

Sechs Schritte zur Fehlervermeidung

Ansätze und Änderungen des neuen FMEA-Standards von AIAG und VDA (Teil 2)

Im November 2017 veröffentlichten AIAG und VDA eine Vorfassung des gemeinsamen FMEA-Standards. Der sogenannte Gelbdruck stand wie üblich für 90 Tage zur Kommentierung zur Verfügung und sollte schließlich im September 2018 gemeinsam mit IATF16949 in Kraft treten. Die Anzahl der Kommentare ist außergewöhnlich hoch, so dass heute nicht absehbar ist, wie stark der Entwurf noch überarbeitet wird. Dieser Artikel bezieht sich auf den Gelbdruck und vergleicht den AIAG- mit dem VDA-Ansatz.

Chad Kymal und Gregory Gruska



Auffällig an der neuen Design-FMEA (DFMEA) ist die Strukturanalyse, die bislang nur nach dem VDA-Ansatz vorgesehen war. Funktions- und Fehleranalyse bauen auf der Strukturanalyse auf und bilden so das Rückgrat des sechsstufigen Ansatzes der harmonisierten DFMEA. Die Rolle der Strukturanalyse unter Berücksichtigung von Stücklisten und der Beziehungen zwischen Fahrzeug, System, Baugruppe und Komponente ist unmittelbar einleuchtend. Schließlich sind die relevanten Beziehungen zwischen diesen Elementen nicht zu übersehen. Auch die Vorteile, eine Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) in dieser Weise durchzuführen, liegen auf der Hand.

Während sich für ein Produkt leicht eine Struktur bestimmen lässt, ist diese bei einem Prozess weniger offensichtlich. Man-

che AIAG-Anwender zweifeln daran, dass es sinnvoll ist, das sechsstufige Vorgehen der DFMEA ebenfalls für die Prozess-FMEA (PFMEA) anzuwenden. Die Vor- und Nachteile sind zu diskutieren. Für die nun folgende Betrachtung wird jeweils ein Standpunkt nach VDA und einer nach AIAG eingenommen. Wir beginnen mit dem Sechs-Stufen-Ansatz, der sowohl für die DFMEA als auch für die PFMEA vorgesehen ist:

- Scoping (Betrachtungsumfang)
- Strukturanalyse
- Funktionsanalyse
- Fehleranalyse
- Risikoanalyse
- Optimierung

Für den VDA-Anwender ist das Scoping ein neuer Schritt. Hier lag schon vorher der >>>

Strukturanalyse			Funktionsanalyse			Fehleranalyse									
1. Prozesselement	2. Prozessschritt	3. Prozess Arbeitselement	1. Prozessfunktion	2. Funktion des Prozessschrittes und Produkteigenschaft	3. Funktion des Prozessarbeitselements und Prozessmerkmals	1. Fehlerfolgen (FF)	Bedeutung (B) der FF	2. Fehlerart (FA) des Prozessschrittes	3. Fehlerursache (FU) auf das Prozessarbeits-element	Aktuelle Vermeidungsmaßnahme (VM) der FU	Auftreten (A) der FU	Aktuelle Entdeckungsmaßnahme (EM) der FU oder FA	Entdeckung der FU/FA	PFMEA MP	Filtercode (optional)

Optimierung										
Vermeidungsmaßnahme (VM)	Entdeckungsmaßnahme (EM)	Verantwortlicher	Abschluss-termin	Status	Durchgeführte Maßnahme mit Nachweis (offen, in Entscheidung, in Umsetzung, abgeschlossen, verworfen)	Fertigstellungs-termin	Bedeutung (B)	Auftreten (A)	Entdeckung (E)	PFMEA MP

© QZ Qualität und Zuverlässigkeit

Bild 1. Prozess-FMEA-Formblatt nach AIAG/VDA

deutlichste Unterschied zum AIAG-Ansatz. Struktur- und Funktionsanalyse bleiben dagegen weitgehend unverändert, in der Fehler- und Risikoanalyse waren sich die Ansätze nach VDA und AIAG schon immer sehr ähnlich. Der sechste Schritt, die Optimierung, folgt aber eher dem nach AIAG bekannten Vorgehen und unterscheidet sich vom VDA-Ansatz. Wie wir schon bei der DFMEA gesehen hatten, ist auch für die PFMEA das Formblatt gänzlich neu gestaltet und für beide Anwendergruppen eine Herausforderung (Bild 1). Daher sind einige Bemerkungen zum Formblatt notwendig:

- Zunächst fällt auf, dass das Formblatt deutlich mehr Spalten hat als früher.
- Zum Zweiten sind die Spalten für Struktur-, Funktions- und Fehleranalyse jeweils in drei weitere Spalten aufgeteilt, die dem Fokuselement sowie dem nächsthöheren und -niedrigeren Element zugeordnet sind.
- Die vierte Spalte zur Risikoanalyse enthält keine Risikoprioritätszahl (RPZ), sondern stattdessen die Aufgabenpriorität (AP).
- In der fünften Spalte werden die empfohlenen und die getroffenen Maßnahmen zur Optimierung angegeben.

Teams auch weiterhin mit Formblättern arbeiten können. Allerdings wird für komplexe Produkte und Prozesse die Nutzung geeigneter Software empfohlen – was sinnvoll ist, wie die Erfahrung zeigt. Es ist wichtig, sich die Beziehung klarzumachen, die zwischen den drei Spalten besteht (Bild 2).

Einfacher ausgedrückt: Das Fokus-Element bzw. der Prozessschritt (Bild 2, Spalte 2) hat eine Funktion und eine Anforderung, und dem wird eine Fehlerart zugeordnet. Die Terminologie von Funktion und Anforderung wird noch geklärt. Zunächst sei festgestellt, dass es sich um zu realisierende Prozessmerkmale handelt, welchen bestimmte Fehler zugewiesen werden. Ebenso hat das übergeordnete Prozesselement

Die neue FMEA wurde so entwickelt, dass

INFORMATION & SERVICE

AUTOREN

Chad Kymal, geb. 1943, ist Gründer und Chief Technology Officer von Omnex Inc.
Gregory Gruska, geb. 1943, ist Vice President von Omnex Inc. Er ist Mitglied der ASQ und Mitverfasser der ersten MSA-, SPC- und FMEA-Handbücher.

KONTAKT

Omnex Europe GmbH
 T 030 612857-00
 info@omnexus.eu
 www.omnexus.eu

QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:
www.qz-online.de/5510855

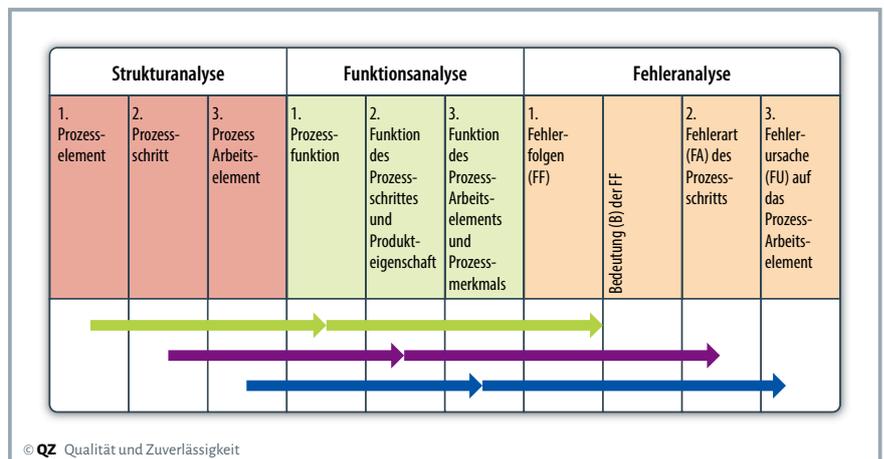


Bild 2. Fehlersuche nach dem Prinzip der Fehlerkaskade

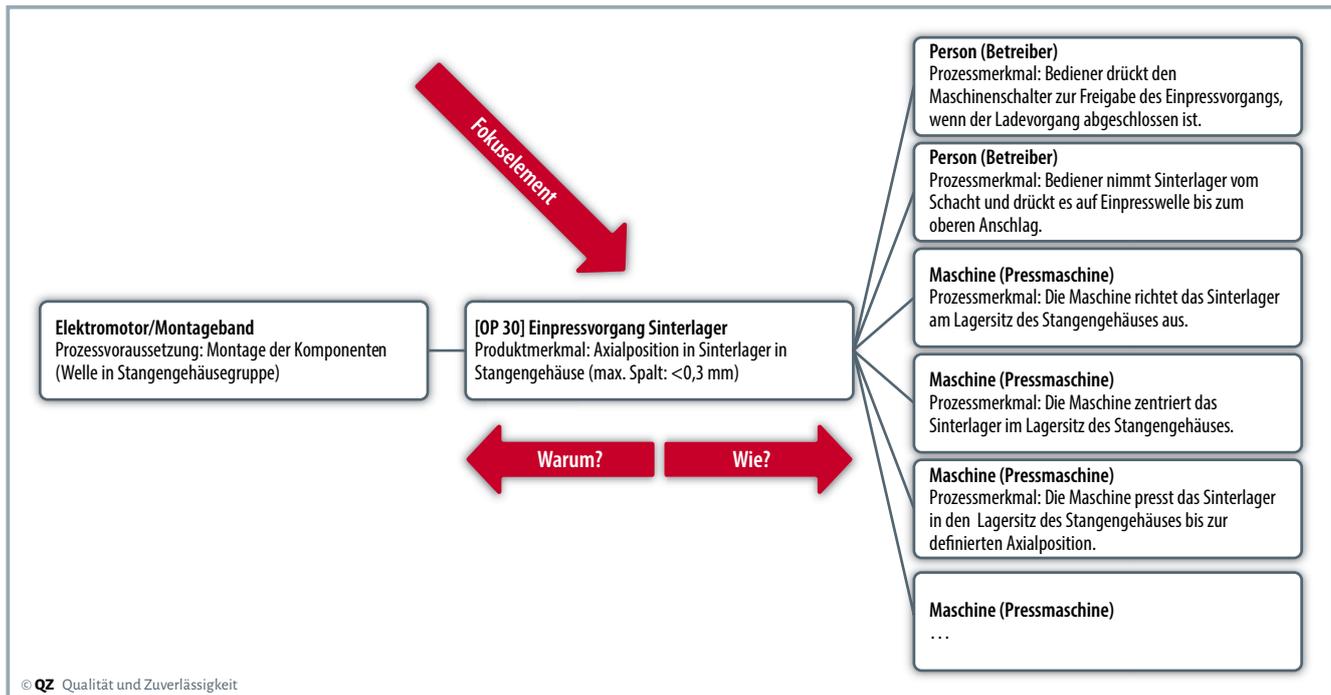


Bild 3. Die Funktionsanalyse ist der dritte Schritt im neuen FMEA-Ansatz. (Quelle: AIAG/VDA. FMEA-Gelbdruck, 2017)

links neben dem Fokuselement (Bild 2, Spalte 1), das sowohl die gesamte Produktionslinie als auch einen einzelnen Arbeitsplatz repräsentieren kann, eine Funktion und eine Fehlerart. Entsprechend gehören auch zum niedrigeren Element (Bild 2, Spalte 3), dem Ursachenelement (4M: Mensch, Methode, Material, Mitwelt), eine Funktion, eine Anforderung und eine entsprechende Fehlerursache. Im Zentrum der Fehlerkette steht das Fokuselement, also die Fehlerart mit den entsprechenden Fehlerfolgen und Fehlerursachen. Je nach Fokuselement kann ein Fehler als Folge, Art oder Ursache beschrieben werden. Die Fehlerart des Fokuselements wird durch die Fehlerfolge des niedrigeren Elements verursacht, sodass ein Werkzeugfehler sich als Prozessfehler auswirken kann, der die geforderten Eigenschaften beeinträchtigt.

Was hat sich am FMEA-Ansatz des VDA verändert?

Die Verwendung von Produktionslinie bzw. Arbeitsplatz, Prozessschritt und Ursachenelement (mit 4M) ist der wesentliche Unterschied zwischen dem AIAG- und dem VDA-Ansatz. Und dies ist der Ansatz, dem die neue FMEA folgt. Wie man die Veränderungen wahrnimmt, hängt vom Standpunkt ab, also je nachdem, ob man die neue FMEA aus der Perspektive von AIAG oder VDA betrachtet. Wir wollen uns zuerst auf

die Neuerungen aus der VDA-Perspektive konzentrieren.

Ganz allgemein scheint die PFMEA in Deutschland einen geringeren Stellenwert als in den USA gehabt zu haben, wo diese schon seit den 70er-Jahren von den OEMs gefordert wird.

Scoping ist der erste Schritt in der PFMEA wie in der DFMEA. Für VDA-Anwender dürfte dieser die auffälligste Neuerung und einer der markantesten Unterschiede zur FMEA nach AIAG sein.

Strukturanalyse ist der zweite Schritt und folgt dem VDA-Ansatz. Als Input für die Strukturanalyse wird in der neuen FMEA empfohlen, ein Prozessablaufdiagramm oder einen Strukturbaum zu verwenden. Für AIAG dagegen war das Prozessablaufdiagramm ein essenzieller Bestandteil des Scopings und zwingender Ausgangspunkt einer FMEA.

Funktionsanalyse heißt der dritte Schritt, wobei Funktionen und Anforderungen in die ausgearbeitete Struktur eingeordnet werden (Bild 3).

Die **Fehleranalyse** als vierter Schritt dürfte von AIAG-Anwendern mit einem Excel-Formular nur schwierig umsetzbar sein. In der Fehleranalyse werden die Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen allen drei Ebenen analysiert, was ohne Nutzung spezialisierter Software nahezu unmöglich ist. Selbst mit geeigneter Software

ist es häufig schwierig, alle relevanten Beziehungen zwischen DFMEA und PFMEA darzustellen. Aber es ist davon auszugehen, dass die Verknüpfung von DFMEA, Prozessfluss, PFMEA und Lenkungsplänen mit der neuen FMEA stark an Bedeutung gewinnen wird. Dies gilt auch für die Verknüpfung von Funktionen bzw. Anforderungen und den entsprechenden Merkmalen.

Risikoanalyse ist der fünfte Schritt. Wenn es um die Bestimmung von Maßnahmen zur Vermeidung, Entdeckung, Eindämmung und Erkennung von Fehlerursachen ging, sind AIAG und VDA bislang nahezu gleich vorgegangen. Statt allerdings wie vorher mit Risikoprioritätszahlen (RPZ) zu arbeiten, werden nun Aufgabenprioritäten (AP) festgelegt – je nachdem, woran zuerst gearbeitet werden muss. Die neuen Tabellen zu den Aufgabenprioritäten erfordern ein Überdenken der Priorisierung.

Die **Optimierung** als sechster Schritt bringt für den VDA-Anwender einige Neuerungen, obwohl er auf den ersten Blick auch im alten fünfstufigen Verfahren schon als letzter Schritt vorkam. Maßnahmen, die zur Optimierung vorgeschlagen werden, müssen in diesem Schritt nach „Vermeidung“ und „Entdeckung“ aufgeschlüsselt werden. Die nach AIAG übliche Vorgehensweise, „recommended actions“ zu bestimmen, ist in die neue FMEA-Richtlinie nicht aufgenommen worden. >>>

Was hat sich am FMEA-Ansatz der AIAG geändert?

Beide Seiten werden sich in die Änderungen der harmonisierten FMEA einarbeiten müssen. Für den AIAG-Anwender bleibt mit dem Scoping der Einstieg in die FMEA allerdings fast unverändert.

Scoping: Die Einteilung der PFMEA in sechs aufeinanderfolgende Schritte ist die größte Neuerung für den AIAG-Anwender. Anfang der 90er-Jahre, mit der Einführung des „Dimensional Control Plan“ (DCP) durch Ford Powertrain und dem Einsatz von Omnex für den „Process Review“, mussten alle Prozesse von der Eingangskontrolle bis zum Versand in die PFMEA einbezogen werden. Bei neuen Prozessen oder Prozessänderungen

kann der Fokus auf einen bestimmten Prozessschritt gerichtet werden. Nach AIAG sollte bei der Änderung eines Prozessschritts dieser primär betrachtet werden, aber immer mit der kompletten PFMEA im Blick. Omnex hatte vorgeschlagen, dabei auf Produkt- und Prozessfamilien zurückzugreifen und diese wiederzuverwenden.

Strukturanalyse: Beim Vorgehen nach AIAG war das Prozessflussdiagramm immer der erste Schritt der PFMEA, mit welchem auch der Analyseumfang bestimmt wurde. Dabei musste die Darstellung des Ablaufs alle Prozesse vom Wareneingang bis zum Versand abbilden und alle Produkt- und Prozesseigenschaften einschließen (nicht nur „Besondere Merkmale“). Um die Eigenschaften zu identifizieren, empfiehlt

es sich dabei, dieselben IDs zu benutzen wie schon in PPAP/PPF und diese mit dem Prozessablauf und der Konstruktionszeichnung zu verknüpfen. Ebenso kann mit Funktionen verfahren werden, auch wenn diese im Prozess eine geringere Rolle spielen, als wenn es um das Produkt geht: Dort werden sie mit Verb-Nomen-Kombinationen beschrieben – eine Methode, die von Lawrence D. Miles, dem Schöpfer von Value Engineering, entwickelt wurde.

Mit Blick auf die Fehleranalyse haben wir an der PFMEA nach AIAG oft kritisiert, dass die Fehlerursache bzw. die Fehlerart auf der Ebene des Fokuselements nur ungenügend dargestellt wurde. So konnte eine Ursache etwa als „falsch eingestellt“ beschrieben werden, statt die genaue Art der

Empfehlung: P-FMEA und D-FMEA nicht über einen Kamm scheren

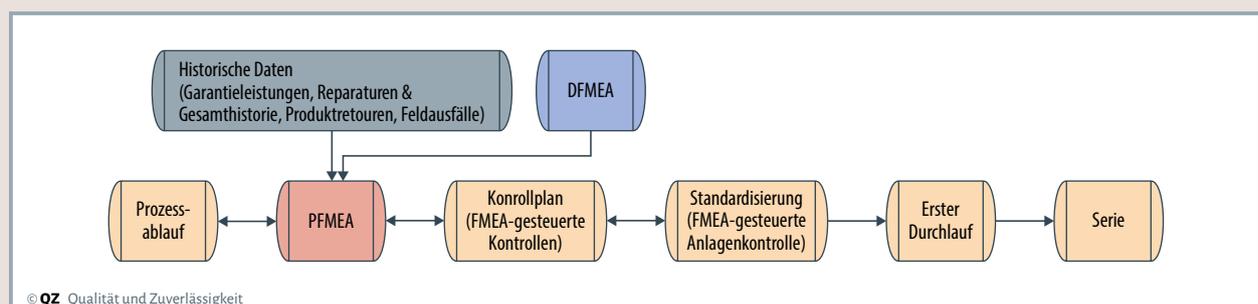
Manche Beispiele suggerieren, dass es allgemein naheliegende Verbindungen zwischen Design und Prozess gibt (und damit auch zwischen DFMEA und PFMEA). Bei genauerem Hinsehen stellt man aber fest, dass solch ein direkter Zusammenhang nicht immer besteht. Wird ein Bauteil samt Produktmerkmal und Fertigungsprozess betrachtet, so ist die Zuordnung ausgesprochen einfach, allerdings trifft dies längst nicht immer zu: „Fertigung“ ist nur eine Ausprägung von „Prozess“. Oft gibt es gar keinen Prozess im Sinne von „die eine Handlung, die nach dem Design erfolgen muss“. Die ebenso häufige Ausprägung der „Montage“ lässt sich schon nicht mehr so einfach einem Merkmal eines Teils zuordnen. Erst recht nicht, wenn die Teile an extern gelieferte Komponenten montiert werden, die nicht Teil einer verfügbaren Design-FMEA sind.

Daraus folgt, dass eine Verknüpfung zwischen beiden FMEA-Arten auch mit dem harmonisierten Ansatz nur dort sinnvoll hergestellt werden kann, wo Produkt- und Prozessmerkmale wirklich in einem Zusammenhang stehen. Besteht dieser Zusammenhang nicht, helfen weder Methode noch Werkzeug. Ein Produktmerkmal wie etwa „Partikelfreiheit“ kann zwar als Anforderung an ein Produkt festgelegt sein, es wird aber durchweg vom Prozess erzeugt – dort, wo auch das Phänomen „Staub“ real vorliegt. Konstrukteure kennen und betrachten dieses ganze Phänomen in ihren virtuellen 3D-Werkzeu-

gen praktisch nicht, weshalb ein Fehler wie „Bauteil verschmutzt entwickelt“ praktisch niemals in DFMEAs berücksichtigt wird.

Wir empfehlen, PFMEAs in den Ablauf einzubetten, um alle Aktivitäten optimal zu steuern: zuerst den Lenkungsplan und dann die Arbeitsanweisungen, einschließlich vorbeugender Wartungsmaßnahmen (s. Bild).

Zu den Lessons Learned der 80er-Jahre gehört, dass Fehlerarten nicht einfach Negationen der Ausprägungen von Merkmalen sind. Bei PFMEAs, insbesondere von bestehenden (aber an neue Anforderungen anzupassenden) Prozessen, ist Historienwissen erfahrungsgemäß meist zielführender als Mutmaßungen aus Brainstorming oder Kreativ-Workshops. Einen technischen Prozess zu betreiben ist etwas grundsätzlich anderes, als etwa Produkte zu innovieren. Organisationen, die seit Langem bestimmte Produkte herstellen und ihre Prozesse dazu langjährig betreiben, verfügen meist über eine solide Datenbasis zu Fehlern und deren Ursachen. Basierend auf diesen Daten sollten PFMEAs, Produktionslenkungspläne und Arbeitsanweisungen mehrmals im Jahr überarbeitet werden. Erfahrungen mit fehlererzeugenden Ereignissen aus einer Produktionslinie sind deshalb wertvolle Quellen zu deren Vermeidung in allen anderen Linien – auch in neuen Fertigungslinien, die erst noch aufgebaut werden.



P-FMEAs sollten in den Ablauf eingebettet werden, damit alle Aktivitäten optimal gesteuert werden können.

fehlerhaften Einstellung zu bestimmen, die schließlich den Fehler auslösen würde.

Am neuen Vorgehen kann AIAG-Anwendern problematisch erscheinen, dass nicht klar ist, welche der 4M-Kategorien (Maschine, Mensch, Material und indirekt Methode, Messung, Mitwelt) einbezogen werden sollen. Müssten alle Kategorien für alle Fokuselemente und Prozessmerkmale untersucht werden, entstünden endlose Listen und wenig Mehrwert. Außerdem müsste man eine derart umfassende Prozesskenntnis voraussetzen, dass es uns sinnvoller erscheint, diese Spalte des Fokuselements offen zu lassen, bis man bei der Fehleranalyse angelangt ist. Um dieses Problem zu lösen, sollte man sich bewusst machen, dass es um Riskmanagement geht.

Das heißt: Offensichtlich Triviales stellt die Sicht auf Risiken. Ein Indiz dafür ist, dass gedankenlos abgeschrieben werden kann. Das Gegenteil – fehlendes Wissen bzw. Unsicherheit – ist deutlich interessanter: Wissenslücken sind aus Sicht des gewollten präventiven Ansatzes nahezu gleichbedeutend mit hohem Risiko. Genau hier sollte das Team während einer PFMEA genauer hinsehen, bis abgeschätzt werden kann, ob Prozesse beherrscht werden oder Maßnahmen zur Klärung nötig sind. Ob etwas trivial bzw. nutzlos ist oder ein wichtiger und zu klärender Punkt, bedarf einer intelligenten, nicht schematischen Entscheidung, und diese sollte beim Team liegen.

In der neuen FMEA entspricht der Ablauf weitgehend der Strukturanalyse nach der alten AIAG-Methode. Wobei jetzt zusätzlich übergeordnete funktionale Anforderungen der gesamten Produktionslinie und die untergeordneten Prozessschritte bestimmt werden müssen, und nicht nur die Prozessmerkmale im Ford-DCP-Format.

Funktionsanalyse: Der dritte Schritt analysiert die Funktion eines Prozesselements bzw. einer Fertigungsstation (übergeordnetes Element) und die Prozesseigenschaften. Dabei werden die Wechselwirkungen zwischen den Funktionen von Prozesselementen, Prozessschritten und Ursachenelementen mittels der 4M visualisiert.

In der Funktionsanalyse werden die Merkmale bzw. Anforderungen im Prozessflussdiagramm bestimmt und auf die Prozess-FMEA übertragen. Die Funktion der Linie bzw. des Arbeitsplatzes (also des über-

geordneten Elements und der Ursachenelemente / untergeordneten Elemente) wird üblicherweise nicht in den Ablauf eingetragen, obwohl dies einfach zu realisieren wäre.

Fehleranalyse: Nach AIAG begann die Fehleranalyse mit der Bestimmung von Fehlerarten bzw. Fehlern an Merkmalen. Die neue FMEA kategorisiert Fehler etwa nach „Funktionsausfall“, „Teilfunktion“ oder „Funktionsverschlechterung“. Wir sind der Meinung, dass eine solche Fehlerbeschreibung für die DFMEA, aber nicht für die PFMEA geeignet ist.

Viel geeigneter erscheinen uns die Beschreibungen von Fehlerarten an Produktmerkmalen. Das Merkmal „Außendurchmesser“ kann Fehler aufweisen wie z.B. „Außendurchmesser zu groß“, „... zu klein“ oder „unrund“. Würde der Fehler so definiert, könnte sich das Team auf die Suche nach der Ursache konzentrieren und die 4M bestimmen.

Außerdem wird in der Fehleranalyse auch die Fehlerfolge untersucht. Diese muss mit dem Fehler im Design verknüpft werden und direkt auf den Fehler am Endprodukt verweisen.

Risikoanalyse: Die Risikoanalyse dreht sich, wie gehabt, um Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen. Allerdings haben sich die Tabellen zur Bewertung von „Bedeutung“, „Auftreten“ und „Entdeckung“ geändert. Dabei entsprechen die Tabellen „Bedeutung (B)“ und „Entdeckung (E)“ weitgehend der FMEA nach AIAG. Die Spalte „Auftreten (A) der Funktionsursache“ erscheint allerdings fragwürdig, da ihre Bewertung mit „extrem hoch“ über „mäßig“ bis „ausgeschlossen“ sehr unterschiedlich interpretiert werden kann. Auch wenn versucht wird, mit den Spalten „Produkterfahrung“ und „Vermeidungsmaßnahmen“ eine konkretere Beurteilung zu ermöglichen. Nach AIAG hatte man sich hier an der zu erwartenden Anzahl der Fehler orientiert.

Wie schon vorher erwähnt, arbeitet man in den USA schon immer mit der RPZ in Verbindung mit B, B x A und B x A x E, was sich wenig von der Methode der Aufgabepriorisierung unterscheidet. Dennoch weisen die entsprechenden Tabellen deutliche Unterschiede zum AIAG-Ansatz auf. Die AP-Tabellen werden als richtungweisend zur Bestimmung von Prioritäten im Rah-

men der kontinuierlichen Verbesserung bezeichnet. Begründung: Mit ihnen können B, A und E als „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ ausgewertet werden. Darin liegt allerdings auch eine Fehlerquelle: Beispielsweise kann E = 2 mit RPZ = 32 als „niedrig“ (B = 8, A = 2) und zugleich als „hoch“ (B = 2, A = 8) bewertet werden. Der Wert des neuen Standards liegt darin, dass klarer wird: Die Zahlenkombinatorik ist lediglich ein Werkzeug zur Priorisierung von Aufgaben.

Optimierung: Der letzte Schritt kann als erweiterte Fassung des AIAG-Ansatzes verstanden werden. Hier werden Maßnahmen zur Fehlervermeidung und zur Fehlerentdeckung empfohlen. Hinzu kommt der Maßnahmenstatus von „offen“ über „in Umsetzung“ bis zu „verworfen“, der aus der VDA-Methodik stammt. Maßnahmen müssen nachgewiesen und mit anderen Dokumenten verknüpft werden.

Die Strukturanalyse der neuen FMEA folgt dem VDA-Ansatz. Wir würden vorschlagen, den Gebrauch des Prozessflussdiagramms sowohl für die Struktur- als auch für die Funktionsanalyse zuzulassen. So könnte ein FMEA-Team bestimmte Prozessmerkmale mit dem Prozessablauf verknüpfen und direkt zur Fehleranalyse übergehen. Und es würden die gesamte Fertigungslinie oder einzelne Arbeitsplätze im Ablauf visualisiert und die Schritte durch Produkt- und Prozessmerkmale definiert. Das Prozessflussdiagramm könnte auf diese Art Struktur- und Funktionsanalyse abdecken. Damit wäre, sofern eine FMEA-Software verwendet wird, die PFMEA schon teilweise abgeschlossen.

Ein Vorgehen, das auf dem aktuellen FMEA-Entwurf basiert und diesen präzisiert, erscheint daher sinnvoll:

- Scoping unter Einbeziehung aller Schritte und Eigenschaften des Prozesses
- Strukturanalyse mithilfe eines Prozessdiagramms
- Funktionsanalyse mithilfe eines Prozessdiagramms
- Fehleranalyse
- Risikoanalyse
- Optimierung

Der neue sechsstufige Ansatz ist überzeugend, sollte aber den Prozess und die Strukturanalyse explizit einbeziehen. ■