

**HALT**

# Highly Accelerated Life Test

Dr. Jochen Beier

WHEN YOU NEED TO BE SURE





### SGS (Société Générale de Surveillance)

- World's leading inspection, verification, testing and certification company
- Founded 1878
- Worldwide more than 90 000 employees (app. 2 800 in Germany)
- Global network of more than 2 000 offices and laboratories
- Currently 40 subsidiaries and laboratories in Germany
- Revenue 2016 worldwide: CHF 6.0 billion
- Headquarter in Geneva

### Members of the SGS Group in Germany are e.g.

- SGS INSTITUT FRESENIUS
- SGS-TÜV Saar
- SGS Germany

AGRICULTURE  
AND FOOD



CHEMICAL



CONSTRUCTION



CONSUMER GOODS  
AND RETAIL



ENERGY



INDUSTRIAL  
MANUFACTURING



# GLOBAL INDUSTRIES

LIFE SCIENCES



LOGISTICS



MINING



OIL AND GAS



PUBLIC SECTOR



TRANSPORTATION



### Contents

■ At a Glance: What is HALT? ⇒ Part 1

■ The Basic Steps of a HALT ⇒ Part 2



■ The HALT Chamber ⇒ Part 2

■ What next? After the HALT ⇒ Part 2

■ What is it good for anyway? ⇒ Part 1

■ HASS ⇒ Part 2



## AT A GLANCE: WHAT IS HALT?

**HALT = Highly Accelerated Life Test**

Method/Tool to quickly uncover design weaknesses



- Mistakable, it is not about “life” and more than a “test”
  - ⇒ “Highly Accelerated Aging Method” would be clearer
- Objective:
  - Create cumulative damage, that is comparable to the damage that can be expected during the lifetime
  - ⇒ Trigger failures, Find limits
  - ⇒ To “stimulate” failures, not to “simulate” failures
- Method: Tests with increasing test stress

## AT A GLANCE: WHAT IS HALT?

- Accelerate aging mainly by Thermal and Vibration Stress
- Stress levels far exceeding expected environmental conditions
- There are no specified limits. The limit is determined by the product
- ⇒ “Stress the sample until it breaks”
- ⇒ The HALT philosophy is completely different from classical environmental simulation.

HALT is not a “pass/fail” test –  
you can not “pass” a HALT test.  
Failures are what you’re looking for!

## AT A GLANCE: WHAT IS HALT?



- There is no international test standard for HALT.
- There are a number of guides and company specifications for HALT with largely identical procedures (e.g. from Airbus, Embraer, GM, Case New Holland, GE)





# AT A GLANCE: WHAT IS HALT?

## Who is doing HALT?

- Mainly in aviation industry
- Increasingly in the automotive industry (apparently except Japan)
- But also in telecommunication or medical technology ... and many others ...
- In Germany e.g. BMW, Opel, Liebherr, Diehl, Balluff, Continental
- HALT is much more widespread in the USA compared to Europe



# DIE GRUNDLEGENDEN SCHRITTE EINES HALT

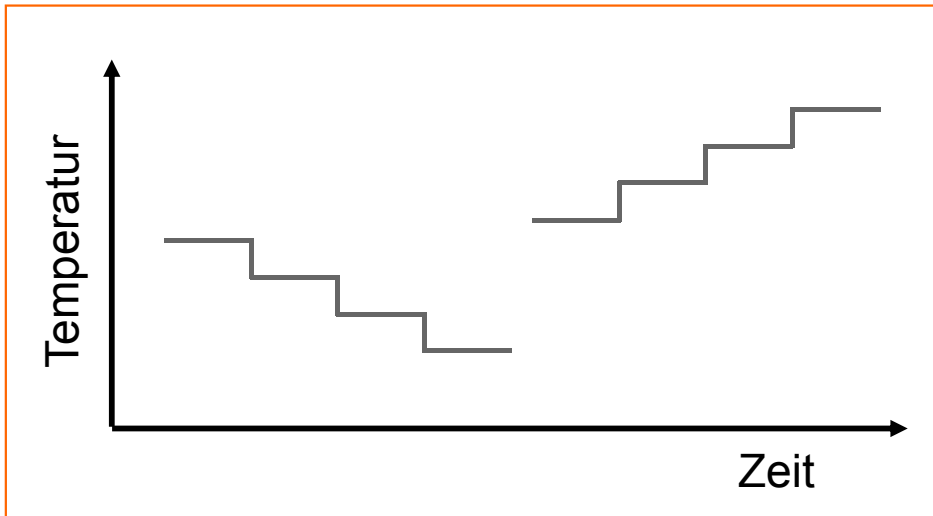
Ein HALT-Test besteht im Wesentlichen aus fünf Schritten

- Temperaturstufen Kälte
- Temperaturstufen Wärme
- Temperaturzyklen
- Vibrationsstufen
- Kombinierte Umweltbelastung (Vibrationsstufen, Temperaturzyklen)

Weitere produktspezifische Prüfbelastungen sind möglich

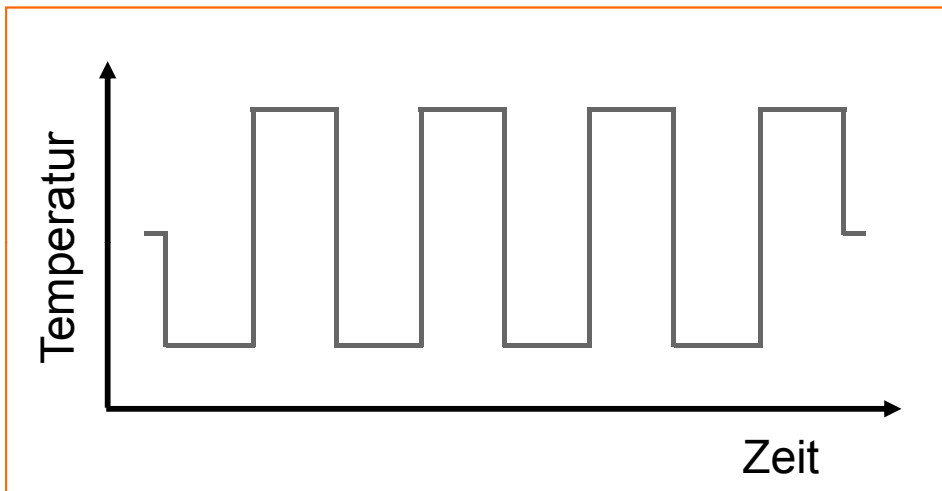
- Eingangsspannung, elektrische Lasten, Kaltstart, ...





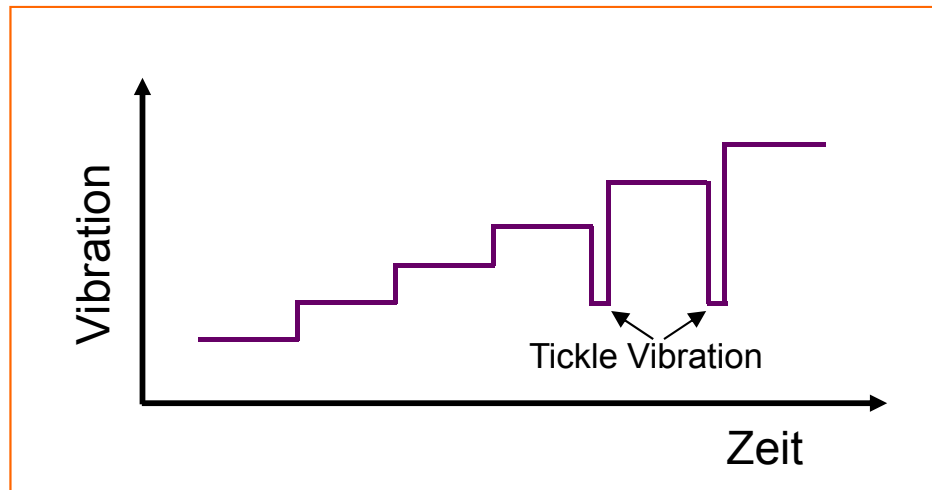
### Temperaturstufen Kälte / Wärme

- Hauptbelastung: absolute Temperatur
- Prüfung bis zum Ausfall



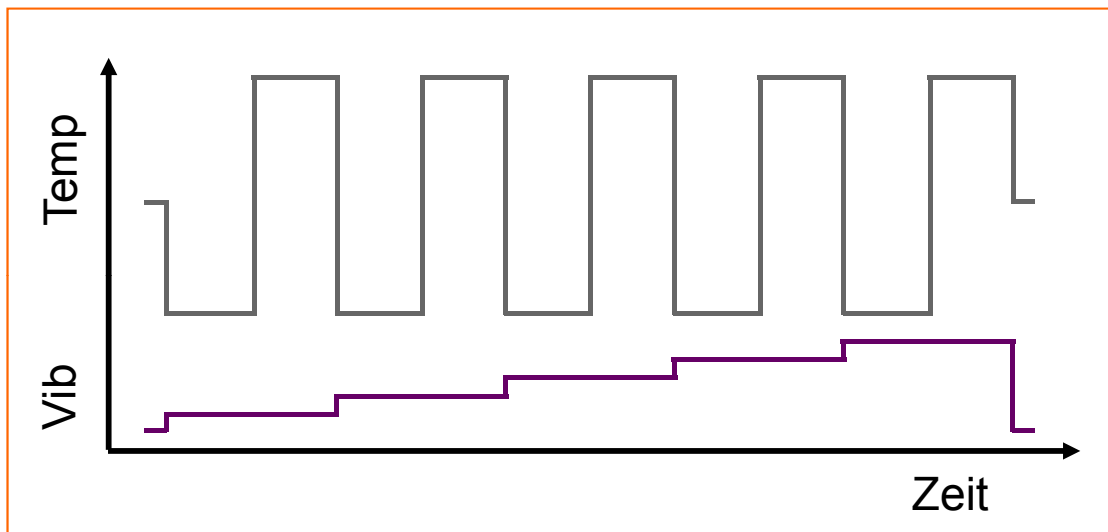
### Temperaturzyklen

- Hauptbelastung: Temperaturänderung
- Meist 5 Zyklen



### Vibrationsstufen

- Hauptbelastung: Vibration
- Prüfung bis zum Ausfall



### Kombinierte Belastung

- Hauptbelastung: Kombination von Belastungen
- Meist 5 Zyklen

## Wichtige „Eigenheiten“ für HALT

- Während der Prüfung muss die Prüflingsfunktion möglichst ununterbrochen und vollständig überwacht werden.
- Für Temperaturprüfungen sollte das Prüflingsgehäuse entfernt oder durchlöchert werden.
- Die Aufspannung für Vibration darf der Tisch nicht zu sehr versteifen.

Ein HALT Durchlauf dauert i.d.R. 2 bis 5 (meist 3 od. 4) Tage

## Anzahl notwendiger Prüflinge

- 2 ⇒ absolutes Minimum
- 5 ⇒ 1 für jeden der 5 Einzeltests
- 15 ⇒ 3 pro Einzeltest ... um von Statistik träumen zu dürfen

Mindestens eine Person, die die Prüflinge sehr gut kennt, sollte vor Ort sein.



Versuchen Sie einen Ausfall und den Grund dafür so weit wie möglich an Ort und Stelle nachzuvollziehen.

- ⇒ Dies vereinfacht die spätere sorgfältige Ursachenanalyse.
- ⇒ Suchen Sie nach weiteren Ausfällen, wenn eine vorläufige Behebung des ersten Ausfalls möglich ist.

“The development team must accept ownership of the process from the beginning” (aus einem Papier von Qualmark)



## HALT-Kammer (Temperatur)

- Kühlung mit flüssigem Stickstoff
- Erhitzen mit heißer Luft (Heizwendeln)
- Temperaturbereich: -100 bis 200 °C
- Temperaturwechselrate:
  - Realistisch (kleiner Prüfling): 60 °C/Min
  - Max. Kühlung (Luftstrom): 135 °C/Min
  - Max. Erwärmung (Luftstrom): 90 °C/Min
- Luftstrom in der Kammer ist stark (14 m/s) und turbulent
- Temperaturverteilung in der Kammer ist nicht homogen
- Überschwinger bei Temperaturrampen sind schwer zu vermeiden



## HALT-Kammer (Vibration)

- Breitband (ca. 5 bis 10.000 Hz), wiederholter Stoß, quasi-zufällige Vibration
- Angetrieben durch pneumatische Hämmer unter dem Tisch
- 6 Freiheitsgrade, 3 Achsen + 3 Drehungen
- Beschleunigung 5 bis 50  $g_{rms}$
- Vibrationssteuerung:  
z-Achsen-Sensor unter dem Tisch (einige Kammern mit Mittelwert aus Mehrkanalsignal)

⇒ Die Vibration ist eine völlig andere als bei elektrodynamischen Schwingsystemen



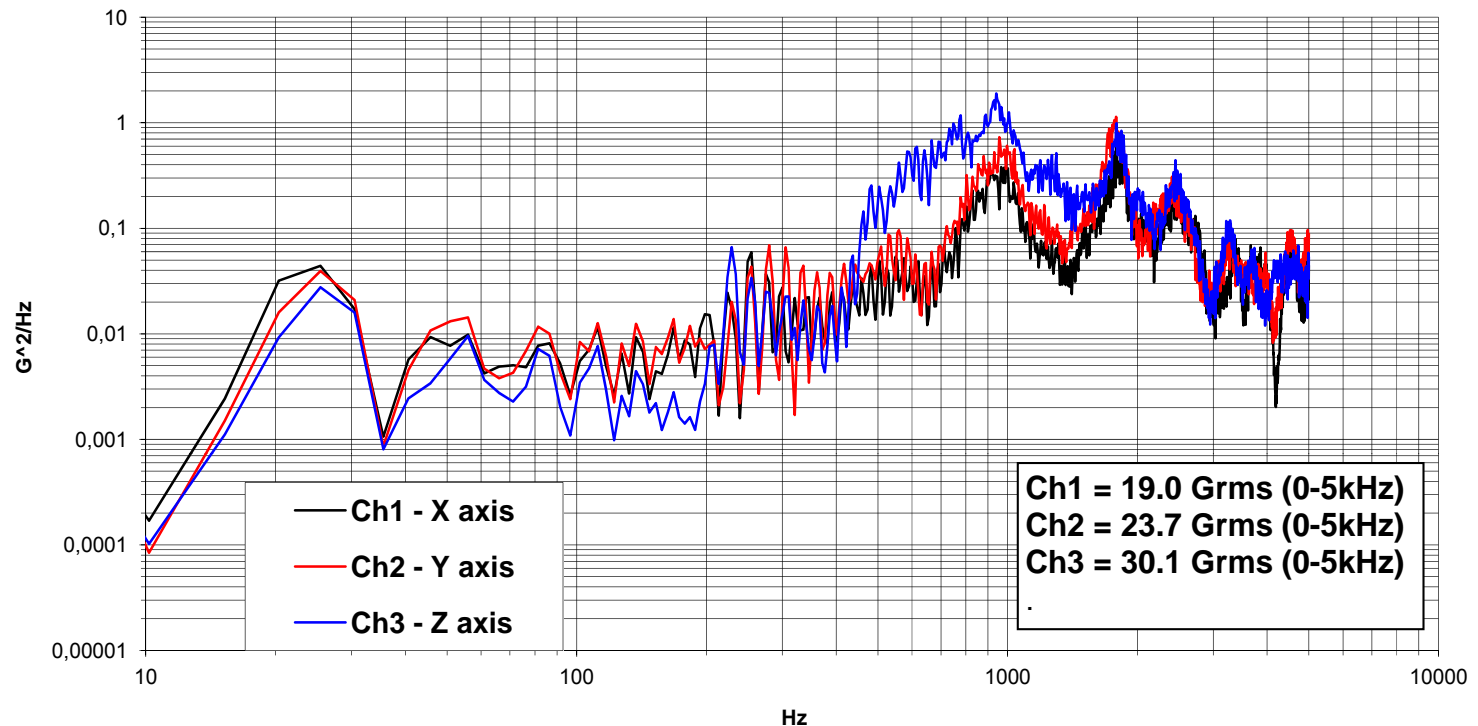
Quelle: Vötsch



## HALT-Kammer (Vibration)

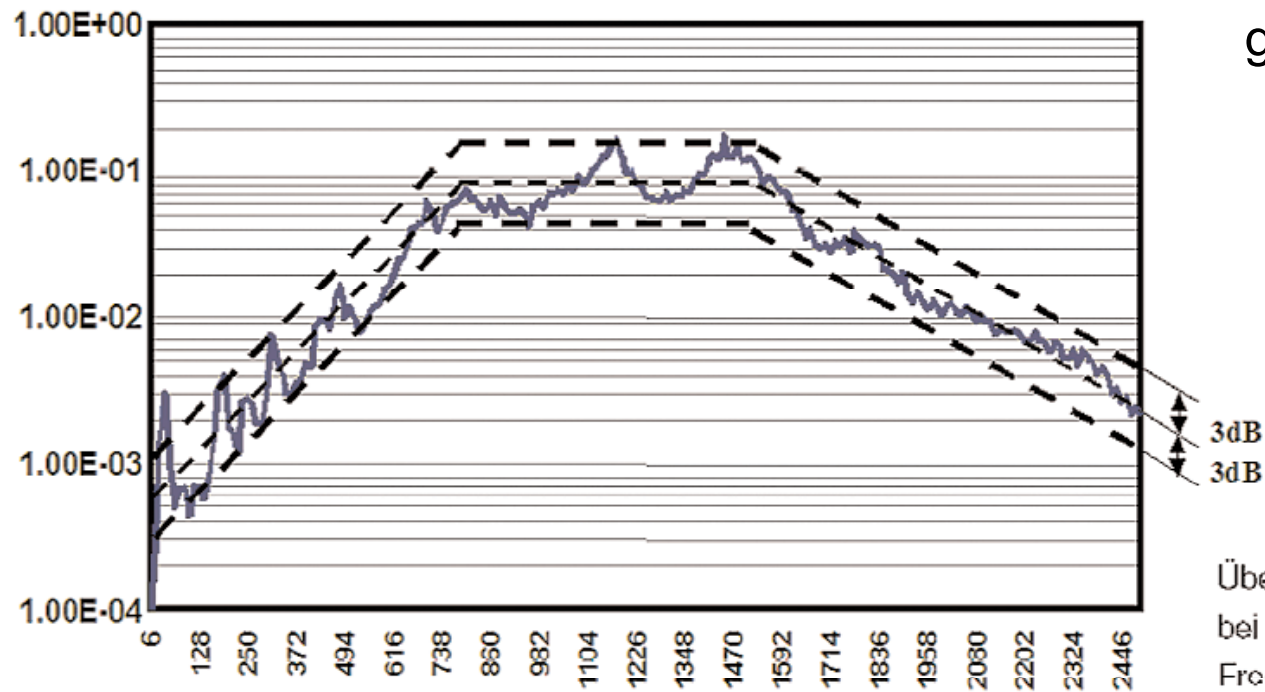
- Vibrations-Spektrum hat keine “weiße”, zufällige Verteilung  
Die größte Energie bei 500 – 3.000 Hz (Qualmark)

Table Top Vib System - 30g Control - Table Center - 5 kHz bandwidth



### HALT-Kammer (Vibration)

- Die Vibrations-Spektren der Kammern können sich jedoch erheblich unterscheiden



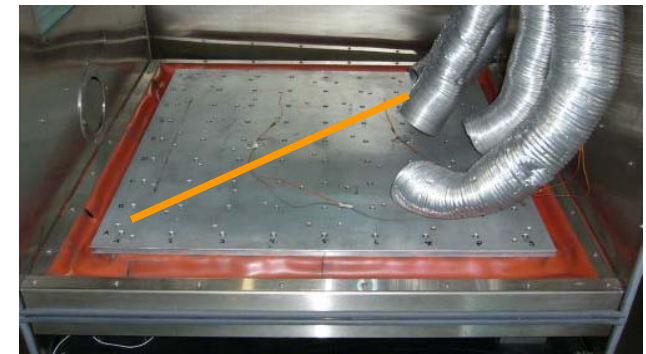
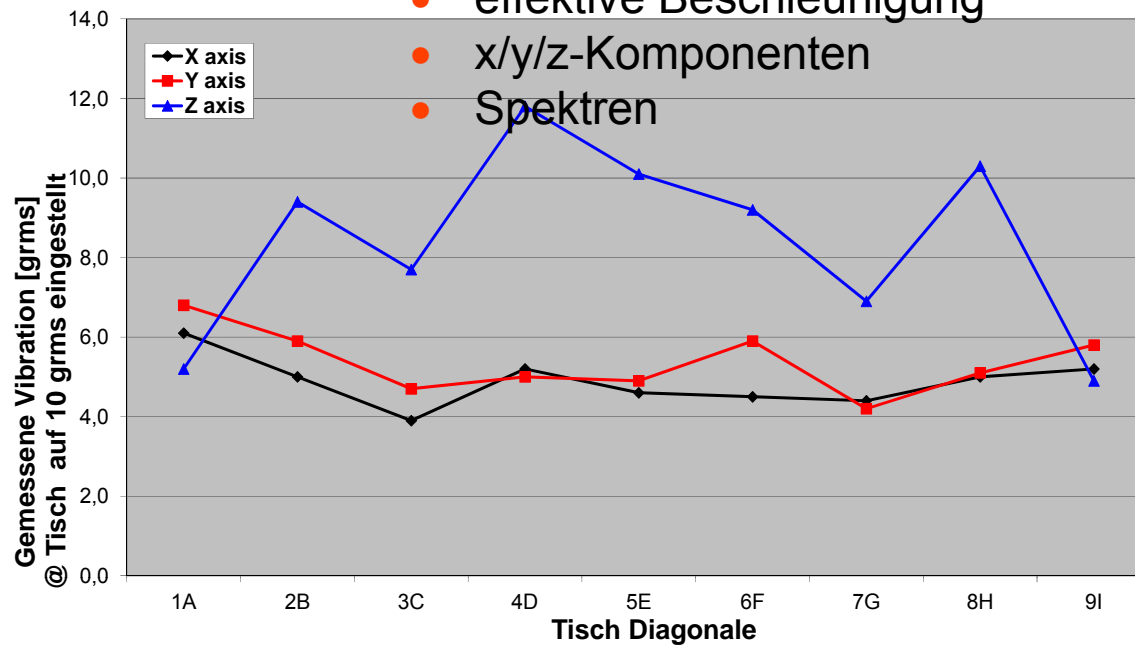
- Leider werden keine Angaben gemacht zu:

- Frequenzen  $> 2446$  Hz
- $g_{\text{rms}}$  Wert von Spektrum
- Unterschiede zw. den Achsen

### HALT-Kammer (Vibration)

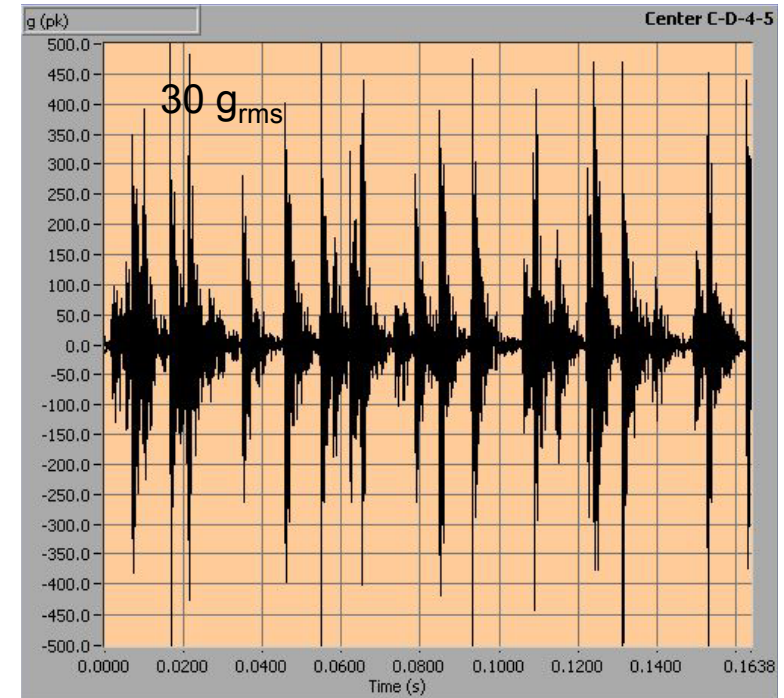
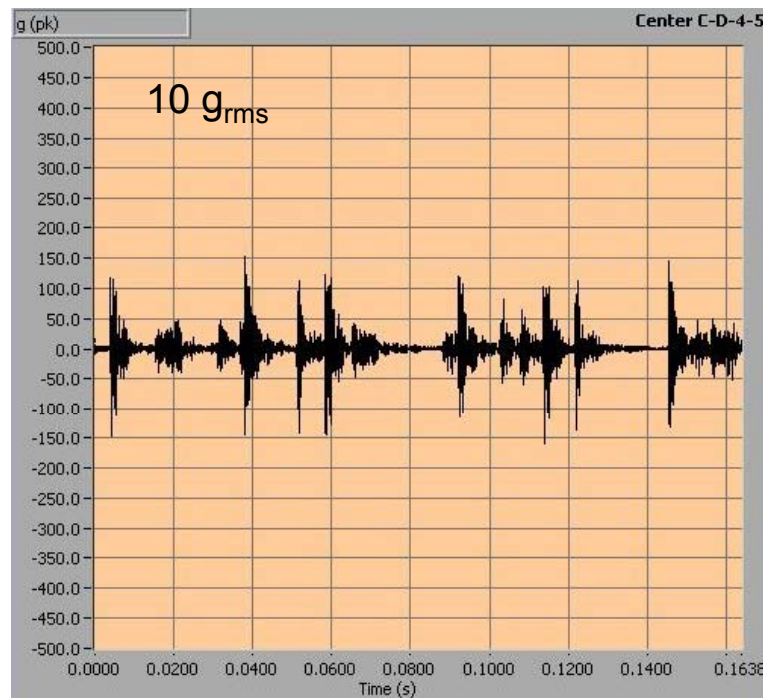
■ Nicht-homogene räumliche Verteilung auf dem Tisch:

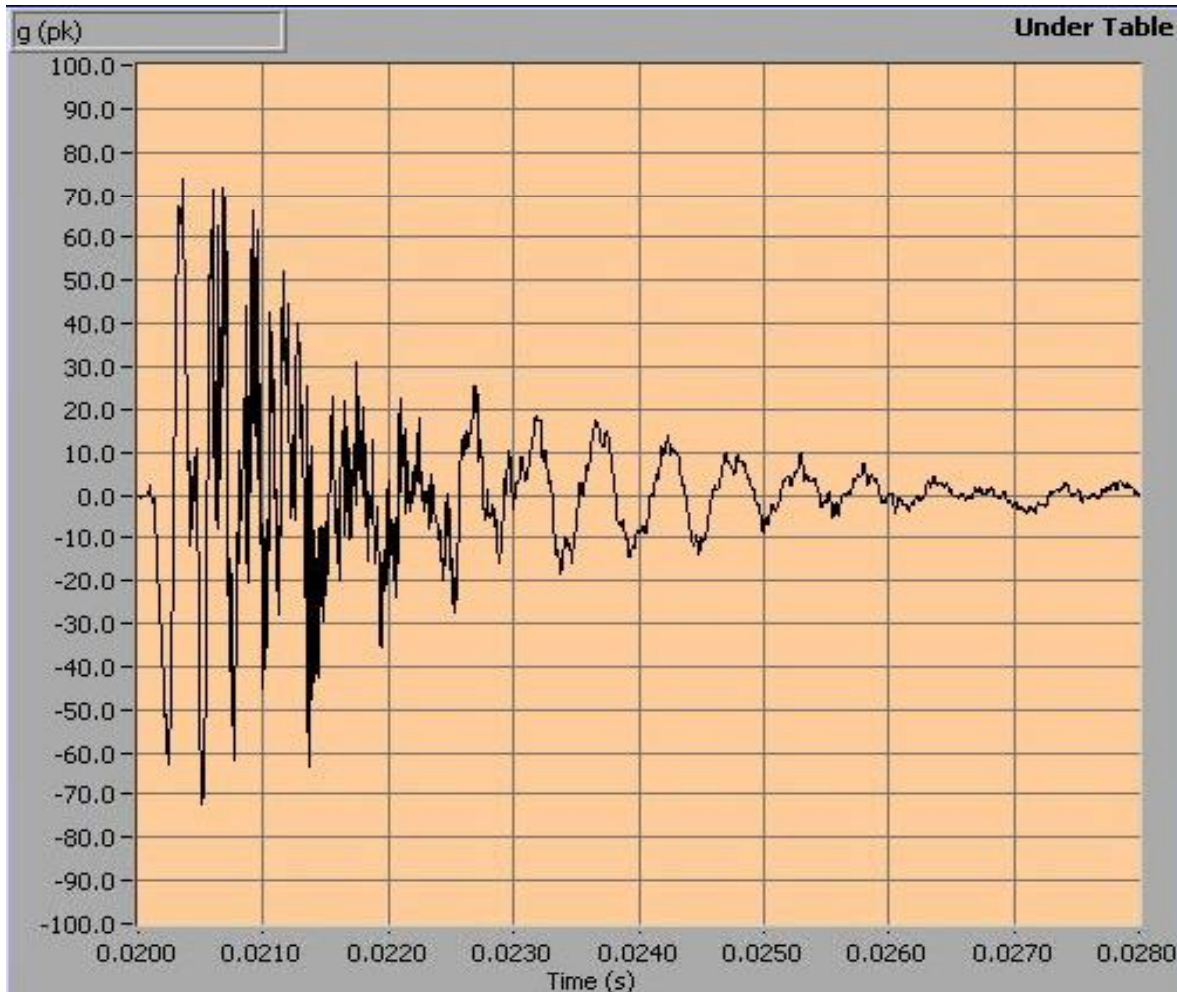
- effektive Beschleunigung
- x/y/z-Komponenten
- Spektren



### HALT-Kammer (Wiederholte Stoßvibration)

- Crest-Faktor  $> 10$  (Verhältnis: Spitzen/rms Werte) (ED Shaker: 3 - 4)
- Höhere Beschleunigung  
 ⇒ härtere + häufigere Einschläge der Hämmer
- Die einzelnen Stöße der Hämmer sind deutlich sichtbar.





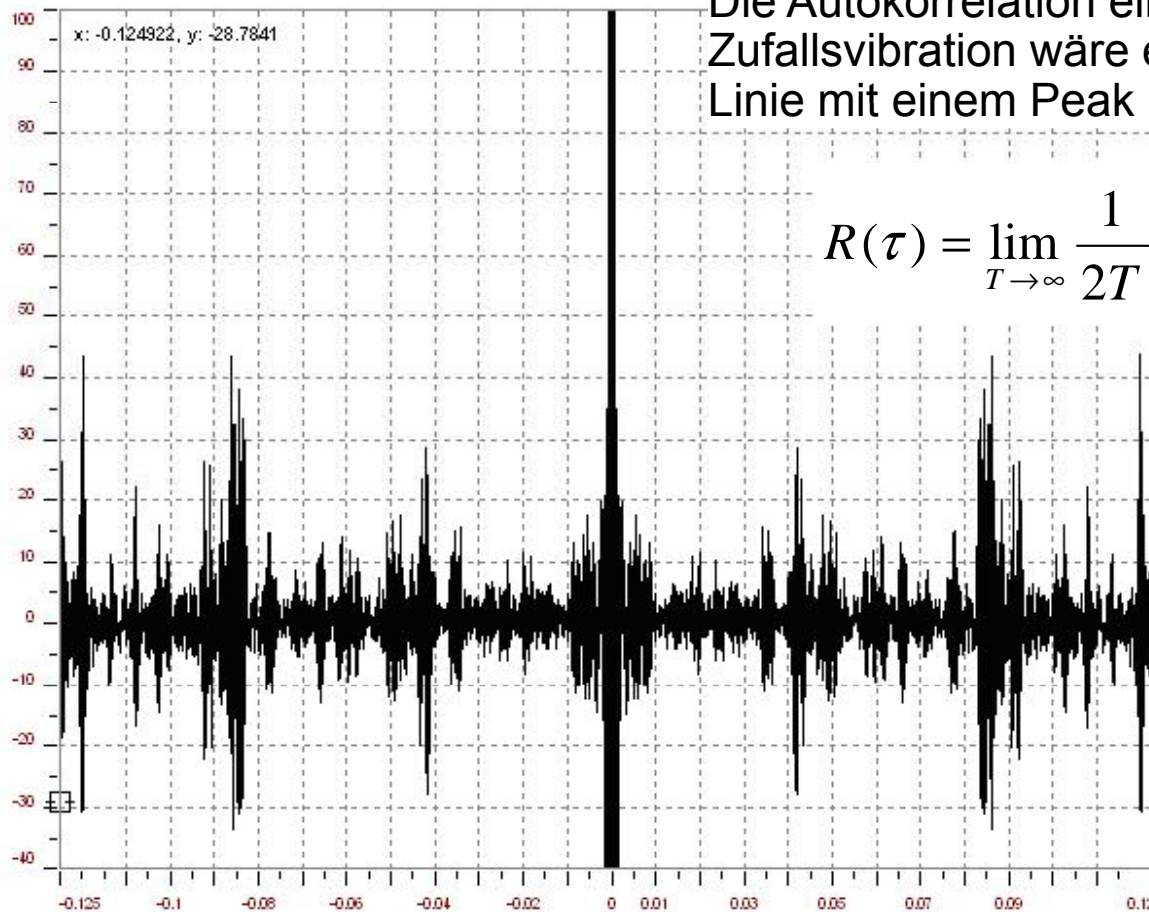
Gemessene Peak Beschleunigung [g]  
@ Tisch auf 10 g<sub>rms</sub> eingestellt

### Wiederholte Stoßvibration

- Erzwungene Schwingung aufgrund eines anfänglichen Stoßes (ca. 0,1 ms)
- Gefolgt von einer gedämpften Schwingung mit einer Eigenfrequenz des Tischsystems

### HALT-Kammer (Vibration)

Durchschnittliche Autokorrelation [g<sup>2</sup>]  
@ Tisch eingestellt auf 10 g<sub>rms</sub>



Die Autokorrelation einer echten Zufallsvibration wäre eine waagrechte Linie mit einem Peak in der Mitte.

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t)x(t + \tau) dt$$

Zeit  $\tau$  [s] Messung: Dr. Kuitzsch

## HALT-Kammer (Vibration)

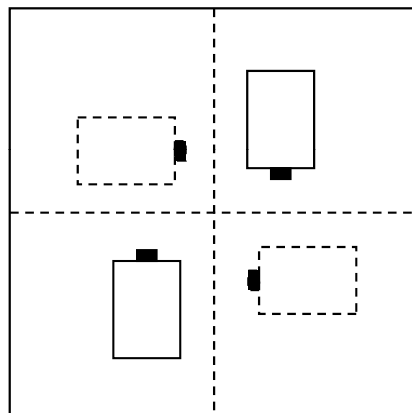
- Die lokale Stimulation durch die Hämmer muss sich über den Tisch ausbreiten (wie kreisförmige Wellen auf einer Wasseroberfläche)
  - ⇒ **Der Tisch darf nicht so steif sein wie ein klassischer Headexpander.**
- Die Eigenschaften ändern sich je nach Prüfling auf dem Tisch. Die höchste Vibration wird mit schweren oder steifen Prüflingen nicht erreicht.
  - ⇒ **Die Prüflingsbefestigung darf nicht zu groß und versteifend sein.**



### HALT-Kammer (Vibration)

- Je nach Konfiguration der Hämmer und der Tischstruktur (oft zwei- oder vierzählige Rotationssymmetrie) haben die Tischhälften oder –Quadranten sehr ähnliche Vibrationseigenschaften.

⇒ Mehrere Prüflinge möglichst auf Hälften oder Quadranten des Tisches verteilen statt nebeneinander





## HALT-Kammer (Vibration)

- Eine höhere Beschleunigung führt nicht zu einer sichtbaren, stärkeren Auslenkung des Tisches (so wie dies bei klassischen Sinus- und Rauschprofilen der Fall ist).
  - ⇒ Wegen der Steifheit des Tisches ist die Amplitude zu klein und die Frequenz zu hoch.
  - ⇒ Die Bewegung ist nicht sichtbar.
- Sichtbare Bewegung des Tisches bei niedrigen Beschleunigungen: Resonanz der dort niedrigen Einschlagfrequenz der Hämmer mit der gedämpften Schwingung des Tisches auf seinen vier Spiralfederbeinen (beide haben eine Frequenz von wenigen Herz).



## HALT-Kammer (Vibration)

Quelle: Vötsch

- Der segmentierte Tisch, der in manchen Kammern eingesetzt wird um ein homogeneres Frequenzspektrum zu erreichen, konnte sich offenbar nicht durchsetzen.
- Die Vibrationsmerkmale können derzeit nicht aktiv beeinflusst werden.
- Dies könnte sich zukünftig ändern:
  - Hobbs Engineering (jetzt CSZ) bewirbt ein Patent mit dem Titel “Programmierbare Vibratoren”, das “die spontane Gestaltung der Spektren sowie die Änderung des x, y, z Gleichgewichts” ermöglicht (Newsletter, 9. Okt. 2008)
  - Qualmark bewirbt ein “PSD-Management” (Broschüre, 2010)



## HALT-Kammer (Vibration)

- Das wichtigste “Geheimnis” der HALT-Kammer ist die mechanische Konstruktion des Tisches und die verwendeten Materialien.



## Was bedeutet $g_{rms}$ ?

- “rms”: “root mean square” oder Effektivwert  
(Quadratwurzel des Mittelwerts der quadrierten Werte)
- Zeitbereich:
  - Der rms Wert  $x_{rms}$  ist der “Effektivwert” einer variierenden Menge  $x(t)$   
(*gleichförmige Wirkgröße des Wechselsignals*)

- Für kontinuierliche Funktionen:  $x_{rms} = \sqrt{\bar{x}^2} = \sqrt{\frac{1}{2T} \int_{-T}^T x^2(t) dt}$

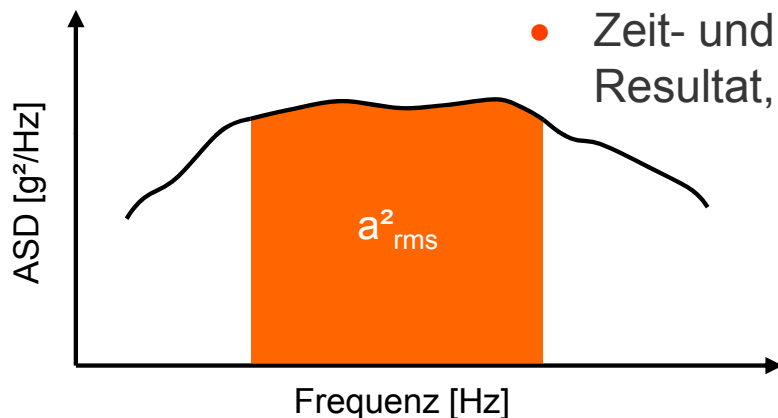
- Für einzelne Werte:  $x_{rms} = \sqrt{\bar{x}^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}$

- Verfahren für die digitale Berechnung:
  - ⇒ Aufzeichnen des Eingangssignals ⇒ Quadrieren aller Werte
  - ⇒ Berechnung des Durchschnitts ⇒ Quadratwurzel ziehen
- Für ein Sinussignal  $a(t) = a_0 * \sin(\omega t)$ :  $a_{rms} = a_0 / \sqrt{2}$

## Was bedeutet $g_{\text{rms}}$ ?

### ■ Frequenzbereich:

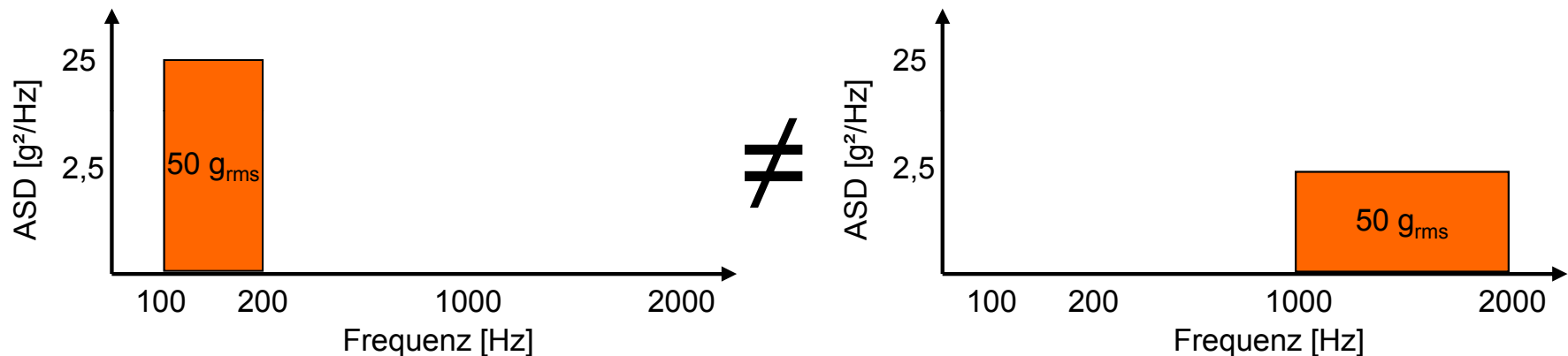
- Spektrale-Leistungs-Dichte (PSD: power spectral density) oder Spektrale-Beschleunigungs-Dichte (ASD: acceleration spectral density) sind die Spektren der Beschleunigung (abgeleitet von einer Fourier-Transformation des Zeitskala-Signal)
- Die ASD wird in der Regel aufgetragen in  $g^2/\text{Hz}$  gegen Hz (oder  $(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$  gegen Hz oder  $\text{m}^2/\text{s}^3$  gegen Hz)
- $a_{\text{rms}}$  ist die Quadratwurzel des Integrals des Beschleunigungsspektrums (*Quadratwurzel der Fläche unter dem Graphen*)
- Zeit- und Frequenzbereich Berechnungen ergeben das gleiche Resultat, wenn keine Filterung verwendet wurde (Parseval-Theorem).



Was bedeutet  $g_{rms}$ ?

⇒ Schlussfolgerung

- $g_{rms}$  ( $= a_{rms}/g$ ) ist ein Maß für die gesamte Beschleunigung in einer Breitband-Schwingung.
- Völlig unterschiedliche Leistungsspektren (PSDs/ASDs) können den gleichen  $g_{rms}$  Wert haben.
- Der Wert der Aussage „das Produkt hat  $x g_{rms}$  überstanden“ ist ohne Angabe weiterer Details nahe Null.
- Vorsicht vor Vergleichen von  $g_{rms}$  Werten!



### Ursachenanalyse

Der wichtigste Schritt von HALT ist die Ursachenanalyse.

- Suche und sorgfältige Analyse der Gründe für die Ausfälle  
 ⇒ Die Ursache aller Fehler muss verstanden werden.  
 Dies ist die Grundvoraussetzung für die Bewertung der Fehler.

Fehler	Belastung	Ursache	relevant?	...
Kabelisolation durchgescheuert	Vibration	Mangelhafte Entgratung	...	
...				

- Ursachenanalyse durchzuführen von jemandem mit umfangreichem Wissen über die Prüflinge.
- Ursachenanalyse in Projektplan einbeziehen (Personal und Zeit).

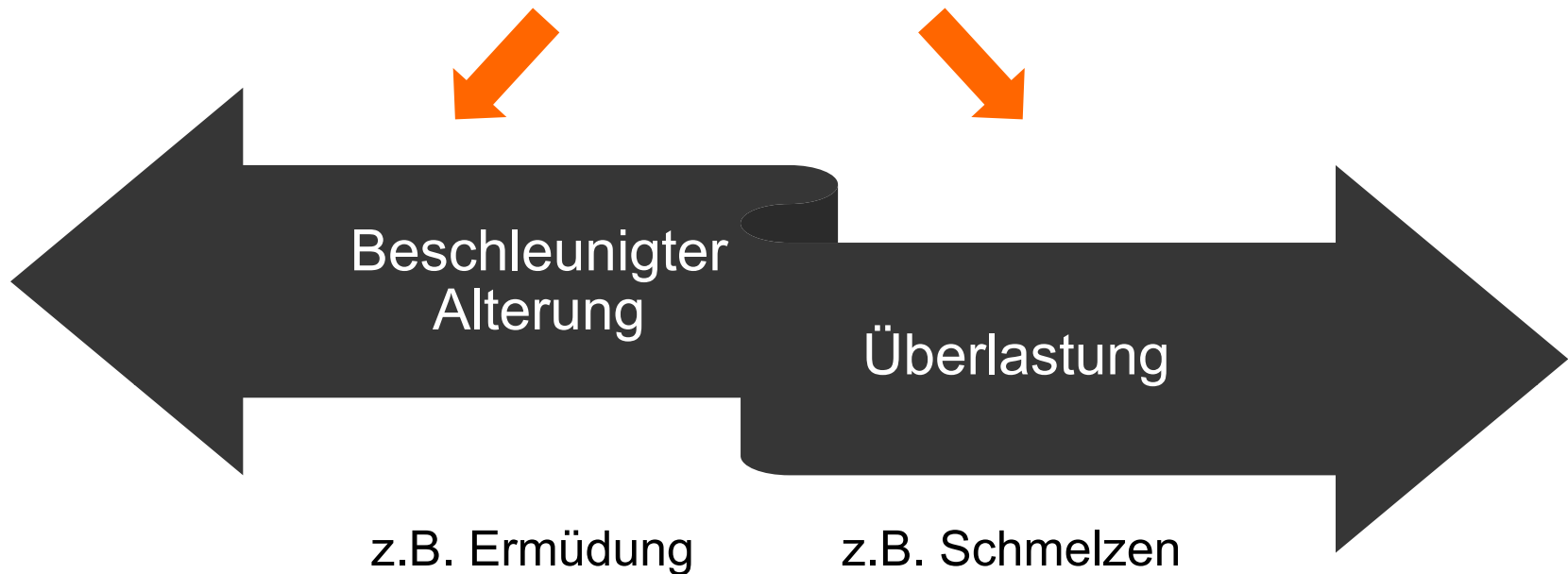


## UND WAS JETZT? NACH DEM HALT

Soll die Ausfallursache behoben werden?

Leider gibt es darauf keine klare Antwort ☹️

Hohe Belastung verursacht zwei Arten von Ausfällen -  
aufgrund von ...





## Soll die Ausfallursache behoben werden?

- Kann die Fehlfunktion im Feld aufgrund von Alterung auftreten?  
Wie viel würde es kosten, wenn der Ausfall im Feld auftritt?  
⇒ Beseitigung von Fehlern, die im Feld auftreten könnten und die inakzeptable Kosten verursachen würden.
- Ist der Ausfall ausschließlich verursacht durch Überlastung?  
Wie groß ist der Abstand des Ausfalls von der zugesagten Grenze?  
⇒ Beseitigung auch von Fehlern rein aufgrund von Überlastung, falls diese nicht in sicherer Entfernung von der Spezifikation liegen.

## Soll die Ausfallursache behoben werden?

- Ist der Ausfall potentiell sicherheitsrelevant?
  - ⇒ Beseitigung von sicherheitsrelevanten Fehlern, wenn nicht sicher ausgeschlossen werden kann, dass der Fehler feldrelevant ist!
- Wie viel kostet es, den Fehler zu beseitigen?
  - ⇒ Wenn es billig ist, den Fehler auf jeden Fall beheben!  
Die Behebung vieler Fehler verursacht nur geringe Kosten.



## WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

Products “successfully” tested with HALT (at our lab):

- Aircraft components  
(Toilet, Vacuum Generator, Water Treatment Module, water pump, galley waste disposal unit, Cargo Transportation System, ...)
- Power supplies
- Automobile components  
(Sensors, Headlights, ...)
- Various electronic control boxes and boards
- All sorts of other devices  
(Pressure support ventilator, Fans, Pressure sensors, Mother board and other PC boards ...)

Flops:

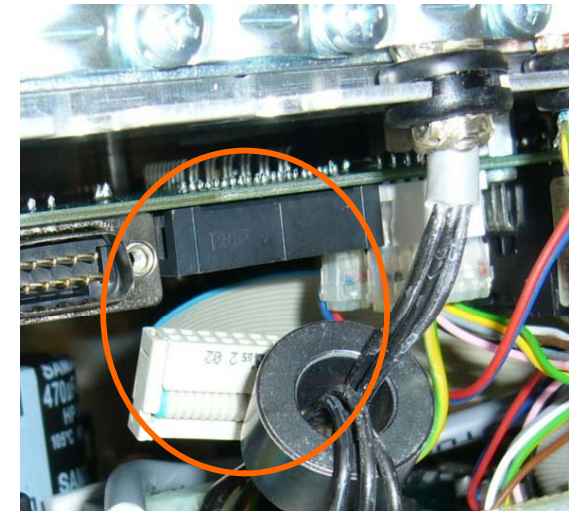
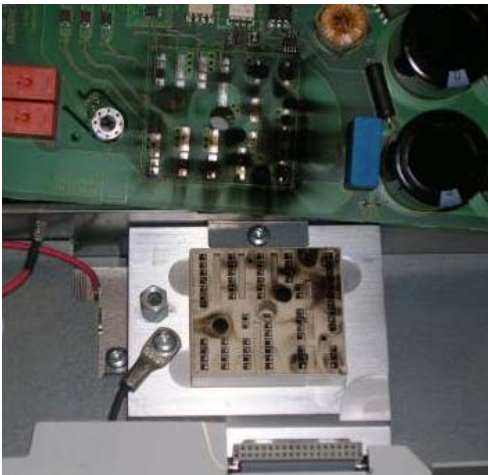
- Simple samples without any electronics or very robust samples  
(Coil grouted in plastic, “piece of metal”, sensor for engine compartment ...)



## WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

### Examples for failures found

- The usual suspects
  - Broken off components
  - Disconnected connectors
  - Broken solder joints
  - Loose screws
  - Failed electronics
  - Deformed plastics



# WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

## Examples for failures found

### ■ Exotic

- Straight pins fall out of connector during combined stress (pins loosen due to temperature cycles, vibration makes them fall out)
- Loose screw causes short circuit
- Protective lacquer sheers off component
- Timing error in boot sequence
- Deleted memory
- Broken bond wires
- Fretting wear on contacts



# WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

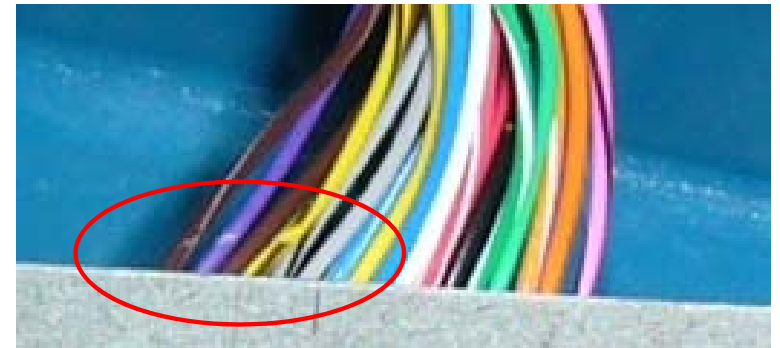
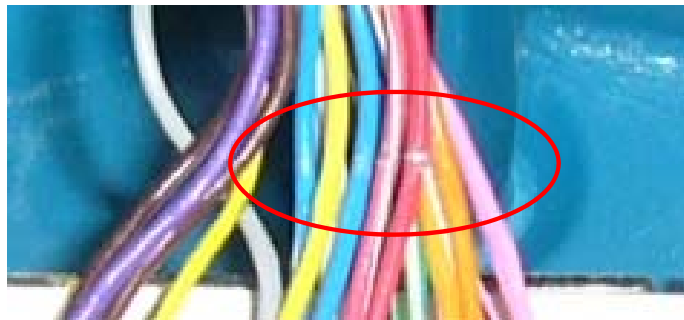
## Examples for relevant failure

### ■ Failure found with HALT: Cable insulation damaged

- HALT stress: Vibration, combined stress
- Root cause: metal edge not deburred properly
- Effect of HALT stress: cable rubs against burr

⇒ Possible consequences in the field :

- ⇒ „Normal“ vibration will lead sooner or later lead to the same failure and as a consequence to short circuits in the device



⇒ The example shows that the extreme stress from HALT may well lead to valid field failures.

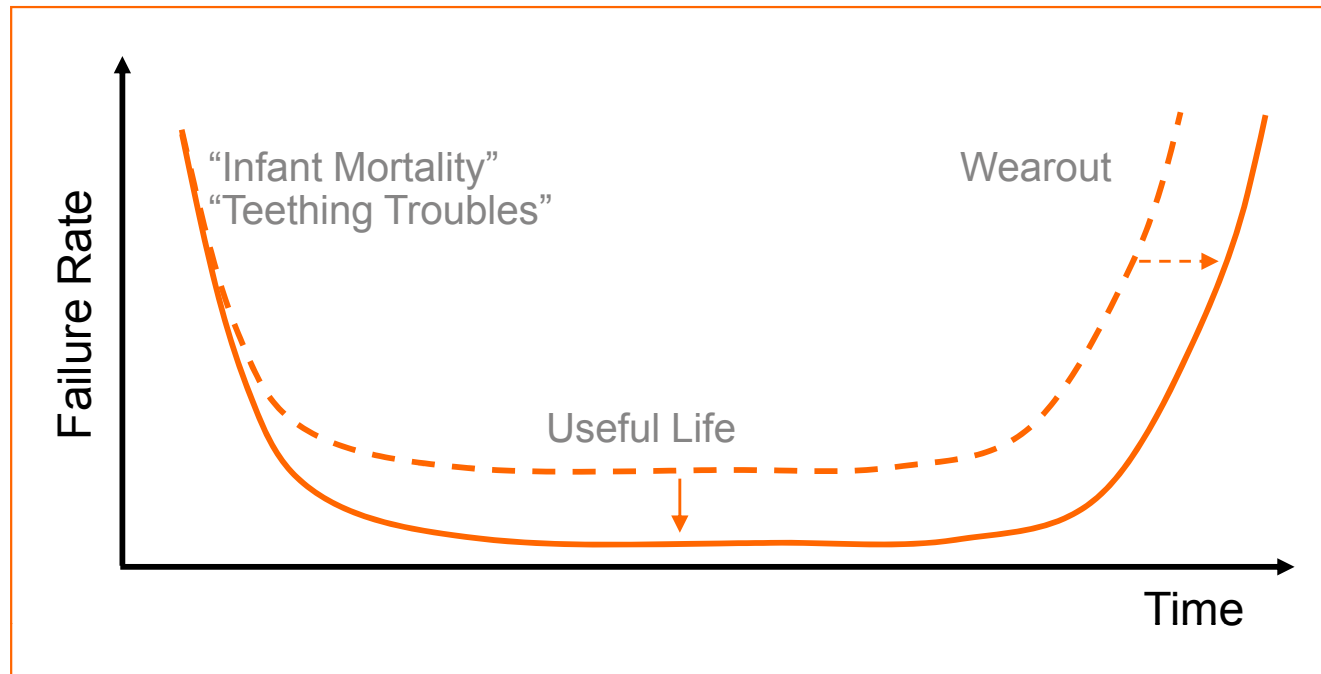
# WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

## Examples for failures found

- **Balluff** (source: presentation given at GUS 2009 meeting)
  - “All relevant field failures were found using HALT”
- **Bosch Siemens Hausgeräte** (source: presentation given at GUS 2010 meeting)
  - „HALT makes absolutely sense as a very quick weakness analyses“.
- **Otis Elevators** (source: Mark L. Morelli, “Effectiveness of HALT and HASS”, Otis/Qualmark)
  - HALT tests on elevator motor controllers, comparison with experience from years of use
  - Three of the top four and four of the top twelve types of field failures were found
  - Failures found comprised more than 50 % of total number of field failures

## WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

The **main goal** of HALT is to find, understand and eliminate the first failure modes.



The **secondary goal** of HALT is to increase the product margins between real life stress and failure limit.



## WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

HALT **can also be used** as:

- Comparison test
  - Of different design concepts for a certain product
  - Of a modified product with an established one
  - Of different production batches
  - Of different production sites
- Quick production monitoring (samples taken from production line)
  - ⇒ Do the known HALT failures re-appear at about the same stress level in the same sequence?
- ⇒ **For these purposes the comparability and reproducibility of the results must be ensured**

HALT **should not be misused** as (but sometimes is):

- Pass/Fail test to verify specified limits

## WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

### Advantages of HALT

- Quickly find design weaknesses and possible failure modes
- Faster than classical aging (one HALT run takes 2 to 5 days)  
⇒ **Reduced time to market**
  
- Less failures likely during “acceptance tests”
- Cheaper than repeated classical aging  
⇒ **Reduced development costs**
  
- General Method  
⇒ **No prior sophisticated tailoring to the product necessary  
(no time and effort needed for test tailoring)**

## WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

### Limitations of HALT

- HALT is not suitable as basis for a MTBF or lifetime calculation.
- The failures found are difficult to categorise (ageing or overstress? ... relevant or not relevant?)
- Limited reproducibility of temperature and vibration results due to the way the chamber works. But ...
  - The stress under which the failures occur is not significant – the significant thing is that they are the first ones to appear.
- Failure modes that are not triggered by HALT include
  - ⇒ Corrosion
  - ⇒ Failures caused by Humidity, Sun- or UV Radiation, Low Pressure, ESD



# WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

## Typical Ostacles

- Only few samples are available
- Lack of acceptance for HALT with the company
  - “Those environmental conditions will never be seen in the real world”
  - “An out of spec failure can't be relevant”
- Customers, that are not familiar with the concept of HALT, may not accept test reports that contain documented failures
  - ⇒ „Proceedings if HALT is required by the customer: Try to get rid of the requirement and then secretly do it nevertheless“  
(quote form a German company that uses HALT)
- The samples don't fully work yet (or not at all)  
Only about 20 % of the HALT tests in our lab are performed as originally planned.

## WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

HALT is a broad band method

- HALT **is** a suitable method for finding or replicating failure modes, if
  - ⇒ the failure modes are not known
  - ⇒ known failure modes are triggered by the HALT stress
  
- HALT **is not** a suitable method for replicating known failure modes or for comparison tests, if
  - ⇒ A known failure mode shall be addressed, but the test stresses used for HALT don't actually do so.

## WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

HALT is to some extent a matter of philosophy rather than of scientific proof.

- “Proof” for the HALT method is mainly of empirical nature
  - ⇒ HALT is neither a 100 % nor a 0 % Method
  - ⇒ There is no guarantee to find all relevant failures  
However, other methods don’t offer that either
- Generally a HALT test stimulates to look beyond one’s own nose of testing to the “standard stress limits that have always been used”.
- Suppliers, that are required to do HALT, shall understand the limits of their own design and look into that matter.

# WHAT IS IT GOOD FOR ANYWAY?

## Conventional Testing vs. HALT

Conventional Testing	HALT
Verifies that the product meets the specification	Stresses product beyond specification until weak points fail Determines operating and destruction limits
Tests tailored to specific product	General test
Successful when product shows no failures	Successful when failure modes are found (and eliminated)
„Pass/Fail“ test	Not a „Pass/Fail“ test

Different purpose, different method, different test equipment.  
 HALT doesn't replace "classical" environmental and qualification testing.  
 The results are difficult to compare.



## HASS = Highly Accelerated Stress Screen

*Hoch-beschleunigte Belastungs-Reihenuntersuchung oder Sortierprüfung bei stark erhöhter Belastung (DIN EN 62506)*

Methode zur Überwachung der Fertigungsqualität  
(Erkennen fehlerhafter Produkte)

- Stimulation und Finden von verborgenen Fehlern vor Auslieferung  
Verfolgt das gleiche Ziel wie Environmental Stress Screening (ESS).

Im Gegensatz zu HALT ist HASS ein “Pass/Fail” Test





## HASS

- Basiert auf den Ergebnissen aus HALT
- Auch hier wird hauptsächlich Temperatur- und Vibrationsbelastung verwendet.
- Belastungsniveaus ausreichend stark um Fehler in schwachen Prüflingen zu entdecken ... aber ohne die Lebensdauer der ausgelieferten Produkte zu sehr zu reduzieren.
- Erfordert eine ausführliche Validierung (Proof of Screen) um sicherzustellen, dass die Ziele auch erreicht werden.
- Greift direkt in die Produktionslogistik ein  
⇒ Prüfkammer(n) vor Ort
- Ist um ein Vielfaches aufwändiger als HALT

“The basic nature of the HALT process is one of discovery that requires flexibility in thought and method as it progresses. [...]

Accept the ambiguity that is intrinsic to an explorative development test.”

aus GMW8287, 03-2004

Entdeckungen liegen in der Natur des HALT Verfahrens. In seinem Verlauf erfordert es Flexibilität in Gedanken und Methode. [...]

Akzeptieren Sie die Mehrdeutigkeit, die einem erforschenden Entwicklungstest innewohnt.

## CONTACT

## TO US

**MANY THANKS FOR  
YOUR ATTENTION!**

SGS IS THE WORLD'S LEADING  
INSPECTION, VERIFICATION, TESTING  
AND CERTIFICATION COMPANY.

Dr. Jochen Beier  
Senior Test Engineer Reliability Testing

SGS Germany GmbH  
Hofmannstrasse 50  
81379 München  
Germany

p +49 89 787475-320

[jochen.beier@sgs.com](mailto:jochen.beier@sgs.com)

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

- HALT: Highly Accelerated Life Test
- HASS: Highly Accelerated Stress Screen
- HASA: Highly Accelerated Stress Audit
- HAST: Highly Accelerated Temperature/Humidity Stress Test
- OL: Operation Limit (Funktionsgrenze)
- DL: Destruction Limit (Zerstörungsgrenze)
- EUT: Equipment Under Test (Prüfobjekt)
- MTBF: Mean Time Between Failure
- CALT: Calibrated Accelerated Life Test (siehe z.B. GMW8758)
- QALT: Quantitative Accelerated Life Testing (siehe z.B. Embraer NE 07-044)

- **HALT/HASS Dokumente und Webinare**  
 Qualmark, [www.qualmark.com/resources/referencelibrary](http://www.qualmark.com/resources/referencelibrary) (kostenloses Kundenkonto erforderlich)
- **Accelerated Reliability Engineering – HALT and HASS**  
 Gregg Hobbs, John Wiley & Sons Ltd
- **HALT, HASS, and HASA Explained, Accelerated Reliability Techniques**  
 Harry W. McLean, ASQ Quality Press
- **Random Vibration & Shock Testing**  
 Wayne Tustin, Equipment Reliability Institute
- **Summary of HALT and HASS Results at an Accelerated Reliability Test Center**  
 Mike Silverman, OPS A La Carte, [www.opsalacarte.com/pdfs/Tech\\_Papers/Summary\\_HALT\\_HASS.pdf](http://www.opsalacarte.com/pdfs/Tech_Papers/Summary_HALT_HASS.pdf)
- **Why HALT is not HALT**  
 Craig Hillman, [www.dfrsolutions.com/uploads/white-papers/Why\\_HALT\\_Is\\_Not\\_HALT.pdf](http://www.dfrsolutions.com/uploads/white-papers/Why_HALT_Is_Not_HALT.pdf)
- **Fundamentals of Accelerated Stress Testing**  
 Thermotron
- **Calibrated Accelerated Life Test (CALT) with Time Varying Stress Profile**  
 John J. Paschkewitz, [www.reliasoft.com/newsletter/v10i1/calt.htm](http://www.reliasoft.com/newsletter/v10i1/calt.htm)

- IEC 62506, Methods for product accelerated testing
- Guide for defining and performing highly accelerated tests  
BNAE RG.Aéro 000 29, Edition A : 06/2005
- Verschiedene Unternehmensspezifikationen
  - Airbus: AM 2616 (alt: EAD-460/12/00)
  - Embraer: NE 07-044
  - General Motors: GMW 8287
  - Ford: CETP 00.00-E-412 (§ 5.21)
  - Case New Holland: ENS0310
  - GE: 5254525GSP
- HALT Table in slow motion  
[www.youtube.com/watch?v=l-mBFtFW7Ds](http://www.youtube.com/watch?v=l-mBFtFW7Ds)
- Hersteller (Vertrieb) von HALT-Kammern  
[www.qualmark.com](http://www.qualmark.com) ([www.thermotec-weilburg.de](http://www.thermotec-weilburg.de)), [www.thermotron.com](http://www.thermotron.com), [www.realchambers.com](http://www.realchambers.com),  
[www.cszindustrial.com](http://www.cszindustrial.com), [www.envirotronics.com](http://www.envirotronics.com) ([www.wut.com](http://www.wut.com)), [www.angelantoni.com](http://www.angelantoni.com)
- SGS München  
[www.sgs-cqe.de](http://www.sgs-cqe.de)

[WWW.SGS.COM](http://WWW.SGS.COM)  
[WWW.SGSGROUP.DE](http://WWW.SGSGROUP.DE)

WHEN YOU NEED TO BE SURE

