

Risikoidentifikation mit Hilfe der Fehlerbaumanalyse (FTA) sowie der Fehlermöglichkeit- und Einflussanalyse (FMEA)



In Theorie und Praxis existieren verschiedene Methoden und Verfahren, um eine systematische und effektive Erfassung aller relevanten Risiken im Unternehmen zu ermöglichen. Während Kollektionsmethoden primär zur Identifikation bereits bestehender Risiken eingesetzt werden, eignen sich Kreativitätsmethoden und analytische Methoden vor allem zur Identifikation zukünftiger und bisher unbekannter Risiken.

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Fehlerbaumanalyse und der Fehlermöglichkeit- und Einflussanalyse, die als analytische Methoden zur Risikoidentifikation gelten, indem sie versuchen aktiv auf die Risikosuche Einfluss zu nehmen.

Die Fehlerbaumanalyse (FTA)

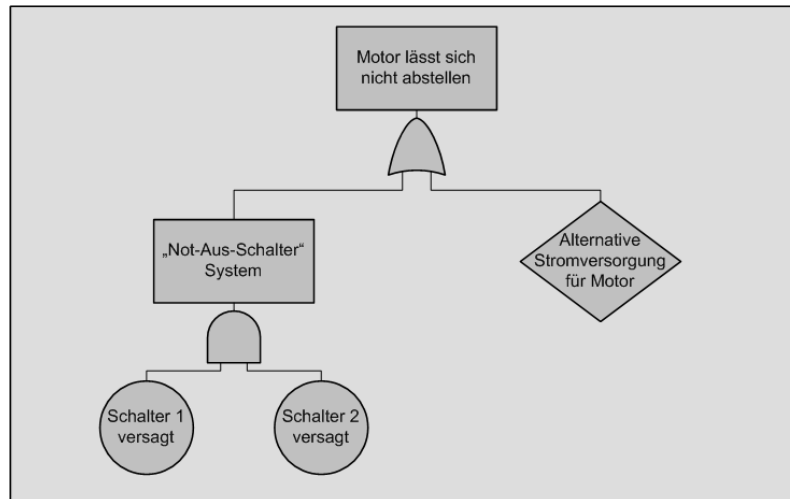
Die Fehlerbaumanalyse (engl. Fault Tree Analysis - FTA) hat ihre Wurzeln im Bereich der Luft- und Raumfahrt bzw. der Reaktortechnik und wird vor allem bei komplexen, sicherheitskritischen Prozessen und Systemen eingesetzt. Erstmals kam die Methode 1961 zur Untersuchung eines Raketenabschuss-Systems zum Einsatz. Sie wird sowohl im Hinblick auf die Suche nach potenziellen Fehlerquellen als auch zur Optimierung und Beurteilung ihrer Sicherheit angewendet.

Ziel der Fehlerbaumanalyse ist die systematische Identifikation aller möglichen Ausfallkombinationen, verstanden als Ursachen, die zu einem vorgegebenen Ergebnis führen. Hierzu gehört die Erstellung eines grafischen Systemmodells, bei dem die unerwünschte Situation an der Spitze steht und die in Frage kommenden Fehlerquellen an der Basis stehen und mit Booleschen Operatoren verknüpft sind.

Nach dieser eher allgemein gehaltenen Definition der FTA soll nun versucht werden, den Bezug zum betriebswirtschaftlichen Risiko- und Qualitätsmanagement herzustellen. Als Beispiel hierfür sei die Produktzuverlässigkeit genannt, wobei der Schwerpunkt auf jenen Teil des integrierten Produktlebenszyklus gerichtet ist, in dem produzierende Unternehmungen nur geringfügigen Einfluss auf die Erzeugnisse haben. Dies entspricht dem Zeitraum kurz nach der Markteinführung, wo sich zeigen wird, in welchem Grad die Produkte dazu beitragen, die Bedürfnisse der Nachfrager tatsächlich zu befriedigen. Wenn hier ein Fehler auftritt, kann dies für das Unternehmen schwerwiegende Folgen haben. Idealerweise werden Produktfehler und damit verbundene Risiken deshalb bereits im Entstehungszyklus erkannt, entweder in der Planungsphase oder aber spätestens in der Testphase, in der Prototypen der zu produzierenden Produkte auf ihre Risiken und Funktionalitäten geprüft werden. Im Rahmen der Produktzuverlässigkeit kommt der FTA als Analyseinstrument zur strukturierten Identifizierung produktbezogener Risiken erhebliche Bedeutung zu.

In der ersten Phase der Fehlerbaumanalyse geht es darum, ausgehend von einem identifizierten Problem, möglichst alle dazu führenden Ursachen zu identifizieren und in einem Ursachensystem

grafisch abzubilden. Zur Darstellung des Ursachensystems wird bei der FTA ein so genannter Fehlerbaum verwendet. Der Fehlerbaum stellt eine Top-Down-Analysetechnik dar. Es ist eine Methode, bei der ausgehend von einem identifizierten Problem oder Risiko schrittweise Verknüpfungen von Ursachen mit den Ursachen der Ursachen usw. stattfinden, bis das Ursachensystem möglichst vollständig abgebildet wurde. Ein Beispiel für einen einfachen Fehlerbaum zeigt die folgende Abbildung:



Grundsätzlich lassen sich zwei Hauptgruppen von Symbolen unterscheiden: Ereignisse (beschriftete Symbole) und logische Verknüpfungen (unbeschriftete Symbole). Für eine ausführliche Erklärung der in der FTA verwendeten Symbole wird auf die in den untenstehenden Literaturangaben aufgeführte Dissertation von Andreas Thums verwiesen. Im Rahmen des Top-Down-Verfahrens wird vom Ereignis «Motor lässt sich nicht abstellen» (Risiko, das analysiert werden soll – auch Top-Event genannt) ausgegangen und alle möglichen Ursachen («Not-Aus-Schalter-System» und «Alternative Stromversorgung für Motor») und Ursachen der Ursachen («Schalter 1 versagt» und «Schalter 2 versagt») für dieses Risiko grafisch dargestellt. In der FTA wird idealerweise nach Gruppen von Ereignissen gesucht (so genannten Cut-Sets), die das Eintreten des Top-Events verursachen. Je mehr Ereignisse in so einem Cut-Set enthalten, desto unwahrscheinlicher ist das Eintreten des Top-Events. Daraus folgt, dass man spezifisch nach so genannten Minimal Cut-Sets sucht, d.h. nach Gruppen von Ereignissen, die eine möglichst geringe Anzahl einzelner Ereignisse aufweisen. Vereinfacht ausgedrückt wird daraus gefolgt, dass Minimal Cut-Sets die wahrscheinlichsten Konstellationen für ein Eintreten des Top-Events darstellen. Selbstverständlich sind in der Praxis die Fehlerbäume sehr viel komplexer, als bei obigen Beispiel. Daher gibt es spezielle Softwarepakete, die es ermöglichen, die Fehlerbäume speziell auch im Hinblick auf die Cut-Sets zu analysieren.

Fehlermöglichkeit- und Einflussanalyse (FMEA)

Entwickelt wurde die FMEA parallel zur FTA in den 1960er Jahren von der NASA und beim Apollo-Programm wurde sie erstmals eingesetzt. Über den Kraftwerksbau hat die Methode später breiten Eingang in die Automobilindustrie gefunden. Mittlerweile findet die FMEA Anwendung bei der Neuentwicklung von Erzeugnissen, dem Einsatz neuer Fertigungsverfahren, Produkten mit sicherheitstechnischen Anforderungen, Änderungen am Erzeugnis, Material oder Verfahren, Änderungen der Einsatzbedingungen bekannter Erzeugnisse, Beanstandungen und Forderungen durch den Kunden.

Im Gegensatz zur FTA – die ein Vertreter der Top-Down-Instrumente ist – gehört die Fehlermöglichkeit- und Einflussanalyse (Failure Mode and Effects Analysis – FMEA) zu den Bottom-Up-Analyseformen. FMEA und FTA sind verbundene Instrumente, die sich gegenseitig ergänzen und in Kombination ihre grösste Wirkung im Hinblick auf die Risikoidentifikation entfalten. Anstatt wie bei der Fehlerbaumanalyse zu untersuchen, welche Produktkomponenten eine gegebene Fehler- oder

Risikosituation (Top-Event) hervorrufen könnten, versucht die FMEA herauszufinden, welche Art von Fehler oder Risiko durch die gegebenen Produktkomponenten ausgelöst werden. Im Rahmen des Qualitätsmanagements wird die FMEA somit verwendet, um das entstehende Risiko durch das Auftreten von Fehlern zu minimieren. Dabei werden potentielle Fehler in Systemen, Konstruktionen und Prozessen analysiert und Massnahmen definiert, um diese so früh wie möglich zu entdecken.

Motiviert wird die FMEA durch das Wissen um den Zusammenhang zwischen Kosten für die Beseitigung von Fehlern und dem Zeitpunkt derer Entdeckung. Als Faustregel wird oft die so genannte Zehnerregel¹ genannt, die besagt, dass sich die Kosten von einem Prozessschritt zum nächsten verzehnfachen. Aus diesem Grund folgt die FMEA der Idee einer präventiven Fehlerverhütung anstelle einer nachträglichen Erkennung bzw. Korrektur.

Abhängig von den unterschiedlichen Hierarchieebenen der Anwendung einer FMEA erfolgt eine Klassifizierung der FMEA in drei Untergruppen. Die klassische Unterscheidung geht von einer System-FMEA (Produktkonzeption), einer Konstruktions-FMEA (Prüfung der Produkte auf Schwachstellen in der Gestaltung oder Auslegung) und einer Prozess-FMEA (Herstellungsverfahren) aus. Die Erkenntnisse aus der Untersuchung auf Systemebene dienen als Grundlage der Konstruktions-FMEA, deren Resultate in die Betrachtungen auf Prozessebene einfließen. Als Ergebnis von Ursache und Wirkung resultiert bei den unterschiedlichen FMEA Arten eine hierarchische Verschiebung, bei der die Fehlerursache zur Fehlerart und die Fehlerart zur Fehlerauswirkung in der nachfolgenden Untersuchung werden.

Zur Erstellung einer FMEA wird innerhalb der Unternehmung ein FMEA-Team gebildet, das aus Mitarbeitern aller betroffenen Abteilungen besteht, um eine gemeinsame Betrachtung aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu gewährleisten. Eine wichtige Rolle spielt in diesem Prozess der Teamleiter, der alle Ergebnisse zusammenführen und anschliessend dokumentieren muss. Anhand eines FMEA-Formblatts soll das Team folgende Fragen beantworten:

- • **Wo** kann ein Fehler auftreten?
- • **Wie** äussert sich der Fehler bzw. wie tritt der Fehler auf?
- • **Was** für eine Fehlerfolge kann sich einstellen?
- • **Warum** kann der Fehler auftreten?

Im Folgenden werden die einzelnen Arbeitsschritte zur Beantwortung der oben genannten Fragen kurz erläutert. In einem ersten Schritt wird das System (Produkt) abgegrenzt und beschrieben. Es kommt zu einer Gliederung in einzelne Systemelemente (Endprodukte, Baugruppen und Bauteile) und der Bestimmung der einzelnen Schnittstellen zwischen den Elementen. Bei der nachfolgenden Fehleranalyse werden den einzelnen Systemelementen potentielle Fehler zugeordnet, die als Einschränkung oder Nichterfüllung von Systemfunktionen definiert sind. Das zentrale Ergebnis der Analyse der Fehlerfolge ist die Auswirkung des Fehlers auf den Endbenutzer des Produktes. Im abschliessenden Schritt der Analyse werden alle Ursachen, die zu dem beschriebenen Fehler führen können beschrieben. Danach werden Massnahmen zur Vermeidung bzw. Entdeckung der einzelnen Fehler und deren Ursachen aufgelistet.

In der nachfolgenden Risikobeurteilung werden die Wahrscheinlichkeit des Auftretens, die Bedeutung der Folgen und die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der einzelnen Fehler bestimmt. Die Bewertung der Fehler wird mit Hilfe der Risikoprioritätszahl berechnet:

Risikoprioritätszahl = Wahrscheinlichkeit des Auftretens x Bedeutung der Folgen x Wahrscheinlichkeit der Entdeckung

Übersteigt die Risikoprioritätszahl einen innerhalb der Unternehmung definierten Schwellenwert, sollen Gegenmassnahmen ergriffen werden. Solche Massnahmen sollen idealerweise auf Fehlervermeidung statt auf Fehlerentdeckung zielen. Schliesslich soll die Wirksamkeit der einzelnen Massnahmen zur Verringerung von Fehlern beurteilt werden. Die Risikoprioritätszahl vor der Verbesserung wird mit der Risikoprioritätszahl des verbesserten Systems verglichen.

Fazit

Da objektiv betrachtet keine der beiden Methoden für sich genommen eine vollständige Erfassung aller bestehenden sowie potenziellen Risiken sicherstellen kann, sollte in der Praxis eine Kombination aus mehreren Methoden und Verfahren angestrebt werden. In der betriebswirtschaftlichen Praxis ist es selbstverständlich nicht trivial, Probleme und Risiken frühzeitig aufzudecken, vollständig abzubilden und anschliessend auch mathematisch zu analysieren. Produktrisiken beispielsweise können nämlich immer erst dann aufgedeckt werden, wenn genügend Informationen vorhanden sind. In frühen Phasen des Produktlebenszyklus liegen oft ungenügende Erfahrungen und Informationen bereit, um ex ante eine angemessene Erfassung der Risiken durchzuführen. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Erfahrung und die Intuition der involvierten Mitarbeitenden von grosser Wichtigkeit ist, da sich die Bedeutung der Risiken für das Unternehmen paradoxerweise erst nach der Identifikation erschliesst.

Literatur

- Adam, Dietrich: *Produktions-Management*, Gabler-Verlag, 1998.
- Gross, Christian: *Die Fehlerbaumanalyse*, Referat im Kontext der Lehrveranstaltung «Qualitätsmanagement», Wintersemester 2006/07, Universität Graz.
- Kamiske, Gerd F.; Brauer, Jörg-Peter: *Qualitätsmanagement von A bis Z*, Verlag Hanser München, 2006
- Newton, David: *Product Reliability*, Kapitel 9, in: Mat Seaver (Hrsg.), *Gower Handbook of Quality Management*, 3. Auflage, Gower-Verlag, 2003., Seiten 102-137.
- Panhofer, Harald: *FMEA – Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse*, PS Qualitätsmanagement, abrufbar unter <http://home.intergga.ch/neo/downloads/fmea.pdf>
- Tietjen, Thorsten; Müller, Dieter H.: *FMEA Praxis*, Verlag Hanser München, 2003
- Thums, Andreas: *Formale Fehlerbaumanalyse*, Dissertation, Fakultät für angewandte Mathematik, Universität Augsburg, 2004, abrufbar unter: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=973155647&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=973155647.pdf

Prof. Dr. Rautenstrauch und Stefan Hunziker, MScBA

Prof. Dr. Thomas Rautenstrauch ist Dozent und Projektleiter am Institut für Finanzdienstleistungen Zug (IFZ) der Hochschule Luzern Wirtschaft und hat darüber hinaus Lehraufträge an der Universität Fribourg sowie weiteren Universitäten in Deutschland und Finnland. Seine Interessen- und Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich IKS / Risikomanagement, International Accounting und Controlling. Stefan Hunziker ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am IFZ und verfügt zudem über Erfahrungen aus mehreren IKS-Projekten. Für weitere Informationen: www.interne-kontrolle.ch