



Lebensdauertests



Weibull-Analysen



Fehlerbaum

Voraussetzung und verwandte Themen

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

www.weibull.de/Weibull_Success_Run.pdf

www.weibull.de/Weibull_Analysen.pdf

Einführung

Mit Hilfe der WeiBayes-Methode soll die Weibull-Gerade auch bei nur sehr wenigen Daten bestimmt werden. Dabei müssen noch keine Ausfälle vorliegen. Wie bei der Success-Run-Methode wird jedoch die Vorinformation der Weibull-Steigung b benötigt.

Ziel und Nutzen

Mit WeiBayes lassen sich Aussagen über die Lebensdauer von Bauteilen machen, ohne eine definierte Soll-Lebensdauer haben zu müssen (Voraussetzung bei Success-Run).

Grundlagen

Über die sogenannte Maximum-Likelihood Methode zur Bestimmung der Weibull-Parameter ist T definiert durch:

$$T = \left[\frac{1}{r} \sum_{i=1}^n t_i^b \right]^{\frac{1}{b}} \quad \begin{array}{l} r : \text{Anzahl Ausfälle} \\ n : \text{Anzahl Ausfälle} + \text{intakte Bauteile} \end{array}$$

Allgemein wird mit r anstelle von n im Nenner T berechnet, wenn nicht alle Bauteile ausgefallen sind (unvollständige Tests). Die Bayessche Statistik bedient sich bestimmter Vorinformationen. In diesem Fall geht man davon aus, dass b bekannt ist, z.B. aus Voruntersuchungen, einer bisherigen Serie, etc. Somit lässt sich T unmittelbar berechnen und auch alle weiteren gewünschten Angaben, wie die Ausfallwahrscheinlichkeit bei einer gewünschten Laufzeit, t_{10} bzw. B_{10} , etc. Zu beachten ist, dass die Berechnung von T , insbesondere durch eine ungenaue Vorgabe von b und eine evtl. geringen Anzahl Testdurchläufe nur eine grobe Schätzung sein kann. Alle getesteten Bauteile müssen der gleichen Fertigungsqualität entsprechen und die Tests müssen natürlich die gleichen Belastungsbedingungen haben. Unterschiedliche Entwicklungsstände können hier nicht verrechnet werden. Bei sehr großem b bestimmt vor allem das am längsten gelaufene Teil einseitig das Ergebnis. Die Laufzeiten sollten deshalb nicht zu stark streuen.

WeiBayes ohne Ausfälle

Es gibt Fälle, wie bei der Methode Success-Run, bei der im Test noch keine Ausfälle aufgetreten sind. In diesem Fall wird angenommen, dass ein Ausfall eines der noch intakten Bauteile unmittelbar bevorsteht. Insofern, setzt man vereinfacht $r = 1$ an. Dies ist eine konservative Betrachtung, was bedeutet, dass das berechnete T nicht der erwartete Schätzwert der Stichprobe ist, sondern der Wert für die einseitig untere Vertrauensgrenze C und zwar für 63,2% ($r = 1$). Die Unsicherheit bei der Angabe von b ist dabei nicht berücksichtigt. In der DIN EN 61649 finden sich weitere Werte für das angenommene r bei anderen Vertrauensgrenzen (z.B. $r = 3$ für $C = 95\%$).

WeiBayes mit Ausfällen

Gibt es konkrete Ausfälle, so ist T nach der eingangs beschriebenen Gleichung der direkte Schätzwert der charakteristischen Lebensdauer. Liegen nur 2 oder 3 Ausfälle vor, so ist die Bestimmung der Weibull-Parameter aus konventioneller Methode sehr unsicher. Die Steigung b wird extrem von der Lage einzelner weniger Punkte beeinflusst. Durch die Vorgabe einer bekannten Steigung b ergibt sich eine höhere Genauigkeit mit WeiBayes, sofern man genügend Erfahrungen für b hat, vor allem aus dem Feld. Da T in diesem Fall bereits der direkte Schätzer ist, wird die untere Vertrauensgrenze T_{min} hier über die Chi-Quadratverteilung bestimmt.

$$T_{min,C} = T \left[\frac{2r}{\chi_{2r+2,C}^2} \right]^{\frac{1}{b}}$$

Beispiel

Für eine Fahrzeug-Komponente ist aus dem Feld bekannt, dass die charakteristische Lebensdauer $T = 80500$ km und die Steigung $b = 2,5$ ist. Eine verstärkte Variante wurde in 5 Fahrzeugen als Großversuch getestet. Dabei sind bereits 2 bei 95640km und 110700km ausgefallen ($r = 2$). Die 3 noch intakten haben eine Laufzeit von 50900km, 73400km und 115870km. Das Schadensbild ist mit dem im Feld immer noch vergleichbar, weshalb für die neue Variante das gleiche b angenommen wird. T ist somit:

$$T = \left[\frac{1}{2} (50900^{2,5} + 73400^{2,5} + 95640^{2,5} + 110700^{2,5} + 115870^{2,5}) \right]^{1/2,5} = 135513 \text{ km}$$

Für den Vergleich gegen die bisherige Serienqualität wird die untere Vertrauensgrenze benötigt. Gewählt wird $C = 90\%$:

$$T_{min,90} = 135513 \cdot \left[\frac{2 \cdot 2}{\chi_{2 \cdot 2 + 2, 0,9}^2} \right]^{\frac{1}{2,5}} = 91612 \text{ km}$$

Somit ist $T_{min,90} > T_{Feld}$ und es kann mit einer Aussagewahrscheinlichkeit von 90% gesagt werden, dass die neue Entwicklung besser ist, als die bisherige Serie.

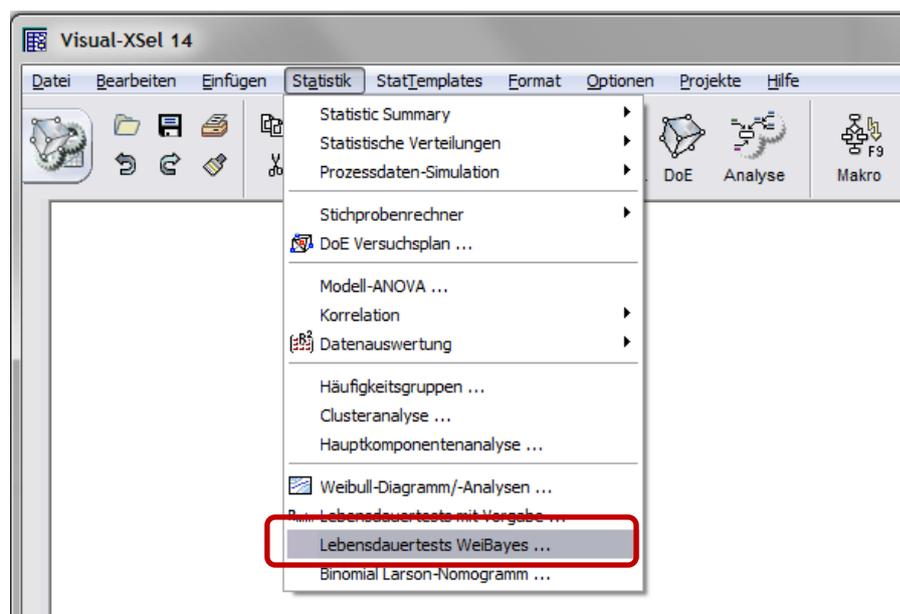
WeiBayes Lebensdauerersuch

Da nicht immer vorausgesetzt werden kann, dass andere Entwicklungsstände die gleichen Ausfallbilder haben, ist zu empfehlen auch eine Rechnung mit kleinerem und größerem b durchzuführen (empfohlen $b \pm 0,5$).

Weitere Beschreibungen sind in der DIN EN 61649 zu finden.

Anwendung in Visual-XSel 14.0

www.weibull.de/



Über die Taste Diagramm wird eine Tabellenseite mit zwei Doppelspalten generiert (Laufstrecke + Ausfallwahrscheinlichkeiten). Die zweite Doppelspalte stellt den oberen Vertrauensbereich dar, der streng genommen nur im Bereich von 63,2% exakt ist. Die untere Vertrauensgrenze ist nicht von Interesse. Die Punkte der Laufzeiten werden ebenfalls nicht angezeigt, da deren Häufigkeiten bei Durchläufern nicht definiert sind.

The WeiBayes dialog box contains the following information:

Formel
$$T = \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^n t_i^b \right)^{\frac{1}{b}} \quad T_{min} = T \left(\frac{2r}{\chi^2_{2r+2,C}} \right)^{\frac{1}{b}}$$

Angaben
Vertrauensgrenze C: 90
Anzahl Ausfälle r: 2

b Weibull-Formparameter
 Bekannt b = 2,5
 Standardwert b=2 verwenden

Ergebnisse

	Tmin(90%)	T
b=2	89681,2	146297
b=2,5	91612,5	135513
b=3	93240,8	129210

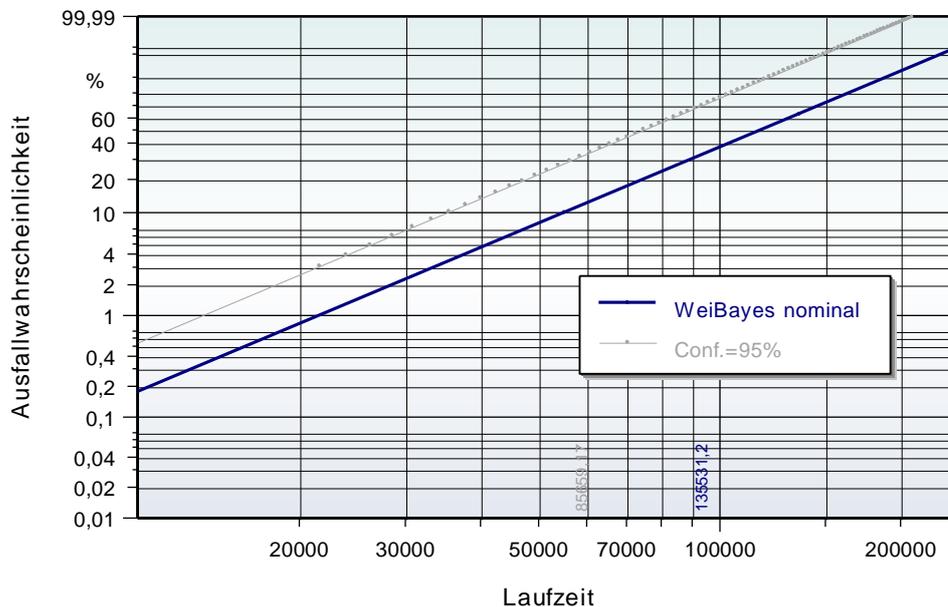
Laufzeiten (intakte/ausgef.)

1	50900
2	73400
3	95640
4	110700
5	115870
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

Buttons: Berechnen, Schließen, **Diagramm**, Report, Hilfe

WeiBayes Lebensdauerersuch

$$T = 135531,2 \quad b = 2,5 \quad H = 100\% \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}\right) \quad t_{10} = 55088$$
$$T = 85659,17 \quad b = 2,5 \quad H = 100\% \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}\right) \quad t_{10} = 34821 \quad R^2 = 1$$



Über die Taste Report können die Ergebnisse zusätzlich in die Tabelle übertragen 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