



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

www.weibull.de/Woehler.pdf

www.weibull.de/Weibull_Temperaturabhaengigkeit.pdf

Stichworte: Raffungsfaktor – Raffungstests – Testzeitverkürzung – Beanspruchung – HALT - HASS

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,

Raffungsfaktoren & Raffungstests

die meist für konkrete Bauteile nur Schätzungen sind.

Die wichtigsten Einflüsse und deren Methoden bzw. Modelle sind:

Mechanisch / Elektrisch

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

Korrosion

- Sauerstoffkorrosion
- Elektrochemisch

Feuchte

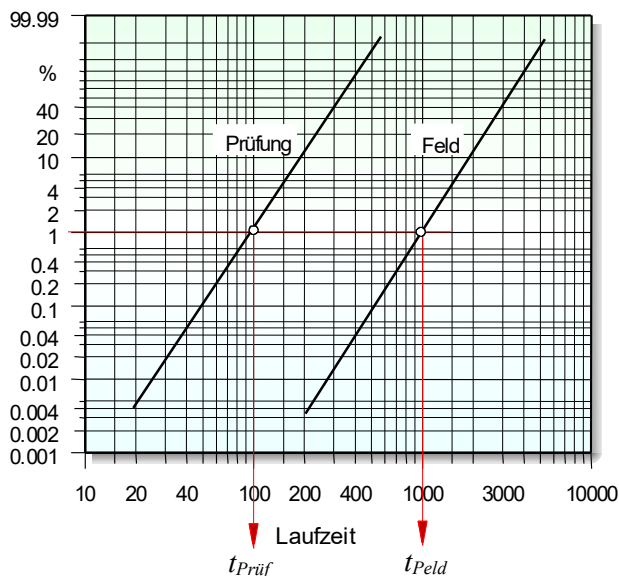
- Hygroskopisch

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 κ . 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
- σ : Belastungen zwischen Feld und Prüfung
- k : Wöhler-Exponent werkstoffabhängig.

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

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

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.

HALT

HALT steht für Highly Accelerated Life Test. Er dient zur frühen Entdeckung von Entwicklungs- und Prozessschwächen (ist das Fertigungsverfahren geeignet?)

Es wird eine schrittweise Lasterhöhung mit Beanspruchungsniveau weit über den normalem Einsatz durchgeführt (Kombination aus mech. Beanspruchung + Temperaturerhöhung)

- Die Anwendung ist vorwiegend für elektrische und elektronische Baugruppen und ist geeignet zur Erkennung von Frühausfällen.
- Nachteil: Keine Ermittlung der Weibull-Parameter möglich, zul. Grenzwerte müssen iterativ bestimmt werden.

Beispiel für einen
Hitzebiegewechseltest
für Keilrippenriemen

Prüfung
Schwach-
stelle Stoß-
naht



HASS

HASS steht für Highly Accelerated Stress Screening. Er dient zur Absicherung und Erhöhung der Serienqualität, wobei hier 100% der Produktion „gescreent“ wird.

Hier gibt es eine reduzierte Belastung gegenüber HALT. Die Bauteile dürfen nicht vorgeschädigt werden.

In diesem Zusammenhang werden auch die sogenannten Burn-in-Tests genannt:

- Statischer Burn-in: Das Bauteil wird einer höheren Betriebsspannung ausgesetzt, es werden aber keine Signale angelegt. Zusätzlich kann dies bei höheren Temperaturen erfolgen
- Dynamischer Burn-in: Bei diesem Test werden Signale und Betriebsspannungen an die Bauteile angelegt. Während der Testphase mit höheren Spannungen und hohen Temperaturen werden beliebige Funktionen ausgeführt
- Überwachter Burn-in: Während des dynamischen Burn-in werden die Bauteile einem Funktionstest unterzogen. Dieses Verfahren wird daher auch als Test during Burn-in (TDBI) bezeichnet. TDBI wird meist von den Herstellern von DRAM-Speichern genutzt



Typische HA.. - Parameter

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

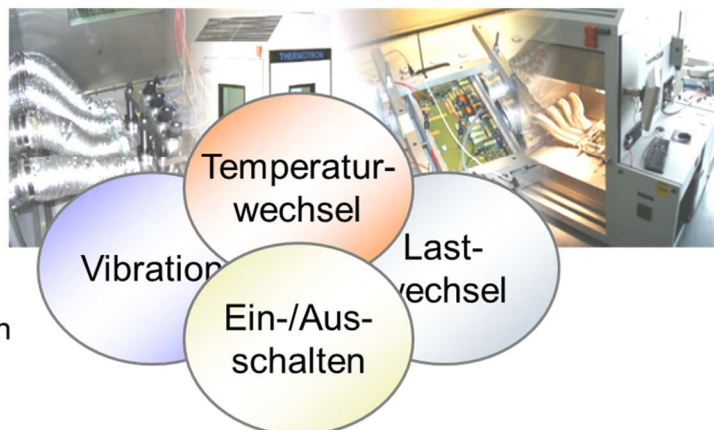
HALT-Standardstress
dynamische Beanspruchung

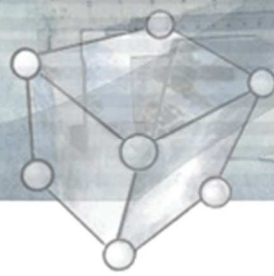
HAST (Highly Acc. Stress Test)
statische Beanspruchung

Anwendungsspezifisch



Prinzip:
Überlagerung
von Stressformen





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

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](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

Anwendung in Visual-XSel 15.0/16.0

www.crgraph.de

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

