

## **ERWEITERUNG DER BESTEHENDEN FMEA-ANALYSE – EINFLUSS DER KOSTEN AUF DIE RISIKOPRIORITÄTZAHL**

*Alois Breiing*

### **Zusammenfassung**

Die FMEA (Fehler-Möglichkeit und Einflussnahmen Analyse) ist bekanntlich ein Werkzeug, mit dem während der gesamten Produktentwicklung eine präventive Fehlererkennung und Fehlerbeseitigung durchgeführt werden kann und sollte. Die effiziente Durchführung einer FMEA-Sitzung bedarf einer schnellen und guten Visualisierung aller während der Diskussion notwendigen Informationen. In einem ersten Review der bisherigen FMEA-Methode wurden an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich einige zwar geringfügige, aber wesentliche Verbesserungen zu ihrer praxisnahen Anwendung erarbeitet und in [6] - veröffentlicht in [9] - vorgestellt. Zur Steigerung der angesprochenen Effizienz wurde ausserdem im Rahmen eines Forschungsprogramms an der ETH Zürich ein Tool zur computergestützten FMEA geschaffen [8].

Auf der Basis mehrerer bereits in der schweizerischen und deutschen Industrie erfolgreich erprobten FMEA-Anwendungen wurden weitere Schwachstellen erkannt, insbesondere der Mangel einer Kostenerfassung sowohl für den möglichen Schadensfall als auch für die notwendigen Vorkehrungen, um einen solchen zu vermeiden. Diese und weitere als zukünftige Regeln für die methodische und formale Durchführung einer FMEA zu formulierenden Erkenntnisse werden in diesem Aufsatz vorgestellt. Sie bedeuten einen weiteren Schritt zur verbesserten Akzeptanz für die Anwendung dieses Werkzeugs - insbesondere auch im Hinblick auf eine verbesserte Qualitätssicherung zukünftiger Produkte.

### **1 Einleitung**

Auf dem 12. Symposium DfX am 11. und 12. Oktober 2001 [9] wurden folgende Verbesserungen vorgeschlagen, die auch zum grossen Teil in das erwähnte Tool zur computergestützten FMEA eingeflossen sind [8]:

(a) Keine Trennung der einzelnen FMEA-Teilmethoden nach bisherigem Modell, sondern gleichzeitige und kontinuierliche Durchführung der FMEA über die gesamte Entwicklung eines Produktes - vgl. auch Punkt (c), da es die Komplexität vieler Produkte allein schon durch ihren mechatronischen Charakter, aber auch durch das verstärkte Simultaneous Engineering, welches durch starke Parallelisierung gekennzeichnet ist, schwierig macht, diese Trennungen bei der Durchführung einer FMEA konsequent zu berücksichtigen.

(b) Damit die Synergien einer Gruppendiskussion nutzen zu können, muss ein kompetenter Stamm von MitarbeiterInnen für die gesamte FMEA Verantwortung übernehmen. Der Austausch einzelner Stamm-Mitglieder ist also nicht vertretbar; andererseits soll die temporäre Hinzuziehung von Spezialisten jederzeit möglich sein.

(c) Die frühen Phasen der Produktentwicklung sowie die Phasen während und nach der Markteinführung sollten in die FMEA eingebunden werden, da einerseits die Vorlauf-Phasen (Ideen-Generierung und Markt-Leistungs-Prozess) bereits viele Fehlerquellen beinhalten, die

Erfolg oder Misserfolg (nicht nur "technischer Natur") einer Produktentwicklung sehr stark vorprogrammieren, andererseits innerhalb des Entwicklungsprozesses wesentliche Fehlerquellen unberücksichtigt gelassen werden könnten, die nach der Markteinführung den Betrieb sowie Wartung und Instandsetzung eines Produktes störend beeinflussen und die Unzufriedenheit des Kunden, ja sogar dessen Absprung, zur Folge hätten.

(d) In einem weiteren Schritt muss der Mensch, schon wegen seiner Unvollkommenheit, als Benutzer, Reparatuer usw. während der Produktlebensdauer in die FMEA einbezogen werden, da er Bestandteil eines technischen Systems ist und damit alle Prozesse, beginnend bei der Ideenfindung über die Entwicklung und Benutzung bis hin zur Ausserbetriebnahme und darüber hinaus wesentlich beeinflusst.

Menschliche Fehlerquellen stellen Fragen an die Verbesserbarkeit der Ergonomie und der personellen Sicherheit. Somit helfen Benutzungsanalysen [4], [7] und die FMEA auch dem *Product-Designer*, an der Entwicklung besserer Produkte einen wesentlichen Anteil zu haben.

(e) Da in der Konzept- und Entwurfsphase normalerweise mehrere Entwurfsvarianten bzw. -alternativen vorliegen, die einer Bewertung zur Feststellung der bestmöglichen Lösung unterzogen werden, macht es Sinn, die Summe der ermittelten Risikoprioritätszahlen *RPZ*, *RPZ\** oder *RPZ''\** (vgl. Kapitel 3) pro Lösung zu ermitteln und als Bestandteil des Kriteriums „Risiko“ in eine Bewertung einfließen zu lassen.

Nachfolgend werden die zusätzlich zu diesen Verbesserungen in eine FMEA einzubindenden Erkenntnisse, die sich vorwiegend aus der Arbeit mit der Industrie heraus kristallisiert haben, beschrieben und erläutert.

## 2 Neue Ansätze zur zukünftigen FMEA

1. Die Voraussetzungen zu einer FMEA werden oft nicht geschaffen, so dass infolge fehlenden Wissens oder vorhandenen Teilwissens häufig Fehler sowie deren Ursachen nicht erkannt werden. Deshalb müssen folgende Voraussetzungen zu Beginn einer FMEA gegeben sein:

- Kompetente und in ihrer Kontinuität bestätigte FMEA-Teilnehmer (vgl. [2] bzw [3])
- allen FMEA-Teilnehmern verständlich definierte Produktidee
- Markt-Leistungs-Profil des neuen Produktes
- auf ihre Relationen untereinander geprüfte und bereinigte Anforderungsliste (vgl. [5])
- Benutzungsanalyse (vgl. [1], [4], [7])
- Funktionsanalyse, möglichst in Form eines prozessualen Funktionsdiagramms
- vollständige Dokumentation zum jeweiligen Entwicklungsstand

2. Die methodischen Zusammenhänge zwischen den äusseren, also benutzungsorientierten, und inneren Funktionen sowie die daran anzuknüpfenden Wirkprinzipien, Effekte und Gesetzmässigkeiten (heuristische Zusammenhänge) und schliesslich die zur Realisation erforderlichen einzelnen Baugruppen und deren Bauteile werden in konventionellen Formblättern nicht konsequent in ihren Zusammenhängen dargestellt, was häufig zu fehlerhaften oder gar falschen Einschätzungen bzw. zur gänzlichen Missachtung dieser möglichen Fehlerquellen führt. Werden diese Zusammenhänge durch die weiteren, bisher in einer FMEA nicht berücksichtigten, Lebenslaufphasen ergänzt, ergibt sich die in Bild 1 beispielhaft gezeigte Liste vieler möglicher *Problem areas*. Es ist angeraten, für jede dieser oder ähnlicher *Entitäten* Checklisten zu verfassen, die systematisch abgearbeitet werden können [4], [7].


 Fehler-Möglichkeiten und Einfluss-Analyse Failure Mode and Effect Analysis FMEA-Prozess				
Idee Marktanalyse Kostenplanung  Terminplanung Strategie Innere Funktion bzw. äussere Funktion Baugruppe Montage Bauteil  Fertigungs- Verfahren Lagerung Transport Aufstellung  Inbetriebnahme Inbetriebnahme Betrieb Kontrolle Wartung  Instandsetzung Recycling oder Liquidation	Fehlerart	Fehlerauswirkung	Fehlerursache	Kontrollmassnahmen
1	2	3	4	5

Bild 1. FMEA-Formblatt mit modifizierter Spalte 1 (nur als Beispiel zu betrachten)

3. Die FMEA bezieht sich nur auf *Hardware*, nicht auf Dokumentation. Service, Logistik, *Software*, Prüfprogramme, Fertigungsmittel, Produktionsanlagen und -maschinen, Mess- und Prüfmittel, Versuchsmittel, -geräte und -anlagen. Diese unterliegen keiner FMEA, obwohl hier viele Fehlerquellen möglich sind. Abhilfe ist nur durch die Einbeziehung dieser Bereiche zu schaffen.

4. Als besonderer Mangel wurde das Fehlen einer Kostenerfassung sowohl für den möglichen Schadensfall als auch für die notwendigen Vorkehrungen, um Schäden zu vermeiden, erkannt. Ein diesbezügliches, mögliches Vorgehen ist in nachfolgendem Kapitel vorgeschlagen.

### 3 Erweiterung der FMEA durch die Bewertung erwarteter Kosten

Werden in die FMEA als Entscheidungsgrundlage auch die Kosten mit einbezogen, so erhält das FMEA-Formblatt zwei zusätzliche Spalten, und zwar „K“ und „K'“. In Spalte „K“ werden die Kostenerhöhungen bewertet, die sich infolge eines tatsächlichen Fehlerauftritts ergeben, während in Spalte „K'“ die Kostenerhöhungen bewertet werden, die sich aufgrund der getroffenen Verbesserungs-Massnahmen ergeben (Bild 2). Sofern  $K'$  grösser bis sehr viel

grösser als  $K$  wird, ist eine Massnahme zur Behebung der möglichen Fehlerquelle kritisch zu hinterfragen, eventuell sogar abzulehnen.

Bei einer gewählten Punktskala von 1 bis 6 (oder 1 bis 10) bedeuten die in die Spalten „K“ bzw. „K'“ einzutragenden Faktoren  $K$  bzw.  $K'$ :

- Keine bis unbedeutende Kostenerhöhung = 1 (1)
- Geringe Kostenerhöhung = 2 (2 – 3)
- Mittlere Kostenerhöhung = 3 (4 – 5)
- Beträchtliche Kostenerhöhung = 4 (6 – 7)
- Sehr starke Kostenerhöhung = 5 (8 – 9)
- Unzumutbare Kostenerhöhung = 6 (10)

Die Risikoprioritätszahlen  $RPZ^*$  bzw.  $RPZ'^*$  errechnen sich dann aus:

$$RPZ^* = A \cdot B \cdot E \cdot K ; \quad RPZ'^* = A \cdot B \cdot E \cdot K'$$

Firma	Fehler-Möglichkeiten und Einfluss-Analyse (Failure Mode and Effect Analysis - FMEA)									Projekt-Benennung:						
	Projekt- und Lebenslauf-FMEA									Ident-Nr.:						
	Erstellende Stelle:									Erstellt durch:			Datum:			
..... Innere Funktion Äussere Funkt. ..... Baugruppe ..... Montage/ Demont. Bauteil Fertig. .....	Fehlerart	Fehlerauswirkung	Fehlerursache	Derzeitiger Zustand						Empfohlene Massnahme	Verbesserter Zustand					
				Kontroll-Massnahme	A	B	E	K	RPZ*		Getroffene Massnahme	A	B	E	K'	RPZ'*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Bild 2. FMEA-Formular mit den zusätzlichen Spalten „K“ und „K'“

## 4 Resumee

Die in diesem Aufsatz vorgeschlagenen Massnahmen zur Verbesserung der FMEA - zumindest für erdgebundene technische Systeme - haben gemeinsam mit den bereits in [6] behandelten Ansätzen zu einem verbesserten FMEA-Verständnis bei den Anwendern in der Industrie geführt, nicht zuletzt deshalb, weil sie logisch und in ihrer Anwendung plausibel erscheinen.

Die in [6], dort in Kapitel 5, angesprochenen zukünftigen Schritte sind bereits grossenteils getan, sowohl was die Praxis betrifft als auch die Steigerung der Effizienz durch die Umsetzung in die anfangs erwähnte *Software* [8].

Anwenderspezifische Wünsche sind - wie bereits praktisch bewiesen - jederzeit umsetzbar und werden die FMEA als eine äusserst flexiblen Methode zur Unterstützung zukünftiger Produkt-Entwicklungen auszeichnen.

## 5 Literatur

- [1] Breiing A., Vertiefungsvorlesung Produkte-Design, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, IMES, Zürich 2000
- [2] Breiing A., The Evaluators Influence on the Results of Evaluation, First International Workshop on Multicriteria Evaluation, Neukirchen 2000
- [3] Breiing A., Who evaluate the Evaluators? International Conference on Computer Integrated Manufacturing, Zakopane (PL) 2001
- [4] Breiing A., Eine geringfügige, aber wirkungsvolle Verbesserung der FMEA, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, IMES, Zentrum für Produktentwicklung, Zürich 2001
- [5] Breiing A., Knosala R., Bewerten technischer Systeme, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1997
- [6] Breiing A., Kunz A., Kritische Betrachtung und Verbesserung der FMEA, 12. Symposium Design for X, Neukirchen 2001
- [7] Breiing A., Kunz A., Critical Consideration and Improvement of the FMEA, Fourth International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering - TMCE 2002, Wuhan, China, 2002
- [8] Kunz A., Müller S., Tool zur effizienten Durchführung einer FMEA-Sitzung, 13. Symposium Design for X, Neukirchen 2002
- [9] Meerkamm H. (Hrsg.), Design for X, Beiträge zum 12. Symposium, The Design Society, Neukirchen 2001

Prof. Dr. habil. Alois Breiing  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich  
Center of Product Development  
Tannenstrasse 3, CLA E 17.1  
CH-8092 Zürich  
Tel: +41 1 632 2311  
Fax: +41 1 632 1181  
[breiing@imes.mavt.ethz.ch](mailto:breiing@imes.mavt.ethz.ch)