



Voraussetzung und verwandte Themen

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

www.weibull.de/Weibull.pdf

www.weibull.de/Weibull_Success_Run.pdf

www.weibull.de/Belastungs_Testmatrix.pdf

www.weibull.de/WeiBayes.pdf

Einführung

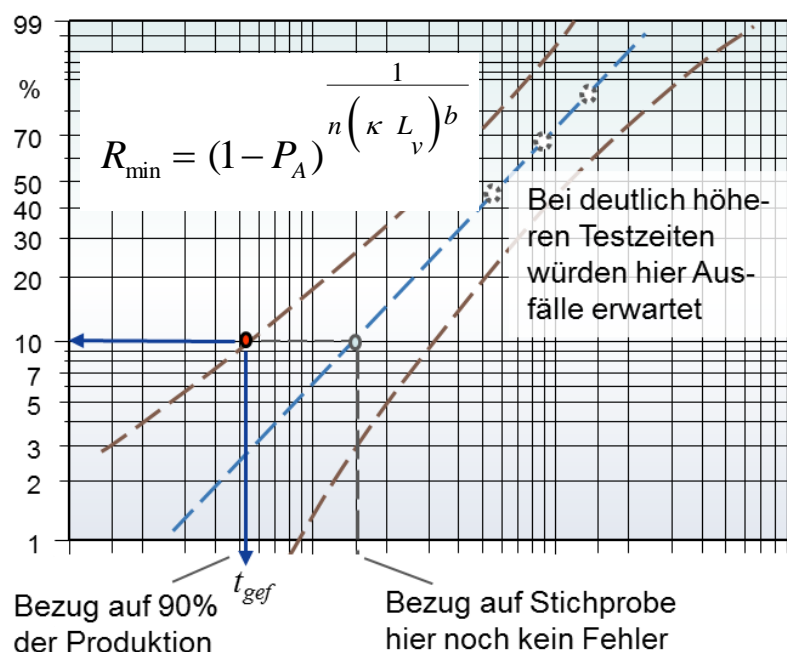
Durch Lebensdauerests soll eine statistische Aussage über eine zu erwartende Zuverlässigkeit von Bauteilen oder Komponenten gemacht werden. Es sollen möglichst keine der Prüflinge im Test ausfallen. Diesen Fall nennt man deshalb auch Success-Run.

Ziel und Nutzen

Das Ziel ist es, mit möglichst geringem Stichprobenumfang n und einer bestimmten Testdauer eine Aussage über die Mindestzuverlässigkeit R_{min} der Grundgesamtheit zu machen. Damit können z.B. Lastenheftanforderungen überprüft werden. Mit einer erfolgreichen Testreihe können Entwicklungen freigegeben werden.

Grundlagen

Wenn im Test keine Bauteile ausfallen, ist eine Weibull-Auswertung nicht möglich. Die folgende Beziehung für Success-Run entsteht aus der Beta-Binomial-Verteilung mit $x=0$ Fehlern und dem Verhältnis einer Weibull-Verteilung für die Testzeit zur geforderten Lebensdauer:



- P_A : Aussagewahrscheinlichkeit (obere Vertrauensgrenze)
- t_{gef} : Geforderte Lebensdauer / Zeit
- t_{pr} : Testzeit
- L_v : Lebensdauerverhältnis \Rightarrow erprobte Zeit / geforderte Zeit $L_v = t_{pr} / t_{gef}$
- κ : Raffungsfaktor
(Lebensdauer normale Belastung / Lebensdauer erhöhte Belastung)
- n : Anzahl Versuche, Probanden oder Versuchsfahrzeuge
- b : Formparameter der Weibull-Verteilung, wird in der Regel auf $b=2$ festgesetzt
- x : Anzahl ausgefallene Prüflinge

Ein Rückschluss auf die Grundgesamtheit ist mit einer Aussagewahrscheinlichkeit P_A möglich, die in der Regel 90% beträgt. In der Berechnung wird die Testzeit auf die geforderte Lebensdauer bezogen und als Lebensdauerverhältnis L_v verwendet. Der Raffungsfaktor κ berücksichtigt eine höhere Belastung im Test gegenüber der realen Anwendung. Hierfür ist eine möglichst realistische, aber erhöhte Beanspruchungen sinnvoll.

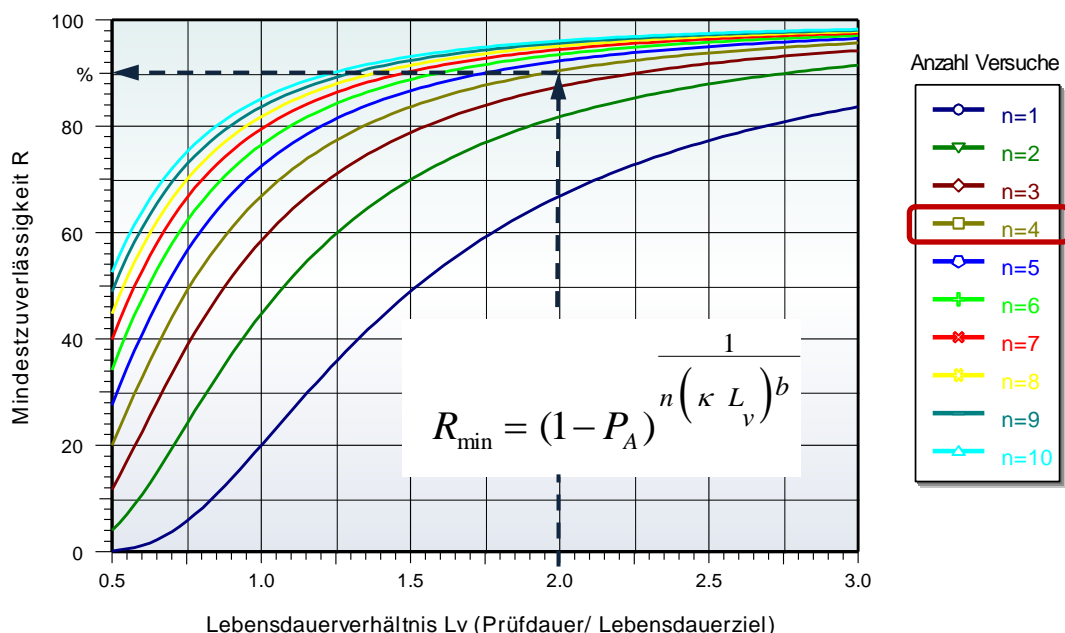
In der Regel werden zwischen 5-10 Prüflinge verwendet. Es sollte die Testzeit mindestens der geforderten Lebensdauer entsprechen bzw. es muss gelten:

$$L_v \cdot \kappa \geq 1$$

Bei $n \geq 7$ und z.B. $R_{min} = 0,90$ ist rechnerisch ein Ausfall zulässig. Dieser darf dann allerdings als Zusatzbedingung nicht bei $L_v \cdot \kappa < 1$ auftreten. Die im Bild dargestellte Formel ist bei Ausfällen gegen die Berechnung mit Hilfe von χ^2 zu ersetzen, siehe Übersicht der Testfälle auf der nächsten Seite.

Beispiel:

Es soll eine Komponente eine Mindestzuverlässigkeit von 90% erreichen. Die geforderte Lebensdauer ist 300.000 Zyklen. Bei einer Vorgabe von $P_A = 0,90$ kann mit 4 Prüflingen $n=4$ und einer doppelten Testzeit von 600.000 Zyklen die Anforderung erfüllt werden.



Übersicht der Testfälle:

ohne Ausfälle	mit Ausfällen
Geplanter Test ohne Ausfälle	Korrektur bei Eintreten von Ausfällen (Berechnung über χ^2 -Verteilung)
Mindestzuverlässigkeit	
$R_{min} = (1 - P_A)^{\frac{1}{n(L_v \kappa)^b}}$	$R_{min} = e^{-\frac{\chi_{2r+2; P_A}^2}{2n(\kappa L_v)^b}}$
Stichprobenumfang	
$n = \frac{1}{(L_v \kappa)^b} \left(\frac{\ln(1 - P_A)}{\ln(R_{min})} \right)$	$n = -\frac{\chi_{2r+2; P_A}^2}{2 \cdot \ln(R_{min})(\kappa L_v)^b}$
Testdauer	
$L_v = \frac{1}{\kappa} \left(\frac{1}{n} \left(\frac{\ln(1 - P_A)}{\ln(R_{min})} \right) \right)^{\frac{1}{b}}$	$L_v = \frac{1}{\kappa} \left(-\frac{\chi_{2r+2; P_A}^2}{2 \cdot n \cdot \ln(R_{min})} \right)^{\frac{1}{b}}$

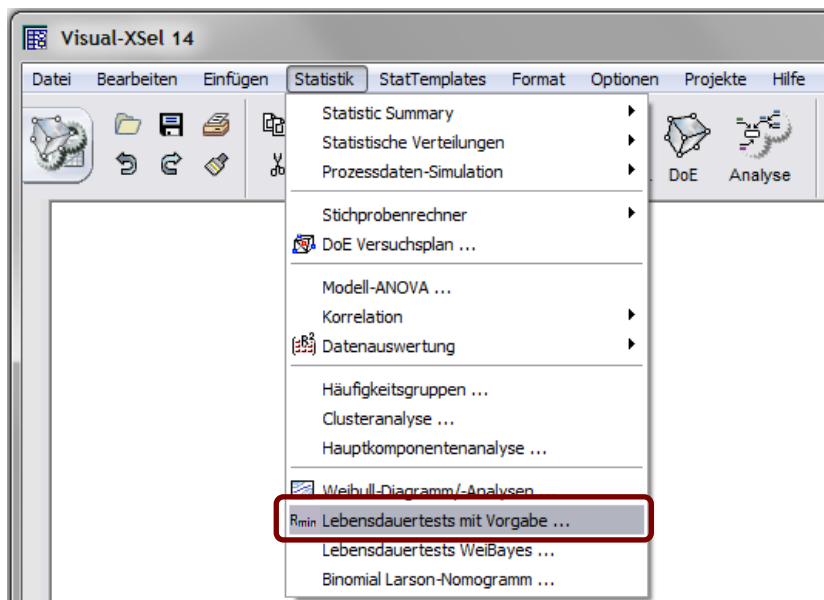
Anwendung in Visual-XSel 14.0

www.crgraph.de

Verwenden Sie für den Einstieg die Datenauswertung im Leitfaden,



oder den Menüpunkt Statistik....



Die Verwendung dieser Methode setzt voraus, dass eine geforderte Lebensdauer gegeben ist.

In der Dialogmaske geht man am besten von oben links der Reihe nach durch die entsprechenden Eingaben. In der Ausgabe unten rechts wird im gezeigten Beispiel die notwendige Stichprobengröße berechnet, für eine geforderte Mindestzuverlässigkeit von 95%. Die Vorgabe war ein Weibull-Parameter von $b = 2$. Es ist zu sehen, was notwendig wäre, wenn b statt dessen 1,5 oder 2,5 gehabt hätte.

Auf der rechten Seite kann eine Größe als gesucht definiert werden, die anderen müssen Vorgaben sein.

Visual-XSel - Lebensdauerversuchsplanung

Berechnung

- ohne Ausfälle (Versuchsplanung)
- ohne Ausfälle mit unterschiedlichen Laufzeiten
 - mit Vorinformation aus älteren Versuchen
- mit Ausfälle $x: 0$
 - Lauzeiten gesamthaft mit/ohne Ausfälle rechts

P_A Aussagewahrscheinlichkeit

- Ist gesucht
- obere Vertrauensgrenze: 80 %

b Weibull-Formparameter

- Bekannt $b = 2$
- Standardwert $b=2$ verwenden
- Ungünstigsten verwenden

Formel

$$R_{\min} = [1 - P_A]^{1/n} \cdot [L_v \cdot t]^b$$

R_{\min} Mindestzuverlässigkeit

- Ist gesucht ?
- Geforderte Mindestzuv.: 95 %
 - entspricht max. Ausfallwahrsch. 10 %

L_v Lebensdauerverhältnis

- Ist gesucht ?
- Geprüfte Testdauer: 100000 $L_v = 1$
- Geforderte Lebensd.: 100000 km

n Stichprobenumfang

- Anzahl gesucht ?
- Anzahl ist vorgegeben: 3

Ergebnisse

	Erforderliche Testzeit
$b = 1,5$	478257,3 km ($L_v = 4,78$)
$b = 2$	323404,6 km ($L_v = 3,23$)
$b = 2,5$	255739 km ($L_v = 2,56$)

Siehe auch Vorlagen Weibull_Mindestzuv...v.xvg
Alle Tests mit gleichen Bauteilen und gleicher Belastung
Tests mit untersch. Varianten und Einstellg -> Experiment

Schließen, Öffnen, Report, Formeln, Speichern, Hilfe

Einzelne Berechnungen können gesondert gespeichert und wieder aufgerufen werden. Die zuletzt verwendeten Einstellungen bleiben auch beim Schließen des Programms erhalten.

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