

# Matrix statt Liste

## Implementierung und Praxiseinsatz der Matrix-FMEA-Methode

Jürgen Metzger, Mulfingen

Die FMEA-Methodik zur Fehlervermeidung bereits während der Produktentwicklungsphase wird seit langem in zahlreichen Unternehmen eingesetzt. In der herkömmlichen Form von Listen-FMEAs ist sie häufig umfangreich und unübersichtlich. Beim Einsatz der neuartigen Matrix-FMEA bei einem mittelständischen Elektronunternehmen zeigen sich vielerlei Vorzüge.

Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) ist in der Industrie zu einer Standardmethode geworden, Fehler mit System zu vermeiden. Die ebm-Werke GmbH, Hersteller von Elektromotoren und Ventilatoren, die zusammen mit den Tochterfirmen Papst und mvl über 6700 Mitarbeiter weltweit beschäftigt, sammelt seit Jahren Erfahrungen mit dem Einsatz der herkömmlichen Listen-FMEA. Im Rahmen der Reorganisation und Restrukturierung des techni-

miedien sowie die Übersichtlichkeit erheblich verbessert werden [1].

### Matrix-FMEA schrittweise einführen

Das Unternehmen versprach sich von der Einführung dieser neuen Methode, die Qualität seiner Produkte – von der Computerindustrie und Telekommunikation über den Apparatebau bis hin zu Haushaltsgeräten – weiter zu steigern.

zur Entscheidung der technischen Leitung führte, die Matrix-FMEA unternehmensweit einzuführen.

Im Anschluss wurde eine Strategie zur unternehmensweiten Einführung entwickelt (Bild 1). Hierbei stellte sich die Frage, mit welchen Maßnahmen die Schulung von Mitarbeitern hinsichtlich der Mitarbeit und Moderation der Matrix-FMEA im Sinne des Unternehmens durchgeführt werden kann. Ziel war es, innerhalb eines Jahres die Matrix-FMEA flächendeckend einzuführen. Zusätzlich war zu berücksichtigen, die Mitarbeiter neben dem Tagesgeschäft in den Schulungsablauf einzubinden, die Kosten transparent zu machen und im vorgegebenen Rahmen zu halten.

### Schritt 2 Umsetzungsphase

Im Rahmen der Umsetzung war die Bildung eines Moderatorenteams nötig. Auf Grund der System-, Konstruktions- und Prozess-FMEA lag es nahe, drei Moderatoren aus Entwicklung und Fertigungsvorbereitung zu benennen. Die Anforderungen an die Qualifikation der Mitarbeiter waren hoch, weil PC-Kenntnisse, rhetorische und methodische Fähigkeiten, sowie FMEA-Kenntnisse gleichermaßen gefordert wurden.

Die Kick-Off-Veranstaltung für die Implementierung der Matrix-FMEA bestand aus einer Runde aus Führungskräften und Moderatoren, in der sich die Teilnehmer für vier Implementierungsveranstaltungen mit integrierter Moderatorenausbildung aussprachen. In diesen Veranstaltungen sollten konkrete Aufgabenstellungen aus aktuellen Projekten mit der Methode der Matrix-FMEA bearbeitet werden. Erforderlich waren:

- ▶ vier Implementierungsveranstaltungen mit Seminar- und Workshopcharakter,

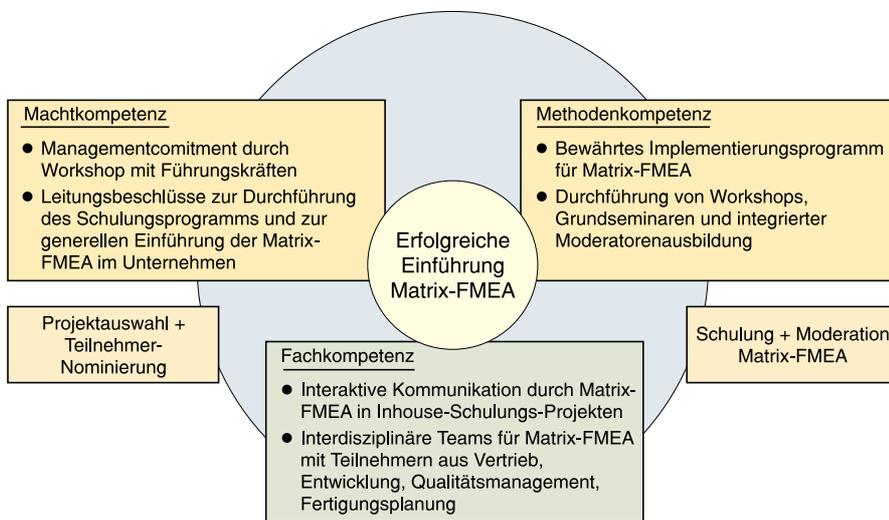


Bild 1. Konzept für eine unternehmensspezifische Implementierung der Matrix-FMEA

schon Bereichs wurde nach einer Möglichkeit gesucht, die FMEA effektiver, mit geringerem Zeitaufwand und höherer Effizienz einzusetzen. Als System, das – analog der Listen-FMEA – aus mehreren Einzelmatrixen besteht, diese jedoch miteinander verknüpft, bot sich die Methode der Matrix-FMEA an. Der Vorteil liegt in der kompakten Darstellung vielfach vernetzter Zusammenhänge von Bauteilen und Funktionen. Dadurch können Textwiederholungen ver-

### Schritt 1 Vorbereitungsphase

Bei einem Workshop mit Führungskräften wurde den Teilnehmern die Methode sowie die Vorgehensweise anhand eines Fallbeispiels erläutert. Dieser Workshop löste im Unternehmen eine intensive Diskussion über diese Umsetzungsform einer FMEA aus. Jeder Teilnehmer wurde trotz des großen Zeitaufwands von der Leistungsfähigkeit, der Übersichtlichkeit und der Vollständigkeit der Matrix-FMEA überzeugt, was letztendlich

Bild 2. Kennzahlen aus den Implementierungsveranstaltungen

Implementierungs- Veranstaltungen		Effektivität			Effizienz	
		RZ <sub>max</sub>	Anzahl RZ > 125		Umfang Anzahl der Risikozahlen	Schnelligkeit RZ/h
			absolut	in %		
Workshop mit Führungskräften „elektrischer Anschluss von Statoren“		192	3	3,7	79	9,8
1. Implementierungsveranstaltung Konstruktions-FMEA „Motorelektronik“	Integrierte Moderatoren- ausbildung, zusätzliches Seminar für 9 Moderatoren	240	26	13,7	189	9,45
2. Implementierungsveranstaltung Konstruktions-FMEA „Wechselstrommotor“		640	78	18,4	424	21,2
3. Implementierungsveranstaltung Prozess-FMEA „Magnetsegment befestigen“		900	160	9,8	1639	68,3
4. Implementierungsveranstaltung System-FMEA „EC-Gleichstrommotor“		720	82	28,6	287	18
Workshop Logistik-FMEA		512	89	18,8	473	14,9

- ▶ eine integrierte Moderatorenausbildung,
- ▶ die Implementierung der Methode im Unternehmen durch die Moderatoren sowie einen externen Seminarleiter,
- ▶ die Durchführung der Implementierungsveranstaltungen anhand real zu bearbeitender FMEAs,
- ▶ die Erstellung einer Verfahrensanweisung zur Anwendung der Matrix-FMEA im Unternehmen,
- ▶ die Festlegung der Matrix-FMEA im Entwicklungshandbuch des Unternehmens,
- ▶ die unternehmensweite Anwendung der Matrix-FMEA im Anschluss an die Implementierungsveranstaltungen und
- ▶ das konsequente Verbot der Durchführung der bisherigen Listen-FMEA.

**Schritt 3 Moderatorenausbildung**

Parallel zu den FMEA-Implementierungsveranstaltungen verlief die Moderatorenausbildung [2]. Trotz des Zeitaufwands sollte für jedes Team des Unternehmens mindestens ein Moderator ausgebildet werden, der ausschließlich für die Moderation der FMEAs in anderen Teams zur Verfügung steht. Zur Sicherstellung der Parteilosigkeit sollte ein Moderator keine FMEAs im eigenen Team moderieren. Ursprünglich wurden hierzu drei Moderatoren ernannt, die an

allen Implementierungsveranstaltungen teilnahmen. Jeder der drei Moderatoren hatte mindestens eine Veranstaltung als Moderator geleitet. Der Leiter der Veranstaltungen hatte hier ausschließlich beratend gewirkt.

Zeitgleich wurden nach dem zweiten Seminar sechs weitere Moderatoren ernannt, deren Patenschaft von den ursprünglichen drei Moderatoren übernommen wurde. Zusätzlich wurde eigens eine Schulung für alle Moderatoren durchgeführt. Hier wurden die erforderlichen Techniken für die Moderatoren vermittelt:

- ▶ Metaplantchnik,
- ▶ Fragetechnik und -systematik,
- ▶ Ishikawa-Diagramm,
- ▶ die Kreativitätstechniken Brainstorming und Brainwriting sowie
- ▶ Diskussionstechniken.

Auf Grund der hohen Anforderungen an die Moderatoren war deren Ausbildung parallel zu den Implementierungs-

veranstaltungen von sehr großer Bedeutung. Ein Moderator kann eine FMEA nur moderieren und zum Ergebnis führen, wenn er die Methodik der FMEA, den Umgang mit der FMEA-Tabelle sowie die Moderationstechniken beherrscht.

**Schritt 4 Erarbeitung einer Verfahrensanweisung**

Durch die Implementierungsveranstaltungen wurde erkannt, dass die FMEA an spezifische Unternehmensbelange angepasst und der FMEA-Ablauf in einer Verfahrensanweisung festgeschrieben werden muss. Zusätzlich wurde ein FMEA-Übersichtsblatt erstellt, um zurückliegende FMEAs effektiv nutzen zu können. Die Verfahrensanweisung enthält den Ablauf der organisatorischen Maßnahmen zur Vorbereitung einer Matrix-FMEA. Außerdem sind auch die Verantwortlichkeiten und der Ablauf während der FMEA-Veranstaltungen darin geregelt.

Nach Abschluss der Implementierungsveranstaltungen wurden die Ergebnisse der vorangegangenen Seminare kritisch geprüft (Bild2). Auf Grund der positiven Erfahrungen aus den einzelnen FMEAs wurde von der Technischen Leitung beschlossen, nur noch die Matrix-FMEA zu verwenden. Mehrere ausgebildete Moderatoren moderieren nun wöchentlich zwei bis vier Matrix-FMEAs. Zusätzlich werden durch diese FMEAs neue Mitarbeiter aus allen Bereichen des Unternehmens geschult.

**Schritt 5 Festlegung im Entwicklungshandbuch**

Im Rahmen einer entwicklungsbegleitenden Nutzung der Methode wurde die Matrix-FMEA im Endwicklungshandbuch festgeschrieben. Heute sind die System-, Konstruktions-, und Prozess-FMEAs ein fester Bestandteil des Entwicklungsablaufs (Bild3). Sie machen die Entwicklungsprozesse im Unternehmen vollständig nachvollziehbar.

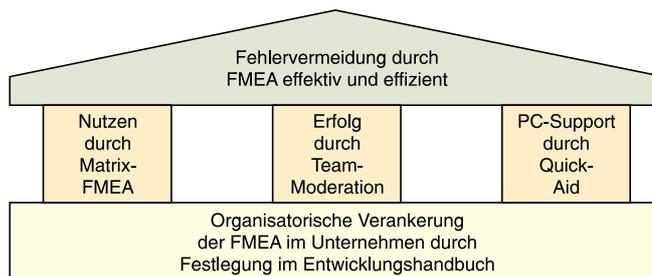


Bild 3. Fehlervermeidung darf nicht dem Zufall überlassen werden

### Prozess-FMEA in der Fertigungspraxis

- ▶ Die FMEA-Vorbereitung erfolgt durch den Projektleiter, einen Projektierer aus der Fertigungsvorbereitung. Dieser legt den FMEA-Moderator fest.
- ▶ Die Teamfestlegung erfolgt in Zusammenarbeit zwischen den Projektleitern und Moderatoren. Das Team setzt sich aus Mitarbeitern der Fertigungsvorbereitung, Konstruktion und Entwicklung, Qualitätssicherung sowie Fertigung zusammen. Von entscheidender Bedeutung ist weniger die Anzahl der Personen (als ideal haben

rotor erläutert. Der Projektleiter stellt das Produkt sowie die einzelnen Arbeitsgänge anhand von Beispielen vor. Hierzu müssen die Fertigungsanlagen und Vorrichtungen in Form von Bildern bzw. Folien vorliegen. Zusätzlich wird der gesamte Fertigungsprozess vor Ort besichtigt. Die Arbeitsgänge werden in das bei der Matrix-FMEA übliche Formular eingetragen und bewertet. Auf Grund der Priorisierung werden nur die neuen bzw. risikobehafteten Arbeitsgänge weiter betrachtet. Die Ermittlung der Bauteilmerkmale und der Verknüpfung mit den Arbeitsgängen geschieht durch syste-

sichtlich ihrer Entdeckungswahrscheinlichkeit im Team nach dem FMEA-Bewertungsbogen zu bewerten. Die Merkmalabweichungen werden nach Höhe der Bewertung abfallend sortiert.

- ▶ Die Matrix Fehlerauswirkung ermittelt die Folgen der Merkmalabweichungen. Hierzu ist die Schwere der Versagensart im Team zu bewerten. Die jeweils höchste Bewertung ist bei der Berechnung der Risikozahl zu berücksichtigen.
- ▶ Das Finden der Fehlerursachen ist die wichtigste Aufgabe der FMEA, da hieraus Maßnahmen abgeleitet werden können. Die Fehlerursachen werden ebenfalls durch die systematische Fragestellung ermittelt: Welche Parameterfehler können zu der betrachteten Merkmalabweichung führen? In der Matrix Fehlervermeidung werden im ersten Schritt bereits in die Fertigung eingeführte Fehlervermeidungsmaßnahmen aufgeführt und mit den betreffenden Fehlerursachen verknüpft. Die Spalte zur Bewertung der Auftretenswahrscheinlichkeit wird im Team unter der Vorgabe des FMEA-Bewertungsbogens bearbeitet.
- ▶ Die Risikozahl wird nun ermittelt und Verbesserungen werden erarbeitet. Zur besseren Übersicht sind die Fehlerursachen anhand der Risikozahl abfallend zu sortieren. Im Team werden robuste Prozesse, d.h. Fehlervermeidungsmaßnahmen gesucht, die zur Senkung der Risikozahl führen

Bild 4. FMEA-Ausschnitt: Ermittlung der Merkmale und Verknüpfungen

Arbeitsgang \ Merkmal	schmutzfrei	fettfrei	Korrosionsschutz	spannfrei	staubfrei
Rotor waschen	•	•	•		
Rotor trocknen		•	•	•	
Rotor lackieren			•	•	
Lack aushärten					
Rotor spülen					

- konventionelle FMEA-Verknüpfung
- Vervollständigung der Matrix aus Quercheck

sich vier bis sechs Personen herausstellt) als vielmehr deren Fachkompetenz. Mitarbeiter, die nur für einen kurzen Zeitraum zur FMEA beitragen, wie Experten aus dem Prüffeld, sollten nur für den erforderlichen Zeitraum eingeladen werden.

- ▶ Der methodische Ablauf wird allen Seminarteilnehmern durch den Mode-

matische Fragestellung: Welche Bauteilmerkmale müssen durch die Arbeitsgänge erfüllt werden (Bild 4)?

- ▶ Die Matrix Fehlerentdeckung listet alle Fehlerentdeckungsmaßnahmen auf, die in der Fertigung im Einsatz sind, und verknüpft diese mit den zutreffenden Merkmalabweichungen. Anschließend sind die Prüfungen hin-

können. Hierbei werden verschiedene Kreativitätstechniken zu Hilfe genommen. Abschließend wird für jede Fehlervermeidungsmaßnahme ein Verantwortlicher bestimmt und zusätzlich der Einföhrungstermin festgelegt.

- ▶ **Der Projektleiter** ist für den Erfolg der FMEA verantwortlich. Dieser Erfolg ist nur gewährleistet, wenn die Aufgaben und Umsetzungstermine an die richtigen Stellen vergeben und vor allem durch den Projektleiter überwacht werden.
- ▶ **Der Moderator** sollte besonderen fachlichen und menschlichen Anforderungen gewachsen sein. Er muss die Methodik der Matrix-FMEA beherrschen – Excel-Kenntnis sind hilfreich. Rhetorische Fähigkeiten und gute Menschenkenntnis sind nicht zu unterschätzen. In den Arbeitsgruppen ist der Moderator für das zielstrebige und effektive Arbeiten verantwortlich. Er führt das Team mit Durchsetzungsvermögen, damit die gesteckten Ziele erreicht werden.
- ▶ **Die erfolgreiche Implementierung** durch gleichzeitigen Einsatz von Fach- und Methodenkompetenz erfordert eine Anpassung der Methode an das Unternehmen. Jedes Unternehmen hat eine eigene Produkt- und Firmenstruktur.
- ▶ **Probleme** bereitet die anfangs geringe Akzeptanz der Matrix-FMEA. Schwierig gestaltet sich häufig auch das erste Seminar, denn der Seminarleiter muss erst die Gegebenheiten des Unternehmens kennen lernen. Die Moderatoren ihrerseits haben zu diesem Zeitpunkt keine methodischen FMEA-Kenntnisse. Zudem wird in langen Sitzungen teilweise das Ziel aus den Augen verloren.

## Die Früchte ernten

Die Einführung der Matrix-FMEA verlief erfolgreich. Heute ist die Methode im Unternehmen fester Bestandteil des Entwicklungsprozesses. Mittlerweile wurde die Methode der Matrix-FMEA um eine Logistik-FMEA erweitert. Hindernisse fachlicher und menschlicher Natur konnten durch Einbeziehung mehrerer Fachbereiche sowie eine konsequente Führung überwunden werden:

- ▶ Nahezu alle Mitarbeiter des Entwicklungsbereichs sind heute mit der Matrix-FMEA vertraut,
- ▶ Kunden erkennen in einem übersichtlichen Dokument eine transparente Entwicklungsarbeit,
- ▶ im gesamten Unternehmen herrscht Akzeptanz durch den Vergleich Listematrix, und
- ▶ alle Mitarbeiter sind überzeugt von der Vollständigkeit der Matrix-FMEA sowie den geringen Fehlerrisiken künftiger Produkte.

## Literatur

- 1 Kersten, G.: Fehler vermeiden mit System – mit rechnergestützter Matrix-FMEA die kritischen Punkte von Produkten und Prozesse finden, QZ 44 (1999) 7, S. 874–879
- 2 Kersten, G.: Moderatorenseminar für Matrix-FMEA. VDI, Stuttgart 1999

## Der Autor dieses Beitrags

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Metzger, geb. 1968, studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Automatisierungstechnik an der Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt-Aschaffenburg. Heute ist er Mitarbeiter der ebm-Werke GmbH & Co. KG, Muldingen. Sein Aufgabengebiet liegt in der Projektierung neuer Verfahren im Bereich der Leiterplattenproduktion. Darüber hinaus ist er für die elektrischen Prüfungen in der Produktion verantwortlich.

## Content in Short

**Matrices replace lists.** Introduction and practical use of the matrix FMEA method. The FMEA method for the avoidance of faults has long been used in countless companies during the product development stage. In their conventional form, FMEA lists are often so exhaustive as to make them virtually incomprehensible. The use of the new-type matrix FMEA by a medium-sized electrical engineering company reveals numerous advantages.