



Lebensdauerests



Weibull-Analysen



Fehlerbaum

## Voraussetzung und verwandte Themen

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

[www.weibull.de/Weibull.pdf](http://www.weibull.de/Weibull.pdf)

[www.weibull.de/Woehler.pdf](http://www.weibull.de/Woehler.pdf)

[www.weibull.de/Weibull\\_Temperaturabhaengigkeit.pdf](http://www.weibull.de/Weibull_Temperaturabhaengigkeit.pdf)

## Einführung

Für Lebensdaueruntersuchungen sind definierte Beanspruchungen vorzugeben. Das zeitliche Verhältnis der Lebensdauer im realen Betrieb zur kürzeren Testzeit bei erhöhten Beanspruchungen ist der sogenannte Raffungsfaktor. Der Zeitgewinn bei einem 24h Test gegenüber einer Betriebszeit von wenigen Stunden pro Tag im Kundenbetrieb ist hier nicht als Raffungsfaktor zu verstehen.

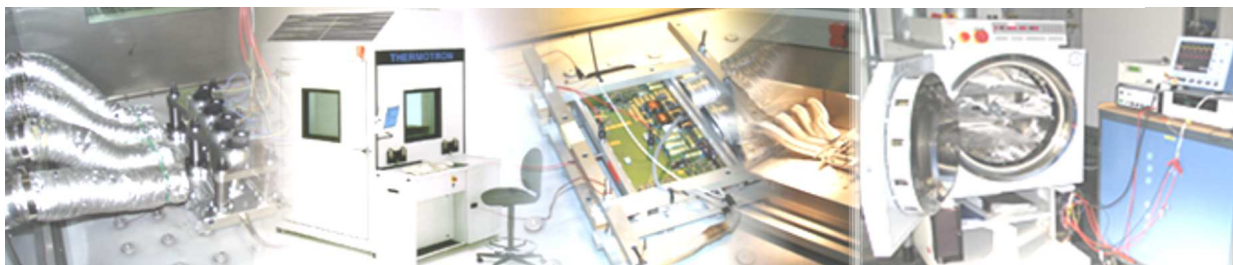
## Ziel und Nutzen

Das Ziel eines gerafften Tests ist es möglichst kurze Prüfzeiten zu erreichen. Dabei dürfen die Beanspruchungen jedoch nicht unrealistische Fehler in den Bauteilen erzeugen (Überbeanspruchung).

## Grundlagen

Für die Raffung gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten. Hierbei wird meist eine Kombination aus den relevanten Beanspruchungen verwendet. Die Tests müssen bis zum Ausfall „gefahren“ werden. Typische Beanspruchungen sind in den meisten Fällen:

- Kälte – Hitze
- Temperaturwechsel
- Vibration
- Ein-/Ausschalten
- Feuchtigkeit, Druck, Temperatur
- (Über-)Spannung
- Spannungsschwankungen
- Druck/Zug usw.



Zur Bestimmung von Raffungsfaktoren müssen die Tests bis zum Ausfall gefahren werden. Man unterscheidet zwischen empirisch ermittelten Raffungsfaktoren und physikalischen Raffungsmodellen. Letztere sind z.B. bekannte Arrhenius-Modelle für Temperatureinflüsse. Allerdings müssen dabei Materialkennwerte vorausgesetzt werden, die meist für konkrete Bauteile nur Schätzungen sind.

# Raffungsfaktoren & Raffungstests

Die wichtigsten Einflüsse und deren Methoden bzw. Modelle sind:

## Mechanisch / Elektrisch

- Weibull-Vergleiche
- Wöhler-Prinzip / Perlschnurverfahren
- Verschleiß- oder Degradationsmodelle

## Korrosion

- Sauerstoffkorrosion
- Elektrochemisch

## Feuchte

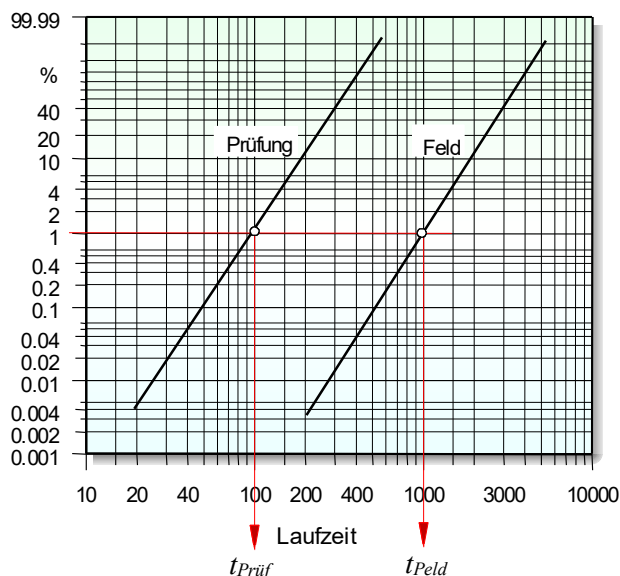
- Hygroskopisch

## Temperatureinfluss

- Arrhenius
- Coffin-Manson / Inverse Power Law
- Norris-Landsberg
- Weitere ...

Weitere ...

Der einfachste Fall eines Weibull-Vergleiches, liefert zugleich den besten Schätzwert für den Raffungsfaktor  $\kappa$ . Dabei muss für die Lebensdauer in der Prüfung und im Feld eine gleiche Einheit verwendet werden, meist sind dies Betriebsstunden:



$$\kappa = \frac{t_{Feld}}{t_{Prüf}}$$

Konkrete Kenntnisse der Belastungskollektive sind hier untergeordnet, solange die Weibull-Analyse aus dem Feld repräsentativ ist. Der Raffungsfaktor schlägt dabei eine „Brücke“ zwischen Testbedingungen und „Realität“. Sind die Steigungen im Weibull-Netz nicht gleich, so ergeben sich unterschiedliche Raffungsfaktoren bei verschiedenen Ausfallwahrscheinlichkeiten. Hier empfiehlt sich die in einer Anforderung (Lastenheft) definierte zulässige Ausfallwahrscheinlichkeit als Basis zu nehmen.

Allgemein ist der Raffungsfaktor auch definiert durch:

$$\kappa = \frac{t_{Feld}}{t_{Pr}} = \frac{N_{Feld}}{N_{Pr}} = \left( \frac{\sigma_{Feld}}{\sigma_{Pr}} \right)^{-k}$$

- $t$  : Laufzeiten bis Ausfall zwischen Feld und Prüfung
- $N$  : Lastwechsel bis Ausfall zwischen Feld und Prüfung
- $\sigma$  : Belastungen zwischen Feld und Prüfung
- $k$  : Wöhler-Exponent werkstoffabhängig.

# Raffungsfaktoren & Raffungstests

Über eine Betriebsfestigkeitsuntersuchung im Wöhler-Diagramm wird der Wöhler-Exponent  $k$  bestimmt. Hierzu gibt es verschiedene Verfahren. Nähere Beschreibungen hierzu sind unter

[www.weibull.de/Woehler.pdf](http://www.weibull.de/Woehler.pdf)

zu finden. Das gleiche Prinzip wird für Temperatur im „Inverse Power Law“ Verfahren angewendet. Coffin Manson ist ähnlich, jedoch mit einem festen  $k=2$ . Hier spielt mehr der Temperaturwechsel als Alterungseffekt die Rolle, während das viel verwendete Arrhenius-Modell den physikalischen Zusammenhang des Temperaturniveaus beschreibt. Nähere Informationen hierzu gibt es in:

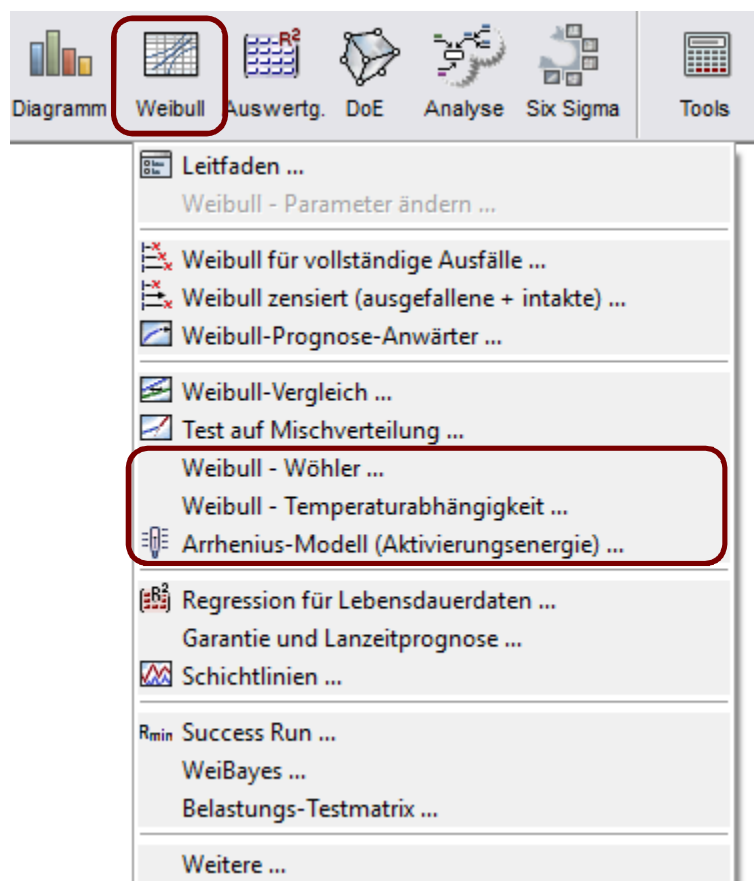
[www.weibull.de/Weibull\\_Temperaturabhaengigkeit.pdf](http://www.weibull.de/Weibull_Temperaturabhaengigkeit.pdf)

Unter dem Begriff HALT gibt es hochbeanspruchte Testverfahren. HALT steht für Highly Accelerated Life Testing. Hier werden teilweise extrem hohe Beanspruchungen und Temperaturen angewendet, die zu nicht realistischen Fehlerbildern führen können. Die Methode ist vorwiegend bei elektrischen oder elektronischen Baugruppen bekannt, jedoch weniger bei mechanischen Baugruppen anwendbar. Das Ziel ist es möglichst viele Ausfallmechanismen abzudecken. In diesem Zusammenhang gibt es auch sogenannte Sep-Stress-Verfahren. Hier werden während dem Test schrittweise Laststeigerungen vorgenommen. Beide Verfahren sind zur Bestimmung von Raffungsfaktoren nicht geeignet.

## Anwendung in Visual-XSel 15.0

[www.crgraph.de](http://www.crgraph.de)

Einige der aufgeführten Methoden sind zu finden unter der Ikone **Weibull**



## 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

