

Droht kreativen Fehlervermeidungskonzepten mit der FMEA-Harmonisierung ein institutionalisiertes Mobbing?

## Das AIAG- und FMEA-Handbuch ist am 3. Juni 2019 erschienen (Rotband)

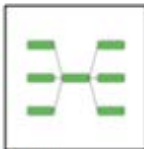

Die "Sieben Schritt"-Methodik beeindruckt insbesondere mit gesteigerter Komplexität und zusätzlichem Arbeitsaufwand. Der Kern des "Alignments" präsentiert sich als "VDA 96 reloaded", einem gedanklichen Ansatz, der inzwischen über 20 Jahre alt ist.

Chancen auf den großen Wurf wurden durch das Festhalten an der missglückten "System-FMEA" leider verpaßt. Kann ein Verfahren, welches auf starre dreistufige Formular-Ungetüme im DIN A 0 Format setzt, tatsächlich zukunftsweisend sein?



## Aufschlußreich: Funktions- und Fehlernetze werden im Rahmen der faktischen Reduzierung auf drei Betrachtungsebenen heimlich aufs Abstellgleis geschoben.

Bei genauerem Hinsehen im FMEA-Leitfaden zeigt sich zu diesem Punkt die etwas verborgene Formulierung "..... Netze UND/ODER Arbeitsblatt, Parameterdiagramm, Matrix ..."

	Schritt 3 Funktionsanalyse	Schritt 4 Fehleranalyse	
			
	Überblick über die Funktionalität des Produkts	Einrichtung der Ausfallkette (potenzielle Ausfalleffekte, Ausfallmodi, Ausfallursachen) für jede Produktfunktion (Schritt)	Zwei Übersicht (vorher zu den Ausfall)
	Visualisierung der Produktfunktionen mithilfe einer Baumstruktur (Funktionsnetz), Funktionsmatrix und/oder eines Parameterdiagramms	Visualisierung von Produktausfallbeziehungen (Ausfallnetze und/oder FMEA-Arbeitsblatt)	
	Zuweisung von Anforderungen zu Funktionen und Funktionen zu Systemelementen	Erstellung von Ausfallstrukturen durch Verknüpfung der Ausfälle in der Ausfallkette	Keine Haupt für jede
	Auffächerung der Kundenfunktionen (extern und intern) auf die zugehörigen Anforderungen	Identifizierung von Produktstörfaktoren oder Verwendung eines Fischgräten-Diagramms, Parameterdiagramms oder Ausfallnetzwerks	
		Zusammenarbeit zwischen Kunde und Lieferant (Ausfalleffekte)	Zwei Runde (siehe oben Funktions Netz)
	Grundlage für den Ausfallanalyseschritt	Basis für die Aufzeichnung der Ausfälle im FMEA-Formblatt und Risikoanalyseschritt	Einzel Proble

Diese Entdogmatisierung geht auf die U.S. Verhandlungspartner zurück und ebnet primär kleinen Zulieferern einen Weg zu pragmatischen Lösungen.

Fehlernetze sind extrem zeitaufwendig und liefern überaus fragwürdige Ergebnisse (detaillierte Expertise hierzu im Kompendium ab Seite 3).

Die Netzmethodik erzwingt zudem die Ausarbeitung von sog. "Schnittstellen-FMEAs".

Folgerichtig ist es opportun, die wertvolle Zeit vorzugsweise in nutzbringende Aufgabenfelder der FMEA (saubere Trennung externer und interner Funktionen, 7M Fehlerursachenermittlung u. dgl. m.) zu investieren.

Im Netzsystem ist die Fehlerart der Fokusebene Ursachenlieferant für die nächst höhere Stufe. Dies gilt unter erheblichen Einschränkungen allenfalls für die Kundenbetriebs-FMEA, jedoch keineswegs für Prozeß- und Design-Analysen.

Die Formel "grafische Modellierung statt Formblätter" ist zum Fetisch avanciert. Dabei ist die in der betrieblichen Praxis längst falsifizierte 96er Netzdoktrin nach vieljährigem Lobbyismus in perfektionierter Mittelmäßigkeit erstarrt. Ironie: Nun haben wir Formulare mit mehr als 30 Spalten.

## **Die arbeitsintensive FMEA-Schablone der "Sieben Schritte"**

### **Schritt 1 (Scoping):**

Die Erfassung von Stammdaten und Aufgabenstellungen gehört zu jedem Projekt, ebenso wie die Nutzung bereits vorhandener Vorlagen und Templates, die den Analyseumfang statuieren.

### **Schritt 2 (Strukturierung):**

Vernünftigerweise ist jedes Projekt in überschaubare Einheiten zu clustern bzw. zu segmentieren. Entscheidend ist jedoch der Gesichtspunkt der Wiederverwendbarkeit (modulares System, Variantentauglichkeit), welcher im Rotband leider in keiner Weise Berücksichtigung fand.

### **Schritt 3 (Funktionsnetz):**

Funktionsbestimmungen müssen sauber erfolgen, Tree Charts bringen allerdings keinerlei Nutzen, Funktionsblockdiagramme liefern den Beweis für die Unzulänglichkeit hierarchischer Netze. Eine sinnvolle Innovation stellt hingegen das im Leitfaden beschriebene "Parameterdiagramm" dar.

### **Schritt 4 (Fehlernetz):**

Leistet nur der These Vorschub, man dürfe Fehler vom Gesamtprodukt über das Netz nach unten, zu den kleinsten Einheiten (Einzelteil, Material, Prozebelement etc.) "durchreichen".

### **Schritt 5 (Bewertung):**

Die Risikobewertung ist durch das FMEA-Schema seit Anbeginn der Zeiten vorgegeben, die AP ist jetzt neu, wird aber durch die Komplexität der dahinterstehenden Tabellen eine erheblich erschwerte Vergleichbarkeit des Risiko-Levels verschiedener Lieferanten nach sich ziehen.

### **Schritt 6 (Optimierung):**

Maßnahmen an Risiko-Schwerpunkten anzusetzen ist kein Novum. Schön wäre es, wenn das neue FMEA-Formblatt bei Systemen mit mehr als drei Hierarchiestufen dafür auch die Wurzelursachen und Endfolgen hergeben würde. Dieses ist in der vorliegenden Form jedoch nicht gewährleistet.

### **Schritt 7 (Dokumentation, Reporting):**

Ist eine Selbstverständlichkeit. Auswertungen zu Risikorangfolgen und Maßnahmenständen gibt es heute in jeder vernünftigen Software. Auch hier sorgt die AP für Unklarheiten. Neben (R)PZ, AxB und Risikomatrix (RMR) tritt jetzt noch ein zusätzlicher Bewertungsfaktor auf den Plan.

## **Lösung: Aufwandreduziertes Schnellverfahren - budgetrahmenfreundlich**

### **Konzentrieren Sie sich zur Erfüllung von Normforderungen auf die folgenden Punkte:**

- Zieldefinition in den FMEA-Stammdaten
- Saubere Strukturierung des Prozeßablaufes bzw. des Produktes (hierarchisch)
- Erstellung von Parameter- und Störgrößendiagrammen, ordentliche Funktionsherleitung
- 3-stufige Grafik zu Fehl(-funktions)zusammenhängen auf Basis der Spalten FF / FA / FU
- Verwendung der AP (Action Priority) für Bewertungszwecke (ist jetzt unumgänglich)
- Abdeckung des neuen VDA/AIAG-Formularformats zur Befriedigung von Abnehmerforderungen
- Konsequenz nachvollziehbare Maßnahmenverfolgung und Auswertungen auf Basis der AP

### **Für die Effizienz eines Software-Werkzeuges sind drei Faktoren entscheidend:**

- einfache Bedienung
- Variantenfähigkeit (Baukastensystematik)
- Gebrauchstauglichkeit für den betrieblichen Alltag, adäquate Umsetzung sämtlicher Kernpunkte des o.g. Schnellverfahrens

MBFG GMBH & CO. KG  
WWW.RISIKOANALYSE.COM  
MBFG.GMBH@T-ONLINE.DE

## Bestandsaufnahme zur FMEA auf Basis von Funktions- und Fehlernetzen

(am Beispiel der Design-FMEA)

### FAKT 1: Die Grundannahmen für (Fehl-)funktionsnetze lassen sich wie folgt beschreiben:

Das Drei-Säulen-Prinzip der Funktions- und Fehlernetze basiert auf den Prämissen

- A) **Funktionale Beziehungen lassen sich durch einen Funktionsbaum darstellen, der über eine Strukturstückliste gelegt wird.**
- B) **Ein Fehler definiert sich als Funktionsausfall bzw. Funktionsabweichung**
- C) **Die Fehlerfortpflanzung verläuft entlang der Funktionspfade**

**Alle drei Hypothesen sind unzutreffend bzw. greifen zu kurz**

- A) **Funktionszusammenhänge sind nicht durch primitive Baumstrukturen abbildbar, insbes. werden Interaktionen zwischen Systemkomponenten ignoriert.**

Vgl. dazu wörtliches Zitat von Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. T. Pfeifer, RWTH Aachen :

*„Es existieren möglicherweise aber kausale Zusammenhänge, die aus dem funktionalen Schema nicht ersichtlich sind. Es sind dies Querverbindungen, die zu benachbarten Teilen derselben Hierarchiestufe oder sogar über mehrere Hierarchiestufen wirken können. Im Gegensatz zu der Teilehierarchie in der die funktionalen Zusammenhänge der Systemkomponenten i.d.R. in Form einer Baumstruktur darstellbar sind ist die Struktur der kausalen Wechselwirkungen der Systemteile komplexer.“*

- B) **Fehler sind von Zustandsveränderungen (Aggregatzustand, mechanische Eigenschaften, Ortsveränderung innerhalb des Systems etc.) der Bauteile begleitet, die erheblichen Einfluß auf Teilverhalten und Fehlerfortpflanzung ausüben. Im Fehlfunktionsnetz finden Zustandsänderungen keine Beachtung.**

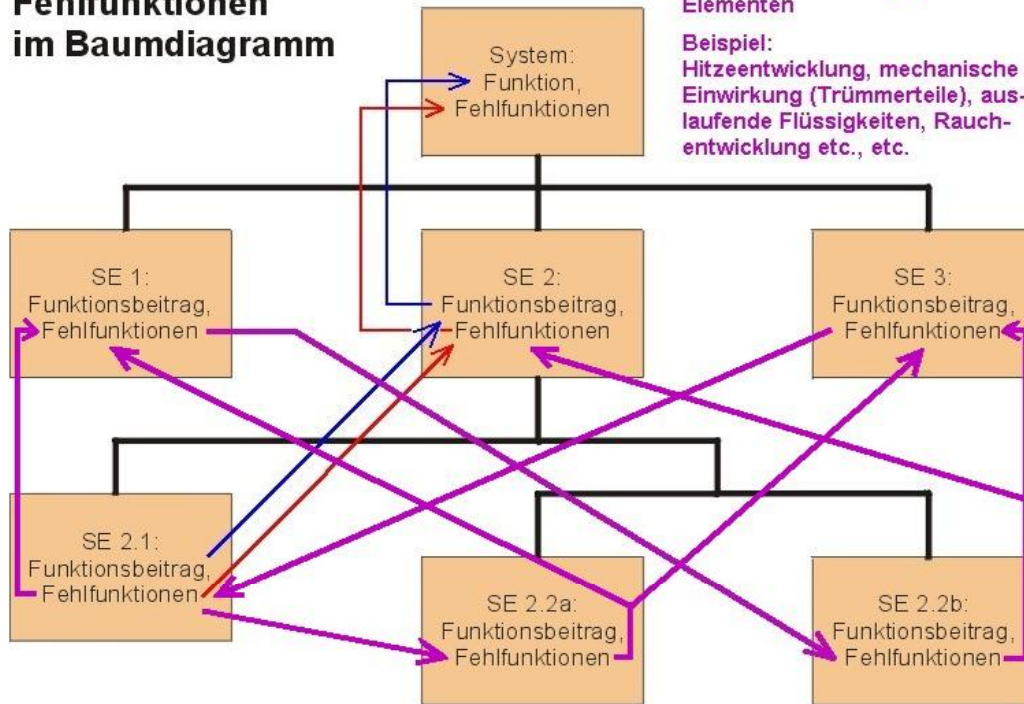
*Fehler können von physikalischen (z.B. lose Teile, Funkenschlag, Wärmeentwicklung), chemischen (Säureaustritt, explosive Gase) und ggf. biologischen Wirkungen (Kontamination) begleitet sein. Die Funktionsspezifikation aus einem Pflichtenheft für sich allein genommen liefert keine belastbaren Grundlagen für Gefahrenszenarien. Der konzipierte Sollzustand ist im Eintrittsfalle eines Fehlers schnell aufgehoben und es entstehen ungeplante Bauteil-Wechselwirkungen. Ein Fehler kann weitaus mehr sein als eine Nicht-Funktion oder gestörte Funktion. Zudem bleiben unerwünschte Funktionen (Wärme, Abgase, ...) im (Soll-)Funktionsnetz unberücksichtigt.*

- C) **Störabläufe sind leider nur zu einem kleinen Teil an Funktionszusammenhänge gebunden, Fehlerketten pflanzen sich auch außerhalb der Baugruppenhierarchien und deren Funktionsgrenzen fort.**

*Die Trümmerteile eines geplatzten Reifens beschädigen räumlich benachbarte Systemelemente ungeachtet funktionaler Zusammenhänge (Beispiel Feuer an Bord der "Concorde" infolge Reifenplatzer mit Beschädigung der Tragflächentanks und Funkenbildung an durchtrennten Kabeln). Dies sind die sog. "Dominoeffekte"... Der bloße Funktionsverlust des Reifens ist zur Fehlerfolgenabschätzung untauglich, die Gefahrenszenarien für funktional völlig unabhängige Elemente können weitaus gravierender ausfallen als die Beeinträchtigung der vernetzten Sollfunktionen selbst.*

- **Damit erweisen sich alle drei Säulen der Fehlernetz-Methodik als nicht tragfähig im Sinne der Risikoanalyse**

## System Funktion, Funktionsbeiträge Fehlfunktionen im Baumdiagramm



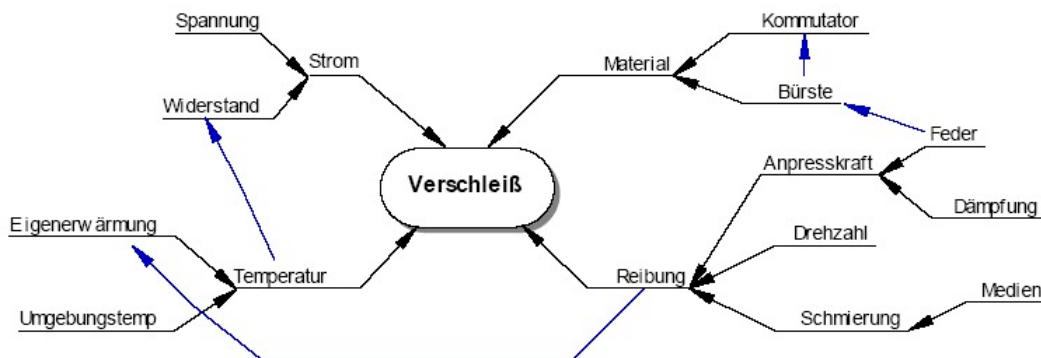
Fehlerbeziehung zwischen räumlich benachbarten, jedoch funktional unabhängigen Elementen

Beispiel: Hitzeentwicklung, mechanische Einwirkung (Trümmerteile), auslaufende Flüssigkeiten, Rauchentwicklung etc., etc.

Beispiel für Wechselwirkungen und Quervernetzungen :

### Einbeziehung von **Querverbindungen (Relationsdiagramm)**

Bei näherer Betrachtung der vorhergehenden Struktur wird schnell klar, dass es weitere Abhängigkeiten gibt. Der Widerstand ist von der Temperatur und die Reibung von der Eigenerwärmung abhängig, usw.



## **FAKT 2: Die Fehleranalyse auf Basis von Funktionsbäumen birgt methodische Gefahrenquellen und ist nicht variantenfähig**

Es ergeben sich viele Fußangeln, die das Ergebnis der Risikoanalyse gefährden, z.B.:

- Nach Abschluß der Funktionsanalyse bewegt sich die Fehleranalyse in durch die benannten Funktionen vorgezeichneten Bahnen (rein mechanischer Verknüpfungsschematismus). Die kreative Fehlerbetrachtung der FMEA im eigentlichen Sinne bleibt dabei auf der Strecke. Ein noch nicht abgefangener Fehler könnte als Ergebnis der induktiven (BOTTOM UP, umgekehrte Denkrichtung) FMEA-Betrachtung zur (notwendigen) Spezifikation einer *neuen Sicherheitsfunktion* führen.

Aber nicht mit der Fehlernetz-Methodik, dort haben sich Fehler in der Bearbeitungsreihenfolge der Funktionsauflistung unterzuordnen. Man hätte einen solchen Fehler somit gar nicht beschrieben und entdeckt (weil im Fehlernetz die Devise gilt: "kein Fehler ohne vorherige Funktion". Die noch nicht vorhandene *Sicherheitsfunktion fehlt im Netz deshalb als Anstoß* zur Aufdeckung dieser kritischen Ausfallmöglichkeit).

- Auch "unerwünschte" Funktionen (Abgase etc.) können Gefahrenherde sein, bleiben jedoch in der an Sollfunktionen orientierten Baumstruktur unberücksichtigt .....
- In vielen Unternehmen bildet die Variantenvielfalt und deren Beherrschung mit flexibel austauschbaren FMEA-Standardmodulen ein wichtiges Rationalisierungskriterium.

*Genau hier versagt die Fehlernetzmethodik.*

### **Dazu ein kurzes Rechenbeispiel :**

Angenommen, Funktionen und Fehler werden auf Basis miteinander in Beziehung stehender Matrizen, von Ebene zu Ebene verknüpft. Daraus wird dann ein FMEA-Formular angeblich "automatisch" generiert. Aber was bedeutet dies in der Praxis?

BEISPIEL: Standard-Prozessschritt oder Bauelement mit z.B.: 4 Funktionen und jeweils 3 dazugehörigen Fehlerarten (Fehlfunktionen). Ergibt insgesamt 16 zu verknüpfende Adressen (12 Fehler plus 4 Funktionen).

In der höheren Ebene (Baugruppe) oder Prozessabschnitt z.B.: 8 Funktionen mit jeweils 3 Fehlern. Ergibt 32 Adressen (für Baugruppen eher sehr niedrig gegriffen ...).

Jetzt wird das Standard-Prozessschritt Element gelöscht und durch ein aktualisiertes ersetzt (z.B. manueller Prozess-Arbeitsschritt durch einen automatisierten, oder Einzelteil durch ein anderes).

Der gelöschte Schritt war in z.B. 20 übergeordneten Prozessabschnitten (oder Gesamtprozessen) als Standardelement enthalten.

Erforderlich wird jetzt logischerweise der Austausch aller 20 Baustein-FMEAs (20 x in der höheren Ebene den alten Schritt löschen und den neuen stattdessen einklinken).

Jetzt kommt die ZUSATZARBEIT: Die (allesamt neuen) Funktionen und Fehlfunktionen des neu kreierten Prozeßschrittes bzw. Bauelementes sind nun noch nicht mit der nächst höheren Ebene verknüpft, sie "hängen noch in der Luft".

### **Es kommt also hinzu:**

Verknüpfungs-Matrix mit vertikaler Achse 16 Adressen und horizontaler Achse 32 x 20 = 640 Positionen, ergo summa summarum 10240 Kreuzungspunkte, über die einzeln entschieden sein will, ob eine Relation besteht oder nicht.

Da kann man nur viel Geduld beim Setzen der Zuordnungs-Häkchen wünschen.

**Und:** Bitte keine Flüchtigkeitsfehler dabei, denn falsch eingetragene Relationen wandern unreflektiert ins Formblatt, wo sie in mehrseitigen Ausdrucken allzu rasch beim Querlesen (falls dieses überhaupt stattfindet) übersehen werden ...

Übrigens:

Die Übertragung einer Zuordnungsmatrix oder kompletter Spalten als Ganzes auf ein "ähnliches" übergeordnetes Element zur Zeitersparnis kann und wird nicht funktionieren (ist nicht verantwortbar), da immer Unterschiede in einzelnen Formulierungen und Struktur der Inhalte der darüberstehenden Variante vorhanden sein können.

## **FAKT 3: Strukturübergreifende "Schnittstellen" sind heute in komplexen (mechatronischen) Systemen nicht die Ausnahme, sondern die Regel**

Elektrische Leitungsverbindungen, optische Signalgeber, Reibradverbindungen und Treibriemen, Funksteuerung, ..... etc. schaffen zahllose funktionale Quervernetzungen zwischen Systembaumästen, die bereits im Falle des fehlerfreien Idealzustands des Systems keine übersichtliche Darstellung der Funktionsbeziehungen in Form primitiver Funktions-/Fehlerbaumstrukturen erlauben.

*Damit wird entweder in der Form umgegangen, daß Quervernetzungen negiert (nicht zugelassen) oder - wenn sie denn erlaubt sind - diese im Fehlernetz nicht als strukturübergreifende Quer Pfeile dargestellt werden (wäre dem Anwender gestalterisch nicht zumutbar).*



*Also wird als Notbehelf die gesamte quervernetzte Unterstruktur als redundanter Systembaustein adressiert und somit im Fehlerbaum-Ausdruck unvermeidlicherweise mehrfach wiedergegeben (verklausuliert als sog. "Schnittstellen-Elemente") Bei zahlreichen Querverknüpfungen geht damit die Übersicht im Baum vollständig verloren, einzelne Hardware-Netzstrukturen zu Bauteilen erscheinen doppelt und dreifach im Fehlerbaum verteilt.*

*Somit wird ein Kernversprechen, nämlich die übersichtliche Visualisierung von Störfallabläufen (Fehlerfortpflanzungsmechanismen), trotz großem Aufwand nicht eingelöst. Gar nicht zu reden von interagierenden Software-Komponenten und K.I.*

*Dieses Dilemma wird im folgenden Schaubild für eine "Steuerungseinheit" mit integrierter Sensorik verdeutlicht:*



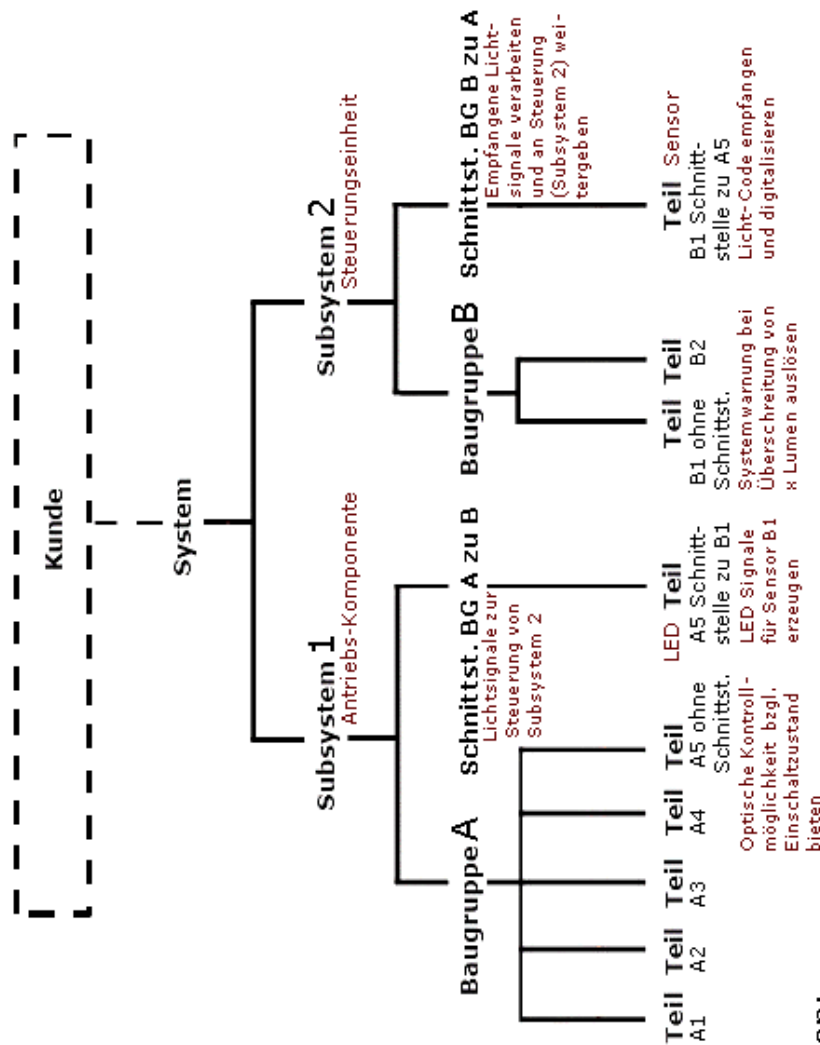
# Systemstruktur und "Schnittstellen"

Schritt 3	Schritt 4
<b>Funktionsanalyse</b> 	<b>Fehleranalyse</b> 
Überblick über die Funktionalität von Produkt oder Prozess  Visualisierung der Produkt- oder Prozessfunktionen mit Hilfe einer Baumstruktur (Funktionsnetz, Funktionsmatrix und/oder eines Parameterdiagramms)  Zuweisung von Anforderungen zu Funktionen oder Merkmalen und Funktionen zu System- oder Prozesselementen  Herunterbrechen und weiterreichen der Kundenfunktionen (extern und intern) auf die zugehörigen Anforderungen	Erstellung der Fehlerkette (Fehlerfolgen, Fehlerart, Fehlerursachen) für jede Produkt- oder Prozessfunktion (Prozessschritt)  Visualisierung der Fehlerkette vom Produkt oder Prozess (Fehlernetze und/oder FMEA-Arbeitsblatt)  Erstellung von Fehlerstrukturen durch Verbinden der Fehler in der Fehlerkette

Probleme, die aus diesem Beispiel deutlich werden:

Schnittstellen-Systemelemente versagen im Funktionsnetz, weil

- bei System-Ast übergreifenden Schnittstellen die funktionsabhängige Fehlerfortpflanzung (aus LED defekt) über das "passive" (fehlerfreie) Element (Sensor) im Fehlernetz nicht weiterverfolgbar ist (es besteht keine Quervernetzung). Der Defekt an der LED wirkt sich aber im Subsystem 2 (Steuerungseinheit) aus ...  
 Im Formblatt zur LED steht dann nur noch als Folge "Lichtsignale zur Steuerung von Steuerungseinheit nicht erzeugt", was für weitere Konsequenzen das hat, bleibt im Dunkeln. Oder man muß doch wieder in beiden Systemmästen die Daten erfassen (redundant, mit Gefahr vergessener Aktualisierungen korrelierender Einträge).
  - Wie wird vorgefahren, wenn der Lichtkontakt durch Rauchgase unterbrochen ist? Müssen dann für die Analyse Umgebungsfaktoren als zusätzliche Systemelemente parallel zu den Einzelteilen definiert werden?
  - Die Lage verkompliziert sich darüberhinaus, wenn der Sensor Daten an ein weiteres Subsystem-Element (Schnittstellen-Verkettung) weiterleitet. In diesem Fall scheitert der Anspruch auf Übersichtlichkeit und fehlernetzgestützte Folgenprognose endgültig.
- Erkenntnis: Trotz immensem Aufwand sind Fehlernetze nicht in der Lage, komplexe Zusammenhänge abzubilden



## FAKT 4: Fehlfunktionsnetze bedeuten einen wirtschaftlich unvertretbar hohen Erstellungsaufwand

Ein Fehlfunktionsnetz stellt die Synthese aus Fehlerbaumanalyse und Ereignisablaufanalyse dar. Diese beiden Verfahren wurden als Detailanalysen bislang nur für wichtige singuläre Folgen (Fehlerbaum) bzw. Startereignisse (Ereignisablauf) empfohlen (vgl. DIN 25424 / FBA und 25419 / EAA). Die Ausfalleffektanalyse (DIN 25448), der Urvater der FMEA, sollte sicherstellen, daß ein gesamtes System in der Entwurfsphase unter geringstmöglichen Aufwand auf Schwachstellen untersucht wird. Für daraus sich ergebende wichtige singuläre Schwachpunkte sollte dann nachgelagert, also nur bei Bedarf, z.B. die Fehlerbaumanalyse als Detailbetrachtung durchgeführt werden.

- Im Fehlernetz-Konzept wird dieser vernünftige Denkansatz auf den Kopf gestellt. Plötzlich soll es Sinn machen und wirtschaftlich vertretbar sein, gleich von Anfang an alle denkbaren Endfolgen in einen Pseudo-Fehlerbaum einzubeziehen ...
- Der Denkfehler: *Im Rahmen eines Totalsystems werden sämtliche Äste rückverfolgt*
- Die Konsequenz: Der FMEA-Erstellungsaufwand steigt um ein **Vielfaches** an (wurde bereits öfters in Anwenderforen zur FMEA-Methodik vorgebracht und hat seine Ursache in den umfangreichen Datenerhebungen für die Netzerstellung). Wenn man nach der "traditionellen" FMEA-Methode von ca. 10 Teamsitzungen für ein kleines bis mittleres Analyseobjekt ausgeht, was rechtfertigt dann einen Personalkostenaufwand für 25 oder 30 Sitzungen? Nebenbei: Der Begriff "Fehlerbaum" ist mangels UND/ODER-Betrachtungen ohnehin nicht gerechtfertigt ... Dennoch ist der Erstellungsaufwand für das pseudowissenschaftliche "Fehlernetz" enorm.

Die Fakten 1 - 3 belegen, daß diesem unter Fehlfunktionsnetzen erhöhten Zeitaufwand systemimmanent kein tatsächlich greifbarer Nutzen gegenübersteht. Vielmehr drohen falsche Schlußfolgerungen aus der invertierten Herangehensweise.

## FAKT 5 : Fehlfunktionsnetze behindern die Ursachenanalyse

Nachdem im Fehlernetz die Fehler an Funktionen und diese wiederum an Systemelemente gebunden sind, ergeben sich Probleme auf der Ursachenebene. Die Grundursachen liegen zumeist im organisatorischen Bereich, menschlichem Versagen, Umwelt- und Umgebungseinflüssen, etc.

Diese Einflußfaktoren sind systemanalytisch nur schwer faßbar und entziehen sich einer schematisierten *funktionsabgeleiteten* Fehlerbetrachtung. Es fehlen schlicht und einfach die "Hardware-Ebenen" an denen man die Fehlfunktionen dieser Faktoren verankern könnte ("Systemelement Mensch"?, "Systemelement Umwelt"?, "Systemelement Organisation"? ... Machbar, aber mit Konsequenzen, s. nächste Seite ...).

Diese Problematik stellt sich nicht nur auf der untersten Systemstufe, sondern, weitaus unangenehmer, auch auf allen mittleren und oberen Systembetrachtungsebenen, eben genau dort, wo man die Darstellung der Zusammenhänge zum Wohle der Übersichtlichkeit doch von artifiziellen Pseudo-Systemelementen möglichst freihalten möchte ...



Dort, wo es also am wichtigsten wäre, bei der Ursachenanalyse, versagt die Fehlernetz-Methodik. Es werden:

- a) Elemente für Mensch, Maschine, Material etc. geschaffen, die als Funktionseintrag keine tatsächliche Funktion, sondern lediglich die Detaillierung zum 7M-Element beinhalten (z.B. Maschinen-/Materialtyp, Handlungselement). Ungenau und inkonsequent im Sinne eines Funktionsnetzes ...
- b) Die Gesamtzahl der erforderlichen Systembaum-Bestandteile steigt explosionsartig an (7M Faktor-Elemente zu jeder Komponente auf allen Hierarchiestufen ...)
- c) Will man b) vermeiden, wird die Analyse für Fokuselemente auf den mittleren Ebenen untauglich (z.B. Designfehler in Baugruppen). Wird 7M genutzt, ergeben sich sehr unangenehme Vermengungen von Bauteil- und 7M-Elementen auf den gleichen Ebenen.

## **FAKT 6: In Fehlfunktionsnetzen gibt es ungelöstes Konfliktpotential bei der Ursachenbewertung**

Auf jeder Formularebene darf der User dem Auslöser (Spalte "Fehlerursachen") eine Auftretens-Prioritätszahl zuweisen.

Die Kausalitätskette Fehlerursache → Fehler → Folge mit:  
Fehlerursache / APZ=2 (Auftreten selten)  
Fehler / APZ=6 (Auftreten öfters)  
Folge / APZ=9 (Auftreten ständig)

wäre völlig unplausibel, die Eingabe in dieser Form ist in Fehlernetz-Systemen jedoch möglich ...

Bei diesem einfachen 3-stufigen unvernetzten Beispiel ist die Unplausibilität sofort erkennbar. Wenn ein 7-stufiges (Systemebenen) Fehlernetz besteht, müßte aber jede APZ-Änderung hunderte von Plausibilitäts - Checks in den verzweigt vernetzten Systemebenen darüber und darunter anstoßen, wg. Gefahr von bewertungstechnischen Widersprüchen, denn es gilt:

Es muß mindestens eine APZ in allen darunterliegenden Ebenen geben, die gleich oder höher ist.

Wenn also eine Maßnahme auf die Fehlerursache bezogen deren APZ absenkt, dann ist in den darüberliegenden Ebenen ggf. eine Korrektur vieler "Folge-APZ" fällig, aber nach welchen Kriterien?

Würden diese automatisch korrigiert, zöge das wiederum hunderte von Plausibilitäts-Checks in anderen Ketten darüber und darunter von den korrigierten Elementen nach sich, mit allen Konsequenzen für FMEA-Versionsstandspflege und Änderungsdienst ... *und für die Varianten-/Mehrfachverwendung ...*

→ Auftretensprioritäten dürfen nur als 7M-Faktor dem Fokus-Element zuweisbar sein, (keine Ketten) Abweichungen von diesem Grundprinzip widersprechen der selbst-gestellten Aufgabe einer methodisch sachgerechten Ursachenbewertung.

## **FAKT 7: Fehlernetze sind nicht kompatibel mit FMEA-Formularen**

Man sollte sich schon entscheiden, was man haben will: Fehlerbaum oder FMEA? Software auf Basis von Fehlfunktionsnetzen versucht, beides zu vereinen, ein Versuch der Quadratur des Kreises:

Das Fehlernetz wird für den FMEA-Formulardruck auf eine tabellarische Darstellung umgebrochen. Der Haken dabei, der gerne verschwiegen wird :

In der Spalte „Ursache“ findet sich im FMEA-Formulardruck zur Baugruppe (oder anderen obersten Ebenen, wie etwa „Teilsystem“, „Gesamtprodukt“ etc.) anstatt der tatsächlichen Fehlerquelle (aus der tiefsten Ebene) lediglich die Fehlfunktion aus der unmittelbar darunterliegenden Hierarchie - Ebene, d.h. nur ein Zwischenglied (Symptom) aus der Fehlerfortpflanzungskette.

- Was bringt dem Betrachter ein Formulardruck der als „Ursache“ anstatt der Problemwurzel nur einen isolierten Ausschnitt der Fehlerkette wiedergibt ?
- Die Aussagefähigkeit des FMEA-Formulares wird erheblich eingeschränkt, die Spalte „Fehlerursachen“ verdient auf diese Weise ihren Namen nicht mehr.
- Auf die Bewertungsproblematik zu "Zwischenursachen" wurde in "FAKT 6" ausführlich hingewiesen.
- Das häufig gehörte Argument, jede Abteilung müsse sich um die Beseitigung "ihrer eigenen" Ursachen (Eingangs-/Schnittstellenprobleme) kümmern, diese bewerten und mit Maßnahmen bekämpfen, kann nicht überzeugen :

Der Sinn der FMEA ist und bleibt es, Fehler kausal anzugehen. Das geht rational und wirtschaftlich nur an der Wurzel des Fehlerablaufes (der Fehlerquelle) und nicht in der Mitte der Fehlerfortpflanzungskette.

Wozu Zwischenfehler bewerten und womöglich mit Maßnahmen belegen?  
Wozu die Abkehr vom Kausalitätsprinzip?

*Die Ursache ist simpel: Es ist nicht möglich, verzweigte grafische Modellierungen, die vorrangig der Visualisierung dienen, in Tabellenblätter (FMEA-Formulare) zu pressen. Treppenwitz: Die anschließende Erfassung von Maßnahmen (Optimierung) wird inkonsequenter Weise nicht im Netz, sondern wiederum im Formular vorgenommen.*

Anzutreffende Aussage hierzu in einschlägigen Berater-Foren:

*"Formblätter können immer nur eine Projektion auf Fehlernetze darstellen und werden diese immer unzulässig vereinfachen ..."*

Dem ist nichts hinzuzufügen, außer vielleicht:

Wie kann damit eine Root Cause orientierte Maßnahmenplanung auch nur im Ansatz sichergestellt sein? Wie werden Maßnahmenkonflikte in mehreren Ebenen vermieden?

## **FAKT 8: Prozeß- FMEA und Design- FMEA sind im Fehlfunktionsnetz nicht eindeutig verknüpfbar**

Dieses Problem gibt es nur im streng hierarchischen Fehlernetz:

In der System-FMEA wird der Prozeß häufig als weitere Hierarchiestufe unterhalb der Design-FMEA zu Bauteilmerkmalen (z.B. Radius 5 mm) dargestellt. Dem liegt die Annahme zugrunde, daß ein Prozeßfehler (z.B. Werkzeugverschleiß) die Ursache für einen Bauteilfehler (Radius zu klein) und damit im Rahmen der Fehlerfortpflanzung die Ursache für Funktionsausfälle zu den in der D-FMEA bereits untersuchten Folgenketten für den Kundenbetrieb sein kann.

So weit so gut:

Ignoriert wird jedoch der umgekehrte Fall: Genauso gut kann ein Design-Problem einen Prozeßfehler anstoßen, z.B. nicht montagegerechte Konstruktion, zu enge Toleranzen, nicht fertigungsgerechte Materialspezifikation.

*Wie wird das im Fehlernetz-Konzept abgebildet?*

Durch Fehlerverkettung von Ebene 5 (Design) nach unten zu Ebene 6 (Prozeß)? Wie werden in diesem Fall Redundanzen (Fehler-Kreisläufe, zirkulare Netze) abgefangen? Wie sieht der Fehlerbaum-Ausdruck dazu aus?

## **FAKT 9: Fehlfunktionen mangelt es im Fehlernetz am Attribut der Ausprägungsstärke**

Ein systemimmanentes Problem von Fehlernetzen, das nicht zu unterschätzen ist : Die Motor-Funktion lautet beispielsweise **"Drehzahl 3000 U/min erzeugen"** Fehlfunktionen definieren sich als "Nicht-Funktion", "Unterfunktion", "Überfunktion", "ungewollte Funktion" etc. und sollen im 3. Schritt (nach Definition der Systemstruktur und Funktionszuweisung) zugeordnet werden.

Die Nicht-Funktion kann als 100%ige Unterfunktion verstanden werden. Aber wie steht es mit den partiellen Unterfunktionen selbst?

**Reicht "zu geringe Drehzahl erzeugt" aus? So trifft man es in vielen Lehrbeispielen an, jedoch ist es im Gesamt-Kontext ein gravierender Unterschied, ob die Drehzahl um 3 % oder um 80 % abweicht ...**

Bei 3 % darunter ist der Wasserumlauf im Kühlkreislauf und damit die Kühlleistung nur unmerklich beeinträchtigt, bei 80% Unterschreitung bricht die Kühlung zusammen.

Die Konsequenz: Zur Fehlfunktion reicht als Beschreibung die "Unterschreitung des Sollwertes" nicht aus, bzw. führt in der Folge zu falschen Einschätzungen. Es ist anhand einer solchen Fehlerbeschreibung nicht klar, ob die Folge eintreten wird oder nicht ...

In der Verknüpfungs-Schematik des Fehlernetzes wird man sehr schnell dazu verleitet, von "Reibung" eines Einzelteiles auf die bereits definierte Folge "zu geringe Drehzahl erzeugt" der Baugruppe Motor zu verweisen, ohne sich um eine sorgfältige Quantifizierung und um die weitergehenden Folgenverzweigungen der höheren Ebenen zu kümmern.

Was bleibt zu tun? Etwa 4 Fehlfunktionen definieren, z.B. Unterfunktions-Ausprägung ist schwach/mittel/stark/extrem? Reicht das? Oder lieber 10%, 20%, 30%, ..... 90% ? Dies würde eine Flut von Netzpositionen bedeuten und das Verfahren derart aufblähen, daß es sich selbst lahmlegt. Zum Zeitpunkt der Fehlfunktionen-Zuordnung ist es nicht absehbar, wieviele Graduierungen für spätere Verknüpfungen erforderlich sein werden. Beispiele für konkrete Sollwerte gibt es zahllose: Temperatur, Druck, Drehmoment, Stromstärke, Viskosität etc.

In der "klassischen" FMEA mit verbalen Fehler- und Fehlerfolgenbeschreibungen zu jedem Störablauf (im Formblatt), trat das Problem nicht auf, da die Fehlerbeschreibung mit Ausprägung *erst innerhalb der Gesamtbetrachtung passend zum Kontext* vorgenommen wird und eine mehrfache Referenzierung einzelner Fehlerdefinitionen nicht vorkommt.

## FAKT 10: Paradoxon – Fehlernetze kontra vernetztem Denken

Die Reihenfolge der Bearbeitung: Systembaum – Funktionsnetz – Fehlerableitung – Verknüpfung der Fehler von Systemelement zu Systemelement (Fehlernetz) ersetzt das Denken in systemweiten Zusammenhängen durch eine Froschperspektive.

Bei der tabellarischen FMEA beschäftigt sich das Team mit den Fehlerauswirkungen mit einer Gesamtschau über alle Systemebenen hinweg. Das Ergebnis dieser Betrachtung wird in die Spalte "pot. Fehlerfolgen" eingetragen. TRIZ untertützt die Teamarbeit.

Die Fehlernetz-Methodik stellt dieses bewährte Verfahren in Frage, mit der zweifelhaften Begründung, die Fehlerfortpflanzungs-Betrachtung müsse systematisiert werden, weil sich das Team ansonsten mit Fehlerfolgenabschätzungen zu schwer täte.

Bei der Erstellung eines Fehlernetzes wird die Fehlerauswirkung von Ebene zu Ebene, jeweils nur von einem Systemelement zu dessen übergeordneten Systemelement (z.B. vom Einzelteil zur Baugruppe) betrachtet, wobei sich Fehlernetz und die Gesamtzusammenhänge erst nach und nach "automatisch" ergeben.

Die Gesamt-Fehlerkette wird postum als "Auswertung" des Netzes, aus dessen Einzelverknüpfungen generiert.

In diesem scheinbaren Vorteil liegt ein erhebliches Problem verborgen:

Die Folge eines porösen Dichtringes im Schraubventil des Wasserhahns kann nicht nur darin bestehen, daß der Hahn im zugeordneten Zustand tropft (würde mit Fehlernetz erkannt), sondern auch, daß bei dem Wasserhahn im aufgedrehten Zustand nur ein Rinnsal herauskommt, weil z.B. Bruchstücke des zerbröselten Dichtringes das Sieb verstopfen (wird im Fehlernetz nicht erkannt, weil das keine adressierbare Fehlfunktion der übergeordneten Baugruppe "Schraubventil" ist).

Hier schließt sich der Kreis zu FAKT 1 c), dort sind Kettenzusammenhänge beschrieben, die sich (destruktiv) außerhalb der Funktionszusammenhänge fortpflanzen. Je nach Einsatzgebiet des Hahnes könnte die zu geringe Abgabemenge (z.B. als Waschmaschinenzulauf) ein größeres Problem für das Gesamtsystem darstellen, als das Tropfen.

## FAKT 11: Fehlernetze stehen diametral im Gegensatz zum DRBFM-Konzept

Die DRBFM Vorgehensweise (Design Review Based on Failure Mode) erlebt in jüngster Zeit regen Zuspruch als Zukunfts-Methodik.

Einschlägige Fachaufsätze über die DRBFM-Methodik kommen zur Conclusio:  
*"DRBFM baut auf FMEA auf, sie verankert die FMEA im Entwicklungsprozeß (.....) Dabei sind strenge Vorgaben eher hinderlich. Die Formalismen, die von den Verbandsleitfäden her bekannt sind, erweisen sich bei kritischer Betrachtung nur als sehr untaugliches Druckmittel, Qualität oder zumindest Einheitlichkeit zu erzwingen. Der Rechtfertigungsanteil der Arbeit (mit Qualitätsmethoden) überwiegt dann das, worauf es wirklich ankommt: die kreative Problemlösung."*

Das in Denkkorsetten erstarrte, formalisierte Vorgehen in Form von Funktions- und Fehlernetzen wird in Japan (dem Mutterland von DRBFM) als "unkreativ" eingestuft.

Es verwundert schon, wenn einige Anbieter fehlernetzbasierender Systeme, welche die formularorientierte FMEA als "primitiv" strukturiert abqualifizieren, nunmehr die tabellarische DRBFM Methodik zusätzlich für sich vereinnahmen wollen.

Die sog. System-FMEA leitet seine Berechtigung von der These ab, komplexe Fehlerfortpflanzung sei ohne vorgeschaltete Funktions-/ Fehlernetzherstellung nicht analysierbar. Dann sollte man sich konsequenterweise vom DRBFM-Verfahren distanzieren ...

**Obige Faktenliste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, zu behandeln wären noch :**

- 12. Die Notwendigkeit von "Hardware-Bausteinen" für die Verankerung der (Fehl-)funktionen führt zu einem regelrechten Tsunami an Systemelementen (Afo's, Handgriffe, 7M-Faktoren).
- 13. Im Fehlernetz unzureichende Berücksichtigung der Frage, inwieweit die Folgefunktion tatsächlich von der zugeordneten Eingangsfunktion (und deren pot. Ausfall) abhängig ist. Der Begriff "Funktionsbeitrag" ist keine fundierte Grundlage für belastbare Aussagen.
- 14. Fehlernetze sind nicht agil, sondern zu 100% monolithisch. Nachträgliche Korrekturen von Fehlfunktionsbeschreibungen verbieten sich, denn die Konsequenzen wären unüberschaubar ("hätte ich in Kenntnis dessen nicht mit der niedrigeren/höheren Ebene verknüpft ...").
- 15. Strukturell bedingte Auslassungen nicht funktional gebundener Folgen, wie z.B. Gefahren für Personal und Betriebsmittel, Umweltschäden, Prozeßausfälle, Produktionskosten etc.
- 16. Unabgestimmte Fehlervermeidungsmaßnahmen auf den einzelnen Formular-Systemebenen (Maßnahmenpflege in erzeugten Formularen zielen nur auf "Zwischenursachen" ab).
- 17. Mangelnde Trennung von internen und externen Funktionen. Durch die fragwürdige Umdefinition von Funktionen der nächst höheren Ebene als "extern" und der nächst niedrigeren Ebene als "intern" in Bezug auf das Fokuselement werden Fehlerarten zu Fehlerursachen.
- 18. Die eklatante Verletzung des Grundsatzes der fehlerfreien Eingangs-Schnittstelle (Einzelteil liefert angeblich Design-Ursachen für das übergeordnete Baugruppen-Fokuselement).
- 19. Unzulässige Vermengung der Logik von Kundenbetriebs- und Design-FMEA (Fehler werden auch in der DFMEA vom Gesamtprodukt bis zum kleinsten Einzelteilelement lediglich von oben nach unten "durchgereicht").
- 20. Zahlreiche Fußangeln im Änderungswesen (z.B. Fehlfunktionsbeschreibungen) aufgrund exponentiell ansteigender Überprüfungszwänge in den betroffenen Netz-Knotenpunkten.

u.v.m., keine Fortsetzung an dieser Stelle, da dies den hier gesetzten Rahmen sprengen würde.

**Alle vorgenannten Probleme gelten in gleicher Weise für die Prozeß-FMEA, falls diese ebenso von sog. „Funktionsnetzen" abgeleitet wird.**

(Bsp. zu Quervernetzungen: unerkannte Beschädigung an Fertigungsvorrichtung in Arbeitsfolge 20 führt zu Folgeproblem in Arbeitsfolge 70, für welche die gleiche Vorrichtung Verwendung findet). Die Liste mit "Prozeßschnittstellen und Querverknüpfungen" ließe sich beliebig verlängern.

Um nicht mißverstanden zu werden: Es geht hier nicht um blindwütiges Methoden-Bashing. Aber nach nahezu 25 Jahren muß es erlaubt sein, Denkmauern einzureißen und Bestehendes zu hinterfragen. Es gibt richtungweisende Alternativen, welche in Form einer "digitalen FMEA-Strategie" auf Basis modular organisierter Datenbanken mühelos und schlagkräftig umsetzbar sind.