technik
- eine effektive Dokumentation und Wissensbasis für potentielle Fehler und helfende Maßnahmenstrategien
- ein Schutz gegen eventuelle Vorwürfe oder Schadensansprüche

### Die FMEA hilft:

- Wiederholfehler zu reduzieren
- eine gemeinsame Sprache mit allen Projektbeteiligten zu sprechen
- dem Projektteam und den Schnittstellenpartnern, strukturiert zu diskutieren
- ein gemeinsames Verständnis aller Projektbeteiligten über die strukturellen und funktionalen Zusammenhänge zu bilden.
- dem Projektleiter, Maßnahmen umfassend zu finden und zur Produktentstehung und Optimierung zu steuern

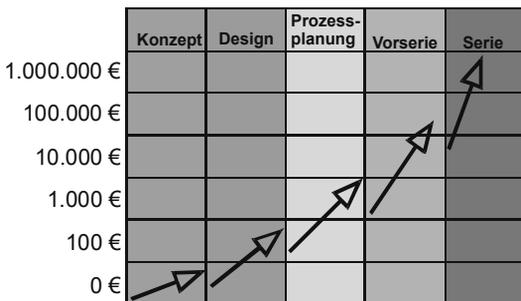
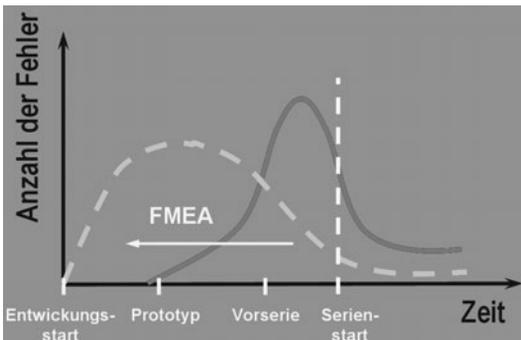


Abbildung 1.2: Einfluss Entdeckungszeitpunkt – Kosten

Konkretes Beispiel eines nicht entdeckten Fehlers einer Kopiermaschine:

Design Review	35 €
Vor Teile Beschaffung	177 €
Vor Montage	368 €
Vor Auslieferung	17.000 €
Korrektur im Feld	590.000 €

Rückrufe in der Automobilindustrie sind oft um weit mehr als eine Zehnerpotenz teurer. Allein im Jahr 2003 gab es nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes 144 Rückrufaktionen mit 939.884 Fahrzeugen. In den Jahren zwischen 2000 und 2005 ist die Anzahl der Rückrufe um fast 70% gestiegen. Die bisher teuerste Rückrufaktion (Ford Explorer in den USA) verursachte einen Schaden von schätzungsweise 3 Milliarden.

Ein weiteres Beispiel stammt aus einer FMEA-Moderation des Fraunhofer-IPA (2001): „29,3% der Fehlerursachen waren zum Beginn der FMEA noch nicht bekannt und wären durch die geplanten Testverfahren nicht gefunden worden.“

Einer der wichtigsten Gründe einer FMEA ist: Die FMEA kann Leben retten.

Ein grausames Beispiel war am 3.März 1991 der Absturz einer Boeing 737-200 der United Airlines nahe Colorado Springs. Kurz vor der Landung war die Maschine urplötzlich außer Kontrolle geraten. Alle 25 Insassen kamen ums Leben. Die Absturzursache konnte nicht geklärt werden. Am 7. September 1994 dann der nächste Schock: Erneut stürzte eine Boeing 737 der United Airlines aus scheinbar unerklärlichen Gründen ab, diesmal in der Nähe von Pittsburgh. 132 Menschen starben. Die Suche nach den Ursachen endete in einer Sackgasse. Die Ermittler standen vor einem Rätsel. Wenig später entkam eine weitere Maschine nur knapp der Katastrophe - und die fieberhafte Suche nach dem Fehler begann von Neuem. Und dieses Mal wurden die Beamten fündig. 5 Jahre nach dem ersten Absturz wurde ein „Kälteschocktest“ mit dem Rudersteuerungsventil durchgeführt und es konnte bewiesen werden, dass bei Temperaturen von - 40°C mit warmem Öl eine Ruderumkehr möglich ist. (Das heißt der Pilot lenkt links und das Ruder lenkt rechts.)

Eine, heutzutage als Standard anzusehende Entdeckungsmaßnahme ist der Kälte- oder der Temperaturschock-Test. Dieser Test, den ich in fast allen von mir moderierten FMEAs eingesetzt habe, hätte das Problem eventuell rechtzeitig erkennen können und es wäre unter Umständen behoben worden, bevor das erste Flugzeug abhob. Dies ist nachträglich natürlich nicht mehr beleg- oder beweisbar. Zudem wäre das mögliche Risiko wahrscheinlich schon während der Entwicklung erkannt und kommuniziert worden und hätte auch von wirtschaftlich orientierten Entscheidungsträgern als ein bedeutendes kritisches Produkthaftungsrisiko erkannt werden können.

### 1.2.1 Normen (Übersicht)

DIN EN ISO 9001:2008

DIN EN ISO 9004:2009

Fordern Vorbeugungsmaßnahmen und empfehlen FMEA

DIN EN 60812 Nov. 2006

### 1.2.2 Richtlinien

Folgende Richtlinien empfehlen bzw. fordern und beschreiben FMEA:

- QS 9000 (ist nicht mehr gültig, Nachfolger sind ISO/TS 16949, AIAG)
- VDA Band 4 Teil 3 2010
- AIAG, 4th Edition, June 2008, AIAG
- DGQ: Band 13–11 FMEA, 4. Auflage 2008

### 1.2.3 Wirtschaftlichkeit: Garantie / Kulanz, Rückrufaktion, Kundenverlust

Folgende Gründe sprechen für die Durchführung einer FMEA:

- FMEA hilft, G&K sowie sonstige Fehlerfolgekosten massiv zu senken und Rückrufaktionen zu verhindern.
- Reduzierung der Kundenreklamationen um 15%
- Reduzierung der Änderungen vor Serienanlauf um 22%
- Reduzierung der Fehlerkosten um 21%
- Reduzierung der Anlaufkosten um 19%
- Reduzierung der Entwicklungszeit um 5% - 30%

Quelle: Fraunhofer-IPA (2008), Kamiske (2001), Klatte (1994)

Aussage eines mir bekannten Bereichsleiters (Automobilzulieferer):

„Diese Zahlen sind durchaus realistisch. Dazu kommt, dass mit nur einem einzigen durch FMEA vermiedenen Fehler, der zu einer Rückrufaktion geführt hätte, die FMEA- Anwendung nicht nur wirtschaftlich, sondern oft auch überlebenswichtig für die Firma wird!“

### 1.2.4 Kundenforderung

Kunden fordern einen hohen Reifegrad der FMEA zum Design-freeze als Voraussetzung zur Werkzeugfreigabe.

### 1.2.5 Firmeninterne Forderungen

Häufige firmeninterne Forderungen sind:

- Systemoptimierung, Produktverbesserung und Risikominimierung
- FMEA hilft, die Kundenforderungen konsequent zu klären
- Transparente Entwicklung bezüglich des Fortschrittes und des Risikos
- Kapazitäten werden durch Arbeitsschwerpunkte besser genutzt
- Bessere Schnittstellenabstimmungen durch FMEA
- Interne Dokumentationspflichten durch die FMEA erfüllen
- Lessons Learned Wissen für künftige Projekte auffindbar speichern
- Verantwortlichkeiten bezüglich des Risikos werden exakt zugeordnet
- Sicherung des Unternehmens-Know-hows für künftige Generationen
- Arbeitsschwerpunkte früher, sicherer und umfassender erkennen und festlegen, sobald die drei Bewertungsfaktoren einer FMEA bekannt sind. (Bei Kapazitätsüberschreitung ist eine Entwicklung ohne FMEA am besten mit einem Blindflug mit ausgefallenen Instrumenten in einem Verkehrsflugzeug im Nebel mit einem panischen Piloten vergleichbar.)

### 1.3 Geschichtliche Betrachtung

1949 USA Militär entwickelt FMEA als militärische Anweisung MIL-P-1629 (Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis). Diese dient als Bewertungstechnik für die Zuverlässigkeit, um die Auswirkungen von System- und Ausrüstungsfehlern darzustellen. Die Fehler wurden entsprechend dem Einfluss auf den Erfolg, die Personen und der Ausrüstungssicherheit bewertet.

1963 wird die FMEA als „Failure Mode and Effects Analysis“ von der Nasa für das Apollo Projekt eingesetzt.

1965 übernimmt die Luft- und Raumfahrt diese Methode

1975 Einsatz in der Kerntechnik

1977 erstmaliger Einsatz in der Automobilindustrie bei Ford zur präventiven Qualitätssicherung, nachdem es beim Modell Ford Pinto aufsehenerregende Probleme gab.

1980 Normung der Ausfalleffektenanalyse DIN 25448 in Deutschland mit dem Untertitel FMEA

1986 Weiterentwicklung für die Automotive Branche durch den VDA. Die erste Methodenbeschreibung findet sich im VDA Band 4, Qualitätssicherung vor Serieneinsatz. Seit dieser Zeit wird diese Methode hauptsächlich in der Automobilindustrie eingesetzt.

1990 Beschreibung der FMEA-Vorgehensweise bei der DGQ (Automobilunabhängig). Daraufhin kommt der Einsatz in den verschiedensten Bereichen der Medizin und Nachrichtentechnik.

1994 die erste gemeinsame Auflage der QS-9000 durch Chrysler, Ford und General Motors mit dem Hinweis auf das FMEA-Handbuch. Die Basis hierzu bildet die DIN EN ISO 9001:1994-08

1996 Festlegung der Durchführung der Methode durch Weiterentwicklung durch Automobilindustrie im VDA (Band 4, Teil 2) „Qualitätssicherung vor Serieneinsatz“ (Untertitel „System-FMEA“). Ab diesem Zeitpunkt existiert eine einheitliche und von allen anerkannte Vorgehensweise zur FMEA.

1998 verstärkter Einsatz in der Automobilindustrie. Die Autohersteller geben Vorgaben für Lieferanten, FMEAs für ihre Produkte zu erstellen. Die international gültige Norm ISO 9001:1994 ist die Basis für die erweiterten Forderungen der Automobilindustrie.

2000 Erstellung SAE Paper J1739 für den amerikanischen Sprachraum. Dies diente als Vorlage zum Referenzhandbuch QS-9000.

2001 Anwendung der FMEA für weitere Einsatzgebiete (z.B. Dienstleistungen und Projektmanagement) werden durch die DGQ (Deutsche Gesellschaft für Qualität) im DGQ-Band 13-11 beschrieben. Durch die Ausweitung des Begriffs "Qualität" auf den Dienstleistungsbereich wird die FMEA auch in nichttechnischen Bereichen angewendet, z. B. im Facilitymanagement.

2002 In der dritten Auflage der QS-9000 FMEA-Methodenbeschreibung wurden einige Elemente des VDA-Ansatzes übernommen.

2006 Die aktuelle VDA Band 4 Teil 3 beschreibt sehr genau die Vorgehensweise bei einer FMEA-Erstellung im Automobilbereich.

Inzwischen findet die FMEA auch in anderen Bereichen, in denen systematisch gearbeitet wird, ihre Einsatzfelder, z. B. Medizintechnik, Lebensmittelindustrie (als HACCP-System), Anlagenbau, Software-Entwicklung, da ein universelles Methoden-Modell zugrunde liegt.

## 1.4 Wann beginnen wir mit der FMEA?

### 1.4.1 Präventive FMEA

„Es gibt nur einen sinnvollen Zeitpunkt für eine präventive Betrachtung der Risiken: asap“. Das bedeutet entwicklungsbegleitend zum frühestmöglichen Zeitpunkt.

- Wir beginnen mit der präventiven FMEA am besten gleichzeitig mit den ersten konkreten Gedanken über das Konzept. Diese Ideen werden somit dokumentiert und strukturiert. (In diesem Moment machen Entwickler schon immer eine FMEA, meistens leider nur unbewusst und im Kopf oder schlecht dokumentiert)
- Danach reift die FMEA parallel zu den Konstruktionsbesprechungen.
- Zu spät gestartete FMEAs bringen zu wenige Erkenntnisse und kosten unnötig Zeit und Geld.
- VDA: Die Erstellung einer präventiven FMEA sollte zum frühestmöglichen Zeitpunkt erfolgen. Der zeitliche Ablauf ist mit dem Projektablaufplan abzustimmen, siehe VDA 4.3, Projektplanung, Anlage. Hierbei sind die Kunden und Lieferanten einzubinden.

Der VDA schlägt hier das Vorgehen nach dem DAMUK© Prozessmodell vor. (Definition, Analyse, Maßnahmenentscheidung, Umsetzung, Kommunikation).

Eine absolute Voraussetzung zum rechtzeitigen und parallelen Erstellen von FMEAs ist das Beherrschen der Methodik und der Software. (Schulungsnachweise reichen laut ISO9001 hier nicht mehr aus. Gefordert ist richtigerweise ein Kompetenznachweis.)

Die Analyse kann immer nur den augenblicklichen Stand der Entwicklung aufzeigen und ist zu Beginn relativ grob.

### 1.4.2 Korrektive FMEA

Die korrektive FMEA wird schnellstens bei einem erkannten Problem in einem Prozess oder bei gestiegenen Garantie- und Kulanzkosten (G&K) für die Optimierung von Produkt und Prozess gestartet.

Eine korrektive FMEA wird für bestehende Produkte und Prozesse durchgeführt, um das Know-how zu sichern oder um Optimierungen durchzuführen. Wenn mehrere Fehler an einem Produkt oder Prozess auftreten, kann es vorteilhaft sein, nicht nur die bekannten Fehler zu beseitigen, sondern eine komplette Analyse durchzuführen.

### 1.4.3 Laufzeit der FMEA

Die FMEA ist ein lebendes Dokument und die Laufzeit beträgt im Allgemeinen Produktion + Service (inkl. Ersatzteile) Ende plus 13 Jahre nach VDA in der Automobilindustrie (bei GM bis 50 Jahre). In der Medizin beträgt die Laufzeit plus 5 Jahre nach „Produkt in Verwendung“.

Begründung: Die mittlere Fahrzeuglebensdauer wird inzwischen mit 15 Jahren angenommen. Aus dem Produkthaftungsgesetz folgt eine Archivierungsdauer von mindestens 10 Jahren. Hinzuzurechnen sind 3 Jahre für die Einspruchsfrist des Klägers nach Eintritt des Schadens.

## 1.5 Wer erstellt eine FMEA?

Eingeleitet wird die FMEA durch den für das Produkt oder den Prozess verantwortlichen Mitarbeiter (z.B. Projektleiter, Produktmanager, ...). Manchmal werden diese Initialaufgaben auch durch einen übergeordneten Bereich koordiniert.

Erstellt wird die FMEA durch ein Team!

„Gib Deinem Team alle Informationen, die Du hast, und Du kannst nicht verhindern, dass sie Verantwortung übernehmen“ (Johann Werdich 1934)

### 1.5.1 Team-Zusammensetzung - Aufgaben

Das Team wird bei einem neuen Produkt unbedingt gebraucht, um möglichst viel Wissen im Produkt zu platzieren.

Das Team besteht aus:

#### **A: Auftraggeber (z.B. Projektleiter)**

Tätigkeiten:

- Entscheidung zum FMEA-Start (Ermittlung des Handlungsbedarfes einer FMEA oder anderer Methoden)
- Festlegen des Verantwortlichen für Definitionsphase
- Unterstützung beim Sammeln der notwendigen Informationen
- Bereitstellung aller zur FMEA notwendigen Ressourcen

#### **V: Verantwortlicher zur Durchführung der Definitionsphase**

Tätigkeiten:

- Beschaffung der notwendigen Unterlagen und Informationen
- Koordination und Organisation der Abläufe in der Definitionsphase
- Blockdiagramm (Themenabgrenzung, Schnittstellendefinition)
- Zusammenstellen des oder der Teams
- Verantwortung für das Ergebnis der Definitionsphase

#### **M: FMEA-Moderator**

Tätigkeiten:

- Mitwirken bei der Teamzusammensetzung
- Mitwirken bei der Erstellung eines Grob-Terminplanes
- Mitwirken bei der Einladung zur ersten Teamsitzung für die Analysephase
- Mitwirken bei der Erstellung von Entscheidungsvorlagen / Kriterien

Anforderungen:

- Methodenkompetenz (FMEA)
- Sozialkompetenz, Teamfähigkeit
- Kompetenz in Moderation, Überzeugungsfähigkeit, Organisation- und Präsentation sowie starkes vernetztes und strukturiertes Denken
- Produkt- und Branchenkompetenz ist kein Muss (ist allerdings vorteilhaft)

**T: Teammitglieder**

Tätigkeiten:

- Mitwirkung bei der Vorbereitung der FMEA (Blockdiagramm, Themenabgrenzung, Schnittstellendefinition, Datensammlung, Teambildung)
- Einbringen von Erfahrungen
- Aktive Teilnahme während der FMEA-Sitzungen

Kriterien:

- Expertenwissen für die zu betrachtenden FMEA-Umfänge
- Grundkenntnisse über FMEA-Methodik
- Teamfähigkeit

Zusammensetzung des Teams:

- Kompetente Mitarbeiter der beteiligten Fachbereiche (intern und extern) aus Projekt, Entwicklung, Konstruktion, Prozessplanung, Arbeitsvorbereitung, Versuch, Prototypen / Musterbau, Fertigungsausführung, Produktion, Prüfplanung und Qualitätssicherung
- Bei Bedarf sollten weitere Wissensträger dazu geholt werden. Z.B. aus Kundendienst, Rechtsabteilung, vom Kunden oder / und Lieferanten, aus dem Labor , ...

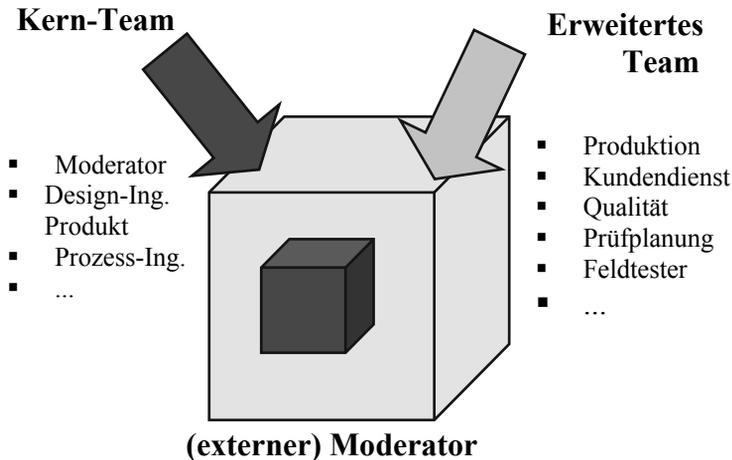


Abbildung 1.3: FMEA-Team

### 1.5.2 Organisatorische Funktionen innerhalb des Teams

Teamleiter

- Sorgt für sachliches und fachliches Vorankommen
- Vertritt das Team nach außen
- Sorgt für Termine, Einladung, Agenda, etc.
- Entscheidungsvorbereitung

### Moderator

Fälschlicherweise wird von einigen Projektverantwortlichen angenommen, die Verantwortlichkeit der FMEA liege beim Moderator. Nachfolgend die Richtigstellung seiner Aufgaben:

- Verantwortlich für das methodische Vorgehen
- Zuständig für die Pflege der Arbeitsatmosphäre
- Beobachtet und lenkt den Teamprozess
- Leitet mit dem Teamleiter die Arbeitstechnik
- Führt durch die Struktur-, Funktions-, Fehler- und Maßnahmenanalyse sowie durch die Risikobewertung und die Festlegung der Optimierungsmaßnahmen. Unterstützung bekommt er vom Teamleiter.
- FMEA auswerten, Maßnahmen anregen
- Stellt die validierbare und verifizierbare Dokumentation der FMEA sicher
- Bereitet Entscheidungsvorlagen auf
- Erstellt und pflegt die Bewertungskataloge für das betrachtete Objekt

Die Praxis sieht zwar anders aus, aber der Moderator sollte idealerweise nicht die Software bedienen, da er sonst den Kontakt zum Team verliert. Trotzdem sollte er die Software motorisch perfekt und spielerisch bedienen können. Außerdem nimmt er in einer stillen Minute Nörgler und Störer auf die Seite.

### Zeitmanager

- Teilt mit dem Teamleiter die Zeit für die Agendapunkte ein
- Überwacht den zeitlichen Ablauf
- Schlägt Umverteilung von verbleibenden Zeiten vor

Die Einhaltung des Zeitrahmens ist eine Frage der Konsequenz. Bessere Planung ist möglich, wenn Zeiten von allen eingehalten werden. Das pünktliche Ende spielt bei der effektiven Teamsitzung eine sehr wichtige Rolle. Teammitglieder kommen gerne wieder.

### Schreiber

- Fasst die Teamentscheidungen zusammen
- Dokumentiert die Ergebnisse des Teams für alle sichtbar

Schreiber und Protokollant sind in Zeiten der Onlinebearbeitung mittels Beamer meist derselbe.

### Protokollant

- Schreibt das Protokoll (Anwesende, besprochene Themen, „Hausaufgaben“, Entscheidungen, Vereinbarungen und Ergebnisse, ...)
- Sammelt zusätzliche Dokumente (auch zu verweisende Dokumente innerhalb der FMEA)
- Verteilt das Protokoll zeitnah (das bedeutet innerhalb 24 Stunden)

Überarbeitet wird die FMEA durch den zuständigen Entwicklungs- oder/und Produktionsbereich. Hier werden z.B. Rückmeldungen aus 8D Berichten, KVP, Lessons Learned oder Optimierungen in die FMEA eingearbeitet. Dies kann evtl. auch durch eine Person erfolgen.

## 1.6 Arten und Bezeichnungen der FMEA

Es gibt unzählige viele FMEA-Bezeichnungen. Folgendes Beispiel zeigt einen Ausschnitt der im Umlauf befindlichen Begriffe.

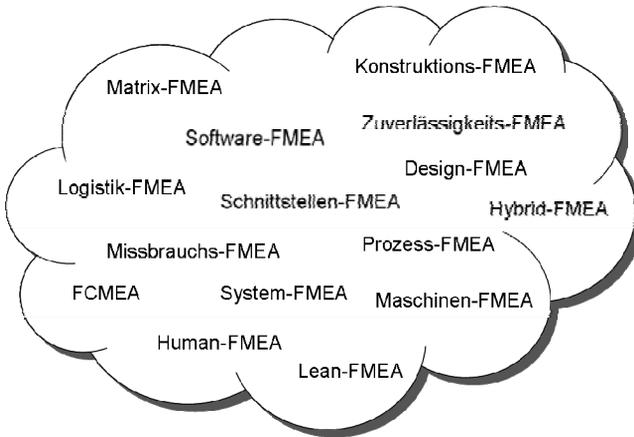


Abbildung 1.4: Arten und Bezeichnungen der FMEA

Fast alle bezeichnen das, was in dem speziellen Fall betrachtet werden soll. Die vielen unterschiedlichen Begriffe führen selten zu einem besseren Verständnis und das Ziel der Bezeichnungserfindung ist somit negiert. Es empfiehlt sich, nur Begriffe aus anerkannten FMEA-Schriften wie zum Beispiel VDA oder DGQ zu benutzen, damit eine einheitliche Nomenklatur über die Schnittstellen benutzt werden kann und es weniger Missverständnisse gibt.

Die Konstruktions-FMEA ist einer der ältesten Begriffe aus der VDA 1986 und betrachtete die Fehler nur auf Bauteilebene (Hardwareansatz). Der funktionale Zusammenhang sämtlicher Bauteile zueinander wurde nicht betrachtet. Dieser Begriff wurde vom VDA 1996 abgelöst und ist auch deshalb nicht mehr aktuell, da heute Systeme betrachtet werden.

Die Design-FMEA ist der englische Begriff für die Konstruktions-FMEA. Der Begriff ist außerhalb Deutschlands noch aktuell und wurde leider in der TS 16949 aus der QS9000 übernommen.

Die System-FMEA Produkt ist eine Weiterentwicklung der Konstruktions-FMEA mit der Teile, Teilsysteme und komplette Systeme betrachtet werden. Der Begriff System-FMEA hat sich in der Praxis nicht bewährt und der Begriff „System“ wurde vom VDA 2006 abgelöst durch die Produkt-FMEA.

Die Produkt-FMEA ist das gleiche wie die System-FMEA Produkt. Der Begriff ist seit VDA 2006 aktuell.

Die Prozess-FMEA betrachtet Prozesse und ist nach VDA der aktuelle Begriff. Dies können Herstellprozesse oder Planungsprozesse sein. Bis 1996 wurden nur einzelne Prozesse betrachtet. Inzwischen wird der Begriff beim VDA auch für komplette Herstellungs- und Planungsprozesse verwendet. (Beispiel: Betrachtung der Zusammenhänge vom Wareneingang über die Produktion bis zur Auslieferung)

Die Process-FMEA ist das Gleiche wie die Prozess-FMEA nur in Englisch. Allerdings betrachtet die QS 9000 nur einzelne Prozesse und ist nur noch außerhalb von Deutschland aktuell.

Die System-FMEA Prozess betrachtet nach VDA 1996 einen kompletten Prozess von der Planung bis zur Auslieferung. Der Begriff wurde mit der VDA 2006 abgelöst, wird aber noch häufig für die systembetrachtende Produkt-FMEA verwendet.

Die Maschinen-FMEA betrachtet aktuell nach QS9000 (2001) eine Maschine im Prozess. Beim VDA wird die Maschine mit einer Produkt-FMEA betrachtet.

Bei den Logistik-, Sicherheits-, Missbrauchs-, Schnittstellen-FMEAs werden die Zielsetzungen oder Betrachtungsumfänge vor das Wort FMEA gesetzt. Die Vorgehensweisen entsprechen der Produkt- bzw. der Prozess-FMEA. Die Begriffe stammen aus Veröffentlichungen und stehen meines Wissens in keiner Norm.

Die Human-FMEA betrachtet menschliche Fehler und ist in einem Buch und einer Diplomarbeit beschrieben. (ZIW, Helbling, Weinbeck, 10/2004)

Bei den Smart- oder Lean-FMEAs handelt es sich um nicht genormte Begriffe von Dienstleistern, die damit zum Ausdruck bringen wollen, dass kleine Umfänge betrachtet werden und damit der Aufwand verringert wird. Dies ist mit großer Vorsicht anzuwenden, da die Gefahr besteht, dass wichtige Umfänge nicht betrachtet werden.

Die Hybrid-FMEA stellt die Produkt- und die Prozess-FMEA in einer Struktur dar und war in einer QZ Veröffentlichung (Daimler) zu lesen. In der Praxis hat sich diese Darstellung allerdings weder durchgesetzt noch bewährt.

Die Software-FMEA ist eine Produkt-FMEA, die in groben Zügen und maximal bis auf Modulebene die Software betrachtet. Hier gibt es Schnittstellen zu anderen Methoden (VDA Band 13 / SPICE), diese sind allerdings zu definieren.

Die matrix-FMEA ist eine geschützte Bezeichnung von Herrn Kersten (ehemals Bosch). Ein Schwerpunkt ist hier die Vorselektion des zu betrachtenden Umfangs mittels Gewichtung sowie die Integration von QFD und Wertanalyse. Diese Methode eignet sich für einfache Produkte und Prozesse.

Genau genommen gibt es als oberste Einteilung aber nur zwei unterschiedliche Betrachtungen. Zum einen werden Funktionen betrachtet und zum anderen Abläufe.

Funktionen → Produkt-FMEA

Abläufe → Prozess-FMEA

Zusätzlich werden oft die Betrachtungsumfänge angegeben. Diese sind z.B. Konzept, System, Schnittstellen, Softwarefunktionen, Konstruktion/Design, Komponenten, Fertigungsabläufe, Montageabläufe, Logistik, Transport und Maschinen. Ein mechatrisches System wird in den Lebenszyklen Betrieb, Konstruktion und Service betrachtet.

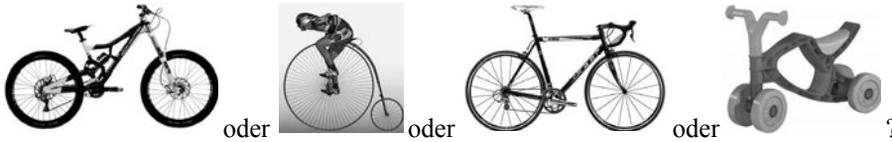
### **1.6.1 Produkt-FMEA**

Hier werden die Funktionen von Systemen und Produkten bis zur Auslegungsebene der Eigenschaften und der Merkmale betrachtet. Wenn möglich, werden System, Subsystem und Bauteilbetrachtungen in einer FMEA über mehrere Ebenen aufgebaut. Bei weniger EDV-Unterstützung, weniger geübten FMEA-Experten oder komplexen Systemen ist es meist besser, das System in einzelne FMEAs aufzuteilen.

Betrachtet werden jeweils die möglichen Abweichungen der geforderten Funktionen. Maßnahmen zur Sicherstellung der Funktionen werden definiert.

### Produkt-FMEA in der Konzeptphase

Hier wird gefragt: Wurden alle Anforderungen an das Produkt im Konzept berücksichtigt?

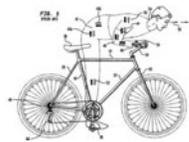


Es ist eine Analyse des Produktentwurfes oder des Produktes auf Erfüllung der (im Lasten- / Pflichtenheft) festgelegten Funktionen. Das funktionale (Sicherheits-)Konzept wird überprüft.

Die identifizierten Ursachen sollten während der Konzeptentwicklung vor der Konstruktion vermieden und entdeckt werden.

Generell werden Fehler nur so weit herunter gebrochen, bis ein sicherer Zustand erreicht ist. Das bedeutet, dass Anforderungen bereits durch ein geeignetes Design hier abgehandelt werden können, ohne in einer der darauffolgenden FMEAs (z.B. Betrachtung in der Konstruktion oder im Prozess) nochmals genauer untersucht werden müssen.

### Produkt-FMEA Systemebene Entwicklung



Betrachtet werden die Systemfunktionen im Feld während der Designphase (Detaillierung nur bis Subsystem) sowie die Fehlermöglichkeiten in dieser Phase.

Die identifizierten Ursachen sollten während der Produktentwicklungsphase vor Freigabe zur Serienproduktion entdeckt und vermieden werden.

### Produkt-FMEA Systemebene Kundenbetrieb



Betrachtet werden die Systemfunktionen im Feld während Betriebszustand Kundenbetrieb, Fehlermöglichkeiten sind bereits eingetreten.

Die identifizierten Ursachen müssen während Kundenbetrieb rechtzeitig vor Folgeneintritt erkannt werden.

### Produkt-FMEA Systemebene Service



Betrachtet werden die Systemfunktionen im Feld während des Services, die Fehlermöglichkeiten sind bereits eingetreten.

Die identifizierten Ursachen müssen während Aufenthalts in der Servicewerkstatt erkannt werden.

### Produkt-FMEA Konstruktion



Betrachtet werden die System/Bauteilfunktionen im Design (Detail) und Fehlermöglichkeiten in der Konstruktionsphase.

Die identifizierten Ursachen müssen während der Produktentwicklungsphase vor Freigabe zur Serienproduktion erkannt werden.