

■ 6.7 Zuverlässigkeitsanalyse mit Minitab und JMP

In Minitab gelangt man über den Pfad „Statistik-Zuverlässigkeit/Lebensdauer“ zu den entsprechenden Methoden der Zuverlässigkeitsanalyse. Vollständige und zensierte Daten werden immer über „Rechtszensierung“ untersucht.

Bei klassierten Daten ist in Minitab immer beliebige Zensierung zu wählen.

Beispiel 6-6: Lebensdauer von Büroklammern in Biegungen

Die Lebensdauer von Büroklammern wird mit der Anzahl der Biegungen bis zum Bruch erfasst, siehe Abbildung 6-13. Der Datensatz Büroklammern_vollständig.mtw enthält die vollständigen Lebensdauern von 30 Büroklammern.

Sinnvoll ist es zunächst eine Identifikation der Lebensdauerverteilung durchzuführen. Dies erfolgt über „Statistik-Zuverlässigkeit/Lebensdauer-Verteilungsanalyse (Rechtszensierung)-Verteilungsidentifikation“. Das Startfenster kann Abbildung 6-14 entnommen werden. Wir wählen die Normal-, Exponential-, (zweiparametrische) Weibull- und die dreiparametrische Weibull-Verteilung aus. Das Resultat ist in Abbildung 6-15 zu finden.

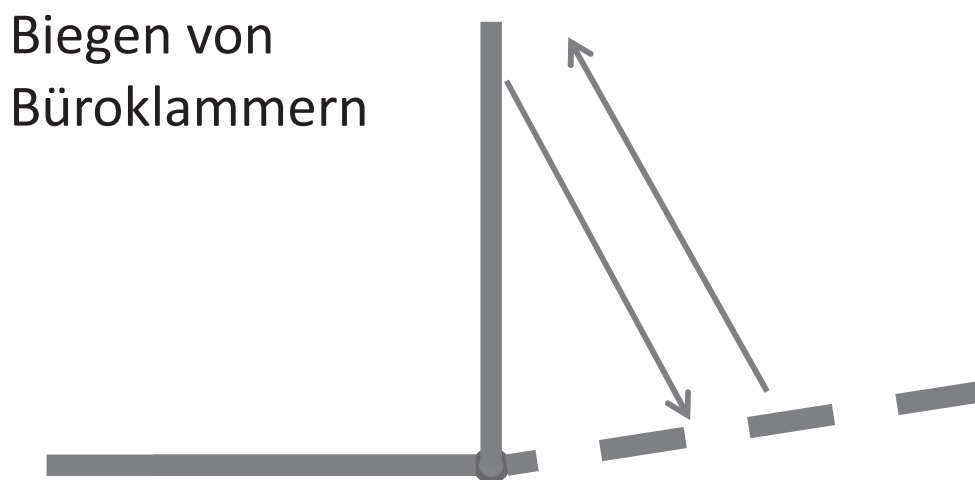


ABBILDUNG 6-13 Zuverlässigkeit von Büroklammern in Biegungen

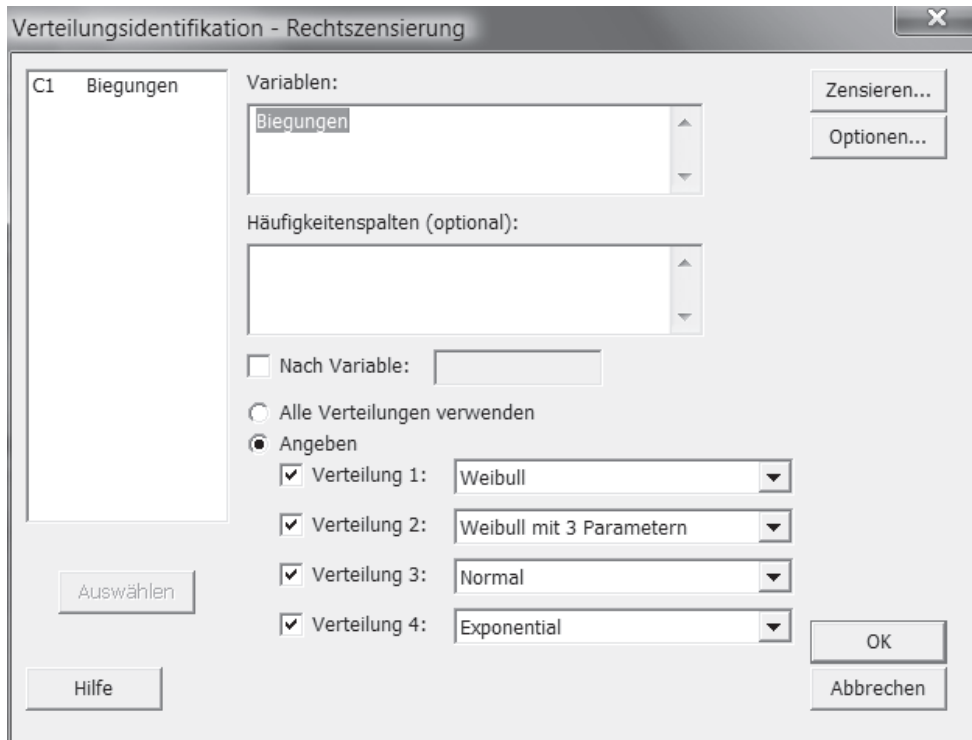


ABBILDUNG 6-14 Auswahl möglicher Verteilungsmodelle

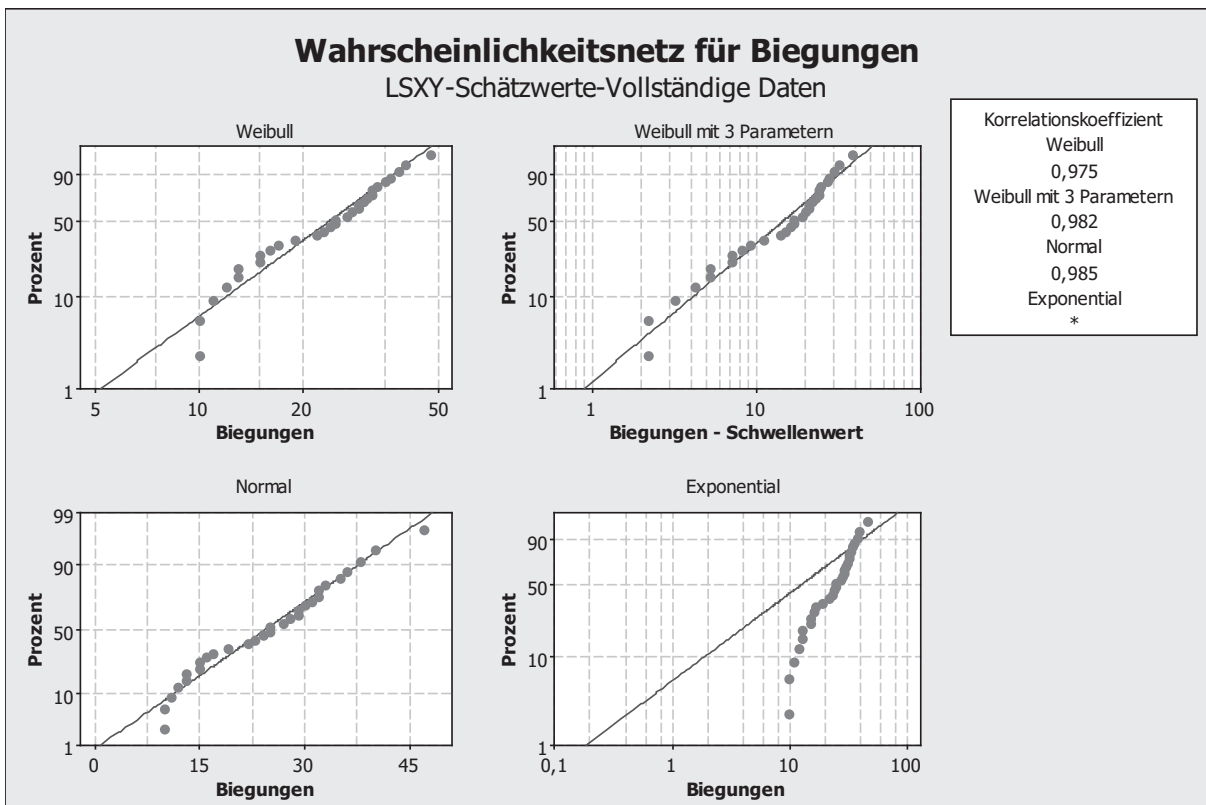


ABBILDUNG 6-15 Verteilungsidentifikation mit Minitab

Minitab präsentiert für jede potenzielle Verteilungsfunktion ein Quantil-Diagramm mit der Darstellung theoretischer Werte auf der Grundlage der angepassten Verteilung und empirischer Werte. Offensichtlich passen hier die Normalverteilung und die

dreiparametrische Weibull-Verteilung am besten zu den Daten. Dies wird auch an Hand der präsentierten Korrelationskoeffizienten zwischen theoretischen und empirischen Werten deutlich.

Aus den einleitend diskutierten Gründen entscheiden wir uns für die dreiparametrische Weibull-Verteilung und nicht die Normalverteilung. Zudem sind die beiden Korrelationskoeffizienten nahezu identisch.

Im nächsten Schritt erfolgt die Verteilungsanpassung über „Statistik-Zuverlässigkeit/Lebensdauer-Verteilungsanalyse (Rechtszensierung)-Verteilungsübersicht“. Im Startfenster wird natürlich die dreiparametrische Weibull-Verteilung ausgewählt.

Als Ergebnis erhalten wir Abbildung 6-16, u. a. mit der Zuverlässigkeitsfunktion (Überlebensfunktion) und der Ausfallrate (Hazard-Funktion). Zudem werden die angepassten Weibull-Parameter angegeben. Für den Formparameter erhalten wir $b=1,51$. Die Mindestlebensdauer ist durch den so genannten Schwellenwert gegeben, d. h. $t_0 = 7,77$. Mit Skala wird in Minitab die charakteristische Lebensdauer abzüglich der Mindestlebensdauer bezeichnet. Somit ergibt sich $a = 18,92 + 7,77 = 26,62$.

Über „Statistik-Zuverlässigkeit/Lebensdauer-Verteilungsanalyse (Rechtszensierung)-verteilungsgebundene Analyse“ ist eine detailliertere Analyse möglich. Als Ergebnis können Grafiken der Zuverlässigkeitsfunktion (Überlebensdiagramm), der Unzuverlässigkeitsfunktion (Diagramm der kumulierten Ausfälle) und der Ausfallrate (Hazard-Rate) ausgegeben werden.

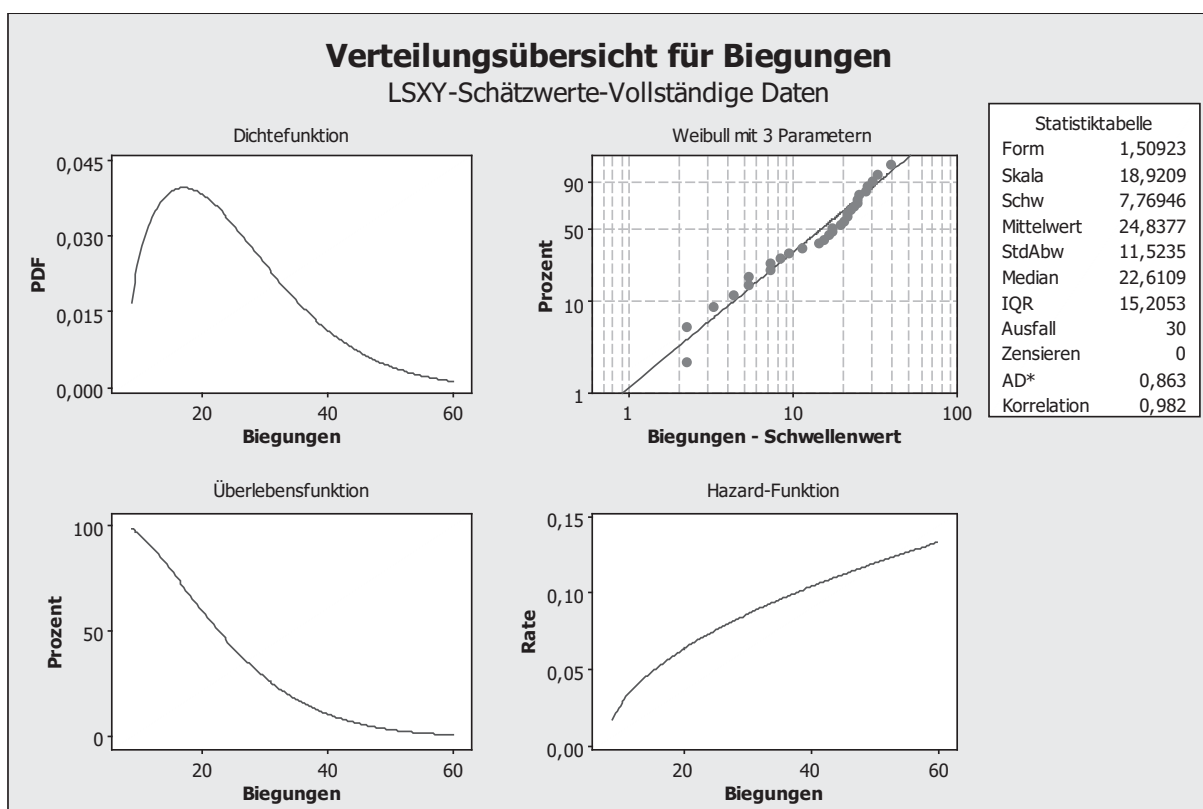


ABBILDUNG 6-16 Zuverlässigkeitsfunktion für die Lebensdauer der Büroklammern

Die vollständigen Lebensdauern aus Beispiel 6-6 bzw. der Datei Büroklammern_vollständig.mtw werden nun künstlich klassiert. Es soll nur noch erfasst werden, wie viele Büroklammern zwischen 1 und 10 Biegungen, wie viele zwischen 11 und 20 Biegungen usw. brechen. Die klassierten Lebensdauerdaten können Tabelle 6-1 und der Datei Büroklammern_klassiert.mtw entnommen werden.

TABELLE 6-1 Klassierte Lebensdauerdaten

Intervalluntergrenze	Intervallobergrenze	Anzahlen der Ausfälle
1	10	2
11	20	9
21	30	10
31	40	8
41	50	1

Die Verteilungsanalyse erfolgt nun über „Statistik-Zuverlässigkeit/Lebensdauer-Verteilungsanalyse (beliebige Zensurierung)-Verteilungsübersicht“.

Die Intervalluntergrenze und -obergrenze sind im Startfenster als Start- und Endvariable einzugeben. Die anschließende Analyse erfolgt analog zur Rechtszensurierung. Zensierte Daten werden sinnvollerweise über eine zusätzliche Spalte erfasst, beispielsweise mit „0“ für vollständige Lebensdauer und „1“ für zensierte Lebensdauer. Die Einstellungen sind jeweils über den Button „Zensieren“ vorzunehmen.

In JMP erreicht man die Zuverlässigkeitsanalyse über „Analysieren-Zuverlässigkeit und Lebensdauer“. Die Verteilungsanalyse erfolgt über „Analysieren-Zuverlässigkeit und Lebensdauer-Lebensdauer-Verteilung“.

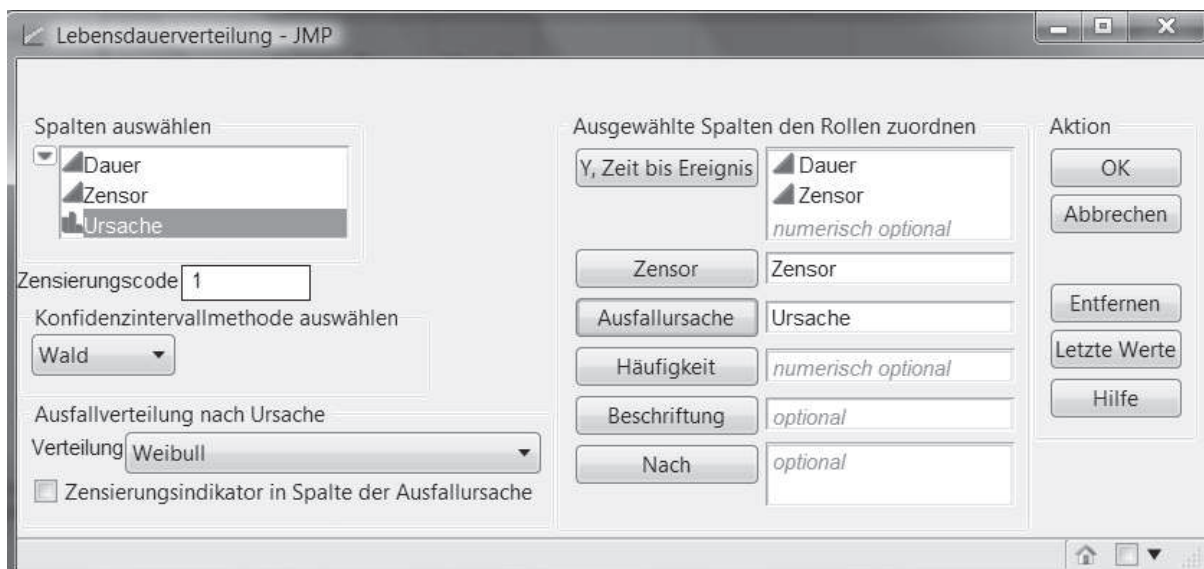


ABBILDUNG 6-17 Verteilungsanalyse mit JMP

Beispiel 6-7: Lebensdauern von Motoren mit Ausfallursachen

Die Datei Ausfallursachen.jmp enthält die Lebensdauern von 57 Motoren eines bestimmten Typs in Betriebsstunden. Es wurden 4 Ausfallursachen ermittelt: Defekt elektrischer oder elektronischer Komponenten (Elektrik), Unfall, Materialermüdung (Material) und Getriebeschaden (Getriebe). Zudem liegen zensierte Daten vor. Ziel sei eine Lebensdaueranalyse unter Beachtung der Ausfallursachen.

Das Startfenster der Verteilungsanalyse kann Abbildung 6-17 entnommen werden. Der Skalenparameter (gegebenenfalls abzüglich der Mindestlebensdauer) wird in JMP mit α , der Formparameter mit β bezeichnet.

Es soll zunächst die Ausfallursache Getriebe unter der Annahme einer zweiparametrischen Weibull-Verteilung betrachtet werden.

TABELLE 6-2 Resultate der Verteilungsanalyse

Parameter	Schätzer	Std.-Fehler	Untere 95 %	Obere 95 %
Lage	10,311	0,2617	9,798	10,824
Form	0,767	0,1747	0,425	1,110
Weibull α	30056,554	7865,6017	17996,389	50198,762
Weibull β	1,304	0,2969	0,901	2,355
Kriterium				
-2*LogLikelihood	345,19643			
AICc	349,46916			
BIC	352,89673			

Tabelle 6-2 enthält die Ergebnisse für die Ausfallursache Getriebe. Vollständige Lebensdauern werden nur für diese Ausfallursache berücksichtigt. Alle anderen Lebensdauern gehen zensiert in die Berechnung ein. Das Resultat spiegelt somit die Lebensdauervertelung für den Fall wider, dass alle anderen Ausfallursachen beseitigt werden konnten. Im obigen Fall erhält man eine zweiparametrische Weibull-Verteilung mit $a = 39957$ und $b = 1,3$. Hinsichtlich der Ausfallursache Getriebe gibt es somit eine Tendenz zu Verschleißausfällen, da b nicht stark von 1 abweicht.

Dies wird auch durch die in Abbildung 6-18 dargestellte Ausfallrate bestätigt.

Ausfallratenanalyse

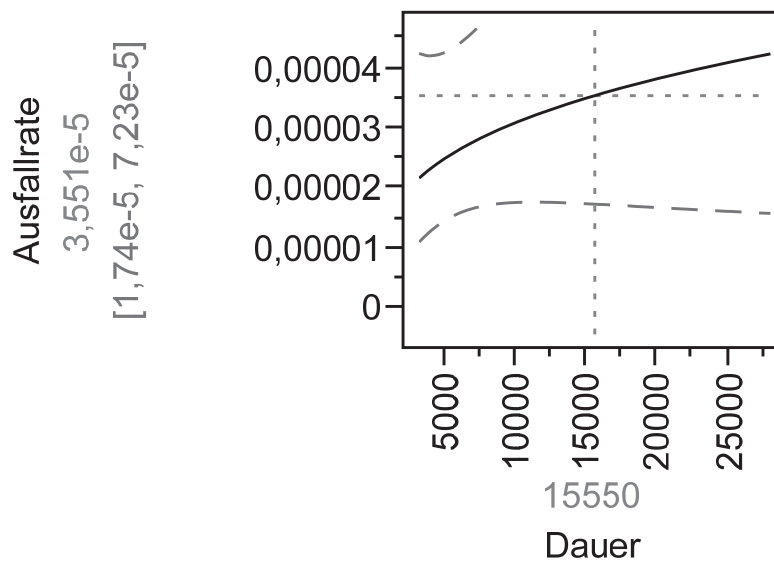


ABBILDUNG 6-18 Ausfallrate für die Ursache Getriebe

Wird die Ausfallursache Material analysiert, so ist das Auftreten von Verschleißausfällen – vermutlich durch Materialermüdung hervorgerufen – erkennbar, vgl. Abbildung 6-19.

Ausfallratenanalyse

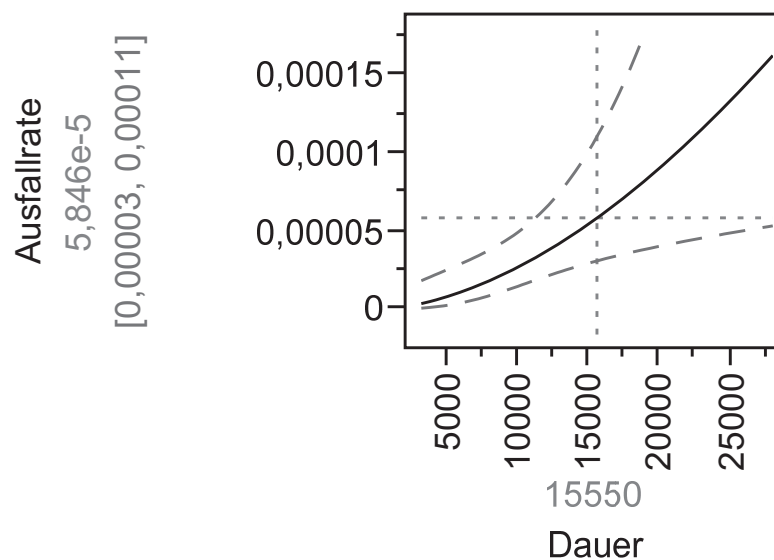


ABBILDUNG 6-19 Ausfallrate für die Ursache Material

Der zugehörige Formparameter ist $b=2,74$.

Auf eine weitergehende Ergebnisdarstellung soll an dieser Stelle verzichtet werden.

In Minitab ist eine Ursachenanalyse unter „verteilungsgebundene Analyse“ möglich.

Das vorgestellte Verfahren zur Berücksichtigung verschiedener Ausfallursachen wird häufig auch als *Methode konkurrierender Ursachen* bezeichnet.