Wiederholt ausgefallene Bauteile (Ersatzteile)

Ersatzteile, die mit dem Originalzustand identisch sind, haben die gleiche Ausfallwahrscheinlichkeit, jedoch eine geringere Kilometerleistung, als das Fahrzeug. Dies wird in der Datenaufbereitung für die Weibull-Analyse in der Regel nicht berücksichtigt. Es wird im Weibull-Netz dadurch ein steilerer Verlauf vorgetäuscht. Es stellt sich die Frage, wie groß der Fehler ist, die geringeren Laufstrecken nicht zu berücksichtigen.

Ist bekannt, dass die bei allen Ausfällen neu eingebauten Teile technisch gleich sind, kann über das folgende Verfahren die Ausfallhäufigkeit entsprechend korrigiert werden. Folgendes Beispiel soll die Vorgehensweise verdeutlichen. Von einer Produktionsstückzahl von n=1000 wurden folgende Ausfälle bei den klassierten Laufstreckenbereichen gemeldet.

i	Km	Ausfälle G_i
1	10000	4
2	20000	18
3	30000	32
4	40000	40
5	50000	50
6	60000	60
7	70000	70
8	80000	75
9	90000	80

Vereinfacht soll hier die Ausfallhäufigkeit nach VDA für $n \geq 50$ verwendet werden und es gilt:

$$H_i = \frac{\sum_{j=1}^{i} G_j}{n} 100\%$$

und für die ersten Punkte ergibt sich:

$$H_1 = \frac{4}{1000} 100\% \; = \; 0{,}4\% \qquad H_2 = \frac{4+18}{1000} 100\% \; = \; 2{,}2\%$$

$$H_3 = \frac{4+18+32}{1000} 100\% \; = \; 5{,}4\%$$

Von den 18 Ausfällen bei Punkt 2 (20000km) ist es möglich, dass von den 4 ausgetauschten Teilen bei 10000km wieder welche ausgefallen sind, die jedoch erst t_2-t_1 = 10000km statt 20000km hinter sich haben. Es wird davon ausgegangen, dass die Ersatzteile das gleiche Ausfallverhalten haben, wie die Originalteile. Die Ersatzteile von Punkt 1 haben somit eine Ausfallhäufigkeit bei Punkt 2 von:

$$H_{Ers,2} = \frac{G_1}{n} H_1 = 0{,}0016\%$$

Dies gilt, wenn die Laufstreckenabstände gleich groß sind. Die Häufigkeit der Ersatzteilausfälle ist dem Punkt 2 abzuziehen, da eine falsche Kilometerleistung vorhanden ist und es ergibt sich eine korrigierte Ausfallhäufigkeit zu:

$$H_{korr,2} = \frac{G_1 + G_2}{n} 100\% - H_{Ers,2}$$

Die konkrete Anzahl Bauteile liegt aber hier bei nur 0,0016%, was eine Stückzahl von weit unter 1 bedeutet. Da nur ganze Bauteile berücksichtigt werden können (auf- oder abgerundet), ist für den 2. Punkt noch keine Korrektur der Ausfallhäufigkeit durchzuführen.

Bei den weiteren Punkten sind alle vorherliegenden Ersatzteile mit ihren Ausfallhäufigkeiten zu betrachten und mit der 2-parametrigen Weibull-Formel

$$H = 1 - e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}$$

gilt allgemein ab Punkt 2, auch wenn keine konstanten Laufstreckenabstände vorhanden sind:

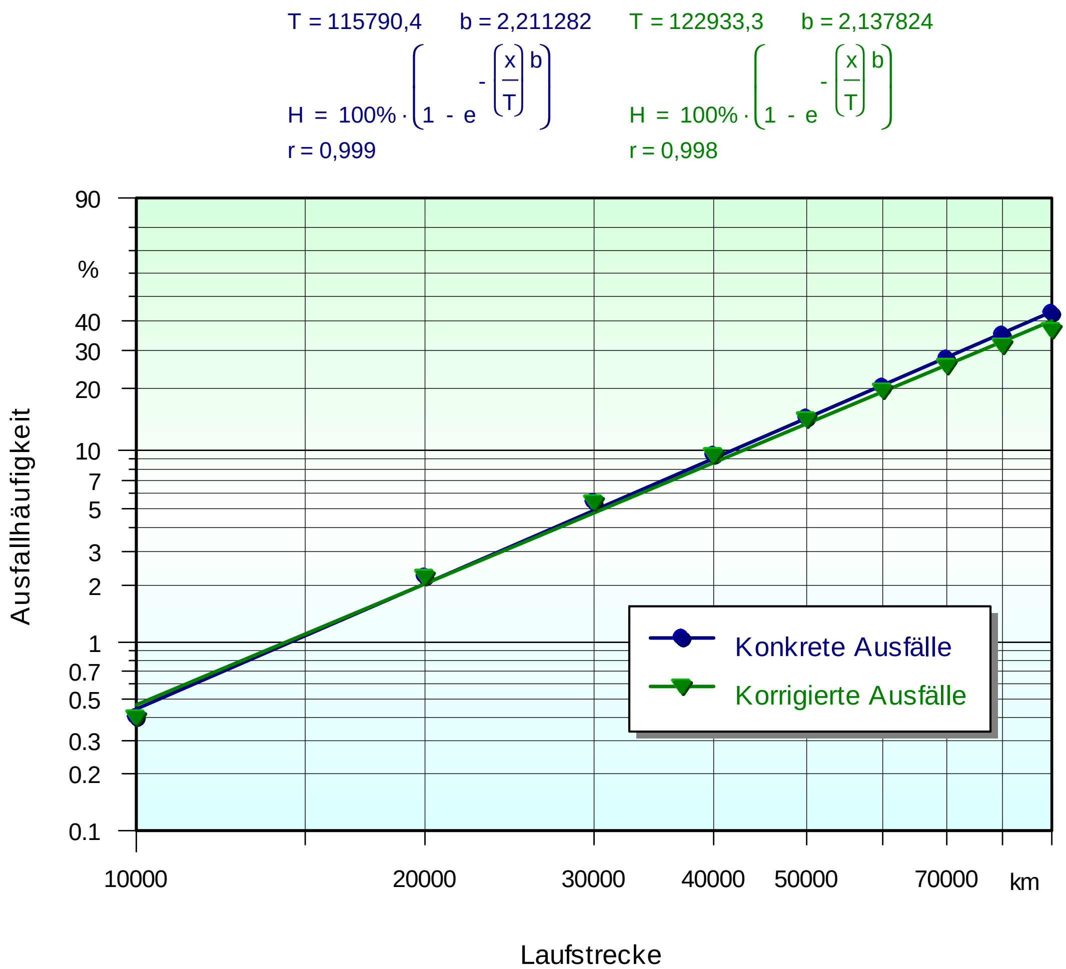
$$H_{Ers,i} = \sum_{j=1}^{i-1} runden(G_{korr,j}\,(1 - e^{-\left(\frac{t_i - t_j}{T}\right)^b}))$$

Die Parameter b und T der Weibull-Verteilung müssen zunächst aus der nicht korrigierten Verteilung der konkreten Ausfalldaten geschätzt werden (im Beispiel $b \approx$ 2,2, $T \approx$ 116000). Nach Durchführung aller Korrekturen kann die genauere Verteilung bestimmt und der Durchgang wiederholt werden.

Für die im Beispiel angegebenen Ausfälle ergibt sich erst ab 50000km eine notwendige Korrektur:

i	Km	Ausfälle G_i	Ausfälle Ersatzteile	Korrigierte Ausf. $G_{korr,i}$
1	10000	4	0	4
2	20000	18	0	18
3	30000	32	0	32
4	40000	40	0	40
5	50000	50	2	48
6	60000	60	6	54
7	70000	70	10	60
8	80000	75	17	58
9	90000	80	27	53

Im Weibull-Netz sehen die korrigierten Ausfälle gegenüber der Ausgangskurve folgendermaßen aus:



Es zeigt sich, dass die Unterschiede von der Steigung und vor allem vom Beanstandungsniveau abhängig sind. Bei hoher Produktionsstückzahl und wenigen

Beanstandungen sind die Differenzen in der Regel sehr gering sind (siehe Bild). Zudem kommen die Korrekturwerte erst weiter hinten zum Tragen.

In der Praxis werden die Ausfälle der Ersatzteile keine entscheidende Rolle für die Analyse haben. Es gibt aber Fälle, in denen alle Bauteile in der Produktion irgendwann ausgefallen sein werden (typische Verschleißteile). In diesem Fall ergeben die nicht korrigierten Auswertungen nicht selten Häufigkeiten>100%, was im Weibull-Netz nicht darstellbar ist. Hier hilft das vorgestellte Verfahren, das Weibull-Netz korrekt und über dem gesamten Bereich komplett darzustellen.
Anzuwenden ist das Verfahren dagegen nicht, wenn die Ersatzteile eine technische Verbesserung gegenüber der Erstaustattung erhalten haben und somit eine andere Ausfallhäufigkeit aufweisen.