

Einsatz der Informationstechnologie in der FMEA

Orfeo Niedermann, Stephan Keller, Andreas Kunz, Markus Meier

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Zentrum für Produkteentwicklung
Tannenstrasse 3
CH-8092 Zürich

Scintilla AG
CH-4501 Solothurn

Schweiz

Tel: +41 1 632 5771
Fax: +41 1 632 1181
e-mail: kunz@ikb.mavt.ethz.ch

Einleitung

Die heutige Produkteentwicklung muss, angefangen vom Markt-Leistungs-Profil bis hin zum Markteintritt, in immer kürzerer Zeit erfolgen. Time to Market eines Produktes ist heute eine massgebende Grösse, schon wenige Wochen Verzögerung können wesentlich über Erfolg oder Nichterfolg entscheiden. Um dieser Tatsache weiter zu begegnen, werden vermehrt die Methoden des Concurrent Engineering angewendet, wenngleich auch noch nicht im vollen Umfang. Viele Vorgänge laufen weiterhin seriell ab oder werden aus der Produkteentwicklung herausgenommen, um Zeit einsparen zu können. Ein Beispiel dafür, eine Parallelisierung überhaupt ohne Einbussen zu ermöglichen, ist die FMEA, die sogenannte Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse, eine Methode, um potentielle Fehler innerhalb eines Produktes schon frühzeitig zu erkennen und um zu verhindern, dass

qualitative Mängel in die Montage oder sogar in den Markt gelangen und so immense Kosten verursachen. Der Nutzen dieser Methode und deren mögliche Verbesserung mit modernsten IT-Werkzeugen soll näher beschrieben werden.

Das Prinzip der FMEA

Die FMEA entstand in den 60er Jahren erstmals in der Raumfahrtindustrie, wo man als erstes die Notwendigkeit sah, ein Produkt möglichst fehlerfrei zu gestalten. Wenngleich hier auch nicht kurze Entwicklungszeiten oder grosse Stückzahlen das auslösende Moment waren, so waren in dieser Anwendung die Produkte im Weltall nicht mehr zugänglich und eine spätere Nachbesserung somit ausgeschlossen. Es war zwingend notwendig, mögliche Fehler im Produkt, seiner Herstellung oder seinem Zusammenspiel mit anderen

Systemen „am Boden“ zu erkennen und zu eliminieren.

Das Grundprinzip einer FMEA beruht auf dem systematischen Hinterfragen nach potentiellen Schwachstellen und damit verbunden nach Fehlerauswirkung, Fehlerursache und möglicher Fehlererkennung. Aus der Fehlerauswirkung, der Fehlerursache und den Kontrollmassnahmen im gegenwärtigen Zustand lässt sich eine Risikoprioritätszahl (RPZ) ermitteln. Überschreitet diese einen festgelegten Grenzwert,

so müssen Massnahmen zur Fehlervermeidung / Fehlerreduktion erfolgen. Sind die Massnahmen festgelegt und in den Auswirkungen beurteilt, so erfolgt in einem weiteren Schritt eine neue Bewertung und Berechnung der RPZ, so dass auch eine Erfolgskontrolle vorhanden ist. Das systematische Vorgehen bei dem präventiven Qualitätssicherungsansatz durch die FMEA lässt sich auch aus dem Arbeitsformular erkennen:

Fehler-Möglichkeiten und Einfluss-Analyse (Failure Mode and Effect Analysis - FMEA) System-FMEA <input type="checkbox"/> Konstruktions-FMEA <input type="checkbox"/> Prozess-FMEA <input type="checkbox"/>										Funktions-/Wirkprinzip-/Baugruppen-Benennung:				
Erstellende Stelle:										Ident-Nr.:				
Erstellt durch:										Datum:				
Fehlerort Ident-Nr.	Fehlerart	Fehler- Auswirkung	Fehler- Ursache	Derzeitiger Zustand					Empfohlene Massnahme	Verbesserter Zustand				
				Kontroll- Massnahmen	A	B	E	RPZ		Getroffene Massnahmen	A	B	E	RPZ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Abbildung 1 Das Formblatt für die FMEA

Die FMEA lässt sich weiterhin unterteilen in die folgenden funktionalen Arten/Klassen:

- System-FMEA
Die System-FMEA untersucht auf der Grundlage des System-Pflichtenheftes das funktionsgerechte Zusammenwirken der Systemkomponenten und ihrer Verbindung. Ihr Zweck ist es, Fehler bei der Systemauswahl und -auslegung zu vermeiden. Sie ist der Konstruktions-FMEA zeitlich und systematisch vorgeschaltet.
- Konstruktions-FMEA
Die Konstruktions-FMEA untersucht die pflichtenheftgerechte Gestaltung und Auslegung der Komponenten hinsichtlich der Erfüllung beschriebener Teilfunktionen zur Vermeidung von Entwicklungsfehlern und konstruktiv beeinflussbaren Prozessfehlern.
- Prozess-FMEA
Die Prozess-FMEA untersucht die Prozessplanung und -ausführung der Teile und Baugruppen zur Vermeidung von Fertigungs- und Montagefehlern. Es liegt also nicht das Funktionsteil im Vordergrund, sondern ein Prozessschritt innerhalb der Herstellungsabfolge. Die Schritte werden bis ins Detail analysiert, um die risikoarme Machbarkeit aufzuzeigen mit dem Ziel der Gestaltung beherrschter Prozesse.

Allen drei Gruppen ist dabei zu eigen, dass innerhalb eines Teams intensiv diskutiert wird, welche Fehler auftreten können und wie diese vermieden werden. Das Team besteht dabei nicht notwendigerweise nur aus erfahrenen Konstrukteuren, sondern es werden

auch bewusst Teilnehmer aus anderen Bereichen des Unternehmens integriert. Die Stärke der FMEA liegt darin, dass mit der Systematik des Hinterfragens von potentieller Schwachstellen auch bei Nichtfachleuten eine hohe Erfolgsquote in der Fehlerfindung resultiert.

Probleme bei der industriellen Umsetzung der FMEA

Um Probleme bei der Durchführung einer FMEA zu erfassen, ist es notwendig, diese bei einem professionellen Anwender zu evaluieren. Das Zentrum für Produkteentwicklung der ETH Zürich hat in Zusammenarbeit mit der Firma Scintilla AG prinzipielle Schwachstellen des FMEA-Einsatzes sowie deren mögliche Behebung durch den Einsatz neuer Informations- und Visualisierungstechnologien untersucht. Hierbei sind die folgenden Punkte festzuhalten:

- Wie oben bereits dargestellt, muss eine FMEA systematisch durchgeführt werden, um den gewünschten Erfolg zu gewährleisten. Dies bedeutet jedoch nicht nur einen hohen personellen Aufwand in der Durchführung, sondern auch in der Vor- und Nachbereitung einer FMEA-Sitzung. Die Vorbereitung ist nicht nur seitens des Sitzungsleiters notwendig, der die gesamte Funktions- bzw. Baumstruktur des entsprechenden Produktes in entsprechende Tabellen einzutragen hat, sondern auch seitens der weiteren Teilnehmer, welche Informationen aufbereiten müssen. Der hierfür erforderliche Zeitaufwand wird häufig unterschätzt und reduziert somit die Effektivität der FMEA.
- Die Durchführung einer FMEA-Sitzung bei komplexeren Produkten ist häufig sehr langwierig und muss deshalb an mehreren Tagen durchgeführt werden. Der Grund hierfür

besteht häufig in der schlechten und sofortigen Verfügbarkeit von Informationen oder in deren schlechten Aufbereitung, so dass sie nicht für alle Teilnehmer verständlich werden. Insbesondere neue oder fachfremde Teilnehmer an einer FMEA benötigen eine Einarbeitungsphase, innerhalb derer sie nicht produktiv an der Sitzung teilnehmen können. Dies senkt wiederum die Motivation für die Teilnahme an einer FMEA und damit deren Effizienz.

- Im Laufe einer Sitzung treten häufig Fragestellungen auf, die, insbesondere beim Zusammenwirken mehrerer Bauteile, nur durch Kombination verschiedener Informationsquellen und Darstellungsformen beantwortet werden können. So müssen z.B. 2D-CAD-Zeichnungen verglichen werden mit Ergebnissen einer FE-Berechnung, um eine Aussage über die Ausfallwahrscheinlichkeit eines Bauteiles treffen zu können. Erschwerend hierbei kommt noch hinzu, dass diese Informationen oft nur unzulänglich in Form von Kopien oder Folien aufbereitet werden können, da sie unterschiedlichen Datenquellen entstammen, die zueinander nicht kompatibel sind. Sämtliche Abbildungen sind somit oft nicht massstabsgerecht und nur auf eine Ansicht fixiert, eine Veränderung der Perspektive ist nicht möglich.
- Die Moderation einer FMEA-Sitzung, ein wichtiger Garant für eine zielgerichtete, zügige Durchführung, gestaltet sich als schwierig, da nicht immer alle Informationen für alle Beteiligten gleichzeitig zur Verfügung gestellt werden können und somit auch nicht sichergestellt ist, dass alle Personen zeitgleich an der Lösungsfindung aktiv arbeiten.
- Die Protokollierung einer Sitzung wird vielfach ebenfalls durch den Moderator durchgeführt. Sie dient dazu, die während der Sitzung ge-

wonnenen Erkenntnisse aber auch die festgelegten und verteilten Aufgaben festzuhalten. Die Teilnehmer einer FMEA-Sitzung sind nicht unmittelbar an der Erstellung des Protokolls beteiligt, sie erhalten dieses oft erst Tage später. Auch hier bestehen häufig wieder Akzeptanzprobleme, wenn die Teilnehmer ein anderes Ergebnis verinnerlicht hatten, als dies schlussendlich im Protokoll nachzulesen ist.

- Die Durchführung einer FMEA ist nur dann erfolversprechend, wenn ihre Nachhaltigkeit gewährleistet ist, d.h. wenn der Moderator oder Projektleiter die Einhaltung der gestellten Termine und Aufgaben überwacht. Dies gestaltet sich aber in der Praxis als sehr aufwendig, denn die erstellten Unterlagen sind meist sehr umfangreich. Die schriftliche Nachfrage oder Anmahnung der Tätigkeiten stellt eine erneute Verzögerung dar und senkt weiter die Zielstrebigkeit der durchgeführten FMEA.

Aus den oben aufgeführten Gründen wird in vielen Firmen auf die Durchführung einer FMEA verzichtet. Die fehlende Akzeptanz wird zusätzlich gefördert durch die Tatsache, dass der effektive finanzielle Nutzen einer FMEA nur schwer abzuschätzen ist, werden doch nur eventuelle Fehler berücksichtigt, die sich in ihren möglichen Konsequenzen nur schwer finanziell kalkulieren lassen. Anstelle einer FMEA vertraut man darauf, dass die Entwickler bereits alle möglichen Fehler überdacht haben. Nicht selten sind Konstruktionsänderungen während der Produktion, Rückrufaktionen und Imageverlust die Folge hiervon.

Formularsoftware zur FMEA-Durchführung

Die Automobilindustrie hat schon sehr früh die FMEA-Methodik übernommen und mit ihr auch die Zuliefererindustrie. Auch in der Werkzeugmaschinenindustrie hält diese Methodik zunehmend Einzug. Es ist deshalb zwingend notwendig, diese Methode mit modernen Informationstechnologien und mit Hilfe der Möglichkeiten der Virtual Reality zu unterstützen, um somit die Effizienz der FMEA zu steigern und die dargelegten Schwachstellen hierdurch zu mildern. Aus industrieller Sicht stellen sich hierbei im wesentlichen die folgenden Forderungen:

- bessere Visualisierung der CAD-Daten als 3D-Modelle während einer Sitzung
- bessere Moderationsmöglichkeit während einer Sitzung
- Zugriff auf eine gemeinsame Datenbank (als Digitales Produkt)
- kürzere Vor- und Nachbereitungszeit einer Sitzung
- kostengünstige Hard- und Softwareplattform zur Durchführung der FMEA
- Direkte, strukturierte Protokollierung
- früherer Durchführungszeitpunkt, kein Warten auf physikalische Prototypen

Die Firma Scintilla setzt zur Durchführung der FMEA eine unterstützende Software „IQ-FMEA“ der Firma Apis ein, die auf dem üblicherweise eingesetzten Formblatt aufbaut.

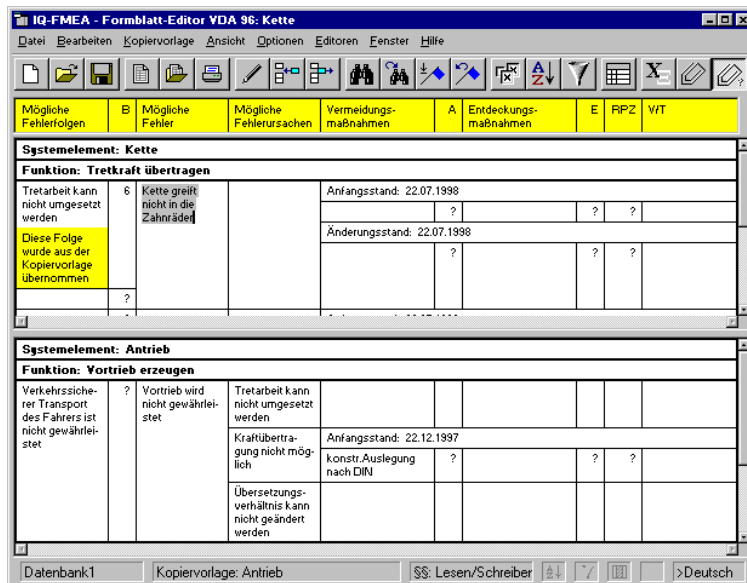


Abbildung 2 Screenshot der FMEA-Software

Der Einsatz dieser Softwareunterstützung weist die folgenden Verbesserungen auf:

- Die Forderung nach einer besseren Moderationsmöglichkeit und nach einer besseren Nachhaltigkeit kann bereits teilweise erfüllt werden.
- Während der Sitzung kann das Ausfüllen dieses Formblattes mittels Projektion durch einen Beamer von allen Beteiligten mitverfolgt werden. Da dieses Formblatt gleichzeitig auch als Grundlage für die Aufgabenverteilung und Terminsetzung gilt, ist jede Person an der Aufgabenverteilung beteiligt, wodurch eine wesentliche Akzeptanzverbesserung erreicht wird.
- Die Beteiligten können sich mit den verteilten Aufgaben identifizieren.
- Eine gleichzeitige email-Ankopplung an das Programm erlaubt auch eine spätere einfache Terminverfolgung.
- Forderung nach einer kostengünstigen Hardwareplattform: In der Industrie setzt sich für solche Aufgaben zunehmend die PC-basierende NT-Plattform durch.

Noch nicht wesentlich verkürzt werden konnte bislang die Vorbereitungszeit

für eine FMEA. Diese Vorbereitungszeit wird im wesentlichen benötigt, um die Listen für die FMEA-Sitzung zusammenzustellen. Im wesentlichen wird hier die Funktions- bzw. die Baumstruktur einer Konstruktion eingetragen, wie sie schon im PDM-System vorhanden ist. Insbesondere ist hier die einem Bauteil oder einer Baugruppe zuzuordnende Funktion zu finden und aufzulisten. Hier ist eine zukünftige Aufgabe der Informationstechnologie zu sehen, die Möglichkeit zu schaffen, automatisch aus PDM-Systemen solche Baumstrukturen für FMEA-Sitzungen zu erzeugen. Es ist dies ein Schritt mehr zum Digitalen Produkt, das alle Daten in einem Produktzyklus enthält bzw. erzeugen kann.

Visualisierung der Teile und Baugruppen

Neben der softwareunterstützten FMEA-Durchführung ist mit Hilfe des Digitalen Produktes auch eine verbesserte Visualisierung der Teile möglich. Zu diesem Zweck wurde in einem ersten Schritt aus den vorhandenen 3D-CAD-Daten ein Geometriemodell erzeugt, das geeignet ist, eine möglichst detaillierte Repräsentation des zu besprechenden Objektes zu geben, ohne

zu grosse Voraussetzungen an Rechner- oder Graphikleistung zu stellen. Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass hier das VRML-Format geeignet ist. Viele CAD-Programme können heute bereits VRML exportieren, so dass eine einfache Generierung dieser VRML-Modelle möglich ist. Die VRML-Objekte sind üblicherweise klein und

stellen somit nur geringe Anforderungen an die Hardware, zum anderen sind die meisten PCs heute bereits in der Lage, mit Hilfe von bereits vorhandener oder kostenlos erhältlicher Software die Objekte beliebig zu drehen oder zu zoomen.

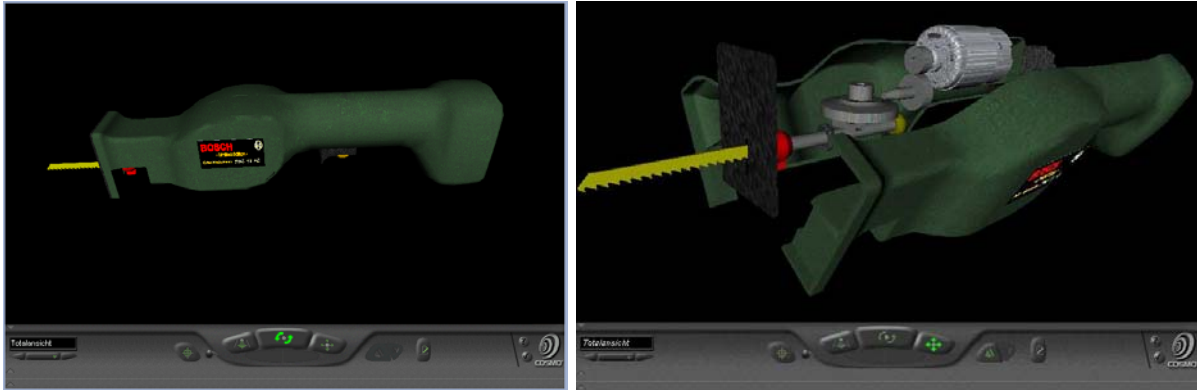


Abbildung 3 VRML-Anwendung zur Produktvisualisierung

Für viele Anwendungen in der FMEA reichen diese Modelle bereits aus, aber in Einzelfällen müssen die VRML-Objekte noch nachbearbeitet werden, z.B. für spezielle Farb- oder Texturgebungen oder für Animationen, die üblicherweise nicht direkt im CAD-System erzeugt werden können. Ein häufig auftretendes Problem bei einem Export aus einem 3D-CAD-Programm ist auch die Positionierung der Teile zueinander, die gegebenenfalls auch durch eine Nachbearbeitung korrigiert werden muss.

Für diese Nachbearbeitungen existiert eine grosse Anzahl von Programmen, aus denen für die FMEA-Methode das geeignetste Tool anhand einer Anforderungsliste evaluiert wurde. Insbesondere wird an dieses Tool die Anforderung gestellt, Texturen und Animationen eines Objektes zu erzeugen bzw. zu editieren sowie die Lage der einzelnen Teile zueinander zu definieren. Neben einer einfachen und intuitiven Bedienung sollten solche sogenannten Authoring-Tools auch möglichst auf handelsüblichen PCs einsetzbar sein.

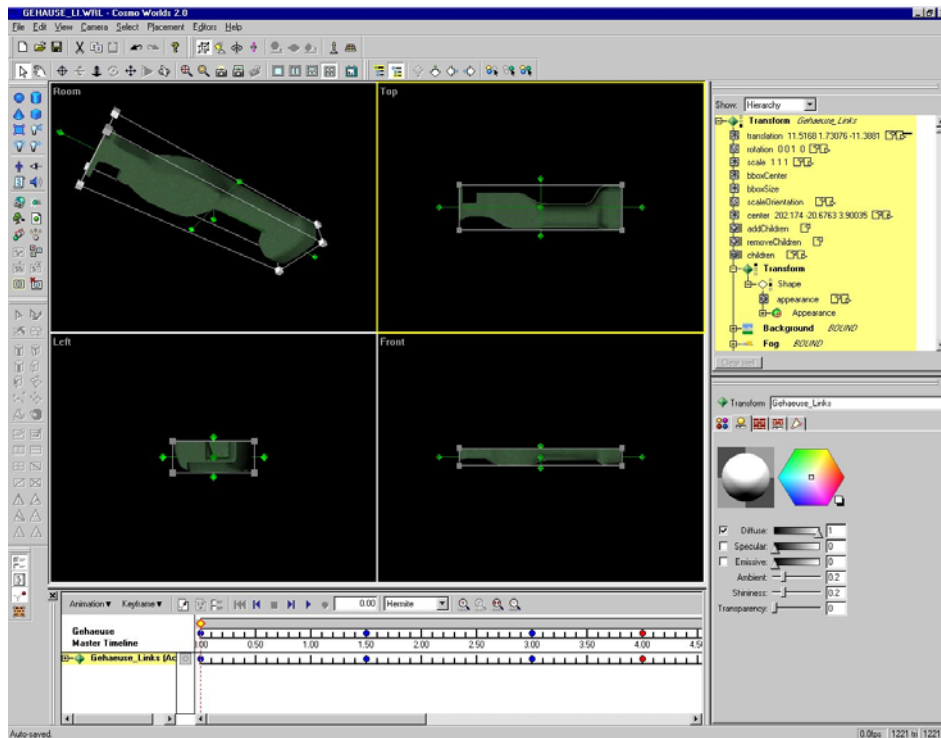


Abbildung 4 Bedieneroberfläche eines Authoring-Tools

Neben der reinen softwaretechnischen Unterstützung einer FMEA spielt auch hier die verwendete Hardware eine wichtige Rolle. Die Hardware sollte in der Lage sein, gleichzeitig neben dem zentralen FMEA-Formular nach Bedarf auch alle weiteren benötigten Informationen anzuzeigen. Denkbar ist hier neben einer reinen Visualisierung der Geometrie mit entsprechender Navigation auch die Anzeige von FE-Berechnungen, Materialprüfungen und ähnliches. Auch das Einblenden von Texten oder Videoclips erscheint durchaus als sinnvolle Applikation im Rahmen der FMEA. Kostengünstige Computerhardware ist heute bereits in der Lage, die meisten der oben gestellten Anforderungen zu erfüllen. Über zwei Graphik-Kanäle können sowohl das FMEA-Formular als auch eine frei wählbare Applikation dargestellt werden. Der Vorteil hierbei liegt darin, dass so allen Teilnehmern einer Sitzung gleichzeitig die notwendigen Informationen zur Verfügung gestellt werden, ohne dass sich Untergruppen bilden, wie dies beispielsweise beim

Betrachten von physikalischen Prototypen geschieht.

Zusammenfassung und Ausblick

In einem Unternehmen wurden die prinzipiellen Probleme bei der Durchführung einer klassischen FMEA erfasst. Insbesondere hat sich hier der Zugriff auf die Geometriedarstellung der untersuchten Teile zur Fehlerbeurteilung als ein Gesichtspunkt herausgestellt, der sich durch Einsatz neuer Technologien der Virtual Reality nachhaltig verbessern lässt. Es wurden deshalb Möglichkeiten aufgezeigt, wie sich VRML-Modelle aus dem bereits eingesetzten CAD-Modellen generieren lassen, wie sie durch eine einfach zu bedienende und kostengünstige Software nachbearbeitet und anschließend visualisiert werden können.

Die erzeugten VRML-Daten lassen sich auch für andere Anwendungen weiterverwenden. Es wird möglich sein, diese auch in Anwendungen zu nutzen wie beispielsweise in der Ar-

beitsvorbereitung, der Montage, dem Management, der Logistik oder dem Vertrieb, um diesen Bereichen eine bessere Visualisierung zu ermöglichen. Auch die externe Kommunikation mit Zulieferanten, Engineering-Büros oder Design-Agenturen wird künftig wesentlich erleichtert werden, ohne dass das eigentliche Know-how einer Firma, nämlich die CAD-Daten, aus der Hand gegeben werden. Weitere browserfähige Applikationen wie z.B. Java-Skripts werden es möglich machen, zusätzlich zur Geometrie auch weitere Informationen über das Digitale Produkt zu erhalten.

Literaturverzeichnis

Ammann, E.: Programmierung animierter Welten - Java, JavaScript und VRML; International Thomson Publishing GmbH, Bonn 1997. ISBN 3-8266-0329-X

Berens, N.: Anwendung der FMEA in Entwicklung und Produktion; Verlag Moderne Industrie, Landsberg 1989. ISBN 3-478-41490-3

BOSCH Arbeitskreis AK-LS 94: Bosch FMEA Grundseminar TQ 011, 2. überarbeitete Ausgabe, 2/1995

DIN 25448 Ausfalleffekt-Analyse, 1978

Elspass, W.J., Bichsel, M., von Büren, D., Kunz, A. Parish, Y.: Simulation und Visualisierung in der Produkte-Entwicklung; Vorlesungsskript des Instituts für Konstruktion und Bauweisen der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich 1998

Elspass, W.J.: Bericht zur Studie: Der industrielle Einsatz der virtuellen Realität im Maschinenbau - Stand der Technik (vr-98/10-02); Institut für Konstruktion und Bauweisen der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich 1998

Hase, H-L.: Dynamische Virtuelle Welten mit VRML 2.0; Verlag für digitale Technologie, Heidelberg 1997

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Sozialwesen (FH), <http://www/htw-zittau.de>

IQ-FMEA V3.5 Ó 1992-1998 The Knowledge Base

Kaufmann, A., Fustier, M., Devret, A.: Moderne Methoden der Kreativität; Verlag Moderne Industrie, München 1972

Kepner/Tregoe: Entscheidungen vorbereiten und richtig treffen; Verlag Moderne Industrie, Landsberg 1988, 4. Auflage

Kersten, G.: Matrix-FMEA; Unternehmensberatung für Innovationsmanagement, Dipl. - Ing. Günter Kersten, 71665 Vaihingen

Kersten, G.: Qualitätssicherung mit Raumfahrtmethode, Bosch-Zünder, 1986, Heft 5.

Kloss, J., Rockwell, R., Szabó, K., Duchrow, M.: VRML97 - Der neue Standard für interaktive 3D-Welten im World Wide Web; Addison Wesley Longman Verlag GmbH, Bonn 1998, 1. Auflage. ISBN 3-8273-1187-X

Mashhour, T.: Akquisition und Verarbeitung von Wissen zur Entscheidungsunterstützung im Konstruktionsprozess unter Einsatz von Neuronalen Netzen; Shaker Verlag GmbH, Aachen 1997. ISBN 3-8265-2725-9

Meyer, J.-A.: Visualisierung im Management; Deutscher Universitäts-Verlag GmbH, Wiesbaden 1996. ISBN 3-8244-0323-4

MIL 1629A (Military Standard): Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and criticality Analysis (FMECA), 1980

Nickel, J.: Technische und methodische Hilfsmittel zur Verbesserung der Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse; Shaker, Aachen 1992. ISBN 3-86111-184-5

Pfeifer, T., Bonse, L.: Tendenzen zur rechnergestützten Qualitätssicherung, VDI-Berichte Nr. 759, VDI-Verlag, Düsseldorf 1989.

Risse, T., Hemmje, M.: Entwurf und Implementierung einer VRML Bibliothek für ein objektrelationales Datenbanksystem auf der Basis des VRML 2.0-Standards; GMD - Forschungszentrum Informationstechnik, Sankt Augustin, 1997. ISBN 3-88457-324-1

Seiler, A.: Rentabilität und Liquidität - Theorie; Vorlesungsskript der Professur für Betriebswirtschaft der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich 1996

Schubert, M.: FMEA - Fehlermöglichkeiten- und Einflussanalyse, Leitfaden; Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V. (DGQ), Berlin 1993. ISBN 3-410-32841-6

Voit, E., Bartholet, M.: Digitales Prototyping und Virtual Reality; Institut für Technologiemanagement der Universität St. Gallen, St. Gallen 1998

<http://www.cosmosoftware.com/>

<http://www.iq-fmea.com/>