

Hans-Joachim Pfeufer

# FMEA

Fehler-Möglichkeiten- und  
Einfluss-Analyse  
nach AIAG und VDA

2. Auflage



HANSER



Pfeufer  
**FMEA nach AIAG und VDA**



**Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!**

Auf unserem Download-Portal finden Sie zu diesem Titel kostenloses Zusatzmaterial. Geben Sie dazu einfach diesen Code ein:

**plus-a7s9m-ugkkx**

[plus.hanser-fachbuch.de](http://plus.hanser-fachbuch.de)



Hans-Joachim Pfeufer

# **FMEA – Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse nach AIAG und VDA**

**HANSER**



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.

Print-ISBN 978-3-446-46741-5

E-Book-ISBN 978-3-446-46965-5

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 Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen dargestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen.

Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Darstellungen und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autoren und Verlag übernehmen in folgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Darstellungen oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Rechte aller Grafiken und Bilder liegen bei den Autoren.

© 2021 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München

[www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Lisa Hoffmann-Bäumel

Satz: Eberl & Koesel Studio GmbH, Krugzell

Coverrealisation: Max Kostopoulos

Titelmotiv: © shutterstock.com/Sashkin

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Einteilung der Risikoanalysen .....	5
1.2	Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (Failure Mode and Effects Analysis – FMEA) .....	7
1.3	Begriffsdefinitionen zur FMEA .....	10
<b>2</b>	<b>Die FMEA-Methode</b> .....	<b>15</b>
2.1	Schritt 1: Planung und Vorbereitung .....	17
2.1.1	Design-FMEA .....	20
2.1.2	Prozess-FMEA .....	21
2.2	Schritt 2: Strukturanalyse .....	23
2.2.1	Design-FMEA .....	24
2.2.2	Prozess-FMEA .....	27
2.3	Schritt 3: Funktionsanalyse .....	29
2.3.1	Design-FMEA .....	30
2.3.2	Prozess-FMEA .....	31
2.4	Schritt 4: Fehleranalyse .....	33
2.4.1	Design-FMEA .....	34
2.4.2	Prozess-FMEA .....	35
2.5	Schritt 5: Risikoanalyse .....	36
2.5.1	Design-FMEA .....	40
2.5.2	Prozess-FMEA .....	47
2.5.3	Aufgabenpriorität Design-/Prozess-FMEA .....	58
2.6	Schritt 6: Optimierung .....	60
2.7	Schritt 7: Ergebnisdokumentation .....	64

<b>3</b>	<b>Abgrenzung und Erweiterung</b>	<b>67</b>
3.1	Design-FMEA und Prozess-FMEA	67
3.1.1	Schnittstelle zwischen DFMEA und PFMEA	67
3.1.2	Weitere Anwendungsfelder der FMEA	69
3.1.3	Festlegung der Bedeutung in der Lieferkette	70
3.2	FMEA-Ergänzung MSR (Monitoring und Systemreaktion)	71
3.2.1	FMEA-MSR Schritt 5: Risikoanalyse	71
3.2.2	FMEA-MSR Schritt 6: Optimierung	72
<b>4</b>	<b>Praxisbeispiel Design-FMEA</b>	<b>83</b>
4.1	DFMEA 1. Schritt: Vorbereitung und Planung	83
4.2	DFMEA 2. Schritt: Strukturanalyse	85
4.3	DFMEA 3. Schritt: Funktionsanalyse	86
4.4	DFMEA 4. Schritt: Fehleranalyse	87
4.5	DFMEA 5. Schritt: Risikoanalyse	89
4.6	DFMEA 6. Schritt: Optimierung	91
4.7	DFMEA 7. Schritt: Ergebnisdokumentation	93
<b>5</b>	<b>Praxisbeispiel Prozess-FMEA</b>	<b>95</b>
5.1	PFMEA 1. Schritt: Vorbereitung und Planung	95
5.2	PFMEA 2. Schritt: Strukturanalyse	97
5.3	PFMEA 3. Schritt: Funktionsanalyse	98
5.4	PFMEA 4. Schritt: Fehleranalyse	99
5.5	PFMEA 5. Schritt: Risikoanalyse	100
5.6	PFMEA 6. Schritt: Optimierung	103
5.7	PFMEA 7. Schritt: Ergebnisdokumentation	104
<b>6</b>	<b>Einführung und Schulung der FMEA</b>	<b>107</b>
6.1	Voraussetzungen	107
6.1.1	Beschluss der Geschäftsleitung	107
6.1.2	Information der Führungskräfte	108
6.1.3	Schulung der Moderatoren	108
6.1.4	Methodische Ausbildung der Anwender	109
6.2	Anwendung	109
6.2.1	Allgemeines	109



6.2.2	Unterstützende Maßnahmen	110
6.2.3	Grundlage für neue FMEA-Analysen	111
6.2.4	Fachwissen der FMEAs schützen	111
6.2.5	EDV-Unterstützung	112
6.2.6	Kundenspezifische Forderungen	112
6.2.7	Übergang zur neuen FMEA-Methode	112
<b>7</b>	<b>Aufwand und Nutzen</b>	<b>113</b>
<b>8</b>	<b>FMEA-Bewertung</b>	<b>119</b>
8.1	Selbsteinschätzung DFMEA	120
	Tabelle 8.1.1 1. Schritt DFMEA	120
	Tabelle 8.1.2 5Z DFMEA	121
	Tabelle 8.1.3 2. Schritt DFMEA	122
	Tabelle 8.1.4 3. Schritt DFMEA	124
	Tabelle 8.1.5 4. Schritt DFMEA	125
	Tabelle 8.1.6 5. Schritt DFMEA	126
	Tabelle 8.1.7 6. Schritt DFMEA	129
	Tabelle 8.1.8 7. Schritt DFMEA	130
8.2	Selbsteinschätzung PFMEA	132
	Tabelle 8.2.1 1. Schritt PFMEA	132
	Tabelle 8.2.2 5Z PFMEA	133
	Tabelle 8.2.3 2. Schritt PFMEA	134
	Tabelle 8.2.4 3. Schritt PFMEA	136
	Tabelle 8.2.5 4. Schritt PFMEA	137
	Tabelle 8.2.6 5. Schritt PFMEA	139
	Tabelle 8.2.7 6. Schritt PFMEA	141
	Tabelle 8.2.8 7. Schritt PFMEA	143
<b>9</b>	<b>Entwicklungsgeschichte der FMEA</b>	<b>145</b>
<b>10</b>	<b>Literatur</b>	<b>147</b>
<b>11</b>	<b>Index</b>	<b>149</b>
<b>12</b>	<b>Der Autor</b>	<b>157</b>



# 1

## Einleitung

### **WORUM GEHT ES?**

Die Methode der FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) wird seit Jahren im Rahmen der Risikoanalyse in den verschiedensten Industriebereichen angewandt. Die ersten Einsatzgebiete lagen dabei traditionell in der Produktentwicklung. Davon ausgehend erfolgte die Einbindung der Fertigungsprozessplanung und der Produktion. In der Automobilindustrie wird die gemeinsame Erstellung der FMEA für Produkte und Prozesse durch Kunde, Lieferant und Unterlieferant selbstverständlicher Bestandteil der Zusammenarbeit.

OEMs und Lieferanten, vertreten durch die Automotive Industry Action Group (AIAG) und den Verband der Automobilindustrie (VDA), haben in einer mehr als dreijährigen Zusammenarbeit die FMEA und deren Schlüsselbereiche neu erstellt. Damit wurde eine gemeinsame, übergreifende Basis der FMEA-Methode für die Automobilindustrie geschaffen. Neben dieser allgemein gültigen Beschreibung der FMEA sind zusätzlich die individuellen kundenspezifischen Forderungen zu berücksichtigen.

Der Anwender wird durch die „7 Schritte der FMEA“ geführt und unterstützt. Die Beurteilung einer FMEA durch das Management beginnt mit der Optimierung. Das Ergebnis der Analyse wird in der Dokumentation dargestellt. Hier werden die Risiken und die Optimierung des Produkts oder des Prozesses aufgezeigt. Die einzelnen Bewertungen zu Bedeutung, Auftreten und Entdeckung sind zu diskutieren.

Die sich aus dem Produkt der einzelnen Bewertungen ergebende Risikoprioritätszahl wurde durch die Aufgabenpriorität ersetzt.

Die FMEA-Ergänzung für Monitoring und Systemreaktion (FMEA-MSR) wurde zur Analyse der diagnostischen Entdeckung und Fehlerreaktion im Kundenbetrieb eingeführt. Sie dient der Bewertung zur Erfüllung eines abgesicherten Status oder der gesetzlichen und behördlichen Vorgaben.

## WAS BRINGT ES?

Von den ersten Anwendungen bis zur heutigen Durchführung wurde die Methode erheblich weiterentwickelt. Das vorliegende Buch beinhaltet den modifizierten Analysenaufbau und verkörpert den aktuellen Stand der Methode.

Mit der Ausdehnung des Begriffs „Qualität“ auch auf Dienstleistungen und insbesondere auf unternehmensinterne Zusammenarbeit erfasst das moderne Qualitätsmanagement alle Funktionen im Unternehmen. Das Bewusstsein, dass Nichtqualität als entgangener Ertrag betrachtet wird, hat dazu geführt, dass Qualität hohe Priorität in den Unternehmenszielen genießt.

In der FMEA werden die Produktfunktionen oder Prozessschritte bestimmt. Damit verbundene Fehlerarten, Fehlerfolgen und Fehlerursachen werden aufgezeigt. Durch Angabe der bereits geplanten Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen kann bewertet werden, ob die Maßnahmen zur Risikoreduzierung ausreichend sind. Bei unzureichender Risikoreduzierung werden zusätzliche Maßnahmen empfohlen, bewertet und beschlossen. Die Aufgabenpriorität legt die Reihenfolge der umzusetzenden Maßnahmen fest, die dokumentiert, nachverfolgt und nach der Umsetzung neu bewertet werden.

Eine konsequente Ausrichtung auf die Forderungen der Kunden – intern wie extern – setzt wesentliches Potenzial für die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit frei. Es gilt, in allen Funktionen und Prozessen das Bewusstsein dafür zu schärfen, dass der Weg zu fehlerfreien und kundenorientierten Produkten und Dienstleistungen nur über das Prinzip der ständigen Verbesserung erreicht werden kann. Jeder Schritt zur Verbesserung muss sorgfältig definiert und in der Umsetzung gemessen und bewertet werden.

Die FMEA unterstützt die unternehmerischen Ziele:

- Qualität, Zuverlässigkeit, Herstellbarkeit, Funktionstüchtigkeit und Sicherheit von Kraftfahrzeugen verbessern
- Herunterbrechen und Anpassen von Forderungen vom System auf Teilsysteme und Baugruppen bis auf Komponenten unterstützen
- Garantie- und Kulanzkosten senken
- Kundenzufriedenheit im internationalen Markt steigern
- Im Produkthaftungsfall die Risikobewertung von Produkt und Prozess nachweisen
- Späte Änderungen in der Entwicklung reduzieren
- Produkte fehlerfrei einführen
- Kommunikation in internen und externen Kunden- und Lieferantenbeziehungen
- Wissensbasis im Unternehmen aufbauen

- Zulassungsvorgaben von Komponenten, Baugruppen, Teilsystemen, Systemen und Fahrzeugen einhalten
- Hierarchien, Verknüpfungen und Schnittstellen zwischen Komponenten, Systemen und Fahrzeugen erfassen

Andererseits sind der FMEA auch Grenzen gesetzt:

- Die FMEA ist eine qualitativ, subjektiv Analyse.
- Die FMEA ist nicht quantitativ messbar.
- Es werden nur Einfachfehler betrachtet.
- Grundlage ist der Kenntnisstand des Teams.
- Die Qualität der FMEA ist von den Aufzeichnungen, der Diskussion und den Entscheidungen innerhalb des Teams abhängig.

### **WIE GEHE ICH VOR?**

Das Fehlervermeidungsprinzip hat eine zentrale Bedeutung, da Qualität nicht herausgeprüft werden kann, sondern konzipiert, entwickelt, geplant und produziert werden muss. Dieser präventive Grundsatz wird durch drei wesentliche Elemente realisiert:

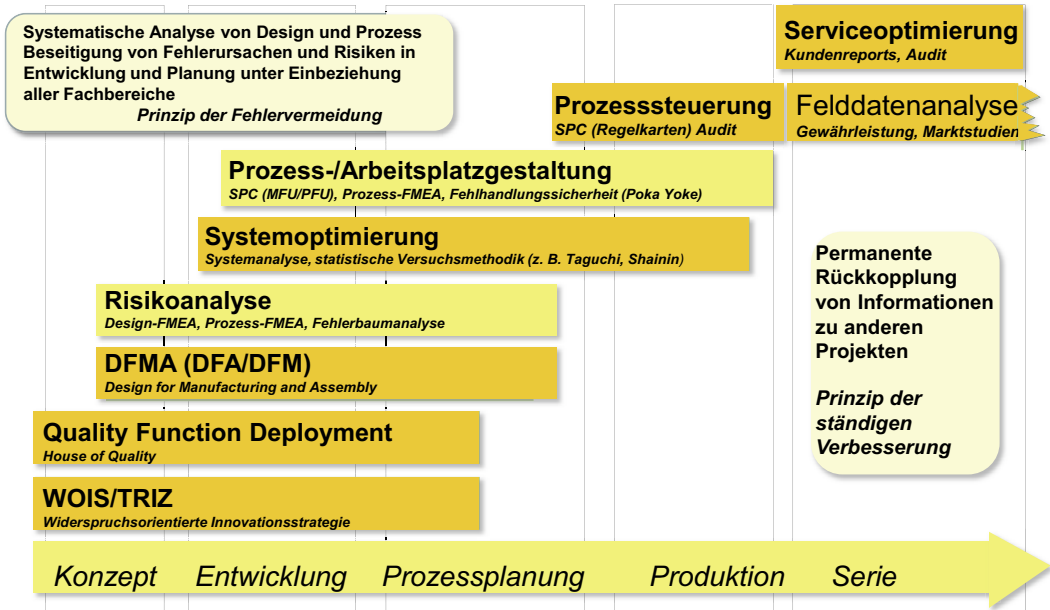
- das Qualitätsmanagementsystem,
- das methodische Qualitätsmanagement und
- die konsequente Nutzung von Werkzeugen zur Fehlervermeidung.

Die wachsende Komplexität der Produkte und die gesetzlich verankerte Produkthaftung für Entwickler und Hersteller sind eine große Herausforderung für die Industrie.

Eine Antwort auf die kundenseitig geforderten Kostenoptimierungen von Produkten und Prozessen und zunehmenden Qualitätsansprüchen ist die Risikoreduzierung durch die Anwendung der FMEA-Methode.

Im Mittelpunkt steht das Qualitätsbewusstsein jedes einzelnen Mitarbeiters, die teamorientiert, systematisch und qualitativ die FMEA durchführen und damit technische Risiken analysieren, um so Fehler zu bewerten und durch Maßnahmen zu reduzieren. Damit wird die Produkt- und Prozesssicherheit verbessert. Dabei werden die Fehlerursachen und Fehlerfolgen der Fehlerart untersucht, Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen dokumentiert und Maßnahmen zur Risikoreduzierung empfohlen.

Der Projektablaufplan der Qualitätssicherungsaktivitäten (Bild 1.1) stellt dar, wann welche Methoden während Entwicklung und Planung erforderlich sind und wann ihr Vorhandensein vom Qualitätssicherungssystem gefordert wird.



**Bild 1.1** Methodeneinsatz in den Produktentwicklungsphasen

## ■ 1.1 Einteilung der Risikoanalysen

### WORUM GEHT ES?

Bedingt durch die Komplexität und den hohen Grad an Innovation sind die Risiko- und Zuverlässigkeitsanalysen und die daraus resultierenden Forderungen an das Qualitätsmanagement nicht voneinander zu trennen.

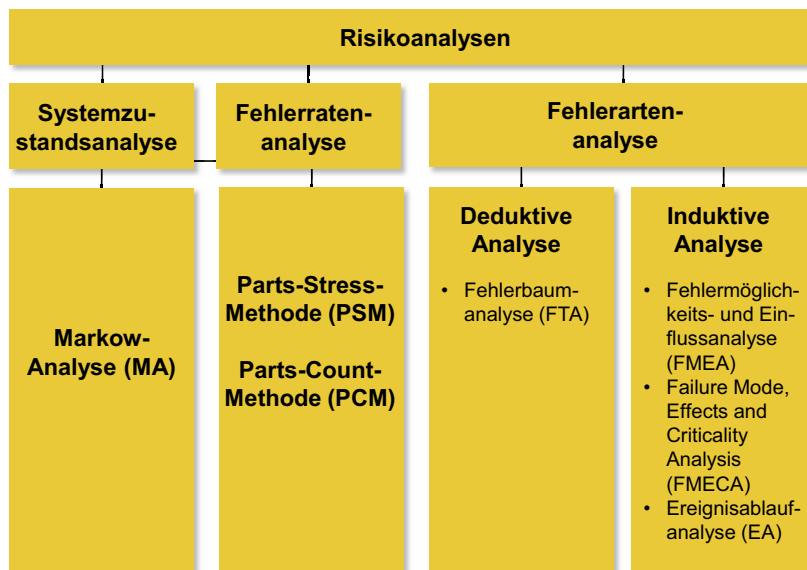
### WAS BRINGT ES?

Risikoanalysen dienen in erster Linie der rechtzeitigen Erkennung und Beseitigung von Systemschwachstellen sowie der Durchführung von Vergleichsstudien. Risikoanalysen erlauben es, notwendige Sicherheitsmaßnahmen, deren Wirksamkeit und das verbleibende Risiko im Falle des Auftretens von Fehlern im System zu beurteilen. Aufgabe dieser Verfahren ist nicht nur, das Auftreten von Ausfällen zu ermitteln, sondern auch das Aufzeigen von möglichen Folgen aus einem Versagen, die für die Bewertung eines Schadens bzw. eines Unfallablaufs herangezogen werden. Das Risiko hängt vom Auftreten eines Problems und auch seiner Konsequenzen ab. Daher interessieren in Risikoanalysen stets zwei Größen:

- die Eintrittshäufigkeit und
- die Folgen eines Ausfalls.

### WIE GEHE ICH VOR?

Bild 1.2 zeigt die Einteilung der gebräuchlichsten Risikoanalysen.

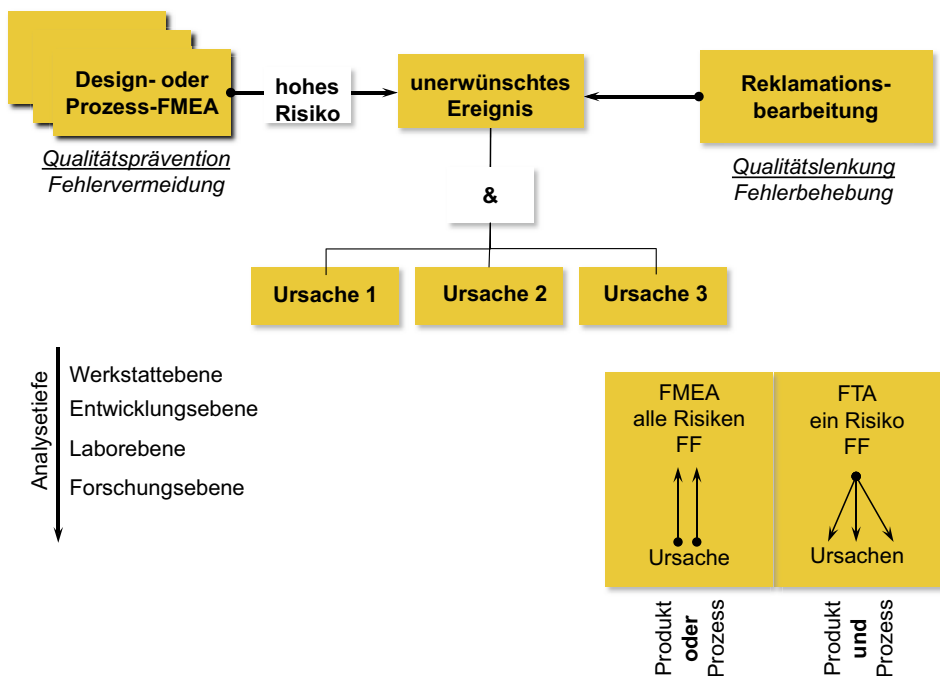


**Bild 1.2** Einteilung der gebräuchlichsten Risikoanalysen

Die Praxis zeigt, dass bei der Forderung nach Risikoanalysen unterschiedliche Aufgabenstellungen existieren, die unterschiedliche Ansätze erfordern.

Sollen Mehrfachfehler betrachtet werden oder eine quantitative Analyse notwendig sein, sind andere Risikoanalysen wie z. B. die FTA (Fehlerbaumanalyse) anzuwenden.

Bild 1.3 stellt für die beiden bewährten und sich ergänzenden Methoden der Fehlerbaumanalyse (FTA) und der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) die jeweilige Wirkrichtung dar. Während die FTA ausgehend von einem Ausfall die Ursache sucht, geht die FMEA von der Ursache aus und ordnet ihr die Wirkung, den Ausfall, zu.



**Bild 1.3** Zusammenwirken von FMEA und FTA



Die FMEA betrachtet die Auslegung oder die Herstellung eines Produkts. Bei der FTA werden die Verknüpfung von verschiedenen Ereignissen und deren Auswirkung betrachtet. Hier werden Auslegung und Herstellung verknüpft.



## ■ 1.2 Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (Failure Mode and Effects Analysis – FMEA)

### **WORUM GEHT ES?**

Bei der FMEA handelt es sich um eine in die Fachbereiche der Produkt-, Prozess- und Dienstleistungserstellung integrierte entwicklungs- und planungsbegleitende Risikoanalyse. Die FMEA ist ein wichtiges methodisches Instrument, um frühzeitig mögliche Fehlerart, deren Fehlerursachen und Fehlerfolgen, insbesondere bei neuen Konzepten, zu erkennen und diese zu vermeiden.

Mit der FMEA wird während der Entwicklungs- und Planungsphase von Produkten und Prozessen deren Reife hinterfragt und bewertet. Die FMEA ist damit ein möglicher „Reifegradmonitor“ und ein wichtiges Managementinstrument, das die interdisziplinäre Zusammenarbeit unterstützt. Die FMEA zeigt an allen kritischen Stellen im Konzept auf, wie durch Erfahrung, Berechnung, Erprobung und Prüfung je nach Projektfortschritt das Risiko bereits ausreichend gesenkt wurde oder künftig noch gesenkt werden muss.

### **WAS BRINGT ES?**

Die im Folgenden beschriebenen Inhalte zur FMEA stellen den aktuellen Stand von Anwendern in der Automobilindustrie, ergänzt um Erfahrungen in der elektrotechnischen Industrie, dar und werden hier ausgeführt. Es werden als Voraussetzung für das grundsätzliche Verständnis einleitend die theoretischen Grundlagen der FMEA beschrieben.

Die FMEA unterstützt die Team- und Projektarbeit vor allem durch die konsequente Strukturierung der Fehlermöglichkeiten eines Systems.

Der Zweck der FMEA ist,

- Risiken zu erkennen,
- Risiken zu bewerten und
- Risiken zu reduzieren.

Die strukturierte Dokumentation der FMEA kann für nachgeschaltete Aufgaben genutzt werden, z. B. für Diagnose und Wartung oder den Dialog mit dem Gesetzgeber sowie Typprüfung oder Produkthaftung. Bei späteren Weiter- und Neuentwicklungen unterstützt die Dokumentation die Einarbeitung in das System und in die Fehlervermeidung.