



Lebensdauerests



Weibull-Analysen



Fehlerbaum

## Voraussetzung und verwandte Themen

Für diese Beschreibungen sind Grundlagen der Statistik vorteilhaft. Weiterführende und verwandte Themen sind:

[www.weibull.de/Weibull.pdf](http://www.weibull.de/Weibull.pdf)

[www.weibull.de/Weibull\\_Temperaturabhaengigkeit.pdf](http://www.weibull.de/Weibull_Temperaturabhaengigkeit.pdf)

[www.weibull.de/Fehlerbaumanalyse.pdf](http://www.weibull.de/Fehlerbaumanalyse.pdf)

**Stichworte:** Ausfallrate – Hazard Rate – Zuverlässigkeit – Ausfälle – Arrhenius – FIT

## Einführung

Eine wichtige Kenngröße im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeit ist die Ausfallrate  $\lambda$  (auch oft als Hazard rate genannt). Sie gibt an, welcher relative Anteil der noch nicht ausgefallenen Einheiten in dem folgenden Zeitintervall ausfällt. Insbesondere in der Elektronik sind für deren Bauteile die Ausfallraten vom Hersteller gegeben. Dort sind häufig sogenannte FIT (Failure in Time) definiert. Die Einheit FIT gibt dabei die Anzahl Ausfälle an, die in  $10^9$  Stunden auftreten, was 114000 Jahre entspricht. In Bezug auf eine Ausfallrate bedeutet deshalb  $1 \text{ FIT} = 10^{-9}/\text{h}$ .

## Ziel und Nutzen

Mit der Ausfallrate lässt sich das Risiko eines Ausfalles in der nächst folgenden Betriebsstunde bestimmen. Bei einer konstanten Ausfallrate kann sehr einfach das Ausfallverhalten von komplexen Systemen berechnet werden. Erhöhte Ausfallraten durch steigende Temperaturen lassen sich über das sogenannte Arrhenius-Modell umrechnen.

## Grundlagen

Die Ausfallrate ist die momentane Ausfallwahrscheinlichkeit in einer Betriebsstunde bezogen auf die Einheiten, die noch intakt sind:

$$\lambda_T = \frac{h(t)}{1 - H(t)}$$

$\leftarrow$  momentane Ausfallwahrscheinlichkeit aus Dichtefunktion

$\leftarrow$  verbleibende Überlebende aus Verteilungsfunktion (Summenwahrsh., Überlebende = 1 – Ausfälle)

Über eine Testreihe und der Anwendung der Weibull-Verteilung kann aus den Weibull-Parametern die Ausfallrate wie folgt berechnet werden:

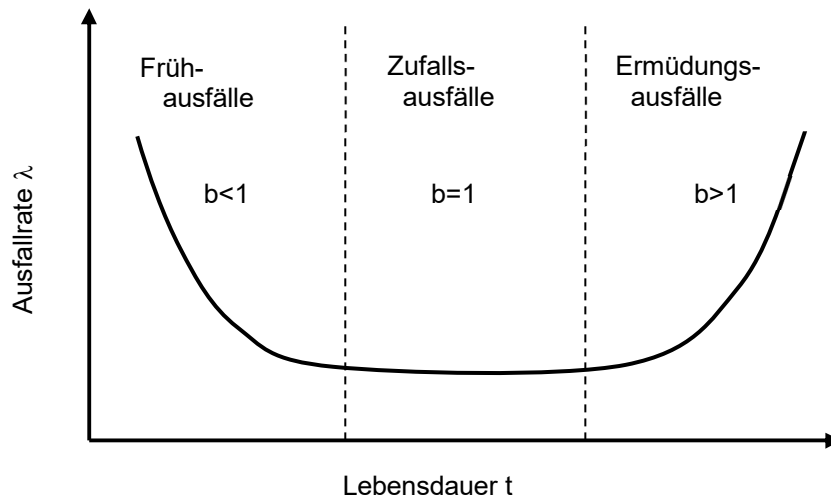
$$\lambda_T = \frac{b}{T} \left( \frac{t}{T} \right)^{b-1} \quad \text{für } b=1 \text{ ergibt sich eine konstante Ausfallrate, die nur von } T \text{ abhängig ist:} \quad \lambda_T = \frac{1}{T} \left( \frac{t}{T} \right)^{1-1} = \frac{1}{T}$$

## Ausfallrate & Hazard Rate

Im Falle einer konstanten Ausfallrate ist diese der Kehrwert der charakteristischen Lebensdauer aus der Weibull-Verteilung. Wenn  $b=1$  ist, vereinfacht sich diese Verteilung und es entsteht als Sonderfall die Exponential-Verteilung:

$$H = 1 - e^{-\lambda t}$$

Im Zusammenhang mit der Ausfallrate wird häufig die sogenannte Badewannenkurve genannt:



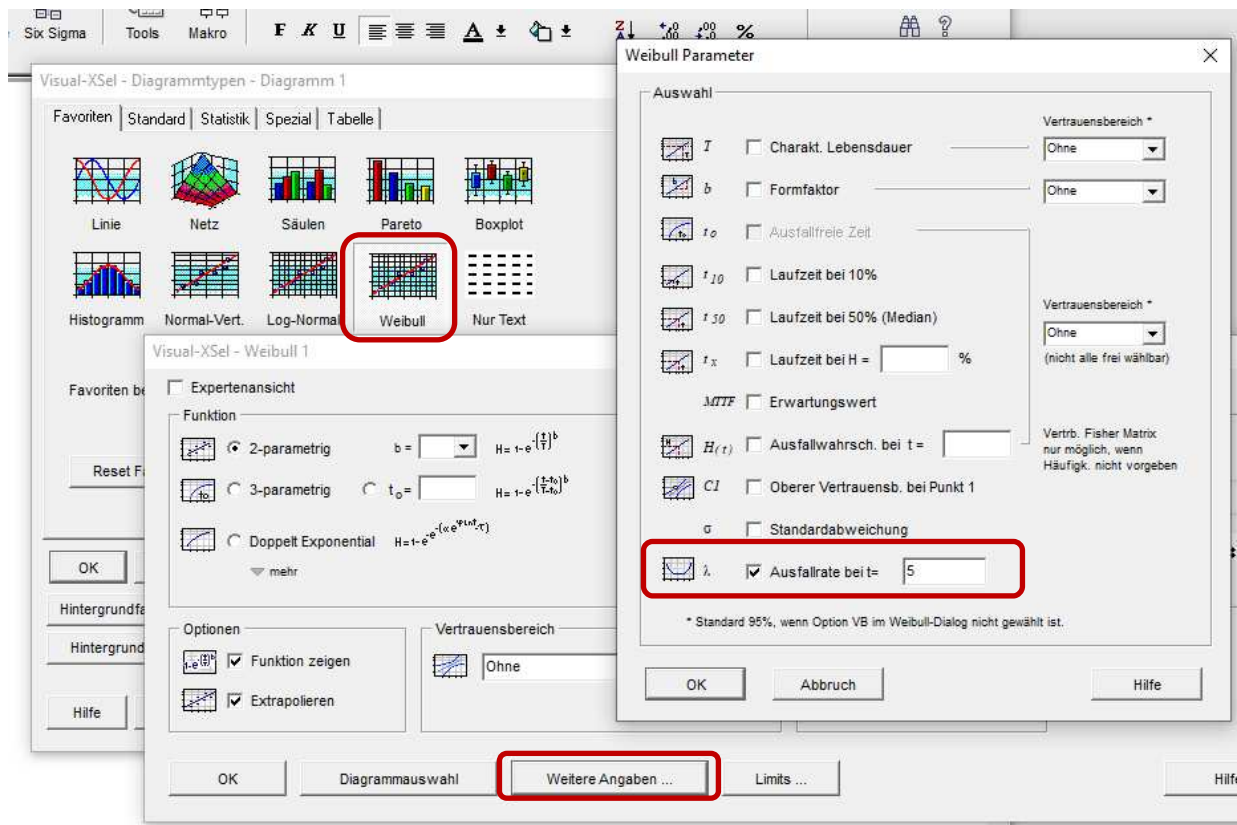
Man geht davon aus, dass ein Bauteil diese Phasen durchläuft. Ohne Frühausfälle können aber in vielen Fällen auch nur Ermüdungsausfälle vorkommen. Zufallsausfälle werden meist nur durch Fremdeinwirkung oder von der Umwelt verursacht. Sie sind also nicht vom Bauteil selber verschuldet.

## Anwendung in Visual-XSel

Auf die Ausfallrate wird in verschiedenen Bereichen von Visual-XSel Bezug genommen:

### Ausgabe der Ausfallrate über die Weibull-Verteilung

In einer Weibull-Darstellung kann die Ausfallrate über die folgende Dialogauswahl erreicht werden (eine Datenspalte markieren und Ikone Diagramm anklicken):

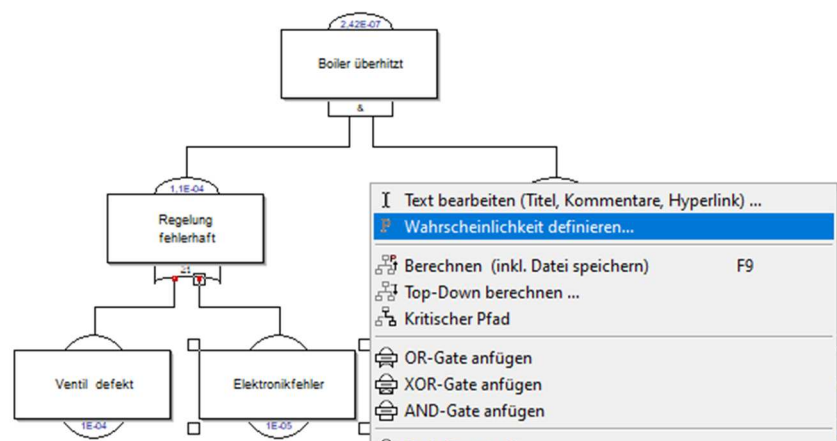


### Abhängigkeit der Ausfallrate von der Temperatur

Das sogenannte Arrhenius-Modell beschreibt, wie stark die Ausfallrate über der Temperatur zunimmt. Diese Funktion ist im Template [Arrhenius\\_Modell.vxg](#) dargestellt (Menü Datei/Templates/Weibull...).

### Anwendung der Ausfallrate in Fehlerbäumen

Im Zusammenhang mit den Basis-Elementen oder Sub-Gate eines Fehlerbaumes können die Ausfallwahrscheinlichkeiten auch über Ausfallraten definiert werden.:



# Eintrittswahrscheinlichkeit & Hazard Rate

Eintrittswahrscheinlichkeit

Definition über FMEA Auftreten A

VDA Band 4 FMEA 2009

P	Auftreten A*
<input type="radio"/> P=1E-6	1 ppm 1
<input type="radio"/> P=5E-5	50 ppm 2
<input type="radio"/> P=1E-4	100 ppm 3
<input type="radio"/> P=1E-3	1000 ppm 4
<input type="radio"/> P=2E-3	2000 ppm 5
<input type="radio"/> P=5E-3	5000 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

Wahrscheinlichkeit

P: 0,632121

für bestimmte Zeit t

P fix halten für Top Down Berechnung

Definition über Verteilung

keine (siehe links)

Exponential (A)

Log-Normal  Weibull

λ: 0,001

Zeit: 1000 h  für alle gleich

OK Abbruch Hilfe

Eine ausführliche Beschreibung hierzu ist zu finden unter:

[www.weibull.de/Fehlerbaumanalyse.pdf](http://www.weibull.de/Fehlerbaumanalyse.pdf)



## 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](mailto:info@crgraph.de)

Besuchen Sie uns auf unserer Home-Page: [www.crgraph.de](https://www.crgraph.de)

