



Voraussetzung und verwandte Themen

Für diese Beschreibungen sind Grundlagen der booleschen Algebra von Vorteil. Da sich im Text Erklärungen auf Diagramme auf verschiedenen Seiten beziehen, empfiehlt sich diese Text auszudrucken.

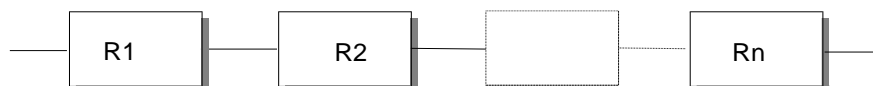
www.weibull.de/Weibull-Analysen.pdf

www.weibull.de/Fehlerbaumanalyse.pdf

Stichworte: Weibull – Reliability-Blockdiagramme – Zuverlässigkeit – Lebensdauer – Ausfallwahrscheinlichkeit

Einführung

Zur Bestimmung der Systemzuverlässigkeit gibt es die Methode der Reliability-Blockdiagramme, kurz RBD. Dabei werden die Bauteile und Komponenten in einem System mit Angabe Ihrer Zuverlässigkeit R als Black-Box dargestellt, z.B.:



Ziel und Nutzen

Mit dem RBD lässt sich einfach und übersichtlich die Zuverlässigkeit von Systemen darstellen und berechnen. Der Nachteil ist, dass die Angaben und das Ergebnis nur für einen bestimmten Zeitpunkt gelten, der zu definieren ist (z.B. für eine garantierte Lebensdauer von 8 Jahren).

Grundlagen

Sind die Komponenten in „Reihe geschaltet“ (siehe seriellles Beispiel unter Einführung), so ergibt sich die Zuverlässigkeit R_{ges} oder die Überlebenswahrscheinlichkeit durch Multiplikation der Zuverlässigkeit der Bauteile und Komponenten mit:

$$R_{ges} = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n = \prod_{i=1}^n R_i$$

Die Systemzuverlässigkeit ist immer schlechter, als das schlechteste Einzelbauteil. Durch jedes zusätzliche Bauteil wird die Systemzuverlässigkeit geringer. Fällt ein Bauteil aus, so wirkt sich dies sofort auf das Gesamtsystem aus. Dabei müssen die Bauteile nicht unbedingt eine technische Verknüpfung miteinander haben. Z.B. fällt ein Fahrzeug aus, wenn entweder der Reifen keine Luft mehr hat, oder der Motor ausfällt. Es gilt zu Berechnung der Gesamtzuverlässigkeit die serielle Schaltung. Da zwischen der Überlebenswahrscheinlichkeit R und der Ausfallwahrscheinlichkeit H der Zusammenhang $H = 1 - R$ besteht, gilt:

$$H_{ges} = 1 - (1 - H_1) \cdot (1 - H_2) \cdot \dots \cdot (1 - H_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - H_i)$$

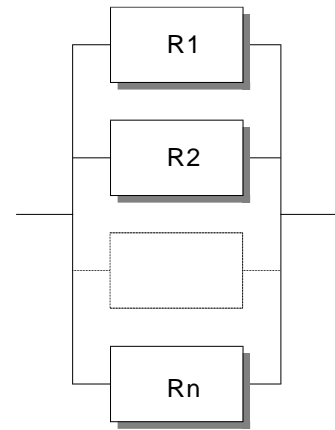
Reliability Blockdiagramme

Sind die Komponenten „parallel geschaltet“, so ergibt sich eine Redundanz. Ein Ausfall des Gesamtsystems ist erst gegeben, wenn alle Komponenten ausgefallen sind.

$$H_{ges} = H_1 \cdot H_2 \cdot \dots \cdot H_n = \prod_{i=1}^n H_i$$

und die Überlebenswahrscheinlichkeit

$$R_{ges} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$$

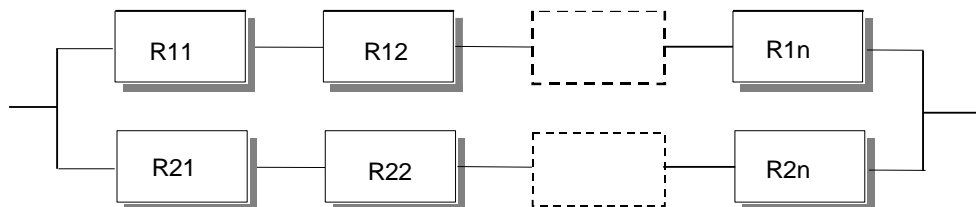


Schließen sich Auftretenswahrscheinlichkeiten gegenseitig aus (z.B. Fehler im Betrieb kann nicht gleichzeitig mit Fehler bei Stillstand auftreten, so müssen die Wahrscheinlichkeiten für das gleichzeitige Auftreten abgezogen werden:

$$R_{12} = 1 - \left[\underbrace{(1 - (1 - H_1)(1 - H_2))}_{\text{wie seriell}} - \underbrace{H_1 \cdot H_2}_{\text{wie parallel}} \right]$$

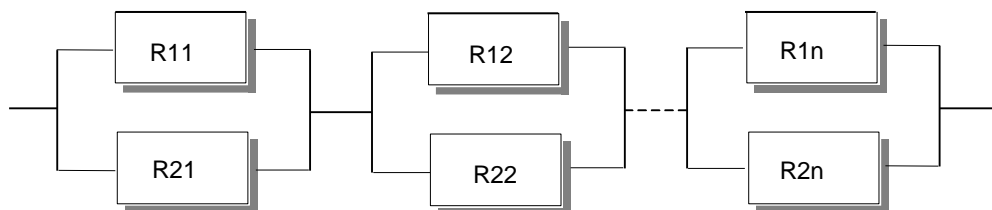
Es lassen sich auch Kombinationen aus seriell und parallel verschalteten Komponenten bilden. Bei zwei seriellen „Strängen“, die parallel verschaltet sind, ergibt sich folgende Überlebenswahrscheinlichkeit:

$$R_{ges} = 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^n R_{1,i} \right] \cdot \left[1 - \prod_{k=1}^m R_{2,k} \right]$$



Ein Systemausfall ist gegeben, wenn jeweils innerhalb beider Serienstränge mindestens eine Komponente ausgefallen ist.

Für mehrere Parallelschaltungen, die seriell hintereinander verschaltet sind



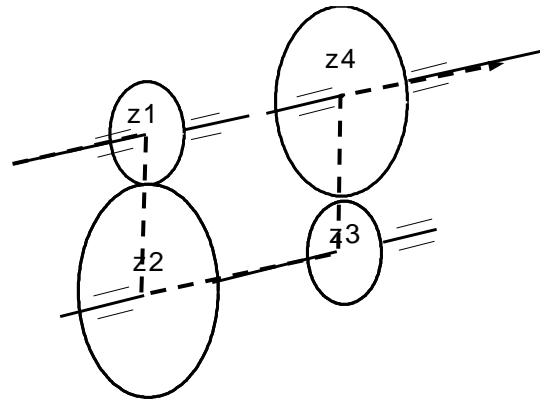
gilt:

$$R_{ges} = \prod_{k=1}^n \left(1 - \prod_{i=1}^2 [1 - R_{i,k}] \right)$$

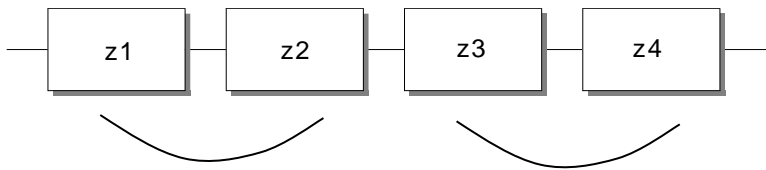
Dieses System fällt aus, wenn beide Komponenten eines Parallelblocks ausfallen.

Reliability Blockdiagramme

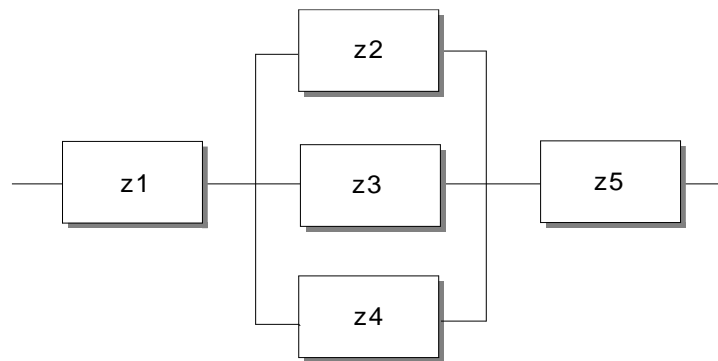
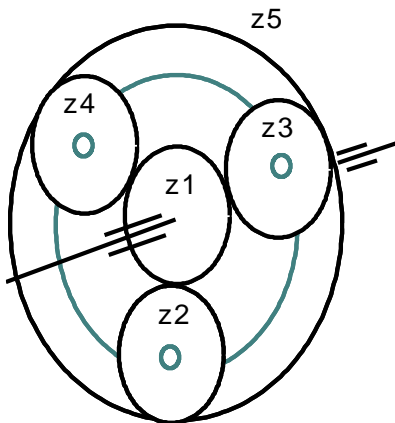
Ein typisches Beispiel für Serienschaltungen ist das folgende Getriebe:
 In der Vorlage sind nur Serienschaltungen bis 3 Baugruppen enthalten.
 Durch Kombination von 2x2 kann jedoch das Gesamtsystem bestimmt werden



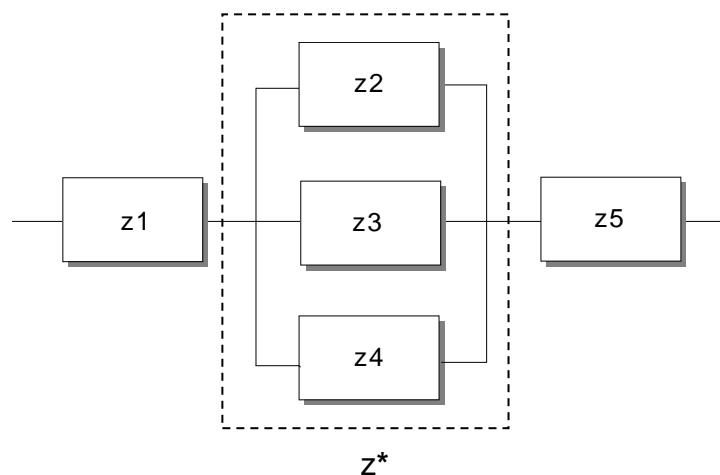
Kraft- und Funktionsfluss seriell



Beispiel Planetengetriebe: Hier kann man sich die dargestellten Komponenten als Untergruppen vorstellen, die stufenweise bestimmt werden.



Kraft- und Funktionsfluss teils parallel, teils in Serie



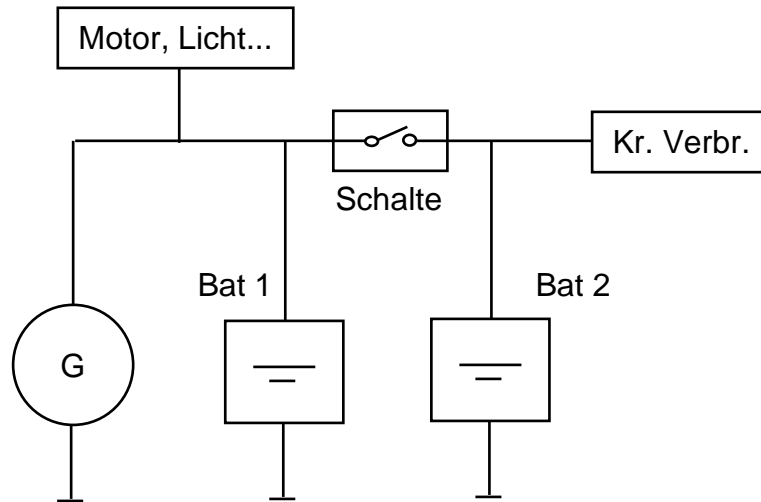
$$\begin{aligned}
 R_1 &= 0,85 \\
 R_2 &= R_3 = R_4 = 0,90 \\
 R_5 &= 0,80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^* &= 1 - (1 - z_2) (1 - z_3) (1 - z_4) \\
 &= 1 - (1 - 0,9) (1 - 0,9) (1 - 0,9) = 0,999 \quad \text{Untergruppe: } z^* = \{z_2, z_3, z_4\} \\
 R_{\text{ges}} &= R_1 \cdot R^* \cdot R_5 = 0,85 \cdot 0,999 \cdot 0,8 = 0,679 = 67,9\%
 \end{aligned}$$

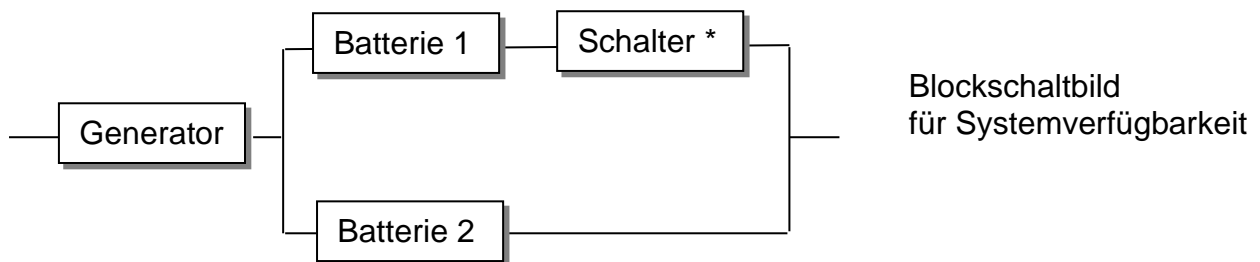
Reliability Blockdiagramme

Beispiel Stromversorgung

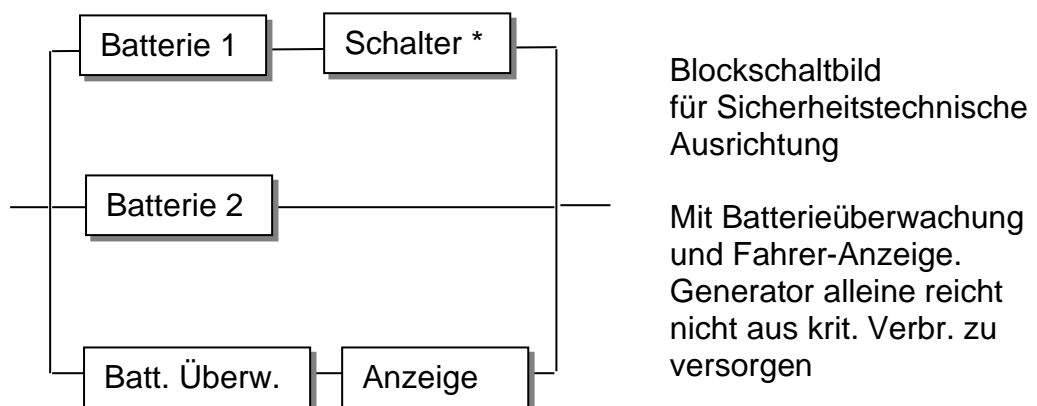
Ein oder mehrere kritische Verbraucher müssen sicher versorgt werden. Überlegungen: Der Ausfall der Hauptbatterie 1 soll durch die Zusatzbatterie 2 abgesichert werden. Ein Schalter soll unter bestimmten Bedingungen verhindern, dass Batterie 2 die normalen Verbraucher versorgt.



Wie sieht das Blockschaltbild aus für die Verfügbarkeit der kritischen Verbraucher?
Wie sieht das Blockschaltbild aus für sicherheitsrelevante kritische Verbraucher mit Batterieüberwachung und Anzeige?



* $R = 1$ - Wahrscheinlichkeit für ungewollt geöffnet



Unter Umständen kann es möglich sein, dass das gleiche Element mehrfach vorkommt, z.B. weil ein Sensor für unterschiedlich Auswerteeinheiten Informationen liefert. Das Blockschaltbild ist nicht mit dem tatsächlichen Stromverlauf einer Schaltung zu

Reliability Blockdiagramme

verwechseln, sondern immer nur im Hinblick auf die Verfügbarkeit oder Zuverlässigkeit der Komponenten hin zu betrachten.

Das größte Problem ist die „Beschaffung“ der Zuverlässigkeitszahlen der einzelnen Komponenten. Oft sind nur Schätzungen möglich. Es ist deshalb ratsam in den Darstellungen die Voraussetzungen für die Zahlen anzugeben und evtl. verschiedene Betrachtungsweisen zu erläutern.

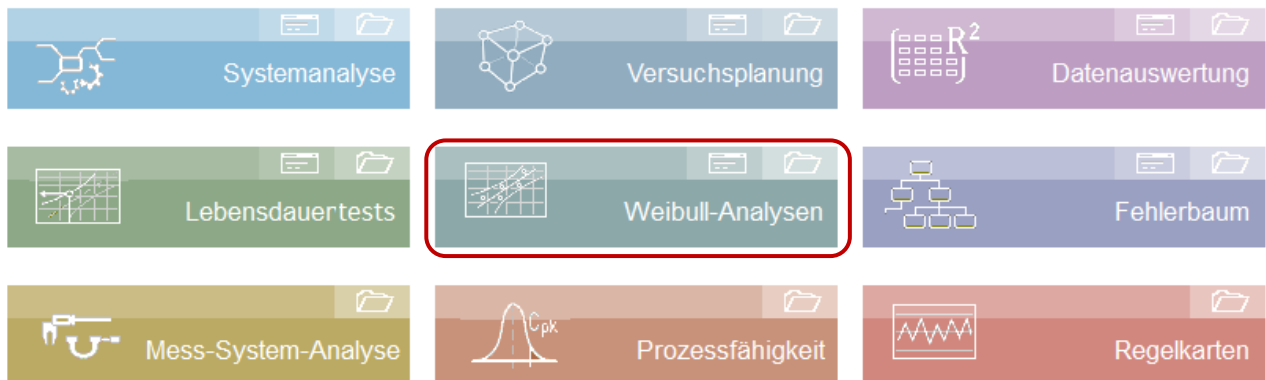
Eine Alternative Methoden ist die Fehlerbaumanalyse, kurz FTA

Reliability Blockdiagramme

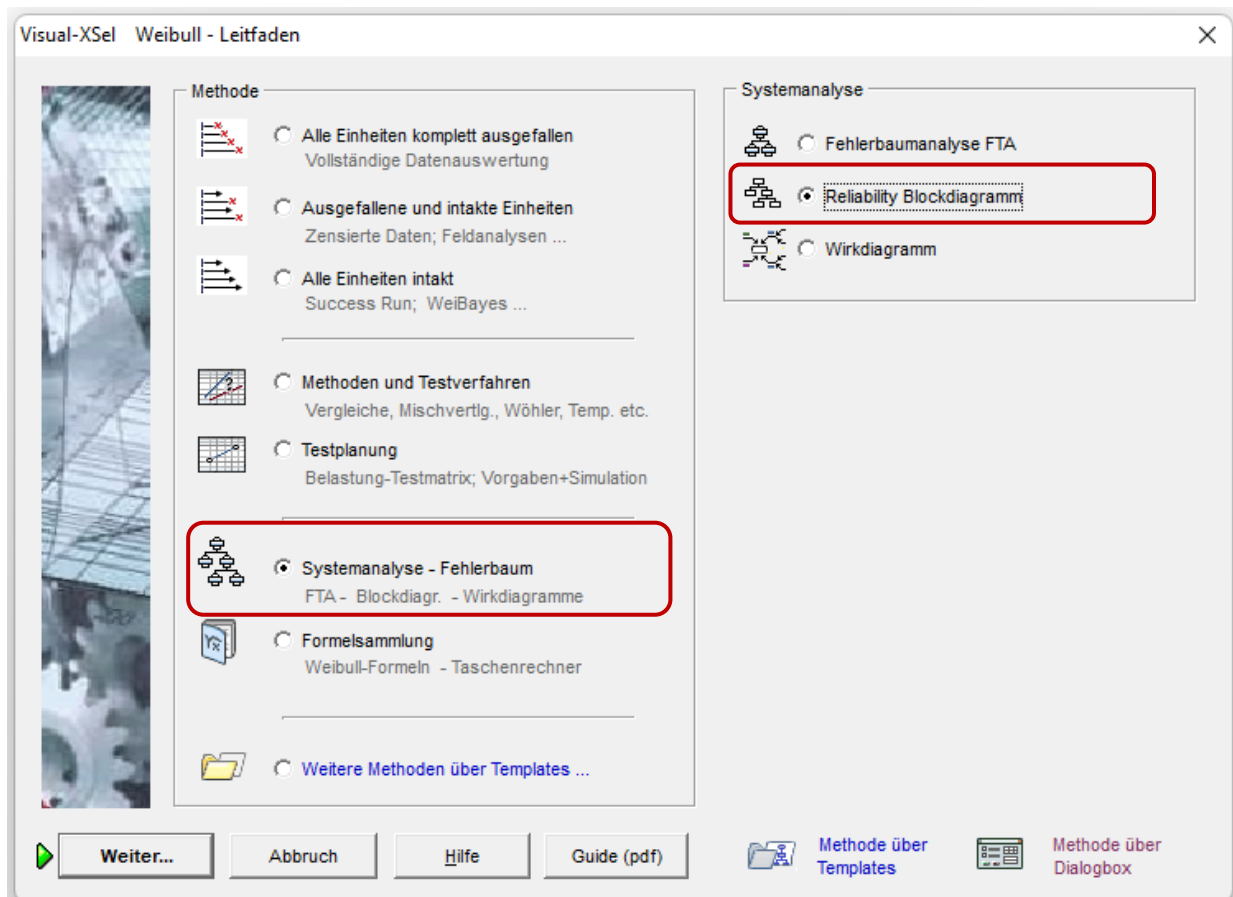
Anwendung in Visual-XSel 17.0

www.crgraph.de

Verwenden Sie für den Einstieg die Weibull-Analysen im Leitfaden.



Wählen Sie unter Systemanalyse rechts das Reliability Blockdiagramm



Unter dem Menüpunkt *Datei/Templates/Weibull* befinden sich zwei Beispiele:

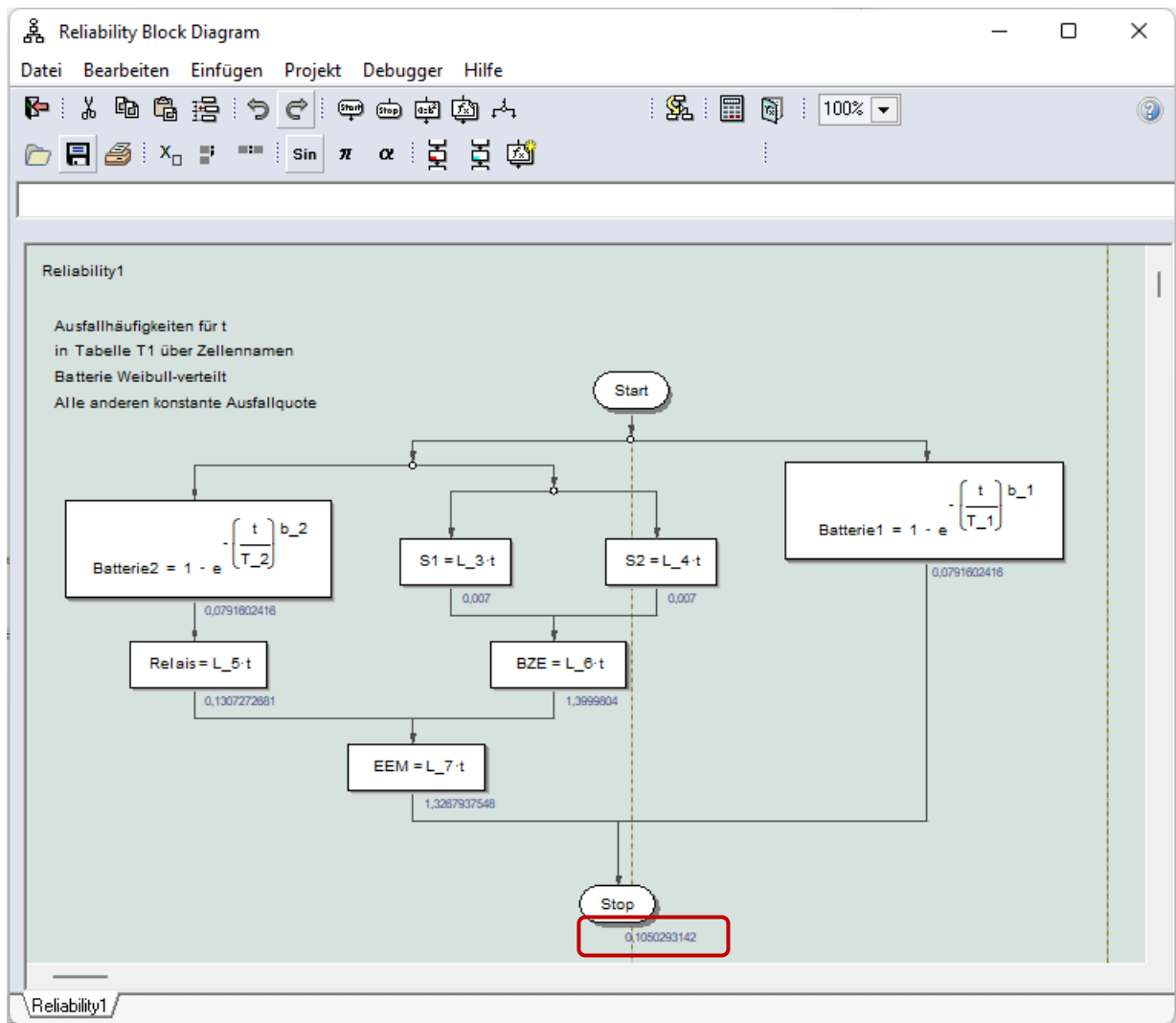
Beispiel_Reliability_Blockdiagramm_Batterie.vxg

Beispiel_Reliability_Blockdiagramm_Planetengetriebe.vxg

Im ersten Beispiel werden für die Batterien die Ausfallwahrscheinlichkeiten mit Hilfe der Weibull-Verteilung berechnet und es kann über t der dafür gültige Zeitpunkt definiert werden:

Reliability Blockdiagramme

Über dieses Fenster, das ansonsten auch Makros beinhaltet, erfolgt die Berechnung auf Basis der Ausfallwahrscheinlichkeiten = 1-Zuverlässigkeit.
Zur Berechnung des Systems ist die Taste F9 zu drücken und das Ergebnis wird unten angezeigt:





Software – Literatur – Consulting – Schulungen



Software

Unsere Software **Visual-XSel** ist ein leistungsfähiges Tool für alle wichtigen statistischen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmethoden. Nicht umsonst ist diese Software in vielen großen Firmen im Einsatz – [crgraph.de/Referenzen](https://www.crgraph.de/Referenzen).

Weitere Informationen zum aktuellen Thema finden Sie auf den nächsten Seiten oder unter [crgraph.de/Versionen](https://www.crgraph.de/Versionen)



Eigene Literatur

Unser **Taschenbuch der statistischen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmethoden** beinhaltet weiterführende Themen, z.B. zu Systemanalysen, Weibull- und Zuverlässigkeitsmethoden, Versuchsplanung und Datenauswertung, sowie zur Mess-System-Analyse und Prozessfähigkeit.

Weitere Informationen finden Sie unter [crgraph.de/Literatur](https://www.crgraph.de/Literatur)



Consulting & Schulungen & Six Sigma

Bei unseren Inhouse- oder Online-Schulungen wird die praxisnahe Anwendung von statistischen Methoden vermittelt. Wir haben über 20 Jahre Erfahrung, insbesondere in der Automobilindustrie und unterstützen Sie bei Ihren Problemstellungen, führen Auswertungen für Sie durch, oder erstellen firmenspezifische Auswertevorlagen.

Weitere Informationen finden Sie unter [crgraph.de/Schulungen](https://www.crgraph.de/Schulungen)



Hotline

Haben Sie noch Fragen, oder Anregungen? Wir stehen Ihnen gerne zur Verfügung:

Tel. +49 (0)8151-9193638

e-mail: info@crgraph.de

Besuchen Sie uns auf unserer Home-Page: www.crgraph.de