

Human-FMEA

# Fehlerquelle Mensch

Von Thomas Träger

*Gängige Qualitätsmethoden spüren technisch-systematischen Fehlern in der Fertigung nach. Der Mensch und seine Handlungsfehler werden dagegen als eigenständige Quelle von Fertigungsproblemen oft vernachlässigt. Geringe Fehlerquoten lassen sich aber nur erreichen, wenn auch menschliches Fehlverhalten minimiert wird. Der Beitrag stellt eine modifizierte Human-FMEA im Verbund mit Poka-Yoke als Lösungsansatz vor und berichtet von der praktischen Umsetzung.*

Das moderne Personalmanagement stützt sich auf ein positives Menschenbild. Mitarbeiter werden demnach als grundsätzlich leistungswillig und qualitätsbewusst gesehen. Kommt es dennoch zu Qualitätsmängeln, ist die Ursache daher im betrieblichen Umfeld des Mitarbeiters, der Arbeitsanweisung, der Organisation der Arbeitsaufgabe oder einer Kombination dieser Faktoren zu suchen. Fehler werden als sichtbares Zeichen einer tiefer liegenden Ursache im Fertigungssystem begriffen. Die diesem Menschenbild entsprechende Frage lautet: Was hindert den Mitarbeiter daran, erstklassige und fehlerfreie Leistung in den Fertigungsprozess einzubringen?

## Human-FMEA

Die Antwort zeigt sich, indem man die auftretenden Produktfehler analysiert und auf menschliche Handlungsfehler und deren auslösenden Ursachen zurückführt. Anschliessend lassen sich geeignete Gestaltungsmaßnahmen zur Vermeidung der Fehler ergreifen. Ein Instrument, das

diese drei Schritte systematisch vereint, ist die Human-FMEA von Ekkehart Frieling.

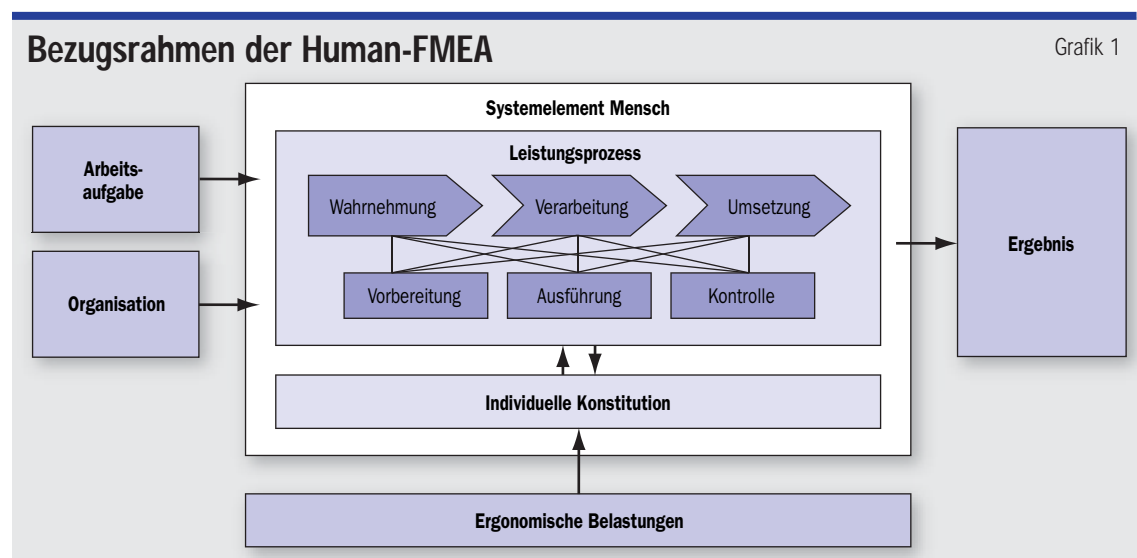
Die Human-FMEA unterstellt folgenden Zusammenhang zwischen scheinbar zufällig auftretenden Produktfehlern und menschlichen Handlungsfehlern: Der Mitarbeiter transformiert die Arbeitsaufgabe unter gegebenen organisatorischen Rahmenbedingungen zu einem Arbeitsergebnis. Dabei läuft im «System Mensch» ein interner Leistungsprozess ab, mit dessen Hilfe der Mensch die Arbeitsaufgabe wahrnimmt, verarbeitet und schliesslich umsetzt. Jeder dieser Prozessschritte kombiniert vorbereitende, ausführende und kontrollierende Handlungselemente. Während der Leistungserbringung wirken Belastungen auf den Menschen ein. Zeitdruck, Hitze, Lärm, falsche

Beleuchtung, aber auch durch monotone Abläufe hervorgerufene Ermüdung stellen solche Belastungen dar. Je nach individueller Konstitution eines Menschen beanspruchen die Belastungen den Mitarbeiter mehr oder weniger stark.

Je grösser die Beanspruchung, desto wahrscheinlicher wird bei gegebener Arbeitsaufgabe und gegebener Organisation das Auftreten eines menschlichen Handlungsfehlers. Nach der in Grafik 1 gezeigten Systematik handelt es sich dabei um Vorbereitungs-, Ausführungs- oder Kontrollfehler. Umgekehrt gilt, dass die Beseitigung ergonomischer und organisatorischer Fehlgestaltungen die auf den Mitarbeiter wirkenden Belastungen vermindert. Dadurch sinkt in der Folge die Wahrscheinlichkeit eines menschlichen Handlungsfehlers.

## Von der Theorie zur Praxis

Eine modifizierte Human-FMEA wurde bei einem Unternehmen der IT-Netzwerktechnik erfolgreich angewendet. Das Unternehmen liefert individuell konfigurierte Netzwerk-Appliances und ist stolz auf sein hohes Qualitätsniveau. Das Streben nach weiterer Verbesserung in Richtung einer 100-prozentigen Qualität war An-



Dr. Thomas Träger, Träger Managementberatung, Vornholzstrasse 26, D-94036 Passau, Tel. +49 (0)851 75 63 86 90, thomas.traeger@traeger-management.de, www.traeger-management.de

lass, die Beseitigung möglicher menschlicher Handlungsfehler im Customizing-Prozess zu untersuchen. Mit Customizing werden die hard- und softwarebezogenen Tätigkeiten bezeichnet, die zu einer individuellen Konfiguration des Produkts an die Kundenanforderungen führen.

## Produktfehler erheben

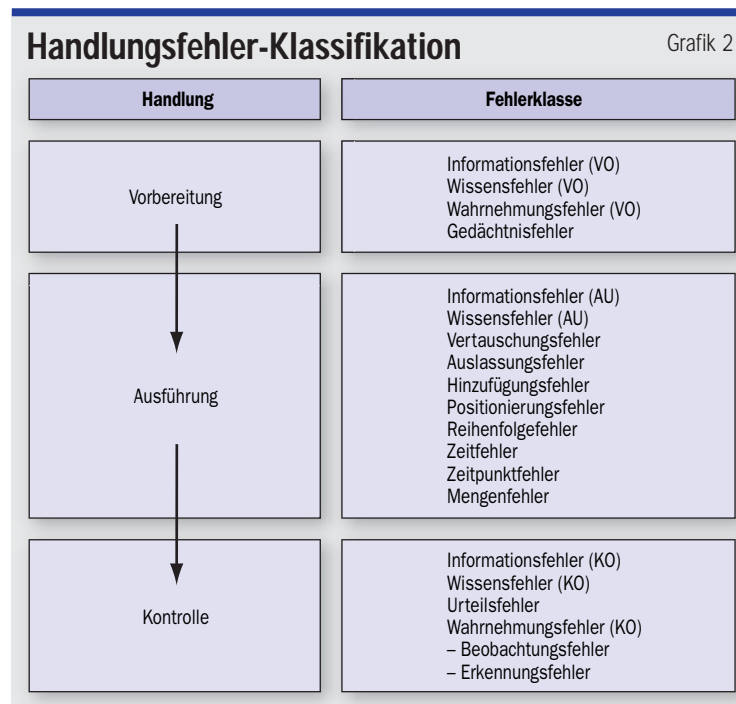
Die Human-FMEA fordert in ihrem ersten Schritt die gründliche Produktfehleranalyse. Dazu protokollieren die Mitarbeiter die Produktfehler und die jeweilige Häufigkeit ihres Auftretens möglichst vollständig und genau.

Bei der praktischen Umsetzung notierten die Mitarbeiter über einen Zeitraum von acht Wochen die Produktfehler, deren Häufigkeit und den Entdecker in einem Erhebungsbogen. Dabei wurden alle Fehler berücksichtigt, das heisst sowohl die Fehler, die intern bei Teststellungen vor Auslieferung entdeckt werden konnten, als auch diejenigen, die in seltenen Fällen den Kunden er-

## Die Wahrscheinlichkeit senken

reicht hatten. Wert wurde darauf gelegt, Fehler («Routing nicht gesetzt») und nicht die allgemeineren Fehlerfolgen («Gerät nicht erreichbar») zu notieren.

Mit zunehmender Erhebungsdauer wurden die Beobachtungen verlässlicher und vollständiger, andererseits kamen laufend «neue», feinere Fehlerarten hinzu. Am Ende der Erhebung wurden die erkennbar rein technisch bedingten Fehler wie zum Beispiel der Ausfall einer Festplatte oder ein defekter Speicherbaustein vom Erhebungsbogen gestrichen. Übrig blieben die durch menschliche Handlungen verursachten Fehler.



## Handlungsfehler klassifizieren

In einem zweiten Schritt klassifiziert die Human-FMEA die Produktfehler nach menschlichen Handlungsfehlern und ermittelt die tiefer liegenden Ursachen. Die Handlungsfehler-Klassen wurden von Algedri/Frieling entwickelt und für den praktischen Einsatz unverändert übernommen (Grafik 2).

Das Team aus Führungskräften und Mitarbeitern wurde von einem externen Moderator und Methodenexperten anhand von Beispielen in der Bedeutung der verschiedenen Handlungsfehler-Klassen unterwiesen. Anschliessend wurde für jeden Fehler eine Zuordnung vorgenommen. Dazu gehörte eine intensive Diskussion, worauf der menschliche Handlungsfehler zurückgeführt werden könnte.

Anschaulich wird dieses Vorgehen an folgendem Beispiel: Manche Netzwerke müssen aufgrund von kritischen Anwendungen hochverfügbar sein und auch im Falle des Versagens einzelner Komponenten weiterarbeiten. Gelöst wird dies durch redundan-

te Auslegung von Netzwerkkomponenten. Diese sind direkt über eine zweite Netzwerkkarte mit einem besonders verdrahteten Kabel («Cross-Over-Kabel») verbunden und überwachen sich gegenseitig. Einer der erhobenen Fehler bezog sich auf dieses Kabel: Statt des Cross-Over-Kabels war mehrfach ein normales Kabel verbaut worden. Entsprechend wurde ein Vertauschungsfehler festgestellt: Mitarbeiter hatten das falsche Kabel gegriffen. Die eigentliche Fehlerursache ist aber, dass Cross-Over- und normales Kabel sich äusserlich nicht unterscheiden, auch nicht am Stecker. Beide verwenden einen identischen RJ45-Stecker und haben die gleiche Anzahl Adern. Da sich aber die innere Verdrahtung unterscheidet, hat ein Vertauschen zur Folge, dass die Netzwerkkomponenten nicht miteinander kommunizieren können.

## Vermeidungsmassnahmen ergreifen

Für jeden Fehler wird nun in einem dritten Schritt der Human-FMEA überlegt, welche Umgestaltungen an der Arbeitsaufgabe,

der Arbeitsumgebung oder ihrer Organisation die Fehlerursache nachhaltig vermeiden können. Wichtige beziehungsweise kritische Fehler sollen dabei vor den weniger schwerwiegenden Fehlern betrachtet werden. Diese Priorisierung nimmt die originale Human-FMEA durch eine für jede Fehlerart berechnete Kennzahl, das sogenannte Produktfehlerisiko, vor.

In der praktischen Anwendung hat sich das Produktfehlerisiko als zu komplex erwiesen, weshalb in einer Modifikation Anleihen bei der klassischen FMEA genommen wurden: Für jede Fehlerart bewertete das Team deren Bedeutung (B) für den Kundennutzen, die Häufigkeit des Auftretens (A) sowie die Möglichkeit zur Entdeckung (E) im weiteren Prozess mit Zahlen zwischen eins und zehn. Dies war insofern einfach möglich, da die Auftretenshäufigkeit bereits vorlag und nur transformiert werden musste. Die Möglichkeiten zur Entdeckung des Fehlers liessen sich ebenfalls gut abschätzen, weil in der Erhebungsphase der Entdecker des Fehlers vermerkt wurde. Entdeckten hauptsächlich externe Kunden den Fehler, deutete dies auf eine schlechte interne Entdeckbarkeit und damit einen hohen Zahlenwert nahe zehn hin. Eine rein interne Entdeckung führte zu einer Bewertung mit eins, also der geringsten Priorität.

Die Bedeutung für den Kundennutzen wurde im Team durch Diskussion ermittelt. Je höher der Zahlenwert, desto stärker war der Nutzen des Kunden-Netzwerks eingeschränkt. Geringe Werte wurden beispielsweise vergeben, wenn der Fehler nur eine Nebenfunktion des Produkts betraf. Alle Zahlenwerte wurden mit den bisherigen Ergebnissen in einem angepassten FMEA-Formblatt vermerkt (Grafik 3).

Die Multiplikation der drei Zahlenwerte ergab für jede Fehlerart einen Risikowert, der zur Unterscheidung vom Produktfehlerisiko der Human-FMEA und der Risikoprioritätszahl einer klassischen FMEA im Projekt als Handlungsprioritätszahl (HPZ) bezeichnet wurde.

**Fehler für Fehler beseitigen**  
Entsprechend der HPZ wurden die Fehlerarten nach Wichtigkeit abgearbeitet. Das Team diskutierte für jeden menschlichen Handlungsfehler Möglichkeiten zu dessen Vermeidung. Betrachtet wurden ablauf- und aufbauorganisatorische Massnahmen ebenso wie die generelle Ergonomie der Situation. Der Fokus lag immer auf pragmatischen Lösungen, wie sie durch Visualisierungen, Checklisten und einfache Umgestaltungen am Arbeitsplatz möglich sind.

Für die oben geschilderte Problematik der Vertauschung von normalen und Cross-Over-Netzwerkkabeln erreichte man

### **Poka-Yoke oder «fehler-sicher»**

eine zukünftige Fehlervermeidung, indem Cross-Over-Kabel nun beidseitig in Steckernähe mit einem grünen Farbring aus Isolierband gekennzeichnet werden und das Farbmerkmal bei Bedarf auch an der Blende der zweiten Netzwerkkarte angebracht wird. Dies ermöglicht eine rasche visuelle Zuordnung sowie Kontrolle und erschwert das unbeabsichtigte Vertauschen.

Allerdings lassen sich auch durch die grösstmögliche Beachtung ergonomischer Erkenntnisse menschliche Handlungsfehler nicht gänzlich ausschalten: Zum einen sind Fehler nach Ansicht

Grafik 3

Angepasstes Human-FMEA-Formblatt										
Firmenlogo	<b>Human-FMEA</b>						H-FMEA-Nr.:			
							Datum:			
	Prozess:						Verantwortl.:			
							Blatt Nr.:			
Fehler	Handlungsfehler	Fehlerursache	B	A	E	HPZ	Massnahmen	Verantwortlich	Termin	

einiger Forscher eine Voraussetzung des Lernens, zum anderen zeigt das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept der Human-FMEA auf, dass auch starke menschliche Konstitutionen bei längerwährender Belastung überbeansprucht werden, ermüden und im selben Moment die Fehlerwahrscheinlichkeit steigt.

Dennoch kann die Arbeit eines Menschen weitgehend fehlerfrei sein. Dies ist immer dann der Fall, wenn der Mitarbeiter selbst seine Fehlhandlung erkennt und korrigiert, bevor Auswirkungen auf Dritte entstehen.

#### **Poka-Yoke: Fehlersicherheit**

Das Erkennen und die Korrektur von Fehlhandlungen wird durch das japanische Poka-Yoke-Konzept unterstützt. Das von Shigeo Shingo entwickelte Poka-Yoke hat die Vermeidung zufälliger und unbeabsichtigter Fehler zum Ziel. Shingos Idee war, die Fertigung mit Hilfe einfacher technischer Methoden gegen die falsche Zuführung eines Werkstücks, das Vertauschen von Teilen oder das Vergessen eines Arbeitsgangs abzusichern. Damit erklärt sich auch der Name von Poka-Yoke, denn übersetzt heisst dies so viel wie «fehler-sicher».

In der Handlungsfehler-Klassifikation der Human-FMEA adressiert Poka-Yoke hauptsächlich

Ausführungsfehler: Eine Nut im Werkstück verhindert Positionierungsfehler, asymmetrisch geformte Stecker das versehentliche Vertauschen der Anschlussstellen.

Ein Poka-Yoke-Ansatz half in diesem Projekt, Reihenfolgefehler zu verhindern. Diese resultierten, wenn der Installationsprozess für die Appliance-Software gestartet wurde, ohne vorher grundlegende Dienstprogramme installiert zu haben. Das Softwarepaket-Management des Betriebssystems sorgt nun dafür, dass durch definierte Abhängigkeiten eine Installation ausser der Reihenfolge nicht mehr möglich ist beziehungsweise sofort augenfällig wird.

#### **Ergebnisse und Nutzen**

Nach Abschluss des Projekts wurden folgende Ergebnisse verzeichnet:

- Das Projekt identifizierte die drei kritischsten menschlichen Handlungsfehler und reduzierte diese in der Folge um bis zu 50 Prozent.
- Mitarbeiter berichten, dass bereits die Beschäftigung mit dem Thema zu einem gesteigerten Qualitätsbewusstsein geführt habe.

Die modifizierte und vereinfachte Form der Human-FMEA reduzierte den Aufwand

zur Erstellung des Formblatts und sorgte für eine gute Akzeptanz des Instruments. Die Beratung durch den externen Methodenexperten beschleunigte den gesamten Prozess.

#### **Fazit**

Die Human-FMEA stellt einen wertvollen Ansatz dar, um im Team systematisch nach Möglichkeiten zur Eliminierung menschlicher Handlungsfehler zu suchen und diese in Kombination mit dem Poka-Yoke-Konzept umzusetzen. Ziel ist es, mit den Mitarbeitern die Hürden für eine fehlerfreie Leistungserstellung aus dem Weg zu räumen und so Spitzenleistung zu ermöglichen.

Erfolg können alle vorgestellten Massnahmen aber nur zeigen, wenn die grundsätzliche Übereinstimmung zwischen der Qualifikation des Stelleninhabers und den Anforderungen der von ihm besetzten Stelle gegeben ist und die Unternehmenskultur den Willen zur stetigen Verbesserung unterstützt. ■

#### **Literatur**

J. Algedri und E. Frieling: Human-FMEA. Menschliche Handlungsfehler erkennen und vermeiden, Hanser Verlag, 2001.  
 E. Frieling, E. Schäfer, S. Störmer und T. Fölsch: Human-FMEA. Innovatives Fehlermanagement, in: MQ – Management und Qualität, Nr. 5, 2003.  
 S. Shingo: Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System, 1986.