



Lebensdauertests



Weibull-Analysen



Fehlerbaum

Voraussetzung und verwandte Themen

Für diese Beschreibungen gibt es keine besonderen Voraussetzung. Weiterführende und verwandte Themen sind:

www.versuchsmethoden.de/Systemanalyse.pdf

Einführung

Die Fehlerbaumanalyse, englisch Fault Tree Analysis, kurz FTA, ist ein Verfahren zur Zuverlässigkeitsanalyse von technischen Systemen. Sie basiert auf der booleschen Algebra, um die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls einer Anlage oder eines Gesamtsystems zu bestimmen. Sie ist eine Art der Systemanalyse und je nach Anwendungsbereich in verschiedenen Bereichen standardisiert, z.B. als internationaler Standard IEC 61025 (EN 61025). In Deutschland ist die Fehlerbaumanalyse Inhalt der nationalen DIN 25424

Ziel und Nutzen

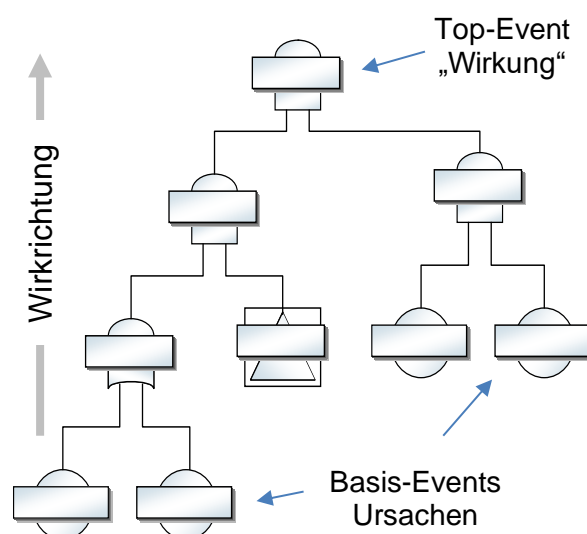
Das Ziel ist es, mögliche Kombinationen von Ursachen zu bestimmen, die zu bestimmten unerwünschten Ereignissen (Events) führen können, den sogenannten Top Level Events. Weiterhin ist die Aufgabe einer FTA:

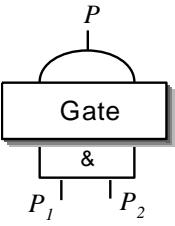
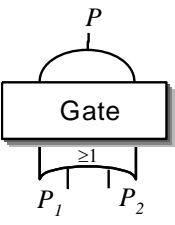
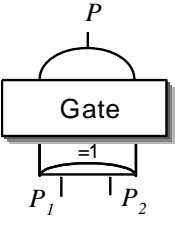
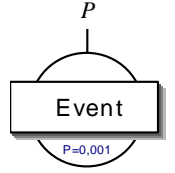
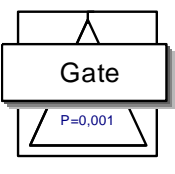
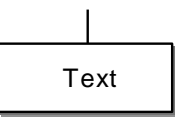
- Die Erstellung einer grafisch/logischen Baumstruktur zum Verständnis der Zusammenhänge.
- Identifizierung möglicher Ausfallursachen und deren Kombinationen.
- Berechnung der Wahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses.
- Vergleich von Varianten.

Grundlagen

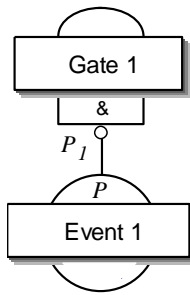
Aufbau und Elemente

Die Verknüpfung der Events wird jeweils durch verschiedene logische Operatoren, die sogenannten Gates hergestellt. Zu den Events gehören u.a. Gerätefehler, Bedienfehler und Softwarefehler, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu unerwünschten Folgen führen können. Verwendet wird folgende Symbolik zur Darstellung des Fehlerbaums:



	<p>Und-Verknüpfung (AND-Gate) Das Ausgangsereignis tritt nur ein, wenn alle Eingangsereignisse zutreffen. Die Ausgangswahrscheinlichkeit P errechnet sich mit $P = P_1 \cdot P_2 \cdot P \dots$</p>	<table border="1" data-bbox="1166 219 1385 383"> <thead> <tr> <th>P_1</th> <th>P_2</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	P_1	P_2	P	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
P_1	P_2	P															
0	0	0															
1	0	0															
0	1	0															
1	1	1															
	<p>Oder-Verknüpfung (OR-Gate) Das Ausgangsereignis tritt ein, wenn mindestens ein Eingangsereignis zutrifft. Die Ausgangswahrscheinlichkeit P errechnet sich mit $P = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) \cdot (1 - P \dots)$</p>	<table border="1" data-bbox="1166 456 1385 620"> <thead> <tr> <th>P_1</th> <th>P_2</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	P_1	P_2	P	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
P_1	P_2	P															
0	0	0															
1	0	1															
0	1	1															
1	1	1															
	<p>Exklusiv-Oder-Verknüpfung (XOR-Gate) Das Ausgangsereignis tritt nur ein, wenn nur ein Eingangsereignis zutrifft, aber nicht mehrere. Die Ausgangswahrscheinlichkeit P errechnet sich für 2 Eingänge mit: $P = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) - P_1 \cdot P_2$</p>	<table border="1" data-bbox="1166 694 1385 857"> <thead> <tr> <th>P_1</th> <th>P_2</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	P_1	P_2	P	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
P_1	P_2	P															
0	0	0															
1	0	1															
0	1	1															
1	1	0															
	<p>Basis-Ereignis (Event) Primäres Basis Ereignis oder Ausfall. Die Wahrscheinlichkeit P wird direkt definiert und stammt meist aus Herstellerangaben des Bauteils. Wie beim Zuverlässigkeits-Blockdiagramm ist P von der Zeit (Bauteilalter) abhängig.</p>																
	<p>Übertragungselement (Sub-Gate) An dieser Stelle wird die weitere Darstellung unterbrochen. Die angegebene Wahrscheinlichkeit P repräsentiert die Zusammenfassung weiterer Unterelemente, die nicht weiter dargestellt werden.</p>																
	<p>Neutrales Text-Element Text-Elemente können in Pfade eingebaut werden, um zusätzliche Informationen unterzubringen, oder weitere „Knicke“ darzustellen. Bei mehreren Eingängen wirkt dieses Element wie ein OR-Gate.</p>																

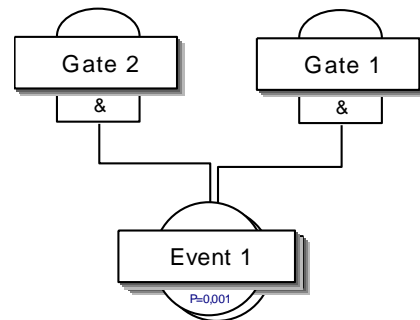
Hinweis: Die Symbole sind im Vergleich zur vereinfachten Darstellung nach DIN 25424 zur Verwendung in einer Software erweitert worden.



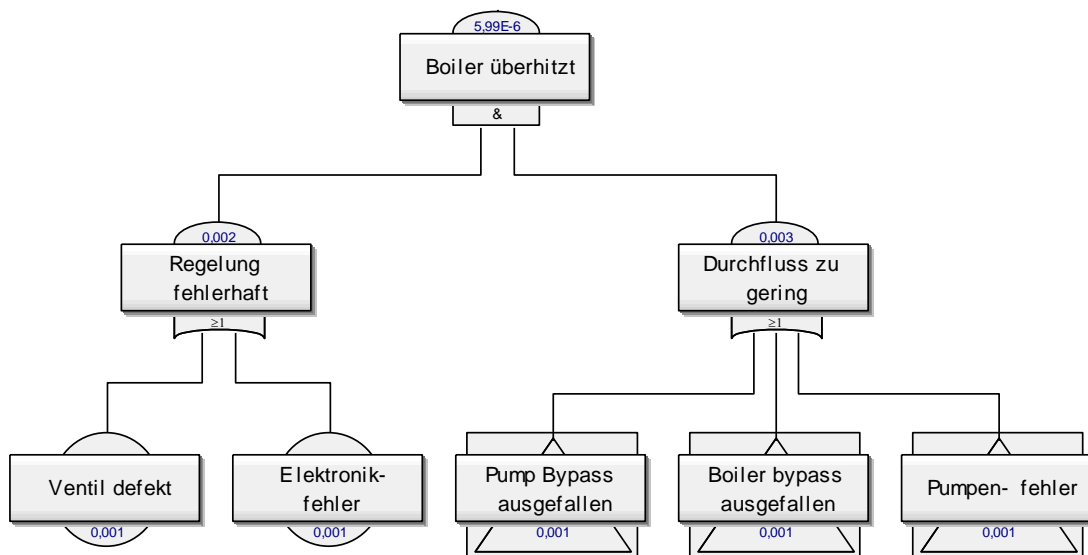
Zusätzlich zum OR-Gate gibt es noch ein selten verwendetes OR2-Gate, bei dem mit mindestens 3 Eingangseignissen zwei erfüllt sein müssen. Dies stellt einen Zwitter zwischen AND- und OR-Gate dar.

Die Ausgänge von P können negiert werden (Beispiel links). P beschreibt dann die Wahrscheinlichkeit, dass das Ereignis nicht eintritt. Dies wird durch ein Kreissymbol am Eingang des folgenden Gates gekennzeichnet. Dabei gilt für die Eingangswahrscheinlichkeit des folgenden Gates: $P1=1-P$.

Es kann vorkommen, dass ein Ereignis für mehrere Gates zutrifft (Beispiel rechts). Da es jeweils nur einen Ausgang gibt, muss hier Event 1 dupliziert werden. Die Anordnung kann dabei so erfolgen, dass beide Event 1 übereinander liegen, um zu verdeutlichen, dass es eigentlich dasselbe Element ist. Bei der Definition der Wahrscheinlichkeit reicht es in Visual-XSel aus, ein Event anzuklicken. Das Duplikat übernimmt P , wenn eine Überdeckung vorliegt.

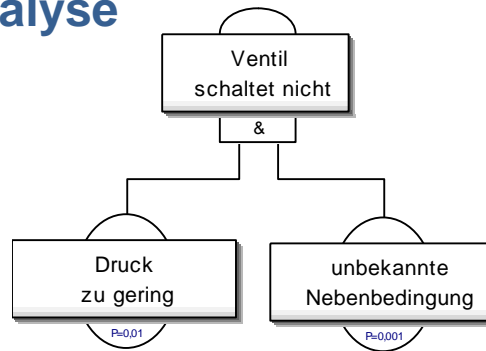


Das folgende Beispiel zeigt einen Fehlerbaum mit berechneten Wahrscheinlichkeiten.



Der Vorteile der FTA ist die leichter überschaubare Baumstruktur als grundsätzliche Dokumentation der Fehlerpfade, auch wenn die Wahrscheinlichkeiten nicht angegeben werden (qualitativer Fehlerbaum). Die Betrachtung beginnt beim Top-Event an der Spitze. Nach unten hin werden die Zusammenhänge immer weiter detailliert, bis man bei den Basis-Events ankommt, oder bei den Sub-Gates die weitere Strukturierung abbricht.

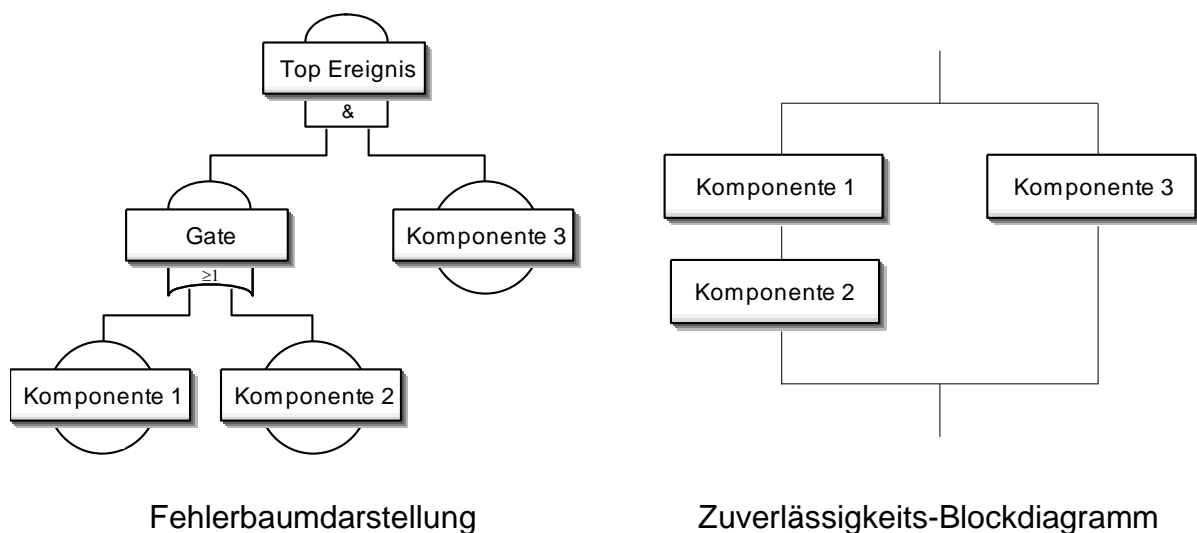
Die komplette Erstellung des Fehlerbaums setzt voraus, dass man alle Komponenten und Bedingungen benennen kann. Dies ist unter Umständen nicht immer gegeben, wenn z.B. ein Fehler nur temporär auftritt und nicht bekannt ist, was für eine Bedingung hier noch gegeben sein muss. Dies kann zunächst durch einen „Platzhalter“ umgangen werden, der später zu bestimmen ist.



Die FTA ist besonders für den elektrischen/elektronischen Bereich geeignet. Dabei lassen sich auch Steuerungen und Software-Themen behandeln. Dagegen ist es in der FTA nicht möglich, Wirkzusammenhänge quantitativ zu beschreiben und gegenseitige Beeinflussungen darzustellen. Verrechnet werden hier lediglich die Auftretens- bzw. die Fehlerwahrscheinlichkeiten. Im Vergleich hierzu werden in einem Ursachen-Wirkungsdiagramm keine Wahrscheinlichkeiten behandelt. Man betrachtet dort nur den „kritischen“ Augenblick, wenn der Fehler als Top-Ereignis eintritt.

Vergleich mit dem Reliability-Blockdiagramm (RBD)

Auffällig ist dabei, dass hier keine Gates dargestellt werden, sondern nur die entsprechenden Komponenten, die in der FTA die Basis-Events sind.



Während in der FTA eine Redundanz lediglich als UND-Verknüpfung dargestellt wird, erscheint im RBD dies durch die parallele Anordnung markanter. Der Unterschied zwischen ODER/UND-Pfad ist hier also grafisch stärker hervorgehoben. Der Vorteil ist auch, dass hier weniger „Elemente“ benötigt werden. Der Nachteil des RBD ist allerdings, dass keine Exklusiv-Oder-Verknüpfung möglich ist.

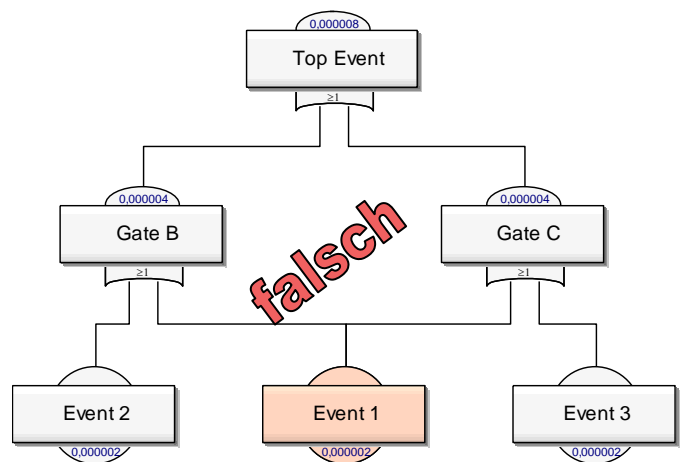
Der Vorteil der FTA ist vor allem die hierarchische Baumstruktur. Jedes Gate stellt eine entsprechende Zwischenebene oder eine Art Gruppe dar. Hierdurch ist von oben nach unten ein immer höherer Detaillierungsgrad gegeben. Durch relativ wenige Elemente in den oberen Ebenen ist ein guter Einstieg zur Darstellung der Zusammenhänge möglich.

Bei der Behandlung eines Problems, wird häufig auch der Vergleich mit einem [Wirkdiagramm](#) betrachtet. Gibt es „Bedingungen“ oder Komponenten, die noch nicht bekannt sind, so besteht in der FTA das Problem, diese zu benennen. In der Regel setzt man hier Pseudoelemente, die noch näher zu bestimmen sind. Im Wirkdiagramm wird man über die physikalisch/techn. Wirkkette eher auf die noch fehlenden

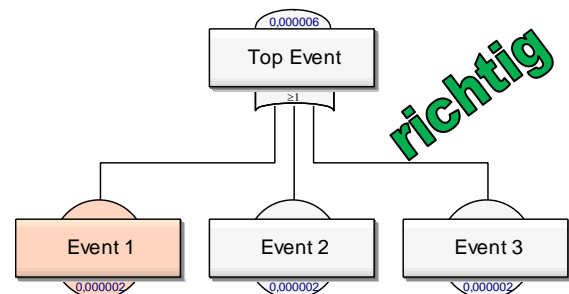
Zusammenhänge hingeführt. Näheres zu Wirkdiagrammen ist unter Systemanalyse beschrieben.

Berücksichtigung von Minimalschnitten (Cut Sets)

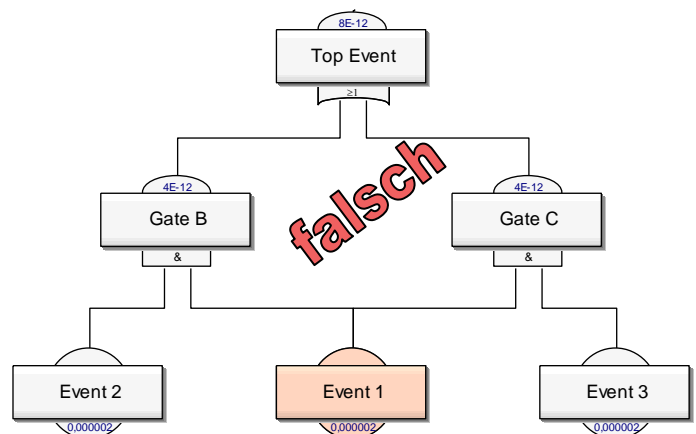
Bei Vorliegen von Duplikaten ist zu beachten, dass es bei falscher Anordnung zu falschen Ergebnissen des Top-Events kommen kann. Folgendes Beispiel: Das Event 1 wurde als Eingang in Gate B und C definiert (siehe Beispiel rechts). Aufgrund dessen, dass alle OR-Gates sind, wird das Event 1 doppelt verrechnet.



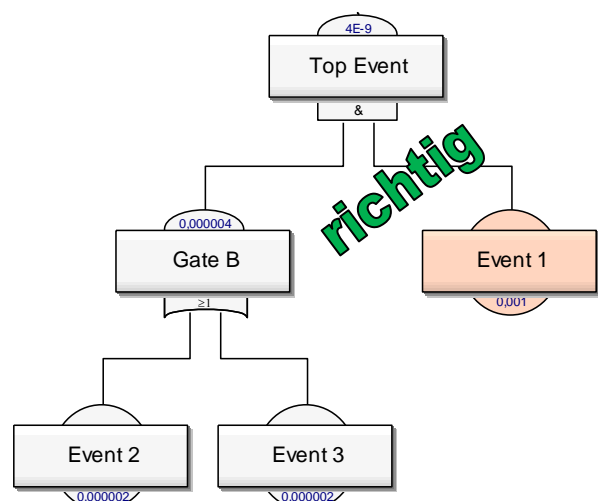
Die Zwischenebene der Gates ist hier nicht notwendig. Die Wahrscheinlichkeit für das Top-Event ist nur 6E-6 anstelle von 8E-8.



Etwas anders sieht die Situation aus, wenn im vorherigen Beispiel Gate B und C jeweils AND-Gates werden.

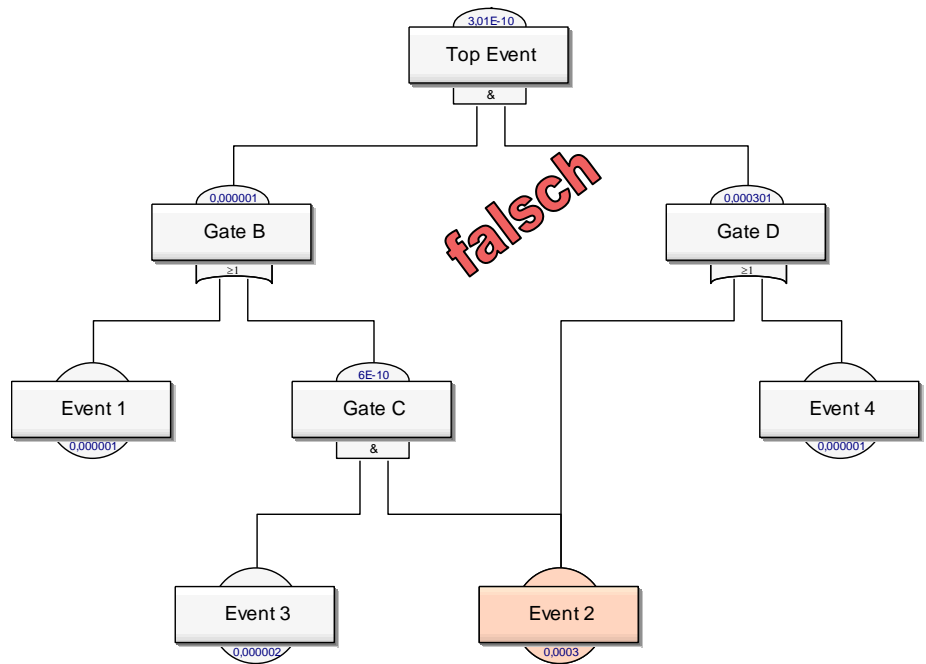


Die richtige Darstellung ist wie rechts dargestellt. Zu beachten ist, dass das Top-Event jetzt zu einem AND-Gate wird.



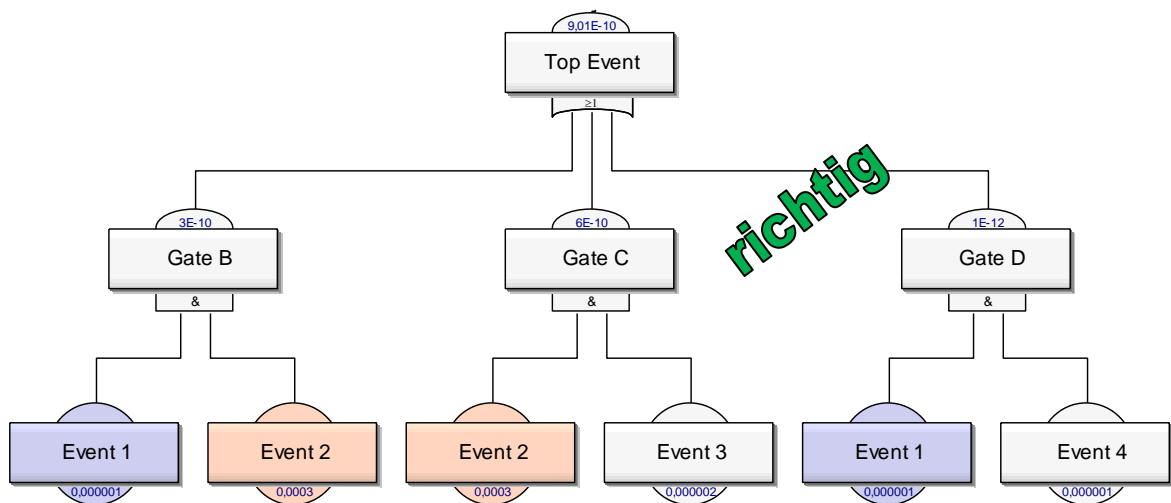
Fehlerbaumanalyse

Ein weiteres Beispiel zeigt folgende Kombination im rechten Bild.



Hier wird in der korrigierten Darstellung aus dem Top-Event ein OR-Gate. Zusätzlich muss Event 1 dupliziert werden.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist auf ein „Verschmelzen“ von Event 1 und 2 verzichtet worden.



Einteilung der Auftretenswahrscheinlichkeiten Analog FMEA Handbuch AIAG/FMEA (2019) Alternative Tabelle

für Basis-Events oder Sub-Gates in Anlehnung an die FMEA - Bewertungsstufen.

Bewertungsstufe A nach FMEA	Kriterium für Auftreten A		ppm	P
10	sehr hoch	Sehr häufiges Auftreten der Fehlerursache, unbrauchbarer, ungeeigneter Prozess.	100.000	0,1
9			50.000	0,05
8	hoch	Fehlerursache tritt wiederholt auf, ungenauer Prozess.	20.000	0,02
7			10.000	0,01
6	mäßig	Gelegentlich auftretende Fehlerursache, weniger genauer Prozess.	2.000*	0,002*
5			500*	0,0005*
4			100*	0,0001*
3	gering	Auftreten der Fehlerursache ist gering, genauer Prozess.	10*	0,00001*
2			1*	0,000001*
1	extrem gering	Auftreten der Fehlerursache ist extrem unwahrscheinlich**	0**	0**

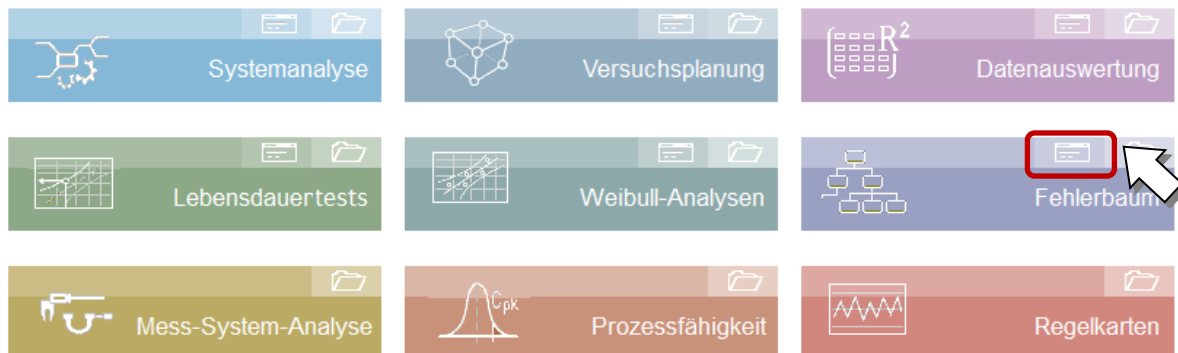
* Die ppm bez. P – Werte haben sich gegenüber dem alten VDA Band 4 geändert

** Wahrscheinlichkeit 0 ist im Fehlerbaum nicht möglich, A=1 deshalb nicht (mehr) in Verwendung

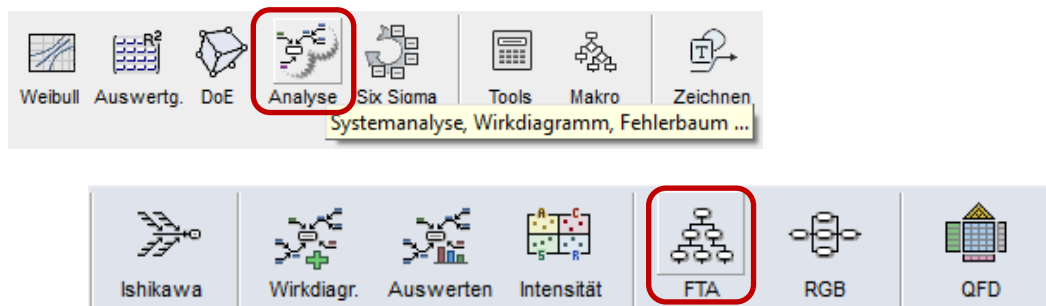
Anwendung in Visual-XSel

www.crgraph.de

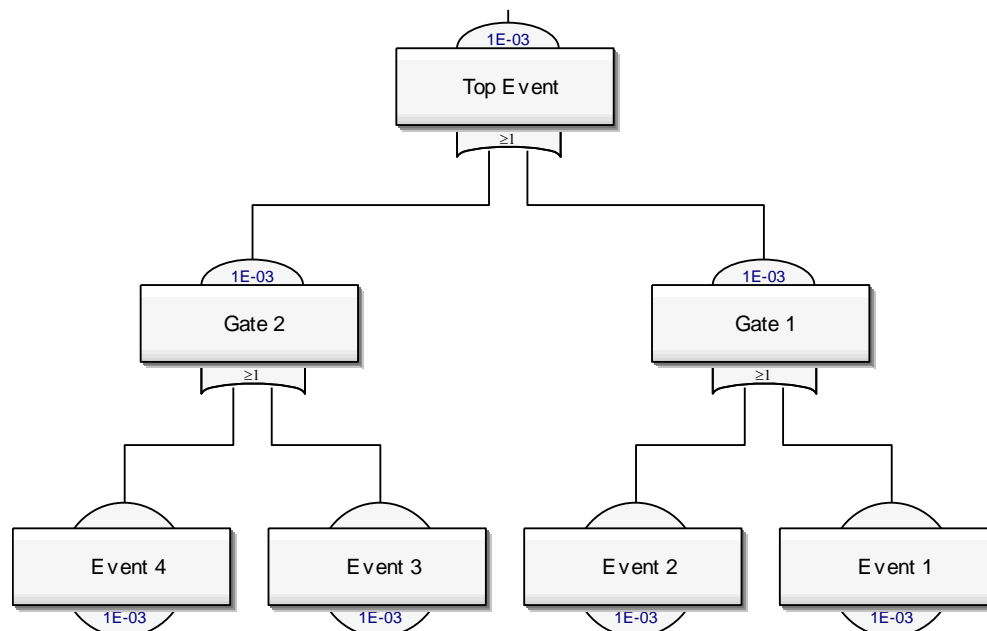
In Visual-XSel ist der Fehlerbaum über den Startleitfaden aufrufbar:



oder über die Ikone Analyse:



Es erscheint eine Grundstruktur, die erweitert und geändert werden kann

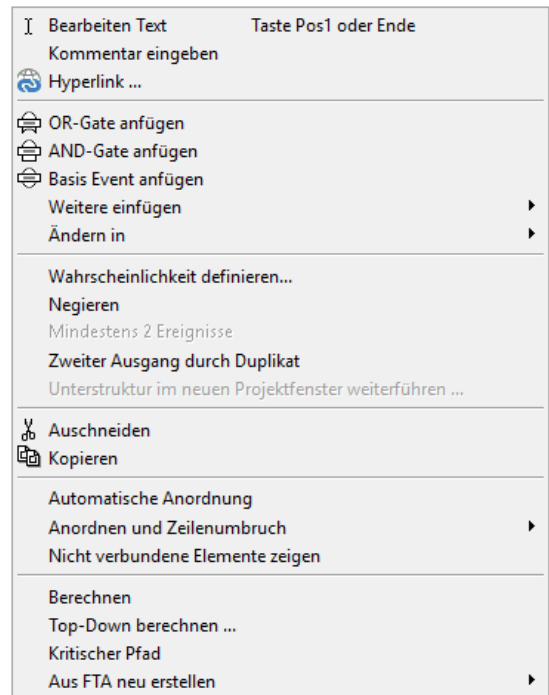


Klicken Sie ein beliebiges Element an, um Titel zu ändern und verwenden die rechte Maustaste für weitere Funktionen.






Fehlerbaumanalyse

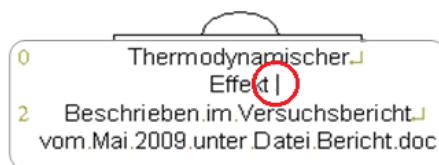
Die Grundeinstellung ist, dass neue Elemente automatisch angeordnet werden. Es ist möglich dies abzuschalten und die Elemente wie freie Zeichenelemente selber zu positionieren.

Die FTA-Struktur ist immer am linken Rand ausgerichtet, wenn eine bestimmte Größe erreicht wird. Bei einem späteren Ausdruck kann es sein, dass die gewählte Blattgröße überschritten wird. Diese kann unter dem Menüpunkt **Optionen/ Blattformat und Rahmen** bis auf DIN A0 vergrößert werden. Elemente oder die ganze Struktur können zwar mit der Maus verschoben werden, nach Einfügen eines weiteren Elementes wird aber die ganze FTA immer wieder neu aufgebaut. Wenn man dies ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr möchte, so ist die **Automatische Anordnung** abzuschalten.

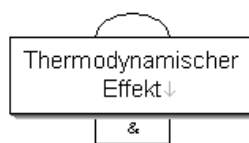


Zum Bearbeiten von Texten ist entweder ein Doppelklick auf ein Element möglich, oder einfach nur die Taste **Strg+Pfeil rechts**, **Strg+Pos1** oder **Strg+Ende**.

Bei der Auswahl der Titel in den Gates und Events sollte man eine möglichst eindeutige und präzise Beschreibung verwenden. Aus Platzgründen ist es aber nicht sinnvoll zu lange Texte zu verwenden. Es ist deshalb möglich für eine detaillierte Beschreibung in einem Element „verborgenen Text“ einzugeben. Dieser nicht sichtbare Text wird im Editiermodus (Doppelklick oder rechte Maustaste) durch das Pipe-gekennzeichnet (Taste     + ).



Ab hier weitere Beschreibungen, die nicht sichtbar sein sollen



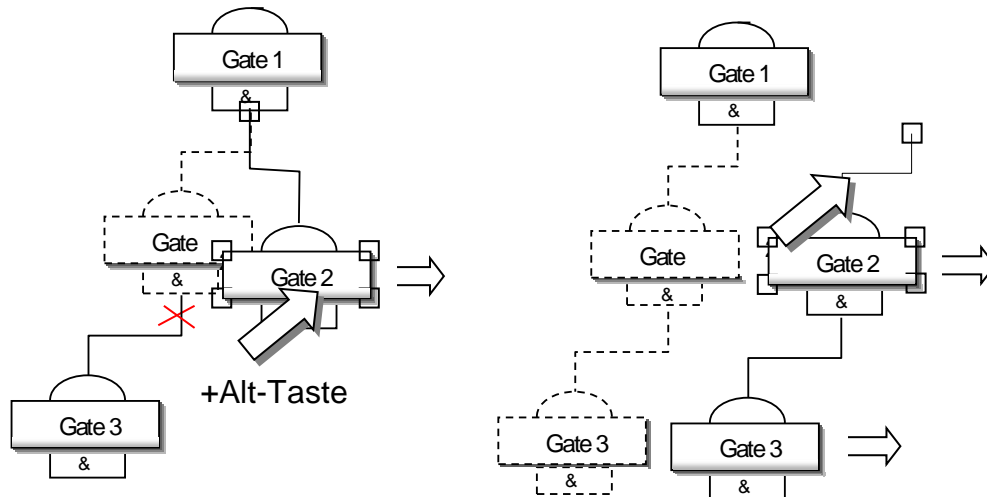
Nach Doppelklick auf ein freies Feld daneben, wird Editiermodus beendet

Wichtig: Die Textlänge in den Elementen ist zunächst nicht begrenzt. Bei Verwendung der automatischen Anordnung wird nach jeder Änderung eine Gliederung in der Tabelle angelegt, die nur 256 Zeichen in einer Zelle verwenden kann. Wenn größere Textlängen verwendet werden sollen, muss die automatische Anordnung deshalb abgeschaltet werden.

Die folgenden Beschreibungen beziehen sich auf das nachträgliche Ändern der Struktur, wenn das automatische Anordnen abgeschaltet ist.

Fehlerbaumanalyse

Das Verschieben von Elementen und Teilbereichen geschieht mit der Maus und optional gedrückter **Alt-Taste**. Mit der der Alt-Taste werden unterhalb liegende Elemente nicht mitgenommen. Dies betrifft auch doppelte Gates, die übereinander liegen. Damit ist es möglich, diese wieder zu trennen. Ohne die **Alt-Taste** werden alle Elemente mit einem Eingang in das angeklickte Element mitgezogen. Dabei bleibt der eigene Ausgang am oberen Ende auf seiner ursprünglichen Position (Bild links). Geht man mit der Maus auf die Ausgangsverbindung, so der Bezug nach oben getrennt (Bild rechts).



Die jeweiligen Gates lassen sich zusammen mit ihren Unterstrukturen mit der Maus verschieben. Einzelne Elemente können herausgetrennt werden, wenn man gleichzeitig die **Alt-Taste** gedrückt hält. Sollen Gates oder Events zwei Ausgänge haben, so ist über die rechte Maustaste der Menüpunkt **Duplizieren** sinnvoll (vorher eines anklicken). Liegen zwei Elemente übereinander, so wirken sich Änderungen hinsichtlich Wahrscheinlichkeiten oder des Typs automatisch auf das jeweilig andere aus.

Den Sub-Gates und Basis-Events kann man eine **Eintrittswahrscheinlichkeit** bzw. **Ausfallwahrscheinlichkeit** zuweisen. Dies erfolgt direkt mit einem zeitunabhängigen Wert (linke Seite), oder über eine zeitabhängige Verteilung (rechte Seite).

Die Auswahl der direkten Vorgabe der Wahrscheinlichkeiten orientiert sich nach der gängigen Einteilung, die auch in FMEA's verwendet wird. Als Anhaltspunkt ist die dazugehörige Bewertungszahl für das Auftreten A von 2 bis 10 mit abgebildet. Die Werte für Visual-XSel 16.0 verwenden im Gegensatz zur Version 15.0 die Tabelle aus dem FMEA Handbuch nach AIAG/VDA Stand 2019. Hier wurden die Abstufungen gegenüber älteren Ständen geändert (z.B. ist 1 ppm jetzt A=2 anstelle von A=1).

Eintrittswahrscheinlichkeit

Wahrscheinlichkeit

VDA/AIAG FMEA Handbuch 2019

P	ppm	Auftreten A*
<input type="radio"/> P=0	0 ppm	1
<input type="radio"/> P=1E-6	1 ppm	2
<input type="radio"/> P=1E-5	10 ppm	3
<input type="radio"/> P=1E-4	100 ppm	4
<input type="radio"/> P=5E-4	500 ppm	5
<input type="radio"/> P=0.002	2000 ppm	6
<input type="radio"/> P=0.01	10000 ppm	7
<input type="radio"/> P=0.02	20000 ppm	8
<input type="radio"/> P=0.05	50000 ppm	9
<input type="radio"/> P=0.1	100000 ppm	10

P: 0,001

Wahrscheinlichkeit für bestimmte Zeit.

Definition über Ausfallrate siehe Exponentialverteilg.

Verteilung

keine (siehe links)

Exponential

Log-Normal Weibull

Zeit h für alle gleich

OK Abbruch Hilfe

* FMEA Handbuch AIAG/VDA 2019 Alternative Tabelle (A=1 => 0 ppm nicht in Verwendung)

Andere Werte können in der Mitte definiert werden.

Bei der Verwendung von statistischen Verteilungen ist die meistverwendete die **Exponentialverteilung** mit der Ausfallrate λ . Die Zeitangabe ist in Stunden zu verstehen. Dabei können verschiedenen Elementen unterschiedliche „Betriebsstunden“ zugewiesen werden. Dies ist z.B. sinnvoll, wenn in einem System gewisse Komponenten unterschiedlich lange in Funktion sind und somit kalendarisch unterschiedlich belastet werden. Bei der **Weibull-Verteilung** lassen sich unterschiedliche Ausfallcharakteristiken abbilden (über Definition von b). Mit t_0 ist es auch möglich, dass eine Komponente erst nach einer bestimmten Zeit eine Ausfallwahrscheinlichkeit hat und vorher „intakt“ bleibt.

Gilt für alle Komponenten die gleiche Betriebszeit, so ist die Option „**für alle gleich**“ zu setzen. Alle Elemente im Fehlerbaum erhalten dann die Zeit des gerade aktuell gewählten Wertes.

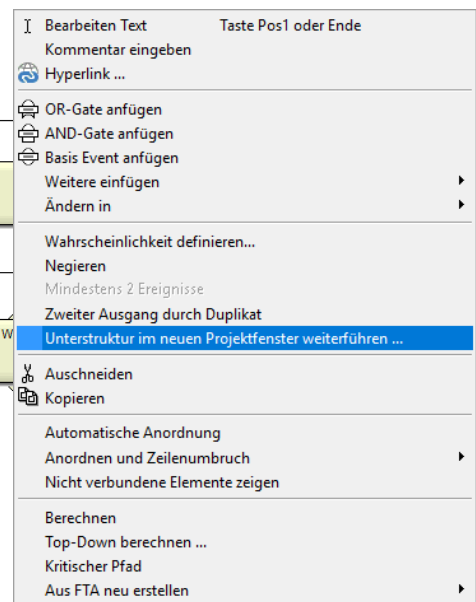
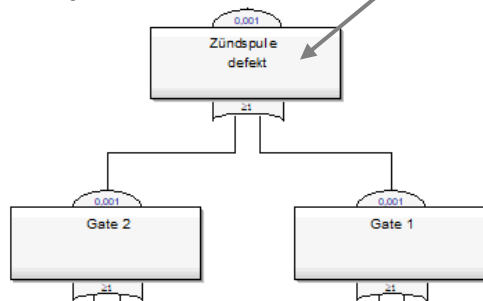
Nach Festlegung aller Eintrittswahrscheinlichkeiten kann die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des „Top-Event“ berechnet werden (Popup-Menü rechte Maustaste **Berechnen**).

Es gibt die Möglichkeit der umgekehrten Berechnung über die Vorgabe einer maximal zulässigen Wahrscheinlichkeit des Top-Events. Dabei werden iterativ die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Basis-Events und Sub-Gates ermittelt. Damit kann rückwärts ausgerechnet werden, was die Anforderungen für Komponenten sind.

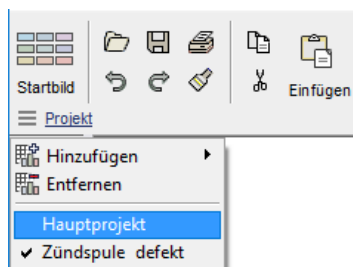
Fehlerbaumanalyse

Bei einem sehr umfangreichen Fehlerbaum ist es sinnvoll diesen aufzuteilen. Das Element Sub-Gate verdeutlicht bereits, dass es detailliertere „Zusammenhänge“ gibt, die normalerweise nicht näher dargestellt werden sollen. Ab Version 16.0 ist es möglich hierfür eine weiterführende FTA zu erstellen und damit komplexe Systeme aufzuteilen. Klicken Sie das gewünschte Sub-Gate an und wählen über die rechte Maustaste **Unterstruktur im neuem Projektfenster weiterführen**.

Es öffnet sich ein neues Projektfenster mit der Grundstruktur, wobei hier der Titel des Top-Events vom vorherigen Sub-Gates übernommen wird.



Nach der Bearbeitung und Berechnung kann wieder zur ursprünglichen FTA gewechselt werden, über den linken Menüpunkt Projekt / Hauptprojekt. Die berechnete Wahrscheinlichkeit des Top-Events aus der Unterstruktur wird nun hier als Input verwendet.

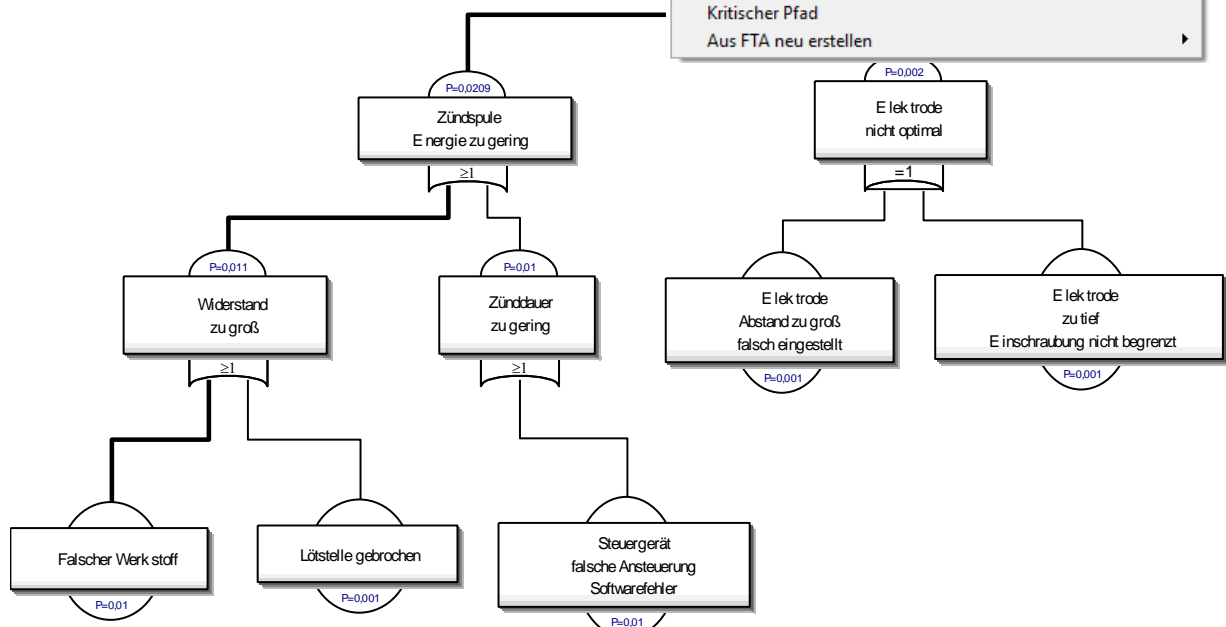
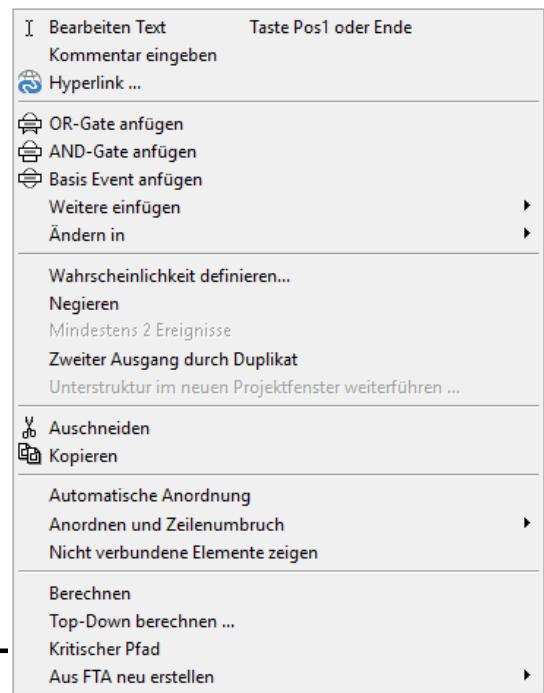


Das Anlegen einer Unterstruktur ist immer nur vom Hauptprojekt aus möglich, ebenso die beschriebene Übernahme der Wahrscheinlichkeit. Möchte man trotzdem in einer Unterstruktur weitere Sub-Gates in tieferen „Ebenen“ beschreiben, so ist die berechnete Wahrscheinlichkeit manuell zu übertragen. D.h. Ablesen der Wahrscheinlichkeit im Top-Event und in der höheren FTA Einträgen über den Menüpunkt **Wahrscheinlichkeit definieren** (rechte Maustaste am Sub-Gate).

Fehlerbaumanalyse

Möchte man wissen, welcher „Pfad“ das Top-Event am meisten beeinflusst, so kann man dies über den Menüpunkt **Kritischer Pfad** (Popup-Menü rechte Maustaste) anhand der Strichstärke der Verbindungen grafisch darstellen. Gibt es in einer Teilstruktur gleiche Wahrscheinlichkeiten, so wird keine Markierung vorgenommen.

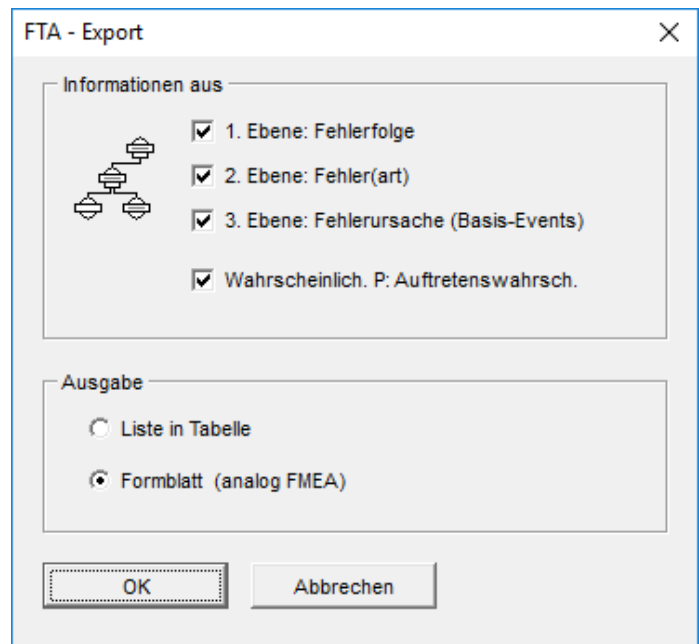
Die damit verbundene Änderung der Grafik kann über Rückgängig machen (Menüpunkt



Bearbeiten oben) wieder zurückgesetzt werden.

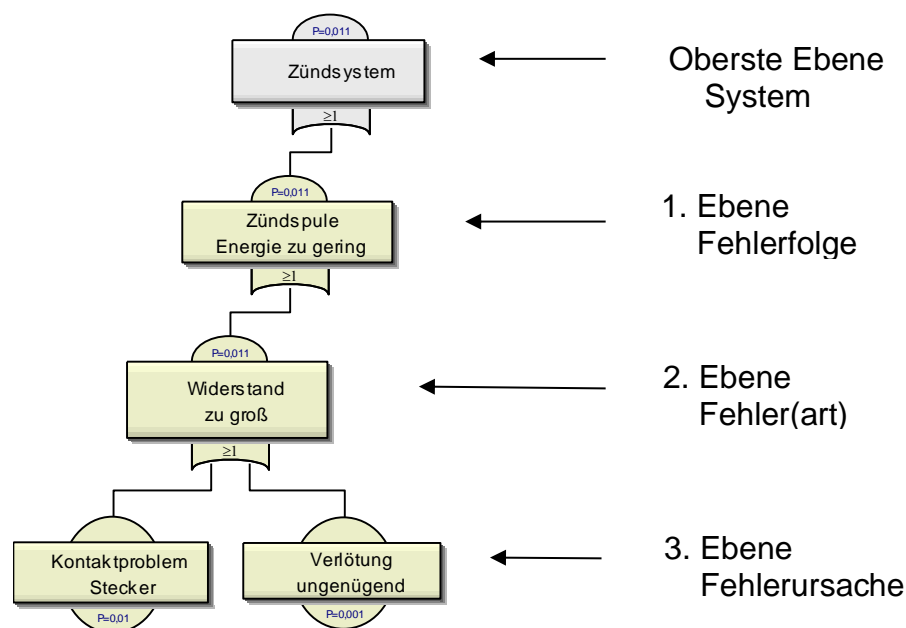
Die textlichen Inhalte der FTA-Elemente lassen sich in eine Liste oder auf ein **FMEA Formblatt** übertragen. Hierzu ist ein beliebiges FTA-Element anzuklicken, um mit der rechten Maus das Pop-upmenü zu öffnen.

Fehlerbaumanalyse



Normalerweise wird ein Fehlerbaum aus der FMEA abgeleitet. Die hier gezeigte Vorgehensweise ist umgekehrt. Was ist der Vorteil? Durch die grafische Erstellung der „Fehlerpfade“ zu Beginn ist die Gesamtheit übersichtlich und transparent.

Mit dem Fehlerbaum ist der Grundstock schnell erstellt. Für die Übernahme sollte die FTA in 3 Ebenen aufgeteilt sein. Die oberste Ebene, sonst das Top-Event, stellt das System dar. Dies ist hier sinnvoll, damit man für ein entsprechendes Produkt/System eine vollständige FMEA erhält. Verwendet man nur ein Top-Event, so wäre der Output nur ein Teilbereich eines Gesamtproduktes und somit die FMEA ebenfalls nur ein Ausschnitt.



Danach folgen die Ebenen Fehlerfolge, Fehler(art) und Fehlerursache. Zwischen oberster Ebene und Ebene 1 können natürlich noch für eine erweiterte Strukturierung Elemente eingeschoben werden, die jedoch keine Bedeutung für die Übernahme in

die FMEA haben. Die angegebene Eintrittswahrscheinlichkeit P der Basis-Events oder Sub-Gates wird optional als Auftretenswahrscheinlichkeit bzw. als entsprechend dazugehörige Bewertungszahlen interpretiert (siehe Dialogbox Eintrittswahrscheinlichkeit oder Tabelle am Ende von Teil 1).

Alle anderen Felder des FMEA-Formblattes müssen in der Tabelle gefüllt werden. Sollte es im Fehlerbaum nachträglich Änderungen geben, so wird bei erneutem Aufruf des Menüpunktes eine neue Tabellenseite angelegt. Bisherige Einträge gehen dadurch nicht verloren und können per Copy/Paste ganz, oder teilweise in das neue Formblatt übernommen werden.

Zu Grundlagen der FMEA und weiterführende Informationen sei auf die einschlägige Literatur verwiesen /3/.

In Visual-XSel kann parallel in einer Datei eine FTA mit einem **Wirkdiagramm** im Hauptfenster darzustellen. Dies ermöglicht beide „Sichtweisen“ mit ihren spezifischen Vorteilen gleichsam zu behandeln. Das Reliability-Blockdiagramm wird in einem eigenen Fenster bearbeitet (Menüpunkt **Analyse / Reliability-Blockdiagramm**).

Erstellen einer FTA aus einer Gliederung

Über eine Testgliederung, die in der Tabelle definiert, oder eingelesen wurde kann ein Fehlerbaum erstellt werden.

Die Gliederung muss eine durch Punkt getrennte Nummerierung enthalten. Das direkte Schreiben in die Tabelle oder das Übertragen per Zwischenablage wird nicht empfohlen, da Gliederungen z.B. mit zwei Zahlen getrennt durch nur einen Punkt als Datum interpretiert werden!

	A	B	C	D
1	Top Event		OR	0
2	1.	Gate 1	OR	0
3	1.1.	Event 1	Basis	0,001
4	1.2.	Event 2	Basis	0,001
5	1.3.	Event 5	Basis	0,001
6	2.	Gate 2	OR	0
7	2.1.	Event 3	Basis	0,001
8	2.2.	Event 4	Basis	0,001
9				

Es sollte in jedem Fall hinter der letzten Zahl noch ein Punkt stehen! Der erste Text in Zelle A1 wird als Top-Event ganz oben interpretiert.

Optional kann in Spalte C der Typ des Gates definiert werden. Interpretiert werden nur die Bezeichnungen „OR“, „AND“, „XOR“, „Basis“ und „Sub-Gate“. Weiterhin kann in Spalte D auch die Eintrittswahrscheinlichkeit angegeben werden, die jedoch nur für Basis- und Sub-Gates verwendet wird.

Zur Darstellung der FTA ist innerhalb der Tabelle der Menüpunkt **Diagramm/ Fehlerbaum aus Gliederung erstellen** zu wählen.

Über die Erstellung von FTA's aus Gliederungen ist es auch möglich aus anderen Anwendungen heraus Strukturen zu importieren.

Import aus anderen Anwendungen

Bereits bestehende Grafiken oder Gliederungen können in Visual-XSel u.U. weiterverwendet werden. Die Basis der Datenübertragung ist jeweils eine Gliederung im Textformat. Für die wichtigsten Programme sind zunächst folgende Schritte durchzuführen:

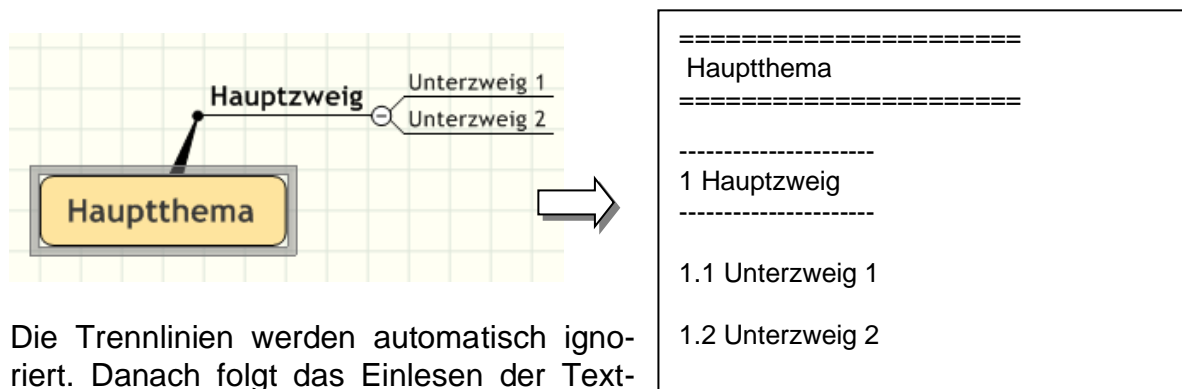
Export der Gliederung aus Visio®

Mindmaps können in Visio® über den Menüpunkt *Brainstorming* exportiert werden. Verwenden Sie den Export nach Word®.

Lesen Sie die entsprechende Datei in Word ein und gehen Sie dabei wie im Kapitel *Import von allgemeinen Gliederungen* vor (weiter unten). Evtl. sind nicht alle Ebenen korrekt formatiert. Im dritten Schritt sehen Sie, wie diese geändert werden können. Danach folgt das Einlesen der Textdatei in Visual-XSel innerhalb der Tabelle (Menüpunkt Datei). **Vorsicht:** Das Übertragen per Zwischenablage wird nicht empfohlen, da Gliederungen z.B. mit zwei Zahlen getrennt durch einen Punkt als Datum interpretiert werden!

Export aus MindManager®

Sehr verbreitet für Strukturdiagramme ist der MindManager. Grafiken hieraus lassen sich als Text (Unicode) exportieren. Verwenden Sie hierzu den Menüpunkt *Datei/Speichern unter...* und wählen als Dateityp „*Gliederung – Plain Text*“. Folgendes Beispiel:



Die Trennlinien werden automatisch ignoriert. Danach folgt das Einlesen der Textdatei in Visual-XSel innerhalb der Tabelle (Menüpunkt Datei). **Vorsicht:** Das Übertragen per Zwischenablage wird nicht empfohlen, da Gliederungen z.B. mit zwei Zahlen getrennt durch einen Punkt als Datum interpretiert werden!

Export aus IQ-FMEA®

IQ-FMEA ist ein mächtiges Tool, indem auch Wirkdiagramm erstellt werden können. Ein direkter Export als Textdatei ist allerdings nur über dem Umweg als HTML-Datei möglich (zunächst Übertragung z.B. in Word und wiederum abspeichern im Format [Nur Text *.txt]. Danach folgt das Einlesen der Textdatei in Visual-XSel innerhalb der Tabelle (Menüpunkt Datei). **Vorsicht:** Das Übertragen per Zwischenablage wird nicht empfohlen, da Gliederungen z.B. mit zwei Zahlen getrennt durch einen Punkt als Datum interpretiert werden!

Import von allgemeinen Gliederungen

Bevor eine Gliederung in Visual-XSel eingelesen werden kann, sind einige Schritte mit Hilfe von Word® durchzuführen. Diese Beschreibung gilt ab Word 2007, kann aber sinngemäß auch auf ältere Versionen übertragen werden.

Fehlerbaumanalyse

1. Struktur definieren oder Datei einlesen

Beispiel:

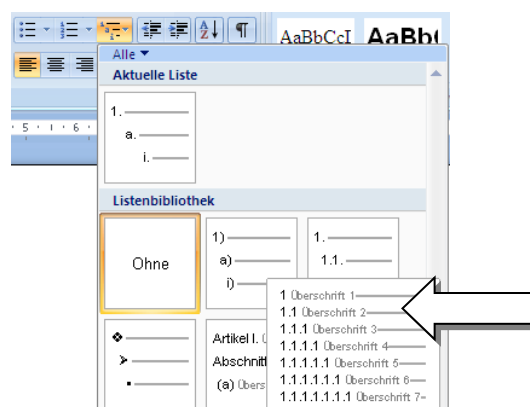
Titel
Konstruktion
Bauteil 1
Bauteil 2
Material
Bauteil A
Bauteil B

Wichtige Hinweise: Wenn der Titel fehlen sollte, dann hier nachtragen, ansonsten gibt es kein Element in der Mitte, bzw. der erste Ast Konstruktion wird sonst in die Mitte genommen. Darüber liegende leere Zeilen sind zu löschen.

2. Als Ebenen formatieren

Den Text unterhalb von Titel markieren und als Ebenen formatieren.

Titel
Konstruktion
Bauteil 1
Bauteil 2
Material
Bauteil A
Bauteil B

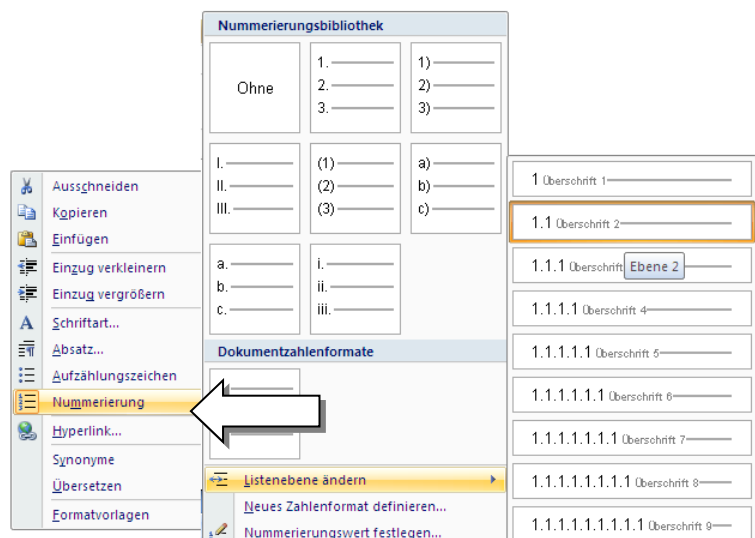


3. Ebenen ändern

Evtl. sind manche Einträge nicht in der richtigen Ebene. Klicken Sie den entsprechenden Text an und verwenden die rechte Maustaste.

4. Abspeichern der Datei

Die Datei mit einem beliebigen Namen aber im Format [Nur Text *.txt] abspeichern. Nicht vergessen Word zu schließen, ansonsten kann die Datei von Visual-XSel nicht geöffnet werden.



Literatur

Taschenbuch der statistischen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmethoden

Die wichtigsten Methoden und Verfahren für die Praxis.

Beinhaltet statistische Methoden für Versuchsplanung & Datenanalyse, sowie Zuverlässigkeit & Weibull.

- Statistische Verteilungen und Tests & Mischverteilungen
- Six Sigma Einführung und Zyklen
- Systemanalysen Wirkdiagramm, FMEA, FTA, Matrizen-Methoden
- Shainin- und Taguchi-Methoden
- Versuchsplanung DoE, D-Optimal
- Korrelations- und Regressionsverfahren
- Multivariate Datenauswertungen
- Prozessfähigkeit – Messmittelfähigkeit MSA 4 und VDA 5
- Regelkarten
- Toleranzrechnung und Monte-Carlo-Simulation
- Statistische Hypothesentests
- Weibull und Lebensdaueranalysen
- Stichprobengröße

190 Seiten, Ringbuch

ISBN: 978-3-00-043678-9



-
- /1/ DIN 25424 Fehlerbaumanalyse,
Teil 1 und 2
Ausgabe 1981-09, Beuth Verlag Berlin
 - /2/ Reinhard Böhnert: Bauteil- und Anlagensicherheit.
Vogel, Würzburg 1992,
ISBN 3-8023-0468-3
 - /3/ AIAG & VDA FMEA-Handbuch 2019
Design- und Prozess-FMEA
FMEA-Ergänzung – Monitoring & Systemreaktion