

1

Innotesting 2018

22. - 23. Februar 2018

Vergleich einer Halt & Hass Anregung mit den Forderungen aus der Produktnorm für elektronische Komponenten

Christian Nuber
Holger Boller

Liebherr-Elektronik GmbH
Vibration Research



2

Vergleich Halt & Hass Anregung mit den Forderungen aus der Produktnorm für elektronische Komponenten

Antrieb für unsere Untersuchungen

- Ausführungen von Herr Dr. Jochen Beier Firma SGS auf der Innotesting 2017
 - Zielsetzung HALT Test: Einen kumulativen Schaden erzeugen, der vergleichbar ist mit dem Schaden, der während der Lebensdauer erwartet werden kann.

Hier wurden Messungen und Berechnungen durchgeführt und die Ergebnisse verglichen.

- Die HALT-Philosophie unterscheidet sich grundlegend von der klassischen Umweltsimulation.

Welche Möglichkeiten gibt es trotzdem, die HALT Philosophie in der klassischen Umweltsimulation zu nutzen?

- Die Aufspannung für Vibration darf den Tisch nicht zu sehr versteifen.

Unser größtes Problem – normalerweise wollen wir steife Aufspannungen.

- Testspezifikationen und lange Testzeiten die von Kundenseite gefordert werden, und damit die Ungewissheit, ob der Prüfling kurz vor Testende ausfällt.

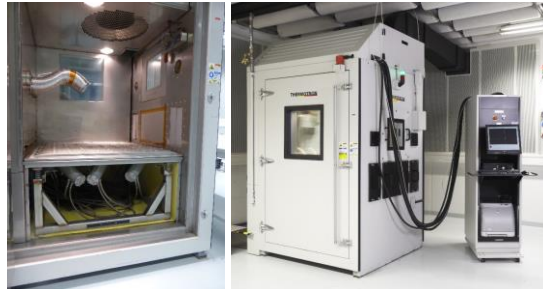


3

Welche Belastung für den Prüfling wird durch die HALT Kammer erzeugt?

Übersicht der wesentlichen Leistungsdaten einer HALT Kammer

- Breitband Anregung von ca. 5Hz bis 10.000 Hz, quasi-zufällige Vibration
- wiederholte Stoßanregung - höhere Kurtosis Werte als im klassischen RANDOM
- 6 Freiheitsgrade, 3 translatorische und 3 rotatorische
- Beschleunigung $5g_{RMS}$ bis $50g_{RMS}$



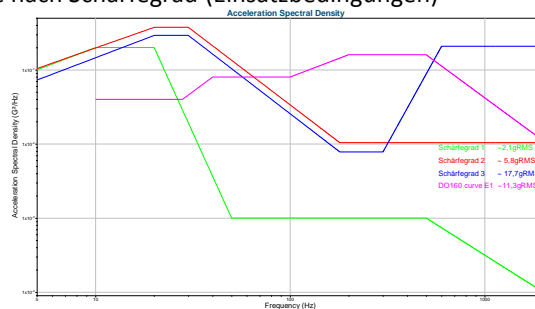
LIEBHERR

4

Welche Prüfanforderungen für das Bauteil gibt es?

Testspezifikation RANDOM für das Produkt

- Breitband Anregung von 5Hz bis 2.000Hz
- Beschleunigung $\sim 2g_{RMS}$ bis $\sim 18g_{RMS}$ je nach Schärfegrad (Einsatzbedingungen)
- Testzeiten 3h, 32h oder 96h je nach Schärfegrad (Einsatzbedingungen)
- 3 Achsen sequentiell



LIEBHERR

5

Vorbereitende Untersuchungen

Resonanzsuche für das Produkt zur Schwachstellenanalyse

- SINUS Anregung $1g_{PEAK}$ von 10Hz bis 2.000Hz
- Es wurde die Antwort am Bauteil betrachtet mit einer Resonanzfrequenz von $f_R \sim 1.291\text{Hz}$ und einem Q-Faktor von ~ 20



LIEBHERR

VIBRATION RESEARCH

6

Vorbereitende Untersuchungen

Resonanzsuche für das Produkt zur Schwachstellenanalyse

- RANDOM Anregung $0,5g_{RMS}$ von 10Hz bis 2.000Hz
- Auch hier wurde die Antwort am Bauteil betrachtet mit einer Resonanzfrequenz $f_R \sim 1.292\text{Hz}$ mit einem Q ~ 18



LIEBHERR

VIBRATION RESEARCH

7

Welche Prüfanforderung generiert die höchste Schädigung?

Berechnung der höchsten Schädigung aus den verschiedenen Testanforderungen zum späteren Vergleich mit der HALT Anregung

- S-N Kurve (S für Stress, N für Lastwechsel):

- Miner's Regel:

$$N_i = c * S_i^{-b}$$




- Berechnung der Schädigung: $D = \frac{1}{c} \sum_i n_i S_i^b$ $D = \sum_i \frac{n_i}{N_i}$
- C wird experimentell bestimmt und liegt zwischen 0,7 and 2,2. Üblicherweise verwendet man bei der Konstruktion einen Wert von C = 1.



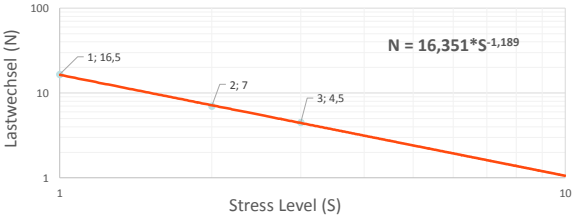

8



Einfaches Beispiel zur Bestimmung der Wöhlerkurve

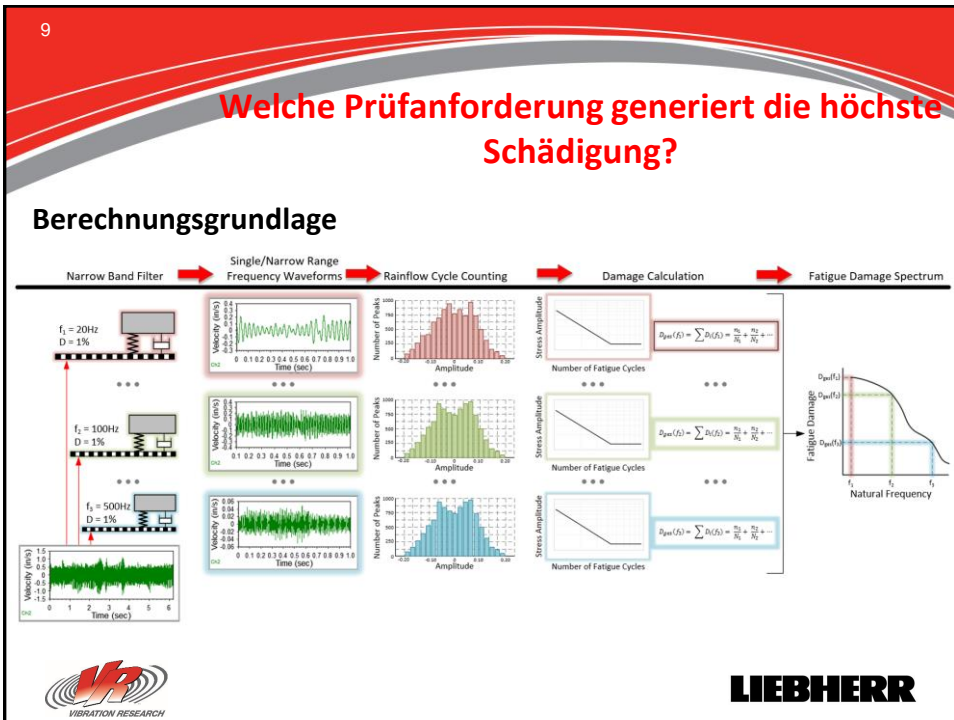
Stress Level	Anzahl der Lastwechsel, die bis zum den Bruch der Klammer benötigt werden *
1: 45° Auslenkung	16,5
2: 90° Auslenkung	7
3: 180° Auslenkung	4,5



S-N Kurve Papierklammer







11

Vorgehensweise bei einer HALT Prüfung in Bezug auf Vibration

Vibrationsprüfung

- beginnt bei ca. 5 g_{RMS} und wird pro Schritt um ~5 g_{RMS} erhöht bis die Funktions- und Zerstörungsgrenze erreicht wird.
- Die Funktion des Prüflings wird während der Prüfung überwacht und der Vibrationsstress über einen Sensor festgehalten.
- Die Haltezeit beträgt in jeder Stufe ca. 10 Minuten - 30 Minuten.

Time (min)	Temperature (°C)	Vibration (g _{RMS})
0	10	5
10	15	10
20	20	15
30	25	20
40	30	25
50	35	30
60	40	35
70	45	40
80	50	45
90	50	50

12



Welche Prüfanforderungen generiert die höchste Schädigung?

Berechnung der höchsten Schädigung aus den Testanforderungen zum späteren Vergleich mit der HALT Anregung

- Da später bei der HALT Prüfung Haltezeiten pro Pegel von etwa 30min vorgeschlagen werden, wurde die erreichte Schädigung aus den Profilen auf diese Testzeit berechnet.
- Der Testpegel von etwa 34g_{RMS} liegt innerhalb der Spezifikation der HALT Kammer, so dass als nächster Schritt die Anregung der HALT Kammer untersucht wurde.

Select	Filename, Channel	RMS (G)	Recording Duration	Target Life
<input checked="" type="checkbox"/>	DO 160 curve E1.vfw, Ch.1 (X)	11,35	0:00:31.852	3:00:00
<input checked="" type="checkbox"/>	Schärfegrad 2.vfw, Ch.1 (Ch1)	5,958	0:01:29.227	32:00:00
<input checked="" type="checkbox"/>	Schärfegrad 3.vfw, Ch.1 (Ch1)	18,03	0:01:30.352	96:00:00

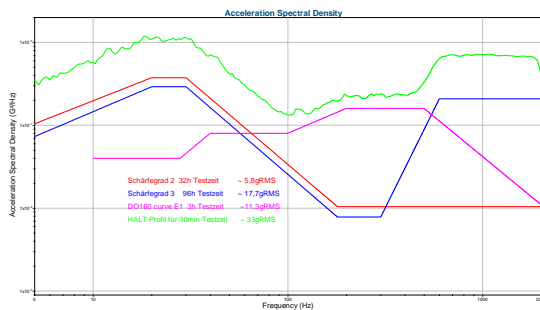
Profile RMS: Combined: 33,63 G Vel. RMS: 0,5409 m/s Disp. Pk-Pk: 53,19 mm Total Target Life: 131:00:00 Test Duration: 0:30:00

13

Welche Prüfanforderungen generiert die höchste Schädigung?

Berechnung des für die Belastung äquivalenten PSD Spektrums aus den Testanforderungen und der Testzeitreduzierung auf 30 Minuten zum späteren Vergleich mit der HALT Anregung



Die Berechnung der Schädigung wurde über die Henderson-Piersol Methode berechnet und dafür der Q-Faktor aus den vorangegangenen SINUS und RANDOM Test verwendet.

Die grüne Kurve zeigt das „ideale“ HALT Profil zum Erzeugen der gleichen Schädigung.



LIEBHERR

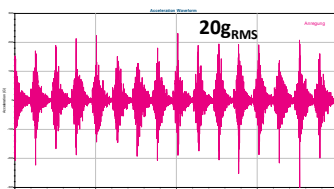
14

Messungen an der HALT Kammer

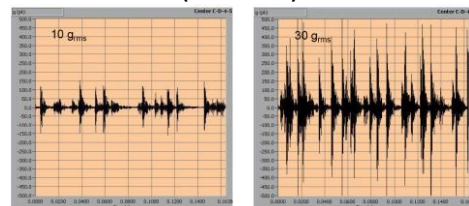
Erzeugtes Zeitsignal der Anregung auf dem Aufspanntisch

- Periodisches Signal entsprechend der Ansteuerfrequenz für die Pneumatik Zylinder
- Unterschiedliche Zeitsignale am Aufspanntisch je nachdem welcher Kammerhersteller verwendet wird. Die unterschiedlichen Zeitsignale resultieren aus der unterschiedlichen Funktion der Anregung durch die pneumatischen Hämmer.

Liabherr-Elektronik (Hersteller 1)



SGS (Hersteller 2)



LIEBHERR

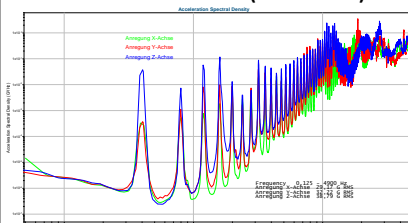
15

Messungen an der HALT Kammer

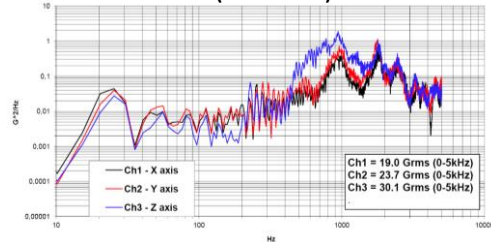
Erzeugtes Zeitsignal der Anregung auf dem Aufspanntisch

- Relativ gleiches Spektrum in den einzelnen Raumachsen jedoch weit entfernt von einer konstanten RANDOM Anregung
- Unterschiedliche g_{RMS} Werte von ~ 25% in den einzelnen Raumachsen
- Das Spektrum ist nicht einfach über Regelparameter veränderbar

Liebherr-Elektronik (Hersteller 1)



SGS (Hersteller 2)



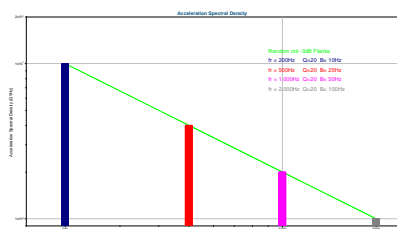
LIEBHERR

16

Messungen an der HALT Kammer

Erzeugtes Zeitsignal der Anregung auf dem Aufspanntisch

- Wenn kein konstantes PSD Spektrum (weißes Rauschen) erzeugt wird, wäre ein Spektrum mit einer Flanke von -3dB zu hohen Frequenzen hin hilfreich.



- So könnte man sicherstellen, dass bei gleichem Q Faktor im Prüfling über den Frequenzbereich der gleiche Energieeintrag in die Resonanzbandbreite erfolgt.
- Bei der untersuchten HALT Kammer steigt dagegen das PSD Spektrum zu höheren Frequenzen an.

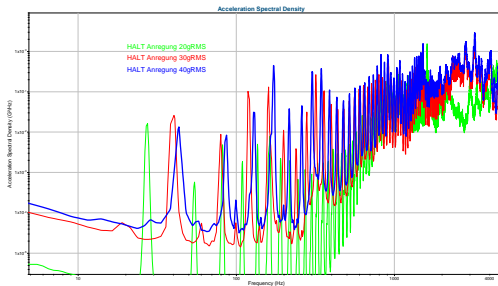


LIEBHERR

17

Messungen an der HALT Kammer

Untersuchung des erzeugten PSD Spektrums bei verschiedenen Anregungspegeln



Der höchste Energieinhalt der Anregung ist zwischen 1.000Hz und 5.000Hz, was den meisten RANDOM Profilen der Umweltsimulation entgegensteht.



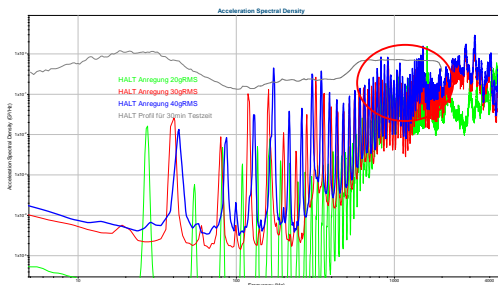
	20g _{RMS}	30g _{RMS}	40g _{RMS}
Beschleunigung \bar{g}_{RMS} (gemessen bis 10kHz)	~22	~33	~42
Beschleunigung \bar{g}_{RMS} (gemessen bis 1kHz)	~3,6	~5,0	~7,0
max. pos. Beschleunigung g_{PEAK}	~170	~390	~350
max. neg. Beschleunigung g_{PEAK}	~180	~390	~350
Crest Faktor	~8,4	~11,7	~8,2
Kurtosis	~6,2	~10,5	~5,7

LIEBHERR

18

Messungen an der HALT Kammer

Vergleich der PSD Spektrum - HALT Anregung und generiertes Testprofil mit Testzeitreduzierung



Die Resonanzfrequenz am Prüfling von ~1.291Hz konnte durch den HALT Test ausreichend angeregt werden.



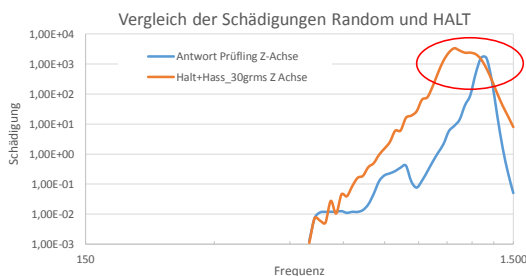
	klassischer RANDOM	30g _{RMS}
Beschleunigung \bar{g}_{RMS} (gemessen bis 2kHz)	~34	~33
Beschleunigung \bar{g}_{RMS} (gemessen bis 1kHz)	~22	~3,8
Max. pos. Beschleunigung g_{PEAK}	~100	~390
Crest Faktor	~3	~11,7
Kurtosis	~3	~5,7

LIEBHERR

19

Messungen an der HALT Kammer

Vergleich der Schädigung am Prüfling bei seiner Resonanzfrequenz zwischen der RANDOM Anregung aus dem Prüfprofil SG3 und der HALT Anregung mit $30g_{RMS}$



Die Betrachtung der Antwort vom Prüfling in seiner Resonanzfrequenz und die Berechnung der Schädigung bei dieser Frequenz zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen dem geforderten:

- 96h RANDOM Test aus der Prüfnorm und dem
- 30min HALT Test.

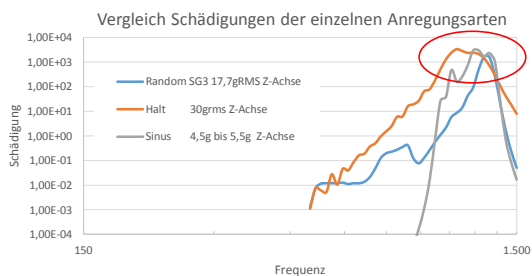


LIEBHERR

20

Vergleichende Messungen für die SINUS Anregung

Vergleich der Schädigung am Prüfling bei seiner Resonanzfrequenz zwischen der geforderten RANDOM Anregung aus dem Prüfprofil, einer SINUS Prüfung und der HALT Anregung mit $30g_{RMS}$



Die Betrachtung der Antwort vom Prüfling in seiner Resonanzfrequenz und die Berechnung der Schädigung bei dieser Frequenz zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen dem geforderten:

- 96h RANDOM Test aus der Prüfnorm, einem
- 30min SINUS Test (~2,2Mill. Lastwechsel) und dem
- 30min HALT Test.



LIEBHERR

21

Vergleich Halt & Hass Anregung mit den Forderungen aus der Produktnorm für elektronische Komponenten

Zusammenfassung

- Die Belastungen für den Prüfling aus der HALT Anregung decken nur begrenzt die Belastungen aus den geforderten RANDOM Profilen der klassischen Umweltsimulation ab.
- Die Ableitung aus einer erfolgreichen HALT Prüfung, dass Forderungen nach NORM erfüllt werden, ist aufgrund des generierten Spektrums der HALT Anlagen nur bei Profilen mit hohen Amplituden im oberen Frequenzbereich (< 1kHz) möglich.
- Für unseren Prüfling mit einer kritischen Resonanzfrequenz von $\sim 1.291\text{Hz}$ konnte durch die HALT Anregung eine entsprechende Belastung (Schädigung) erreicht werden.
- Die Betrachtung der erzeugten Schädigung hilft, überzogene Pegel bei der HALT Prüfung zu vermeiden.



LIEBHERR

22

Vergleich Halt & Hass Anregung mit den Forderungen aus der Produktnorm für elektronische Komponenten

Zusammenfassung

- Ein Vergleich der erreichten Schädigungen in einem weiten Frequenzbereich aus Umweltsimulation und der HALT Prüfung ist schwer möglich. Was im Gegensatz zu der einleitend genannten Annahme für die HALT Prüfung steht.
- Für elektronische Baugruppen mit Resonanzfrequenzen $> 1\text{kHz}$ ist die Nutzung der HALT Philosophie zur Optimierung der Baugruppen vor der klassischen Umweltsimulation durchaus sinnvoll.



LIEBHERR

23

Vergleich Halt & Hass Anregung mit den Forderungen aus der Produktnorm für elektronische Komponenten

Zusammenfassung

- Die getroffene Aussage aus dem Vortrag auf der Innotesting 2017 von Herrn Dr. Jochen Beier:

Die Vibrationsbelastung einer HALT Kammer ist meist eine völlig andere, als die geregelte RANDOM Prüfung bei elektro-dynamischen Schwingprüfsystemen.

zeigt, dass man auch nach anderen Ansätzen suchen muss, um im Vorfeld einer Dauerprüfung eine hohe Sicherheit zu erlangen, dass der Prüfling die Testanforderungen überlebt.

- Bei kritischen Resonanzfrequenzen im Prüfling von $< 1\text{kHz}$ ist vielleicht die Nutzung einer Sinus Resonanzprüfung, zur Abdeckung der notwendigen Lastwechsel, geschickter. Hier hat man eine „kürzere“ Prüfzeit und spart sich die Enttäuschung, wenn kurz vor Testende der RANDOM Prüfung der Prüfling ausfällt.



LIEBHERR

24

Vergleich Halt & Hass Anregung mit den Forderungen aus der Produktnorm für elektronische Komponenten

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.

Fragen oder Ergänzungen ??



LIEBHERR