

# HANSER



## Leseprobe

zu

## FMEA

von Hans-Joachim Pfeufer

Print-ISBN: 978-3-446-46741-5  
E-Book-ISBN: 978-3-446-46965-5

Weitere Informationen und Bestellungen unter  
<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446467415>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Inhalt

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b> .....   | <b>1</b>  |
| 1.1      | Einteilung der Risikoanalysen .....   | 5         |
| 1.2      | Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse<br>(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:

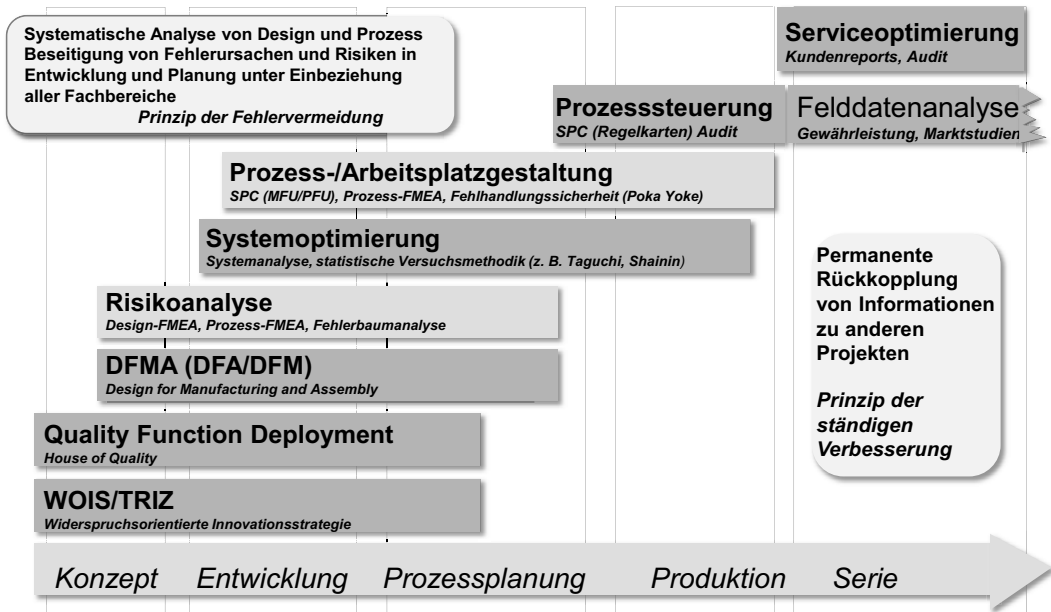
- das Qualitätsmanagementsystem,
- das methodische Qualitätsmanagement und
- die konsequente Nutzung von Werkzeugen zur Fehlervermeidung.

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.

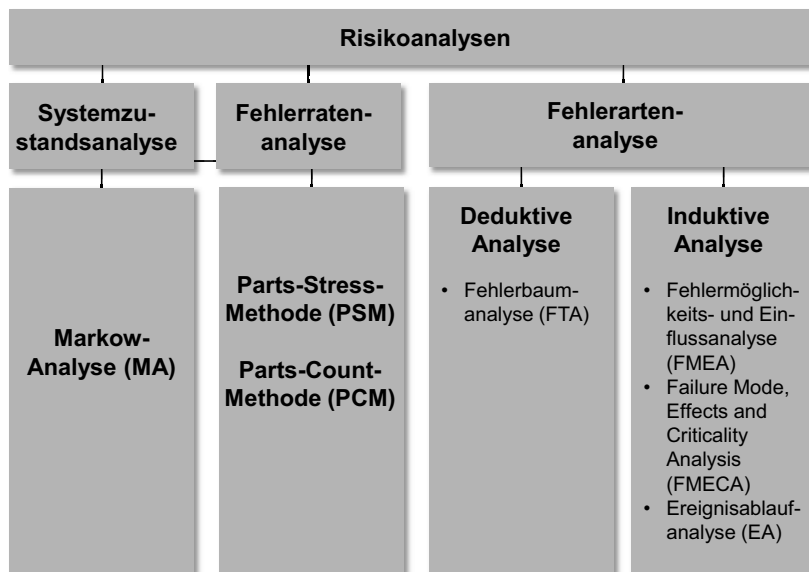
### WAS BRINGT ES?

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.

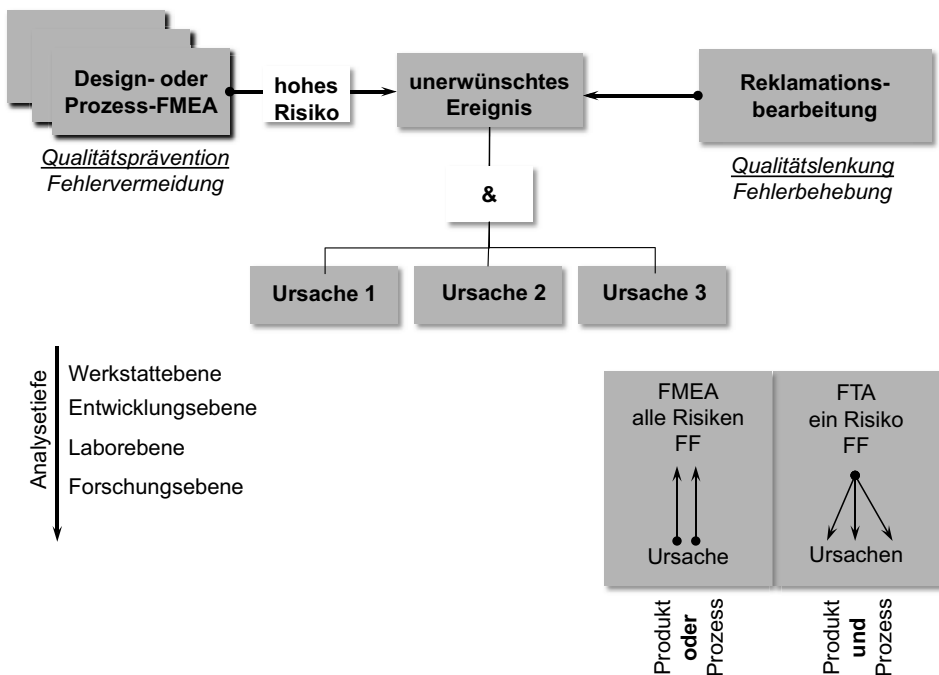


**Bild 1.2** Einteilung der gebräuchlichsten Risikoanalysen

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.

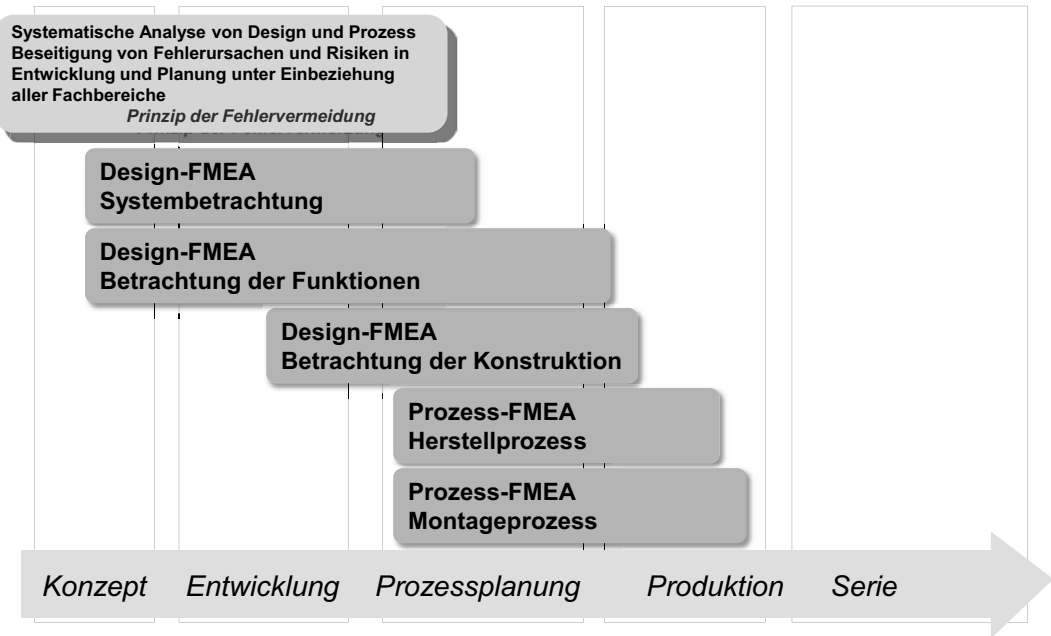
Der Zweck der FMEA ist,

- 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.

## WIE GEHE ICH VOR?

Die Erstellung der FMEA sollte zum frühestmöglichen Zeitpunkt erfolgen. Der prinzipielle Einsatz der FMEA in den einzelnen Produktphasen ist in Bild 1.4 dargestellt.



**Bild 1.4** Prinzipieller Einsatz der FMEA

Als „lebendes Dokument“ ist die FMEA in festzulegenden Zeitabständen auf den neuesten Stand zu bringen und bei Änderungen am Produkt oder Prozess im Rahmen der Serienbetreuung zu überarbeiten.

Bild 1.5 zeigt die Zeitpunkte für Beginn und Ende der FMEA-Erstellung im Produktentwicklungsprozess, angelehnt an den VDA-Band Reifegradabsicherung für Neuteile (RGA).

## FMEA-Zeitplanung in der Reifegradabsicherung für Neuteile (RGA) nach VDA

| RG0   | RG1   | RG2   | RG3  | RG4   | RG5  | RG6   | RG7   |
|---|---|---|--|---|--|---|---|
| Innovations-<br>freigabe für<br>Entwicklung | Anforderungs-<br>management<br>für Vergabe  | Festlegung der<br>Lieferkette und<br>Vergabe                            | Technische<br>Spezifikationen<br>-freigabe                                     | Produktionspla-<br>nung<br>abschließen                          | Serienwerk-<br>zeugfallende<br>Teile und<br>Serienanlagen  | Produkt- und<br>Prozess-<br>freigabe          | Projekt<br>abschließen<br>Übergabe an<br>Serie, Start<br>Requalifikation                              |
|   | FMEA-Planung<br>Konzeptphase<br>vor Beginn der<br>Produkt-<br>entwicklung<br>Informations-<br>fluss von der<br>Design-FMEA<br>zur<br>Prozess-FMEA | Beginn der<br>Design-FMEA,<br>bei bekanntem<br>Designkonzept            | Abschluss der<br>Design-FMEA<br>vor Freigabe der<br>Design-<br>spezifikationen |   | Abschluss der<br>Design-FMEA<br>Maßnahmen vor<br>der Auswahl der<br>Fertigungsmittel<br>Produktion |   | Neue Planung<br>Design-FMEA<br>und Prozess-<br>MEA, bei<br>Änderungen<br>von Designs<br>oder Prozesse |
|   | FMEAs im<br>selben Zeit-<br>raum<br>durchführen, um<br>das Produkt-<br>das Prozess-<br>design zu<br>optimieren.                                   | Beginn der<br>Prozess-FMEA,<br>bei bekanntem<br>Produktions-<br>konzept |  | Abschluss der<br>Prozess-FMEA<br>vor Prozess-<br>entscheidungen |  | Abschluss der<br>Prozess-FMEA<br>vor PPAP/PPA |   |

Bild 1.5 Meilensteine im Produktentwicklungsprozess

**Symbole**

0-h-Ausfälle 11  
 0-km-Ausfälle 11  
 „5 Z“ 17, 19, 65, 84, 93, 96, 104  
 „7 Schritte der FMEA“ 1, 15, 83

**A**

Abgrenzung 24  
 Alternative Bewertungstabellen Auftreten DFMEA 41  
 Alternative Bewertungstabellen Auftreten PFMEA 50  
 Analysegrenzen 17  
 Analyseumfang 15, 17  
 Änderungen 8  
 Änderungskosten 115  
 Änderungsstand 61  
 Anfangsstand 37  
 Angepasste Tabelle AP – Aufgabenpriorität DFMEA und PFMEA 59  
 Anwendung 11  
 Anwendungsfelder der FMEA 69  
 Arbeitsgruppe 17  
 Arbeitsunterlagen 20  
 Aufgaben 11, 29  
 Aufgabenpriorität (AP) 1f., 36, 39, 72  
 Aufgabenpriorität Design-/Prozess-FMEA 58  
 Aufgabenpriorität FMEA-MSR 81  
 Aufgabenstellungen 17  
 Aufgabenverteilung 19

Aufgabenzuordnung im FMEA-Team zur Kommunikation 65  
 Aufgabenzuordnung im FMEA-Team zur Maßnahmenentscheidung 62  
 Aufgabenzuordnung im FMEA-Team zur Umsetzung 62  
 Aufgabenzuweisung 20, 84, 96  
 Auftreten (A) 38, 61, 89, 101  
 Auftreten A = 1 38, 59  
 Auftreten A = 10 38  
 Auftreten der Fehlerursache 36  
 Auftreten von Ausfällen 5  
 Aufwand und Nutzen 113  
 Ausbildung 109  
 Ausgangsbasis 17, 23, 29, 33, 36, 60  
 Auswirkung auf das belieferte Werk 47  
 Auswirkung auf das eigene Werk 47  
 Auswirkung auf den Endnutzer 47  
 Automotive Industry Action Group (AIAG) 1

**B**

Basis-FMEAs 111  
 Basisteam FMEA 18  
 Baugruppe 2, 12, 23, 26  
 B Bedeutung der Fehlerfolge, 72  
 Beanstandungen 11  
 Bedeutung (B) 36, 72, 89, 100  
 Bedeutung B = 1 36, 59  
 Bedeutung B = 9 (gesetzliche und behördliche Vorgaben) 59, 80  
 Bedeutung B = 10 36, 59, 80

Bedeutung B in der Lieferkette 70  
 Bedeutung der Fehlerfolge 36  
 Begriffsdefinitionen 10  
 Beispiele Entdeckungsmaßnahmen  
     Design-FMEA 90  
 Beispiele Entdeckungsmaßnahmen  
     Prozess-FMEA 102  
 Beispiele Vermeidungsmaßnahmen  
     Design-FMEA 89  
 Beispiele Vermeidungsmaßnahmen  
     Prozess-FMEA 101  
 Betrachtungsumfang 23  
 Betriebsbedingungen 11  
 Bewertungstabellen 37  
 Bewertungstabellen Design-FMEA 40  
 Bewertungstabellen FMEA-MSR 72  
 Bewertungstabellen Prozess-FMEA 47  
 Bewertungszahlen 36  
 Block-/Boundary-Diagramm 23, 85  
 Block-/Boundary-Diagramm Design 25

## D

Design 30  
 Design-FMEA 10 ff., 20, 24, 30, 34, 40  
 DFMEA 1. Schritt: Vorbereitung und  
     Planung 83  
 DFMEA 2. Schritt: Strukturanalyse 85  
 DFMEA 3. Schritt: Funktionsanalyse 86  
 DFMEA 4. Schritt: Fehleranalyse 87  
 DFMEA 5. Schritt: Risikoanalyse 89  
 DFMEA 6. Schritt: Optimierung 91  
 DFMEA 7. Schritt: Ergebnisdokumenta-  
     tion 93  
 DFMEA Block-/Boundary-Diagramm 85  
 DFMEA Fehleranalyse 88  
 DFMEA Fehlerstruktur 88  
 DFMEA Funktionsstruktur 87  
 DFMEA Optimierung 92  
 DFMEA P-Diagramm 86  
 DFMEA-Projekt 21, 84  
 DFMEA Risikoanalyse 90  
 DFMEA Strukturbaum 85  
 Diagnose 7  
 diagnostische Entdeckung 1

digitales Modell 23  
 Dokumentation 7, 60, 64, 66  
 Dokument, lebendes 8

## E

EDV-Einsatz 112  
 Eigenschaften 24  
 Einführungsphase 108  
 Eintrittshäufigkeit 5  
 Endnutzer 26  
 Entdeckung der aufgetretenen Fehler-  
     ursache 36  
 Entdeckung (E) 38, 61, 90, 101  
 Entdeckung E = 1 39  
 Entdeckung E = 10 39  
 Entdeckungsmaßnahmen (EM) 2 f., 38,  
     60, 90, 101  
 Entwicklungsgeschichte 145  
 Entwicklungskosten 115  
 Entwicklungsteam 29  
 Entwicklungs- und Planungsphase 7  
 Entwicklungszeiten 115  
 Erfahrungsaustausch 111  
 Ergebnisdokumentation 16, 64  
 Ergebniswirkung 115  
 Erstellung der FMEA 8  
 Experten 63, 65

## F

Fachbereich (Initiator) 18  
 Familien-FMEA 111  
 Fehleranalyse 11 ff., 16, 29, 33  
 Fehleranalyse Design 88, 99  
 Fehleranalyse Prozess 99  
 Fehleranalyse und Risikoreduzierung 29  
 Fehlerarten- und Fehlerursachenketten  
     11  
 Fehlerart (FA) 2 f., 7, 12 f., 33, 36  
 Fehlerbaumanalyse (FTA) 6  
 Fehlerbehebung 114  
 Fehlerbeschreibung 11  
 Fehlerdokumentation 33  
 Fehlerentstehung 114

Fehlerfolge (FF) 2f., 7, 11ff., 33  
 Fehlerfolgenkette 33  
 Fehlerkosten 113  
 Fehlermechanismen 24  
 Fehlermöglichkeiten 7  
 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) 1, 6, 7  
 Fehlernetz 33  
 Fehlerreaktion 1  
 Fehlerrisiken 23  
 Fehlerstruktur Design 87  
 Fehlerursache (FU) 2f., 7, 12f., 33, 36  
 Fehlervermeidung 7  
 Fehlervermeidungsprinzip 3  
 Fehlfunktion 11, 16  
 Fehlleistungsaufwand 116  
 Feldausfälle 11  
 Fertigungsprozessplanung 1  
 Festlegung der Bedeutung in der Lieferkette 70  
 FMEA-Bewertung 119  
 FMEA, Ebenen 12  
 FMEA-Ergänzung MSR (Monitoring und Systemreaktion) 1, 71  
 FMEA-Formblatt 33  
 FMEA für Produkte und Prozesse 11  
 FMEA-Lenkungsgremium 107  
 FMEA-Methode 11, 15  
 FMEA-Moderator 18, 62, 65  
 FMEA-MSR Schritt 5: Risikoanalyse 71  
 FMEA-MSR Schritt 6: Optimierung 72  
 FMEA-Team 17f., 60  
 Folgen aus einem Versagen 5  
 Folgen eines Ausfalls 5  
 Forderungen 11  
 Forderungen der Kunden 2  
 Formblatt DFMEA 94  
 Formblatt DFMEA (Vorlage Ansicht A) 46  
 Formblatt FMEA-MSR (Vorlage Ansicht C) 82  
 Formblatt PFMEA 105  
 Formblatt PFMEA (Vorlage Ansicht B) 57  
 Freigabe 24  
 Führungskräfte 108

Funktion 29  
 Funktionen 2, 11, 29  
 Funktionen und Fehlfunktionen 29  
 Funktionsabweichungen 21  
 Funktionsanalyse 16, 23, 29  
 Funktionsbaum 29  
 Funktionsbereich 23  
 Funktionsnetz 29  
 Funktionsstruktur 29f., 32  
 Funktionsstruktur Design 87  
 Funktionsstruktur Prozess 98  
 Funktionstüchtigkeit 2, 24

## G

Garantie- und Kulanzkosten 2  
 Geplante Entdeckungsmaßnahme (EM) 36  
 Geplante Vermeidungsmaßnahme (VM) 36  
 Gesamtsystem 19  
 Geschäftsleitung 107  
 Gesetze 11  
 Gesetzgeber 7

## H

Hardwarekonzepts 23  
 Häufigkeit der Fehlerursache (H) 72  
 Häufigkeit (H) 72  
 Hauptkomponente 26  
 Herstellbarkeit 2  
 Herstellung 22  
 Hierarchien 3

## I

IATF 16949 15  
 Implementierung 107  
 ISO 9001 15

## K

Klärung der 84, 96  
 Kommunikation 2, 64



Komplexität 3  
 Komponente 2 f., 12, 23 f., 26, 29  
 Komponentenabstand 23  
 Konstruktionsauslegung 23  
 Konzeptänderung 60  
 Konzepten 7  
 Konzeptzuverlässigkeit 60  
 Kosteneinfluss 117  
 Kunde 11, 26, 60, 64  
 Kunden 111  
 Kundenbetrieb 1, 21  
 Kundenfunktionen 29  
 kundenspezifischen Forderungen 112  
 Kundenzufriedenheit 2

## L

Lessons Learned 17  
 Lieferant 19, 26, 60, 64, 111

## M

Management 60, 108  
 Maßnahme, getroffene 60, 64  
 Maßnahmen 2, 64  
 Maßnahmenpriorität Hoch (H) 58, 80  
 Maßnahmenpriorität Mittel (M) 58, 80  
 Maßnahmenpriorität Niedrig (N) 58, 80  
 Maßnahmenumsetzung 60  
 Maßnahmen zur Risikoreduzierung 3, 59  
 Mehrfachfehler 6  
 Meilenstein 9, 83, 95  
 Merkmale 24  
 Moderatoren 108  
 Monitoring der Fehlerursache (M) 72  
 Monitoring (M) 72  
 Montage 22

## N

Nachweis der Wirksamkeit 64  
 Neuentwicklungen 7  
 Normen 11  
 Nutzung 111  
 Nutzungsprofil 11

## O

OEM 26  
 Optimierung 16, 36  
 Organisation 64

## P

Parameterdiagramm 29, 31  
 Parameterdiagramm (P-Diagramm)  
 Design 30, 86  
 Parameterdiagramm (P-Diagramm)  
 Prozess 31, 98  
 P-Diagramm 33  
 PFMEA 1. Schritt: Vorbereitung und  
 Planung 95  
 PFMEA 2. Schritt: Strukturanalyse 97  
 PFMEA 3. Schritt: Funktionsanalyse 98  
 PFMEA 4. Schritt: Fehleranalyse 99  
 PFMEA 5. Schritt: Risikoanalyse 100  
 PFMEA 6. Schritt: Optimierung 103  
 PFMEA 7. Schritt: Ergebnisdokumenta-  
 tion 104  
 PFMEA Ablauf 99  
 PFMEA Fehleranalyse 99, 100  
 PFMEA Optimierung 103  
 PFMEA P-Diagramm 98  
 PFMEA-Projekt 22  
 PFMEA-Projektdateien 96  
 PFMEA Prozessflussdiagramm 97  
 PFMEA Risikoanalyse 102  
 PFMEA Strukturbaum 97  
 Planung der FMEA 17  
 Planung der PFMEA 95  
 Planung und Vorbereitung 18  
 Präsentationen 110  
 Praxisbeispiel Design-FMEA 83  
 Praxisbeispiel Prozess-FMEA 95  
 Prioritäten bei der Optimierung 60  
 Produkt 11  
 Produkt A × E 39  
 Produkt B × A 39  
 Produkt, bestehendes 11  
 Produktentstehungsprozess 24, 107  
 Produktentwicklung 1, 10

Produktentwicklungsprozess 8 f.  
 Produktfehlerursache 33  
 Produktforderung 60  
 Produktfunktion 2, 33  
 Produkthaftung 3, 7  
 Produkthaftungsfall 2  
 Produktionsprozesse 22  
 Produkt, neues 11  
 Produktphasen 8, 115  
 Produktüberwachung 11  
 Produkt- und Prozesssicherheit 3  
 Projektablaufplan 3  
 Projektleiter 109  
 Projektplan 15, 17, 83, 95, 109  
 Projektreview 109  
 Projektstartbrief 109  
 Projektverantwortlicher 109  
 Prozess 2, 11, 32  
 Prozessabweichungen 22  
 Prozess, bestehender 11  
 Prozessfehlerursache 33  
 Prozessflussdiagramm 23, 27, 29, 97  
 Prozess-FMEA 10, 12, 21, 27, 31, 47  
 Prozessforderung 60  
 Prozessfunktion 33  
 Prozess, logistischer 22  
 Prozess, neuer 11  
 Prozessplanung 10  
 Prozessschritt 2, 23

## Q

Qualität 2  
 Qualitätsbewusstsein 3  
 Qualitätsmanagementsystem 3  
 quantitative Analyse 6

## R

Realismus 110  
 Reduzierung 64  
 Reifegradmonitor 7  
 Ressourcen 108  
 Restrisiko 39  
 Risiken 7

Risikoanalyse 1, 7, 16, 33, 60, 64  
 Risikoanalysen 5  
 Risiko, annehmbares 64  
 Risikobetrachtung 110  
 Risikobewertung 2, 36  
 Risikoprioritätszahl 1  
 Risikoreduzierung 2, 60, 64  
 Rückrufe 11

## S

Schnittstelle 23 ff.  
 Schnittstellen 11  
 Schnittstelle zwischen DFMEA und  
 PFMEA 67  
 Schwachpunkte 23  
 Selbsteinschätzung DFMEA 120  
 Selbsteinschätzung PFMEA 132  
 Serienbetreuung 8  
 Sicherheit 2, 29  
 Sicherheitsmaßnahmen 5  
 Stand der Technik 11  
 ständigen Verbesserung 2  
 Standort 11  
 Status 1  
 Steckbrief – Schritt 1: Planung und  
 Vorbereitung 17  
 Steckbrief – Schritt 2: Strukturanalyse  
 23  
 Steckbrief – Schritt 3: Funktionsanalyse  
 29  
 Steckbrief – Schritt 4: Fehleranalyse 33  
 Steckbrief – Schritt 5: Risikoanalyse 36  
 Steckbrief – Schritt 6: Optimierung 60  
 Steckbrief – Schritt 7: Ergebnisdokumen-  
 tation 64  
 Strukturanalyse 16 f., 27  
 Strukturbaum 23  
 Strukturbaum Design 24, 34  
 Strukturbaum DFMEA 85  
 Strukturbaum PFMEA 97  
 Strukturbaum Prozess 28, 45  
 Strukturierung 7, 11  
 System 2, 26, 29  
 Systemausfälle 11

Systeme 23  
 Systemelement 24  
 Systemelemente (SE) 23  
 Systemelement (SE) 11  
 Systemen 3  
 Systemfunktionen 18, 26  
 Systemgrenzen 11  
 Systems 18  
 Systemschnittstelle 25  
 Systemschwachstellen 5  
 Systemspezialisten 18  
 Systemstruktur 16

## T

Tabelle AP – Angepasste Aufgabenpriorität DFMEA und PFMEA 58  
 Tabelle AP – Aufgabenpriorität FMEA-MSR 81  
 Tabelle D1 – Bedeutung (B) DFMEA 41  
 Tabelle D2 – Auftreten (A) DFMEA 42  
 Tabelle D3 – Entdeckung (E) DFMEA 45  
 Tabelle MSR1 – Bedeutung (B) der FMEA-MSR 73  
 Tabelle MSR2 – Häufigkeit (H) FMEA-MSR 75  
 Tabelle MSR3 – Monitoring (M) FMEA-MSR 77  
 Tabelle P1 – Bedeutung (B) PFMEA 48, 49  
 Tabelle P2 – Auftreten (A) PFMEA 51  
 Tabelle P3 – Entdeckung (E) PFMEA 54  
 Teamarbeit 19  
 Teambildung Design-FMEA 21  
 Teambildung Prozess-FMEA 22  
 Teammitglieder 62f., 65  
 Teamsitzungen 110  
 Team- und Projektarbeit 7  
 TeamZuordnung 19, 84, 96  
 Technische Änderungen 11  
 technische Entwicklungen 11  
 technische Risiken 3  
 Technologie 11  
 Technologie, neue 11  
 Teilbereich 23

Teilschritt 23  
 Teilsystem 12, 24, 26  
 Teilsysteme 2, 23  
 Termin 60  
 top down 19, 107  
 Trennung von der Bedeutung in B = 10 und B = 9 59  
 Typprüfung 7

## U

Übergang zur neuen FMEA-Methode 112  
 Umgebung 11  
 Umgebungsbedingungen 18  
 Umgesetzte Maßnahme 64  
 Umgesetzten Maßnahme 60  
 Umsetzung 60  
 Unterlieferant 26  
 Ursachen-Wirkungs-Diagramm (4M) 33

## V

VDA-Band Reifegradabsicherung für Neuteile (RGA) 8  
 Verantwortliche 60  
 Verantwortliche Entwickler/Planer 18  
 Verantwortliche zur Durchführung 62, 65  
 Verband der Automobilindustrie (VDA) 1  
 Verbesserung 60  
 verbleibende Risiko 5  
 Verknüpfungen 3  
 Vermeidungsmaßnahmen 60  
 Vermeidungsmaßnahmen (VM) 2f., 37, 101  
 Vermeidungsmaßnahme (VM) 89  
 Vernetzungen 11  
 Verständlichkeit 110  
 Vollständigkeit 110  
 Vorbereitung der DFMEA 84  
 Vorbereitung der PFMEA 96  
 Vorbereitung und Planung 15  
 Vorgaben, gesetzliche und behördliche 1  
 Vorhandene Entdeckungsmaßnahme (EM) 36

Vorhandene Vermeidungsmaßnahme  
(VM) 36

## W

Wartung 7  
Wechselwirkung 23f., 26  
Werkzeug 20, 84, 96  
Wettbewerbsfähigkeit 2  
Wirklichkeit 110  
Wirksamere Entdeckung 60  
Wirksamkeit 5, 16, 60  
Wirksamkeitsbestätigung 60, 64  
Wirtschaftliche Wirkung 116  
Wissensbasis 2

Wissensdatenbank 64  
Wissensträger 18  
worst case 19, 36

## Z

Zeitpunkt 114  
Zeitpunkt der Entdeckung 38  
Zeitraumen 19, 84, 96  
Zulassungsvorgaben 3  
Zusammenhang, funktionaler 10  
Zusammenwirken von FMEA und FTA 6  
Zuverlässigkeit 2  
Zweck 19, 84, 96



Dipl.-Ing. Hans-Joachim Pfeufer studierte Fahrzeugtechnik in Köln sowie Kraftfahrwesen an der RWTH Aachen und qualifizierte sich als Wertanalytiker, DGQ-Instruktor Statistik, DGQ/EOQ-Auditor, zertifizierter Auditor VDA 6.1 und IATF 16949, Prozess-Auditor VDA 6.3, EFQM-/LEP-Senior-Assessor.

Er war als Witness-Auditor für ISO/TS 16949 und IATF 16949 vom VDA-QMC beauftragt.

Als selbständiger Trainer und Prüfer hat er sich spezialisiert und ist in den Bereichen System- und Prozessaudits, Core Tools (APQP/RGA, PPAP/PPF, FMEA, SPC, MSA), 8D Report, Besondere Merkmale, Fehlerbaumanalyse, Lieferantenmanagement und Lasten-/Pflichtenheft tätig.

Zusätzlich trainierte und beriet er Führungskräfte und Mitarbeiter zu QM-Methoden und -Systemen

Herr Pfeufer hat mehr als 30 Jahre Erfahrung in der Automobilindustrie. Er war bei der BMW AG München in verschiedenen Funktionen aktiv. Unter anderem war er in der Antriebsentwicklung und der Unternehmensqualität verantwortlich für Methodenanwendungen und Prozessanalysen in verschiedenen Problemlösungsteams und Task Forces.

Weiterhin war er Bereichsverantwortlicher für den Lastenheftprozess, Qualitätsplanung und Gateway-/Synchromanagement in der Antriebsentwicklung und Verantwortlicher für die Auditprogrammplanung im Gesamtunternehmen.

Als Methodenspezialist leitete er die VDA-Arbeitskreise FMEA, Besondere Merkmale und den deutschen Arbeitsreis zur Harmonisierung der FMEA zwischen VDA und AIAG.

Er ist aktiv im VDA-QMC und der DGQ mit maßgeblicher Mitwirkung an verschiedenen Veröffentlichungen.