



Lebensdauertests



Weibull-Analysen



Fehlerbaum

Voraussetzung und verwandte Themen

Für diese Beschreibungen sind Grundlagen der Weibull-Verteilung mit zensierten Daten erforderlich. Da sich im Text Erklärungen auf Diagramme auf verschiedenen Seiten beziehen, empfiehlt sich diese Text auszudrucken.

www.crgraph.de/Literatur

www.weibull.de/Weibull-Analysen.pdf

www.weibull.de/Weibull_Sudden_Death.pdf

www.weibull.de/Weibull_Leitfaden_Feldauswertungen.pdf

Stichworte: Weibull – Netz – Zuverlässigkeit – Lebensdauer – Ausfallwahrscheinlichkeit – Nutzungszeit – Month in Service MIS – Betriebsstunden – km – zensierte Daten – Johnson-Verfahren – Maximum-Likelihood – Teileauswertung

Einführung

Gibt es Lebensdauerdaten, bei denen nicht alle Teile ausgefallen sind, so nennt man diese Daten unvollständig bzw. zensiert. Insbesondere, wenn noch intakte Teile kürzere Laufzeiten haben, als andere mit einem Ausfall, muss eine Korrektur der Ausfallhäufigkeiten erfolgen.

Ziel und Nutzen

Diese Beschreibung zeigt, wie die Daten der Ausfälle und die der intakten Einheiten richtig aufgeteilt werden. Dies ist notwendig, um z.B. das für zensierte Daten weit verbreitete Johnson- oder Maximum-Likelihood-Verfahren anwenden zu können. Weiterhin geht es um mehrere Fehlermöglichkeiten bzw. Teile in einem System.

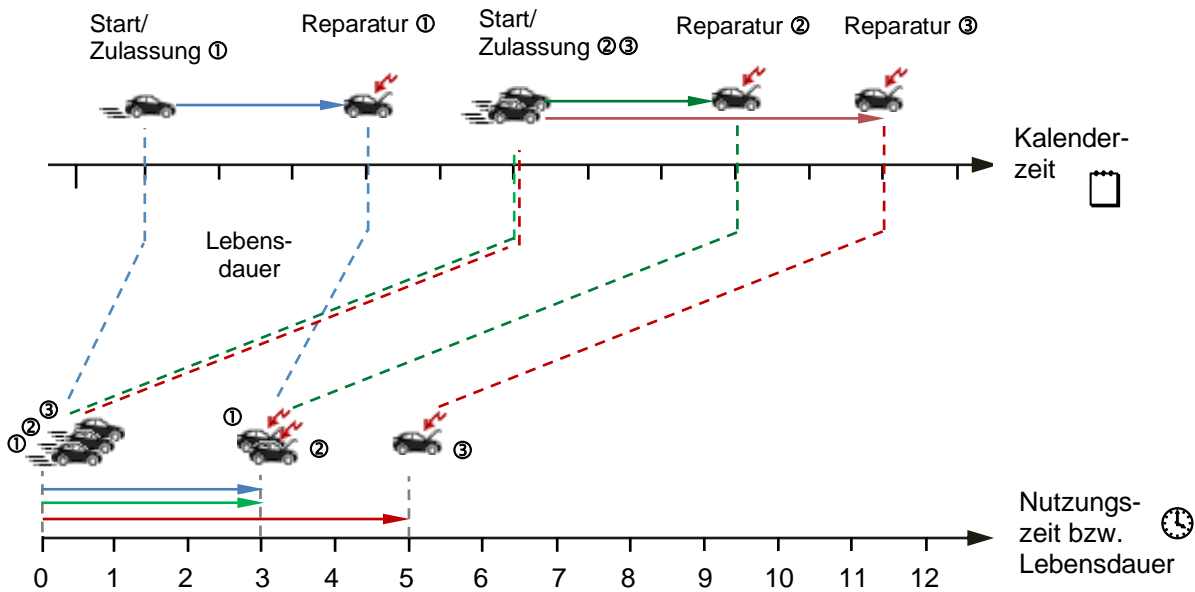
Grundlagen

Die Berechnung des Johnson-Verfahrens ist ausführlich in Weibull_Sudden_Death.pdf beschrieben. Hier soll es ausschließlich um die Datenaufbereitung gehen.

Bestimmung der Lebensdauer und der Nutzungszeit der intakten Teile

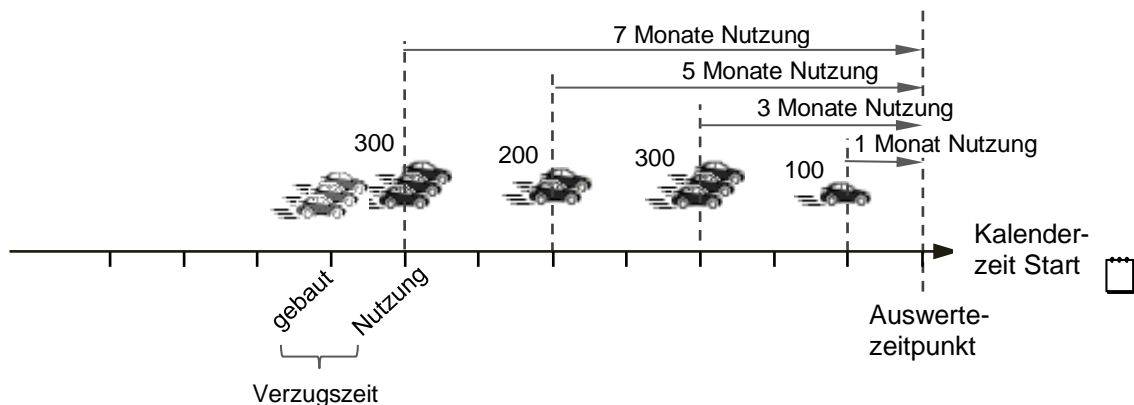
Die Nutzungszeit bis zum Ausfall, bzw. die Lebensdauer ist immer die Zeit zwischen dem Start der Nutzung und dem Zeitpunkt des Ausfalles. In der Betrachtung der Nutzungszeit (untere Grafik) spielt der kalendarische Startpunkt keine Rolle.

Weibull für Feldauswertung mit Teilen



Die in der unteren Zeitachse dargestellte Nutzungszeit entspricht der X-Achse im Weibull-Diagramm, also der Lebensdauer.

Wie werden nun die intakten (zensierte) Einheiten aufgeteilt und deren Nutzungszeit bestimmt, die sie noch erleben werden? Hierzu schauen wir uns jeweils den Zeitraum vom Start der Nutzung bis zum Auswertzeitpunkt an:



Bei der im Kalenderzeitraum produzierten Stückzahl ist zu berücksichtigen, dass diese Einheiten später in die Nutzung gehen, bzw. später starten. Diese Zeit wird als Verzugszeit bezeichnet. Man geht in der Regel von einer mittleren Verzugszeit von 1-2 Monate aus. Sind der Produktionsmonat und das Zulassungsdatum z.B. bei Fahrzeugen bekannt, so kann die mittlere Verzugszeit hieraus konkret berechnet werden.

Damit ergibt sich die Tabelle der Ausfälle und die Tabelle der produzierten Einheiten:

Ausfälle

Monate	Anzahl
3	2
5	1

Produktion

Monate	Anzahl
1	100
3	300
5	200
7	300

Für die Darstellung im Weibull-Diagramm müssen Ausfälle und die intakten Einheiten mit ihren erreichten Nutzungszeiten aufgelistet werden. Die intakten Einheiten ergeben

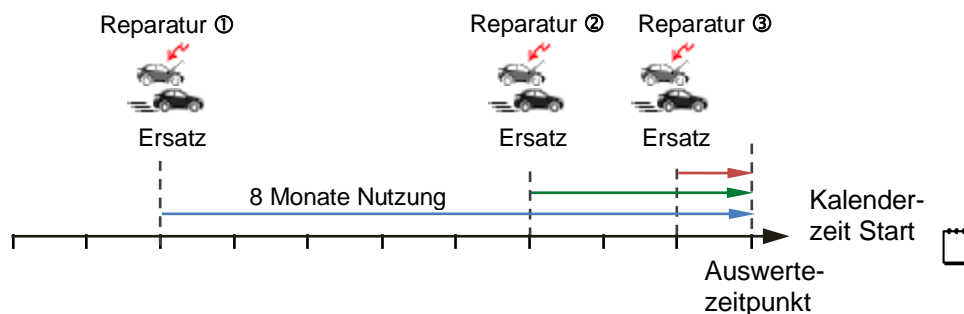
Weibull für Feldauswertung mit Teilen

sich aus der Produktionsstückzahl abzüglich der Ausfälle. Physisch müssen die konkreten Ausfälle aus der Menge abgezogen werden, wo sie produziert wurden. Vereinfacht wird häufig die Zuordnung über die Nutzungszeit realisiert, was folgende Tabelle ergibt:

Intakte Einheiten

Monate	Anzahl
1	100
3	298
5	199
7	300

Zunächst muss also die Anzahl der Ausfälle plus der intakten Einheiten wieder die Gesamtproduktion ergeben. Da jeder Ausfall durch ein Ersatzteil ausgetauscht werden muss, erhöht sich die Bezugsgröße n aber wieder um die Anzahl der Ausfälle. Das vorherige Abziehen der Ausfälle von der Produktion lässt sich hiermit nicht kompensieren, denn die Nutzungszeiten der Ausfälle und der Ersatzteile sind unterschiedlich:



Hinzu kommen nach Verbau bis zum Auswertzeitpunkt also 3 weitere Einheiten mit 8, 3 und 1 Monat Nutzungszeit:

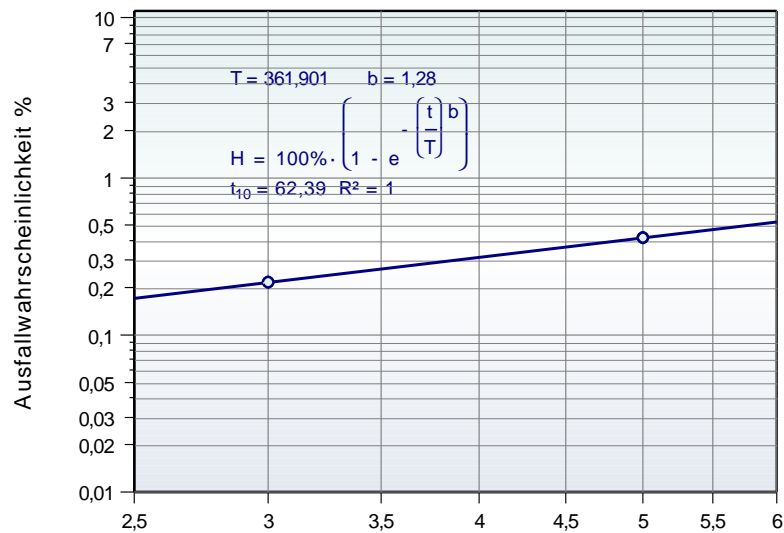
Ersatzteile	+	Intakte Einheiten	⇒	Gesamt intakte Einh.																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Monate</th> <th>Anzahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="color: red;">1</td> <td style="color: red;">1</td> </tr> <tr> <td style="color: green;">3</td> <td style="color: green;">1</td> </tr> <tr> <td style="color: blue;">8</td> <td style="color: blue;">1</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Monate	Anzahl	1	1	3	1	8	1				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Monate</th> <th>Anzahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>298</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>199</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>300</td> </tr> </tbody> </table>	Monate	Anzahl	1	100	3	298	5	199	7	300		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Monate</th> <th>Anzahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>100+1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>298+1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>199</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Monate	Anzahl	1	100+ 1	3	298+ 1	5	199	7	300	8	1
Monate	Anzahl																																			
1	1																																			
3	1																																			
8	1																																			
Monate	Anzahl																																			
1	100																																			
3	298																																			
5	199																																			
7	300																																			
Monate	Anzahl																																			
1	100+ 1																																			
3	298+ 1																																			
5	199																																			
7	300																																			
8	1																																			

Letztlich ergibt sich für die Tabelle der Weibull-Verteilung folgende kombinierte Tabelle aus Ausfällen und Gesamtzahl intakter Einheiten. Die intakten Einheiten sind hier per Definition mit Minus gekennzeichnet:

Weibull für Feldauswertung mit Teilen

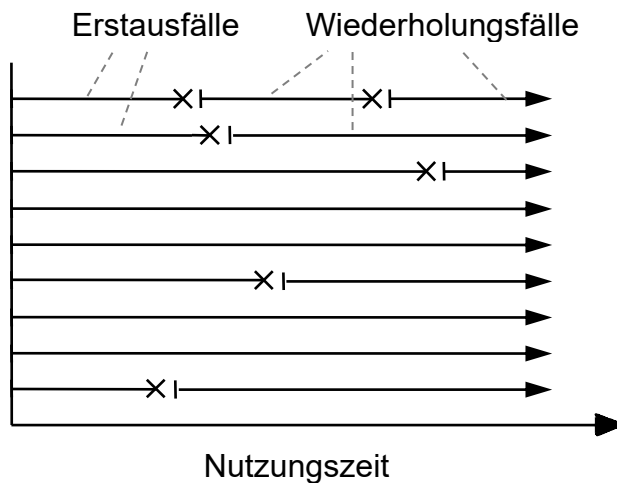
Monate	Anzahl
1	-101
3	2
3	-299
5	1
5	-199
7	-300
8	-1

Diese Tabelle ergibt das rechts dargestellte Weibull-Netz mit dem Johnson-Verfahren.



Wiederholter Ausfall eines instandgesetzten Teiles

Bei einer Beanstandung wird, wie beschrieben, das betroffene Teil durch ein neues ersetzt. Dieses Ersatzteil kann aber wiederum ausfallen. Wenn das passiert, nennt man dies einen Wiederholungsfall. Dabei muss sich die Nutzungszeit des Wiederholungsfalles auf den Zeitpunkt des vorherigen Ausfalles beziehen.



Die Logik ist die gleiche, wie für die Ersatzteile, beschrieben im vorherigen Abschnitt.

Grundsätzlich kann man sagen, dass alle Ersatzteile, die noch „laufen“ die Stückzahl erhöhen, in dem tabellarisch deren Nutzungszeiten definiert werden. Alle Teile die aus der ursprünglichen Produktion ausgefallen sind, reduzieren die Anzahl der intakten Einheiten aus dieser Produktion.

Mehrere unterschiedliche Bauteile im System

Für die Bezugsgröße n zur Berechnung der Median-Rangwerte ist hier die Anzahl der Systemeinheiten (z.B. Fahrzeuge) mit der Anzahl der Teile zu multiplizieren, denn ein System kann theoretisch aufgrund seiner Teile entsprechend oft ausfallen. Das setzt mathematisch voraus, dass die Teile unabhängig voneinander ausfallen.

Korrekterweise müsste man für jedes Bauteil eine eigene Weibull-Analyse machen, denn jedes Bauteil hat eine eigene Ausfallcharakteristik und somit unterschiedliche b . Das System ist dann über eine serielles Blockschaltbild zu einer gemeinsamen Weibull

Weibull für Feldauswertung mit Teilen

zusammenzufassen. Anders ausgedrückt ist die Gesamtzuverlässigkeit des Systems bekanntlich $R_{ges} = R_{Teil1} \cdot R_{Teil2} \cdot R_{Teil3} \dots R_{Teilz}$. Das Problem ist dann jedoch, dass manche Teile zu wenige Ausfälle haben, um über eine Bauteil-Weibull eine repräsentative Bauteilzuverlässigkeit ermitteln zu können. Auch deshalb und aus Gründen der Vereinfachung soll hier eine „System-Weibull“ gemacht werden. Die ermittelte Steigung b des Systems kann damit aber nur sehr eingeschränkt oder gar nicht interpretiert werden, denn sie ist eine Mischung aus verschiedenen Ausfallursachen. Hier soll es aber mehr um eine betriebswirtschaftliche Sichtweise gehen, als um eine korrekte Weibull-Interpretation.

Mehrere gleiche Bauteile im System

Ein gutes Beispiel für gleiche Bauteile sind die Zündkerzen im Motor. Ein 4-Zylinder hat 4 Zündkerzen. Die Bezugsgröße n müsste demnach auch hier bezogen auf die Fahrzeugmenge mal 4 genommen werden. Allerdings können die Zündkerzen nicht einzeln identifiziert bzw. auseinandergehalten werden. Zudem werden sie im Kundendienst immer zusammen getauscht. Sie sollten deshalb als eine Einheit betrachtet werden. Anders sieht es bei redundanten Komponenten aus. Gibt es zwei gleiche Prozessoren, die eine Steuerung aus Sicherheitsgründen redundant machen, so sind diese z.B. mit Prozessor1 und Prozessor2 zu differenzieren. Hier wären die Ausfallcharakteristiken sogar gleich. Ansonsten gelten die gleichen Überlegungen, wie im vorherigen Kapitel.

Eine Redundanz erhöht zwar die Verfügbarkeit des Systems, aber nicht die Situation der Instandsetzung (Ausnahme sind stille Redundanzen, bei der der erste Ausfall nicht bemerkt wird).

Gleichzeitig getauschte Teile pro Beanstandung

Oft werden bei einer Beanstandung mehrere Teile gleichzeitig getauscht. Hier gibt es verschiedene Szenarien:

1. Alle Teile sind unabhängig voneinander gleichzeitig defekt
2. Der Ausfall eines Teiles verursacht ganz oder teilweise den Ausfall der anderen
3. Nur ein Teil ist wirklich defekt, die anderen unberechtigt getauscht

Fall 1 ist sehr unwahrscheinlich, Fall 2 schon realistischer. Nur eine Bauteilanalyse kann dies klären, was aber aus praktischen Gründen oft nicht möglich ist. Die Teile müssten hierzu zurückgesendet werden. Ist eine Analyse jedoch möglich, so sollten die unberechtigt getauschten Teile aus der Liste der Beanstandungen entfernt werden.

Wird dies nicht gemacht und trotzdem eine Weibull-Auswertung hiervon erstellt, so ist dies mehr eine betriebswirtschaftliche Sicht, denn die Kosten und Ersatzteile sind angefallen. Die ermittelte Steigung b kann damit aber, wie bereits erwähnt, umso mehr nur sehr eingeschränkt oder gar nicht interpretiert werden.

Tabellarische Darstellung

1. Einfacher Ausfall

Ident	Prod.Datum	Start/Zulas	Reparatur	Teil
BDP58219	14.5.2021	15.6.2021	21.2.2022	Powerunit

Ident kommt nur einmal vor

⇒ Ausfall mit 8 Monate Nutzung (21.2.2022-15.6.2021)

⇒ Intakte Nutzungszeit Ersatzteil hinzu (Auswertedatum-21.2.2022)

Weibull für Feldauswertung mit Teilen

2. Wiederholungsfall

Ident	Prod.Datum	Start/Zulas	Reparatur	Teil
BDN52353	15.3.2021	22.4.2021	30.6.2021	Austausch Aggregat
BDN52353	15.3.2021	22.4.2021	30.4.2022	Austausch Aggregat

Gleiche Ident, Produktion, Zulassung und gleiches Teil

⇒ Erstausschall mit 2 Monat Nutzung (30.6.2021-22.4.2021)

⇒ Wiederholungsfall 10 Monate Nutzung (30.4.2022-30.6.2021)

⇒ Intakte Nutzungszeit Ersatzteil hinzu (Auswertedatum-30.4.2022)

3. Mehrfachreparatur

Ident	Prod.Datum	Start/Zulas	Reparatur	Teil
BDN51721	16.4.2021	13.5.2021	27.6.2021	Austausch Aggregat
BDN51721	16.4.2021	13.5.2021	27.6.2021	Gelenk oben

Gleiche Ident, Produktion, Zulassung, Reparatur, aber verschiedene Teile

⇒ 2 Ausfälle mit 1 Monat Nutzung (27.6.21-13.5.2021) (Frühausfall)

⇒ 2 x intakte Nutzungszeit Ersatzteile hinzu (Auswertedatum-27.6.2021)

Wie beschrieben muss hierbei gelten, dass alle Teile unabhängig voneinander gleichzeitig defekt waren, was eine bewusste Vereinfachung ist.

Weibull-Auswertung für Betriebsstunden oder km

Ist nicht die kalendarische Zeit das lebensdauerbestimmende, sondern die tatsächliche Nutzungszeit oder die Laufstrecke in km, so ist zusätzlich die Information der Betriebsstunden oder der Laufstrecke notwendig. Unter Umständen hat ein System mechanische und elektronische Komponenten, die ausfallen können. Z.B. hat ein Fahrzeuggetriebe auch ein Steuergerät. Hierfür ist rein die Betriebsstundenzahl maßgebend, während für die mechanischen Umfänge mehr die km-Strecke relevant ist. Wird das System, wie bisher beschrieben, gesamthaft ausgewertet, muss man sich aber für eine Einheit entscheiden. Zu empfehlen ist hier die kritische Komponente zu beachten und die Einheit hierauf zu beziehen.

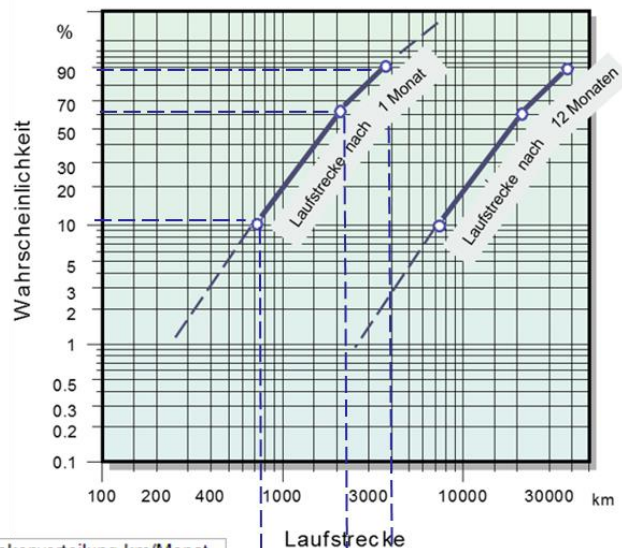
Die Berechnung für Betriebsstunden oder km gelten die gleichen Grundlagen, wie beschrieben, nur dass die dargestellte Lebensdauer im Weibull-Netz nicht mehr die Differenz aus Reparatur und Start der Nutzung ist, sondern die angegebenen h oder km. Die Frage ist allerdings wie die intakten Einheiten gewertet werden. Die Antwort ist relativ einfach, wenn man eine mittlere Anzahl Betriebsstunden/Monat, bzw. Laufleistung/Monat hat. Hiermit kann jede Nutzungszeit in Monate in die alternative „Lebensdauer-einheit“ umgerechnet werden. Haben produzierte Teile noch eine zu erwartende Lebenszeit bis zum Auswertedatum von 10 Monate und die mittlere Laufstrecke/Monat ist 2000 km/Monat, so wird in der Tabelle 20000km für diese Teile eingetragen. Die Information der mittleren Laufstreckenverteilung kann aus den Ausfalldaten geschätzt werden, indem die km durch die Nutzungszeit geteilt werden.

Weibull für Feldauswertung mit Teilen

ZulDat	RepDat	km	Nutzung	km/Monat
26.1.2010	14.3.2021	23637	14	1750
26.2.2020	15.3.2021	23696	13	1892
28.12.2019	2.3.2021	16272	14	1157
26.2.2020	14.3.2021	31098	12	2489
24.12.2019	16.3.2021	13077	15	892

Die letzte Spalte km/Monat gehorcht einer Lognormal-Verteilung, aus der man den Median bestimmen kann. Dieser kann als mittlere Laufleistung/Monat verwendet werden. Für das sogenannte Anwärtungsverfahren werden oft 3 Stützstellen für die Laufleistung definiert, die 10%, 63,2% und 90% der Fahrer noch nicht erreicht haben. Auch hieraus lässt sich aus dem ersten Geradenabschnitt eine mittlere Laufstreckenverteilung im Wahrscheinlichkeitsnetz bestimmen (Lotlinien bei 50% Wahrscheinlichkeit). Weitere Informationen hierüber sind in

www.weibull.de/Weibull_Leitfaden_Feldauswertungen.pdf zu finden.



10	Laufstreckenverteilung km/Monat		
11	X1 :	10%	703
12	X2 :	63,2%	2050
13	X3 :	90%	3850

Zu beachten ist, dass die Bestimmung der Laufstreckenverteilung aus den Beanstandungsdaten eine einseitige Stichprobenbetrachtung ist. Man sagt auch, dass das eine Negativauswahl ist, die sich nur auf ausgefallenen Einheiten bezieht und die nicht repräsentativ für die Gesamtheit ist. Man sollte deshalb, wenn möglich, die Laufstreckenverteilung aus anderen Datenquellen beziehen, die eine größere Stichprobe von mindestens 1000 Einheiten hat. Das Gleiche gilt auch für die Betriebsstundenverteilung.

Weibull für Feldauswertung mit Teilen

Weiterführende Beschreibungen

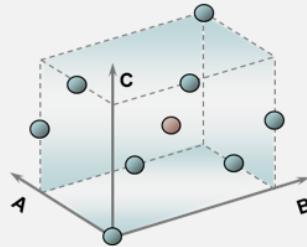
Ausführliche softwareunabhängige Beschreibungen zum Thema DoE und der dazugehörigen Auswertungen gibt es im

Taschenbuch der statistischen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmethoden

Definitive Screening Designs DSD

Sogenannte Definitive Screening Designs sind sehr neu von Jones und Nachtsheim entwickelte Versuchspläne mit sehr geringem Versuchsumfang.

Sie ermöglichen die Auswertung von quadratischen Modellen und basieren deshalb auf 3 Stufen. Zwischen den Hauptfaktoren untereinander und den quadratischen Termen gibt es keine Vermengung (orthogonal). Die Wechselwirkungen sind nicht zu 100% vermengt.



Nr	A	B	C	D
1	0	1	-1	-1
2	0	-1	1	1
3	-1	0	-1	1
4	1	0	1	-1
5	-1	-1	0	-1
6	1	1	0	1
7	-1	1	1	0
8	1	-1	-1	0
9	0	0	0	0

In der generischen Erzeugung dieser Versuchspläne (iterativ mit Hilfe der Determinante) ergibt sich regulär die Anzahl Versuche mit $n = 2^p + 2$. Manche Pläne, z.B. für $p=5$ sind dann allerdings teilweise zwischen den Hauptfaktoren vermengt. Hier müssen bis zu 3 Versuchszeiten ergänzt werden. Der Gesamtumfang ergibt sich somit zu:

$$n = 2^p + 2 + (1..3)$$

Alle Faktoren müssen durchgehend auf 3 Stufen sein und es lassen sich keine kategorialen Faktoren darstellen. Nachteilig ist auch, dass keine Auswertung aller möglichen



Weitere Informationen und Leseproben:

crgraph.de/Literatur

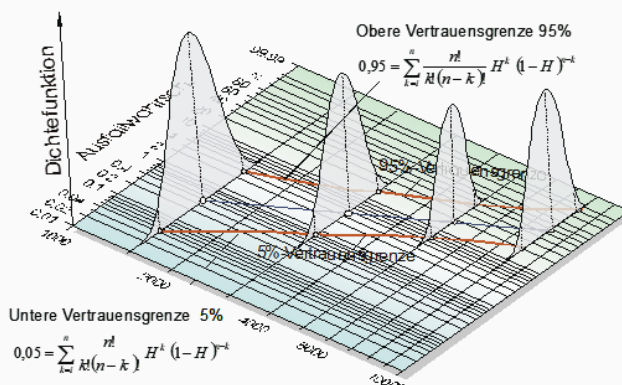
Speziell das Buch

Weibull & Zuverlässigkeitsmethoden

vertieft anwendungsbezogen die Statistiken und Methoden rund um Weibull und aller weitere Verteilungen. Die Versuchsplanung behandelt hier spezielle Lebensdauerfragen aufgrund unterschiedlicher Belastungen, Temperaturen, etc.

2.5.1 Vertrauensbereich der Weibull-Gerade

Bei der Weibull-Auswertung handelt es sich praktisch immer um eine Stichprobe. Die Gerade im Weibull-Diagramm entspricht also nur der Stichprobe. Je mehr Teile geprüft oder ausgewertet werden, desto mehr streuen die „Punkte“ um die Weibull-Gerade. Man kann statistisch eine Abschätzung über den Bereich der Grundgesamtheit machen. Hierfür wird ein sogenannter „Vertrauensbereich“ eingeführt. In der Regel gibt man diesen mit 90% an. Die obere Vertrauensgrenze entspricht dann einer Aussagewahrscheinlichkeit von $P_A=95\%$.



Weitere Informationen und Leseproben:

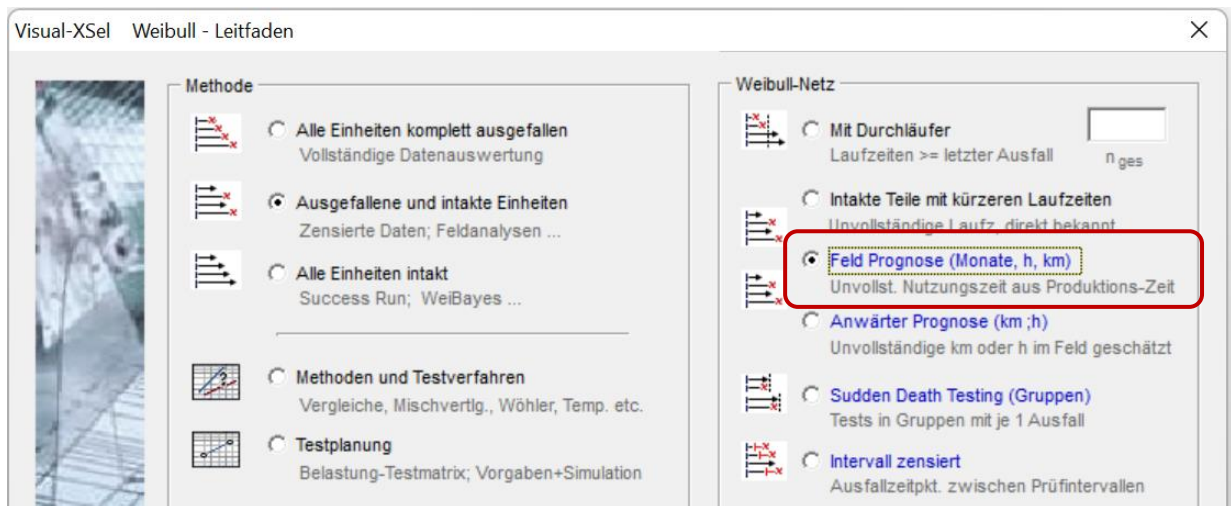
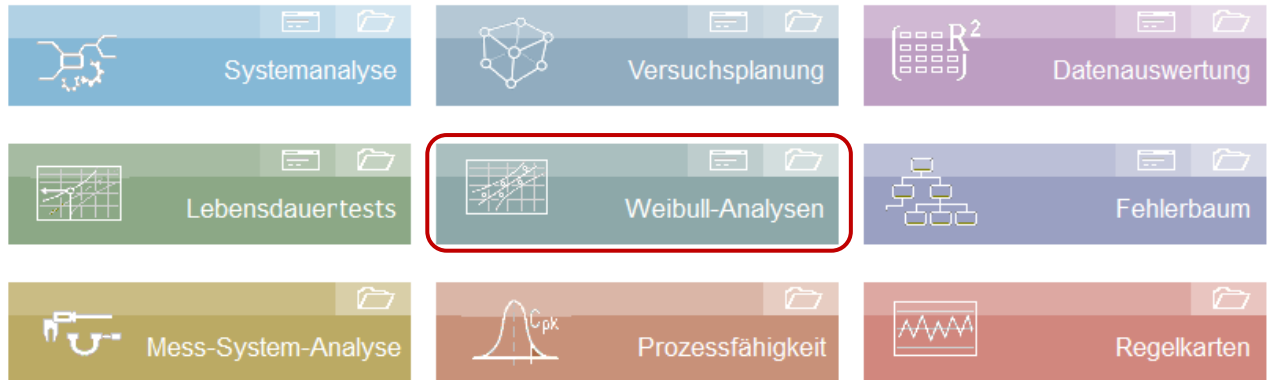
crgraph.de/Literatur

Weibull für Feldauswertung mit Teilen

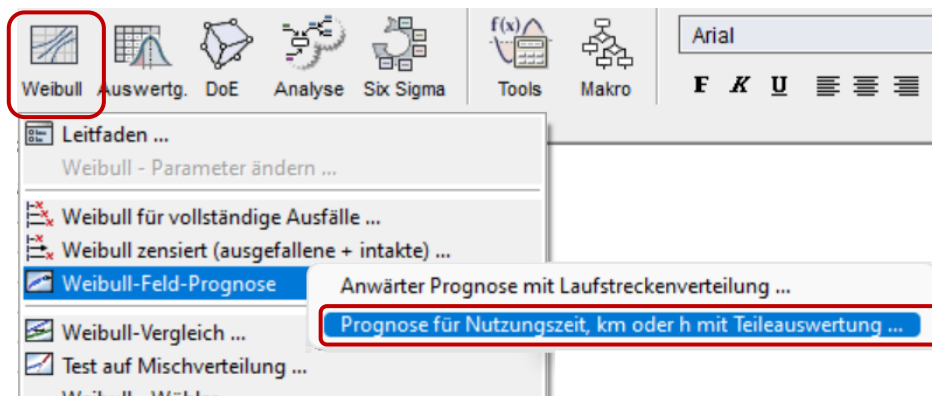
Anwendung in Visual-XSel 17.0

www.crgraph.de

Verwenden Sie für den Einstieg die Weibull-Analysen im Leitfaden (die gezeigten Menüpunkte und das dazugehörige Template *Weibull_Prognose_Feld.vxg* ist ab Version 17.0007 verfügbar).



oder die Ikone Weibull....



Nach dem Öffnen des Templates erscheint eine Sprechblase zum Übertragen der Daten aus der Zwischenablage. Verwenden Sie auf jeden Fall **Einfügen**. Hiermit wird auch sichergestellt, dass die Beispieldaten gelöscht werden. Es erscheint ein Dialog für die Auswahl der notwendigen Datenspalten. Eine Beschreibung hierzu erfolgt weiter unten:

Weibull für Feldauswertung mit Teilen

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Ident	Prod.Datum	Start/Zulass	Reparatur	Lifetime	Teile/Variante		Prod. Dat.	Stückzahl
2	1	BDN52353	15.3.2021	22.4.2021	30.6.2021	2,3	Austausch Aggregat		3.2021	100
3	2	BDN52353	15.3.2021	22.4.2021	30.6.2021	12,3	Austausch Aggregat		4.2021	100
4	3	BDN52353	15.3.2021	22.4.2021	30.6.2021	5,1	Powerunit		5.2021	100
5	4	BDN52353	15.3.2021	22.4.2021	30.6.2021	9,5	Schaltung		6.2021	100
6	5	BDN52353	15.3.2021	22.4.2021	30.6.2021	9,5	Austausch Aggregat		7.2021	100
7	6	BDN51721	16.4.2021	13.5.2021	27.6.2021	1,5	Austausch Aggregat		8.2021	100
8	7	BDN51721	16.4.2021	13.5.2021	27.6.2021	1,5	Gelenk oben		9.2021	100
9	8	BDN51721	16.4.2021	13.5.2021	24.10.2021	5,4	Gelenk unten			
10	9	BDN53214	22.4.2021	9.6.2021	23.9.2021	3,5	Austausch Aggregat			
11	10	BDP58219	14.5.2021	15.6.2021	21.2.2022	8,3	Powerunit			
12	11	BDN52318	24.5.2021	20.6.2021	30.9.2021	3,4	Austausch Aggregat			
13	12	BDN52318	24.5.2021	20.6.2021	19.11.2021	5	Powerunit			

Verwenden Sie "Einfügen" für Ihre Daten (löscht automatisch die Beispieldaten)
 Löschen Einfügen

B Spalte mit der Identifikation darf leer sein, wenn hierfür keine Informationen vorliegen. Es wird dann davon ausgegangen, dass jede Zeile ein unabhängiges System ist.

C Spalte muss durchgehend definiert sein. Hieraus wird auch die Spanne berechnet, für die die Produktionsstückzahlen anzugeben sind.

D Spalte mit Start bzw. Zulassungsdatum kann leer sein. Es muss dann eine Verzugszeit angegeben werden, mit deren Hilfe das jeweilige Startdatum geschätzt wird (Start = Prod.Datum + Verzugszeit).

E Spalte für das Reparaturdatum muss ebenfalls durchgehend befüllt sein. Hiermit wird die Nutzungszeit berechnet (Nutzungszeit = Reparatur – Start). Weiterhin wird hieraus für das Ersatzteil die entsprechende Lebensdauer bestimmt.

Sind die Daten zwischen Reparatur und Start/Zulassung unplausibel, bzw. falsch, so können diese Beanstandungen nicht für die Weibull-Auswertung berücksichtigt werden. Es erfolgt ein Eintrag in Spalte G, was nicht korrekt ist.

F Spalte: Ist diese leer, so wird durch die vorher beschriebene Differenz aus Reparatur und Start die Nutzungszeit in diese Spalte F geschrieben. Damit ist auch die Einheit der Lebensdauer für das Weibull-Diagramm definiert.

Sind hier Daten vorgegeben, können diese km oder Betriebsstunden sein.

G Spalte für die Teilebenennung darf auch leer sein. Es wird davon ausgegangen, dass nur ein Bauteil die Beanstandungen verursacht. Sind in Spalte G Angaben enthalten, so wird die Anzahl der unterschiedlichen Einträge als Teile des Systems gewertet, wenn im Feld L10 „Teile“ steht.

Damit wird die Produktionsstückzahl mal der Anzahl Teile als Basis n verwendet. Ist im Feld L10 etwas anderes angegeben, z.B. eine Ländervariante, so wird die Produktionsstückzahl wie in Spalte J verwendet.

I	J	K	L	M
Prod. Dat.	Stückzahl		Auswerte-Datum	
3.2021	100		30.5.2022	
4.2021	100		Weibull-Bereich bis	
5.2021	100		auto	Monate
6.2021	100		25 % Punkte	
7.2021	100		0 % Punkte	
8.2021	100		Teile Bedeutung:	
9.2021	100			

I und J Spalte: Wenn man sich nicht sicher ist, über welchen Produktionszeitraum sich die Daten erstrecken, kann auch Spalte I und J zunächst leer lassen. Nach dem ersten Start des Makros mit F9 wird automatisch Spalte I korrekt befüllt. Es besteht die Möglichkeit eine Gesamtstückzahl gleichmäßig aufteilen zu lassen, oder für jeden Monat eine individuelle Stückzahl einzutragen.

Weibull für Feldauswertung mit Teilen

Das Auswerte-Datum im Feld L2 ist das Datum, am dem die Tabelle zuletzt aktualisiert wurde. Hieraus werden die Nutzungszeiten der intakten Bauteile berechnet (Nutzungszeit = AuswerteDatum - Einsatzzeitpunkt).

Für die spätere Weibull-Darstellung kann ein Endmaßstab im Feld L5 definiert werden. Wenn dort „auto“ steht, wird der Maßstab auf Basis der größten Nutzungszeit bestimmt und für Prognosen verlängert.

Datenübertragung aus der Zwischenablage

Wie eingangs beschrieben, erscheint durch **Einfügen** in der ersten Sprechblase ein Dialog, der die Inhalte der Zwischenablage zeigt. Sollte die Sprechblase nicht mehr sichtbar sein, laden Sie das Template aus dem Ordner \Templates\05_Weibull erneut. In der Regel befinden sich in einer Datenbank mehr Informationen, als hier benötigt werden. Das Beispiel rechts soll dies verdeutlichen. Für Templates steht nur die Spaltenauswahl zur Verfügung. Wählen Sie zunächst die erste Auswahl ab.

Hdl-Nr	Antragnr	Fgnr	BefundNr	Befundtext	Fzg-Typ
1301	415540	PZ85049	1,1E+009	Zylinderk; WL72	
1324	673790	A492100	1,1E+009	Zylinderk; UV82	
2691	479650	E163977	1,1E+009	Zylinderk; LM72	
2695	377990	PZ84909	1,1E+009	Zylinderk; WL72	
2698	253640	PZ84916	1,1E+009	Zylinderk; WL72	
3679	702150	C377592	1,1E+009	Zylinderk; KM42	
4368	127240	LL30827	1,1E+009	Zylinderk; FG42	
4394	267310	VF21857	1,1E+009	Zylinderk; UC62	
8941	613650	PZ85233	1,1E+009	Zylinderk; WL72	

Wählen Sie danach in der entsprechenden Reihenfolge, wie in der ersten Zeile der Tabelle dargestellt, nacheinander die gewünschten Spalten aus. Die Reihenfolge wird durch eine Nummerierung gekennzeichnet:

Soll die Spalte F Lifetime als Nutzungszeit automatisch berechnet werden, ist die Taste **Leerspalte** zu drücken, um mit Spalte Teile weiterzugehen.

Die Spalte I für den Produktionszeitraum sollte automatisch nach dem ersten Start des Makros mit F9 berechnet und die Produktionsmenge daneben manuell befüllt werden.

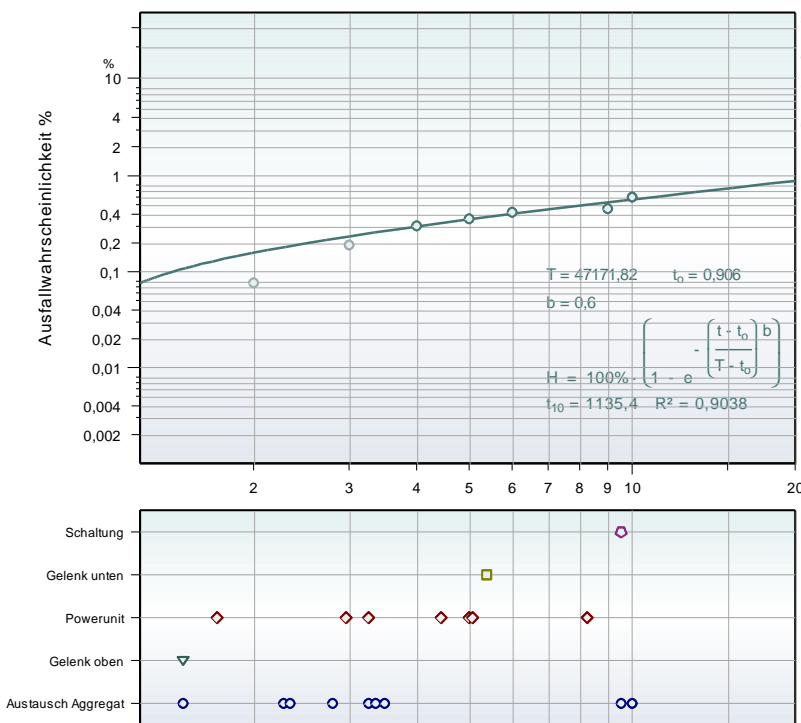
Fgnr	ProdDatum	GW-Beginn	Reparatur	Lifetime	Teile/Variante	Proc
PZ85049	10.05.2017	25.05.2018				
A492100	20.07.2017	22.12.2017				
E163977	08.05.2017	03.06.2017				
P049252	26.11.2017	27.05.2018				
A366764	13.07.2017	29.08.2017				
A366764	13.07.2017	29.08.2017				
E192194	26.09.2017	10.01.2018				
NL79252	12.01.2017	27.06.2017				
C163348	19.01.2017	01.04.2017				
E271396	11.11.2017	27.04.2018				
C136655	15.03.2017	03.06.2017				
A408373	19.10.2017	27.05.2018				
E271248	27.10.2017	29.03.2018				
A515735	03.06.2017	11.07.2017				
C136676	15.03.2017	30.06.2017				
A367398	01.11.2017	21.04.2018				
NL88534	24.05.2017	31.01.2018				
NL89657	08.12.2017	10.03.2018				

Weibull für Feldauswertung mit Teilen

Durch die eigentliche Auswertung mit F9 werden verschiedenen Statistiken erstellt. Die wichtigste ist die Weibull-Darstellung. Da in der Produktion häufig sogenannte Frühausfälle vorkommen, werden standardmäßig 25% der ersten Punkte aus der Bestimmung der 3-parametrischen Weibull-Verteilung weggelassen. Dieser Wert kann im Feld L7 geändert werden. Die 3-parametrische Verteilung lässt sich auch ändern, wenn man in der Sprechblase auf den Link klickt, die erscheint, wenn man mit der Maus über die Weibull-Formel geht.

Zu beachten ist, dass die Berechnungen für die Nutzungszeit auf Basis von ganzen Monaten erfolgen. Damit ist eine entsprechende Klassierung der Daten verbunden. Im Diagramm der einzelnen Bauteile über dem Weibull-Diagramm können die tagesgenauen Nutzungszeiten angegeben werden. Diese hilft zu erkennen, welche Bauteile sich über welche Bereiche erstrecken und evtl. Mischverteilungen verursachen.

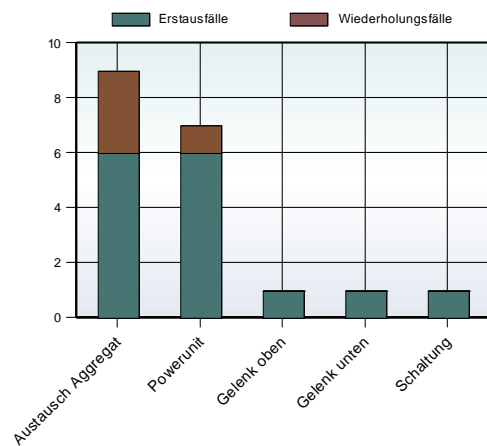
Weibull Feld- Analyse für Nutzungszeit, Betriebsstunden oder km
für Systeme mit einem oder mehreren Teilen



Statistik

Lebensdauereinheit		Nutzungszeit	
Anzahl Einträge gesamt		19	
Fehlerhafte Einträge		0	
Anzahl Teile		5	
Anzahl Wiederholungsfälle		4	
Mehrfachteilenaustausch pro Fall		3	
Prod.Menge (System; Komp)	700	3519	
Produktionszeitraum	3.2021	9.2021	
Zulassungszeitraum	4.2021	10.2021	
mittl. Verzugszeit (Monate)		1,1	
Auswerte-Datum		5.2022	

Ausfälle Teile



Weibull_Prognose_Feld.vwg 20.03.2022

Auf der rechten Seite gibt es eine Tabelle mit den wichtigsten Kenndaten. Sind verschiedene Bauteile gelistet, zeigt die Pareto-Verteilung unten rechts wie oft welches Teil getauscht wurde.

Je nach Güte der Anpassung der voreingestellten 3-parametrischen Weibull-Verteilung, insbesondere im Auslauf, kann alternativ auch die sogenannte Doppel-Exponential-Verteilung verwendet werden, siehe auch www.weibull.de/Weibull_Nichtlinear.pdf. Hiermit kann ein gekrümmter Auslauf besser beschrieben werden. Fahren Sie mit der Maus über die Weibull-Formel und wählen den Link in der Sprechblase. Im Dialog der Weibull-Optionen ist dann Doppel-Exponential anzuwählen.

The screenshot shows a tooltip box with the text: 'Für die Steigung b=0,546 sind Frühausfälle anzunehmen. Das Bestimmtheitsmaß R²=0,904 für die Anpassung an die Verteilung ist ausreichend.' Below the tooltip is a button labeled 'Verteilung oder Test ändern'. In the background, the value 't₀ = 0,906' is visible.



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](https://www.crgraph.de/Referenzen).

Weitere Informationen zum aktuellen Thema finden Sie auf den nächsten Seiten oder unter [crgraph.de/Versionen](https://www.crgraph.de/Versionen)



Eigene Literatur

Unsere **Taschenbücher der statistischen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmethoden** beinhalten aktuelle und weiterführende Themen, z.B. zu Systemanalysen, Versuchsplanung und Datenauswertung, sowie zur Mess-System-Analyse und Prozessfähigkeit, Weibull- und Zuverlässigkeitsmethoden (neutral und softwareunabhängig).

Weitere Informationen finden Sie unter [crgraph.de/Literatur](https://www.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](https://www.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