



Lebensdauertests



Weibull-Analysen



Fehlerbaum

Visual-XSel Programmbeschreibung Weibull

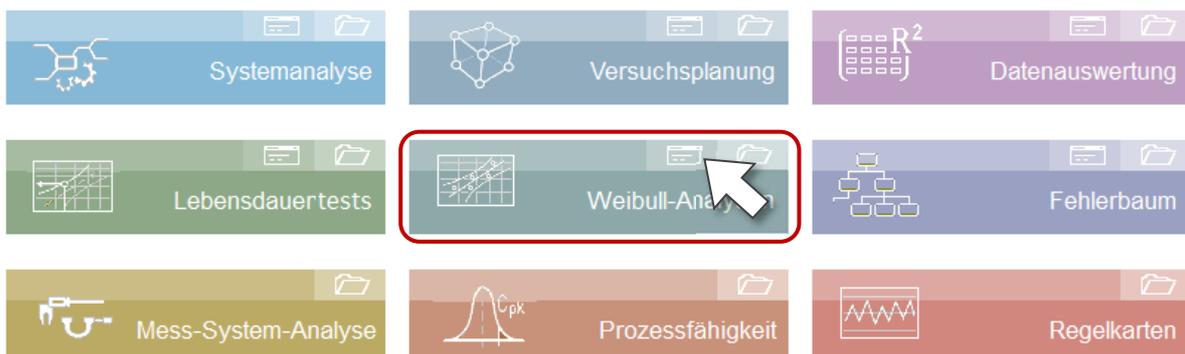
In Weibull Analysen geht es darum Ausfallhäufigkeiten von Bauteilen oder Komponenten im Weibull-Netz darzustellen und zu interpretieren. Grundlagen und ausführliche Beschreibungen zu diesem Thema sind zu finden unter:

www.crgraph.de/sitemap

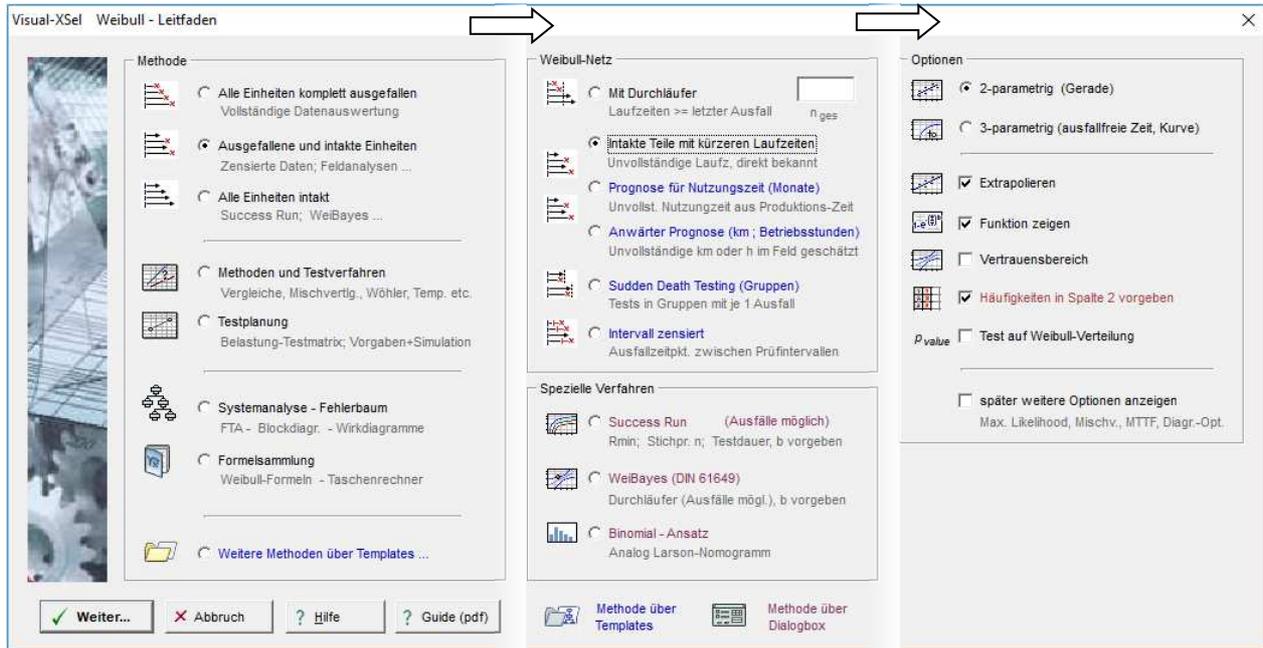
Was sind besondere Methoden und Verfahren, die es teilweise nur in Visual-XSel gibt:

- **3-parametrische Weibull-Funktion** (optional mit reduzierten Randbereichen)
- **2- und 3-fach Mischverteilung** (Dichtefunktion u. Weibull-Netz)
- Prognose zensierter Daten (**Anwärter-Prognose**) mit autom. Fitfunktion
- **Feldauswertung** mit Pareto-Teile-Analyse
- **Doppelte-Exponential** Funktion für bessere Langzeitprognose
- Verfahren nach **VDA Band 3.2** und **3.3** (Automobilstandards)
- Weibull- und Lognormal Auswerteverfahren nach **BMW Group-Standard GS97055**
- **Hypothesentests** (Mischverteilung und Vergleiche)
- **Belastungs-Testmatrix** zur Bestimmung der Zuverlässigkeit eines Gesamtsystems
- Grafische **Systemanalyse** zur Ermittlung lebensdauerrelevanter Bauteile
- Grafische **Fehlerbaumanalyse FTA** und **Reliability Blockdiagramme**
- **Success Run** Szenario Manager mit unerwarteten Ausfällen und versch. Prüfzeiten
- **Weibull-Wöhler** und **Betriebsfestigkeit** für Raffungsfaktoren
- **Lebensdauermodelle** (Regressionsverfahren) z.B. für „Zuv-Indikatoren“
- **Arrhenius-Modell** Bestimmung der Aktivierungsenergie
- **Invers-Power-Law (Coffin Manson)** Modell für Temperaturabhängigkeit
- **Zuverlässigkeitswachstum** Crow-AMSAA-Verfahren
- **Schichtlinien** (Qualitäts-Analysen über Produktionszeit)
- **Verschleißhochrechnung** nichtlinear
- **Monte-Carlo-Simulation**
- und vieles mehr

Beim ersten Einstieg in das Programm empfiehlt sich immer über den Einstiegsleitfaden zu gehen (Wählen Sie den Menüpunkt **Datei/Neu** falls der Leitfaden nicht zu sehen ist):

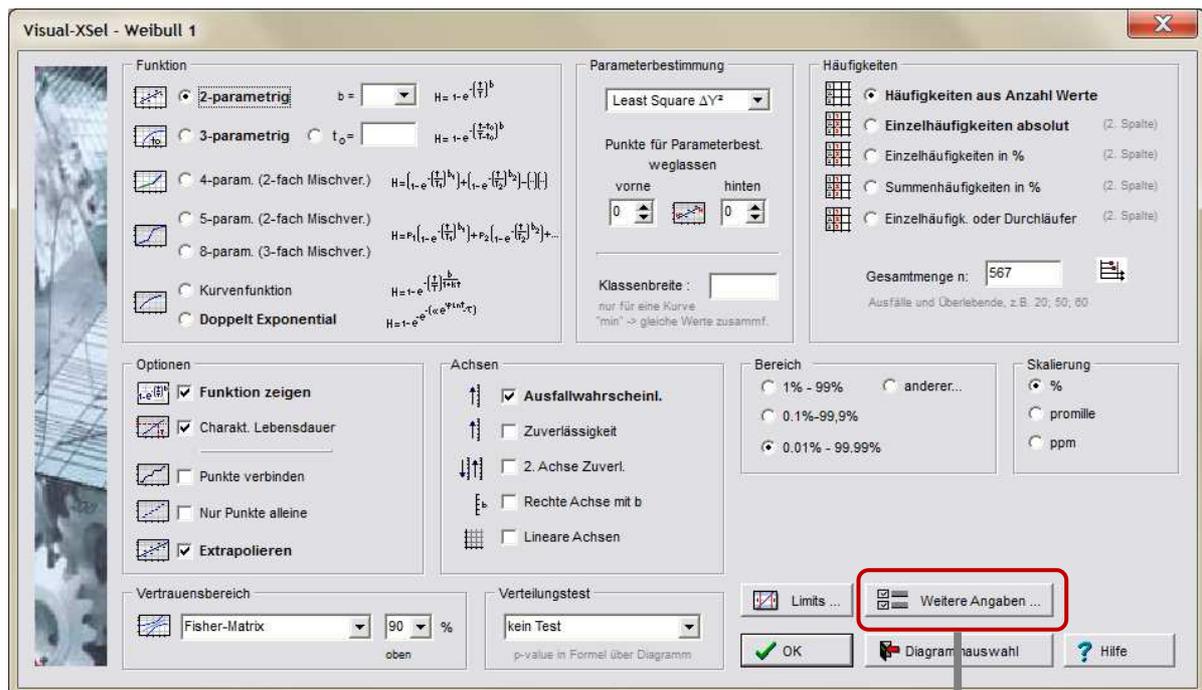


Der Leitfaden zu Weibull ermöglicht eine schnelle Auswahl von Grafiken und Methoden. Je nachdem, was gegeben ist (links oben), erweitert sich die Dialogbox



nach rechts mit weiteren passenden Optionen. Methoden, die in **blau** markiert sind, werden über Templates bereitgestellt. Templates sind Beispieldateien mit Makros. Diese können auch angepasst und erweitert werden. Bei Methoden, die in **lila** gekennzeichnet sind, öffnet sich eine eigene Dialogbox. Daten werden hier eingegeben und nicht in der Tabelle.

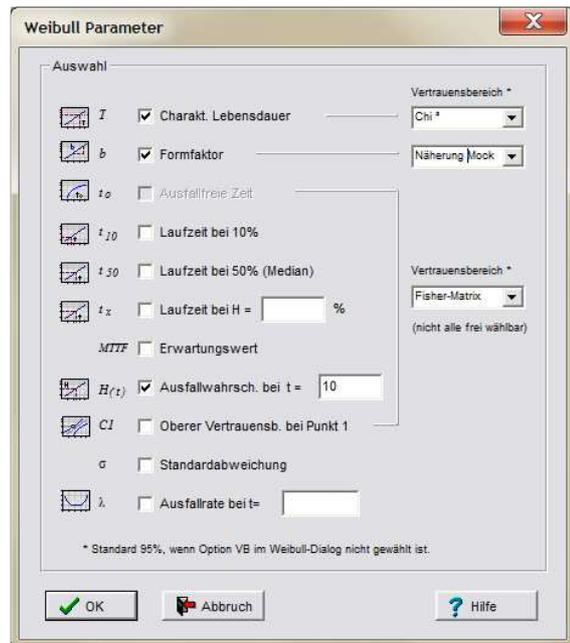
Bei direkter Erstellung eines Weibull-Netztes kann man die wichtigsten Optionen direkt auswählen. Nur wenn „**später weitere Optionen anzeigen**“ gewählt wurde (vorherige Dialogbox rechts unten), öffnet sich eine weitere Auswahl mit vielen Einstellungsmöglichkeiten. Dies ist für fortgeschrittene Anwender zu empfehlen.



Weibull - Zuverlässigkeitsmethoden

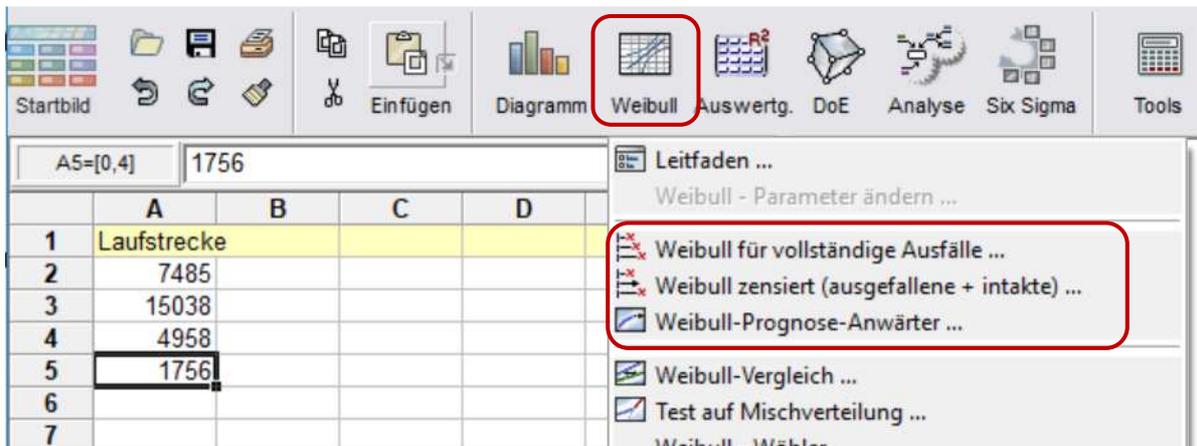
Diese Dialogbox kann aber jederzeit nach dem ersten Erstellen eines Weibull-Netztes über die Ikone **Diagramm/ Auswahl** erneut geöffnet werden.

Da auch diese Ansicht nicht ausreicht, alle Funktionen auswählen zu können, gibt es die Taste „**Weitere Angaben...**“. Mit dieser Auswahl können Weibull-Parameter mit Vertrauensbereichen rechts neben dem Diagramm ausgegeben werden. Zu beachten ist, dass sich nicht alle Varianten der Vertrauensbereiche kombinieren lassen.

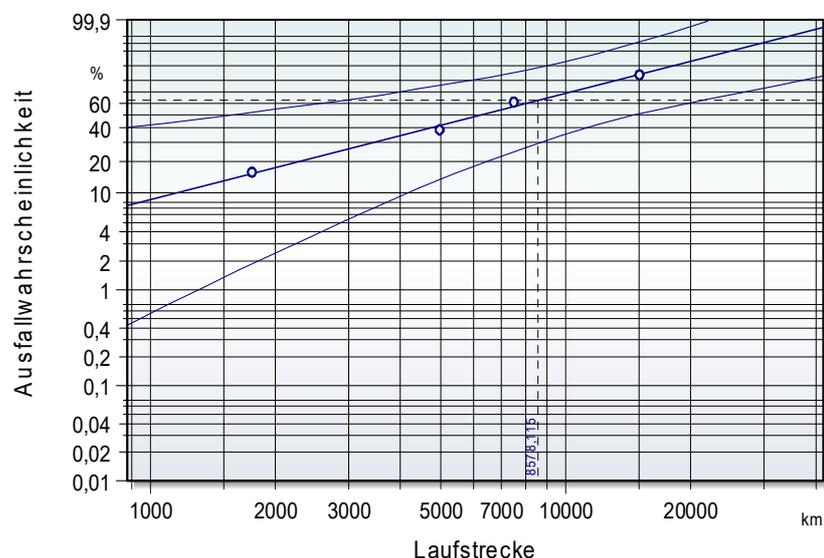


Direkte Erstellung eines Weibull-Diagramms aus Daten

Anstelle über den Weibull-Leitfaden ein Weibull-Diagramm zu erstellen, ist es möglich über die Ikone **Weibull** eine Schnellauswahl zu treffen:

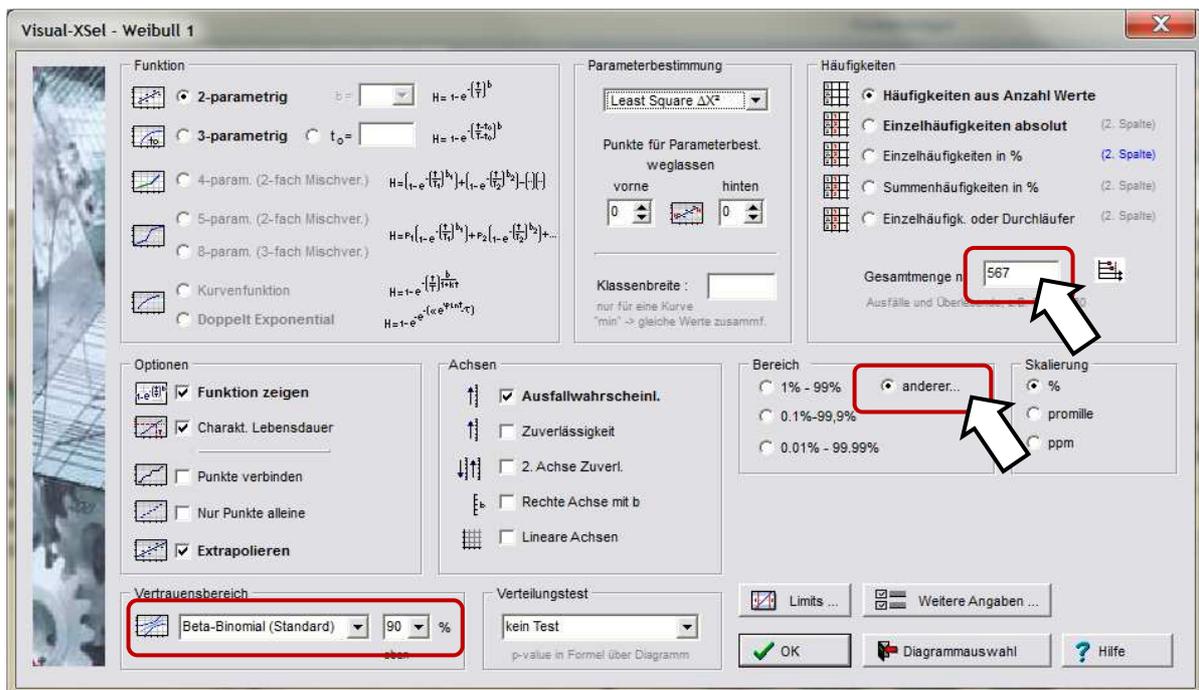


Nach der entsprechenden Auswahl ist nur noch die Beschriftung einzugeben und es erscheint sofort das Weibull-Diagramm. Sollen Optionen oder Darstellungsart geändert werden, so ist die Ikone **Weibull** erneut zu drücken und man komme



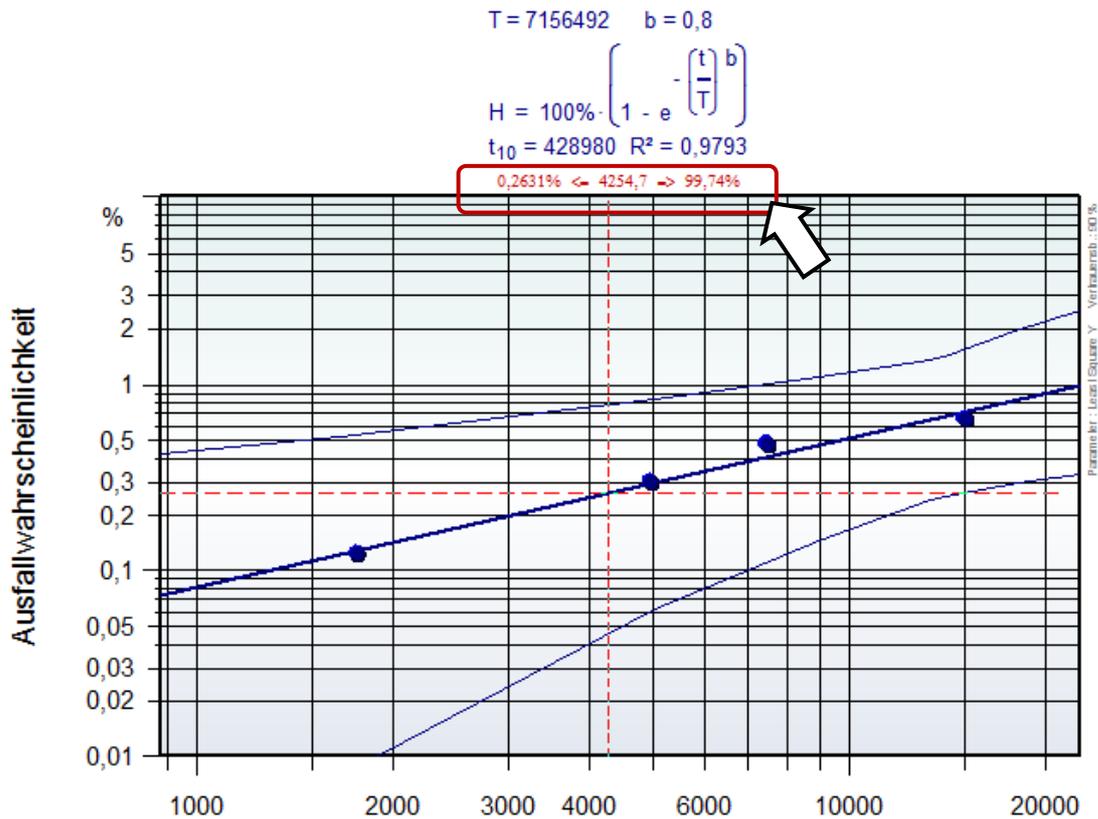
Hinweis: Die Eingabe der Daten erfolgt ab Zeile 2. Die erste Zeile ist reserviert für die Legende auch dann, wenn hier aktuell kein Titel steht.

Für den Fall, dass es Durchläufer ohne Ausfall gibt, kann dies unter der Gesamtmenge angegeben werden (als Beispiel hier 567, bedeutet inkl. Ausfälle). Bei der Angabe in diesem Feld wird erwartet, dass die Durchläufer mindestens die Strecke des letzten Ausfalles erlebt haben. Da die Durchläufer die Weibull-Gerade weit nach unten verschiebt, sollte der Achsenbereich der Wahrscheinlichkeit hier auf ca. 10% reduziert werden (untere Grenze 0,01%) ⑤.

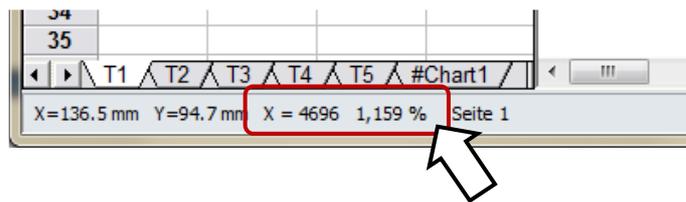


Weiterhin wird oft der Vertrauensbereich dargestellt. Ist die Option „Funktion zeigen“ gewählt, so ist über dem Weibull Diagramm die Funktion der gewählten Weibull-Funktion zu sehen. Hierüber können die Parameter der Verteilung abgelesen werden. Weiterhin gibt es die Angabe von t_{10} (B_{10}), also die Laufzeit, nachdem 10% der Teile ausgefallen sind. Mit Hilfe des Bestimmtheitsmaßes R^2 lässt sich abschätzen, wie gut die Ausfallpunkte auf der gewählten Funktion liegen. Normalerweise erwartet man hier mindestens $R^2=0,95$. Wenn dieser Wert schlechter ist, sollte man eine andere Funktion auswählen, z.B. die 3-parametrig Weibull-Funktion (siehe Fallbeispiele am Ende).

Fährt man mit der Maus in das Diagramm, erscheint ein rotes Fadenkreuz. Dieses ist allerdings nur zu sehen, wenn kein Element vorher angeklickt wurde. In der Mitte (roter Text rechts oben über dem Diagramm) wird die Laufstrecke angezeigt, links davon die Ausfallwahrscheinlichkeit und rechts die Überlebenswahrscheinlichkeit.



Die Mauspitze kann auf einen beliebigen Punkt im Diagramm zeigen. Dabei wird in der Statuszeile unten links die Prozentzahl angezeigt.



Wie bereits beschrieben, kann man eine andere Auswahl der Weibull-Parameter treffen, wenn man wieder die Ikone **Diagramm/-Auswahl** anklickt.

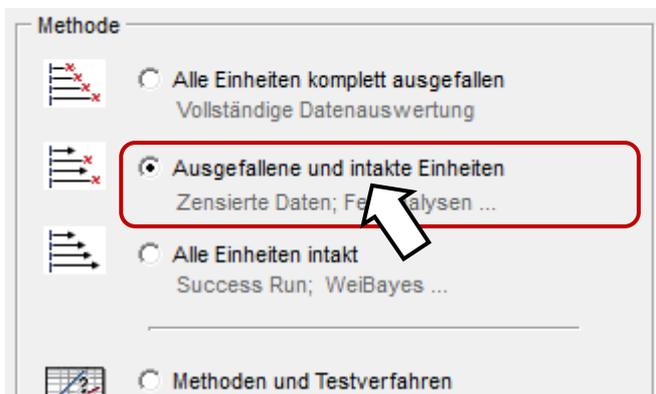
Im nächsten Beispiel wird gezeigt, was zu tun ist, wenn die eingangs beschriebene Voraussetzung, dass die Durchläufer mindestens die Strecke des letzten Ausfalles haben sollen, nicht erfüllt ist.

Darstellung von zensierten Laufzeiten (Ausfälle & intakte Einheiten)

In einer Testreihe kommt es häufig vor, dass nur ein Teil der Prüflinge ausfällt. Die anderen werden vorzeitig entnommen, oder der Test wurde für manche später gestartet, oder es gibt andere Gründe. Dies nennt man zensierte Daten. In Visual-XSel wird die Anzahl der Prüflinge in die nebenstehende Spalte (hier B) geschrieben. Bei 145h gab es einen Ausfall, bei 380 sind es 2, an der „Stelle“ 445h sind 6 Prüflinge noch intakt, usw.

Intakte Prüflinge werden mit einem Minus vor der Anzahl gekennzeichnet (siehe erste Tabelle). Wenn man über den Leitfaden die Methode auswählt, ist es auch möglich die intakten Prüflinge textlich durch Spalte C zu kennzeichnen (siehe zweite Tabelle darunter).

| | A | B |
|----|----------|--------|
| 1 | Laufzeit | Anzahl |
| 2 | 145 | 1 |
| 3 | 380 | 2 |
| 4 | 445 | -6 |
| 5 | 600 | -8 |
| 6 | 650 | 3 |
| 7 | 900 | -3 |
| 8 | 910 | 2 |
| 9 | 1200 | -3 |
| 10 | 1250 | 1 |
| 11 | 1400 | -2 |
| 12 | 2200 | -1 |

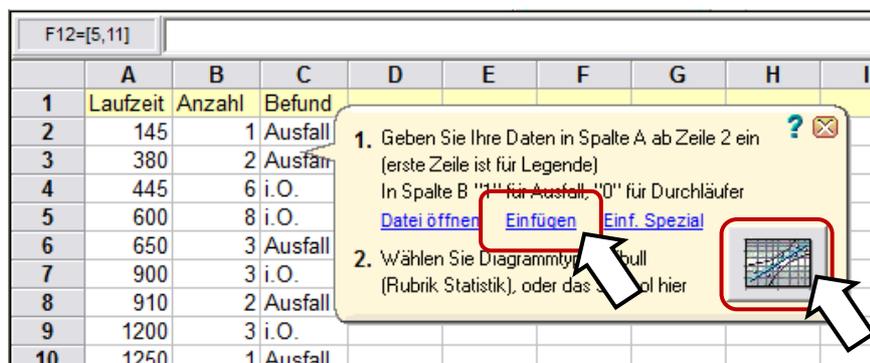


| | A | B | C |
|----|----------|--------|---------|
| 1 | Laufzeit | Anzahl | Befund |
| 2 | 145 | 1 | Ausfall |
| 3 | 380 | 2 | Ausfall |
| 4 | 445 | 6 | i.O. |
| 5 | 600 | 8 | i.O. |
| 6 | 650 | 3 | Ausfall |
| 7 | 900 | 3 | i.O. |
| 8 | 910 | 2 | Ausfall |
| 9 | 1200 | 3 | i.O. |
| 10 | 1250 | 1 | Ausfall |
| 11 | 1400 | 2 | i.O. |
| 12 | 2200 | 1 | i.O. |

Fügen Sie entsprechende Daten aus der Zwischenablage ein, oder aus einer Datei.

Wichtiger Hinweis:

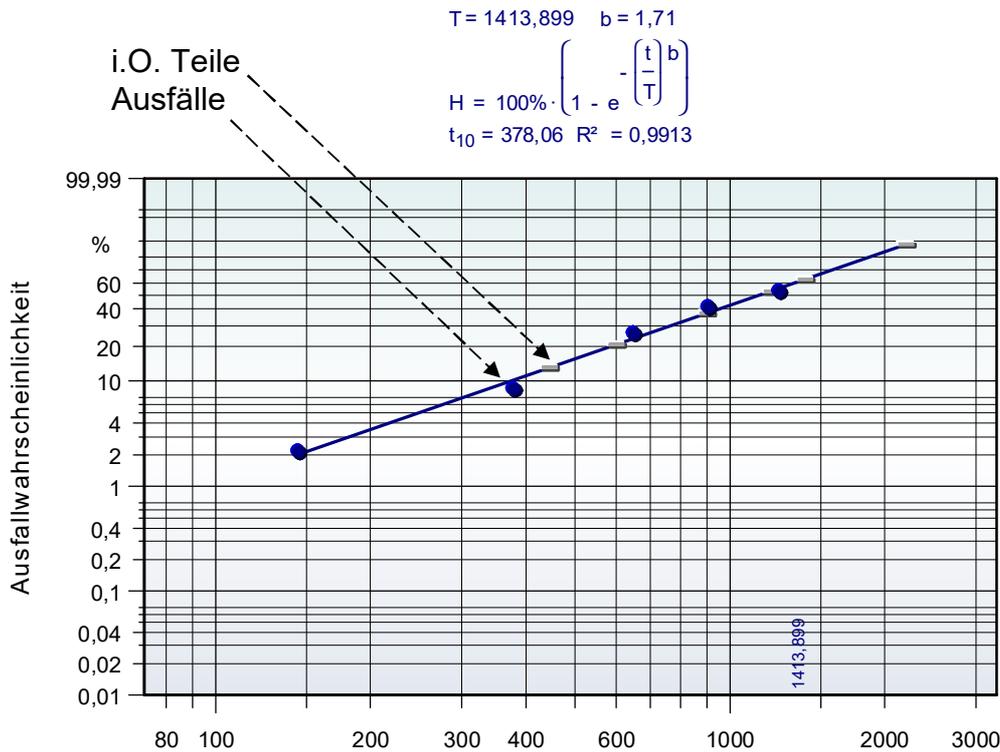
Verwenden Sie hierzu die angebotenen Funktionen innerhalb der Sprechblase. Für den Fall, dass die Daten nicht in der ersten Zeile beginnen, gehen Sie über die Option *Einf. Spezial* und verwenden dort *Zeile höher*. Spalte C muss den Begriff „i.O.“, „intakt“, oder „Durchläufer“ beinhalten. Gibt es Spalte B nicht, so wird für jede Zeile ein Proband angenommen. Danach ist die Ikone **Weibull** zu drücken



Im Diagramm werden die Ausfälle in blau und die i.O.-Teile als grauer Strich dargestellt. Damit ist visualisiert, wo die Laufzeit bei Abbruch oder Entnahme der Teile war. Diese Durchläufer reduzieren die Ausfallwahrscheinlichkeit der Ausfälle entweder

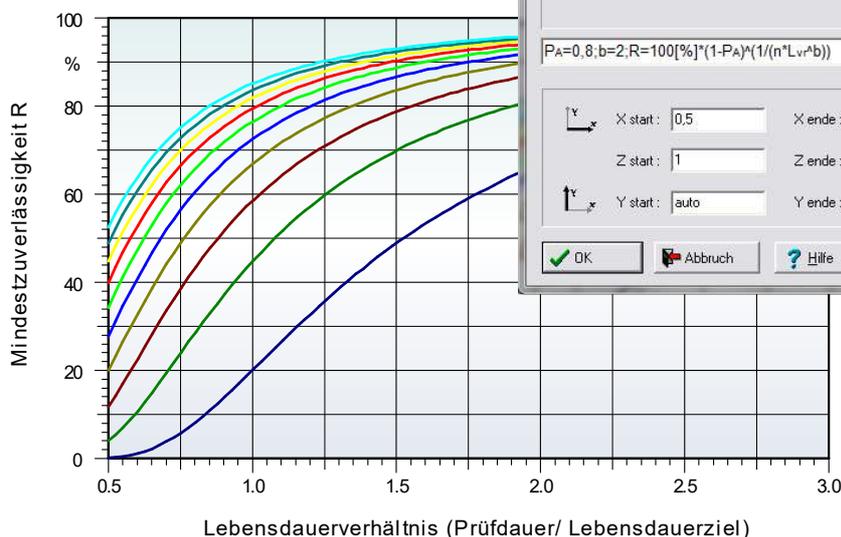
Weibull - Zuverlässigkeitsmethoden

über Least-Square-, oder nach Maximum-Likelihood Methode. Ersteres ist Standard.
Ändern über Menü Diagramm/ Auswahl und dann Parameterbestimmung



Darstellungen als reine Formel

In einigen Vorlagen werden keine Daten in der Tabelle benötigt. In der *Weibull_Mindestzuv_LvRb20.vxg* wird beispielsweise nur eine Formel dargestellt. Hier geht es um die Bestimmung einer garantierten Mindestzuverlässigkeit bei Tests ohne Ausfälle. Die Parameter der Formel können über einen Doppelklick auf diese, oder über die Ikone *Berechnen/Formel* beliebig geändert werden.



Formelinterpretier

$P_A = 0,8$
 $b = 2$

$$R = 100\% \cdot (1 - P_A)^{\frac{1}{n} \cdot L_{vr}^b}$$

$P_A=0,8;b=2;R=100\% \cdot (1 - P_A)^{\frac{1}{n} \cdot L_{vr}^b}$

Kurven darstellen
 Formeln und Kurven darstellen
 Kurvendiskussion
 Formeln alleine darstellen

OK Abbruch Hilfe

Zum Darstellen der erzeugten Daten -> Menüpunkt Einfügen/Grafikdaten in der Tabelle wählen

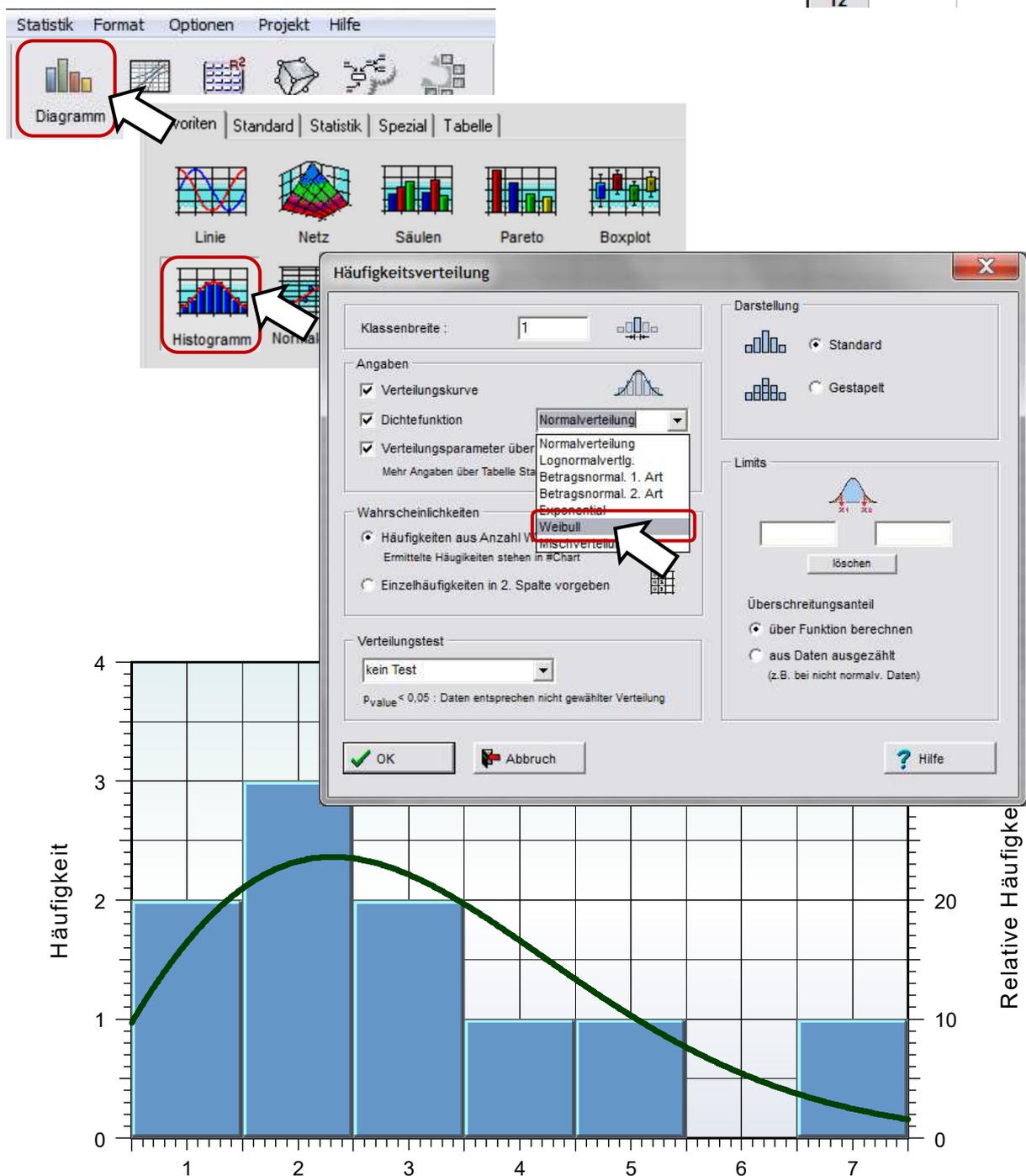
$R = 100\% \cdot (1 - P_A)^{\frac{1}{n} \cdot L_{vr}^b}$

- n=8
- n=9
- n=10

Darstellung der Weibull-Dichtefunktion (Histogramm)

Standardmäßig wird die Weibull-Verteilung als Wahrscheinlichkeitsnetz verwendet. In manchen Fällen möchte man aber zeigen, wo der „Schwerpunkt“ der Ausfälle liegt. Es gibt eine Vorlage für die Weibull-Dichtefunktion. Diese ist eine reine Funktionsdarstellung (Formel) bei bekannten Parametern. Aus Daten lässt sich das ebenfalls darstellen. In diesem Fall wird ein Histogramm erstellt. Als Beispiel Verwenden Sie den Menüpunkt **Datei/Neu**. Gehen Sie in die Tabelle links. Geben Sie die rechts dargestellten Laufzeiten ab Zeile 2 ein. Markieren Sie die gesamte Spalte A und wählen die Ikone **Diagramm** und nicht Weibull! Danach in der Auswahl der Favoriten **Histogramm**. Unter Verteilung ist Weibull zu verwenden. Weitere Parameter können optional gewählt werden (z.B. der Verteilungstest).

| | A | B |
|----|-----|---|
| 1 | | |
| 2 | 1,1 | |
| 3 | 1,4 | |
| 4 | 1,8 | |
| 5 | 2,2 | |
| 6 | 2,3 | |
| 7 | 2,5 | |
| 8 | 3,3 | |
| 9 | 3,7 | |
| 10 | 5,2 | |
| 11 | 7,2 | |
| 12 | | |



Schnellzugriff auf Weibull-Kennwerte

Über die neue Filterfunktion können für eine Datenreihe direkt die Weibull-Kennwerte abgerufen werden (2-parametrig und vollständige Ausfälle). Klicken Sie hierzu die gewünschte Spalte an, oder die oberste Zelle. Klicken Sie auf das darauf erscheinende Filtersymbol. In der Filterbox können Sie die klassierten Daten sehen mit der gewünschten Verteilung, hier die Weibull-Verteilung. Alle wichtigen Kennwerte werden hier unten angezeigt. Die dargestellte Datenreihe

| | A | B | C |
|---|--------|---|---|
| 1 | Daten | | |
| 2 | 119,37 | | |
| 3 | 156,71 | | |
| 4 | 156,82 | | |
| 5 | 136,67 | | |
| 6 | 143,57 | | |
| 7 | 127,09 | | |
| 8 | 88,22 | | |
| 9 | 75,54 | | |

ist offensichtlich nicht Weibull-verteilt, da der sogenannte p-value <0,05 ist. Das bedeutet in diesem Fall, dass es wahrscheinlich eine Mischverteilung ist, also verschiedene Ausfallgründe vorliegen. In diesem Fall ist der angebotene Verteilungstest in der letzten Zeile nicht zielführend. Erstellen Sie stattdessen ein Weibull-Diagramm, wie eingangs beschrieben und

verwenden Sie die 5- oder 8-parametrische Mischverteilung.

Ein Beispiel ist unter

`\\Templates\05_Weibull\Beispiel_Weibull_5_parametrig.vxd` bzw. `_5_parametrig.vxd` zu finden.

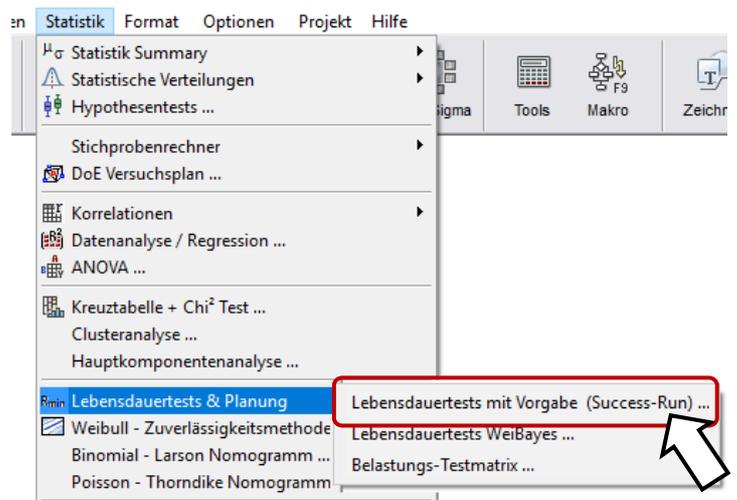
Lebensdauerversuche - Stichprobenumfang

Über den Leitfaden, oder über den Menüpunkt Statistik im Hauptfenster lassen sich bei Vorgabe einer Ausfallwahrscheinlichkeit (Vertrauensgrenze) Aussagen über benötigte Zuverlässigkeit, Testdauern, oder über die Stichprobengröße machen.

Das Thema ist auch bekannt unter dem Begriff „Success Run“. Hier ist es allerdings auch möglich, Berechnungen bei unerwartetem Ausfällen zu machen. 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.

Weitere Informationen zu dieser Methode sind zu finden unter: www.weibull.de/Weibull_Success_Run.pdf



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

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

R_{min} Mindestzuverlässigkeit

Ist gesucht ?

Geforderte Mindestzuv.: 95 %

entspricht max. Ausfallwahsch. 10 %

L_v Lebensdauerverhältnis

Ist gesucht ?

Geprüfte Testdauer: 100000 $L_v = 1$

Geforderte Lebensd.: 100000 km

n Stichprobenumfang

Anzahl gesucht ?

Anzahl ist vorgegeben: 3

Siehe auch Vorlagen Weibull_Mindestzuv...v.xg

Alle Tests mit gleichen Bauteilen und gleicher Belastung

Tests mit untersch. Varianten und Einstellg -> Experiment

Schließen Öffnen Report

Formeln Speichern Hilfe

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 ($L_v = 2,56$) |

Die Verwendung dieser Methode setzt voraus, dass eine geforderte Lebensdauer

Weibull - Zuverlässigkeitsmethoden

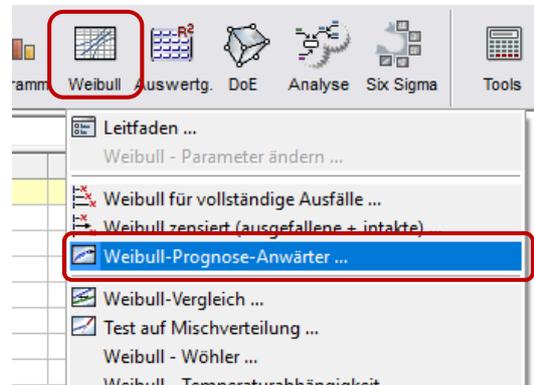
gegeben ist. Gibt es hierfür keine Angaben, so ist die Methode WeiBayes eine Alternative (Menüpunkt darunter, siehe oben und www.weibull.de/WeiBayes.pdf).

Weibull-Analyse für „Felddaten“

Eine der wichtigsten Methoden für Feldanalysen ist die sogenannte Anwarter-Prognose. Hier zensierte Daten, da es Kunden gibt, die eine bestimmte Laufzeit noch nicht erreicht haben, wo andere einen Ausfall haben. Eine ausführliche Beschreibung der Berechnung ist zu finden unter:

www.weibull.de/Weibull_Prognose.pdf

Im Template *Weibull_Prognose_Laufstreckenverteilung.vxg* werden die 3 Punkte der Laufstreckenverteilung aus den Angaben der Ausfälle bestimmt. Dabei sind für jeden „Ausfall“ zusätzliche Angaben für den Start der Nutzung und das Reparaturdatum erforderlich.



| A1 | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|----------------------------------|------|------|------------|-----------|---------------|------------|-----------|
| 1 | | | | | | Start Nutzung | Reparatur | km oder h |
| 2 | Angabe | | | | | 9.1.2016 | 29.8.2017 | 11163 |
| 3 | Produktionsstückzahl : | | | 2249 | | 23.11.2015 | 22.12.2016 | 111817 |
| 4 | Produktionszeitraum | | | 1.7.2015 | 30.4.2016 | 23.11.2015 | 25.12.2016 | 111821 |
| 5 | Zulassungszeitraum : | | | 20.10.2015 | 29.9.2016 | - | 8.1.2018 | 11296 |
| 6 | Letzte Datenerhebung : | | | 15.2.2018 | | 23.6.2016 | 18.7.2017 | 11567 |
| 7 | Monate Zulassungszeitr. : | | | 12 | | 15.6.2016 | 8.9.2016 | 11764 |
| 8 | Betrachtungszeitraum : | | | 14 | | 2.11.2015 | 11.11.2016 | 12121 |
| 9 | letzte Dat-Erh.-letzte Zul.Dat | | | 17 | | 21.3.2016 | 3.7.2016 | 1291 |
| 10 | Laufstreckenverteilung pro Monat | | | | | 21.3.2016 | 3.7.2016 | 1291 |
| 11 | X1 : | 10 | 994 | | | 23.11.2015 | 16.5.2017 | 141028 |
| 12 | X2 : | 63,2 | 2538 | | | 5.4.2016 | 24.8.2017 | 14373 |
| 13 | X3 : | 90 | 3703 | | | 26.2.2016 | 22.4.2017 | 14982 |
| 14 | gestutzt | | | | | 9.5.2016 | 22.5.2017 | 15125 |
| 15 | Klassenbreite: | | 1 | | | 16.11.2015 | 12.9.2017 | 16298 |
| 16 | Verzugszeit* | | 2 | | | 21.12.2015 | 10.10.2017 | 16813 |
| 17 | Ausfälle / Beanstar | | 184 | | | 21.12.2015 | 30.12.2017 | 18008 |

Da hier nicht vom Produktionsdatum ausgegangen wird, sondern vom wirklichen Einsatzzeitraum (Reparaturdatum – Start Nutzung), ist die Angabe der Verzugszeit (Zelle C16) hier nicht notwendig. Unvollständige Angaben werden bei der Berechnung der Laufstreckenverteilung nicht berücksichtigt. Alle Ausfallpunkte im Weibull-Netz bleiben aber erhalten.

Sind jedoch die Spalten F und G nicht befüllt (nur die Spalte H), so ist die Laufstreckenverteilung in C11 – C13 explizit anzugeben. Weiterhin ist die Verzugszeit in Zelle C16 notwendig. Zu beachten ist, dass die vorgelegten Werte aus dem Template u.U. nicht für den aktuellen Zusammenhang passend sind.

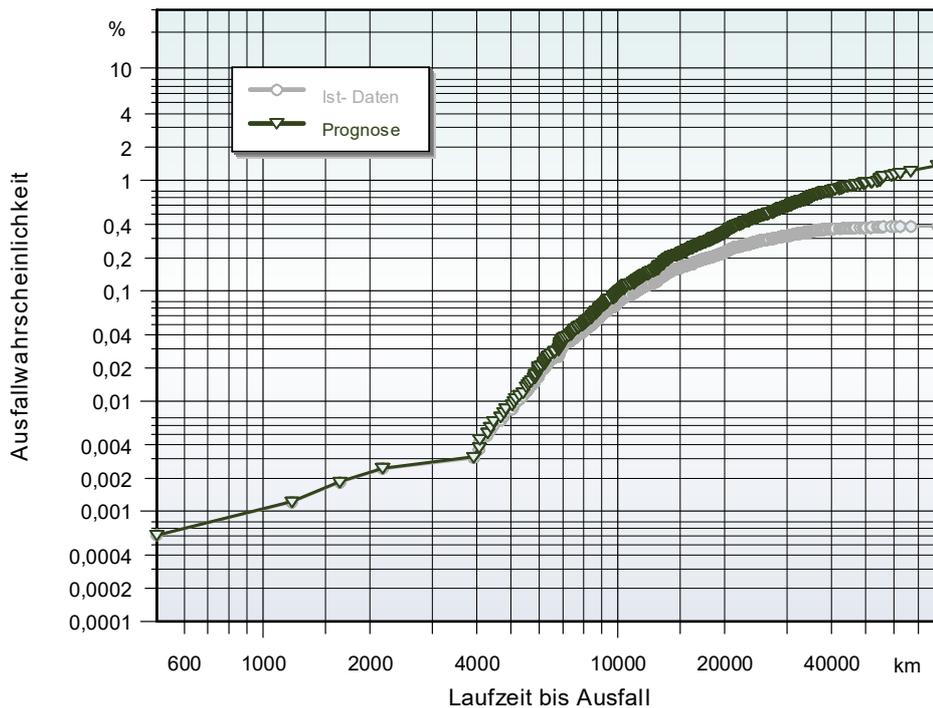
Wie in den anderen Templates auch, ist nach Beendigung der Eingabe die Ikone **Berechnen / Start** zu drücken.

Als Hilfestellung der einzelnen Schritte gibt es Sprechblasen, denen einfach zu folgen

ist. Im Beispiel der Anwärter-Prognose sind jedoch noch weitere Felder zu befüllen, bevor das Makro zu starten ist.

Hinweis: Sprechblasen erscheinen nur, wenn die Datei aus dem Verzeichnis ..\Templates\ geladen wurden.

Das Ergebnis zeigt zwei Kurven. Die graue untere stellt die vorhandenen Ist-Bearstandungen dar (entspricht der Anzahl Eintragungen in der Tabelle, bezogen auf die Produktionsstückzahl). Die dunkle obere Kurve repräsentiert die Prognose nach dem Anwärterverfahren. Sie ist immer höher, als die Ist-Daten, weil hier noch Ausfälle hinzugerechnet werden, die noch kommen, wenn alle Fahrzeuge die jeweiligen Laufstrecke erreicht haben.



Die Weibull-Kurven werden hier über ein Makro berechnet. Die Ausfallwahrscheinlichkeiten sind in Prozent über das Anwärter-Verfahren definiert und stehen in der Tabellenseite T2 (Diagramm anklicken, rechte Maustaste und Menüpunkt Datenquelle wählen).

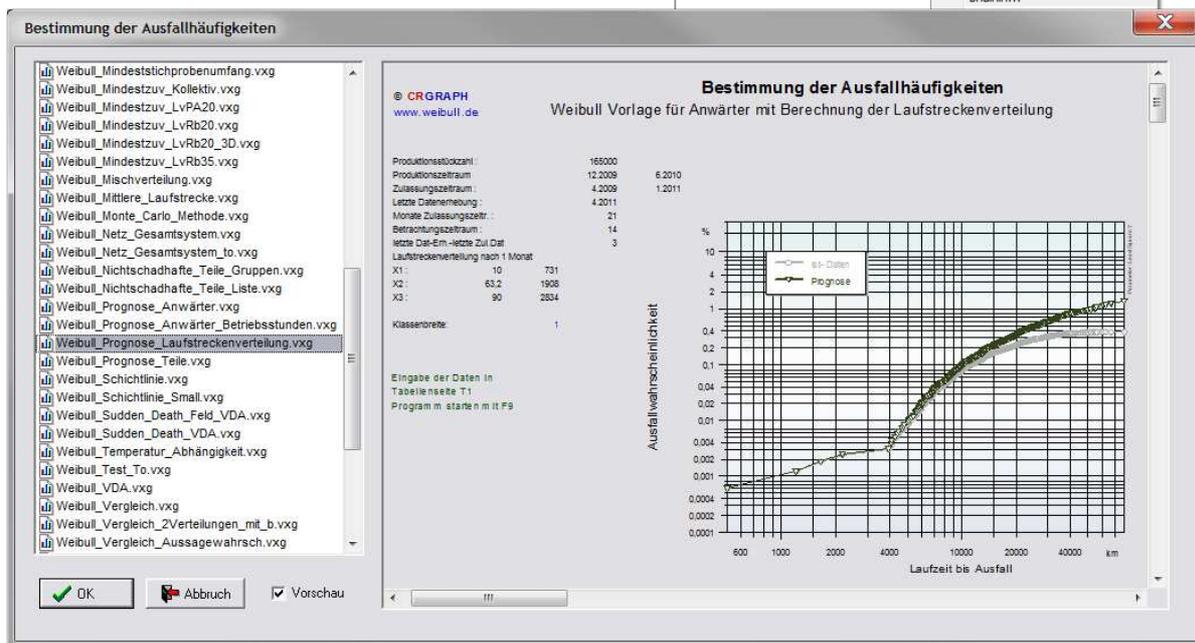
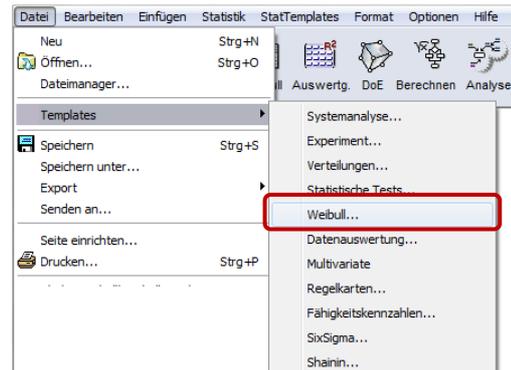
| | A | B | C | D | E | F |
|----|-----------|-----------|----------|-----------|---|---|
| 1 | Ist-Daten | 0 | Prognose | 0 | | |
| 2 | 502 | 0,0006061 | 502 | 0,0006068 | | |
| 3 | 1205 | 0,0012121 | 1205 | 0,0012183 | | |
| 4 | 1649 | 0,0018182 | 1649 | 0,0018356 | | |
| 5 | 2175 | 0,0024242 | 2175 | 0,0024623 | | |
| 6 | 3923 | 0,0030303 | 3923 | 0,0031312 | | |
| 7 | 4059 | 0,0036363 | 4059 | 0,0038035 | | |
| 8 | 4078 | 0,0042424 | 4078 | 0,0044763 | | |
| 9 | 4297 | 0,0048485 | 4297 | 0,0051545 | | |
| 10 | 4381 | 0,0054545 | 4381 | 0,0058316 | | |

Weibull - Zuverlässigkeitsmethoden

Möchte man z.B. unterschiedliche Auswertungen miteinander in einer Grafik vergleichen, so kann jeweils Spalte C und D gemeinsam kopiert werden und in eine andere Tabelle übertragen werden. Zu beachten ist dabei, dass für die Darstellung innerhalb der Vorlage dann nicht das Makro zu starten ist, sondern nur das Diagramm aktualisiert werden muss (Menü Diagramm). Ansonsten wird die Tabellenseite T2 vom Makro wieder überschrieben. Bei der Übernahme der Doppelspalten in eine neue Instanz von Visual-XSel ist darauf zu achten, dass im Dialogfenster Weibull rechts die Häufigkeiten in Spalte 2 als Summenhäufigkeit deklariert werden müssen.

Fallbeispiele zu Weibull-Verläufe

Feldauswertung mit Frühausfällen.
Wie kann man die Weibull-Funktion nur Teilbereiche der Ausfallpunkte anwenden und eine Aussage zu hohen Laufzeiten richtig treffen? (Extrapolieren).



Frühausfälle.

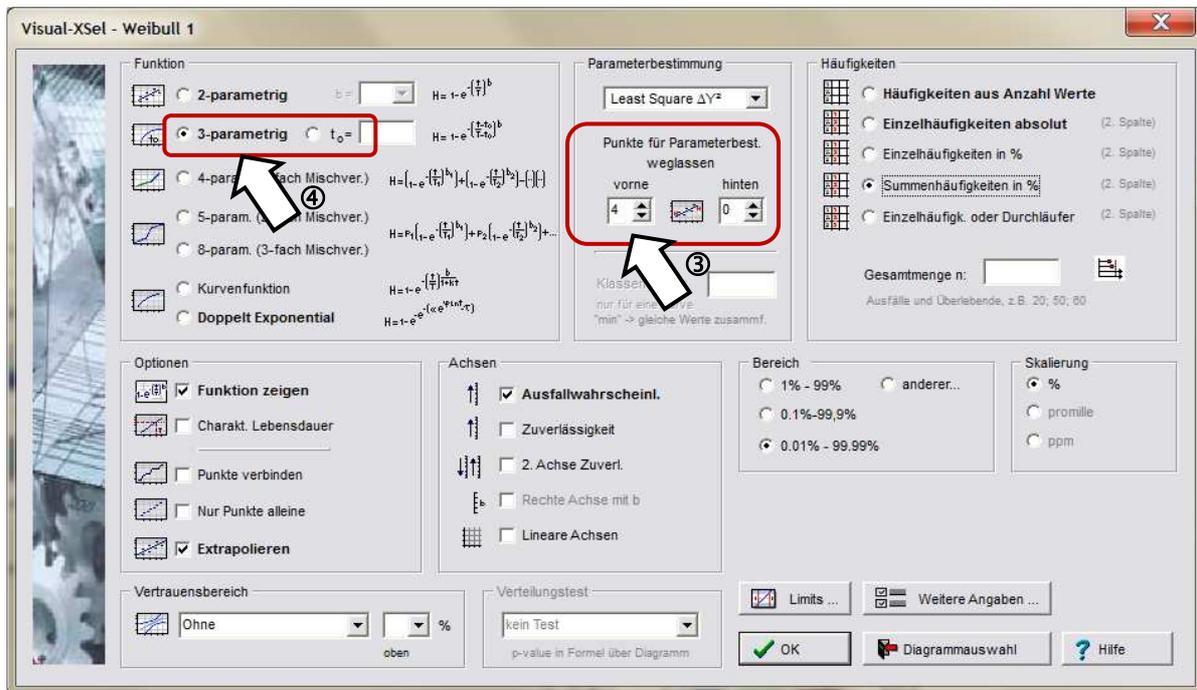
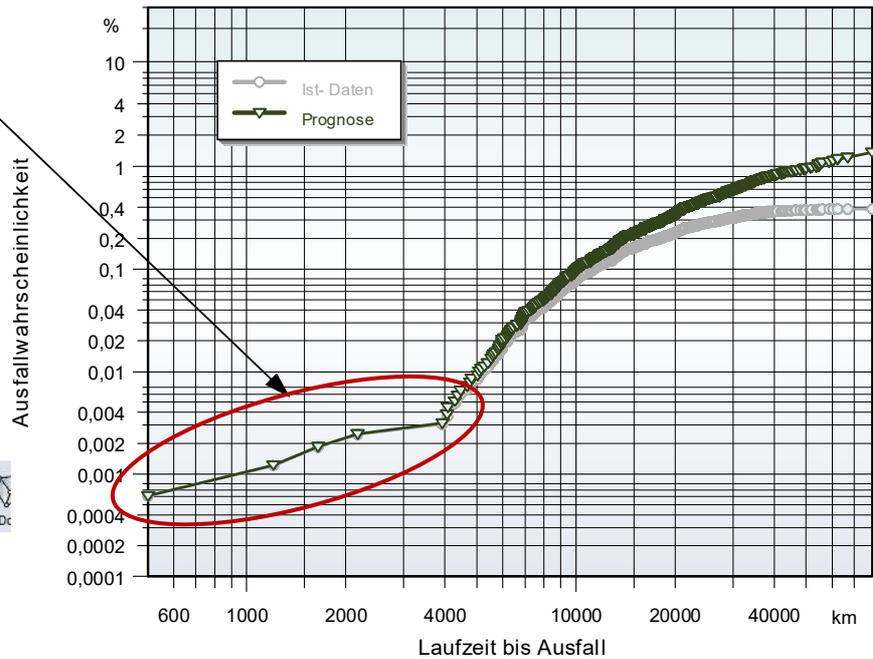
Wie können diese aus der Gesamtverteilung ausgeschlossen werden?

Schritt ①

Punkt anklicken, damit Weibull-Diagramm aktiv ist.

Schritt ②

Dialogbox Weibull aufrufen.

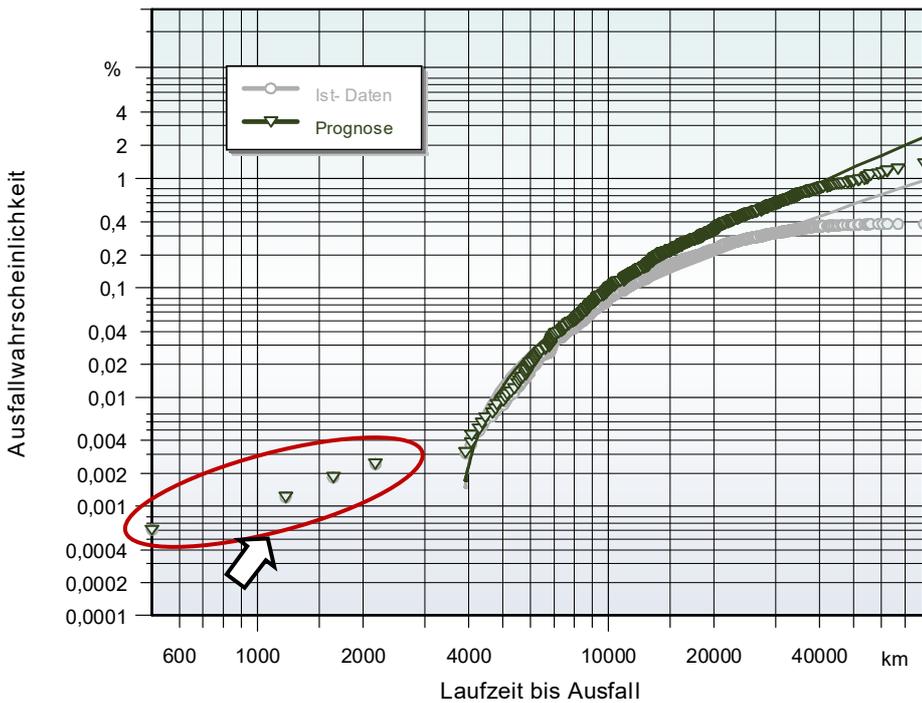


Schritt ③

Punkte für Parameterbestimmung weglassen, nur vorne. Anzahl Punkte auf 4 festlegen. Die Punkte am Anfang sind Frühausfälle wegen Fertigungsproblemen. Diese müssen gesondert betrachtet werden.

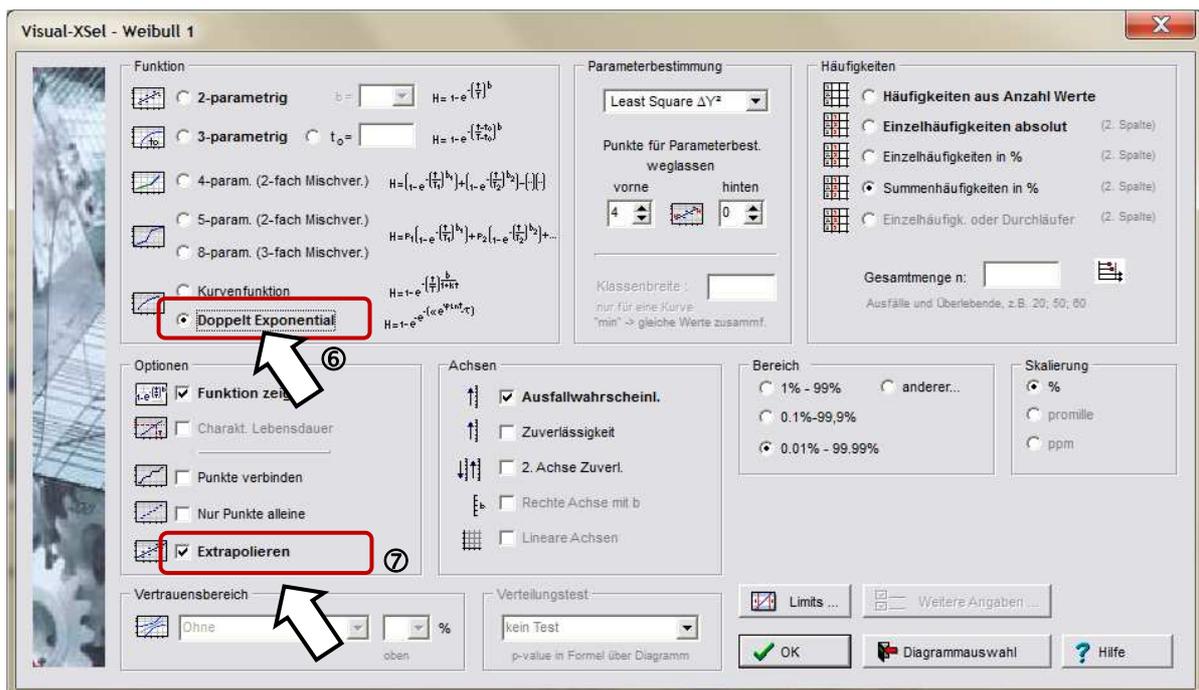
Schritt ④

Es wird vermutet, dass der übrige Kurvenverlauf gut mit der 3-parametr. Weibull-Verteilung beschreibbar ist.



Die 3-param. Funktion ist schon deutlich besser, aber im Auslauf der Weibull-Kurve gibt es noch zu starke Abweichung. Gibt es weitere Funktionen, die den Verlauf besser beschreiben?

Schritt ⑥
Dialogbox Weibull erneut aufrufen.

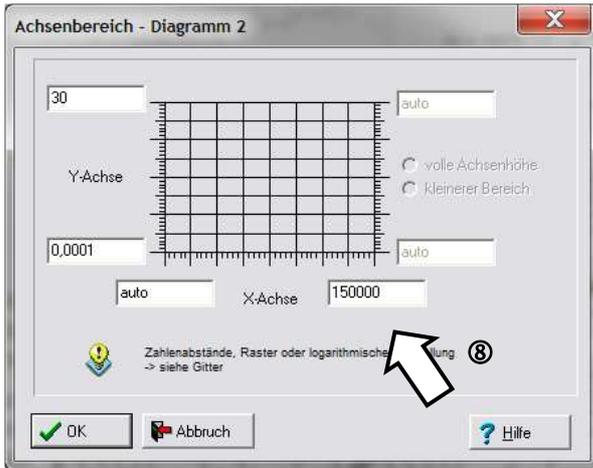


Schritt ⑥

Verwendung der sogenannten Doppelt-Exponential-Fkt., die im Auslauf gegenüber der 3-parametrischen Weibull-Funktion stärker gekrümmt ist (Berücksichtigung der Abnahme der im Feld befindlichen Fahrzeuge).

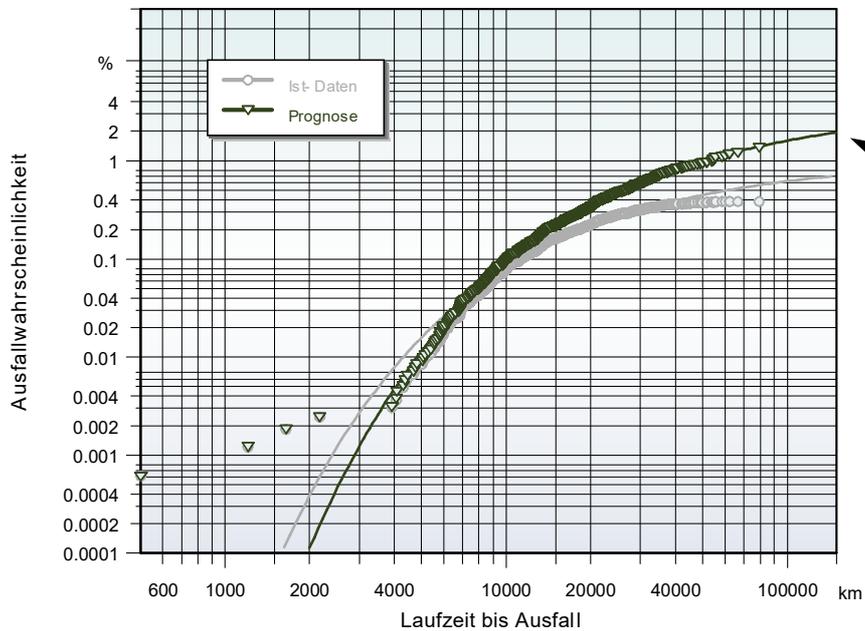
Schritt ⑦

Falls nicht bereits eingestellt, Extrapolieren einstellen, um Aussagen über höhere Laufstrecken machen zu können.



Schritt ⑧

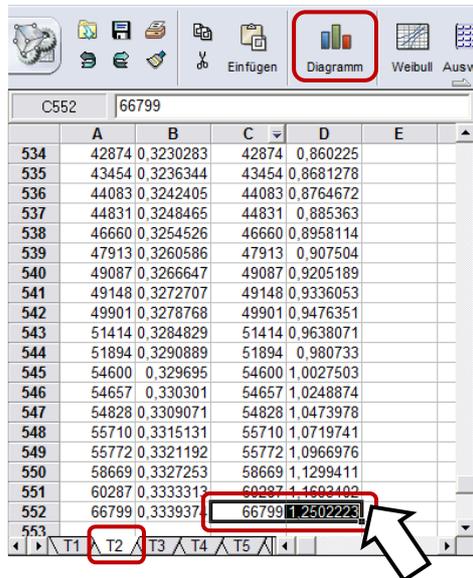
Achsenbereich auf 150.000km erweitern (entweder Doppelklick auf Zahlen in X-Achse, oder Menü Diagramm/Achsenbereich oder Ikone)



Schritt ⑨
Aussage der Ausfallwahrscheinlichkeit bei 150.000km treffen.

Punkte in der Darstellung reduzieren

Es kann vorkommen, dass bei der Anwarter-Prognose der letzte Punkt „übersteuert“ und viel zu hoch liegt. Die Prognose in diesem Bereich erscheint unrealistisch und der Punkt sollte gelöscht werden (der letzte Punkt der grauen Ist-Daten bleibt auf dem Niveau des Vorgängerpunktes).



| | A | B | C | D | E |
|-----|-------|-----------|-------|-----------|---|
| 534 | 42874 | 0,3230283 | 42874 | 0,860225 | |
| 535 | 43454 | 0,3236344 | 43454 | 0,8681278 | |
| 536 | 44083 | 0,3242405 | 44083 | 0,8764672 | |
| 537 | 44831 | 0,3248465 | 44831 | 0,885363 | |
| 538 | 46660 | 0,3254526 | 46660 | 0,8958114 | |
| 539 | 47913 | 0,3260586 | 47913 | 0,907504 | |
| 540 | 49087 | 0,3266647 | 49087 | 0,9205189 | |
| 541 | 49148 | 0,3272707 | 49148 | 0,9336053 | |
| 542 | 49901 | 0,3278768 | 49901 | 0,9476351 | |
| 543 | 51414 | 0,3284829 | 51414 | 0,9638071 | |
| 544 | 51894 | 0,3290889 | 51894 | 0,980733 | |
| 545 | 54600 | 0,329695 | 54600 | 1,0027503 | |
| 546 | 54657 | 0,330301 | 54657 | 1,0248874 | |
| 547 | 54828 | 0,3309071 | 54828 | 1,0473978 | |
| 548 | 55710 | 0,3315131 | 55710 | 1,0719741 | |
| 549 | 55772 | 0,3321192 | 55772 | 1,0966976 | |
| 550 | 58669 | 0,3327253 | 58669 | 1,1299411 | |
| 551 | 60287 | 0,3333313 | 60287 | 1,1692102 | |
| 552 | 66799 | 0,333937 | 66799 | 1,2502228 | |
| 553 | | | | | |

Um dies zu erreichen, hilft es nicht, wie vorher beschrieben, in der Dialogbox Weibull Randbereiche wegzulassen. Dies hat nur Einfluss auf die Kurve, die Punkte bleiben sichtbar. Der Punkt der Prognose muss in der Tabelle gelöscht werden. Klicken Sie zuerst das Weibull-Diagramm an und wählen mit der rechten Maustaste den Pop-up-Menüpunkt Datenquelle.... (Die Darstellung erfolgt hier über Tabellenseite T2). Löschen Sie die letzten beiden Zellen, die Laufstrecke und den Prozentwert.



! Wichtig ist dann, nicht erneut das Makro zu starten. Es würde die Tabellenseite T2 wieder mit dem letzten Wert überschrieben werden. Vielmehr ist hier nur das Diagramm zu aktualisieren mit der Ikone Diagramm / Update.

Im Diagramm erscheint nun der hintere Punkt der Prognose nicht mehr. Man kann auch den der Ist-Daten mit löschen. Dann hätte man aber auch nicht mehr sehen können, wie weit der letzte Ausfall gereicht hat.

Kann man nicht davon ausgehen, dass es sich um einen Ausreißer handelt und es liegen mehrere Punkte nicht mehr auf einer gemeinsamen Kurve, so ist von einer Mischverteilung auszugehen. Dies liegt in der Regel an unterschiedlichen Ausfallursachen. Dies wird im Kapitel auf der nächsten Seite beschrieben.

Darstellung zweier Prognose-Kurven in einer Weibull-Grafik

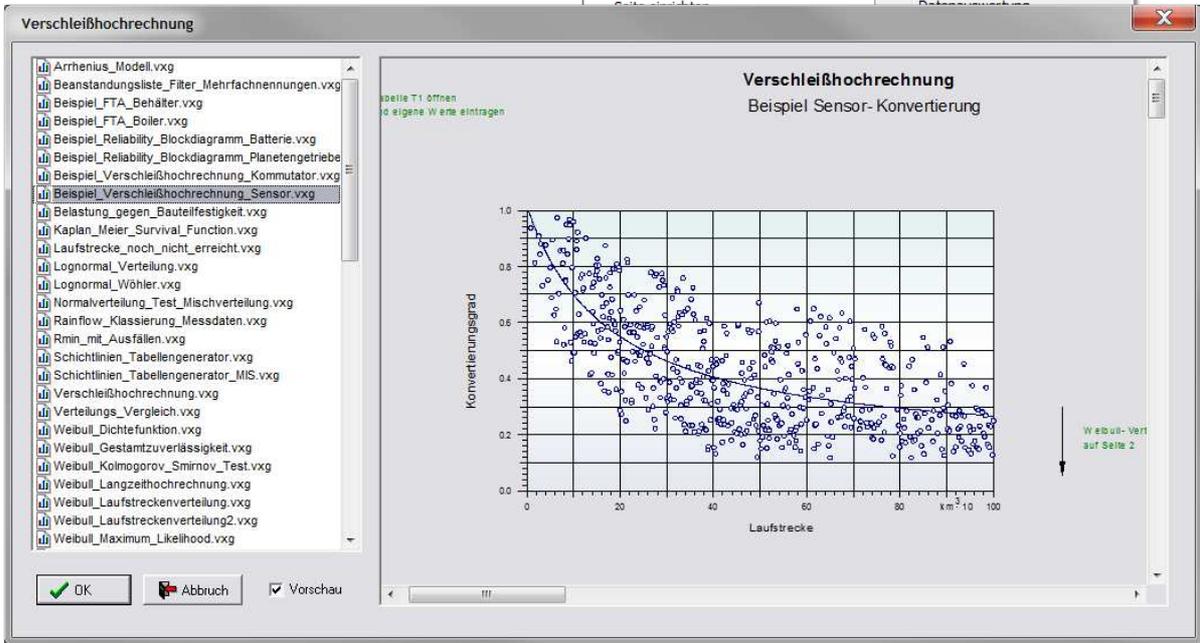
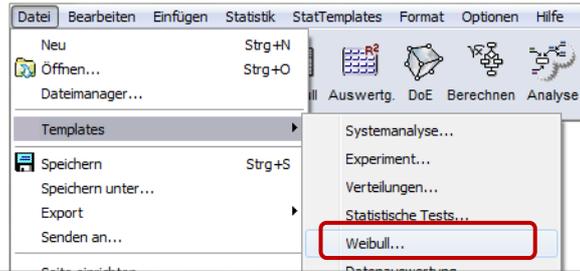
Über die Tabellenseite T2 ist es auch möglich, ganze Datenreihen auszutauschen. Soll z.B. eine Prognose aus einer anderen Auswertung mit dieser verglichen werden (Spalte C und D), so kann man z.B. die Daten der Spalten A und B austauschen (Kurve der Ist-Daten wird nicht mehr benötigt). Nach Aktualisierung der Grafik ist dann die graue Kurve die Prognose der vorher gemachten Auswertung, aus der die Daten kopiert wurden. Bevor die Daten aber in Spalte A und B hineinkopiert werden, sollte man diese erst löschen, für den Fall, dass die alte Datenreihe länger ist als die neue.

Farben der Darstellung können nachträglich geändert werden. Das entsprechende Element muss vorher angeklickt sein.



Mischverteilung

Wie kann man unterschiedliche Ausfallursachen bestimmen?
 Beispiel aus Verschleißhochrechnung Sensor.



Schritt ①

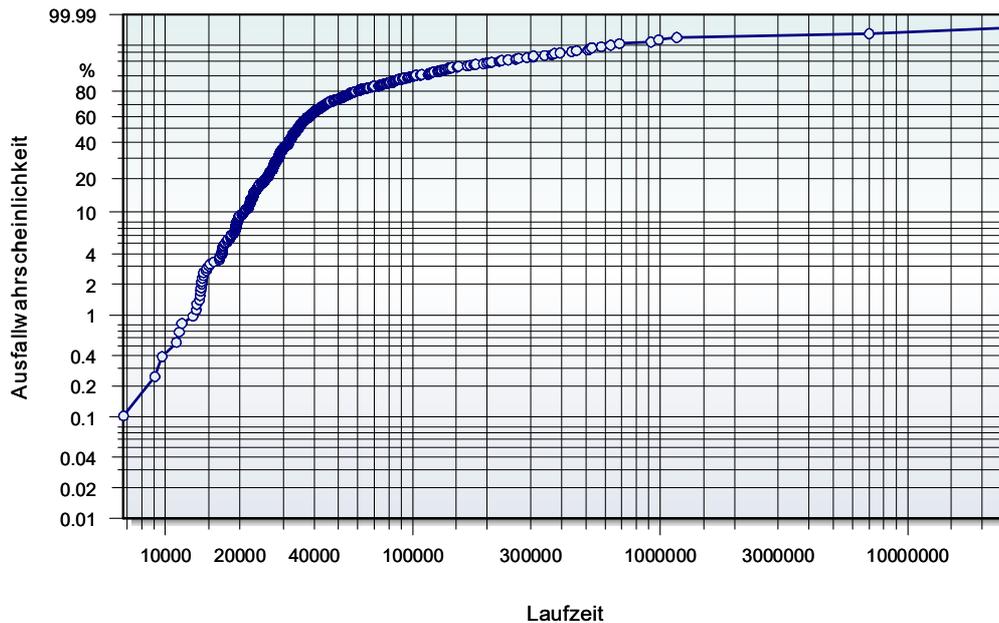
Darstellung auf Seite 2 anzeigen.

(mit der Maus runterscrollen)

$$T = 63275,35 \quad b = 1,33$$

$$H = 100\% \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b} \right)$$

$$t_{10} = 11586 \quad R^2 = 0,649$$

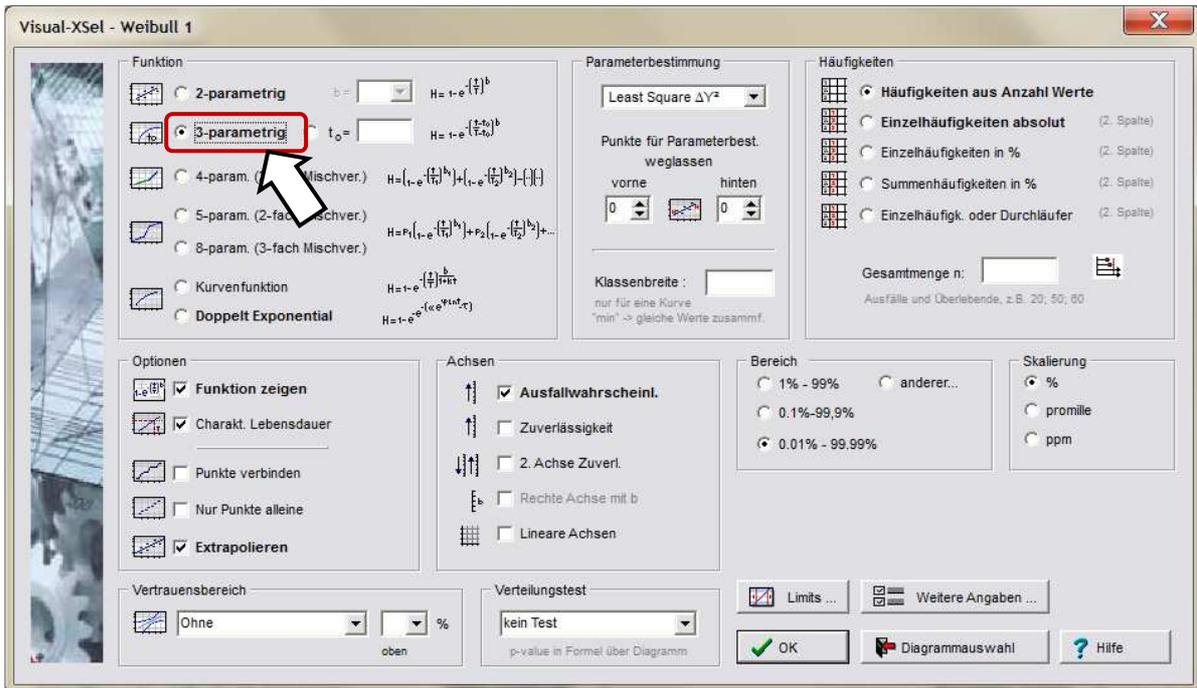


Ist dieser Verlauf mit der 3-parametrischen Weibull-Verteilung besser zu beschreiben?

Weibull - Zuverlässigkeitsmethoden

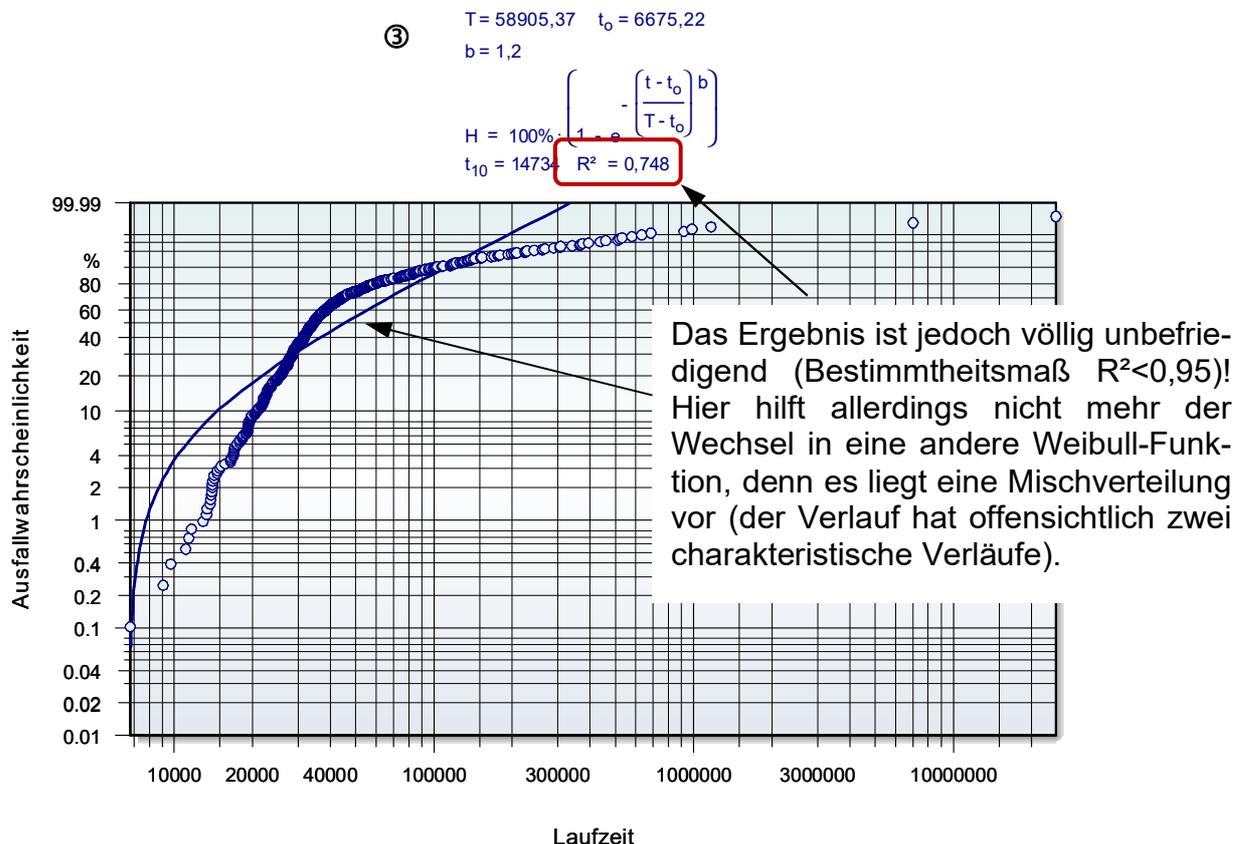
Schritt ②

Dialogbox Weibull aufrufen (Weibull-Diagramm sollte vorher angeklickt sein, damit nicht Diagramm 1 auf vorheriger Seite aktiv ist).



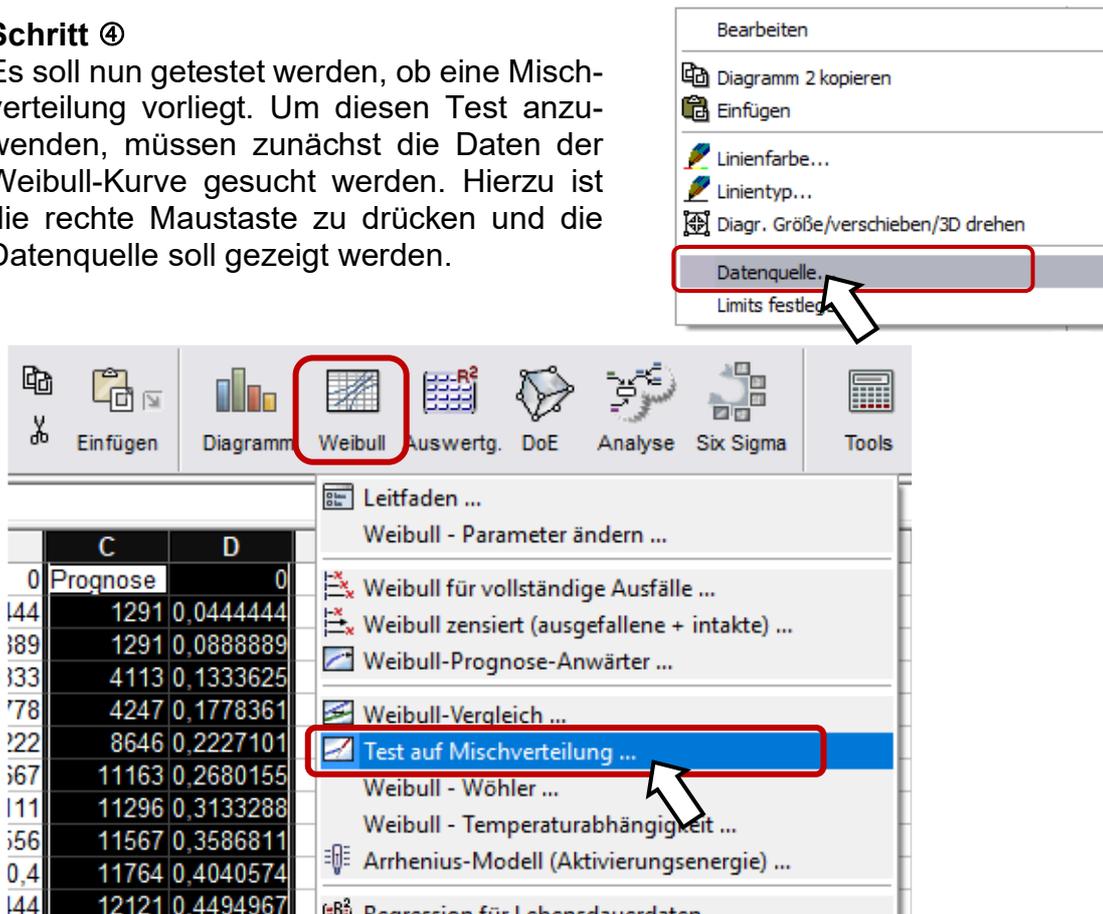
Schritt ③

Es wird zunächst vermutet, dass die 3-parametrig Funktion weiterhilft.



Schritt ④

Es soll nun getestet werden, ob eine Mischverteilung vorliegt. Um diesen Test anzuwenden, müssen zunächst die Daten der Weibull-Kurve gesucht werden. Hierzu ist die rechte Maustaste zu drücken und die Datenquelle soll gezeigt werden.

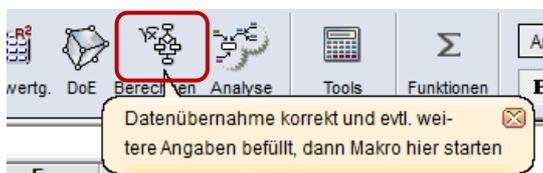


Schritt ⑤

Es wird die Tabellenseite T2 gezeigt und die Datenspalte(n) markiert. Den Test auf Mischverteilung findet man unter dem Menüpunkt **StatTemplates/Test auf...**

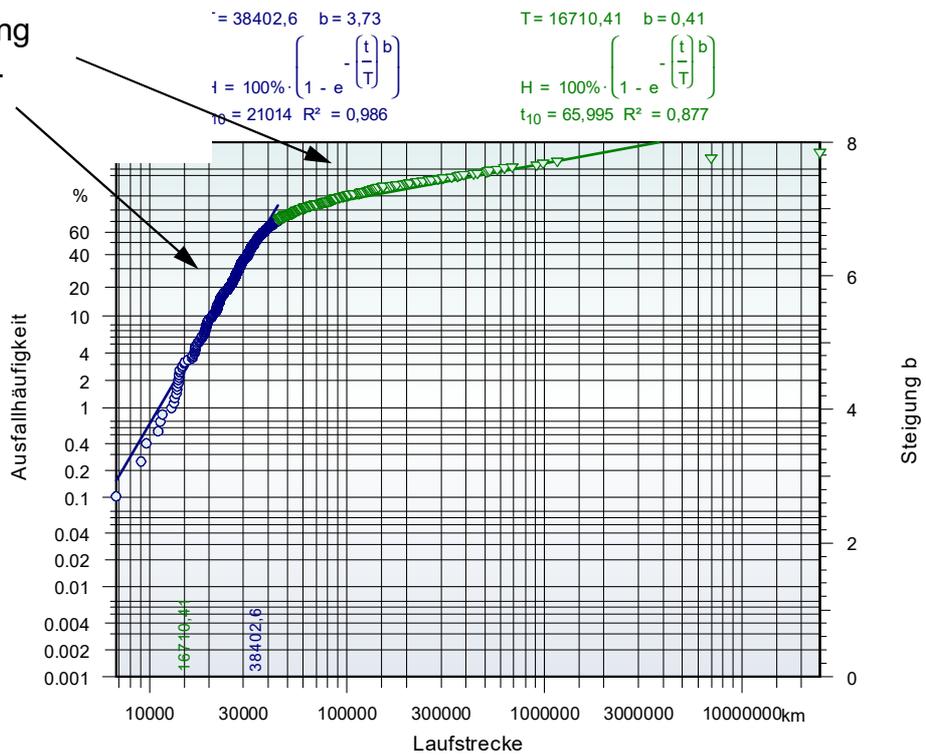
Schritt ⑥

Es wird ein sogenanntes Templates hinzu geladen, das den Test nach Start des Makros durchführt. Die entsprechende Ikone hierfür zeigt die Sprechblase. Danach auf Start drücken.



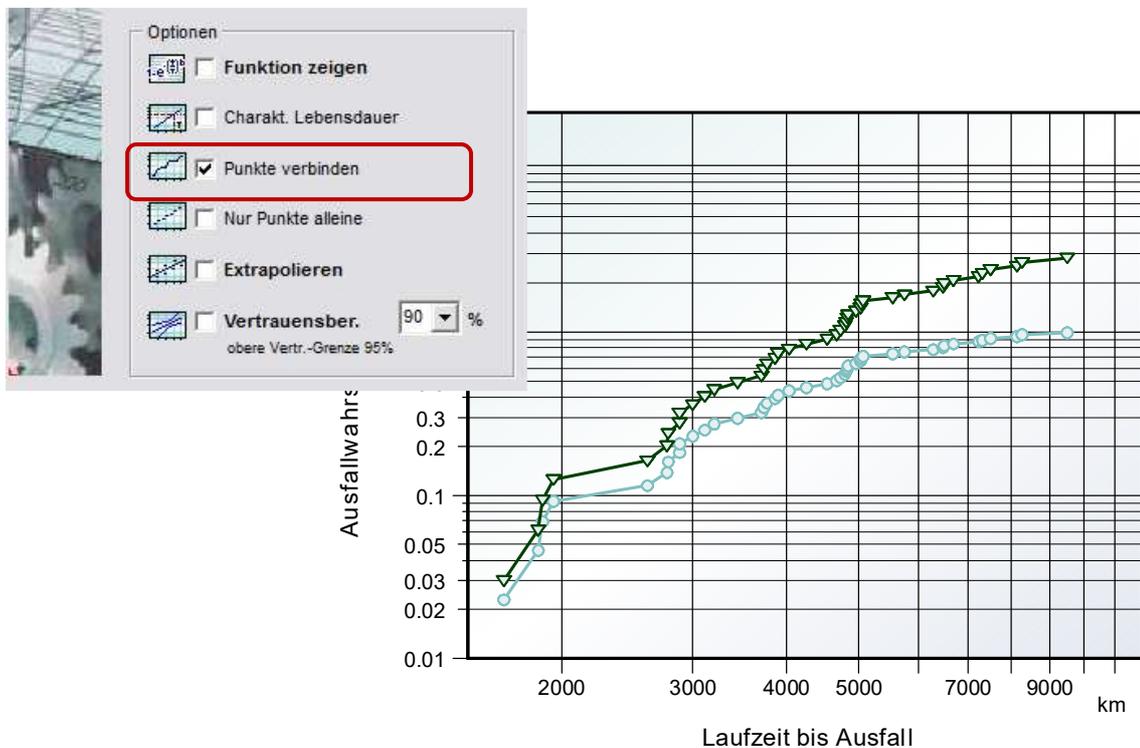
Die darauf folgenden Abfragen nach Startpunkte ist einfach zu übernehmen.

Mischverteilung wird bestätigt.



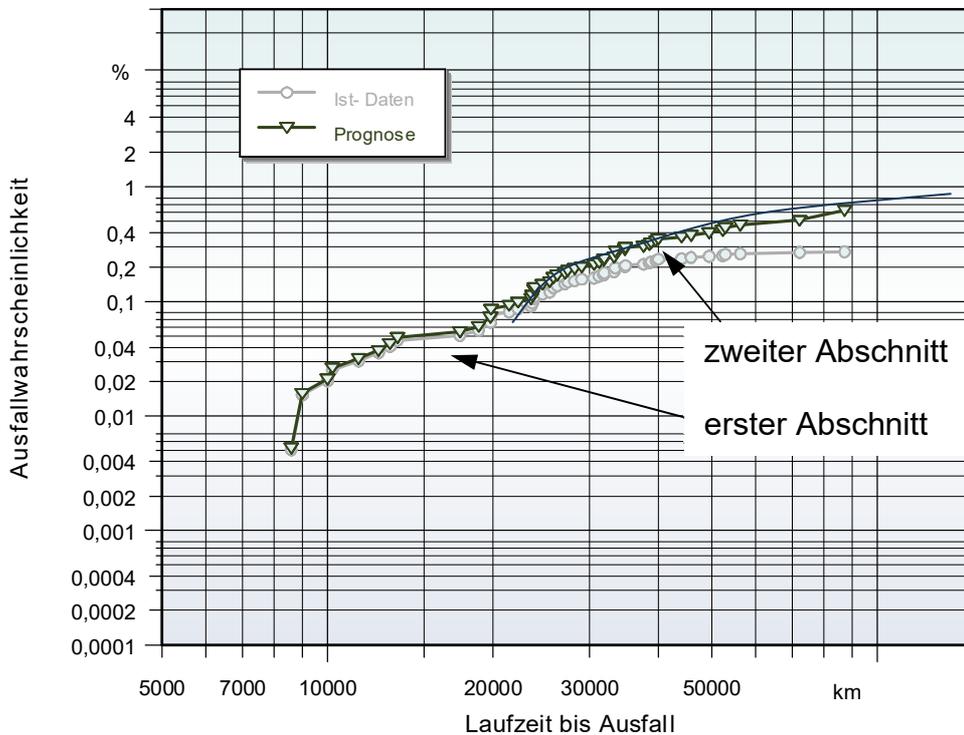
! **Wichtig:** Um wieder auf die ursprüngliche Darstellung und deren Daten zu kommen, ist der Menüpunkt Projekte/Hauptprojekt zu wählen!

Hinweis bei Mischverteilungen: Bei Verwendung einer Weibull-Funktion erkennt man u.U. nicht ausreichend den Verlauf der Punkte. Hier ist es oft sinnvoll, die Option „Punkte verbinden“ auszuwählen (Menü Diagramm/Diagrammtyp).



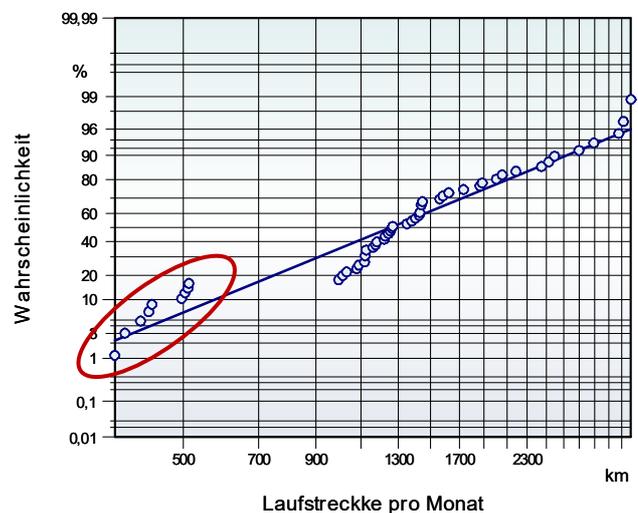
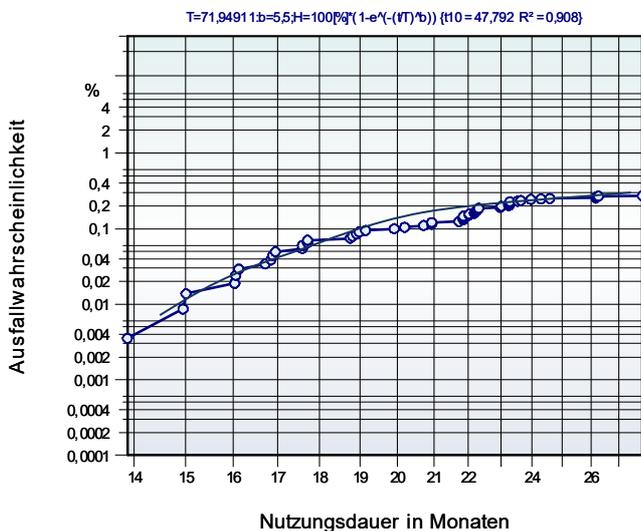
Erkennen von Scheinmischverteilungen

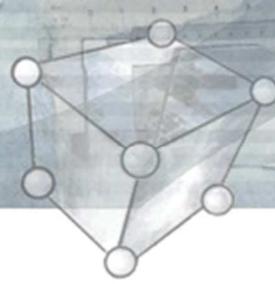
In der Datei ..\Templates\05_Weibull\Beispiel_Weibull_Prognose.vxg sieht es so aus, als ob es zwei Verteilungen mit ausfallfreier Zeit gibt:



Die vorher gezeigte Methode zur Prüfung auf Mischverteilung lässt sich hier nicht durchführen, da diese nicht auf die 3-parametrische Weibull-Verteilung anwendbar ist. Die zwei Abschnitte sind jedoch sehr markant und man würde hier auf unterschiedliche Ausfallmechanismen schließen, auch ohne Test.

Die Ursache liegt allerdings in diesem Beispiel an einem unterschiedlichen Kundenverhalten. Die erste Gruppe sind Fahrzeuge, die im Stadtverkehr nur sehr wenig Laufstrecke pro Monat aufweisen. Dies erkennt man in der Laufstreckenverteilung auf Seite 2 (Log-Normalverteilung rechts). Ein weiterer Hinweis ist, dass die Weibull-Verteilung, dargestellt über der Nutzungszeit, diesen Knick nicht aufweist (linkes Diagramm)





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.



Weitere Informationen zum aktuellen Thema finden Sie auf den nächsten Seiten oder unter 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



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



Hotline

Haben Sie noch Fragen, oder Anregungen? Wir stehen Ihnen gerne zur Verfügung:

Tel. +49 (0)8151-9193638

e-mail: info@crgraph.de

Besuchen Sie uns auf unserer Home-Page: www.crgraph.de